محور مقاله: فناوری‌های نوین در علوم خاک

کاربرد روش‌های درون‌یابی و انتخاب برترین روش در برآورد تغییرات مکانی کربن آلی خاک (مطالعه موردی: بخشی از منطقه خرمرود استان همدان)

نوا کیانیان[۱]، افسانه عالی‌نژادیان بیدآبادی[۲] *

[۱] دانشجوی دکترای گروه علوم و مهندسی خاک دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه لرستان

[۲] استادیار گروه علوم و مهندسی خاک دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه لرستان

چکیده

کربن آلی خاک عاملی مؤثر بر ویژگی‌های شیمیایی، فیزیکی و بیولوژی خاک و نیز کمیت و کیفیت عملکرد است. بنابراین، ارزیابی دقیق تغییرات مکانی کربن آلی خاک در مقیاس‌های ملی و محلی، گام مؤثر و ضروری برای مدیریت کربن آلی خاک می‌باشد. این پژوهش به منظور ارزیابی کارایی تخمین‌گرهای مکانی کریجینگ و وزن‌دهی معکوس فاصله در برآورد کربن آلی در اراضی منطقه خرمرود استان همدان انجام گردید. پس از نمونه‌برداری خاک سطحی در ۹۵ نقطه، میزان کربن آلی خاک در آزمایشگاه تعیین شد. بعد از تجزیه و تحلیل‌های آماری، مدل کروی بر داده‌ها برازش داده شد و نقشه‌های توزیع مکانی کربن آلی خاک به دو روش درون‌یابی کریجینگ و وزن‌دهی معکوس فاصله تهیه گردید. معیارهای ارزیابی در این پژوهش، خطای مطلق میانگین، مجذور میانگین مربعات خطا و ضریب تبیین با استفاده از روش اعتبارسنجی متقابل بود. نتایج حاکی از آن است که مقادیر کربن آلی خاک‌های سطحی منطقه دارای وابستگی مکانی متوسطی هستند. روش کریجینگ با ضریب تبیین ۰/۷۴ و مجذور میانگین مربعات خطای ۰/۴۵ بر روش وزن‌دهی معکوس فاصله برای تهیه نقشه توزیع مکانی کربن آلی در منطقه مطالعاتی برتری دارد.

کلمات کلیدی: کریجینگ، وزن‌دهی معکوس فاصله، کربن آلی خاک، زمین‌آمار.

مقدمه

یکی از مهم‌ترین محدودیت‌های خاک‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان پائین بودن مقدار ماده آلی آنها است (رئیسی، ۲۰۰۶). پایین بودن ماده آلی خاک از یک طرف و تنش‌های خشکی از طرف دیگر باعث بروز مشکلات فیزیکی، شیمیایی، تغذیه‌ای و به‌ویژه بیولوژیک در خاک‌های این مناطق گردیده است که به‌تدریج باعث کاهش حاصلخیزی و کیفیت خاک‌ها می‌شود (رئیسی، ۲۰۰۶؛ کلیهر و همکاران، ۲۰۰۴). کربن آلی خاک عاملی مؤثر بر ویژگی‌های شیمیایی، فیزیکی و بیولوژیکی خاک است. اخیراً به دلیل نقش حیاتی کربن آلی خاک در چرخه جهانی کربن و قابلیت آن در تعدیل یا تشدید انتشار گازهای گلخانه‌ای، مطالعات بر روی ذخایر کربن آلی خاک متمرکز شده و استفاده و توسعه تکنولوژی برای کاهش غلظت روز افزون دی‌اکسیدکربن اتمسفر به مهم‌ترین مشکل قرن ۲۱ تبدیل شده است (لال، ۲۰۰۸). در این راستا داشتن اطلاعات کافی از مقدار ذخیره کربن در خاک و توزیع مکانی آن در مطالعات خاکشناسی و زیست محیطی ضروری به‌نظر می‌رسد. گرونوالد (۲۰۰۹) گزارش کرده که ۳۱ درصد از مطالعات نقشه‌برداری خاک برای تهیه نقشه کربن آلی خاک، به عنوان یکی از مهم‌ترین پارامترهای کیفیت خاک، صورت گرفته است. با توجه به اهمیت کربن آلی خاک، ارائه تکنیک‌های دقیق، سریع، کم‌هزینه و غیرمستقیم برای اندازه‌گیری تغییرات مکانی کربن خاک در پاسخ به تغییرات مدیریت اراضی مورد نیاز است. اندازه‌گیری کربن آلی خاک در آزمایشگاه و آن هم برای یک سطح وسیع، بسیار وقت‌گیر و هزینه‌بر است. به این منظور تهیه نقشه‌های مربوط به این ویژگی، گامی مهم در راستای نیل به کشاورزی دقیق می‌باشد (یاماگیشی و همکاران، ۲۰۰۳). خصوصیات خاک دارای تغییرات مکانی و زمانی در مقیاس‌های کوچک تا مقیاس‌های بزرگ می‌باشند که عوامل طبیعی و عوامل انسانی مانند عملیات مدیریتی خاک، کوددهی و تناوب زراعی کنترل‌کننده این تغییرات هستند (کوئین و زانگ، ۲۰۰۲).

* ایمیل نویسنده مسئول: alinezhadian.a@lu.ac.ir

روش‌های مختلفی برای تهیه نقشه و پیش‌بینی توزیع مکانی ویژگی‌های خاک وجود دارد. در بررسی‌های آمار کلاسیک مقدار اندازه‌گیری‌شده برای یک ویژگی در یک نمونه، مستقل از موقعیت مکانی آن و ارتباطش با نمونه‌های دیگر مورد تحلیل قرار می‌گیرد. درحالی‌که در زمین آمار مقدار متغیر همراه با موقعیت مکانی آن و در ارتباط با دیگر نمونه‌ها بررسی می‌شود. روش‌های زمین‌آماری به دلیل در نظرگرفتن موقعیت و آرایش داده‌ها و همچنین همبستگی مکانی آنها، عملکرد بهتری دارند. این روش‌ها نیاز به نمونه‌برداری متراکم را کاهش داده و از این طریق تا حد زیادی در هزینه و وقت صرفه‌جویی می‌شود. در سال‌های اخیر برای کمی نمودن توزیع ویژگی‌های مکانی و تغییرات کربن آلی خاک از زمین‌آمار استفاده شده است. کریجینگ[۱] یکی از مرسوم‌ترین روش‌های زمین‌آمار است که می توان از آن به عنوان یکی از روش‌های بهینه‌ی میان‌یابی مکانی یاد کرد. در این روش تابع وزن اختیاری نبوده و از پارامترهای مدل نیم‌تغییرنمای برازشی در شرلیط ناریب محاسبه می‌شود. بنابراین در روش کریجینگ، وزن‌ها به‌گونه‌ای انتخاب می‌شوند که واریانس تخمین، کمترین مقدار باشد. از این‌رو، کریجینگ به‌عنوان بهترین تخمین‌گر ناریب خطی مورد توجه قرار می‌گیرد. روش وزن‌دهی معکوس فاصله (IDW)[۲] برآورد را بر اساس مقادیر نقاط نزدیک به نقطه برآورد انجام می‌دهد. به عبارت دیگر به نقاط نزدیک به نقطه برآورد وزن بیشتری اختصاص می‌دهد. به منظور کاربرد مدیریت پایدار و دقیق در اراضی منطقه خرمرود، دست‌یابی به تغییرات مکانی کربن آلی خاک در این اراضی با استفاده از بهترین روش زمین‌آماری با توضیح دقیق‌ترین جزئیات ضروری به نظر می‌رسد.

مواد و روش‌ها

منطقه مطالعاتی، بخشی از اراضی ناحیه خرمرود استان همدان واقع در جنوب‌غربی کوه الوند با وسعت حدود ۱۲ هزار هکتار بود. این منطقه دارای آب و هوای نیمه‌خشک، سرد و معتدل، رژیم رطوبتی زریک و رژیم حرارتی مزیک (بنائی، ۱۹۷۷) می‌باشد. میانگین درجه حرارت سالیانه ۱۱/۵ درجه سانتی‌گراد است. میزان بارندگی و تبخیر سالیانه به‌ترتیب ۴۰۰ و ۱۸۵۰ میلی‌متر گزارش شده است. منطقه از دیدگاه زمین‌شناسی در زون سیرجان-سنندج قرار دارد. تعداد ۹۵ نمونه سطحی تهیه و موقعیت نقاط در دستگاه GPS ثبت شد. نمونه‌ها برای انجام آنالیزهای آزمایشگاهی به آزمایشگاه منتقل شده و پس از هواخشک شدن از الک دو میلی‌متری عبور داده شدند. پس از تعیین بافت، اندازه‌گیری هدایت‌الکتریکی، واکنش خاک و مقدار کربن آلی خاک با روش والکی‌بلاک تعیین گردید (والکی و بلاک، ۱۹۳۴). تجزیه داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۳ انجام شد. قبل از استفاده از روش‌های درون‌یابی، آزمون داده‌های پرت، روند و همسانگردی برای متغیر مورد نظر انجام شد. سپس، نیم‌تغییرنما در محیط نرم‌افزار GS+ رسم گردید و برآورد درصد کربن آلی افق سطحی در منطقه مطالعاتی با استفاده از روش‌های کریجینگ معمولی، وزن‌دهی معکوس فاصله و اسپلاین انجام شد. در نهایت نقشه‌های توزیع مکانی این متغیر با استفاده از نرم‌افزار Arc GIS نسخه ۱۰/ ۲ رسم گردید. به‌منظور مقایسه روش‌های مورد استفاده در این پژوهش و انتخاب مناسب ترین روش درون‌یابی، از تکنیک اعتبارسنجی متقابل استفاده شد. در این روش، در هر مرحله یک نقطه مشاهده‌ای حذف شده و با استفاده از بقیه نقاط، آن نقطه برآورد می‌شود. این مرحله برای همه نقاط مشاهده‌ای تکرار شده، به‌طوری که در نهایت به تعداد نقاط مشاهده‌ای، برآورد وجود خواهد داشت. در این مطالعه به‌منظور ارزیابی کارآیی روش‌ها در پیش‌بینی کربن آلی خاک در نقاط نمونه‌برداری‌نشده از پارامترهای میانگین مطلق خطا[۳](MAE)، مجذور میانگین مربعات خطا[۴](RMSE) و ضریب تبیین (R^2) استفاده شد.

---

[۱] Kriging

[۲] Inverse Distance Weighted

[۳] Mean Absolute Error

[۴] Root Mean Square Error

نتایج و بحث

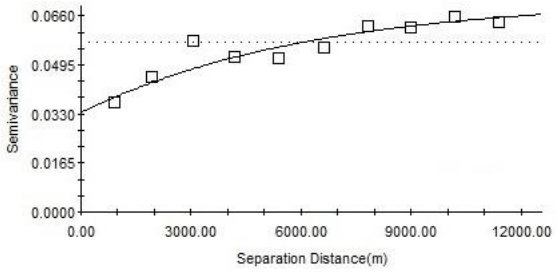
خلاصه آماری کربن آلی خاک در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱. خلاصه آماری کربن آلی خاک سطحی در منطقه مطالعاتی

متغیر	بیشینه	کمینه	میانه	میانگین	انحراف‌معیار	ضریب‌تغییرات	چولگی
کربن آلی (%)	۲/۶۵	۰/۱۱	۰/۷۱	۰/۸۲	۰/۵۵	۰/۶۷	۰/۸۴

با توجه به میانگین کربن آلی (۰/۸۲)، خاک‌های منطقه مورد مطالعه در گروه خاک‌های با مواد آلی کم قرار گرفتند. پژوهشگران کربن آلی خاک را در چهار کلاس کیفی خیلی کم (کمتر از ۰/۶ درصد)، کم (۰/۶-۱/۲ درصد)، متوسط (۱/۲-۱/۷۵درصد) و زیاد (بیش از ۱/۷۵ درصد) برای ایران پیشنهاد میکنند (پرویزی و گرجی، ۲۰۱۳). با توجه به چولگی و میانه می‌توان گفت توزیع کربن آلی به سمت مقادیر کوچک است (جدول۱).

پس از انتخاب گام مناسب و محاسبه نیم‌تغییرنمای تجربی برای متغیر مورد نظر، مدل نمائی[۵]به عنوان بهترین مدل تجربی برازش داده شد (شکل۱). پارامترهای این مدل در جدول ۲ ارائه شده است. با توجه به دامنه تأثیر بزرگ کربن آلی، می‌توان نتیجه گرفت که تغییرات این ویژگی در فواصل بلند رخ می‌دهد. بنابراین مناسب‌ترین فاصله جهت نمونه‌برداری برای تعیین غلظت کربن آلی در این منطقه کمتر از دامنه تأثیر است. بدیهی است که دامنه تأثیر بزرگتر دلالت بر ساختار مکانی گسترده‌تر، پراکنش رونددار و در حقیقت پیوستگی مکانی بیشتر در مقادیر متغیر مورد نظر دارد. هر چه دامنه گسترده‌تر باشد به تعداد نمونه کمتری جهت تعیین نقاط نمونه‌برداری نشده نیاز است (حسنی پاک، ۱۳۸۶). همبستگی مکانی کربن آلی (۰/۴۲) نشان‌دهنده‌ی همبستگی مکانی متوسط این ویژگی در منطقه مطالعاتی است. همچنین مدل برازش داده شده بر نیم‌تغییرنمای تجربی نیز از ضریب تبیین بالایی برخوردار است.



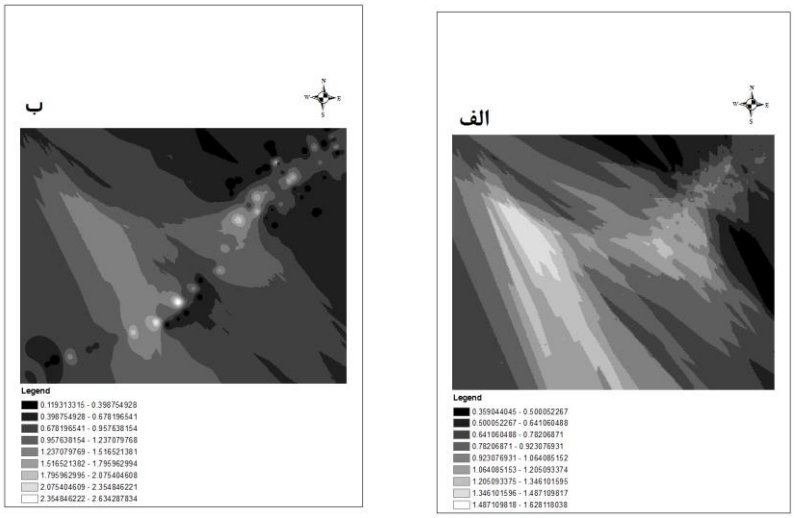
شکل ۱. نیم‌تغییرنمای تجربی کربن آلی خاک سطحی در منطقه مطالعاتی

[۵]Exponential

جدول۲ . پارامترهای نیم‌تغییرنمای تجربی ماده آلی در منطقه مطالعاتی

متغیر	مدل	دامنه تأثیر (متر)	اثر قطعه‌ای	آستانه	ضریب تبیین	وابستگی مکانی (٪)	کلاس وابستگی مکانی
کربن آلی	کروی	۱۷۲۴۰	۰/۰۳	۰/۰۷	۰/۸۳	۴۲	متوسط

نقشه پراکنش مکانی کربن آلی خاک به دو روش کریجینگ معمولی و وزن‌دهی معکوس فاصله در شکل ۲ ارائه شده است.



شکل ۲ . نقشه پراکنش مکانی کربن آلی در مطقه مطالعاتی به روش کریجینگ معمولی (الف) و IDW (ب).

کیفیت تخمین هر یک از روش های به کارگرفته شده برای پیش‌بینی میزان کربن آلی خاک با استفاده از معیارهای میانگین خطای مطلق، مجذور میانگین مربعات خطا و ضریب تبیین حاصل از پراکنش مقادیر تخمینی، اندازه‌گیری شده و در جدول ۳ ارائه شده است. کارآیی هر یک از این روش ها بستگی به ماهیت داده‌ها و مورد مطالعه تغییر می‌کند (مک برتنی و همکاران، ۲۰۰۳).

جدول ۳. ارزیابی کیفیت تخمین روش های درون‌یابی به کار رفته در منطقه مطالعاتی

روش درون‌یابی	MAE	RMSE	R^2
کریجینگ	۰/۲۲	۰/۴۵	۰/۷۴
وزن‌دهی معکوس فاصله	۰/۳۴	۰/۵۳	۰/۶۴

با توجه به جدول ۳ می‌توان نتیجه گرفت روش کریجینگ با ضریب تبیین بالاتر و میانگین مطلق خطای و RMSE نزدیکتر به صفر، روش بهتری برای پهنه‌بندی کربن آلی در منطقه مطالعاتی بود. مقدار کمتر RMSE و MAE نشان‌دهنده‌ی اختلاف کمتر میان میزان برآوردی و مشاهده‌شده، همچنین برآورد قوی‌تر است (رودهم و رد، ۱۹۹۹). سرمدیان و همکاران (۱۳۸۸) کارآیی روش‌های زمین‌آماری به منظور پهنه‌بندی برخی از ویژگی‌های خاک در

منطقه اخترآباد را بررسی کردند. نتایج تحقیق آنها نشان داد که روش کریجینگ برای پهنه‌بندی ویژگی‌های خاک، برتری دارد. یکی از دلایل آن را ساختار مکانی قوی در این روش بیان کردند. زینگ و همکاران (۲۰۰۷) نیز در بررسی تغییرات مکانی کربن آلی خاک‌های شمال‌شرق چین به این نتیجه رسیدند که روش کریجینگ برای درون‌یابی روش قابل قبولی است. با توجه به شکل ۲ و مقایسه آن با اندازه‌گیری‌های آزمایشگاهی کربن آلی در نقاط مشاهداتی می‌توان گفت قسمت‌های مرکز تا غرب و جنوب‌غربی منطقه دارای کربن آلی بالاتری هستند که پهنه‌بندی با روش کریجینگ این موضوع را تأیید می‌کند. همچنین با توجه به داده‌های اندازه‌گیری‌شده، قسمت‌های شمال‌شرق و شمال‌غرب منطقه دارای درصد بالایی از کربن آلی هستند که روش کریجینگ در این قسمت‌ها نیز برآورد قابل قبول‌تری داشته است. از سویی می‌توان مشاهده کرد که در روش وزن‌دهی معکوس فاصله، برآورد متغیر حول نقاط نمونه‌برداری بسیار قوی‌تر صورت گرفته و در قسمت‌های دورتر از نقاط مشاهداتی که اطلاعاتی درباره آن‌ها وجود ندارد، پیش‌بینی ضعیفی صورت گرفته است. در این روش حداقل و حداکثر متغیر برآورد شده در محل نمونه‌های اولیه قابل مشاهده است. علت ضعیف عمل کردن این روش شاید وزن‌دهی آن به صورت محلی و وابستگی‌اش به نقاط مشاهداتی باشد که در روش کریجینگ، وزن‌ها به صورت پیچیده‌تری به‌دست می‌آیند (ایزاکس و سریواستاوا، ۱۹۸۹). روش کریجینگ مقادیر حداقل را بیشتر و مقادیر حداکثر را کمتر نشان داده و تمایل به هموارسازی جزئیات دارد. در نتیجه روش کریجینگ با واقعیت تغییرات تدریجی و پیوسته متغیرهای خاک همخوانی بیشتری دارد. این نتایج با نتایج حاصل از پژوهش‌های دیگر زمین‌آماری که در حوزه انتخاب و توصیه روش برتر برای تهیه نقشه توزیع مکانی صورت گرفته، مطابقت داشت (والتر و همکاران، ۲۰۰۱؛ اسفندیارپور و همکاران، ۲۰۱۰).

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که غلظت کربن آلی خاک در منطقه خرمرود استان همدان دارای وابستگی مکانی متوسطی بوده که ممکن است به‌وسیله تغییرات ذاتی ویژگی‌های خاک و نحوه مدیریت کنترل شود. در این مطالعه برتری روش کریجینگ بر روش وزن‌دهی معکوس فاصله با ضریب تبیین و مجذور میانگین مربعات خطا به ترتیب ۰/۷۴ و ۰/۴۵ ثابت شد. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده پیشنهاد می‌شود که از روش کریجینگ برای پهنه‌بندی مقادیر کربن آلی به منظور مدیریت صحیح و توسعه کشاورزی پایدار استفاده شود.

منابع

حسنی پاک، ا . ۱۳۸۶ . مبانی زمین آمار ، انتشارات دانشگاه تهران.

سرمدیان ف.، ر. تقی‌زاده مهرجردی. ۱۳۸۸ . بررسی کارایی روش های زمین آماری به منظور پهنه بندی برخی از ویژگی‌های خاک در منطقه اخترآباد. نشریه مرتع و آبخیز داری ایران. دوره ۶۲ شماره ۳ . ص ۳۷۷-۳۸۸.

Banaie, M. H., 1977. Moisture and Thermal regime of Soil Map of Iran. Ministry of Agriculture and Rural Development. Soil Science and Soil Fertility Institute.

Esfandiarpoor Borujeni, I., Mohammadi, J. Salehi, M.H., Toomanian, N., and Poch, R.M. 2010. Assessing geopedological soil mapping approach by statistical and geostatistical methods: A case study in the Borujen region, Central Iran. Journal of Catena. 82: 1-14.

Grunwald, S. 2009. Multi-criteria characterization of recent digital soil mapping and modeling approaches. Geoderma. 152: 195-207.

Issaks, E.H., and R.M. Srivastava. 1989. Applied Geostatistics. Newyork, Oxford University Press.

Kelliher FM, Ross DJ, Law BE, Baldocchi DD and Rodda NJ, 2004. Limitations to carbon mineralization in litter and mineral soil of young and old ponderosa pine forests. Forest Ecology and Management 191: 201-213.

Lal, R. 2008. Carbon sequestration. Philos. Trans. R. Soc. B. Biol. Sci.363: 815-830.

McBratney A.B., Santos M.L.M., and Minasny B. 2003. On digital soil mapping. Geoderma. 117(1-2): 3-52.

Parvizi, Y. and M. Gorji. 2013. The effect of dry land management factors on soil organic carbon in the Merck basin of Kermanshah. Land Manage. J. 1(1): 81-89.

Prudhomme, C., and Reed, D.W. 1999. Mapping extreme rainfall in a mountainous region using geostatistical techniques: A case study in Scotland. International Journal of Climatology. 19: 1337-1356.

Quine, T.A. and Y. Zhang. 2002. An investigation of spatial variation in soil erosion, soil properties and crop production within an agricultural field in Devon, U.K. Journal of soil and water conservation. 57: 50-60.

Raiesi F, 2006. Carbon and N mineralization as affected by soil cultivation and crop residue in a calcareous wetland ecosystem in Central Iran. Agriculture, Ecosystems and Environment 112: 3-20.

Walkly, A. and Black, I. 1934. An examination of the Degtiareff method for deteming soil organic matter and proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Science, 63, 29-38.

Walter, C., Mc Bratney, B., Douaoui, A., and Minasny, B. 2001. Spatial prediction of topsoil salinity in the Chelif Valley, Algeria, using local ordinary kriging with local variograms versus whole-area variogram. Journal of Soil Research. 39: 259-272.

Xing, Z.S., Yue-Yu, Z., Zu-Dong, M., Kai, S., and Herbert, J. 2007. Spatial variability of nutrient properties in black soil of Northeast China. Journal of Pedosphere. 17(1): 19-29.

Yamagishi J, Nakamoto T, and Richner W, 2003. Stability of spatial variability of wheat and maize biomass in a small field managed under two contrasting tillage systems over 3 years. Field Crop Res 81:95-108.

16th Iranian Soil Science Congress

University of Zanjan, Iran, August 27-29, 2019

Topic for submission: Novel Technologies in Soil Science

Applying interpolation methods and selecting the best one for spatial estimation of soil organic carbon (case study: A part of Khorramrud region of Hamedan province)

Kianian[1], N., Alinejadian Bidabadi[2], A*.

[1] PhD. Student, Soil Science Department, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Iran

[2] Assistant Prof., Soil Science Department, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Iran

Abstract

Soil organic carbon determines the chemical, physical and biological properties of the soil as well as the quantity and quality of the soil function. Therefore, the accurate assessment of spatial changes and soil organic carbon reserves at national and local scales is an effective step for the management of organic carbon. This study was carried out to evaluate the efficiency of Kriging and Inverse Distance Weighted (IDW) spatial estimators in estimating organic carbon in Khoramrud area of Hamedan province. After soil surface sampling at 95 points, soil organic carbon was determined in the laboratory. After statistical analysis, the spherical model was fitted to the data and the maps of the spatial estimation of soil organic carbon were prepared by Kriging interpolation and Inverse Distance Weighted. The criteria for evaluation in this study were mean absolute error, root means square error and coefficient of determination using mutual validation method. The results indicate that the organic carbon content of the surface soils of the region has a moderate spatial dependence. The Kriging method with a coefficient of determination of 0.74 and a root mean square error of 0.45 on the inverse distance weighting method is superior to the spatial distribution of organic carbon in the study area.

Keywords: Kriging, Inverse Distance Weighted, Soil organic carbon, Geostatistics.

* Corresponding author, Email: alinejadian@yahoo.com

محور مقاله: پیدایش و رده‌بندی خاک

نقش شاخص‌های بدست آمده از داده های ماهواره لندست ۸ در شناسایی شوری خاک‌های منطقه جنوب غربی خوزستان

علیرضا ظهیرنیا[۱] ،حمیدرضا متین فر[۲].

[۱] دانشجوی دکتری گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان

[۲] دانشیار گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان

چکیده

پایش مداوم، سریع و کم هزینه شوری که دارای دقت بالایی باشد، یکی از مسائلی است که با توجه به مساحت بسیار زیاد دشتهای ایران، همواره مورد توجه بوده است. شوری خاک یکی از مشکلات جدی زیست محیطی در مناطق خشک و نیمه خشک می باشد و از جمله عواملی است که می تواند بطور طبیعی و یا به‌وسیله بشر رخ دهد. با توجه به پیشرفت علم سنجش از دور می‌توان شوری خاک را با استفاده از نقشه‌های رستری، که براساس تصاویر ماهواره ای تهیه شده‌اند، در وسعت زیاد در کمترین زمان و هزینه ممکن به دست آورد. هدف از این مطالعه تهیه نقشه شوری خاک با استفاده از شاخص‌های شوری و داده‌های سنجش از دور و مقایسه آن با نقشه شوری خاک بدست آمده از اطلاعات زمینی می‌باشد. نتایج نشان می‌دهد مقدار همبستگی بالایی به ترتیب بین شاخص پوشش گیاهی نرمال شده(NDVI) (۰/۸۷)، شاخص شوری ۲ (NDSI) (۰/۸۵) و شاخص شوری استاندارد شده(SI2) (۰/۸۰) با نقشه تهیه شده از داده های برآورد شده شوری خاک در منطقه جنوب غربی خوزستان وجود داشته و این امر نشان از مناسب بودن اطلاعات بدست آمده از روش‌های سنجش از دور و شاخص‌های برآورد شده برای تهیه نقشه شاخص شوری خاک در این منطقه دارد.

کلمات کلیدی: شوری خاک، شاخص‌های شوری، ماهواره لندست۸، سنجش از دور

مقدمه

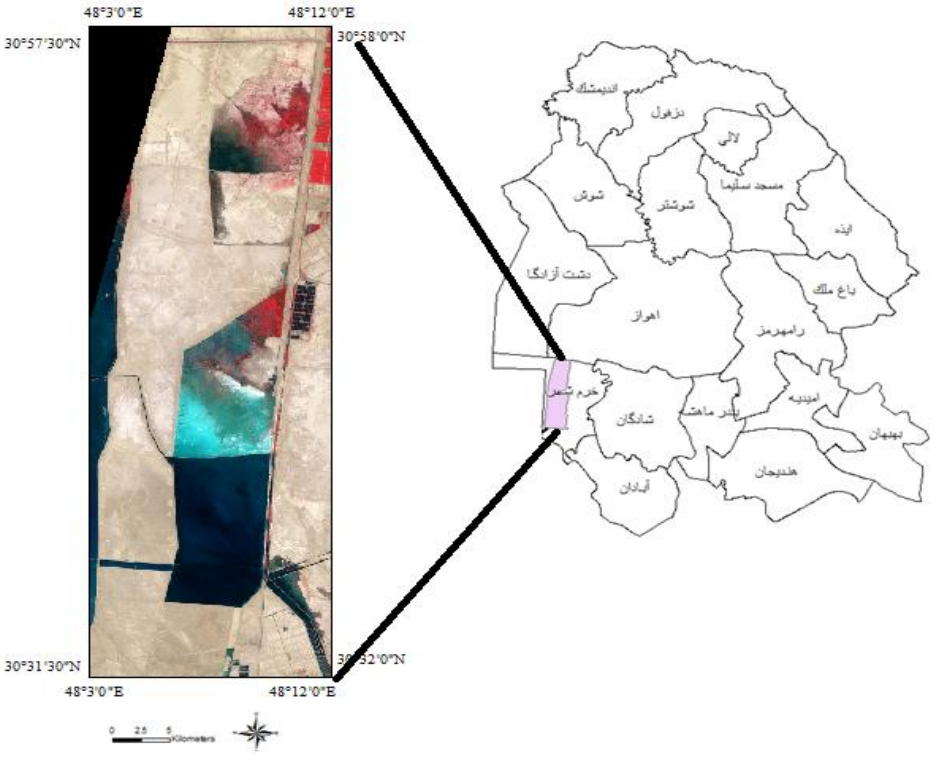
شور شدن خاک یکی از عوامل بیابانی شدن و تخریب در مناطق خشک و نیمه خشک می باشد و با توجه به اینکه بخش زیادی از خاک‌های کشور ایران در مناطق خشک و نیمه خشک قرار دارند، مشکل شوری خاک یکی از مشکلات اصلی برای کشت اراضی به حساب می‌آید. بررسی و مطالعه شوری خاک به منظور حفظ و مدیریت صحیح اراضی یکی از موضوعاتی می‌باشد که مطالعات فراوانی درباره آن انجام پذیرفته است. رائو[۱] و همکاران در سال ۱۹۹۱ با استفاده از ترکیب رنگ کاذب ماهواره TM (باندهای ۲-۳-۴) توانستند خاکهای مختلف را از همدیگر تفکیک کنند (Rao و همکاران ۱۹۹۱). همچنین دویودی[۲] در سال ۱۹۹۹ برای تعیین شاخص شوری از چهار باند MSS استفاده کرد (Dwivedi، ۱۹۹۹). ژانگ[۳] و همکاران در سال ۲۰۱۵ با استفاده از باندهای ماهواره لندست ۸ به منظور بررسی و توسعه شاخص های شوری و براساس اطلاعات شوری خاک شاخص های مختلفی برای شوری خاک تعریف کردند (Zhang و همکاران ۲۰۰۵). همچنین شاخص های دیگری از جمله شاخص شوری نرمال شده (NDSI)، شاخص پوشش گیاهی (NDVI) و شاخص درجه روشنایی (BI) نیز برای بررسی شوری خاک و تهیه نقشه شوری در مناطق خشک و بین باندهای مختلف استخراج شده از تصاویر ماهواره‌ای مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفت (Jiapaer و همکاران ۲۰۱۱ و Douaoui و همکاران ۲۰۰۶). در سال ۲۰۱۵ در کشور عربستان به بررسی روش‌های مختلف تهیه نقشه شوری خاک با استفاده از داده های سنجش از دور و ماهواره لندست ۸ در مناطق خشک پرداخته شد. مطالعه بر روی خاک‌های شور تپه های شنی، زمین‌های شن و ماسه ای و غرقابی که دارای شوری بالایی بودند انجام پذیرفت و شاخص شوری چندین نمونه خاک مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که نقشه‌های تهیه شده مورد قبول بوده و رابطه معنا داری بین نقشه تهیه شده با داده‌های زمینی و نقشه تهیه شده با شاخص‌های شوری وجود داشت (Elhag، ۲۰۱۵).

منطقه مورد مطالعه از جمله مناطق استان خوزستان می‌باشد که دارای خاک شور بوده و اراضی آن به دلیل مشکل شوری دارای پوشش گیاهی با تراکم حداقل است. این منطقه جز مناطق بایر و خشک محسوب می شود. بررسی و شناخت عوامل شوری در منطقه مورد مطالعه می‌تواند کمک بسیار زیادی به پایش منطقه مورد مطالعه کند و همچنین با بررسی نقشه شوری و مقایسه شاخص های شوری می‌توان به روش مناسبی برای سنجش شوری در سایر مناطق خشک کشور که دارای شرایط مشابهی هستند دست یافت.

1. Rao
2. Dwivedi
3. Zhang

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه اراضی بایر جنوب غربی استان خوزستان می‌باشد، مساحت این منطقه ۴۱۵۱ هکتار و بین ۴۸ درجه و ۳ دقیقه و ۴۸ درجه و ۱۲ دقیقه طول جغرافیایی و ۳۰ درجه و ۳۲ دقیقه و ۳۰ درجه و ۵۸ دقیقه عرض شمالی واقع شده است. طبق آمار ایستگاه‌های هواشناسی موجود در منطقه مورد مطالعه، میانگین دمای روزانه ۲۴/۹ درجه سانتیگراد، گرمترین ماه سال تیرماه با حداکثر مطلق ۵۱/۲ درجه سانتیگراد و بارندگی کمتر از مقدار تبخیر سالیانه (۲۱۳ در مقابل ۳۲۲۲ میلیمتر) می‌باشد. رژیم‌های حرارتی و رطوبتی محاسبه شده بر اساس روش نیوهال بترتیب هایپرترمیک و اریدیک می باشند. سازندهای منطقه از نظر زمین‌شناسی مربوط به دوران سنوزوئیک و دوره کواترنر هستند. با توجه به موقعیت جغرافیایی و شرایط اقلیمی منطقه مورد مطالعه، بافت سنگین خاک و همچنین سطح ایستابی بالا و شور، مشکلات فراوانی برای خاک و کشاورزی ایجاد کرده است. شکل ۱ موقعیت منطقه مورد مطالعه را در استان خوزستان مشخص می‌کند.



شکل ۱: موقعیت منطقه مورد مطالعه در استان خوزستان

داده های ماهواره لندست ۸ به علت چند طیفی بودن امکان مطالعه منابع مختلف را در باندهای متنوعی از مرئی تا مادون قرمز را فراهم آورده است. از ویژگی های دیگر این داده ها متنوع بودن آنها می باشد که برای تمام فصول و یا حتی ماههای مختلف تصویرها و داده های جدیدی دارد که به کاربران مختلف امکان بررسی سریع و به موقع تغییرات پدیده های مختلف مانند تغییر کاربری اراضی و پوشش گیاهی را فراهم می‌آورد. داده های ماهواره لندست ۸ رقومی می باشند و برای سیستم های مختلف جغرافیایی کاربرد دارند. از ویژگی های دیگر تصاویر ماهواره ای می توان به دقت و کیفیت بالا، به روز بودن اطلاعات و به حداقل رساندن هزینه ها و صرفه جویی در وقت را می توان نام برد. تصویر مورد استفاده در این پژوهش مربوط به تاریخ ۹۷/۳/۲۷ (۱۷ June ۲۰۱۸) در خط برداشت ۱۶۵ و ردیف ۰۳۶ می‌باشد. به منظور استفاده از داده‌های سنجش از دور از نرم افزارهای ARC GIS 10.3 و ENVI 5.3 استفاده شده است. با توجه به تصویر مورد مطالعه و بر مبنای روش تقسیم بندی سیستماتیک و همچنین مشاهدات صحرایی، تعداد ۴۷ نمونه خاک تهیه، به آزمایشگاه منتقل و مقدار هدایت الکتریکی عصاره اشباع[4] آنها اندازه‌گیری شده و نقشه شوری خاک تهیه گردید. شکل ۲ موقعیت نقاط نمونه برداری را مشخص می‌کند.

4. ECe (dS/m)

شکل ۲- موقعیت نقاط نمونه برداری در منطقه مورد مطالعه

به منظور تهیه نقشه شوری خاک از داده های ماهواره لندست ۸ و شاخص های شوری توسعه یافته استفاده گردید. در جدول ۱ شاخصهای مورد استفاده در این پژوهش آورده شده‌اند.

جدول ۱: شاخص های شوری خاک و باندهای مورد استفاده لندست ۸ *

نام شاخص	نسبت باندی	منبع
شاخص شوری استاندارد شده[5]	$NDSI = (\frac{R - NIR}{R + NIR})$	Dehni and Lounis, 2012
شاخص درجه روشنایی[6]	$BI = \sqrt{(R^2 + NIR^2)}$	Dehni and Lounis, 2012
شاخص پوشش گیاهی[7]	$NDVI = (\frac{NIR - R}{NIR + R})$	Dehni and Lounis, 2012
شاخص شوری۱	$BI = \sqrt{(G^2 + R^2)}$	Douaoui et al, 2006
شاخص شوری ۲	$SI = \frac{(B - R}{B + R})$	Bannari et al, 2008

* - B باند آبی، G باند سبز، R باند قرمز، NIR باند مادون قرمز نزدیک در تصاویر ماهواره لندست ۸ می باشند.

5. **Normalized difference Salinity Index**
6. **Brightness Index**
7. **Normalized Different Vegetation Index**

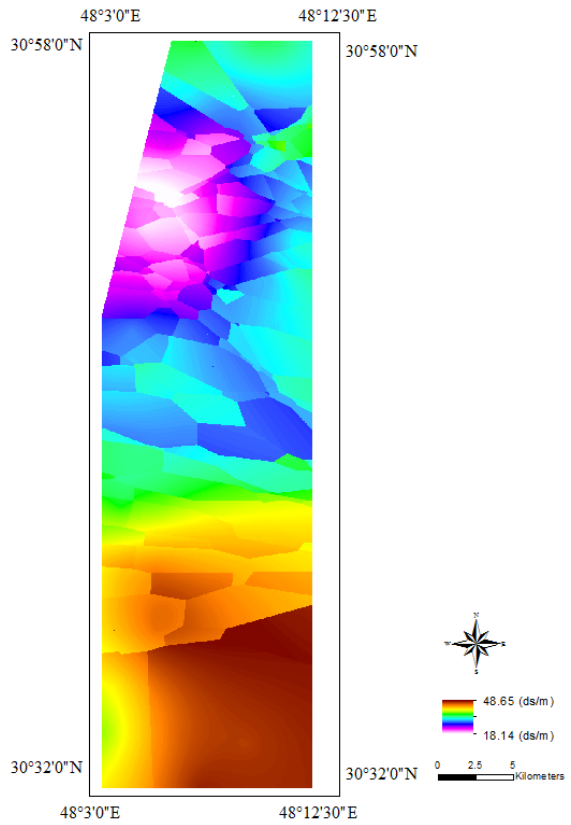
نتایج و بحث

در این پژوهش باندهای ۲، ۳، ۴ و ۵ ماهواره لندست ۸ مورد استفاده قرار گرفتند. جدول ۲ مقدار همبستگی هر یک از باندهای مورد استفاده با یکدیگر و همچنین با داده‌های نقشه شوری تهیه شده با استفاده از نمونه برداری‌های صحرایی را نشان می دهد.

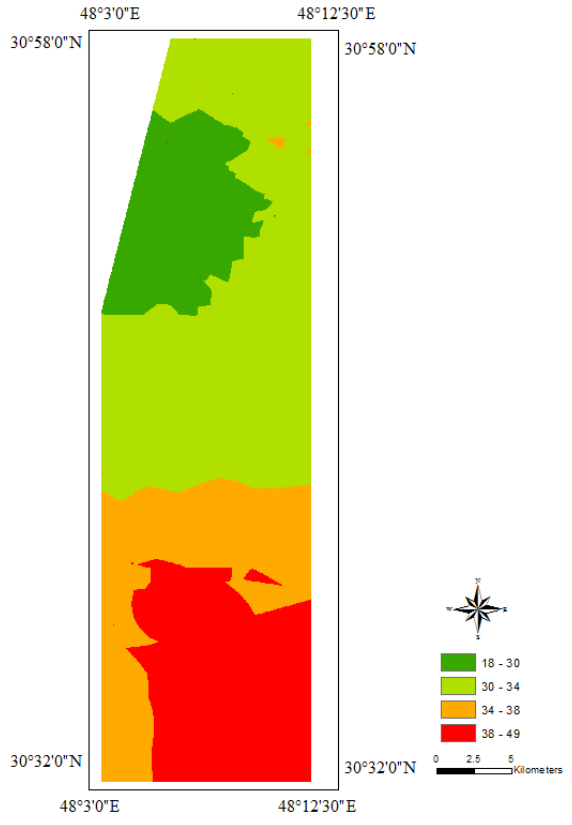
جدول۲- بررسی همبستگی باندهای مورد استفاده نسبت به یکدیگر و نقشه شوری خاک

باند	باند ۲	باند ۳	باند ۴	باند ۵
باند ۲ (باند آبی)	۱	۰/۹۹	۰/۹۵	۰/۸۶
باند ۳ (باند سبز)	۰/۹۹	۱	۰/۹۸	۰/۸۷
باند ۴ (باند قرمز)	۰/۹۵	۰/۹۸	۱	۰/۹۲
باند ۵ (باند مادون قرمز نزدیک)	۰/۸۶	۰/۸۷	۰/۹۲	۱
نقشه شوری خاک با استفاده از داده های زمینی	۰/۷۲	۰/۶۷	۰/۵۶	۰/۴۵

شکل شماره ۳ نقشه شوری خاک با استفاده از داده های هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک بدست آمده از نمونه های صحرایی می باشد و از روش کریجینگ نقشه رستری شوری خاک بدست آمده است. بر طبق نتایج بیش‌ترین مقدار هدایت الکتریکی عصاره اشباع در منطقه مورد مطالعه ۴۸/۶۵ (ds/m) می‌باشد که مربوط به اراضی جنوبی منطقه مورد مطالعه بوده و کمترین مقدار ۱۸/۱۴ (ds/m) می‌باشد. همچنین شکل ۴ نیز کلاسه بندی نقشه شوری خاک را با توجه به مقادیر شوری برآورد شده نشان می‌دهد.



شکل ۳- نقشه شوری خاک با استفاده از روش کریجینگ



شکل ۴- کلاس بندی نقشه شوری خاک

در منطقه مورد مطالعه بیشترین مقدار شاخص پوشش گیاهی نرمال شده ۰/۵۱ و مربوط به اراضی دارای پوشش است، همانطور که در کل مشخص می‌باشد وسعت این اراضی خیلی کم بوده و سطح کمی از منطقه را پوشش داده‌اند. شاخص شوری استاندارد از جنبه محاسباتی عکس نقشه

NDVI می‌باشد، بطوریکه در مناطقی که پوشش گیاهی وجود دارد، مقدار شاخص مذکور کمتر است. مقدار همبستگی نقشه‌های تهیه شده با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و نقشه تهیه شده با مقادیر برآورد شده شوری خاک در جدول ۳ آورده شده است.

جدول ۳- مقدار همبستگی تصاویر تهیه شده با نقشه شوری خاک در منطقه مورد مطالعه

نام شاخص	مقدار همبستگی شاخص‌ها با نقشه تهیه شده شوری خاک
شاخص شوری استاندارد شده	۰/۸۰
شاخص درجه روشنایی	۰/۵۱
شاخص پوشش گیاهی استاندارد شده	۰/۸۷
شاخص شوری ۱	۰/۶۱
شاخص شوری۲	۰/۸۵

نتیجه گیری

با توجه به روابط موجود بین نقشه شوری تهیه شده با داده های زمینی و باندهای استفاده شده برای تهیه شاخص های شوری خاک (جدول ۲) مشخص می‌شود که رابطه معناداری بین باندهای مورد استفاده و نقشه شوری خاک وجود دارد. با توجه به نتایج بدست آمده از همبستگی بین شاخص‌ها با مقادیر واقعی شوری خاک برآورد شده مشخص می‌شود که شاخص پوشش گیاهی استاندارد شده همبستگی بهتری با مقادیر شوری دارد (۸۷٪) سایر شاخص‌ها به ترتیب کاهش همبستگی عبارتند از: شاخص شوری شماره ۲ (۸۵٪)، شاخص شوری استاندارد شده (۸۰٪)، شاخص شوری شماره ۱ (۶۱٪) و شاخص درجه روشنایی (۵۱٪). با توجه به نتایج بدست آمده در منطقه جنوب غربی خوزستان، به نظر میرسد احتمالا بهترین روش برای بررسی مقدار شوری خاک سطحی در مناطق دارای شرایط مشابه نیز شاخص پوشش گیاهی استاندارد شده باشد. به منظور انجام تحلیل‌ها و نتیجه گیری‌های دقیق‌تر، لازم است این روش در سایر مناطق بایر که دارای شرایط طبیعی متفاوتی با منطقه مورد مطالعه هستند اجرا و نتایج بدست آمده با یکدیگ

منابع:

Abbas, A. and Khan, S. 2007. Using remote sensing techniques for appraisal of irrigated soil salinity. The pages
. 357-408. International Congress on Modelling and Simulation (MODSIM '07). pp. 2632–2638, Brighton, UK.

Bannari, A., Guedon, A. M., El-Harti, A., Cherkaoui, F. Z. and El-Ghmari, A. 2008. Characterization of slightly and moderately saline and sodic soils in irrigated agricultural land using simulated data of advanced land imaging (EO-1) sensor Communications in Soil Science and Plant Analysis. 39. 19-20: 2795– 2811.

Dwivedi, R. S. 1996. Monitoring of salt-affected soils of the Indo- Gangetic alluvial plains using principal component analysis, International Journal of Remote Sensing. 17.10:1907–1914.

Dehni, A. and Lounis, M. 2012. Remote Sensing Techniques for Salt Affected Soil Mapping: Application to the Oran Region of Algeria/Procedia Engineering, 33, 188-198.

Douaoui, A. E. K., Nicolas, H. and Walter, C. 2006. Detecting salinity hazards within a semiarid context by means of combining soil andremote-sensingdata,"Geoderma.134. 1-2: 217– 230.

Elhag, M. 2015. Evaluation of Different Soil Salinity Mapping Using Remote Sensing Techniques in Arid Ecosystems, Saudi Arabia., Journal of Sensors.10.1155.

Jiapaer, G., Chen, X. and Bao, M. 2011. A comparison of methods for estimating fractional vegetation cover in arid regions, Agricultural and Forest Meteorology. 12: 1698–1710.

Paudyal, K. R. and Erenstein, Q. 2005. Multi- stakeholder program to accelerate technology adoption to improve rural livelihoods in rainfed eastern Gangetic plains (IFAD TAG634). Annual technical progress report. By: International Maize and wheat improvement center.

Rao, B. R. R., Dwivedi, S. L. 1991. Mapping the magnitude of sodicity in part of Indo-Gangetic plains of Uttar Pradesh, Northern India using Landsat data. International Journal of Remote Sensing. 1203: 1419–1425.

Kappa, M., Shawan, A. and Erasmi, S. 2005. Remote sensing based classification of salt affected soils as an indicator for landscape degradation in the south of Aleppo, Syria. UN conversion to combat desertification, Trier, Germany. 7-9.

Khan, N. M., Rastoskuev, V., Y. Shiozawa, S. 2005. Assessment of hydrosaline land degradation by using a simple approach of remote sensing indicators. Agricultural Water Management, 77.1–3: 96–109.

Zhang, T., Zhao, G. and Chang, C. 2015. Information extraction method of soil salinity in typical areas of the yellow river delta based on Landsat imagery, Agricultural Sciences. 06. 01: 71–77.

Zinck, J. A. 2001. Monitoring soil salinity from remote sensing data. 1st workshop EARSEL special interest group on remote sensing for developing countries. Soil and soil salinity

Topic for submission: Soil Genesis and Classification

Preparation of soil salinity map using Landsat 8 satellite data in southwestern Khuzestan desert areas

Zahirnia*[1], A. R., Matinfar[2], H. R.

[1] PhD. Student, Soil Science Department, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Iran

[2] Associate Prof., Soil Science Department, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Iran

Abstract

Continuous, fast and low-cost monitoring of high precision salinity is one of the issues that has always been considered with regard to the vast area of the plains of Iran. Soil salinity is one of the serious environmental problems in dry and semi-arid areas, and is one of the factors that can occur naturally or by humans. With the advancement of remote sensing science, soil salinity can be achieved in the vastest possible time and cost by using raster maps based on satellite imagery. The purpose of this study was to provide a soil salinity map using salinity indices and remote sensing data and compare it with the soil salinity map obtained from land information. Results show the highest correlation was found between normalized vegetation index (NDVI) (0.87), salinity index 2 (NDSI) (0.85) and standardized salinity index (SI2) (0.80) with mapping Estimated soil salinity data in the southwestern region of Khuzestan has been shown and this indicates that the information obtained from remote sensing methods and estimated indicators for mapping the soil salinity index map is in this area.

Keywords: Soil Salinity, Salinity Indices, Landsat 8 Satellite, Remote Sensing

* Corresponding author, Email: arzahirnia@gmail.com

محور مقاله :فناوریهای نوین در علوم خاک

اثر دما، pH محلول و نانو رس مونت موریلونیت در جذب سولفات از آب

بهناز طاهری نیا[۱]، شهریار مهدوی*[۲]، امیر حسین سیاح زاده[۳]

[۱] دانشجوی کارشناسی ارشد منابع آب، گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ملایر، ایران.

[۲] دانشیار گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ملایر، ایران.

[۳] استادیار گروه عمران ، دانشکده عمران و معماری، دانشگاه ملایر، ایران.

چکیده

سولفات یک آنیون مهم در آب‌های طبیعی که عمدتا از فرآیندهای هوادیدگی شیمیایی مواد معدنی حاوی سولفور و اکسیداسیون سولفید بدست می آید. لذا در این پژوهش حذف یون سولفات توسط نانو رس مونت‌موریلونیت از آب و تعیین اثر pH و اثر دما برای تعیین شرایط بهینه به منظور کنترل غلظت سولفات مورد بررسی قرار گرفت. سپس ایزوترم های جذب سولفات مورد بررسی قرار گرفت.

نتیجه‌گیری: نتایج نشان داد که حذف سولفات در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد برابر با ۳/۵۴ میلی‌گرم بر گرم (۳۵/۴ درصد) بیش‌ترین مقدار بود. همچنین بر اساس داده های ترمودینامیکی واکنش جذب خود به خودی بود. همچنین در بررسی اثر pH، بیش‌ترین حذف سولفات در pH=۳ برای نانو رس مونت‌موریلونیت ۲/۳ میلی‌گرم بر گرم (۲۷/۸ درصد) در شرایط بهینه بدست آمد. با توجه به نتایج بدست آمده در این تحقیق حذف سولفات با استفاده از نانو رس مونت‌موریلونیت با مدل لانگ‌مویر با ضریب همبستگی (R^2=۰/۹۶) بیش‌ترین برازش را داشت که نشان‌دهنده سطوح جذبی همگن و یک لایه بود. همچنین ماکزیمم جذب نانو رس مونت‌موریلونیت ۹/۷ میلی‌گرم بر گرم ($SO_4^=$-S) برآورد گردید که این نتایج نشان‌دهنده مؤثر بودن نانو رس مونت‌موریلونیت در حذف سولفات از آب بود.

کلمات کلیدی: سولفات، ایزوترم، آنتالپی، آنتروپی، جذب

مقدمه

یون سولفات ترکیبی از سولفور و اکسیژن بوده و به عنوان بخشی از مواد معدنی طبیعی، در ترکیبات بعضی از خاک‌ها و سنگ‌ها یافت می‌شود (Pubchem, 2017). منبع طبیعی سولفات از فعالیت‌های انسانی عمدتاً شامل فاضلاب صنایع کاغذ سازی، نساجی، کودهای شیمیایی، پلاستیک‌سازی

و استخراج زغال سنگ از معدن است (Taita et al., 2009). یون سولفات ترکیبی از سولفور و اکسیژن بوده و به عنوان بخشی از مواد معدنی طبیعی، در ترکیبات بعضی از خاک‌ها و سنگ‌ها یافت می‌شود (Pubchem, 2017). همچنین سولفات همانند سایر مواد معدنی دیگر می‌تواند باعث بروز لایه‌های فلس مانند در دستگاه‌های صنعتی و لوله‌های انتقال آب شود. کاهش قدرت پاک کنندگی شوینده‌ها، کاهش کیفیت رنگ و ایجاد لک بر روی محصول یا لباس از دیگر معضلات ناشی از غلظت بالای این ماده در آب مورد استفاده است (Iakovleva et al., 2015). امروزه تأمین آب پاک با کیفیت مطلوب یکی از مشکلات اصلی بشر است (Yousue. 2001). وجود غلظت بالای سولفات یون در برخی از پساب‌های صنعتی و شهری، استفاده مجدد از پساب را با مشکل مواجه می‌سازد. در غلظت بالا، اثر ملین سولفات در انسان باعث ابتلا به اسهال اسمزی می‌شود (Stepnow et al., 2002). بررسیها به منظور حذف سولفات از راه جذب سطحی به ویژه با استفاده از نانو ذرات بسیار اندک است. ما و همکاران (۲۰۱۹) با استفاده از نانو کمپوزیت های ادام به حذف سولفات نمودند (Ma. 2019). هونگ و همکاران (۲۰۱۷) با استفاده از کربن فعال اصلاح شده اقدام به حذف سولفات کردند. ظرفیت جذب برحسب گوگرد ۱۴/۷ میلی گرم بر گرم بدست آمد (Hong. 2017) . گائو و همکاران (۲۰۱۸) از سلولز ساده و اصلاح شده جهت حذف همزمان مس و سولفات استفاده کردند (Gao. 2018) .لذا این تحقیق به منظور بررسی امکان حذف سولفات از آب با مطالعه فاکتور های موثر در حذف سولفات شامل اثر دما و pH و ایزوترم های جذب با نانو رس مونت موری لونایت انجام شد.

مواد و روش‌ها

جاذب نانو رس مونت‌موریلونیت از شرکت Sigma- ALDRICE خریداری شد. مونت‌موریلونیت به‌خاطر پتانسیل بالای جذب آب و در نتیجه انجام عمل تعویض یونی می‌تواند کاتیون‌های آلی (مانند آفت‌کش‌ها، رنگبری، مواد فعال سطحی، فنولها، شوینده‌ها) و کاتیون‌های غیر آلی مانند فلزات سنگین (Ni^{2+}، Cu^{2+}، Ag^{+}، CO^{2+}) را جذب کند و در مقایسه با سایر خاک‌هاس رسی مرجع مانند کوارتز، کربنات‌کلسیم، کائولینت و ایلیت این عمل را بهتر انجام می‌دهد . (Krishna et al., 2008)

۱) بررسی اثر دما برروی میزان جذب:

مقدار ۰/۰۲۵ از نانو رس مونت‌موریلونیت وزن شد، مقدار ۱۲/۵ سی‌سی از محلول ۲۰میلی گرم بر لیتر سولفات با پ‌هاش اصلی محلول به آن اضافه شد و به مدت ۱۸۰ دقیقه در دامنه دمایی ۱۵ تا ۴۵ درجه سانتی‌گراد در حالت تعادل قرار گرفت و غلظت سولفات تعادلی اندازه‌گیری شد. برای بررسی ماهیت جذب از معادلات ترمودینامیکی زیر استفاده می‌شود.

$$G\Delta^\circ = - dknLTR \qquad (۱)$$

$$\Delta G^\circ = \Delta H^\circ - T\Delta S^\circ \qquad (۲)$$

R: ثابت گازها و برابر ۸/۳۱۱ (ژول بر مول در درجه کلوین)، T: دما بر حسب کلوین، Kd: ضریب توزیع (لیتر بر گرم) که وابسته به غلظت است، ΔG°: انرژی آزاد گیپس (کیلوژول بر مول) می‌باشد. اگر در این معادله ΔG° منفی باشد واکنش خودبه‌خودی است و اگر مثبت باشد واکنش برای انجام به‌انرژی نیاز دارد و واکنش غیر خودبه‌خودی است و نیاز به محرک خارجی دارد. ΔS°: (ژول بر مول در کلوین) برابر با تغییرات آنتروپی و مثبت بودن آن نشان از افزایش بی‌نظمی و منفی بودن آن کاهش بی‌نظمی را نشان می‌دهد. و ΔH° (کیلوژول بر مول) برابر با تغییرات آنتالپی می‌باشند و منفی بودن این پارامتر نشان از گرمازا بودن واکنش و مثبت بودن مقدار آن بیانگر گرماگیر بودن واکنش است (Azari et al., 2014)

۲) تأثیر pH بر حذف سولفات

برای بررسی اثر pH در حذف سولفات، ۲۰ cc از محلول جذب شونده ۲۰ میلی‌گرم در لیتر (گوگرد) ($SO_4^=$-S) (معادل ۶۰ میلی گرم بر لیتر سولفات) در pH های ۲، ۳، ۴، ۵، ۶، ۷و ۸ تهیه کرده و بعد از به حجم رساندن، ۱۲/۵ cc از pH ۲ تا ۸ به ۰/۰۲۵ گرم از نانو جاذب رس مونت-موریلونیت به مدت ۲۴ ساعت (یک ساعت اول و آخر شیک) در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد نمونه‌ها در انکوباتور قرار داده و محلول تعادلی را سانتریفیوژ کرده و میزان حذف سولفات برای جاذب مورد نظر محاسبه شد.

ایزوترم جذب:

بعد از انجام آزمایشات بهینه‌سازی جذب بر اساس pH بهینه و دما مقدار ۰/۰۱۲۵ گرم از جاذب مونت‌موریلونیت وزن شد مقدار مشخصی از محلول با غلظت‌های مشخص ۰ تا ۲۵ میلی‌گرم در لیتر گوگرد (۰، ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵) با pH=۳ به آن اضافه شد و در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و زمان تعادل ۹۰ min قرار گرفت و بعد غلظت سولفات تعادلی اندازه گیری و مقدار جذب محاسبه شد. در این مطالعه از دو مدل فروندلیچ و لانگ‌مویر برای توصیف داده‌های جذب استفاده شد که به صورت زیر می‌باشد:

شکل خطی معادله لانگ‌مویر در فرمول شماره ۳ ارائه شده است:

$$\frac{C_e}{q_e} = \left[\frac{1}{K_1 q_m}\right] + \frac{C_e}{q_m} \qquad (۳)$$

که در آن C_e غلظت تعادلی ماده حل‌شونده در محلول بر حسب میلی‌گرم در لیتر، q_e ماده جذب شونده بر حسب میلی‌گرم در گرم جاذب و k_l نشان‌دهنده ثابت لانگ‌مویر بر حسب لیتر بر گرم است (mahdavi et al., 2012).

$$\log q_e = \log k_f + \frac{1}{n}\log C_e \qquad (۴)$$

مدل لانگ‌مویر در جذب همگن استفاده می‌شود، بنابراین هر یک از مولکول‌ها برای جذب به انرژی فعال‌سازی نیاز دارند. معادله فروندلیچ یک مدل جذب سطحی تجربی می‌باشد. شکل خطی معادله فروندلیچ در فرمول معادله ۴ ارائه شده است، که در آن C_e و q_e همانند معادله لانگ‌مویر و n و

k_f ثابت‌های فروندلیچ می‌باشند (mahdavi et al., 2012). در مدل فروندلیچ فرض بر جذب چند لایه، با توزیع غیر یکنواخت جذب گرما و جذب بر روی سطوح ناهمگن است.

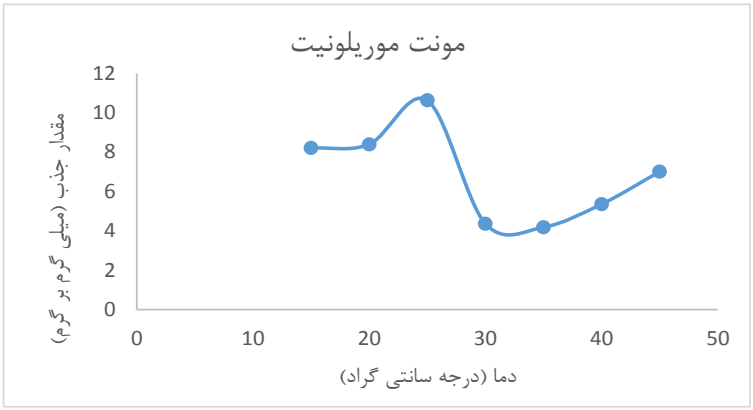
بحث و نتایج:

اثر دما برجذب سولفات توسط نانو رس مونت‌موریلونیت در شکل (۱) مشاهده می‌شود. با افزایش دما مقدار جذب سولفات در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد بیش‌ترین مقدار جذب برابر با ۳/۵۴ میلی‌گرم بر گرم و یا ۳۵/۴ درصد مشاهده شد. همچنین با مطالعات ترمودینامیکی که در حذف سولفات توسط نانو رس مونت‌موریلونیت در دماهای مختلف انجام شد نشان داد. میزان انرژی آزاد گیپس منفی بود لذا واکنش برای انجام به انرژی نیاز ندارد و واکنشخودبه‌خودی است و نیاز به محرک خارجی ندارد و همچنین تغییرات آنتالپی که عرض از مبدأ منحنی بوده که نشان دهنده این است که واکنش جذب گرمازا بوده که بر این اساس است که روند جذب در درجه حرارت بالا کارآمد نمی‌باشد.

شیب نمودار تغییرات آنتروپی را نشان می‌دهد تغییرات آنتروپی منفی بوده که گواه بر این است که این واکنش دارای حداکثر بی‌نظمی نبوده است. میزان ΔH° و ΔS° به‌ترتیب برابر ۱۶۱۱۷- کیلوژول بر مول و ۱۲/۰۸- ژول بر مول بر کلوین می‌باشد که در جدول ۱ مشخص شده‌اند (جدول ۱).

جدول ۱. تغییرات انرژی آزاد استاندارد، آنتالپی و آنتروپی

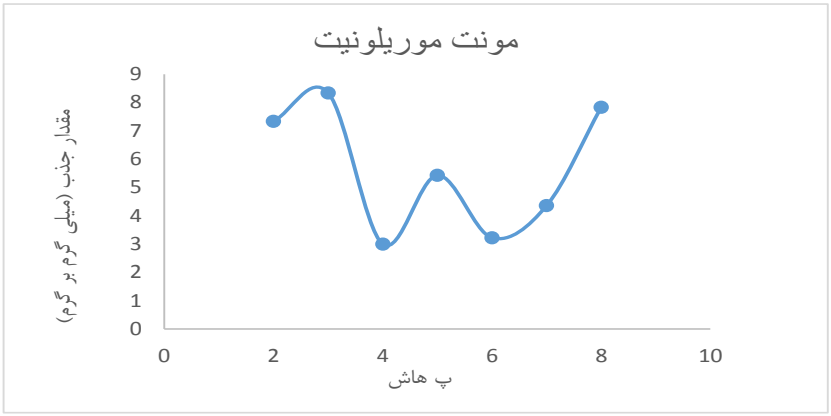
جاذب	Temperature(oc)	Ln kd	ΔG(kj/mol^{-1})	ΔH(J mol^{-1})	ΔS(J mol^{-1} k^{-1})
	۱۵	+۵/۲۳	-۱۲/۵۳۶۷		
	۲۰	+۵/۲۷	-۱۲/۵۸۳۵		
	۲۵	+۵/۶۱	-۱۳/۹۰۴۶		
مونت‌موریلونیت	۳۰	+۴/۴۴	-۱۱/۱۹۱۷	-۱۶۷۱۱	**-۱۲/۰۸**
	۳۵	+۴/۳۹	-۱۱/۲۵۰۷		
	۴۰	+۴/۶۸	-۱۲/۱۹۵۳		
	۴۵	+۵/۰۲	-۱۳/۲۸۳۱		



شکل۱- اثر دما برر میزان جذب سولفات در رس مونت‌موریلونیت

اثر pH بر حذف سولفات از آب

pH پارامتر مهمی برای کنترل نحوه حذف یا جذب سطحی است. یونیزاسیون مولکول‌های سطح جاذب نحوه و شرایط حذف را تحت تأثیر قرار می‌دهد. بنابراین بررسی اثر pH در آزمایش حذف ضروری است (Petosa et al., 2012). بررسی اثر pH در حذف سولفات توسط نانو رس مونت-موریلونیت، شکل ۲ نشان می‌دهد که بیش‌ترین حذف سولفات در pH=۳ مونت‌موریلونیت ۲/۳ میلی‌گرم بر گرم یا ۲۷/۸ درصد که بیانگر جذب بهتر در این حالت می‌باشد. کمترین میانگین جذب مربوط به pH برابر ۴ در رس مونت‌موریلونیت که برابر ۱۰٪ یا ۱ میلی‌گرم بر گرم می‌باشد که بیانگر کمترین مقدار جذب در این pH است.



شکل۲. اثر pH برمیزان جذب سولفات در رس مونت‌موریلونیت

در مطالعه‌ای که در بررسی حذف سولفات به کمک زائدات تولید برنج (شلتوک) انجام شد، بیش‌ترین مقدار حذف سولفات در pH، ۳ بود و بعد از این pH مقدار حذف سولفات کاهش پیدا کرد، که با نتایج این تحقیق همخوانی دارد (دولت‌آبادی و گنجی دوست ، ۱۳۹۷). محققین دیگری به این نتیجه رسیدند که حذف سولفات توسط انعقاد الکتریکی با افزایش pH، افزایش می‌یابد و بیش‌ترین حذف سولفات در pH=۵/۵ رخ داد (محمدزاده و همکاران،

۱۳۹۶). یغمائیان و همکاران (۱۳۹۴) در پژوهش خود به بررسی حذف سورفاکتانت آنیونی به کمک دی‌اکسیدتیتانیوم پرداختند که با افزایش pH، pH=۵ میزان حذف افزایش می‌یابد و بعد از آن مقدار حذف کاهش می‌یابد که با آزمایش صورت گرفته همخوانی ندارد.

ایزوترم جذب:

ماکزیمم ظرفیت جذب سولفات برای نانو رس مونت‌موریلونیت برابر ۹/۷ میلی‌گرم بر گرم ($SO_4^=$-S) برآورد گردید. مدل‌های فروندلیچ و لانگ‌مویر بر
داده‌های جذب برازش پیدا کردند اما معادله لانگ‌مویر با ضریب تعیین (R^2=۰/۹۶۴) بهترین توصیف از جذب سطحی سولفات را نشان داد. ضرایب مربوط به معادله لانگ‌مویر برای جذب سولفات توسط جاذب مونت‌موریلونیت در جدول شماره ۲ ذکر شده است
.

جدول ۲. ضرایب مدل لانگ‌مویر توسط نانو رس مونت‌موریلونیت

جاذب	R^2	q_{max}	K_l
مونت‌موریلونیت	۰/۹۶۴	۹/۷	۰/۰۴۹

نتیجه‌گیری کلی:

در این پژوهش اثر pH و دما برروی حذف یون سولفات توسط نانو رس مونت‌موریلونیت مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که حذف سولفات در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد برابر با ۳/۵۴ میلی‌گرم بر گرم و ۳۵/۴ درصد بیش‌ترین مقدار حذف مشاهده می‌شود و در بررسی اثر pH، بیش‌ترین حذف سولفات درpH=۳ برای نانو رس مونت‌موریلونیت ۲/۳ میلی‌گرم بر گرم یا ۲۷/۸ درصد در شرایط بهینه بدست آمد. در این تحقیق حذف سولفات با استفاده از نانو رس مونت‌موریلونیت و به کمک مدل‌های لانگ‌مویر با ضریب همبستگی (R^2=۰/۹۶) بیش‌ترین برازش را دارد که نشان‌دهنده سطوح جذبی غیرهمگن و چند لایه است. همچنین ماکزیمم جذب نانو رس مونت‌موریلونیت ۹/۷ میلی‌گرم بر گرم($SO_4^=$-S) برآورد گردید که این نتایج نشان‌دهنده توانایی نانو رس مونت‌موریلونیت در حذف سولفات از آب‌ها و پساب‌ها می‌باشد.

منابع:

محمد زاده، ن. دهرآزما، ب. ساغروانی، س. ف. ۱۳۹۶. ارزیابی عملکرد سیستم پیوسته در فرآیند انقعاد الکتریکی جهت حذف سولفات از محلول آبی. چهارمین کنفرانس بین‌المللی برنامه‌ریزی و مدیریت.

ارحمی دولت آبادی، ع. ر. گنجی دوست، ح. ۱۳۹۷. حذف سولفات از آب با استفاده از شلتوک اصلاح شده به‌عنوان جاذب کم هزینه: سینتیک و ایزوترم جذب. کنفرانس عمران، معماری و شهرسازی جهان اسلام.

یغمائیان، ک. ملکوتیان، م. مؤمن زاده، ر. ۱۳۹۴. بررسی کارایی فرآیند فتوکاتالیستی دی‌اکسیدتیتانیوم در حذف سورفاکتانت آنیونی سدیم دودسیل سولفات از فاضلاب. کومش، جلد ۱۶، شماره ۴، صص ۵۶.

Mahdavi, S., Jalali, M., & Afkhami, A. 2012. Removal of heavy metals from aqueous solution using Fe_3O_4, ZnO, and CuO nanoparticles. Journal of Nanoparticle Research, 14(8), 846.

Pubchem, n. d, 2017. Sulfat National Center for Biotechnology Information. PubChem Compound Database, http:// pubchem. Ncbi.nlm. nih. Gov/ compound/ 1117# se-ction= FDA-Pharm-Classes Caccessed Jan. 12.

Taita, s., clarkeb, W.p., kellera,j., Batstone, D.j. 2009. "Removal of sulfate from High-strensth wastewater by crystallization". Water Research, 43(3), pp.762-722.

Iakovleva, E., Makila, E., Salonen, J., Sitarz, M. and Sillanpaa, M. 2015. Industrial products and wastes as adsorbents for sulphate and chloride removal from synthetic alkaline solution and mine process water. Chemical Engineering Journal, 259, 364-371.

Yousue M, et al. Electrocoagylation (Ec)-sciencece and Application. J ournal of Hazardous Materials B 2001: 84:29-41.

Stepnow ski, P., Siedlecka, E. M., Behrend, p., Jastorff, B. 2002. "Enhanced photo-degradation of contaminats in petroleum refinery wastewater", Water Research, Vol. 36, pp. 288-294.

Azari, A., Babaie, A. –A., Rezaei-Kalantary, R., Esrafili, A., Moazzen, M. and Kakavandi, B. 2014. Nitrate removal from aqueous solution by carbon nanotubes magnetized with nano zero-valent iron. Journal of Mazandaran University of Medical Sciences, 23, 15-27.

Petosa, A. R., Brennan, S. J., Rajput, F., and Tufenkji, N. 2012. Transport of two metal oxide nanoparticles in saturated granular porous media: role of water chemistry and particle coating. Water Research, 46 (4), 1273-1285.

Krishna G. Bhattacharyya, Susmita Sen Gupta, *"Influence of acid activation on adsorption of Ni(II) and Cu(II) on kaolinite and montmorillonite: Kinetic and thermodynamic study"*, Chemical Engineering Journal, Vol. 136, pp. 1–13, 2008.

Ma H., Wang M., Zhang J., Sun Sh. (2019). Preparation mechanism of spherical amorphous ZrO(OH)2/AlOOH hybrid composite beads for adsorption removal of sulfate radical from wate. Materials Letters 247, 56-59.

Hong S., Cannon F., Hou P., Byrne T., Nieto-Delgado C. (2017). Adsorptive removal of sulfate from acid mine drainage by polypyrrole modified activated carbons: Effects of polypyrrole deposition protocols and activated carbon source. Chemosphere 184, 429-437.

Gao X., Zhang H., Chen K., Zhou J., Liu Q. (2018). Removal of heavy metal and sulfate ions by cellulose derivative-based biosorbents Cellulose 25, 2531-2545.

The effect of temperature, pH, and he nano-clay montmorillonite in the adsorption of sulfate from water

B. Taherinia[1], S. Mahdavi[2], A. H. Sayyahzadeh[3]

, Malayer, Iran

1. Master of Water Resources Student, department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Malayer University, Malayer, Iran (Corresponding Author)

2. Associate Professor of Soil Science, Faculty of Agriculture, Malayer University, Iran (Corresponding Author)

3. Assistant Professor, Department of Civil Engineering, Faculty of Civil and Architecture, University ofMalayer, , Malayer, Iran

Abstract:

Sulfate is one of the most important anions in natural waters, mainly derived from chemical weathering of sulfur containing minerals and oxidation of sulfide. Therefore, in this study, the removal of ion sulfate by nano- clay montmorillonite from water and determining the effect of pH and temperature were used to obtain the optimal conditions for control of sulfate concentration. The adsorption isotherms were done.The results showed that maximum removal of sulfate at 25 ° C was 3.43 mg / g (35.4%). as well as, in studying the effect of pH, the highest removal of sulfate at pH =3 for nanoclay montemorilonite was 2.3 mg / g (27.8%) in optimal conditions.. Conclusion: In this study, the removal of sulfate using the Montmorillonite nano- clay with Langmuir model had the highest fit with correlation coefficient (R^2 = 0.96), indicating homogeneous adsorption levels with mono- layer. Also, the maximum adsorption of montmorillonite nanoparticles was 9.7 mg / g (So_4 - S). These results indicated the ability of the montmorillonite nanoparticles in the removal of sulfate from water.

Keywords: Sulfate, isotherm, enthalpy, entropy, adsorption

شانزدهمین کنگره علوم خاک ایران

دانشگاه زنجان، ۵ تا ۷ شهریور ۱۳۹۸

محور مقاله: فناوری‌های نوین در علوم خاک

تعیین طول موج کلیدی شوری خاک در کانون‌های ریز گرد استان خوزستان با استفاده از تصاویر ابرطیفی

منصور چترنور[۱]، احمد لندی [۲] احمد فرخیان فیروزی[۳] ، علی اکبر نوروزی[۴] و حسینعلی بهرامی[۵]

[۱]. دانشجوی دکتری، گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران

[۲]. استاد، گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران و عضو مرکز پژوهشی منطقه‌ای ریزگردها، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران

[۳]. دانشیار، گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران

[۴]. دانشیار، هیئت علمی پژوهشی، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، تهران، ایران

[۵]. دانشیار، گروه خاک‌شناسی، [۲]دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

چکیده

در سال‌های اخیر سطح وسیعی از اراضی استان خوزستان متأثر از شوری خاک و مشکلات ناشی از آن قرار گرفته است. متناسب بااهمیت این معضل، در این پژوهش به کاربرد تصاویر ابر طیفی در برآورد شوری کانون‌های ریز گرد استان خوزستان پرداخته شده است. به این منظور طیف اصلی خاک با استفاده از دستگاه FieldSpect تعیین و همچنین از روش رگرسیون چند متغیره ماشین بردار پشتیبان (SVR) برای مدل‌سازی رفتار طیفی خاک‌ها استفاده شده است. در ادامه روش‌های پیش‌پردازش طیف صاف شده (SG)، مشتق اول به همراه فیلتر ساویتزی گولای (FD-SG)، مشتق دوم به همراه فیلتر ساویتزی گولای (SD-SG)، روش نرمال سازی استاندارد (SNV) و روش حذف پیوسته (CR)، به منظور حذف نویز و افزایش دقت تصاویر ابر طیفی استفاده شد. بر اساس نتایج روش مشتق دوم (SD-SG) بهترین عملکرد (PRD =۳/۶۰ و RMSE = ۵/۵۹، R^2 = ۰/۹۳) و روش صاف سازی ساویتزی گولای (SG) ضعیف‌ترین عملکرد (PRD =۱/۸۸ و RMSE = ۱۰/۷۴ ، R^2 = ۰/۷۶) در برآورد شوری خاک داشته‌اند. علاوه بر این طول موج‌های ۲۲۳۰ و ۲۲۴۵ نانومتر بیش‌ترین همبستگی را با شوری خاک نشان داده و به عنوان طول موج کلیدی شوری خاک در این منطقه شناسایی‌شده‌اند.

کلمات کلیدی: ماشین بردار پشتیبان، طول موج کلیدی، فیلتر ساویتزی گولای، فیلتر مشتق دوم

مقدمه

سطح وسیعی از اراضی استان خوزستان به کانون‌های مستعد تولید گرد و غبار تبدیل شده است. از عوامل کاهش مقاومت خاک در برابر فرسایش بادی، افزایش شوری و سدیمی شدن خاک در این مناطق است. با توجه به سطح وسیع (حدود ۳۵۰ هزار هکتار) این مناطق، ارزیابی شوری خاک با روش‌های مرسوم و سنتی، پرهزینه و زمان بر است. علاوه بر این در روش‌های قدیمی تعمیم نتایج به کل منطقه دارای محدودیت‌هایی است. در سال‌های اخیر از تصاویر ابر طیفی در دامنه‌های مرئی، مادون‌قرمز نزدیک و مادون‌قرمز میانی (طول موج بین ۳۵۰ تا ۲۵۰۰ نانومتر) به عنوان روشی سریع، مقرون به صرفه و غیر مخرب برای برآورد ویژگی‌های خاک استفاده شده است در شناسایی و ارزیابی شوری خاک استفاده از این روش مفید است (Zeng *et al.*, 2018). به دلیل پیچیدگی ترکیبات نمک، ناهمگنی خاک و شرایط منطقه، اطلاعات طیفی در مناطق مختلف حتی در شوری‌های مشابه متفاوت است (Wang *et al.*, 2014). در مورد شوری خاک طول موج خالص یا محدوده خاصی که مورد تاکید همه پژوهشگران باشد وجود ندارد و یا محدوده طیفی مورد نظر در ترکیب با خصوصیات دیگر مانند رطوبت خاک است (Farifteh *et al.*, 2008). بنابراین نیاز است که دقت مدل‌ها در مناطق مختلف جهت برآورد شوری خاک ارزیابی شود.

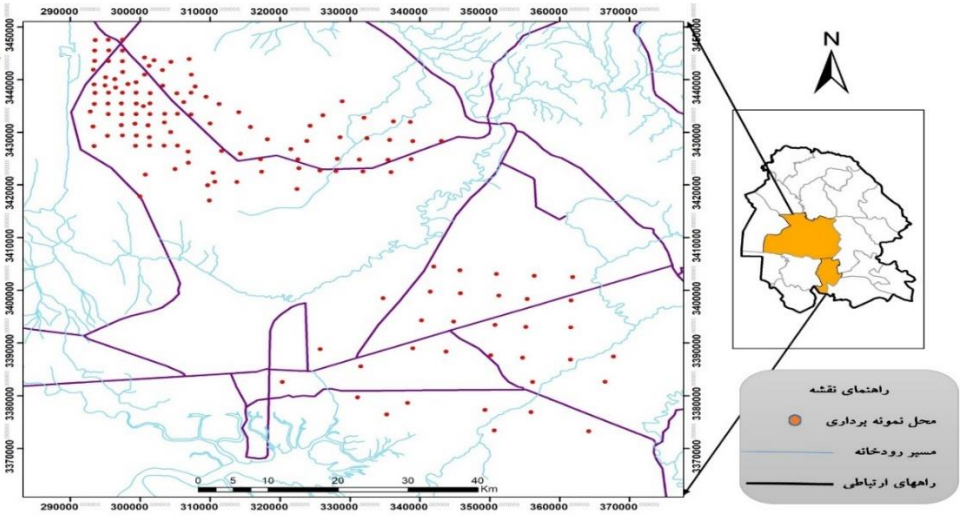
[۱*]. ایمیل نویسنده مسئول (mansour_chn@yahoo.com)

تاکنون مطالعاتی در زمینه برآورد خصوصیات خاک با استفاده از روش طیف‌سنجی انجام شده است. Farifteh *et al* (2008) پژوهشی را برای بررسی رابطه بین غلظت نمک خاک و پاسخ طیفی با استفاده از مدل رگرسیونی خطی انجام دادند. در این مطالعه از سه بافت خاک مختلف و شش نوع مواد معدنی نمکی استفاده شد. نتایج نشان داد که برآورد مدل برای نمک NaCl، دارای دقت قابل‌قبول (R^2CV=۰/۶۵ با PRMSECV = ٪۵۰/۳) و برای نمک‌های KCl و Na_2SO4 دقت مدل‌سازی کاهش (R^2CV<۵۰) یافت. Zeng *et al* (2018) باهدف مدل‌سازی شوری خاک از تصاویر ابر طیفی پیوسته و چند طیفی استفاده کردند، از مدل‌های رگرسیون حداقل مربعات جزئی (PLSR)، ماشین بردار پشتیبانی (SVM) و یادگیری عمیق (DL) جهت پردازش طیفی استفاده کردند. نتایج مطالعه آن‌ها نشان داد مدل PLSR ، عملکرد بهتری (۰/۷۱ تا ۰/۸۶=R^2) نسبت به SVM و DL دارد در برآورد شوری نشان داد. ناوار و همکاران (۲۰۱۵) از مدل‌های رگرسیونی PLSR، MARS و SVR جهت برآورد خصوصیات خاک صحرای سینا در شمال مصر همراه با هفت روش پیش‌پردازش طیفی استفاده کردند و مشاهده کردند که مدل MARS با روش پیش‌پردازش حذف پیوسته[3] (CR) دقت بالایی را در برآورد درصد رس و مواد آلی، با ضریب تعیین به ترتیب ۰/۸۵ و ۰/۹۰ به دست آوردند. Ji و همکاران (۲۰۱۶) از امواج مادون‌قرمز میانی (MIR) و طیف‌سنجی درجا، جهت برآورد خصوصیات خاک دو مزرعه آلی و معدنی در کانادا استفاده کردند. نتایج مطالعه آن‌ها نشان داد مدل PLSR دقت مناسبی در برآورد ظرفیت تبادل کاتیونی، کلسیم و منیزیم با ضریب تعیین بیشتر از ۰/۵۰ داشت (Ji et al., 2016).

اهداف از این پژوهش عبارت‌اند از مقایسه عملکرد انواع طیف‌های: طیف اصلی، پیش‌پردازش طیف نرم شده (SG)، مشتق اول به همراه فیلتر ساویتزی گولای (FD-SG)، مشتق دوم به همراه فیلتر ساویتزی گولای (SD-SG)، روش نرمال سازی استاندارد (SNV) و روش حذف پیوسته (CR) در برآورد شوری خاک در مناطق مستعد تولید ریز گرد استان خوزستان با استفاده از مدل ماشین بردار پشتیبان (SVR) است. تعیین طول موج کلیدی شوری خاک در این مناطق هدف دیگر است.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در اراضی مستعد تولید گرد و غبار استان خوزستان در منطقه‌ای با مختصات (N ۳۱' ۱۰°) و (E ۴۱' ۴۸°) انجام شد. برای نمونه‌برداری خاک، منطقه مطالعاتی به صورت شبکه‌بندی منظم در ابعاد ۲ کیلومتر تقسیم‌بندی گردید. از تعدادی از شبکه‌ها که مستعد تولید ریز گرد بودند از عمق صفر تا ۵ سانتیمتر انجام شد نمونه‌برداری انجام شد و تعداد ۱۴۲ نمونه خاک جمع‌آوری گردید. در ادامه مراحل هوا خشک کردن نمونه‌ها، کوبیدن و عبور از الک دو میلی‌متری انجام شد. نقاط نمونه‌برداری در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱. موقعیت کانون ریز گرد و محل‌های نمونه‌برداری (نقاط قرمز رنگ) (سازمان محیط‌زیست، پژوهشکده تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری)

[3] Continuum removal

هدایت الکتریکی (EC) عصاره اشباع نمونه‌ها (جدول ۱) با دستگاه شوری سنجی DDS-11A در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد اندازه‌گیری شد (Zeng *et al.*, 2018). نتایج توصیف آماری در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱. توصیف آماری شوری نمونه‌های خاک

آماره							
کشیدگی	چولگی	انحراف معیار	ضریب تغییرات	میانگین	کمترین	میانه	بیشترین
۰/۱۶	۰/۵۹	۱۹/۰۲	۰/۵۵	۳۴/۳۸	۱/۶	۳۳/۸	۹۶/۵۵

طیف‌سنجی: طیف‌سنجی به دو روش انجام می‌شود: الف) روش در جا که با استفاده از طیف‌سنج قابل‌حمل در مزرعه و روش طیف‌سنج آزمایشگاهی که با برداشت نمونه و تعیین بازتاب نمونه خاک در آزمایشگاه انجام می‌شود. از معایب روش طیف‌سنجی در جا که به ویژه در مناطق مطالعاتی با وسعت زیاد بروز پیدا می‌کند: پیچیدگی روش و حساسیت طیف‌سنج به شرایط محیطی شامل رطوبت و شدت نور متغیر و همچنین روش نمونه‌برداری اشاره کرد. (Ji *et al.*, 2016) جهت اجتناب از این عوامل خطا، در پژوهش حاضر نمونه‌های خاک هوا خشک‌شده و سپس طیف‌سنجی در آزمایشگاه و اتاق تاریک انجام شد و اثرات رطوبت و نور مزاحم در شکل منحنی بازتاب به حداقل ممکن کاهش یافت. در ابتدا مقداری نمونه خاک خشک‌شده در پتری دیش[4] با قطر ۱۰ سانتیمتر و ضخامت ۱ سانتیمتر قرار داده شد. اسکن نمونه‌ها در اتاق تاریک با استفاده از طیف‌سنج آزمایشگاهی ASD FieldSpec3 (ساخت شرکت Analytical Spectral Devices، Inc) انجام شد. بدین منظور نمونه خاک در زیر لامپ تنگستن هالوژن قرار گرفت. نور با زاویه ۲۰ درجه نسبت به عمود و در فاصله ۲۰ سانتیمتری به نمونه تابانده شده و بازتاب از طریق چشمی فایبراپتیک ثبت گردید. پس از ۵ بار اسکن متوالی، جهت حذف اثر توزیع اندازه ذرات بر روی طیف و ایجاد اختلاف طیفی، پتری دیش ۹۰ درجه چرخانده و پس از ۵ بار اسکن و از ۱۰ طیف میانگین‌گیری انجام شد و برای هر نمونه به عنوان طیف اصلی ذخیره شد. با استفاده از نرم‌افزار Viewspect داده‌های بازتاب طیفی به داده‌های با قالب ACSII تبدیل و وارد نرم‌افزار The UnscramblerX 10.2 شد سپس داده طیفی خروجی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. با توجه به میزان بالای نویز در ابتدا و انتهای طیف‌ها، محدوده ۴۲۰-۳۵۰ و ۲۴۷۰-۲۵۰۰ از فرایند مدل‌سازی حذف شدند. در ادامه با عمل پیش‌پردازش داده‌های طیفی طیف اصلی، شامل نرم سازی با روش ساویتزی گولای، روش‌های مشتق اول و مشتق دوم پیش‌پردازش شدند(Camo, 1998). مدل‌سازی با مدل رگرسیونی SVR انجام شد. نمونه‌ها به دو قسمت (۷۰ و ۳۰ درصد) تقسیم شد، از ۷۰ درصد اول برای مرحله واسنجی مدل و ۳۰ درصد باقیمانده نیز برای اعتبار سنجی مدل استفاده شد.

معیارهای ارزیابی

برای ارزیابی دقت مدل‌ها از سه شاخص آماری ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE)، ضریب تبیین (R2) و نسبت عملکرد به انحراف (RPD)، استفاده شد (Chang et al., 2001; Ji, Adamchuk, et al., 2016).

$$PRD = \frac{SD}{RMSE} \qquad (۱)$$

SD انحراف معیار نمونه است

نتایج و بحث

نتایج برآورد شوری خاک با مدل SVR در شش گروه طیفی نشان داد که نوع روش‌های پیش‌پردازش در دقت برآورد مدل موثر بود و هر شش روش دقت برآورد خوب تا عالی را نشان دادند. (جدول ۲). تمامی طیف‌های پیش‌پردازش شده جز روش SG دقت بیشتری نسبت به طیف اصلی

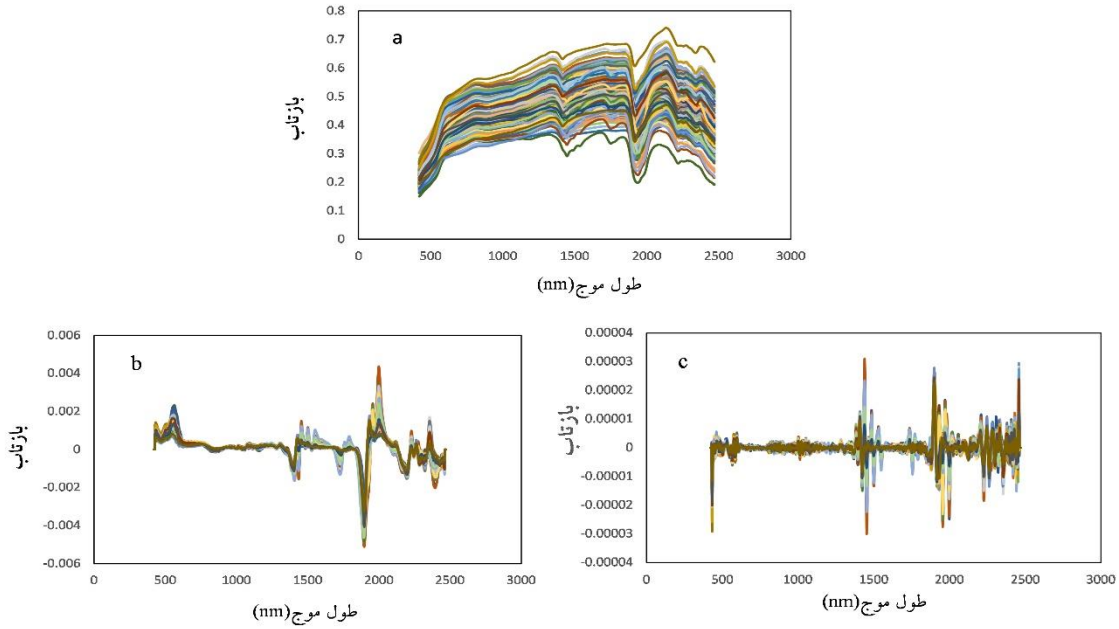
[4] Petri dish

بدون پیش‌پردازش نشان دادند. بهترین عملکرد در روش پیش‌پردازش مشتق دوم (SD-SG) (PRD =۳/۶۰ و RMSEP = ۵/۵۹، R^2 = ۰/۹۳) و کمترین عملکرد در طیف نرم شده (SG) (PRD =۱/۸۸ و RMSEP = ۱۰/۷۴، R^2 = ۰/۷۶) مشاهده شد. در چهار طیف CR (R^2 = ۰/۸۵)، SNV (R^2 = ۰/۷۸)، SD-SG (R^2 = ۰/۹۳) و FD-SG (R^2 = ۰/۸۹)، دقت برآورد مدل SVR را نسبت به طیف اصلی (R^2 = ۰/۷۶) افزایش داد و فقط برای روش SG (R^2 = ۰/۷۶) دقت برآورد مدل کاهش یافت.

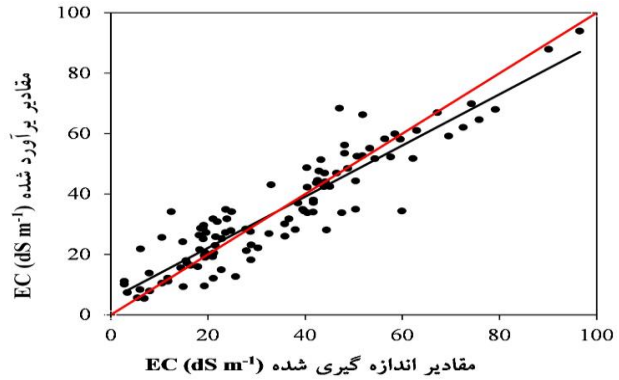
جدول ۲ نتایج آماری برآورد EC خاک در مدل SVR

روش‌های مدل‌سازی و پیش‌پردازش		معیارهای ارزیابی					
مدل	پیش‌پردازش	واسنجی			اعتبارسنجی		
		R^2	RMSEP	PRD	R^2	RMSEP	PRD
SVR	Row	۰/۷۶	۱۰/۵۶	۱/۹۱	۰/۵۱	۱۲/۰۲	۱/۲۹
	SG	۰/۷۶	۱۰/۷۴	۱/۸۸	۰/۵۱	۱۲/۳۷	۱/۲۵
	FD-SG	۰/۸۹	۶/۵۹	۳/۰۵	۰/۸۴	۶/۲۷	۲/۴۷
	SD-SG	۰/۹۳	۵/۵۹	۳/۶۰	۰/۸۶	۵/۴۷	۲/۹۷
	SNV	۰/۷۸	۹/۴۴	۲/۱۳	۰/۶۵	۹/۰۵	۱/۷۱
	CR	۰/۸۵	۷/۸	۲/۸۵	۰/۷۹	۷/۱۸	۲/۱۵

در پژوهش حاضر مقادیر R^2 در سری اعتبارسنجی کمتر از سری واسنجی و مقادیر RMSEP در سری اعتبارسنجی بیشتر از مقادیر مشابه آن در سری واسنجی بود، بنابراین از سری واسنجی جهت مقایسه عملکرد مدل‌ها استفاده گردید. با توجه به اینکه از نمونه‌های مستقل جهت برآورد شوری خاک استفاده شد. نتیجه برآورد در دو سری واسنجی و اعتبارسنجی متفاوت بود (Dardenne *et al.*, 2000). وقتی دقت سری واسنجی کمتر از سری اعتبارسنجی باشد، از کیفیت برآوردها کاسته می‌شود و این موضوع در مدل SVR صادق است.

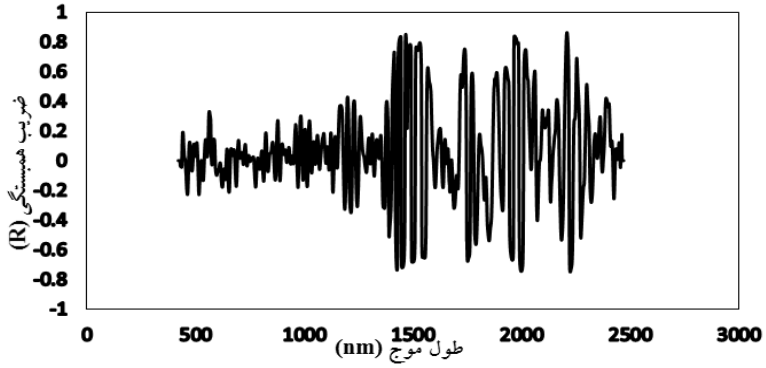


شکل ۲. بازتاب تعدادی از نمونه‌های خاک در سه حالت طیف اصلی (a) ، مشتق اول (b) و مشتق دوم (c)



شکل ۳. نمودار مقادیر اندازه‌گیری شده و برآورد شده EC خاک در روش مشتق دوم

شکل ۴ همبستگی بین طیف اصلی را با EC خاک در هر طول موج نشان می‌دهد. همبستگی مثبت و منفی مابین EC با طیف خاک مشاهده شد. مثبت و منفی در طول موج‌های ۱۴۸۰، ۱۴۸۶، ۱۵۴۰،۱۵۹۰، ۱۷۱۰،۲۰۳۰، ۲۰۶۰، ۱۲۵۰، ۲۲۴۵ نانومتر مشاهده گردید و بیش‌ترین همبستگی مثبت در (r=۰/۸۱) در طول موج ۲۲۳۰ و بیش‌ترین همبستگی منفی (r=-۰/۷۵) در ۲۲۴۵ نانومتر مشاهده گردید. این طول موج‌ها را می‌توان تحت عنوان طول موج کلیدی در برآورد شوری این مناطق گزارش کرد.



شکل **Error! No text of specified style in document.** نمودار همبستگی پیرسون EC با طیف خاک در هر طول موج

در پژوهش‌های قبلی برای انواعی از نمک‌ها مشاهده شد که Halit (NaCl) خصوصیات جذبی در ۱۴۴۰ و ۱۹۳۳ نانومتر، halite و sylvite با طول موج‌های ۱۴۴۰ و ۱۹۳۳ نانومتر همبستگی نشان دادند (Farifteh *et al.*, 2008). خصوصیات جذبی در ۱۵۵۶ نانومتر مربوط به کانی bischofite است. در کانی Epsomite ($MgSo_4\ 7H_2O$) در طول موج‌های ۷۹۳، ۹۹۹، ۱۲۴۰، ۱۴۹۰، ۱۶۳۱، ۱۷۶۰ و ۱۹۴۶ نانومتر خصوصیات جذبی نشان داد (Farifteh *et al.*, 2008). گچ (CaSO4 2H2O) با طول موج‌های ۱۰۰۰، ۱۲۰۰، ۱۴۰۰، ۱۷۰۰، ۲۰۰۰، ۲۲۰۰ و ۲۵۰۰ همبستگی داشت (Hunt, 1977). Xu، ۲۰۱۶ مشاهده کرد که طول موج ۵۴۰، ۵۷۰، ۱۴۳۰، ۱۴۶۰، ۱۷۴۰، ۱۸۷۰، ۱۹۴۰، ۲۰۱۰، ۲۳۵۰ و ۲۴۱۰ نانومتر با شوری خاک همبستگی دارد و ۴ طول موج ۵۴۰، ۱۷۴۰، ۲۰۱۰ ۲۳۵۰ حساسیت بیشتری به میزان شوری خاک داشتند. همچنین با استفاده از روش پیش‌پردازش مشتق دوم همبستگی را در طول موج‌های ۴۴۰، ۱۳۹۰، ۱۴۳۰، ۱۷۴۰، ۱۸۷۰، ۱۹۰۰، ۲۰۱۰ و ۲۲۷۰ نشان دادند(Xu *et al.*, 2016).

نتیجه‌گیری کلی

این مطالعه در خاک‌های شور و سدیمی مناطق حساس به تولید ریز گرد استان خوزستان انجام شد. عملکرد برآورد EC خاک با استفاده از مدل SVR در حالت های ۶ طیف بازتابی شامل طیف اصلی(ROW) و پیش‌پردازش‌های SG ، FD-SG، SD-SG، SNVو CR مقایسه شد. یافته‌های پژوهش نشان

داد که بهترین عملکرد در روش پیش‌پردازش مشتق دوم (SD-SG) و کمترین عملکرد در طیف صاف شده (SG) مشاهده گردید. همچنین طول موج ۲۲۳۰ و ۲۲۴۵ نانومتر تحت عنوان طول موج کلیدی در برآورد شوری این مناطق شناسایی شد. از طول موج‌های کلیدی به دست آمده، می‌توان در مطالعات دور سنجی و تهیه نقشه شوری مناطق حساس به تولید گرد و غبار استان خوزستان استفاده کرد.

منابع

Camo, A. 1998. The Unscrambler User Manual. CAMO ASA. Norway: 47-49

Dardenne, P., Sinnaeve, G. and Baeten, V. 2000. Multivariate calibration and chemometrics for near infrared spectroscopy: which method? Journal of Near Infrared Spectroscopy, 8(4): 229-237.

Farifteh, J., Van der Meer, F., Van der Meijde, M. and Atzberger, C. 2008. Spectral characteristics of salt-affected soils: A laboratory experiment. Geoderma, 145(3-4): 196-206.

Hunt, G.R. 1977. Spectral signatures of particulate minerals in the visible and near infrared. Geophysics, 42(3): 501-513.

Ji, W., Adamchuk, V.I., Biswas, A., Dhawale, N.M., Sudarsan, B., Zhang, Y., Rossel, R.A.V. and Shi, Z. 2016. Assessment of soil properties in situ using a prototype portable MIR spectrometer in two agricultural fields. biosystems engineering, 152: 14-27.

Wang, J., Li, Z., Qin, X., Yang, X., Gao, Z. and Qin, Q. 2014. Hyperspectral predicting model of soil salinity in Tianjin costal area using partial least square regression. Paper presented at the Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS), 2014 IEEE International.

Xu, C., Zeng, W., Huang, J., Wu, J. and van Leeuwen, W. 2016. Prediction of soil moisture content and soil salt concentration from hyperspectral laboratory and field data. Remote Sensing, 8(1): 42.

Zeng, W., Zhang, D., Fang, Y., Wu, J. and Huang, J. 2018. Comparison of partial least square regression, support vector machine, and deep-learning techniques for estimating soil salinity from hyperspectral data. Journal of Applied Remote Sensing, 12(2): 022204.

16th Iranian Soil Science Congress

University of Zanjan, Iran, August 27-29, 2019

Topic for submission: **Novel Technologies in Soil Science**

Determination of the key wavelength of soil salinity in dust center of Khuzestan province using hyperspectral image

Mansour Chaternour ⁎[1], Ahmad Landi[12], Ahmad Farrokhian firouzi[3] , Aliakbar Noroozi[4] and Hosseinali Bahrami[5]

[1]. PhD Student, Department of Soil Science and Engineering, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran

[2]. Professor, Department of Soil Science and Engineering, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran and Dust research center, Shahid Chamran university of Ahvaz, Ahvaz, Iran

[3]. Associate Professor, Department of Soil Science and Engineering, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran

[4]. Associate Professor, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Tehran, Iran

[5]. Associate Professor, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

Abstract

In recent years the wide area of the Khuzestan province is affected by soil salinity and its problems. Due of the importance of this issue, the aim of this study is using of hyperspectral image to estimating of soil salinity in dust centers of Khuzestan province. For this purpose, the FieldSpect is used to determine main spectra, also multivariate regression model, support vector machine is used for modeling soils spectral behavior. Following, five preprocessing methods including, the Savitzky-Golay filter, the first derivative with the Savitzky-Golay filter (FD-SG), the second derivative with the Savitzky-Golay filter (SD-SG), the normalization of standard method (SNV), and the continuum removed method (CR), is used to eliminate the noise and to increase the accuracy of the multivariate models. Base on the Results the second derivative (SD-SG) has been the best performance (R^2_{cal}=0.93, $RMSE_{cal}$=5.59, PRD_{cal}=3.60) and Savitzky-Golay filter (SG) has been the weakness performance (R^2_{cal}=0.76, $RMSE_{cal}$=10.74, PRD_{cal}=1.88) in estimating soil salinity. Furthermore the key wavelengths of soil salinity is identified in this study area by 2230 and 2245 nm.

Keywords: support vector machine, key wavelength, Savitzky-Golay filter, second derivative filter

[1]⁎. Corresponding author, Email: mansour_chn@yahoo.com

محور مقاله: فناوری های نوین در علوم خاک

بررسی امکان تامین نیاز آبی گیاهان آپارتمانی به روش سیستم کنترل هوشمند غیرفعال

حجت قربانی واقعی[۱*]، محمد هادی غفاریان مقرب[۲]، مسعود داوری[۳]

[۱] استادیار گروه منابع طبیعی دانشگاه گنبد کاووس

[۲] استادیار بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان زنجان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، زنجان

[۳] استادیار گروه علوم و مهندسی خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان

چکیده

همواره تأمین رطوبت گیاهان آپارتمانی در ایام مسافرت به عنوان یک دغدغه مطرح بوده است. یکی از راه‌های جدید برای آبیاری گیاهان آپارتمانی استفاده از دستگاه آبیاری کنترل هوشمند غیرفعال (آب بانک) است که می‌تواند میزان تراوش رطوبت به خاک را در محدوده ظرفیت زراعی حفظ کند. دستگاه آبیاری کنترل هوشمند غیرفعال (آب بانک) یک سیستم تأمین‌کننده رطوبت گیاهان آپارتمانی بوده که از دو بخش منبع تغذیه آب و گسیلنده کپسول رسی متخلخل می‌باشد. این دستگاه بدون نیاز به جریان الکتریکی و تنها بر اساس نیروی محرکه آب ناشی از شیب هیدرولیکی کار می‌کند. میزان آب تراوش یافته از این دستگاه تحت کنترل فشار مکش خاک و فشار خلا ایجاد شده در منبع آب است. نتایج تحقیق نشان داد که در ۲۴ ساعت اول بیشینه تراوش آب از آب بانک تحت تأثیر نیروی مکش خاک انجام شده و با گذشت زمان با افزایش فشار خلأ از میزان تراوش آن کاسته می‌شود، لیکن هیچگاه این تراوش متوقف نمی‌شود. نتایج این تحقیق همچنین نشان داد که میزان تراوایی گسیلنده آن در ۲۴ ساعت اول، ۰/۲ L/day بوده و این دستگاه قادر است میزان رطوبت خاک گلدان‌های آپارتمانی (۴ لیتری) را برحسب منبع تغذیه آب ۰/۵ و ۱/۵ لیتری به ترتیب به مدت ۷ و ۱۲ روز برای گیاهانی چون شمعدانی عطری (Pelargonum graveolens)، رز مینیاتوری (Rosa chinensis)، و حسن یوسف (Coleus blumei) در یک خاک با بافت کلی لوم تأمین نماید. در مجموع کاربری اصلی این دستگاه، تأمین رطوبت خاک گلدان‌های آپارتمانی موجود در اتاق کار و فضای درون ساختمان‌ها است و در ایام مسافرت آبیار خوبی برای گیاهان محسوب می شود.

کلمات کلیدی: آب بانک، رطوبت خاک، ظرفیت زراعی، آب‌دهی، کپسول رسی متخلخل

مقدمه

روش تأمین رطوبت خاک با قطعات سفالی از دیرباز در سرزمین ایران و کشور هایی همچون هند، پاکستان، چین و آفریقای جنوبی مرسوم بوده است (باستانی، ۱۳۸۲: Bahrami et al., 2010 Bainbridge, 2001:Bainbridge, 2002). این روش به دلیل تأمین رطوبت گیاهان در حد ظرفیت زراعی از کارایی بسیار زیادی در مهیایی نیاز آبی گیاهان برخوردار است. در قدیم در بخش‌های خشک و نیمه خشک ایران به‌ویژه یزد و کرمان، از کوزه‌های بزرگ کار گذاشته شده در کنار درختان برای تأمین آب مورد نیاز آن‌ها استفاده می‌کرده‌اند (Siyal and Skaggs, 2009: قربانی واقعی، ۱۳۹۰). لیکن به‌دلیل اندازه بزرگ، شرایط سخت حمل و نقل و پرهزینه بودن از سویی و ارزان بودن مصنوعات نفتی از سویی دیگر، نقش آن‌ها در گذر زمان کمرنگ شده و امروزه کشاورزان آشنایی چندانی با این روش نداشته و تمایل چندانی هم به استفاده از آن‌ها نشان نمی دهند (Abu-Atoum, 2004:Abu-Zreig et al, 2006 Zreig and). در سالیان اخیر در سطح جهان، تمایل گسترده‌ای به استفاده مجدد از این قطعات سفالی برای طراحی روش‌های بهینه تأمین-کننده رطوبت خاک به‌ویژه در اراضی کوچک ایجاد شده است. بررسی نتایج پژوهش‌های انجام شده در ایران نشان می‌دهد که قطعات سفالی از کارایی مصرف آب مناسبی نسبت به سایر روش‌های مرسوم برخوردار هستند (باستانی، ۱۳۸۲؛ بهنیا و عرب فرد،

* ایمیل نویسنده مسئول: ghorbani169@yahoo.com

۱۳۸۴؛ مجد زاده و همکاران، ۱۳۸۷؛ قربانی واقعی، ۱۳۹۰). قطعات سفالی نوعی از لوله‌های رسی متخلخل هستند (Bainbridge, 2001) که به دلیل ایجاد رطوبت معادل ظرفیت زراعی در پای ریشه گیاهان، امکان استفاده بهینه از آب آبیاری را فراهم می‌سازد (Bainbridge, 2002؛ باستانی، ۱۳۸۲؛ Siyal and Skaggs, 2009؛ بهرامی و همکاران، ۲۰۱۰؛ قربانی واقعی و همکاران، ۱۳۹۰). در قدیم این قطعات به شکل کوزه‌های خمره‌ای و بزرگ ساخته می‌شد و آب باران از طریق مجرایی وارد آن می‌شد. حال آن‌که امروزه روش آبیاری با قطعات سفالی به شکل کپسول‌های رسی متخلخل انجام می‌شود. کپسول‌های رسی متخلخل نوعی از قطعات سفالی با ابعاد کوچکتر هستند (بهرامی و همکاران، ۲۰۱۰؛ قربانی واقعی و همکاران، ۱۳۹۰) که رویکردی جدید جهت تأمین رطوبت خاک از قطعات سفالی برای مزارع کوچک و متوسط مقیاس مناطق خشک و نیمه خشک، به‌ویژه برای گیاهانی با نیاز آبی کم، به وجود آورده است (بهنیا و عرب فرد، ۱۳۸۴). امروزه تلاش-های گسترده-ای در راستای کوچک-سازی قطعات و نیز امکان استفاده مجدد این قطعات در امر کشاورزی انجام شده است. این امر سبب شده است تا دانشمندان از دل این قضیه به ابداعات و اختراعات جدیدی دست یابند و یکی از ابداعات، بکارگیری توان خود تنظیمی این قطعات در تراوش آب در تأمین نیاز آبی گلدان ها به روش غیر فعال است. در این تحقیق برای کاهش آسیب‌های ناشی از تنش آبی گیاهان گلدانی به‌دلیل تعلل در زمان آبیاری، به ویژه در ایام مسافرت، از روش‌های آبیاری با کپسول‌های رسی متخلخل با تکیه بر توان آبیاری خود تنظیمی آن استفاده شده است. لذا مدت زمان به تأخیر انداختن آبیاری در این پژوهش ملاک بررسی کارایی این روش در تأمین نیاز آبی گیاهان گلدانی و آپارتمانی است.

مواد و روش‌ها

ساخت نازل سرامیکی

به منظور تولید کپسول‌های رسی متخلخل از دستگاه اتوماسیون کپسول رسی استفاده شد (شکل ۱). این دستگاه به سفارش شرکت اندیشه ورزان آب نما گستر و تحت لیسانس شرکت داتیس انرژی ایران و با حمایت مالی معاونت علم و فناوری ریاست جمهوری ساخته شده است. این دستگاه قابلیت تحویل حداقل ۲۰۰۰ قطعه خام در یک روز کاری را داشته و نمونه مشابه خارجی ندارد. محصول آن قطعات سفالی به طول ۱۲ و قطر خارجی ۳/۵ و ضخامت دیواره‌ی یک سانتی‌متری است. برای تولید قطعات ۳*۳/۵ سانتی متری از قطعات تولید شده ۱۲*۳/۵ سانتی متر استفاده می‌شود. قطعات خام در کوره الکتریکی در دمای ۹۸۰ درجه سانتی گراد به مدت ۸ ساعت پخت می‌شوند. برای افزایش زیبایی و بازارپسندی روی قطعات با ماده سفید و یا زرد رنگِ مقاوم به نم و رطوبت پوشانده می‌شود.

شکل ۱- دستگاه اتوماسیون تولید کپسول رسی متخلخل

مشخصات فنی دستگاه آبیاری کنترل هوشمند غیر فعال (آب بانک)

اساس کار دستگاه آب بانک (شکل۲) مشابه دستگاه تانسیومتر خاک است. دستگاه تانسیومتر خاک یک سیستم کنترل هوشمند اندازه‌گیری مکش خاک است که به دلیل عدم استفاده از تجهیزات الکتریکی در فرآیند اندازه گیری مکش از دسته دستگاه‌های غیرفعال محسوب می‌شود. کار دستگاه تانسیومتر خاک، اندازه گیری مکش خاک بوده و کاربر مقدار مکش را به میزان رطوبت خاک ارتباط می دهد. این در حالی است که کار دستگاه آب بانک، تأمین رطوبت مورد نیاز گیاه و خاک است. این دستگاه ساخت شرکت اندیشاب ایران بوده و دارای شماره ثبت اختراع ۸۰۷۳۳ در اداره مالکیت‌های صنعتی می‌باشد. دستگاه آب‌بانک از دو بخش منبع آب و کلاهک سفالی تشکیل شده است. منبع آب ۳۳۰ میلی‌لیتری از جنس ظروف پلاستیکی (انواع بطری‌های رایج نوشیدنی در بازار) یک و یک و نیم لیتری می‌باشد که کار آن تأمین آب مورد نیاز کلاهک است. کلاهک دستگاه نیز، یک گسیلنده از جنس سفال به نام کپسول رسی متخلخل لعاب اندود شده با دوغاب اکسید تیتانیوم یا اکسید آهن است.

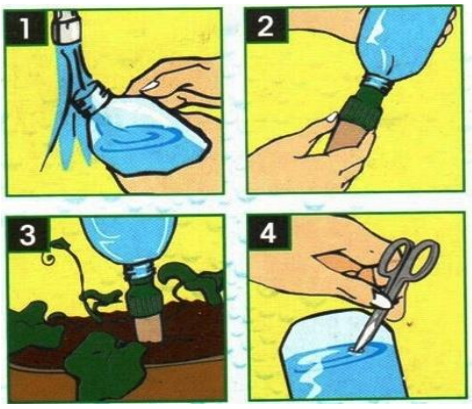
شکل ۲- دستگاه آب بانک.

ضخامت لایه ایجاد شده از دوغاب به دور کپسول رسی کمتر از ۱ میلیمتر است. این لایه منافذی یکنواخت‌تر در سطح کپسول رسی به وجود آورده و تراوش آن را به ۱۰۰-۶۰ میلی‌لیتر بر ساعت می‌رساند. نقش کلاهک رهاسازی آرام و پیوسته آب با گذر زمان است. میزان آب تراوش یافته از این دستگاه از سویی تحت کنترل فشار مکش خاکی است که کلاهک در آن قرار گرفته و از سویی دیگر تحت کنترل فشار خلأ ایجاد شده در منبع آب به‌هنگام خارج شدن هر واحد آب از کلاهک دستگاه است. فشار خلأ ایجاد شده در منبع آب عدم تمایل به رهاسازی آب در دستگاه را تقویت می‌کند درحالی که مکش خاک ترغیب کننده دستگاه به تراوش است. تقابل بین این دو فشار منفی با گذر زمان به نحوی است که از میزان تراوش کلاهک خواهد کاست. مادامی که فشار خلأ منبع آب دستگاه از ۸۵ کیلو پاسکال بیشتر نشود روند کاهش تراوش از کلاهک با گذشت زمان مشاهده خواهد شد. چنانچه مکش خاک قوی‌تر از فشار خلأ ۸۵ کیلوپاسکال باشد پیوستگی مولکول‌های آب در کلاهک دستگاه از بین رفته و مولکول‌های هوا به داخل منبع آب ورود کرده و فشار خلأ نسبی کاهش می‌یابد. این امر میزان تراوش از کپسول‌های رسی را مجددا افزایش می‌دهد. لذا در طول مدت زمان قرار گیری دستگاه در خاک عملیات تراوش آب متوقف نخواهد شد. از طرفی میزان تراوش آب در خاک به حدی است که همواره رطوبت خاک در حد رطوبت ظرفیت زراعی باقی می‌ماند.

دستور العمل کارگذاری و استفاده از دستگاه کنترل هوشمند غیر فعال

در شکل ۳ طرح کلی نحوه آماده‌سازی دستگاه آب بانک برای کارگذاری در گلدان ارائه شده است. اگر گیاهی با نیاز آبی پایین در گلدان کاشته شود بهتر است که بخش فوقانی بطری مطابق شکل ۳-۴ سوراخ نگردد. این امر باعث می‌شود که فشار خلأ ناشی از خروج آب از بطری، سرعت تراوش آب را کاهش دهد. در شکل ۳ نیز نحوه‌ی کارگذاری این دستگاه در کنار گلدان‌های آپارتمانی سطل ۴ نشان داده شده است.

.



شکل ۳- نحوه آماده سازی دستگاه آب بانک برای کارگذاری در گلدان

شکل ۴- نحوه کارگذاری دستگاه آب بانک در جوار ریشه گیاهان مختلف

نتایج و بحث

کلاهک دستگاه طوری ساخته شده است که به‌دلیل خاصیت خودتنظیمی از تراوش کم و پیوسته برخوردار است. میزان تراوش آب از کلاهک سرامیکی تحت کنترل فشار ناشی از مکش خاک و فشار خلا ایجاد شده در منبع آب دستگاه قرار دارد. در صورتی که رطوبت خاک مجاور ریشه کم و به‌عبارتی مکش اعمال شده بر هر واحد آب زیاد باشد آب از کلاهک دستگاه خارج شده و به‌سمت ریشه حرکت می‌کند. تا زمانی که این اختلاف مکش بین دو طرف کلاهک سرامیکی و خاک اطراف ریشه به صفر برسد جریان آب از کلاهک آب‌بانک به سمت ریشه ادامه می‌یابد. این در حالی است که خروج آب از کلاهک سرامیکی آب بانک تا اندازه‌ای تحت کنترل فشار خلأ ایجاد شده نیز قرار دارد. این موضوع سبب می‌شود تا زمانی که منبع آب‌بانک دارای آب باشد خاک مجاور ریشه از رطوبتی معادل ظرفیت زراعی برخوردار باشد. بررسی نتایج آزمایشگاهی حاصل از ارزیابی عملکرد این دستگاه نشان داد که میزان تراوش آب از این کلاهک ها در یک خاک لوم رسی در ۲۰ تکرار در روز اول ۳۰۰-۲۰۰ میلی‌لیتر در روز، روز دوم ۱۵۰-۱۰۰ میلی‌لیتر در روز، روز سوم ۷۵-۵۰ میلی‌لیتر در روز، روز چهارم ۴۰-۳۰ میلی‌لیتر در روز و در روزهای بعد به همین مقدار ادامه یافت. این روند در یک گلدان فاقد پوشش گیاهی به مدت ۲۰ روز با یک منبع آب ۱/۵ لیتری آزمایش شد و میزان آب خارج شده از منبع آن کمتر از ۸۰۰ میلی‌لیتر بدست آمد. در ادامه،

آزمایشی در همین نوع خاک با پوشش گیاهی شمعدانی، رز مینیاتوری و شفلرا و حسن یوسف انجام شد. نتایج این بخش نشان داد که در یک منبع تغذیه ۰/۵ و ۱/۵ لیتری به طور متوسط به ترتیب ۷ و ۱۲ روز در گلدانهای سطل ۴ قادر به تامین نیاز آبی بدون اعمال تنش رطوبتی در گیاهانی مانند شمعدانی عطری، رز مینیاتوری، و حسن یوسف بود. البته در ابتدای تراوش سرعت وارد شدن آب به خاک اطرف ریشه زیاد بود اما در ادامه به تدریج تقلیل یافت. در ابتدا که خاک خشک بوده و منافذ موئین خاک خالی از آب هستند اختلاف مکش رطوبتی بین نقطه تماس آب‌بانک و سایر نقاط خاک بیشتر بوده و آب با سرعت بیشتری از آن به بیرون تراوش می‌کند. با گذشت زمان که این اختلاف مکش ماتریک به حداقل رسیده خروج آب کمتر می-شود.

نتیجه‌گیری و پیشنهادات

کارگذاری کلاهک دستگاه در عمق ۱۵-۵ سانتی متری خاک انجام می‌شود. لذا ممکن است املاح آب ناشی از پدیده تبخیر در سطح آن رسوب کرده و از میزان تراوایی آن بکاهد. برای رفع این معضل توصیه می‌شود که آب جوشیده خنک شده به داخل منبع آب دستگاه ریخته شود. برخی عنوان می‌کنند که امروزه با استفاده از سوپر جاذب‌ها نگرانی خانواده‌ها برای پویایی گیاهان در هنگام مسافرت مرتفع شده و نیازی به استفاده از این دستگاه نخواهد بود! این در حالی است که سوپر جاذب‌های آمیخته شده با خاک برای نگهداری بیشینه آب در خود به زمان غوطه‌وری زیادی نیاز دارند. که این امر با آبیاری بیشتر گلدان‌ها و یا قرار دادن آن‌ها در یک سینی یا بشقاب پر از آب به وقوع می‌پیوندد. در هر صورت این دستگاه قابلیت تأمین رطوبت مورد نیاز سوپرجاذب‌ها را نیز در گلدان‌ها دارا بوده و خانواده‌ها نیازی به پر کردن سینی زیر گلدان‌ها و نگرانی‌های ناشی از تجمع حشرات و کثیفی بجامانده از تبخیر آب در کف گلدان‌ها را نخوهند داشت. از دیگر سو خانواده‌ها می‌توانند با تهیه این دستگاه نیاز آبی گیاهان گلدانی را به این روش تأمین کنند و دیگر به روش سنتی و با یک تنگ آب بالای سر گلدان‌ها ظاهر نشوند. در روش سنتی میزان آبیاری‌ها می‌تواند کم و یا زیاد صورت گیرد که این امر می‌تواند به گیاهان تنش وارد کند. حال آن-که همان‌گونه که در بالا بیان شد این دستگاه همواره می‌تواند رطوبت خاک گلدان‌ها را در حد ظرفیت زراعی نگهداری کند و تنها کافی است منبع تغذیه آب دستگاه را هر ۲۰ الی ۳۰ روز پر نموده و دیگر نگران تنش ناشی از بیش آبیاری و یا کم آبیاری نبود.

منابع

طباطبایی، س.ج.، نیشابوری، م.ر.، فرداد، ح. و لیاقت، ع.م. ۱۳۸۴. تأثیر مدیریت زراعی در زراعت ذرت بر مقدار نفوذ پایه خاک در آبیاری جویچه‌ای. مجله علوم خاک و آب، ۱۹ (۲)، ۲۶۲-۲۵۵.

Chen, Y., Liu, T., Tian, X., Wang, X. and Li, M. 2015. Effects of plastic film combined with straw mulch on grain yield and water use efficiency of winter wheat in Loess Plateau. Filed Crops Research, 175, 53-58.

Guenet, B., Neill, C., Bardoun, G. and Abbadie, L. 2010. Is there a liner relationship between priming effect intensity and the amount of organic matter input? Applied Soil Ecology, 49, 436-442.

Jordán, A., Zavala, L. M. and Gil, J. 2010. Effects of mulching on soil physical properties and runoff under semi-arid conditions in southern Spain, Catena, 81, 77–85.

Mulumba, L. N. and Lal, R. 2008. Mulching effects on selected soil physical properties. Soil Tillage Research, 98, 106–111.

Peng, Z., Ting, W., Haixia, W., Min, W., Xiangping, M., Siwei, M. and Qingfang, H. 2015. Effects of straw mulch on soil water and winter wheat production in dryland farming. Scientific Report.

Sadeghi, S. H. R., Gholami, L., Homaee, M. and Khaledi Darvishan, A. 2015. Reducing sediment concentration and soil loss using organic and inorganic amendments at plot scale. Solid Earth, 6, 445–455.

Shaver, T. M. 2010. Crop residue and soil physical properties. In: Proceeding of the 22nd Annual Central Plains Irrigation Conference. Kearney, February 23-24.

Zhang, S., Yang, X. and Lovdahl, L. 2016. Soil management practice effect on water balance of a dryland soil during fallow period on the Loess Plateau of China. Soil and Water Research, 11, 64-73.

Zhou, X., Lin H.S. and White, E.A. 2008. Surface soil hydraulic properties in four soil series under different land use and their temporal changes.Catena, 73, 180-188.

16th Iranian Soil Science Congress

University of Zanjan, Iran, August 27-29, 2019

Topic for submission: Novel Technologies in Soil Science

Providing apartment plant water requirement using passive intelligent control system

Ghorbani Vaghei[*1], H., Ghafarian[2], H, Davari, M.[3]

[1] Assistant Prof., Natural Resources Department, Faculty of Agriculture,Gonbad Kavous University, Golestan, Iran.

[2] Assistant Prof., Agriculture and Natural Resources Research and Education Center of Zanjan, Iran.

[3] Assistant Prof., Department of Soil Science and Engineering, Faculty of Agriculture, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran.

Abstract

One of the new methods for apartment plants irrigation in traveling is using passive intelligent control system (AB-BANK) that released water in filed capacity moisture. This instrument included two parts such as water source and porous clay capsule nuzzle and the device works without electrical current and the driving only based on force of water due to the hydraulic gradient. The water seepage controlled by the soil suction pressure and the vacuum pressure in the water supply. The results showed that in the first 24 hours the maximum seepage of AB bank was affected by soil suction force and over time, with increased vacuum pressure of leakage decreased, but it does not stop leakage. The results also showed that the permeability of emitting it in the first 24 hours, is 0.2 liter and the device is able based on water supply 0.5 -1.5 liter to provide the amount of moisture of soil 7 and ۱۲ days in plant appartment such as Pelargonum graveolens, Rosa chinensis and Coleus blumei (respectively. In general, the main user of the device is providing moisture of soil in apartment pots in the rooms and spaces within buildings and is a good irrigation system for the plants during the journey.

Keywords: **AB Bank, soil moisture, field capacity, discharge, capsule porous clay.**

[*] Corresponding author, Email: ghorbani169@yahoo.com

شانزدهمین کنگره علوم خاک ایران

دانشگاه زنجان، ۵ تا ۷ شهریور ۱۳۹۸

محور مقاله: فناوریهای نوین در علوم خاک

استفاده از برنامه‌ریزی بیان ژن در تخمین فعالیت اوره‌آزی، فسفاتازی و دهیدروژنازی خاک

میترا ابراهیمی حور[۱]، محمدرضا ساریخانی[۲*]، جلال شیری[۳]، فرزین شهبازی[۴]

[۱] دانشجوی فرادکترای بیولوژی و بیوتکنولوژی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

[۲] دانشیار بیولوژی و بیوتکنولوژی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

[۳] استادیار آبیاری و مدیریت آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

[۴] دانشیار پیدایش، رده‌بندی و ارزیابی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

چکیده

در این پژوهش از برنامه‌ریزی بیان ژن (GEP) برای تخمین فعالیت اوره‌ازی، فسفاتازی و دِهیدروژنازی خاک استفاده شد. برای این منظور از اطلاعات مربوط به ۶۵ نمونه خاک متعلق به کاربریهای مختلف (مرتعی، زراعی و باغی) از منطقه میرآباد نقده واقع در استان آذربایجان غربی بهره برده شد. در سناریوهای مختلف، از صفات اندازه‌گیری شده نظیر بافت، pH، EC، کربن آلی، بیوماس میکروبی و تنفس خاک به عنوان ورودی مدل استفاده شد و صحت مدل با استفاده از شاخصه‌های آماری RMSE و R^2 ارزیابی شد. نتایج سناریوهای مورد بررسی نشان داد که از میان صفات هدف، فعالیت اوره‌ازی نسبت به دو فعالیت آنزیمی بهتر برازش شده است. زمانی‌که از همه اطلاعات ورودی در مدل استفاده شد، بیشترین R^2 و کمترین RMSE به دست آمد. با استفاده از ورودی‌های ساده و زودیافت در مدل (نظیر بافت، pH، EC و OC)، نزدیک به ۸۰ و ۷۰ درصد تغییرات به ترتیب در گروه داده‌های آموزش و آزمون قابل برازش بود و این نتایج حاکی از کارایی GEP در تخمین فعالیت اوره‌ازی خاک است.

کلمات کلیدی: برنامه‌ریزی بیان ژن، اوره‌آز، فسفاتاز، دهیدروژناز، ویژگیهای فیزیکوشیمیایی خاک.

مقدمه

در سال‌های اخیر رویکردهای هوش مصنوعی جهت تخمین و برآورد متغیرهای محیطی، اقلیمی، زیستی، زمین‌شناسی، هیدرولوژی و غیره در حوزه‌های مختلف مورد توجه قرار گرفته است. برنامه ریزی بیان ژن (GEP)، شبکه عصبی مصنوعی (ANN)، ماشین بردار پشتیبان (SVM) و نظایر آن از جمله روش‌های هوش مصنوعی محسوب می‌شوند. روش‌های هوش مصنوعی می‌توانند به عنوان تکنیک‌های جایگزین استفاده شوند زیرا راه‌حل‌های ساده برای مسائل چند متغیره و همچنین محاسبات واقعی ارائه می‌دهند و در آن نیازی به داشتن دانش در مورد متغیرهای درونی سیستم نیست (Mehdizadeh et al., 2017). برای نخستین بار برنامه‌ریزی بیان ژن یا الگوریتم ژنتیکی ژنوتیپ/فنوتیپ، به عنوان تکنیکی برای ایجاد و خلق برنامه‌های کامپیوتری توسط فریرا ارائه شد (Ferreira, 2001). برنامه‌ریزی بیان ژن از الگوی سازماندهی ژنها در کروموزوم‌های خطی استفاده می‌کند. کروموزوم‌ها به عنوان ژنوم انجام وظیفه می‌کنند و با ابزاری نظیر موتاسیون یا جهش، ترانسپوزیشن یا انتقال و نوترکیبی در معرض تغییرات و اصلاحات هستند. کروموزوم‌ها درخت‌های بیان را رمز می‌کنند و آنها در معرض انتخاب قرار می‌گیرند. خلق این موجودیت‌ها یا هویت‌های جدا و مستقل (ژنوم و درخت بیان) با وظایف مشخص، به این الگوریتم اجازه می‌دهد تا کارایی بالایی در حل مسائل مختلف داشته باشد (Ferreira, 2001).

امروزه شاهد بکارگیری این تکنیک (GEP) در حل مسائل مختلف موجود در حوزه های گوناگون هستیم به صورتی‌که مهدیزاده و همکاران (۲۰۱۷) به کمک آن دمای نقطه شبنم را در دو شهر ارومیه و تبریز پیش‌بینی نمودند. شیری و همکاران (۲۰۱۴) تبخیر و تعرق مرجع روزانه را در بخش‌هایی از ایران برآورد نمودند.

در مقایسه با سایر حوزه‌ها، در برآورد پارامترهای زیستی به کمک هوش مصنوعی مطالعات کمتری صورت پذیرفته است. هرچند ابراهیمی و همکاران (۲۰۱۷) با کمک شبکه عصبی مصنوعی جمعیت باکتری *ازتوباکتر* خاک را تحت کاربریهای مختلف ارزیابی نمودند. همچنین تخمین تنفس میکروبی خاک به کمک شبکه عصبی مصنوعی و مقایسه آن با مدل رگرسیون خطی توسط ابراهیمی و همکاران (۲۰۱۹) صورت پذیرفت. بعلاوه مدلسازی فعالیت آنزیم نیترات ریداکتاز در شرایط شوری توسط محمدخانی و همکاران (۱۳۹۷) گزارش شده است. مدلسازی فعالیت فسفاتازی خاک در دو لایه سطحی (۵-۰ و ۱۰-۵ سانتی‌متر) تحت پوشش گیاهان سویا، نیشکر، کاج و درخت سرادو با نمونه‌برداری ۳۲ نمونه خاک در برزیل انجام گرفت (Leite et al.,

2018). علاوه بر پارامترهای سینتیکی آنزیم فسفاتاز خاک (Vmax و Km)، سایر ویژگیهای خاک نظیر کربن آلی خاک، نیتروژن کل، تنفس میکروبی خاک، کربن بیوماس میکروبی، نیتروژن بیوماس میکروبی و فعالیت دهیدروژنازی خاک نیز اندازه‌گیری شد و رابطه آن با فعالیت فسفاتازی مورد بررسی قرار گرفت.

آنزیم‌ها جز اصلی فرایندهای زیستی نظیر تجزیه مواد آلی، معدنی شدن و آزاد شدن عناصر غذایی در چرخه‌های مختلف از قبیل نیتروژن، فسفر، گوگرد، سایر عناصر و همچنین در تجزیه مواد زنوبیوتیک می‌باشند. میکروارگانیسم‌ها مهمترین منابع آنزیم‌های موجود در خاک هستند. اندازه‌گیری فعالیت آنزیم‌های خاک به عنوان شاخصی برای سلامت و کیفیت خاک قابل استفاده بوده و تغییرات آن در نتیجه تغییر مدیریت و شرایط محیطی مشاهده می‌شود. آنزیم‌هایی نظیر دهیدروژناز، فسفاتاز و اوره‌آز از جمله آنزیم‌های مهم می‌باشند که در چرخه‌های فسفر و نیتروژن اهمیت دارند. روش‌های سنجش آنزیمی با لحاظ برخی ملاحظات می‌تواند اطلاعات قابل اعتمادی از نظر غلظت آنزیم در خاک و سرعت فرایندهای کاتالیز شده به وسیله آنزیم را بازگو نماید. در این نوشتار به مدلسازی برآورد این آنزیم‌ها به کمک داده‌های زودیافت خاک اقدام شده است تا به این صورت دیگر نیازی به سنجش آنزیمی خاک نباشد.

دِهیدروژنازها محدوده وسیعی از واکنش‌های اکسایشی را شامل می‌شوند که مسوول تجزیه مواد آلی خاک و انتقال هیدروژن و الکترون از سوبستراها به پذیرندگان آنها (نظیر NAD^+ یا FAD^+ به عنوان پذیرندگان حدواسط و پذیرندگان نهایی نظیر اکسیژن، آهن و غیره) می‌باشند. این فرایندها بخشی از مسیرهای تنفسی میکروارگانیسم‌های خاک می‌باشد و همبستگی نزدیکی با نوع خاک و شرایط رطوبتی و تهویه خاک دارد. آنزیم دِهیدروژناز فعال فقط در سلول‌های زنده و سالمی که در خاک حضور دارند وجود دارد و به صورت خارج سلولی در خاک تجمع پیدا نمی‌کند. به همین خاطر اندازه‌گیری فعالیت این آنزیم در خاکها همبستگی خوبی بین فعالیت زیستی خاک و جمعیت میکروبی خاک (بیوماس میکروبی) برقرار می‌کند. به بیان دیگر سنجش آنزیمی دِهیدروژناز انعکاس‌دهنده فعالیت متابولیکی میکروارگانیسم‌های خاک در لحظه انجام آزمایش می‌باشد (ساریخانی، ۱۳۹۲).

فعالیت آنزیم دِهیدروژناز به عنوان معیاری برای هر گونه تداخل و بی‌نظمی ناشی از عملیات مدیریتی خاک، استفاده از آفت‌کش‌ها و فلزات سنگین کاربرد دارد، برای مثال در غلظت‌های بالای آفت‌کش‌ها کاهش فعالیت این آنزیم گزارش شده است. فعالیت دِهیدروژنازی خاک غرقاب (کاهش پتانسیل ردااکس) بیش از خاک غیرغرقاب گزارش شده است.

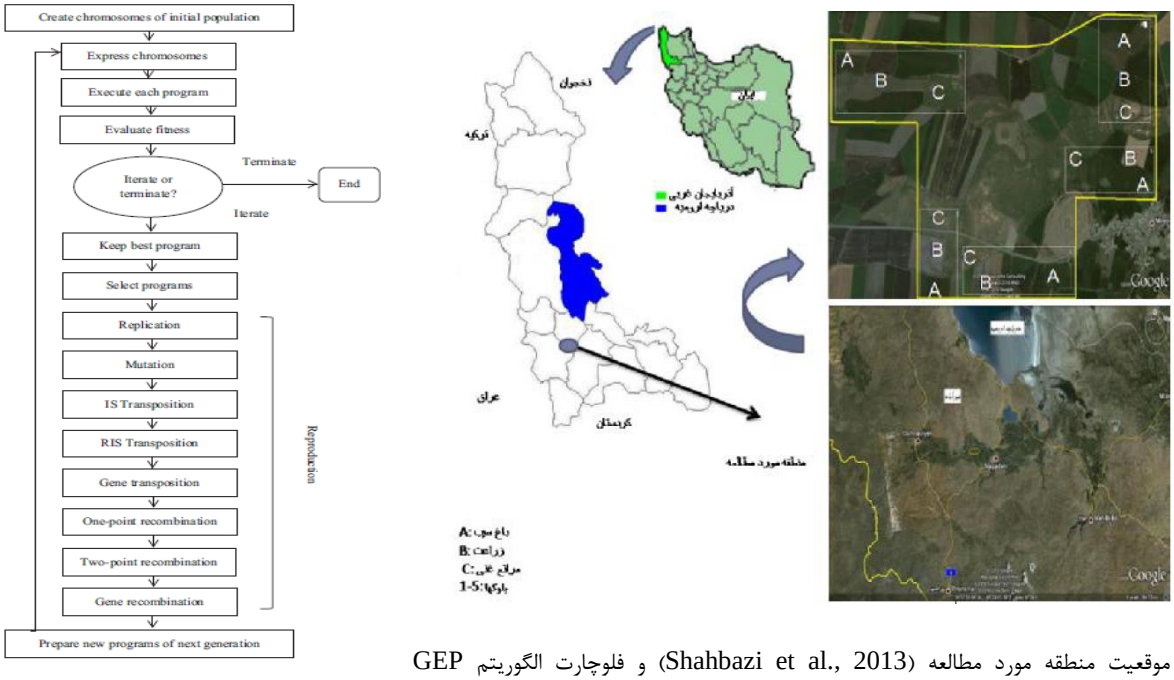
آنزیم اوره‌آز مسئول هیدرولیز کود اوره در خاکهای کشاورزی می‌باشد. طی عمل این آنزیم، اوره به مولکول CO_2 و NH_3 تبدیل می‌شود. و انجام این فرایند با افزایش pH خاک همراه است. این آنزیم دارای منشا گیاهی، جانوری و میکروبی بوده و به صورت درون سلولی و برون سلولی یافت می‌شود. آنزیم اوره‌آز رها شده در خارج از سلول به دلیل تشکیل کمپلکس با مواد معدنی و آلی خاک بسیار پایدارتر از اوره‌آز خالص می‌باشد. نتایج مطالات نشان می‌دهد که با افزایش عمق، فعالیت این آنزیم به دلیل کاهش مواد آلی کاسته شده، یا با افزایش دما فعالیت آن در خاک روند صعودی در پیش می‌گیرد. بر اساس این مطالعات توصیه می‌شود زمان استفاده از کود اوره به زمانی موکول شود که دما پایین بوده و هدر رفت کود به شکل آمونیاک حداقل باشد (ساریخانی، ۱۳۹۲).

فسفاتازها گروه وسیعی از آنزیم‌ها را شامل می‌شود که قادر به هیدرولیز استرهای اسیدفسفریک می‌باشند. نظر بر این است که در اکوسیستم خاک این گروه از آنزیم‌ها نقش ویژه‌ای در چرخه فسفر بازی می‌کنند و بین این آنزیم‌ها و استرس فسفر همبستگی وجود دارد. فسفر می‌تواند از ترکیبات آلی موجود در خاک به وسیله این آنزیم‌ها آزاد شود. فسفومونواسترازها یا فسفاتازهای هیدرولیزکننده پیوندهای مونواستری بر اساس pH بهینه فعالیت خود به دو کلاس فسفاتازهای اسیدی و قلیایی تفکیک می‌شوند. با توجه به اهمیت و جایگاه این آنزیم‌ها در تامین فسفر از منابع آلی فسفر و نقش آنها در تغذیه گیاه مطالعات گسترده‌ای روی اسیدفسفاتازها انجام شده است. از آنجایی‌که گیاهان عالی فاقد فعالیت فسفاتازی قلیایی هستند، عمده فسفاتاز قلیایی خاک به میکروارگانیسم‌ها مربوط می‌شود. گرچه فعالیت فسفاتازی خاک شاخص خوبی برای حاصلخیزی خاک می‌باشد، زمانیکه شرایط خاک به صورتی است که کمبود فسفر مشاهده می‌شود این امر باعث ترشح اسیدفسفاتازها از ریشه گیاهان می‌شود، تولید اسید فسفاتازها به منظور افزایش انحلال و دسترسی فسفر و غلبه بر مشکل کمبود فسفر، افزایش پیدا می‌کند. مقدار اسیدفسفاتاز تولیدی توسط ریشه گیاهان با توجه به نوع گیاه و شرایط عملیات زراعی متفاوت است به عنوان نمونه گیاهان لگوم در مقایسه با غلات میزان بیشتری از این آنزیم‌ها را تولید می‌کنند که این موضوع شاید به توانایی تثبیت ازت گیاهان لگوم و نیاز بیشتر آنها به فسفر مربوط شود. میزان ماده آلی خاک همبستگی خوبی با آنزیم‌های فسفاتاز اسیدی و قلیایی نشان داده است (ساریخانی، ۱۳۹۲).

مواد و روش‌ها

منطقه مطالعاتی

اطلاعات مورد استفاده در این مدلسازی کامپیوتری مربوط به اطلاعات موجود از دشت سلدوز واقع در منطقه میرآباد نقده استان آذربایجان غربی در پهنه‌ای به مساحت تقریبی ۲۰۰ هکتار می‌باشد (Shahbazi et al., 2013). موقعیت منطقه مورد مطالعه در شکل ۱ آورده شده است. پس از نمونه‌برداری، ۶۵ نمونه خاک از عمق ۰-۳۰ سانتی‌متر از کاربریهای باغ سیب، زراعت و مرتع، صفاتی نظیر شوری و اسیدیته خاک، بافت خاک، تنفس برانگیخته خاک (SIR)، کربن بیوماس میکروبی (MBC) و فعالیت‌های آنزیمی خاک نظیر اوره‌آز، دِهیدروژناز و فسفاتاز قلیایی اندازه‌گیری شدند (Shahbazi et al., 2013).



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه (Shahbazi et al., 2013) و فلوچارت الگوریتم GEP (Ferreira, 2001).

برنامه‌ریزی بیان ژن (GEP) و اجرای آن

GEP یک مدل هوشمند تکاملی است و ریشه در نظریه تکامل داروین دارد. فلوچارت الگوریتم GEP، بر اساس شکل ۲ می‌باشد. اولین گام در این الگوریتم، تولید یا تشکیل اولین جمعیت می‌باشد. این موضوع می‌تواند به صورت تصادفی یا بر اساس اطلاعات موجود از موضوع مورد بررسی انجام گیرد. سپس کروموزوم‌ها به شکل درخت بیان، ابراز می‌شوند. نتایج و مناسب بودن آنها با استفاده از توابعی همانند (RMSE، R^2 و ...) به عنوان توابع تناسب مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. اگر جواب‌های به دست آمده رضایت‌بخش باشند، فرایند تکامل متوقف شده و بهترین پاسخ به دست آمده در این گام گزارش می‌شود و گرنه فرایند باززایی و تولید نسل‌های جدید برای رسیدن به جواب مناسب ادامه پیدا می‌کند (Ferreira, 2001).

در این مطالعه از برنامه GeneXpro Tools 4.0 برای طرح‌ریزی و توسعه مدل‌ها در GEP استفاده شد. مراحل زیر برای برآورد فعالیت‌های آنزیمی خاک انجام گرفت. در ابتدا باید توابع تناسبی مناسب (RMSE) انتخاب کرد. دومین مرحله ساختن کروموزوم‌ها با استفاده از پایانه‌ها یا همان اطلاعات ورودی (وارد شدن بافت، pH، EC، OC، تنفس میکروبی برانگیخته و کربن بیوماس میکروبی در قالب سناریوهای مختلف در مدل) مدل هست. همچنین توابع ریاضی و عملگرهای مناسب برای این برنامه انتخاب شد. در گام سوم ساختار کروموزوم‌ها، شامل اندازه سر و تعداد ژنها انتخاب شدند. و در گام چهارم تابع جمع برای اتصال برقرار کردن بین درخت‌های بیان انتخاب شد. در گام نهایی نیز از عملگرهای ژنتیکی همانند موتاسیون، ترانسپوزیشن و نوترکیبی استفاده شد. توضیح آنکه تمام داده‌های مورد استفاده در این آزمایش برای اینکه وزن یکسانی در تخمین مدل داشته باشند، به

صورت استاندارد شده مورد استفاده قرار گرفتند. برای این منظور داده‌های هر صفت به بالاترین مقدار عددی آن صفت شده تقسیم شد، به این صورت مقادیر عددی تمام صفات اندازه‌گیری شده بین ۰ تا ۱ متغیر بود.

در این تحقیق از شاخص‌های آماری زیر برای ارزیابی قابلیت سناریوهای مختلف انجام شده در GEP استفاده شد. جذر میانگین مربعات خطا یا (RMSE) و R^2 یا ضریب تبیین، مطابق فرمول‌های زیر به دست آمدند:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=0}^{n}(Yi - Xi)^2} \qquad R = \sqrt{1 - \frac{\sum_{i=1}^{n}(Yi - Xi)^2}{\sum_{i=1}^{n}(Yi - \bar{Y})^2}}$$

که در آن، Yi مقادیر اندازه‌گیری شده صفت مورد مطالعه (فعالیت آنزیمی خاک) و Xi مقادیر پیش‌بینی شده توسط مدل بود. $\bar{Y}$ نیز میانگین صفت اندازه‌گیری شده و n هم تعداد مشاهدات آزمایش بود.

نتایج خروجی از سناریوهای مختلف پس از اجرا در جدول ۱ آورده شده است. حالت‌های مختلفی از ورودی‌های مختلف به صورت ترکیبی در قالب سناریوهای گوناگون ایجاد شد و شاخص‌های آماری آنها به دست آمد.

نتایج و بحث

خروجی برنامه‌ریزی بیان ژن

نتایج خروجی سناریوهای مختلف پس از اجرا در جدول ۱ آمده است. با نگاهی به جدول مشخص می‌شود که در تخمین فعالیت اوره‌آزی خاک، زمانی‌که از تمام متغیرهای اندازه‌گیری شده (بافت، pH، EC، OC، کربن بیوماس میکروبی و تنفس میکروبی برانگیخته) استفاده شد، میزان ضریب تبیین برای داده‌های آموزش و تست به ترتیب ۰/۸۵ و ۰/۷۰ به دست آمد درحالی‌که RMSE که معیاری از خطای برازش بود به ترتیب ۱۰۸/۲۸ و ۱۴۰/۸۴ µg NH^+-N/g.h به دست آمد. با کاستن تعداد ورودی‌های مدل مقادیر ضریب تبیین کاسته شد و به دنبال آن مقادیر خطای برازش فزونی یافت. حداقل R^2 زمانی حاصل شد که فقط از متغیر بافت خاک (درصدهای شن، سلیت و رس) به عنوان ورودی مدل استفاده شد که این مقدار برابر ۰/۱۲ بود. گرچه در سناریوهای انجام شده زمانی‌که از متغیرهایی نظیر MBC، SIR (به صورت دو متغیر ورودی) و OC (به صورت سه متغیر ورودی) استفاده شد، شاخص‌های آماری R^2 و RMSE همچنان با کمی تغییر، نزدیک به مدل به دست آمده از تمام متغیرها بود، اما این نکته را باید متذکر شد که صفاتی نظیر کربن بیوماس میکروبی و بعضاً تنفس میکروبی، صفات ساده‌ای برای اندازه‌گیری نیستند. علاوه بر آن اگر هدف تخمین فعالیت آنزیمی خاک بر اساس صفات زودیافت باشد، مدلی که در آن اسیدیته، شوری، کربن آلی و بافت استفاده شده است، سناریوی قابل پیشنهادی است. در این سناریو ضریب تبیین و خطا به ترتیب برای گروه داده‌های آموزش ۰/۷۹ و ۱۳۲/۹۸ به دست آمد و همین مشخصات برای گروه داده تست ۰/۶۸ و ۱۸۵/۲۶ حاصل شد.

فعالیت فسفاتاز قلیایی خاک در بهترین حالت در سناریوهای مورد بررسی، دارای ضریب تبیین ۰/۴۷ بود و خطای برازش آن ۴۹۴/۱۸ µg pNP/g.h بود. در مجموع فعالیت آنزیم فسفاتازی خاک در گروه داده‌های تست دارای برازش ضعیفی بودند، هرچند این شرایط در گروه داده‌های آموزش وضعیت بهتری داشتند اما در بهترین حالت دارای ضریب تبیین کمتر از ۵۰ بود. در بهترین حالت زمانی‌که از متغیرهایی نظیر pH، EC و OC به عنوان ورودی مدل استفاده شد در داده‌های آموزش و تست، R^2 به ترتیب ۰/۴۷ و ۰/۱۷ به دست آمد و میزان RMSE ۴۹۸/۱۸ و ۶۱۴/۳۹ حاصل شد.

فعالیت دِهیدروژنازی خاک نیز دارای ضریب‌های تبیین پایینی در گروه داده‌های تست بود و در بهترین حالت تنها ۲۴ درصد تغییرات را پوشش می‌داد. اما R^2 در گروه داده‌های آموزش در سناریوهایی که OC به عنوان متغیر ورودی در مدل بود بین ۰/۷۱ تا ۰/۷۷ متغیر بود. البته وجود کربن بیوماس میکروبی هم باعث ایجاد ضریب تبیین‌های بین ۰/۷۴ تا ۰/۷۷ شد. زمانیکه از کربن آلی، کربن بیوماس میکروبی و تنفس برانگیخته به عنوان ورودی مدل استفاده شد، به ترتیب ۷۵٪ و ۱۱٪ تغییرات فعالیت این آنزیم در داده‌های آموزش و تست قابل تفسیر بود.

فعالیت آنزیمی به ماده آلی، شرایط اِدافیک، مواد مادری و شرایط اقلیمی خاک وابسته است و در این میان ماده آلی نقش مهمی دارد زیرا که پیش‌ساز بیوماس میکروبی بوده که منبع اصلی آنزیم‌های خاک را تشکیل می‌دهد. آنزیم‌های آزاد شده در خاک با بخش رس و مواد آلی می‌تواند به شکل کمپلکس پایدار در خاک تجمع نماید (ساریخانی، ۱۳۹۲). به همین خاطر استفاده از داده‌هایی نظیر کربن آلی و بافت در مدلها منجر به برازش مطلوبتری از فعالیت آنزیمی شد. تصور می‌شود که ۶۰-۴۰ درصد فعالیت آنزیمی موجود در خاک مربوط به آنزیم های تثبیت شده در ماتریکس خاک باشد، بنابراین فعالیت آنزیمی ضرورتاً به معنای بالا بودن بیوماس میکروبی و تنفس میکروبی نیست. نوع استفاده از اراضی نیز تاثیر مستقیمی بر فعالیت

آنزیمی خاک می‌گذارد به صورتی که معمولاً در خاکهای دست‌خورده و کشت شده در مقایسه با خاکهای دست نخورده کاهش فعالیت آنزیمی مشاهده می‌شود. شاید انوع آنزیم‌ها نیز در یک شرایط خاص رفتار یکسانی از خود نشان ندهند (ساریخانی، ۱۳۹۲).

نتیجه‌گیری

مطالعات بر روی فعالیت‌های آنزیمی در خاک از این نظر مهم هستند که پتانسیل خاک را به منظور حمایت از فرایندهای بیوشیمیایی نشان می‌دهد و این فرایندها برای حفظ و بقا حاصلخیزی خاک ضروری می‌باشند. فعالیت آنزیمی با متغیرهای محیطی نظیر رطوبت، دما و میزان ماده آلی تغییر می‌کند. در حالیکه آنزیم‌های مختلف توسط گروه وسیعی از میکروارگانیسم‌های خاک تولید می‌شود، برخی از آنها می‌تواند به عنوان شاخصی برای حضور و فعالیت گروه خاصی از جمعیت میکروبی مورد استفاده قرار گیرد. مطالعه فعالیت آنزیمی در خاک می‌تواند ابزار مفیدی در ارزیابی تنوع عملکردی جوامع میکروبی خاک یا زمان تجزیه مواد آلی موجود در خاک باشد. در این مطالعه تخمین فعالیت آنزیمی اوره‌آز، فسفاتاز و دِهیدروژناز از روی برخی از خواص فیزیکو شیمیایی و زیستی خاک انجام گرفت. بهترین نتایج مربوط به آنزیم اوره‌آز بود و از میان صفات زودیافت نقش ماده آلی در برآورد فعالیت‌های آنزیمی چشمگیر بود. این مطالعه قابلیت استفاده از برنامه‌ریزی بیان ژن در تخمین فعالیت زیستی خاک را نشان داد و در مطالعات پیش‌رو بایستی بیشتر به آن توجه نمود.

جدول۱- نتایج حاصل از اجرای GeneXpro در تخمین فعالیت‌های آنزیمی خاک به کمک دیگر متغیرهای فیزیکوشیمیایی خاک در سناریوهای مختلف.

مشخصات مدل: تعداد ورودیهای مدل (توابع مستقل)		تابع هدف: Urease		تابع هدف: Alkaline phosphatase		تابع هدف: Dehydrogenase	
		آموزش (Train)	تست (Test)	آموزش (Train)	تست (Test)	آموزش (Train)	تست (Test)
مدل ۸ متغیره (کل متغیرها) pH، EC، OC، بافت، MBC و SIR	R^2	۰/۸۵	۰/۷۰	۰/۴۶	۰/۰۷	۰/۷۷	۰/۱۲
	RMSE	۱۰۸/۲۸	۱۴۰/۸۴	۵۰۱/۷۶	۸۹۰/۱۰	۰/۰۵	۰/۱۰
	SI	۰/۳۰	۰/۳۶	۰/۴۶	۰/۷۸	۰/۴۴	۰/۷۷
مدل ۶ متغیره (pH، EC، OC و بافت)	R^2	۰/۷۹	۰/۶۸	۰/۴۳	۰/۰۳	۰/۷۱	۰/۰۵
	RMSE	۱۳۲/۹۸	۱۸۵/۲۶	۵۱۸/۱۴	۸۲۲/۲۵	۰/۰۶	۰/۱۰
	SI	۰/۳۷	۰/۴۷	۰/۴۸	۰/۷۲	۰/۴۸	۰/۷۵
مدل ۵ متغیره (pH، EC و بافت)	R^2	۰/۳۴	۰/۱۱	۰/۲۵	۰/۱۴	۰/۳۳	۰/۰۲
	RMSE	۲۳۰/۹۷	۲۴۳/۹۰	۵۹۵/۱۰	۵۹۹/۶۲	۰/۰۸	۰/۱۱
	SI	۰/۶۴	۰/۶۲	۰/۵۵	۰/۵۳	۰/۷۴	۰/۸۵
مدل ۲ متغیره (MBC و SIR)	R^2	۰/۸۲	۰/۶۸	۰/۳۹	۰/۰۲	۰/۷۴	۰/۰۰۲
	RMSE	۱۱۹/۶۹	۱۵۰/۶۰	۵۳۰/۷۰	۸۸۳/۱۷	۰/۰۵	۰/۱۲
	SI	۰/۳۳	۰/۳۸	۰/۴۹	۰/۷۷	۰/۴۵	۰/۸۸
مدل ۳ متغیره (بافت)	R^2	۰/۱۲	۰/۱۲	۰/۲۴	۰/۰۱۴	۰/۲۷	۰/۲۴
	RMSE	۲۶۵/۹۹	۲۱۴/۹۱	۵۹۳/۷۸	۷۱۰/۱۲	۰/۰۹	۰/۰۸
	SI	۰/۷۳	۰/۵۵	۰/۵۵	۰/۶۲	۰/۷۷	۰/۶۵
مدل ۳ متغیره (OC، SIR و MBC)	R^2	۰/۸۲	۰/۷۱	۰/۳۷	۰/۰۶	۰/۷۵	۰/۱۱
	RMSE	۱۱۸/۹۶	۱۴۳/۳۲	۵۴۰/۳۰	۷۴۷/۶۷	۰/۰۵	۰/۱۱
	SI	۰/۳۳	۰/۳۶	۰/۵۰	۰/۶۶	۰/۴۵	۰/۸۳
مدل ۳ متغیره (pH،OC و EC)	R^2	۰/۷۶	۰/۵۴	۰/۴۷	۰/۱۷	۰/۷۱	۰/۰۶
	RMSE	۱۳۸/۷۷	۳۱۷/۴۵	۴۹۴/۱۸	۶۱۴/۳۹	۰/۰۵	۰/۱۱
	SI	۰/۳۸	۰/۸۱	۰/۴۶	۰/۵۴	۰/۴۸	۰/۷۹

منابع

محمدخانی، ن.، ثروتی، م.، رحمتی، م. ۱۳۹۷. برنامهریزی بیان ژن و کاربرد آن در مدلسازی فعالیت آنزیم نیتراتریداکتاز در شرایط شوری. نشریه دانش آب و خاک، جلد۲۸، شماره ۲، ۱۶۲-۱۵۱.

ساریخانی، م.ر. ۱۳۹۲. نقش آنزیم‌های میکروبی خاک در فرایندهای بیوشیمی و اندازه‌گیری فعالیت آنها. همایش ملی علوم و فنون کشاورزی، اسفند ماه، دانشگاه ملایر. ملایر.

Ebrahimi, M., Sarikhani, M.R., Safari Sinegani, A.A., Ahmadi, A. and Keesstra S. 2019. Estimating the soil respiration under different land uses using artificial neural network and linear regression models. Catena, 174, 371-382.

Ebrahimi, M., Sarikhani, M.R., Safari Sinegani, A.A., Mohammadi, S.A, 2017. Comparison of artificial neural network and multivariate regression models for prediction of Azotobacteria population in soil under different land uses. Computer and Electronics in Agriculture, 140, 409-421.

Leite, M.V.M., Bobuľská, L., Espíndola, S.P., Campos, M.R.C., Azevedo, L.C.B., Ferreira, A.S. 2018. Modeling of soil phosphatase activity in land use ecosystems and topsoil layers in the Brazilian Cerrado. Ecological Modelling 385, 182–188.

Mehdizadeh, S., Behmanesh, J., Khalili, K., 2017. Application of gene expression programming to predict daily dew point temperature. Appl. Therm. Eng. 112, 1097-1107.

Shahbazi, F., Aliasgharzad, N., Ebrahimzad, S.A. and Najafi, N. 2013. Geostatistical analysis for predicting soil biological maps under different scenarios of land use. European Journal of Soil Biology, 55, 20-27.

Shiri, J., Sadraddini, A.A., Nazemi, A.H., Kisi, O., Landeras, G., Fakheri Fard, A., Marti, P. 2017. Generalizability of gene expression programming-based approaches for estimating daily reference evapotranspiration in coastal stations of Iran, J. Hydrol. 508, 1–11.

16th Iranian Soil Science Congress

University of Zanjan, Iran, August 27-29, 2019

Topic for submission: Novel Technologies in Soil Science

Application of Gene Expression Programming to Predict Soil Urease, Phosphatase and Dehydrogenase Activity

M Ebrahimi[1], MR Sarikhani[2*], J Shiri[3], F Shahbazi[4]

[1] Postdoc Student of Soil Biology and Biotechnology, Faculty of Agriculture, Univ. of Tabriz, Iran
[2] Associate Prof. of Soil Biology and Biotechnology, Dept. of Soil Science, Univ. of Tabriz, Iran
[3] Assistant Prof. of Irrigation and Drainage Engineering, Faculty of Agriculture, Univ. of Tabriz, Iran
[4] Associate Prof. of Soil Genesis and Classification, Dept. of Soil Science, Univ. of Tabriz, Iran
*Corresponding Author: rsarikhani@yahoo.com

Abstract

In the present research, gene expression programming (GEP) was used to estimate urease, alkaline phosphatase and dehydrogenase activity of soil. Therefore, in order to run GEP, data of 65 soil samples located in Mirabad region, Suldoz plain (west Azerbaijan, Iran) were used. Three different land uses (apple orchard, crop production, and rich pasture) were selected to conduct the experiments. To develop the GEP models, various combinations of measured parameters including soil texture, pH, OC, EC, microbial biomass carbon, microbial soil respiration were used as inputs in the different types of scenarios. Also, root mean square error (RMSE), and coefficient of determination (R^2) were employed to investigate the models' accuracy. The highest R^2 and lowest RMSE were found while all the data as inputs used in the models. The results showed that among targets (urease, phosphatase and/or dehydrogenase), urease activity can predict better than two other targets. Our results revealed that the most effective parameter as simple and easy inputs in estimating urease are (soil texture, pH, EC and OC). In this scenario, almost 80% and 70% of the variability on urease activity was predictable by these factors in train and test data set, respectively, therefore, it shows capability of GEP in prediction of soil urease activity.

Keywords: dehydrogenase, gene expression programming, phosphatase, soil physicochemical properties, urease.

شانزدهمین کنگره علوم خاک ایران

دانشگاه زنجان، ۵ تا ۷ شهریور ۱۳۹۸

محور مقاله: فناوریهای نوین در علوم خاک

تخمین فعالیت اوره‌آزی، فسفاتازی و دهیدروژنازی خاک به کمک شبکه عصبی مصنوعی

میترا ابراهیمی حور[۱]، محمدرضا ساریخانی[۲*]، جلال شیری[۳]، فرزین شهبازی[۴]

[۱] دانشجوی فرادکترای بیولوژی و بیوتکنولوژی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

[۲] دانشیار بیولوژی و بیوتکنولوژی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

[۳] استادیار آبیاری و مدیریت آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

[۴] دانشیار پیدایش، رده‌بندی و ارزیابی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

چکیده

در این پژوهش برای تخمین فعالیت اوره‌ازی، فسفاتازی و دِهیدروژنازی خاک از شبکه عصبی مصنوعی (ANN) استفاده شد. برای این منظور از اطلاعات مربوط به ۶۵ نمونه خاک متعلق به کاربریهای مختلف (مرتعی، زراعی و باغی) از منطقه میرآباد-نقده واقع در استان آذربایجان غربی بهره برده شد. در سناریوهای مختلف مدل، از صفات اندازه‌گیری شده نظیر بافت، pH، EC، کربن آلی، بیوماس میکروبی و تنفس خاک به عنوان ورودی مدل استفاده شد. صحت مدل با استفاده از شاخصه‌های آماری RMSE و R^2 ارزیابی شد. نتایج سناریوهای مورد بررسی نشان داد که از میان صفات هدف، فعالیت اوره‌ازی نسبت به فعالیت‌های آنزیمی دیگر بهتر برازش شده است. زمانیکه از اطلاعات ورودی نظیر (کربن آلی، بیوماس میکروبی و تنفس) در مدل استفاده شد، بیشترین R^2 در بخش داده های آزمون یا تست حاصل شد. بهره‌گیری از ورودی‌های ساده در مدل (نظیر pH، EC و OC)، نزدیک به ۷۰ درصد تغییرات در مدل را پیش‌بینی می‌کرد، که بیانگر کارایی شبکه عصبی در تخمین فعالیت اوره‌آزی خاک می‌باشد.

کلمات کلیدی: اوره‌آز، فسفاتاز، دهیدروژناز، ویژگیهای فیزیکوشیمیایی خاک، شبکه عصبی مصنوعی.

مقدمه

آنزیم‌ها جز اصلی فرایندهای زیستی نظیر تجزیه مواد آلی، معدنی شدن و آزاد شدن عناصر غذایی در چرخه‌های مختلف از قبیل نیتروژن، فسفر، گوگرد، سایر عناصر و همچنین در تجزیه مواد زنوبیوتیک می‌باشند. میکروارگانیسم‌ها مهمترین منابع آنزیم‌های موجود در خاک هستند. آنزیم‌ها، کاتالیست‌هایی می‌باشند که بدون اینکه دچار تغییر پایداری شوند واکنش‌های شیمیایی را با سرعت بیشتری پیش می‌برند. ارزیابی فعالیت آنزیمی به ویژه آنزیم‌های هیدرولاز، اطلاعات مناسبی را در خصوص وضعیت واکنش‌های کلیدی خاک در اختیار ما خواهد گذاشت. فعالیت آنزیمی خاک متاثر از شرایط خاک و مدیریت‌های اعمال شده بر آن بوده (شخم، سیستم کشت، نوع استفاده از اراضی و غیره) و در آن انعکاس پیدا می‌کند. فعالیت آنزیمی خاک می‌تواند به عنوان معیاری برای فعالیت میکروبی خاک، باروری خاک و اثرات بازدارنده آلاینده‌ها استفاده شود (ساریخانی، ۱۳۹۲).

اندازه‌گیری فعالیت آنزیم‌های خاک به عنوان شاخصی برای سلامت و کیفیت خاک قابل استفاده بوده و تغییرات آن در نتیجه تغییر مدیریت و شرایط محیطی مشاهده می‌شود. آنزیم‌هایی نظیر دِهیدروژناز، فسفاتاز و اوره‌آز از جمله آنزیم‌های مهم می‌باشند. آنزیم‌های فسفاتاز و اوره‌آز در چرخه‌های فسفر و نیتروژن اهمیت دارند و آنزیم دِهیدروژناز به نوعی بیانگر جامعه میکروبی زنده و فعال خاک است (ساریخانی، ۱۳۹۲). روش‌های سنجش آنزیمی با لحاظ برخی ملاحظات می‌تواند اطلاعات قابل اعتمادی از نظر غلظت آنزیم در خاک و سرعت فرایندهای کاتالیز شده به وسیله آنزیم را بازگو نماید. اما در برخی موارد اندازه‌گیری فعالیت‌های آنزیمی سریع نبوده و هزینه‌های تمام شده آن بالاست. به همین خاطر در این نوشتار به مدلسازی برآورد فعالیت برخی از آنزیم‌های خاک به کمک داده‌های زودیافت خاک اقدام شده است تا کارایی آن ارزیابی و سنجیده شود، تا به این صورت دیگر نیازی به سنجش آنزیمی خاک نباشد.

در سال‌های اخیر رویکردهای هوش مصنوعی جهت تخمین و برآورد متغیرهای محیطی، اقلیمی و زیستی مورد توجه قرار گرفته است. برنامه ریزی بیان ژن (GEP) و شبکه عصبی مصنوعی (ANN) از جمله روش‌های هوش مصنوعی محسوب می‌شوند. روش‌های هوش مصنوعی می‌توانند به عنوان تکنیک‌های جایگزین استفاده شوند زیرا راه‌حل‌های ساده برای مسائل چند متغیره و همچنین محاسبات واقعی ارائه می‌دهند (Mehdizadeh et al.,

2017). در مقایسه با سایر حوزه‌ها، در برآورد پارامترهای زیستی به کمک هوش مصنوعی مطالعات کمتری صورت پذیرفته است. هرچند ابراهیمی و همکاران (۲۰۱۷ و ۲۰۱۹) با کمک شبکه عصبی مصنوعی پیش‌بینی جمعیت باکتری *ازتوباکتر* خاک را تحت کاربریهای مختلف و تخمین تنفس میکروبی خاک را گزارش نمودند. بعلاوه مدلسازی فعالیت آنزیم نیتریت ریداکتاز در شرایط شوری توسط محمدخانی و همکاران (۱۳۹۷) گزارش شده است. مدلسازی فعالیت فسفاتازی خاک در دو لایه سطحی (۵-۰ و ۱۰-۵ سانتی‌متر) تحت پوشش گیاهان سویا، نیشکر، کاج و درخت سرادو با نمونه‌برداری ۳۲ نمونه خاک در برزیل انجام گرفت (Leite et al., 2018). علاوه بر پارامترهای سینتیکی آنزیم فسفاتاز خاک (Vmax و Km)، سایر ویژگیهای خاک نظیر کربن آلی خاک، نیتروژن کل، تنفس میکروبی خاک، کربن بیوماس میکروبی، نیتروژن بیوماس میکروبی و فعالیت دهیدروژنازی خاک نیز اندازه‌گیری شد و رابطه آن با فعالیت فسفاتازی مورد بررسی قرار گرفت.

خاک جزء مهمی از اکوسیستم خشکی را تشکیل داده و همچنین در کشاورزی و جنگل منبع مهمی در تولید به شمار می‌رود. میکروارگانیسم‌ها منبع عمده آنزیم‌های خاک به شمار می‌روند. آنزیم‌های میکروبی خاک که ممکن است از نوع درون سلولی، متصل به دیواره سلولی یا برون سلولی باشند در فرایندهای بیوشیمی از قبیل تجزیه یا تشکیل مواد آلی خاک، تجزیه مواد زنوبیوتیک (مثل آفت‌کش‌ها) معدنی شدن و چرخه‌های عناصر غذایی نقش بازی می‌کنند. آنزیم‌های موجود در خاک از نظر منشاء می‌توانند به جامعه میکروبی زنده یا مرده خاک (از قبیل باکتریها، قارچها) ریشه گیاهان یا جانوران خاک مربوط باشند (ساریخانی، ۱۳۹۲). آنزیم‌ها، کاتالیست‌هایی می‌باشند که بدون اینکه دچار تغییر پایداری شوند واکنش‌های شیمیایی را با سرعت بیشتری پیش می‌برند. ارزیابی فعالیت آنزیمی به ویژه آنزیم‌های هیدرولاز، اطلاعات مناسبی را در خصوص وضعیت واکنش‌های کلیدی خاک در اختیار ما خواهد گذاشت. فعالیت آنزیمی خاک متاثر از شرایط خاک و مدیریت‌های اعمال شده بر آن بوده (شخم، سیستم کشت، نوع استفاده از اراضی و غیره) و در آن انعکاس پیدا می‌کند. فعالیت آنزیمی خاک می‌تواند به عنوان معیاری برای فعالیت میکروبی خاک، باروری خاک و اثرات بازدارنده آلاینده‌ها استفاده شود (ساریخانی، ۱۳۹۲). اما در برخی موارد اندازه‌گیری فعالیت‌های آنزیمی سریع نبوده و هزینه‌های تمام شده آن بالاست. به همین خاطر در این نوشتار به مدلسازی برآورد فعالیت برخی از آنزیم‌های خاک به کمک داده‌های زودیافت خاک اقدام شده است تا کارایی آن ارزیابی و سنجیده شود، تا به این صورت دیگر نیازی به سنجش آنزیمی خاک نباشد.

مواد و روش‌ها

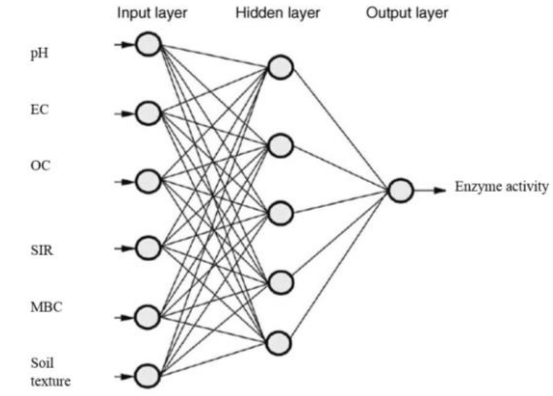
منطقه مطالعاتی

اطلاعات مورد استفاده در این مدلسازی کامپیوتری مربوط به اطلاعات موجود از دشت سلدوز واقع در منطقه میرآباد نقده استان آذربایجان غربی در پهنه‌ای به مساحت تقریبی ۲۰۰ هکتار می‌باشد (Shahbazi et al., 2013). موقعیت منطقه مورد مطالعه در شکل ۱ آورده شده است. پس از نمونه‌برداری، ۶۵ نمونه خاک از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متر از کاربریهای باغ سیب، زراعت و مرتع، صفاتی نظیر شوری و اسیدیته خاک، بافت خاک، تنفس برانگیخته خاک (SIR)، کربن بیوماس میکروبی (MBC) و فعالیت‌های آنزیمی خاک نظیر اوره‌آز، دِهیدروژناز و فسفاتاز قلیایی اندازه‌گیری شدند (Shahbazi et al., 2013).

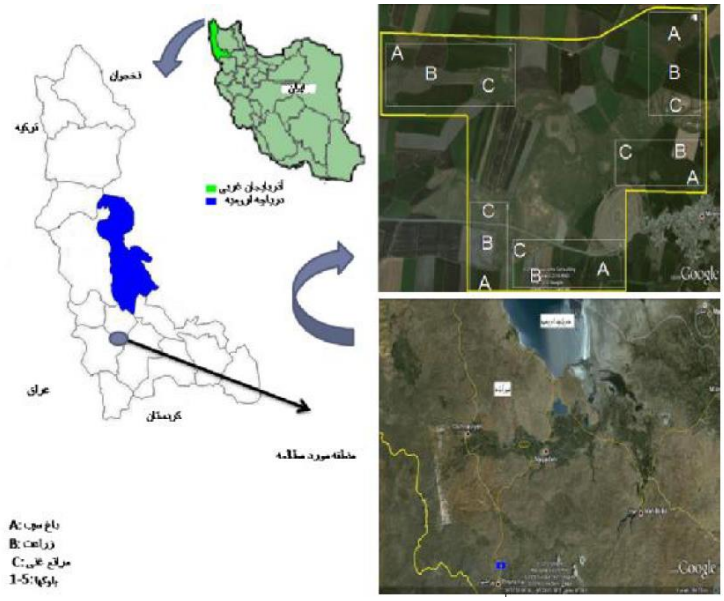
شبکه عصبی مصنوعی و اجرای آن

شبکه عصبی مصنوعی که الهام گرفته شده از شبکه عصبی مغز انسان است، شامل شبکه‌ای از نورون‌ها بوده است که قادر است رفتار پیچیده بین نورون‌ها را نشان دهد. توانایی یادگیری، مهم‌ترین ویژگی شبکه عصبی هر سیستم هوشمند است که با پردازش داده‌ها، قوانین نهفته در انبوه داده‌ها را به ساختار شبکه عصبی انتقال می‌دهد. ANN معمولاً از سه لایه تشکیل می‌شود. لایه ورودی، لایه خروجی و لایه پنهان. در این شبکه تعداد ورودی‌های می‌تواند به تعداد Xn باشد اما خروجی تنها یک پارامتر می‌باشد و تعداد نورون‌های لایه ورودی و خروجی از تعداد داده‌های ورودی و خروجی تبعیت می‌کند، اما تعداد نورون‌ها در لایه پنهان متغیر است. ساختار شبکه عصبی مصنوعی و مشخصات مورد استفاده در آن در شکل ۱ نشان داده شده است. برای انجام مدلسازی به کمک شبکه عصبی مصنوعی از نرم‌افزار MATLAB نسخه ۲۰۱۵ استفاده شد. وارد نمودن داده‌ها و استانداردسازی آنها (با نرمال‌سازی داده‌ها همه اعداد بین ۱+ و ۱- تغییر خواهند کرد) و تفکیک آنها به دو گروه داده‌های آموزش (۷۰٪) و داده‌های تست (۳۰٪) گام نخست کار می‌باشد. گام بعدی اجرای جعبه ابزار شبکه عصبی و سپس ایجاد شبکه عصبی است. یکی از معمولترین نوع شبکه عصبی feed-forward backprop یا شبکه پیشخور با الگوریتم آموزشی پس انتشار خطا می‌باشد. همچنین از توابع آموزشی مناسب نظیر TRAINLM

استفاده شد و تابع میانگین مربع خطا یا MSE انتخاب شد تا خروجی‌های شبکه با مقادیر اندازه‌گیری شده صفت هدف (فعالیت آنزیمی)، مورد مقایسه قرار گیرد و زمانی‌که مقدار MSE به حداقل رسید یا بدون تغییر ماند، آموزش شبکه متوقف گردد. آموزش مدل در قالب سناریوهای مختلف (تعداد ورودی‌ها) همچنین تعداد نورون‌ها در لایه پنهان (بر اساس سعی و خطا) برای رسیدن به بهترین برازش انجام گرفت (Ebrahimi et al., 2017; 2019).



Description of ANN used in this study	
Network type	Feed-forward backprop
Training function	TRAINLM
Adaption learning function	LEARNGDM
Number of layers	2
Transfer function for layer 1	TANSIG
Transfer function for layer 2	PURELIN



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه (Shahbazi et al., 2013) و ساختار چند لایه، مشخصات مدل ANN مورد استفاده در این تحقیق.

در این تحقیق از شاخص‌های آماری زیر برای ارزیابی قابلیت سناریوهای مختلف انجام شده در ANN استفاده شد. جذر میانگین مربعات خطا یا (RMSE) و R^2 یا ضریب تبیین، مطابق فرمول‌های زیر به دست آمدند:

$$R = \sqrt{1 - \frac{\sum_{i=1}^{n}(Yi - Xi)^2}{\sum_{i=1}^{n}(Yi - \bar{Y})^2}} \qquad RMSE = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=0}^{n}(Yi - Xi)^2}$$

که در آن، Yi مقادیر اندازه‌گیری شده صفت مورد مطالعه (فعالیت آنزیمی خاک) و Xi مقادیر پیش‌بینی شده توسط مدل بود. $\bar{Y}$ نیز میانگین صفت اندازه‌گیری شده و n هم تعداد مشاهدات آزمایش بود.

نتایج خروجی از سناریوهای مختلف پس از اجرا در جدول ۱ آورده شده است. حالت‌های مختلفی از ورودی‌های مختلف به صورت ترکیبی در قالب سناریوهای گوناگون ایجاد شد و شاخص‌های آماری آنها به دست آمد.

نتایج و بحث

خروجی شبکه عصبی مصنوعی

نتایج خروجی سناریوهای مختلف ANN پس از اجرا در جدول ۱ آمده است. با نگاهی به جدول مشخص می‌شود که در تخمین فعالیت اوره‌آزی خاک، زمانی‌که از تمام متغیرهای اندازه‌گیری شده (بافت، pH، EC، OC، کربن بیوماس میکروبی و تنفس میکروبی برانگیخته) استفاده شد، میزان ضریب تبیین برای داده‌های آموزش و تست به ترتیب ۰/۸۸ و ۰/۶۲ به دست آمد درحالی‌که RMSE که معیاری از خطای برازش بود به ترتیب ۹۳/۴۳ و ۳۹۰/۴۱ $\mu g\ NH^{+}\text{-}N/g.h$ به دست آمد. با کاستن تعداد ورودی‌های مدل بویژه زمانی که تنها از اطلاعات بافت خاک در مدل استفاده شد، مقادیر ضریب تبیین کاسته شد و به دنبال آن مقادیر خطای برازش فزونی یافت. حداقل R^2 داده‌های آموزش زمانی حاصل شد که فقط از متغیر بافت خاک (درصدهای شن، سلیت و رس) به عنوان ورودی مدل استفاده شد که این مقدار برابر ۰/۴۷ بود. گرچه در سناریوهای انجام شده زمانی‌که از متغیرهایی نظیر MBC، SIR (به صورت دو متغیر ورودی) و OC (به صورت سه متغیر ورودی) استفاده شد، شاخص‌های آماری R^2 و RMSE همچنان با کمی تغییر، نزدیک به مدل به دست آمده از تمام متغیرها بود و حتی در قسمت داده‌های تست این شاخص‌های آماری بهبود داشتند، اما این نکته را باید متذکر شد که صفاتی نظیر کربن بیوماس میکروبی و بعضاً تنفس میکروبی، صفات ساده‌ای برای اندازه‌گیری نیستند. علاوه بر آن اگر هدف تخمین فعالیت آنزیمی خاک بر اساس صفات زودیافت باشد، مدلی که در آن pH، EC و OC استفاده شده است، سناریوی قابل پیشنهادی است. در این سناریو ضریب تبیین برای هر دو گروه داده‌های آموزش و تست ۰/۶۸ به دست آمد اما خطا به ترتیب ۱۶۱/۳۰ و ۱۷۳/۸۷ حاصل شد. آنزیم اوره‌آز دارای منشا گیاهی، جانوری و میکروبی بوده و به صورت درون سلولی و برون سلولی یافت می‌شود. آنزیم اوره‌آز رها شده در خارج از سلول به دلیل تشکیل کمپلکس با مواد معدنی و آلی خاک بسیار پایدارتر از اوره‌آز خالص می‌باشد. نتایج مطالات نشان می‌دهد که با افزایش عمق، فعالیت این آنزیم به دلیل کاهش مواد آلی کاسته شده، یا با افزایش دما فعالیت آن در خاک روند صعودی در پیش می‌گیرد (ساریخانی، ۱۳۹۲). در این مطالعه نیز زمانی‌که در اجرای سناریوها از ماده آلی به عنوان ورودی مدل استفاده شد، شاهد تخمین و پیش‌بینی بهتری از فعالیت این آنزیم در نمونه‌های خاک بودیم. کربن بیوماس میکروبی و تنفس برانگیخته از جمله صفات زیستی خاک هستند که مرتبط با سلول‌های زنده میکروبی می‌باشند و ارتباط و تاثیرپذیری مستقیمی با کربن آلی خاک دارند (با توجه به ماهیت هتروتروفی غالب میکروارگانیسم‌های خاک). استفاده از این ورودی‌ها در مدل‌های توسعه یافته در این مطالعه، پیش‌بینی بهتر فعالیت اوره‌آزی خاک را به همراه داشت.

فعالیت فسفاتاز قلیایی خاک در بهترین حالت در سناریوهای مورد بررسی، دارای ضریب تبیین ۰/۹۰ بود و خطای برازش آن ۲۰۹/۶۴ $\mu g\ pNP/g.h$ بود. این نتایج زمانی حاصل شد که از ورودی‌های pH، EC و OC در مدل شبکه عصبی استفاده شد، اما قابل ذکر است که در داده‌های تست این نتایج تکرار نشد (R^2=۰/۱۰ و RMSE=۱۶۲۰/۷۱). در مجموع فعالیت آنزیم فسفاتازی خاک در گروه داده‌های تست دارای برازش ضعیفی بودند و در بهترین حالت دارای ضریب تبیین ۴۰٪ بودند. با در نظر داشتن این موضوع به نظر انتخاب مدل ۶ متغیره مناسب باشد که در آن از ورودی‌های همانند بافت، pH، EC و OC استفاده می‌شود و مدل به ترتیب قادر به پیشگویی ۶۴٪ و ۴۰٪ تغییرات در فعالیت فسفاتازی خاک در داده‌های آموزش و تست بوده و میزان خطای آن به ترتیب ۴۲۷/۵۸ و ۶۴۹/۰۵ است. فسفاتاز قلیایی بیشتر دارای منشا میکروبی بوده و به صورت درون سلولی یا برون سلولی حضور دارد و پس از رهاسازی در خاک می‌تواند در ماتریکس خاک با مواد معدنی و آلی کمپلکس‌های پایداری تشکیل دهد. تصور می‌شود که ۶۰-۴۰ درصد فعالیت آنزیمی موجود در خاک مربوط به آنزیم های تثبیت شده در ماتریکس خاک باشد. میزان ماده آلی خاک همبستگی خوبی با آنزیم‌های فسفاتاز اسیدی و قلیایی نشان داده است (ساریخانی، ۱۳۹۲). به نظر وجود همین روابط با اجزاء خاک منجر به تخمین بهتر فعالیت فسفاتازی خاک در مدل ۶ متغیره شده است.

فعالیت دِهیدروژنازی خاک نیز دارای ضریب‌های تبیین پایینی در گروه داده‌های تست بود و در بهترین حالت تنها ۲۷ درصد تغییرات را پوشش می‌داد. اما R^2 در گروه داده‌های آموزش در سناریوهایی که OC به عنوان متغیر ورودی در مدل بود بین ۰/۶۴ تا ۰/۹۰ متغیر بود. البته وجود کربن بیوماس میکروبی هم باعث ایجاد ضریب تبیین‌های بین ۰/۷۴ تا ۰/۹۰ شد. زمانیکه از کربن آلی، کربن بیوماس میکروبی و تنفس برانگیخته به عنوان ورودی مدل استفاده شد، به ترتیب ۸۸٪ و ۱۵٪ تغییرات فعالیت این آنزیم در داده‌های آموزش و تست قابل تفسیر بود. فعالیت دِهیدروژنازی خاک رابطه مستقیمی با جمعیت زنده میکروبی دارد. به همین خاطر زمانی‌که از داده MBC به عنوان ورودی در مدل‌های مورد بررسی استفاده شد، ضریب تبیین بالاتری به دست آمد.

نتیجه‌گیری

در این مطالعه تخمین فعالیت آنزیمی اوره‌آز، فسفاتاز و دِهیدروژناز از روی برخی از خواص فیزیکو شیمیایی و زیستی خاک انجام گرفت. فعالیت آنزیمی با متغیرهای محیطی نظیر رطوبت، دما و میزان ماده آلی تغییر می‌کند. فعالیت آنزیمی به ماده آلی، شرایط اِدافیک، مواد مادری، نوع کاربری اراضی و شرایط اقلیمی خاک وابسته است و در این میان ماده آلی نقش مهمی دارد زیرا که پیش‌ساز بیوماس میکروبی بوده که منبع اصلی آنزیم‌های خاک را تشکیل می‌دهد. آنزیم‌های آزاد شده در خاک با بخش رس و مواد آلی می‌تواند به شکل کمپلکس پایدار در خاک تجمع نماید. به همین خاطر استفاده از داده‌هایی نظیر کربن آلی و بافت در مدلها منجر به برازش مطلوبتری از فعالیت آنزیمی شد. بهترین نتایج مربوط به آنزیم اوره‌آز بود و از میان صفات زودیافت نقش ماده آلی در برآورد فعالیت‌های آنزیمی چشمگیر بود. این مطالعه قابلیت استفاده از شبکه عصبی مصنوعی در تخمین فعالیت زیستی خاک را نشان داد.

منابع

محمدخانی، ن.، ثروتی، م.، رحمتی، م. ۱۳۹۷. برنامه‌ریزی بیان ژن و کاربرد آن در مدلسازی فعالیت آنزیم نیتراتریداکتاز در شرایط شوری. نشریه دانش آب و خاک، جلد۲۸، شماره ۲، ۱۶۲-۱۵۱.

ساریخانی، م.ر. ۱۳۹۲. نقش آنزیم‌های میکروبی خاک در فرایندهای بیوشیمی و اندازه‌گیری فعالیت آنها. همایش ملی علوم و فنون کشاورزی، اسفند ماه، دانشگاه ملایر. ملایر.

Ebrahimi, M., Sarikhani, M.R., Safari Sinegani, A.A., Ahmadi, A. and Keesstra S. 2019. Estimating the soil respiration under different land uses using artificial neural network and linear regression models. Catena, 174, 371-382.

Ebrahimi, M., Sarikhani, M.R., Safari Sinegani, A.A., Mohammadi, S.A, 2017. Comparison of artificial neural network and multivariate regression models for prediction of Azotobacteria population in soil under different land uses. Computer and Electronics in Agriculture, 140, 409-421.

Leite, M.V.M., Bobuľská, L., Espíndola, S.P., Campos, M.R.C., Azevedo, L.C.B., Ferreira, A.S. 2018. Modeling of soil phosphatase activity in land use ecosystems and topsoil layers in the Brazilian Cerrado. Ecological Modelling 385, 182–188.

Mehdizadeh, S., Behmanesh, J., Khalili, K., 2017. Application of gene expression programming to predict daily dew point temperature. Appl. Therm. Eng. 112, 1097-1107.

Shahbazi, F., Aliasgharzad, N., Ebrahimzad, S.A. and Najafi, N. 2013. Geostatistical analysis for predicting soil biological maps under different scenarios of land use. European Journal of Soil Biology, 55, 20-27.

Shiri, J., Sadraddini, A.A., Nazemi, A.H., Kisi, O., Landeras, G., Fakheri Fard, A., Marti, P. 2017. Generalizability of gene expression programming-based approaches for estimating daily reference evapotranspiration in coastal stations of Iran, J. Hydrol. 508, 1–11.

16th Iranian Soil Science Congress

University of Zanjan, Iran, August 27-29, 2019

Topic for submission: Soil genesis and classification

Estimating Urease, Phosphatase and Dehydrogenase Activity of Soil Using Artificial Neural Network

M Ebrahimi[1], MR Sarikhani[2*], J Shiri[3], F Shahbazi[4]
[1] Postdoc Student of Soil Biology and Biotechnology, Faculty of Agriculture, Univ. of Tabriz, Iran
[2] Associate Prof. of Soil Biology and Biotechnology, Dept. of Soil Science, Univ. of Tabriz, Iran
[3] Assistant Prof. of Irrigation and Drainage Engineering, Faculty of Agriculture, Univ. of Tabriz, Iran
[4] Associate Prof. of Soil Genesis and Classification, Dept. of Soil Science, Univ. of Tabriz, Iran
*Corresponding Author: rsarikhani@yahoo.com

Abstract

In the present research, artificial neural network (ANN) was used to estimate urease, alkaline phosphatase and dehydrogenase activity of soil. Therefore, in order to run ANN in Matlab, data of 65 soil samples located in Mirabad area, North West of Iran (west Azerbaijan) were used. Three different land uses (apple orchard, crop production, and rich pasture) were selected to conduct the experiments. To develop the ANN models, various combinations of measured parameters including soil texture, pH, OC, EC, microbial biomass carbon (MBC), microbial soil respiration (SIR) were used as inputs in the different types of scenarios. Also, root mean square error (RMSE), and coefficient of determination (R^2) were employed to investigate the models' accuracy. The highest R^2 and lowest RMSE were found while all the data as inputs used in the models. The results showed that among targets (urease and/or phosphatase and/or dehydrogenase), urease activity can predict better than two other targets. The highest R^2 was obtained when inputs such as OC, MBC and SIR were used in the model. Our results revealed that the most effective parameter as simple and easy inputs in estimating urease are (pH, EC and OC). In this scenario, almost 70% of the variability on urease activity was predictable by these factors in train and test data set, respectively, therefore, it shows capability of ANN in prediction of soil urease activity.

Keywords: artificial neural network, dehydrogenase, phosphatase, soil physicochemical properties, urease.

جدول۱: مشخصات نتایج حاصل از اجرای شبکه عصبی به کمک نرم افزار متلب بر روی ۶۵ داده مربوط به ۶۵ نمونه خاک و ۱۱ متغیر اندازه گیری شده در آن

مشخصات مدل: تعداد ورودیهای مدل (توابع مستقل)		تابع هدف: Urease		تابع هدف: Alkaline phosphatase		تابع هدف: Dehydrogenase	
		آموزش (Train)	تست (Test)	آموزش (Train)	تست (Test)	آموزش (Train)	تست (Test)
مدل ۸ متغیره (کل متغیرها) pH، EC، OC، بافت، MBC و SIR	R^2	۰/۸۸	۰/۶۲	۰/۷۷	۰/۱۶	۰/۹۰	۰/۲۷
	RMSE	۹۳/۴۳	۳۹۰/۴۱	۳۲۳/۸۸	۷۶۷/۹۵	۰/۰۳	۰/۱۰
	تعداد نورون	۳		۱۴		۶	
مدل ۶ متغیره (pH، EC، OC و بافت)	R^2	۰/۶۵	۰/۶۹	۰/۶۴	۰/۴۰	۰/۶۴	۰/۱۲
	RMSE	۱۷۱/۳۴	۱۸۳/۱۱	۴۲۷/۵۸	۶۴۹/۰۵	۰/۰۷۷	۰/۱۵۹
	تعداد نورون	۳		۱۲		۱۰	
مدل ۵ متغیره (pH، EC و بافت)	R^2	۰/۷۲	۰/۲۱	۰/۶۲	۰/۳۰	۰/۶۴	۰/۱۴
	RMSE	۱۴۸/۴۶	۴۱۴/۶۲	۴۲۷/۹۲	۱۳۰۹/۵۰	۰/۰۶۴	۰/۱۱۵
	تعداد نورون	۱۲		۱۶		۱۳	
مدل ۲ متغیره (MBC و SIR)	R^2	۰/۸۲	۰/۷۵	۰/۴۷	۰/۱۷	۰/۷۴	۰/۱۴
	RMSE	۱۱۶/۳۴	۱۳۳/۶۹	۴۹۸/۲۶	۶۴۵/۴۶	۰/۰۵۵	۰/۱۲۳
	تعداد نورون	۶		۱۷		۱۵	
مدل ۳ متغیره (بافت)	R^2	۰/۴۷	۰/۳۴	۰/۲۰	۰/۰۸	۰/۴۰	۰/۲۵
	RMSE	۲۰۷/۷۳	۲۰۴/۶۲	۶۴۰/۳۹	۶۵۷/۱۳	۰/۰۸۳	۰/۰۹۰
	تعداد نورون	۱۲		۱۹		۱۲	
مدل ۳ متغیره (OC، SIR و MBC)	R^2	۰/۸۱	۰/۸۶	۰/۴۶	۰/۱۱	۰/۸۸	۰/۱۵
	RMSE	۱۲۵/۳۸	۱۲۴/۹۱	۴۹۹/۳۵	۷۶۶/۳۱۹	۰/۰۳۵	۰/۱۰
	تعداد نورون	۲		۱۸		۶	
مدل ۳ متغیره (pH،OC و EC)	R^2	۰/۶۸	۰/۶۸	۰/۹۰	۰/۱۰	۰/۷۲	۰/۱۲
	RMSE	۱۶۱/۳۰	۱۷۳/۸۷	۲۰۹/۶۴	۱۶۲۰/۷۱	۰/۰۵۷	۰/۱۱
	تعداد نورون	۱		۲۰		۶	

محور مقاله: فناوری‌های نوین در علوم خاک

تعیین طول موج کلیدی گچ خاک در کانون‌های مستعد تولید ریزگرد استان خوزستان

منصور چترنور[۱]، احمد لندی [۲] احمد فرخیان فیروزی[۳] ، علی اکبر نوروزی[۴] و حسینعلی بهرامی[۵]

[۱]. دانشجوی دکتری، گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران

[۲]. استاد، گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران و عضو مرکز پژوهشی منطقه‌ای ریزگردها، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران

[۳]. دانشیار، گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران

[۴]. دانشیار، هیئت‌علمی پژوهشی، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، تهران، ایران

[۵]. دانشیار، گروه خاک‌شناسی، [۲]دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

چکیده

از جمله چالش های استفاده از تصاویر ابر طیفی در ارزیابی ویژگی های خاک، رنگ روشن خاک در اثر وجود ترکیباتی مانند گچ است که ممکن است در برآورد سایر ویژگی‌های خاک منجر به تولید خطا شود. این پژوهش باهدف تعیین ویژگی‌های جذبی گچ خاک در اراضی مستعد تولید گرد و غبار استان خوزستان انجام گرفته است. برای این منظور در ابتدا طیف اصلی خاک با سه روش مشتق اول صاف شده با فیلتر ساویتزکی و گولای، مشتق دوم صاف شده با فیلتر ساویتزکی و گولای و حذف پیوستار، پیش‌پردازش شده است، سپس عملکرد برآورد گچ خاک در دو مدل PLSR و SVR مورد مقایسه قرار گرفته است. نتایج نشان داد که مدل SVR در روش پیش‌پردازش حذف پیوستار بهترین عملکرد را در برآورد گچ خاک داشته است. همچنین محدوده طول موج های ۱۴۵۰، ۱۵۵۰، ۱۷۰۰، ۲۱۰۰، ۲۲۰۰، ۲۴۰۰ نانومتر به عنوان طول موج کلیدی گچ در این مناطق به دست آمده است.

کلمات کلیدی: پیش پردازش، فیلتر ساویتزکی و گولای، فیلتر مشتق دوم، فیلتر حذف پیوستار

مقدمه

حدود ۹ درصد از مساحت استان خوزستان، معادل با ۳۵۰ هزار هکتار اراضی مستعد تولید گرد و غبار شامل می‌شود (حیدریان و همکاران، ۱۳۹۴) با توجه به وسعت زیاد کانون‌های تولید گرد و غبار در استان خوزستان نیاز به روش‌های نوین مطالعه خصوصیات خاک است. استفاده از روش جدیدی مانند طیف‌سنجی و بررسی رفتار طیفی خاک‌ها، می‌توان ویژگی‌های خاک این مناطق را ارزیابی کرد و مسئله گرد و غبار را با توجه به خصوصیات خاک بررسی نمود. امواج ابر طیفی با بسامد مولکولی قوی در محدوده طول موج بین ۲۵۰۰ تا ۲۵۰۰۰ نانومتر (Janik *et al.*, 1998) پتانسیل خوبی در استفاده از روش طیف‌سنجی و پیش‌بینی ویژگی‌های خاک دارند (Soriano-Disla *et al.*, 2014). از مزایای روش طیف‌سنجی می‌توان به عدم تغییر نمونه خاک، مصرف نشدن مواد شیمیایی، اندازه‌گیری در زمان کم، توانایی برآورد بسیاری از ویژگی‌های خاک و قابلیت انجام در آزمایشگاه (Rossel et al., 2006) و مزرعه (Stenberg et al., 2007) را اشاره کرد.

از جمله چالش‌های روش طیف‌سنجی این است که در صورت وجود ترکیباتی مانند گچ و آهک در خاک با روشن شدن رنگ نمونه خاک سبب خطا در برآورد ماده آلی (Udelhoven et al., 2003) و سایر ویژگی‌های خاک می‌شود، با توجه به اینکه اغلب نمونه‌های خاک رنگ روشنی دارند با برآورد میزان گچ و تعیین طول موج کلیدی این ویژگی در بازتاب خاک، می‌توان محدوده مربوطه را جداسازی نمود و میزان اثرگذاری در برآورد سایر ویژگی‌های خاک را تعیین و در نهایت از ایجاد خطا در برآورد سایر ویژگی‌ها جلوگیری نمود. گچ در خاک به شکل سولفات کلسیم با دو مولکول آب

[۱*]. ایمیل نویسنده مسئول (mansour_chn@yahoo.com)

($CaSO4.2H2O$) است که با افزایش دما به ۲۰۰ درجه سلسیوس این مقدار آب را از دست داده و سولفات کلسیم بدون آب ($CaSO_4$) تشکیل می‌شود (Eswaran and Gong, 1991).

تاکنون مطالعاتی مختلفی در زمینه برآورد خصوصیات خاک با استفاده از روش طیف‌سنجی انجام شده است. در مطالعاتی از روش‌هایی مانند رگرسیون مؤلفه اصلی (PCR[3]) و رگرسیون حداقل مربعات جزئی(PLSR[4]) و روش ماشین بردار پشتیبان (SVR) استفاده شده است (Farifteh *et al.*, 2007; Vasques *et al.*, 2008). Xuemei و Jianshe (۲۰۱۳) از تصاویر ابر طیفی و مدل‌های PLSR و LS-SVM در بررسی خصوصیات خاک استفاده کردند، دو مدل عملکرد مناسبی را نشان داده و مدل LS-SVM در برآورد ماده آلی، نیتروژن، فسفر و پتاسیم دقت خوبی را با ضریب تعیین به ترتیب ۰/۸۷، ۰/۸۲، ۰/۷۶ و ۰/۷۳ نشان داد (Xuemei and Jianshe, 2013). Curcio و همکاران (۲۰۱۳) از بازتاب خاک جهت برآورد بافت خاک با دو روش PLSR و CR استفاده کردند این پژوهشگران نتیجه گرفتند که مدل PLSR دقت قابل قبولی را در برآورد درصد ذرات رس، شن و سیلت با ضریب تعیین به ترتیب ۰/۸۷، ۰/۸۰ و ۰/۶۰ نشان داد (Curcio *et al.*, 2013). حسنی و همکاران (۱۳۹۳) در بررسی ویژگی خاک‌های تحت تأثیر گچ نتایج قابل قبولی را برای کربنات کلسیم (PRD=۲/۸۶)، گچ (PRD=۲/۶۵) و ماده آلی (PRD=۱/۶۴) به دست آوردند. خیامیم و همکاران (۱۳۹۵) خصوصیات شیمیایی خاک‌های استان اصفهان را با طیف‌سنجی بررسی کردند و ویژگی‌های ماده آلی، کربنات کلسیم و گچ را با دقت مناسبی با ضریب تعیین (R^2) ۰/۶۱، ۰/۴۵ و ۰/۸۰ برآورد کردند. ناوار و همکاران (۲۰۱۶) از مدل‌های رگرسیونی PLSR، MARS و SVR جهت برآورد خصوصیات خاک صحرای سینا در شمال مصر همراه با هفت روش پیش‌پردازش طیفی استفاده کردند و مشاهده کردند که مدل MARS با روش پیش‌پردازش حذف پیوسته[5] (CR) دقت بالایی را در برآورد درصد رس و مواد آلی، با ضریب تعیین به ترتیب ۰/۸۵ و ۰/۹۰ به دست آوردند (Nawar *et al.*, 2016).

با توجه به اهمیت گچ در رنگ خاک و تاثیری که در محدوده‌های جذبی آن در بازتاب خاک دارد، هدف از این پژوهش برآورد ویژگی‌های گچ در خاک‌های مناطق مستعد تولید گرد و غبار استان خوزستان با روش طیف‌سنجی است. در این پژوهش عملکرد برآورد این ویژگی با مدل PLSR و SVR در طیف اصلی و سه روش پیش پردازش مشتق اول همراه با ساویتزکی - گولای، مشتق دوم همراه با ساویتزکی - گولای و روش حذف پیوستار مقایسه گردید. همچنین با تعیین روش طیفی دارای بهترین عملکرد در برآورد گچ، طول موج کلیدی یا محدوده موثر گچ در خاک‌های مناطق مستعد تولید گرد غبار شناسایی شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در اراضی مستعد تولید گرد و غبار استان خوزستان در منطقه‌ای با مختصات (N ۱۰' ۳۱°) و (E ۴۱' ۴۸°) انجام شد. برای نمونه‌برداری خاک، منطقه مطالعاتی به صورت شبکه‌بندی منظم در ابعاد ۲ کیلومتر تقسیم‌بندی گردید. از تعدادی از شبکه‌ها که مستعد تولید ریزگرد بودند از عمق صفر تا ۵ سانتیمتری نمونه‌برداری شد و تعداد ۱۴۲ نمونه خاک جمع‌آوری گردید. در ادامه مراحل هوا خشک کردن نمونه‌ها، کوبیدن و عبور از الک دو میلی‌متری انجام شد. غلظت گچ با روش عصاره گیری با آب تعیین شد (Bashour and Sayegh, 2007). پارامترهای آماری مقدار گچ اندازه‌گیری شده نمونه های خاک درجدول ۱ ارائه شده است.

[3] Principal component regression
[4] .Partial least-squares regression
[5] Continuum removal

جدول۱. پارامترهای آماری مقدار گچ اندازه‌گیری شده خاک (meq/100)

آماره							
کشیدگی	چولگی	انحراف معیار	ضریب تغییرات	میانگین	کمترین	میانه	بیش‌ترین
-۰/۲۹۹	-۰/۱۹۹	۷/۳	۰/۲۹	۲۴/۷۷	۷	۲۵/۲	۴۱

طیف‌سنجی: بازتاب طیفی نمونه‌های خاک در یک اتاقک تاریک در آزمایشگاه انجام شد. در ابتدا مقداری نمونه خاک الک شده به پتری دیش[6] با قطر ۱۰ سانتیمتر و ضخامت ۱ سانتیمتر منتقل گردید. سپس با استفاده از طیف‌سنج آزمایشگاهی ASD FieldSpec3 (ساخت شرکت Analytical Spectral Devices، Inc) بازتاب نمونه‌های خاک تعیین شد. نمونه خاک در فاصله ۲۰ سانتیمتری لامپ دستگاه قرار گرفت و نور با زاویه ۲۰ درجه نسبت به عمود به نمونه تابانده شد و بازتاب از طریق گیرنده دستگاه ثبت گردید. به منظور حذف اثر توزیع اندازه ذرات بر روی طیف و اختلافات طیفی، پتری دیش ۹۰ درجه چرخانده و اسکن نمونه‌های خاک در دو موقعیت انجام شد. در مجموع برای هر نمونه ۱۰ طیف به دست آمد و میانگین‌گیری انجام شد. میانگین هر نمونه به عنوان طیف اصلی در کتابخانه طیفی ذخیره گردید. با استفاده از نرم‌افزار Viewspect داده‌های بازتاب طیفی به داده‌های قابل تبدیل و وارد نرم‌افزار The Unscrambler 10.2 شد. سپس داده طیفی خروجی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. با توجه به میزان بالای نویز در ابتدا و انتهای طیف‌ها، محدوده ۴۲۰-۳۵۰ و ۲۵۰۰-۲۴۷۰ از فرایند مدل‌سازی حذف شدند. در ادامه با روش‌های پیش‌پردازش مشتق اول و مشتق دوم شامل نرم سازی با روش ساویتزکی و گولای و سپس روش حذف پیوستار (CR) بر روی‌داده‌های طیفی طیف اصلی انجام شد (Camo, 1998). برآورد گچ در بازتاب خاک با دو مدل ماشین بردار پشتیبان (SVR) و رگرسیون حداقل مربعات جزئی (PLSR) انجام گرفت. نمونه‌ها به دو گروه (۷۰ و ۳۰ درصد) تقسیم شد، از ۷۰ درصد اول برای مرحله واسنجی مدل و ۳۰ درصد باقیمانده نیز در اعتبارسنجی مدل استفاده شد.

معیارهای ارزیابی

برای ارزیابی دقت مدل‌ها از سه شاخص آماری ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE)، ضریب تبیین (R^2) و نسبت عملکرد به انحراف (RPD)، استفاده شد (Ji *et al.*, 2016; Chang *et al.*, 2001).

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n}(y_i - \bar{y})(y_{ij} - \bar{y}_{ij})}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(y_i - \bar{y})^2 \sum_{i=1}^{n}(yi_j - \bar{y}_{ij})^2}} \quad (۱)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m}(\hat{y}_{ij} - yi)^2}{mn}} \quad (۲)$$

$$PRD = \frac{SD}{RMSE} \quad (۳)$$

[6] Petri dish

$$SD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(y_i - \bar{y})^2}{n-1}} \qquad (٤)$$

در رابطه ۱ $\hat{y}_{ij}$ مقدار برآورد شده برای تکرار j در نمونه i، y_i مقدار اندازه‌گیری شده در نمونه i، n تعداد نمونه‌ها در سری واسنجی و اعتبارسنجی، m تعداد تکرار و $\bar{y}$ میانگین مقادیر اندازه‌گیری شده است. در رابطه ۲ SD انحراف معیار نمونه است و در رابطه ۳ محاسبه می‌شود.

نتایج و بحث

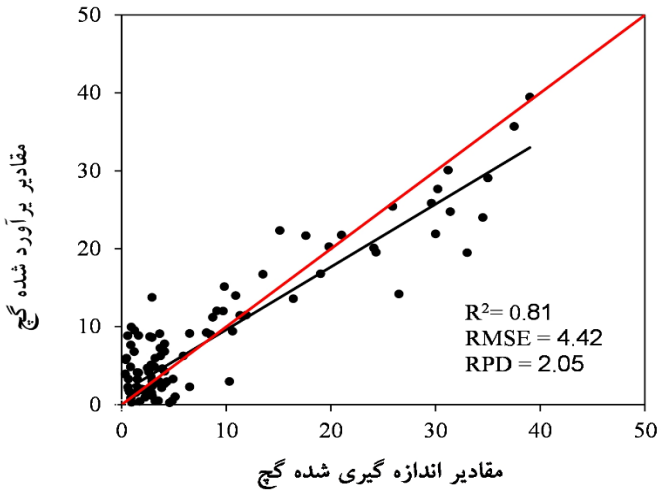
نتایج عملکرد مدل‌های SVR و PLSR در برآورد گچ خاک بر اساس ۴ نوع طیف بازتابی در جدول ۲ ارائه شده است. بر اساس نتایج، بیش‌ترین دقت برآورد در دو مدل و PLSR و SVR ترتیب مربوط به روش‌های پیش‌پردازش مشتق اول و حذف پیوستار (CR) است و کمترین دقت برآورد در هر دو مدل برای طیف اصلی (ROW) به دست آمد. در هر دو مدل پیش‌پردازش سبب افزایش دقت مدل‌ها در برآورد مقدار گچ شد. در مدل PLSR مشتق دوم دقت کمتری را نسبت به مشتق اول نشان داد اما در مدل SVR مشتق دوم سبب افزایش دقت مدل‌سازی گردید. با توجه به نتایج به دست آمده، مدل SVR نسبت به PLSR عملکرد بالاتری را در برآورد گچ خاک نشان داد. در شکل ۱ نتایج مقادیر گچ اندازه گیری شده و برآورد شده طیف اصلی بر اساس مدل PLSR را نشان می‌دهد، توزیع داده‌ها در این شکل نسبت به خط ۱:۱ متناسب بوده و دقت قابل قبول مدل را نشان می‌دهد. در این پژوهش دقت مدل‌سازی مرحله واسنجی از اعتبارسنجی بیشتر بود بنابراین از مرحله واسنجی جهت مقایسه عملکرد مدل‌ها استفاده شد. در پژوهش‌های مشابه حسنی و همکاران (۱۳۹۴) و خیامیم و همکاران (۱۳۹۵) عملکرد عالی (PRD >۲) را برای مقدار گچ در خاک به دست آوردند. که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد.

جدول ۲ نتایج آماری برآورد گچ خاک در دو مدل PLSR و SVR

روش‌های مدل‌سازی و پیش‌پردازش		معیارهای ارزیابی					
		واسنجی			اعتبارسنجی		
مدل	پیش‌پردازش	R^2	RMSE	PRD	R^2	RMSE	PRD
PLSR	Row	۰/۸۱	۴/۴۲	۲/۰۵	۰/۵۶	۵/۸۶	۱/۳۹
	FD-SG	۰/۸۶	۳/۸۱	۲/۴۴	۰/۶۱	۵/۴۶	۱/۵۰
	SD-SG	۰/۷۸	۴/۷۱	۱/۸۹	۰/۵۷	۵/۷۹	۱/۱۷
	CR	۰/۸۴	۳/۹۹	۲/۳۲	۰/۶۶	۵/۱۲	۱/۵۷
SVR	Row	۰/۷۶	۶/۳۲	۱/۵۹	۰/۶۲	۷/۷۰	۱/۱۴
	FD-SG	۰/۹۰	۲/۵۲	۳/۲۸	۰/۸۲	۳/۷۸	۲/۳۳
	SD-SG	۰/۹۱	۲/۲۵	۳/۴۷	۰/۸۷	۳/۵۶	۲/۴۴
	CR	۰/۹۳	۲/۴۷	۳/۷۱	۰/۸۸	۳/۵۸	۲/۴۹

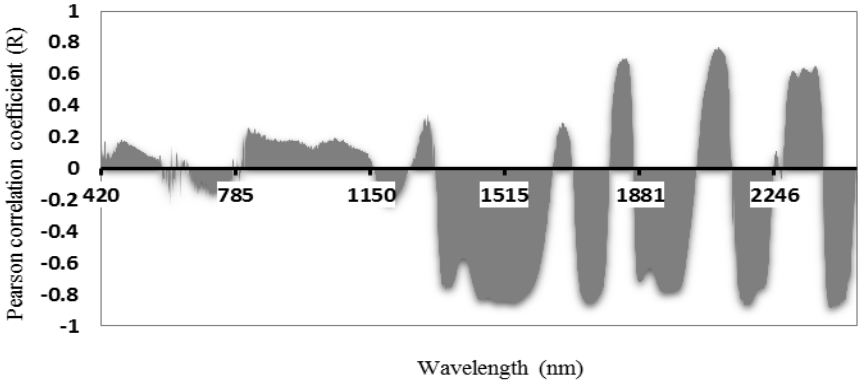
بر اساس پژوهش وایلینگ (Wilding, 1985) گستردگی داده‌ها با آماره ضریب تغییرات (CV) در محدوده ۰/۳۵-۰/۱۵ به عنوان گستردگی متوسط در نظر گرفته شده است. در پژوهش حاضر نتایج جدول ۱ نشان داد که محدوده غلظت گچ خاک ۴۱- ۷ میلی اکی والان در ۱۰۰ گرم و ضریب تغییرات به مقدار ۰/۲۹ بوده و داده ها از گستردگی مناسبی برخوردار اند درنتیجه سبب بهبود دقت برآورد گچ در هر دو مدل شده است. بر اساس پژوهش ناوار و همکاران، (Nawar *et al.*, 2016) و کونگ و موازن (Kuang and Mouazen, 2011) دامنه تغییرات غلظت ویژگی‌های خاک عامل مهمی در

دقت برآورد مدل رگرسیونی است و با افزایش دامنه تغییرات دقت برآورد افزایش می‌یابد. در این پژوهش دقت گروه اعتبارسنجی نسبت به واسنجی کمتر بود زیرا ۳۰ درصد از کل نمونه‌ها در این گروه مورد استفاده قرار گرفت (جدول ۲).



شکل ۱ نمودار مقادیر اندازه‌گیری شده و برآورد شده مقدار گچ خاک

در مقایسه ۴ نوع طیف بازتابی در دو مدل SVR و PLSR، بهترین دقت برآورد گچ مربوط به روش پیش‌پردازش حذف پیوستار بود بنابراین از این روش برای تعیین محدوده مشخصه طیفی یا طول موج کلیدی گچ استفاده شد. با مراجعه به شکل ۲ که ضریب همبستگی پیرسون بین ویژگی خاک و بازتاب خاک بر اساس روش پیش‌پردازش حذف پیوستار نشان می‌دهد، مشاهده شد که محدوده‌های خاص در طول موج‌های ۱۴۵۰، ۱۵۵۰، ۱۷۰۰، ۲۱۰۰، ۲۲۰۰، ۲۴۰۰ نانومتر به عنوان محدوده موثر و یا طول موج کلیدی برای گچ خاک در مناطق مستعد تولید گرد و غبار استان خوزستان به دست آمد.



شکل **Error! No text of specified style in document.** ۲ نمودار همبستگی بین گچ با بازتاب خاک

میزان بازتاب در خاک‌های دارای مقادیر گچ بالا و دارای رنگ روشن، زیاد است، این خاک‌ها معمولاً گچی و ریزبافت هستند. وجود ماده آلی نیز اثر معکوس گچ بر روی بازتاب دارد و سبب تیره شدن رنگ خاک و کاهش بازتاب طیفی می‌شود. اسلام و همکاران (Islam et al, 2003) نتیجه گرفتند که بازتاب خاک به طور کلی در محدوده مرئی کمتر و در محدوده فروسرخ بیشتر است، همچنین طول موج‌های ۱۴۰۰، ۱۹۰۰ و ۲۲۰۰ نانومتر را به عنوان طول موج کلیدی گچ شناسایی کردند که این عوارض جذبی در اثر OH آب آزاد در طول موج‌های ۱۴۰۰ و ۱۹۰۰ نانومتر و همچنین OH موجود در شبکه رس در طول موج‌های ۱۴۰۰ و ۲۲۰۰ نانومتر است (Hunt, 2017). در پژوهشی مشابه حسنی و همکاران (۱۳۹۴) طول موج‌های ۱۱۰۰-۱۲۰۰، ۱۴۵۰، ۱۵۰۰، ۱۵۵۰، ۱۶۵۰، ۱۹۵۰ و ۲۲۰۰ نانومتر و هریسون و همکاران (۲۰۱۲) عوارض جذبی مشابهی در مورد گچ خالص در

طول موج‌های ۱۲۰۰، ۱۴۰۰-۱۶۰۰، ۱۷۵۰، ۱۹۴۵، ۲۱۰۰ -۲۲۰۰ و ۲۴۰۰ (Harrison, 2012) که برای با فراتونهای اول و سوم گروه SO4 مولکول گچ نیز مرتبط دانسته است به دست آوردند. همچنین هانت و سالیزبوری (Hunt and Salisbury, 1970) در طول موج‌های ۱۱۰۰ و ۶۸۰ نانومتر را برای گچ گزارش نموده‌اند.

نتیجه‌گیری کلی

در این پژوهش عملکرد دو مدل PLSR و SVR در برآورد گچ خاک‌های مناطق مستعد تولید گرد و غبار استان خوزستان با روش طیف‌سنجی است مورد مقایسه قرار گرفت. طیف اصلی با روش‌های مشتق اول و مشتق دوم صاف شده با فیلتر ساویتزکی و گولای و حذف پیوستار پیش‌پردازش شد. نتایج نشان داد که مدل SVR دقت بیشتری نسبت به مدل PLSR در برآورد گچ خاک نشان داد. همچنین در مدل SVR روش پیش‌پردازش حذف پیوستار دقت بالاتری را نسبت به سه طیف دیگر داشت. در این پژوهش محدوده طول موج‌های ۱۴۵۰، ۱۵۵۰، ۱۷۰۰، ۲۱۰۰، ۲۲۰۰، ۲۴۰۰ به عنوان طول موج کلیدی گچ در این مناطق به دست آمد.

منابع

حسنی، ا. بهرامی، ح، ع. نوروزی، ع،ا. اوستان، ش. ۱۳۹۳، استفاده از روش طیف سنجی بازتابی مرئی-فروسرخ در برآورد برخی ویژگی‌های خاک در خاکهای گچی-آهکی، نشریه مهندسی و مدیریت آبخیز، ۶ (۲)، ۱۲۵-۱۳۸.

حیدریان، پ. جودکی، م. درویشی خاتونی،ج. شهبازی، ر.۱۳۹۰، شناسایی کانون های منشا ریزگرد در استان خوزستان، اداره کل زمین شناسی و اکتشافات معدنی منطقه جنوب باختری (اهواز).

خیامیم، ف. خادمی، ح. استنبرک، ب، ویترلینـد، ی. ۱۳۹۴، قابلیت روش طیف‌سنجی مرئی- مادون قرمز نزدیک در پیش‌بینی چند ویژگی شیمیایی خاک‌های استان اصفهان، مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک، ۱۹ (۷۲).

Bashour, I.I. and Sayegh, A.H. 2007. Methods of analysis for soils of arid and semi-arid regions: FAO.

Camo, A. 1998. The Unscrambler User Manual. CAMO ASA. Norway: 47-49.

Chang, C.-W., Laird, D.A., Mausbach, M.J. and Hurburgh, C.R. 2001. Near-infrared reflectance spectroscopy–principal components regression analyses of soil properties. Soil Science Society of America Journal, 65(2): 480-490.

Curcio, D., Ciraolo, G., D'Asaro, F. and Minacapilli, M. 2013. Prediction of soil texture distributions using VNIR-SWIR reflectance spectroscopy. Procedia Environmental Sciences, 19: 494-503.

Eswaran, H. and Gong, Z.-T. 1991. Properties, genesis, classification, and distribution of soils with gypsum. Occurrence, characteristics, and genesis of carbonate, gypsum, and silica accumulations in soils(occurrencechara): 89-119.

Farifteh, J., Van der Meer, F., Atzberger, C. and Carranza, E. 2007. Quantitative analysis of salt-affected soil reflectance spectra: A comparison of two adaptive methods (PLSR and ANN). Remote Sensing of Environment, 110(1): 59-78.

Hunt, G.R. 2017. Spectroscopic properties of rocks and minerals Handbook of Physical Properties of Rocks (1982) (pp. 295-386): CRC Press.

Janik, L.J., Merry, R.H. and Skjemstad, J. 1998. Can mid infrared diffuse reflectance analysis replace soil extractions? Australian Journal of Experimental Agriculture, 38(7): 681-696.

Ji, W., Adamchuk, V.I., Biswas, A., Dhawale, N.M., Sudarsan, B., Zhang, Y., Rossel, R.A.V. and Shi, Z. 2016. Assessment of soil properties in situ using a prototype portable MIR spectrometer in two agricultural fields. biosystems engineering, 152: 14-27.

Kuang, B. and Mouazen, A. 2011. Calibration of visible and near infrared spectroscopy for soil analysis at the field scale on three European farms. European Journal of Soil Science, 62(4): 629-636.

Nawar, S., Buddenbaum, H., Hill, J., Kozak, J. and Mouazen, A.M. 2016. Estimating the soil clay content and organic matter by means of different calibration methods of vis-NIR diffuse reflectance spectroscopy. Soil and Tillage Research, 155: 510-522.

Rossel, R.V., Walvoort, D., McBratney, A., Janik, L.J. and Skjemstad, J. 2006. Visible, near infrared, mid infrared or combined diffuse reflectance spectroscopy for simultaneous assessment of various soil properties. Geoderma, 131(1): 59-75.

Soriano-Disla, J.M., Janik, L.J., Viscarra Rossel, R.A., Macdonald, L.M. and McLaughlin, M.J. 2014. The performance of visible, near-, and mid-infrared reflectance spectroscopy for prediction of soil physical, chemical, and biological properties. Applied Spectroscopy Reviews, 49(2): 139-186.

Stenberg, B., Rogstrand, G., Bölenius, E., Arvidsson, J. and Stafford, J. 2007. On-line soil NIR spectroscopy: identification and treatment of spectra influenced by variable probe distance and residue contamination. Precision agriculture, 7: 125-131.

Udelhoven, T., Emmerling, C. and Jarmer, T. 2003. Quantitative analysis of soil chemical properties with diffuse reflectance spectrometry and partial least-square regression: A feasibility study. Plant and soil, 251(2): 319-329.

Vasques, G., Grunwald, S. and Sickman, J. 2008. Comparison of multivariate methods for inferential modeling of soil carbon using visible/near-infrared spectra. Geoderma, 146(1-2): 14-25.

Wilding, L. 1985. Spatial variability: its documentation, accommodation and implication to soil surveys. Paper presented at the Soil spatial variability. Workshop.

Xuemei, L. and Jianshe, L. 2013. Measurement of soil properties using visible and short wave-near infrared spectroscopy and multivariate calibration. Measurement, 46(10): 3808-3814.

16th Iranian Soil Science Congress

University of Zanjan, Iran, August 27-29, 2019

Topic for submission: Novel Technologies in Soil Science

Determination of key wavelengths of soil gypsum in sensitive centers of dust production in Khuzestan province

Mansour Chaternour ⁎[1], Ahmad Landi[12], Ahmad Farrokhian firouzi[3] , Aliakbar Noroozi[4] and Hosseinali Bahrami[5]

[1]. PhD Student, Department of Soil Science and Engineering, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran

[2]. Professor, Department of Soil Science and Engineering, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran and Dust research center, Shahid Chamran university of Ahvaz, Ahvaz, Iran

[3]. Associate Professor, Department of Soil Science and Engineering, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran

[4]. Associate Professor, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Tehran, Iran

[5]. Associate Professor, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

Abstract

One of the main challenge in soil properties assessment by hyperspectral images, is the bright color of soil due to the presence of compounds such as gypsum, which may lead to an error in estimating other soil properties. This study is aimed to determine the absorption properties of soil gypsum in sensitive lands of dust production in Khuzestan province. For this purpose, the original spectra has been preprocessed by three methods including, the first derivative with the Savitzky-Golay filter (FD-SG), the second derivative with the Savitzky-Golay filter (SD-SG), and the continuum removald method (CR). The estimation of soil gypsum by two models (PLSR and SVR) have been compared. The results showed that SVR model in the Continuum Removal preprocessing has the best performance in estimation of soil gypsum. The key wavelengths of soil gypsum in these areas were found in the range of 1450, 1550, 1700, 2100, 2200, 2400 nm.

Keywords: Savitzky-Golay filter, second derivative filter. Continuum removal Filter

[1]⁎. Corresponding author, Email: mansour_chn@yahoo.com

شانزدهمین کنگره علوم خاک ایران

دانشگاه زنجان، ۵ تا ۷ شهریور ۱۳۹۸

محور مقاله: فناوری‌های نوین در علوم خاک

مقایسه الگوریتم درخت تصمیم‌گیری C5.0 به‌صورت بوستینگ و غیربوستینگ جهت پیش‌بینی زیرردهها و گروه‌های بزرگ خاک در منطقه آبیک

میلاد ممتازی بروجنی[۱] و فریدون سرمدیان[۲*]

[۱] دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گروه علوم و مهندسی خاک پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران

[۲] استاد گروه علوم و مهندسی خاک پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران

چکیده

تحولات اخیر در سنجش‌ازدور و فناوری اطلاعات، وسیله‌ای را فراهم آورده‌اند که می‌تواند اطلاعات خاک را جمع‌آوری، به اشتراک گذاشته و به‌طور مؤثر به‌روزرسانی کند. برنامه‌ها و راهکارهای ایجاد توسعه، نیاز به اطلاعات از خصوصیات و توابع خاک دارند. در پاسخ به این امر نقشه‌برداری رقومی سبب امیدواری در این زمینه است، زیرا فقدان کنونی موجود در جهان برای دسترسی به داده‌های خاک را بی‌اثر می‌نماید. هدف از این تحقیق مقایسه نقشه رقومی خاک در سطح زیررده و گروه بزرگ با استفاده از تکنیک درخت تصمیم با الگوریتم C5.0 تقویت‌شده و نشده توسط بوستینگ می‌باشد. در این تحقیق، داده‌های ماهواره‌ای (لندست ۸)، مدل رقومی ارتفاع (آلوس) و نقشه‌های زمین‌شناسی به‌عنوان متغیرهای محیطی مورد استفاده واقع شدند. ۱۲۸ مکان جغرافیایی جهت حفر پروفیل با استفاده از روش شبکه‌بندی تصادفی در ۴۱۰۰۰ هکتار از اراضی شهرستان آبیک مشخص شد. همچنین با استفاده از روش تحلیل مؤلفه اصلی بر روی متغیرهای محیطی، درنهایت ۲۰متغیر محیطی به‌عنوان نماینده‌ی فاکتورهای خاکسازی جهت مدلسازی انتخاب گردید. شاخص همواری دره با درجه تفکیک بالا مهمترین متغیر محیطی می‌باشد که به‌عنوان ورودی مدل انتخاب گردید. نتایج دقت کلی مدل بوست شده برای پیش‌بینی سطوح تاکسونومیک زیررده و گروه بزرگ به ترتیب ۸۵٪ و ۵۸٪ نشان داده شد. نتایج این تحقیق نشان داد با تقویت شدن مدل درختی توسط بوستینگ، دقت کلی و ضریب کاپا افزایش می‌یابد.

کلمات کلیدی: سنجش‌ازدور، نقشه‌برداری رقومی ، مدلسازی، متغیر محیطی

مقدمه

مدیریت منابع خاک اساسی برای حفظ تولیدات جامعه است. درنتیجه تولید نقشه‌های رقومی باقدرت تفکیک مکانی بالا برای توزیع خصوصیات و کلاس‌های خاک جهت مدیریت خاک و سرزمین بسیار مهم است. در همین راستا پروژه‌های تهیه نقشه رقومی خاک در سراسر جهان پیشرفت چشمگیری داشته است (Minasny and McBratney ، ۲۰۱۶). که علت آن به‌طور عمده پیشرفت فن‌آوری‌های موجود در روش‌های کمی و سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی می‌باشد که این‌گونه پیشرفت‌ها باعث افزایش ظرفیت انجام مطالعات اقتصادی و اجتماعی و فیزیکی مربوط به خاک‌ها گردیده است. امروزه اعتقاد کلی بر این است که بشر بایستی از خاک‌ها متناسب با ویژگی‌های طبیعی آن‌ها استفاده نماید و به عبارتی این ویژگی‌ها را با نیازهای اقتصادی خود وفق دهد. علاوه براین، نیاز جهانی به سیستم‌های اطلاعات مکانی خاک برای مقابله با مسائل مربوط به محیط‌زیست می‌باشد زیرا خاک بسیار متنوع است(Malone و همکاران، ۲۰۱۷). درنتیجه روی آوردن به روش‌های جدید در راستای کاربرد بهینه خاک به‌گونه‌ای که هم نیازهای آدمی برآورده شود و هم این منبع تجدید ناپذیر برای آیندگان حفظ شود، ضروری است(daigle و همکاران، ۲۰۰۵). تغییرپذیری خاک پدیده‌ای تصادفی نیست و نتیجه‌ی تغییر عوامل خاکسازی از نقطه‌ای به نقطه دیگر است .به همین دلیل، این عوامل را می‌توان در پیش‌بینی کلاس خاک و تهیه نقشه الگوی پراکنش خاک‌ها به کاربرد. نقشه‌ی خاک وسعت و توزیع جغرافیایی خاک‌ها و ویژگی‌های آن را تا حدی که مقیاس نقشه اجازه دهد، ارائه می‌کند(علیجانی و همکاران، ۱۳۹۳).

* ایمیل نویسنده مسئول: fsarmad@ut.ac.ir

درگذشته نقشه خاک اغلب با روش‌های مرسوم تهیه می‌شد، که از مشکلات روش نقشه‌برداری مرسوم، تفکیک واحدهای خاک بر اساس تفسیر چشمی عکس‌ها، ارتباط دادن لایه‌های مختلف داده‌های محیطی به‌صورت ذهنی، به‌کارگیری علم و دانش تجربی و مدل ارتباطی خاک-سرزمین، در تجزیه‌وتحلیل داده‌ها منجر به نادیده گرفته شدن بعضی از واقعیت‌های طبیعی و بروز خطا در به نقشه درآوردن تمام جزئیات می‌شود. افزون بر این بروز کردن نقشه‌ها و اطلاعات خاک به روش دستی برای کشور پهناوری مانند ایران به زمان زیادی نیاز دارد که عملاً آن را غیرممکن می‌سازد. (zhu و همکاران، ۲۰۰۱: McBratney و همکاران، ۲۰۰۳). با توجه به محدودیت‌ها و کمبودهای موجود در نقشه‌های سنتی و نیاز مبرهن به ارائه اطلاعات قابل اعتمادتر و به هنگام در مورد خاک‌ها با هزینه منطقی و ارتقای تفسیر نتایج به‌نحوی‌که افراد غیر خاکشناس و غیرمتخصص نیز بتوانند از این اطلاعات استفاده کنند، نیاز به استفاده از روش‌های نوین در تهیه نقشه خاک می‌باشد. امروزه مشخص شده که دقت روش‌های پدومتری در برآورد توزیع مکانی داده‌های اندازه‌گیری شده خاک به علت در نظر گرفتن پیوستگی مکانی داده‌ها نسبت به روش‌های معمول آماری بیشتر است(Grunwald ، ۲۰۰۹؛ McBratney و همکاران، ۲۰۰۰) و نقشه‌برداری رقومی خاک (McBratney و همکاران، ۲۰۰۳) به‌عنوان زیرمجموعه‌ای از روش‌های پدومتری، به دلیل افزایش منابع داده‌های کمکی یا محیطی، به‌صورت کاملاً عملی توانسته است به انتقادات وارده به خاکشناسی مرسوم فائق آید. نقشه‌برداری رقومی خاک (DSM) روش و مدلی است که بین توزیع خاک (کلاس‌ها یا خصوصیات خاک) و داده‌هایی که به‌آسانی از طریق روش‌های سنجش‌ازدور، تصاویر و عکس‌های ماهواره‌ای و داده‌های ژئومورفومتری به دست می‌آیند و تحت عنوان متغیرهای کمکی یا محیطی نامیده می‌شوند ارتباط برقرار می‌کند. بنابراین در آن مدل‌های ریاضی و آماری برای تولید و بهبود نقشه‌های خاک استفاده می‌شود. اگرچه تکنیک‌های نقشه‌برداری رقومی خاک بر روی محاسبات دیجیتالی استوار است ولی اساس آن بر روی معادلات تشکیل خاک (McBratney و همکاران، ۲۰۰۳) قرار دارد. در همه این مدل‌ها نباید اثر دانش نقشه‌بردار روی کیفیت نتایج نادیده گرفته شود. این نوع نقشه‌برداری سبب امیدواری در این زمینه است، زیرا فقدان کنونی موجود در جهان برای دسترسی به داده‌های خاک، با استفاده از روش‌های نقشه‌برداری رقومی خاک می‌تواند بی‌اثر شود(Schmidt و همکاران، ۲۰۰۸). به‌طورکلی تولید نقشه رقومی خاک، نشان‌دهنده الگوهای پیچیده و ناشناخته‌ای از تغییرات خاک به شکل ساده‌تر می‌باشند(Vaysse and Lagacherie ، ۲۰۱۷).

مدل‌های درخت تصمیم ، یک روش پرکاربرد برای پیش‌بینی کلاس خاک در مطالعات نقشه‌برداری‌رقومی خاک می‌باشد. در این مدل‌ها مجموعه داده بر اساس متغیرهای توضیحی برای ایجاد گره‌های پیش‌بینی کننده همگن یا کلاس‌های پیش‌بینی کننده موضوعی (Schmidt و همکاران، ۲۰۰۸) و یا خصوصیات خاک‌ها (Scull و همکاران، ۲۰۰۵) مورداستفاده قرار می‌گیرند. این مدل بر اساس الگوریتم‌های مختلفی مورداستفاده قرار می‌گیرد به‌نحوی‌که در سال ۱۹۷۹ کوئیلین الگوریتمی به نام ID3 طراحی کرد که با توجه به ضعف‌هایی که این الگوریتم داشت، این بار کوئیلین در سال ۱۹۹۳ گونه بهبودیافته‌ای از این الگوریتم را با نام C4.5 توسعه داد. این الگوریتم اریب کمتری داشت و با مقادیر گمشده سازگار بود. پس از گذشت سال‌ها این الگوریتم جای خود را به الگوریتم توسعه‌یافته‌ای با نام C5.0 داد. این الگوریتم هم سریع‌تر بود و هم به حافظه کمتری نیاز داشت. درنهایت به یکی از الگوریتم‌های پرکاربرد در درخت تصمیم تبدیل شد. C5.0 از نسبت بهره اطلاعات برای ارزیابی تقسیمات در هر گره استفاده می‌کند (Kuhn و همکاران، ۲۰۱۵). به دیگر سخن شکافتن (تقسیم داده‌ها) را بر پایه‌ی افزودن بهره اطلاعات انجام می‌دهد. هر شاخه توسط تقسیم اول تعریف می‌شود و خود دوباره تقسیم می‌شود و این روند تا زمانی ادامه پیدا می‌کند که دیگر نتوان داده‌ها را تقسیم کرد. از معیار کاهش آنتروپی برای بررسی سودمندی اطلاعات موجود در یک گره استفاده می‌شود (Malone و همکاران، ۲۰۱۷). طبقه‌بندی درخت تصمیم‌گیری می‌تواند با ترکیب پیش‌بینی‌های درختان متعدد با تکنیک‌های بوستینگ و بگینگ بهبود یابد. بوستینگ یک فرا الگوریتم ترکیبی در حوزه یادگیری ماشینی است که برای کاهش عدم توازن و واریانس به کار می‌رود. این روش در یادگیری تحت نظارت مورداستفاده قرار می‌گیرد.این روش برای تبدیل سیستم‌های یادگیری ضعیف به قوی براساس ترکیب نتایج طبقه‌بندی مختلف کاربرد دارد (Moller و همکاران، ۲۰۱۷).

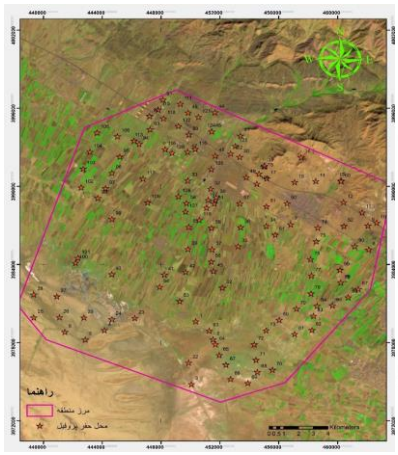
در حال حاضر محققین و نقشه‌برداران در جوامع پیشرفته همانند استرالیا، اروپای غربی و امریکای شمالی بسیاری از نقشه‌های رقومی مناطق خود را تولید کرده‌اند. بااین‌حال، نقشه‌های با سطح مقیاس دقیق در کشورهای درحال‌توسعه نادر هستند، زیرا تکنیک‌های نقشه‌برداری مرسوم، وقت‌گیر و پرهزینه هستند.همچنین باوجودی که بیش از ۵۰ سال از شروع مطالعات خاکشناسی در ایران می‌گذرد نقشه‌های خاک کشور به‌طور کامل تهیه نشده‌اند و تنها منبع قابل دسترس برای خاک‌های ایران نقشه خاک با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰۰ می‌باشد، که این نقشه به علت دقت و جزئیات پایین، برای

برنامه‌ریزی‌های دقیق کاربردی ندارد. درنتیجه تهیه نقشه خاک‌ها با رزولوشن بالا با استفاده از روش‌های نوین نقشه‌برداری برای اراضی ایران ضروری می‌باشد. هدف از این تحقیق مقایسه تولیدات نقشه‌های رقومی کلاس‌های زیررده و گروه بزرگ خاک با استفاده از مدل درختی (C5.0) تقویت‌شده و

مواد و روش‌ها

منطقه مطالعاتی : منطقه موردمطالعه به مساحت ۴۱۲۳۹ هکتار در شرق استان قزوین و غرب استان البرز و در محدوده‌ی شهرستان آبیک که ازنظر مختصات بین طول جغرافیایی ۴۴۹۰۱۷ تا ۴۵۲۰۴۷ متر و عرض جغرافیایی ۳۹۹۴۴۶۸ تا ۳۹۸۲۰۲۶ متر با دیتوم WGS 1984 و Zone 39 واقع شده است. منطقه به‌صورت کلی دارای زمین‌نماهای کوه و دشت می‌باشد که رشته‌کوه البرز در قسمت شمال شرقی منطقه واقع‌شده‌اند. شهرستان آبیک دارای آب‌وهوای معتدل و نیمه‌خشک است و در سمت جنوب این شهرستان مناطق خشک قرار دارند. به‌منظور تعیین اقلیم منطقه از داده‌های دوره آماری ۲۲ ساله هواشناسی ایستگاه باغ کوثر و ۹ ساله ایستگاه بوئین‌زهرا استفاده گردید. میانگین بارندگی سالیانه در ایستگاه باغ کوثر ۲۷۸ میلی‌متر و ایستگاه بوئین‌زهرا ۲۲۲ میلی‌متر و متوسط دمای سالیانه در ایستگاه باغ کوثر ۱۳/۸۸ درجه سانتی‌گراد و ایستگاه بوئین‌زهرا ۱۶/۸۴ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. بر اساس نقشه‌ی رژیم‌های حرارتی و رطوبتی خاک‌های ایران(بنایی، ۱۳۷۷)، رژیم حرارتی خاک منطقه موردنظر ترمیک و رژیم رطوبتی آن زریک خشک و سمت جنوب منطقه موردمطالعه اریدیک ضعیف و در نواحی آکوئیک می‌باشد.

الگوی نمونه‌برداری : بر اساس مدل اسکورپن که در سال ۲۰۰۳ توسط مک براتنی و همکاران ارائه شد برای دستیابی به نقشه‌برداری رقومی خاک نیاز به داده‌های هدف (کلاس خاک) می‌باشد. لذا در این تحقیق ابتدا محل نقاط نمونه‌برداری توسط مدل نمونه‌برداری شبکه نامنظم به تعداد ۱۲۸ پروفیل توسط ابزار ET GEOWIZARD در نرم‌افزار ARC GIS 10.4 انتخاب شد، و پس از تعیین مکان هندسی نقاط در این نرم‌افزار، مختصات نقاط را وارد دستگاه GPS نموده و مکان دقیق نقاط در منطقه موردمطالعه جهت حفر پروفیل مشخص شدند (شکل۱). پس از آن تمام مقاطع خاک بر اساس کتاب (Soil survey staff, 2014) تشریح گردید و پس از اتمام آنالیزهای آزمایشگاهی، با



استفاده از کتاب Key to Soil Taxonomy با روش طبقه‌بندی خاک آمریکایی، طبقه‌بندی خاک‌ها صورت گرفت.

شکل ۱. محل اجرای تحقیق و نقاط نمونه‌برداری

تهیه نقشه رقومی : پس از استخراج متغیرهای محیطی از تصاویر ماهواره Landsat 8 و مدل رقومی ارتفاع Alos با وضوح ۱۲/۵ متر، جهت انتخاب مؤثرترین متغیرها برای مدلسازی، دستور تحلیل مؤلفه اصلی در نرم‌افزار SAS 9.4 اجرا گردید. همچنین نقشه ژئوفرم منطقه تولید شد و برای مدلسازی مورداستفاده قرار گرفت. بعد از آماده‌سازی داده‌ها و متغیرهای کمکی و انتخاب ۲۰ متغیر کمکی به همراه اطلاعات طبقه‌بندی ۱۲۸ پروفیل در منطقه موردمطالعه اقدام به پیش‌بینی کلاس‌های خاک در سطوح زیررده و گروه بزرگ با استفاده از الگوریتم C5.0 درخت تصمیم (تقویت‌شده و نشده با بوستینگ) با استفاده از پکیج‌های مربوطه در نرم‌افزار R 3.3.3 (R Core Team, 2014) گردید.

اعتبارسنجی مدل‌ها : نتایج ارزیابی دقت معمولاً به‌صورت ماتریس خطا ارائه می‌شود که در این صورت انواع پارامترها و مقادیری که بیانگر دقت و یا نوعی خطا در نتایج هستند از این ماتریس استخراج می‌شوند. این ماتریس حاصل مقایسه پیکسل به پیکسل، پیکسل‌های معلوم با پیکسل‌های متناظر در نتایج طبقه‌بندی است. بر مبنای ماتریس خطا پارامترهای متعددی برای بیان دقت و خطا ازجمله دقت کلی، دقت تولیدکننده، دقت کاربر و ضریب کاپا استخراج می‌گردند که مبنای اعتبار سنجی مدل‌های کیفی می‌باشند. ۷۵٪ از داده‌ها در مرحله آموزش و ۲۵٪ داده‌ها برای مرحله اعتبارسنجی مدل مورداستفاده قرار گرفت.

نتایج و بحث

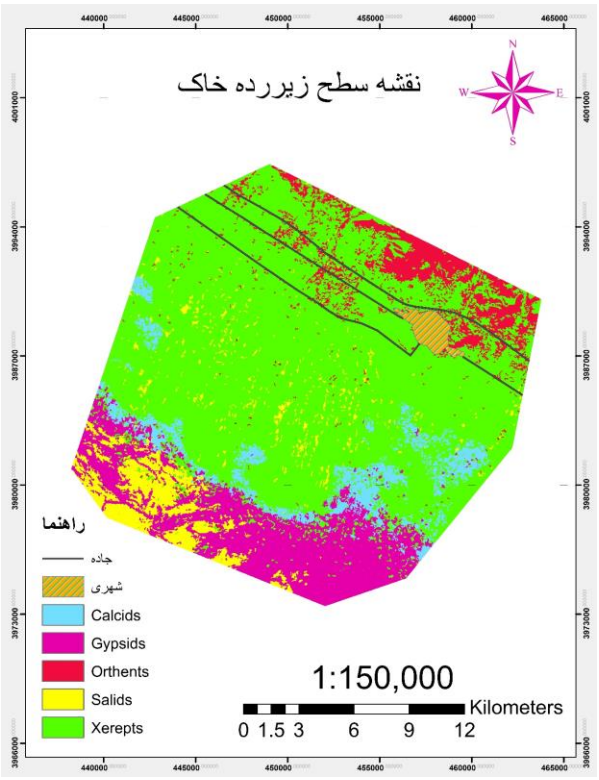
پس از شناسایی و مطالعات ۱۲۸ پروفیل خاک، زیررده‌های خاک شامل Calcids با ۱۰، Gypsids با ۱۷، Orthens با ۱۴، Salids با ۸ و Xerepts با ۷۹ تکرار و گروه بزرگ‌های خاک شامل Aqueisalids با ۸، Calcixerepts با ۴۸، Haplocalcids با ۱۰، Haplogypsids با ۱۵، Haploxerepts با ۳۱، Natrigypsids با ۲ و Xerorthens با ۱۴ تکرار مورد شناسایی قرار گرفتند. هنگامی‌که برای تقویت مدل در مرحله‌ی یادگیری و آموزش در سطح زیررده و گروه بزرگ از روش بوستینگ بهره بردیم سبب از بین رفتن خطاهای طبقه‌بندی‌های غلط در مرحله آموزش شد و با ساختن تعداد درخت‌هایی بین ۱تا۱۰۰ عدد، دقت کلی و ضریب کاپا را به ترتیب به ۱۰۰٪ و ۱ رساند. که در این حالت آموزشی هر پنج کلاس زیررده و هر هفت کلاس گروه بزرگ خاک به دقتی معادل ۱۰۰درصد رسیدند. سپس این مدل درختی را بر روی داده‌های آزمون زیررده و گروه بزرگ به ترتیب ۲۵٪ و ۲۰٪ از داده‌ها، آزمایش کرده تا دقت این مدل برای پیش‌بینی کلاس‌های سطح زیررده و گروه بزرگ خاک مشخص شود. که نتایج مربوط به ماتریس خطا برای مرحله آزمون سطح زیررده و گروه بزرگ در جدول (۱) و (۲) ارائه شده است. در سطح زیررده خاک، بالاترین دقت مربوط به کلاس سالید و زرپتز با دقت تولیدکننده ۱۰۰درصد و ۹۶درصد می‌باشد و ضعیف‌ترین مربوط به کلاس کلسید با دقت صفر می‌باشد. همچنین دقت کلی مدل برای سطح زیررده ۸۵٪ و ضریب کاپای آن ۰/۶۶ می‌باشد (شکل۲). در پیش‌بینی‌های سطح زیررده محققانی همانند (Ricardo و همکاران، ۲۰۱۵) به کمک مدل درختی با دقت ۵۴٪ اقدام به پیش‌بینی سطح زیررده خاک‌های قسمتی از برزیل نمودند، در تحقیق دیگری (Zeraatpisheh و همکاران، ۲۰۱۷) با مدل جنگل تصادفی درختی سطح زیررده را با کاپای ۰/۵۳ پیش‌بینی نمودند. در مرحله پیش‌بینی کلاس‌های زیررده مدل از ۸ متغیر محیطی جهت ساخت درخت استفاده نمود، که متغیرهای شاخص همواری دره با درجه تفکیک بالا، جهت جریان، شاخص درخشندگی و شاخص شوری مهمترین‌ها می‌باشند. همچنین نتایج مربوط به سطح گروه بزرگ نشان داد بالاترین دقت مربوط به کلاس ناتری جیپسید و هاپلوجیپسید با دقت تولیدکننده ۱۰۰درصد و ۸۰ درصد می‌باشد و ضعیف‌ترین مربوط به کلاس هاپلوکلسید با دقت صفر می‌باشد. دقت کلی مدل برای سطح گروه بزرگ ۵۸٪ و ضریب کاپای آن ۰/۴۷ می‌باشد (شکل۳). مطالعات دیگری که در زمینه پیش‌بینی سطح گروه بزرگ خاک‌ها انجام گرفته است می‌توان مطالعه‌ی تقی زاده و همکاران (۲۰۱۲) را نام برد که سطح گروه بزرگ خاک را با دقت ۶۵٪ پیش‌بینی نمودند، همچنین (Heung و همکاران، ۲۰۱۶) و (Adhikari و همکاران، ۲۰۱۴) کلاس‌های گروه بزرگ خاک را به ترتیب با دقت ۶۷٪ و ۶۰٪ پیش‌بینی نمودند. در مطالعه دیگری (Mirakzehi و همکاران ۲۰۱۸) با استفاده از مدل جنگل تصادفی سطح گروه بزرگ خاک را با دقت ۴۶٪ پیش‌بینی نمودند که در تحقیق حاضر گروه بزرگ با دقت بالاتری مورد پیش‌بینی قرار گرفت. مدل درختی برای پیش‌بینی کلاس‌های سطح گروه بزرگ خاک از ۱۰ متغیر محیطی نیز بهره برد، که از این بین متغیرهایی نظیر شاخص همواری دره با درجه تفکیک بالا، شاخص بالای پشته با درجه تفکیک بالا، شاخص پوشش گیاهی و باند بازتابی ۱ بیشترین کمک را به مدل جهت پیش‌بینی نمودند.

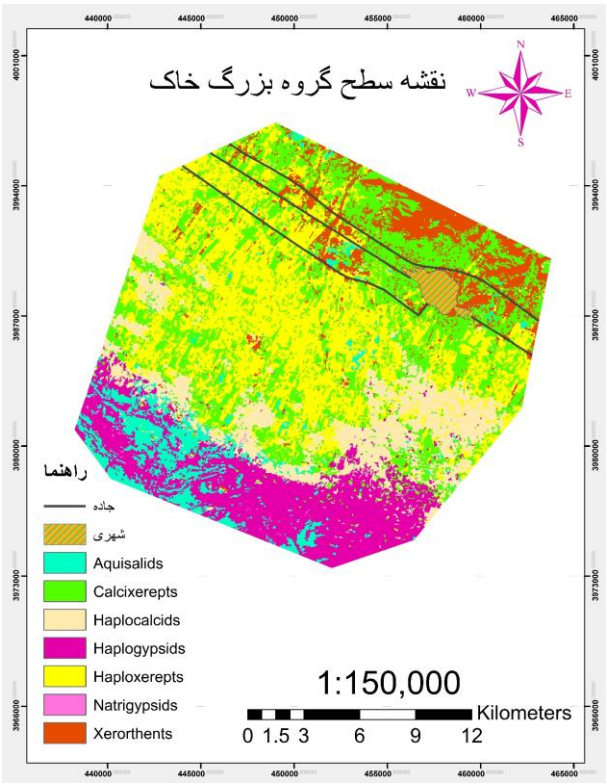
جدول -۱، نتایج ماتریس خطا مربوط به الگوریتم C5.0 بوست شده در مرحله آزمون(سطح زیرده خاک)

	کلسید	جیپسید	اورتنز	سالید	زرپتز	دقت کاربر
کلسید	۰	۰	۰	۰	۱	٪۰
جیپسید	۱	۴		۰	۰	٪۸۰
اورتنز	۰	۰	۱	۰	۰	٪۱۰۰
سالید	۰	۰	۰	۱	۰	٪۱۰۰
زرپتز	۱	۱	۱	۰	۲۱	٪۸۸
دقت تولیدکننده	٪۰	٪۸۰	٪۵۰	٪۱۰۰	٪۸۸	

جدول -۲، نتایج ماتریس خطا مربوط به الگوریتم C5.0 بوست شده در مرحله آزمون(سطح گروه بزرگ خاک)

	آکوئی سالید	کلسی زرپتز	هاپلوکلسید	هاپلوجیپسید	هاپلوزرپتز	ناتری جیپسید	زراورتنز	دقت کاربر
آکوئی سالید	۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰	٪۱۰۰
کلسی زرپتز	۰	۴	۰	۱	۲	۰	۱	٪۵۰
هاپلوکلسید	۰	۱	۰	۰	۱	۰	۰	٪۰
هاپلوجیپسید	۱	۰	۰	۴	۰	۰	۰	٪۸۰
هاپلوزرپتز	۰	۱	۰	۰	۳	۰	۲	٪۵۰
ناتری‌جیپسید	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	٪۱۰۰
زراورتنز	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۱	٪۵۰
دقت تولیدکننده	٪۶۷	٪۵۸	٪۰	٪۸۰	٪۵۰	٪۱۰۰	٪۲۵	





نتیجه‌گیری

در فرآیند نقشه‌برداری رقومی کلاس‌های خاک، مدل درخت تصمیم به‌خوبی توانسته ارتباط بین داده‌های خاک و متغیرهای محیطی را مدل کند. همچنین اجرای روش بوستینگ بر روی مدل به‌خوبی توانست مدل را تقویت نماید و سبب بالا رفتن دقت پیش‌بینی‌ها در سطوح زیرزده و گروه بزرگ گردد به‌نحوی‌که قبل از اجرای بوستینگ طبق جدول (۳) دقت‌ها به ترتیب ۷۷٪ و ۵۴٪ بود، که با اعمال بوستینگ بر روی الگوریتم دقت سطوح به ترتیب ۸۵٪ و ۵۸٪ شد. از طرفی یک معیار مهم در دقت‌کلی مدل درخت تصمیم برای پیش‌بینی کلاس‌های خاک، تعداد داده‌های خاک مشاهداتی (پروفیل‌های خاک) می‌باشد. از نتایج دیگر این تحقیق می‌توان به این اشاره نمود که تکنیک درخت تصمیم در نقشه‌برداری رقومی خاک می‌تواند نقشه‌برداری خاک‌ها را در گستره‌ای وسیع و متشکل از هرگونه عوارض طبیعی به‌یک‌باره انجام داده و سبب بهبود نقشه‌های تولیدشده نسبت به نقشه‌های سنتی گردیده است و سبب بالا رفتن سرعت انتقال داده‌ها و اطلاعات در نقشه‌ها شده است.

جدول۳- مقایسه مدل‌های تقویت‌شده و نشده با بوستینگ در سطوح زیررده و گروه بزرگ خاک

سطح تاکسونومیک	شاخص اعتبارسنجی	قبل از بوستینگ	بعد از بوستینگ
زیررده	دقت کلی	۷۷٪	۸۵٪
زیررده	ضریب کاپا	۰/۴۷	۰/۶۶
گروه بزرگ	دقت کلی	۵۴٪	۵۸٪
گروه بزرگ	ضریب کاپا	۰/۳۷	۰/۴۷

منابع:

علیجانی، ز.، سرمدیان، ف.، و موسوی، ر ۱۳۹۳۰. مقایسه دقت نقشه خاک تهیه شده به روش ژئوپدولوژی و روش معمول ایران (مطالعه موردی: کوهین). نشریه مرتع وآبخیزداری، مجله منابع طبیعی ایران، دوره ۶۷، شماره یک، ۹۳-۱۰۲.

بنایی، م. ح. ۱۳۷۷. نقشه های رطوبتی و حرارتی خاک های ایران، مؤسسه تحقیقاف خاک و آب ایران، وزارت کشاورزی، تهران، ایران.

Adhikari, K., Minasny, B., Greve, M. B., Greve, M. H. (2014). Constructing a soil class map of Denmark based on the FAO legend using digital techniques. Geoderma, 214, 101-113.

Daigle, J. J., Hudnall, W. H., Gabriel, W. J., Mersiovsky, E., and Nielson, R. D. 2005. The National Soil Information System (NASIS): Designing soil interpretation classes for military land-use predictions. Journal of terramechanics, 42(3): 305-320.

Grunwald, S. (2009). Multi-criteria characterization of recent digital soil mapping and modeling approaches. Geoderma, 152(3), 195-207.

Heung, B., Ho, H. C., Zhang, J., Knudby, A., Bulmer, C. E., Schmidt, M. G. (2016). An overview and comparison of machine-learning techniques for classification purposes in digital soil mapping. Geoderma, 265, 62-77.

Kuhn, M., Weston, S., Coulter, N., Culp, M., Quinlan, J.R., 2015. Package 'C50'. https:// cran.r-project. org/web/packages/C50/C50.pdf (accessed 20-07-16).

Malone, B. P., Minasny, B., & McBratney, A. B. (2017). Using R for Digital Soil Mapping. Springer.

Malone, B. P., Styc, Q., Minasny, B., & McBratney, A. B. (2017). Digital soil mapping of soil carbon at the farm scale: A spatial downscaling approach in consideration of measured and uncertain data. Geoderma, 290, 91-99.

McBratney, A. B., Odeh, I. O., Bishop, T. F., Dunbar, M. S., Shatar, T. M. (2000). An overview of pedometric techniques for use in soil survey. Geoderma, 97(3), 293-327.

McBratney. A. B., Mendonc. M. L., Santos. A., and Minasny. B, 2003, "On digital soil mapping," Geoderma, 117, (1-2): 3–52.

Minasny, B., McBratney, A.B., 2016. Digital soil mapping: a brief history and some lessons.Geoderma 264, 301–311.

Mirakzehi, K., Pahlavan-Rad, M. R., Shahriari, A., & Bameri, A. (2018). Digital soil mapping of deltaic soils: A case of study from Hirmand (Helmand) river delta. Geoderma, 313, 233-240.

Møller, A. B., Iversen, B. V., Beucher, A., Greve, M. H. (2017). Prediction of soil drainage classes in Denmark by means of decision tree classification. Geoderma.

Quinlan R (1993). C4.5: Programs for Machine Learning. Morgan Kaufmann Publishers.

Quinlan, J.R. (1979). Discovering rules by induction from large collections of examples. In D. Michie (Ed.), Expert systems in the micro electronic age. Edinburgh University Press.

Ricardo. O,D., Gustavo, M. V., Maurício, R.C., Nelson F.F.,2105. Digital soil mapping for soil class prediction in a dry forest of Minas Gerais, Brazil. Xxxv congresso brasiliero de ciencia do solo, 1-4.

Schmidt, K., Behrens, T., Scholten, T. (2008). Instance selection and classification tree analysis for large spatial datasets in digital soil mapping. Geoderma, 146(1), 138-146.

Scull, P., Franklin, J. and Chadwick, O.A., 2005. The application of classification tree analysis to soil type prediction in a desert landscape. Ecological Modelling, 181(1): 1-15.

Soil Survey Staff. 2014. Keys to Soil Taxonomy (12th. ed). USDA-Natural Resources Conservation Service.National Soil Survey Center, Lincoln, NE.

Taghizadeh-Mehrjardi, R., Minasny, B., McBratney, A. B., Triantafilis, J., Sarmadian, F., Toomanian, N. (2012). Digital soil mapping of soil classes using decision trees in central Iran.

Vaysse, K., Lagacherie, P. (2017). Using quantile regression forest to estimate uncertainty of digital soil mapping products. Geoderma, 291, 55-64.

Zeraatpisheh, M., Ayoubi, S., Jafari, A., Finke, P. (2017). Comparing the efficiency of digital and conventional soil mapping to predict soil types in a semi-arid region in Iran. Geomorphology, 285, 186-204.

Zhu, A. X., Hudson, B., Burt, J., Lubich, K., Simonson, D. (2001). Soil mapping using GIS, expert knowledge, and fuzzy logic. Soil Science Society of America Journal, 65(5), 1463-1472.

16th Iranian Soil Science Congress

University of Zanjan, Iran, August 27-29, 2019

Topic for submission: Novel Technologies in Soil Science

Comparison of decision tree C5.0 algorithm using boosted and non-boosted for prediction of soil Sub orders and soil Great groups in Abyek region

Momtazi-burojeni[1], M ., Ssrmadian[*2], F

[1] M. Sc. Graduate, Faculty of Agricultural Engineering and Technology, University College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Iran

[2] Professor, Faculty of Agricultural Engineering and Technology, University College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Iran

Abstract

Recent developments in remote sensing and information technology have provided a tool that can collect, share, and effectively update soil information. Development plans and solutions require information from the properties and functions of soil. In response to this, digital mapping gives rise to hopes in this regard, since the current lack of available data in the world is ineffective in accessing soil data. The purpose of this research is to compare the soil map of the sub-Order and the Great group using decision tree technique with the boost and non-boosting C5.0 algorithm. In this research, satellite data (Landsat 8), digital elevation model (Alos) and geological maps were used as environmental variables. 128 geolocation sites were designed for drilling profiles using randomized gridding method in 41000 hectares of Abyek region. Finally, by using principal component analysis method on environmental variables, 20 environmental variables were selected as representing soil factors for modeling. MRVBF is the most important environmental variable that was selected as the input of the model. The results of the overall accuracy of the boosted model were shown to predict the suborder and Great group taxonomic levels of 85% and 58% respectively. The results of this study showed that by increasing the tree model by boosting, the overall accuracy and kappa coefficient increase.

Keywords: Remote sensing, Digital mapping, Modeling, Environmental variable

[*] Corresponding author, Email: fsarmad@ut.ac.ir

شانزدهمین کنگره علوم خاک ایران

دانشگاه زنجان، ۵ تا ۷ شهریور ۱۳۹۸

محور مقاله: فناوری‌های نوین در علوم خاک

شناسایی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیائی ذرات نانو و مزو بیوچار چوب درخت راش تولید شده توسط فرآیند آسیاب گلوله‌ای

حبیب رمضان زاده*[۱]، عادل ریحانی تبار[۲]، شاهین اوستان[۳]، محمد حسین محمدی[۴]، شورد ون در زی[۵]

[۱] دانشجوی دکترا گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

[۲] دانشیار گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

[۳] استاد گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

[۴] دانشیار گروه مهندسی خاک، دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران

[۵] استاد گروه فیزیک خاک و مدیریت اراضی، دپارتمان محیط زیست، دانشگاه واخنینگن

چکیده:

اعمال تیمارهای شیمیائی و فیزیکی دو رهیافت کلی جهت تغییر ویژگی‌های بیوچار برای بهبود قابلیت‌های کاربردی آن می‌باشند. استفاده از آسیاب گلوله‌ای یکی از روش‌های فیزیکی جهت کاهش اندازه ذرات بیوچار و افزایش ویژگی‌های جذبی آن است. در این تحقیق از بیوچار حاصل از پیرولیز چوب درخت راش (دمای ۶۵۰°C تحت شرایط اکسیژن کم با استفاده از گاز آرگون با شدت جریان ۲/۵ لیتر در دقیقه) برای تهیه ذرات نانو (کمتر از یک میکرومتر) توسط آسیاب گلوله‌ای (در بازه ۶ ساعته با نسبت ۲۰ به ۱ ساچمه به بیوچار) استفاده گردید. بررسی ویژگی‌های شیمیائی و فیزیکی نشان داد که فعالیت یون‌های H^+ و هدایت الکتریکی ذرات نانو بیشتر از اندازه مزو (۰/۵ تا یک میلی‌متر) آن بود. ذرات نانو دارای سطح ویژه (حدود ۲/۵ برابر) و مقدار تخلخل کل (حدود ۲/۸ برابر) بیشتری نسبت به ذرات مزو بودند. ریزتر شدن ذرات باعث گردید تا مساحت ویژه خارجی و داخلی بیوچار افزایش یابد. طیف‌های XRD کانی کلسیت را در هر دو اندازه بیوچار نشان داد و طیف‌های FTIR از افزایش گروه‌های عامل سطحی در اندازه نانو حاکی بود که این افزایش در بین گروه‌های عامل اکسیژن دار و حلقه-های آروماتیکی بیشتر بود. ارزیابی دقیق از ویژگی‌های نانوبیوچار می‌تواند باعث پیشرفت و گسترش کاربرد آن در حوزه‌های مختلف گردد.

کلمات کلیدی: آسیاب گلوله‌ای، توزیع اندازه منافذ، سطح ویژه، نانوبیوچار، FTIR، XRD

مقدمه:

بیوچار ماده‌ای کربنی و متخلخل می‌باشد که توسط پیرولیز مواد زیستی تحت شرایط اکسیژن کم یا بدون اکسیژن در دماهای کمتر از ۹۰۰ °C تولید می‌شود (Yargicoglu و همکاران، ۲۰۱۵). به نظر می‌رسد که می‌توان با فرآیندهای اصلاحی ویژگی‌های جذبی بیوچار را بهبود بخشید. برخی مطالعات نشان می‌دهند که آلوده کننده ها در غلظت‌های زیاد می‌توانند به راحتی جذب بیوچار اصلاح شده گردند. روش‌های اصلاح بیوچار جهت افزایش ظرفیت جذب آن به دو دسته کلی شیمیائی و فیزیکی تقسیم می‌شوند. روش‌های شیمیائی شامل پیش تیمار با مواد شیمیائی جهت اختصاصی سازی گروه‌های عامل سطحی به طور وسیعی مورد استفاده قرار می‌گیرند. اصلاح فیزیکی در حال حاضر به دو روش آسیاب کردن و فعال کردن مغناطیسی محدود شده است. اندازه اولیه بیوماس و شرایط پیرولیز می‌تواند بر اندازه ذرات بیوچار تاثیر گذارد که می‌توانند از چند هزار میکرون تا چندین سانتیمتر متفاوت باشند. در این میان اعمالی مانند آسیاب کردن و یا تکان دادن می‌توانند به تولید بیوچار در اندازه‌های نانو منجر شوند. نتایج نشان داده است که ذرات نانو بیوچار می‌توانند ویژگی‌های کاملا متفاوتی نسبت به بیوچار اولیه از خود نشان دهند. Naghdi و همکاران (۲۰۱۷) نشان دادند که استفاده از روش آسیاب گلوله‌ای می‌تواند باعث تولید ذرات نانو بیوچار شود که ۱۵ برابر سطح ویژه بیشتری دارد. در این تحقیق سعی شده با استفاده از بیوچار تولید شده از چوب درخت راش و اعمال تیمار فیزیکی، ذرات در اندازه نانو (کمتر از یک میکرومتر) تهیه و سپس ویژگی‌های آن با اندازه ذرات مزو (۰/۵ تا یک میلیمتر) مقایسه گردد.

*ایمیل نویسنده مسئول: mramazanzadeh@hotmail.com

مواد و روش‌ها:

تولید: بیوچار به روش پیرولیز در دمای ۶۰۰°C از زیست توده شاخه‌های هرس شده درختان راش در شرایط کم اکسیژن (در حضور گاز آرگون) تهیه شد. بر این اساس بیوماس از الک ۵ میلی‌متری عبور داده شد و پس از شستشو با آب مقطر در داخل آون به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۶۰ درجه سانتیگراد خشک گردید و سپس درون کوره الکتریکی قرار داده شد و گاز آرگون با شدت جریان ۵ لیتر در دقیقه جهت تعویض هوای داخل آن استفاده شد. سپس کوره با تغییر دمای ۱۰۰°C در پانزده دقیقه روشن شد و در زمان رسیدن به ۶۰۰°C ، یک ساعت (پیرولیز آهسته) در این دما نگهداری شد. در طول زمان ماندگاری، گاز آرگون با دبی ۲/۵ لیتر در دقیقه درون کوره جریان داشت. بیوچار تولید شده پس از سرد شدن درون کوره به مدت ۲۴ ساعت (تحت جریان گاز آرگون با دبی ۱/۵ لیتر به مدت دو ساعت بلافاصله پس از خاموش شدن کوره) به درون ظروف دربسته منتقل شد تا از جذب رطوبت جلوگیری شود. اندک روغن زیستی تولید شده به دلیل مشبک بودن ظرف حاوی زیست‌توده از بیوچار تفکیک و گازهای تولید شده هم از کوره با استفاده از خروجی دود (اگزوز) تعبیه شده روی درب کوره خارج شد.

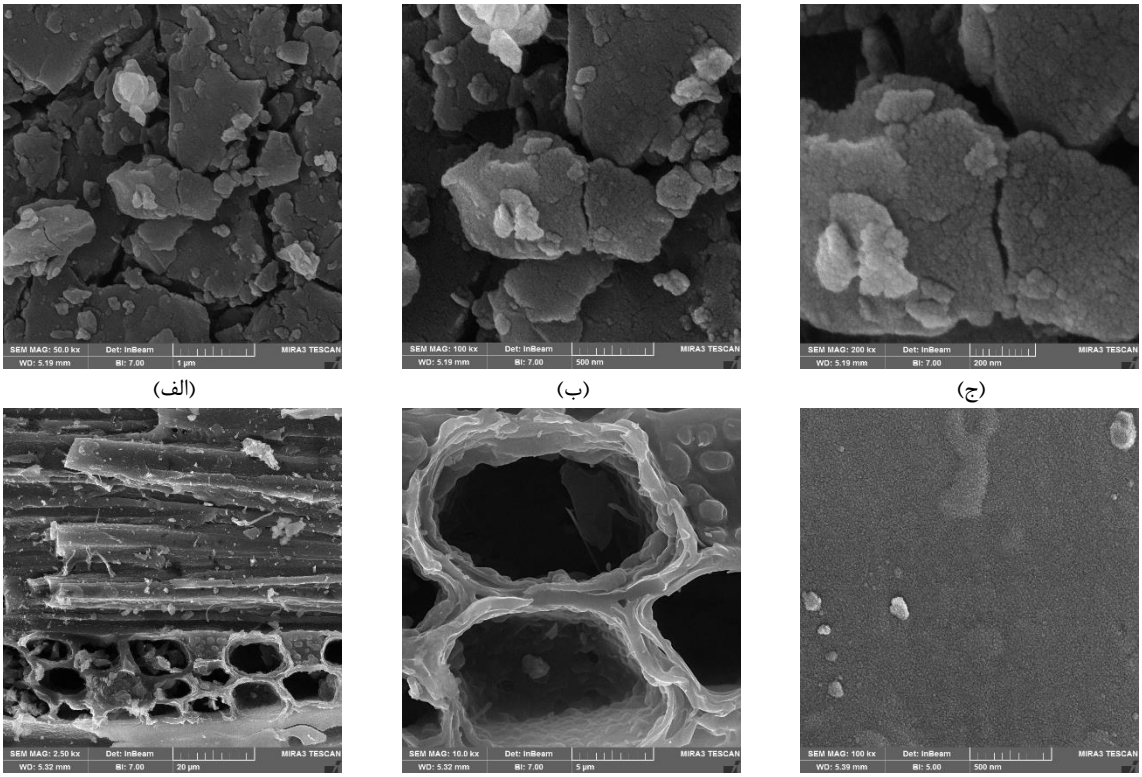
تهیه مزو و نانو بیوچار: بیوچار تهیه شده در مرحله قبل به دو قسمت تقسیم گردید. ابتدا بیوچار تولید شده با الک یک میلی‌متری و سپس با الک نیم میلی‌متری الک شده و مقدار باقیمانده روی الک نیم میلیمتر به عنوان مزو بیوچار (MBC) استفاده شد. برای تهیه ذرات نانو بیوچار (NBC)، بیوچار در دمای ۷۲ درجه سانتیگراد درون آون به مدت ۷۲ ساعت خشک شده و سپس توسط آسیاب گلوله‌ای در دو بازه به مدت ۶ ساعت با سرعت ۵۰۰ دور در دقیقه توسط ساچمه‌های چینی با قطر ۱۰ و ۱۵ میلی‌متر ساییده شد (Peterson و همکاران، ۲۰۱۲). در طول زمان آسیاب، جهت خنک شدن و حذف جزئی اکسیژن، گاز آرگون درون دستگاه تزریق شد و مدت زمان لازم برای رسیدن به اندازه نانو توسط آزمون‌های تصویربرداری بوسیله میکروسکوپ الکترونی (SEM) و تفرق دینامیک نور (DLS) مشخص گردید.

ویژگی‌های شیمیائی و فیزیکی: در هر دو گروه ذرات MBC و NBC ویژگی‌های فیزیکی و شیمیائی همچون مقدار عملکرد و خاکستر تولید شده، pH و EC (مدل AB-250 pH meter) در نسبت ۱:۲۰ بیوچار به آب مقطر، مقدار غلظت عناصر با دستگاه ICP-MS پس از هضم با مخلوط اسید نیتریک و اسید کلریدریک (مدل ELAN 6100 DRC-e)، درصد عناصر کربن، هیدروژن، نیتروژن و گوگرد با دستگاه CHNS Analyzer (مدل ECS 4010)، گروه‌های عامل سطحی با دستگاه FTIR (مدل TENSOR 27)، تشخیص مینرال‌های معدنی با دستگاه XRD (مدل X'Pert PRO)، سطح ویژه و اندازه منافذ با استفاده از جذب و واجذب گاز N_2 (مدل Belsorp mini) و با استفاده از معادلات BET، BJH، t-plot و Langmuir در بازه فشار اتمسفری ۰/۰۰۱ تا ۰/۹۸ اتمسفر انجام گرفت. همچنین مورفولوژی سطوح NBC و MBC با استفاده از دستگاه میکروسکوپ الکترونی روبشی SEM (مدل JSM-6400)، پتانسیل زتا و اندازه هیدرودینامیکی ذرات با استفاده از دستگاه Malvern Zeta sizer Nano Instrument مشخص گردید.

نتایج و بحث:

فرآیند آسیاب توسط آسیاب گلوله‌ای کارایی زیادی در شکسته شدن ذرات بیوچار به اندازه‌های کوچکتر داشت. در پایان مدت زمان طی شده برای آسیاب مشاهده شد که اندازه ذرات بیوچار به کوچکتر از ۱۰۰۰ نانومتر کاهش یافت. دو پیک قابل توجه در اندازه‌گیری قطر ذرات آسیاب شده مشاهده گردید که هر دو در دامنه ذرات نانو قرار داشتند. پیک اول در دامنه ۴۱۲/۴ نانومتر (درصد ذرات= ۱۴/۸، S_d=۱۸۶/۲) و پیک دوم مربوط به اندازه ذرات با قطر ۱۰۰/۵ نانومتر (درصد ذرات=۸۵/۲، S_d=۲۳/۳۵) بود (شکل مربوطه ارایه نشده است). Yusof و همکاران (۲۰۱۴) گزارش کردند که دامنه وسیعی از ذرات با پیک‌های متفاوت در طول فرآیند آسیاب تولید می‌شوند، درحالی‌که Naghdi و همکاران (۲۰۱۷) گزارش کردند که فرآیند آسیاب می‌تواند باعث بوجود آمدن ذرات با همگنی بیشتر شود که وابستگی کامل به شرایطی همچون دما و پیش تیمارهای انجام شده روی بیوچار دارد. میکروگراف‌های SEM نشان دادند که ذرات NBC پلی گونال می‌باشند (شکل ۱). ذرات NBC به نظر ذراتی با زوایای نامنظم می‌رسیدند که دلیلی بر تاثیر فرآیند آسیاب بر تبدل ذرات زاویه‌دار به ذرات ریز و خیلی ریز می‌باشد. در تصاویر مربوط به MBC تعدادی از ذرات نانو نیز دیده می‌شد که می‌تواند حاصل از شکسته شدن ذرات MBC در نتیجه انتقال باشد. نتایج نشان داد که فرآیند آسیاب می‌تواند شکل منافذ را به طور کلی تغییر دهد، به نحوی که پس از این فرآیند، منافذ و کانال‌های طویل به منافذ کوچکتر با سطوح صاف تبدیل شدند. پدیده تجمع ذرات در بین ذرات MBC دیده نشد ولی در تیمار NBC ذرات بزرگتر توسط ذرات کوچکتر احاطه شده بودند. ذرات MBC اشکال طویل و گوشه‌های تیزتری داشتند که منجر به جدایی و انفصال ذرات در این تیمار شد، در حالی‌که ذرات NBC گرد بودند. اختلاف زیادی در مقدار سطح ویژه محاسبه شده در مدل‌های برازش یافته به ذرات NBC و MBC دیده شد (جدول ۱). نتایج نشان داد که سطح ویژه ذرات NBC حدودا دو برابر بیشتر از ذرات MBC می‌باشند. با

شکسته شدن ذرات، منافذ بسته و منافذ غیرقابل دسترس به قابل دسترس تبدیل و شکسته شدن ذرات باعث افزایش سطح ویژه می‌گردد. بر خلاف یافته‌های Oleszuzeck و همکاران (۲۰۱۶) میانگین قطر منافذ NBC بیشتر از MBC بود.



شکل ۱: تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) ذرات NBC الف(*50kx*)، ب(*100kx*)، ج (*200kx*)، و MBC د(*2.5kx*)، و(*10kx*)، ه(*100kx*)

هر چهار مدل نشان دادند که فرآیند آسیاب می‌تواند ویژگی‌های سطح ذرات همچون سطح ویژه و تخلخل را به شدت افزایش دهد. شکل منحنی هیسترسیس NBC در H4 رده بندی شد که نشان دهنده پیچیدگی ماده و دارا بودن میکروپورها و مزوپورها درون NBC می‌باشد و همچنین فعالیت الکتروشیمیائی مناسب را می‌توان بر اساس مقدار سطوح ویژه داخلی و خارجی بیوچارها استنباط کرد.

جدول ۱: ویژگی‌های سطح ذرات NBC و MBC

	پارامتر							
	میانگین قطر منافذ	تخلخل کل	معادله BET برازش یافته			معادله لانگمویر برازش یافته		
	(nm)	($cm^3\ g^{-1}$)	C	$a_{s,BET}$ ($m^2\ g^{-1}$)	V_m ($cm^3\ g^{-1}$)	B	$a_{s,Lang}$ ($m^2\ g^{-1}$)	V_m ($cm^3\ g^{-1}$)
NBC	۲/۵۸۲	۰/۲۵۴	۲۷۴۲/۲	۳۹۳/۹۸	۹۰/۵۱۹	۴/۹۵	۴۴۹/۴۸	۱۰۳/۲۷
MBC	۲/۰۹۷	۰/۰۹۱	۳۳۹/۳۶	۱۷۴/۱۹	۴۰/۰۲۲	۱/۰۷	۲۱۵/۶۵	۴۹/۵۴۶

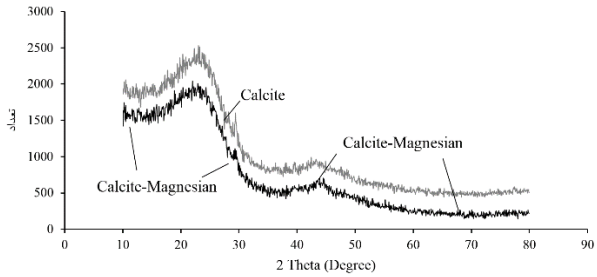
Vm: حجم تک لایه، $a_{s,Lang}$ سطح ویژه لانگ مویر، *B*: نسبت ثابت سرعت (جذب به واجذب)، $a_{s,BET}$: سطح ویژه BET، *C*: ثابت انرژی لایه اول

ادامه جدول ۱: ویژگی‌های سطح ذرات NBC و MBC

	پارامتر							
	معادله t-plot برازش یافته				معادله BJH برازش یافته			
	2t (nm)	V_p ($cm^3\ g^{-1}$)	a_2 ($m^2\ g^{-1}$)	a_1 ($m^2\ g^{-1}$)	a_p ($m^2\ g^{-1}$)	r_p (nm)	V_p ($cm^3\ g^{-1}$)
NBC	۰/۷۷۵	۰/۱۷۶۸	۱۱/۵۳۴	۴۶۵/۳۷	۵۲/۲۹	۱/۲۹	۰/۱۱۶
MBC	۰/۸۷۴	۰/۰۸۲۵	۱/۸۷۲	۱۸۹/۵۵	۳۰/۱۲	۱/۲۹	۰/۰۳۱

V_p: تخلخل منفذی، r_p: شعاع منافذ ریز، a_p: سطح ویژه منافذ، a_1: سطح ویژه کل، a_2: سطح خارجی، *2t*: قطر منافذ

بررسی دیفرکتوگرام حاصل از XRD، ویژگی‌های ترکیبات جامد بیوچارها را نشان داد (شکل ۲). بر این اساس ترکیبی کربنی، کاملا متخلخل و بی‌شکل دیده شد که کار شناسایی و تفسیر پیک ها را پیچیده می‌کرد. ساختمان پلی آروماتیک که می‌تواند حاصل تبدیل مواد لیگنوسلولزی در اثر پیرولیز باشد نیز درمنحنی‌ها دیده شد که نتایج FTIR نیز دلیلی بر این یافته بود. علاوه بر این، کانی‌های کلسیت ($CaCO_3$) در تمامی نمونه‌ها تشخیص داده شد. منحنی XRD مربوط به ذرات MBC، پیک‌های وسیع و با شدت کم در ۲۹/۳۸ درجه مربوط به کلسیت را نشان داد. در ناحیه 2Theta چهار پیک اصلی در طیف‌های ۱۰/۲۷، ۲۹/۴۰، ۴۴/۳۲ و ۶۴/۹۴ درجه نیز دیده شدند که مربوط به ساختارهای کلسیت - منیزیم ($Mg_{0.064}\ Ca_{0.936}CO_3$) در ذرات NBC بود. قلیائیت بیوچارها شاهدی بر حضور کلسیت در آنها بود و از سویی پیک‌های گسترده در منحنی‌های XRD بر ویژگی توربوستراتیک کریستالی در NBC و MBC تاکید داشت.



شکل ۲: طیف‌های XRD مربوط به NBC (مشکی) و MBC (خاکستری، برای درک بهتر ۳۰۰+ واحد جابجا شده)

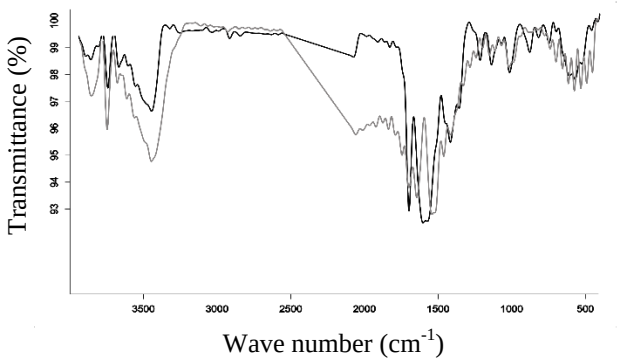
ویژگی‌های شیمیائی بیوچارها در جدول ۲ ارائه شده است. عملکرد بیوچار تولید شده برابر ۲۹/۱ درصد با مقدار خاکستر ۲/۹۸ درصد بود که در دامنه بیوچارهای تولید شده از چوب درخت (بیشتر از ۶۰۰°C) و با H/C_{org} کمتر از ۰/۷ قرار داشت. غلظت کل عناصر در NBC ۲۱/۶ میلی گرم بر کیلوگرم بود که ۸۸/۷۲ درصد مربوط به عناصر غیرسمی و ۱۱/۲۷ درصد آن مربوط به عناصر سمی بود. مقدار عناصر شیمیائی به طور معنی‌داری مابین NBC و MBC متفاوت بود، به نحوی که غلظت کربن در NBC کمتر از MBC و از سویی دیگر مقدار هیدروژن و اکسیژن بیشتر بود. پایین بودن نسبت O/C در MBC حاکی از قطبیت کم ذرات و آبدوستی کمتر سطوح این ذرات بود و همچنین نسبت کم H/C که توصیف کننده جزء قطبی و CH_2 پلیمری است بیانگر مقدار کم ماده آلی اولیه باقیمانده می‌باشد (Elnour و همکاران، ۲۰۱۹). در طول فرآیند آسیاب، امکان شکسته شدن پیوندهای C-C وجود داشته شکسته شده (Fan و همکاران، ۲۰۱۶) وهمچنین به دلیل واکنش اکسیداسیون جزئی در سطح ذرات مقدار گروه‌های عامل اکسیژن دار افزایش می‌یابد (Lyu و همکاران، ۲۰۱۹).

جدول ۲: ترکیبات عنصری NBC و MBC

	C (%)	H (%)	N(%)	O(%)	H/C	(O+N)/C	O/C
MBC	۹۰/۱۶	۲/۰۰	کمتر از ۰/۰۱	۴/۷۴	۰/۲۶۶	۰/۰۴۱	۰/۰۳۹
NBC	۸۴/۱۵	۲/۱۹	کمتر از ۰/۰۱	۱۰/۵۶	۰/۳۱۲	۰/۰۹۵	۰/۰۹۴

هر دو اندازه ذرات NBC و MBC ویژگی‌های قلیائی از خود نشان دادند (pH به ترتیب برابر ۸/۹۳ و ۱۰/۱۱) که به نوع بیوماس و دمای پیرولیز و شرایط آسیاب مربوط می‌باشد. در معرض قرار گرفتن بیشتر گروه‌های اسیدی و اکسیداسیون سطح ذرات بیوچار در طول فرآیند آسیاب دو عامل اصلی تغییر pH در ذرات NBC می‌باشند (Lyu و همکاران، ۲۰۱۹). کاهش در pH به سبب فرآیند آسیاب می‌تواند به دلیل ظهور گروه‌های کربوکسیل و هیدروکسیل باشد که توسط نتایج FTIR نیز تایید گردید. این افزایش در مقدار هدایت الکتریکی نیز دیده شد (۹۴۷ و $۹/۵۳ \times ۱۰^{۳}$ میکروزیمنس بر متر به ترتیب برای MBC و NBC). ذرات MBC هدایت الکتریکی کمتری نسبت به ذرات NBC داشتند که نشان دهنده بروز بخشی از ساختار گرافیتی بیوچار است که توسط فرآیند آسیاب اتفاق افتاده و باعث افزایش EC در NBC شده است (Lyu و همکاران، ۲۰۱۹). EC ذرات NBC رابطه منفی با مقدار گروه‌های اکسیژن آلکالی آلیفاتیک (HCOH) و رابطه مثبت با گروه‌های C-O آروماتیک و ساختارهای آروماتیکی حلقه دار دارد. به نظر می‌رسد که با کاهش اندازه ذرات بیوچار، تعداد گروه‌های C-O نیز کاهش یافته است. مقدار پتانسیل زتا ذرات NBC سه پیک در دامنه ۱۶/۲+ تا ۷۱/۸- نشان داد که به طور نرمال پایدار بود. بر خلاف مقادیر پتانسیل زتا منفی گزارش شده برای ذرات بیوچار، نتایج این تحقیق نشان داد که بار سطح ذرات بیوچار در اندازه‌های نانو یقینا می‌تواند دامنه وسیعی را از بار منفی تا مثبت شامل شده و باعث گردد تا مکانیزم‌های پیچیده و متعددی در محیط اتفاق بیافتد. طیف‌های

FTIR برای ذرات NBC و MBC در شکل و شدت طیف در دامنه‌های بخصوصی با همدیگر اختلاف داشتند (شکل۳) که در اثر فرآیند آسیاب می‌باشد. تعداد پیک‌ها در NBC



شکل ۳: نمودارهای FTIR مربوط به NBC (رنگ خاکستری) و MBC (رنگ سیاه)

افزایش یافت که دلیل به بوجود آمدن گروه‌های عامل بیشتر در اثر اعمال فرآیند فیزیکی بود. در هر دو طیف اختلاف چشمگیری در طیف-های دامنه ۳۳۲۰ تا ۳۸۵۰ و ۴۲۰ تا ۲۰۴۷ دیده شد. طیف‌های ۱۶۵۰ تا ۱۷۴۰ بیانگر ν(C=O) اسید کربوکسیلیک، کتونها و استرها بود. پیک‌های ۱۰۲۰ تا ۱۱۶۰ حضور ناحیه کربوهیدراتی را نشان می‌دهد و پیک‌های موجود در ناحیه ۱۲۰۰ تا ۱۲۸۰ مربوط به دفرماسیون O-H، C-OH اسید کربوکسیلیک و کربوکسیل می‌باشد. علاوه بر این، پیک‌های ۱۳۱۰ تا ۱۳۹۰، ۱۴۰۰ تا ۱۴۵۰ و ۱۴۵۰ تا ۱۴۸۰ به ترتیب مربوط به حضور O-H فنولی، $C(CH_3)$-، دفرماسیون C-H، کربنات (ν_3 ، کشش ناهمسان) و دفرماسیون CH_2 بودند. همچنین مابین طول موجهای ۲۸۵۰-۲۹۵۰، CH– کششی، و باندهای ۳۲۰۰ تا ۳۶۰۰ مربوط به ν(OH) از هیدروژن متصل به گروه‌های O-H بیوچار می‌باشد. با شکسته شدن ذرات بیوچار و کاهش اندازه ذرات، حضور گروه‌های O-H (۳۷۴۹ و ۳۴۴۴) بیشتر شد. این نتایج در مقدار pH اندازه‌گیری شده در MBC و NBC منعکس شده است. نتایج FTIR نشان داد که ذرات MBC و NBC درصد متفاوتی از گروه‌های کربوکسیل و هیدروکسیل دارند. تعداد بیشتر زنجیرهای آلیفاتیکی و فراوانی گروه‌های عامل در NBC ممکن است دلیلی بر فعالیت زیاد این ذرات در محیط زیست می‌باشد.

نتیجه گیری:

آزمایش بر روی تبدیل ذرات بیوچار حاصل از ضایعات درخت راش به اندازه نانو با استفاده از آسیاب گلوله‌ای انجام گرفت. آزمایشات حاصل بر روی اندازه‌گیری ذرات حاکی از تاثیر مثبت آسیاب گلوله‌ای بر کاهش اندازه ذرات تا حد نانو بود. اختلاف معنی‌داری در اغلب ویژگی-های دو اندازه ذرات بیوچار دیده شد. اندازه کوچکتر ذرات بیوچار دارای pH کمتر و EC بیشتر بودند. از سویی فرآیند آسیاب باعث شد تا سطح ویژه داخلی و خارجی و تخلخل ذرات بیوچار افزایش چشمگیری یابد. افزایش تنوع و مقدار گروه های عامل یکی دیگر از نتایج فرآیند آسیاب بود. با توجه به داده‌های بدست آمده به نظر می رسد فرآیند آسیاب گلوله‌ای می‌تواند به عنوان روشی جهت افزایش و بهبود ویژگی‌های بیوچار با خرد و ریز کردن ذرات معرفی گردد که این ذرات می‌توانند دامنه وسیع کاربردی در محیط زیست داشته باشند که شامل تصفیه کننده آب‌ها و محیط‌های آلوده تا بهبود دهنده ویژگی‌های خاک می‌باشد.

منابع:

Elnour, A. Y., Alghyamah, A. A., Shaikh, H. M., Poulose, A. M., Al-Zahrani, S. M., Anis, A., and Al-Wabel, M. I. 2019. Effect of Pyrolysis Temperature on Biochar Microstructural Evolution, Physicochemical Characteristics, and Its Influence on Biochar/Polypropylene Composites, Applied Science, 9 (1149): 1-18.

Fan, X., Chang, D. W., Chen, X., Baek, J. B., and Dai, L. 2016. Functionalized graphene nanoplatelets from ball milling or energy applications, Current Opinion in Chemical Engineering, 11:52–58.

Lyu, H., Yu, Z., Gao, He, F., Huang, J., Tang, J., and Shen, B. 2019. Ball-milled biochar for alternative carbon electrode. Environmental Science and Pollution Research, 233: 54-63.

Naghdi M., Taheran M., Brar, S. K., Rouissi, T., Verma, M., Surampalli, R. Y., Valero, J. R. 2017. A green method for production of nanobiochar by ball milling optimization and characterization, Journal of Cleaner Production, 164: 1394-1405.

Oleszczuk, P., Cwikła-Bundyra, W., Bogusz, A., Skwarek, E., and Ok, Y.S., 2016. Characterization of nanoparticles of biochars from different biomass. Jornal of. Analysis. Applied Pyrolysis, 121: 165-172.

Yargicoglu, E., Sadasivam, B.Y., Reddy, K.R., and Spokas, K. 2015. Physical and chemical characterization of waste wood derived biochars. Waste Management, 36: 256-268.

Yusof, J.M.; Salleh, M.A.M.; Rashid, S.A.; Ismail, I.; Adam, S.N. 2014. Characterization of carbon particles (CPs) derived from dry milled kenaf biochar Journal of Engineering Science and Technology, 2014: 125–131.

Topic for submission: Novel Technologies in Soil Science

Characterization of Physical and Chemical Properties of Nano and Meso-particles of Wood-derived biochar produced by Ball milling process

Ramezanzadeh[1], H., Reyhanitabar[2], A., Oustan, S.[3] Mohammadi, M.H. [4], van der Zee, S. E. A.T. M.
[1] Ph.D. Student, Soil Science Department, Faculty of Agriculture University of Tabriz, Iran
[2] Associate Prof., Soil Science Department, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Iran
[3] Professor, Soil Science Department, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Iran
[4] Associate Prof., Soil Science Department, College of Agriculture and Natural resource, University of Tehran, Iran
[5] Professor, Soil Physics and Land Management group, Wageningen University, The Netherlands

Abstract

Chemical and physical modifications are two general approaches to change and improve characteristics of biochar and its capabilities. The ball milling is one of the physical methods for reducing the size of particles and increasing adsorption properties of biochar. In this research, the biochar produced by pyrolysis of woody material (temperature of 650 ° C under low oxygen conditions by using 5 L min^{-1} of Ar gas flow rate) was employed for preparation of nanoparticles (less than one micrometer) by planetary ball mill (with 6-hour interval and 20 to 1 ratio of ball to biochar). The study of chemical and physical properties showed that the activity of H + ions and the electrical conductivity of nanoparticles was more than of the meso size (0.5 to 1 mm). The nano particles have a higher specific surface area (about 2.5 times) and total porosity (about 2.8 times) compared to meso particles. Breaking down of the particles led to an increment in the external and internal specific surface. XRD spectra showed the existence of calcite minerals in both sizes and FTIR curves indicated increase in surface functional groups at nano particles which was higher among the oxygen containing groups and aromatic rings. A precious assessment of the nanobiochar characteristics could lead to development and expansion of its application in various fields.

Keywords: Ball milling, Characterization, Nanobiochar, Pore Size Distribution, Specific Surface, FTIR, XRD

شانزدهمین کنگره علوم خاک ایران

دانشگاه زنجان، ۵ تا ۷ شهریور ۱۳۹۸

محور مقاله: فناوری‌های نوین در علوم خاک

بررسی نوع منافذ و ارتباط آن با مساحت کل منافذ با استفاده از تکنیک پردازش تصویر در برخی خاک‌های خشک جنوب استان گیلان

مستانه رحیمی مشکله*[۱]، حسن رمضانپور[۲]، مهدی نوروزی[۳]

[۱] دانشجوی دکتری گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان

[۲] دانشیار گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه گیلان

[۳] دانش آموخته دکتری علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

چکیده

پردازش تصویر، از علوم پرکاربرد و مفید در فنون مهندسی است و از دیرباز مطالعات و تحقیقات گسترده‌ای در این زمینه صورت گرفته و پیشرفت‌های فراوانی حاصل شده است. بدین منظور این پژوهش برای بررسی منافذ خاک و ارتباط آن با ابعاد فرکتالی و با استفاده از تکنیک پردازش تصویر مقاطع نازک میکروسکوپی در دو سازند مختلف در جنوب استان گیلان انجام شد. نمونه‌برداری خاک از دو سازند گچی- نمکی و آهکی، با سه تکرار از دو موقعیت شیب (شیب‌پشتی و پای‌شیب) و عمق سطحی (۲۰-۰ سانتی‌متر) و زیرسطحی (۴۰-۲۰ سانتی‌متر) انجام گرفت. نتایج نشان داد که به علت بیشتر بودن منافذ ریز (۱۰۰۰-۵۰۰ µm) در سازند گچی- نمکی میزان مساحت کل منافذ، بُعد فرکتال و پایداری خاکدانه‌ها در این سازند بیشتر بوده و منافذ مشاهده شده در این سازند عمدتاً ووگ و صفحه‌ای بود. به دلیل درشت بودن منافذ (بیش از ۱۰۰۰µm) در سازند آهکی میزان مساحت کل منافذ، بُعد فرکتال خاکدانه و پایداری آن‌ها در این سازند کمتر بوده و این امر شرایط را برای حضور فون خاک و فعالیت حیوانی در این سازند فراهم کرده است و به همین علت منافذ محفظه‌ای و بسته مرکب در سازند آهکی به وفور دیده شد.

کلمات کلیدی: آنالیز تصویر، بُعد فرکتال خاکدانه، منافذ درشت، مقطع نازک

مقدمه

آنالیز تصاویر به دست آمده از مقاطع نازک با استفاده از روش‌های جدید سبب ارتقای دانش بشری و در ارتباط با ویژگی‌های فیزیکی و فرآیندهای موجود در خاک شده است (Rasa و همکاران ۲۰۱۲). آنالیز تصویر روشی پیشرفته برای کمّی کردن ویژگی‌های خاک و افزایش دقت و درستی نتایج مطالعات مورفولوژیکی و میکرومورفولوژیکی است. استفاده از تحلیل تصاویر می‌تواند به سرعت، دقّت و قابلیت‌های مطالعات میکروموفولوژی خاک بیافزاید (Bruneau و همکاران ۲۰۰۴). تکنیک پردازش تصویر با دقت قابل قبولی توانسته دانه‌های موجود در تصاویر را شناسایی و ارزیابی نماید. درنتیجه از این روش برای استفاده در مطالعات مهندسی خاک ازجمله دانه‌بندی و نیز مطالعات ریخت‌شناسی می‌توان استفاده کرد (فرامرزی و همکاران،۱۳۹۴). ریزساختار خاک عبارت است از طرز قرارگرفتن ذرات آن در کنار یکدیگر بوده که در نتیجه آن منافذ به‌وجود می‌آیند. منافذ به عنوان بخشی از فابریک خاک نقش مهمی در کلیه فرآیندهای روی داده در خاک داشته و آگاهی از سیستم منافذ خاک می‌تواند شناخت خوبی درباره کیفیت و قدرت آسیب‌پذیری خاک طی فرآیندهای تخریبی که به طور عمده با فعالیت‌های بشر مرتبط است، ارائه دهد (میرکریمی و همکاران، ۱۳۹۰).

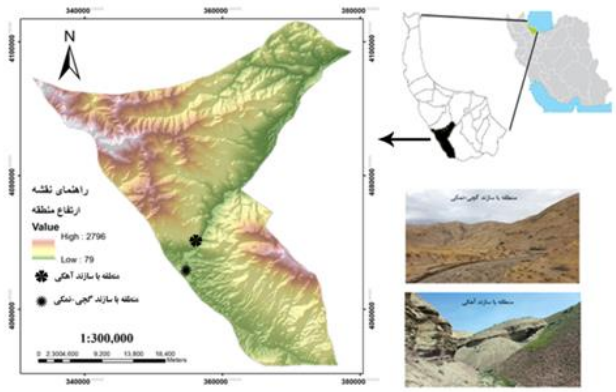
امروزه روش‌های جدید و دقیق‌تری برای تفسیر موارد مشاهده شده در فابریک خاک به‌کار برده می‌شود و اخیراً تلاش‌هایی برای استفاده از مفاهیم فرکتالی برای تفسیر مقاطع نازک میکروسکوپی به عمل آمده است. بسیاری از ویژگی‌های خاک به صورت مستقیم و غیرمستقیم تحت تأثیر توزیع اندازه‌ای ذرات خاک است. بُعد فرکتال شاخص مناسبی برای درک بهتر و بیان چگونگی این ویژگی‌ها با حداقل تعداد مؤلفه‌های مورد نیاز برای تعیین آن است (Filgueira و همکاران ۲۰۰۳).

* ایمیل نویسنده مسئول: rahimimastane65@gmail.com

با توجه به اهمیت حفظ منابع طبیعی و کاهش فرسایش‌پذیری خاک نیاز به مطالعه در این زمینه همواره احساس می‌شود. از آنجایی‌که منافذ خاک و ریزساختارها به طور مستقیم بر ویژگی‌های فیزیکی خاک و به ویژه فرسایش‌پذیری آن تأثیر می‌گذارند و به عبارتی از پارامترهای مهم کیفیت خاک هستند، بنابراین مطالعات در این زمینه ضروری است. مطالعه حاضر بدین منظور در دو سازند گچی-نمکی و آهکی در جنوب استان گیلان انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

این مطالعه در دو لندفرم مجزا در منطقه علی‌آباد و اطراف سد سپیدرود واقع در جنوب استان گیلان انجام گرفت. منطقه مورد مطالعه در دو رأس عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۳۲ دقیقه تا ۳۷ درجه و ۷ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۹ درجه و ۱۱ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۵ دقیقه شرقی واقع شده است (شکل۱). میانگین بارندگی سالیانه منطقه ۲۶۱ میلیمتر و میانگین دما ۱۸/۶ درجه سانتی‌گراد است و این منطقه دارای رژیم رطوبتی اریدیک و رژیم حرارتی ترمیک است (Soil & Water Research Institute ، ۲۰۰۲).



شکل ۱. منطقه مورد مطالعه با دو ماده مادری مختلف

نمونه‌های مقاطع نازک خاک در چهار مرحله خشک و آماده کردن، تلقیح، برش و چسباندن نمونه‌ها روی لام و در نهایت تهیه برش نازک انجام شد. به منظور تلقیح نمونه‌ها از مخلوط رزین پلی‌استر از نوع وستاپل H، استون، سخت‌کننده کبالت اکتات و کاتالیزور سیکلوهگزان پراکساید استفاده شد. سپس مجموعه در دسیکاتور خلأ تحت مکش قرار گرفت. پس از تلقیح و سفت شدن، برای برش و ساییدن نمونه‌ها از دستگاه برش و پودرهای کاربوراکس استفاده شد و در نهایت به ضخامت مطلوب (۳۰ میکرون) رسانده شد. تشریح مقاطع نازک به‌وسیله میکروسکوپ پلاریزان ZISE ، با توجه به دستورالعمل ارائه شده توسط Stoops (۲۰۰۳) صورت گرفت. پس از آماده شدن مقاطع نازک، نمونه‌ها به وسیله میکروسکوپ پلاریزان زیر نور پلاریزه و نور معمولی مورد مشاهده و بررسی کامل قرارگرفت.

از هر مقطع نازک تعدادی عکس با فرمت TIFF توسط دوربین متصل به میکروسکوپ تهیه گردید. برای متمایز کردن منافذ از کانی‌ها از تیغه رنگی لاندا استفاده شد، این تیغه منافذ را به رنگ ارغوانی و کانی‌ها را به رنگ‌های مختلف نمایش می‌دهد. به منظور کاهش خطا کانی‌هایی که رنگ مشابه با منافذ داشت (ارغوانی) شناسایی و همراه با متن خاک با استفاده از نرم‌افزار فتوشاپ به صورت سیاه رنگ‌آمیزی شدند (نوروزی و همکاران، ۱۳۹۰). پردازش این عکس‌ها در نرم افزار ImageJ2 نسخه Fiji صورت پذیرفت (Ferreira و Rasband ، ۲۰۱۲). این عکس‌ها به صورت فرمت ۸ بیتی (مقیاس خاکستری) تبدیل و پس از آستانه‌سازی[1] به صورت یک عکس تحت سیستم دودویی[2] تبدیل شد. در نهایت تعداد و مساحت کل منافذ و درصد فراوانی مساحت و محیط منافذ در چهار کلاس ۵۰-۰/۵، ۵۰۰-۵۰ و ۱۰۰۰-۵۰۰ بیش از ۱۰۰۰ میکرومترمربع و میکرون تعیین شد (Pagliai ، ۱۹۸۳). نمایه بُعد فراکتال هندسی (D) از معادله اندازه- تعداد (Turcotte ،۱۹۸۶) محاسبه گردید (رابطه ۱):

[1]- Threshold
[2]- Binary

$$N_i = c\overline{x}_i^{-D} \quad (۱)$$

در این رابطه X_i همان تعریف معادله قبل را دارد، c یک ثابت می‌باشد و D بُعد فرکتال می‌باشد که از طریق رگرسیون بین $\log N_i$ و $\log Xi$ بدست می آید. مقدار N نیز از داده‌های توزیع اندازه خاکدانه‌های پایدار درآب بدست می‌آید که بعد از الک کردن به صورت زیر محاسبه می‌گردد (رابطه‌های ۲و ۳):

$$N_i = \sum_{i=1}^{n} n_i \quad (۲)$$

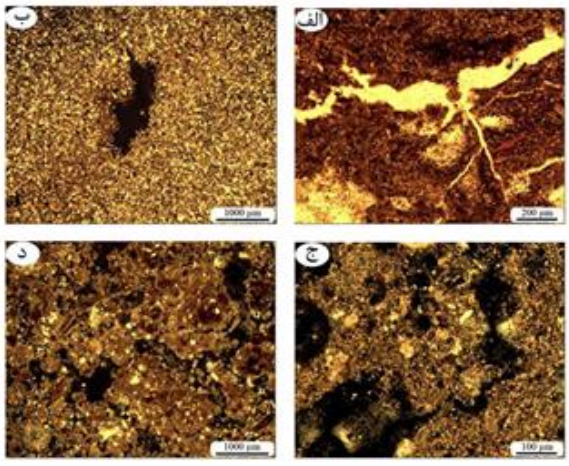
$$n_i = w_i \rho^{-1} \overline{x}_i^{-3} \quad (۳)$$

که n_i، ρ و w_i به ترتیب تعداد خاکدانه‌ها، چگالی ظاهری خاکدانه‌ها و جرم خاکدانه‌های باقیمانده بر روی هر الک می‌باشد.

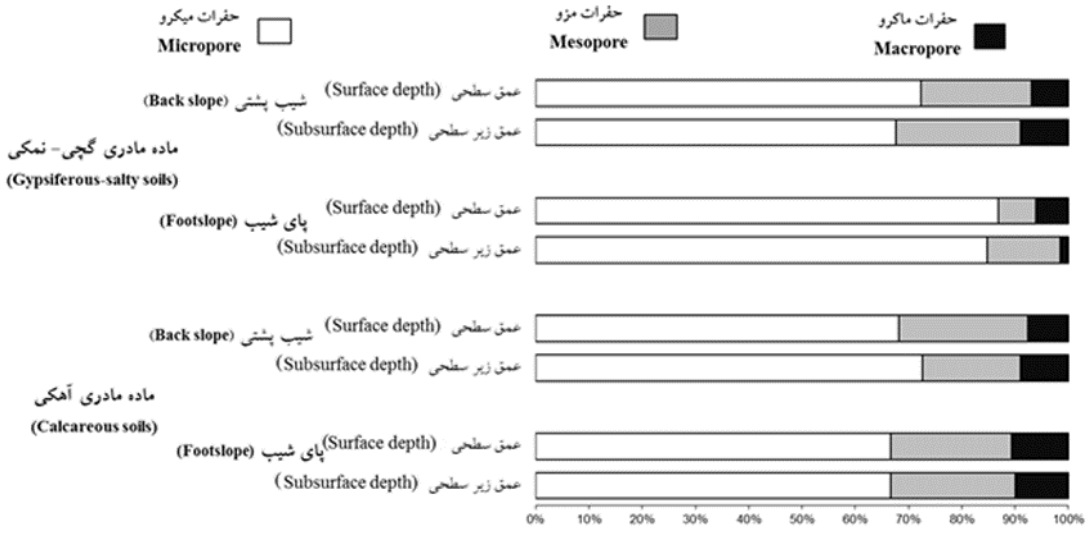
نتایج ویژگی‌های خاک به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام، تجزیه و تحلیل شد. به منظور تجزیه و تحلیل‌های آماری از نرم افزار SAS استفاده شد. برای مقایسه میانگین بین تیمارها از آزمون توکی در سطح احتمال ۰/۰۵ استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج مطالعه میکروسکوپی برای دو سازند مشخص گردید. در سازند گچی_نمکی منافذ خاک عمدتاً از نوع وُگ (Vugh)، کمی کانال و محفظه (Channel,Chamber) و صفحه‌ای (Plane) (شکل۲. الف و ب) و در سازند آهکی منافذ عمدتاً از نوع وُگ، کانال و محفظه و منافذ بسته مرکب (Compound Packing, Void) (شکل۲. ج و د) می‌باشند. کانال و محفظه نیز در سازندهای این منطقه کم و بیش مشاهده می‌شوند اما در سازند آهکی بسیار بیشتر قابل مشاهده هستند که تشکیل بیشتر این منافذ در سازند آهکی را می‌توان به حضور فون خاک و فعالیت جانوران نسبت داد. این محفظه‌ها در انتهای منافذ یا کانال‌های کرم‌خاکی ایجاد می‌شود و یا توسط مورچه‌ها یا موریانه‌ها حاصل می‌شود (Brewer و Sleeman، ۱۹۶۰). وجود منافذ وُگ در این عمق‌ها در اثر تفاوت در هوادیدگی کانی‌ها و یا خروج کامل محصولات ناشی از هوادیدگی توسط آبشویی می‌باشد. از طرفی ذرات رس دارای خاصیت کلوئیدی بوده و قادرند به یکدیگر و به ذرات معدنی بزرگ بچسبند. تجمع رس به همراه اتصال ذرات به یکدیگر موجب تشکیل منافذ وُگ می‌گردد. همچنین منافذ در سازند آهکی گاهی از نوع منافذ بسته مرکب می‌باشد. دلیل تشکیل این منافذ را می‌توان دو عامل ذکر کرد: یکی منشأ فضولات جانوری و دیگری سیستم ترک‌های حاصل از انقباض و انبساط. با توجه به فعالیت جانوری زیاد به‌خصوص در سطح این خاک‌ها، عامل اول منطقی‌تر به‌نظر می‌رسد (Brewer ، ۱۹۶۷). علت تشکیل منافذ صفحه‌ای در سازند گچی-نمکی را می‌توان ناشی از انقباض و انبساط مواد خاکی در طی عمل خشک و مرطوب شدن دانست زیرا عمل انقباض، باعث می‌شود که مواد خاکی، تحت کشش قرار گرفته و در نتیجه با کاهش حجم پلاسما، موجب بروز سیستم درز و شکاف یا منافذ صفحه‌ای شود. هم‌چنین تشکیل منافذ صفحه‌ای را می‌توان به مقدار رس نسبت داد (Brewer ، ۱۹۶۷).

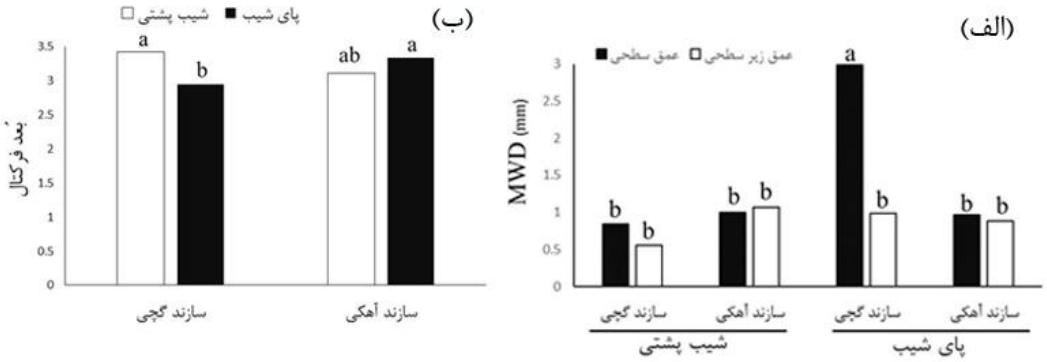


طبق نتایج حاصل شده بیشترین فراوانی منافذ با مساحت ۵۰۰-۵۰ µm (میکروپور) در عمق سطحی پای شیب سازند گچی-نمکی و کمترین آن در شیب پشتی عمق زیرسطحی سازند گچی- نمکی است. بیشترین فراوانی منافذ با مساحت ۱۰۰۰-۵۰۰ µm (مزوپور) در عمق زیرسطحی شیب پشتی سازند گچی-نمکی و کمترین آن در عمق سطحی شیب پشتی سازند گچی- نمکی است. بیشترین فراوانی منافذ با مساحت بیش از ۱۰۰۰µm (ماکرو-پور) در عمق زیرسطحی پای شیب سازند آهکی و کمترین آن در عمق سطحی پای شیب سازند گچی- نمکی است (شکل۳). اندازه منافذ یکی از ویژگی‌های مهم فابریک خاک است. منافذ در اندازه ۵۰-۰/۵ µm، منافذ ذخیره‌ای هستند. منافذ در اندازه ۵۰۰-۵۰ µm از نوع انتقالی هستند و برای رابطه آب، خاک و گیاه مهم است. منافذ در اندازه ۵۰۰-۵۰ µm منافذ انتقالی که هم در رابطه آب، خاک و گیاه مهم است و هم در شرایط ساختمانی خوب برای خاک، منافذ در اندازه ۱۰۰۰-۵۰۰µm منافذی که بر نفوذ ریشه و حرکت آب موثرند و منافذ بیش از ۱۰۰۰µm منافذ زیستی که جانوران خاک نقش مهمی در تشکیل آن‌ها دارد (Pagliai، ۱۹۸۸).



شکل۳. فراوانی منافذ با مساحت میکرو، مزو و ماکرو در در دو ماده مادری مختلف

به‌منظور ارزیابی پایداری خاکدانه‌ها پارامتری با عنوان "میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها" معرفی شده است که به اختصار به صورت MWD بیان می‌شود. هرچه کمیت MWD بزرگتر باشد، پایداری نسبی خاکدانه‌ها نیز بیشتر است (بایبوردی، ۱۳۷۲). نتایج مقایسه میانگین اثرات همزمان نوع سازند، موقعیت شیب و عمق خاک بر تغییرات میانگین وزنی قطر خاکدانه (MWD) نشان داد که بیشترین مقدار میانگین وزنی قطر خاکدانه (MWD) در عمق سطحی سازند گچی-نمکی در پای‌شیب و کمترین مقدار آن در عمق زیرسطحی سازند گچی-نمکی در شیب‌پشتی است (شکل ۴. الف). در بررسی شاخص پایداری خاکدانه‌ها (میانگین وزنی قطری خاکدانه‌ها) مشاهده می‌شود که تفاوت معنی‌داری از نظر آماری بین خاک با سازند گچی-نمکی و خاک با سازند آهکی وجود دارد که این امر به دلیل وجود منافذ ریز بیشتر در سازند گچی- نمکی قابل توجیه است. Yilmaz و Civelekoglu (۲۰۰۹) پس از انجام مطالعاتی در مورد پایداری خاک‌های رسی متورم شونده به این نتیجه رسید که گچ می‌تواند تأثیر بسزایی بر پایداری این نوع خاک‌ها داشته باشد. همچنین نتایج مقایسه میانگین اثرات همزمان نوع سازند و موقعیت شیب بر بُعد فرکتال خاکدانه نشان داد که بیشترین مقدار بُعد فرکتال در شیب پشتی سازند گچی- نمکی و کمترین مقدار آن در پای‌شیب سازند گچی- نمکی است (شکل۴. ب). نمایه‌های فرکتالی که در واقع با نسبت تعداد و اندازه منافذ تعریف می‌شوند (Heilbronner و Barrett, ۲۰۱۴). بُعد فرکتال بافت خاک با افزایش درصد رس و گاهی سیلت خاک به صورت غیرخطی افزایش و با افزایش درصد شن خاک به صورت خطی کاهش می‌یابد (Su و همکاران ۲۰۰۴).



شکل ۴. بررسی تغییرات میانگین وزنی قطر خاکدانه (MWD) در دو ماده مادری مختلف

با توجه به نتایج (جدول۱)، همبستگی منفی و معنی‌داری بین میانگین وزنی قطر خاکدانه (MWD) و میانگین هندسی قطر خاکدانه (GMD) و بُعد فرکتال خاکدانه وجود دارد. همچنین میزان میانگین هندسی قطر خاکدانه (GMD) رابطه منفی و معنی‌داری با بُعد فرکتال خاکدانه دارد. با توجه به بالا بودن مقدار میانگین وزنی قطر خاکدانه (MWD) در سازند گچی- نمکی و همبستگی منفی و معنی‌داری که با میانگین هندسی قطر خاکدانه (GMD) و بُعد فرکتال خاکدانه دارد می‌توان گفت که پایداری خاکدانه‌ها در این سازند بیشتر است.

جدول۱. جدول ضرایب همبستگی بین ویژگی‌های فیزیکی خاک

	رس	سیلت	شن	رس ریز	تخلخل	MWD	GMD	بُعد فرکتال
رس	۱							
سیلت	۰/۸۰۳**	۱						
شن	-۰/۹۶۲**	-۰/۹۳۵**	۱					
رس ریز	۰/۷۹۰**	۰/۶۷۲**	-۰/۷۷۷**	۱				
تخلخل	۰/۲۰۵	۰/۰۸۵	-۰/۱۶۱	۰/۱۰۹	۱			
MWD	۰/۲۳۳	۰/۲۸۵	-۰/۲۶۹	۰/۴۹۸*	۰/۳۶۲	۱		
GMD	۰/۰۳۰	۰/۰۹۹	-۰/۰۶۳	۰/۲۷۶	۰/۳۰۰	۰/۸۸۹**	۱	
بُعد فرکتال	۰/۰۱۲	-۰/۰۲۰	۰/۰۰۲	-۰/۲۷۰	-۰/۱۵۰	-۰/۸۲۳**	-۰/۹۲۶**	۱

* معنی دار در سطح احتمال ۰/۰۵ و ** معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۱ و MWD- میانگین وزنی قطر خاکدانه، GMD- میانگین هندسی قطر خاکدانه

نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه نشان داد که نوع منافذ موجود در خاک متأثر از میزان مساحت کل منافذ و ابعاد فرکتالی آن است. با توجه به نتایج به دست آمده در منطقه مورد مطالعه می‌توان نتیجه گرفت که با بیشتر بودن منافذ ریز (۵۰۰-۱۰۰۰ µm) در سازند گچی- نمکی، میزان مساحت کل منافذ، بُعد فرکتال و پایداری خاکدانه‌ها در این سازند بیشتر بوده و منافذ مشاهده شده در این سازند عمدتاً ووگ و صفحه‌ای می‌باشد. اما به دلیل درشت بودن ذرات (بیش از ۱۰۰۰µm) در سازند آهکی میزان میزان مساحت کل منافذ، بُعد فرکتال و پایداری خاکدانه‌ها در این سازند کمتر بوده و این امر شرایط را برای حضور فون خاک و فعالیت حیوانی در این سازند فراهم کرده است و به همین علت منافذ از نوع کانال و منافذ بسته مرکب در سازند آهکی به وفور دیده شد. به طورکلی تکنیک پردازش تصویر می‌تواند به عنوان فناوری خوبی برای نشان دادن ویژگی‌های شکل منافذ خاک باشد. همچنین با استفاده از نرم افزار فتوشاپ می‌توان پردازش تصویر مقاطع نازک میکروسکوپیک را انجام داده و اطلاعات سودمندی در رابطه با فراوانی

منافذ و طبقه‌بندی آن‌ها ارائه کرد. بنابراین توصیه می‌شود تکنیک پردازش تصویر و نرم افزارهای مرتبط و همچنین شاخص‌های کمی در مطالعات میکرومرفولوژیکی خاک مورد استفاده قرار گیرند.

منابع:

بایبوردی، م (۱۳۷۲)، «خاک: پیدایش و رده‌بندی»، چاپ هفتم، انتشارات دانشگاه تهران. ۶۷۱ صفحه.

فرامرزی، ج.، حافظی مقدس، ن.، گلزاریان، م. و غفوری، م. ۱۳۹۴. برآورد منحنی دانه‌بندی خاکدانه‌ای بر اساس تکنیک پردازش تصویر. نوزدهمین همایش انجمن زمین شناسی ایران و نهمین همایش ملی زمین شناسی دانشگاه پیام نور. آذر ۱۳۹۴.

میرکریمی، م.، خرمالی، ف.، کیانی، ف. و عاکف، م. ۱۳۹۰. مطالعه میکرومورفولوژیک تخلخل افق مالیک خاک‌های مالی‌سولز جنوب گرگان‌رود تحت تأثیر کاربری‌های مختلف اراضی، دانش آب و خاک، ۱۸(۱)، ۱۸۱ - ۱۹۷.

نوروزی، م.، رمضانپور، ح.، ربیعی، ب. و اسدی، ح.۱۳۹۰. استفاده از نرم افزار فتوشاپ جهت پردازش تصویر مقاطع نازک میکروسکوپی. دوازدهمین کنگره علوم خاک ایران، تخریب خاک و مدیریت پایدار اراضی. شهریور ماه ۱۳۹۰. دانشگاه تبریز، تبریز.

Bruneau, P. M., Davidson, D. A., and Grieve, I. C. 2004. An evaluation of image analysis for measuring changes in void space and excremental features on soil thin sections in an upland grassland soil. Geoderma, 120(3), 165-175

Brewer, R. 1976. Fabric and mineral analysis of soils, Robert E. Krieger Pub. Co., New York.

Brewer, R., and Sleeman, J. R. 1960. Soil structure and fabric", European Journal of Soil Science, 11(1), 172-185.

Ferreira T and Rasband, WS. 2012. ImageJ user guide, IJ 1.46r. In: U.S. National Institutes of Health, Bethesda, Maryland, USA.http://rsb.info.nih.gov/ij/.

Filgueira, R. R., Y. A. Pachepsky and L. L. Fornier. 2003. Time-mass scaling in soil texture analysis. Soil Sci. Soc. Am. J. 67: 1703-1706.

Heilbronner, R., and Barrett, S. 2014. Image analysis in earth sciences: microstructures and textures of earth materials. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

Pagliai M, La Marca M, and Lucamate G, 1983. Micromorphometric and micromorphological investigation of a clay loam soil in viticulture under zero and conventional tillage. Journal of Soil Science, 34, 391–403.

Rasa, K., Eickhorst, T., Tippkötter, R., and Yli-Halla, M. 2012. Structure and pore system in differently managed clayey surface soil as described by micromorphology and image analysis. Geoderma. 173, 10-18.

Soil and Water Research Institute. 2002. The map of soils moisture and temperature regimes of Iran. Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Ministry of Agriculture Iran.

Stoops, G. 2003. Guideline for analysis and description of soil and regolith thin sections, SSSA, Madison, WI.

Su, Y. Z., H. L. Zhao, W. Z. Zhao. and T. H. Zhang. 2004. Fractal features of soil particle size distribution and the implication for indicating desertification. Geoderma 122, 43–49.

Yilmaz, I., and Civelekoglu, B. 2009. Gypsum: an additive for stabilization of swelling clay soils. Applied Clay Science, 44(1), 166-172.

16th Iranian Soil Science Congress

University of Zanjan, Iran, August 27-29, 2019

Topic for submission: Novel Technologies in Soil Science

Soil pore types and their relations with total area using image analysis technique in some dry soils in the south of Guilan province

Rahimi Mashkaleh*[1], M., Ramezanpour[2], H., Nourozi, M.[3]

[1] Ph.D Student, Soil Science Department, Faculty of Agriculture University of Zanjan, Iran
[2] Associate Prof., Soil Science Department, Faculty of Agriculture University of Guilan, Iran
[3] Former Ph.D student, Soil Science Department, Faculty of Agriculture University of Tabriz, Iran

Abstract

Image analysis is one of the most popular and useful sciences in engineering techniques, and extensive researches and studies have been carried out in this field for a long time and abundant progress has been made. For this purpose, this research was carried out to study the soil pores and its relation with fractal dimensions and using image processing technique in two different formations in south of Guilan province. Soil sampling from two gypsiferous-salty and calcareous formations, with three replications under two slope positions (back slope and foot slope) and surface (20-0 cm) and subsoil (40-20 cm) depths was performed. Results showed that due to the large number of small pores (500-1000 µm) in the gypsiferous-salty formation, the total area of the pores, fractal dimension and the stability of aggregates in these formations are higher and the observed pores in this formation are mainly vugh and platy. Due to the coarseness of the pores (more than 1000 µm) in calcareous formations, the number of pores total area, the fractal dimension of the aggregate and the stability of the aggregates in this formation is less, and this status has provided conditions for the presence of soil fauna and animal activity in this formation. For this reason, chambers and compound packing voids pores were abundantly found in calcareous formations.

Keywords: Aggregate fractal dimension, Image analysis, Macro-pores, Thin section

* Corresponding author, Email: rahimimastane65@gmail.com

شانزدهمین کنگره علوم خاک ایران

دانشگاه زنجان، ۵ تا ۷ شهریور ۱۳۹۸

محور مقاله: فناوری‌های نوین در علوم خاک

استفاده از تکنیک پردازش تصاویر رقومی برای تعیین بافت خاک

حسین پندی[۱*]، عباس شعبانی روفچائی[۱]، میلاد امینی[۱]، ریحانه شوکتی مرزدشتی[۱]

[۱] دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه گیلان

چکیده

بافت خاک، بیان‌گر خصوصیات فیزیکی خاک است و هر کدام از روش‌های اندازه‌گیری آن دارای حسن و محدودیت‌هایی است. روش پردازش تصاویر رقومی، روشی نوین و غیرمستقیم برای تعیین خصوصیات در خاک‌های مختلف به‌شمار می‌رود. این پژوهش با استفاده از ارزیابی میزان درصد اجزای تشکیل دهنده نمونه‌های خاک (رس، سیلت و شن) با آنالیز مجموع کدهای رنگی (R+G+B) تصاویر اسکن شده خاک توسط اسکنر (HP سری F2400) و استخراج کدهای رنگی تصاویر خاک‌های مورد مطالعه با استفاده از نرم افزار متلب در استان گیلان انجام گردید. در این تحقیق، ضریب تشخیص اجزای رس، سیلت و شن به ترتیب برابر ۰/۵۶، ۰/۶۲ و ۰/۶۹ به دست آمد. با کاهش فراوانی ذرات رس و سیلت و افزایش مقدار شن خاک، مجموع کدهای رنگی (R+G+B) کاهش پیدا کرده و از طرفی با افزایش اندازه ذرات تشکیل دهنده خاک، مجموع کدهای رنگی (R+G+B) تصویر خاک کاهش می‌یابند. با توجه به اینکه تعیین بافت خاک به مواد و تجهیزات آزمایشگاهی نیازمند است و از طرفی هزینه و زمان زیادی را می‌طلبد، می‌توان با استفاده از روش پردازش تصویر در تعیین بافت خاک، با دقت قابل قبولی اظهار نظر نمود.

کلمات کلیدی: کلاس بافت خاک، رنگ خاک، ماتریس سه بعدی، داده پردازی تصاویر

مقدمه

رنگ خاک واضح‌ترین مشخصه خاک و معیاری از ترکیب خاک است، که به آسانی قابل اندازه‌گیری می‌باشد. رنگ خاک به این دلیل دارای اهمیت است که می‌توان با استفاده از آن، خواص مهم دیگری در خاک را پی برد. خاک‌ها بر اساس میزان، نوع و نحوه توزیع مواد آلی، رطوبت، آبشویی، زهکشی خاک، موقعیت‌های توپوگرافی مختلف، تهویه، بافت خاک، اقلیم، مواد مادری، عناصر موجود در خاک، عمل احیا، اکسید و هیدراته شدن آهن، دارای رنگ‌های متفاوتی هستند (foth، ۱۹۹۰). دانشمندان خاک، رنگ و بافت خاک را در طبقه بندی خاک‌رخ و تعیین تناسب خاک‌ها برای طرح‌های کشاورزی و زیست محیطی مورد استفاده قرار می‌دهند. نخستین مولفه ظاهری که در مورد خاک اطلاع می‌یابیم، رنگ آن است. رنگ خاک اثرات کمی بر رفتار و استفاده از خاک دارد، ولی می‌توان از این خصوصیت خاک در رابطه با خصوصیات دیگر خاک اظهار نظر کرد. به‌علاوه بافت خاک در صحرا دچار تغییر نمی‌شود، بنابراین به‌عنوان یک خصوصیت اساسی مورد ملاحظه قرار می‌گیرد (Brady و Weil، ۲۰۰۸). علم پردازش تصویر، از علوم پرکاربرد و مفید در فنون مهندسی می‌باشد و از دیرباز مطالعات و پژوهش‌های گسترده‌ای در این زمینه صورت گرفته و پیشرفت‌های فراوانی حاصل گردیده است. سرعت گسترش این پیشرفت‌ها به حدی بوده است که هم اکنون و پس از گذشت مدت زمان کوتاه، می‌توان تأثیر کاربرد پردازش تصویر را در بسیاری از علوم و صنایع به وضوح مشاهده نمود (فرامرزی و همکاران، ۱۳۹۴). علم پردازش تصویر به صورت جامع و تخصصی در دنیای امروزی، روز به روز نقش اساسی و مهم‌تری در علوم و صنایع پیدا می‌کند. مسئله بزرگ داده‌های تصویری و تلاش جهت حذف نویز و اختلالات تصویری نظیر پارامترهای حاصل از منابع نوری نامناسب، عدم تناسب ترکیب رنگ‌ها و عوامل متعدد دیگر در تصاویر دریافتی از موضوعات بسیار مهم در کار با تصاویر و پردازش آن‌ها می‌باشد (María و همکاران ۲۰۱۳). همچنین لازم به ذکر است که در کشورهای در حال توسعه همچون ایران، کمبود تجهیزات و تکنیک‌های مدرن اندازه‌گیری و نمونه‌برداری در سطح وسیع، نتایج حاصل از تحلیل‌های آزمایشگاهی را با خطا مواجه خواهند نمود. محدودیت‌های مذکور، محققین را به سمت استفاده از روش‌های اتوماتیک استخراج اطلاعات از تصاویر سوق داده است. همانطور که عنوان گردید، استفاده از داده پردازی تصویر جهت کسب اطلاعات مورد نظر در بسیاری از علوم و رشته‌ها مانند علوم خاک و زمین شناسی برای استخراج و مطالعه بافت خاک کاربرد فراوانی دارد (Horgan، ۱۹۹۸). کامپیوتر و روش‌های پردازش و آنالیز تصاویر باعث آسان‌تر شدن اندازه‌گیری ویژگی‌های خاک شده است (McEwa و همکاران ۲۰۰۰) و پردازش تصاویر، از روش‌های غیرمخرب داده کاوی است (Aglave و همکاران ۲۰۱۲). برای تشخیص و مقایسه رنگ خاک، می‌توان

* ایمیل نویسنده مسئول: Olomekhak91@yahoo.com

از روش پردازش تصویر (Image Processing) استفاده کرد. در این روش، سطح خاک اسکن شده و تصویر تهیه شده توسط اسکنر با استفاده از نرم افزار متلب (MATLAB) که قابلیت داده کاوی تصویر را دارد، تجزیه رنگ می‌گردد. رنگ‌های اجسام از ترکیب سه رنگ اصلی قرمز، سبز و آبی تشکیل شده است که به کدهای رنگی (RGB) معروف است (خادمی و جعفری، ۱۳۹۲). پردازش تصویر رقومی، دانش جدیدی است که سابقه آن به پس از اختراع رایانه‌های رقومی باز می‌گردد. با این حال این علم نوپا در چند دهه اخیر از هر دو جنبه نظری و عملی پیشرفت‌های چشم‌گیری داشته است. در پردازش تصاویر رقومی، معمولا از شیوه‌هایی که به شکل الگوریتم بیان می‌شود استفاده می‌گردد. بنابراین غیر از تصویربرداری و نمایش تصویر، می‌توان اغلب عملیات داده کاوی تصویر را با نرم افزار اجرا نمود. تنها علت استفاده از سخت افزار ویژه پردازش تصویر، نیاز به سرعت بالا در بعضی کاربردها و یا غلبه بر بعضی محدودیت‌های اساسی رایانه است. بنابراین سامانه‌های پردازش تصویر امروزی، ترکیبی از رایانه‌های متداول و سخت افزارهای ویژه پردازش تصویر است که کار همه آن‌ها به وسیله نرم افزار در حال اجرا روی رایانه اصلی هدایت می‌گردد. (Gonzalez و Woods، ۲۰۱۸). در پژوهشی Prado و همکاران (۲۰۰۹)، وضعیت دانه‌بندی و بافت خاک را با روش پردازش تصاویر با عکس‌های تهیه شده مورد ارزیابی قرار دادند، که نتایج مطالعه آن‌ها نشان از کارایی این روش دارد. در مطالعه نظرزاده اوغاز و همکاران (۱۳۹۲)، ضریب همبستگی بین درصد رس خاک با مجموع کدهای رنگی RGB در حد ۷۴ درصد برقرار است و می‌توان این روش را معیار مناسبی تحت شرایط خاص برای سنجش بافت خاک دانست. نتایج تحقیقات فرامرزی و همکاران (۱۳۹۴) نشان داد که تکنیک داده پردازی تصویر با دقت قابل قبولی توانسته دانه‌های موجود خاک در تصاویر را شناسایی و ارزیابی نماید. گزارش‌ها نشان داد می‌توان از سیستم آنالیز تصویر به عنوان جایگزین مناسبی برای روش‌های مبتنی بر اندازه ذرات خاک استفاده نمود (Sandri و همکاران ۱۹۹۸). روش‌های آزمایشگاهی تعیین بافت خاک، دارای محدودیت‌هایی از قبیل نبود تجهیزات و مواد آزمایشگاهی و هزینه تامین آن است. بنابراین هدف از این مطالعه، استفاده و ارزیابی یک روش برای تعیین بافت خاک است، که با استفاده از پردازش تصاویر اسکن شده از خاک و رنگ خاک به عنوان یکی از مولفه‌های فطری و ظاهری خاک، بافت خاک تعیین می‌شود.

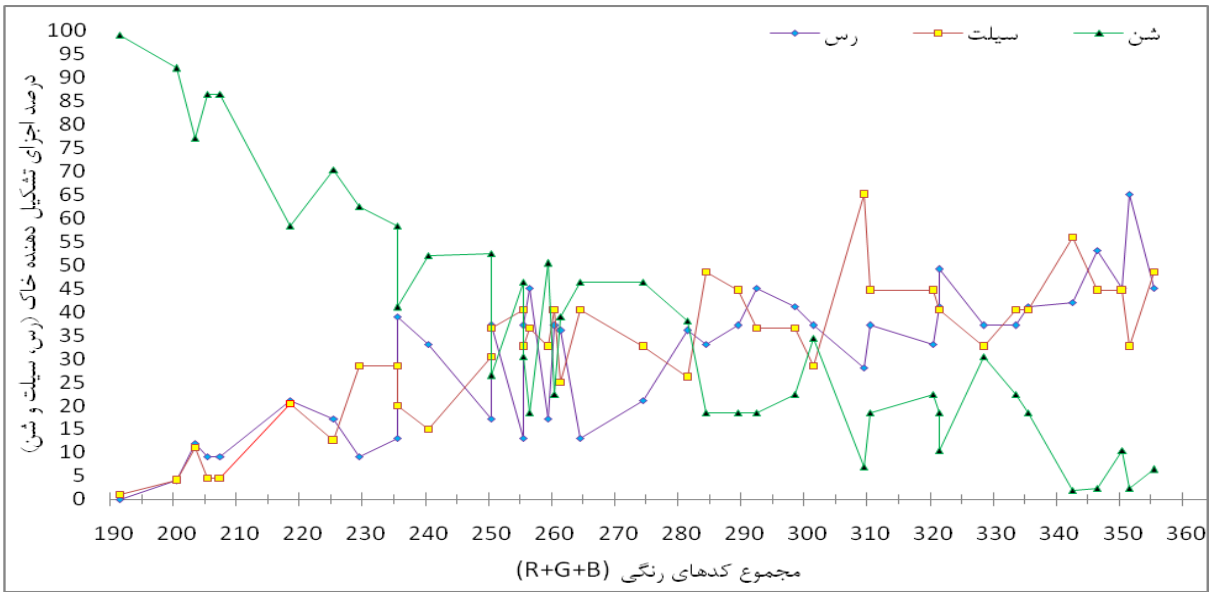
مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال ۱۳۹۷ در استان گیلان که در طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۳۴ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۴۸ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۳۳ دقیقه تا ۳۸ درجه و ۲۷ دقیقه شمالی که در شمال کشور ایران واقع شده است اجرا گردید. تعداد ۴۰ نمونه دست‌خورده خاک از عمق صفر تا ۱۰ سانتی‌متری با بافت‌های مختلف (تشخیص به روش لمسی) از سراسر استان نمونه‌برداری شد. بافت و درصد اجزای تشکیل دهنده این نمونه‌های خاک (رس، سیلت و شن) پس از خشک شدن و غربال شدن با الک ۲ میلی‌متر، به روش هیدرومتر (Gee و Bauder، ۱۹۸۶) در آزمایشگاه فیزیک خاک دانشگاه گیلان تعیین شد. این نمونه‌های خاک برای تعیین کدهای رنگی RGB، در قالب ۵×۵ سانتی‌متری ریخته شده و توسط اسکنر (HP سری F2400) با رزولوشن خوب (600dpi) و جهت تفکیک بهتر رنگ تصاویر، با روشنایی ۲۰ و کنتراست ۳۰ تصویربرداری شدند، که نمای کلی مراحل مذکور در شکل ۱ آورده شده است. پردازش تصاویر و استخراج مجموع کدهای رنگی RGB توسط نرم‌افزار متلب (ورژن R2019a) و رسم نمودارها با نرم افزار Excel نسخه ۲۰۱۶ انجام گردید.

شکل ۱. نمای کلی از مراحل تعیین بافت و تصویربرداری با اسکنر از نمونه‌های خاک

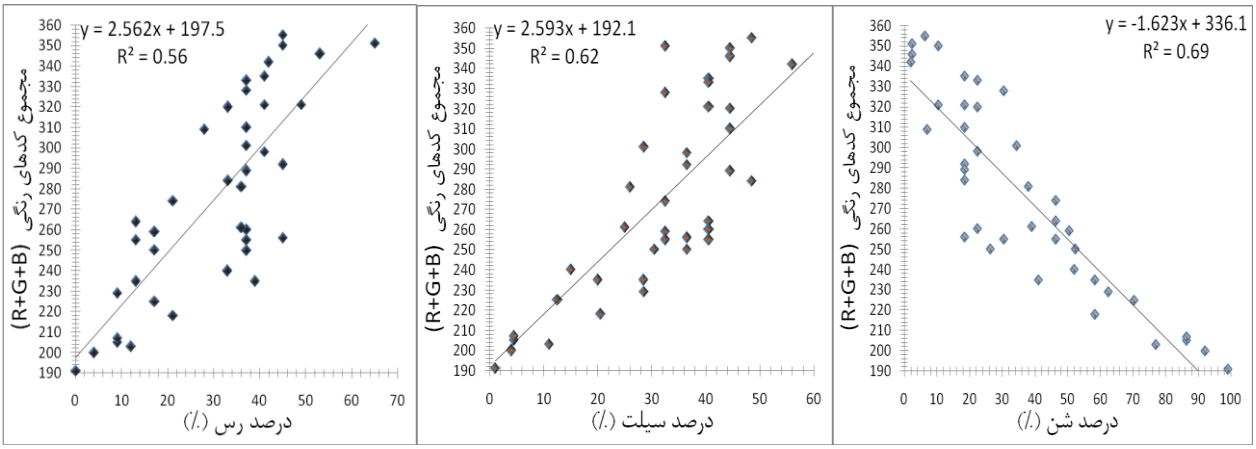
نتایج و بحث

مجموع کدهای رنگی (R+G+B) تصاویر اخذ شده در نسبت‌های مختلف بافتی خاک (رس، سیلت و شن) در شکل ۲ آورده شده است. برای کار کردن با تصاویر دیجیتال در نرم افزار های کامپیوتری، تصویر مورد نظر به یک ماتریس سه بعدی از اعداد تبدیل می‌شوند که هر کدام از کدهای رنگی بر اساس نوع رنگ از صفر برای رنگ سیاه تا ۲۵۵ برای رنگ سفید تقسیم بندی می‌شوند. در نمونه‌های خاک مورد پژوهش، با افزایش درصد رس و سیلت خاک، مجموع کدهای رنگی (R+G+B) افزایش پیدا می‌کنند، این در حالی است که با افزایش میزان شن نمونه‌های خاک، این کدهای رنگی کاهش می‌یابند. هر چه خاک تیره‌تر باشد، مجموع کدهای رنگی تصاویر کاهش می‌یابند و از آنجایی که خاک‌های دارای شن دارای رنگ تیره‌تر نسبت به خاک‌های رس و سیلت می‌باشند، با افزایش مقدار شن خاک و اندازه ذرات خاک، مجموع کدهای رنگی (R+G+B) نیز کاهش می‌یابند. هر چه نسبت ذرات تشکیل دهنده خاک به‌خصوص در بافت‌های میانی مثلث بافت خاک برابر باشند، تفکیک اجزای تشکیل دهنده خاک سخت‌تر شده و این خاک‌ها از خود رفتارهای غیرقابل پیش‌بینی در ارائه مجموع کدهای رنگی نشان می‌دهند که این موضوع در اواسط نمودار تصاویر خاک‌های مورد مطالعه قابل مشاهده است. هر چند در بعضی از قسمت‌های شکل ۲، با افزایش و کاهش کدهای رنگی نسبت به درصد اجزای تشکیل دهنده خاک، حالت سینوسی پیدا می‌کنند و از قاعده مذکور سرپیچی می‌کنند، لیکن در نمای کلی، مجموع کدهای رنگی (R+G+B) در نسبت‌های مختلف اجزای تشکیل دهنده خاک دارای سیر کاهشی و افزایشی تقریبا یکسانی نیز می‌باشند.



شکل ۲. نمودار مجموع کدهای رنگی (R+G+B) تصاویر خاک‌های مورد مطالعه در نسبت‌های مختلف اجزای تشکیل دهنده خاک

نمودار مدل‌های رگرسیونی مجموع کدهای رنگی (R+G+B) تصاویر اسکن شده نمونه‌های خاک مورد مطالعه در فراوانی‌های گوناگون رس، سیلت و شن در شکل ۳ آورده شده است. ضریب تشخیص متغیرها (مجموع کدهای رنگی نسبت به درصد اجزای تشکیل دهنده خاک) نشان از هم‌قوارگی بیشتر جز شن (R=0.69) نسبت به اجزای رس و سیلت دارد، لذا می‌توان اذعان کرد که مدل‌های رگرسیونی ارائه شده در شکل ۳، دارای برازش خوبی بوده‌اند، که در این مدل‌سازی به ترتیب شن، سیلت و رس دارای بهترین برازش در بین اجزای تشکیل دهنده خاک بوده‌اند. زمانی که جزء شن تشکیل دهنده خاک نسبت به سایر اجزای خاک (رس و سیلت) بیش‌تر باشد و در واقع خاک دارای بافت سبک‌تری باشد، استفاده از تعیین بافت خاک به روش پردازش تصاویر خاک قابل اطمینان‌تر خواهد شد. هر چند که ضریب تعیین مدل‌های ارائه شده در این مطالعه دارای مقادیر بسیار بالایی نیستند، لیکن می‌توان از این معادلات ارائه شده تحت شرایط خاص و کمبودهایی که امکان بروز آن در تعیین بافت خاک آزمایشگاهی وجود دارد با دقت قابل قبولی استفاده کرد.



شکل ۳. ارزیابی مجموع کدهای رنگی (R+G+B) تصاویر اسکن شده در فراوانی‌های مختلف رس، سیلت و شن نمونه‌های خاک مورد مطالعه

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان از پیش‌بینی خوب درصد اجزای تشکیل دهنده نمونه‌های خاک با استفاده از کدهای رنگی (R+G+B) پیکسل‌های تصاویر خاک دارد، که جزء شن خاک، بیش‌ترین ضریب تشخیص در بین اجزای تشکیل دهنده خاک را دارا می‌باشد. ارزیابی رگرسیونی خطی نشان‌هنده این بود که با افزایش فراوانی ذرات رس و سیلت و کاهش جزء شن خاک، مجموع کدهای رنگی (R+G+B) افزایش پیدا می‌کنند. با توجه به نوظهور بودن روش داده کاوی تصاویر در علم خاک‌شناسی، تحقیقات بیش‌تری در این زمینه نیاز است، لیکن با توجه به نتایج ذکر شده، روش پردازش تصاویر برای تعیین بافت خاک دارای دقت خوبی است، که به خصوص در صورت نبود مواد و تجهیزات آزمایشگاهی، صرفه‌جویی در زمان و غیره، می‌توان از آن بهره برد.

منابع

خادمی، م. و جعفری، د. ۱۳۹۲. پردازش تصویر رقمی. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، چاپ ششم، ۸۳۲ صفحه.

فرامرزی، ج.، حافظی مقدس، ن.، گلزاریان، م.ر. و غفوری، م. ۱۳۹۴. برآورد منحنی دانه‌بندی خاک دانه‌ای بر اساس تکنیک پردازش تصویر. نوزدهمین همایش انجمن زمین شناسی ایران و نهمین همایش ملی زمین شناسی، دانشگاه پیام نور تهران.

نظرزاده اوغاز، ص.، نوری حسینی، س.م. و نظرزاده اوغاز، ا. ۱۳۹۰. بکارگیری روش پردازش تصویر جهت تعیین میزان ماده آلی خاک. اولین کنگره ملی علوم و فناوری‌های نوین کشاورزی (محور خاک‌شناسی)، دانشگاه زنجان.

Aglave, V.A., Patil, S.B. and Sambre, N.B. 2012. Imaging technique to measure leaf area, disease severity and chlorophyll content. Computing Technologies, 3, 191-208.

Brady, N.C. and Weil, R.R. 2008. The nature and properties of soils (14th edition). Prentice Hall, New Jersey, United States of America.

Foth, H.D., 1990. Fundamentals of soil science (8th edition). Soil Science, 360 pages.

Gee, G.W. and Bauder, J.W. 1986. Particle size analysis, In: Klute, Methods of soil analysis (Part 1), Physical and mineralogical methods. Madison Wisconsin, 404–408.

Gonzalez, R.C. and Woods, R.E. 2018. Digital Image Processing (4th edition). Pearson Education, 1168 pages.

Horgan, G. 1998. Wavelets for SAR image smoothing. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 64, 1171-1178.

María, J., Parez, M. and Pascau, J. 2013. Image Processing with ImageJ. Community experience distilled, 140 pages.

McEwan, I.K., Sheen, T.M., Cnningham, G.J. and Allen, A.R. 2000. Estimating the size composition of sediment surfaces through image analysis, Proceedings of the Institute of Civil. Water and Maritime Engineering, 142, 189-195.

Prado, B., Duwig, C., Marquez, J., Delmas, P., Morales, P., James, J. and Etchevers, J. 2009. Image processing based study of soil porosity and its effect on water movement through Andosol intact columns. Agricultural Water Management, 96, 1377-1386.

Sandri, R,. Anken, T., Hilfiker, T., Sartori, L. and Bollhalder., H. 1998. Comparison of methods for determining cloddiness in seedbed preparation. Soil and Tillage Research, 45, 75-90.

16th Iranian Soil Science Congress

University of Zanjan, Iran, August 27-29, 2019

Topic for submission: Novel Technologies in Soil Science

Using the digital images processing technique to determine of the soil texture

Pandi[*1], H., Shabani Rofchaei[1], A., Amini[1], M. Shokati Marzdashti[1], R.

[1] M. Sc. Student, Soil Science Department, Faculty of Agriculture University of Guilan, Iran

Abstract

Soil texture expresses physical properties of soil and each of its measurement methods has some goodness and limitations. The digital image processing method is a novel and indirect method for determining the properties of different soils. This research was carried out by evaluating the percentage of soil components (clay, silt and sand) by analyzing total color codes (R+G+B) of scanned images of soil by scanner (HP series F2400) and extracting color codes for soil images by using MATLAB software in Guilan province. In this research, the coefficient of detection of clay, silt and sand components was 0.56, 0.62 and 0.69, respectively. By reducing the frequency of clay and silt particles and increasing the amount of sand in the soil, the total color codes (R+G+B) decreased and on the other hand, by increasing the size of the particles forming the soil, the total color codes (R+G+B) decrease the soil image. considering that determining of soil texture is required for materials and laboratory equipment, on the other hand, it requires a lot of cost and time, we can use the image processing method in determining soil texture with acceptable accuracy.

Keywords: Soil texture class, Soil color, Three dimensional matrix, Image processing

[*] Corresponding author, Email: Olomekhak91@yahoo.com

شانزدهمین کنگره علوم خاک ایران

دانشگاه زنجان، ۵ تا ۷ شهریور ۱۳۹۸

محور مقاله: شیمی آب

اثر دما، غلظت محلول و نانو رس مونت موریلونیت درجذب سولفات از آب

بهناز طاهری نیا*[۱]،شهریار مهدوی[۲]، امیر حسین سیاح زاده[۳]

[۱] دانشجوی کارشناسی ارشد منابع آب، گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ملایر، ایران.

[۲]دانشیار گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ملایر، ایران.

[۳] استادیار گروه عمران ، دانشکده عمران و معماری، دانشگاه ملایر، ایران.

چکیده

سولفات یک آنیون با غلظت قابل توجهدر آب‌های طبیعی است که عمدتا از فرآیندهای هوادیدگی شیمیایی مواد معدنی حاوی سولفور و اکسیداسیون سولفید بدست می آید. لذا در این پژوهش حذف یون سولفات توسط نانو رس مونت‌موریلونیت از آب و تعیین اثرpHو دما برای تعیین شرایط بهینه به منظور کنترل غلظت سولفات مورد بررسی قرار گرفت. سپس ایزوترم های جذب سولفات مورد بررسی قرار گرفت.نتایج نشان داد که جذبسولفات در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد برابر با ۳/۵۴ میلی‌گرم بر گرم (۳۵/۴ درصد) بیش‌ترین مقدار بود. همچنین بر اساس داده های ترمودینامیکی واکنش جذب خود به خودی بود. در بررسی اثرغلظت بیش‌ترین مقدار حذف در غلظت ۱ گرم در لیتر برابر ۴/۷۴ میلی‌گرم بر گرم یا ۲۳/۷ درصد حذف و کمترین مقدار حذف برابر ۰/۹۳ میلی‌گرم بر گرم یا ۲۳/۴ درصد در غلظت ۵ گرم در لیتر بدست آمد.با توجه به نتایج بدست آمده در این تحقیق حذف سولفات با استفاده از نانو رس مونت‌موریلونیت با مدل لانگ‌مویر با ضریب تبیین(R^2=۰/۹۶) بهترینبرازش را داشت که نشان‌دهنده سطوح جذبی همگن ویک لایهبود. همچنین بیشینه جذب نانو رس مونت‌موریلونیت ۹/۷ میلی‌گرم بر گرم($SO_4^=$-S) برآورد گردید که این نتایج نشان‌دهنده مؤثر بودن نانو رس مونت‌موریلونیت در حذف سولفات از آب بود.

کلمات کلیدی: سولفات، ایزوترم، آنتالپی، آنتروپی، جذب سطحی.

مقدمه

یون سولفات ترکیبی از سولفور و اکسیژن بوده و به‌عنوان بخشی از مواد معدنی طبیعی، در ترکیبات بعضی از خاک‌ها و سنگ‌ها یافت می‌شود (Pubchem, 2017). منبع طبیعی سولفات از فعالیت‌های انسانی عمدتاً شامل فاضلاب صنایع کاغذ سازی، نساجی، کودهای شیمیایی، پلاستیک‌سازی و استخراج زغال سنگ از معدن است (Taita et al., 2009).همچنین سولفات همانند سایر مواد معدنی دیگر می‌تواند باعث بروز لایه‌های فلس مانند در دستگاه‌های صنعتی و لوله‌های انتقال آب شود. کاهش قدرت پاک کنندگی شوینده‌ها، کاهش کیفیت رنگ و ایجاد لک بر روی محصول یا لباس از دیگر معضلات ناشی از غلظت بالای این ماده در آب مورد استفاده است (Iakovleva et al., 2015). امروزه تأمین آب پاک با کیفیت مطلوب یکی از مشکلات اصلی بشر است (Yousue. 2001).وجود غلظت بالای سولفات یون در برخی از پساب‌های صنعتی و شهری، استفاده مجدد از پساب را با مشکل مواجه می‌سازد. در غلظت بالا، اثر ملین سولفات در انسان باعث ابتلا به اسهال اسمزی می‌شود (Stepnow et al., 2002).بررسیها به منظور حذف سولفات از راه جذب سطحی به ویژه با استفاده از نانو ذرات بسیار اندک است. هونگ و همکاران (۲۰۱۷) با استفاده از کربن فعال اصلاح شده اقدام به حذف سولفات کردند. ظرفیت جذب برحسب گوگرد ۱۴/۷ میلی گرم بر گرم بدست آمد (Hong. 2017) .لذا این تحقیق به منظور بررسی امکان حذف سولفات از آب با مطالعه فاکتور های موثر در حذف سولفات شامل اثر دما وpHو ایزوترم های جذب با نانو رس مونت موریلونیت انجام شد.

مواد و روش‌ها

جاذب نانو رس مونت‌موریلونیت از شرکت-ALDRICE Sigmaخریداری شد. مونت‌موریلونیت به‌دلیلپتانسیل بالای جذب آب و در نتیجه انجام عمل تعویض یونی می‌تواند کاتیون‌های آلی (مانند آفت‌کش‌ها، رنگبری، مواد فعال سطحی، فنولها، شوینده‌ها) و کاتیون‌های غیر آلی مانند فلزات سنگین (CO^{2+}، Ag^{+}، Cu^{2+}، Ni^{2+})را جذب کند و در مقایسه با سایر جاذب ها مانند کوارتز، کربنات‌کلسیم، کائولینت و ایلیت این عمل را بهتر انجام می‌دهد (Krishna et al., 2008).

۱) بررسی اثر دما برروی میزان جذب:

مقدار ۰/۰۲۵ از نانو رس مونت‌موریلونیت وزن شد، مقدار ۱۲/۵ سی‌سی از محلول ۲۰میلی گرم بر لیترسولفات با پ‌هاش اصلی محلول به آن اضافه شد و به مدت ۱۸۰ دقیقه در دامنه دمایی ۱۵ تا ۴۵ درجه سانتی‌گراد در حالت تعادل قرار گرفت و غلظت سولفات تعادلی اندازه‌گیری شد(Jones, 2017). برای بررسی ماهیت جذب از معادلات ترمودینامیکی زیر استفاده می‌شود.

$$°G\Delta = -dknLTR \qquad (۱)$$

$$\Delta G° = \Delta H° - T\Delta S° \qquad (۲)$$

R:ثابت گازها و برابر ۸/۳۱۱ (ژول بر مول در درجه کلوین)،T: دما بر حسب کلوین، Kd: ضریب توزیع (لیتر بر گرم) که وابسته به غلظت است،$\Delta G°$: انرژی آزاد گیپس (کیلوژول بر مول) می‌باشد. اگر در این معادله$\Delta G°$ منفی باشد واکنش خودبه‌خودی است.$\Delta S°$: (ژول بر مول در

کلوین) برابر با تغییرات آنتروپی و مثبت بودن آن نشان از افزایش بی‌نظمی است.. و$\Delta H°$(کیلوژول بر مول) برابر با تغییرات آنتالپی می‌باشند و منفی بودن این پارامتر نشان از گرمازا بودن واکنش است(Azari et al., 2014).

۲) اثر غلظت جاذب بر حذف سولفات:

مقادیر مشخصی از نانو رس مونت‌موریلونیت که شامل ۱ تا ۵ گرم بر لیتر است و با استفاده از حجم ۱۲/۵ سی‌سی از محلول ۲۰ میلی-گرم در لیتر گوگرد ($So_4^{=}$-S) با پ‌هاش اصلی محلول به آن اضافه شد. بعد از ۱۸۰ دقیقه تعادل در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و شیک، غلظت سولفات باقیمانده در آن مورد به روش رسوب سنجی و با استفاده از سولفات باریماندازه گیری شد(Jones, 2017)و مقدار بهینه جاذب مشخص شد.

ایزوترمجذب:

بعد از انجام آزمایشات بهینه‌سازی جذب بر اساس pH بهینه و دما، مقدار ۰/۰۱۲۵ گرم از جاذب مونت‌موریلونیت وزن شد سپس مقدار مشخصی از محلول با غلظت‌های مشخص ۰ تا ۲۵ میلی‌گرم در لیتر گوگرد (۰، ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵) باpH=۳ به آن اضافه شد و در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و زمان تعادل۹۰min قرار گرفت و بعد غلظت سولفات تعادلی اندازه گیری و مقدار جذب محاسبه شد. در این مطالعه از دو مدل فروندلیچ و لانگ‌مویر برای توصیف داده‌های جذب استفاده شد که به صورت زیر می‌باشد:

شکل خطی معادله لانگ‌مویر در فرمول شماره ۳ ارائه شده است:

$$\frac{C_e}{q_e} = \left[\frac{1}{K_1 q_m}\right] + \frac{C_e}{q_m} \qquad (۳)$$

که در آن C_eغلظت تعادلی ماده حل‌شونده در محلول بر حسب میلی‌گرم در لیتر، q_eماده جذب شونده بر حسب میلی‌گرم در گرم جاذب و k_l نشان دهنده ثابت لانگ‌مویر بر حسب لیتر بر گرم است(Mahdavi et al., 2012).

$$\log q_e = \log k_f + \frac{1}{n}\log C_e \qquad (۴)$$

مدل لانگ‌مویر در جذب همگن استفاده می‌شود، بنابراین هر یک از مولکول‌ها برای جذب به انرژی فعال‌سازی نیاز دارند. معادله فروندلیچ یک مدل جذب سطحی تجربی می‌باشد. شکل خطی معادله فروندلیچ در فرمول معادله ۴ ارائه شده است، که در آن C_eو q_e همانند معادله لانگ-مویر و n و k_f ثابت‌های فروندلیچ می‌باشند(Mahdavi et al., 2012). در مدل فروندلیچ فرض بر جذب چند لایه، با توزیع غیر یکنواخت جذب گرما و جذب بر روی سطوح ناهمگن است.

بحث و نتایج:

اثر دما برجذب سولفات توسط نانو رس مونت‌موریلونیت در شکل (۱) مشاهده می‌شود. مقدار جذب سولفات در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد بیش‌ترین مقدار وبرابر با ۳/۵۴ میلی‌گرم بر گرم و یا ۳۵/۴ درصد بدست آمد. همچنین با مطالعه‌های ترمودینامیکی که در حذف سولفات توسط نانو رس مونت‌موریلونیت در دماهای مختلف (۱۵ تا ۴۵) درجه سانتی‌گراد انجام شد نتایج نشان دادمیزان انرژی آزاد گیپس منفی بود لذا واکنش برای انجام به انرژی نیاز نداشت و واکنش خودبه‌خودی بود. همچنین تغییرات آنتالپی که عرض از مبدأ رابطه ۲ میباشد نشان دهنده این بودکه واکنش جذب گرمازا است.

شیب نمودار حاصل از رابطه ۲ تغییرات آنتروپی را نشان می‌دهد. تغییرات آنتروپی منفی بود که گواه بر این است که این واکنش دارای حداکثر بی‌نظمی نبود. میزان ΔH° و ΔS° به ترتیب برابر ۱۶۱۱۷- ژول بر مول و ۱۲/۰۸- کیلو ژول بر مول بر کلوین می‌باشد که در جدول ۱ مشخص شده‌اند (جدول ۱).

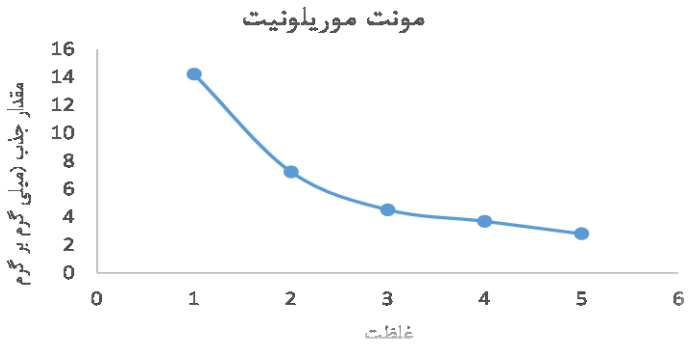
جدول ۱. تغییرات انرژی آزاد استاندارد، آنتالپی و آنتروپی

جاذب	Temperature(oc)	Ln kd	ΔG(kj/mol^{-1})	ΔH(J mol^{-1})	ΔS(J mol^{-1} k^{-1})
	۱۵	+۵/۲۳	-۱۲/۵۳۶۷		
	۲۰	+۵/۲۷	-۱۲/۵۸۳۵		
	۲۵	+۵/۶۱	-۱۳/۹۰۴۶		
مونت‌موریلونیت	۳۰	+۴/۴۴	-۱۱/۱۹۱۷	-۱۶۷۱۱	-۱۲/۰۸
	۳۵	+۴/۳۹	-۱۱/۲۵۰۷		
	۴۰	+۴/۶۸	-۱۲/۱۹۵۳		
	۴۵	+۵/۰۲	-۱۳/۲۸۳۱		

شکل(۱) اثر دما برر میزان جذب سولفات در رس مونت‌موریلونیت

اثر غلظت جاذب بر حذف سولفات

زمانی که اثر مقدار جاذب بررسی می‌شود، می‌توان تغییرات مقدار حذف (درصد حذف) را مورد توجه قرار داد. مطالعه اثر غلظت بیانگر این است که افزایش غلظت نانو جاذب، اثر منفی بر میزان مقدار حذف سولفات در آب دارد و باعث کاهش مقدار حذف سولفات شده است. در شکل (۲) مشاهده می‌شود که با افزایش غلظت نانو رس مونت‌موریلونیت مقدار حذف نیز کاهش داشته است. کمترین مقدار حذف برابر ۰/۹۳ میلی-گرم بر گرم یا ۲۳/۴ درصد در غلظت ۵ گرم در لیتر و بیش‌ترین مقدار حذف در غلظت ۱ گرم در لیتر برابر ۴/۷۴ میلی‌گرم بر گرم یا ۲۳/۷ درصد حذف بدست آمد.



شکل (۲) اثر غلظت جاذب بر حذف سولفات توسط نانو جاذب‌ها

ایزوترم جذب:

ماکزیمم ظرفیت جذب سولفات برای نانو رس مونت‌موریلونیت برابر ۹/۷ میلی‌گرم بر گرم($SO_4^=$-S) برآورد گردید. مدل‌های فروندلیچ و لانگ‌مویر بر داده‌های جذب برازش پیدا کردند اما معادله لانگ‌مویر با ضریب تعیین (R^2=۰/۹۶۴) بهترین توصیف از جذب سطحی سولفات را نشان داد. ضرایب مربوط به معادله لانگ‌مویر برای جذب سولفات توسط جاذب مونت‌موریلونیت در جدول شماره ۲ ذکر شده است.

جدول ۲. ضرایب مدل لانگ‌مویر توسط نانو رس مونت‌موریلونیت

جاذب	R^2	q_{max}	K_l
مونت‌موریلونیت	۰/۹۶۴	۹/۷	۰/۰۴۹

نتیجه‌گیری کلی:

در این پژوهش اثرغلظتو دما برروی حذف یون سولفات توسط نانو رس مونت‌موریلونیت مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که حذف سولفات در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد برابر با ۳/۵۴ میلی‌گرم بر گرم و ۳۵/۴ درصد بیش‌ترین مقدار حذف مشاهده می‌شود و در بررسی اثرغلظت بیش‌ترین مقدار حذف در غلظت ۱ گرم در لیتر برابر ۴/۷۴ میلی‌گرم بر گرم یا ۲۳/۷ درصد حذف، و کمترین مقدار حذف برابر ۰/۹۳ میلی‌گرم بر گرم یا ۲۳/۴ درصد در غلظت ۵ گرم در لیتر بدست آمد.در این تحقیق حذف سولفات با استفاده از نانو رس مونت‌موریلونیت و به کمک مدل‌های لانگ‌مویر با ضریب همبستگی (R^2=۰/۹۶) بیش‌ترین برازش را دارد که نشان‌دهنده سطوح جذبی غیرهمگن و چند لایه است. همچنین ماکزیمم جذب نانو رس مونت‌موریلونیت ۹/۷ میلی‌گرم بر گرم($SO_4^=$-S) برآورد گردید. با توجه به اثر غلظت و دما، این نتایج نشان-دهنده توانایی نانو رس مونت‌موریلونیت در حذف سولفات از آب‌ها و پساب‌ها می‌باشد.

منابع:

محمد زاده، ن. دهرآزما، ب. ساغروانی، س. ف. ۱۳۹۶. ارزیابی عملکردسیستم پیوسته در فرآیندانقعادالکتریکی جهت حذف سولفات از محلول آبی. چهارمین کنفرانس بین‌المللی برنامه‌ریزی و مدیریت.

ارحمی دولت آبادی، ع. ر. گنجی دوست، ح. ۱۳۹۷. حذف سولفات از آب با استفاده از شلتوک اصلاح شده به‌عنوان جاذب کم هزینه: سینتیک و ایزوترم جذب. کنفرانس عمران، معماری و شهرسازی جهان اسلام.

یغمائیان، ک. ملکوتیان، م. مؤمن زاده، ر. ۱۳۹۴. بررسی کارایی فرآیند فتوکاتالیستی دی‌اکسیدتیتانیوم در حذف سورفاکتانت آنیونی سدیم دودسیل سولفات از فاضلاب. کومش، جلد ۱۶، شماره ۴، صص ۵۶.

Mahdavi, S., Jalali, M., & Afkhami, A. 2012. Removal of heavy metals from aqueous solution using Fe_3O_4, ZnO, .and CuO nanoparticles. Journal of Nanoparticle Research, 14(8), 846

Pubchem, n. d, 2017. Sulfate National Center for Biotechnology Information. PubChem Compound Database, http://

pubchem. Ncbi.nlm. nih. Gov/ compound/ 1117# se-ction= FDA-Pharm-Classes Caccessed Jan. 12.

Taita, s., clarkeb, W.p., kellera,j., Batstone, D.j. 2009. "Removal of sulfate from High-strength wastewater by crystallization". Water Research, 43(3), pp.762-722.

Iakovleva, E., Makila, E., Salonen, J., Sitarz, M. and Sillanpaa, M. 2015. Industrial products and wastes as adsorbents for sulphate and chloride removal from synthetic alkaline solution and mine process water. Chemical Engineering Journal, 259, 364-371.

Yousue M, et al. Electrocoagulation (Ec)-sciences and Application. Journal of Hazardous Materials B 2001: 84:29

41.

Stepnow ski, P., Siedlecka, E. M., Behrend, p., Jastorff, B. 2002. "Enhanced photo-degradation of contaminants in petroleum refinery wastewater", Water Research, Vol. 36, pp. 288-294.

Azari, A., Babaie, A. –A., Rezaei-Kalantary, R., Esrafili, A., Moazzen, M. and Kakavandi, B. 2014. Nitrate removal from aqueous solution by carbon nanotubes magnetized with nano zero-valent iron. Journal of Mazandaran University of Medical Sciences, 23, 15-27.

Petosa, A. R., Brennan, S. J., Rajput, F., and Tufenkji, N. 2012. Transport of two metal oxide nanoparticles in saturated granular porous media: role of water chemistry and particle coating. Water Research, 46 (4), 1273-1285.

Krishna G. Bhattacharyya, Susmita Sen Gupta, *"Influence of acid activation on adsorption of Ni(II) and Cu(II) on kaolinite and montmorillonite: Kinetic and thermodynamic study"*, Chemical Engineering Journal, Vol. 136, pp. 1–13, 2008.

Jones, J. *Laboratory guide for* conducting soil *tests and plant analysis*. CRC Press [Imprint], 2017.

Hong S., Cannon F., Hou P., Byrne T., Nieto-Delgado C. (2017). Adsorptive removal of sulfate from acid mine drainage by polypyrrole modified activated carbons: Effects of poly-pyrrole depositionprotocols and activated carbon source. Chemosphere 184, 429-437.

Gao X., Zhang H., Chen K., Zhou J., Liu Q. (2018). Removal of heavy metal and sulfate ions by cellulose derivative-based biosorbents Cellulose 25, 2531-25

Topic for submission: Soil genesis and classification

The effect of temperature, density , and nano-clay montmorillonite in the adsorption of sulfate from water

B. Taherinia[1], S.Mahdavi[2], A. H. Sayyahzadeh[3]

, Malayer, Iran

1. Master of Water Resources Student, department of Soil Science, Faculty of Agriculture,Malayer University, Malayer, Iran (Corresponding Author)

2.Associate Professor of Soil Science, Faculty of Agriculture, Malayer University, Iran

3.Assistant Professor, Department of Civil Engineering, Faculty of Civil and Architecture, University ofMalayer, , Malayer, Iran

Abstract:

Sulfate is one of the most important anions in natural waters, mainly derived from chemical weathering of sulfur containing minerals and oxidation of sulfide. Therefore, in this study, the removal of ion sulfate by nano- clay montmorillonite from water and determining the effect of pH and temperature were used to obtain the optimal conditions for control of sulfate concentration. The adsorption isotherms was investigated. The results showed that maximum removal of sulfate at 25 ° C was 3.43 mg / g (35.4%).According to thermodynamic data absorb reaction was spontaneous. In the study of the effect of the concentration, the maximum removal rate at the concentration of 1 g / lit was eliminated by 4.74 mg / g or 23.7%, and the lowest removal rate was 93.3 mg / g or 23.4% in Concentration of 5 grams per liter was obtained.Conclusion: In this study, the removal of sulfate using the Montmorillonite nano- clay with Langmuir model had the highest fit with correlation coefficient (R^2 = 0.96), indicating homogeneous adsorption levels with mono- layer. Also, the maximum adsorption of montmorillonite nanoparticles was 9.7 mg / g (So_4 - S). These results indicated the ability of the montmorillonite nanoparticles in the removal of sulfate from water.

Keywords:Sulfate, isotherm, enthalpy, entropy, adsorption

محور مقاله: فناوریهای نوین در علوم خاک

مقایسه برون‌یابی مکانی گروه بزرگ خاک با استفاده از روش‌های طبقه بندی درخت تصمیم و رگرسیون لاجستیک چندجمله ای در منطقه آبیک، قزوین

مهرناز نیستانی*[۱]، فریدون سرمدیان[۲]، اعظم جعفری[۳]، علی کشاورزی[۱]

[۱] دانشجوی دکتری دانشگاه تهران، دانشکده مهندسی علوم خاک، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

[۲] استاد دانشکده مهندسی علوم خاک، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

[۳]استادیار بخش علوم و مهندسی خاک دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید باهنر کرمان

[۴]استادیار دانشکده مهندسی علوم خاک، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

چکیده

نقشه برداری رقومی روش مناسبی را برای دستیابی به نقشه خصوصیات و کلاس‌های خاک در نقاط فاقد اطلاعات فراهم آورده‌است. هدف از این مطالعه انجام برون‌یابی و تعیین کارایی این روش با استفاده از مقایسه دو الگوریتم پیش بینی کننده درخت تصمیم و رگرسیون لاجستیک چندجمله ای در مناطق با اطلاعات محدود می‌باشد. برای این منظور منطقه‌ای به وسعت ۲۵۱۹۷ هکتار تحت عنوان منطقه مرجع جهت مدلسازی اولیه برای پیش‌بینی گروه بزرگ خاک انتخاب گردید. سپس مدل‌های استخراج شده به جهت پیش‌بینی گروه بزرگ خاک‌های شاهد در منطقه پذیرنده فاقد اطلاعات استفاده شد. دقت برون‌یابی از این مدل با استفاده از مقایسه خاک های پیش‌بینی شده با خاک‌های شاهد و تشکیل ماتریس ابهام تعیین گردید. نتایج برون‌یابی این مدل‌ها در منطقه پذیرنده برای مدل درخت تصمیم دقت کلی ۶۲٪ و مدل رگرسیون لاجستیک چندجمله ای ۵۲٪ نشان می‌دهد که این دقت در هر دو الگوریتم درحد متوسط قابل قبول می‌باشد اگرچه که کارایی مدل درخت تصمیم بالاتر از رگرسیون لاجستیک چندجمله‌ای می باشد. لذا از این روش می‌توان به عنوان یک روشی سریع و کم‌هزینه در پیش‌بینی الگوی کلاس خاک در مناطق بااطلاعات محدود استفاده کرد.

کلمات کلیدی: نقشه برداری رقومی خاک، مدلسازی، برون یابی درخت تصمیم، رگرسیون لاجستیک چندجمله ای.

مقدمه

نقشه‌برداری رقومی خاک به‌طور گسترد ای امروزه در سطح جهانی برای پهنه‌بندی خصوصیات و کلاس‌های خاک استفاده می‌شود (Arrouays et al., 2014). نقشه‌برداری رقومی به‌دلیل تولید نقشه‌های با قابلیت اعتماد بالا برای مدیریت پایدار سرزمین توسط FAO تائیدیه دریافت کرده‌اند. اگرچه که این روش نقشه‌بردرای امروزه به‌صورت اجرایی است اما نکات ناشناخته برای نمایش بهتر فرایندهای الگوی سرزمین و خاک وجود دارد. این تکنیک نقشه‌برداری توسط مک برتنی در سال ۲۰۰۳ به‌صورت فرمول ارائه شده‌است. نقشه‌برداری رقومی فرمول پیشرفته‌تری از مدل CLORPT است که توسط ینی در سال ۱۹۴۱ فرموله شده است و فاکتورهای تشکیل دهنده خاک را نشان می‌دهد. به علت محدودیت در منابع و عدم دسترسی به برخی منابع اطلاعاتی در بسیاری از مناطق جهان، به‌دست آوردن اطلاعات خاک دشوار است. از طرفی مهمترین هدف نقشه‌برداری رقومی خاک تهیه نقشه با استفاده از متغیرهای کم هزینه برای مناطقی است که اطلاعات خاکی از آن‌ها در دسترس نمی‌باشد (Abbaszade Afshar et al., 2018). برای دستیابی به این هدف پیشنهاد می‌شود که مدل در منطقه‌ای که اطلاعات خاک در آن به تفصیل در دسترس است ایجاد شود و از مدل ساخته شده برای مناطق فاقد اطلاعات استفاده شود (Zeraatpisheh et al., 2017). بنابراین می‌توان این مطلب را برداشت نمود که مدل منتج شده برای پیش‌بینی خصوصیات و یا کلاس خاک درصورتی که فرایندهای خاکشناسی، هیدرولوژی و ژئومورفولوژی مشابهی رخ دهد و یا اگر توزیع مکانی متغیرهای محیطی در دو منطقه یکسان باشد، کارایی خواهد داشت (Ten Caten et al., 2011; Legros, 2006; Minasny et al.,

* ایمیل نویسنده مسئول: neyestani_mehr@yahoo.com

2010) به عبارت دیگر، اگر مدلی برای منطقه‌ای ایجاد شد این مدل می‌تواند برای دیگر مناطق مشابه با داشتن تعداد کم ویا بدون نیاز به داشتن متغیرهای کمکی و نمونه‌های خاک، برازش داده شود از این روش تحت عنوان برون‌یابی یاد می‌شود. بنابراین پروسه برون‌یابی می‌تواند به عنوان ابزاری مفید در کاهش هزینه و زمان عمل نماید. برون یابی و یا با نام دیگر آن هوموسول در سال ۲۰۱۰ توسط مالاوان و همکاران ارائه شده‌است. برون‌یابی متغیرهای محیطی قبلاً در شناسایی اقلیم‌های مشابه در جهان برای پیش بینی محصول استفاده شده‌است. به‌منظور برون‌یابی مناطق مشابه لازم است علاوه بر اقلیم، خصوصیات زمین شناسی، پستی و بلندی نیز دارای تشابه باشند که برای این منظور از شاخص‌های تشابه برای تعیین تشابه دو منطقه استفاده می‌شود. در برون یابی نکته قابل توجه این است که هرچه منطقه پذیرنده به مناطق مرجع تشابه بیش‌تری داشته باشد، برون‌یابی در این مناطق دقت بالاتری خواهد داشت و نتایج حاصل از منطقه مرجع با اطمینان بیش‌تری قابل برازش میباشند. عباس‌زاده افشار و همکاران (۲۰۱۸) با استفاده از برون‌یابی از منطقه مرجع دقت کلی ۵۹٪ و کاپا۰/۴۷ را برای استفاده از مدل رگرسیون لاجستیک در سطح گروه بزرگ خاک ارائه داده‌اند. آروودا و همکاران (۲۰۱۶) با استفاده از روش شبکه هوشمند عصبی اطلاعات حاصل از مدلسازی را در یک منطقه کوچک به مناطق اطراف پیرامونی برای تعیین روابط سیمای اراضی استفاده نمودند. نتایج برون یابی مطالعات آن‌ها دقت کلی ۸۳٪ و کاپای ۰/۶۹ را نشان داد که دستیابی به این اطلاعات همراه با صرف هزینه و زمان کم‌تر بوده‌است. از آن‌جایی که بیشتر مناطق در ایران فاقد نقشه‌های اطلاعاتی مربوط به خاک می‌باشند و از طرفی دسترسی به آن‌ها برای دستیابی به اطلاعات خاک دشوار است، تحت چنین شرایطی برون‌یابی می‌تواند به عنوان روشی کارامد در جهت پیش‌بینی کلاس و خصوصیات خاک به‌کار رود (Abbaszadeh Afshar et al., 2018). هدف ما در این مطالعه ارزیابی و مقایسه روش برون‌یابی برای پیش‌بینی کلاس خاک در منطقه پذیرنده با استفاده از مدل به‌دست آمده از روش درخت تصمیم و رگرسیون لاجستیک چندجمله‌ای در سطح گروه بزرگ منطقه مرجع می‌باشد.

مواد و روش‌ها

وسعت و منطقه مطالعاتی

منطقه مورد مطالعه با وسعت ۶۲۷۴۰ هکتار در شهرستان آبیک از توابع استان قزوین واقع شده‌است (شکل ۱. الف). به منظور تعیین اقلیم منطقه از داده‌های هواشناسی دوره آماری ۲۴ ساله ایستگاه‌های کلیماتولوژی نیروگاه شهید رجائی و باغ کوثر و کرج استفاده گردید. میانگین بارندگی سالیانه در حوزه مطالعاتی ۳۱۰ میلی‌متر بوده و رژیم بارش، مدیترانه‌ای است. به این مفهوم که فصل بارندگی منطبق بر نیمه سرد سال و فصل خشک منطبق بر تابستان است. میانگین سالانه دمای روزانه در حوزه مورد نظر از کمتر از ۵ درجه سانتی‌گراد در مناطق مرتفع تا بیش از ۱۷/۵ درجه سانتی‌گراد در بخش‌های جنوبی متغیر است. متوسط دمای سالیانه منطقه ۱۴/۳ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. رژیم حرارتی خاک ترمیک و رژیم رطوبتی خاک در منطقه مورد مطالعه در دامنه زریک خشک و اریدیک ضعیف تعیین گردید .

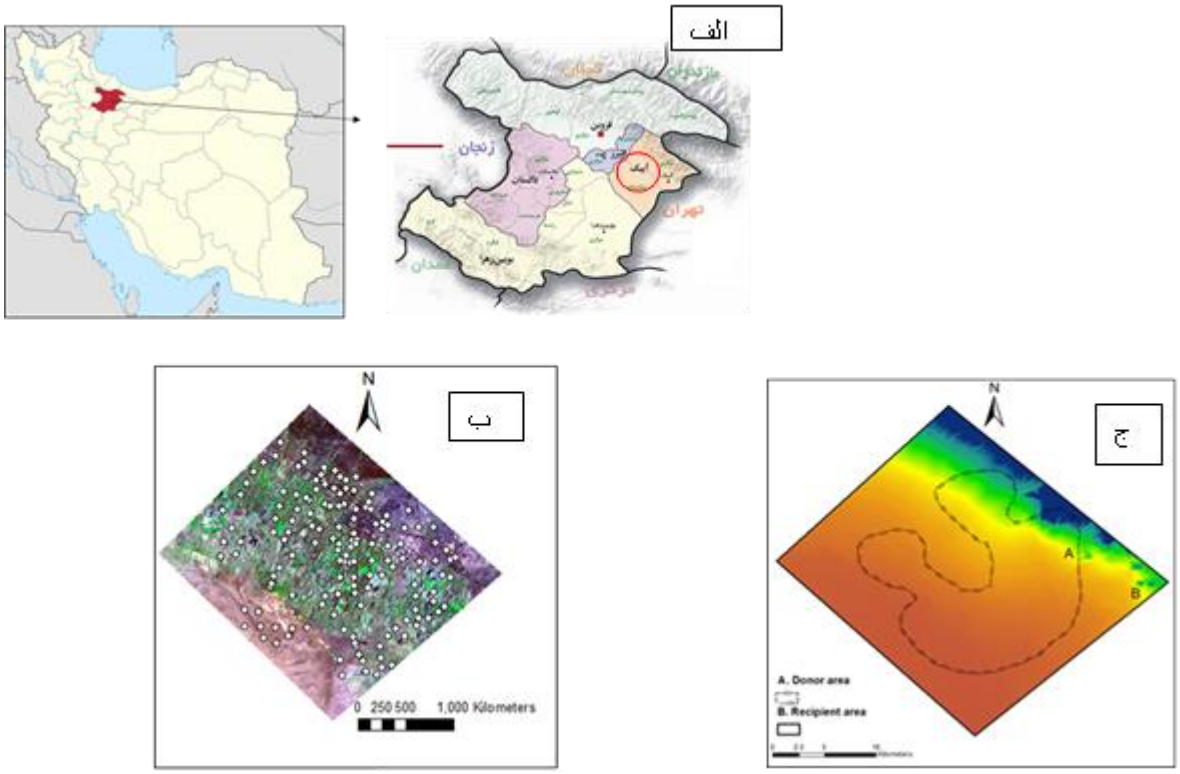
طرح نمونه‌برداری و تشریح پروفیل

الگوی حفر نمونه‌ها به‌صورت شبکه‌بندی نامنظم می‌باشد به‌نحوی که شبکه‌هایی با فواصل ۱۷۵۰ متر ایجاد می‌شود و سپس با ابزار ET Geowizard در نرم‌افزار آرک جی‌ای‌اس در هر شبکه یک نقطه به صورت تصادفی انتخاب می‌شود. با این روش ۱۶۰ نمونه تصادفی حفر و نمونه‌برداری شد و سپس بااستفاده از کلید تاکسونومی(Soil Survey Staff, 2014) تا سطح گروه بزرگ طبقه بندی شدند که شامل ۱۰ گروه بزرگ که عبارتند از زراورتنتز، کلسیزرپتز، هاپلوزرپتز، توریفلوونتز، هاپلوکلسیدز، کلسی جیپسیدز، هاپلوجیپسیدز، ناترجیپسیدز، هاپلوسالیدز، اکویی سالیدز می‌باشد. شکل ۱. ب محل نمونه‌های خاک را در کل منطقه نمایش می‌دهد.

متغیرهای کمکی:

برای آموزش مدل در منطقه مرجع نیاز به وارد کردن متغیرهای محیطی است تا بتواند به پیش‌بینی کلاس خاک بپردازد. به جهت به‌دست آوردن متغیرهای کمکی مربوط به توپوگرافی از مدل رقومی ارتفاعی با رزلوشن ۱۲/۵ متر استفاده شد و همچنین از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸ برای نشان دادن پوشش گیاهی و مواد مادری استفاده می‌شود که با استفاده از نرم افزار ساگا جی‌آی‌اس متغیرهای مربوطه از آن استخراج گردید. تمامی این متغیرها به سیستم مختصات جهانی WGS 84 UTM 39N تبدیل و با استفاده از نرم‌افزار ساگا مقدار تمامی متغیرها در جدولی برای هر نقطه مشاهده‌ای وارد شدند تا برای مدلسازی در نرم‌افزار R (R. Development Core Team, 2013) مورد استفاده قرار گیرند.

تکنیک های داده کاوی مثل رگرسیون درختی به میزان زیادی برای نقشه برداری خصوصیات خاک استفاده می شوند. در این روش به‌جای این‌که مدل را به تمامی داده‌ها برازش دهند، با استفاده از یک ساختار درختی و تقسیم نمودن داده‌ها، به‌صورت بازگشتی به تعدادی گروه ایجاد می‌شود.



شکل ۱. (الف)موقعیت جغرافیایی منطقه مطالعات و(ب) محل حفر پروفیل‌های شاهد خاک و (ج) مرزبندی مناطق مرجع و پذیرنده در مناطق مطالعاتی.

در هر تقسیم بندی برخی پارامترهای اندازه گیری می شود و پارامترهایی که تفاوت در میزان متغیر مسؤل را در دو گروه به حداکثر می‌رساند، به منظور انشعاب بندی درخت انتخاب می‌شود. در این روش هم داده های پیوسته و هم داده های دسته بندی شده را می تواند مورد برازش قرار دهد تا به پیش بینی کلاس‌های خاکی مجزا از هم و یا خصوصیات خاکی پیوسته بپردازد. از مزایای رگرسیون درختی بر مدل خطی این است که می‌تواند با روابط غیرخطی سر و کار داشته باشد. به علاوه آن ها به هیچ فرضی درباره داده نیاز ندارند و توانایی این را دارد که با رفتارهای غیرتجمعی سروکار داشته باشد در حالی که دیگر مدل ها نیاز دارند که این روابط شناسایی شوند (McBratney et al., 2003). از دیگر مزایای انالیزهای رگرسیون درختی تفسیر آسان و توانایی آن ها در یکی کردن داده های کمکی دسته ای و پیوسته می باشد که استفاده از این مدل را برای مکان هایی مثل ایران مناسب می کند (Taghizadeh et al., 2015). رگرسیون درختی ایجاد شده شامل گره‌هایی می‌باشد که هرکدام بیانگر یک خصوصیت و عارضه‌اند، هم‌چنین شامل شاخه‌هاست که هر شاخه ارزش هر خصوصیت را نمایش می‌دهد و شامل برگ می‌باشد که برگ ها یک خصوصیت و یا کلاس خاک پیش بینی شونده را نمایش می‌دهد (McBratney et al., 2003).

رگرسیون لاجیستیک نوعی از مدل های طبقه بندی احتمالات آماری است که به خانواده مدل‌های خطی جنرال تعلق دارد (Taghizadeh et al., 2015). این مدل ها برای متغیرهای وابسته دسته‌ای به خوبی کارایی دارند (Heung et al., 2016) و روابط بین یکسری از متغیرهای پیش بینی کننده را با یک متغیر وابسته مورد پیش بینی را به خوبی بیان می کنند. رگرسیون لاجستیک چندجمله‌ای با موقعیت هایی سر و کار دارند که نمونه‌های

مشاهده شده می‌توانند به سه و یا تعداد بیش تری گروه طبقه بندی شوند (Taghizadeh et al., 2015) و مدل کلی شده‌ای از رگرسیون لاجستیکی دوجمله‌ای است که خروجی‌های ممکن چندگانه از یک سری پیش بینی کننده‌ها با یکسری ضرایب به کار برده شده بر آن‌ها به دست می آیند و با استفاده از تخمین بیش ترین احتمال حضور آن، محاسبه می شود و یک کلاس به عنوان مرجع قبل از برازش مدل باید انتخاب شود و سپس توابع لگاریتمی مربوط به سایر کلاس‌ها نیز محاسبه می‌شوند وکلاس‌ها را با آن مقایسه می‌کند. در حقیقت تابع لگاریتمی از نسبت احتمالات بین قرارگیری پیکسلی در کلاس A به قرار گیری آن در کلاسی به جز کلاس A می‌باشد. این معادلات برای رگرسیون لاجیستیک دو جمله ای سرو کار دارد و در مورد رگرسیون های لاجیستیک چندجمله ای معادله به شکل زیر بیان می شود:

$$p(A) = \frac{e^{Bo+BA1X1+\cdots+BAkXk}}{e^{B0+BA1X1+\cdots+BAkXk} + e^{B0+BB1X1+\cdots+BBkXk} + \ldots + e^{B0+BE1X1+\cdots BEkXk}}$$

$$p(A) = \frac{\exp(A)}{\exp(A)+\exp(B)+\cdots+\exp(E)}$$

در این معادله B0 محل تقاطع منحنی رگرسیونی می باشد وB1 تا Bk ضرایب رگرسیونی هستند و با استفاده از داده های کمکی برای هر کلاس طبقه بندی به صورت مجزا محاسبه می شوند.

اجرای برون‌یابی

منطقه مطالعاتی به دو بخش که دارای روند تغییرات و فاکتورهای خاکساز مشابهی می‌باشند با عناوین منطقه مرجع و پذیرنده تقسیم بندی شد. جداسازی این دو سطح به گونه‌ای انجام شد که شاهد تغییرات مشابه و تنوع یکسانی باشند و از لحاظ تمامی فاکتورهای خاکساز مشابه باشند. منطقه A (شکل ۱ .ج) به عنوان منطقه مرجع با ۲۵۱۹۷ هکتار مساحت، که مدل پیش‌بینی کننده نقشه خاک براساس اطلاعات نمونه‌های خاک و متغیرهای محیطی مربوط به آن ساخته می‌شود و منطقه دوم (B) با مساحت ۳۷۵۴۳ هکتار که در اطراف آن قرار دارد،به عنوان منطقه پذیرنده انتخاب شده‌است. مدل درخت تصمیم و مدل رگرسیون لاجستیک چندجمله ای در منطقه مرجع با ۸۸ پروفیل به جهت تعیین روابط خاک و سیمای اراضی اجرا شد و خاک‌های این منطقه در سطح گروه بزرگ مورد پیش‌بینی قرار گرفتند. ۸۰٪ داده‌های این منطقه برای آموزش مدل استفاده شدند و ۲۰٪ مانده داده‌ها در جهت تعیین اعتبار مدل ساخته شده استفاده گردیدند. تمامی مراحل مدل سازی در نرم‌افزار R 3.4.3 و با بسته "C5.0" جهت مدلسازی به روش درخت تصمیم و با استفاده از بسته "nnet" برای مدلسازی به روش رگرسیون لاجستیک چندجمله ای اجرا شد. بعد از ایجاد مدل در منطقه مرجع از این مدل به جهت برون‌یابی و پیش بینی گروه بزرگ‌های شاهد در منطقه پذیرنده استفاده شد بدین ترتیب که از این مدل ۷۲ نمونه موجود در منطقه پذیرنده مورد پیش‌بینی قرار گرفتند و پس از ایجاد ماتریس ابهام دقت مدل در منطقه پذیرنده مشخص گردید. در این ماتریس ستون‌ها سطوح گروه بزرگ مشاهده شده در مطالعات زمینی و سطرها سطوح پیش بینی شده توسط مدل را تشکیل می‌دهند. عناصر قطری ماتریس مشاهداتی را که در هر سطح به درستی پیش‌بینی شده اند را نشان می‌دهند و عناصر غیرقطری بیانگر خطا می‌باشند. در نتیجه معیاری برای ارزیابی پیش‌بینی‌های صورت گرفته با استخراج شاخص‌های مناسب ازجمله دقت کلی و ضریب کاپا ارایه می‌دهد.

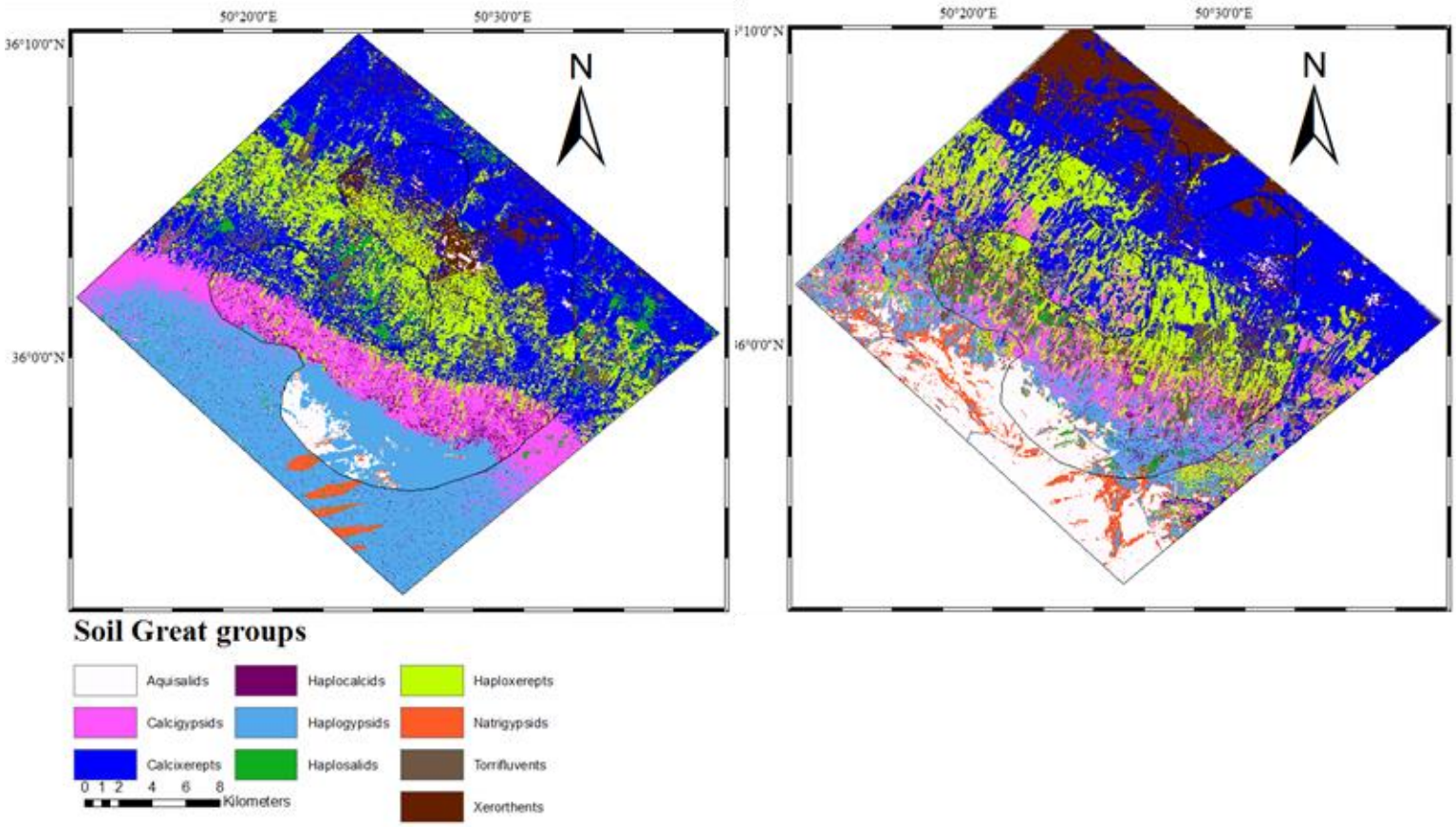
نتایج و بحث

پس ازبررسی، منطقه مطالعاتی از نظر تغییرات فاکتورهای خاکساز به دو سطح مرجع جهت مدلسازی و سطح پذیرنده جهت برون‌یابی تقسیم‌بندی شد. به‌طوری که شکل ۳. نقشه حاصل از مدلسازی نشان می‌دهد، هر دو سطح از روند تغییرات مشابهی تبعیت می‌کنند. نمونه‌های شاهد موجود در منطقه مرجع تا سطح گروه‌بزرگ نامگذاری شدند و سپس مدلسازی با استفاده از مدل درخت تصمیم الگوریتم c5.0 و رگرسیون لاجستیک چندجمله ای انجام شد. دقت روش درخت تصمیم در منطقه مرجع برابر با ۷۸٪ با ضریب کاپا ۰/۶۸ می باشد در حالی‌که دقت کلی رگرسیون لاجستیک برای منطقه مرجع ۵۲٪ همراه با ضریب کاپا ۰/۳۰ می باشد. نتایج برون یابی در منطقه پذیرنده برای مدل درخت تصمیم دقت کلی ۶۲٪ و مدل رگرسیون لاجستیک چندجمله ای ۵۲٪ را نشان داد (شکل ۳ و جدول ۱). با توجه به نتایج حاصل از این مطالعه، توانایی مدل ها در پیش بینی کلاس خاک متفاوت از یکدیگر می‌باشد و همچنین قابلیت پیش‌بینی هر مدل در فرایند برون‌یابی از فرایند درون‌یابی متفاوت می‌باشد. مدل درخت تصمیم به علت داشتن قدرت بالاتر و الگوریتم پیشرفته‌تر، نتایج صحیح‌تری را نسبت به مدل رگرسیون لاجستیک چندجمله‌ای در هر دو مورد درون‌یابی و برون‌یابی پیش‌بینی می‌نماید و نقشه حاصله از درخت تصمیم از همگنی بیش‌تری برخوردار می‌باشد. تفاوت در برون‌یابی و درون‌یابی منطقه مرجع، در

عدم حضور گروه بزرگ‌های توریفلوونتز و هاپلوسالیدز می‌باشد و از آن‌جا که هیچ نمونه‌ای با این گروه بزرگ در منطقه پذیرنده موجود نبوده‌است و هم‌چنین تعداد نمونه‌های تحت این عنوان در منطقه مرجع نیز کم می‌باشد لذا چنین گروه بزرگ‌هایی احتمال کم‌تری برای پیش‌بینی نیز داشته‌اند. از آن‌جایی که

شکل۳. نقشه درون‌یابی منطقه مرجع و نقشه حاصل از برون‌یابی منطقه پذیرنده (الف) مدل درخت تصمیم، (ب) مدل رگرسیون لاجستیک چندجمله‌ای

هاپلوزرپتز و کلسیزرپتز همبستگی بالایی با یکدیگر دارند و در سطوح بالاتر تاکسونومیک مشابه می‌باشند و نواحی مشابهی را در سطوح ژئومورفیک اشغال کرده‌اند و واحدهای ژئوفرم نقش مهمی را در شناسایی گروه بزرگ خاک در منطقه مطالعاتی داشته‌اند در نتیجه احتمال اینکه این خاک‌ها به اشتباه به یکدیگر پیش‌بینی شوند، زیاد می‌باشد و دقت تولید کننده در آن ها کم‌تر می‌شود. در روند تغییرات کلاس‌های خاک منطقه پذیرنده و جداسازی واحدهای مربوط به آن، همانند منطقه مرجع، ارتفاع و شکل زمین نقش مهمی را داشته‌اند. نتایج ارزیابی برون‌یابی با توجه به جداول مربوط به ماتریس ابهام در فرایند برون‌یابی (جداول ۲و ۳) نشان می‌دهد که خاک‌هایی که مشابه بودند وموقعیت‌های مشابهی را در دو منطقه مرجع و پذیرنده، اشغال کرده بودند با قدرت بالاتری مورد پیش‌بینی قرار گرفتند (Abbaszade Afshar et al., 2018). ازطرفی به علت شباهت در توزیع خاک‌های کلسیزرپتز و هاپلوزرپتز در طول سیمای اراضی و مقادیر مشابه متغیرهای کمکی مربوطه برای آن‌ها، آموزش مدل برای جداسازی خاک‌های مشابه با چالش مواجه می‌شود و به اشتباه این دو سطح را به‌یکدیگر پیش‌بینی می‌کند درنتیجه در ارزیابی دقت برون‌یابی این سطوح بیش ترین تعداد را از لحاظ پیش بینی اشتباه به یکدیگر را به‌خود اختصاص داده‌اند. با پایین رفتن سطح تاکسونومیکی به علت بالارفتن تنوع گروه بزرگ‌های خاک، پیچیدگی‌ها افزایش می‌یابد و احتمال خطا و کاهش دقت نیز بیش‌تر می‌شود. تفاوت در توانایی پیش‌بینی هر مدل ناشی از تفاوت در عملیات محاسباتی و الگوریتم‌های متفاوت استفاده شده در هر مدل می‌باشد که بالتبع نتایج متفاوتی را خواهد داشت. الگوریتم‌های ساده قادر نخواهند بود روابط پیچیده مشاهده شده طی پروسه آموزش مدل را شناسایی کند درنتیجه پیش‌بینی‌های آنها قابلیت اعتماد کم‌تری از مدل‌های پیش‌بینی کننده پیچیده خواهند داشت. روند پیش‌بینی حضور خاک‌ها در منطقه مطالعاتی برای هر دو مدل، مشابه می‌باشد اما دقت هر مدل با یکدیگر متفاوت می‌باشد. از آنجایی که



جدول۱. دقت حاصله از مدل درخت تصمیم و رگرسیون لاجستیک چندجمله ای برای مناطق مرجع و پذیرنده

	DT		MLR	
	OA (%)	Kappa	OA (%)	Kappa
Donor area	78	0.68	52	0.304
Recipient area	62	0.51	52	0.36

DT= Decision Tree, MLR= Multinomial Logistic Regression, OA= Overall Accuracy

جدول۲. ماتریس ابهام مربوط به برون‌یابی مدل منطقه مرجع در منطقه پذیرنده با روش درخت تصمیم

UNIT	Aquisalids	Calcigypsids	Calcixerepts	Haplocalcids	Haplogypsids	Haploxerepts	Natrigypsids	Xerorthents	%UA
Aquisalids	۴	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۸۰
Calcigypsids	۰	۳	۰	۳	۱	۰	۰	۰	۴۳
Calcixerepts	۰	۰	۱۶	۱	۰	۴	۰	۳	۶۷
Haplocalcids	۰	۰	۰	۳	۱	۰	۰	۰	۵۰
Haplogypsids	۰	۰	۰	۰	۷	۰	۰	۰	۱۰۰
Haploxerepts	۰	۰	۴	۰	۰	۱۳	۰	۳	۶۵
Natrigypsids	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	-
Xerorthents	۰	۰	۳	۰	۰	۳	۰	۰	۰
%PA	۱۰۰	۱۰۰	۷۰	۲۰	۷۸	۶۵	۰	۰	%OA=62 KA=0.51

%PA= % Producer's Accuracy, %UA=% User Accuracy, %OA= %Overall Accuracy, KA= KAPPA

جدول۳. ماتریس ابهام مربوط به برون‌یابی مدل منطقه مرجع در منطقه پذیرنده با روش رگرسیون لاجستیک چندجمله ای

UNIT	Aquisalids	Calcigypsids	Calcixerepts	Haplocalcids	Haplogypsids	Haploxerepts	Natrigypsids	Xerorthents	%UA
Aquisalids	۴	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۸۰
Calcigypsids	۰	۱	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۵۰
Calcixerepts	۰	۰	۱۵	۰	۰	۹	۰	۳	۵۶
Haplocalcids	۰	۱	۱	۱	۳	۰	۰	۰	۱۷
Haplogypsids	۰	۰	۰	۰	۳	۰	۰	۰	۷۵
Haploxerepts	۰	۰	۷	۲	۰	۱۰	۰	۲	۴۸
Natrigypsids	۰	۰	۰	۰	۲	۰	۱	۰	-۳۴
Xerorthents	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۱	۵۰
%PA	۱۰۰	۳۴	۶۶	۲۵	۳۴	۵۰	۱۰۰	۱۷	%OA=52 KA=0.36

%PA= % Producer's Accuracy, %UA=% User Accuracy, %OA= %Overall Accuracy, KA= KAPPA

مدل درخت تصمیم نتایج درون‌یابی با دقت بالاتری را نشان داد این انتظار میرفت که برای پروسه برون‌یابی نیز عملکرد بالاتری نسبت به مدل رگرسیون لاجستیک چندجمله‌ای داشته باشد. مقایسه نتایج حاصل از این تحقیق با سایر مطالعات نشان می‌دهد که نتایج حاصله از این مطالعه از دقت مناسبی برخوردار می‌باشد. عباس زاده افشار و همکاران (۲۰۱۸) برون یابی را در منطقه پذیرنده با استفاده از مدل رگرسیون لاجستیک چندجمله‌ای در سطح گروه بزرگ خاک برازش دادند و نتایج آن‌ها دقت کلی ۵۹٪ و کاپا ۰/۴۷ را گزارش داد. والسکی و همکاران (۲۰۱۷) تکنیک درخت تصمیم را در برون‌یابی استفاده نمودند دقت کلی که گزارش دادند برابر با ۷۲/۹٪ همراه با ضریب کاپا ۰/۵۴ بوده است. لمرسیر و همکاران (۲۰۱۲) با استفاده از تکنیک برون‌یابی به الگوریتم درخت تصمیم بوست شده دقت کلی ۴۹٪ و کاپا ۰/۴۰را به‌دست آوردند و نتیجه‌گیری نمودند که روش برون‌یابی می تواند نقش مهمی در پیش‌بینی مکانی خصوصیات خاک ایفا نماید. تن کاتن و همکاران (۲۰۱۱) نیز برون یابی را در منطقه‌ای که از نظر پستی و بلندی تنوع داشته انجام دادند و دقت کلی ٪۶۱/۷۹ و کاپا ۰/۴۶ را در مطالعاتشان بیان نمودند.

نتیجه‌گیری

در این مطالعه، برون‌یابی برای تهیه نقشه رقومی کلاس خاک در سطح گروه بزرگ در مناطق فاقد اطلاعات با استفاده از مقایسه مدل درخت تصمیم و مدل رگرسیون لاجستیک چندجمله‌ای در منطقه پذیرنده که از نظر فاکتورهای خاکساز مشابه با منطقه مرجع بوده است بررسی می شود، از

آنجایی که تکنیک برون یابی دقت قابل قبولی را نشان داد (برای مدل درخت تصمیم دقت کلی ۶۲٪ و مدل رگرسیون لاجستیک چندجمله ای ۵۲٪) می‌توان از آن به عنوان روشی کارآمد با حفظ کاهش هزینه و سرعت بالا در تهیه نقشه رقومی استفاده شود و رابطه سیمای اراضی و خاک را در مناطق فاقد اطلاعات را با استفاده از مناطق مرجع مشابه تعیین نمود و این‌گونه مناطق با محدودیت اطلاعاتی را تحت پوشش اطلاعات قرار داد. از سویی در این مطالعه با مقایسه دو روش متفاوت پیش بینی کننده مشخص نمود که الگوریتم هایی که ساختار درختی دارند در مقایسه با رگرسیون لاجستیک چندجمله ای از قدرت بالاتری برای پیش بینی کلاس خاک برخوردار هستند که ناشی از توانایی بالاتر آنها در تعیین روابط پیچیده خاک می‌باشد در حالیکه مدل رگرسیون لاجستیک چند جمله‌ای به علت ساده‌تر بودن مدل از توانایی کم‌تری برای برقراری روابط خاک سیمای اراضی و پیش بینی کلاس خاک برخوردار بوده است.

منابع

Abbaszade Afshar, F., Ayoubi, S., Jafari, A. 2018. The extrapolation of soil great groups using multinomial logistic regression at regional scale in arid regions of Iran. Geoderma, 315, 36-48.

Arrouays, D., McBratney, A., Minasny, B., Hempel, J., Heuvelink, G., MacMillan, R., Hartemink, A., Lagacherie, P., andMcKenzie, N. 2014. The GlobalSoilMap project specifications, GlobalSoilMap: Basis of the global spatial soil information system, 9.

Arruda, G.P., Dematte, J.A.M., Chagas, Cd.S., Fiorio, P.R., Souza, A.B., Fongaro, C.T. 2016. Digital soil mapping using reference area and artificial neural networks. Scientia Agricola. 73(3), 266-273.

Heung, B., Ho, H. C., Zhang, J., Knudby, A., Bulmer, C. E., and Schmidt, M. G. 2016. An overview and comparison of machine learning techniques for classification purposes in digital soil mapping, Geoderma, 265, 62-77.

Legros, J.P. 2006. Mapping of the Soil. Science Publishers, Enfield.

Lemercier, B., Lacoste, M., Loum, M., Walter, C., 2012. Extrapolation at regional scale of local soil knowledge using boosted classification trees: a two-step approach. Geoderma 171-172, 75–84.

Mallavan, B.P., Minasny, B., McBratney, A.B., 2010. Homosoil, a methodology forquantitative extrapolation of soil information across the globe. In: Janis, L.,Boettinger, D.W., Howell, A.C., Moore, A.E., Hartemink, Kienast-Brown, S. (Eds.),Digital Soil Mapping Bridging Research, Environmental Application, and Operation. Springer, Dordrecht, Heidelberg, London, New York, pp. 137–150.McBratney, A.B., Santos, M.M., Minasny, B., 2003. On digital soil mapping. Geoderma 117(1), 3-52.

McBratney, A., Mendonça Santos, M. L., and Minasny, B. 2003. On digital soil mapping, Geoderma, 117, 3–52.

Minasny, B., McBratney, A.B. 2010. Methodologies for global soil mapping. In: Boettinger, J. l., Howell, D. W., More, A. C., Hartemink, A. E., Kienast-Browns, S., (Eds.), Digital Soil Mapping: Bridging Research, Environmental Application, and Operation. Springer, London, pp. 429-436.

R. Development Core Team, 2017. A language and environment for statistical computing. R foundation for statistical computing. Vienna, Austria

Soil Survey Staff. 2014. Keys to Soil Taxonomy, 12th ed. USDA-Natural Resources ConservationService, Washington, DC.

Taghizadeh-Mehrjardi, R., Nabiollahi, K., Minasny, B., and Triantafilis, J. 2015. Comparing data mining classifiers to predict spatial distribution of usda-family soil groups in baneh region, iran, Geoderma, 253, 67-77.

Ten Caten, A., Dalmolin, R.S.D., Pedron, F.A., Mendonça Santos, M.L. 2011. Extrapolation of soil-landscape relationship from a reference area. Ciência Rural, Santa Maria 41(5), 812-816.

Wolski, M.S., Dalmolin, R.S.D., Flores, C.A., Moura-Bueno, J.M., Caten, A.T., Kaiser, D.R. 2017. Digital soil mapping and its implications in the extrapolation of soil-landscape elationshps in detailed scale. Pesq. Agropec. Bras., Brasília 52(8), 633-642.

Zeraatpisheh, M., Ayoubi, S., Jafari, A., Fink, P. 2017. Comparing the efficiency digital and conventional soil mapping to predict soil types in a semi-arid region in Iran. Geomorphology, 285(15), 186:204.

16th Iranian Soil Science Congress

University of Zanjan, Iran, August 27-29, 2019

Topic for submission: Novel Technologies in Soil Science

Comparing soil great group extrapolation by application of decision tree classification and multinomial logistic regession in Abyek, Qazvin

Neyestani[*1], M., Samadian[2], F., Jafari, A.[3] Keshavazi, A. [4]

[1] Ph.D Student, Soil Science Department, Faculty of Agriculture University of Tehran, Iran

[2] Associate Prof., Soil Science Department, Faculty of Agriculture University of Tehran, Iran

[3] Assistant Prof., Soil Science Department, Faculty of Agriculture Shahid Bahonar University of Kerman, Iran

[4] Assistant Prof., Soil Science Department, Faculty of Agriculture University of Tehran, Iran

Abstract

Digital soil mapping provides an efficient way to access soil properties and classes maps in regions with limited information. Our object by this study was considering and assessing extrapolation by applying two different classification algorithms as decision tree and multinomial logistic regression in areas with limited available information. To cover this purpose a region with approximate area of 25197 Km^2 as donor area for gaining predictive soil class model at great group level was selected. Produced model then was applied to regions with limited data to predict soil great group of soil samples in recipient area. Extrapolation accuracy was determined based comparing observed and predicted soil samples in confusion matrices. The results show us that overall accuracy of decision tree and multinomial logistic regression was 62% and 52% respectively. The accuracy was reasonably acceptable although the efficiency of decision tree was higher than multinomial logistic regression. As a result we can conclude that extrapolation could be an efficient, fast method with low cost to predict soil classes at regions with limited information.

Keywords: Digital soil mapping, modelling, extrapolation, decision tree, multinomial logistic regressio

[*] Corresponding author, Email: Neyestani_mehr@yahoo.com

شانزدهمین کنگره علوم خاک ایران

دانشگاه زنجان، ۵ تا ۷ شهریور ۱۳۹۸

محور مقاله: فناوری‌های نوین در علوم خاک

بررسی تأثیر روکش بذر با ترکیبات حاوی عناصر غذایی و محرک‌های رشد بر سبزشدن و استقرار چغندرقند

سلیم فرزانه[۱]، شهرام خدادادی[۲]، علیرضا قلی‌پور رز [۳]

salimfarzaneh@yahoo.com

[۱] هیات علمی گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل

۲ مربی پژوهشی موسسه اصلاح و تهیه بذر چغندرقند ،سازمان تحقیقات ، ترویج و آموزش کشاورزی ، کرج ، ایران

۳ کارشناس ارشد دانشکده کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل

چکیده

این تحقیق با هدف بررسی تأثیر روکش بذر با مکمل‌های حاوی عناصر غذایی و محرک‌های رشد فسنوترن، هیومی‌فورته و هیومیکا بر سبزشدن و استقرارچغندرقند انجام شد. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی با چهار تکرار به مورد اجرا درآمد. فاکتورهای آزمایش شامل شتشوی بذر (شستشو و عدم شستشو)، رقم (شکوفا و پارس) و مقادیر مختلف فراورده‌های فسنوترن (۱۲/۶۲، ۲۵/۲۴ و ۵۰/۵ میلی‌لیتر در کیلوگرم بذر)، آمینول‌فورته (۱۲/۶، ۲۵/۲ و ۵۰/۵ میلی‌لیتر در کیلوگرم بذر)، هیومی‌فورته (۱۲/۶، ۲۵/۲ و ۵۰/۵ میلی‌لیتر در کیلوگرم بذر) و هیومیکا (۱۰، ۲۰ و ۳۰ میلی‌لیتر در کیلوگرم بذر) به همراه یک تیمار شاهد (بدون روکش) بودند. نتایج نشان داد که تیمار شستشوی بذر در هر دو هیبرید باعث افزایش سرعت سبزشدن شده است و این لزوم شستشوی بذر را قبل از روکش بذر بیشتر نمایان می‌سازد. به طور کلی نتایج نشان داد که تیمار روکش بذر با هیومیکا به مقدار ۱۰ و ۲۰ میلی‌لیتر در کیلوگرم بذر توام با شستشوی بذر به ترتیب با ۰/۰۱۶۱۱ و ۰/۰۱۵۶۳ در ساعت بیشترین سرعت سبزشدن را در بین تیمارهای مختلف به خود اختصاص داد. درصد استقرار بوته در تیمارهای روکش‌دار کردن بذر با آمینول‌فورته (به مقدار ۲۵/۲ میلی‌لیتر آمینول‌فورته در هر کیلوگرم بذر) و هیومیکا (به مقدار ۲۰ میلی‌لیتر هیومیکا در هر کیلوگرم بذر)، نسبت به شاهد و دیگر تیمارها بیشتر بود. در این تحقیق نتایج نشان داد که پوشش‌دار کردن بذر با هیومیکا و آمینول‌فورته باعث افزایش درصد استقرار بوته شد.

کلمات کلیدی: استقرار بوته، چغندرقند، هیومیکا، شستشوی بذر

مقدمه

سبزکردن به تعداد کافی و با توزیع یکنواخت در تولید بذر چغندرقند بذری از اهمیت زیادی برخوردار می‌باشد و در حقیقت پیش‌نیاز یک زراعت موفق محسوب می‌گردد (فرزانه، ۱۳۸۸). در چغندرقند سرعت کم گسترش برگ‌ها در اوایل دوره رشد موجب کاهش میزان جذب نور می‌گردد بنابراین زارعین هر عملی که موجب بهبود رشد اولیه گیاه را فراهم کند را استقبال می‌نمایند. مکمل‌های غذایی و محرک‌های رشد زیستی، ترکیباتی هستندکه رشد گیاهان را تحریک می‌کنند (Thomas et al., 2009; Gawronska, 2008). ازجمله این ترکیبات می‌توان به محرک‌های زیستی آمینول‌فورته، هیومی‌فورته، هیومیکا کادوستیم و فسنوترن اشاره کرد که این ترکیبات دارای فرمول پایه اسیدهای آمینه بوده و علاوه بر مواد آلی دارای عناصر غذایی هم هستند و رشدکمّی و کیفی گیاهان را تحریک می‌کنند (Starck, 2005). سینگ همکاران (Singh, 2007) گزارش کردند که مصرف مکمل‌های زیستی به تنهایی و یا در ترکیب با یکدیگر باعث افزایش قابل توجه عملکرد برنج شدند. گلزاده و همکاران (Golzadeh et al., 2010) گزارش کردند مصرف کودهای آلی آمینول‌فورته و هیومی‌فورته می‌تواند با اثرگذاری بر عملکرد کمّی و کیفی گیاه، موجب موفقیت در کشت گیاه شود. یکی از روش‌های بهبود و افزایش کارایی بذر، روکش‌دارکردن آن با ترکیبات شیمیایی است (Copeland and McDonald, 1995). تکنولوژی‌های مربوط به روکش‌دار کردن بذر، به چند دهه گذشته باز می‌گردد (Bishnoi and Wilhite, 2005) و با اهداف مختلفی از جمله افزایش سرعت و میزان جوانه‌زنی، جلوگیری از خسارت آفات و بیماری‌ها، آسان‌سازی عملیات بذرکاری، افزایش سرعت و توان استقرار بوته و افزایش عملکرد انجام می‌گیرد (Rice et al., 2001). در تکنولوژی روکش‌دار کردن بذر، قدرت و سرعت جوانه‌زنی و قدرت استقرار گیاه در زمین اصلی افزایش‌یافته و دستیابی به تراکم بوته مطلوب در مزرعه را مقدور می‌سازد. همچنین ویگور بذر به‌وسیله مواد مغذی و هورمون‌های محرک رشد می‌تواند افزایش یابد (Flangan, 2002). مطالعه روکش بذرها از نظر اقتصادی و کارایی نیز بسیار مورد توجه است. بنابراین این تحقیق در مورد تاثیر کاربرد مکمل‌های حاوی عناصر غذایی و محرک‌های رشداز طریق تیمارهای روکش بذر بر روی سبزشدن و رشد چغندرقند صورت گرفته است.

مواد و روش‌ها

این تحقیق با هدف بررسی تأثیر روکش بذر با مکمل‌های حاوی عناصر غذایی و محرک‌های رشد فسنوترن، آمینول‌فورته، هیومی‌فورته و هیومیکا (ساخت شرکت ایناگروپارس) بر سبزشدن و رشد گیاهچه چغندرقند در سال ۱۳۹۵ در دانشگاه محقق اردبیلی تحت شرایط مزرعه انجام شد. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی با چهار تکرار به مورد اجرا درآمد. فاکتورهای آزمایش شامل شستشوی بذر (شستشو و عدم شستشو)، رقم (شکوفا و پارس) و مقادیر مختلف فراورده‌های فسنوترن (۱۲/۶، ۲۵/۲ و ۵۰/۵ میلی‌لیتر در کیلوگرم بذر)، آمینول‌فورته (۱۲/۶، ۲۵/۲ و ۵۰/۵ سی‌سی در کیلوگرم بذر)، هیومی‌فورته (۱۲/۶، ۲۵/۲ و ۵۰/۵ میلی‌لیتر در کیلوگرم بذر) و هیومیکا (۱۰، ۲۰ و ۳۰ میلی‌لیتر در کیلوگرم بذر) به همراه یک تیمار شاهد (بدون روکش) بودند (جدول ۱).

جدول ۱. تیمارهای مورد بررسی پوشش‌دار کردن بذر

توضیح	تیمارها
به مقدار ۱۲/۶۲ میلی‌لیتر فسنوترن در هر کیلوگرم بذر چغندرقند	فسنوترن (۱)
به مقدار ۲۵/۲۴ میلی‌لیتر فسنوترن در هر کیلوگرم بذر چغندرقند	فسنوترن (۲)
به مقدار ۵۰/۵۰ میلی‌لیتر فسنوترن در هر کیلوگرم بذر چغندرقند	فسنوترن (۳)
به مقدار ۱۲/۶۲ میلی‌لیتر آمینول‌فورتهدر هر کیلوگرم بذر چغندرقند	آمینول‌فورته(۱)
به مقدار ۲۵/۲۴ میلی‌لیتر آمینول‌فورتهدر هر کیلوگرم بذر چغندرقند	آمینول‌فورته(۲)
به مقدار ۵۰/۵۰ میلی‌لیتر آمینول‌فورتهدر هر کیلوگرم بذر چغندرقند	آمینول‌فورته(۳)
به مقدار ۱۲/۶۲ میلی‌لیتر هیومی‌فورتهدر هر کیلوگرم بذر چغندرقند	هیومی‌فورته(۱)
به مقدار ۲۵/۲۴ میلی‌لیتر هیومی‌فورتهدر هر کیلوگرم بذر چغندرقند	هیومی‌فورته(۲)
به مقدار ۵۰/۵۰ میلی‌لیتر هیومی‌فورتهدر هر کیلوگرم بذر چغندرقند	هیومی‌فورته(۳)
به مقدار ۱۰ میلی‌لیتر هیومیکا در هر کیلوگرم بذر چغندرقند	هیومیکا (۱)
به مقدار ۲۰ میلی‌لیتر هیومیکا در هر کیلوگرم بذر چغندرقند	هیومیکا (۲)
به مقدار ۳۰ میلی‌لیتر هیومیکا در هر کیلوگرم بذر چغندرقند	هیومیکا (۳)
بذر بدون مصرف چسب و عناصر ریزمغذی	شاهد

برای تیمار روکش‌دار کردن بذر، از ماده کربوکسی متیل سلولز و چسباننده استفاده گردید. برای انجام شستشوی بذر، بذرها قبل از پوشش‌دار کردن در درون دستگاه شستشوی بذر با آب روان با دمای ۲۰ درجه سلسیوس به مدت سه ساعت شستشو داده شدند. در این مرحله مؤلفه‌های سبزشدن (درصد، سرعت و یکنواختی سبز شدن)، وزن خشک‌ریشه و وزن خشک بخش هوایی گیاه پس از ۵۰ روز در پایان آزمایش مورد ارزیابی قرار گرفت. در این قسمت آزمایش از هر تیمار سه تکرار ۵۰ تایی نمونه تصادفی برداشت شده و در جعبه‌هایی به ابعاد ۶۰×۴۰ و در داخل خاک کاشته شدند. در طول اجرای آزمایش تعداد بذرهای سبزشده (جهت ارزیابی مولفه‌های سبزشدن) به طور روزانه یادداشت شدند همچنین در پایان آزمایش (۵۰ روز بعد از کاشت) صفات وزن خشک ریشه و بخش هوایی گیاه اندازه‌گیری شدند. برای اندازه‌گیری وزن‌های خشک برگ و ریشه، در هر نمونه ابتدا از محله طوقه بوته‌ها، ریشه و برگ از هم جدا شدند وزن خشک برگ و ریشه به طور جداگانه بعد از گذاشتن در پاکت، در آون بمدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه سلسیوس گذاشته شد و سپس وزن خشک برگ و ریشه بر حسب گرم در بوته با ترازوی دقیق دیجیتالی با دقت ۰/۰۰۱ اندازه‌گیری شدند. داده¬های حاصل از این تحقیق به کمک نرم‌افزار SAS تجزیه واریانس و سپس میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح ۵ درصد مقایسه شدند

نتایج و بحث

نتایج مقایسه میانگین صفات سرعت سبزشدن و زمان تا ۱۰ و ۹۰ درصد سبزشدن در تیمارهای مختلف شستشوی بذر (جدول ۲) نشان داد که سرعت سبزشدن در هیبرید پارس در حالت بدون شستشو و شستشو به ترتیب ۰/۰۱۰۸۹ و ۰/۰۱۲۹۴ در ساعت و برای هیبرید شکوفا نیز در حالت بدون شستشو و شستشو به ترتیب ۰/۰۰۵۱۶ و ۰/۰۱۱۹۱ درصد بود. بنابراین تیمار شستشوی بذر در هر دو هیبرید باعث افزایش سرعت سرعت سبزشدن شده است و تیمار شستشوی بذر، سرعت سبزشدن را در هیبریدهای پارس و شکوفا به ترتیب معادل ۰/۰۰۲۰۵ و ۰/۰۰۶۷۵ در ساعت افزایش داده است. بنابراین شستشوی بذر در افزایش سرعت سبزشدن هیبرید شکوفا بیشتر تاثیر داشته و لزوم شستشوی بذر هیبرید شکوفا را قبل از روکش بذر بیشتر نمایان می‌سازد. علاوه بر این، نتایج حاصل از مقایسه میانگین زمان تا ۱۰ و ۹۰ درصد سبزشدن در هیبریدهای پارس و شکوفا در تیمارهای بعد از شستشوی بذر و بدون شستشو (جدول ۲) حاکی از این است که زمان لازم برای سبزشدن ۱۰ درصد بذرهای هیبریدهای پارس و شکوفا در حالت بدون شستشوی بذر به ترتیب ۶۲/۸۲ و ۸۵/۰۱ ساعت بود و همچنین زمان تا رسیدن به ۹۰ درصد سبزشدن بذرهای هیبریدهای پارس و شکوفا در حالت بدون شستشوی بذر به ترتیب ۲۰۶/۰۸ و ۲۹۷/۵۳ ساعت بود ولی در حالت بعد از شستشوی بذر، زمان لازم برای سبزشدن ۱۰ درصد بذرهای هیبریدهای پارس و شکوفا به ترتیب ۴۳/۸۴ و ۴۵/۸۲ ساعت بود و نیز زمان تا رسیدن به ۹۰ درصد سبزشدن بذرهای هیبریدهای پارس و شکوفا به ترتیب ۱۷۶/۴۷ و ۲۰۰/۵۳ ساعت بر آورد شده بنابراین بعد از شستشوی بذر اختلاف بین هیبریدها از نظر رسیدن به ۱۰ و ۹۰ درصد سبزشدن معنی‌دار نمی‌باشد و شستشوی بذر باعث شده هر دو هیبرید به طور همزمان سبزشده‌اند. محققین قبلی نیز دریافته بودند که شستن دانه‌های چغندرقند، جوانه‌زنی و سبزشدن آنها را بهبود می‌دهد (Longden, 1973). برای بسیاری به خوبی مشخص شده است که مواد بازدارنده محلول در آب در دانه‌های بذر چغندر قند (Beta vulgaris) وجود دارد و آنها جوانه‌زنی بذرهای چغندرقند را به تاخیر می‌اندازند و در نتیجه از رشد گیاهچه جلوگیری می‌کنند. مواد بازدارنده مختلفی معین شده‌است که با جوانه‌زنی بذر و نهایتاً رشد گیاهچه‌های چغندرقند ارتباط زیادی دارد. (Longden, 1973).

جدول ۲- نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل تیمارهای شستشوی بذر× بذر هیبرید بر درصد گیاهچه‌های نرمال، طول ریشه‌چه و وزن خشک گیاهچه در چغندرقند

شستشو	هیبرید	سرعت سبزشدن (در ساعت)	زمان تا ۱۰ درصد سبزشدن (ساعت)	زمان تا ۹۰ درصد سبزشدن (ساعت)
بدون شستشو	پارس	۰/۰۱۱ b	۶۲/۹b	۲۰۶b
	شکوفا	۰/۰۰۵c	۸۵a	۲۹۷a
شستشو	پارس	۰/۰۱۳ a	۴۳/۸c	۱۷۶c
	شکوفا	۰/۰۱۲ab	۴۵/۸c	۲۰۰ c

میانگین کلیه تیمارها از نظر سرعت سبزشدن در حالت بدون شستشو و با شستشو به ترتیب ۰/۰۰۸۰۲ و ۰/۰۱۲۴۳ در ساعت بود. سرعت سبز شدن در تیمارهای شاهد برای حالت بدون شستشو و بعد از شستشو به ترتیب ۰/۰۰۸۷۲ و ۰/۰۱۵۱۶ بنابراین در تیمار شاهد شستشو باعث شده سرعت سبزشدن معادل ۷۳/۸۵ درصد افزایش یابد (جدول ۴). در بین تیمارهای مختلف در حالت بدون شستشو به غیر از تیمارهای روکش بذر با آمینول‌فورته با مقادیر۲۵/۲۴ و ۵۰/۵۰ میلی‌لیتر در هر کیلوگرم بذر چغندرقند، هیومی‌فورته به مقدار ۵۰/۵۰ میلی‌لیتر در هر کیلوگرم بذر چغندرقند و هیومیکا به مقدار ۳۰ میلی‌لیتر در هر کیلوگرم بذر چغندرقند در بقیه تیمارها سرعت سبزشدن کمتر از تیمار شاهد بود. حذف مواد بازدارنده با شستشوی بذر باعث افزایش در سرعت سبزشدن شده است. جدول ۳ با بررسی میانگین اثرات متقابل تیمار شستشوی بذر × روکش بذر نشان داد تیمار روکش بذر با هیومیکا به مقدار ۱۰ و ۲۰ میلی‌لیتر در کیلوگرم بذر توام با شستشوی بذر به ترتیب با ۰/۰۱۶۱۱ و ۰/۰۱۵۶۳ در ساعت بیشترین سرعت سبزشدن را در بین تیمارهای مختلف به خود اختصاص داد. زمان تا ۹۰ درصد سبزشدن در تیمار بدون شستشو در تیمار شاهد به ترتیب برای تیمارهای بدون شستشو و شستشو به ترتیب ۲۵۶/۸۶ و ۱۹۰/۱۳ ساعت بود بنابراین در تیمار بدون شستشوی بذر تفاوت بین تیمارها از نظر زمان تا ۹۰ درصد سبزشدن قابل توجه نبود ولی در تیمار شستشوی بذر، زمان تا ۹۰ درصد سبزشدن در تیمارهای فسنوترن (با مقادیر ۱۲/۶۲، ۲۵/۲۴ و ۵۰/۵۰ میلی‌لیتر فسنوترن در هر کیلوگرم بذر چغندرقند) و هیومی‌فورته (با مقادیر ۱۲/۶۲، ۲۵/۲۴ و ۵۰/۵۰ میلی‌لیتر هیومی‌فورته در هر کیلوگرم بذر چغندرقند) به طور

معنی‌داری بیشتر از شاهد بود ولی در تیمارهای آمینول‌فورته (با مقادیر ۲۵/۲۴ و ۵۰/۵۰ میلی‌لیتر آمینول‌فورته در هر کیلوگرم بذر چغندرقند)، هیومیکا (با مقادیر ۱۰، ۲۰ و ۳۰ میلی‌لیتر در هر کیلوگرم بذر چغندرقند) و تیمار چسب (کربوکسی‌متیل سلولز + بایندر) کمتر از تیمار شاهد بود. دراین صورت شستشوی بذر نه‌تنها باعث کاهش زمان تا ۹۰ درصد سبزشدن شده‌است بلکه در تیمارشستشوی بذر و تیمار شاهد اختلاف بین هیبریدها نیز از نظر زمان تا ۹۰ درصد سبزشدن معنی‌دار شده است.

جدول ۳ نتایج اثرات متقابل شستشوی بذر × تیمار پوشش بذر برسرعت سبزشدن و زمان تا ۹۰ درصد سبزشدن

پوشش‌دارکردن	سرعت سبزشدن (در ساعت)		زمان تا ۹۰ درصد سبزشدن (ساعت)	
	بدون شستشو	شستشو	بدون شستشو	شستشو
فسنوترن (۱)	۰/۰۰۶۹g-j	۰/۰۱۰۷c-h	۲۳۸/۲a-f	۱۹۷d-h
فسنوترن (۲)	۰/۰۰۶ i-j	۰/۰۱۱۴b-g	۲۶۹/۱abc	۲۲۶/۷b-g
فسنوترن (۳)	۰/۰۰۶۴hij	۰/۰۰۹۲ e-j	۲۸۱/۹ab	۲۲۵/۲b-g
آمینول‌فورته(۱)	۰/۰۰۵۳ j	۰/۰۱۰۵ d-i	۳۰۲/۷a	۲۰۰/۷c-h
آمینول‌فورته(۲)	۰/۰۰۹۳ e-j	۰/۰۱۶۴a	۲۴۸/۵a-e	۱۴۷/۲hi
آمینول‌فورته(۳)	۰/۰۱۱ c-h	۰/۰۱۳۰ a-f	۲۱۷/۳b-h	۱۷۰/۵f-i
هیومی‌فورته(۱)	۰/۰۰۶۵hij	۰/۰۱۱۳ b-g	۲۶۳/۴a-d	۲۰۷/۲c-h
هیومی‌فورته(۲)	۰/۰۰۸۱ g-j	۰/۰۰۹۹ e-i	۲۵۸/۵a-e	۲۲۴b-g
هیومی‌فورته(۳)	۰/۰۰۹۲ e-j	۰/۰۰۶۷hij	۲۳۸/۲a-f	۲۶۰/۴a-e
هیومیکا (۱)	۰/۰۰۸۵ f-j	۰/۰۱۶۱a	۲۴۴/۳ a-e	۱۵۰/۵hi
هیومیکا (۲)	۰/۰۰۸۷ f-j	۰/۰۱۵۶ab	۲۳۲/۱b-g	۱۲۵/۴i
هیومیکا (۳)	۰/۰۰۹۴ e-j	۰/۰۱۴۵a-d	۲۳۱/۴b-g	۱۴۹hi
چسب	۰/۰۰۸۷ f-j	۰/۰۱۳۳a-e	۲۴۳/۰a-e	۱۶۵/۱ghi
شاهد	۰/۰۰۸۷ f-j	۰/۰۱۵۲abc	۲۵۶/۹a-e	۱۹۰/۱e-i

جدول ۴-نتایج اثرات متقابل تیمارهای شستشوی بذر× بذر هیبرید × تیمار روکش بذر بر درصد سبزشدن چغندرقند

تیمارشستشو	پوشش‌دار کردن	درصد سبزشدن	
		پارس	شکوفا
بدون شستشو	فسنوترن (۱)	۸۳/۸b-l	۷۸/۹f-m
	فسنوترن (۲)	۸۱/۵d-m	۸۶/۶a-k
	فسنوترن (۳)	۴۹/۳n	۸۶/۷a-k
	آمینول‌فورته(۱)	۸۴/۹a-l	۸۱/۱d-m
	آمینول‌فورته(۲)	۸۳/۷b-l	۸۰e-m
	آمینول‌فورته(۳)	۹۲/۷a-h	۷۸/۹f-m
	هیومی‌فورته(۱)	۹۰/۴a-j	۷۸/۹f-m
	هیومی‌فورته(۲)	۸۷/۱a-k	۷۳/۴klm
	هیومی‌فورته(۳)	۵۱/۱n	۶۷/۸m
	هیومیکا (۱)	۸۶a-k	۷۶/۷i-m
	هیومیکا (۲)	۹۳/۸a-g	۷۷/۸h-m
	هیومیکا (۳)	۸۷/۱a-k	۹۰a-i
	چسب	۸۶a-k	۷۸/۹f-m
	شاهد	۷۸/۲g-m	۷۵/۶j-m
شستشو	فسنوترن (۱)	۹۲/۱a-i	۸۷/۸a-k
	فسنوترن (۲)	۸۷/۸a-j	۸۲/۲c-m
	فسنوترن (۳)	۷۸/۹f-m	۷۶/۷i-m
	آمینول‌فورته(۱)	۸۹/۷a-j	۸۱/۱d-m
	آمینول‌فورته(۲)	۹۷/۷۷abc	۹۳/۳a-h
	آمینول‌فورته(۳)	۱۰۰a	۹۶/۷a-d
	هیومی‌فورته(۱)	۸۳/۳b-m	۷۷/۸h-m
	هیومی‌فورته(۲)	۹۲/۲a-i	۷۰lm
	هیومی‌فورته(۳)	۸۷/۱a-k	۶۷/۸m
	هیومیکا (۱)	۹۴/۴a-f	۹۱/۱a-k
	هیومیکا (۲)	۹۸/۹ab	۹۸/۹ab
	هیومیکا (۳)	۱۰۰a	۹۵/۶a-e
	چسب	۹۵/۶a-e	۸۸/۹ a-k
	شاهد	۸۸a-k	۸۷/۸a-k

مقایسه میانگین داده‌های حاصل از گلخانه (جدول ۵) مشخص کرد در بین بذر هیبریدهای منوژرم چغندرقند، هیبرید پارس از نظر درصد استقرار نسبت به شکوفا برتر بود. به‌طوری که، درصد استقرار هیبرید پارس و شکوفا به ترتیب ۷۵/۷ و ۵۷/۶ ذرصد بود. درصد استقرار بوته در تیمارهای پوشش‌دار کردن بذر با آمینول‌فورته (به مقدار ۲۵/۲ میلی‌لیتر آمینول‌فورته در هر کیلوگرم بذر چغندرقند) و هیومیکا (به مقدار ۲۰ میلی‌لیتر هیومیکا در هر کیلوگرم بذر چغندرقند) به ترتیب با ۸۳/۸ و ۸۰/۴ درصد استقرار بوته، نه تنها نسبت به دیگر تیمارها بلکه نسبت به شاهد هم بیشتر بود. براساس نتایج حاصل از مقایسه میانگین درصد استقرار بوته، در بین تیمارهای مختلف پوشش بذر، کاربرد فسنوترن با مقادیر ۱۲/۶، ۲۵/۲ و ۵۰/۵ میلی‌لیتر در هر کیلوگرم بذر چغندرقند و هیومی‌فورته با مقادیر ۲۵/۲ و ۵۰/۵ در هر کیلوگرم بذر در پوشش بذر چغندرقند دارای کمترین درصد استقرار بوته بود و باعث کاهش استقرار بوته‌ها نسبت به شاهد شدند. درصد استقرار بوته برای تیمار شاهد ۶۹/۸ درصد بود. به نظر می‌رسد افزایش درصد استقرار گیاهچه با روکش بذر، در پژوهش حاضر نتیجه تأثیر مستقیم عناصرغذایی و محرک‌های رشد به کار برده شده باشد به طوری که گزارشات نشان می‌دهد که

عناصرکم مصرف نقش زیادی در سیستم‌های آنزیمی گیاهان بر عهده دارند (Mckenzie, 1992) و در فعالیت‌های آنزیمی شرکت می‌کنند و احتمالاً این عناصر با تأثیر بر ساخت پروتئین‌ها و تولید آنزیم‌های هیدرولیزکننده و سایر سیستم‌های سلولی که برای انتقال مواد اندوخته‌ای دانه مورد استفاده قرار می‌گیرد موجب افزایش درصد استقرار گیاهچه شده‌اند. در برخی تیمارهای پوشش بذر که درصد اسقرار بوته کمتر از شاهد بود لازم است در مورد غلظت تیمارها بررسی‌های بیشتری صورت بگیرد. درصد استقرار بوته در هیبرید پارس به طور قابل‌ملاحظه‌ای بیشتر از هیبرید شکوفا بود. و به نظر می‌رسد این مربوط به ویژگی‌های ژنتیکی هیبرید پارس باشد که باعث شده عملکرد بهتری در مقایسه با هیبرید شکوفا داشته باشد. بر اساس نتایج حاصل از مقایسه میانگین درصد استقرار بوته (شکل ۱)، مشخص شد شستشوی بذر چغندرقند اثر مثبتی بر درصد استقرار بوته داشته است؛ به نظر می‌رسد شستشوی بذر با حذف مواد بازدارنده‌ی جوانه‌زنی باعث شده است عملکرد تیمار شستشوشده در مقایسه با عدم شستشو افزایش یابد. اساس موفقیت در مدیریت و سودمند بودن زراعت چغندرقند، استقرار تعداد بوته مناسب در واحد سطح می‌باشد. با استقرار تعداد بوته مناسب در واحد سطح، مهمترین کار مدیریتی در زراعت چغندرقند انجام شده است.

جدول ۵- مقادیر درصد استقرار بوته در هیبریدهای چغندرقند وتیمارهای مختلف پوشش‌بذر

تیمار پوشش‌دار کردن بذر	درصد استقرار
فسنوترن (۱)	۶۰/۸def
فسنوترن (۲)	۵۲/۱fg
فسنوترن (۳)	۴۵g
آمینول‌فورته(۱)	۶۸/۸b-e
آمینول‌فورته(۲)	۸۳/۸a
آمینول‌فورته(۳)	۷۶/۷abc
هیومی‌فورته(۱)	۷۵/۸abc
هیومی‌فورته(۲)	۶۰def
هیومی‌فورته(۳)	۵۷/۱efg
هیومیکا (۱)	۶۳/۳c-f
هیومیکا (۲)	۸۰/۴ab
هیومیکا (۳)	۷۲/۹a-d
شاهد	۶۹/۸a-e
LSD (0.05%)	۱۴/۸۵
بذر هیبرید منوژرم	
پارس	۷۵/۷ a
شکوفا	۵۷/۶ b
LSD (0.05%)	۵/۸

شکل۱: مقایسه میانگین اثرات تیمار شستشوی بذر بر روی درصد استقرار

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این تحقیق نشان داد که روکش‌دار کردن بذر بعد از شستشوی بذر کارایی روکش‌دارکردن بذر چغندرقند را افزایش داد. به‌طوری که درصد استقرار بوته در تمامی تیمارهای روکش بذر بعد از تیمار شستشوی بذر در مقایسه با روکش بذر بدون شستشوی قبلی بذر، به طور قابل توجهی بیشتر بود بنابراین برای افزایش جوانه‌زنی و استقرار بوته اجرای تیمار شستشوی بذر به‌ویژه قبل از روکش‌دار کردن بذر توصیه می‌شود. نتایج این آزمایش نشان داد که در بین تیمارهای مختلف، تیمارهای روکش بذر با آمینول فورته و هیومیکا باعث افزایش درصد استقرار بوته شده و تاثیر هیومیکا در افزایش استقرار بوته از آمینول فورته هم بیشتر بود.

منابع

فرزانه، س. ۱۳۸۸. تعیین شاخص‌های رسیدگی تکنولوژیکی و زراعی چغندرقند بذری. گزارش نهایی. موسسه تحقیقات اصلاح وتهیه بذر چغندرقند. ۴۸ صفحه.

Copeland, L.O., and McDonald, M.B. 2001. Principles of seed science and technology (4thed.). Published by Springer Science-Business Media, LLC. New York.

Bishnoi, U.R., Wilhite, J. 2005. Germination and stand establishment of polymer coated canola (*Brassica napus* L.) seeds subjected to moisture stress and various planting depths and soils. Seed Technology journal, 27:161–166.

Flangan, E. 2002.The control of seed quality and its relation to crop productivity.*Seed Scince and Technology*, 220: 11-25.

Gawronaka, H. 2008. Biostimulators in modern agriculture (general aspects). ArystaLifeScience. Published by the editorial House WiesJutra, Limited. Warsaw. P.89 .

Longden, P.C. 1973. Washing sugar beet seed.The Journal of Agricultural Science, 77: 154-162. Rice, S.D., Thomas, R.E., Carls, M.G., Heintz, R., Wertheimer, A.C. 2001. Impacts to pink salmon following the Exxon Valdez Oil Spill: persistence, toxicity, sensitivity, a

nd controversy. Reviews in Fishery Science, 9: 165-211.

Scott, R. K., and Jaggard, K. W. 1978.Theoretical criteria for maximum yield. pp.179-198. In: Proceedings of the 41st Winter Congress. Institut Int. de Recherches,Betteravieres, France.

Singh, M.V. 2007. Efficiency of seed treatment for ameliorating zinc deficiency in crops. In: Zinc Crops 2007, Improving Crop Production and Human Health, 24–26 May, 2007, Istanbul, Turkey.

Starck, Z. 2005. Application of growth regulators and biostimulators in modern plant cultivation (in Polish). RolnikDzier¿awca.Growing assistant, 2: 74-86.

Thomas, J., Mandal, A., Raj Kumar, H., Chordia, A. 2009. Role of biologically active amino acid formulations on quality and crop productivity of Tea *(Camellia sp.)*. International Jurnal of Agriculture Research, 4: 228 – 236.

Topic for submission: Novel Technologies in Soil Science

The effect of seed coating with fertilizer containing nutrients and growth stimulants on the emergence and plant establishment of sugar beet

S. Farzaneh[1]*, Sh. Khodadadi,[2] A. Gholipour[3],
salimfarzaneh @yahoo.com>.
1- Dept. of Plant Breeding and Agronomy, Ardabil University of MohagheghArdabili. Ardabili, Iran,
2-Sugar Beet Seed Institute, Agriculture Research, Education and Extension Organization. (AREEO). Karaj, Iran.
3- Master of Agriculture and Plant Breeding, Ardabil University of MohagheghArdabili. Ardabili, Iran,

Abstract

This study aimed to evaluate the effect of sugar beet (Beta vulgaris) seed coating with fertilizer containing nutrients and growth stimulants FOSNOTRON, AMINOL-FORTE, HUMI-FORTE and HUMICA on the emergence and plant establishment of sugar beet was conducted as factorial in a completely randomized design with three replications in 2016 at the Faculty of Agronomy and Natural Resources of Mohaghegh Ardebil University. Seed washing (washing and not-washing), Varity (Shekofa-Persian) and various and the different amounts of FOSNOTRON, AMINOL-FORTE, HUMI-FORTE and HUMICA products, together with a control (uncoated), were factors of this experiment. The results showed that seed washing treatment in both hybrids increased the speed of emergence and this necessitates seed washing of the sugar beet seed, before seed coating. In general, the results showed that seed coating with HUMICA at 10 and 20 ml / kg seeds Along with seed washing had the highest rate of emergence among different treatments. The results showed that Pars hybrid had a higher of plan establishment than the Shekofa. The percentage of plant establishment in seed coating treatments with AMINOL-FORTE (25.24 ml AMINOL-FORTE per kg of sugar beet seed) and HUMICA(20 ml HUMICA per kg of sugar beet seed), respectively was more than other treatments and more than control. In this research, seed coating with HUMICA and AMINOL-FORTE improved emergence and increased plant establishment, but more studies are needed on the concentration of these two compounds.

Keywords: plant establishment, sugar beet, time to 90% emergence, HUMICA

محور مقاله: فن آوریهای نوین در علوم خاک

استفاده از دستگاه TGA برای شناسایی و مقایسه سلولز ضایعات خرما برای ساخت کود کند رهش بر پایه سلولز

نجمه سالاری بردسیری[۱*]، مجید حجازی مهریزی [۲]، هرمزد نقوی[۳]، ربیع بهروز اشکیکی [۴] و مجید فکری[۵]
[۱] دانشجوی دکتری شیمی و حاصلخیزی خاک، دانشگاه شهید باهنر کرمان
[۲] دانشیار گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان
[۳] استادیار مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمان
[۴] دانشیار دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس
[۵] استاد دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه شهید باهنر کرمان

چکیده

کود دهی، رشد گیاهان را افزایش داده و وضعیت تغذیه‌ای گیاه را بهبود می‌بخشد، اما مصرف بی‌رویه کودها موجب افزایش نگرانی در مورد اثرات نامطلوب بر محیط زیست، خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک شده است. یکی از روش‌های موثر جهت غلبه بر مشکلات مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی، توسعه کودها با رهش کنترل شده می‌باشد. پلی‌مرهای زیستی از جمله مناسب‌ترین ترکیبات طبیعی جهت سنتز سیستم‌های کندرهش عناصر غذایی می‌باشند. در زمینه استفاده از ترکیبات سلولزی ضایعات خرما با کودهای رایج مطالعات زیادی در کشور برای ساخت کودهای کند رهش انجام نشده است.در این تحقیق از سلولز استخراج شده از سه نوع ضایعات خرما از قبیل خوشه ها، برگ های سبز و لیف خرما برای کند رهش کردن کودهای رایج شیمیایی استفاده شده است تا کارایی کودها افزایش یابد. سلولز این ضایعات با جوشاندن در محلول هیدروکسید سدیم و اسید استیک و نیتریک استخراج شدند. دمای حدود ۳۵۰ درجه سلسیوس در پیک های بدست آمده از دستگاه تحلیل وزن سنجی گرمایی Thermo-)TGA gravimetric Analysis) بیشینه تخریب را نشان داده است که این دما در نمودارهای هر سه نوع ضایعات خرما مشابه با پیک سلولز خالص مشاهده شد، که نشان دهنده سلولز بودن ماده استخراجی این ضایعات است. در مرحله بعد سلولز ضایعات با کودهای شیمیایی(اوره و سوپرفسفات تریپل) به نسبت ۲ به ۱ مخلوط و کودهای کند رهش مورد نظر ساخته شدند.

کلمات کلیدی: سلولز، ضایعات درخت خرما، کودهای کند رهش، دستگاه تحلیل وزن سنجی گرمایی (TGA)

مقدمه

تأمین عناصر غذایی معدنی گیاه از مهم‌ترین نیازهای مرتبط با تولیدات محصولات گیاهی می‌باشد. در سال‌های گذشته عناصر غذایی مورد نیاز گیاه بیشتر توسط حاصلخیزی طبیعی خاک و تنها درصد کمی از آن توسط مصرف کودها تأمین می‌گردیده است(Wang و همکاران، ۲۰۱۳). اما مصرف جهانی کود در ۵۰ سال اخیر رشد چشمگیری داشته است، به همین دلیل جهت افزایش ظرفیت تولید محصولات کشاورزی برای جمعیت رو به رشد جهان، نیاز به مدیریت مناسب مصرف کودهای شیمیایی است (Ni و همکاران ۲۰۱۰). در چند سال اخیر کارایی استفاده از کودهای نیتروژنه، فسفاته و پتاسه به ترتیب در حدود ۳۰-۳۵، ۱۸-۲۰ و ۳۵-۴۰ درصد برآورد شده است. این موضوع بیانگر آن است که بخش زیادی از کودهای شیمیایی هدر می روند(Guler، ۲۰۰۶).

کودهای کندرها می‌توانند راه حل مناسبی برای غلبه بر مشکلات بیان شده کودهای رایج شیمیایی باشند. کودهای کندرهش بر مبنای کاستن میزان حلالیت در آب تولید و منجر به فراهم شدن عنصر غذایی در مدت زمان طولانی‌تری گردیده و کارآیی مصرف کود را افزایش می‌دهند(Trinh و همکاران، ۲۰۱۶). از جمله مواد پوششی پلیمری که اخیراً توجه زیادی در تحقیقات به خود جلب کرده‌اند، نانوکامپوزیت‌ها می‌باشند. در میان مواد متعدد استفاده شده برای تشکیل نانوکامپوزیت‌ها، پلی‌ساکاریدهایی مانند سلولز، نشاسته و کیتوزان در مقایسه با پلیمرهای سنتزی، به دلایل اقتصادی، سازگاری زیستی، غیرسمی و زیست تخریب‌پذیر بودن کاربرد زیادی دارند (Wang و همکاران، ۲۰۱۰). سلولز پلیمری طبیعی با وزن مولکولی بالا، که در اسکلت یا ساختار محافظ گیاهان به همراه همی سلولز به عنوان ماده اسکلتی پلی ساکاریدی غیر شاخه دار دیده می‌شود و فراوان ترین ماده آلی بر روی کره

*ایمیل نویسنده مسئول: ns.64925@gmail.com

زمین است که حدود ^{11} ۱۰ تن در سال از درختان تولید می‌شود(Senna و همکاران، ۲۰۱۵). در اواسط قرن نوزدهم، دانشمندان آلمانی و انگلیسی، ایده استفاده از موادی که به سختی در آب محلول بوده و موجب آزادسازی تدریجی ماده مغذی در خاک می گردد را ارائه دادند. این اقدام نهایتا منجر به جلوگیری از اتلاف سریع مواد مغذی کودهای شیمیایی مخصوصا ترکیبات نیتروژنه گردید. رهش کنترل شده یکی از روش های بسیار مهم در تامین مقدار ماده مورد نیاز در زمان خواسته شده در زمینه های مختلف مانند کشاورزی، داروسازی و غیره می باشد. کودهای کندرهش معمولا با استفاده از روش پوشش دهی تهیه شده و از طریق ایجاد یک مانع فیزیکی، سبب کاهش سرعت انحلال کودهای محلول در آب می شوند.کیا او و همکاران (۲۰۱۶) از نشاسته ذرت، سیب زمینی و کاسیوا همراه با اتیل سلولز برای کندرها کردن اوره استفاده کردند. این دانشمندان اتیل سلولز را به عنوان پوشش داخلی و پلیمر نشاسته را به عنوان پوشش خارجی کود اوره انتخاب کردند و میزان هدرروی کود اوره را کاهش دادند (Qiao و همکاران، ۲۰۱۶). علی‌رغم وجود مطالعات زیاد در زمینه به‌کارگیری کودهای کندرهش به‌عنوان منبع تأمین کننده عناصر غذایی مورد نیاز و تأمین آب گیاهان، در کشور ما توجه چندانی به تولید چنین محصولاتی نشده است. همچنین در زمینه ترکیبات سلولزی تنها با کودهای رایج مطالعاتی انجام نشده است. ترکیبات سلولزی را می‌شود از بقایای گیاهی محصولات کشاورزی استخراج کرد. در استان کرمان، حدود ۲۴۰۰۰ هکتار کشت درخت خرما وجود دارد که مقدار ۱۴۵۲۰ تن مربوط به خوشه خرما، ۱۴۵۲۰۰ تن مربوط به برگ خرما و ۲۴۲۰ تن مربوط به لیف خرما است. در این تحقیق، ترکیبات سلولزی را از ضایعات خرما استخراج و سپس از این ترکیبات سلولزی برای کند رها کردن کود استفاده شدند. ضرورت انجام این تحقیق استفاده از سلولز ضایعات خرما استان کرمان در کند رهش کردن کودهای شیمیایی رایج است. تا کارایی کود افزایش، از مصرف بی رویه آن در کشاورزی جلوگیری و همچنین از هدر روی ضایعات کشاورزی در اطراف باغات جلوگیری شود.

مواد و روش‌ها

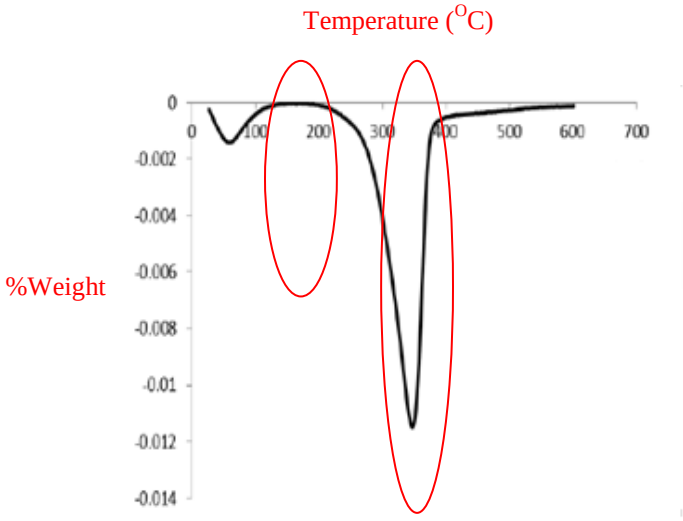
با بررسی ضایعات کشاورزی استان کرمان، ضایعات خرما از قبیل خوشه، برگ سبز و لیف خرما از مناطق بم استان کرمان جمع آوری و به آزمایشگاه مرکز تحقیقات کشاورزی کرمان آورده شدند و نمونه پودر و خشک شده آنها تهیه شد. برای استخراج سلولز وزن مشخصی از هر کدام از پودر ضایعات با محلول هیدروکسید سدیم به مدت یک ساعت و سپس در مخلوط (اسید استیک بعلاوه اسید نیتریک) به مدت ۳۰ دقیقه جوشانده شدند و سپس خمیرهای سلولزی به دست آمده تا خنثی سازی کامل با آب مقطر شست و شو داده شدند. در پایان نمونه‌ها را هوا خشک و درصد استخراج این سه نوع سلولز را با توجه به مقدار اولیه محاسبه شدند (Turbek و همکاران، ۲۰۱۱). برای شناسایی سلولز های استخراج شده این سه نوع ضایعات خرما از دستگاه تحلیل وزن سنجی گرمایی TGA استفاده شد. در مرحله بعد سلولز ضایعات با کودهای شیمیایی(اوره و سوپرفسفات تریپل) به نسبت ۲ به ۱ مخلوط و کودهای کند رهش مورد نظر ساخته شدند.

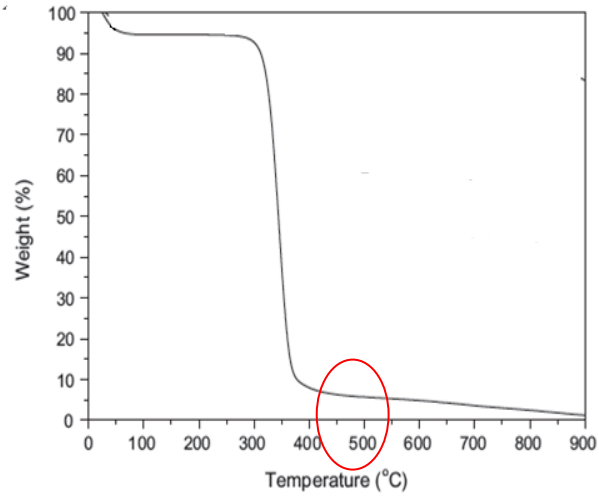
نتایج و بحث

تصاویری از سلولزهای استخراج شده از این سه نوع ضایعات از درخت خرما در شکل ۱ نشان داده شده است. مقادیر سلولز استخراج شده از خوشه خرما نسبت به برگ و لیف خرما بیشتر و رنگ سلولز استخراج شده از خوشه خرما کاملا سفید بود که این نشان دهنده خلوص بهتر سلولز این تیمار است. برای شناسایی ماده سلولز استخراج شده، از دستگاه تحلیل وزن سنجی گرمایی TGA استفاده شد. دستگاه وزن سنجی گرمایی TGA یکی از روش های نوین اندازه گیری ویژگی های مواد شیمیایی به خصوص مواد پلیمری است که تغییرات وزن ماده را به صورت تابعی از دما یا زمان در یک اتمسفر کنترل شده ثبت می‌کند. در این آزمون در یک اتمسفر کنترل شده طبق برنامه دمایی مشخص به نمونه حرارت اعمال می‌شود(Rahimi and Behruz, 2009). نمودار تحلیل گرمای تخریب نمونه‌های مورد مطالعه در شکل‌های ۳، ۴ و ۵ نشان داده شده است. در همه نمونه‌ها مشابه با نمونه سلولز خالص، کاهش وزن اولیه ای در دمای زیر ۱۰۰ درجه سلسیوس آغاز شده، که این کاهش وزن مربوط به خروج بخار ناشی از رطوبت است و کاهش وزن در دمای ۳۵۰ درجه سلسیوس هم مربوط به تخریب زنجیره‌های سلولزی و تبدیل گلوکز به دی اکسید کربن و یا ترکیبات فرار دیگر می‌باشد. چن و همکاران (۲۰۱۱) در تحقیقات خود برای جداسازی و مشخص کردن نانوسیم های سلولز از چهار الیاف سلولز گیاهی و شناسایی آنها با TGA به این نتیجه رسیدند که قله اصلی دما در مشتق TGA در حدود ۳۵۰ درجه سلسیوس بوده است(Chen و همکاران ، ۲۰۱۱). در ساخت کود

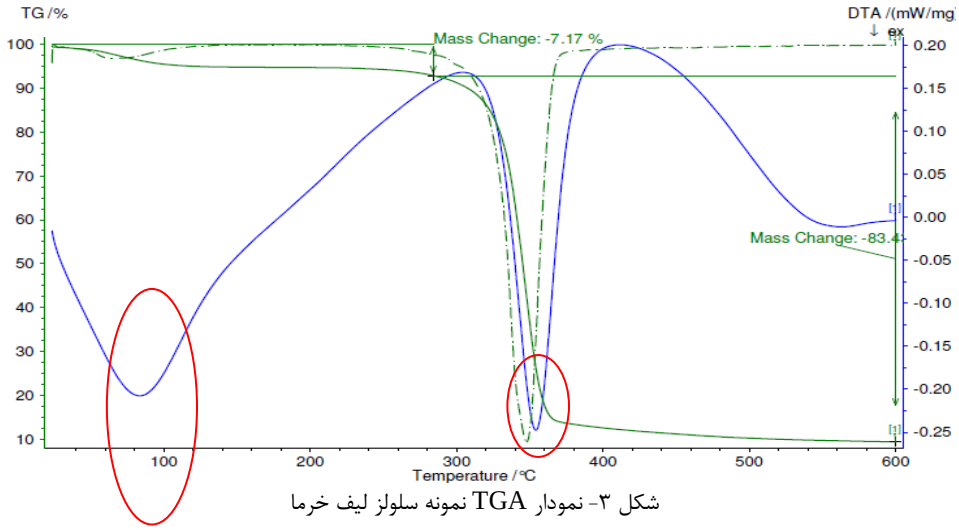
کند رهش، سلولز ضایعات مورد نظر با کودهای شیمیایی(اوره و سوپرفسفات) به نسبت ۲ به ۱ مخلوط و برای افزایش کارایی این کودها نمونه ها به شکل قرص های کوچک ساخته شدند.

شکل ۱. نمونه سلولز های استخراج شده(الف: لیف خرما، ب: خوشه خرما، ج: برگ سبز درخت خرما)

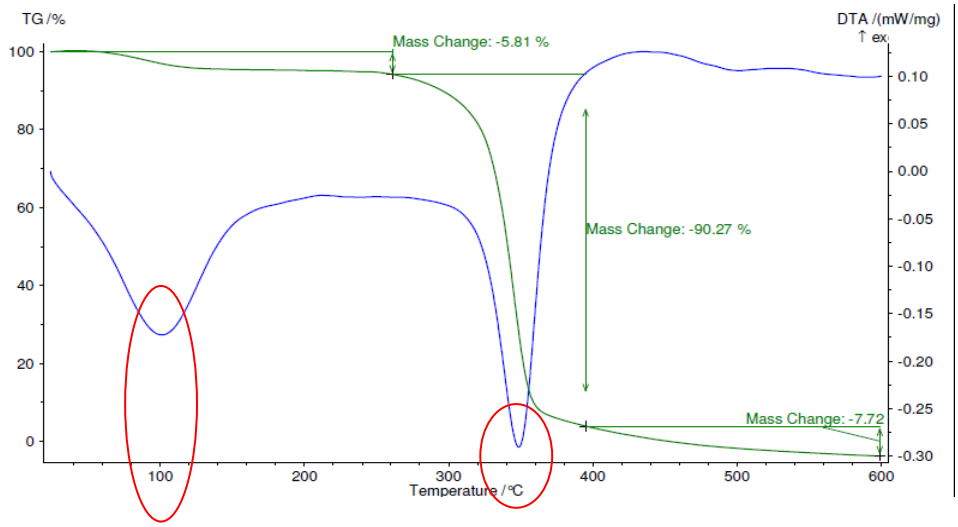




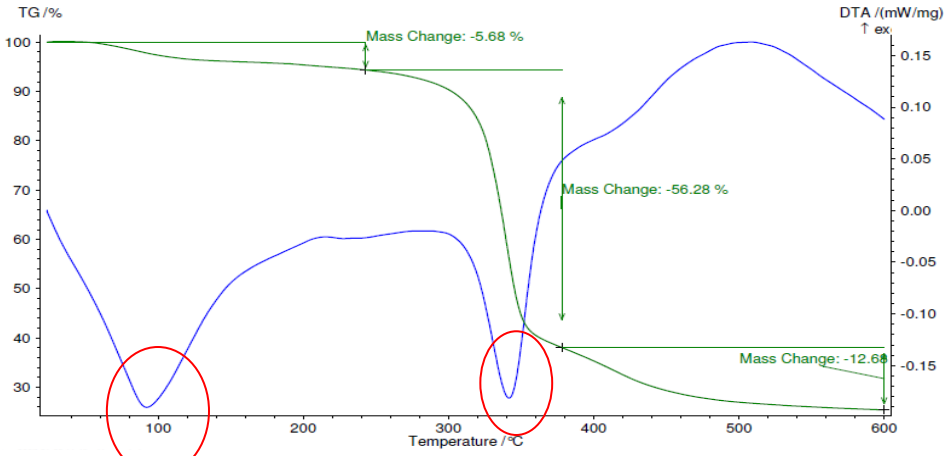
شکل ۲-نمودار پیک TGA نمونه سلولز خالص(Cheng et al , 2012)



شکل ۳- نمودار TGA نمونه سلولز لیف خرما



شکل ۴- نمودار TGA نمونه سلولز خوشه خرما



شکل ۵- نمودار TGA نمونه سلولز برگ سبز خرما

منابع:

Chen,W., Yu, H., Liu, Y., Hai, Y., Zjang, M., Chen, P., 2011. Isolation and characterization of cellulose nanofibers from four plant cellulose fibers using a chemical-ultrasonic process, Cellulose 18:433-442.

Guler, S. 2006. Developments on fertilizer consumption of the world and Turkey. J. of Fac. of Agric., OMU: 21(2): 243-248.

Cheng, K., Winter, W., Stipanovic, A. 2012. A modulated-TGA approach to the kineticsof lignocellulosic biomass pyrolysis/combustion, Polym. Degrad. Stab. 97: 1606–1615.

Ni, B., M. Liu., S. Lu., L. Xie and Y. Wang. 2010. Multifunctional Slow-Release Organic-Inorganic Compound Fertilizer. *J. Agr. Food Chem*. 58: 12373-12378.

Qiao, D., Liu, H., Yu, L., Bao, X., Simon, G., Petinakis, E., and Chen, L. 2016. Preparation and characterization of slow-release fertilizerencapsulated by starch-based superabsorbent polymer Dongling. Carbohydrate Polymers 147 : 146–154.

Rahimi, M., Behruz, R. 2009.Produce of Nanocrystalline cellulose from Wheat straw, M.Sc thesis, The university of Natural Resources and Marine Sciences of Tarbiat Modarres. 70 p.

Senna, A., Janaina, M. B., Jose, S., and Vagner, R. B. 2015. Synthesis, characterization and application of hydrogel derived from cellulose acetate as a substrate for slow-release NPK fertilizer and water retention in soil. Journal of Environmental Chemical Engineering. 3: 996-1002.

Trinh, T. H., and Kushaari., K. 2016. Dynamic of Water Absorption in Controlled Release Fertilizer and its Relationship with the Release of Nutrient. Procedia Engineering. 148: 319-326.

Turbek, A.F., Snyder, F.W., Sandberg, K.R. 2011. "Microfibrillated cellulose, a new cellulose product: Properties, uses and commercial potential", Applied Polymer Symposia, Vol.37, pp.815-827.

Wang, J., Wen-Zhao, L., Han-Feng, M., and Ting-Hui, D. ۲۰۱۰. Inorganic Phosphorus Fractions and Phosphorus Availability in a Calcareous Soil Receiving 21-Year Superphosphate Application. Soil Science Society of China. 20: 304-310. Wang, J., Zhou, X., and Xiao, H. 2013. Structure and properties of cellulose/poly(N-isopropylacrylamide) hydrogels prepared by SIPN strategy Carbohydr. , Polym . 94 (2) :749–754doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.carbpol.2013.01.036. 23544629

,

Topic for submission: Novel Technologies in Soil Science

Using TGA device to identify and compare the cellulose of the palm wastes to make cellulose-based slow-release fertilizer

Salari Bardsiri, N[*1], Hejazi-Mehrizi, M[2], Naghavii, H[3], Eshkiki- Behrooz, R[4] , Fekri, M[5]

[1]MsPH., Soil Science Department, Faculty of Agriculture University of Shahid Bahonar Kerman, Iran

[2,5] Associate Prof., Soil Science Department, Faculty of Agriculture University of Shahid Bahonar Kerman, Iran

[3] Associate Prof., Soil and Water Research Department, Kerman Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Kerman, Iran

[4] Associate Prof., Wood &Paper Science&Technology Department,Faculty of Natural Resources & Marine Science, Tarbiat Modares University, Noor, Mazandaran , Iran

Abstract

Fertilization enhances the growth of plants and improves plant nutritional status. However, the increased use of fertilizers increases the concern about the adverse effects on the environment and physical and chemical properties of the soil. One of the effective methods to overcome the problems of immethodical use of fertilizers is to develop fertilizers with a controlled release. Biopolymers are one of the most suitable natural compounds for the synthesis of slow-release systems of nutrient elements. There is no many study in our country conducted on the application of cellulosic compounds of palm wastes with conventional fertilizers to product slow-release fertilizers. In this research, the cellulose extracted from three types of Palm tree wastes, such as clusters, leaves and fibers was used to slow down the release of commonly used chemical fertilizers in order to increase the fertilizer efficiency. The cellulose of these wastes was extracted by boiling them in a solution of sodium hydroxide and acetic and nitric acids. The temperature of about 350 degrees Celsius at the peaks obtained from the TGA device showed the maximum degradation that this temperature in the charts of all three types of palm wastes was observed as similar to that of pure cellulose peak, indicating the cellulosic nature of the extractive substance of these wastes. In the next step, cellulose waste with chemical fertilizers (urea and triple superphosphate) was made from 2 to 1 mixture and slow-release fertilizers was produced.

Keywords: Cellulose, Palm waste, Slow-release fertilizer, thermal analyzer (TGA)

[*] Corresponding author, Email: ns.64925@gmail.com

شانزدهمین کنگره علوم خاک ایران

دانشگاه زنجان، ۵ تا ۷ شهریور ۱۳۹۸

محور مقاله: فن آوریهای نوین در علوم خاک

بررسی امکان استخراج سلولز از ضایعات خرما برای ساخت کود کند رهش و شناسایی آن‌ها با استفاده از تکنیک طیف‌سنجی مادون قرمز

نجمه سالاری بردسیری[۱*]، مجید حجازی مهریزی [۲]، هرمزد نقوی[۳]، ربیع بهروز اشکیکی [۴] و مجید فکری[۵]

[۱] دانشجوی دکتری شیمی و حاصلخیزی خاک، دانشگاه شهید باهنر کرمان

[۲] دانشیار گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان

[۳] استادیار مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمان

[۴] دانشیار دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس

[۵] استاد دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه شهید باهنر کرمان

چکیده

یک از راهکارهای مقابله با آبشویی نیتروژن و تثبیت فسفر در خاک، استفاده از کودهای کندرهش می‌باشد که نسبت به انواع کودهای رایج مزایایی مانند کاهش میزان تلفات کودی، ذخیره‌ی پایدار غذایی، کاهش تناوب کاربرد و کاهش اثرات منفی استفاده‌ی زیاد را دارا هستند. علی‌رغم وجود مطالعات زیاد در زمینه به‌کارگیری کودهای کندرهش، در کشور ما توجه چندانی به تولید چنین محصولاتی نشده است. همچنین در زمینه استخراج و شناسایی ترکیبات سلولزی از ضایعات کشاورزی و استفاده از آن‌ها با کودهای رایج مطالعاتی انجام نشده است. در این تحقیق امکان استخراج سلولز از سه نوع ضایعات درخت خرما از قبیل خوشه ها، برگ ها و لیف جهت استفاده در تولید کودهای کندرهش مورد بررسی قرار گرفت. سلولز این ضایعات با جوشاندن در محلول هیدروکسید سدیم و اسید(استیک و نیتریک) استخراج و برای شناسایی آن‌ها از دستگاه طیف سنج مادون قرمز (FTIR) استفاده شد. پیک گروههای H-O (طول موج ۳۲۰۰-۳۶۰۰ بر سانتیمتر) ، پیک گروههای H-C (طول موج ۲۹۰۰-۲۹۳۰ بر سانتیمتر) و پیک مربوط به تغییر شکل H-C (طول موج ۱۳۷۲ و ۱۴۳۰) برای هر سه نوع ضایعات مشابه با پیک سلولز خالص مشاهده شدند. در مرحله بعد سلولز ضایعات با کودهای شیمیایی(اوره و سوپرفسفات تریپل) به نسبت ۲ به ۱ مخلوط و کودهای کند رهش مورد نظر ساخته شدند.

کلمات کلیدی: سلولز، ضایعات درخت خرما، کودهای کند رهش، طیف سنج مادون قرمز (FTIR)

مقدمه

در صنایع کشاورزی، کودها به منظور افزایش بازده محصولات کشاورزی با یک چالش دائمی روبرو هستند. کودهای شیمیائی با هرترکیبی که باشند نمی توانند از بازدهی صد درصد برخوردار باشند. از سه ماده مغذی اصلی مورد نیاز گیاهان، نیتروژن سریعتر خاک را ترک می کند(Klemm و همکاران، ۲۰۱۱). مقدار کل ازتی که در جریان مصرف کودهای ازته از دست می رود بین ۳۰ تـا ۵۰ درصـد تخمین زده می شود. البته از دست دادن این مقدار ازکود باعث اتلاف هزینه بخاطر مصرف زیادترکود می شود که به هیچ وجه مطلوب نبوده و به محصول و محیط زیست (آلودگی خاک و منابع

*ایمیل نویسنده مسئول: ns.64925@gmail.com

زیر زمینی آب) نیز آسیب جدی می رساند. بدین منظور، تلاش هایی برای بهبود کودهای شیمیایی که تاکنون مورد استفاده قرار گرفته اند، صورت گرفته است و همچنین کودهای جدیدی نیز مورد بررسی قرار گرفته اند. یکی از راه های جلوگیری از این پدیده استفاده از کودهای کند رها یا کنترل رهش می باشد (Guler، ۲۰۰۶). کودهای کندرها یا به عبارت بهتر کنترل رهش می‌توانند راه حل مناسبی برای غلبه بر مشکلات بیان شده کودهای رایج شیمیایی باشند. کودهای کندرها با قابلیت رهاسازی آرام یا کنترل‌شده، محتویات غذایی خود را به تدریج و منطبق با نیاز غذایی گیاه در خاک رها می‌کنند(Trinh و همکاران، ۲۰۱۶). کودهای کندرها از طریق پوشش‌دار کردن ذرات کودهای شیمیایی توسط موادی که موجب کاهش سرعت انحلال آن‌ها در آب می‌شوند، تهیه می‌گردند. از جمله مواد پوششی پلیمری که اخیراً توجه زیادی در تحقیقات به خود جلب کرده‌اند، نانوکامپوزیت‌ها می‌باشند. در میان مواد متعدد استفاده شده برای تشکیل نانوکامپوزیت‌ها، پلی‌ساکاریدهایی مانند سلولز، نشاسته و کیتوزان در مقایسه با پلیمرهای سنتزی،

به دلایل اقتصادی، سازگاری زیستی، غیر سمی و زیست تخریب‌پذیر بودن کاربرد زیادی دارند (Wang و همکاران، ۲۰۱۰). سلولز فراوان‌ترین ماده آلی بر روی کره زمین است که به مقدار زیادی از درختان تولید می‌شود (Qiao و همکاران، ۲۰۱۶).

اولین مطالعات در زمینه استفاده از کودهای کندرها (کنترل رهش) در سال ۱۹۶۲ انجام و تاکنون نیز پژوهش‌های مختلفی در زمینه استفاده از این نوع کودها جهت تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاهان بدون داشتن اثر سوء بر محیط زیست صورت گرفته است. علی‌رغم وجود مطالعات زیاد در زمینه به‌کارگیری کودهای کندرهش(کنترل رهش) به‌عنوان منبع تأمین کننده عناصر غذایی مورد نیاز و تأمین آب گیاهان، در کشور ما توجه چندانی به تولید چنین محصولاتی نشده است. سنا و همکاران (۲۰۱۵) در تحقیق خود در ساخت و استفاده از هیدروژل بدست آمده از استات سلولز برای کندرهش کردن ازت، فسفر و پتاسیم و حفظ رطوبت خاک به این نتیجه رسیدند که سلولز یک منبع تجدید پذیر است که با محیط زیست سازگار است. برای کند رها کردن کودهای رایج، از اتیل و استات سلولز می توان استفاده کرد (Senna و همکاران، ۲۰۱۵). در زمینه به‌کارگیری پلی‌مرهای زیستی تجزیه‌پذیر آبدوست و آبگریز مانند ترکیبات سلولزی با کودهای رایج مطالعاتی انجام نشده است. ترکیبات سلولزی را می‌شود از بقایای گیاهی محصولات کشاورزی استخراج کرد.

سطح کشت خرما در استان کرمان در حدود ۲۴ هزار هکتار برآورد شده است که ۱۶۲۱۴۰ تن ضایعاتی مانند برگ، شاخه و لیف خرما به دلیل هرس در نخلستان ها رها می شود. این ضایعات در هنگام حوادث غیر مترقبه مانند آتش سوزی های رخ داده در نخلیلات، به افزایش حجم آتش دامن می زد و خسارات جبران ناپذیری را در این منطقه برجای می گذارد. از این مقدار ضایعات خرما مقدار ۱۴۵۲۰ تن مربوط به خوشه خرما، ۱۴۵۲۰۰ تن مربوط به برگ خرما و ۲۴۲۰ تن مربوط به لیف خرما است. که می‌تواند به عنوان یک منبع مناسب و ارزان‌قیمت جهت استخراج سلولز مورد بررسی قرار گیرد. هدف از این مطالعه بررسی امکان استخراج ترکیبات سلولزی از ضایعات خرما و شناسایی آن‌ها جهت استفاده در کودهای کندرها می‌باشد. ضرورت انجام این تحقیق استفاده از ضایعات کشاورزی مهم استان کرمان در کند رهش کردن کودهای رایج است. تا از شستشوی و هدروی این کودها و از مصرف بی رویه آن در کشاورزی جلوگیری شود و همچنین از ضایعات کشاورزی استفاده و دوباره به خاک برگردانده شوند.

مواد و روش‌ها

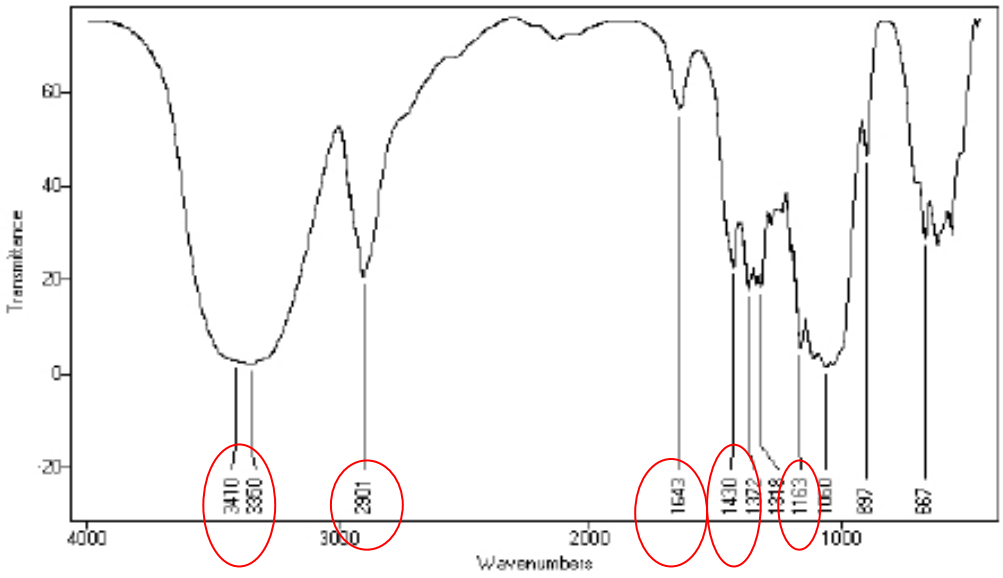
ضایعات خرما شامل خوشه، برگ سبز و لیف خرما از مناطق بم استان کرمان جمع آوری و به آزمایشگاه مرکز تحقیقات کشاورزی استان کرمان انتقال یافتند. پس از شستشو و خشک شدن، نمونه های مورد نظر آسیاب شدند. سپس مقدار مشخصی از هر کدام از منابع سلولزی هوا خشک شده درون ارلن با محلول هیدروکسید سدیم به مدت یک ساعت جوشانده شدند. آنگاه با آب مقطر به طور کامل شستشو داده و محتوی بدست آمده در داخل ارلن به همراه مخلوط (اسید استیک بعلاوه اسید نیتریک) به مدت ۳۰ دقیقه دوباره جوشانده شدند. پس از پایان زمان واکنش و سرد شدن نسبی مخلوط، به مخلوط واکنش آب مقطر سرد اضافه و سپس خمیرهای سلولزی به دست آمده تا رسیدن pH به حدود خنثی به طور کامل با آب مقطر شست و شو داده شدند. در پایان، نمونه‌ها هوا خشک شده و درصد استخراج این سه نوع سلولز را با توجه به مقدار اولیه محاسبه شدند (Turbek و همکاران، ۲۰۱۱). جهت شناسایی سلولز های استخراج شده این سه نوع ضایعات خرما و مقایسه آن‌ها با سلولز خالص از دستگاه طیف سنج مادون قرمز (FTIR) استفاده شد. در مرحله بعد سلولز ضایعات با کودهای شیمیایی(اوره و سوپرفسفات تریپل) به نسبت ۲ به ۱ مخلوط و کودهای کند رهش مورد نظر ساخته شدند.

نتایج و بحث

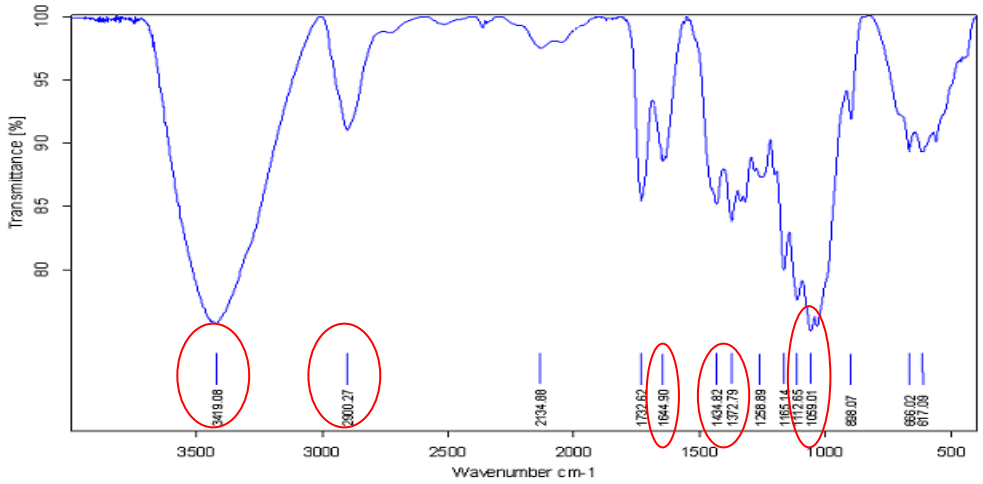
تصاویر سلولزهای استخراج شده از این سه نوع ضایعات از درخت خرما در شکل ۱ نشان داده شده است. پس از خشک شدن نمونه ها مقدار درصد سلولز خالص استخراج شده را با توجه به مقدار ماده اولیه محاسبه شدند. درصد سلولز استخراج شده برای خوشه خرما ۳۰٪، برگ سبز خرما ۲۰٪ و لیف خرما ۲۵٪ به دست آمد. برای شناسایی سلولز استخراج شده، از دستگاه FTIR استفاده شد. طیف سنجی مادون قرمز یکی از پر کاربردترین روش ها در شناسایی کیفی مولکول های مختلف، تعیین ساختار مولکولی گونه مختلف (مخصوصا گونه های آلی) و شناسایی گروه های عاملی موجود در ساختار یک گونه می باشد. پیک های بدست آمده از FTIR برای سلولز استخراج شده از هر سه نوع ضایعات در شکل‌های ۳، ۴ و ۵ نشان داده شده است. پیک‌های به‌دست آمده با نمونه پیک خالص سلولز (شکل ۲) مقایسه شدند. به طور کلی پیک موجود در محدوده طول موج ۳۲۰۰ تا ۳۶۰۰ بر سانتیمتر مرتبط با گروههای H-O ، پیک مشاهده شده در محدوده طول موج ۲۹۰۰-۲۹۳۰ بر سانتیمتر مرتبط با گروههای متقارن و نامتقارن H-C ،

پیک موجود در محدوده طول موج ۱۶۴۳ بر سانتیمتر در ارتباط با جذب آب توسط سلولز و پیک ۱۳۷۲ و ۱۴۳۰ بر سانتیمتر مربوط به تغییر شکل H-C است(Castro et al, 2004). مقایسه پیک‌های هر سه نمونه سلولز با سلولز خالص نشان می‌دهد که سلولزهای استخراجی پیک‌های مشابهی با هم و با سلولز خالص دارند و صحت ماده استخراجی را تأیید می‌کند. نتایج این پژوهش نشان داد که از ضایعات نخلستان استان کرمان می‌توان در جهت استخراج سلولز و کاربرد آن در تکنولوژی کودهای کندرها بهره برد. در ساخت کود کند رهش، سلولز ضایعات مورد نظر با کودهای شیمیایی(اوره و سوپرفسفات) به نسبت ۲ به ۱ مخلوط و برای افزایش کارایی این کودها نمونه ها به شکل قرص های کوچک ساخته شدند.

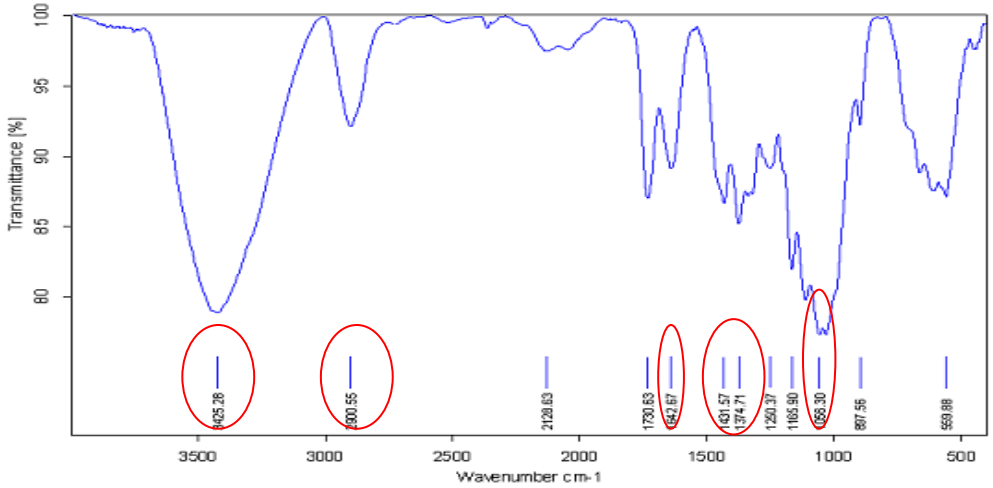
شکل ۱- نمونه سلولز های استخراج شده(الف: لیف خرما، ب: خوشه خرما، ج: برگ سبز درخت خرما)



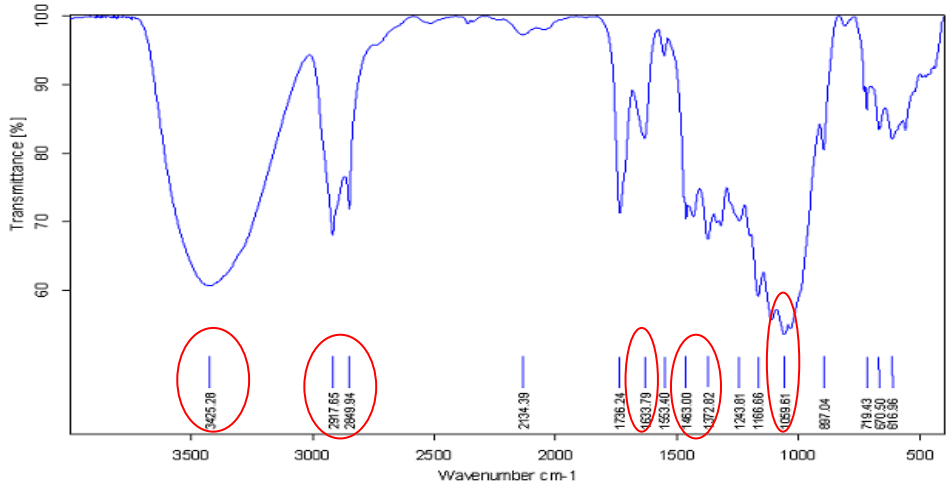
شکل ۲- پیک FTIR نمونه سلولز خالص(Castro et al, 2004)



شکل ۳- پیک FTIR نمونه سلولز پوشال خرما



شکل ۴- پیک FTIR نمونه سلولز خوشه خرما



شکل ۵- پیک FTIR نمونه سلولز برگ سبز خرما

منابع

Castro G. R., Alcântara I. L., Roldan P., Bozano D., Padilha M., Florentino O., Rocha J.C., 2004. Synthesis,

Characterization and Determination of the Metal Ions Adsorption Capacity of Cellulose Modified with p-Aminobenzoic Groups, *Mater. Res.*, **7**(2): 329-334.

Guler, S. 2006. Developments on fertilizer consumption of the world and Turkey. J. of Fac. of Agric., OMU: 21(2): 243-248.

Klemm, D., Krame, F., Moritz, S., Lindstrom, T., Ankerfors, M., Gray, D., Dorris, A. 2011 " A New Family OF Nature-Based Materials " Angewandte Chemie, Vol.50, pp.5438-5466.

Qiao, D., Liu, H., Yu, L., Bao, X., Simon, G., Petinakis, E., and Chen, L. 2016. Preparation and characterization of slow-release fertilizerencapsulated by starch-based superabsorbent polymer Dongling. Carbohydrate Polymers 147 : 146–154.

Senna, A., Janaina, M. B., Jose, S., and Vagner, R. B. 2015. Synthesis, characterization and application of hydrogel derived from cellulose acetate as a substrate for slow-release NPK fertilizer and water retention in soil. Journal of Environmental Chemical Engineering. 3: 996-1002.

Trinh, T. H., and Kushaari., K. 2016. Dynamic of Water Absorption in Controlled Release Fertilizer and its Relationship with the Release of Nutrient. Procedia Engineering. 148: 319-326.

Turbek, A.F., Snyder, F.W., Sandberg, K.R. 2011. "Microfibrillated cellulose, a new cellulose product: Properties, uses and commercial potential", Applied Polymer Symposia, Vol.37, pp.815-827.

Wang, J., Wen-Zhao, L., Han-Feng, M., and Ting-Hui, D. 2010. Inorganic Phosphorus Fractions and Phosphorus Availability in a Calcareous Soil Receiving 21-Year Superphosphate Application. Soil Science Society of China. 20: 304-3١٠.

16th Iranian Soil Science Congress

University of Zanjan, Iran, August 27-29, 2019

Topic for submission: Novel Technologies in Soil Science

Investigating the possibility of extraction of cellulose from Palm waste for production of slow-release fertilizer and their identification using infrared spectroscopy technique

Salari Bardsiri, N[*1], Hejazi-Mehrizi, M[2], Naghavii, H[3], Eshkiki- Behrooz, R[4] , Fekri, M[5]

[1]Ms PH., Soil Science Department, Faculty of Agriculture University of Shahid Bahonar Kerman, Iran

[2] Associate Prof., Soil Science Department, Faculty of Agriculture University of Shahid Bahonar Kerman, Iran

[3] Associate Prof., Soil and Water Research Department, Kerman Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Kerman, Iran

[4] Associate Prof., Wood &Paper Science&Technology Department,Faculty of Natural Resources & Marine Science, Tarbiat Modares University, Noor, Mazandaran , Iran

[5] Professor., Soil Science Department, Faculty of Agriculture University of Shahid Bahonar Kerman, Iran

Abstract

One of the strategies for tackling nitrogen leaching and phosphorous stabilization in soil is to use slow-release fertilizers which have some advantages compared to conventional fertilizers, such as reducing the fertilizer losses, sustained nutrient storage, and the negative effects of high utilization. Despite numerous studies on the application of slow-release fertilizers, little attention has been paid to such products in our country. Moreover, there is not any study conducted on the extraction and identification of cellulosic compounds from agricultural waste and their application with conventional fertilizers. This study provides an opportunity to extract the cellulose from three types of palm tree waste including clusters, leaves, and fibers in the production of slow-release fertilizers. The cellulose was extracted from these wastes through boiling them in a solution of sodium hydroxide and acetic and nitric acids, and an infrared spectrometer (FTIR) was used to identify them. The peaks of O-H groups (wavelengths of 3200-3600 cm^{-1}), the HC groups (wavelength 2900-2930 cm^{-1}), H-C group (wavelength 2900-2930 cm^{-1}), and the peak of H-C deformation (wavelength 1372 and 1430 cm^{-1}) were observed as same for all three types of wastes with pure cellulose peak. In the next step, cellulose waste with chemical fertilizers (urea and triple superphosphate) was made from 2 to 1 mixture and slow-release fertilizers was produced

Keywords: Cellulose, Palm waste, Slow-release fertilizer, Infrared spectrometer (FTIR)

[*] Corresponding author, Email: ns.64925@gmail.com

شانزدهمین کنگره علوم خاک ایران

دانشگاه زنجان، ۵ تا ۷ شهریور ۱۳۹۸

محور مقاله: فناوریهای نوین در علوم خاک

ارزیابی مدل‌سازی بهره متابولیک خاک با استفاده از روش هوش مصنوعی GEP

میترا ابراهیمی حور[۱]، محمدرضا ساریخانی[۲*]، جلال شیری[۳]

[۱] دانشجوی فرادکترای بیولوژی و بیوتکنولوژی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

[۲] دانشیار بیولوژی و بیوتکنولوژی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

[۳] استادیار آبیاری و مدیریت آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

چکیده

در این پژوهش از برنامه‌ریزی بیان ژن (GEP) برای تخمین بهره متابولیک خاک یا qCO_2 استفاده شد. برای این منظور از اطلاعات مربوط به ۱۵۰ نمونه خاک متعلق به کاربریهای مختلف (مرتعی، زراعی، جنگل و بایر) از سه استان آذربایجان شرقی، اردبیل و گیلان بهره برده شد. در سناریوهای مختلف، از صفات اندازه‌گیری شده نظیر بافت، pH، EC، کربن آلی، آهک، تنفس برانگیخته میکروبی، شمار جمعیت میکروبی (شامل باکتری، قارچ و اکتینومیست)، کربن بیوماس میکروبی، داده‌های اقلیمی نظیر بارش سالانه و دمای میانگین سالانه به عنوان ورودی مدل استفاده شد و صحت مدل با استفاده از شاخصه‌های آماری RMSE، R^2 و SI ارزیابی شد. نتایج سناریوهای مورد بررسی نشان داد که با استفاده از اطلاعاتی نظیر بافت خاک، کربن آلی، آهک، pH، EC و داده‌های اقلیمی به عنوان ورودیهای مدل، به ترتیب در گروه داده‌های آموزش و تست، ۷۶ و ۵۰ درصد تغییرات سهم متابولیک قابل برازش هستند. هر چند سهم متابولیک یک پارامتر اکوفیزیولوژیک بوده که از تقسیم میلی‌گرم کربن موجود در دی اکسید کربن آزاد شده در هر ساعت از هر گرم خاک (در تنفس پایه) بر گرم کربن بیوماس میکروبی خاک محاسبه می‌شود، اما استفاده از سایر اطلاعات اندازه‌گیری شده موجود در خاک نیز می‌تواند ما را برای برآورد این صفت کمک نماید و نتایج این مطالعه حاکی از کارایی نسبی GEP در تخمین بهره متابولیک خاک است.

کلمات کلیدی: برنامه‌ریزی بیان ژن، بهره متابولیک، ویژگیهای فیزیکوشیمیایی خاک.

مقدمه

سهم متابولیک (metabolic quotient) یا qCO_2 یک پارامتر فیزیولوژیک بوده که از تقسیم میلی‌گرم کربن موجود در دی اکسید کربن آزاد شده در هر ساعت از هر گرم خاک (در تنفس پایه) بر گرم کربن بیوماس میکروبی خاک محاسبه می‌شود. سهم متابولیک و سهم میکروبی از جمله شاخص‌های اکوفیزیولوژیک هستند که برای تعیین وضعیت میکروبی خاک مورد ارزیابی قرار می‌گیرند. هرچه مقادیر qCO_2 کمتر باشد، بدان معنی است چرخه‌های میکروبی کارآمدتر هستند. شرایط تنش و کمبود عناصر غذایی سبب کاهش بیوماس گردیده و همزمان، آزاد شدن CO_2 افزایش می‌یابد. وقتی میزان تنش بوم نظام زیاد است مقادیر سهم متابولیک بالا خواهد بود. به عنوان نمونه، مصرف بی‌رویه سموم دفع آفات می‌تواند منجر به افزایش qCO_2 شود. خاکهای حاوی کود آلی دارای سهم متابولیکی کمتری نسبت به خاکهای حاوی کود معدنی هستند. در خاکهای کشاورزی، سهم متابولیک در محدوده ۳-۰/۵ میلی‌گرم کربن CO_2 بر گرم کربن میکروبی در ساعت می‌باشد (علی‌اصغرزاد، ۱۳۹۰).

هوش مصنوعی مبحث نسبتاً جدیدی در میان علوم مختلف محسوب می‌شود. مفهوم و عنوان هوش مصنوعی برای اولین بار بعد از جنگ جهانی دوم بیان گردید، اما در طی این سالهای نه چندان طولانی، حوزه هوش مصنوعی گستردگی و توسعه زیادی یافته و زیرشاخه‌های متعددی پیدا نموده است. در سال‌های اخیر شاهد استفاده از هوش مصنوعی جهت تخمین و برآورد متغیرهای محیطی، اقلیمی، زیستی، زمین‌شناسی، هیدرولوژی و غیره بوده‌ایم. برنامه ریزی بیان ژن (GEP) و شبکه عصبی مصنوعی (ANN) از جمله روش‌های هوش مصنوعی محسوب می‌شوند. روش‌های هوش مصنوعی می‌توانند به عنوان تکنیک‌های جایگزین استفاده شوند، زیرا راه‌حل‌های ساده برای مسائل چند متغیره و همچنین محاسبات واقعی ارائه می‌دهند و در آن نیازی به داشتن دانش در مورد متغیرهای درونی سیتم نیست (Mehdizadeh et al., 2017). برای نخستین بار برنامه‌ریزی بیان ژن یا الگوریتم ژنتیکی ژنوتیپ/فنوتیپ، به عنوان تکنیکی برای ایجاد و خلق برنامه‌های کامپیوتری توسط فریرا ارائه شد (Ferreira, 2001). برنامه‌ریزی بیان ژن از الگوی سازماندهی ژنها در کروموزوم‌های خطی استفاده می‌کند. کروموزوم‌ها به عنوان ژنوم انجام وظیفه می‌کنند و با ابزاری نظیر موتاسیون یا جهش، ترانسپوزیشن یا انتقال و نوترکیبی در معرض تغییرات و اصلاحات هستند. کروموزوم‌ها درخت‌های بیان را رمز می‌کنند و آنها در معرض انتخاب قرار

می‌گیرند. خلق این موجودیت‌ها یا هویت‌های جدا و مستقل (ژنوم و درخت بیان) با وظایف مشخص، به این الگوریتم اجازه می‌دهد تا کارایی بالایی در حل مسائل مختلف داشته باشد (Ferreira, 2001).

امروزه شاهد بکارگیری این تکنیک (GEP) در حل مسائل مختلف موجود در حوزه‌های گوناگون هستیم به صورتی‌که مهدیزاده و همکاران (۲۰۱۷) به کمک آن دمای نقطه شبنم را در دو شهر ارومیه و تبریز پیش‌بینی نمودند. شیری و همکاران (۲۰۱۴) تبخیر و تعرق مرجع روزانه را در بخش‌هایی از ایران برآورد نمودند. در مقایسه با سایر حوزه‌ها، در برآورد پارامترهای زیستی به کمک هوش مصنوعی مطالعات کمتری صورت پذیرفته است. هرچند ابراهیمی و همکاران (۲۰۱۷) با کمک شبکه عصبی مصنوعی جمعیت باکتری *ازتوباکتر* خاک را تحت کاربریهای مختلف ارزیابی نمودند. همچنین تخمین تنفس میکروبی خاک به کمک شبکه عصبی مصنوعی و مقایسه آن با مدل رگرسیون خطی توسط ابراهیمی و همکاران (۲۰۱۹) صورت پذیرفت. بعلاوه مدلسازی فعالیت آنزیم نیترات ریداکتاز در شرایط شوری توسط محمدخانی و همکاران (۱۳۹۷) گزارش شده است. مدلسازی فعالیت فسفاتازی خاک در دو لایه سطحی (۵-۰ و ۱۰-۵ سانتی‌متر) تحت پوشش گیاهان سویا، نیشکر، کاج و درخت سرادو با نمونه‌برداری ۳۲ نمونه خاک در برزیل انجام گرفت (Leite et al., 2018).

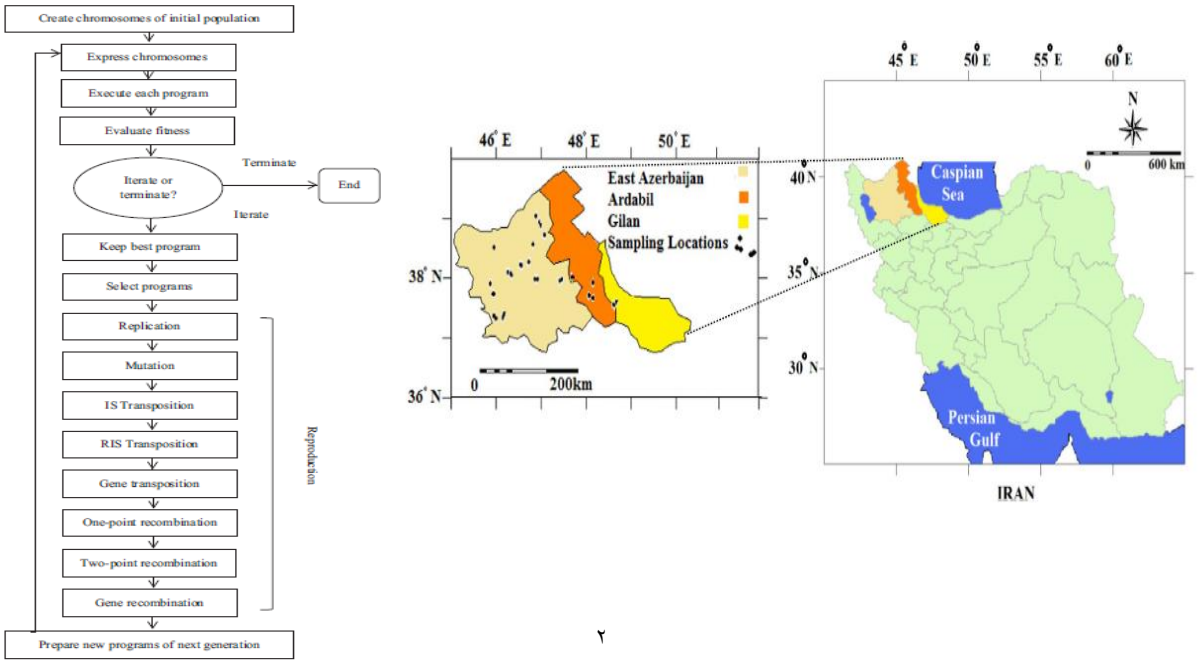
ابراهیم‌زاد و همکاران (۱۳۹۲) به بررسی تأثیر تغییر کاربری اراضی در منطقه جلگه سلدوز طی ۵۰ سال اخیر و تبدیل مرتع به زراعت و باغ سیب بر کیفیت و سلامت خاک پرداختند. آنها شاخص‌های اکوفیزیولوژیکی نظیر سهم متابولیک و سهم میکروبی را مورد توجه قرار دادند. نتایج این مطالعه نشان داد که بیشترین سهم متابولیک در باغات سیب اندازه‌گیری شد و مراتع دارای سهم متابولیک پایین‌تری بودند.

این مطالعه با هدف مدلسازی بهره متابولیک به کمک برخی از پارامترهای فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک و همچنین رابطه آن با داده‌های اقلیمی صورت پذیرفت.

مواد و روش‌ها

منطقه مطالعاتی

اطلاعات مورد استفاده در این مدلسازی کامپیوتری مربوط به اطلاعات مربوط به نمونه خاکهای برداشت شده از سه استان آذربایجان شرقی، اردبیل و گیلان تحت کاربریهای متفاوت می‌باشد (Ebrahimi et al., 2017; 2019). موقعیت منطقه مورد مطالعه در شکل ۱ آورده شده است. پس از نمونه‌برداری نمونه‌های خاک از عمق ۲۰-۰ سانتی‌متر از کاربریهای متفاوت (گیاهان لگوم، غلات، مرتعی، جنگل و بایر)، صفاتی نظیر بافت، pH، EC، کربن آلی، آهک، تنفس پایه و برانگیخته میکروبی، شمار جمعیت میکروبی (شامل باکتری، قارچ و اکتینومیست) اندازه‌گیری شدند (Ebrahimi et al., 2017). کربن بیوماس میکروبی به صورت غیرمستقیم از روابط موجود به دست آمد (علی اصغرزاد، ۱۳۹۰).



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه (Ebrahimi et al., 2019) و فلوچارت الگوریتم GEP (Ferreira, 2001).

برنامه‌ریزی بیان ژن (GEP) و اجرای آن

GEP یک مدل هوشمند تکاملی است و ریشه در نظریه تکامل داروین دارد. فلوچارت الگوریتم GEP، بر اساس شکل ۱ می‌باشد. اولین گام در این الگوریتم، تولید یا تشکیل اولین جمعیت می‌باشد. این موضوع می‌تواند به صورت تصادفی یا بر اساس اطلاعات موجود از موضوع مورد بررسی انجام گیرد. سپس کروموزوم‌ها به شکل درخت بیان، ابراز می‌شوند. نتایج و مناسب بودن آنها با استفاده از توابعی همانند (RMSE، R^2 و ...) به عنوان توابع تناسب مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. اگر جواب‌های به دست آمده رضایت‌بخش باشند، فرایند تکامل متوقف شده و بهترین پاسخ به دست آمده در این گام گزارش می‌شود و گرنه فرایند باززایی و تولید نسل‌های جدید برای رسیدن به جواب مناسب ادامه پیدا می‌کند (Ferreira, 2001).

در این مطالعه از برنامه GeneXpro Tools 4.0 برای طرح‌ریزی و توسعه مدل‌ها در GEP استفاده شد. مراحل زیر برای برآورد بهره متابولیک خاک انجام گرفت. در ابتدا باید توابع تناسبی مناسب (RMSE) انتخاب کرد. دومین مرحله ساختن کروموزوم‌ها با استفاده از پایانه‌ها یا همان اطلاعات ورودی (وارد شدن بافت، pH، EC، کربن آلی، آهک، تنفس پایه و برانگیخته میکروبی، شمار جمعیت میکروبی (شامل باکتری، قارچ و اکتینومیست) و اطلاعات اقلیمی در قالب سناریوهای مختلف در مدل) مدل هست. همچنین توابع ریاضی و عملگرهای مناسب برای این برنامه انتخاب شد. در گام سوم ساختار کروموزوم‌ها، شامل اندازه سر و تعداد ژنها انتخاب شدند. و در گام چهارم تابع جمع برای اتصال برقرار کردن بین درخت‌های بیان انتخاب شد. در گام نهایی نیز از عملگرهای ژنتیکی همانند موتاسیون، ترانسپوزیشن و نوترکیبی استفاده شد. تمام داده‌های مورد استفاده در این آزمایش به صورت خام و استاندارد نشده مورد استفاده قرار گرفتند.

در این تحقیق از شاخص‌های آماری زیر برای ارزیابی قابلیت سناریوهای مختلف انجام شده در GEP استفاده شد. جذر میانگین مربعات خطا یا (RMSE) و R^2 یا ضریب تبیین، مطابق فرمول‌های زیر به دست آمدند:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=0}^{n}(Yi - Xi)^2} \qquad R = \sqrt{1 - \frac{\sum_{i=1}^{n}(Yi - Xi)^2}{\sum_{i=1}^{n}(Yi - \bar{Y})^2}}$$

که در آن، Yi مقادیر اندازه‌گیری شده صفت مورد مطالعه (بهره متابولیک خاک) و Xi مقادیر پیش‌بینی شده توسط مدل بود. $\bar{Y}$ نیز میانگین صفت اندازه‌گیری شده و n هم تعداد مشاهدات آزمایش بود.

نتایج خروجی از سناریوهای مختلف پس از اجرا در جدول ۱ آورده شده است. حالت‌های مختلفی از ورودی‌های مختلف به صورت ترکیبی در قالب سناریوهای دست گوناگون ایجاد شد و شاخص‌های آماری آنها به آمد.

نتایج و بحث

خروجی برنامه‌ریزی بیان ژن

نتایج خروجی سناریوهای مختلف پس از اجرا در جدول ۱ آمده است. با نگاهی به این جدول مشخص می‌شود که در تخمین بهره متابولیک خاک، زمانی‌که از تمام متغیرهای اندازه‌گیری شده (بافت، pH، EC، OC، آهک، تنفس میکروبی برانگیخته، شمار جمعیت باکتریها، قارچها و اکتینومیست‌ها و آمار بارندگی و دمای سالیانه) استفاده شد، میزان ضریب تبیین برای داده‌های آموزش و تست به ترتیب ۰/۴۵ و ۰/۴۲ به دست آمد درحالی‌که RMSE که معیاری از خطای برازش بود به ترتیب ۲/۷۲ و ۳/۳۹ $mg\ C\text{-}CO_2/g\ C_{mic}.\ g\ .h$ به دست آمد. با کاستن تعداد ورودی‌های مدل مقادیر ضریب تبیین در نوسان بود به صورتی که حداقل R^2 زمانی حاصل شد که فقط از متغیرهای اقلیمی (میانگین دمای سالانه و بارش سالانه) به عنوان ورودی مدل استفاده شد که این مقدار برابر ۰/۳۲ بود. اما بهترین برازش زمانی به دست آمد که مدل ۹ متغیره به اجرا درآمد. در این مدل از اطلاعاتی نظیر بافت خاک، میزن آهک خاک، شوری خاک و اسیدیته آن، کربن آلی خاک و آمار اقلیمی یعنی بارندگی و دما استفاده شد. اما این نکته را باید متذکر شد که صفاتی نظیر کربن بیوماس میکروبی و بعضاً تنفس میکروبی، صفات ساده‌ای برای اندازه‌گیری نیستند. گرچه با داشتن اطلاعاتی نظیر کربن بیوماس میکروبی و میزان تنفس پایه خاک می‌توان مقدار سهم متابولیک را به دست آورد اما مزیت این تحقیق آن است که در مناطقی که داده‌های زودیافت از خاک در دسترس می‌باشد می‌توان این شاخص اکوفیزیولوژیک را به راحتی تخمین زد.

نتیجه‌گیری

مطالعات بر روی شاخص‌های زیستی خاک از این نظر مهم هستند که وضعیت خاک را از نظر پایداری در اکوسیستم نشان می‌دهند. شاخص‌های زیستی خاک با متغیرهای محیطی نظیر رطوبت، دما و میزان ماده آلی و سایر پارامترها تغییر می‌کند. در این مطالعه تخمین بهره متابولیک خاک از روی برخی از خواص فیزیکو شیمیایی و زیستی خاک انجام گرفت. بهترین نتایج مربوط به حالتی بود که از صفاتی نظیر بافت خاک، شوری، اسیدیته، کربن آلی، آهک و دمای میانگین سالانه و بارش سالانه به عنوان ورودی مدل استفاده شد. این مطالعه قابلیت استفاده از برنامه‌ریزی بیان ژن در تخمین شاخصه‌های زیستی خاک را نشان داد و در مطالعات پیش‌رو بایستی بیشتر به آن توجه نمود.

منابع

ابراهیم زاد ،س.ع.، علی اصغرزاد، ن.، نجفی، ن. ۱۳۹۲. تأثیرپذیری برخی شاخص‌های اکوفیزیولوژیک خاک از تغییر کاربری اراضی در جلگه سلدوز نقده – آذربایجان غربی. نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار، جلد ۲۳، شماره۴، ۵۶-۴۱.

علی اصغرزاد، ن. ۱۳۹۰. روشهای آزمایشگاهی در بیولوژی خاک .ترجمه، چاپ دوم، انتشارات دانشگاه تبریز.

Ebrahimi, M., Sarikhani, M.R., Safari Sinegani, A.A., Ahmadi, A. and Keesstra S. 2019. Estimating the soil respiration under different land uses using artificial neural network and linear regression models. Catena, 174, 371-382.

Ebrahimi, M., Sarikhani, M.R., Safari Sinegani, A.A., Mohammadi, S.A, 2017. Comparison of artificial neural network and multivariate regression models for prediction of Azotobacteria population in soil under different land uses. Computer and Electronics in Agriculture, 140, 409-421.

Leite, M.V.M., Bobul'ská, L., Espíndola, S.P., Campos, M.R.C., Azevedo, L.C.B., Ferreira, A.S. 2018. Modeling of soil phosphatase activity in land use ecosystems and topsoil layers in the Brazilian Cerrado. Ecological Modelling 385, 182–188.

Mehdizadeh, S., Behmanesh, J., Khalili, K., 2017. Application of gene expression programming to predict daily dew point temperature. Appl. Therm. Eng. 112, 1097-1107.

Shahbazi, F., Aliasgharzad, N., Ebrahimzad, S.A. and Najafi, N. 2013. Geostatistical analysis for predicting soil biological maps under different scenarios of land use. European Journal of Soil Biology, 55, 20-27.

Shiri, J., Sadraddini, A.A., Nazemi, A.H., Kisi, O., Landeras, G., Fakheri Fard, A., Marti, P. 2017. Generalizability of gene expression programming-based approaches for estimating daily reference evapotranspiration in coastal stations of Iran, J. Hydrol. 508, 1–11.

مشخصات مدل: تعداد ورودیهای مدل (توابع مستقل)		تابع هدف: qCO_2	
		آموزش (Train)	تست (Test)
مدل ۱۳ متغیره (کل متغیرها) pH، EC، OC، بافت، آهک، SIR، A-B-F، R،T	R^2 RMSE SI	۰/۴۵ ۲/۷۲ ۰/۷۸	۰/۴۲ ۳/۳۹ ۱/۰۸
مدل ۱۲ متغیره (pH، EC، OC، بافت، آهک، A-B-F، RT)	R^2 RMSE SI	۰/۶۶ ۱/۸۰ ۰/۵۷	۰/۳۶ ۳/۵۰ ۱/۲۱

جدول۱:

مشخصات نتایج حاصل از اجرای GeneXpro بر روی ۱۵۰ داده مربوط به ۵۰ نمونه خاک و صفات اندازه گیری شده در آن.

مدل ۹ متغیره (pH، EC، OC، بافت، آهک، RT)	R^2 RMSE SI	۰/۷۶ ۱/۵۴ ۰/۴۹	۰/۵۰ ۳/۲۰ ۱/۰۳
مدل ۷ متغیره (pH، EC، OC، بافت، آهک)	R^2 RMSE SI	۰/۶۸ ۱/۷۵ ۰/۵۵	۰/۲۵ ۳/۸۰ ۱/۲۱
مدل ۴ متغیره (pH، EC، OC، آهک)	R^2 RMSE SI	۰/۴۶ ۲/۲۸ ۰/۷۲	۰/۲۱ ۳/۸۷ ۱/۲۴
مدل ۷ متغیره (OC، SIR، A-B-F، TR)	R^2 RMSE SI	۰/۴۹ ۲/۲۷ ۰/۷۱	۰/۴۷ ۳/۴۹ ۱/۱۲
مدل ۲ متغیره (TR)	R^2 RMSE SI	۰/۳۲ ۲/۵۶ ۰/۸۱	۰/۳۵ ۳/۶۲ ۱/۱۷
مدل ۳ متغیره (pH، EC، OC)	RMSE SI	۰/۴۸ ۲/۲۳ ۰/۷۰	بدون خروجی

16th Iranian Soil Science Congress

University of Zanjan, Iran, August 27-29, 2019

Topic for submission: Novel Technologies in Soil Science

Evaluation of Soil Metabolic Quotient Modelling Using Gene Expression Programming

M Ebrahimi[1], MR Sarikhani[2*], J Shiri[3]

[1] Postdoc Student of Soil Biology and Biotechnology, Faculty of Agriculture, Univ. of Tabriz, Iran

[2] Associate Prof. of Soil Biology and Biotechnology, Dept. of Soil Science, Univ. of Tabriz, Iran

[3] Assistant Prof. of Irrigation and Drainage Engineering, Faculty of Agriculture, Univ. of Tabriz, Iran

*Corresponding Author: rsarikhani@yahoo.com

Abstract

In the present research, gene expression programming (GEP) was used to estimate soil metabolic quotient (q CO_2). Therefore, in order to run GEP, data of 150 soil samples from different land uses (pasture, forest, arable and non-arable) located in East Azerbaijan, Ardabil and Gilan were used. To develop the GEP models, various combinations of measured parameters including soil texture, pH, OC, EC, CCE, microbial population (such as bacteria, fungi and actinomycete), microbial soil respiration and climate data (R: annual precipitation and T: mean annual temperature) were used as inputs in the different types of scenarios. Also, root mean square error (RMSE), and coefficient of determination (R^2) were employed to investigate the models' accuracy. The highest R^2 and lowest RMSE were found while these data (soil texture, OC, pH, EC, CCE, T and R) as inputs used in the models. Our results revealed that the most effective parameter as simple and easy inputs in estimating qCO_2 are (soil texture, pH, EC, CCE, OC and R and T). In this scenario, almost 76% and 50% of the variability on qCO_2 was predictable by these factors in train and test data set, respectively. Although soil metabolic quotient can be calculated from basal respiration and microbial biomass data (mg C-CO_2/g C_{mic}. g .h), but our finding shows capability of GEP in prediction of qCO_2using easy and simple data of soil and climate.

Keywords: gene expression programming, phosphatase, soil physicochemical properties, soil metabolic quotient.

محور مقاله: فناوری‌های نوین در علوم خاک

استفاده از مدل رگرسیونی حداقل مربعات جزئی (PLSR) در تهیه نقشه توزیع مکانی کربن آلی خاک‌های ساحلی دریای کاسپین

رامین سمیعی فرد[۱*]، احمد حیدری[۱]، شهلا محمودی[۲]، ماریا کنیوشکوا[۳]

[۱] دانشجوی دکتری، گروه علوم و مهندسی خاک دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران

[۱] استاد گروه علوم و مهندسی خاک دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران

[۲] استاد گروه علوم و مهندسی خاک دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران

[۳] استاد پژوهش دانشکده علوم خاک، دانشگاه لومونوزوف مسکو

چکیده

تهیه نقشه خصوصیات خاک، یکی از موضوعات اصلی و مورد علاقه فعالان کشاورزی، منابع طبیعی و مدیران بخش محیط زیست می‌باشد. ظرفیت زیست‌بوم‌های ساحلی، برای تفکیک و همچنین ذخیره کربن ارتباط تنگاتنگی با خصوصیات خاک دارد که نه تنها تجزیه کربن در مقیاس زمانی کوتاه‌مدت را تحت تاثیر قرار می‌دهد، بلکه ذخیره کربن موجود در رسوبات در مقیاس‌های زمانی بلند مدت را نیز تعیین می‌کند. پژوهش حاضر در محدوده‌ای به مساحت حدودی ۵۰۰ کیلومتر مربع انجام شد. در این پژوهش، از باندهای ۱ تا ۷ تصویر ماهواره لندست ۸، برای تهیه خروجی نقشه توزیع کربن آلی خاک استفاده شد و تصحیحات لازم با کمک نرم افزار ENVI 5.1 و مدل رگرسیونی PLSR در محیط نرم افزار MATLAB 2015a انجام شد. پس از آماده نمودن اطلاعات لازم، نقشه نهایی با کمک نرم افزار ArcGIS 10.4.1 تهیه شد. نتایج مربوط به اندازه‌گیری‌های کربن آلی خاک منطقه مورد مطالعه، نشان داد که این خاک‌ها، دارای دامنه‌ای از ماده آلی (کمتر از ۰/۱ تا حدود ۴ درصد) می‌باشند. این پژوهش نشان داد که با استفاده از مدل‌های رگرسیونی و تصاویر چندطیفی ماهواره لندست ۸، می‌توان محتوی کربن آلی خاک را با دقت قابل قبولی (RMSE کمتر از ۰/۱ و RPD بالای ۱) برآورد نمود. بخشی از این پژوهش توسط موسسه تحقیقات زیربنایی روسیه با شماره پژوهانه: ۵۶۰۰۰۶-۵۵-۱۷، پشتیبانی شده است.

کلمات کلیدی: کربن آلی، رگرسیون، لندست ۸، PLSR

مقدمه

تهیه نقشه خصوصیات خاک، یکی از موضوعات اصلی و مورد علاقه فعالان کشاورزی، منابع طبیعی و مدیران بخش محیط زیست می‌باشد (Minasny and McBratney, 2016). روش‌های معمول نقشه‌برداری خاک، برای تهیه نقشه‌های خاک با جزئیات بالا، در زمان مناسب و با هزینه معقول، ناکارآمد بوده و از سوی دیگر، تغییرات خصوصیات خاک در فواصل کوتاه، تدریجی و گسترده است. بنابراین، نقشه‌برداری سنتی در ارائه پیوستگی موجود در طبیعت کم‌توان بوده و نیز ممکن است باعث بد جلوه دادن خصوصیات واحد اراضی شود (Zare و همکاران ۲۰۱۹). روش‌های رگرسیونی مختلفی برای برآورد و تهیه نقشه از خصوصیات خاک مورد استفاده قرار می‌گیرد که دارای دقت بسیار بالایی بوده و ارزیابی عملکرد این روش‌ها با کمک روابط و محاسبات ریاضی مانند خطای جذر میانگین مربعات (RMSE)، موید ارزش زیاد و مقبولیت این روش‌ها در برآوردهای مربوط به خصوصیات مهم خاک، از جمله محتوی کربن خاک می‌باشد (Keskin و همکاران ۲۰۱۹). از جمله مهمترین اجزای خاک، محتوی کربن آلی می‌باشد. خاک با ۲۴۷۰ پتاگرم کربن (۱ $Pg=10^9$ ton) بزرگ‌ترین منبع زمینی کربن و سومین مخزن بزرگ کربن در دنیا، بعد از اقیانوس‌ها با ۳۸۷۲۵ پتاگرم و سوخت‌های فسیلی با ۴۰۰۰ پتاگرم هستند. مبادله زیاد کربن آلی خاک با اتمسفر، به ویژه در ارتباط با فعالیت‌های انسان، منجر به انجام مطالعات گسترده در زمینه چرخه کربن آلی خاک شده است. در مقابل کربن آلی، گردش کربن غیر آلی خاک، یعنی کانی‌های مختلف کربناته خاک (عمدتا کلسیت)، و درگیری کربن غیر آلی خاک در چرخه‌های زیستی با اتمسفر بسیار آهسته‌تر می‌باشد (Zamanian و همکاران، ۲۰۱۶). خاک‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک با pH (>۸/۵) و با غنای کلسیم و/یا منیزیم می‌توانند باعث افزایش کربن غیر آلی خاک از طریق واکنش با CO_2 حاصل از تنفس، به دنبال افزایش مواد آلی به خاک شوند (Bughio و همکاران، ۲۰۱۶). درک ما از توزیع فضایی کربن خاک در اراضی تحت استفاده‌های مختلف، و متاثر از تغییرات اقلیمی در مقیاس منطقه‌ای هنوز محدود است. پژوهش در زمینه نقشه‌برداری رقومی و مدل‌سازی که اثرات متقابل بین (۱) کربن خاک و عوامل زیست‌محیطی و (۲) متغیرهای تصادفی وابسته به مکان بخش‌های مختلف کربن خاک را مورد بررسی قرار دهد، به تازگی مورد توجه قرار

* ایمیل نویسنده مسئول: ramin.samiei@ut.ac.ir

گرفته است (Keskin و همکاران ۲۰۱۹). فرآیندهای ژئومورفیک در ارتباط با اراضی مرطوب ساحلی، اغلب باعث نرخ‌های بالایی از تجمع کربن و ذخایر نسبتا بالای کربن می‌شوند. درحالی‌که پویایی کربن در این نوع چشم‌اندازهای اراضی بسیار کمتر مورد توجه قرار گرفته است (Rossi and Robenhorst 2019). ظرفیت زیست‌بوم‌های ساحلی، برای تفکیک و همچنین ذخیره کربن ارتباط تنگاتنگی با خصوصیات خاک دارد که نه تنها تجزیه کربن در مقیاس زمانی کوتاه‌مدت (در حد سال و دهه) را تحت تاثیر قرار می‌دهد، بلکه ذخیره کربن موجود در رسوبات را در مقیاس‌های زمانی بلند مدت (در حد قرن و هزاران سال) را نیز تعیین می‌کند (Zhang و همکاران، ۲۰۱۹). اگرچه مناطق ساحلی تنها ۴ ٪ از کل اراضی سطح زمین را می-پوشانند (Zhao و همکاران، ۲۰۱۸). با این حال، این مناطق جزء مناطق کلیدی برای ته‌نشست و مخزن کربن به حساب آمده و نقش مهمی را در چرخه کربن ایفا می‌نمایند (Chi و همکاران، ۲۰۱۸). در مطالعات انجام شده توسط کاکرودی و همکاران، (۲۰۱۴) مشاهده شد که از سال ۱۹۹۲ تا ۲۰۱۲ نوساناتی در پیشروی و پس روی آب دریا در منطقه مورد مطالعه وجود داشته است-به طوریکه در حال حاضر دریا در روند پسروی خود قرار دارد (کاکرودی و همکاران، ۲۰۱۴). دریای خزر علاوه بر دارا بودن ذخایر هیدروکربن به دلیل عدم ارتباط با آبهای آزاد جهان بهترین نمونه برای بررسی تغییرات سطح آب، مسایل زیست محیطی و رسوب‌شناسی بوده و یکی از حوضه‌های بسیار مهم از نظر مطالعه رسوبات در جهان می‌باشد. سطح آب این دریا بین سال‌های ۱۹۹۵-۱۹۷۷ میلادی بیش از ۲ متر و طبق برخی گزارش‌ها در حدود ۳ متر، بالا آمده، علیرغم اینکه بین سال‌های ۱۹۷۶-۱۹۲۵ روندی کاهشی را نشان داده است (Kakroodi و همکاران، ۲۰۱۴).

از آنجا که تغییرات سطح آب دریاها در مقیاس جهانی و درک واکنش خط ساحلی به این تغییرات، کلید مدیریت مناطق ساحلی است و تصاویر چندطیفی ماهواره لندست نشان می‌دهند که می‌توانند به عنوان ابزاری قدرتمند در مطالعه تغییرات اخیر خطوط ساحلی و تشخیص و تخمین محتوی کربن موجود در خاک عمل نمایند و از سوی دیگر با توجه به اهمیت نقش کربن و کربنات‌های موجود در خاک که در بالا به آن اشاره گردید، لذا هدف از این مطالعه را برآورد مقادیر کربن آلی موجود در خاک‌های جدیدا بیرون آمده از زیر آب دریا در ساحل شرقی دریای کاسپین با استفاده از تصاویر ماهواره لندست ۸ قرار دادیم.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر در محدوده‌ای با مختصات جغرافیایی بین طول‌های (۱۵۲۰″ ۵۴° و ۵۵۰۰″ ۵۳°) شرقی و عرض‌های (۱۵۰۰″ ۳۷° و ۰۰۰۰″ ۳۷°) شمالی به مساحت حدودی ۵۰۰ کیلومتر مربع انجام شد. نمونه‌برداری در اوایل تیرماه سال ۱۳۹۷ خورشیدی انجام پذیرفت که با توجه به مشخصات اقلیمی منطقه مطالعاتی، زمان انتخاب شده، مدت کوتاهی پس از پایان فصل برداشت (عمدتا جو دیم) این منطقه محسوب می‌شود. از سوی دیگر، ساحلی بودن و نیز امکان وقوع بارندگی موجب تعیین فصل تابستان برای نمونه‌برداری شد. شیب عمومی منطقه مورد مطالعه کمتر از ۵ درصد بود و نقاط نمونه‌برداری از بخش‌های بدون پوشش گیاهی انتخاب شدند. همچنین نقاطی که در محدوده کشت قرار داشتند، همان‌طور که قبلا به آن اشاره شد، نمونه‌برداری از آنها پس از فصل برداشت انجام پذیرفت. مجموعا ۸۰ نقطه نمونه‌برداری شد به صورت شبکه‌بندی شده در چهار ردیف نمونه‌برداری با فاصله ۶ کیلومتر از هم و عمود بر خط ساحلی به فواصل هزار متری تا فاصله ۲۰ کیلومتری انجام شد (شکل ۱). نمونه‌های خاک از عمق صفر تا ۲۰ سانتی‌متری با دقت برداشته و پس از یادداشت مختصات دقیق و شماره نمونه مربوطه، و برای انجام آزمایشات فیزیکو شیمیایی به آزمایشگاه انتقال داده شدند. تمامی نمونه‌ها پس از هوا خشک شدن از الک ۲ میلی‌متری عبور داده و برای انجام آزمایش‌های لازم آماده شدند. مقادیر کربن آلی خاک به روش والکلی-بلاک اندازه‌گیری شدند (Keskin و همکاران ۲۰۱۹). در این پژوهش، از تصویر ماهواره لندست ۸، برای تهیه خروجی نقشه توزیع کربن آلی خاک استفاده شد و تصحیحات لازم با کمک نرم افزار ENVI 5.1 و مدل رگرسیونی PLSR با استفاده از برنامه نویسی در محیط نرم افزار MATLAB 2015a انجام و پس از اتخاذ خروجی‌های لازم، نقشه نهایی با کمک نرم افزار ArcGIS 10.4.1 استخراج شد.

مدل رگرسیون حداقل مربعات جزئی، یک روش ساده برای تحلیل حداقل مربعات جزئی در صنعت و علوم می‌باشد. این روش برای برقراری ارتباط بین ماتریس داده‌های X و Y با استفاده از یک مدل چند متغیره‌ی خطی استفاده می‌شود (رابطه ۱). مزیت مدل PLSR توانایی آن در تجزیه و تحلیل داده‌های پیچیده و حتی متغیرهای ناقص ماتریس‌های X و Y می‌باشد. یکی دیگر از مزایای قابل توصیف روش PLSR بهبود دقت پارامترهای حاصل از برآوردهای این مدل با افزایش تعداد متغیرهای وابسته می‌باشد.

$$Y= X.b + E \quad (1)$$

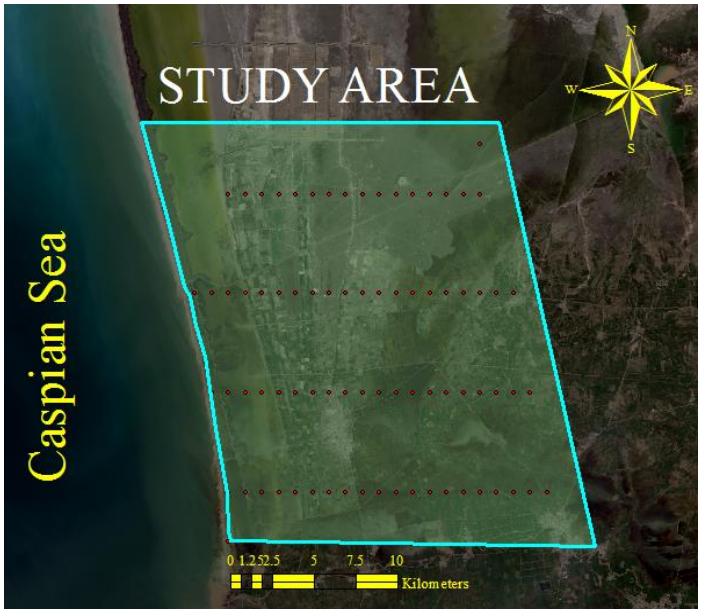
که در آن Y متغیر برآوردشده (در رگرسیون PLSR) در شکل ماتریس با ابعاد (متغیرY×l)، X متغیر مستقل پیش‌گویی‌کننده می‌باشد.

ضمناً b، ماتریسی شامل ضرایب رگرسیون و E ماتریسی از خطاهای باقیمانده است (رابطه ۲ و ۳).

$$X_{nk} = \sum_{\propto=1}^{f} t_{n\propto} . p_{\propto k} + E_{nk} \quad (۲)$$

$$Y_{mk} = \sum_{\propto=1}^{f} u_{m\propto} . q_{\propto k} + F_{mk} \quad (۳)$$

که در آن t و u بردارهای امتیاز، p و q بردارهای اختیاری (کمکی) و E و F ماتریکس‌های باقیمانده و f تعداد فاکتورهاست (Farifteh و همکاران، ۲۰۰۷).



شکل ۱. نمایی از منطقه مورد مطالعه و نقاط نمونه‌برداری

نتایج و بحث

نتایج مربوط به اندازه‌گیری‌های کربن آلی خاک منطقه مورد مطالعه، در جدول (۱) ارائه شده است. خاک‌های مورد بررسی دارای دامنه‌ای از کربن آلی (کمتر از ۰/۱ تا حدود ۴ درصد) بود. که با توجه به مسطح بودن منطقه و عاری بودن از پوشش گیاهی به دلیل شوری بسیار بالا و یا دارای پوشش تنک بودن خاک منطقه در فصل نمونه‌برداری، شرایط را برای عملیات سنجش از دور و برآورد عناصر خاک سطحی، بسیار مساعد می‌نمود. در این پژوهش از باندهای ۱ تا ۷ ماهواره لندست ۸ که در محدوده مرئی و مادون قرمز نزدیک می‌باشد، استفاده شد. طبق نتایج مطالعات قبلی مانند پژوهش المالکی و همکاران، ۲۰۱۲، این محدوده طیفی در شناسایی و برآورد بسیاری از خصوصیات خاک از جمله در برآورد کربن آلی خاک بسیار کارآمد و قابل استناد می‌باشد. در مورد ارتباط بین پوشش گیاهی و طیف بازتابی از شاخص نرمال شده تفاوت پوشش گیاهی (NDVI) استفاده شد که برای اتخاذ نقشه خروجی با کمک این شاخص تصویر اولیه ماسک شد و در نهایت نقشه توزیع کربن آلی خاک به دست آمد.

با استفاده از الگوریتم PLSR و نرم افزار MATLAB 2015a و تصحیحات مورد نیاز تصویر در محیط ENVI 5.1، نهایتا نقشه خروجی توزیع کربن آلی منطقه استخراج شد که برای ارزیابی عملکرد مدل، از روابط ریاضی خطای جذر میانگین (RMSE)، استفاده شد که نتایج مربوط به آن در جدول (۲) آورده شده است. در برآورد مقادیر عناصر موجود در خاک، از جمله محتوی کربن آلی خاک، هرچقدر مقدار خطای جذر میانگین مربعات (RMSE)، کمتر و مقدار RPD بیشتر از یک باشد، نتایج به دست آمده قابل اعتمادتر و معتبرتر خواهند بود (Jiang و همکاران ۲۰۱۶).

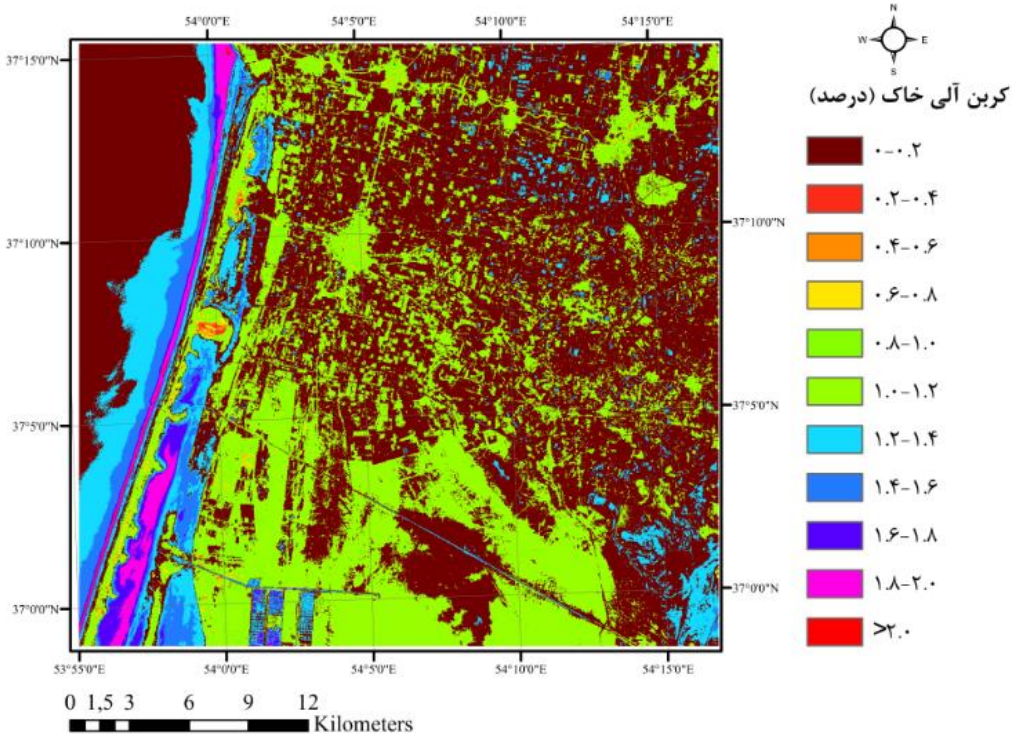
جدول ۱. مختصات نقاط نمونه‌برداری و درصد کربن آلی اندازه‌گیری شده

	مختصات		٪ O.C	شماره نمونه	مختصات		٪ O.C
	Y	X			Y	X	
۱	۴۱۰۲۹۹۶	۲۳۳۲۶۴	۱/۸۸	۴۱	۴۱۱۴۹۹۶	۲۳۱۲۶۴	۰/۶۹
۲	۴۱۰۲۹۹۶	۲۳۴۲۶۴	۰/۸۹	۴۲	۴۱۱۴۹۹۶	۲۳۲۲۶۴	۰/۸۴
۳	۴۱۰۲۹۹۶	۲۳۵۲۶۴	۱/۰۹	۴۳	۴۱۱۴۹۹۶	۲۳۳۲۶۴	۳/۹۷
۴	۴۱۰۲۹۹۶	۲۳۶۲۶۴	۰/۷۴	۴۴	۴۱۱۴۹۹۶	۲۳۴۲۶۴	۰/۳۴
۵	۴۱۰۲۹۹۶	۲۳۷۲۶۴	۰/۵۴	۴۵	۴۱۱۴۹۹۶	۲۳۵۲۶۴	۱/۱۴
۶	۴۱۰۲۹۹۶	۲۳۸۲۶۴	۰/۵۴	۴۶	۴۱۱۴۹۹۶	۲۳۶۲۶۴	۰/۳۹
۷	۴۱۰۲۹۹۶	۲۳۹۲۶۴	۱/۲۹	۴۷	۴۱۱۴۹۹۶	۲۳۷۲۶۴	۱/۱۹
۸	۴۱۰۲۹۹۶	۲۴۰۲۶۴	۰/۱	۴۸	۴۱۱۴۹۹۶	۲۳۸۲۶۴	۰/۷۹
۹	۴۱۰۲۹۹۶	۲۴۱۲۶۴	۰/۲۹	۴۹	۴۱۱۴۹۹۶	۲۳۹۲۶۴	۰/۹۴
۱۰	۴۱۰۲۹۹۶	۲۴۲۲۶۴	۳/۹۷	۵۰	۴۱۱۴۹۹۶	۲۴۰۲۶۴	۰/۵۹
۱۱	۴۱۰۲۹۹۶	۲۴۳۲۶۴	۰/۶۴	۵۱	۴۱۱۴۹۹۶	۲۴۱۲۶۴	۰/۵۴
۱۲	۴۱۰۲۹۹۶	۲۴۴۲۶۴	۰/۹۴	۵۲	۴۱۱۴۹۹۶	۲۴۲۲۶۴	۱/۲۴
۱۳	۴۱۰۲۹۹۶	۲۴۵۲۶۴	۰/۶۹	۵۳	۴۱۱۴۹۹۶	۲۴۳۲۶۴	۱/۲۴
۱۴	۴۱۰۲۹۹۶	۲۴۶۲۶۴	۲/۰۳	۵۴	۴۱۱۴۹۹۶	۲۴۴۲۶۴	۰/۸۴
۱۵	۴۱۰۲۹۹۶	۲۴۷۲۶۴	۰/۷۴	۵۵	۴۱۱۴۹۹۶	۲۴۵۲۶۴	۰/۸۴
۱۶	۴۱۰۲۹۹۶	۲۴۸۲۶۴	۱/۳۹	۵۶	۴۱۱۴۹۹۶	۲۴۶۲۶۴	۱/۲۹
۱۷	۴۱۰۲۹۹۶	۲۴۹۲۶۴	۳/۹۷	۵۷	۴۱۱۴۹۹۶	۲۴۷۲۶۴	۰/۵۴
۱۸	۴۱۰۲۹۹۶	۲۵۰۲۶۴	۱/۰۹	۵۸	۴۱۱۴۹۹۶	۲۴۸۲۶۴	۰/۸۹
۱۹	۴۱۰۲۹۹۶	۲۵۱۲۶۴	۰/۸۹	۵۹	۴۱۱۴۹۹۶	۲۴۹۲۶۴	۰/۹۴
۲۰	۴۱۰۲۹۹۶	۲۵۲۲۶۴	۰/۵۹	۶۰	۴۱۱۴۹۹۶	۲۵۰۲۶۴	۱/۰۹
۲۱	۴۱۰۸۹۹۶	۲۳۲۲۶۴	۰/۹۹	۶۱	۴۱۲۰۹۹۶	۲۲۹۲۶۴	-
۲۲	۴۱۰۸۹۹۶	۲۳۳۲۶۴	۱/۱۹	۶۲	۴۱۲۰۹۹۶	۲۳۰۲۶۴	-
۲۳	۴۱۰۸۹۹۶	۲۳۴۲۶۴	۱/۲۹	۶۳	۴۱۲۰۹۹۶	۲۳۱۲۶۴	-
۲۴	۴۱۰۸۹۹۶	۲۳۵۲۶۴	۱/۲۴	۶۴	۴۱۲۰۹۹۶	۲۳۲۲۶۴	-
۲۵	۴۱۰۸۹۹۶	۲۳۶۲۶۴	۳/۹۷	۶۵	۴۱۲۰۹۹۶	۲۳۳۲۶۴	۰/۲۹
۲۶	۴۱۰۸۹۹۶	۲۳۷۲۶۴	۱/۱۴	۶۶	۴۱۲۰۹۹۶	۲۳۴۲۶۴	۰/۴۹
۲۷	۴۱۰۸۹۹۶	۲۳۸۲۶۴	۱/۳۹	۶۷	۴۱۲۰۹۹۶	۲۳۵۲۶۴	۰/۴۴
۲۸	۴۱۰۸۹۹۶	۲۳۹۲۶۴	۰/۵۴	۶۸	۴۱۲۰۹۹۶	۲۳۶۲۶۴	۱/۳۹
۲۹	۴۱۰۸۹۹۶	۲۴۰۲۶۴	۱/۱۴	۶۹	۴۱۲۰۹۹۶	۲۳۷۲۶۴	۰/۷۴
۳۰	۴۱۰۸۹۹۶	۲۴۱۲۶۴	۱/۰۹	۷۰	۴۱۲۰۹۹۶	۲۳۸۲۶۴	۰/۶۵
۳۱	۴۱۰۸۹۹۶	۲۴۲۲۶۴	۰/۴۴	۷۱	۴۱۲۰۹۹۶	۲۳۹۲۶۴	۰/۶۹
۳۲	۴۱۰۸۹۹۶	۲۴۳۲۶۴	۱/۱۹	۷۲	۴۱۲۰۹۹۶	۲۴۰۲۶۴	۰/۹۴
۳۳	۴۱۰۸۹۹۶	۲۴۴۲۶۴	۰/۹۹	۷۳	۴۱۲۰۹۹۶	۲۴۱۲۶۴	۱/۰۹
۳۴	۴۱۰۸۹۹۶	۲۴۵۲۶۴	۰/۵۹	۷۴	۴۱۲۰۹۹۶	۲۴۲۲۶۴	۱/۰۴
۳۵	۴۱۰۸۹۹۶	۲۴۶۲۶۴	۰/۴۴	۷۵	۴۱۲۰۹۹۶	۲۴۳۲۶۴	۱/۲۹
۳۶	۴۱۰۸۹۹۶	۲۴۷۲۶۴	۰/۶۹	۷۶	۴۱۲۰۹۹۶	۲۴۴۲۶۴	۰/۸۴
۳۷	۴۱۰۸۹۹۶	۲۴۸۲۶۴	۰/۸۹	۷۷	۴۱۲۰۹۹۶	۲۴۵۲۶۴	۰/۹۴
۳۸	۴۱۰۸۹۹۶	۲۴۹۲۶۴	۱/۱۹	۷۸	۴۱۲۰۹۹۶	۲۴۶۲۶۴	۰/۸۹
۳۹	۴۱۰۸۹۹۶	۲۵۰۲۶۴	۰/۵۹	۷۹	۴۱۲۰۹۹۶	۲۴۷۲۶۴	۰/۵۴
۴۰	۴۱۰۸۹۹۶	۲۵۱۲۶۴	۰/۴۹	۸۰	۴۱۲۰۹۹۶	۲۴۸۲۶۴	۰/۲۹

جدول ۲. شاخص‌های مدل رگرسیونی PLSR در برآورد کربن آلی خاک

میانگین کربن اندازه‌گیری شده (٪)	RMSE	RPD
۱/۰۳۸	۰/۰۷۷	۱/۰۴۱

شکل (۲) پراکنش کربن آلی خاک را در منطقه مورد مطالعاتی نشان می‌دهد. از تصویر به دست آمده می‌توان بین مناطق مسکونی و اراضی کشاورزی و تحت کشت، تفکیک قابل قبولی را قائل شد. از سوی دیگر، مقادیر کربن آلی موجود در نزدیکی خط ساحل، به دلیل نوسانات سطح آب و پیشروی و پسروی آب دریا به سمت خشکی، و فعالیت بالاتر ریزموجودات در این گونه چشم‌اندازهای اراضی، نسبت به نقاط دورتر از ساحل بیشتر می‌باشد که نتایج برآوردهای آن با اندازه‌گیری‌های آزمایشگاهی همخوانی بسیار خوبی دارد.



شکل ۲- نقشه توزیع کربن آلی خاک

نتیجه‌گیری

این پژوهش نشان داد که با استفاده از مدل‌های رگرسیونی و تصاویر چندطیفی ماهواره لندست ۸، می‌توان محتوی کربن آلی خاک را با دقت قابل قبولی برآورد نمود. صحت عملکرد این روش با استفاده از محاسبات ریاضیاتی مورد ارزیابی قرار گرفت که خطای مربعات میانگین ریشه (RMSE) بسیار پایین گویای این صحت و دقت بالا می‌باشد. همچنین مقادیر پیش‌بینی شده کربن آلی پیکسل‌های تصویر از لحاظ عددی، به مقادیر اندازه‌گیری شده در آزمایشگاه بسیار نزدیک بود. از طرفی در مناطق خشک و نیمه خشک، از جمله مناطقی با اقلیم مشابه ایران، برآورد و تخمین محتوی کربن آلی خاک دارای جنبه‌های مدیریتی بسیار مهمی بوده که می‌توان از این گونه روش‌ها استفاده شایانی به عمل آورد. بعلاوه، این گونه روش‌ها بسیار کم هزینه بوده و با نمونه‌برداری‌های بسیار کم و در بازه‌های زمانی کوتاه‌تر نسبت به سایر روش‌ها، برآورد و تخمین قابل اعتمادی را از مناطق نسبتا وسیع می‌توان به دست آورد.

منابع

Al Maliki, A., Bruce, D. and Owens, G. 2012. Capabilities of remote sensing hyperspectral images for the detection of lead contamination: a review. ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences Melbourne, I-7, 55-60.

Bughio, M.A., Wang, P., Meng, F., Qing, C., Kuzyakov, Y., Wang, X. and Junejo, S.A. 2016. Neoformation of pedogenic carbonates by irrigation and fertilization and their contribution to carbon sequestration in soil. Geoderma, 262, 12–19.

Chi, Y., Shi, H., Zheng, W. and Sun, J. 2018. Simulating spatial distribution of coastal soil carbon content using a comprehensive land surface factor system based on remote sensing. Science of the Total Environment, 628–629, 384–399.

Farifteh, J., Van der Meer, F., Atzberger, C. and Carranza. E.J.M. 2007. Quantitative analysis of salt-affected soil reflectance spectra: A comparison of two adaptive methods (PLSR and ANN). Remote Sensing Environment, 110, 59–78.

Jiang, Q., Chen, Y., Guo, L., Fei, T. and Qi, K. 2016. Estimating Soil Organic Carbon of Cropland Soil at Different Levels of Soil Moisture Using VIS-NIR Spectroscopy. Remote Sensing, 755, 1-16.

Kakroodi, A.A., Kroonenberg, S.B., Beni, A.N. and Noehgar, A. 2014. Short- and Long-Term Development of the Miankaleh Spit, Southeast Caspian Sea, Iran. Journal of Coastal Research, Fort Lauderdale, 30, 6, 1236-1242.

Keskin, H., Grunwald, S. and Harris, W.G. 2019. Digital mapping of soil carbon fractions with machine learning. Geoderma, 339, 40-58.

Minasny, B. and McBratney, A.B. 2016. Digital soil mapping: a brief history and some lessons. Geoderma, 264, 301–311.

Rossi, A.M. and Rabenhorst, M.C. 2019. Organic carbon dynamics in soils of Mid-Atlantic barrier island landscapes. Geoderma, 337, 1278-1290.

Zare, S., Fallah Shamsi, S.R. and Abtahi, S.A. 2019. Weakly-coupled geo-statistical mapping of soil salinity to Stepwise Multiple Linear Regression of MODIS spectral image products. Journal of African Earth Sciences, 152, 101-114.

Zhang, C., Mishra, D.R. and Pennings. S.C. 2019. Mapping salt marsh soil properties using imaging spectroscopy. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 148, 221-234.

Zhao, Q., Bai, J., Zhang, G., Wei Wang, J.J. and Wang, X. 2018. Effects of water and salinity regulation measures on soil carbon sequestration in coastal wetlands of the Yellow River Delta. Geoderma, 319, 219-229.

Zamanian, K., Pustovoytov, K. and Kuzyakov, Y. 2016. Pedogenic carbonates: Forms and formation processes. Earth-Science Reviews, 157, 1-17.

Topic for submission: Novel Technologies in Soil Science

Use of partial least squares regression model (PLSR) for providing organic carbon especial distribution map of Caspian Sea coastal soils

SamieiFard[*1], R., Heidari, A.[1], Mahmoodi, S.[2], Konyushkova, M. [3]

[1] PhD Student, Soil Science Department, Faculty of Agriculture & Natural resources University of Tehran, Iran

[1] Prof., Soil Science Department, Faculty of Agriculture & Natural resources University of Tehran, Iran

[2] Prof., Soil Science Department, Faculty of Agriculture & Natural resources University of Tehran, Iran

[3] Assistant Prof., Faculty of Soil Science, Lomonosov Moscow State University Russia

Abstract

Mapping soil properties is a major issue of interest for agricultural practitioners, natural resource and environment managers. Coastal ecosystem's capacity to sequester and store carbon is closely related to soil properties which not only impact the short-term scale of carbon sequestration in living plant biomass, but also determine the long-term scale of carbon storage within the sediments. Present research was conducted in an area of 500 square kilometers. In this research, Landsat 8 satellite image band numbers: 1-7 were used to produce the organic carbon distribution map and the necessary corrections were made using the ENVI 5.1 and the PLSR regression model have been done by programming in the MATLAB 2015a software. After producing the outputs, final map was extracted using ArcMap 10.4.1 software. The results of organic carbon measurements in the study area showed that these soils had a range of organic matter (less than 0.1 to about 4%). This study showed that by using regression models and Landsat 8 multispectral images, soil organic carbon content can be estimated with acceptable accuracy (RMSE<0.1 and RPD>1). This study was partly supported by the Russian Foundation for Basic Research (grant No. 17-55-560006).

Keywords: Organic Carbon, Regression, Landsat 8, PLSR

[*] Corresponding author, Email: ramin.samiei@ut.ac.ir

شانزدهمین کنگره علوم خاک ایران

دانشگاه زنجان، ۵ تا ۷ شهریور ۱۳۹۸

محور مقاله: فناوری‌های نوین در علوم خاک

بررسی رطوبت خاک با استفاده از تغییرات مقاومت الکتریکی و مقاومت مکانیکی

سمیرا مصری[۱*]، شجاع قربانی دشتکی[۲]، حسین شیرانی[۳]، ابوالقاسم کامکار روحانی[۴]، حمیدرضا متقیان[۵]

[۱] دانشجوی دکتری گروه علوم و مهندسی خاک دانشکده کشاورزی ، دانشگاه شهرکرد

[۲]استاد گروه علوم و مهندسی خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد

[۳]استادگروه علوم و مهندسی خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه رفسنجان

[۴]دانشیار دانشکده مهندسی معدن، ژئوفیزیک و نفت ، دانشگاه صنعتی شاهرود

[۵]استادیار گروه علوم و مهندسی خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد

چکیده

آب خاک مهم‌ترین عاملی است که رشد گیاه در مناطق خشک و نیمه‌خشک مانند ایران تحت تاثیر قرار می‌دهد. روش‌های متفاوتی برای برآورد رطوبت آب در خاک وجود دارد. در این میان برآورد رطوبت جرمی آزمایشگاهی به عنوان مطمئن‌ترین روش رایج برای برآورد رطوبت خاک شناخته شده است. اما از آنجایی که به دست آوردن رطوبت حجمی به روش آزمایشگاهی زمان‌بر است استفاده از سنسورهای رطوبتی می‌تواند میزان رطوبت حجمی خاک را بدون دست‌خوردگی خاک و به صورت درجا در مزرعه اندازه‌گیری نماید. از جمله پارامترهایی که به صورت مستقیم از رطوبت خاک تاثیر می‌پذیرند مقاومت الکتریکی و مقاومت نفوذ به ریشه در خاک می‌باشند. این تحقیق به منظور برآورد رطوبت خاک به روش آزمایشگاهی و مقایسه نتایج با سنسورهای رطوبتی، اندازه‌گیری مقاومت ویژه الکتریکی و مقاومت نفوذ به ریشه در مقادیر مختلف رطوبتی انجام پذیرفت. نتایج نشان داد که همبستگی مثبتی بین رطوبت حجمی آزمایشگاهی و رطوبت به دست آمده با سنسورهای SM 300 و Theta ML2 وجود دارد که در این میان رطوبت حجمی به دست آمده با سنسور SM 300 نزدیکی بیشتری با رطوبت حجمی آزمایشگاهی داشت. با کاهش میزان رطوبت در روزهای بعد از آبیاری میزان مقاومت الکتریکی ظاهری (مقاومت به‌دست آمده از دستگاه) و حقیقی (ضرب ضریب ارایه در مقاومت الکتریکی ظاهری) و مقاومت نفوذ به ریشه افزایش یافتند.

کلمات کلیدی: سنسورهای رطوبتی، ونر، مقاومت مکانیکی

مقدمه

رطوبت خاک یکی از پارامترهای بنیادی محیطی است که بر زندگی گیاهی و جانوری و میکروارگانیسم های خاک تاثیر می‌گذارد. در تبادلات بین خاک و اتمسفر، رطوبت خاک مهارکننده اصلی این جریان است. به همین دلیل آگاهی از محتوای رطوبتی خاک، و توزیع مکانی و تغییرات زمانی آن یکی از موضوعات مهمی می باشد. که در مطالعات آب شناسی، علوم خاک، محیط زیست، هواشناسی و کشاورزی مورد نیاز است (بداق جمالی و همکاران،۱۳۷۷). دانستن رطوبت خاک در رشد گیاه و استفاده از راهبردهای آبیاری و زهکشی، از بالاترین اهمیت برای بهبود کارایی مصرف آب برخوردار است (پن و همکاران، ۲۰۱۲). روش‌های اندازه‌گیری رطوبت در یک مقیاس کوچک شامل روش‌های وزنی و حجمی، روش‌های انعکاس سنجی زمانی (TDR)، رطوبت سنجی نوترون متری، حسگرهای رطوبتی و ..... می‌باشند. هم-چنین رطوبت خاک مهم‌ترین عامل موثر بر تراکم خاک است (سرادجانی و حسینی، ۲۰۱۱). تراکم و مقاومت مکانیکی خاک از ویژگی‌های مهم فیزیکی خاک هستند که در رشد ساقه و ریشه گیاه نقش عمده‌ای دارند. تراکم و مقاومت زیاد خاک نشان‌دهنده تخریب ساختمان خاک است و این ویژگی می‌تواند به دلیل برخورد قطرات باران، بافت نامناسب خاک یا عواملی مانند رطوبت نامناسب خاک هنگام عبور ماشین‌ها و ادوات خاک‌ورزی به وجود آید (آسودار و مهاجر مازندرانی، ۱۳۸۸). مقاومت فروروی، حساس‌ترین شاخص مقاومت مکانیکی به ریزساختار، توزیع اندازه منافذ و درز و ترک در خاک است که متاثر از میزان رطوبت خاک می‌باشد (Dexter ، ۲۰۰۸). هم‌چنین به‌عنوان بهترین شاخص در برابر رشد ریشه بوده و حد بحرانی آن برای رشد ریشه ۲ مگاپاسکال مورد پذیرش عمومی است. مقاومت فروروی خاک نشان‌دهنده تراکم و مقاومت خاک در برابر رشد ریشه می‌باشد، تراکم خاک باعث کاهش تخلخل خاک شده و تاثیر به سزایی بر رشد و توسعه ریشه، استقرار گیاه و در نهایت عملکرد محصول دارد. از مهم‌ترین اثرات افزایش تراکم خاک، می‌توان به تهویه ناکافی، کاهش جذب آب و عناصر غذایی توسط گیاه،

* ایمیل نویسنده مسئول: dorsa_mesry@yahoo.com

کند شدن جوانه‌زنی، کاهش قابلیت نفوذ ریشه و نهایتا کاهش عملکرد محصول اشاره کرد (Jones و همکاران، ۱۹۸۸). تراکم هنگامی قابل توجه می‌گردد که مقدار تخلخل خاک کمتر از ۱۰ درصد گردد و مقاومت به نفوذ خاک از ۲ مگاپاسکال بیشتر شود (Cullet، ۱۹۹۳).

مقاومت ویژه الکتریکی خاک نیز می‌تواند به عنوان نماینده ای برای ثبت تغییرات زمانی و مکانی خواص فیزیکی خاک(مانند ساختار خاک، محتواب آب و ترکیب سیال) به کار برده شود. یکی از مزایای این روش این است که علاوه بر حساسیت بالا اثر مخربی ندارد. در این روش، یک جریان مستقیم، و یا جریان متناوب با فرکانس بسیار پایین، توسط دو یا چند قطب به زمین اعمال شده و اختلاف پتانسیل بین دو نقطه (الکترود) که موقعیت مناسبی با قطب‌ها داشته باشند، اندازه‌گیری می‌شود. اختلاف پتانسیل متناظر با جریان الکتریکی واحد نمودی از مقاومت الکتریکی زمین بین دو الکترود است. مقاومت الکتریکی تابعی از موقعیت و وضعیت قطب‌ها و الکترودها و همچنین ویژگی‌های الکتریکی زمین جامع‌ترین تعریف مقاومت الکتریکی عبارت است از مقاومت بین دو وجه یک مکعب از خاک با ابعاد واحد به ازا جریان الکتریکی واحد و از رابطه زیر قابل محاسبه است:

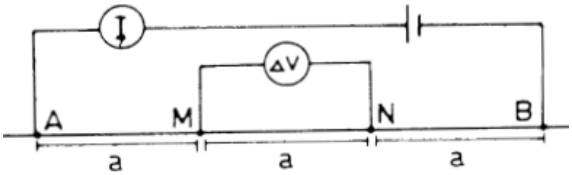
$$\rho = \frac{\Delta V}{I}\frac{A}{L}$$

که در آن V اختلاف پتانسیل بین دو الکترود، A سطح مقطع جریان الکتریسته در خاک بین دو الکترود، I شدت جریان اعمال شده و L فاصله بین دو الکترود می‌باشد (کلاگری، ۱۳۷۵). با تکیه به مطالب ذکر شده، می‌توان رابطه بین مقاومت الکترکی و درصد رطوبت را برای هر نوع خاک پیدا نموده و از آن بهره‌برداری نمود. پژوهش‌های مختلفی به منظور برآورد پارامترها و ویژگی‌های مختلف خاک از جمله اندازه‌گیری رطوبت با دستگاه مقاومت الکتریکی صورت گرفته است که به عنوان نمونه می‌توان به تحقیقات Chik و همکاران (۲۰۱۵) مقاومت الکتریکی خاک را در مقدار رطوبت‌ها و چگالی‌های مختلف خاک اندازه‌گیری کردند و به این نتیجه رسیدند که با افزایش رطوبت خاک میزان مقاومت الکتریکی خاک کاهش می‌یابد، و Abidin همکاران (۲۰۱۳) محتوای رطوبت و تعیین چگالی با استفاده از مقاومت الکتریکی تعیین نمودند و مشاهده کردند که با کاهش میزان رطوبت و چگالی خاک مقاومت الکتریکی خاک افزایش می‌یابد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه شهرکرد با بافت سیلتی کلی لوم انجام پذیرفت. شهرکرد دارای اقلیم نیمه‌مرطوب معتدل با تابستان‌های معتدل و زمستان‌های بسیار سرد است. میانگین سالانه دمای هوا در شهرکرد ۱۱/۵ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. در طول ۳۰ سال گذشته حداقل مطلق دما و حداکثر مطلق دمای ثبت شده در شهرکرد به ترتیب ۳۲ درجه سانتی‌گراد زیر صفر و ۴۲ درجه سانتی‌گراد بوده است. از آنجایی که فضای سبز دانشگاه‌ها یکی از عمده‌ترین مصرف کننده‌های آب در دانشگاه‌ها هستند بنابراین تعیین رطوبت خاک برای رشد گیاه امری ضروری است. هدف از این تحقیق برآورد میزان رطوبت خاک در سه وضعیت رطوبتی به وسیله آزمایشگاهی و سنسورهای رطوبتی و اندازه‌گیری میزان مقاومت الکتریکی و مقاومت نفوذ به ریشه در رطوبت‌های مختلف می‌باشد. جرم مخصوص ظاهری نمونه‌ها با روش سیلندر با ابعاد معین تعیین شد (Klute and Dirksen، ۱۹۸۶)، و رطوبت جرمی خاک نیز با برداشت مستقیم نمونه از خاک و سپس خشک کردن در آون ۱۰۵ درجه به مدت ۲۴ ساعت تعیین شد. سنسورهای رطوبتی مورد استفاده شامل سنسور SM 300 و Theta ML2 بوده است که مستقیما رطوبت حجمی را براورد می‌کنند.

به منظور برآورد مقاومت الکتریکی از آرایش ونر استفاده شد این آرایش معروف اول بار توسط ونر در سال ۱۹۱۶ پیشنهاد شد. در این آرایش چهار الکترود A B N M در روی زمین در طول یک خط راست طوری قرار می‌گیرند که NB= MN= AM= a هستند به منظور برآورد مقاومت الکتریکی خاک از سطح تا عمق بیست سانتی‌متری الکترودها به فاصله a=۳۹ سانتی‌متری از هم قرار گرفتند.



مقاومت مکانیکی (شاخص مخروطی) خاک در رطوبت‌های مختلف به وسیله دستگاه پنترولاگر اندازه گیری شد. در این ازمایش‌ها از یک نوک مخروطی با سطح مقطع ۲ سانتی‌متر مربع و و زاویه راس ۶۰ درجه استفاده شد. سرعت نفوذ نوک در خاک ۲ سانتی‌متر بر ثانیه می‌باشد و حداکثر عمق نفوذ ۲۰ سانتی‌متر انتخاب شد. اصول کاری نفوذسنج به این صورت است که مقاومت مکانیکی خاک را با توجه به مقدار نیروی لازم برای نفوذ نوک مخروط با ابعاد مشخص به داخل خاک را بر حسب مگاپاسکال نشان می‌دهد.

نتایج و بحث

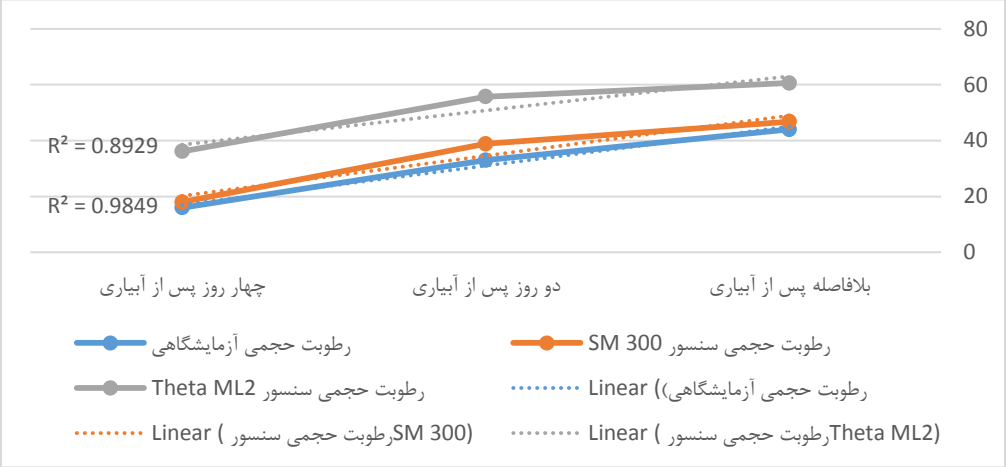
با توجه به اینکه سنسورها میزان رطوبت حجمی خاک را برآورد می‌کنند برای مقایسه رطوبت سنسور با آزمایشگاهی میزان رطوبت جرمی خاک نیز از طریق رابطه زیر به رطوبت حجمی خاک تبدیل شد و سپس رطوبت به‌دست آمده با سنسور با روش آزمایشگاهی مقایسه گردید (جدول ۱).

رطوبت جرمی * جرم مخصوص ظاهری = رطوبت حجمی

جدول ۱. مقایسه درصد رطوبت حجمی آزمایشگاهی با درصد رطوبت حجمی سنسورها

	بلافاصله پس از آبیاری	دو روز پس از آبیاری	چهار روز بعد از آبیاری
رطوبت حجمی خاک (رطوبت جرمی* جرم مخصوص ظاهری)	۴۴	۳۳	۱۶
رطوبت حجمی سنسور SM 300	۴۶/۸	۳۸/۸	۱۸
رطوبت حجمی سنسور Theta ML2	۶۰/۶	۵۵/۷	۳۶/۱

همانطور که در شکل ۱ مشاهده می‌شود همبستگی رطوبت حجمی آزمایشگاهی با رطوبت حجمی سنسور SM 300 R=۰/۹۸ و همبستگی بین سنسور Theta ML2 با رطوبت حجمی آزمایشگاهی R=۰/۸۹ برآورد شد.



شکل ۱. همبستگی رطوبت حجمی آزمایشگاهی با رطوبت حجمی سنسورها

در جدول ۲ رطوبت حجمی آزمایشگاهی خاک با مقاومت‌های الکتریکی ظاهری و حقیقی خاک نیز در سه زمان رطوبتی اندازه‌گیری شد (جدول ۲). مقاومت الکتریکی به‌دست آمده توسط دستگاه مقاومت الکتریکی ظاهری است که پس از ضرب در فاکتور آرایه مقاومت الکتریکی ویژه واقعی به‌دست می‌آید.

$$\rho = \frac{\Delta V}{I} K$$

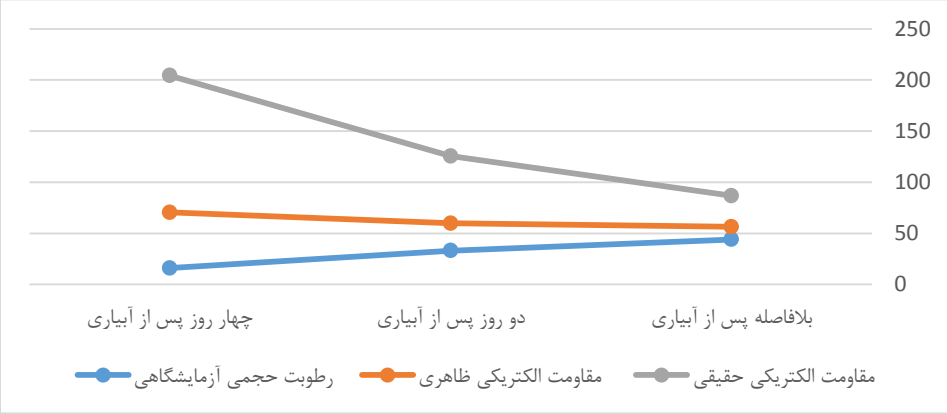
K= a*۲*۳/۱۴ را ضریب آرایه یا فاکتور هندسی آرایش الکترودی می‌نامیم. ضریب آرایه، فاکتوری است که به چگونگی قرارگیری الکترودها نسبت بهم بستگی دارد به همین دلیل آن را ضریب آرایه نامیده‌اند. بنابراین با توجه به آرایه مورد استفاده محاسبه می‌شود با توجه به موارد گفته شده مقاومت ویژه خاک به خصوصیات خاک از جمله جنس زمینی که خاک از آن تشکیل شده (بافت)، میزان خشکی یا رطوبت موجود در خلل و فرج خاک وابسته است بنابراین می‌توان با استفاده از مقاومت ویژه پارامترهای نامبرده را تعیین نمود (کلاگری، ۱۳۷۵).

جدول ۲. مقایسه رطوبت حجمی خاک با مقاومت الکتریکی ظاهری و حقیقی در رطوبت‌های مختلف خاک

پارامترها	بلافاصله پس از آبیاری	دو روز پس از آبیاری	چهار روز بعد از آبیاری
رطوبت حجمی خاک	۰/۴۴	۰/۳۳	۰/۱۶
مقاومت الکتریکی ظاهری (اهم)	۱۲/۳۷	۲۶/۸	۵۴/۵۰
مقاومت الکتریکی ویژه حقیقی (اهم)	۳۰/۳۵	۶۵/۷۶	۱۳۳/۷۳

برآورد میزان مقاومت الکتریکی در سه زمان رطوبتی نشان داد که همواره با کاهش میزان رطوبت پس از آبیاری میزان مقاومت الکتریکی ظاهری و حقیقی کاهش می‌یابد (جدول ۲). در زمان خاک اشباع با رطوبت حجمی آزمایشگاهی ۰/۴۴ میزان مقاومت الکتریکی ظاهری دستگاه

۱۲/۳۷ اهم بوده است و مقاومت الکتریکی حقیقی (که از ضرب در ضریب ارایه در مقاومت الکتریکی ظاهری به‌دست می‌آید) ۳۰/۳۵ شده است. با کاهش میزان رطوبت پس از چهار روز رطوبت حجمی خاک به ۰/۱۶ رسید که در این زمان مقاومت الکتریکی ظاهری ۵۴/۵۰ اهم و مقاومت الکتریکی ویژه حقیقی ۱۳۳/۷۳ اهم افزایش یافتند.



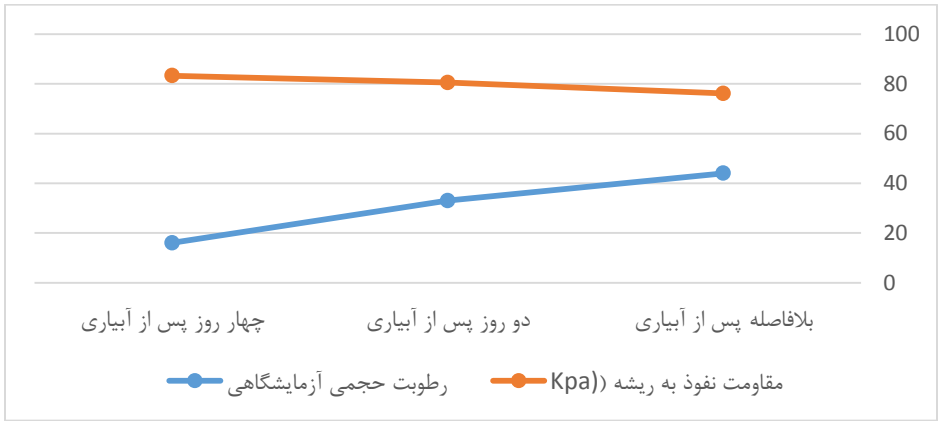
شکل۲. نمودار رابطه بین رطوبت حجمی با مقاومت الکتریکی ظاهری و حقیقی

تکنیک مقاومت سنجی الکتریکی، به عنوان یک تست غیر مخرب، جهت تعیین درصد رطوبت نمونه‌های خاکی بدون برهم خوردگی خاک میتواند مورد استفاده قرار گیرد (داوودی، ۱۳۸۱). نتایج داوودی (۱۳۸۱) در خاک‌های ماسه‌ای سیلتی نشان داد که با افزایش رطوبت خاک مقاومت الکتریکی کاهش می‌یابد و رابطه به دست آمده بین رطوبت و مقاومت تقریبا خطی بوده است. نتایج بررسی‌های Yan و همکاران (۲۰۱۲) روی مقاومت ویژه الکتریکی خاک نشان داد که مقاومت ویژه الکتریکی تابع ساختمان خاک و آب منفذی، رطوبت و درجه اشباع بوده و با افزایش میزان رطوبت مقاومت ویژه الکترکی خاک کاهش می‌یابد.

با افزایش میزان رطوبت نیز مقاومت نفوذ به ریشه به صورت خطی کاهش می‌یابد (شکل ۳). افزایش رطوبت خاک سبب کاهش تراکم خاک شده و مقاومت نفوذ به ریشه را کاهش داد. Seladji و همکاران (۲۰۱۰) بیان نمودند تراکم خاک به فاکتورهای پیچیده‌ای شامل آب و هوا، خواص بیولوژیکی خاک و مدیریت اب و خاک بستگی دارد. تراکم خاک باعث کاهش تخلخل، تغییر در شکل و اندازه منافذ و کاهش میزان رطوبت و بالطبع سبب افزایش مقاومت مکانیکی خاک شده و به دنبال آن نیروی کششی مورد نیاز انواع ادوات خاک‌ورزی، مصرف سوخت و ساییدگی تیغه‌ها افزایش می‌یابد (Jacobs and Finnery ، ۱۹۹۳). مهم‌ترین عامل محیطی موثر بر تراکم در هنگام عملیات خاک‌ورزی، رطوبت خاک می‌باشد. رطوبت مطلوب برای انجام عملیات خاک‌ورزی پایین‌تر از حد خمیری توصیه می‌شود (Spoor and Godwin ، ۱۹۸۷).

جدول ۳. میزان رطوبت حجمی خاک با میانگین مقاومت نفوذ به ریشه در رطوبت‌های مختلف

	بلافاصله پس از آبیاری	دو روز پس از آبیاری	چهار روز بعد از آبیاری
رطوبت حجمی خاک	۰/۴۴	۰/۳۳	۰/۱۶
میانگین مقاومت نفوذ به ریشه (Kpa)	۳۲/۱۳	۴۷/۵۲	۶۷/۲۹



شکل۳. رابطه بین رطوبت حجمی با میانگین نفوذ به ریشه

همینطور که در شکل مشاهده می‌شود رطوبت خاک با مقاومت نفوذ به ریشه نسبت عکس داشته و با افزایش رطوبت خاک مقاومت نفوذ به ریشه کاهش می‌یابد.

نتیجه‌گیری کلی

از آنجایی که رطوبت یکی از فراسنج‌های اساس خاک است که در مطالعات آب و خاک و مدیریت منابع آب، کاربرد زیادی دارد. این متغیر زمانی و مکانی، یکی از اجزای مهم مدل‌های آب و هوایی، بوم‌شناسی و آب‌شناسی و کشاورزی است. بدین جهت پایش مستقیم رطوبت خاک و استخراج داده‌های رطوبت به صورت نقطه‌ای نه تنها پرهزینه و وقت‌گیر است، بلکه در سطح وسیع، غیر عملی است. از این‌رو به ابزاری برای پایش رطوبت در مقیاس زمانی و مکانی نیاز است تا علاوه بر دقت مناسب امکان کاربرد عملیاتی آن در مناطق مختلف وجود داشته باشد. در این میان می‌توان از سنجنده‌های رطوبتی و روش‌های ژئوفیزیکی برای برآورد مستقیم و بدون تخریب خاک استفاده نمود. در این تحقیق میزان رطوبت جرمی به دست آمده با سنسورهای رطوبتی مقایسه شد که نتایج نشان داد میزان رطوبت هر دو روش همبستگی نزدیکی بهم دارند همچنین مقاومت ویژه الکتریکی و مقاومت نفوذ به ریشه که رطوبت خاک مهم‌ترین پارامتر تاثیرگذار بر آن‌هاست اندازه‌گیری شدند که نتایج نشان داد با افزایش رطوبت مقدار هر دو پارامتر کاهش یافت.

منابع

آسودار م. ا. و مهاجر مازندرانی ف. ۱۳۸۸. اثر روش های خاکورزی حفاظتی و ماشین های کاشت بر خصوصیات فیزیکی خاک و عملکرد گندم دیم. مجله مهندسی زراعی. ۳۲(۱).

بداق جمالی، جـ واد؛ احمدیان، ج؛ جوانمرد، سـ هیلا؛ گلمکانی، ت؛ ملک زاده، ص. ۱۳۷۷. ضرورت پایش وضعیت رطوبت خاک در افزایش بهره‌وری آب کشاورزی، یازدهمین همایش کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران ، ۳۹۰-۳۷۶.

داودی, محمدهادی، ۱۳۸۱، اندازه‌گیری درجه اشباع خاک با استفاده از مقاومت سنجی الکتریکی، سومین همایش بین المللی مهندسی ژئوتکنیک و مکانیک خاک ایران، تهران، سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور انجمن مکانیک خاک و مهندسی پی (ژئوتکنیک) ایران. ICGESM03_028.

کلاگری ع. ا. ۱۳۷۱. اصول اکتشافات ژئوفیزیکی، چاپ اول، انتشارات تابش، ۵۸۵ص.

Abidin M.H.Z. Saad R. Ahmad F. Wijeyesekera D. Ch. and Yahya A.SH. 2013. Soil Moisture Content and Density Prediction Using Laboratory Resistivity Experiment. 5(6):731-735.

Chik Z. Murad O.F. and Rahmad M. 2015. Dependency of dry density of soil on water content in the measurement of electrical resistivity of soil. Journal of Engineering Research and Technology. 2(2):141-145.

Cullet J.L.B. 1993. Density and compressibility. In: Carter, M.R. Soil Sampling and Method of Analysis. Canadian Society of Soil Science, Lewis Publishers, CRC Press, Boca Ration FL. pp: 529-539.

Dexter A.R. Richard G. Arrouays D. Czyz E.A. Jolivet C. and Duval. O. 2008. Complexed organic matter controls soil physical properties. Geoderma.144:620–627.

Jacobs C.O. and Finnery J.B. 1993. Soil Management. Farming Press Publication. pp: 187-189.

Jones A. J. Grisso R.D. and Shapiro C.A. 1988. Soil compaction, fact and fiction, common questions and their answers. Lincoln: University of Nebraska Cooperative Extension Service. pp: 342.

Klute A. and Dirksen C. 1986. Hydraulic conductivity and diffusivity: Laboratory methods. In: A. Klute(eds). Method of soil analysis, Part1: Agronomy Soil Science Society of America Madison.W.I. 687-734.

Pan, X., Zhang, J., Huang, P., and Roth, K. 2012. Estimating field-scale soil water dynamics at a heterogeneous site using multi-chanel GPR. Hydrol. Earth Syst. SCi. Discuss., 9, 8027-8062.

Saradjian, M.R., and Hosseini, M. 2011. Soil moisture estimation by using multipolarization SAR image. Advances in Space Research 48 (2011) 278-2.

Seladji, S. and Coenza, P., Tabbagha, A., Rangerd, J., Richard, G. 2010. The effect of compaction on soil electrical resistivity: laboratory investigation. European journal of soil science 61:1043-1055.

Spoor. G. and Godwin R.J. 1978. An experimental investigation into the deep loosening of soil by rigid tines. Journal of Agricultural Engineering Research, 23: 243-258.

Yan, M., Miao, L. and Cui, Y. 2012. Electrical Resistivity Features of Compacted clay. Expansive Soils. Marine GeoresourcesandGeotechnology30:167-179.

Topic for submission: Novel Technologies in Soil Science

Study of soil moisture using the variation of electrical and mechanical resistivity

Mesri*[1], S., Ghorbani Dashtaki[2], Sh., Shirani,[3]H. Kamkarrohani,[4] A, Motaghian, H.[5]
[1] P.hD. Student, Soil Science Department, Faculty of Agriculture University of Shahrekord, Iran
[2] Professor., Soil Science Department, Faculty of Agriculture University of Shahrekord, Iran
[3]Professor., Soil Science Department, Faculty of Agriculture University of Shahrekord, Iran
[4]Associate Prof., Miner engeenier- Geophysic and oil Department, Faculty of Agriculture University of Shahroud, Iran
[5]Assistant Prof., Soil Science Department, Faculty of Agriculture University of Shahrekord, Iran

Abstract

Water is the most important factor for plant growth in arid and semi-arid areas like Iran. There are different methods for soil moisture estimation. Volumetric soil moisture estimation in a laboratory is considered as the most reliable method for estimating soil moisture. But since it is time-consuming to obtain volumetric moisture in a laboratory, by using moisture sensors volumetric moisture content can be measured without soil contamination and in situ field measurement. Electrical and mechanical resistivity are among the parameters affected directly by the soil moisture. This research studies the soil moisture stimation done in the laboratory comparing with the results obtained by moisture sensors and electrical and mechanical resistivity measurements carried out in different moisture periods. The study showed a positive correlation between the volumetric soil moisture obtained in the laboratory and the measurements of the SM 300 and Theta ML2 sensors. However, the SM 300 measurements were closer to the lab results. The days after irrigation, by decreasing the moisture, apparent and actual electrical and mechanical resistivity raised.

Keywords: Soil moisture, Electrical resistivity, Mechanical resistivity

* Corresponding author, Email: dorsa_mesry@yahoo.com

شانزدهمین کنگره علوم خاک ایران

دانشگاه زنجان، ۵ تا ۷ شهریور ۱۳۹۸

محور مقاله: فناوری‌های نوین در علوم خاک

برآورد کیفی بافت خاک با استفاده از روش رادار نفوذی به زمین

سمیرا مصری[۱*]، شجاع قربانی دشتکی[۲]، حسین شیرانی[۳]، ابوالقاسم کامکار روحانی[۴]، حمیدرضا متقیان[۵]، حسینعلی بهرامی[۶]

[۱] دانشجوی دکتری گروه علوم و مهندسی خاک دانشکده کشاورزی ، دانشگاه شهرکرد

[۲]استاد گروه علوم و مهندسی خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد

[۳]استادگروه علوم و مهندسی خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه رفسنجان

[۴]دانشیار دانشکده مهندسی معدن، ژئوفیزیک و نفت ، دانشگاه صنعتی شاهرود

[۵]استادیار گروه علوم و مهندسی خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد

[۶]استاد گروه علوم و منهدسی خاک دانشگاه تربیت مدرس

چکیده

رادار نفوذی به زمین یکی از روش‌های ژئوفیزیکی است که امروزه به‌عنوان یک روش زودیافت در تعیین خصوصیات خاک مورد استفاده قرار می‌گیرد. بافت خاک به عنوان خصوصیت فیزیکی و پایای خاک است که اهمیت زیادی در کشاورزی، ذخیره آب و عناصر غذایی برای گیاه دارد. پژوهش حاضر به منظور تعیین بافت خاک با استفاده از رادار نفوذی به زمین انجام پذیرفت. بدین منظور از GPR مدل Akula9000 با آنتن ۷۰۰ مگاهرتز در دو کاربری مرتع و کشاورزی استفاده شد. نتایج حاصل از این برداشت‌ها انطباق خوب و قابل قبولی با نتایج آزمایشگاهی نمونه‌های خاک گرفته شده از عمق‌های مختلف و نسبتاً کم در زیر سطح زمین داشت. عمق نسبتاً بالای نفوذ امواج رادار در قسمت مرکزی پروفیل شماره یک به مقدار رس و رطوبت کم در این قسمت نسبت داده شد که این نتیجه هم‌خوانی خوبی با نتایج آزمایشگاهی داشت. همچنین عمق ناچیز نفوذ امواج رادار در ابتدا و انتهای پروفیل شماره دو حاکی از رسانندگی بالای منطقه به علت موادرسی متراکم و با رطوبت بالا تفسیر شد که این مطلب نیز توسط نتایج آزمایشگاهی تایید شد.

کلمات کلیدی: بافت خاک، رادار نفوذی به زمین، روش ژئوفیزیکی

مقدمه

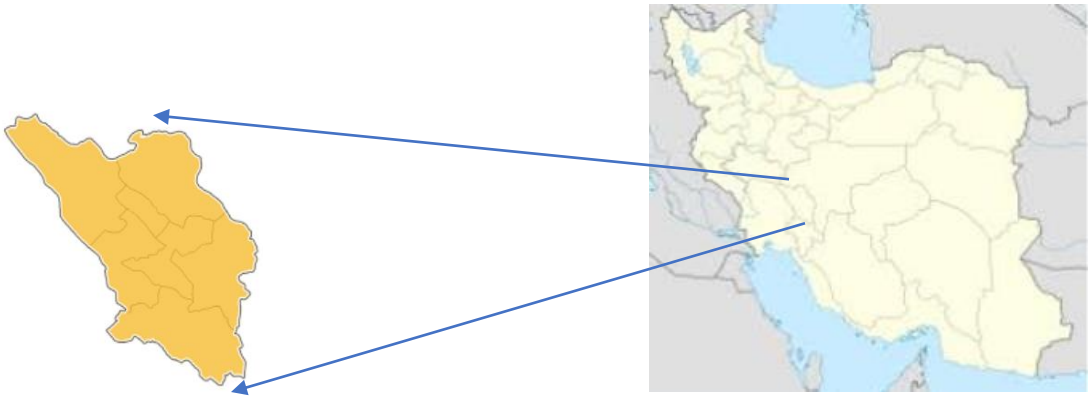
بافت خاک از خواص فیزیکی و پایای خاک می‌باشد. اندازه نسبی ذرات خاک را اصطلاحاً بافت خاک گویند که حاکی از ریزی و درشتی خاک می‌باشد. به عبارت دیگر مقدار نسبی شن و سیلت و رس که ذرات کوچکتر از سنگریزه می‌باشد (قطرشان از ۲ میلی‌متر کوچکتر است) بافت خاک را تشکیل می‌دهد درشت و سبک به خاک شنی و ریز و سنگین به خاک رسی اطلاق می‌شود. (شرفا، ۱۳۸۱). روش‌های متفاوتی برای تعیین بافت خاک وجود دارد که شامل روش‌های صحرایی، هیدرومتری، پیپت و رادار نفوذی به زمین می‌باشد. در این میان روش رادار نفوذی به زمین به عنوان یک روش غیر مخرب برای بررسی زیرسطحی چندی است که در حال تکامل است و به نظر می‌رسد می-تواند تا حد زیادی به کشاورزی در شناسایی خاک و حفاظت از سیستم‌های کشت کمک کند. رادار نفوذی به زمین یک روش موثر برای جمع-آوری مداوم داده‌های نزدیک به سطح به صورت غیرمخرب است و به نظر در آینده نزدیک چشم‌اندازهای روشنی از خاک مورد نیاز برای کشاورزی را ارائه می‌کند. در روش رادار نفوذی به زمین امواج الکترومغناطیسی به درون زمین منتشر شده، بخشی از این امواج با تغییر خصوصیات الکترومغناطیسی انعکاس پیدا می‌کنند و در گیرنده ثبت می‌شوند. عامل اصلی انعکاس امواج، تغییر سرعت انتشار به علت اختلاف گذردهی نسبی، هدایت الکتریکی و نفوذپذیری مغناطیسی ساختارهای زیرسطحی باشد. در برداشت‌های رادار نفوذی به زمین تغییر در خواص الکترومغناطیسی رسوبات است که باعث انعکاس انرژی الکترومغناطیسی می‌شود. تغییر در خواص الکترومغناطیسی عمدتا در نتیجه تغییرات در محتوای آب، که به نوبه خود توسط اندازه دانه‌ها و تخلخل کنترل می‌شود، رخ می‌دهد. قابل توجه به اینکه امواج رادار به علت ماهیت

* ایمیل نویسنده مسئول: dorsa_mesry@yahoo.com

خاص‌شان در هنگام برخورد با سطح آب متوقف شده و در محیط انتشار نمی‌یابند. تحقیق حاضر به منظور تعیین بافت خاک با استفاده از رادار نفوذی به زمین و مقایسه آن با نتایج آزمایشگاهی انجام پذیرفت (Neal، ۲۰۰۴).

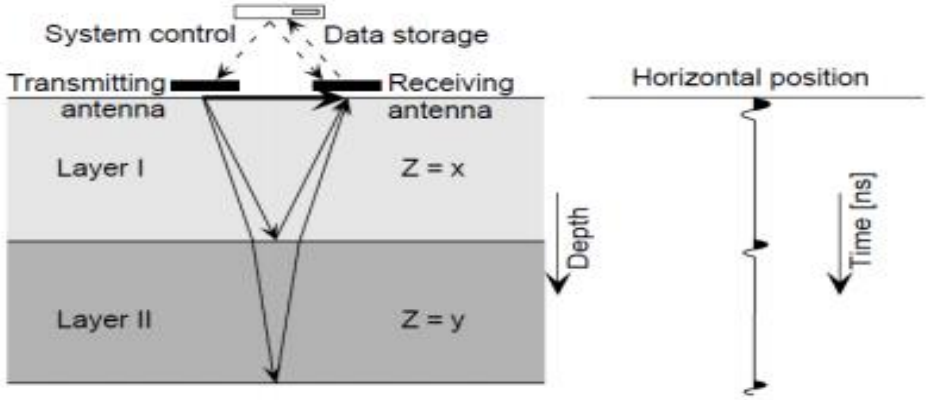
مواد و روش

نمونه‌ها در شهرکرد در دو کاربری مرتع با بافت سطحی clay loam و کشاورزی با بافت سطحی sandy clay loam برداشت شدند. به تعداد ۴ نمونه از عمق‌های ۱۰ و ۳۰ سانتی‌متری برای تعیین بافت عمقی جمع‌آوری شدند. آزمایشات انجام شده در آزمایشگاه شامل بافت خاک به روش هیدرومتری (بایکس، ۱۹۶۲)، اندازه‌گیری رطوبت خاک جمع‌آوری نمونه و سپس خشک کردن در آون ۱۰۵ درجه به مدت ۲۴ ساعت تعیین شد.



شکل ۱. نقشه منطقه مورد مطالعه

در رادار نفوذی به زمین GPR با ارسال رادار به زمین به تعیین خصوصیات خاک می‌پردازد. یک سیستم رادار از یک مولد سیگنال، آنتن فرستنده و گیرنده تشکیل شده است. فرستنده موجی با فرکانس ۱۰ مگاهرتز تا ۵/۱ گیگا هرتز تولید و به داخل زمین ارسال می‌کند. امواج هنگامی که به یک شئ و یا سطح که دارای خواص الکتریکی متفاوتی است برخورد می‌کنند، بر اثر تغییر امپدانس الکترومغناطیسی در آن قسمت، بخشی از امواج به سطح منعکس می‌شوند (Brubaker و همکاران،۱۹۹۲).



شکل ۲. مسیر انتشار امواج الکترومغناطیسی برای بررسی یک ساختار دو لایه در زیر سطح با GPR (Van Dam، ۲۰۰۱)

به طور کلی سه روش برای تعیین سرعت سیر موج GPR در ساختارهای زیر سطحی که به منظور تولید مقاطع عمقی GPR از مقاطع زمانی آن لازم است، وجود دارد:

۱) با استفاده از تحلیل سرعت موج GPR، که از تغییر فاصله بین فرستنده و گیرنده استفاده می‌شود.

۲) تخمین سرعت موج GPR با شناسایی جنس لایه‌ها

۳) استفاده از شکل هذلولی‌های پراش که در مقاطع GPR دیده می‌شود.

داده‌ها توسط GPR مدل Akula9000 و با آنتن ۷۰۰ مگاهرتز برای ارسال پالس‌های الکترومغناطیسی استفاده شد. تفسیر و پردازش داده‌ها نیز با نرم‌افزار Reflexw انجام پذیرفت.

نتایج و بحث

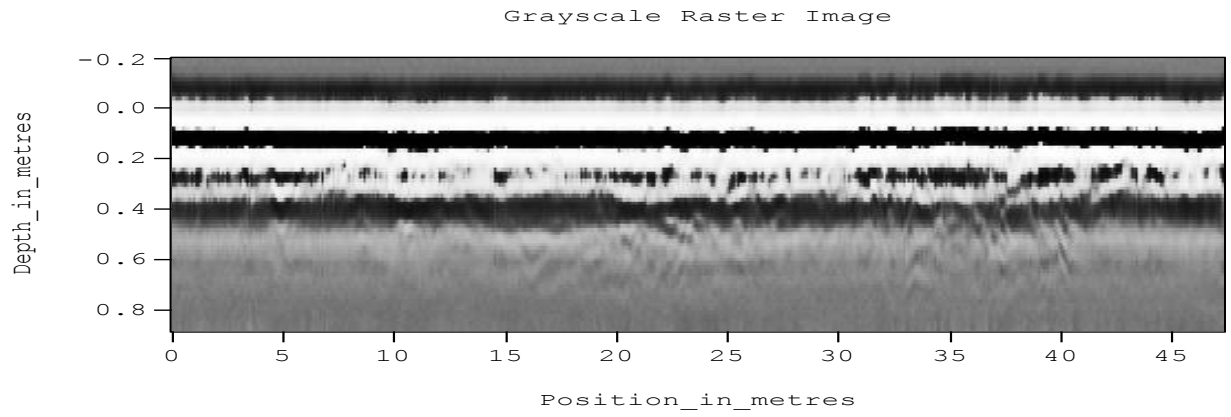
به منظور بررسی نتایج حاصل از GPR ابتدا لازم است وضوح تصاویر با اعمال پردازش و از بین بردن نویزها افزایش یابد. پردازش-های انجام شده بر روی تصاویر شامل:

پردازش Dewow : که در این پردازش سیگنال‌های با فرکانس خیلی کم که ناشی از جریانات القایی ایجاد شده در زمین هستند با استفاده از فیلترهای بالاگذر از رویدادها حذف می‌شوند.

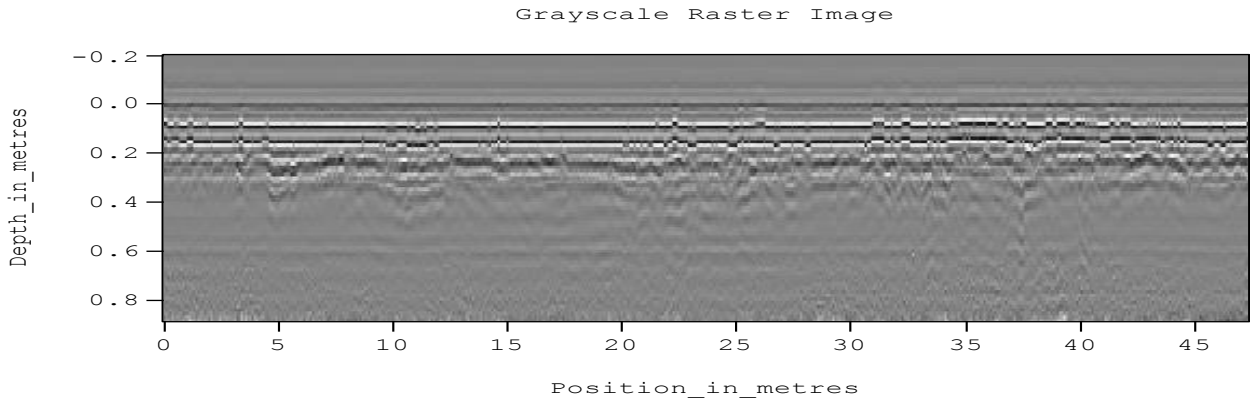
پردازش بهره گسترش نمایی SEC : هدف از این بهره جبران افت انرژی ناشی از گسترش موج در محیط و اتلاف نمایی انرژی از رسانایی است. این بهره با استفاده از اطلاعات مربوط به اتلاف سیگنال ناشی از پخش هندسی و اتلاف نمایی امواج GPR در محیط برداشت، سعی در بازسازی شکل سیگنال و پاسخ‌های بازتابی دارد.

پردازش فیلتر بالاگذر (Highpass): با اعمال این فیلتر سیگنال‌های پایین تر از فرکانس معینی حذف می‌شوند.

با توجه به رسانایی بسیار بالای محیط به دلیل وجود درصد بالای رس، میرایی امواج رادار تشدید شده و این امر عمق نفوذ را به شکل قابل ملاحظه‌ای کاهش داد. لذا اطلاعات قابل توجهی از اعماق بیش از ۵۰ سانتی‌متر با این برداشت حاصل نشد. برای رفع این مشکل بر رویدادها بهره گسترش نمایی اعمال شد. پس از مراحل پردازش فوق برای هر پروفیل مقطعی به‌دست آمد که نمایش واضح‌تری از زیرسطح ارائه داد. همان طور که از روی شکل ۳ ملاحظه می شود، رسانایی بالای محیط زیرسطحی، سبب کاهش شدید عمق نفوذ امواج رادار شده است.

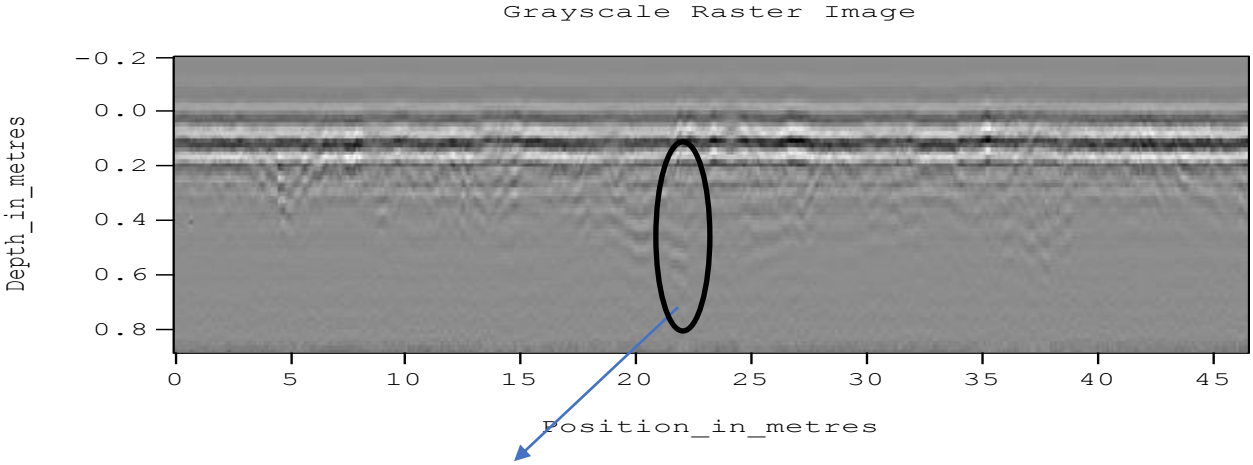


شکل ۳. مقاطع عمقی GPR، قبل از اعمال فیلتر



شکل ۳: مقاطع عمقی GPR، بعد از اعمال فیلترهای Dewow، SEC و Highpass

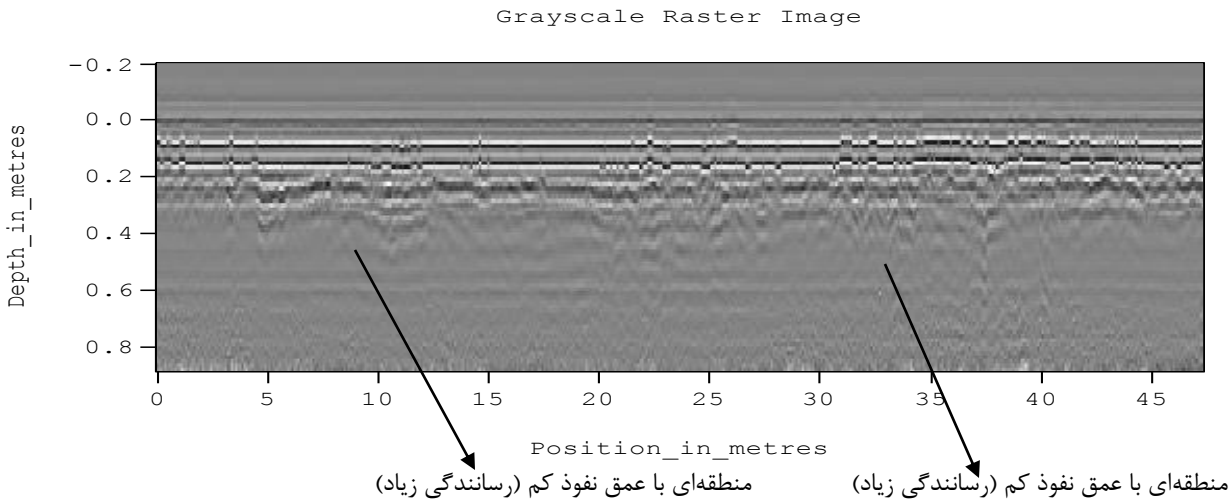
در مقاطع شکل‌های ۴و ۵ دو پروفیل GPR به همراه محل اخذ نمونه‌های خاک و نتایج آزمایشگاهی حاصل از آنها در جدول ۱ و ۲ آورده شده است. همان‌طور که در جدول ۱ و شکل ۴ مشاهده می‌شود عمق نفوذ رادار به دلیل رطوبت پایین‌تر و میزان رس به دست آمده از نتایج آزمایشگاهی نسبت به شکل ۵ بیشتر است.



شکل ۴. مقاطع حاصل از روش GPR. الف)پروفیل شماره یک

جدول ۱. درصد اجزای بافت خاک در پروفیل ۱ در اعماق مختلف

نمونه از پروفیل ۱	میزان رس	میزان سیلت	میزان شن	بافت خاک	درصد رطوبت وزنی
عمق ۰-۱۰سانتی‌متری	۲۴	۳۰	۴۶	Sandy clay loam	۴
عمق ۳۰ سانتی‌متری	۲۰	۳۸	۴۲	loam	۶



شکل ۵. مقاطع حاصل از روش GPR. پروفیل شماره دو

جدول ۲. درصد اجزای بافت خاک در پروفیل ۲ در اعماق مختلف

نمونه از پروفیل ۲	میزان رس	میزان سیلت	میزان شن	بافت خاک	درصد رطوبت وزنی
عمق ۰-۱۰سانتی‌متری	۳۸	۳۸	۲۴	Clay loam	۱۳
عمق ۳۰ سانتی‌متری	۳۹	۳۷	۲۴	Clay loam	۱۶

نتیجه‌گیری

در این مطالعه کارایی روش GPR در توصیف کیفی بافت خاک مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به مفروضات رادار نفوذی به زمین در خاک‌هایی با میزان رطوبت و رس بالا به علت رسانندگی زیاد خاک عمق نفوذ رادار کاهش می‌یابد در صورتیکه در خاک‌های سبک و رطوبت پایین عمق نفوذ رادار زیادتر است. نتایج حاصل از این تحقیق نیز نشان داد که روش GPR در توصیف کیفی بافت خاک موفق عمل نموده است به این دلیل که نتایج آزمایشگاهی حاصل از آزمایش بر روی نمونه‌های خاک اخذ شده از منطقه مورد مطالعه با اساس نفوذ رادار نفوذی به زمین تطابق قابل قبولی داشت. این تحقیق حاکی از آن است که در محل‌هایی با بافت درشت‌تر خاک و میزان رس و رطوبت کمتر، عمق نفوذ امواج رادار بیشتر است و هم‌چنین در محل‌هایی که میزان رس و رطوبت آن بالا است رسانندگی خاک بیشتر و عمق نفوذ امواج GPR به شدت کاهش می‌یابد.

منابع

شرفا، م. ۱۳۸۳. "خاک شناسی". جلد اول، انتشارات بنیان علوم تهران، ۱۹۷ ص.

Baker, G. Jordan, T. and Pardy, J. 2007. “An introduction to ground penitrating radar (GPR)” The Geological Society of America, special paper 432, pp. 181.

Bouyoucos G.J. 1962. Hydrometer method improved for making particle size analysis of soils. Agron. J. 54: 464-465.

Brubaker S.C. Holzhey C.S. and Brasher B.R. 1992. Estimating the water- dispersible clay content of soils. Soil Sci. Soc. Am. J. 56: 1226-1232.

Neal A. 2004. Ground Penitrating Radar and its use in sedimentology: prenciples, problems and progress:Earth-science reviews, 66, pp.261-330.

Van Dam R. L. 2001.cause of ground penitrating radar reflection in sediment Ph.D. thesis, univ, Amesterdam.

16th Iranian Soil Science Congress

University of Zanjan, Iran, August 27-29, 2019

Topic for submission: Novel Technologies in Soil Science

Soil texture qualitative analysis by ground penetration radar

Mesri*[1], S., Ghorbani Dashtaki[2], Sh., Shirani,[3]H. Kamkarrohani,[4] A, Motaghian, H.[5] Bahrami, H., A. [6]

[1] P.hD. Student, Soil Science Department, Faculty of Agriculture University of Shahrekord, Iran

[2] Professor., Soil Science Department, Faculty of Agriculture University of Shahrekord, Iran

[3]Professor., Soil Science Department, Faculty of Agriculture University of Shahrekord, Iran

[4]Associate Prof., Miner engeenier- Geophysic Department, Faculty of Agriculture University of Shahroud, Iran

[5]Assistant Prof., Soil Science Department, Faculty of Agriculture University of Shahrekord, Iran

[6]Professor., Soil Science Department, Faculty of Agriculture University of Tarbiat modares, Iran

Abstract

Nowadays ground penetration radar is one of the geophysical rapid methods used for identifying soil characteristics. Soil texture is considered to be a stable physical property of the soil which has an important role in agriculture, especially in storing water and nutrition elements in the plants. This research has been conducted to determine the soil texture using the ground penetration radar. It has been done using GPR, Akula9000 model, with 700MHz antenna on two surface texture: clay loam and sandy clay loam. The results of these observations were accordant with the laboratory results of soil samples taken from different depths that were relatively low below ground level. The relatively high depth of penetration of radar waves in the central part of profile number 1 was attributed to the amount of clay and low humidity in this section which resulted in good agreement with laboratory results. Also, the insignificant depth of radar wave penetration at the beginning and the end of profile number 2 was attributed to the high conductivity of the region due to dense, high humidity materials, which was confirmed by laboratory results.

Keywords: Soil texture**,** Ground penetration radar, Geophysical method

* Corresponding author, Email: dorsa_mesry@yahoo.com

محور مقاله: فناوری‌های نوین در علوم خاک

مقایسه روش TDR و مقاومت الکتریکی درتخمین رطوبت خاک در سه سطح شوری

فائزه محمدعلی‌زاده فخر[۱]*، محمدرضا نیشابوری[۲]، داود زارع حقی[۳]، محمدصادق ذاکرحمیدی[۴]

[۱] دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

[۲] استاد گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

[۳] استادیار گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

[۴] دانشیار پژوهشکده فیزیک کاربردی و ستاره شناسی، دانشگاه تبریز

چکیده

اندازه‌گیری رطوبت خاک به‌روش مستقیم (نمونه‌برداری و توزین) تخریبی و زمان‌بر است. دستگاه TDR و حسگرهای مقاومتی از روش‌های غیرمستقیم هستند که مقدار رطوبت را سریع و غیرتخریبی تخمین می‌زنند. هدف از این تحقیق مقایسه روش TDR و مقاومت الکتریکی در تخمین رطوبت خاک در سه سطح شوری (۱/۸۹ dS/m، ۶/۱ و ۱۳/۱) بود. آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی در یک خاک لوم شنی انجام شد. تیمارها شامل روش‌های اندازه‌گیری رطوبت (TDR، مقاومت الکتریکی و مستقیم) بود. هر حسگر متشکل از یک جفت الکترود و یک عایق بود. با قرائت مقاومت الکتریکی توده‌ای (R) و جاگذاری آن در معادلات واسنجی مقدار رطوبت به‌دست آمد. رطوبت حجمی خاک‌ها با TDR به‌طور مستقیم قرائت شد. تجزیه واریانس در سطوح رطوبتی و شوری ثابت انجام شد. نتایج نشان داد رطوبت‌های حجمی به‌دست آمده از چهار روش مختلف تفاوت معنی‌دار ندارند ($p<۰/۰۵$). در شوری ۱۳/۱ dS/m بجز در رطوبت‌های پایین (۶ تا ۱۲ درصد) TDRخروجی نشان نداد. اما حسگرهای مقاومتی در تمام سطوح رطوبتی و شوری خروجی دادند. به‌طور متوسط خطای اندازه‌گیری با حسگرهای مقاومتی (RMSE = ۱/۶۶) کمتر از TDR (RMSE = ۲/۵۶) بود. با توجه به نتایج مذکور و هزینه ساخت، حسگرهای مقاومتی می‌توانند جایگزین قابل قبولی برای TDRدر اندازه‌گیری رطوبت خاک باشند.

کلمات کلیدی: رطوبت حجمی خاک، انعکاس سنج حوزه زمانی، ثابت دی‌الکتریک، مقاومت الکتریکی توده‌ای خاک، واسنجی حسگر.

مقدمه

تأمین نیاز غذایی بشر به‌خصوص با افزایش روزافزون جمعیت مستلزم بهبود عملکرد تولیدات کشاورزی و مدیریت صحیح آبیاری است. امروزه در کشورهای پیشرفته جهان به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک سعی بر استفاده از روش‌های نوین اندازه‌گیری رطوبت برای افزایش راندمان آبیاری است. دقیق‌ترین روش اندازه‌گیری θ روش مستقیم می‌باشد. وقت‌گیر بودن این روش باعث شده تا محققان فیزیک خاک به روش‌های غیرمستقیم تعیین θ روی بیاورند (anonymous،۲۰۰۸). روش غیرمستقیم متکی بر اندازه‌گیری یکی از خصوصیات فیزیکی خاک است که اساساً وابسته به θ بوده و به‌طور مستقیم و سریع قابل اندازه‌گیری است. از روش‌های غیرمستقیم می‌توان به روش‌های هسته‌ای (نوترون‌متر و تابش گاما) و حسگرهای رطوبتی (خازنی و هدایتی یا مقاومتی) اشاره کرد. روش‌های هسته‌ای دارای دقت بالایی در اندازه‌گیری θ هستند اما هزینه بالا، مضرات منبع رادیواکتیو و نیاز به واسنجی در محل، کاربرد این روش را محدودتر کرده‌است (Topp و همکاران، ۱۹۸۰). حسگرهای رطوبتی خاک از جمله ابزارهای متداولی هستند که بدون خطر تشعشع امواج اخیراً مورد توجه محققان قرار گرفته است.

ثابت دی‌الکتریک (ε) برای سه فاز آب، جامد و هوا در خاک به‌ترتیب حدود ۸۱، ۴ تا ۸ و ۱ است. بنابراین ε در یک خاک مرطوب اساساً وابسته به رطوبت خاک است (Topp و همکاران، ۱۹۸۰). یکی از روش‌های متداول برای اندازه‌گیری ε خاک انعکاس سنجی حوزه زمانی (TDR) است. سیستم‌های TDR با اندازه‌گیری مدت زمان انعکاس پالس (۱۵۰ ps~) از انتهای میله‌های موج بر دفن شده در خاک، مقدار ε را اندازه‌گیری واز روی آن رطوبت حجمی (θ_v) را تخمین می‌زنند. این تخمین بر اساس روابط واسنجی انجام می‌گیرد که عموماًمعادلات رگرسیونی بین θ_v و زمان انعکاس پالس یا ε هستند. (anonymous، ۲۰۰۸). ε تخمین زده شده به وسیله حسگرهای خازنی، نه تنها از مقدار آب خاک بلکه از خصوصیات دیگر مثل شوری و بافت خاک تأثیر می‌پذیرد. شوری خاک باعث پراکنده شدن سیگنال‌های منعکس شده در خاک شده و باعث طولانی شدن زمان رفت و برگشت موج الکترومغناطیس می‌شود. در نتیجه مقدار رطوبت بیشتر از مقدار واقعی تخمین زده می‌شود (Bogena و همکاران، ۲۰۰۷). حسگرهای خازنی در خاک‌های شنی دارای بیشترین میزان دقت بوده و با افزایش مقدار رس از دقت آنها کاسته می‌شود. وجود رس در خاک باعث می‌شود این حسگرها مقدار

* ایمیل نویسنده مسئول: fzalizade90@gmail.com

رطوبت را کمتر از مقدار واقعی تخمین بزنند (Raper و همکاران، ۲۰۱۵) که علت آن به حضور آب پیوندی در اطراف ذره رس نسبت داده می‌شود (Dasberg و Hopmans، ۱۹۹۲). فاز مایع موجود در خاک به دو زیر مجموعه آب آزاد و آب پیوندی تقسیم می‌شود. درجه قطبی شدن آب آزاد تحت یک میدان مغناطیسی خارجی بالاست و بنابراین ε آن بالاست (Gong و همکاران، ۲۰۰۳). آب پیوندی مولکول‌های آب نزدیک سطوح ذرات رس هستند که با نیروی بسیار زیاد به سطح ذره رس پیوند شده‌اند و قدرت تحرک آنها بسیار کمتر از آب آزاد است. حرکت مولکول‌های آب پیوندی در حضور میدان مغناطیسی خارجی بسیار محدود است. بنابراین میزان قطبیت آن نسبت به آب آزاد بسیار کم بوده و ε آن نیز بسیار کمتر از ε آب آزاد است (Dasberg و Hopmans، ۱۹۹۲). حساسیت حسگرهای خازنی به عوامل مذکور به فرکانس پالس ایجاد شده وابسته است. در حسگرهای نوع خازنی اگر فرکانس از حد آستانه ۱۰۰ مگاهرتز کمتر باشد، دقت اندازه‌گیری پایین می‌آید. حسگرهای TDR به علت فرکانس بالا (بیشتر از ۱ گیگاهرتز) از دقت بالایی برای تخمین رطوبت برخوردار هستند (Raper و همکاران، ۲۰۱۵).

در حسگرهای هدایتی، قابلیت هدایت الکتریکی توده‌ای (σ_b) یا R خاک بین دو الکترود و یا ماده‌ای که در تعادل رطوبتی با خاک اطراف حسگر است، اندازه‌گیری و سپس با استفاده از یک رابطه واسنجی شده به مقدار رطوبت یا پتانسیل آب تبدیل می‌شود. معادله واسنجی یا توسط شرکت سازنده حسگر ارائه می‌شود و یا به‌وسیله کاربر برای خاک مورد نظر انجام می‌شود. بلوک گچی و حسگرهای دانه متخلخل (GMS[1]) از جمله حسگرهای هدایتی هستند. محدودیت کلی این حسگرها کوتاه بودن عمر مفید آن نسبت به حسگرهای خازنی، وابستگی مقدار هدایت یا مقاومت قرائت شده به غلظت یونی محلول خاک و عامل ساختاری (تخلخل کل، پیچ‌خوردگی منافذ و ساختمان) است. از این رو توصیه می‌شود از واسنجی دقیق برای تعیین رطوبت استفاده شود (Raper و همکاران، ۲۰۱۵).

σ_b در یک خاک مرطوب از طریق یون‌ها در سه مسیر موازی انجام می‌پذیرد: ۱- مسیر متشکل از آب و سطح فاز جامد خاک (توسط لایه دوگانه الکتریکی)، ۲- مسیر فاز مایع به صورت موازی با مسیر اول از طریق منافذی که اشباع از آب است و فقط قابلیت هدایت الکتریکی محلول خاک (σ_w) در آن دخالت دارد و ۳- مسیر متشکل از سطح ذرات خاک (σ_s) که به‌طور مستقیم و پیوسته در تماس با یکدیگر هستند و هیچ واسطه‌ای بین آنها وجود ندارد. قابلیت هدایت الکتریکی در این مسیر فقط به‌وسیله سطح ذرات جامد صورت می‌گیرد. سهم هر کدام از این سه مسیر در σ_b خاک بستگی به مقدار رطوبت، شوری و σ_s دارد. در خاکی که به‌قدر کافی مرطوب باشد σ_b در درجه اول از طریق منافذ درشت اشباع از آب مسیر دوم صورت می‌گیرد. هر چه رطوبت خاک به سمت صفر نزدیک شود، سهم σ_s از کل هدایت بیشتر می‌شود. اما به‌طور کلی σ_s کوچکتر از σ_w است، زیرا کاتیون‌های تبادلی در لایه دوگانه پخشی نسبت به محلول خاک تعداد و تحرک کمتری دارند (Nadler، ۲۰۰۵). در خاک‌های زراعی ساختمان خاک طوری نیست که خاکدانه‌ها یا ذرات خاک به حد کافی تماس مستقیم و بی‌واسطه داشته باشند. آزمایش‌های تجربی Rhoades و همکاران (۱۹۷۶) نیز نشان داد که سهم مسیر سوم در σ_b قابل صرف‌نظر است.

با توجه به مطالب ذکر شده روشن است که ارتباط تنگاتنگ بین مقدار رطوبت و σ_b یا ε خاک وجود دارد. روش هدایتی (مقاومتی) محدودیت‌های دو روش مستقیم و TDR را ندارد. اما در مقابل نیاز به واسنجی برای سطوح شوری و خاک‌های متفاوت از محدودیت‌های این روش است. هدف از این پژوهش مقایسه صحت دو روشTDR ومقاومتی با در نظر گرفتن مزایا و معایب هر کدام در تخمین رطوبت خاک در سه سطح شوری است.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در قالب طرح کاملاً تصادفی نامتعادل انجام شد. برای اجرای آزمایش از خاک‌های زمین‌های کشاورزی دانشگاه تبریز واقع در منطقه کرکج به صورت دست‌خورده نمونه‌برداری شد. پس از هواخشک کردن و کوبیدن کلوخه‌ها خاک از الک ۴ mm عبور داده شد. پس از اندازه‌گیری شوری عصاره گل اشباع (EC_e) بافت خاک به‌روش قرائت ۴ زمانه (Gee و Bauder، ۱۹۸۶) تعیین شد (جدول ۱). برای این تحقیق ۳ سطح شوری شامل ۱۰ dS/m و ۵/۵ ~ ۲، EC_e< و ۸ سطح رطوبتی از اشباع تا حدود هوا خشک (۰/۲ SP تا SP) منظور شد. سطح شوری ۵/۵ dS/m و ۱۰ با افزودن نمک کلرید سدیم (NaCl) در خاک ایجاد شد. مقدار نمک لازم از روابط ۱ و ۲ محاسبه شد (anonymous، ۱۹۶۹).

$$TDS = ۶/۴ (EC_e – EC) \quad (۱)$$

که در آن، TDS غلظت NaCl در عصاره گل اشباع خاک برحسب گرم در لیتر و EC_e و EC به‌ترتیب شوری مورد نظر و شوری اولیه خاک است.

$$m_{solute} = \frac{SP \times TDS}{1000} \quad (۲)$$

[1]- Granular matrix sensor

در رابطه ۲m_{solute} مقدار NaCl لازم برحسب g/kg و SP درصد اشباع رطوبتی خاک است. پس از تعیین مقدار آب لازم برای ایجاد رطوبت‌های معادل ۰/۲SP تا SP و وزن NaCl لازم برای هر سطح شوری، (با فرض اینکه جرم مخصوص آب برابر با ۱ است) محلول‌های NaCl تهیه شدند. رطوبت‌های مورد نیاز با افزودن تدریجی حجم معینی از آب مقطر و یا از محلول تهیه شده بر جرم معینی از خاک و همراه با بهم زدن ایجاد شد. خاک-های آماده شده با رطوبت و شوری معین جداگانه در استوانه‌هایPVC با قطر ۱۰ و ارتفاع ۲۰ سانتی‌متر با جرم مخصوص ظاهری ثابت ۱/۳ g/cm^3 قرار گرفتند. برای جلوگیری از تبخیر و ثابت ماندن رطوبت، هر دو انتهای لوله‌ها با نایلون ضخیم پوشش داده شدند. رطوبت حجمی خاک هر گلدان با

دستگاه TDR مدل Trace 6050X1 (شکل ۱- ب) و R با حسگرهای مقاومتی دست‌ساز دارای الکترودهای فولادی ضدزنگ (شکل ۱- الف) در دو فرکانس ۱ و ۱۰ کیلوهرتز، با دستگاه LCRمتر مدل TH2810D (شکل ۱- ج) هم‌زمان اندازه‌گیری شد.

ج ب الف

شکل ۱: شمایی از حسگرهای مقاومتی دست‌ساز (الف)، اندازه‌گیری رطوبت به‌روش TDR (ب) و مقاومت الکتریکی توده‌ای (ج).

دمای خاک یکی از عوامل مؤثر بر R است. با افزایش دما تحرک یون‌های محلول خاک افزایش یافته و به‌دنبال آن R خاک کاهش می‌یابد (Corwin و Lesch، ۲۰۰۵). در این راستا از روابط زیر برای تصحیح مقاومت‌های قرائت شده در هر دما (R_T) به دمای ۲۵ درجه سلسیوس (R_{25}) استفاده شد (جزئیات در منبع محمدعلی‌زاده، ۱۳۹۷).

$$R_{25} = \frac{R_T}{-0.02\,T+1.53};\ r^2 = ۰/۹۸ \quad (۳)$$

$$R_{25} = \frac{R_T}{-0.017\,T+1.42};\ r^2 = ۰/۹۶ \quad (۴)$$

$$R_{25} = \frac{R_T}{-0.018\,T+1.46};\ r^2 = ۰/۹۶ \quad (۵)$$

معادلات مذکور(R برحسب اهم و T برحسب سلسیوس) به‌ترتیب برای تصحیح دما در سطوح شوری ۱/۸۹ dS/m، ۶/۱ و ۱۳/۱ به‌کار رفتند. رطوبت حجمی (θ_v) با استفاده ازروابط واسنجی زیر محاسبه شد.

$$\theta_v\ (\%) = ۳۳۰/۴۵(R_{25})^{-۰/۴۴۸};\ r^2 = ۰/۹۶ \quad (۶)$$

$$\theta_v\ (\%) = ۱۵۵/۲۵\ (R_{25})^{-۰/۴۱۱};\ r^2 = ۰/۹ \quad (۷)$$

$$\theta_v\ (\%) = ۱۲۰/۲۵\ (R_{25})^{-۰/۴۲۱};\ r^2 = ۰/۹۷ \quad (۸)$$

$$\theta_v\ (\%) = ۳۵۳/۳۹(R_{25})^{-۰/۴۶۷};\ r^2 = ۰/۹۶ \quad (۹)$$

$$\theta_v\ (\%) = ۱۶۶/۶۷(R_{25})^{-۰/۴۳۵};\ r^2 = ۰/۹ \quad (۱۰)$$

$$\theta_v\ (\%) = ۱۲۱/۶(R_{25})^{-۰/۴۳۳};\ r^2 = ۰/۹۷ \quad (۱۱)$$

معادلات واسنجی۶، ۷ و ۸ مربوط به فرکانس ۱ کیلوهرتز و ۹، ۱۰ و ۱۱ مربوط به فرکانس ۱۰ کیلوهرتز بوده که به‌ترتیب برای سطوح شوری dS/m ۱/۸۹، ۶/۱ و ۱۳/۱ به‌کار رفتند (برای اطلاع بیشتر رجوع به محمدعلی‌زاده، ۱۳۹۷).

پس از اتمام قرائت‌ها از سه قسمت هر ستون خاک (ابتدا، وسط و انتها) نمونه‌گیری شد و رطوبت به روش توزین تعیین شد. رطوبت‌های به‌دست آمده از

۴ روش TDR، حسگرهای مقاومتی در دو فرکانس ۱ و ۱۰ کیلوهرتز و روش مستقیم مقایسه شدند. صحت هر روش با استفاده از ملاک‌های آماری RMSE و GMER (روابط ۱۲ و ۱۳) بررسی شد. رسم نمودارها با نرم افزار Excel و تجزیه واریانس با نرم افزار spss در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

$$RMSE = \left[\frac{\sum_{i=1}^{N}(y_i-\hat{y}_i)^2}{N}\right]^{0.5} \quad (۱۲)$$

$$GMER = \exp\left[(\frac{1}{N})\sum_{i=1}^{N} Ln(\frac{\hat{y}_i}{y_i})\right] \quad (۱۳)$$

در روابط مذکور N تعداد مشاهدات، y_i رطوبت حجمی اندازه‌گیری شده از طریق نمونه برداری و توزین و $\hat{y}_i$ رطوبت حجمی اندازه‌گیری شده با TDR و یا حسگرهای مقاومتی است.

نتایج و بحث

برخی از خصوصیات خاک در جدول (۱) ارائه شده است. فشردگی خاک از عواملی است که بر جریان الکتریکی تأثیر می‌گذارد. همین امر ممکن است باعث ایجاد خطا در اندازه‌گیری مقاومت الکتریکی در یک نوع خاک و با فشردگی‌های متفاوت شود (Kaboosi، ۲۰۱۴). به همین جهت تمام اندازه‌گیری‌ها در یک فشردگی ثابت انجام شده است. با توجه به اینکه جرم مخصوص ظاهری مطلوب برای کلاس بافتی لوم شنی در کاربری‌های زراعی به‌طور طبیعی حدود g/cm^3 ۱/۳ است، برای کل آزمایشات این مقدار اعمال شد.

جدول ۱. تعدادی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه

بافت خاک			کلاس بافتی	SP (%)	D_b (g/cm^3)	EC_1 (dS/m)	EC_2 (dS/m)	EC_3 (dS/m)
شن (٪)	سیلت (٪)	رس (٪)						
۷۰/۵۲	۲۰/۸۵	۸/۶۳	لوم شنی	۳۱	۱/۳	۱/۸۹	۶/۱	۱۳/۱

EC_1 شوری اولیه خاک و EC_2 و EC_3 شوری ایجاد شده با افزودن NaCl می‌باشند.

همان‌طورکه مشاهده می‌شود شوری‌های ایجاد شده در عمل قدری بیشتر از شوری‌های پیش بینی شده یا محاسباتی (۵/۵ dS/m و ۱۰) به‌دست آمده است. علت، واقعی نبودن ضریب ۶/۴ در رابطه ۱ و استفاده از نمک کلرید سدیم برای ایجاد شوری در خاک می‌باشد. سدیم کاتیون‌های تبادلی دو ظرفیتی مثل کلسیم و منیزیم را از مکان‌های تبادلی خارج و وارد محلول خاک کرده و باعث افزایش قابلیت هدایت الکتریکی شده‌است. رطوبت‌های ایجاد شده در هر سطح شوری در دامنه ۶ تا ۴۰ درصد حجمی بودند.

تجزیه واریانس برای رطوبت‌های حجمی به‌دست آمده از چهار روش TDR، حسگرهای هدایتی در دو فرکانس ۱ و ۱۰ کیلو هرتز و نمونه‌برداری و توزین در سطح احتمال ۵ درصد نشان داد که در دو سطح شوری ۱/۸۹ dS/m و ۶/۱ تفاوت معنی‌دار بین چهار روش وجود ندارد. برای نمونه، جدول ۲ تجزیه واریانس مربوط به رطوبت معادل ۰/۵ SP و شوری ۶/۱ dS/m را نشان می‌دهد.

جدول ۲. نتایج تجزیه واریانس بین رطوبت‌های حاصله از چهار روش TDR، حسگرهای هدایتی در دو فرکانس ۱ و ۱۰ کیلو هرتز و نمونه‌برداری و توزین (تیمار ۰/۵ SP).

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F
روش تعیین رطوبت	۳	۰/۱۳۹	^{ns}۰/۳۶
خطای آزمایشی	۵	۰/۳۸۷	-
ضریب تغییرات	۰/۰۳	-	-

ns: غیر معنی‌دار در سطح پنج درصد.

در شوری ۱۳/۱ dS/m TDR در رطوبت‌های حجمی بالاتر از ۱۲ درصد قادر به اندازه‌گیری رطوبت خاک نشد. شوری بالا باعث افزایش ثابت دی-الکتریک خاک و طولانی شدن زمان انعکاس موج می‌شود و احتمالاً دستگاه قادر به اندازه‌گیری آن نبوده است. تجزیه واریانس رطوبت بین سه روش

دیگر (با کنار گذاشتن TDR) برای سطح شوری ۱۳/۱ نشان داد در سطح احتمال ۵ درصد بین آن‌ها تفاوت معنی‌دار نیست و دلالت بر این دارد که حسگرهای ساخته شده از درستی اندازه‌گیری معادل با روش مرجع (نمونه‌برداری و توزین) برخوردار است.

مقادیر RMSE و GMER برای روش TDR و حسگرهای مقاومتی در دو فرکانس ۱ و ۱۰ کیلوهرتز در سه سطح شوری در جدول ۳ ارائه شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود حسگرهای مقاومتی ساخته شده دارای خطای کمتری نسبت به TDR هستند.

جدول ۳.درستی رطوبت حجمی اندازه‌گیری شده بادستگاه TDR و با حسگرهای مقاومتی در مقایسه با روش مرجع نمونه‌برداری و توزین

روش تعیین رطوبت	TDR			حسگر مقاومتی (1 kHz)			حسگرهای مقاومتی (10 kHz)		
شوری خاک (dS/m)	۱/۸۹	۶/۱	۱۳/۱	۱/۸۹	۶/۱	۱۳/۱	۱/۸۹	۶/۱	۱۳/۱
RMSE*	۲/۶۷	۲/۴۸	-	۲/۱۴	۱/۴۶	۱/۳۰	۱/۹۵	۱/۷۸	۱/۳۴
GMER**	۱/۰۲	۱/۰۲	-	۰/۹۹	۰/۹۹	۰/۹۹	۱/۰۰	۰/۹۹	۰/۹۹

* و **: به‌ترتیب میانگین مربعات خطا به‌واحد cm^3/cm^3 و میانگین هندسی نسبت خطا.

نتیجه‌گیری

براساس نتایج به‌دست آمده با توجه به کم بودن خطای اندازه‌گیری رطوبت خاک با حسگرهای مقاومتی ساخته شده در مقابل TDR، قابلیت کاربرد آن‌ها در خاک‌های شور به شرط واسنجی و مهم‌تر از همه هزینه بسیار کم ساخت یا تهیه، به‌کارگیری آن‌ها را در مقیاس بزرگ برای اندازه گیری رطوبت خاک میسر و مطلوب می‌سازد. در مقابل نیاز به واسنجی اولیه و به‌کارگیری آن در محاسبه رطوبت از معایب این حسگرها می‌باشد. البته نیاز به واسنجی برای TDR و رطوبت سنج‌های خازنی در خاک‌های نامتعارف (شوری بالا، ماده آلی بالا و تخلخل پائین) نیز مطرح است. به نظر می‌رسد در شرایطی که نیاز به اندازه‌گیری‌های متعدد و پیوسته رطوبت خاک باشد به‌کارگیری حسگرهای مقاومتی علی‌رغم نیاز به واسنجی در کنار هزینه بسیار پایین ساخت یا تهیه آن‌ها مقرون به‌صرفه و قابل توجیه است.

منابع:

محمدعلی‌زاده، ف. ۱۳۹۷.کارکرد حسگرهای ساده هدایتی در پایش رطوبت در یک خاک لوم شنی با حضور ریشه جو. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز.

Anonymous, 1969. Saline and Alkali Soils. U. S. Government Printing Office, Washington, D. C. 20402.

Anonymous, 2008. Field Estimation of Soil Water Content. International Atomic Energy Agency (IAEA). Training course series NO. 30, Vienna.

Bogena, H. R., Huisman, J.A., Oberdorster, C. and Vereecken, H. 2007. Evaluation of a low-cost soil water content sensor for wireless network applications. Journal of Hydrology, 344, 32-42.

Corwin, D. L. and Lesch, S. M. 2005. Apparent soil electrical conductivity measurements in agriculture. Computers and Electronics in Agriculture, 46, 11-43.

Dasberg, S. and Hopmans, J. W. 1992. Time domain reflectometry calibration for uniformly and non-uniformly wetted sandy and clayey loam soils. Soil Science Society of America Journal, 56, 1341-1345.

Gee, G. W. and Bauder, J. W. 1986. Particle size analysis. Pp: 383-411. In: Klute A (ed). Methods of Soil Analysis. Part I. Physical and mineralogical methods. ASA and SSSA. Madison, WI.

Gong, Y., Cao, Q. and Sun, Z. 2003. The effects of soil bulk density, clay content and temperature on soil water content measurement using time-domain reflectometry. Hydrological Processes, 17, 3601-3614.

Kaboosi, K. 2014. The investigation of hysteresis and soil compaction on calibration curve of gypsum block. Russian Agricultural Sciences, 40, 357-360.

Nadler, A. 2005. Methodologies and the practical aspects of the bulk soil EC (σ_a)—Soil Solution EC (σ_w) Relations. Advances in Agronomy, 88, 273-312.

Raper, T. B., Henry, C. G., Espinoza, L., Ismanov, M. and Oosterhuis, D. M. 2015. Response of two inexpensive commercially produced soil moisture sensors to changes in water content and soil texture. Agricultural Sciences, 6, 1148-1163.

Rhoades, J. D., Raats, P. A. C. and Prather, R. J. 1976. Effects of liquid-phase electrical conductivity, water content, and surface conductivity on bulk soil electrical conductivity. Soil Science Society of America Journal, 40, 651-655.

Topp, G. C., Davis, J. L. and Annan, A. P. 1980. Electromagnetic determination of soil water content: measurements in coaxial transmission lines. Water Resources Research, 16, 574-582.

Topic for submission:Novel Technologies in Soil Science

Comparison of TDR and electrical resistance methods in soil moisture estimating in three salinity levels

MohammadalizadeFakhr[*1], F., Neyshabouri[2], M.R., Zarehaghi[3], D., Zakerhamidi[4], M.S.
[1] M. Sc. Graduated, Soil Science Department, Faculty of Agriculture University of Tabriz, Iran
[2] Prof., Soil Science Department, Faculty of Agriculture University of Tabriz, Iran
[3]Assistant Prof., Soil Science Department, Faculty of Agriculture University of Tabriz, Iran
[4]Associate Prof., Research Institute for Applied Physics and Astronomy, University of Tabriz, Iran

Abstract

Measurement of soil moisture by direct method (sampling and weighing) is destructive and time consuming. TDR apparatus and resistance sensors are of indirect methods that estimate moisture content instantaneous and non-destructive. The aim of this study was to comprise TDR and electrical resistance methods in soil moisture estimating in three salinity levels (1.89, 6.1, 13.1 dS/m). The experiment was done in the format of completely randomized designin a sandy loam soil. Treatments included methods of moisture measurements (TDR, electrical resistance, direct method). Each sensor formed from a pair of electrodes and a dielectric. Moisture content obtained by reading bulk electrical resistance (R) and placing it in calibration equations.Volumetric water content of soils obtained directly by TDR. Analysis of variances was done in constant moisture and salinity levels. Results showed that volumetric moistures obtained from four various methods were not significantly different ($P<0.05$). In salinity of 13.1 dS/m except in low moisture contents (6 to 12 %) TDR did not show output. Contrary to TDR, resistance sensors showed output in all moisture and salinity levels. Averagely error of measurement by resistance sensors (RMSE = 1.66) was lower than TDR (RMSE = 2.56). According to mentioned results and manufacturing cost, resistance sensors can be acceptable alternative for TDR in measurement of soil moisture.

Keywords:volumetric soil water, time domainreflectometry, dielectric constant, soil bulk electrical resistance, sensor calibration.

[*] Corresponding author, Email:fzalizade90@gmail.com

شانزدهمین کنگره علوم خاک ایران

دانشگاه زنجان، ۵ تا ۷ شهریور ۱۳۹۸

محور مقاله: فناوری‌های نوین در علوم خاک

ترکیب روش‌های نقشه‌برداری مرسوم و زمین‌آماری برای تخمین چگالی ظاهری خاک

زهرا فاریابی[۱*]، عیسی اسفندیارپور بروجنی[۲]، حسین شکفته[۳]

[۱] دانش‌آموخته‌ی مقطع کارشناسی ارشد علوم خاک دانشگاه ولی‌عصر (عج) رفسنجان

[۲] دانشیار گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی‌عصر (عج) رفسنجان

[۳] استادیار گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه جیرفت

چکیده

با توجه به اهمیت ویژگی چگالی ظاهری خاک در مسایل مربوط به مدیریت بهینه‌ی آب و خاک، پژوهش حاضر به تخمین این ویژگی در واحدهای نقشه‌ی ژئوفرم بخشی از اراضی منطقه‌ی ساردوئیه‌ی جیرفت با استفاده از اطلاعات روش سنتی نقشه‌برداری خاک، روش کریجینگ، و ترکیب این دو شیوه در قالب یک تخمینگر واحد پرداخته است. برای این منظور، ۱۵۰ نقطه‌ی مشاهداتی (با میانگین فاصله‌ی ۲۰۰ متر) در قالب یک الگوی نمونه‌برداری تصادفی طبقه‌بندی‌شده با استفاده از سیلندر، نمونه‌های دست‌نخورده از هر موقعیت مشاهداتی برداشت گردید. پس از محاسبه‌ی مقادیر تخمینی و واریانس خطای متغیر مطالعاتی با استفاده از تخمینگرهای مورد نظر، اعتبارسنجی آن‌ها با استفاده از شاخص‌های آماری ضریب تبیین (R^2) و جذر میانگین مربعات خطای نسبی (RMSE%) انجام گرفت. نتایج نشان داد استفاده از روش ترکیبی، تخمین‌های بهتری را نسبت به دو تخمینگر دیگر در بر داشته است، هرچند که تفاوت صحت تخمین‌های انجام‌گرفته توسط تخمینگرهای مزبور چندان بزرگ نبود.

کلمات کلیدی: تغییرپذیری خاک، کریجینگ، نقشه‌برداری سنتی خاک

مقدمه

نکته‌ی قابل توجه در رابطه با تمام ویژگی‌های خاک، وجود تغییرات مکانی برای آن‌ها است. لذا شناخت این تغییرات، به‌ویژه در زمین‌های کشاورزی، برای برنامه‌ریزی دقیق و مدیریت بهینه، امری اجتناب‌ناپذیر است. به دیگر سخن، به‌منظور اعمال مدیریت بهینه و دست‌یابی به عملیات زراعی مناسب، نیازمند شناسایی و کمّی کردن غیریکنواختی و تغییرپذیری ویژگی‌های خاک می‌باشیم (Bosun and Qiguo, 2003). از سوی دیگر، آگاهی از الگوی تغییرپذیری مکانی ویژگی‌های خاک برای بهبود در سودآوری پایدار اراضی، ضروری می‌باشد.

چگالی ظاهری، یکی از ویژگی‌های فیزیکی خاک است که خصوصیاتی مانند مقاومت خاک، هدایت هیدرولیکی اشباع و تخلخل خاک با آن در ارتباط هستند. به‌علاوه، از مقادیر چگالی ظاهری برای تبدیل میزان رطوبت خاک از حالت وزنی به حجمی استفاده می‌شود. بنابراین محققان برای کاربرد در مدل‌ها، توصیف شرایط مزرعه و تبدیل به اندازه‌گیری‌های حجمی، نیازمند استفاده از چگالی ظاهری خاک هستند (Reinsch and Grossman, 1995). چگالی ظاهری خاک به‌صورت نسبت وزن خاک خشک به حجم کل خاک تعریف می‌شود و به چگالی ذرات خاک (شن، سیلت، رس و مواد آلی) بستگی دارد. به‌طور کلی، چگالی ظاهری، یکی از ویژگی‌های پویای خاک است که مقدار آن با تغییر عوامل مؤثر بر آن، دچار تغییر می‌شود. به‌عنوان نمونه، انجام عملیات خاک‌ورزی، بر تخلخل و چگالی ظاهری خاک تأثیر می‌گذارد و در نتیجه، نفوذ و حرکت آب در خاک را متأثر می‌سازد (Rashidi and Keshavarzpour, 2007).

هدف از انجام پژوهش حاضر، تخمین چگالی ظاهری خاک در واحدهای نقشه‌ی ژئوفرم (واحدهای ژئوپدولوژیک) بخشی از اراضی منطقه‌ی ساردوئیه‌ی جیرفت با استفاده از اطلاعات روش سنتی نقشه‌برداری خاک، روش کریجینگ و ترکیب این دو شیوه در قالب یک تخمینگر واحد، و نیز مقایسه‌ی نتایج آنها بوده است.

مواد و روش‌ها

قسمتی از اراضی مرتعی بخش ساردوئیه‌ی شهرستان جیرفت واقع در حد فاصل طول‌های جغرافیایی ۵۷ درجه و ۱۷ دقیقه تا ۵۷ درجه و ۲۰ دقیقه‌ی شرقی و عرض‌های جغرافیایی ۲۹ درجه و ۱۱ دقیقه تا ۲۹ درجه و ۱۵ دقیقه‌ی شمالی با مساحتی حدود ۶۱۰ هکتار برای این پژوهش انتخاب

*ایمیل نویسنده مسئول: faryabizahra@ymail.com

گردید. میانگین دما و بارندگی سالیانه‌ی این منطقه، به ترتیب ۱۲/۴ درجه‌ی سلسیوس و ۲۶۱/۶ میلی‌متر می‌باشد و سیمای اراضی غالب آن از نوع دامنه با متوسط شیب حدود ۸ درصد است.

پس از تهیه‌ی عکس‌های هوایی (۱:۲۰۰۰۰)، نقشه‌ی توپوگرافی (۱:۲۵۰۰۰) و نقشه‌ی زمین‌شناسی (۱:۱۰۰۰۰۰) منطقه‌ی مطالعاتی، انواع ژئوفرم‌های موجود در منطقه (نقشه‌ی ژئوفرم منطقه) بر اساس راهنمای سلسله مراتبی ارایه‌شده توسط زینک (۱۹۸۹) ترسیم شد. سپس با بهره‌گیری از نرم‌افزار ایلویس، موقعیت ۱۵۰ نقطه‌ی مشاهداتی (با میانگین فاصله‌ی ۲۰۰ متر) در این ژئوفرم‌ها در قالب یک الگوی نمونه‌برداری تصادفی طبقه‌بندی‌شده طراحی گردید. پس از آن، موقعیت هر یک از نقاط مشاهداتی با استفاده از سامانه‌ی موقعیت‌یاب جهانی در صحرا مشخص شد. سپس با استفاده از استوانه فلزی، نمونه‌های دست‌نخورده از هر موقعیت مشاهداتی برداشت گردید و اندازه‌گیری چگالی ظاهری خاک به روش استوانه انجام گرفت.

فرض اساسی در استفاده از نقشه‌ی ژئوفرم، آن است که این نقشه اقدام به تفکیک خاک‌های منطقه‌ی مورد نظر به تعداد محدودی واحد همگن می‌کند. بنابراین، ارزش عددی یک خصوصیت خاک در یک محدوده‌ی معین، برابر با مقدار میانگین آن خصوصیت در واحد مورد نظر به‌علاوه‌ی مؤلفه‌ی تصادفی باقی‌مانده‌ها است. در پژوهش حاضر از معادله‌ی زیر برای تخمین متغیر X در نقطه‌ی نمونه‌برداری‌نشده‌ی iاُم موجود در واحد نقشه‌ی kاُم (یا به‌عبارتی، X_{ik}^{*}) استفاده شد:

$$X_{ik}^{*} = m_k = \frac{1}{n_k}.\sum_{j=1}^{n_k} X_{jk} \qquad (۱)$$

که m_k میانگین متغیر مورد نظر در واحد نقشه‌ی kاُم، n_k تعداد نقاط مشاهداتی موجود در واحد نقشه‌ی kاُم و X_{jk} مقدار متغیر مورد نظر در نقطه‌ی مشاهداتی jاُم می‌باشند.

در چنین شرایطی، واریانس خطای تخمین نقشه‌ی ژئوفرم از طریق رابطه‌ی زیر محاسبه شد:

$$\sigma^2_s = S^2_w + \frac{S^2_w}{N} \qquad (۲)$$

که S^2_w و N به ترتیب بیانگر واریانس درون‌واحدی و تعداد کل نقاط مشاهداتی می‌باشند.

واریانس درون‌واحدی نقشه‌ی ژئوفرم منطقه‌ی مطالعاتی برای هر کدام از متغیرهای مورد نظر نیز از رابطه‌ی زیر محاسبه شد

$$S^2_w = \frac{\sum_{i=1}^{k}\sum_{j=1}^{n_k}(X_{ij} - m_k)^2}{N-k} \qquad (۳)$$

که k نشانگر تعداد واحدهای نقشه است.

مطالعات زمین‌آماری این پژوهش در قالب دو مرحله‌ی واریوگرافی (با استفاده از تابع واریوگرام) و تخمین (با کاربرد تخمینگر کریجینگ معمولی) انجام گرفت. معادله‌ی زیر طریقه‌ی محاسبه‌ی واریوگرام تجربی را نشان می‌دهد

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)}\sum_{i=1}^{N(h)}\left[Z(x_i) - Z(x_i+h)\right]^2 \qquad (۴)$$

در معادله‌ی بالا، پارامترهای h، $N(h)$، $Z(x_i)$، $Z(x_i+h)$ و $\gamma(h)$ به‌ترتیب بیانگر فاصله‌ی بین جفت نقاط نمونه‌برداری، تعداد جفت‌نمونه‌های جداشده توسط فاصله‌ی h، مقدار متغیر مورد نظر در نقطه‌ی (x_i)، مقدار متغیر مزبور در نقطه‌ی (x_i+h) و مقدار واریوگرام تجربی برای فاصله‌ی جداکننده‌ی h می‌باشند.

تخمین‌های ترکیبی نقشه‌ی ژئوفرم- کریجینگ، با استفاده از روش وزن‌دهی ارایه‌شده توسط هاولینک و بیرکنز (۱۹۹۲) انجام گرفت. بدین ترتیب، مقدار مورد تخمین (Z*) از ترکیب خطی وزن‌دار شده‌ی حاصل از تخمین نقشه‌ی ژئوفرم (Z_S) و تخمین کریجینگ (Z_K) مطابق معادله‌ی زیر به‌دست آمد:

$$Z^* = W_K Z_K + W_S Z_S \quad (۵)$$

وزن‌های W_K و W_S مطابق معادله‌های زیر محاسبه شدند:

$$W_S = \frac{\sigma^2{}_K - \rho_{SK}\sigma_S\sigma_K}{\sigma^2{}_S + \sigma^2{}_K - 2\rho_{SK}\sigma_S\sigma_K} \quad (۶)$$

$$W_K = \frac{\sigma^2{}_S - \rho_{SK}\sigma_S\sigma_K}{\sigma^2{}_S + \sigma^2{}_K - 2\rho_{SK}\sigma_S\sigma_K} \quad (۷)$$

در این معادله‌ها، $\sigma^2{}_S$ و $\sigma^2{}_K$ به ترتیب، واریانس خطای تخمین توسط نقشه‌ی ژئوفرم و تخمینگر کریجینگ در محل‌های مورد نظر می‌باشند. ρ_{SK} عبارت از ضریب همبستگی بین خطاهای تخمین به‌وسیله‌ی دو تخمینگر نقشه‌ی ژئوفرم و کریجینگ است. این ضریب همبستگی با استفاده از تفاوت بین مقادیر برآوردشده و واقعی محاسبه می‌شود.

در نهایت، با توجه به مقادیر مشاهده‌شده (واقعی) و مقادیر برآوردشده (تخمینی) و با استفاده از شاخص‌های آماری ضریب تبیین (R^2) و جذر میانگین مربع خطای نسبی (RMSE%) صحت تخمین‌ها محاسبه شد.

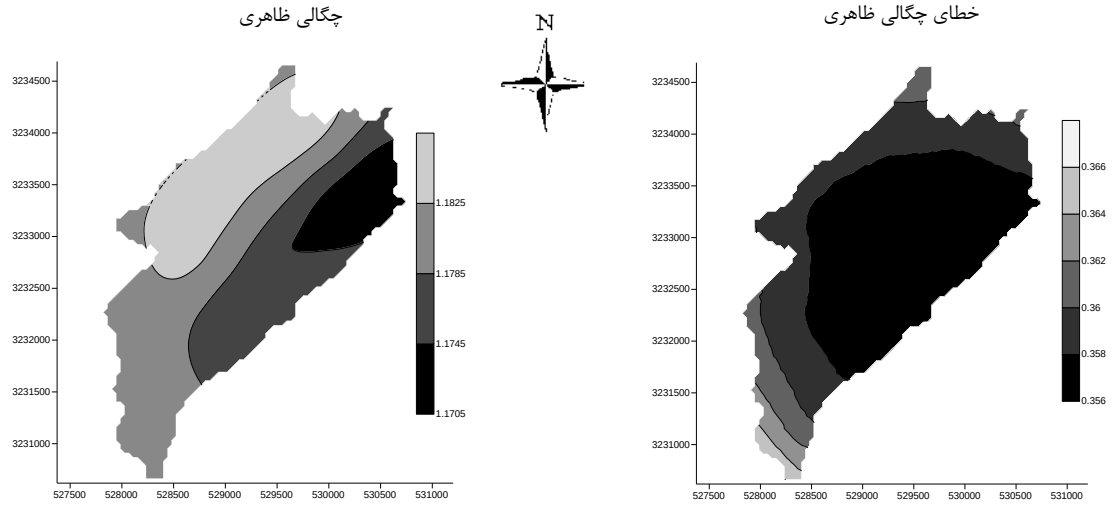
نتایج و بحث

مدل برازش‌یافته به‌همراه اجزای مربوط به واریوگرام چگالی ظاهری خاک (شامل دامنه، حد آستانه و اثر قطعه‌ای) در جدول ۱ ارایه شده‌اند. توجه به مقادیر واریانس قطعه‌ای، حد آستانه و دامنه‌ی واریوگرام‌ها در این جدول، حاکی از وجود تفاوت در وابستگی‌های مکانی چگالی ظاهری خاک می‌باشد. با این وجود، شدت و درجه‌ی وابستگی مکانی یک متغیر ناحیه‌ای را می‌توان از تقسیم اثر قطعه‌ای به حد آستانه‌ی کل به‌دست آورد که گاهی به‌صورت درصد بیان می‌گردد. اگر نسبت مذکور کمتر از ۲۵ درصد باشد متغیر دارای کلاس وابستگی مکانی قوی و در صورتی‌که این نسبت بین ۲۵ تا ۷۵ درصد باشد کلاس وابستگی مکانی متغیر مورد نظر متوسط می‌باشد. اگر نسبت مزبور بیش از ۷۵ درصد باشد کلاس وابستگی مکانی ضعیف خواهد بود (Cambardella *et al.*, 1994). بر این اساس، ساختار مکانی متغیر مورد مطالعه از نوع متوسط بود. به‌طور کلی، وابستگی مکانی قوی را می‌توان به خصوصیات ذاتی خاک (مانند ماده‌ی مادری) و وابستگی مکانی ضعیف را می‌توان به تأثیر عوامل خارجی (مانند مدیریت) نسبت داد (Yang *et al.*, 2009).

جدول ۱- مدل واریوگرامی و ویژگی‌های میان‌یابی متغیر مورد مطالعه

متغیر	مدل	دامنه (متر)	اثر قطعه‌ای	حد آستانه	درصد همبستگی	کلاس همبستگی مکانی
چگالی ظاهری	نمایی	۱۰۴۷/۹	۰/۰۰۵	۰/۰۰۸	۳۸/۵	متوسط

نقشه‌ی کریجینگ چگالی ظاهری خاک به همراه نقشه‌ی خطای آن در شکل (۱) نشان داده شده است.



شکل ۱- نقشه‌ی کریجینگ چگالی ظاهری خاک به همراه نقشه‌ی خطای تخمین آن

با مشاهده‌ی نقشه‌ی پراکنش مکانی چگالی ظاهری خاک می‌توان دریافت که از سمت شمال شرق به طرف قسمت‌های شمال و غرب منطقه، مقدار این ویژگی تا حدی افزایش یافته است. چگالی بالای خاک، نشان‌دهنده‌ی میزان اندک خلل و فرج و فشردگی زیاد خاک است که می‌تواند سبب محدودیت‌های رشد ریشه و انتقال ضعیف هوا و آب در خاک شود. انجام شخم دائم در یک عمق، تردد زیاد (به‌ویژه در خاک‌های مرطوب)، عدم رعایت تناوب زراعی، سوزاندن بقایای محصول، چرای بیش از حد و تردد ماشین‌آلات سنگین، از جمله مواردی هستند که می‌توانند سبب افزایش چگالی ظاهری خاک شوند (سازمان حفاظت خاک آمریکا، ۲۰۰۸). همچنین الگوی تغییرپذیری خطای تخمین برای این ویژگی، از ثبات نسبی (آهنگ تغییرپذیری کمتری) برخوردار بوده که دلیل احتمالی این موضوع را می‌توان در پایین بودن حد آستانه‌ی این متغیر جست‌وجو نمود (جدول ۱).

مقایسه‌ی بین شیوه‌های مختلف تخمین چگالی ظاهری خاک شامل نقشه‌ی ژئوفرم، نقشه‌ی کریجینگ و روش ترکیبی (نقشه‌ی ژئوفرم و کریجینگ) با استفاده از شاخص‌های جذر میانگین مربعات خطای نسبی (RMSE%) و ضریب تبیین (R^2) انجام گرفت که نتایج آن در جدول ۲ ارایه گردیده‌اند.

جدول ۲- آماره‌های اعتبارسنجی روش‌های مختلف تخمین متغیر مورد مطالعه

متغیر	RMSE%			R^2		
	نقشه‌ی ژئوفرم	نقشه‌ی کریجینگ	نقشه‌ی ترکیبی	نقشه‌ی ژئوفرم	نقشه‌ی کریجینگ	نقشه‌ی ترکیبی
چگالی ظاهری	۹/۴۴	۹/۴۲	۸/۹۱	۰/۳۶	۰/۳۹	۰/۴۵

هنگل و همکاران (۲۰۰۴) بیان نموده‌اند چنان‌چه مقدار RMSE%، کوچک‌تر از ۴۰ درصد باشد، صحت تخمین، نسبتاً رضایت‌بخش است و اگر بین ۴۰ تا ۷۰ درصد تغییر کند، صحت تخمین مورد تردید است و اگر این شاخص بزرگ‌تر از ۷۰ درصد باشد، تخمین صحیحی انجام نگرفته است. بر این اساس، می‌توان گفت که تخمین‌های انجام‌گرفته توسط هر سه تخمینگر نقشه‌ی ژئوفرم، نقشه‌ی کریجینگ و روش ترکیبی برای چگالی ظاهری رضایت‌بخش می‌باشد. نگاهی به اطلاعات جدول ۲ حاکی از این موضوع است که مقدار RMSE% محاسبه‌شده برای چگالی ظاهری توسط تخمینگر ترکیبی کمتر از تخمینگر کریجینگ و تخمینگر نقشه‌ی ژئوفرم است، اما از ارجحیت قابل توجهی نسبت به دو تخمینگر دیگر (نقشه‌ی ژئوفرم و نقشه‌ی کریجینگ) برخوردار نمی‌باشد. صالحی و همکاران (۱۳۸۶) نیز بیان داشتند که استفاده از روش ترکیبی، تخمین‌های بهتری را نسبت به دو تخمینگر دیگر در بر داشته است، هرچند که تفاوت صحت تخمین‌های انجام‌گرفته توسط تخمینگرهای مزبور چندان بزرگ نبود. هم‌چنین اعلام کردند در شرایطی که تغییرات مکانی خاک، در برگیرنده‌ی تغییرپذیری‌های قاطع و تدریجی باشد و در صورت فقدان دیگر روش‌ها و گزینه‌ها، روش ترکیب خطی وزن‌دار تخمین‌های حاصل از نقشه‌ی خاک و نقشه‌ی کریجینگ (روش ترکیبی) را می‌توان به‌عنوان ابزاری ارزشمند برای ارتقای کیفیت نقشه‌های سنتی خاک تلقی نمود.

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد استفاده از روش ترکیبی برای تخمین چگالی ظاهری خاک‌های منطقه‌ی مطالعاتی که دارای کلاس همبستگی مکانی متوسط هست از ارجحیت قابل توجهی نسبت به دو تخمینگر دیگر (نقشه‌ی ژئوفرم و نقشه‌ی کریجینگ) برخوردار نمی‌باشد. به دیگر سخن، هرچند مقدار RMSE% محاسبه‌شده برای روش ترکیبی، کمتر از دو تخمینگر دیگر است؛ لیکن اختلاف مقادیر RMSE% محاسبه‌شده برای تخمین این ویژگی توسط سه تخمینگر چندان قابل توجه نیست.

منابع

صالحی، م. ح.، محمدی، ج.، خادمی، ح. و کریمیان اقبال، م. ۱۳۸۶. ارتقای کیفیت نقشه‌های مرسوم خاک از طریق ترکیب آن‌ها با تخمینگر کریجینگ. مجله‌ی علمی کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز، جلد ۳۰ (شماره‌ی ۴)، ۱۰۶-۹۳.

Bosun, S. Z. and Z. Qiguo. 2003. Evaluation of spatial and temporal changes of soil quality based on geostatistical analysis in the hill region of subtropical, China. Geoderma , 115: 85-99.

Cambardella, C.A., Moorman, T. B., Parkin, T. B., Karlen, D. L., Turco, R. F. and Konopka, A. E. 1994. Field scale variability of soil properties in Central Iowa soils. Soil Science Society of America Journal, 58: 1501-1511.

Hengl, T., Huvelink, G. B. M. and Stein, A. 2004. A generic framework for spatial prediction of soil 55 variables based on regression-kriging. Geoderma, 120:75-93.

Heuvelink, G.B. and Bierkens, M. F. P. 1992. Combining soil maps with interpolation from point observations to predict quantitative soil properties. Geoderma, 55: 1-15.

Goovaerts, P. 1999. Geostatistics in soil science: state-of-the-art and perspectives. Geoderma, 89: 1-45.

Rashidi, M. and F. Keshavarzpour. 2007. Effect of different tillage methods on soil physicals properties and crop yield of Watermelon (*Citrullus vulgaris*). ARPN J. Agric. and Biol. Sci. 2(6): 1-6.

Reinsch, T.G., Grossman, R.B. (1995): A method to predict bulk density of tilled Ap horizons. Soil & Tillage Research, 34:95-104.

USDA Natural Resources Conservation Service. 2008. Soil Quality Indicators, Bulk Density.2pp. From www.soils.usda.gov, retrieved, 2012-10-02.

Yang, R., Maob, H. and Shaoa, Y.G. 2009. An investigation on the distribution of eight hazardous heavy metals in the suburban farmland of China. Journal of Hazardous Materials, 167: 1246–1251.

Zink J.A. 1989. Physiography and Soils. Lecture notes for soil students. Soil Science Division, Soil Survey Courses Subject Matter: K6 ITC, Enschede, Netherlands.

16th Iranian Soil Science Congress

University of Zanjan, Iran, August 27-29, 2019

Topic for submission: Novel Technologies in Soil Science

Combining the conventional and geostatistical mapping methods for the estimation of bulk density

Faryabi [*1], Z., Esfandiarpour Borujeni[2], I., Shekofteh, H.[3]
[1] Former M.Sc. Student, Soil Science Department, Faculty of Agriculture Vali-E-Asr University of Rafsanjan, Iran
[2] Associate Prof., Soil Science Department, Faculty of Agriculture Vali-E-Asr University of Rafsanjan, Iran
[3] Assistant Prof., Soil Science Department, Faculty of Agriculture University of Jiroft, Iran

Abstract

Due to the significance relationship of bulk density with optimum water and soil management, this study has estimated this property in geoform map units of some parts of Sarduieh area using the traditional soil mapping method, kriging method and their combination as single estimator. Therefore, 150 observation points (with a mean distance of 200 m) as a random classified sampling pattern, undisturbed samples were taken from each observation point by cylinder. After calculating the estimated values and error variance of the studied variable using the mentioned estimators, their validation was conducted using coefficient of determination (R^2) and relative root mean square error (RMSE%). results showed using the combined method had better estimates than two other estimators, although the difference in estimation accuracy was not great by the estimators.

Keywords: **:** Soil variability, Kriging, Traditional soil mapping.

[*] Corresponding author, Email: faryabizahra@ymail.com

محور مقاله: فناوری‌های نوین در علوم خاک

جذب و انباشت سیلیسیم در گیاه گندم در اثر کاربرد سیلیکات پتاسیم و نانوذرات سیلیس

سمیه صابریان رنجبر [۱*]، بابک متشرع زاده [۲]، فرهاد مشیری [۳]، حسینعلی علیخانی [۴]

[۱] دانش آموخته دکتری گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران

[۲] دانشیار گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران

[۳] استادیار موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی

[۴] استاد گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران

چکیده

با پیشرفت علم، بهره‌گیری از فناوری نانو در مباحث تغذیه گیاه به دلیل کارایی بالای نانوذرات در جذب توسط گیاه مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته است. از این‌رو مطالعه‌ای با هدف مقایسه اثر سیلیکات پتاسیم و نانوذرات سیلیس بر جذب و انتقال عنصر سیلیسیم توسط گندم در گلخانه تحقیقاتی گروه مهندسی علوم خاک دانشگاه تهران صورت گرفت. این پژوهش در قالب طرح کاملا تصادفی و به صورت فاکتوریل، با دو فاکتور شامل سیلیسیم در شش سطح (شاهد، سیلیکات پتاسیم با سطح کاربرد۲۰۰، ۴۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک و نانوذرات سیلیس با سطح کاربرد ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک) و هفت رقم گندم (گنبد، شیرودی، شیراز، مهدوی، مرودشت، بهار و پارسی) در سه تکرار انجام شد. نتایج نشان داد که کاربرد سیلیسیم در سطوح و منابع مختلف، رقم گندم و اثر متقابل آن‌ها بر وزن خشک اندام‌هوایی، غلظت سیلیسیم در اندام‌هوایی و ریشه و فاکتور انتقال سیلیسیم ($p\leq$۰/۰۱) معنی‌دار شد. هم‌چنان افزایش جذب سیلیسیم توسط ریشه و انتقال آن به اندام‌هوایی در صورت بهره‌گیری از نانوسیلیس در برابر سیلیکات پتاسیم مشاهده گردید. چنان‌که افزودن ۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم نانوذره سیلیس باعث افزایش غلظت سیلیسیم در ریشه و اندام-هوایی به‌ترتیب به میزان ۲۸/۵ و ۱۰ درصد نسبت به کاربرد ۱۰۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم سیلیکات‌پتاسیم شد.

کلمات کلیدی: سیلیسیم، سیلیکات پتاسیم، نانوذرات سیلیس، جذب، فاکتور انتقال

مقدمه

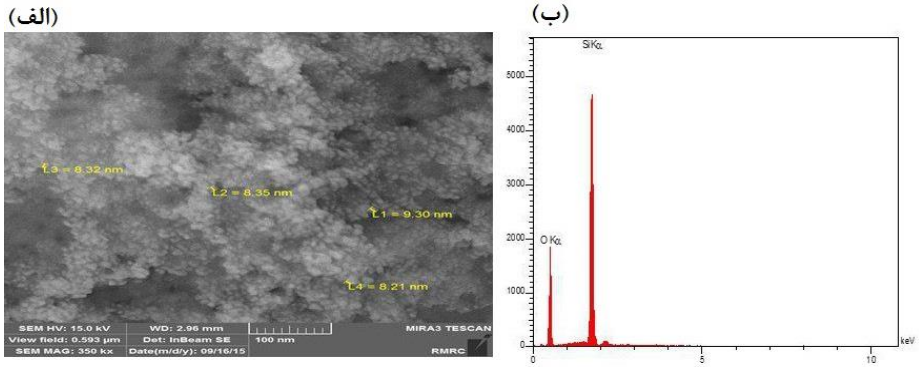
پیشرفت های گسترده فناوری نانو در علوم مختلف و به تبع آن در مباحث تغذیه گیاه و افزودن نانوذرات به محلول غذایی گیاهان به عنوان کود به دلیل داشتن اثر بی‌نظیر آنها مانند نفوذ سریع‌تر و راحت‌تر به درون غشای سلولی توجه زیادی را در بین تولیدکنندگان به خود جلب کرده‌است. نانوذرات بر اساس ویژگی‌های اختصاصی که دارند رفتارهای کاملا جدید و متفاوتی در مقایسه با ذرات درشت‌تر توده‌ی موادی که از آن ساخته شده‌اند از خود بروز می‌دهند (Perez et al., 2004). اکثر اتم‌های نانوذرات غیراشباع بوده و در سطح قرار دارند که می‌توانند به آسانی با یون‌های دیگر پیوند برقرار کرده و دارای واکنش‌پذیری قابل‌توجهی باشند. نانوذرات سیلیس شامل مجموعه‌ای از ذرات کوچک مولکول اکسیدسیلیسیم است که دارای نفوذ سریع و راحت به درون غشای سلولی می‌باشند، برخی محققان بر این باورند که علاوه بر اسیدسیلیسیک، مولکول اکسیدسیلیسیم در خاک می‌تواند به-طور مستقیم توسط گیاهان جذب شود (Fu et al., 2002)، چنان‌که گزارشاتی مبنی بر کارایی غلظت‌های کم نانوذرات سیلیس همانند غلظت زیاد سیلیکات‌پتاسیم وجود دارد (Jiang et al., 2004). اگرچه برخی تحقیقات اثر نانوذرات سیلیس را بر جوانه‌زنی بذر و عملکرد گیاه که احتمالا به‌علت

* ایمیل نویسنده مسئول: saberian@ut.ac.ir

نفوذ سریع‌تر و راحت‌تر آن‌ها به بافت گیاه به واسطه اثرات مورفولوژیک نانوذرات نشان داده‌است (Moussa, 2006; Haghighi et al., 2012) با این حال تاکنون توجه جدی به اثرات این ماده در اندازه نانو بر روی خصوصیات بیوشیمیایی محیط رشد گیاه صورت نگرفته است. پژوهشگران در بررسی کاربرد سیلیسیم در خصوصیات رشدی گیاه گندم با استفاده از سیلیکات پتاسیم بیشترین تأثیر را در غلظت سیلیسیم اندام‌هوایی مشاهده کردند (کرملاچعب و قرینه، ۱۳۹۲). از آن‌جا که سیلیسیم تنها عنصری است که در غلظت‌های بسیار بالا نیز برای گیاهان سمی نیست در نتیجه کاربرد مقادیر بیشتر سیلیسیم متضمن رشد بهتر آن می‌باشد (Epstein, 1999). همچنین با توجه به جذب فعال سیلیسیم توسط گندم (Nikolic et al., 2007) این گیاه می‌تواند مقادیر زیادی از سیلیسیم را در خود انباشته کند، بنابراین پژوهش حاضر به‌منظور دستیابی به درک تفاوت کاربرد سیلیکات‌پتاسیم و نانوذرات سیلیس در جذب، انتقال و انباشت سیلیسیم توسط گیاه گندم انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

آزمایش حاضر، به‌صورت فاکتوریل در قالب کاملا تصادفی با دو فاکتور و در سه تکرار به‌منظور بررسی اثر منابع مختلف سیلیسیم بر جذب و انباشت سیلیسیم توسط هفت رقم گندم ایرانی در شرایط گلخانه ای اجراء گردید. تیمارهای مورد استفاده در این پژوهش شامل هفت رقم گندم (گنبد، شیرودی، شیراز، مهدوی، مرودشت، بهار و پارسی) و شش سطح سیلیسیم (شاهد، سیلیکات‌پتاسیم با سطح کاربرد۲۰۰، ۴۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک و نانوسیلیس با سطح کاربرد ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک) بود. برای اطمینان از اندازه‌ذرات و همچنین خلوص نانوذرات سیلیس، تصویر میکروسکوپ الکترونی و طیف پراش انرژی پرتوایکس در پژوهشگاه مواد و انرژی رازی تهیه شد (شکل ۱).



شکل ۱- تصویر میکروسکوپ الکترونی (SEM) (الف) و طیف پراش انرژی پرتو ایکس (EDS) (ب) نانوذرات سیلیس

خاک مورد نیاز برای کشت گلخانه‌ای از مزرعه پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران واقع در کرج نمونه‌برداری شد. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک موردنظر مشخص و نتایج آن در جدول (۱) ارائه گردیده‌است. تیمارهای سیلیسیم هشت هفته قبل از کاشت جهت گذراندن چند دوره خشک و مرطوب شدن به گلدان‌ها اعمال شد و تفاوت پتاسیم اضافه شده از طریق سیلیکات‌پتاسیم محاسبه و توسط سولفات‌پتاسیم تعدیل گردید. بذر ارقام گندم از موسسه تحقیقات اصلاح بذر و نهال کرج تهیه گردید. برداشت گیاه پس از گذشت ۸ هفته از جوانه‌زنی، در پایان دوره رویشی و قبل از ورود به دوره زایشی انجام شد. جهت اندازه‌گیری وزن خشک اندام‌هوایی، گیاه پس از شسته شدن با آب مقطر در آون تهویه‌دار با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد خشک و جهت انجام تجزیه شیمیایی آسیاب گردید.

سیلیسیم قابل‌استخراج از خاک با اسیداستیک ۰/۵ مولار (Narayanaswamy and Prakash, 2009) عصاره‌گیری و اندازه‌گیری شد. جهت محاسبه غلظت سیلیسیم در اندام‌هوایی و ریشه از روش رنگ‌سنجی آمینومولیبدات آبی استفاده شد، به این‌صورت که پس از تهیه عصاره نمونه مورد نظر طبق روش Elliot و Snyder (۱۹۹۱) غلظت سیلیسیم در آن با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۶۵۰ نانومتر تعیین شد. فاکتور انتقال نیز از تقسیم غلظت عنصر مورد نظر در اندام‌هوایی به غلظت آن در ریشه محاسبه گردید.

نتایج و بحث

نتایج مربوط به تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک در جدول (۱) ارائه شده است. بر این اساس خاک مذکور دارای شرایط مناسب برای طراحی آزمایش بوده و محدودیت خاصی برای کشت گندم ندارد (Narayanaswamy and Prakash, 2009). همچنین نتایج شکل (۱) با تأیید اندازه نانوذرات و خالص بودن آن‌ها نشان می‌دهد ابعاد این ذرات در اندازه نانو بوده و امکان جذب توسط گیاه را دارد (Fu et al., 2002).

جدول ۱- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه

بافت خاک	pH	EC	CEC	K	P	Si	Fe	Cu	Mn	Zn
				قابل جذب			قابل استخراج با DTPA			
		dS/m	$cmol^+/kg$	mg/kg						
لوم شنی	۸/۵	۲/۳۱	۱۵/۰۶	۸۹/۲	۱۸/۲	۲۰/۱۶	۳/۱۲	۱/۰۲	۷/۶	۰/۶

نتایج تجزیه واریانس مربوط به تمامی صفات مورد بررسی در جدول (۲) نشان داده شده‌است. داده‌های این جدول نشان می‌دهد که هر سه اثر کاربرد سیلیسیم در سطوح و منابع مختلف، رقم گندم و اثر متقابل آن‌ها بر وزن خشک اندام‌هوایی، غلظت سیلیسیم در اندام‌هوایی و ریشه و فاکتور انتقال سیلیسیم در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد.

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر سطوح سیلیسیم و ارقام گندم بر صفات مورد بررسی

منابع دگرگونی	درجه آزادی	وزن خشک اندام هوایی	غلظت سیلیسیم اندام هوایی	غلظت سیلیسیم ریشه	فاکتور انتقال سیلیسیم
سیلیسیم سطوح	۵	۱/۴۷۳**	۰/۳۷۱**	۰/۰۳۲**	۰/۲۳۹**
رقم گندم	۶	۱/۶۰۳**	۰/۰۱۳**	۰/۲۸۳**	۰/۰۷۲**
رقم گندم× سطوح سیلیسیم	۳۰	۰/۲۵۹**	۰/۰۰۷**	۰/۰۶۹**	۰/۰۲۱**
خطا	۸۴	۰/۰۹۲	۰/۰۰۰۹	۰/۰۰۰۸	۰/۰۰۳
ضریب تغییرات	-	۱۳/۵	۵/۹۱	۸/۹۱	۱۰/۷

** معنی‌دار در سطح ۱ درصد، * معنی‌دار در سطح ۵ درصد، ns غیر معنی‌دار

نتایج مقایسه اثر کاربرد سیلیکات پتاسیم و نانوذرات سیلیس بر میانگین مربوط به وزن خشک اندام‌هوایی، غلظت سیلیسیم در اندام‌هوایی و ریشه، مقدار کل سیلیسیم جذب شده در اندام‌هوایی و فاکتور انتقال سیلیسیم در جدول (۳) آورده شده است. با توجه به نتایج موجود در این جدول، وزن خشک اندام‌هوایی در شرایط عدم‌کاربرد سیلیسیم، اختلاف آماری معنی‌داری را نسبت به کاربرد آن به جز در تیمارهای ۱۰۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم سیلیکات‌پتاسیم و ۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم نانوذره سیلیس نشان نداد که به‌علت نقش سیلیسیم در تولید بیوماس بیشتر از طریق افزایش عملکرد و پارامترهای رشدی و همچنین افزایش فراهمی سایر عناصر برای گیاهان و تعدیل کمبود سایر موادغذایی، نتایج کاملا منطقی می‌باشد (Ahmad et al., 2013).

جدول ۳- اثر منبع تأمین سیلیسیم بر صفات مورد بررسی

	شاهد	سیلیکات پتاسیم ۲۰۰	سیلیکات پتاسیم ۴۰۰	سیلیکات پتاسیم ۱۰۰۰	نانو سیلیس ۵۰	نانو سیلیس ۱۰۰
وزن خشک اندام هوایی (گرم)	۲/۰۹^{C}	۲/۰۶^{C}	۲/۱۰^{C}	۲/۷۲^{A}	۲/۰۱^{C}	۲/۴۱^{B}
غلظت سیلیسیم در اندام هوایی (درصد)	۰/۴^{E}	۰/۴^{E}	۰/۴۴^{D}	۰/۴۹^{C}	۰/۷۲^{A}	۰/۶۳^{B}
غلظت سیلیسیم در ریشه (درصد)	۰/۸۷^{C}	۰/۸۸^{C}	۱/۰^{B}	۱/۰^{B}	۱/۱^{A}	۱/۱^{A}
فاکتور انتقال سیلیسیم	۰/۴۶^{C}	۰/۴۵^{C}	۰/۴۴^{C}	۰/۵۱^{B}	۰/۶۶^{A}	۰/۵۸^{B}

حروف انگلیسی در جدول نشان‌دهنده‌ی اثر منبع تأمین سیلیسیم در سطح ۵ درصد می‌باشند.

نتایج مربوط به غلظت سیلیسیم در اندام‌هوایی نشان‌دهنده‌ی افزایش مقادیر سیلیسیم با کاربرد سیلیکات پتاسیم و نانوذرات سیلیس می‌باشد. به‌طوری‌که غلظت سیلیسیم در اندام‌هوایی با افزایش سطح کاربرد سیلیکات‌پتاسیم تا ۱۰۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک (۰/۴۹ درصد) نسبت به سطوح پایین‌تر آن و حتی عدم‌کاربرد آن افزایش معنی‌داری را نشان داد، اگرچه در برابر سطوح مختلف نانوسیلیس همچنان نشان‌دهنده‌ی کاهش معنی‌داری می‌باشد. در مورد غلظت سیلیسیم در ریشه نتایج مشابه روند تغییرات غلظت سیلیسیم در اندام‌هوایی بود چنان‌که بررسی نتایج غلظت سیلیسیم در ریشه نیز نشان داد که نانوذرات سیلیس در سطوح ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک مقدار غلظت سیلیسیم ریشه را به‌ترتیب به میزان ۲۶ و ۱۰ درصد نسبت به شاهد و بالاترین سطح کاربرد سیلیکات پتاسیم به طور معنی‌داری افزایش دادند. توانایی نانوسیلیس نسبت به سایر سیلیکات پتاسیم در تغییر غلظت سیلیسیم در اندام‌های هوایی و ریشه به سبب اندازه‌ی نانوذرات و داشتن سطح ویژه بالا، ذرات فعال و واکنش‌پذیر، قابل توجیه است.

میانگین مقادیر فاکتور انتقال سیلیسیم که معرف نسبت غلظت سیلیسیم در اندام‌هوایی به ریشه گیاه می‌باشد نیز در جدول (۳) ارائه گردیده است. نتایج این جدول افزایش این شاخص را در سطح کاربرد ۱۰۰۰ میلی‌گرم سیلیسیم در کیلوگرم خاک از منبع سیلیکات‌پتاسیم (۰/۵۱) نسبت به سطوح پایین‌تر و عدم کاربرد آن نشان داد با این‌حال همچنان مقادیر مربوط به کاربرد نانوسیلیس نسبت به سطوح مختلف سیلیکات‌پتاسیم در بالاترین سطح قرار داشت.

نتیجه‌گیری

سیلیسیم نقش مهمی در تعادل جذب، انتقال و توزیع عناصر معدنی در گیاهان ایفا می‌کند به طوری‌که می‌تواند سبب بهبود رشد گیاهان شود. با این حال تحقیقات بیشتری برای درک رفتار سیلیسیم و چگونگی اثر آن بر بهبود متابولیسم رشد گیاه به واسطه‌ی سهولت جذب سیلیسیم از خاک و انتقال آن در گیاه ضروری است. نتایج حاصل از این پژوهش در تأیید یافته‌های سایر مطالعات، استدلالی بر افزایش غلظت سیلیسیم در اندام‌هوایی با افزایش غلظت سیلیسیم در محلول خاک می‌باشد. نتایج نشان داد که کاربرد سطوح مناسب سیلیسیم می‌تواند باعث بهبود ویژگی‌های عملکردی از جمله افزایش زیست‌توده گیاه در بخش اندام‌هوایی گردد. همچنین با افزودن سطوح سیلیسیم افزایش جذب سیلیسیم توسط ریشه مشاهده گردید که به تبع موجب افزایش غلظت سیلیسیم اندام‌هوایی شد. در همین راستا فاکتور انتقال سیلیسیم نیز با کاربرد بالاترین سطح سیلیکات پتاسیم و نانوسیلیس افزایش یافت. نظر به اینکه بهره‌گیری از نانوسیلیس اثر قابل مشاهده‌ای بر غلظت سیلیسیم در ریشه و اندام‌هوایی و همچنین انتقال آن از ریشه به اندام هوایی نسبت به سیلیکات پتاسیم نمایان نمود چنین استنباط می‌گردد که کارایی نانوسیلیس حتی در غلظت‌های کم با غلظت زیاد سیلیکات‌پتاسیم قابل مشاهده و جایگزینی می‌باشد. در مورد تأثیر نانوسیلیس تحقیقات اندکی انجام شده است و از آنجا که مکانیزم اصلی اثر نانوذرات هنوز ناشناخته است، پژوهش‌های بیشتری نیاز است که به بررسی مکانیزم جذب و انتقال نانوذرات در گیاه بپردازد.

منابع

کرملاچعب، ع. و قرینه، م. ح. (۱۳۹۳). تأثیر کمبود آب قابل دسترس و غلظت سیلیسیم محلول غذایی بر برخی ویژگی‌های فیزیولوژیک، بیوشیمیایی و رشد گیاه گندم. مجله علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای، سال پنجم، شماره ۲۰.

Ahmad, A., Afzal, M., Ahmad, A., Tahir, M. 2013. Effect of foliar application of silicon on yield and quality of rice (Oryza Sativa L). Cercetari agronomice in Moldova. 46(3), 21-28.

Elliot, C.L., and Snyder, G.H. 1991. Autoclave-induced digestion for the colorimetric determination of silicon in rice straw. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 39, 1118-1119.

Epstein. E. 1999. Annual review of plant physiollogy and plant molecular biology. Silicon. 50, 641–664.

Fu, F., Akagi, T., Yabuki, S. 2002. Origin of silica particles found in the cortex of Matteuccia roots. Soil Science Society of America Journal. 66(4), 1265-1271.

Haghighi, M., Afifipour, Z. and Mozafariyan, M. 2012. The effect of N-Si on tomato seed germination under salinity levels. Journal of Biological and Environmental Sciences. 6(16), 87-90.

Jiang, H., Manolache, S., Wong, A. C. L. and Denes, F. S. 2004. Plasma-enhanced deposition of silver nanoparticles onto polymer and metal surfaces for the generation of antimicrobial characteristics. Journal of Applied Polymer Science. 93, 1411-1422.

Moussa, H. R. 2006. Influence of exogenous application of silicon on physiological response of salt- stressed maize (Zea mays L.). International Journal of Agriculture and Biology. 8, 293–7.

Narayanaswamy, C. and Prakash, N. 2009. Calibration and categorization of plant available silicon in rice soils of south India. Journal of plant nutrition. 32(8), 1237-1254.

Nikolic, M., Nikolic, N., Liang, Y., Kirkby, E. A. and Römheld, V. 2007. Germanium-68 as an adequate tracer for silicon transport in plants. Characterization of silicon uptake in different crop species. Plant Physiology. 143, 495–503.

Perez, J., Bax, L., Escolano, C. 2004. Roadmaps at 2015 on nanotechnology application in the sectors of: materials, health and medical systems, energy. Report prepared by Willems &van den Wildenberg.

16th Iranian Soil Science Congress

University of Zanjan, Iran, August 27-29, 2019

Topic for submission: Novel Technologies in Soil Science

Absorption and Accumulation of Silicon in wheat by Application of Potassium Silicate and Silica Nanoparticles

Saberian Ranjbar [*1], S., Motesharezadeh [2], B., Moshiri, F.[3] Alikhani, H.A.[4]

[1] PhD graduated, Soil Science Department University of Tehran
[2] Associate Prof., Soil Science Department University of Tehran
[3] Assistant prof., Soil and Water Research Institute, Agricultural Research, Extension and Education Organization
[4] Professor, Soil Science Department University of Tehran

Abstract

With the advent of science, the use of nanotechnology in plant nutrition issues has attracted researchers due to the high efficiency of nanoparticles absorbed by the plant. Therefore, a study was conducted to compare the effect of potassium Silicate and silica nanoparticles on the absorption and transfer of the element of silicon by wheat in the research greenhouse of the Department of Soil Science Engineering, University of Tehran. This study was conducted in a completely randomized design with a factorial arrangement with two factors including silicon in six levels (control, potassium silicate with application levels of 200, 400 and 1000 mg/kg soil, and silica nanoparticles with application levels of 50 and 100 mg/kg soil) and seven wheat cultivars (Gonbad, Shiroudi, Shiraz, Mahdavi, Marvdasht, Bahar and Parsi) were carried out in three replications. The results showed that the application of silicon in different levels and sources, wheat cultivars and their interaction was significant on dry weight of shoot, silicon concentration in the shoot and root and transfer factor of silicon ($p \leq 0.01$). Increasing the absorption of silicon by roots and transferring it to the shoot was observed by using nanosilica against potassium silicate. As the addition of 100 mg/kg of silica nanoparticle increased the concentration of silicon in the root and the shoot was 28.5% and 10%, respectively, compared to the application of 1000 mg/kg of potassium silicate.

Keywords: Silicon, Potassium Silicate, Silica Nanoparticles, Absorption, Transfer Factor

[*] Corresponding author, Email: saberian@ut.ac.ir

محور مقاله: فناوری‌های نوین در علوم خاک

تاثیر منابع مختلف کربن بر بیوسنتز سورفکتانت توسط باکتری Pseudomonas putida KT-2440

مهدی شهابی رکنی[1*]، اکرم حلاج نیا[2]، امیر لکزیان[3]، محدرضا حسین‌دخت[4]

[1] دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

[2] استادیار گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

[3] استاد گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

[4] استاد گروه شیمی دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد

چکیده

بیوسورفکتانت‌ها ترکیبات فعال سطحی با خاصیت آمفی فیلیکی هستند که توسط برخی میکروارگانیسم‌ها تولید شده و باعث کاهش کشش سطحی و بین سطحی مایعات می‌گردند. در این مطالعه تولید بیوسورفکتانت توسط باکتری Pseudomonas putida KT-2440 در منابع مختلف کربن (گلوکز، گلیسرول، روغن زیتون، ملاس چغندر قند) در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد و زمان گرماگذاری ۸۴ ساعت مورد ارزیابی قرار گرفت. به منظور تشخیص تولید بیوسورفکتانت از روش‌های کمی و کیفی غربالگری نظیر: آزمون پراکنش نفت، همولیز خون، درصد امولسیون کنندگی، کشش سطحی و فعالیت آمیزندگی استفاده شد. نتایج نشان داد P.putida توانایی رشد در هر چهار منبع کربن را دارد. بر اساس نتایج غربالگری سویه به کار رفته در این پژوهش دارای همولیز مثبت در محیط آگار خون‌دار بود. همچنین این باکتری بیشترین کاهش کشش سطحی را در منبع کربن روغن زیتون به میزان ۴۶/۵۶ میلی نیوتون بر متر دارا بود. بیشترین درصد امولسیون کنندگی در منبع کربن گلوکز (۴۸ درصد) بدست آمد. مقدار بیوسورفکتانت تولید شده در منابع کربنی گلوکز، گلیسرول، روغن زیتون و ملاس چغندر قند به ترتیب ۳/۸، ۲/۴، ۲/۶، و ۳/۶ گرم در لیتر بود.

کلمات کلیدی: بیوسورفکتانت، کشش سطحی، منابع کربن، امولسیون کنندگی

مقدمه

بیوسورفکتانت‌ها مولکول‌های میکروبی آمفیفیلکی[1] می‌باشند که دارای اجزاء آب‌دوست و آبگریز هستند و در سطح مایع/مایع، مایع/گاز و یا مایع/جامد پراکنده می شوند (Banat و همکاران، ۲۰۱۰). بخش هیدروفیلی (آب دوست) شامل اسید آمینه، فسفات یا پپتید حلقوی، آنیون یا کاتیون، پلی ساکارید و بخش هیدروفوب (آب گریز) شامل اسیدهای چرب اشباع شده یا اشباع نشده و یا هیدروکربن‌ها است (Georgiou و همکاران، ۱۹۹۲). در یک تقسیم بندی بر اساس جرم مولکولی، بیوسورفکتانت‌ها شامل چندین گروه، ترکیباتی با وزن مولکولی کم مانند لیپوپپتید، گلیکولیپید و فسفولیپید؛ و ترکیباتی با وزن مولکولی بالا مانند سورفکتانت‌های پلیمری و ذره‌ای هستند (Rosenberg and Ron، ۲۰۰۲).بیوسورفکتانت‌ها در مقایسه با سورفکتانت‌های سنتزی چندین مزیت دارند که عبارتند از: بیوسورفکتانت‌ها از نظر زیستی تخریب‌پذیر، مقرون به صرفه و دارای سمیت پایین بوده و قابلیت تولید از منابع تجدیدپذیر را با هزینه‌های اندک دارند (Banat، ۱۹۹۷).در سال‌های اخیر مطالعات متعددی در مورد تولید بیوسورفکتانت توسط میکروارگانیسم‌های مختلف و همچنین کاربرد آن در خاک‌های کشاورزی، صنایع غذایی، پزشکی، آرایشی بهداشتی صورت گرفته است. نتایج حاکی از آن است که بیوسورفکتانت‌ها وضعیت عناصر غذایی خاک را بهبود می‌بخشند، قابلیت حفظ رطوبت آن را افزایش داده و همچنین در آلودگی زدایی و زیست پالایی انواع محیط‌های آبی و خاکی کاربرد ویژه‌ای دارند (Pacwa و همکاران، ۲۰۱۱؛ Bustamante و همکاران، ۲۰۱۲).فاکتورهای محیطی مختلفی نظیر pH، درجه حرارت، زمان گرماگذاری و فاکتورهای شیمیایی نظیر نسبت کربن به نیتروژن، نوع منبع کربن و نیتروژن، غلظت سدیم کلراید و میزان استفاده از عناصری همچون نیتروژن، آهن و منگنز می‌تواند بر تولید بیوسورفکتانت تاثیرگذار باشد(Vijayakuma و Saravanan، ۲۰۱۵).مواد خام مورد استفاده در بیشتر پروسه‌های بیوتکنولوژی می‌تواند به طور قابل توجهی بر هزینه تمام شده و صرفه اقتصادی آن تاثیرگذار باشد؛ بنابراین استفاده از مواد خام در دسترس و ارزان قیمت حتی استفاده از ضایعات بخش‌های مختلف در تولید بیوسورفکتانت توجه ویژه‌ای

* ایمیل نویسنده مسئول: mahdishahabi21@gmail.com

[1] Amphiphilic

به خود جلب نموده است (El-Sheshtawy و Doheim، ۲۰۱۴).این پژوهش با هدف یافتن مناسب‌ترین منبع کربن جهت سنتز سورفکتانت توسط باکتری Pseudomonas putida KT-2440 صورت پذیرفت.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال ۹۸-۱۳۹۷ به اجرا در آمد. تیمارهای آزمایشی شامل منابع مختلف کربن: گلوکز، گلیسرول، روغن زیتون و ملاس چغندر قند با منبع نیتروژن ثابت اوره جهت بررسی بهترین منبع کربن برای استحصال سورفکتانت میکروبی از باکتری Pseudomonas putida KT-2440 بود.علت استفاده از این باکتری غیرپاتوژن بودن آن به جهت استفاده در صنایع مختلف از جمله صنایع غذایی، آرایشی بهداشتی و دارویی همچنین تولید نوع rhamnolipid بیوسورفکتانت (Reis و همکاران، ۲۰۱۳) به جهت گستره مطالعه صورت گرفته روی آن در مصارف کشاورزی اعم از آلودگی خاک و تغذیه گیاه می‌باشد.ابتدا جهت اطمینان از خلوص نمونه مورد استفاده، پس از دریافت ویال لیوفیلیزه شده و کشت در محیط Nutrient agar، نمونه جهت بررسی میله ای شکل و گِرَم منفی بودن به روش Gram رنگ آمیزی شد (شکل۱-a). جهت تلقیح باکتری به محیط کشت نمک‌های معدنی، باکتری یاد شده ابتدا در محیط Nutrient agar بازکشت و در روز بعد یک کلونی از آن به محیط کشت Nutrient Broth تلقیح شده و در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد گرماگذاری شد. در روز سوم پس از آماده سازی محیط کشت نمک‌های معدنی در یک لیتر آب مقطر شامل: ۲/۲ گرم دی سدیم مونوهیدروژن فسفات، ۱/۴ گرم پتاسیم دی‌هیدروژن فسفات، ۰/۶ گرم منیزیم سولفات، ۰/۰۱ گرم سولفات آهن، ۰/۰۵ گرم کلرید سدیم، ۰/۰۲ گرم کلرید کلسیم، ۰/۰۲ گرم عصاره مخمر و اضافه نمودن ۱ میلی‌لیتر محلول عناصر غذایی به آن با ترکیبات داده شده در یک لیتر آب مقطر: ۲/۳۲ گرم سولفات روی، ۱/۷۸ گرم سولفات منیزیم، ۰/۵۶ گرم اسید بوریک، ۱ گرم سولفات مس، ۰/۳۹ گرم مولیبدات سدیم، ۰/۴۲ گرم ۰/۴۲ گرم کلرید کبالت، ۰/۰۰۴ گرم کلرید نیکل و ۱ گرم EDTA؛ و تعدیل pH به میزان ۷±۰/۲ تقسیط آن در ارلن‌های ۱۰۰ میلی‌لیتری به میزان ۵۰ میلی‌لیتر انجام و پس از اضافه نمودن ۱ درصد کربن از منابع کربن یاد شده (میزان کربن ملاس چغندرقند ۴۳/۱ درصد و روغن زیتون ۷۶/۴۲ درصد اندازه گیری شد) و منبع کربن اوره با نسبت کربن به نیتروژن برابر۲۰، تیمارهای حاصل اتوکلاو گردیدند (Abouseoud و همکاران، ۲۰۰۸). سپس در شرایط استریل ۱ میلی‌لیتر از محیط کشت باکتریایی (پس از کدورت سنجی به وسیله دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۶۲۰ نانومتر و رسیدن به رنج کدورت ۱ تا ۱/۳ به جهت رسیدن به فاز سکون و وارد کردن مقدار یکسان از باکتری) به ارلن‌های یاد شده تلقیح و در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد با دور شیکر ۱۵۰ دور در دقیقه به مدت ۸۴ ساعت گرماگذاری شد. پس از زمان یاد شده روشناور باکتریایی به فالکن‌های ۵۰ میلی‌لیتری انتقال داده شد و در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد با شتاب ۱۰۰۰۰ دور در دقیقه جهت جداسازی سلول‌های باکتری سانتریفیوژ گردید. از روشناور حاصل جهت تعیین pH و آزمایشات بعدی استفاده شد.

سنجش کشش سطحی:

کشش سطحی سوپرناتانت فاقد باکتری به کمک دستگاه تنسیومتر به صورت میانگین ۳ تا ۹ تکرار برای بالا بردن دقت اندازه گیری گزارش شد. کشش سطحی با غوطه ور نمودن حلقه پلاتینی دستگاه در روشناور فاقد باکتری و بررسی نیروی لازم جهت خروج حلقه از حدفاصل محیط آبی و هوا توسط دستگاه تنسیومتر شرکت نوین شیمی‌یار در محل آزمایشگاه شیمی‌فیزیک دانشکده علوم دانشگاه فردوسی اندازه گیری گردید.

آزمون گسترش نفت:

به سطح یک پتری‌دیش حاوی آب مقطر، ۲۰ میکرولیتر ماده هیدروکربنی اضافه و سپس ایجاد ناحیه شفاف در نتیجه افزودن مقدار برابر از روشناور عاری از باکتری به مرکز پتری دیش بررسی گردید (شکل ۱-d).

آزمون همولیز خون

یک قطره محیط کشت باکتریایی بر روی سطح پلیت حاوی آگار خون‌دار قرار داده شد و پس از گرماگذاری به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد فعالیت همولتیک با ایجاد هاله اطراف سوپرناتانت شناسایی شد (شکل ۱-c). این آزمون با توجه به ظاهر هاله ایجاد شده با آلفا، بتا و

گاما مشخص می‌شود؛ در همولیز آلفا هاله ایجاد شده به صورت یک منطقه با رنگ سبز، همولیز بتا یک هاله روشن و نوع گاما در صورتی گزارش می‌گردد که هیچ گونه تغییری در اطراف قطرات مشاهده نگردد (Bicca و همکاران، ۱۹۹۹).

شاخص امولسیون کنندگی

برای انجام این آزمون ۵ میلی‌لیتر از سوپرناتانت فاقد باکتری به حجم برابری از نفت سفید در لوله آزمایش‌های جداگانه افزوده و به مدت دو دقیقه به خوبی وورتکس شد. بعد از گذشت ۲۴ ساعت با اندازه گیری ارتفاع امولسیون داخل هر لوله و استفاده از فرمول زیر، این شاخص اندازه گیری گردید (Goldenberg and Cooper، ۱۹۸۷).

$$\%E_{24} = \frac{\text{لایه امولسیون شده}}{\text{کل ستون مایع}} \times 100$$

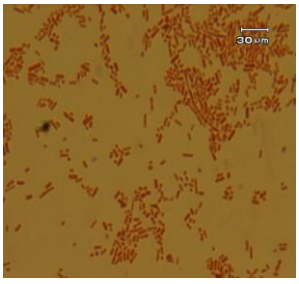
اندازه گیری وزن خشک سورفکتانت

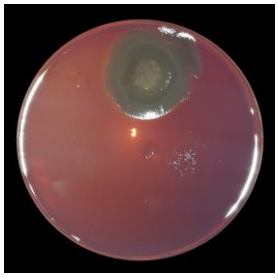
پس از توزین فالکن‌ها، به ۱۰ میلی‌لیتر از سوپرناتانت فاقد باکتری سه برابر حجم استون سرد اضافه و به مدت یک شب در یخچال نگهداری شد. پس از سانتریفیوژ با شتاب ۳۰۰۰ دور در دقیقه رسوب حاصل در آون با دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد خشک گردید و فالکن‌ها مجددا توزین شد؛ با محاسبه اختلاف وزن مقدار سورفکتانت اندازه گیری شد (Abouseoud و همکاران، ۲۰۰۸).

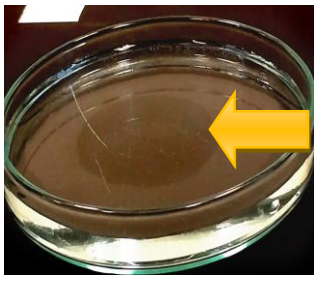
آزمون رنگ سنجی

در این روش از آبی تولوئیدن (یک رنگ کاتیونی) استفاده شد. این رنگ با داشتن بارهای مثبت قابلیت اتصال به rhamnolipid که دارای بار منفی است را دارد و جذب نور کمپلکس حاصل در طول موج ۶۳۰ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر بررسی شد (Chen و همکاران ۱۹۹۸).

جهت آماده سازی نمونه‌ها سوپرناتانت فاقد باکتری در کلروفرم با حجم برابری افزوده شد. رنگ (۱ گرم در لیتر) نیز به مقدار یک درصد حجم آن دو اضافه و به آرامی مخلوط گردید. پس از سکون و ایجاد حالت دو فازی به کمک سمپلر از فاز پایینی (بیوسورفکتانت حل شده در کلروفرم) جهت آزمون نمونه برداری شد. جهت حذف تاثیر محلول، برای نمونه شاهد دستگاه از آب به عنوان جایگزین روشناور باکتریایی استفاده شد (شکل۱-b).







شکل۱) a. رنگ آمیزی به روش Gram b. آزمون رنگ سنجی c. آزمون همولیز خون d. آزمون گسترش نفت

نتایج و بحث

جدول ۱. نتایج تجزیه واریانس آزمون‌های کمی انجام شده

منبع تغییرات	میانگین مربعات				
	E_{24} (%)	pH	ST (mN/m)	رنگ سنجی	وزن خشک رسوب (g/L)
تیمار	۱۳۱۵/۵۶**	۷/۲۱**	۱۹۴/۲۸**	۰/۰۵**	۰/۰۰۰۱*
خطا	۱/۰۵	۰/۰۰۳	۶/۹۲	۰/۰۰۰۰۵	۰/۰۰۰۰۱

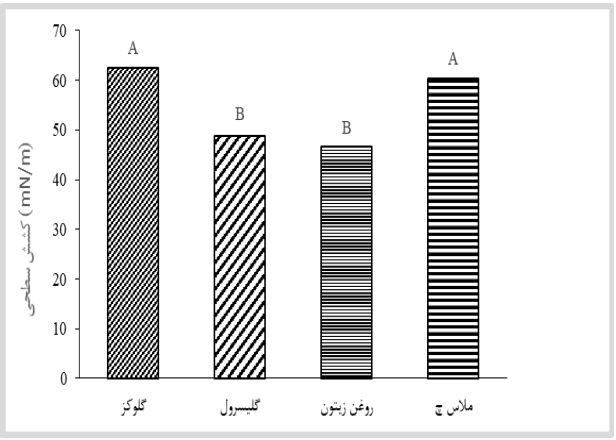
E_{24}: شاخص امولسیون کنندگی در ۲۴ ساعت، ST: کشش سطحی

* و ** : به ترتیب معنی‌دار در سطح پنج درصد و معنی‌دار در سطح یک درصد

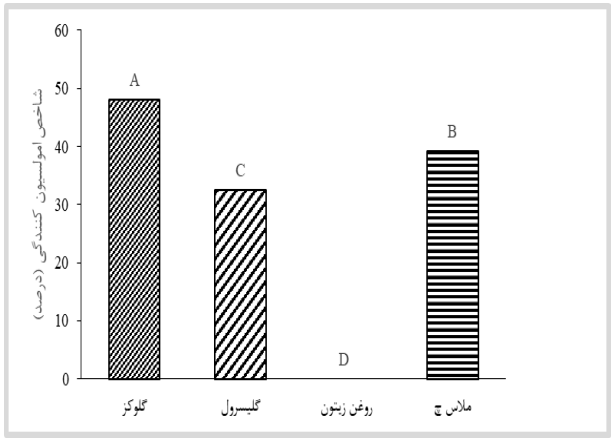
بررسی‌های کیفی نشان داد که گونه مورد استفاده در آزمون همولیز خون قابلیت همولیز مثبت را دارا بود (شکل۱-c) و در آزمون گسترش نفت، پراکندگی لایه نفتی به اطراف تاییدی بر وجود سورفکتانت در سوپرناتانت بود (شکل۱-d).

بر اساس نتایج تجزیه واریانس، مشخص شد استفاده از منابع مختلف کربن تاثیر معنی‌داری بر مقدار تولید سورفکتانت با استفاده از آزمون‌های کمی صورت گرفته داشت.

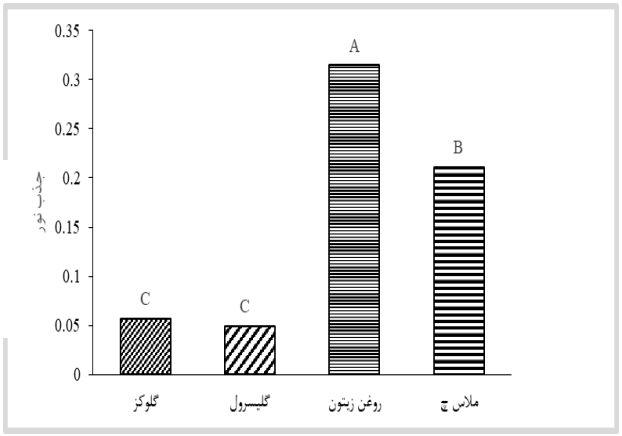
شکل‌های ۲ تا ۶ اثر منابع مختلف کربن بر آزمون‌های کمی ارزیابی سورفکتانت تولید شده را نشان می‌دهند. نتایج این بررسی نشان داد که P.putida توانایی رشد و تولید سورفکتانت در تمام منابع کربنی استفاده شده را دارا بود. نتایج نشان داد که تغییر منابع کربن موجب تغییر معنی دار شاخص امولسیون کنندگی در تیمارهای مورد آزمایش شد. در این خصوص بیشترین شاخص امولسیون کنندگی در تیمار گلوکز (به مقدار ۴۸ درصد) و کمترین مقدار آن در تیمار روغن زیتون (در حدود صفر) اندازه گیری شد (شکل ۲). این در حالی است که جذب نور در روش رنگ‌سنجی در تیمار روغن زیتون بیشترین مقدار را به خود اختصاص داد (۰/۳۱) که احتمالا انحلال روغن در محلول به دلیل وجود سورفاکتانت و ایجاد حالت امولسیونی می تواند دلیل افزایش کدورت این تیمار نسبت به سایر تیمارها باشد. تیمار ملاس چغندر قند با مقدار جذب ۰/۲۱ نیز به طور معنی داری موجب افزایش جذب نسبت به دو تیمار گلیسرول و گلوکز گردید. دو تیمار گلوکز و گلیسرول در مقدار جذب تفاوت معنی داری نشان ندادند (شکل ۵). تیمار روغن زیتون بیشترین کاهش را در کشش سطحی به مقدار ۴۶/۵۵ میلی‌نیوتن بر متر (کاهش کشش سطحی آب به میزان ۲۸ واحد) موجب شد هرچند تفاوت معنی داری بین کشش سطحی در این تیمار و تیمار گلیسرول مشاهده نگردید (شکل ۳). کاهش بیشتر کشش سطحی در این دو تیمار می تواند نتیجه تولید مقدار سورفکتانت بیشتر در اثر استفاده از این منابع کربنی باشد. اگرچه نتایج حاصل با پژوهش‌های متعددی نظیر (Abouseoud و همکاران، ۲۰۰۸) و (Mseddi و همکاران، ۲۰۱۶) همخوانی داشت اما کاهش کشش سطحی با مقدار وزن خشک سورفکتانت تولید شده در این تیمارها هماهنگ نبود (شکل ۶). نتایج نشان داد که این دو تیمار موجب کاهش معنی دار کشش سطحی نسبت به دو تیمار گلوکز و ملاس چغندر شدند. این در حالی است که دو تیمار گلوکز و ملاس چغندر بیشترین وزن سورفاکتانت را تولید کردند. مقدار بیوسورفکتانت تولید شده در منابع گلوکز، گلیسرول، روغن زیتون و ملاس چغندر قند به ترتیب ۳/۸، ۲/۴، ۲/۶، و ۳/۶ گرم در لیتر بود (شکل ۶). این عدم انطباق احتمالا با توجه به قابلیت امولسیون کنندگی سورفکتانت که موجب انحلال فاز روغنی در محلول می گردد و نقش خود روغن در کاهش کشش سطحی می تواند قابل توجیه باشد. علاوه بر این احتمالا تفاوت pH محیط کشت‌های باکتری بعد از فعالیت باکتری تحت تاثیر منابع مختلف کربن می تواند بر استخراج سورفاکتانت تاثیرگذار باشد. این تفاوت pH محیط‌های کشت می‌تواند ناشی از تولید متابولیت‌های اسیدی ثانویه مثل یورونیک اسید باشد. منابع کربن مورد استفاده تاثیر معنی داری بر pH نهایی محیط کشت‌های باکتری داشتند به طوری که کمترین و بیشترین pH به ترتیب در تیمارهای گلیسرول و ملاس چغندر قند اندازه‌گیری شد. این تغییر pH نه تنها احتمالا بر استخراج سورفاکتانت تاثیر گذار است بلکه می تواند بر فعالیت باکتری و مقدار تولید سورفکتانت نیز موثر باشد.



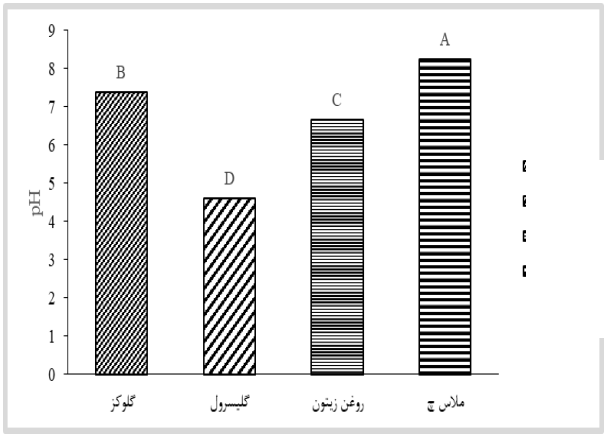
شکل۲- اثر منبع کربن بر امولسیون کنندگی سوپرناتانت فاقد باکتری



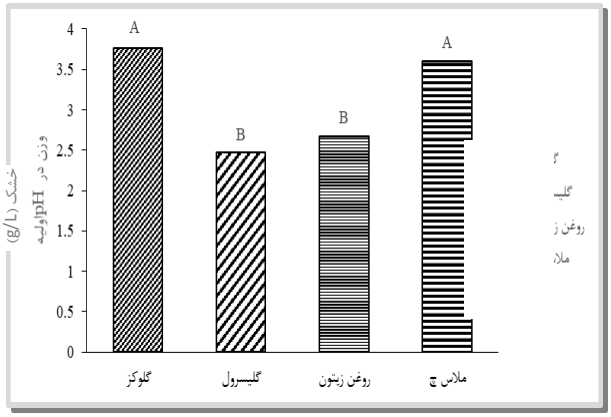
شکل۳- اثر منبع کربن بر کشش سطحی سوپرناتانت فاقد باکتری



شکل۴- اثر منبع کربن بر pH سوپرناتانت فاقد باکتر



شکل۵- اثر منبع کربن بر جذب نور کمپلکس رنگ- سورفکتانت



شکل۶- اثر منبع کربن بر وزن سورفکتانت

نتیجه‌گیری

این پژوهش نشان داد که منبع کربن تاثیر بسزایی بر تولید سورفکتانت باکتریایی دارد. از طرفی مشخص شد که تنها اکتفا به آزمون‌های کمی و کیفی موجود جهت برآورد خصوصیات سورفکتانت تولیدی روش مناسبی نمی‌باشد بلکه می‌بایست تاثیر طیف وسیعی از عوامل فیزیکی و شیمیایی مختلف بر نتایج حاصل بررسی گردد. همچنین مشاهده شد که منابع مختلف کربنی تاثیر معنی داری بر pH سوپرناتانت باکتریایی حاصل دارند که خود احتمالا می تواند بر میزان استخراج سورفکتانت تاثیرگذار است. با توجه به اهمیت سورفاکتانتهای میکروبی در زیست پالایی خاک‌ها همانطور که پیش‌تر گفته شد می‌بایست به صرفه اقتصادی تولید نیز توجه نمود پس استفاده از ملاس چغندر قند با توجه به اینکه این منبع کربنی وزن خشک سورفکتانت قابل قبولی را در پی داشت، نباید از نقش آن در تولید سورفکتانت میکروبی غافل شد. همچنین پیشنهاد می‌شود که تاثیر سایر منابع مختلف ضایعاتی نیز به عنوان منبع کربن بررسی شود.

منابع:

Abouseoud, M., Maachi, R., Amrane, A., Boudergua, S., & Nabi, A. 2008. Evaluation of different carbon and nitrogen sources in production of biosurfactant by Pseudomonas fluorescens. Desalination, 223, 143–151.

Banat, I. M. 1997. Microbial production of surfactants and their commercial potential. Fuel and Energy Abstracts, 38(4), 221.

Banat, I. M., Franzetti, A., Gandolfi, I., Bestetti, G., Martinotti, M. G., Fracchia, L., Marchant, R. 2010. Microbial biosurfactants production, applications and future potential. Applied Microbiology and Biotechnology, 87(2), 427–444.

Bicca, FC., Fleck, LC., Ayub, MA. 1999. Production of biosurfactant by hydrocarbon degrading Rhodococcus ruber and Rhodococcus erythropolis. Revista de Microbiologia, 30(3), 231-6.

Bustamante, M., Durán, N., & Diez, M. C. 2012. Biosurfactants are useful tools for the bioremediation of contaminated soil: a review. Journal of Soil Science and Plant Nutrition, 12(ahead), 0–0.

Chen, Y., Wang, S.-y., Wu, R.-f., Qi, D.-y. & Zhou, T.-z. 1998. Spectrophotometric determination of trace anionic surfactants such as SDS and SDBS in water after preconcentration on an organic solvent-soluble membrane filter. Analytical letters 31(4): 691-701.

Cooper, D.G., and Goldenberg, B.G. 1987. Surface-active agents from two Bacillus species, Appl. Environ. Microbiol., 53 (2), 224–229.

El-Sheshtawy, H. S., and M. M. Doheim. 2014. Selection of Pseudomonas aeruginosa for biosurfactant production and studies of its antimicrobial activity, Egyptian Journal of Petroleum, 23.1: 1- 6.

Georgiou, G., Lin, S. C., and Sharma, M. M. 1992. Surface-active compounds from microorganisms. Nature Biotechnology, 10(1), 60–65.

Mseddi, S., Chaari, L., Belaid, C., Chakchouk, I., and Kallel, M. 2016. Valorization of treated olive mill wastewater in fertigation practice. Environmental Science and Pollution Research, 23, 15792–15800.

Pacwa-Płociniczak, M., Płaza, G. A., Piotrowska-Seget, Z., & Cameotra, S. S. 2011. Environmental applications of biosurfactants: Recent advances. International Journal of Molecular Sciences, 12(1), 633–654.

Reis, R., Pacheco, G., Pereira, A. & Freire, D. 2013. Biosurfactants: production and applications. New York: InTech.

Ron, E. Z. and Rosenberg, E. 2002. Biosurfactants and oil bioremediation. Current Opinion in Biotechnology, 13(3), 249–252.

Vijayakuma, S., & Saravanan, V. 2015. Biosurfactants-Types, Sources and Applications. Research Journal of Microbiology, 10(5): 181–192.

Topic for submission: Novel Technologies in Soil Science

Evaluation of different carbon sources in Biosynthesis of surfactant by *Pseudomonas putida KT-2440*

Shahabi Rokni[*1], M., Hallajnia[2], A., Lakzian, A.[3] Housaindokht, M.R. [4]

[1] M. Sc. Student, Soil Science Department, Faculty of Agriculture University of Mashhad, Iran
[2] Assistant Prof., Soil Science Department, Faculty of Agriculture University of Mashhad, Iran
[3] Professor, Soil Science Department, Faculty of Agriculture University of Mashhad, Iran
[4] Professor, Chemistry Department, Faculty of Science University of Mashhad, Iran

Abstract

Biosurfactants are surface active compounds that are produced by some microorganisms which reduce the surface and interface tension of liquids. In this study, the production of biosurfactant was evaluated by *Pseudomonas putida KT-2440* in different Carbon sources (glucose, glycerol, olive oil, sugar beet molasses) at 30°C and 84 hours calcination time. Quantitative and qualitative screening methods such as: oil dispersion test, blood hemolysis, emulsification percentage, surface tension were used to estimate biosurfactant production. The results showed that *P.putida* has the ability to grow in all four carbon sources. Based on the screening results, the strain used in this study was positive in hemolysis or α in the blood-agar medium. The bacteria also had the highest reduction in surface tension in the carbon source of olive oil at 46.56 mN/m. The highest emulsification percentage was obtained in glucose (48%). The amount of biosurfactant produced in glucose, glycerol, olive oil and sugar beet molasses was 3.8, 2.4, 2.6 and 3.6 g/liter, respectively.

Keywords: Biosurfactant, Surface Tension, Carbon Source, Emulsification

[*] Corresponding author, Email: mahdishahabi21@gmail.com

شانزدهمین کنگره علوم خاک ایران

دانشگاه زنجان، ۵ تا ۷ شهریور ۱۳۹۸

محور مقاله: فناوری‌های نوین در علوم خاک

بررسی تاثیر روش کاربرد کود نیتروژن در سیستم‌های کودآبیاری قطره‌ای و فارو بر توزیع نیترات در اعماق خاک

علی خراسانی[۱*]، عبدالامیر بستانی[۲]

[۱] دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه شاهد

[۲] دانشیار گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه شاهد

چکیده

به حداقل رساندن اتلاف نیتروژن از طریق فرآیند آبشویی، باعث افزایش کارایی مصرف کودهای حاوی این عنصر خواهد گردید. پژوهش حاضر با هدف بررسی تاثیر سیستم آبیاری در میزان آبشویی نیترات اجرا گردید. آزمایش در قالب طرح بلوک کامل تصادفی، بصورت کرت دو بار خرد شده و در سه تکرار مجموعاً دوازده کرت مزرعه‌ای انجام شد. سیستم‌های آبیاری شامل فارو و قطره‌ای به عنوان فاکتور اصلی، تیمار کودی ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بصورت کود اوره (فاکتور فرعی اول) و اعماق مختلف خاک شامل ۱۵، ۳۰ و۶۰ سانتی‌متر (فاکتور فرعی دوم) بودند. نتایج نشان داد که اثر سیستم آبیاری بر مقدار نیتروژن نیتراتی محلول خاک معنی‌دار بود ($P<0.01$). سیستم کودآبیاری قطره‌ای با کنترل رطوبت خاک در محدوده منطقه فعال ریشه و با افزایش عمق، در مقایسه با آبیاری فارو باعث کاهش مقدار نیتروژن نیتراتی محلول خاک گردید. کاربرد مقادیر مکرر و کوچک از آب و کود نیتروژن می‌تواند باعث افزایش نگهداری رطوبت و کاهش عمق آبشویی کود گردد. بنابراین، پیشنهاد می‌گردد که در زمین‌هایی که در آنها بافت خاک شنی است، سیستم کودآبیاری قطره‌ای، به منظور حفظ هر چه بهتر رطوبت خاک و کاهش آبشویی کود نیتروژن استفاده شود.

کلمات کلیدی: آلودگی خاک و آب، آبشویی نیترات، کپسول مکش، بهره‌وری نیتروژن، رطوبت خاک

مقدمه

امنیت غذایی در کنار حفظ محیط زیست به یک موضوع مهم جهانی در دهه‌های اخیر تبدیل شده است. آب یکی از مهمترین عوامل محدود کننده تولید محصولات زراعی در مناطق خشک دنیا می‌باشد (Zhang و همکاران ۲۰۱۶). نقش استفاده از کودهای نیتروژنه مانند اوره در افزایش بهره-وری در محصولات کشاورزی غیر قابل انکار می‌باشد. تعیین مناسب‌ترین زمان و مقدار بهینه کاربرد کود نیتروژن، کارایی مصرف نیتروژن را ارتقاء می-دهد (Almodares, 1996). آلودگی نیتراتی خاک و آب بر اثر آبیاری و کوددهی از نمونه‌های آلودگی خاک و آب می‌باشد. استفاده بیش از اندازه کود نیتروژن، موجب حرکت نیترات از خاک به آب‌های زیرزمینی شده و محیط زیست و سلامتی مردمی را که از آن استفاده می‌کنند را به خطر می‌اندازد (Jenkinson, 2001). ملکوتی بیان داشت که مصرف نامناسب، نابهنگام و بیش از حد نیاز گیاه نیتروژن، باعث افزایش غلظت نیترات در خاک، آب و گیاه شده است (ملکوتی، ۱۳۷۲). مدیریت مطلوب آب می‌تواند سبب کاهش چشمگیر تلفات نیتروژن گردد. یکی از راه‌کارهای موثر در افزایش بهره‌وری کود نیتروژن، و کاهش آبشویی نیترات، کاربرد هم‌زمان آب و کود و یا سیستم کودآبیاری قطره‌ای[۱] می‌باشد (Papadopoulos, 1987). افزایش درآمد کشاورزان و کاهش آلودگی‌های محیط زیست از مهمترین اهداف مدیریت کودآبیاری در کشاورزی است (Papadopoulos, 1994). لذا در این پژوهش سعی بر این است تا از طریق انجام آزمایش مزرعه‌ای تاثیر سیستم آبیاری در میزان آبشویی نیترات مورد بررسی قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

آزمایش در قالب طرح بلوک کامل تصادفی، بصورت کرت دو بار خرد شده و در سه تکرار مجموعاً دوازده کرت مزرعه‌ای به اندازه هر کرت (۳/۵×۵) متر در ۳ تکرار هر یک شامل ۵ ردیف کاشت و ۹ گیاه در هر ردیف به فاصله ۵۰ سانتی‌متر بود. فاصله ردیف‌های کشت ۷۰ سانتی‌متر در نظر گرفته و نشاء گوجه‌فرنگی در اردیبهشت ماه ۱۳۹۷ کشت شد. آبیاری با دو روش فارو (۹ متر مکعب) و قطره‌ای (۳/۵ متر مکعب) در هر کرت در مزرعه تحقیقات کشاورزی پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای بر روی گیاه گوجه‌فرنگی[۲] به اجرا در آمد. سیستم‌های آبیاری شامل فارو و قطره‌ای به عنوان فاکتور

* ایمیل نویسنده مسئول: a.khorasani@shahed.ac.ir

[1] Fertigation

[2] واریته - Lycopersicom lycopersicum L. Karsten ex Faewell

اصلی، تیمار کودی ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بصورت کود اوره (فاکتور فرعی اول) و اعماق مختلف خاک شامل ۱۵، ۳۰ و۶۰ سانتی‌متر (فاکتور فرعی دوم) بودند. در تیمار کودآبیاری قطره‌ای تمام مواد شیمیایی (نظیر کود، قارچ کش، عناصر میکرو و غیره)، از طریق پمپ کودآبیاری تزریق شد. در آبیاری فارو کوددهی بصورت دستی و سنتی انجام شد. جهت کنترل رطوبت خاک در منطقه ریشه گیاه و اصلاح برنامه‌ریزی آبیاری توسط دستگاه نوترون‌متر، لوله‌های آلومینیومی به قطر ۴۰ میلی‌متر در هر تیمار در دو تکرار تا عمق ۱۰۰ سانتی‌متر خاک نصب گردید. قرائت‌های نوترون‌متری در طول فصل رشد قبل و بعد از آبیاری به فاصله هر ۱۵ سانتی‌متر عمق خاک انجام و میزان رطوبت پروفیل خاک محاسبه، جداول آبیاری تصحیح و کمبود رطوبت خاک تا ظرفیت زراعی خاک آبیاری شد (IAEA. 2001). سه عصاره‌گیر محلول خاک (کپسول‌های مکش[3]) در اعماق ۱۵، ۳۰ و ۶۰ سانتیمتر جهت عصاره‌گیری محلول خاک در هر تکرار در اطراف گیاه مرکزی کرتچه ایزوتوپی نصب و عصاره‌گیری در۴ نوبت صورت گرفت (J. D. Jabro et al). غلظت نیتروژن نیتراتی محلول خاک توسط دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری شد (موسوی‌شلمانی، م.ا.۱۳۸۷). رسم نمودارها با نرم افزار Excel و تجزیه آماری با نرم افزار SAS و مقایسهٔ میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح احتمال ۱ درصد انجام گردید.

نتایج و بحث

نتایج مربوط به برخی از ویژگی‌های خاک در جدول (۱) ارائه گردیده است. خاک مورد بررسی دارای ماده آلی کم (کمتر از ۱درصد) و به صورت سنگریزه‌ای بود. وجود بافت لوم‌رسی‌شنی و سنگریزه‌ای، قابلیت نگهداری آب در خاک را محدود می‌کند. از سوی دیگر کمبود ماده آلی و ضعف ساختمانی عاملی مهم در محدودیت نگهداری آب در خاک است.

جدول ۱. برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه

بافت خاک	شن (٪)	سیلت (٪)	رس (٪)	نیترات (mg/kg)	پ.هاش	کربنات کلسیم معادل (٪)	ماده آلی (٪)
لوم رسی شنی	۶۰/۳۲	۱۰/۰۷	۲۹/۵۹	۴/۶	۷/۷	۱۱/۲۵	۰/۴۷

تجزیه واریانس میزان غلظت نیتروژن نیتراتی محلول خاک، تحت تأثیر سیستم‌های کودآبیاری قطره‌ای و فارو و سطوح مختلف کود اوره در دوره‌های مختلف نمونه‌برداری محلول خاک در جدول۲ ارائه شده است. بر اساس نتایج تجزیه واریانس، سیستم آبیاری و مقدار کود اثر معنی‌داری بر مقدار مقدار نیتروژن نیتراتی محلول خاک داشت ($P<0.01$) (جدول۲). نتایج نشان داد که با افزایش عمق، مقدار نیتروژن نیتراتی محلول خاک در سیستم کودآبیاری قطره‌ای و آبیاری فارو بترتیب کاهش و افزایش نشان داد (شکل۱). به طوری که بیشترین و کمترین مقدار نیتروژن نیتراتی محلول خاک در عمق ۶۰ سانتی‌متر بترتیب در آبیاری فارو (۵۱/۷۸۸) و سیستم کودآبیاری قطره‌ای (۶/۷۰۵) به‌دست آمد.

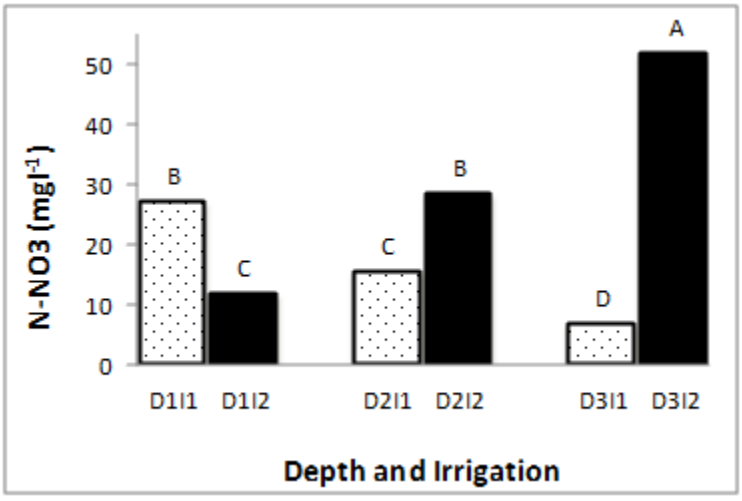
[3] - Suction cups

جدول ۲- تجزیه واریانس میزان نیتروژن نیتراتی محلول خاک، تحت کشت کودآبیاری قطره‌ای و آبیاری فارو در زمان‌های مختلف نمونه‌برداری.

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات
تکرار	۲	۱۱۰/۶۴ ns
زمان نمونه‌برداری	۳	۸۴/۷۱ ns
عمق نمونه‌برداری	۲	۱۲۴۲/۸۵ **
کود	۱	۴۸۹۸/۲۵ **
سیستم آبیاری	۱	۷۲۳۲/۵۱ **
خطای آزمایش	۹۴	۷۰/۵۰
ضریب تغییرات	-	۳۵/۶۵

ns، و **: به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد

شکل (۲) اثر سیستم‌های آبیاری کودآبیاری قطره‌ای و فارو و اعماق مختلف خاک شامل ۱۵، ۳۰ و ۶۰ سانتی‌متر بر مقدار نیتروژن نیتراتی محلول خاک را نشان می‌دهد. نتایج این بررسی نشان می‌دهد که سیستم کودآبیاری قطره‌ای با کنترل رطوبت خاک در محدوده منطقه فعال ریشه و با افزایش عمق، در مقایسه با آبیاری فارو باعث کاهش مقدار نیتروژن نیتراتی محلول خاک گردید. Sharma و همکاران (۲۰۱۲) نیز با بررسی اثر آبشویی نیتروژن نیتراتی از کشت پیاز تحت سیستم های آبیاری قطره ای و فارو نتایج نشابهی را گزارش نمودند که در آبیاری فارو و آبیاری قطره‌ای میانگین مقدار نیتروژن نیتراتی خاک در عمق ۵۰-۰ سانتی‌متر در طول دوره رشد گیاه بترتیب ۴۶/۲ و ۲۳.۲ میلی‌گرم در کیلوگرم بود. که استفاده از سیستم آبیاری قطره‌ای، کاهش قابل ملاحظه نیتروژن نیتراتی خاک را در مقایسه با آبیاری فارو در برداشت.



شکل۱- اثر اعماق مختلف خاک(سانتی‌متر) (D1=15)(D2=30)(D3=60) و سیستم آبیاری(کودآبیاری قطره‌ای=I_1) و (آبیاری فارو=I_2) بر مقدار نیتروژن نیتراتی محلول خاک

نتیجه‌گیری

این پژوهش نشان داد که استفاده از سیستم کودآبیاری قطره‌ای، موجب کاهش نیتروژن نیتراتی محلول خاک و آبشویی نیترات در مقایسه با تیمار آبیاری فارو گردید. بنابراین استفاده از سیستم کودآبیاری قطره‌ای، به‌ویژه در مناطقی که بافت خاک شنی است، می‌تواند با حفظ رطوبت خاک در محدوده منطقه فعال ریشه گیاه، باعث افزایش بهره‌وری آب و کود شود. کاربرد مقادیر مکرر و کوچک از آب و کود نیتروژن می‌تواند باعث افزایش نگهداری و کاهش عمق آبشویی کود گردد. بنابراین، پیشنهاد می‌گردد که در زمین‌هایی که در آنها بافت خاک شنی است، سیستم کودآبیاری قطره‌ای، به منظور حفظ هر چه بهتر رطوبت خاک و کاهش آبشویی کود نیتروژن استفاده شود.

منابع:

ملکوتی، م، ج، نفیسی، م، ۱۳۷۲. مصرف کود در اراضی فاریاب و دیم، انتشارات دانشگاه تربیت مدرس

موسوی_شلمانی، م.ا. ۱۳۸۷. کاربرد ایزوتوپ پایدار ^{15}N در حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه"، تألیف، انتشارات پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای (سازمان انرژی اتمی ایران)، ISBN: 978-964-7899-87-1، 394 صفحه.

Addiscott, T.M. Nitrate, Agriculture and the Environment.

Almodares, A. 1996. Effact of genotype and nitrogen content on protein of grain sorghum. Journal of Agriculture Research, 32, 60-65.

IAEA. 2001. Use of isotope and radiation methods in soil and water management and crop nutrition, Training Course Series No. 14: 72-77.

Jay D. Jabro, William B. Stevens, William M. Iversen, Brett L. Allen, Upendra M. Sainju. 2116. Suction Cup Samplers for Estimating Nitrate-Nitrogen in Soil Water in Irrigated Sugarbeet Production. Journal of Environmental Protection, 2016, 7, 1342-1354

Jenkinson, D.S. 2001. The impact of humans on the nitrogen cycle, with focus on temperate arable agriculture. Plant_and Soil, 228,(1):3-15.

Neutron and gamma probes: Their use in agronomy, IAEA training course series No. 16 2002.

Papadopoulos, I. and G. Eliades.1987. A fertigation system for experimental purposes. Plant and soil 102: 141-143.

Papadopoulos, I. 1994. Use of labeled fertilizers in fertigation research. Nuclear Techniques in soil-plant studies for sustainable agriculture and environmental preservation (IAEA/FAO): 399-410.

Sharma, P., Manoj K. Shukla, TheodoreW. Sammis, and Pradip Adhikari. 2012. Nitrate-Nitrogen Leaching fromOnion Bed under Furrow and Drip Irrigation Systems. Applied and Environmental Soil Science, Article ID , 17 pages.

16th Iranian Soil Science Congress

University of Zanjan, Iran, August 27-29, 2019

Topic for submission: Soil and Water Pollution and Crop Health

Study of the effect of nitrogen fertilizer application in fertigation and faro irrigation systems on distribution of nitrate in the depths of soil

Khorasani*[1], A., Bostani[2], A.A.

[1] M. Sc. Student, Soil Science Department, Faculty of Agriculture University of Shahed, Iran
[2] Associate Prof., Soil Science Department, Faculty of Agriculture University of Shahed, Iran

Abstract

Minimizing nitrogen losses through the process of leaching will increase the efficiency of the fertilizer containing this element. The purpose of this study was to investigate the effect of irrigation system on nitrate leaching. The experiment was based on randomized complete block design with split plot design and three replications in a total of twelve field plots. Irrigation systems including furrow and fertigation as main factors, fertilizer treatments of 100 and 200 kg N/ha were used as urea fertilizer (first sub factor) and different depths of soil were 15, 30 and 60 cm (second sub factor). The results showed that the effect of irrigation system on $N\text{-}NO_3$ content of soil solution was significant ($P < 0.01$). fertigation system with soil moisture control in the area of active root zone and with increasing depth, compared with furrow irrigation, reduced the amount of N-NO3 in soil solution. Application of frequent and small amounts of water and nitrogen fertilizer can increase the maintenance and reduce the depth of fertilizer leaching. Therefore, it is suggested that drip irrigation systems should be used in soil with sandy soil texture in order to maintain soil moisture and nitrogen fertilizer reduction.

Keywords: Soil and water pollution, Nitrate leaching, Suction cup, Fertilizer efficiency, Soil moisture

* Corresponding author, Email: a.khorasani@shahed.ac.ir

محور مقاله: فناوری‌های نوین در علوم خاک

استفاده از داده‌های پهپاد در نقشه‌برداری رقومی خاک مناطق با محدودیت داده

صدیقه ملکی[۱*]، فرهاد خرمالی[۲]، محسن باقری بداغ‌آبادی[۳]، جهانگیر محمدی[۴]

[۱] دانش‌آموخته گروه علوم خاک دانشکده مهندسی آب و خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

[۲] استاد گروه علوم خاک دانشکده مهندسی آب و خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

[۳] موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

[۴] استادیار گروه علوم جنگل دانشکده جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

چکیده

در روش‌های نقشه‌برداری رقومی خاک داده‌های کمی کیفی برای تخمین بکار می‌روند اما به‌کارگیری این روش‌ها در مناطق با محدودیت داده و عدم دسترسی مناسب بسیار سخت می‌باشد. در نقشه‌برداری رقومی باور بر این است که وجود یک خاک منحصر به فرد در منطقه وابستگی زیادی به متغیرهای محیطی آن منطقه و شناسایی دقیق آن‌ها دارد. بنابراین، در این مطالعه از ۱۹ متغیر محیطی که به دو روش تکنیک عکس‌برداری با پهپاد (UAV) برای تهیه نقشه رقومی ارتفاع (DEM) با قدرت تفکیک مکانی ۰/۳×۰/۳ متر و نیز DEM با قدرت تفکیک ۵×۵ متر بدست آمدند، استفاده گردید. روش نقشه‌برداری رقومی خاک الگوریتم جنگل تصادفی بود که در بخشی از فلات لسی استان گلستان بکار برده شد. سپس دقت نقشه‌های خاک تولید شده با استفاده از دو اندازه پیکسل DEM مورد مقایسه قرار گرفت. مقدار خطای تخمین مدل‌سازی برای سطح گروه بزرگ، به ترتیب ۳۵/۷۱ و ۵۷/۱۴ درصد برای DEM=0.3×0.3 و DEM=5×5 به‌دست آمد. هچنین نتایج دقت بالاتر اجزای سرزمین مستخرج شده از تکنیک UAV را نشان داد. بنابراین می‌توان گفت استفاده از متغیرهای محیطی با دقت بالا می‌توانند تا حدی تعداد کم نمونه خاک در مناطق با محدودیت داده را بهبود بخشیده و نتایج مطلوبی را در سطوح بالای رده‌بندی ارائه دهند.

کلمات کلیدی: پرنده‌های بدون سرنشین، پیش‌بینی کلاس خاک، دقت نقشه، فلات لسی ایران

مقدمه

وجود نقشه‌های خاک از نیازهای اساسی در مطالعات علوم زمین می‌باشد (Pahlevan Rad و همکاران ۲۰۱۴). با وجودی که بیش از ۵۰ سال از شروع مطالعات خاک‌شناسی در ایران می‌گذرد، نقشه‌های خاک کشور به طور کامل تهیه نشده‌اند. با توجه به وسعت زیاد کشور ایران، استفاده از روش‌های مرسوم نقشه‌برداری خاک برای تهیه نقشه‌های خاک کل مناطق کشور با مقیاس مناسب، به دلیل هزینه‌بر و وقت‌گیر بودن بسیار مشکل است. تکنیک‌های نقشه‌برداری سنتی نیازمند تعداد مشاهدات صحرایی زیادی می‌باشند (Stoorvogel و همکاران ۲۰۰۹). بنابراین برای به تصویر کشیدن تغییرات مکانی خاک‌ها با هزینه کمتر و در مدت زمان کوتاه‌تر به گونه‌ای که نقشه‌های قابل قبول از خاک ارائه شود، روش‌های تخمین مکانی خاک با تاکید بر منابع داده‌های قابل دسترس ارائه شده است، که در اصطلاح نقشه‌برداری رقومی خاک نامیده می‌شود (McBratney و همکاران ۲۰۰۳) و بر معادله اسکورپن[۱] استوار می‌باشد. در این معادله ویژگی‌ها یا کلاس‌های خاک با یکسری متغیرهای محیطی (متغیرهای کمکی) ارتباط داده می‌شود. یک جز اصلی معادله اسکورپن فرآیند یادگیری یا به عبارتی مدل پیش‌بینی‌کننده ویژگی‌های خاک یا کلاس خاک می‌باشد.

یکی از این مدل‌ها، مدل جنگل تصادفی (RF) است که شامل رشد دادن مجموعه‌ای از درختان در مدل درخت تصمیم می‌باشد. این مدل دقیق بوده و از لحاظ محاسباتی نیز سریع می‌باشد و به جای رشد دادن یک درخت، تعداد زیادی درخت مثلا صدها یا هزارها درخت، مستقل رشد داده می‌شود (Breiman and Cutler, 2004). در این راستا Pahlevan Rad و همکاران (۲۰۱۴) برای به روز کردن نقشه‌های قدیمی از RF استفاده نمودند، نتایج آن‌ها نشان داد که RF یک روش قابل اعتماد و با دقت مناسب است که با تعداد نمونه کم تخمین قابل قبول ارائه می‌دهد.

* ایمیل نویسنده مسئول: elymaleki@yahoo.com

[1] Scorpan

با تمام مباحث ذکر شده، هنوز در برخی مناطق دنیا به علت عدم وجود داده‌های خاک در دسترس، تکنیک‌های نقشه‌بردرای رقومی به خوبی قابل استفاده نیستند (Stoorvogel و همکاران ۲۰۰۹). اکثر مطالعات در زمینه‌ی نقشه‌برداری رقومی کلاس‌های خاک در ایران و جهان نیز با استفاده از تعداد داده بیشتر از ۱۰۰ نمونه خاکرخ انجام شده است (به عنوان مثال، Jafari و همکاران (۲۰۱۳) و Abbaszadeh Afshar و همکاران (۲۰۱۸) با ۱۲۶ نمونه به ترتیب در منطقه زرند و بم استان کرمان، Brungard, 2009 با ۳۰۰ مشاهده خاکرخ در مناطق خشک از امریکا و در مقابل مطالعات اندکی (همچون Stoorvogel و همکاران ۲۰۰۹ و Zhu و همکاران ۲۰۰۸)، اقدام به بررسی اثر تعداد نمونه محدود در تهیه نقشه خاک پرداخته‌اند. این در حالی است که برای کشوری مانند ایران که در حال حاضر نگرانی درباره منابع آب و خاک برای تامین مواد غذایی راه‌های مدیریت خاک را تغییر داده است، نیاز به اطلاعات و نقشه‌های خاک بیش از پیش احساس می‌گردد. بنابراین استفاده بهینه از علم نقشه‌برداری رقومی، به کارگیری متغیرهای کمکی دقیق‌تر و استفاده از دانش افراد خبره در زمینه شناسایی خاک بایستی افزون بر تسهیل در مطالعات خاک و انتخاب واحدهای نقشه یکنواخت، منجر به برداشت تعداد نمونه کمتر و کاهش هزینه‌های نمونه‌برداری و آزمایشگاهی در جهت پیش‌برد نقشه‌برداری مناطق با عدم داده در دسترس گردد. از دیگر سو با توجه به اهمیت توپوگرافی به عنوان عامل مهمی در نقشه‌برداری رقومی خاک و تقریبا وجود مدل رقومی ارتفاعی (DEM) برای کل کشور، با توجه به عدم وجود مطالعات خاک برای بخش گسترده‌ای از ایران، انتظار می‌رود که استفاده از DEM و پارامترهای اجزای سرزمین آن، بتواند کمک شایانی در ارتباط با برآورد کلاسه‌ای خاک و یا ویژگی‌های آن‌ها در مناطق مختلف کشور ارایه نماید (باقری بداغ‌آبادی و همکاران، ۱۳۹۰). اگرچه مطالعات بسیار اندکی در زمینه بررسی اثر دقت DEM بر نتایج نقشه‌برداری کلاس خاک در دنیا صورت گرفته است، اما تعیین اندازه مناسب پیکسل‌ها برای استخراج متغیرهای محیطی در تخمین خصوصیات خاک یک چالش حل نشدنی در نقشه‌برداری رقومی خاک می‌باشد. این در حالی است که موفقیت و صحت تخمین خصوصیات خاک تا حد زیادی به دستیابی به یک DEM مناسب وابسته می‌باشد. در سال‌های اخیر نیز پهپاد به طور گسترده‌ای در کشورهای مختلف در صنایع هوایی نظامی و غیرنظامی همانند نقشه‌برداری مناطق شهری و تولید DEM مورد استفاده قرار گرفته‌اند. اما لازم به ذکر است این تکنیک به میزان اندکی در مطالعات مربوط به تهیه نقشه سطوح ژئومرفیک و نقشه خاک استفاده گردیده است. این رو در این مطالعه، سعی بر آن است که با استفاده از الگوریتم RF، دانش فرد خبره در جداسازی خاک‌های منطقه و استفاده از تعداد کم مشاهدات خاک، نقشه کلاس خاک در سطح گروه بزرگ خاک در بخشی از منطقه فلات لسی استان گلستان که توپوگرافی یکی از پارامترهای تاثیرگذار در تشکیل خاک‌های منطقه می‌باشد، با استفاده از اطلاعات دو DEM با قدرت‌های تفکیک مکانی متفاوت تهیه شود. بنابراین از تکنیک پرنده‌های بدون سرنشین (UAV) برای تهیه عکس هوایی به روز بخشی از منطقه مطالعاتی برای تهیه DEM و استخراج خصوصیات توپوگرافی بخصوص تهیه نقشه جهت شیب دقیق از آن و همچنین نقشه سطوح ژئومرفیک استفاده شد. تا نتایج آن با روش‌های سریع‌تر و کم هزینه‌تر در مقیاس دقیق استفاده گردد، که در نهایت به عنوان پارامتر ورودی برای تهیه نقشه خاک با استفاده از روش اسکورپن استفاده خواهد گردید.

مواد و روش‌ها

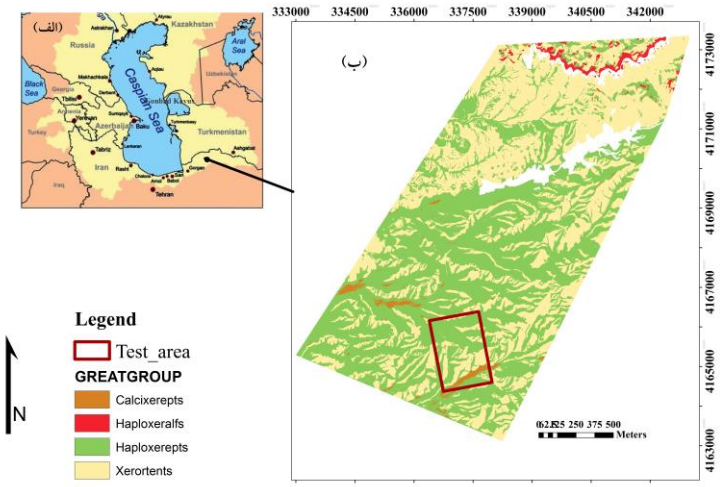
منطقه‌ی مطالعاتی به مساحت تقریبی ۵۳۹۰/۳۷ هکتار در بین طول‌های جغرافیایی "۳۶ '۰۹ °۵۵ تا "۲۶ '۱۳ °۵۵ شرقی و عرض‌های جغرافیایی "۳۷ '۳۶ °۳۷ تا "۴۱ '۴۱ °۳۷ شمالی در فلات لسی استان گلستان قرار گرفته است که پیش از این نقشه خاک آن توسط ملکی و همکاران (۱۳۹۷) در سطح گروه بزرگ تهیه شده است. میانگین بارش و دمای سالانه منطقه به ترتیب ۳۵۰ میلی‌متر و ۱۷ درجه‌ی سلسیوس می‌باشد. رژیم‌های رطوبتی و حرارتی خاک منطقه مطالعاتی، به‌ترتیب، زریک خشک و ترمیک می‌باشند. کاربری زراعی همراه با کشت گندم دیم و مرتع، مهم‌ترین کاربری‌های اراضی موجود در منطقه را شامل می‌شوند. مواد مادری منطقه عمدتا رسوبات لس و لس‌های منتقل شده با آب[2] بوده و در برخی مناطق شیل سیلتی، مارن و آهک نیز مشهود است، سازندهای موجود از نظر سن زمین‌شناسی متعلق به دوران سنوزوئیک و مزوزوئیک هستند.. منطقه تست برای آزمون اثر خصوصیات توپوگرافی به مساحت تقریبی ۲۱۰ هکتار در بین طول‌های جغرافیایی ۳۳۶۶۰۰ تا ۳۳۷۹۰۰ شرقی و عرض‌های جغرافیایی ۴۱۶۵۲۰۰ تا ۴۱۶۶۴۰۰ شمالی انتخاب و اجزای سرزمین از آن استخراج گردید (شکل ۱).

در این پژوهش برای انتخاب محل‌های نمونه‌برداری خاکرخ‌ها از روش مربع لاتین (CLHS[3]) که توسط Minasny and McBratney (۲۰۰۶) معرفی و در نرم‌افزار متلب برنامه‌نویسی شده استفاده گردید. لازم به ذکر است به دلیل عدم وجود اطلاعات پایه و خاکی در ارتباط با منطقه مطالعاتی،

[2] Reworked loess
[3] Conditioned Latin Hypercube Sampling

کلیه نقاط مشخص شده با روش CLHS در صحرا توسط فرد خبره مورد بازبینی قرار گرفت و با توجه به ویژگی‌های خاک‌ساز مهم منطقه تعداد ۱۹ خاکرخ در منطقه تست حفر گردید.

DEM منطقه مطالعاتی با پیکسل‌هایی به ابعاد ۵×۵ متر از خطوط توپوگرافی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ سازمان نقشه‌برداری کشور تهیه شد. لازم به ذکر است که این DEM توسط ۶۰۰ نقطه ارتفاعی برداشت شده در منطقه توسط دوربین تئودلیت تصحیح گردید. همچنین DEM تهیه شده توسط تکنیک UAV دارای قدرت تفکیک مکانی ۰/۳×۰/۳ متر می‌باشد. ویژگی‌های اولیه و ثانویه پستی و بلندی با استفاده از محاسبات روی DEMها در محیط سامانه جغرافیایی SAGA محاسبه و استخراج شد. روش استخراج همه پارامترهای مزبور را، Hengl و همکاران (۲۰۰۴) تشریح کردند. از SAVI[4] (Huete, 1988) به عنوان شاخص پوشش گیاهی استفاده گردید، که از تصاویر ماهواره لندست ۸ مربوط به اواخر اسفند ماه ۱۳۹۳ (۲۵ فوریه ۲۰۱۴) با استفاده از نرم‌افزار پردازشی ENVI 4.4 محاسبه شد. واحدهای ژئومرفیک با استفاده از روش تفسیر عکس‌های هوایی (Zinck, 1989) در سطح فاز لندفرم با استفاده از تصاویر ماهواره Quickbird و موزاییک عکس‌های هوایی پهپاد تعیین شدند. در این پژوهش الگوریتم RF با استفاده از نرم‌افزار R اجرا گردید. اگرچه الگوریتم خود اعتبارسنجی انجام می‌دهد ولی در این تحقیق برای بررسی دقت روش، همه نقشه‌های خاک تولید شده به طور مستقل اعتبارسنجی گردید. از این رو پارامترهای دقت کلی و شاخص کاپا برای نقشه خاک نهایی تعیین شد.



شکل ۱. (الف)، موقعیت منطقه مطالعاتی در استان گلستان (ب)، نقشه خاک سطح گروه بزرگ منطقه ۵۳۹۰/۳۷ همراه با نمایشی از منطقه تست

نتایج و بحث

کلاس خاک توسط داده‌های توپوگرافی مستخرج شده از DEM با دقت مکانی ۵×۵ متر و تکنیک UAV با دقت مکانی ۰/۳×۰/۳ متر تهیه گردید.. شاخص کاپا، صحت کلی و درصد خطای OOB برای دو DEM در جدول ۱ ارائه گردیده است. در هر دو مدل، خلوص (درجه یکنواختی بالا)، نتیجه تشخیص روابط بین متغیرها در مدل‌سازی می‌باشد. اما نتایج DEM=0.3×0.3 m دارای شاخص کاپا و صحت کلی ۱۰۰ درصد و میزان OOB بسیار اندک بوده است. با این درجه خلوص بالا، به نظر می‌رسد که DEM مورد استفاده، قابلیت کاربرد در تخمین یک متغیر طبقه‌ای (مانند کلاس خاک) را همراه با تعداد داده خاک محدود به خوبی دارا باشد.

[4] Soil Adjusted Vegetation Index

جدول ۱. نتایج خطای OOB، شاخص‌کاپا و صحت‌کلی نقشه برای سطح گروه بزرگ

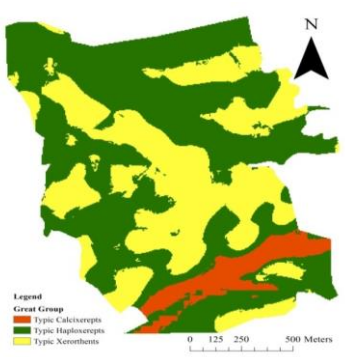
تعداد کلاس	خطای OOB (درصد)		شاخص کاپا		صحت کلی	
	DEM ۰/۳×۰/۳	DEM ۵×۵	DEM ۰/۳×۰/۳	DEM ۵×۵	DEM ۰/۳×۰/۳	DEM ۵×۵
۳	۳۵/۷۱	۵۷/۱۴	۱/۰۰	۰/۶۸	۱/۰۰	۰/۸۰

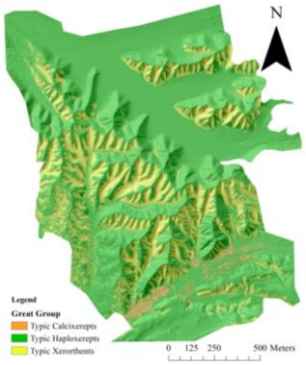
نتایج نشان می‌دهند که بیشترین کاهش در عملکرد پیش‌بینی هر دو مدل، مربوط به کلاس‌هایی از خاک است که دارای فراوانی کمتر در داده‌های آزمون و اعتبارسنجی بوده است (جدول ۲). به‌عبارتی هر چه داده‌های بیشتری برای برازش مدل استفاده شوند، تغییرپذیری کلاس‌های خاک بهتر نشان داده می‌شود و پیش‌بینی کلاس‌های خاک در داده‌های آزمایشی بهتر صورت خواهد پذیرفت.

جدول ۲. نتایج خطای OOB برای هر کلاس در سطح گروه بزرگ

کلاس گروه بزرگ	فراوانی	مساحت (هکتار)		خطای OOB (درصد)	
		DEM ۰/۳×۰/۳	DEM ۵×۵	DEM ۰/۳×۰/۳	DEM ۵×۵
Haploxerepts	۱۰	۱۵۸/۰۱	۱۱۹/۲۸	۲۵/۰۰	۳۷/۵۰
Xerortents	۶	۴۷/۷۶	۷۵/۶۹	۲۵/۰۰	۷۵/۰۰
Calcixerepts	۳	۳/۱۲	۱۴/۱۸	۱۰۰/۰۰	۱۰۰/۰۰

در بین کلاس‌های خاک مورد پیش‌بینی، کلاس Calcixerepts میزان OOB ۱۰۰ درصد را نشان داد زیرا مدل نتوانسته است رابطه این کلاس را با متغیرهای محیطی به‌خوبی برقرار کند و تشخیص مقادیر حدود آستانه برای طبقه‌بندی کلاس‌های خاک را دچار مشکل می‌کند. زیرا حضور کم این گروه بزرگ در داده‌های اعتبارسنجی، ممکن است که باعث شده باشد پیش‌بینی به صورت شانسی و تصادفی انجام شود و در نتیجه، مدل آموزش دیده ضعیف عمل می‌کند. در ارتباط با تفاوت پیش‌بینی و نمایش از این کلاس‌ها در دو نقشه باید اذعان داشت که با توجه به تعداد کم نمونه خاک DEM=0.3×0.3 سعی نموده است با توجه به متغیرهای محیطی و شباهت این بخش دره با دیگر مناطق تنها مناطقی را که در آن نمونه خاکرخ وجود داشته با اطمینان به عنوان کلاس‌های مذکور نمایش دهد. اگرچه دقت پیش‌بینی برای داده‌های اعتبارسنجی مناسب می‌باشد (جدول ۱) اما احتمالا به دلیل تعداد کم داده‌ها نمی‌توان با اطمینان در مورد ضریب صحت و شاخص کاپای ۱ با قطعیت نظر داد. افزایش دقت و کارآیی بهتر مدل برای مناطق با ناهمواری بیشتر (شکل ۲) را می‌توان تاثیرگذاری بهتر و مطلوب‌تر ویژگی‌های به کار رفته در مدل برای این منطقه دانست. نکته جالب توجه در شکل ۲ که احتمالا هر خواننده‌ای از این پژوهش را به فکر وادار می‌نماید، نقشه بدست آمده با استفاده از تکنیک UAV می‌باشد که کاملا با تصویر موزاییک مربوط به منطقه همخوانی دارد و گواه بر دقت پیش‌بینی می‌باشد. با کمی دقت در می‌یابیم که شکل تپه‌ماهورها کاملا با واقعیت زمینی همخوانی داشته، در صورتی‌که نقشه موجود در شکل ۲ قسمت ج این قابلیت را نداشته است.





(الف) (ب) (ج)

شکل ۲. (الف). موزاییک تصاویر تهیه شده در منطقه تست توسط تکنیک UAV، (ب). نقشه پیش‌بینی سطح گروه بزرگ خاک با استفاده از داده‌های DEM=0.3×0.3 m. ج). نقشه پیش‌بینی سطح گروه بزرگ خاک با استفاده از داده‌های DEM=5×5 m

نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه نشان می‌دهد، ویژگی‌های توپوگرافی و سطوح ژئومرفیک هم به لحاظ منطقی و ریاضی، و هم از نظر تجربی دارای رابطه‌ی نزدیکی با ویژگی‌های خاک در منطقه هستند. بنابراین استفاده از این ویژگی‌ها با دقت و قدرت تفکیک مکانی بالا در شناسایی خاک برخی مناطق می‌تواند تا حد زیادی ضمن افزایش دقت کار و صرفه جویی در هزینه و زمان اطلاعات ارزشمندی را در اختیار مدیران، برنامه‌ریزان و کارشناسان به منظور اعمال مدیریت صحیح در حفاظت از منابع خاک و آب قرار دهد. از دیگر سو، نتایج این تحقیق نشان داد که استفاده از DEM سازمان نقشه‌برداری کشور و تصحیح آن با نقاط ارتفاعی زمینی با توجه به استخراج مولفه‌های توپوگرافی نتایج قابل قبولی بخصوص در سطوح بالای رده‌بندی ارائه داده است. همچنین نقش تصاویر تهیه شده از تکنیک UAV و تصاویر ماهواره‌ای گوگل ارث و تهیه نقشه سطوح ژئومرفیک از آن‌ها در سطح فاز لندفرم به عنوان یکی از مهمترین متغیرهای ورودی به مدل نقش بسیار به‌سزایی در افزایش صحت نقشه خاک تولید شده داشته است. لازم به ذکر بهترین انتخاب در تفکیک قدرت مکانی DEM در هر منطقه وابسته به علم پدولوژی و تشخیص خصوصیات پدوژنز و عوامل تاثیرگذار در تشکیل و تکامل خاک خواهد بود. در این صورت با داشتن یک DEM مناسب و دانش کیفی و کمی خاک نتیجه بسیار مناسبی در بهبود تخمین خاک حاصل خواهد شد .

منابع

باقری بداغ‌آبادی، م.، صالحی، م.ح.، محمدی، ج.، تومانیان، ن. و اسفندیارپور بروجنی، ع. ۱۳۹۰. کارآیی مدل رقومی ارتفاع و مشتقات آن در نقشه برداری خاک با استفاده از مدل استنباطی خاک سرزمین (SoLIM). نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، ۲۵ (۵)، ۱۱۱۸-۱۱۰۶.

ملکی، ص.، خرمالی، ف.، باقری بداغ آبادی، م. و محمدی، ج. ۱۳۹۷. ارزیابی دقت نقشه‌برداری رقومی خاک با محدودیت داده در بخشی از فلات لسی استان گلستان. مجله تحقیقات کاربردی خاک، در حال چاپ.

Abbaszadeh Afshar F., Ayoubi Sh., and Jafari A. 2018. The extrapolation of soil great groups using multinomial logistic regression at regional scale in arid regions of Iran. Geoderma, 315: 36–48.

Breiman, L. and Cutler ,A. 2004. Random Forests homepage. Retrieved April 23rd.

Brungard, C.W. 2009. Alternative Sampling and Analysis Methods for Digital Soil Mapping in Southwestern Utah. Thesis for Master of Science, Utah State University, USA, 284p.

Hengl, T., Heuvelink, G.B.M. and Stein, A. 2004. A generic framework for spatial prediction of soil variables based on regression-kriging. Geoderma, 120 (1-2), 75-93.

Huete, A.R. 1988. A soil adjusted vegetation index (SAVI). Remote Sensing of Environment, 25, 295–309.

Jafari, A., Ayoubi, S., Khademi, H., Finke, P.A. and Toomanian, N. 2013. Selection of a taxonomic level for soil mapping using diversity and map purity indices: A case study from an Iranian arid region. Geomorphology, No of Pages 12.

McBratney, A.B. Mendonc Santos, M.L. and Minasny, B. 2003.On digital soil mapping. Geoderma, 117, 3-52.

Minasny, B. and McBratney, A.B. 2006. A conditioned Latin hypercube method for sampling in the presence of ancillary information. Computers & Geosciences, 32, 1378–1388.

Pahlavan Rad, M.R., Toomanian, N., Khormali, F., Brungard, C.W., Komaki, C.B. and Bogaert P. 2014. Updating soil survey maps using random forest and conditioned Latin hypercube sampling in the loess derived soils of northern Iran. Geoderma, 232–234, 97–106.

Stoorvogel, J.J., Kempen, B., Heuvelink, G.B.M. and de Bruin, S. 2009. Implementation and evaluation of existing knowledge for digital soil mapping in Senegal. Geoderma, 149, 161–170.

Zinck, J.A. 1989. Physiography and soils. Lecture notes for soil students. Soil Science Division, Soil survey courses subject matter: K6 ITC, Enschede, The Netherlands.

Zhu, A.X., Yang, L., Li, B., Qin, Ch., English, E., Burt, J.E. and Zhou, Ch. 2008. Purposive Sampling for Digital Soil Mapping for Areas with Limited Data. In: Digital Soil Mapping with Limited Data, chapter 12. Springer Science, 223-245.

16th Iranian Soil Science Congress

University of Zanjan, Iran, August 27-29, 2019

Topic for submission: Novel Technologies in Soil Science

Using unmanned aerial vehicle data in digital soil mapping of region with limited data

Maleki, S[*1]., Khormali, F[2]., Bagheri Bodaghabadi, M[3]., Mohammadi, j[4].

[1] PhD. graduated, Soil Science Department, Faculty of Water and Soil Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran

[2] Professor, Soil Science Department, Faculty of Water and Soil Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran

[3] Soil and Water Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran

[4] Assistant Prof., Forestry Science Department, Faculty of Forestry, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources,

Abstract

In digital soil mapping (DSM) approaches apply quantitative and qualitative data for prediction that are difficult to implement in countries with limited data and unsuitable availability. It is believed in digital soil mapping that unique soil conditions (soil types or soil properties) can be associated with unique combination and configuration of environmental variables. Therefore, in this study, 19 environmental variables used that prepared by two methods unmanned aerial vehicle (UAV) technique for preparing of digital elevation model (DEM) with 0.3×0.3m spatial resolution and DEM=5×5. The DSM method was Random Forest algorithm that applying in a part of loess plateau, Golestan Province. Then, the accuracy of soil map which prepared by two pixel size compare. Out of bag (OOB) estimate error of modeling in great group level were 35.71 % and 57.14% for DEM=0.3×0.3 and DEM=5×5, respectively. Also, the results showed high accuracy of the extracted terrain data of UAV technique. Therefore, using high resolution ancillary data with smaller sample size can be led to an effective result in higher taxonomic levels in regions with limited data.

Keywords: Iranian loess plateau, Map accuracy, Soil class prediction, Unmanned aerial vehicle

[*] Corresponding author, Email: elymaleki@yahoo.com

شانزدهمین کنگره علوم خاک ایران

دانشگاه زنجان، ۵ تا ۷ شهریور ۱۳۹۸

محور مقاله: فناوری‌های نوین در علوم خاک

پهنه‌بندی رقومی خاک‌های اراضی منطقه آمل به روش مدل رگرسیونی‌لجستیک(Logistic Regression)

سارا مرادی ثانی*

دانش آموخته کارشناسی گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه

چکیده

نقشه‌های خاک از منابع عمده اطلاعات برای مدیریت اراضی، منابع طبیعی و محیط زیست هستند. کلاس های خاک یکی از عوامل مهم تولید در اراضی شالیزاری منطقه آمل می‌باشد. پهنه‌بندی رقومی خاک می‌تواند جهت تهیه نقشه تغییرات خصوصیات خاک مانند کلاس های خاک بکار رود. هدف از این تحقیق، پهنه‌بندی رقومی خاک‌های شالیزاری منطقه آمل با استفاده از مدل رگرسیونی لجستیک (LR) می‌باشد. در این تحقیق از داده‌های بانک خاک شامل خصوصیات فیزیکی شیمیایی و رده‌بندی ۱۱۸ پروفیل حفر شده به روش تصادفی استفاده شد. پارامترهای کمکی مورد استفاده برای این تحقیق، شامل داده‌های ماهواره لندست ۸ ، نقشه DEM و پارامترهای استخراج شده زمینی از منطقه بوده‌اند. بدین منظور، در ابتدا داده‌های میدانی و محیطی در محیط نرم‌افزار QGis ترکیب شدند و پس از تقسیم‌بندی داده‌ها به دو بخش آموزش (۷۰٪) و آزمون (۳۰٪)، مدل‌سازی آنها در محیط نرم‌افزار Orange انجام شد. ارزیابی مدل بر اساس پارامترهای ضریب کاپا و صحت کلی صورت گرفت که در هر دو بخش آموزش و آزمون به ترتیب مقادیر ضریب کاپا ۰.۵۹، ۰.۳۳ و صحت کلی ٪۷۳ و ٪۴۳ بدست آمد. این مقادیر از دامنه مورد نظر ارزیابی پارامترها بیشتر بوده که نشان از عملکرد مناسب این مدل برای پهنه‌بندی رقومی خاک‌ها می‌باشد. پیشنهاد می‌شود در مطالعات آتی برای رقومی کردن منطقه با تعداد نمونه‌های بیشتر، از مدل شبکه عصبی مصنوعی استفاده شود.

کلمات کلیدی: پهنه‌بندی رقومی، خاک‌های شالیزاری آمل، مدل رگرسیون لجستیک

مقدمه

پیشرفت‌های اخیر در زمینه سنجش از دور وسیستم‌های اطلاعات جغرافیایی روش‌هایی را برای تهیه نقشه کلاس های خاک بدون نیاز به نمونه‌برداری‌های زمینی متداول و تفسیر عکس‌های هوایی فراهم آورده است. یکی از متداول‌ترین متدهای مورد استفاده، مدل‌سازی پیش‌بینی کلاس‌های خاک می‌باشد که می‌تواند به عنوان پیش‌بینی کننده پراکنش مکانی کلاس های خاک در سطح منظر زمین و بر اساس رابطه بین پراکنش مکانی ویژگی‌های خاک و متغیرهای محیطی تعریف شود (جوسان و همکاران، ۲۰۰۰). یکی از مهمترین فاکتورهای پیش‌نیاز تشکیل کلاس خاک و گسترش آن شکل ظاهری پستی و بلندی است که بطور موازی با اقلیم، زمین‌شناسی، خاک و دیرینه‌شناسی عمل می‌کند (فلورنسکی، ۱۹۹۶). سه متغیر شیب، جهت و ارتفاع مهمترین متغیرهای توپوگرافی هستند که بطور متداول در اندازه‌گیری‌ها و تهیه نقشه‌های خاک مورد استفاده قرار می‌گیرند (لیپریور و همکاران،۱۹۸۸). ارتفاع زون‌های ارتفاعی خاک و گیاهان را تعیین می‌کند. شیب سرعت و جهت مسیر جریان‌ها را مشخص می‌کنند، تابش خورشید، شدت تبخیر، میزان ذوب یا نگهداری برف و برخی خصوصیات خاک را تعیین می‌کند. شیب، جهت و ارتفاع در بسیاری از موارد تعیین کننده میکروکلیما هستند (جیجر، ۱۹۶۶). متغیرهای توپوگرافی بطور مستقیم با جریان‌های هیدرولوژیکی، تابش خورشیدی، توسعه خاک، قابلیت تولید و گیاهان ارتباط دارند و می‌توانند برای پیش‌بینی پوشش گیاهی مورد استفاده قرار گیرند (آلبانی و همکاران، ۲۰۰۴). پارامترهای مشتق شده از مدل رقومی زمین[1] در بسیاری از مطالعات مربوط به طبقه‌بندی خصوصیات و برای پیش‌بینی خاک، پوشش گیاهی، و پراکنش گونه‌ها در مقیاس‌های متفاوت مورد استفاده قرار گرفته است (ویلسون و همکاران،۲۰۰۷؛ اشمیدت و همکاران، ۲۰۰۴، کانتون و همکاران، ۲۰۰۴). فرانکلین و همکاران(۲۰۰۰) نشان دادند که پراکنش گونه‌های گیاهی در تیپ‌های نیمه مدیترانه‌ای جنوب کالیفرنیا وابسته به توازن رطوبت خاک دارد و این فاکتور متعاقباً بوسیله شاخصهای توپوگرافی مشتق شده از DEM نظیر شیب، جهت، انحنای زمین، ارتفاع، و سایر خصوصیات پیچیده توپوگرافیکی نظیر تابش خورشید و رطوبت خاک کنترل می‌گردد، در این تحقیق رابطه بین خصوصیات اکولوژیکی و خصوصیات زمین بوسیله مدل‌های خطی تعمیم یافته[2] بررسی گردید. امروزه به موازات مدل‌های متداول قبلی، روش‌های جدیدتری تحت عنوان مدل درخت تصمیم جهت‌پیش‌بینی ابداع شده است. با عنایت به این

*Engineer_sarah_65@yahoo.com

[1]. Digital Terrain Model (DTM)

[2]. Generalized linear model (GLM)

که مدل از دو ویژگی اساسی یادگیری یا نگاشت‌پذیری بر اساس ارائه داده‌های تجربی (قدرت و توانایی تعمیم پذیری) و ساختارپذیری موازی برخوردار می‌باشند این شبکه‌ها برای مسائل کنترل، علی‌الخصوص سیستم‌های پیچیده که مدل‌سازی این سیستم‌ها یا میسر نیست و یا به سختی انجام می‌پذیرد بسیار مناسب هستند (منهاج، ۱۳۸۱).مدل رگرسیونی بر اساس تشخیص الگو[3] قادربه مدل‌سازی فرایندهای غیرخطی می‌باشند (میلیس و همکاران، ۲۰۰۵). در این راستا مطالعات متعددی نیز در زمینه استفاده از این مدل در پیش‌بینی متغیرهای مختلف جنگل صورت گرفته است. از جمله هیلبرت و استوندوف (۲۰۰۱) از مدل رگرسیونی چندجمله‌ای پیش‌خور[4] و GIS برای ارزیابی پتانسیل اثرات تغییرات آب و هوایی بر یک لنداسکیپ پیچیده جنگلهای گرمسیری شمال شرقی کوینزلند استفاده کردند. ورودی‌های مدل شامل، متغیرهای اقلیم، کلاسه مواد مادری خاک و متغیرهای زمین بود. مدل بدست آمده موفقیت بالایی در تشخیص کلاسه‌های جنگل با ۷۵٪ صحت پیش‌بینی داشت. اینگرام و همکاران (۲۰۰۵) نیز از داده‌های سنجش از دور برای پیش‌بینی سطح مقطع و تراکم تنه در جنگل‌های گرمسیری جنوب ماداگاسکار استفاده کردند. آنها ارتباط سطح مقطع را با شاخص NDVI[5] و تابش اندازه‌گیری شده در باند ۳، ۴، ۵ و ۷ سنجنده ETM^{+}[6] را با استفاده از MLR بررسی کردند. نتایج این تحقیق نشان داد که رابطه قوی و معنی‌دار ($r = -0.69$) بین اندازه‌گیری‌های واقعی و پیش‌بینی شده وجود دارد. کاستلانوس و همکاران (۲۰۰۷) از تابع شعاعی RBF[7] به منظور پیش بینی حجم چوب جنگل استفاده کردند. این متد گونه‌های درختی را با استفاده از متغیرهای مختلف طبقه‌بندی و سپس حجم چوب را برای گونه‌های مختلف محاسبه کرد نتایج، گسترش استفاده از مدل‌های پیش‌بینی آماری کلاسیک را برای اندازه‌گیری جنگل پیشنهاد کرد. پیش‌بینی مکانی و تهیه نقشه کلاس های خاک مانند تعداد کلاس ها، قطر، غنا و تنوع برای مدیران کارشناس خاکشناسی به منظور ارزیابی و برنامه‌ریزی عملکرد آینده منابع خاک اهمیت زیادی دارد (شتایی و ایوبی، ۲۰۰۶). نظارت بر پوشش زمین در مناطق وسیع نیازمند حجم زیادی از داده ها می‌باشد از طرفی اندازه گیری صحرایی فرایندهای فیزیکی و بیولوژیکی بطور پیوسته مشکل می‌باشد. هدف این مطالعه استفاده از رگرسیون چند جمله‌ای (MLR) به عنوان ابزاری جهت پیش‌بینی مکانی تعداد کلاس‌های خاک با استفاده از اطلاعات استخراج شده از فاکتورهای توپوگرافیکی می‌باشد.

-مواد و روش‌ها:

۲-۱-موقعیت منطقه:

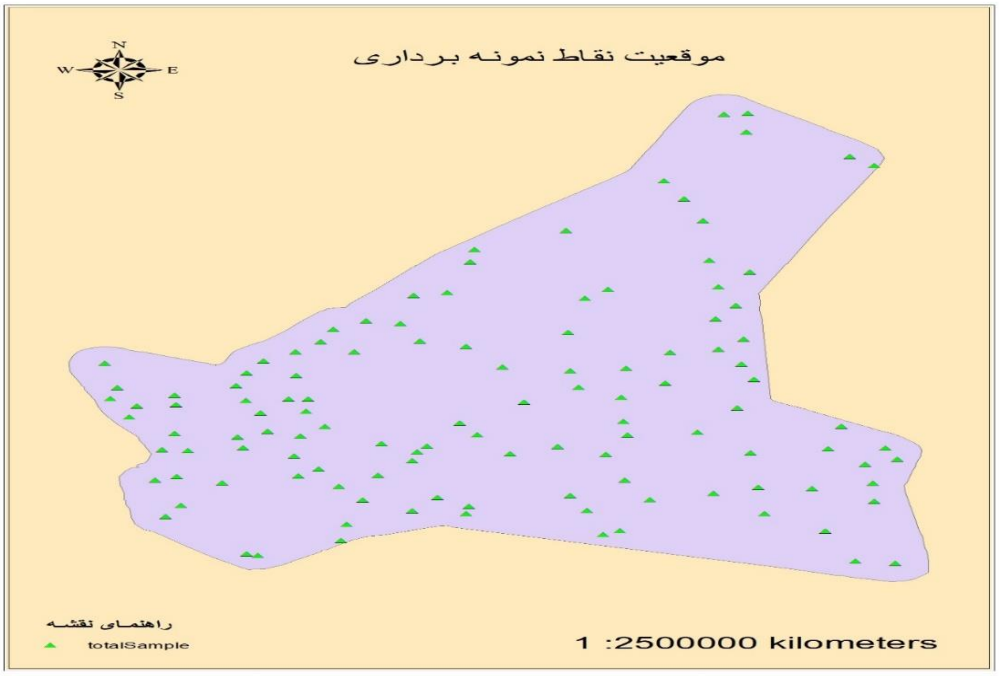
منطقه مورد تحقیق، خاک‌های شالیزاری شهرستان آمل با وسعت ۳۲۱۱ کیلومترمربع و با مختصات طول جغرافیایی شرقی″۱۵ ′۳۰ °۵۲ تا ″۳۰ ′۲۲ °۳۶ و عرض جغرافیایی شمالی″۳۰ ′۰۰ °۳۶ تا ″۰۰ ′۳۰ °۳۶ می‌باشد. میانگین تبخیر و تعرق، دما و بارندگی سالیانه این شهرستان به ترتیب ۸۳/۴۳ میلی‌متر، ۲۱/۱ سانتی‌گراد و ۹۳۶/۵ میلی‌متر بوده و دارای رژیم حرارتی و رطوبتی ترمیک و یودیک می‌باشد.

۲-۲- استخراج داده‌های میدانی خاکی:

داده‌های موجود در این پایگاه، اطلاعات ۱۱۸ پروفیل خاک از قبیل خصوصیات فیزیکی (عمق لایه‌ها، رنگ، بافت، ساختمان، فشردگی، سنگریزه، جرم مخصوص ظاهری، تجمع برخی پدیده‌های پدوژنیکی یا ژئولوژیک نظیر آهک، گچ و ... و همچنین خصوصیات بیرونی مانند شیب، ناهمواری‌های کوچک، آبگیری، سیل گیری، فرسایش و نوع استفاده) و شیمیایی (pH گل اشباع، هدایت الکتریکی در عصاره گل اشباع، مقدار آهک، کربن آلی، ازت کل، فسفر قابل‌جذب، پتاسیم قابل‌جذب، کاتیون‌های محلول بازی، کلر محلول، غلظت کربنات و بی‌کربنات محلول خاک، گنجایش تبادل کاتیونی و درصد گچ) خاک می‌باشند. خاک‌های این پایگاه در سیستم رده‌بندی جدید آمریکایی (U.S.D.A. Keys to Soil Taxonomy,2014) تا حد گروه بزرگ رده‌بندی شده‌اند.

---

3. Pattern recognition
4. feedforward
5. Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)
6. Landsat Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+)
7. Radial Basis Function



شکل ۱: محدوده نقاط نمونه‌برداری شده

استخراج پارامترهای زمین‌نما

در پژوهش حاضر مدل رقومی سازمان نقشه‌برداری کشور، با قدرت تفکیک مکانی ۳۰ متر، به کار رفت که بعد از آماده کردن مدل ارتفاعی رقومی از آن برای استخراج اطلاعات کمکی یا تصاویر تخمین زننده متغیرهای ژنتیکی خاک استفاده شد و پارامترهای زمین‌نما- از قبیل شیب[۸]، ارتفاع[۹]، ارتفاع بالای شبکه زهکشی[۱۰]، عمق دره[۱۱]، شاخص خیسی[۱۲]، شاخص همواری دره با درجه تفکیک بالا[۱۳] و شیب حوضه[۱۴]، حوضه[۱۴]، جهت شیب[۱۵]، انحناء طولی[۱۶]، شاخص همگرایی[۱۷]، تجمع جریان[۱۸]، در محیط سامانه جغرافیایی ساگا[۱۹] (Böhner, McCloy, and Strobl 2006; Conrad et al. 2015; Böhner, McCloy, and Strobl 2006) محاسبه و استخراج شده‌اند. روش استخراج تمام پارامترهای ذکر شده در روش ارائه شده توسط هنگیل (Hengl 2003) برآورد و محاسبه شده‌اند.پارامترهای استخراج شده از نرم‌افزار ساگا به عنوان داده‌های محیطی یا کمکی مورد استفاده قرار گرفته است.

۸.slope
۹. Elevation
۱۰. Altitude above channel network
۱۱. Valley depth
۱۲. Wetness Index
۱۳.Multiresolution index of Valley Bottom Flatness
۱٤.Catchment slope
۱٥.aspect
۱٦. Longitudinal Curvature
1۷. Convergence Index
1۸. Flow Accumulation
1۹.SAGA

مدل سازی خاک

مدل رگرسیون لجستیک (Logistic regression) یک مدل آماری رگرسیون برای متغیرهای وابسته دوسویی مانند بیماری یا سلامت، مرگ یا زندگی است .این مدل را می‌توان به عنوان مدل خطی تعمیم‌یافته‌ای که از تابع لجستیک به عنوان تابع پیوند استفاده می‌کند و خطایش از توزیع چندجمله‌ای پیروی می‌کند، به‌حساب‌آورد .منظور از دو سویی بودن، رخ داد یک واقعه تصادفی در دو موقعیت ممکنه است. به عنوان مثال خرید یا عدم خرید، ثبت نام یا عدم ثبت نام، ورشکسته شدن یا ورشکسته نشدن و ... متغیرهایی هستند که فقط دارای دو موقعیت هستند و مجموع احتمال هر یک آن‌ها در نهایت یک خواهد شد. کاربرد این روش عمدتاً در ابتدای ظهور در مورد کاربردهای پزشکی برای احتمال وقوع یک بیماری مورد استفاده قرار می‌گرفت. لیکن امروزه در تمام زمینه‌های علمی کاربرد وسیعی یافته‌است .به عنوان مثال مدیر سازمانی می‌خواهد بداند در مشارکت یا عدم مشارکت کارمندان کدام متغیرها نقش پیش‌بینی دارند؟ مدیر تبلیغاتی می‌خواهد بداند در خرید یا عدم خرید یک محصول یا برند چه متغیرهایی مهم هستند؟ یک مرکز تحقیقات پزشکی می‌خواهد بداند در مبتلا شدن به بیماری عروق کرنری قلب چه متغیرهایی نقش پیش‌بینی‌کننده دارند؟ تا با اطلاع‌رسانی از احتمال وقوع کاسته شود.

پهنه‌بندی رقومی و ارزیابی نقشه‌های خام:

به منظور بررسی ارزیابی مدل مورد استفاده در برآورد متغیرهای وابسته از پارامترهایی که برای ارزیابی وجود دارند استفاده می‌شود. همچنین برای بررسی دقت مدل، با هدف پیش‌بینی کلاس خاک، مدل بطور تصادفی به دو بخش آموزش (۷۰ درصد از داده‌های نمونه‌برداری شده) و آزمون (۳۰ درصد از داده‌های نمونه‌برداری شده) تقسیم و در نهایت برای ارزیابی از نرم افزار مربوطه استفاده شد.

خلاصه ای از مراحل مواد و روش کار:

نتایج و بحث:

۳-۱- نتایج آنالیز آماری داده‌ها:

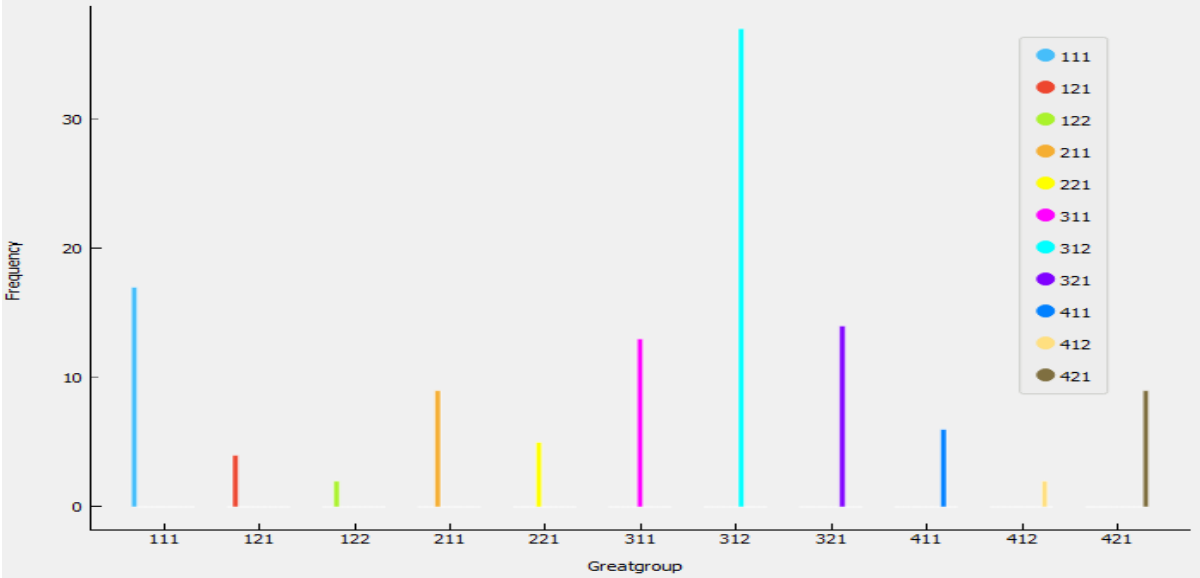
با توجه به شرایط فیزیکی و شیمیایی خاک‌های منطقه، آنها را می‌توان در سه کلاس (رده-زیررده-گروه بزرگ) که خود شامل چهار رده، هشت زیررده و یازده گروه بزرگ هستند تقسیم‌بندی نمود. در جدول (۱) شرح کاملی از موارد ذکر شده قابل مشاهده می‌باشد. نتایج حاصل از استفاده داده‌ها به منظور رده‌بندی، نشان از بیشترین فراوانی کلاس گروه بزرگ کد ۳۱۲ (Epiaquepts) می‌باشد (شکل۶).) نتایج نشان داد که مدل های مورد نظرمی‌توانند ۷۳ درصد از تغییرات تعداد کلاس‌های خاک را با استفاده از متغیرهای کمکی پیش‌بینی نمایند که این میزان درصد نشان از دقت بالای این مدل که بر اساس تعریف مارچیتی می‌باشد. مدیریت صحیح خاک نیاز به درک ارتباط خاک با عوامل محیطی دارد. این ارتباط به حدی است که عوامل محیطی در بسیاری از موارد تعیین کننده خصوصیات کلاس‌های می‌باشند. این تحقیق نشان

داد که که استفاده از مدل رگرسیونی چندجمله‌ای ابزار موثری برای پیش‌بینی کلاس‌های خاک با استفاده از متغیرهای کمکی است. که در مقایسه با مدل های دیگر(شبکه عصبی مصنوعی و....)توانسته تعداد کلاسهای بیشتری را پیش‌بینی کند که نشان از توانایی این مدل بوده است.

جدول ۱: راهنمای کدهای گروه بزرگ

نام گروه بزرگ	کد گروه بزرگ
Epiaqualfs	۱۱۱
Epiaquepts	۱۲۱
Paleudalfs	۱۲۲
Epiaquents	۲۱۱
Eutrudepts	۲۲۱
Endoaquepts	۳۱۱
Epiaquepts	۳۱۲
Eutrudepts	۳۲۱
Hapludalfs	۴۱۱
Epiaquolls	۴۱۲
Argiudolls	۴۲۱

شکل ۶: نمودار توزیع فراوانی گروه‌های بزرگ



ارزیابی

پارامترهای زیادی در نتایج و ارزیابی مدل دخیل می‌باشند که یکی از آنها، داده‌های محیطی و پارامترهای حاصل از داده‌های میدانی بوده که با ایجاد ضریب همبستگی در بین آن‌ها می‌توان ورودی‌های (داده‌های کمکی قبل و بعد از پیش‌بینی کلاس‌ها) را که در مقدار دقت و صحت مدل تاثیر بسزایی دارند، انتخاب نمود (Trevor, Robert, and JH 2009). بنابراین با استفاده از نتایج سعی و خطا ضریب همبستگی، ارزیابی و پیش‌بینی کلاس‌ها بر اساس ورودی‌های چهارده پارامتر محیطی انجام شد. به منظور ارزیابی و عملکرد دقت مدل در پیش‌بینی کلاس‌های خاک از یک سری معیارهای از قبیل ضریب کاپا[۲۰]، صحت کلی[۲۱]، دقت کاربر[۲۲] و دقت تهیه‌کننده[۲۳] استفاده می‌شود .

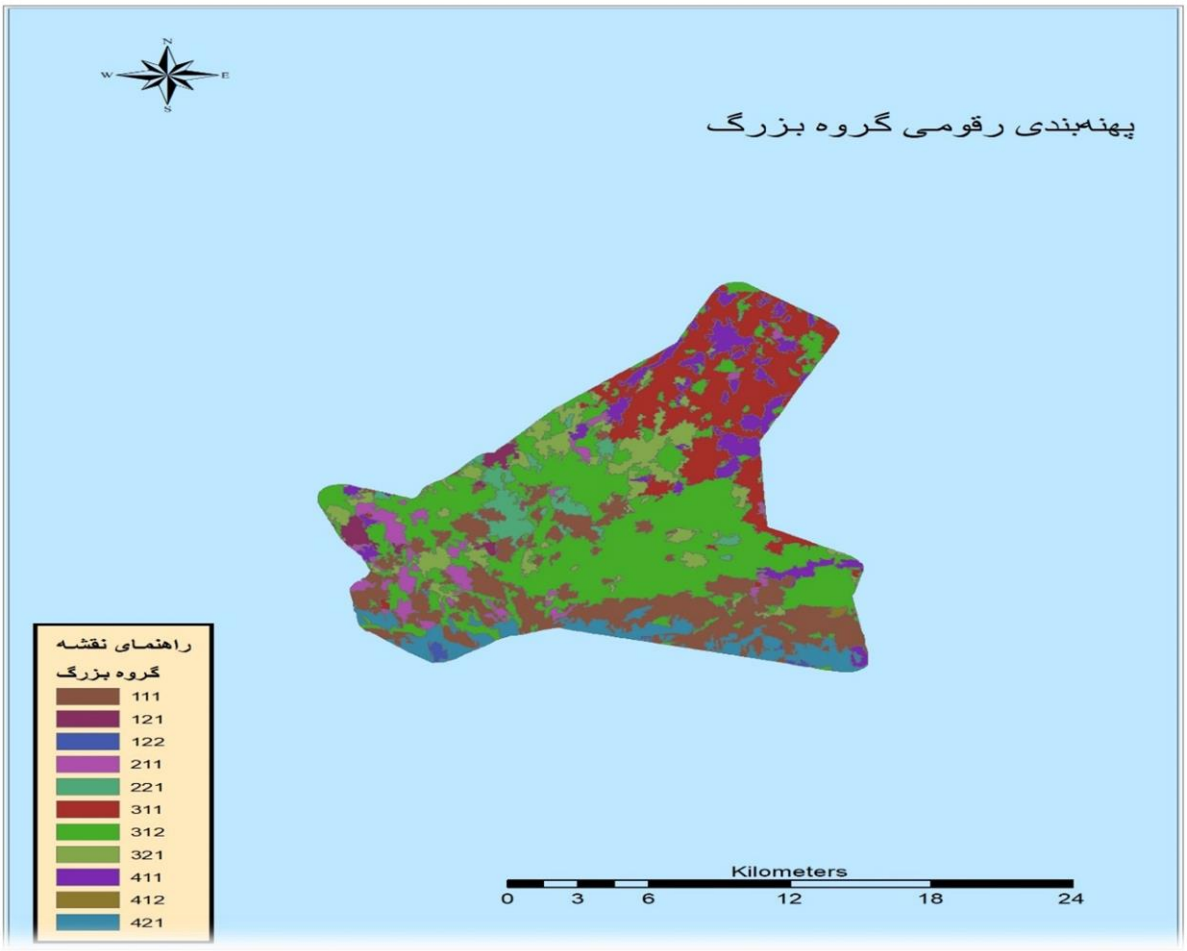
نتایج حاصل از آموزش داده‌ها

ضریب کاپا (kappa)	صحت کلی (OA)	دقت کاربر (UA)	دقت تهیه‌کننده (PA)
۰/۵۹	٪۷۳	٪۶۸	٪۵۸

جدول ۳: نتایج حاصل از آزمون داده‌ها

ضریب کاپا (kappa)	صحت کلی (OA)	دقت کاربر (UA)	دقت تهیه‌کننده (PA)
۰/۳۳	۴۳٪	٪۲۶	٪۲۹

۲۰.Kappa index of agreement
۲۱. Overall map accuracy
۲۲. User’s accuracy
۲۳. Producer’s accuracy



نقشه نهایی پهنه‌بندی رو قومی خاک مدل رگرسیون لجستیک

نتیجه‌گیری

توسعه مدل‌های پیش‌بینی‌مکانی به منظور پیش‌بینی کلاس های خاک در مکان‌هایی که اطلاعات آنها در دسترس نیست بسیار ارزشمند می‌باشد. مدل رگرسیون چندجمله‌ای نظارت شده که بوسیله الگوریتم انتشار به عقب آموزش دیده شده‌اند برای پیش‌بینی تعداد کلاس های خاک با استفاده از متغیرهای محیطی ورودی که شامل برخی از خصوصیات اولیه و ثانویه توپوگرافی هستند مورد بررسی قرار گرفتند. مدل رگرسیون چندجمله‌ای با موفقیت رابطه بین داده‌های ورودی و خروجی را یاد گرفت. با دسترس بودن لایه‌های اطلاعاتی فوق می‌توان نقشه‌های رقومی خاک منطقه را با توجه به هدف نقشه‌برداری و نرم‌افزارهای مختلف تصمیم‌گیری، تهیه کرد که از اهداف بعدی این تحقیق است. البته شایان‌ذکر است تنها در صورتی این لایه‌ها می‌توانند در مدل‌های پیش‌بینی کننده نقشه خاک، به‌خوبی عمل نمایند که عوامل مؤثر بر روی تمایز خاک‌ها به‌خوبی در نظر گرفته شوند.

منابع

1. Albani,M., B.Klinkenberg , D .W. Andison and J . PKimmins. 2004. The choice of window size in approximating topographic surfaces from Digital Elevation Models. International Journal of Geographical Information Science. 17:577-593

2. Canton, Y, Barrio, G.D, Benet, A.S, La´zaro, R. 2004. Topographic controls on the spatial distribution of ground cover in the Tabernas badlands of SE Spain. Catena 55:341–365
3. Castellanos, A, Blanco, A.M, Palencia, V. 2007. Applications of Radial Basis Neural Networks for FOR area forest. International Journal "Information Theories & Applications" 14: 218-222

A. Chayjan, R,. Montazer, G.A,. T.Hashjin, T,. Khoshtaghaza, M.H,. and Ghobadian, B. 2007. Prediction of Pistachio Thermal Conductivity Using Artificial Neural Network Approach. International Journal of Agriculture & Biology. Vol. 9, No. 6:816-820

4. Chegini, G.R., Khazaei, j,. Ghobadian, B, Goudarzi, A.M. 2008. Prediction of process and product parameters in an orange juice spray dryer using artificial neural networks. Journal of Food Engineering 84 :534–543
5. Florinsky, I.V. 2005a. Artificial Lineaments in Digital Terrain Modeling: Can Operators of Topographic Variables Cause Them?. Mathematical Geology.37,4: 357-372
6. Florinsky, I.V., Kuryakova, G.A. 1966. Influence of topography on some vegetation cover propertice. Elsiviar Science.27: 123-141
7. Franklin, J., P. McCullough, and C. Gray. 2000, Terrain variables used for predictive mapping of vegetation communities in Southern California, in Terrain Analysis: Principles and Applications, J. P. Wilson and J. C. Gallant (eds.), John Wiley & Sons, New York, 331-353 (refereed).
8. Giger, R., 1966. The Climate near the Ground. Translated by Scripta from the 4th German ed.,2d print. Harvard Universiry Press, Cambridge, MA, 611 PP
9. Guisan, A., Theurillat, J., 2000. Equilibrium modeling of alpine plant distribution: how far can we go? Phytocoenologia 30, 353_ 384.
10. Hilbert, D.W, Ostendorf, B. 2001. The utility of artificial neural networks for modelling the distribution of vegetation in past, present and future climates. Ecological Modelling 146::311–327
11. Ingram, J.C., Dawson, T.P, Whittaker, R.J. 2005. Mapping tropical forest structure in southeastern Madagascar using remote sensing and artificial neural networks. Remote Sensing of Environment 94:491–507
12. Liprieur, V.E., Durand, J.M. and Peyron, J.L., 1988. Infuence of topography on forest reflectance using Landsat Thematic Mapper and digital terrain data.photogramm. Eng. Remote Sens., 4: 461-496.
13. Melesse, A.M., Hanley, R.S. 2005. Artificial neural network application for multi-ecosystem carbon flux simulation. Ecological Modelling 189: 305–314
14. Schmidt, J., and A. Hewitt. 2004. Fuzzy land element classification from DTMs based on geometry
15. Second revised of Doctor Bahramnia Forestry plan. 1386.Forestry Faculty of Natural Resources, University of Gorgan.478 pp
16. Shataee, S. Ayobi, S. 2007. Spatial prediction of some biological forest variables by terrain analysis- the kheiroud kenar forest, north of Iran, ISPRS-iv conference, Agra, India.
17. Strobl1, R. O. and Forte, F.2007. Artificial neural network exploration of the influential factors in drainage network derivation. Hydrological processes. 21: 2965–2978
18.
19.
20.
21. Wilson,M.F.G., O'Connell, B. Brown, C. Guinan, J.C. and Grehan .A.G. 2007. Multiscale Terrain Analysis of Multibeam Bathymetry Data for Habitat Mapping on the

Ahamed, T., L. Tian, Y. Zhang, and K. C. Ting. 2011. "A Review of Remote Sensing Methods for Biomass Feedstock Production." *Biomass and Bioenergy* 35 (7): 2455–2469.

Al-Khaier, Fouad. 2003. "Soil Salinity Detection Using Satellite Remote Sensing. In. ITC.

Amini, M. Karim C. Abbaspour, H. Khademi, N. Fathianpour, M. Afyuni, and R. Schulin. 2005. "Neural Network Models to Predict Cation Exchange Capacity in Arid Regions of Iran. *European Journal of Soil Science* 56 (4): 551–559.

Bockheim, J. G. A. N. Gennadiyev, A. E. Hartemink, and E. C. Brevik. 2014. "Soil-Forming Factors and Soil Taxonomy. «*Geoderma* 226: 231–237.

Böhner, Jürgen, Keith R. McCloy, and Josef Strobl. 2006. *SAGA: Analysis and Modelling Applications*. 115. Goltze.

Conrad, Olaf, Benjamin Bechtel, Michael Bock, Helge Dietrich, Elke Fischer, Lars Gerlitz, Jan Wehberg, Volker Wichmann, and Jürgen Böhner. 2015. "System for Automated Geoscientific Analyses (SAGA) v. 2.1. 4." *Geoscientific Model Development* 8 (7): 1991–2007.

Hengl, Tomislav. 2003. *Pedometric Mapping: Bridging the Gaps between Conventional and Pedometric Approaches*.

Kempen, Bas, Dick J. Brus, Gerard BM Heuvelink, and Jetse J. Stoorvogel. 2009. "Updating the 1: 50,000 Dutch Soil Map Using Legacy Soil Data: A Multinomial Logistic Regression Approach." *Geoderma* 151 (3–4): 311–326.

Marchetti, Alessandro, Chiara Piccini, Sergio Santucci, Igino Chiuchiarelli, and Rosa Francaviglia. 2011. "Simulation of Soil Types in Teramo Province (Central Italy) with Terrain Parameters and Remote Sensing Data." *Catena* 85 (3): 267–273.

McBratney, Alex B., ML Mendonça Santos, and Budiman Minasny. 2003. "On Digital Soil Mapping." *Geoderma* 117 (1–2): 3–52.

McKenzie, Neil J., M. J. Grundy, R. Webster, and A. J. Ringrose-Voase. 2008. *Guidelines for Surveying Soil and Land Resources*. Csiro Publishing.

Miska, Luoto, and Hjort Jan. 2005. "Evaluation of Current Statistical Approaches for Predictive Geomorphological Mapping." *Geomorphology* 67 (3–4): 299–315.

Rossiter, D. G., and Analía Loza. 2004. "Analyzing Land Cover Change with R." In *International Institute for Geo-Information Science & Earth Observation (ITC), Enschede (NL), 1.3 Edition, 2004. URL Http://Www. Itc. Nl/Personal/Rossiter/Teach/R/R_LCC. Pdf*. Citeseer.

Trevor, Hastie, Tibshirani Robert, and Friedman JH. 2009. *The Elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference, and Prediction*. New York, NY: Springer.

Zhu, A. X., Lawrence Band, Robert Vertessy, and Barry Dutton. 1997. "Derivation of Soil Properties Using a Soil Land Inference Model (SoLIM)." *Soil Science Society of America Journal* 61 (2): 523–533.

Zhu, A.-Xing. 2000. "Mapping Soil Landscape as Spatial Continua: The Neural Network Approach." *Water*

محور مقاله: فن آوری های نوین در علوم خاک

بررسی کاربرد روش‌های ژئوتکنیک در حذف پسماند صنایع آبکاری

فؤاد نگارستانی[۱]، کاملیا علوی[۲*]، اکرم نشاط[۳]

[۱] کارشناسی ارشد گروه علوم و مهندسی محیط‌زیست، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اردکان

[۲] استادیار گروه علوم و مهندسی محیط‌زیست، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اردکان

[۳] استادیار گروه علوم و مهندسی محیط‌زیست، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اردکان

چکیده

پیشرفت، صنعت وتکنولوژی، سه کلمه‌ای است که بشر بعد از انقلاب صنعتی با آنها سروکار داشته، اما این پیشرفت که در گروی صنعت و تکنولوژی بوده است به همراه خود آلودگی، نابودی و سایر مسائل تخریبی را به همراه داشته است. صنعت آبکاری با مواد شیمیایی سروکار دارد و در طی فرآیندهای مختلف آلاینده‌هایی از جمله لجن و پسماند خطرناک بوجود میاورد که متاسفانه عمدتا بدون نظارت و بررسی مهندسی، آلودگی‌ها وارد طبیعت میگردد. در این مقاله به بررسی کارایی روشهای ژئوتکنیک و خاک محور در مدیریت پسماندهای خطرناک صنایع آبکاری پرداخته شده که اساس کار بر مبنای آزمایشTCLP میباشد. برای تعیین ویژگی‌های مواد زاید خطرناک از روش EP (روش استخراج سمیت) استفاده می‌شود. به این صورت که شیرابه حاوی مواد شیمیایی خطرناک موجود در مواد زاید را با غلظت کروم ورودی ۱۲ و ۱گرم بر لیتر مورد بررسی قرار می‌دهند. براساس نتایج بدست آمده غلظت کروم ورودی به ترتیب مشخص گردید که با افزودن ۱۰ درصد میکروسیلیس به مخلوط لجن با سیمان به نسبت ۲۵/۷۵، حذف ۹۲ درصد کروم و همچنین با افزودن ۱۰ درصد میکروسیلیس به پسماند با غلظت ۱ درصد به مخلوط لجن با سیمان به همان نسبت ۹۵ درصد کروم موجود در پسماند حذف می‌گردد.

کلمات کلیدی: ژئوتکنیک، آزمایش TCLP، پسماند، میکروسیلیس، صنعت آبکاری.

مقدمه

مواد جامد، مایع و گاز که از نظر بشر زائد تلقی می‌شود و خود در تولید آن به صورت مستقیم و غیرمستقیم نقش دارد را پسماند یا زباله گویند (EPA, 2014). با رشد تکنولوژی و استفاده بیشتر از انواع مواد شیمیایی، پسماند تولید شده نیز افزایش یافته که در این بین مواد زایدی وجود دارد که دارای خصوصیات خاصی از قبیل: فعالیت شیمیایی، سمیت، خاصیت احتراق و انفجار، خورندگی و سایر ویژگی‌هایی است که برای سلامتی انسان و محیط‌زیست خطراتی بوجود می‌آورند این گروه از مواد را مواد زاید خطرناک می‌نامند (Technical Guideline on specially Engineeredlandfill, Switzerland, 2002, EPA, 2014). در سال ۱۹۹۱ حدود ۵۰ درصد از مبلغ ۸/۲ میلیون دلار مربوط به مشاوره در زمینه محیط‌زیست، به پسماندهای خطرناک اختصاص یافت (LaGrega و همکاران ۲۰۰۱).

محصولات صنعتی در اغلب اوقات با تولید پسماندهایی همراه می‌باشد، محصولات تولید شده با توجه به نیاز جامعه امری اجتناب‌ناپذیر است (امیر سلیمانی و همکاران، ۱۳۸۸)، یکی از معضلات و مشکلات موجود که شهرهای مختلف دنیا علی‌الخصوص ایران با آن مواجهه هستند، مدیریت مواد زاید تولیدی، اعم از شهری، صنعتی، درمانی و مواد زاید خطرناک می‌باشد (سرتاج و همکاران، ۱۳۸۶)، فعالیت‌های صنعتی و توسعه تکنولوژی آلودگی فلزات سنگین را به همراه دارد، فلزات سنگین به دلیل سمیت، غیر قابل تجزیه بیولوژیکی بودن و تجمع زیستی تهدیدهای جدی برای سلامت انسان و سایر موجودات و آلودگی محیط‌زیست را به وجود می‌آورد (Guo و همکاران ۲۰۱۰)، فلزات سنگین مانند: کادمیوم، مس، جیوه، سرب، نیکل و روی در لیست اولویت‌دار آلاینده‌های خطرناک می‌باشند (Lefebvre و همکاران ۲۰۱۰)، عدم مدیریت مناسب در امر تولید و دفع این قبیل پسماندها، خسارات جبران‌ناپذیری بر محیط زیست و جامعه وارد می‌سازد (امیر سلیمانی و همکاران، ۱۳۸۸).

مدیریت مواد زاید از مجموعه‌ای از مقررات و دستورالعمل‌ها در زمینه‌ی کنترل تولید، ذخیره و یا جمع‌آوری، حمل و نقل، پردازش و در نهایت دفع مواد زاید می‌باشد، که باید منطبق با اصول مهندسی، اقتصادی، بهداشتی، زیباشناختی، زیست محیطی و سایر الزامات و مطلوبیت های عمومی موجود باشد (Xue و همکاران ۲۰۱۰)، این مدیریت در مورد مواد زاید خطرناک بسیار مورد توجه بیشتری قرار می‌گیرد، در تمامی مراحل موجود در امر مدیریت مواد زاید مقداری ماده باقی می‌ماند که لزوما باید دفن گردند، لذا بررسی و انتخاب محل مناسب و روش‌های دفن بسیار حائز اهمیت می‌باشد (Şener و همکاران ۲۰۰۶).

برای سالهای بسیاری زباله‌های خطرناک رادر محل‌های دفن زباله به صورت معمولی دفن می‌کردند (Komilis و همکاران ۱۹۹۹)، با توجه به خاصیت خاک که بخشی از سیستم زمین‌شیمیایی می‌باشد و نقش مهمی در چرخه عناصر ایفا می‌کند حفظ و نگهداری و شناخت رفتار خاک بسیار حائز اهمیت می‌باشد، خاک عملکرد مهمی در ذخیره، تصفیه عناصر، انتقال اجزاء و همچنین رابطه اجزای طنده و غیرزنده دارد (Huisman و همکاران ۱۹۹۷) و به عنوان پالاینده طبیعت در کنار تامین موادغذایی مورد نظر گیاهان و موجودات، خاصیت تصفیه کنندگی نیز دارد، این خاصیت خاک به دلیل خواص فیزیکی، شمیایی و زیستی آن می‌باشد (Yang و همکاران ۲۰۰۹)، بررسی حالات مختلف خاک را با عنوان علم ژئوتکنیک معرفی کرده‌اند که زیرمجموعه رشته عمران می‌باشد (EPA, 2018).

یکی از این صنایع صنعت آبکاری می‌باشد، که یک فرآیند شیمیایی یا الکتروشیمیایی است که در آن یک فلز بر روی فلز دیگر ترسیب می‌شود، صنعت آبکاری، با توجه به فرآیند آن دارای مواد شیمیایی مختلف و خطرناک، مواد سوزاننده و قابل احتراق یا اشتعال، جریان الکتریسیته در حضور رطوبت و آب این صنعت را بسیار خطرناک کرده است (غروی، ۱۳۸۸). دفع لجن حاصل از واحدهای آبکاری فلزات، معضل زیست محیطی به حساب می‌آید، لجن عموما شامل غلظت‌های بالایی فلزات سنگین خصوصا کروم، نیکل، سرب، روی و ... می‌باشد (USEPA Method 1311).

تکنولوژی تثبیت و جامد سازی، انعقاد، شیشه‌ای کردن و ... مواردی هستند برای تصفیه مواد زاید قبل از دفن نهایی و تصفیه مناطق آلوده (Cullinane و همکاران ۱۹۹۰)، اما روش‌های تصفیه موجود به دلایل مختلف از قبیل ارزش اقتصادی، مورد استفاده واحدهای مورد نظر قرار نمی‌گیرد، برای این منظور بررسی روش‌های معمول مثل تثبیت و جامدسازی و امکان سنجی آن بر اساس TCLP بدست آمده این امکان را به می‌دهد تا بهترین روش انتخاب و معرفی شود.

مواد و روش‌ها

پژوهش از نوع توصیفی کاربردی است و روش تحقیق موردی و زمینه‌ای می‌باشد که به شرح زیر انجام می‌گیرد: در ابتدا مطالعات کتابخانه‌ای برای بدست آوردن اطلاعات کافی در مورد مواد زائد خطرناک و همچنین طبقه‌بندی این مواد صورت گرفت. مرحله بعد مقالات علمی سایر محققین در مورد مواد زائد خطرناک، نحوه‌ی دفع و روش‌های انجام شده در مورد این مواد تا به امروز مورد بررسی قرار گرفت. در ادامه، مطالعات در مورد روش‌های ژئوتکنیک موجود در دفع مواد زائد خطرناک و بررسی کارهای انجام شده توسط سایر محققین تا به امروز صورت گرفت. بعد از مطالعات اولیه، هماهنگی با صنعت آبکاری جهت بازدید از واحد صنعتی انجام شد، مواردی که در بازدید باید بررسی شوند شامل: ۱-مواد، ۲- لجن، ۳- آنالیز نمونه، ۴- آزمایش TCLP.

منطقه مورد مطالعه کارخانه اصفهان گالوانیک بزرگترین واحد کروم سخت در ایران در منطقه صنعتی اشترجان اصفهان، اتوبان ذوب آهن، جاده سیمان سپاهان، شهرک صنعتی اشترجان واقع شده است. تولید انواع پوشش‌های صنعتی به روش الکترولیز از جمله: کرم سخت، مس، نیکل، گالوانیزه سرد، کار اصلی کارخانه می‌باشد. این واحد صنعتی توانایی آبکاری بر روی قطعاتی تا ابعاد: ۲/۵ متر قطر، ۲۵ تن وزن، ۹ متر طول در مخازن عمودی و همچنین توانایی سنگ زنی و تراشکاری انواع شفتها و سیلندرها را دارد. از فعالیت‌های دیگر این شرکت بازسازی قطعات چدنی، فولادهای ساده کربنی، فولادهای آلیاژی ضدزنگ و انواع آلیاژهای برنج و آلومینیوم به روش کرم سخت می‌باشد.

آبکاری

دفع غیر اصولی لجن از صنایع، یکی از معضلات زیست‌محیطی واحدهای صنعتی در کشور ما است. از جمله این واحدها، واحدهای آبکاری فلزات می‌باشد که لجن حاصل از این واحدها عموما شامل غلظت‌های بالایی از فلزات سنگین خصوصا کروم، سرب، روی و ... است (شاپوری و همکاران، ۱۳۸۵). آبکاری که یک فرآیند شیمیائی یا الکتروشیمیائی می‌باشد، طی آن یک لایه فلز روی شئ دیگر رسوب داده می‌شود، که به این عمل ترسیب می‌گویند. به دلیل حضور مواد شیمیائی مختلف، مواد سوزاننده و قابل اشتعال، جریان الکتریسیته در حضور رطوبت و آب ماهیتا خطرزا است و کارگران این صنعت در معرض انواع حوادث و بیماری‌های حاد و مزمن هستند. (غروی، ۱۳۸۸).

آلودگیهای ناشی از یون‌های فلزات سنگین موجود در پساب واحدهای آبکاری، از مهم ترین و خطرناک ترین آلوده سازه‌های محیط زیست می‌باشد که در صورت عدم حذف آنها ضمن ورود به آبهای سطحی و زیرزمینی، موجب تشکیل کمپلکس‌های سمی شده و خطرات بالقوه‌ای را برای انسان و اکوسیستم ایجاد می نماید. مشخص ترین منبع ورود آلودگی در پساب مراکز آبکاری، ناشی از لایروبه‌ها در وان‌های شستشو و

آبکاری در مراحل مختلف است. اگرچه حجم فاضلاب در هر یک از کارگاههای آبکاری نسبتا کم است، ولی به علت وجود فلزات سنگین در آن بسیار سمی است. بنابراین برای حفظ محیط زیست، تمامی این فاضلابها باید تصفیه شود. (فرازمند و همکاران، ۱۳۸۴).

ژئوتکنیک

با توجه به اینکه یکی از بنیادی‌ترین و اصلی‌ترین اصول در کارهای عمرانی داشتن زمین مقاوم است، نقش خاک از این حیث حائز اهمیت است چون به عنوان تکیه‌گاهی در مقابل نیروهای وارده و تنش‌های ناشی از احداث ساختمان‌ها و راه‌ها مقاومت می‌کند. (عرفان‌منش و همکاران، ۱۳۹۰)، آلودگی خاک اغلب ناشی از چند نوع فلز از قبیل: سرب، مس، جیوه، آرسنیک، کروم، روی و کادمیوم می‌باشد (Yong و همکاران ۱۹۹۲)، به منظور ممانعت کردن از انتقال فلزات خطرناک در خاک باید راهکارهای قابل اطمینانی را فراهم کرد. مثل بافرها که نواحی غیرقابل نفوذی بوده و در اطراف محل‌های دفن مواد زاید خطرناک ایجاد می‌گردد که آنها را از محیط بیرون جدا می‌کند. خاصیت مواد بافر متورم شوندگی آنهاست، که بتوانند یک ناحیه غیر قابل نفوذ در اطراف زائدات بوجود آورد (Hideo و همکاران ۱۹۹۸).

همچنین در اغلب مراکز دفع زباله، برای کنترل یون‌های فلز سنگین یک لایه خاک رس استفاده می‌شود (Ouhadi و همکاران ۲۰۰۸)، هنگامی که PH خاک با افزودن اسید به سرعت کاهش یابد، می‌توان نتیجه گرفت که خاک دارای توانایی کمی برای نگهداری آلاینده است (Yong و همکاران ۱۹۹۰)، مهندسی ژئوتکنیک می‌تواند نقش مهمی در این رابطه داشته باشد و از طریق روش تثبیت و جامدسازی سعی در کم‌خطرسازی مواد زاید خطرناک کند (علوی و همکارن، ۱۳۹۲).

به منظور اصلاح و بهسازی خاکهای آلوده دو راه کار عمده می‌توان اتخاذ کرد، اول آنکه از روش‌هایی که اجمالا به آنها تکنولوژی پالایش (Treatment Technologies) گفته می‌شود که شامل جابه‌جایی فیزیکی خاک و سپس موجب پالایش آن (روش‌هایی که در آنها سعی بر کاهش غلظت یا کاهش سمیت تا مقدار قابل قبول می‌باشد) می‌گردد، دومین راهکار که به آن مدیریت برجا (On site Management) می‌گویند عبارت است از پالایش خاک در محل، این روش خود دارای دو زیر گروه است که عبارتند از ۱- جداسازی یا ایزولاسیون ۲ – کاهش دستیابی زیستی. در روش ایزولاسیون خاک آلوده محصور شده و از هر گونه تماس آن با محیط زیست جلوگیری می‌شود، در روش دوم نیز از کلیه روش‌های کاهش دستیابی زیستی (قابلیت جذب) استفاده می‌شود (عرفان‌منش و همکاران، ۱۳۹۰).

در این راستا فرازمند و همکاران (۱۳۸۴) با بررسی آلودگی ناشی از پساب‌های حاوی فلزات سنگین واحدها و کارگاه‌های آبکاری استان اصفهان ذکر کردند، ۷۸/۳ درصد کارگاههای آبکاری فاضلاب خود را در چاههای جذبی، ۱۰.۹ درصد در آبهای سطحی، ۴.۳ درصد تخلیه در شبکه فاضلاب شهری و ۶.۵ درصد پس از جمع‌آوری فاضلاب در مخازن نهایتا در مناطق بیابانی فاضلاب را دفع می‌نمایند. در مطالعه‌ای Rodríguez و همکاران (۲۰۱۸) در مقاله‌ای با عنوان ارزیابی چرخه زندگی و ارزیابی فنی و اقتصادی روش جایگزین برای تصفیه فاضلاب در صنعت کروم، با بررسی دو روش (فرآیند کاهشی- ته‌نشینی و مبادله یونی و فرآیند فوتوکاتالیستی) به این نتیجه دست یافتند، که در روش تصفیه پایه همراه با تولید لجن جامد می‌باشد و برای دفن آن باید انرژی زیادی را مورد استفاده قرار داد و در مورد روش جایگیزین، استفاده از مواد شیمیایی برای تبادل یونی در فاضلاب، عامل اصلی تاثیر بر روی محیط‌زیست می‌باشد. رمضانیانپور و همکاران (۱۳۹۰) نیز در تحقیقی با عنوان تثبیت و جامدسازی در مدیریت پسماندهای خطرناک در صنعت پتروشیمی به این نتیجه رسیدندکه؛ با وجود فلزات سنگین و به دلیل متغیر بودن اجزای شیمیایی خاکستر تولید شده و همچنین امکان استفاده مجدد از این نوع پسماند در مصالح ساختمانی غیرسازه‌ای، روش تثبیت و جامدسازی یکی از گزینه‌های مناسب می‌باشد و از لحاظ زیست‌محیطی و اقتصادی برای مدیریت خاکستر حاصله از زباله‌سوزها در مجتمع‌های پتروشیمی می‌تواند کاربرد داشته باشد.

مواجهات مخاطره آمیز در هر کدام از مراحل و یا قسمت‌های صنعت آبکاری

عملیات مختلف صنعت آبکاری اعم از آماده‌سازی، ترسیب و پولیش زنی کارگر را در معرض مواجهات مخاطره آمیز متعددی قرار می‌دهد که به تفکیک عملیات موجود در صنعت آبکاری به تشریح آن می‌پردازیم (غروی، ۱۳۸۸).

الف: مخاطرات مرحله آماده سازی

۱. سنباده و صیقل‌کاری

در این مرحله تولید غبارات فلزی فراوان و انتشار گرد و غبار به وفور یافت می‌شود، کارگر در معرض پنوموکونیوز قرار می‌گیرد و عوارض ناشی از استنشاق غبارات فلزی از جنس فلز پایه را به همراه دارد.

رایج‌ترین فلزات پایه مورد استفاده در صنعت آبکاری شامل، آهن، نیکل، آلومینیوم، برنج، مس، استیل، روی، چدن و سرب است. همچنین به دلیل تولید غبارات آلومینیوم که قابلیت انفجار دارند با خطر انفجار نیز همراه است (Muller و همکاران ۱۹۹۷).

۲. غوطه‌وری در اسید

تماس مستقیم پوستی با محلول اسیدی باعث تحریک و سوختگی فوری پوست می‌شود. پاشیدن اسید به چشم نیز باعث تحریک و سختگی مخاطی و آسیب بینایی می‌شود. استنشاق مه و بخارات اسیدی باعث بروز علایم فوری تنفسی مثل آبریزش بینی و سوزش گلو و سرفه و تحریک چشم می‌شود و در غلظت بالا کوتاهی نفس، سنگینی قفسه سینه و حتی مرگ رخ می‌دهد (غروی، ۱۳۸۸).

۳. پاکسازی قلیایی

خطرات موجود در این مرحله در پی ریختن یا پاشیدن محلول قلیایی حین حمل‌و نقل، قرار دادن اشیاء داخل وان، جابه‌جایی ظرف به ظرف وجود دارد که سوختگی عمیق دردناک پوستی و در صورت پاشیدن به چشم، خطر آسیب جدی بینایی و حتی کوری را به همراه دارد. تماس مستقیم پوست با محلول قلیایی ممکن است درد فوری ایجاد نکند و پس از چند دقیقه تا چند ساعت به سمت سوختگی و نکرز عمیق بافتی و درد شدید پیشرفت کند. (National occupational health, 1998).

ب: چربی زدایی با حلال

در این مرحله برای زدودن سطح فلز پایه از چربی و آلودگی باقیمانده، حلال‌های هیدروکربنی کلرینه به شکل مایع داغ یا بخارات داغ حلال استفاده می‌شود. حلالهای چربی زدا با پایه آبی نیز تولید شده اند که عوارض کمتری دارند اما تهیه آنها به دلیل تولید محدود مشکل است.

ج: غوطه‌وری در اسید

این مرحله، مکمل مرحله پاکسازی قلیایی است و زنگ زدگی و رسوبات و اکسیدهایی که بر سطح فلز باقی مانده‌اند در این مرحله کاملا بطرف می‌شوند. اسیدهای رایج استفاده شونده در این مرحله شامل اسید سولفوریک، اسید نیتریک، هیدروکلریک (HCL)، هیدروفلوریک (HF) و فورمیک است. غوطه‌وری در اسید همچنین به منظور براق سازی سطح فلزاتی مثل کادمیوم، مس، نیکل و نقره انجام می‌شود که برای این منظور فلز را در مخلوطی از اسید نیتریک و اسید سولفوریک فرو می‌برند (غروی، ۱۳۸۸).

تکنولوژی‌های پالایش

تکنولوژی‌های پالایش شامل طیف وسیعی از مراحل مختلف از جمله تیمارهای درجه حرارت بالا (که در آن مواد شیشه‌ای، ذره‌ای و غیر قابل آبشویی تولید می‌شود) تیمارهای جامدسازی مواد (تولید مواد سیمان مانند) و فرآیند شستشو، می‌باشد.

۱. مدیریت برجا

همان‌طور که ذکر شد مدیریت برجا دارای دو زیر گروه می‌باشد، اولین زیر گروه آن جداسازی خاک آلوده از سایر بخش‌های محیط زیست است، این زیر گروه را می‌توان به همراه روشهای رفع آلودگی درجا (In-site application processes) یا تکنولوژی‌های پالایش شرح داد. در روش شیشه‌ای کردن، جریان الکتریسیته از توده خاک عبور داده می‌شود در این حالت میدان الکتریکی حاصل باعث تولید مونولین شیشه‌ای می‌گردد. در روش جامدسازی درجا با استفاده از مواد جامدساز، خاک را در محل اصلی خود متبلور می‌کنند. در هر روش (فرمهای مونولیت و روش سیمانی کردن) محل آلوده از محیط اطراف را به وسیله یک لایه غیرمتخلخل جدا می‌کنند (عرفان‌منش و همکاران، ۱۳۹۰).

. تثبیت و جامدسازی

EPA تثبیت و جامدسازی را طیف گسترده‌ای از فن‌آوری‌های مختلف تعریف کرده است، تعریف جدا از هم این دو روش با استفاده از مواد شیمیایی و یا روش‌های فیزیکی انجام گرفته است که براساس آن اثرات سوء مواد زاید خطرناک، رادیواکتیو و یا مخلوط هر دو با هم را بر محیطزیست کم کند (EPA, 1999). تثبیت فرآیندی است که در آن مواد افزودنی به پسماند اضافه می‌شود که خطر ذاتی پسماند را کاهش داده و عناصر و عوامل خطرناک در ماده را به شکلی دیگر تغییر و تبدیل می‌کند که کمترین نرخ نشت آلاینده ها را در محیطزیست به همراه دارد یا سمیت را به سطح قابل قبول می‌آورد (LaGrega و همکاران ۲۰۰۱).

جامدسازی به فن‌آوری فیزیکی مربوط می‌شود که در طی آن ماده زاید در یک محیط بسته (محفظه) قرار داده می‌شود و تشکیل یک ماده جامد می‌دهد، محصول بدست آمده از فرآیند جامدسازی به عنوان زباله شناخته می‌شود که می‌تواند به صورت یک بولک یا یک پارچه، ذرات دانه‌ای یا هر نوع شکل فیزیکی دیگر که جامد در نظر گرفته می‌شود باشد (EPA, 1999).

۳. روش‌های غیردرجا

در این روش معمولا مراحل به این صورت پیش می‌رود: ۱. برداشت خاک از محل ۲. الک کردن ۳. مخلوط کردن آنها به وسیله مواد ویژه مورد استفاده ۴. در نهایت دفن و نگهداری آنها در محل‌های از قبل تعیین شده (بازرسی‌های بعد از دفن در آینده بسیار حائز اهمیت می‌باشد).

الف- قیرآلود کردن: در این روش ابتدا ماده مورد نظر با قیر مخلوط می‌گردد و در ظروف مخصوص که اغلب بشکه می‌باشد ریخته می‌شود. پس از سرد شدن مخلوط با قیر کپسوله می‌شود (میرزایی و همکاران، ۱۳۹۱).

ب- امولسیون قیری: در این روش قیر را ابتدا با آب مخلوط می‌کند و امولسیون قیری به وجود می‌آید سپس به ماده مورد نظر اضافه می‌شود. پس از گذشت زمانی آب از محلول جدا می‌گردد. پس از پردازش مخلوط، ترکیب حاصل نسبت به آب نفوذناپذیر خواهد بود (میرزایی و همکاران، ۱۳۹۱).

ج- سیمان اصلاح شده سولفوری: سیمان اصلاح شده سولفوری یا با نام تجاری ترموپلاستیک، در اصل ماده‌ای می‌باشد که به راحتی ذوب می‌گردد و سپس با آلاینده‌های مورد نظر تشکیل مخلوط یکپارچه‌ی مذابی را می‌دهد. این مواد بدلیل ماهیتی که دارند به راحتی درون ظروف مورد نظر ریخته شده تا برای نگهداری بعدی آماده شود.

د- شیشه‌ای کردن: مواد آلوده تا ۱۲۰۰ درجه سانتیگراد گرم می‌شود و در نهایت آن را سرد کرده و به شیشه یا سایر مواد کریستالی تبدیل می‌شود (علوی و همکاران، ۱۳۹۲).

ه- فسفات محلول: در این شیوه فسفات به عنوان کنترل کننده PH و در جهت جلوگیری از حل شدن فلزات مورد استفاده قرار می گیرد باید توجه داشت که این شیوه بیشتر جهت تثبیت استفاده می‌شود (علوی و همکاران، ۱۳۹۲).

و- اکستروژن پلی اتیلن: دانه‌های پلی اتیلن در یک سیلندر با یکدیگر مخلوط شده گرما می‌بینند. مخلوط مذاب یکپارچه شده درون قالب ریخته می‌شود تا سرد و جامد شود (علوی و همکاران، ۱۳۹۲).

روش TCLP

در ابتدا برای تعیین ویژگی‌های مواد زاید خطرناک از روش EP (روش استخراج سمیت) استفاده می‌شود، به این صورت که شیرابه حاوی مواد شیمیایی خطرناک موجود در مواد زاید را مورد بررسی قرار می‌دهند، این روش تا سال ۱۹۸۶ مورد استفاده قرار می‌گرفت تا اینکه به دلیل پیشرفت در تکنولوژی روش دیگری به نام TCLP جایگزین آن گردید. TCLP روش دقیق‌تری برای تعیین سمیت مواد می‌باشد، اما هزینه در مقایسه با روش EP بسیار بالاتر می‌باشد. تنها آزمون الزامی درآمریکا آزمون TCLP و آزمایش مقاومت فشاری محصور نشده (UCS) می‌باشند.

الف: تست‌های فیزیکی: آزمون‌های فیزیکی معمول مشخص شده در استانداردهای عملکرد پروژه شامل تست فیلتر رنگ، هدایت هیدورلیکی.

ب: تست‌های شیمیایی: آزمون شیمیایی اغلب TCLP است چرا که تطابق مناسبی با RCRA آمریکا دارد (علوی و همکاران، ۱۳۹۲).

سیمان و میکروسیلیس

استفاده از سیمان تیپ دو و میکروسیلیس به عنوان یک افزودنی و جایگزین سیمان جهت تقویت واکنش‌های هیدراتاسیون سیمان.

جدول ۱. مشخصات عمومی میکروسلیس مصرفی

اکسیدها(%)	میکروسیلیس
CaO	۲/۶ – ۲/۱
SiO2	۹۶-۸۴
MgO	۱-۰/۱
Al2O3	۱/۹ – ۰/۶
Fe2O3	۱/۸ – ۰/۵
K2O	

لجن

نمونه‌برداری از محل اصلی ذخیره گرفته است (به صورت روزانه معادل ۱۰۰ گرم لجن خشک).

جدول ۲. نتایج آنالیز بر روی لجن وان اصلی آبکاری کروم

پارامتر	پارامتر	مقدار اندازه گیری شده
غلظت کروم شش ظرفیتی	گرم بر لیتر	۱۴
TSS	میلی گرم بر لیتر	۶۳۵
وزن مخصوص خشک (ρd)	کیلوگرم بر متر مکعب	۳۱۸
درصد رطوبت (Wd)	درصد	۹۳
pH		۳/۱

آماده سازی نمونه‌ها

جهت آماده سازی نمونه ها و آزمون، نمونه‌های با نسبت لجن به سیمان مختلف ساخته شده که درصد آن در جدول ۳ آورد شده است .

نمونه‌های اصلی بر اساس نمونه‌هایی که پس از گذشت ۲۴ ساعت توانایی جداشدن از قالب را داشتند تعیین شدند و نسبت‌های بهینه انتخاب شده طبق درصدهای وزنی و استاندارد ASTM C109/C109M-95 میباشد. به علت اسیدی بودن لجن در مرحله ساخت از سود صنعتی جهت خنثی‌سازی استفاده شده است که PH لجن به ۸/۲ رسانده شد.

جدول ۳. نسبتهای بهینه انتخاب شده جهت ساخت و درصد وزنی ترکیبات

درصد وزنی سیمان مصرفی	درصد وزنی میکروسیلیس مصرفی	درصد وزنی لجن مصرفی	نسبت لجن به سیمان و میکروسیلیس
۷۰	۵	۲۵	۲۵/۷۵
۶۵	۱۰	۲۵	۲۵/۷۵
۷۵	۰	۲۵	۲۵/۷۵
۶۵	۵	۳۰	۳۰/۷۰
۶۰	۱۰	۳۰	۳۰/۷۰
۷۰	۰	۳۰	۳۰/۷۰
۵۵	۵	۴۰	۴۰/۶۰
۵۰	۱۰	۴۰	۴۰/۶۰
۶۰	۰	۴۰	۴۰/۶۰

با رقیق‌سازی لجن با آب مقطر، غلظت کروم موجود در آن به ۱ گرم بر لیتر رسانده شد تا اثر غلظت کم کروم بر روی واکنش‌های هیدراتاسیون سیمان بررسی شود.

نتایج و بحث

آزمایش TCLP

جهت بررسی آبشویی نمونه‌ها، آزمایش تراوش آلودگی این آزمایش طبق استاندارد EPA-1311 انتخاب شده است. در این روش نمونه‌ها پس از شکستن و خردکردن و مخلوط با محلول شستشو دهنده به مدت ۱۸ ساعت در دستگاه اغتشاش گر دورانی مخلوط گردیده است.

دستگاه آنالیز کروم

جهت اندازه گیری میزان کروم موجود در محلول تراوش شده از دستگاه اسپکتروفوتومتر با مشخصات DR/4000u و با طول موج ۵۴۰ نانومتر استفاده شده است. اندازه گیری غلظت کروم براساس روش Standard Method 3500-Cr B بوده است.

نتایج آزمایش TCLP در نمونه هایی با غلظت کروم ورودی ۱۲ گرم بر لیتر

درجدولهای ۴ و ۵ غلظت کروم در محلول شستشو دهنده و درصد بازدهی حذف کروم با نسبت‌های مختلف اختلاط پس از ۳۰ روز از ساخت نمونه‌ها نشان داده شده است.

جدول ۴. غلظت کروم در محلول شستشو دهنده

نسبت اختلاط (میلی گرم بر لیتر)	افزودن ۰ درصد میکروسلیس	افزودن ۵ درصد میکروسلیس	افزودن ۱۰ درصد میکروسلیس
اختلاط با نسبت لجن به سیمان ۲۵/۷۵	۲۰	۱۸	۱۷
اختلاط با نسبت لجن به سیمان ۳۰/۷۰	۲۸	۲۵	۲۲
اختلاط با نسبت لجن به سیمان ۴۰/۶۰	۴۷	۴۰	۳۱

جدول۵. درصد بازدهی حذف کروم

	افزودن ۰ درصد میکروسلیس	افزودن ۵ درصد میکروسلیس	افزودن ۱۰ درصد میکروسلیس
بازده اختلاط با نسبت لجن به سیمان ۲۵/۷۵	۸۹	۹۱	۹۲
بازده اختلاط با نسبت لجن به سیمان ۳۰/۷۰	۸۸	۸۹	۹۱
بازده اختلاط با نسبت لجن به سیمان ۴۰/۶۰	۸۳	۸۷	۹۰

نتایج آزمایش TCLP در نمونه هایی با غلظت کروم ورودی ۱ گرم بر لیتر

در مرحله بعد لجن اصلی با آب مقطر تا غلظت کروم ۱ گرم بر لیتر رقیق شده است. نتایج نشان می‌دهد که غلظت کروم در مایع شستشو دهنده از غلظت حداکثر مجاز کروم کمتر بوده است و نمونه تثبیت شده قابلیت دفن در محل‌های دفن مواد زاید خطرناک را دارد.

جدول ۶. غلظت کروم در محلول شستشو دهنده

نسبت اختلاط (میلی گرم بر لیتر)	افزودن ۰ درصد میکروسلیس	افزودن ۵ درصد میکروسلیس	افزودن ۱۰ درصد میکروسلیس
اختلاط با نسبت لجن به سیمان ۲۵/۷۵	۱/۷	۱/۷	۳/۳
اختلاط با نسبت لجن به سیمان ۳۰/۷۰	۱/۲	۲/۱	۳/۱
اختلاط با نسبت لجن به سیمان ۴۰/۶۰	۰/۹	۲	۳

جدول ۷. جدول غلظت درصد بازدهی حذف کروم

نسبت اختلاط (میلی گرم بر لیتر)	افزودن ۰ درصد میکروسلیس	افزودن ۵ درصد میکروسلیس	افزودن ۱۰ درصد میکروسلیس
بازده اختلاط با نسبت لجن به سیمان ۲۵/۷۵	۹۰	۹۳	۹۵
بازده اختلاط با نسبت لجن به سیمان ۳۰/۷۰	۹۱	۸۸	۸۹
بازده اختلاط با نسبت لجن به سیمان ۴۰/۶۰	۸۶	۸۷	۸۸

نتیجه گیری

از اولین اقدامات برای ایجاد توسعه پایدار مدیریت صحیح پسماند می‌باشد، برای دفن مواد زائد خطرناک به دلیل ماهیت آنها باید تمهیدات ویژه‌ای صورت گیرد و از آنجا که تولید اینگونه مواد در صنعت آبکاری اجتناب ناپذیر می‌باشد، باید مدیریت و کم خطرسازی آنها به دقت مورد توجه قرار گرفته و حداکثر اصول مهندسی را انجام داد. به دلیل اینکه مجموعه‌ی مورد مطالعاتی سطح وسیعی را در اختیار ندارد مجبور به استفاده از روش‌های معمول می‌گردند، در این مقاله با بررسی روش های مختلف ژئوتکنیک و برپایه نتایج به دست آمده از روش TCLP می توان اینگونه نتیجه‌گیری کرد که مهم ترین روش برای کم خطر سازی مواد زاید خطرناک برای این صنعت از میان روش های بررسی شده، روش تثبیت و جامدسازی می‌باشد، روش تثبیت و جامدسازی یک روش عمرانی محیط‌زیستی به حساب می‌آید، به همین دلیل توجه به آزمایش‌ها و شرایط آنها بسیار حائز اهمیت می‌باشد. کم خطرسازی مواد زائد خطرناک با این روش از اهمیت ویژه‌ای برخوردار بوده تا از آسیب رساندن جدی به موجودات، انسان و محیط‌زیست جلوگیری شود. با توجه به آزمایشات مشخص گردید بیشترین درصد حذف کروم در نمونه با غلظت کروم ۱۲ گرم بر لیتر با نسبت اختلاط لجن به سیمان ۲۵/۷۵، با افزودن ۱۰ درصد سیلیس، ۹۲ درصد، و غلظت کروم ۱ گرم بر لیتر با همان نسب و درصد سیلیس ۹۵درصد می‌باشد. نتایج نشان میدهد مناسب ترین درصد موجود در ۱۲ و ۱ گرم کروم ورودی در نسبت فوق و میزان ۱۰ درصد سیلیس موجود می‌باشد. از آنجاییکه این روش ها آسیب محیط زیستی بارزی برجای نمیگذارد و بازده بالایی در حذف پسماند و لجن خطرناک این نوع صنایع دارد استفاده از این روش ها به شرط رعایت اصول خاک شناسی و عمرانی توصیه می شود.

منابع

امیرسلیمانی، ح. توکلی،ب. ۱۳۸۸. جایگاه صنایع تولید کننده پسماندهای ویژه در استان گیلان براساس کنوانسیون بازل. همایش پژوهشی، دانشگاه گیلان.

سرتاج، م. صدوق، م، پ. جلالوندی، ح. ۱۳۸۶. کاربرد سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) در مکانیابی محل‌های دفن پسماندهای ویژه. سومین همایش ملی مدیریت پسماند. ۲۸۱-۲۷۱.

شاپوری، و. علوی مقدم، م، ر. عبادی، ت. ۱۳۸۵. مطالعه آزمایشگاهی تثبیت و جامدسازی لجن صنعت آبکاری فلزات. یازدهمین کنگره ملی شیمی ایران.

فرازمند، ع. ارومیه، ح. تشیعی، ح. ۱۳۸۴. بررسی آلودگی ناشی از پسابهای حاوی فلزات سنگین واحدها و کارگاههای آبکاری استان اصفهان. مجله آب وفاضلاب. دوره ۱۶، شماره ۳، ۷۶-۶۹.

علوی، ف. سروش، ع. مداح، آ. ۱۳۹۲. روش‌های ژئوتکنیکی جهت کم خطرسازی مواد زاید خطرناک به همراه مطالعه موردی در هرروش. پایان نامه ارشد، دانشگاه امیرکبیر.

غروی، م. ۱۳۸۸. صنعت آبکاری؛ مواجهات و مخاطرات. فصلنامه علمی تخصصی طب کار. دوره اول، شماره اول. ۴۷-۵۹.

میرزایی، ا. گیتی‌پور، س. ۱۳۹۱. استفاده از روش جامدسازی و تثبیت در محوطه‌های خاکی آلوده . دومین کنفرانس برنامه‌ریزی و مدیریت محیط‌زیست.

Albanna, M. Warith, M. Fernandes, L. 2010. Kinetics of biological methane oxidation in the presence of non-methane organic compounds in landfill bio-covers. Waste Management. 30(2):219-227.

Cullinane, M, J. Jones, L, W. 1990. Handbook for stabilization/solidification of hazardous waste. US. Environmental Protection Agency Publication.

Guo, H. Luo, S. Chen, L. Xiao, X. Xi, Q. Wei, W. et al. 2010. Bioremediation of heavy metals by growing hyperaccumulaor endophytic bacterium Bacillus sp. L14. Bioresource Technology. 101(22):8599-605.

Hideo, K. Nobuhide, O. 1998. Thermal influence on compacted bentonic for nuclear waste disposal. Environmental Geotechnics. P39-44.

Huisman, D, J. Vermeulen, F, J, H. Baker, J. Veldkamp, A. Kroonenberg, S, B. Klaver, G, T. 1997. Ageological interpretation of heavy metal concentrations in soil and sediments in the Southern Nwtherlands. Geochem Explor ; 59: 163-174.

Komilis, D, P. Ham, R, K. Stegmann, R. 1999. The Effect of Municipal Solid Waste Pretreatment on Landfill Behavior: a Literature Review. Waste Management and Research. 17, 10–19.

Lefebvre, D, D. Edwards, C, D. 2010. Decontaminating heavy metals using photosynthetic microbes. In: Shah V, editor. Emerging Environmental technologies, Vol 2.

LaGrega, M. Buckingham, P. 2001. Hazardous Waste Management. 2nd edition, McGraw-Hill.

Muller, M, P. Wang, R, Y. 1997. Electrolplating. In: Greenberg M (editor). Occupational, industrial and environmental toxicology. 1st ed. Mosby. 89-99.

National occupational health and safety commission. 1998. Electroplating. Australian Government Publishing Service.

Ouhadi, V, R. Amiri, M. 2011. Geo-environmental Behaviour of Nanoclays in Interaction with Heavy Metals Contaminant. Amirkabir J, Civil, 42, 3, pp 29-36.

Solidification/Stabilization Resource Guide. 1999. EPA/542-B-99-002, April.

Şener, B. Lütfi Süzen, M. Vedat, D. 2006. Landfill site selection by using geographic information systems. Environmental Geology, Vol. 49(3): 376-388.

USEPA Method 1311. 1992. Toxicity Characteristic Leaching Procedure Method for Evaluation of Solid Waste. SW846.

Xue, J. Wang, W. Wang, Q. Liu, S. Yang, J. Wui, T. 2010. Removal of heavy metals from municipal solid waste incineration (MSWI) fly ash by traditional and microwave acid extraction. Journal of Chemical Technology & Biotechnology. Vol. 85 (9): 1268–1277.

Yang, Y, G. Jin, Z. Bi, X. Li, F. Sun, L. Liu, J. Fu, Z. 2009. Atmospheric deposition- carried Pb, Zn, and Cd from a Zinc smelter and their effect on soil microorganisms. Pedospher. 19: 422-423.

Yong, R, N. warkentin, B, P. Phadungchewit, Y. Galvez, R. 1990. Buffer capacity and Lead retention in some clay minerals. Water, Air, and Soil Pollution, J. 53, pp 53-67.

Yong, R. N. Mohamed, A, M, O. Warketin, B, P. 1992. Principles of contaminant transport in soils. Elsevier, Holland.

16th Iranian Soil Science Congress

University of Zanjan, Iran, August 27-29, 2019

Topic for submission: New Technologies in Soil Science

Investigating the Application of Geotechnical Methods in the Removal of Waste from the plating Industries

Negarestani, F., Alavi, C., Neshat, A.

[1] MSc graduate Environment, Faculty of natural resource, Ardakan University, Yazd, Iran

[2] Assistant Professor Department of environment, Faculty of natural resource, Ardakan University, Yazd, Iran

[3] Assistant Professor Department of environment, Faculty of natural resource, Ardakan University, Yazd, Iran

Abstract

Development, industry and technology are three words that human beings have been dealing with after industrial revolution, but this development, based on industry and technology, has been accompanied by pollution, destruction and other destructive issues. The plating industry deals with chemicals and produces pollutants such as sludge and hazardous waste during various processes that unfortunately, contaminants mostly without engineering supervision, enter the nature. This paper studies the efficiency of geotechnical and soil-based methods in hazardous waste management of the plating industry that the basis of the work is based on the TCLP test. To determine the properties of hazardous waste, the EP method (toxicity extraction method) is used. In this way, leachate contains hazardous chemicals in waste materials, with inputs of 12 and 1gr /l of chromium, are being investigated. based on the obtained results, the input chromium concentration was determined by adding 10% micro silica to mix of cement with sludge in proportion of 25/75, removal of 92% chromium, Also, by adding 10% micro silica to the 1% concentration to mix of cement with sludge in the same proportion, 95% of chromium in the waste removed.

Keywords: Geo technic, TCLP test, Waste, Micro silica, Plating industry.

شانزدهمین کنگره علوم خاک ایران

دانشگاه زنجان، ۵ تا ۷ شهریور ۱۳۹۸

محور مقاله: فناوری‌های نوین در علوم خاک

تهیه نقشه شوری خاک در جنوب استان ایلام با استفاده از روش‌های زمین آماری

علی‌اکبر نوروزی[۲] ، مصطفی کریمیان اقبال[۳] *الهام شهراینی[۱]

[۱] دانشجوی دکتری خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران

[۲] دانشیار سنجش از دور، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، تهران

[۳] دانشیار خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران

چکیده

پیش بینی مکانی، یک رویکرد مهم برای به دست آوردن محل و مقادیر هدایت الکتریکی خاک (EC) است که برای مدیریت کشاورزی و امنیت مواد غذایی در مناطق خشک و نیمه خشک بسیار مهم است. مطالعه حاضر در خاک‌های استان ایلام در ایران برای درک تغییرات مکانی شوری خاک با استفاده از مدل‌های زمین آماری انجام شد. هدایت الکتریکی (EC)، سدیم، کلسیم و منیزیم محلول اندازه‌گیری شد و سپس SAR محاسبه شد. نقشه‌های شوری خاک از سطح تا یک متری با استفاده از مدل‌های نیم تغییرنمای مناسب با تکنیک کوکریگینگ با استفاده از پارامتر EC به عنوان متغیر اصلی و SAR به عنوان متغیر کمکی تهیه شد. مقادیر نسبت اثر قطعه‌ای به سقف ۰/۷۵-۰/۲۵ بود که نشان‌دهنده ساختار مکانی متوسط برای شوری در این منطقه می‌باشد. نتایج اعتبارسنجی با پارامترهای R^2,RMSE, MBE پیش بینی مکانی خوبی با این مدل را نشان داد. این مطالعه نشان می‌دهد که مدل‌های زمین‌آماری می‌توانند به طور مستقیم تغییرات مکانی شوری خاک را نشان دهند و به کشاورزان و تصمیم گیرندگان برای بهبود مدیریت آب و خاک کمک خواهد کرد.

کلمات کلیدی: روش‌های زمین‌آماری، شوری خاک، نیم‌تغییر نما، کوکریجینگ

مقدمه

برآورد دقیق اطلاعات کمی تغییرات مکانی خاک برای دستیابی به کشاورزی پایدار و مدیریت منابع طبیعی بسیار مهم است (Karlen و همکاران۲۰۱۱). برآورد خصوصیات خاک از طریق ابزارهای آمار مکانی کمک به پیش بینی مقادیر نمونه‌برداری نشده با در نظر گرفتن ارتباط جغرافیایی بین نقاط دارای مختصات و نمونه برداری شده با در نظر گرفتن کاهش واریانس خطای ارزیابی و همچنین کاهش هزینه های اجرایی امکان پذیر است (Behera and Shukla.2015). در زمین آمار وابستگی مکانی پارامترهای اندازه‌گیری شده به وسیله نیم تغییرنما رسم می‌شود. پارامترهای این تغییرنما عبارتند از دامنه تاثیر که حداکثر فاصله‌ایست که پس از آن ساختار مکانی دیگر وجود نداشته و تغییرنما به یک مقدار ثابت می‌رسد (A0) نسبت واریانس ساختاری به سقف ($\frac{C}{C0+C}$) می‌تواند برای کلاسه بندی وابستگی مکانی ویژگی‌های خاک مورد استفاده قرار گیرد. اگر این نسبت دامنه کمتر ۰/۲۵ باشد وابستگی مکانی ضعیف، ۰/۲۵ تا ۰/۷۵ وابستگی مکانی متوسط و اگر بیشتر از ۰/۷۵ باشد وابستگی مکانی قوی‌است (Cambardella و همکاران، ۱۹۹۴). زمین آمار مجموعه‌ای از ابزارهای قطعی و آماری با هدف درک و مدل‌سازی تغییرات مکانی را ارائه می‌کند. پایهٔ روش IDW، وزن‌دهی بر پایهٔ عکس فاصله تا نقطهٔ تخمین است. به عبارت دیگر، وزن‌دهی بیشتر به نزدیکترین نمونه‌ها و اختصاص وزن کمتر به نمونه‌هایی است که در فاصلهٔ بیشتر قرار گرفته‌اند (محمدی۱۳۸۵). روش کریجینگ بر منطق میانگین متحرک وزنی استوار است و می‌توان گفت که بهترین تخمینگر ناریب است. یکی از حسن‌های اصلی کریجینگ این است که خطای تخمین و دامنهٔ اطمینان آن تخمین نیز محاسبه می‌شود (Theodossiou and Latinopoulos, 2006) کوکریجینگ، کریجینگ بسط یافته است که بیش از یک متغیر دارد. به احتمال زیاد استفاده از روش کوکریجینگ مزیت بیشتری دارد هنگامی که آن متغیر اولیه با متغیر دوم ارتباط منطقی و همبستگی خوبی داشته باشد (Al-Hassoun. 2009).

مطالعات قبلی برای ارزیابی ارتباط مکانی خاک و ارزیابی تغییرات جغرافیایی ویژگی‌های خاک اعمال شده است (Zare-mehrjardi و همکاران۲۰۱۰) گزارش کرد که Kriging و Co-kriging تکنیک‌های مناسب‌تر نسبت به فاصله وزنی معکوس (IDW) برای دستیابی به اطلاعات دقیق توزیع جغرافیایی خواص خاک می‌باشند. تعیین تغییرات مکانی و درون‌یابی برای خصوصیاتی از خاک مانند شن، رس، سیلت، کربنات کلسیم، ماده آلی، اسیدیته، شوری، ظرفیت تبادل کاتیونی، نسبت جذب سدیم و درصد سدیم تبادلی با استفاده از سه تکنیک معمول زمین آماری Kriging، Co-kriging و فاصله وزنی معکوس (IDW) در مصر انجام شد. در این مطالعه روش‌های کریجینگ و کوکریجینگ مدل‌های مناسب‌تری نسبت به

*ایمیل نویسنده مسئول: e.shahrayini@yahoo.com

IDW بود(AbdelRahman andTahoun.۲۰۱۹). هدف از انجام این مطالعه پهنه‌بندی شوری خاک از سطح تا عمق یک متری خاک با روش‌های زمین‌آماری می‌باشد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه در دشت دویرج در جنوب استان ایلام واقع شده است شهر دهلران در حاشیه شمال غربی و شهر موسیان در جنوب آن واقع شده‌اند. دشت دویرج در طول جغرافیایی شرقی بین '25 ,47° تا '35 ,47° و عرض جغرافیایی شمالی بین '24 ,32° تا '28 ,32° ، در زون ۳۸ N سیستم مختصات UTM قرار گرفته است. رژیم رطوبتی و حرارتی این منطقه به ترتیب اریدیک و هایپرترمیک با میانگین بارندگی سالانه ۲۷۴/۸ میلیمتر، میانگین سالانه دما ۲۶/۴ درجه سانتی‌گراد و پتانسیل تبخیر سالانه۲۰۵۴ میلیمتر می‌باشد. وسعت منطقه برابر با ۴۰۰۰ هکتار است نقشه واحد کاری از تلفیق واحد شکل زمین (ارتفاع، شیب و جهت)، پوشش، خاک، نقشه زمین شناسی، نقشه فیزیوگرافی، کاربری اراضی و تفسیر تصاویر ماهواره‌ای تهیه شد و ۱۱۸ پروفیل خاک در دشت دویرج حفر و تشریح شد و در هر پروفیل از هر افق ژنتیکی یک نمونه خاک تا عمق یک متری برداشته شد. پس از جمع‌آوری نمونه‌های خاک و هوا خشک کردن آن‌ها، خاک‌ها از الک ۲ میلی‌متر عبور داده شدند و هدایت الکتریکی عصاره اشباع توسط دستگاه هدایت سنج مدل ۴۳۱۰ برحسب میلی‌زیمنس بر متر، سدیم، کلسیم و منیزیم محلول Sparks et al.(1996) و محاسبه نسبت جذب سدیم (SAR) با استفاده از معادله۱ Suarez (1981) انجام شد.

معادله ۱ $$SAR = \frac{Na^{+}}{\sqrt{(Ca^{2+}+Mg^{2+})/_{2}}}$$ واحد سدیم، کلسیم و منیزیم محلول برحسب میلی‌اکی‌والان بر لیتر می‌باشد.

با توجه به فراوانی افق‌های ژنتیکی برای استانداردسازی داده‌ها به عمق‌های ۱۵-۰، ۴۰-۱۵، ۶۰-۴۰، ۸۰-۶۰ و ۱۰۰-۸۰ سانتیمتری تقسیم شدند. در ابتدا به منظور شناخت اولیه از آماره‌های عمومی داده‌ها، با استفاده از روش‌های آمار توصیفی عوامل خاک تحلیل شدند. در مطالعات زمین‌آماری داده‌هایی با توزیع غیر نرمال اثراتی به دنبال دارد که ممکن است منجر به نوسان زیاد در واریوگرام شود و سبب کاهش قابلیت اعتماد به نتایج تحلیلی شود. لذا نرمال سازی داده‌ها ضروری به نظر می‌رسد توزیع نرمال بودن داده‌ها با بر اساس چولگی آن ها تخمین زده شد به این صورت که داده‌های با چولگی بین ۱- تا ۱ به عنوان داده‌های دارای توزیع نرمال در نظر گرفته شدند. برای داده‌هایی که ضریب چولگی (Skewness) بزرگتر از یک داشتند، پس از حذف داده‌های پرت از تبدیل لگاریتمی برای پارامترهای EC,SAR استفاده شد و در جدول ۱ مشاهده می‌شود (Virgilio et al., 2007).

جدول۱- خصوصیات آماری پارامترهای شوری و قلیائیت

	Log SAR	SAR	EC(ds/m)	Log EC
میانگین	۰/۵۵	۸/۲۱	۷/۸۱	۰/۷۴
واریانس	۰/۲۹	۲۸۷/۹۵	۸۹/۱۰	۰/۱۱۲
انحراف معیار	۰/۵۴	۱۶/۹۷	۹/۴۴	۰/۳۳
حداقل	-۰/۸۲	۰/۱۵	۰/۴۹	-۰/۳۱
جداکثر	۲/۲۷	۱۸۴/۸۰	۷۴	۱/۸۷
چولگی	۰/۱۹	۵/۹۷	۳/۸۰	۰/۷
کشیدگی	۰/۳۳	۴۶/۷۱	۱۷/۵۱	۱/۰۴

توصیف آماری هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک نشان می‌دهد میانگین شوری خاک در اراضی مورد مطالعه ۷/۸۱ دسی زیمنس برمتر با حداقل شوری ۰/۴۹ و حداکثر ۷۴ دسی زیمنس برمتر می‌باشد که بیانگر وجود شوری در اراضی مورد مطالعه است.

در مرحله بعد تغییرپذیری مکانی ویژگی‌های خاک با رسم نیم تغییرنماها و تحلیل آنها صورت گرفت برای محاسبه نیم‌تغییرنماها تمام مدل‌هایی که نرم افزار امکان توسعه آنها را فراهم می‌کند (شامل مدل‌های همسانگرد یا مستقل از جهت) و ناهمسانگرد (یا وابسته به جهت خاص) که هر یک خود شامل مدل‌های خطی، کروی، نمایی، گوسین و.. هستند، اعمال شد تا بهترین مدل انتخاب شود. بهترین مدل بر اساس مجموع مربعات خطای (RSS) کمتر و ضریب تبیین بیشتر انتخاب شد (Brejda et al,2000). جدول۲ خصوصیات واریوگرام‌ها را نشان می‌دهد. از ۸۰ درصد داده‌ها برای

کالیبراسیون مدل و از ۲۰ درصد باقیمانده داده‌ها برای اعتبارسنجی مدل استفاده شده است در پایان نقشه‌های پهنه‌بندی شوری خاک از سطح تا عمق یک متری با توجه به بهترین مدل در Arc GIS 10.3 تهیه شد.

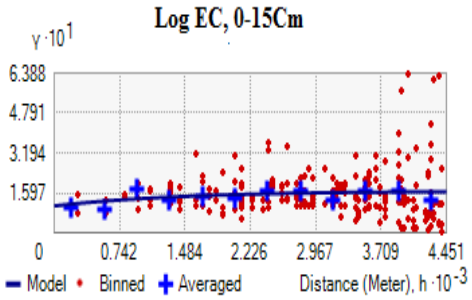
نتایج و بحث

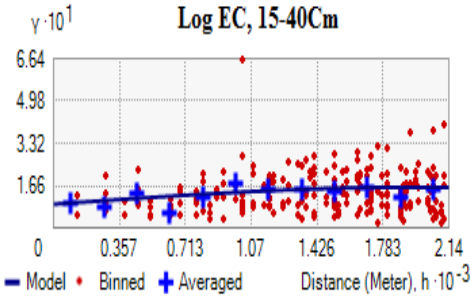
با توجه به جدول ۲ مدل‌های نمایی و کروی بهترین نتیجه را در روش کوکریجینگ داشتند و در این روش از متغیر اصلی لگاریتم شوری و متغیر کمکی لگاریتم نسبت جذب سدیم استفاده شد از آنجاکه مقادیر نسبت اثر قطعه‌ای به سقف ۰/۲۵-۰/۷۵ بود لذا ساختار مکانی نیم تغییرنماها متوسط ارزیابی شد و مقادیر دامنه تاثیر در اعماق مختلف از ۱۸۱۵ تا ۴۹۰۶ متر بود همچنین نیم‌تغییرنماها در شکل ۱ مشاهده می‌شوند.

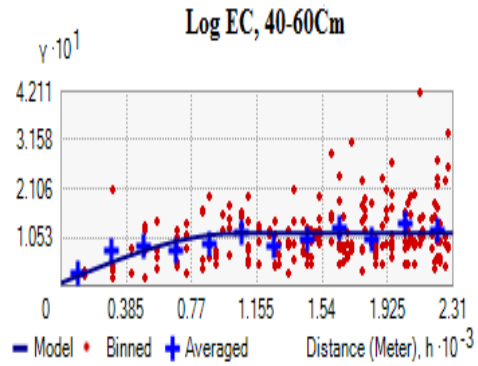
جدول ۲- پارامترهای نیم تغییرنمای EC در خاک منطقه مورد مطالعه

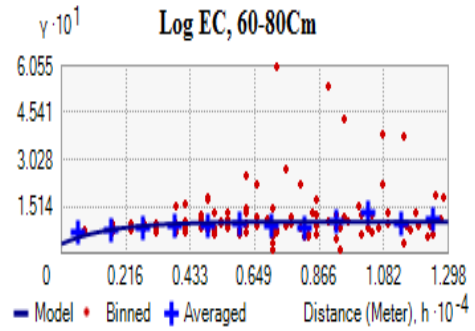
پارامتر	عمق خاک (سانتیمتر)	مدل	R(m)	(C0)	(C0+C)	C0/(C0+C)	وابستگی مکانی
EC	۰-۱۵	Exponential	۴۴۲۱	۰/۱۰۸	۰/۱۶۸	۰/۶۴	متوسط
	۱۵-۴۰	Spherical	۱۹۳۴	۰/۰۹	۰/۱۵۹	۰/۵۶	متوسط
	۴۰-۶۰	Exponential	۱۸۱۵	۰/۰۳۴	۰/۱۲	۰/۲۸	متوسط
	۶۰-۸۰	Exponential	۴۹۰۶	۰/۰۳	۰/۱۰۲	۰/۲۹	متوسط
	۸۰-۱۰۰	Spherical	۲۷۴۱	۰/۰۲۶	۰/۰۷۷	۰/۳۴	متوسط

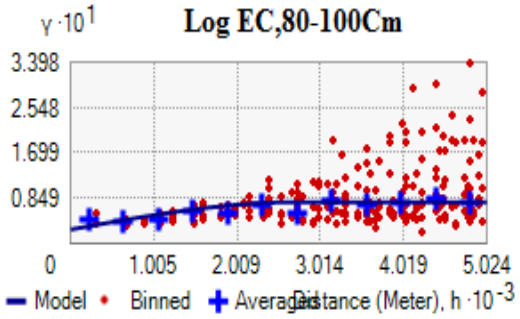
C0: اثر قطعه‌ای، C0+C: سقف، C0/(C0+C): نسبت اثر قطعه‌ای به سقف، R: دامنه تاثیر











شکل ۱ نیم تغییرنماهای شوری از سطح تا عمق یک متری خاک

در ارزیابی سه روش IDW، Kriging و Co-Kriging از معیار آماری RMSE استفاده شد که نتایج آن در جدول ۳ مشاهده می‌شود با توجه به نتایج RMSE روش کوکریجینگ مناسب‌ترین روش ارزیابی شد.

جدول۳- مقادیرRMSE در سه روش IDW، Kriging و Co-Kriging

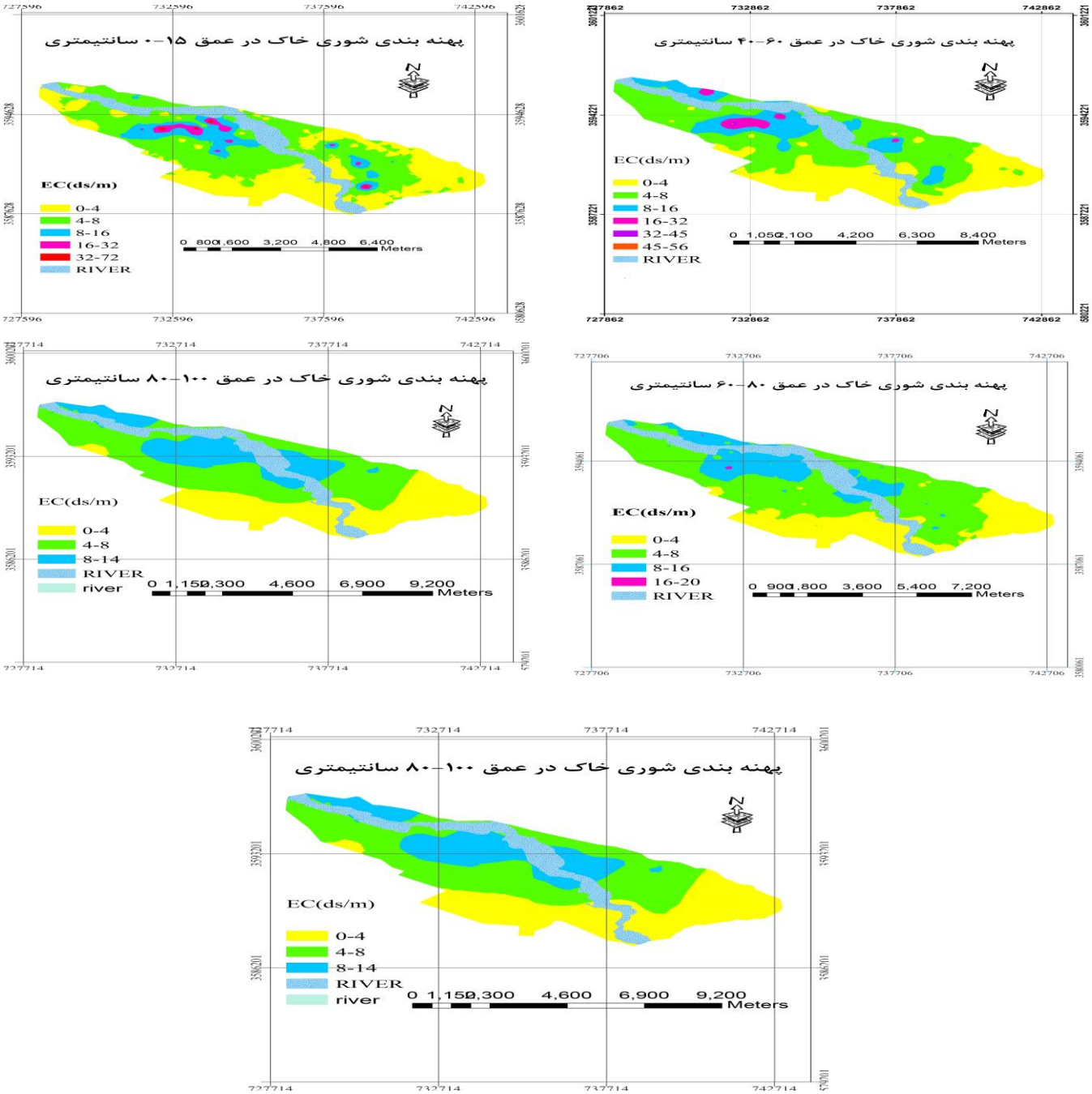
عمق خاک(سانتیمتر)	روش	IDW-Log EC	Ordinary Kriging-Log EC	Co-kriging-Log EC,Log SAR
۰-۱۵	RMSE	۰/۳۸	۰/۳۷	۰/۲۲
۱۵-۴۰		۰/۳۴	۰/۳۳	۰/۱۹
۴۰-۶۰		۰/۳۱	۰/۳۰	۰/۲۰
۶۰-۸۰		۰/۲۸	۰/۲۷	۰/۱۷
۸۰-۱۰۰		۰/۲۵	۰/۲۳	۰/۱۷

به منظور ارزیابی دقیق‌تر مدل کوکریجینگ از معیارهای آماری ضریب تبیین(R^2) ، میانگین ریشه دوم خطا (RMSE) و میانگین خطای انحراف (MBE) برای کالیبراسیون و اعتبارسنجی مدل استفاده شد. هرچه مقادیر RMSE و MBE به صفر و R^2 به یک نزدیکتر باشند دقت مدل بیشتر است مقادیر مثبت یا منفی MBE به ترتیب نشان‌دهنده برآورد بیشتر یا کمتر از مقدار واقعی می‌باشد(جدول۴).

جدول۴- مقادیر R^2,RMSE, MBE در کالیبراسیون و اعتبارسنجی مدل کوکریجینگ برای پارامتر شوری خاک

عمق خاک(سانتیمتر)	کالیبراسیون(۸۰٪)			اعتبارسنجی(۲۰٪)		
	R^2	RMSE	MBE	R^2	RMSE	MBE
۰-۱۵	۰/۷۵	۰/۲۲	-۰/۰۱	۰/۷۷	۰/۳۰	-۰/۰۷
۱۵-۴۰	۰/۸۱	۰/۱۹	-۰/۰۰۹	۰/۷۱	۰/۰۴	۰/۰۲
۴۰-۶۰	۰/۷۳	۰/۲۰	-۰/۰۱۱	۰/۷۴	۰/۱۲	-۰/۰۲
۶۰-۸۰	۰/۷۰	۰/۱۷	-۰/۰۱۶	۰/۷۳	۰/۰۱	-۰/۰۱
۸۰-۱۰۰	۰/۶۶	۰/۱۷	-۰/۰۱۵	۰/۷۴	۰/۱۷	-۰/۰۸

نقشه‌های پهنه‌بندی شوری خاک با مدل کوکریجینگ از سطح خاک تا عمق یک متری در شکل ۲ مشاهده می‌شود.



شکل۲- نقشه‌های پهنه‌بندی شوری خاک با مدل کوکریجینگ از سطح خاک تا عمق یک متری

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج بهترین مدل زمین‌آماری برای شوری خاک در منطقه ایلام کوکریجینگ ارزیابی شد که در این روش از متغیر اصلی هدایت الکتریکی اشباع خاک و متغیر کمکی نسبت جذب سدیم که این دو متغیر همبستگی مفهومی و فیزیکی باهم دارند استفاده شد همچنین همانطور که در نقشه‌های پهنه‌بندی شوری مشاهده می‌شود به‌طورکلی شوری از سطح به عمق خاک کاهش می‌یابد.

منابع

محمدی ج، ۱۳۸۵ . پدومتری(آمار مکانی)، انتشارات پلک.

Al-Hassoun, S. (2009). Remote sensing of soil salinity in an arid areas in Saudi Arabia. *International Journal* of Civil and Environmental Engineering, IJCEE-IJENS 1(2).

Karlen, D.LWienhold, . B.J., Kang, S. Zobeck, T.M. and S.S. Andrews, 2011.Indices for Soil Management Decisions, USDA-ARS/UNL Faculty, Paper 1381 http:// digital commons.unl.edu/usdaarsfacpub/1381.

Behera, S.K. and A.K. Shukla, Spatial distribution of surface soil acidity, electrical Conductivity, soil organic carbon content and exchangeable Potassium, calcium and magnesium in some cropped acid Soils of India, Land Degrad. Dev. 26 (2015) 71–79.

Zare-mehrjardi,M. Taghizadeh-Mehrjardi, R.and A. Akbarzadeh, 2010.Evaluation of geostatistical techniques for mapping spatial distribution of soil PH, salinity and plant cover affected by environmental factors in southern Iran, Not. Sci. Biol. 2 (4);92–103.

AbdelRahman., M.A.E,,Tahoun..S.2019. GIS model-builder based on comprehensive geostatistical approach to assess soil quality. Remote Sensing Applications: Society and Environment 13 (2019) 204–214.

Cambardella CA, Moorman TB, Parkin TB, Karlen DL, Turco RF and Konopka AE, 1994. Field scale variability of soil properties in Central Iowa soils. Soil Science Society of America Journal 58: 1501-1511.

Theodossiou N and Latinopoulos .P, 2006. Evaluation and optimization of groundwater observation networks using the kriging methodology. Environmental Modelling and Software 21: 991–1000.

Virgilio, N. D., Monti, A., Venturi, G. 2007. Spatial variability of switch grass (Panicum virgatum L.) yield as related to soil parameters in a small field. Field Crops Research, 101: 232-239.

Sparks, D.L., Page, A.L., Helmke, P.A., Leoppert, R.H., Soltanpour, P.N., Tabatabai, M.A.,Johnston, G.T., Summer, M.E., 1996. Methods of Soil Analysis, Soil Science Society of American Journal. Book Series No. 5. ASA and SSSA, Madison, Wisconsin.

Suarez, D.L., 1981. Relation between pHc and sodium adsorption ratio (SAR) and an alternative method of estimating SAR of soil or drainage waters. Soil Science Society of American Journal 45, 469–475.

Brejda, J.J., Karlen, D.L., Smith, J.L., Allan, D.L., 2000. Identification of regional Soil quality factors and indications in Northern Mississippi Loess Hills and Palouse Prairie. Soil Science, 64: 2125–2135.

16th Iranian Soil Science Congress

University of Zanjan, Iran, August 27-29, 2019

Topic for submission: Novel Technologies in Soil Science

Providing Soil Salinity Map With Geostatistical Methods

Shahrayini[*1], E., Noroozi [2], A.A., Karimian Eghbal, M[3]

[1] [1]Ph.D. Student of Soil Science Department,Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

[2] Associate Professor of Soil Conservation and Watershed Management Research Institute (SCWMRI), Tehran, Iran

[3] Associate Professor of Soil Science Department,Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

Abstract

Spatial prediction is an important approach to obtain location and values of soil electrical conductivity (EC), which is important for agricultural management and food safety in arid and semi-arid areas. The present study was conducted in Ilam province soils of Iran to understand the spatial variability of soil using geostatistical models. Electrical conductivity (EC), soluble sodium, calcium and magnesium were measured then SAR was calculated. Soil salinty maps from surface up to 1 meter were prepared using suitable semivariogram models through Co-Kriging techniques, using EC parameter as a main variable and SAR parameter as an auxiliary variable. The values for nugget/sill of EC were 0.25–0.75 indicating moderate spatial structure in this area. The cross validation results with R^2,RMSE and MBE parameters illustrated good spatial prediction with this model. The present study suggests that the geostatistical models can directly reveal the spatial variability of soil salinity and will help farmers and decision makers for improving soil-water management.

Keywords: Geostatistical methods, soil salinity, semivariogram, Co-Kriging

* Corresponding author, Email: e.shahrayini@yahoo.com

شانزدهمین کنگره علوم خاک ایران

دانشگاه زنجان، ۵ تا ۷ شهریور ۱۳۹۸

محور مقاله: فناوری‌های نوین در علوم خاک

برآورد کربنات کلسیم معادل با استفاده از طیف سنجی مرئی و مادون قرمز نزدیک در خاک‌های استان فارس

منیره مینا[۱]، مهروز رضائی[۲*]، عبدالمجیدثامنی[۳]، سید علی اکبر موسوی[۴]، الهام سیرجانی[۵]

[۱]دانشجوی دکتری، بخش علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز

[۲*] استادیار، بخش علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز

[۳،۴] دانشیار، بخش علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز

[۵]دانش آموخته دکتری، بخش علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز

چکیده

استفاده از انعکاس طیفی خاک در دامنه ۴۰۰-۲۵۰۰ نانومتر، به عنوان روشی سریع، کم مخرب و تا حدی کم هزینه در برآورد ویژگی‌های مختلف خاک مرسوم شده است. این مطالعه با هدف بررسی توانایی داده‌های طیفی در برآورد درصد کربنات کلسیم معادل خاک‌های سطحی استان فارس انجام شد. برای این منظور ۶۰ نمونه خاک از کل استان فارس جمع آوری شد. مقدار کربنات کلسیم معادل با روش استاندارد اندازه‌گیری شد. سپس نمونه های خاک با دستگاه طیف بین با قدرت تفکیک یک نانومتر در دامنه ۴۰۰-۲۵۰۰ نانومتر اسکن شدند و مدلسازی آن با استفاده از روش رگرسیون حداقل مربعات جزئی (PLSR) انجام شد و انواع روش‌های پیش پردازش مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که بیشترین مقدار ضریب تبیین (R^2) برای پارامتر مورد مطالعه در پیش پردازش‌های مختلف برای داده‌های کالیبراسیون در روش PLSR همراه با پیش پردازش مشتق دوم (R^2=۰/۹۴) به دست آمد. با توجه به مقادیر انحراف پیش بینی باقیمانده (RPD) پیش بینی مدل کاملاً مناسب می‌باشد. بنابراین روش طیف سنجی مرئی- مادون قرمز نزدیک توانایی برآورد ویژگی‌های شیمیایی خاک از جمله کربنات کلسیم معادل را دارد.

کلمات کلیدی: آهک، طیف سنجی، PLSR، پیش پردازش

مقدمه

کربنات‌ها که از اجزاء متداول تشکیل دهنده خاک‌ها در مناطق خشک و نیمه خشک می‌باشند، اثرات قابل توجهی بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک‌ها از جمله تشکیل ساختمان خاک، نفوذپذیری خاک، واکنش خاک، جذب و نگهداری و آزادسازی کاتیون‌ها و آنیون‌ها را دارا می-باشند (ریحانی تبار،۱۳۸۹). به دلیل زمان بر و پرهزینه بودن اندازه‌گیری مستقیم خصوصیات فیزیکوشیمیایی و همچنین نیاز به نمونه‌های فراوان، جستجو برای یافتن روش‌های غیرمستقیم، ارزان، سریع و غیرمخرب به یکی از اولویت‌های مهم پژوهشی در علوم خاک تبدیل شده است (شیفرد و همکاران، ۲۰۰۲). انعکاس طیفی خاک در دامنه‌های طیفی مرئی و مادون قرمز نزدیک (طول موج های بین ۳۵۰ تا ۲۵۰۰ نانومتر) به‌عنوان روش‌هایی جایگزین استفاده می‌شود (جانیک و همکاران، ۲۰۰۹). تمرکز عمده این تحقیقات بر مطالعه ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک همچون توزیع اندازه ذرات خاک (بن دور، ۱۹۹۵؛ گومز ۲۰۰۸)، مقدار ماده آلی (نوکیتا، ۲۰۱۳)، مقدار آهک (گومز و همکاران،۲۰۰۸)، هدایت الکتریکی و ظرفیت تبادل کاتیونی (جانیک و همکاران،۲۰۰۹؛ ساودس، ۲۰۱۰) می‌باشد. تاکنون برای برقراری ارتباط بین ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک همراه با پارامترهای طیفی ثبت شده خاک‌ها روش‌هایی متعدد مورد استفاده قرار گرفته از جمله کاربردی‌ترین این روش‌ها، رگرسیون حداقل مربعات جزئی (سورنسون،۲۰۱۸)، رگرسیون مؤلفه‌های اصلی (چانگ، ۲۰۰۱) و رگرسیون‌های خطی و غیرخطی (دالال و هنری، ۱۹۸۶) می‌باشند. یکی اصلی‌ترین مراحل در تخمین ویژگی‌های خاک به روش طیف سنجی بکارگیری پیش پردازش است. روش‌های پیش پردازش با استفاده از توابع ریاضی، روابط غیرخطی ایجاد شده در رابطه با میزان جذب نور را تصحیح نموده و با حذف نویز باعث وضوح مشخصه‌های جذبی و در نهایت بهبود کالیبراسیون می-

[۱*]. ایمیل نویسنده مسئول (mahrooz.rezaei@shirazu.ac.ir)

شوند. در بیشتر پژوهش‌ها از روش های پیش پردازش مشتق اول (First Derivative, FD) و مشتق دوم (Second Derivative, SD) (مارتینز، ۱۹۸۹) و متغیر نرمال استاندارد (Standard Normal Variate, SNV) (بارنز، ۱۹۸۹) در مدلسازی طیفی، استفاده می‌شود.

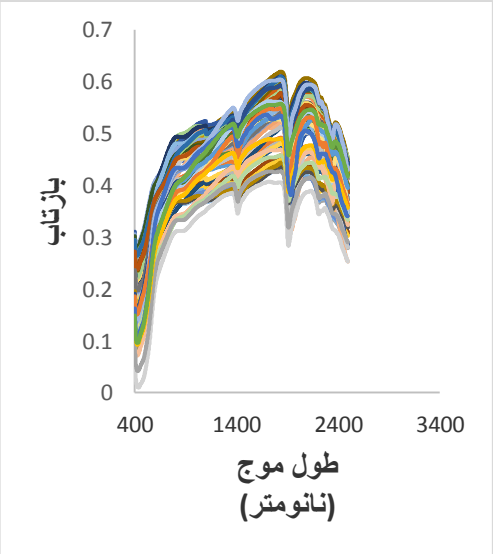
این مطالعه با هدف بررسی توانایی داده‌های طیفی در برآورد کربنات کلسیم معادل با استفاده از مدلسازی PLSR بر روی خاک‌های سطحی استان فارس انجام شد و همچنین انواع روش‌های پیش پردازش مورد ارزیابی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر در استان فارس واقع در جنوب ایران مرکزی با وسعت ۱۲۲۶۰۸ کیلومترمربع انجام شد. تعداد ۶۰ نمونه از ۲۰ منطقه استان فارس به صورت تصادفی انتخاب و سپس نمونه‌برداری از حداکثر ۳۰ سانتی متری خاک سطحی صورت گرفت. نمونه‌ها پس از انتقال به آزمایشگاه، هوا خشک و به نرمی کوبیده شده و برای تجزیه‌های آزمایشگاهی از الک دو میلی‌متر عبور داده شدند (فنگ و همکاران، ۲۰۱۱) . ویژگی شیمیایی خاک، کربنات کلسیم معادل به روش تیتراسیون با اسیدکلریدریک (پانچو گاتیرو، ۲۰۰۶) اندازه گیری شد.

اندازه گیری بازتاب طیفی

بازتاب‌های طیفی خاک به وسیله دستگاه طیف‌سنجی با دامنه طول موج‌های مرئی- مادون قرمز نزدیک در گستره ۲۵۰۰ – ۴۰۰ نانومتر برداشته شد. ۵۰ گرم از هر نمونه خاک هوا خشک با اندازه کوچک‌تر از ۲ میلی‌متر درون یک پتری‌دیش مخصوص قرار داده شد. سپس به‌منظور به حداقل رساندن اثرات زبری سطح خاک بر انعکاس طیفی، سطح نمونه‌ها خاک با تیغه فلزی صاف و هموار گردید. برای اندازه‌گیری توزیع تابش در ناحیه طول موج خاصی از آشکار سازها استفاده می‌شود. ۲۰ تکرار برای هر نمونه خاک در نظر گرفته شـد و با استفاده از نرم افزار View Spect Pro از هر۲۰ تکرار یک میانگین گرفته شد. در شکل ۱میانگین منحنی‌های خام بازتاب طیفی خاک‌ها ارائه شده است. بدین ترتیب برای هر نمونه خاک یک طیف که بیانگر طیف بازتابی آن باشد در فایل اصلی داده‌ها ثبت شد.



شکل ۱ . میانگین منحنی‌های اولیه طیفی خاک‌های منطقه مورد مطالعه

همچنین انواع روش های مدلسازی، شامل روش PLSR تا حدی شبیه به تحلیل مولفه‌های اصلی است با این تفاوت که در روش رگرسیون PLSR متغیرهای مستقل X نیز هم‌زمان با متغیرهای وابسته Y به تعدادی مولفه‌های اصلی تبدیل می‌شود به نحوی که بیشترین درصد تغییرات در مولفه‌های اولیه بیان می شود. از مولفه‌های متغیر X برای پیش‌بینی امتیاز (Scores) متغیر Y استفاده می‌شود و از امتیاز متغیر Y پیش‌بینی‌شده برای برآورد ارزش واقعی متغیر Y استفاده می‌گردد (عباسی، ۱۳۸۸). در واقع هدف اصلی رگرسیون PLSR ساختن یک مدل خطی بر اساس Y=Xb+E است که در آن Y متغیر برآورد شده (ویژگی های خاک) و X متغیر مستقل پیش‌بینی‌کننده (باندهای طیفی از ۴۰۰تا ۲۵۰۰ نانومتر) است. مراحل توصیف آماری متغیرها، پیش پرداز ها و مدل سازی این پژوهش با استفاده از نرم افزار Unscrambler x 10.4 انجام شد.

در این پژوهش داده‌ها به صورت تصادفی به دو بخش ۴۰ تایی (داده‌های صحت سنجی) و ۲۰ تایی (اعتبارسنجی) تقسیم گردیدند. جهت ارزیابی کارآیی مدل‌ها و روش‌های مختلف پیش‌بینی پارامترهای مورد نظر از معیاره‌های R^2 ضریب تعیین[۲]، میانگین مربعات خطا[۳] (RMSE) و انحراف پیش بینی باقیمانده[۴] (RPD) استفاده شد (عباسی و همکاران، ۲۰۱۱). براساس مطالعات، یکی از متداول ترین شاخص‌های ارزیابی دقت در مطالعات طیف سنجی، شاخص RPD می‌باشد (چانگ و همکاران، ۲۰۰۱).

نتایج و بحث

نمونه‌های خاک پس از جمع آوری، خشک و الک کردن در آزمایشگاه، طبق استانداردهای از قبل تعیین شده برای اندازه‌گیری پارامتر کربنات کلسیم معادل مورد آنالیز قرار گرفت که نتایج این آنالیز در جدول ۱ ارائه شده است که ۶۰ نمونه خاک از ۲۰ منطقه مختلف استان فارس را در دو مجموعه داده اعتبار سنجی و صحت سنجی نمایش می‌دهد. میانگین و انحراف معیار پارامترهای دو گروه کالیبراسیون و اعتبارسنجی تقریبا مشابه می-باشند و این مسئله نشان می‌دهد که گروه اعتبارسنجی نماینده مناسبی از مجموعه داده‌ها می‌باشد. (جدول ۱).

جدول ۱.پارامترهای آماری کربنات کلسیم معادل نمونه‌های خاک.

		حداقل		حداکثر		میانگین		انحراف معیار		ضریب تغییرات	
ویژگی خاک	واحد	الف	ب	الف	ب	الف	ب	الف	ب	الف	ب
کربنات کلسیم معادل	٪	۲۳/۷۵	۲۵	۸۴/۵	۸۵	۵۲/۰۸	۵۱/۹۹	۱۶/۴۱	۱۶/۶۵	۳۱/۵۲	۳۲/۰۳

(الف) و (ب) به ترتیب مجموعه داده کالیبراسیون و اعتبار سنجی هستند.

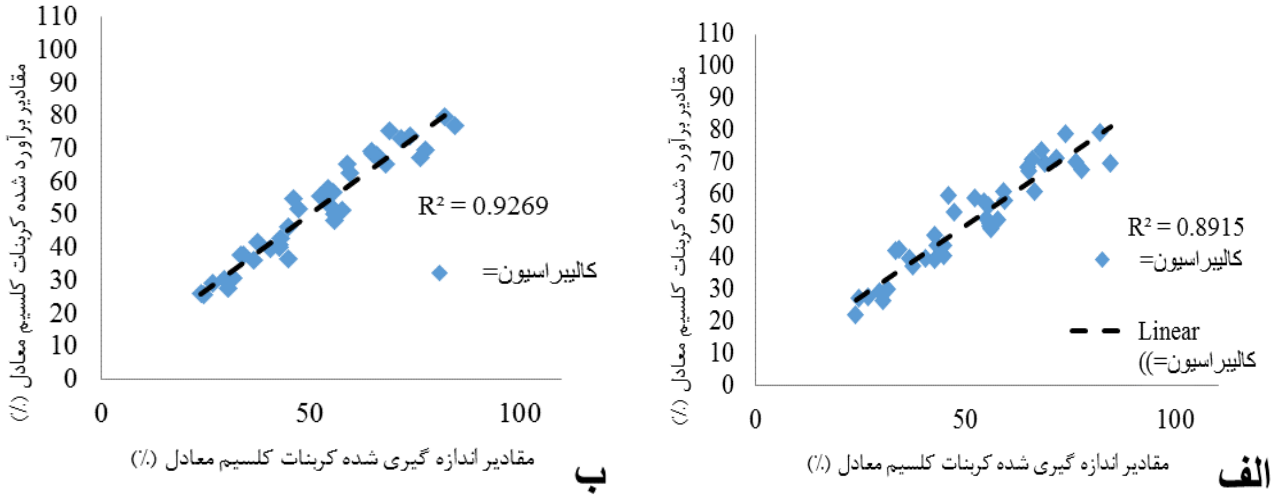
جدول ۲ مقادیر R^2، RMSE و RPD حاصل از مدل‌سازی، را در برآورد کربنات کلسیم معادل را نشان می‌دهد. مطابق نتایج به دست آمده، کالیبراسیون و اعتبارسنجی مدل PLSR، همراه با پیش پردازش‌های مختلف ارائه شده است. نتایج بیان‌کننده این نکته است که کمترین دقت برآورد در مدل PLSR در دو مرحله کالیبراسیون و اعتبارسنجی به پیش پردازش SNV تعلق دارد و بیشترین دقت برآورد در مدل PLSR در هر دو مرحله کالیبراسیون و اعتبارسنجی مربوط به روش پیش پردازش SD می باشد. علاوه بر RMSE دقت مدل پیش بینی شده توسط RPD که نسبت انحراف معیار مقادیر اندازه‌گیری شده به حداقل مربعات خطای مدل می‌باشد، نیز مورد ارزیابی قرار می‌گیرد (ویلیامز، ۲۰۰۱) که به ۶ کلاس خیلی ضعیف (RPD<1)، ضعیف (۱-۱/۴)، متوسط (۱/۴-۱/۸)، خوب (۱/۸-۲)، خیلی خوب (۲-۲/۵) و عالی (RPD>) طبقه بندی می‌شوند (Lacerda et al., 2016). با توجه به این طبقه‌بندی گفته شده، انواع پیش پردازش‌ها در کلاس‌های متفاوت قرار می‌گیرند (جدول۲).

[2] Coefficient of Determination
[3] Root mean square error
[4] Residual Prediction Deviation

جدول ۲. نتایج آماری روش PLSR و روش های مختلف پیش پردازش طیفی در تعیین درصد کربنات کلسیم معادل

ویژگی خاک	مدل	پیش پردازش	کالیبراسیون			اعتبارسنجی		
			R^2	RMSE	RPD	R^2	RMSE	RPD
کربنات کلسیم معادل	PLSR	NO	۰/۸۹	۵/۴۰	۲/۸۶	۰/۸۶	۶/۱۱	۲/۳۷
		FD	۰/۹۲	۴/۴۳	۳/۵۶	۰/۹۰	۵/۱۷	۳/۰۷
		SD	۰/۹۴	۳/۸۰	۴/۲۰	۰/۹۲	۴/۵۲	۳/۳۲
		SNV	۰/۸۶	۶/۱۰	۲/۸۲	۰/۸۶	۶/۲۱	۲/۱۵

شکل۱ نتیجه اعمال روش PLSR در حالت طیف انعکاسی (الف) و مشتق اول طیفی (ب) نمودارهای مقادیر اندازه‌گیری شده در برابر مقادیر پیش بینی شده پارامترهای مورد مطالعه را در گروه کالیبراسیون نشان می‌دهد. مقادیر اندازه‌گیری شده در مقابل مقادیر پیش‌بینی شده پارامترهای مختلف و میزان بیش برآوردی و کم برآوردی آنها را در گروه کالیبراسیون نشان می‌دهد. نتایج بر قابل قبول بودن تخمین دلالت دارد چرا که مقادیر پیش بینی شده و اندازه گیری شده تا حد زیادی بر هم منطبق‌اند. در واقع نمودارها نشان می‌دهند که اختلاف مقادیر اندازه‌گیری شده و پیش‌بینی شده توسط مدل چشمگیر نبوده و کم برآوردی و بیش برآوردی داده‌های پیش بینی شده با توجه به مقادیر RMSE و RPD در حدی نبوده که باعث عدم اعتبار مدل رگرسیونی گردد.



در برآورد کربنات کلسیم معادل با استفاده از روش PLSR ، مقدار R^2 در گروه کالیبراسیون و اعتبارسنجی به ترتیب از ۰/۸۶ تا ۰/۹۴ و ۰/۷۷ تا ۰/۸۵ متغیر است. کمترین مقدار RMSE و بیشترین مقدار شاخص RPD برای روش SD در گروه کالیبراسیون و اعتبار سنجی به دست آمد (جدول۲). با توجه به اینکه بهترین پیش پردازش SD است پس مقادیر RPD برای داده های کالیبراسیون برابر با ۴/۲۰ و برای داده های اعتبارسنجی برابر با ۳/۳۲ محاسبه شد برای کربنات کلسیم معادل پیش بینی کاملا مناسب است. در پژوهش خیامیم و همکاران (۱۳۹۴) روش PLS توانست ۵۲ درصد از تغییرات مربوط درصد کربنات کلسیم معادل را بیان کند. بیلگیلی و همکاران (۲۰۱۰) و سامرز و همکاران (۲۰۱۱) مقدار ضریب تعیین ۰/۶۴ و ۰/۶۹ را در برآورد درصد کربنات کلسیم معادل با استفاده از روش PLS به ترتیب در ترکیه و استرالیا گزارش کردند. در پژوش بیلیگی و همکاران (۲۰۱۰) و

سامرز و همکاران (۲۰۱۱) مقدار خطا کمتر از ۵٪ است در حالی‌که در روش تیتراسیون با اسید مقدار خطا بیشتر از ۵٪ است. گومز و همکاران (۲۰۰۸) بیان داشتند که روش PLS در برآورد کربنات کلسیم دارای دقت خوبی است. بیلگیلی و همکاران (۲۰۱۰) و سامرز و همکاران (۲۰۱۱) مقدار ضریب تعیین ۰/۶۴ و ۰/۶۹ را در برآورد درصد کربنات کلسیم معادل با استفاده از روش PLS به ترتیب در ترکیه و استرالیا گزارش کردند.

نتیجه‌گیری

در این پژوهش، امکان استفاده از داده‌های طیفی خاک گستره مرئی - مادون قرمز نزدیک برای برآورد کربنات کلسیم معادل ارزیابی شد. نتایج نشان داد بهترین روش پیش پردازش داده‌های طیفی در روش PLSR برای برآورد کربنات کلسیم معادل به ترتیب پیش پردازش SD می‌باشد. در این بررسی قابلیت طیف سنجی بازتابی برای برآورد کربنات کلسیم معادل بررسی و به طور کلی نتایج نشان داد که بین پارامتر مورد مطالعه و بازتاب طیفی خاک ارتباط بسیار قوی وجود دارد و می توان از بازتاب طیفی خاک به منظور برآورد پارامترهای مورد مطالعه استفاده کرد. بنابراین با توجه به نتایج این پژوهش می توان نتیجه‌گیری کرد که روش طیف‌سنجی بازتابی به عنوان روشی غیرمخرب،سریع، آسان، کم هزینه و قابل انجام در منطقه می-باشد و به‌عنوان روشی غیرمستقیم برای برآورد ویژگی‌های خاک می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.

منابع

ریحانی تبار، ع.، ۱۳۸۹.بررسی خصوصیات واکنش پذیری کربنات ها در برخی از خاک های آهکی ایران. مجله تحقیقات آب و خاک ایران،۴۱ (۲)، ۲۰۱.

عباسی م. درویش‌صفت ع، شپمن م. مهاجر م ر. و سبحانی ه. ۱۳۸۸. بررسی تفاوت انعکاس طیفی برگ مهمترین گونه‌های درختی جنگل‌های خرزی با استفاده از طیف‌سنج زمینی. فصلنامه علمی-پژوهشی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران. جلد ۱۷. صفحات ۵۶۸ تا ۵۸۰.

Barnes R.J., Dhanoa M.S., and Lister S.J. 1989. Standard Normal Variate Transformation and De-trending of Near-Infrared Diffuse Reflectance Spectra. Applied Spectroscopy, 43:772-777.

Ben-Dor E. and Banin A. 1994. Visible and near-infrared (0.4-1.1 mum) analysis of arid and semiarid soils. Remote Sensing Environment 48: 261-274.Ben-Dor E. and Banin A. 1995. Visible and near-infrared (0.4-1.1 mum) analysis of arid and semiarid soils. Remote Sensing Environment 48: 261-274.

Chang C. W. Laird D.A. Mausbach M.J. and Hurburgh C.R. 2001. Near-infrared reflectance spectroscopy-principal components regression analyses of soil properties. Soil Science Society of America Journal 65:480-490.

Dalal, R. C. and Henry, R. J. 1986. Simultaneous determination of moisture, organic carbon and total nitrogen by near infrared reflectance spectrophotometry. Soil Science Society of America Journal, 50: 120–123.

Feng, G., Sharratt, B., Wendling, L., 2011. Fine particle emission potential from loam soils in a semiarid region. Soil Sci. Soc. Am. J. 75 (6), 2262–2270.

Gomez, C., Lagacherie, P., Coulouma, G. (2008). Continuum removal versus PLSR method for clay and calcium carbonate content estimation from laboratory and airborne hyperspectral measurements. *Geoderma*, 148, 141-148.

Janik L.J. Forrester S.T. and Rawson A. 2009. The prediction of soil chemical and physical properties from mid-infrared spectroscopy and combined partial least-squares regression and neural networks (PLS-NN) analysis. Chemometrics and intelligent laboratory systems 97:179–188.

Jordán, A., Zavala, L. M. and Gil, J. 2010. Effects of mulching on soil physical properties and runoff under semi-arid conditions in southern Spain, Catena, 81, 77–85.

Martens, H. & T. Naes, 1989. Multivariate calibration, Second edition. John Wiley and Sons Ltd press, Chichester, UK, 419 p.

Mulumba, L. N. and Lal, R. 2008. Mulching effects on selected soil physical properties. Soil Tillage Research, 98, 106–111.

Pansu, M., Gautheyrou, J., 2006. Handbook of Soil Analysis, Mineralogical, Organic and Inorganic Methods. Springer, pp. 993.

Peng, Z., Ting, W., Haixia, W., Min, W., Xiangping, M., Siwei, M. and Qingfang, H. 2015. Effects of straw mulch on soil water and winter wheat production in dryland farming. Scientific Report.

Sadeghi, S. H. R., Gholami, L., Homaee, M. and Khaledi Darvishan, A. 2015. Reducing sediment concentration and soil loss using organic and inorganic amendments at plot scale. Solid Earth, 6, 445–455.

Savvides, A., Corstanje, R., Baxter, S.J., Rawlins, B.J. and Lark, R.M. (2010). The relationship between diffuse spectral reflectance of the soil and its cation exchange capacity is scale dependent. *Geoderma*, 154, 353–358.

Shaver, T. M. 2010. Crop residue and soil physical properties. In: Proceeding of the 22nd Annual Central Plains Irrigation Conference. Kearney, February 23-24.

Shepherd, K.D., Walsh, M.G. (2002). Development of reflectance spectral libraries for characterization of soil properties. *Soil Science Society of America Journal*, 66, 988-998.

Sorenson PT, Quideau SA, Rivard B. 2018. High resolution measurement of soil organic carbon and total nitrogen with laboratory imaging spectroscopy. Geoderma, 315: 170-177.

Zhang, S., Yang, X. and Lovdahl, L. 2016. Soil management practice effect on water balance of a dryland soil during fallow period on the Loess Plateau of China. Soil and Water Research, 11, 64-73.

Zhou, X., Lin H.S. and White, E.A. 2008. Surface soil hydraulic properties in four soil series under different land use and their temporal changes.Catena, 73, 180-188.

16th Iranian Soil Science Congress

University of Zanjan, Iran, August 27-29, 2019

Topic for submission: Novel Technologies in Soil Science

Estimation of Equivalent Calcium Carbonate using Visible and Near Infrared Spectroscopy in Fars Province

Mina, M.[*1], Rezaei, M.[*2], Sameni, A.[3], Mousavi, S.A.[4], Sirjani, E.[5]

[1] P.hD. Student, Soil Science Department, School of Agriculture, Shiraz University, Iran
[2*] Assistant Prof., Soil Science Department, School of Agriculture, Shiraz University, Iran
[3, 4] Associate Prof., Soil Science Department, School of Agriculture, Shiraz University, Iran
[5] P.hD. graduated, Soil Science Department, School of Agriculture, Shiraz University, Iran

Abstract

Spectral reflection of the soil, in the range of 400-2500 nm, is one of the fast, non-destructive and cheap methods for estimation of different soil properties. This study aims to investigate the ability of spectral data for estimation of calcium carbonate equivalent content of surface soils in Fars province. For this, 60 soil samples were collected. The amount of calcium carbonate equivalent was measured by the standard method. Then soil samples were scanned with a spectroscopy device having a resolution power of 1 nm in the range of 400-2500 nm. Modeling was done using partial least squares regression (PLSR) method and various pre-processing methods were evaluated. Results showed that the maximum value of the coefficient of variation (R^2) for the studied parameter in different preprocesses for calibration data of the PLSR method was obtained by the second derivative pre-processing (R^2 = 0.94). With regards to the residual predictive deviation (RPD), model prediction is quite appropriate. Therefore, the visible-near infrared spectroscopy method has the ability to estimate the chemical properties of soil, including calcium carbonate equivalent.

Keywords: Lime, Spectroscopy, PLSR, Preprocess

[*] Corresponding author, Email: mahrooz.rezaei@shirazu.ac.ir

شانزدهمین کنگره علوم خاک ایران

دانشگاه زنجان، ۵ تا ۷ شهریور ۱۳۹۸

محور مقاله: فناوری‌های نوین در علوم خاک

تهیه نقشه تجمع فلزات سنگین نیکل (Ni) و سرب (Pb) در خاک با استفاده از تصاویر ماهواره‌ی لندست ۸ و مدل شبکه عصبی مصنوعی (ANN)

روح الله گودرزی[۱]، رامین سمیعی فرد[۱*]، راضیه قاسمی[۲]

[۱] فارغ التحصیل کارشناسی ارشد سنجش از دور دانشکده ژئودزی و ژئوماتیک، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

[۱] دانشجوی دکتری، گروه علوم و مهندسی خاک دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران

[۲] دانشجوی دکتری گروه خاکشناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد (خوراسگان)

چکیده

اطلاعات طیفی که از برهم‌کنش بین امواج الکترومغناطیسی و ماده سرچشمه می‌گیرند، ما را قادر به تعیین خصوصیات خاک، بدون نیاز به تکیه بر روش‌ها و تجزیه و تحلیل‌های آزمایشگاهی می‌کنند. در این پژوهش، از تصویر ماهواره لندست ۸، برای تهیه نقشه تجمع عناصر سنگین نیکل (Ni) و سرب (Pb) استفاده شد. تصحیحات لازم بر روی تصویر، با کمک نرم افزار ENVI 5.1 و مدل شبکه عصبی مصنوعی (ANN) با استفاده از برنامه نویسی در محیط نرم افزار MATLAB 2015a انجام و پس از اتخاذ خروجی‌های لازم، نقشه نهایی با کمک نرم افزار ArcMap 10.4.1 استخراج شد. نتایج حاصل از کاربرد شبکه‌ی عصبی با استفاده از باندهای تصویر، در برآورد فلزات سنگین مورد مطالعه، به طور چشمگیری با واقعیت مشابهت داشتند. به طوری که ارزیابی عملکرد این مدل به کمک محاسبات ریاضیاتی مانند خطای جذر میانگین مربعات (RMSE) و نیز ضریب تعیین (R^2)، برای سرب به ترتیب برابر با ۰/۲۲۸ ppm و ۰/۸۶۴ اما این مقادیر برای نیکل به ترتیب برابر با ۲/۵۴۱ ppm و ۰/۹۲۱ به دست آمد. نتایج نشان دادند که استفاده از مدل شبکه‌ی عصبی و تصاویر ماهواره‌ای ما را قادر به تهیه نقشه‌ی پراکندگی این عناصر با دقت بالا در مقایسه با نتایج حاصل از روش‌های آزمایشگاهی می‌نماید.

کلمات کلیدی: فلزات سنگین، شبکه عصبی، لندست ۸

مقدمه

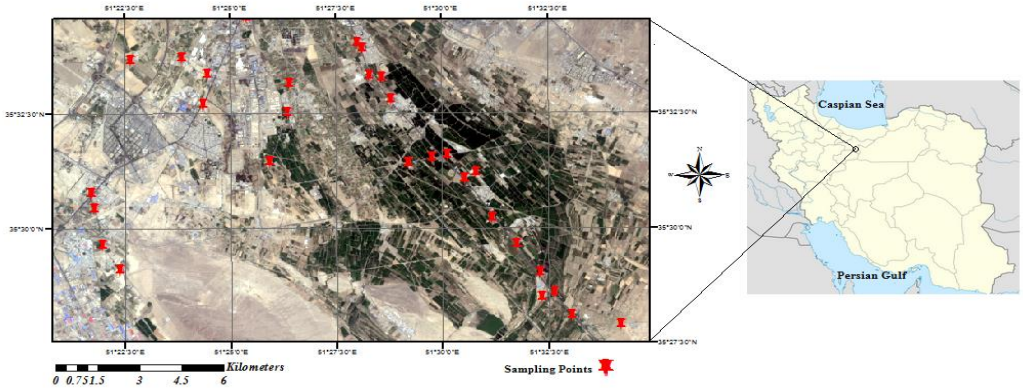
آلودگی اراضی کشاورزی به فلزات سنگین، یکی از مشکلات زیست‌محیطی جدی در دنیای امروز بوده که تهدید بزرگی برای محیط زیست جهانی، امنیت غذایی و بقای بشر به شمار می‌رود (Li و همکاران ۲۰۱۹). آلودگی فلزات سنگین عاملی تاثیرگذار بر محیط زیست خاک محسوب می‌شود. تجمع دراز مدت این عناصر در خاک تبدیل به مشکلی حاد شده که امنیت کشاورزی و سلامت زیست‌بوم را تحت تاثیر قرار می‌دهد. بنابراین بررسی سریع توزیع فلزات سنگین در خاک و کنترل اثرگذاری و جلوگیری از خطرات این عناصر، برای جلوگیری و کنترل آلودگی خاک و همچنین تامین امنیت غذایی، ضروری خواهد بود (Lu و همکاران ۲۰۱۹). ارتقای درک و شناسایی توزیع مکانی فلزات سنگین در خاک، تبدیل به بخش پر اهمیت مقوله ارزیابی خطرات و تدابیر زیست‌محیطی شده است (He و همکاران ۲۰۱۹). در این زمینه، سنجش از دور ابرطیفی به عنوان روشی سریع در پیش‌بینی و برآورد غلظت فلزات سنگین در خاک مورد استفاده قرار می‌گیرد (Lu و همکاران ۲۰۱۹). به علت فرآیند تشکیل بسیار پیچیده و آهسته خاک، نظارت و پایش آلودگی آن، دارای اهمیت بالایی می‌باشد. روش‌های قدیمی ترکیب نمونه‌برداری‌های میدانی و تجزیه و تحلیل‌های آزمایشگاهی فلزات سنگین خاک، نه تنها به خاطر زمان‌بر و پرهزینه بودن آنها، بلکه به دلیل عدم ارائه اطلاعات در مورد ویژگی‌های توزیع مکانی فلزات سنگین خاک در یک منطقه وسیع، دارای محدودیت‌هایی هستند. بعلاوه، این روش‌ها نمی‌توانند مطابق نیازهای موجود جهت تعیین توزیع وابسته به مکان و زمان فلزات سنگین خاک در یک سطح وسیع، به خوبی عمل نمایند. فناوری سنجش از دور با غلبه بر این محدودیت‌ها، راه حلی ارزان، سریع و دوستدار محیط زیست را برای پیش‌بینی و تشخیص محتوی فلزات سنگین خاک ارائه داده است. از آنجا که بین ویژگی‌های طیفی فلزات سنگین خاک و خصوصیات خاک ارتباط وجود دارد، طیف بازتابندگی خاک، به طور وسیعی برای تخمین فلزات سنگین موجود در آن با تناوب و دقت بالا مورد استفاده قرار گرفته است (Guan و همکاران ۲۰۱۹). روش‌های ابرطیفی مقبولیت عمومی خوبی را در تشخیص محتوی فلزات سنگین خاک، به دلیل اطلاعات طیفی پیوسته و غنی به دست آورده‌اند (Wang و همکارا ۲۰۱۸). اطلاعات طیفی که از برهم‌کنش بین امواج الکترومغناطیسی و ماده سرچشمه می‌گیرند، ما را قادر به تعیین خصوصیات خاک، بدون نیاز به تکیه بر روش‌ها و تجزیه و تحلیل‌های آزمایشگاهی می‌کنند (Ogen و همکاران ۲۰۱۹).

* ایمیل نویسنده مسئول: ramin.samiei@ut.ac.ir

اگرچه، فرآیند و تحلیل یک تصویر مستلزم صرف زمان می‌باشد، با این حال، تصاویر چندطیفی دارای این مزیت هستند که طول موج‌های آنها کارآمد و دست‌یابی به داده‌های آنها بسیار کم هزینه و سریع بوده و از این‌رو، نسبت به تصویربرداری ابرطیفی، کارآمدتر هستند (Tang و همکاران ۲۰۱۸). رویکردهای زیادی برای توسعه ارتباط بین طیف‌های بازتانی و عناصر مورد استفاده قرار گرفته است که استفاده از مدل شبکه عصبی مصنوعی، از جمله این رویکردها می‌باشد (Luce و همکاران ۲۰۱۷). عکس‌هایی هوایی یا تصاویر ماهواره‌ای اطلاعاتی را در اختیار قرار می‌دهند که اگر با مطالعات میدانی توأم باشند، می‌توانند تصویر نسبتاً درستی از منطقه‌ی مورد مطالعه تولید کنند. لذا هدف از این تحقیق، تخمین میزان عناصر سنگین نیکل (Ni) و سرب (Pb) تجمع یافته در خاک که در اثر فعالیت‌های صنعتی از قبیل آبکاری فلزات سنگین، پساب‌های صنعتی و شهری، و دیگر صنایع وابسته به این نوع فلزات و همچنین آبیاری با آب حاصل از تصفیه لجن فاضلاب که در خاک‌های منطقه‌ای در جنوب کلان‌شهر تهران تجمع پیدا کرده‌اند می‌باشد. در این مطالعه با استفاده از مطالعات میدانی و تحلیل‌های آزمایشگاهی خصوصیات مربوط به این خاک‌ها و در نهایت تلفیق با باندهای طیفی ماهواره‌ی لندست ۸ و نهایتا به کمک محاسبات عددی (الگوریتم) مدل شبکه عصبی مصنوعی، نقشه‌ی توزیع عناصر یاد شده استخراج شد. در منطقه‌ی یاد شده فعالیت‌های صنعتی زیاد بوده و همچنین زمین‌های کشاورزی در بسیاری از مواقع با آب حاصل از تصفیه‌ی لجن فاضلاب‌های شهری آبیاری می‌شوند. بدون شک شناسایی و مطالعهٔ دقیق منطقه‌ی مورد مطالعه، نیازمند ارزیابی دقیق آن می‌باشد.

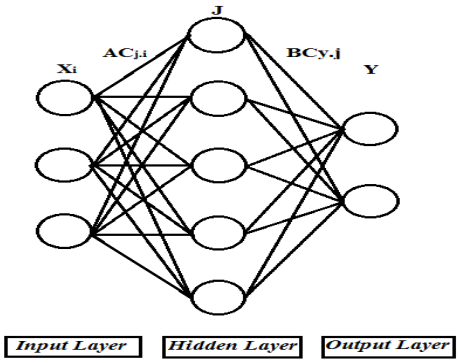
مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر در منطقهای در جنوب کلان شهر تهران (شهرری) به مساحت تقریبی ۱۵۱ کیلومتر مربع، با مختصات عرض شمالی (۳۹۲۴۰۱۵N–۳۹۳۷۰۰۵N) و طول شرقی (۵۳۱۴۰۵ E-۵۵۲۷۶۵E) با حداکثر ارتفاع ۱۴۸۰متر از سطح دریا که شامل بافت‌های شهری، صنعتی و کشاورزی و دارای ترافیک جاده‌ای سنگین بود، انجام گرفت. میانگین بارندگی سالانه این منطقه ۱۰۰ میلی‌متر و میانگین دمای سالانه آن در حدود ۱۹ درجه سلسیوس می‌باشد. رده خاک‌های مورد بررسی، با توجه به مطالعات انجام شده توسط موسسه تحقیقات خاک و آب کشور طبق سیستم رده‌بندی آمریکایی (USDA) عموماً از نوع Entisols و گروه بزرگ Torriortents می‌باشد که درواقع Entisolهای مناطق خشک با رژیم رطوبتی Aridic یا Torric هستند. این خاک‌ها عمدتاً واکنش خنثی و یا قلیایی دارند و بسیاری از آنها آهکی می-باشند (شکل ۱).



شکل ۱. تصویر منطقه‌ی مورد مطالعه

در این پژوهش از مدل شبکه‌ی عصبی مصنوعی نیز برای برآورد و تهیه‌ی نقشه‌ی پراکندگی فلزات سنگین در خاک‌های منطقه‌ی مورد مطالعه استفاده شد. اساس کار این مدل بر مبنای عملکرد سیستم‌های عصبی زنده می‌باشد. مدل شبکه‌ی عصبی مصنوعی، روش‌های متفاوتی را در مقایسه با روش‌های قدیمی برای تجزیه و تحلیل داده‌ها و تشخیص الگوها ارائه می‌دهد. رابطه‌ی بین داده‌های ورودی و خروجی در این مدل مجهول می‌باشد. الگوی شماتیک نحوه‌ی عملکرد این مدل شبیه به شکل (۲) می‌باشد.

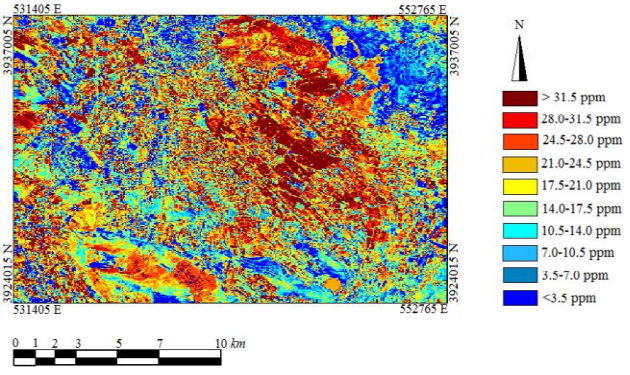


شکل ۲، الگوی شماتیک شبکه‌ی عصبی مصنوعی

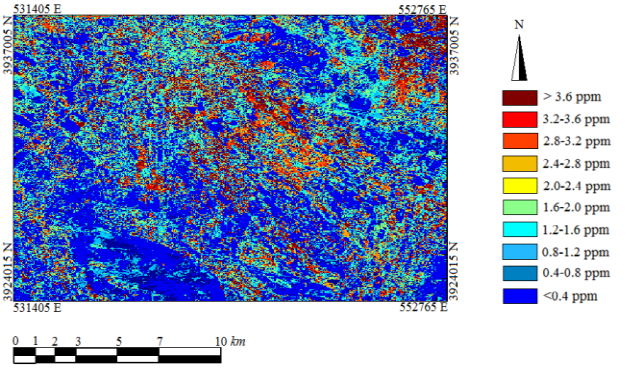
که در آن x_i ورودی نرون، J نرون پنهان، $AC_{j.i}$ و $BC_{y.j}$ به ترتیب رابط وزنی بین نرون ورودی و نرون پنهان و رابط وزنی بین نرون پنهان و نرون خروجی هستند و Y نیز نرون خروجی می‌باشد. همان‌طور که در شکل (۲) مشاهده می‌شود، هر نرون در یک لایه با تمامی نرون‌ها در لایه‌های دیگر، هم از لحاظ وزنی و هم از لحاظ مقداری، ارتباط دارد. توابع انتقال برای مدل‌های شبکه عصبی، شامل تابع هایپربولیک (Hyperbolic tangent sigmoid function = tansig) و نیز تابع انتقال خطی (Linear transfer function = purelin) می‌باشد. تابع هایپربولیک برای لایه پنهان و تابع خطی برای لایه خروجی مورد استفاده قرار می‌گیرد (Souwalak و همکاران ۲۰۱۴). به منظور اتخاذ نقشه پراکندگی و تجمع فلزات سنگین مورد مطالعه، تصحیحات لازم بر روی تصویر، با کمک نرم افزار ENVI 5.1 و مدل شبکه عصبی مصنوعی (ANN) با استفاده از برنامه نویسی در محیط نرم افزار MATLAB 2015a انجام شد. پس از اتخاذ خروجی‌های لازم، نقشه نهایی با کمک نرم افزار ArcMap 10.4.1 استخراج گردید.

نتایج و بحث

در جدول (۱)، نتایج مربوط به تجزیه و تحلیل‌های آزمایشگاهی شامل اطلاعات مربوط به بافت خاک، درصد کربن آلی، پ-هاش، مختصات نقاط نمونه‌برداری و همچنین غلظت عناصر سنگین سرب و نیکل که توسط دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری‌های مربوط به آن انجام گرفت، آورده شده است. همانطور که گفته شد، در این پژوهش از مدل شبکه‌ی عصبی مصنوعی برای تخمین میزان عناصر سنگین موجود در خاک با استفاده از طیف تصویر استفاده شده است. از آنجایی که خاک یک محیط پیچیده بوده و همزمان عوامل مختلف فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی بر خصوصیات آن اثر می‌گذارند، مدل‌های غیر خطی نظیر مدل شبکه‌ی عصبی می‌توانند در ارائه‌ی نتایج برآورد محتویات خاک نتایج قابل قبولی را نشان دهند اما باید به این واقعیت نیز توجه داشت که با هربار استفاده از مدل شبکه‌ی عصبی، چون پردازش‌های درون این مدل به صورت کاملا تصادفی انجام می‌گیرد، نتایج متفاوتی را از خود بروز می‌دهد. نقشه‌ی توزیع عناصر سنگین سرب و نیکل در شکل (۳) نشان داده شده است.



نقشه‌ی توزیع سرب



نقشه‌ی توزیع نیکل

شکل ۳، نقشه‌های توزیع پراکندگی عناصر سنگین در منطقه‌ی مورد مطالعه با استفاده از مدل شبکه‌ی عصبی مصنوعی.

جدول ۱. مختصات جغرافیایی منطقه‌ی مورد مطالعه و نتایج آزمایشگاهی نقاط نمونه برداری (محدوده منطقه مطالعاتی در زون جغرافیایی ۳۹ واقع بود).

شماره	مختصات	۳۹ S	O.C %	% شن	رس %	% سیلت	بافت	pH	(ppm) نیکل	(ppm) سرب
۱	۳۹۳۴۳۷ / ۹	۰۵۳۹۸۶ / ۵	۱/۱۴	۱۱	۳۴	۵۵	Si.C. L	۷/۶۵	۱/۰۳۱	۲۰/۷۶۱
۲	۳۹۲۶۸۷ / ۰	۰۵۳۳۸۳ / ۶	۱/۳۶	۱۷	۴۲	۴۱	Si.C	۷/۴۴	۲/۰۸۷	۱۸/۵۴۵
۳	۳۹۳۳۵۴ / ۶	۰۵۳۶۸۰ / ۵	۱/۸۴	۲۳	۴۱	۳۶	C	۷/۸۱	۲/۰۲۳	۱۷/۹۶۳
۴	۳۹۳۹۰۷ / ۷	۰۵۴۱۳۳ / ۱	۱/۷۶	۴۴	۳۱	۲۵	C.L	۷/۷۴	۲/۷۰۸	۲۴/۰۱۱
۵	۳۹۳۴۷۵ / ۴	۰۵۳۶۹۲ / ۶	۱/۷۵	۲۳	۳۷	۴۰	C.L	۷/۱۲	۳/۰۲۵	۲۸/۹۰۷
۶	۳۹۲۹۹۴ / ۱	۰۵۳۲۸۱ / ۱	۱/۵۸	۱۹	۳۹	۴۲	Si.C. L	۷/۲۳	۱/۵۳	۲۷/۰۲۵
۷	۳۹۲۵۰۶ / ۶	۰۵۴۹۹۶ / ۴	۱/۳۸	۱۸	۴۳	۳۹	Si.C	۷/۳۱	۱/۱۰۴	۲۶/۲۰۴
۸	۳۹۳۰۸۱ / ۷	۰۵۴۶۵۲ / ۸	۰/۶۷	۲۸	۱۹	۵۳	Si.L	۷/۵۶	۱/۷۳۵	۲۲/۰۰۹
۹	۳۹۲۹۰۰ / ۱	۰۵۴۷۱۳ / ۹	۱	۱۵	۴۶	۳۹	C	۷/۱۴	۱/۰۲۹	۲۸/۹۲۱
۱۰	۳۹۳۷۵۴ / ۹	۰۵۴۳۵۷ / ۶	۱/۱۱	۲۶	۳۷	۴۷	C.L	۷/۸۷	۰/۹۰۹	۱۰/۰۹۴
۱۱	۳۹۲۷۸۴ / ۳	۰۵۳۳۲۱ / ۴	۱/۶۶	۱۹	۳۹	۴۲	Si.C. L	۷/۵	۱/۰۱۶	۹/۰۶۵
۱۲	۳۹۲۴۷۱ / ۶	۰۵۵۱۷۲ / ۵	۱/۹۳	۲۵	۳۱	۴۴	C.L	۷/۴۱	۱/۰۲۸	۲۶/۶۵۹
۱۳	۳۹۲۶۷۹ / ۰	۰۵۴۸۸۳ / ۸	۱/۷۳	۳۶	۲۶	۳۸	L	۷/۴۸	۱/۵۴۳	۲۰/۵۰۶
۱۴	۳۹۳۳۷۳ / ۷	۰۵۴۳۴۹ / ۱	۱/۸۸	۲۰	۳۷	۴۳	Si.C. L	۷/۸۹	۳/۴۰۸	۲۷/۵۳۲
۱۵	۳۹۳۴۶۳ / ۷	۰۵۴۳۱۶ / ۷	۱/۰۱	۲۴	۳۳	۳۷	C.L	۷/۹۳	۲/۰۶۷	۱۲/۷۴۲
۱۶	۳۹۲۹۳۱ / ۰	۰۵۳۲۹۱ / ۴	۲/۲۹	۳۴	۳۸	۲۸	C.L	۷/۴۲	۳/۲۱۳	۳۴/۰۷۸
۱۷	۳۸۳۵۴۱	۰۵۳۶۰۲	۰/۷۱	۲۶	۴۵	۲۹	C	۷/۸۵	۱/۱۴۴	۱۵/۴۵۸

	۳۹۳۵۲۸۸	۰۵۳۴۱۸۹								
۱۸	۳۹۳۵۲۸۹	۰۵۳۴۱۸۴	۱/۷۶	۱۹	۳۷	۴۴	Si.C.L	۷/۵۲	۲/۰۰۵	۲۳/۲۲۵
۱۹	۳۹۳۴۶۹۱	۰۵۴۲۷۲۶	۰/۹۴	۱۹	۴۳	۳۸	C	۷/۴۷	۰/۷۸	۱۵/۳۲۸
۲۰	۳۹۲۵۸۰۲	۰۵۴۸۹۲۰	۰/۸۱	۲۸	۳۱	۴۱	C.L	۷/۵۱	۰/۸۷۶	۱۴/۸۷۹
۲۱	۳۹۳۷۹۸۸	۰۵۴۲۹۸۵	۱/۹۸	۳۸	۲۱	۴۱	L	۷/۴۴	۳/۱۴۹	۳۲/۳۶۴
۲۲	۳۹۳۱۵۰۸	۰۵۴۵۴۹۳	۲/۱۷	۳۳	۲۸	۳۹	C.L	۷/۶۱	۱/۷۴۸	۲۶/۰۴۶
۲۳	۳۹۳۵۷۹۰	۰۵۴۲۴۵۵	۱/۰۵	۱۳	۳۷	۵۰	Si.C.L	۷/۷۹	۲/۵۱۲	۱۶/۱۴۵
۲۴	۳۹۳۸۱۵۲	۰۵۴۲۰۶۶	۱/۵۴	۱۶	۳۶	۴۸	Si.C.L	۷/۶۴	۱/۴۲۶	۱۹/۴۵۷
۲۵	۳۹۳۱۲۱۷	۰۵۳۹۱۹۰	۱/۴۶	۱۵	۵۰	۳۵	C	۷/۸۸	۱/۰۳۲	۲۷/۸۹۷
۲۶	۳۹۲۹۹۴۱	۰۵۳۲۸۱۱	۰/۹۲	۳۵	۲۲	۴۳	L	۷/۷۶	۱/۴۴۴	۱۹/۹۰۲
۲۷	۳۹۳۸۳۶۳	۰۵۳۸۱۰۲	۲/۲	۲۴	۳۷	۳۹	C.L	۷/۸۳	۰/۸۷۱	۱۷/۰۱۹
۲۸	۳۹۴۰۹۴۲	۰۵۳۸۱۹۷	۱/۸	۱۵	۴۱	۴۴	Si.C	۷/۵۹	۲/۰۰۱	۲۲/۱۲
۲۹	۳۹۳۷۰۵۲	۰۵۳۸۳۴۶	۱/۸۲	۱۵	۳۹	۴۶	Si.C.L	۷/۹۱	۰/۹۹۸	۸/۰۱۳
۳۰	۳۹۳۳۲۰۶	۰۵۳۹۷۸۳	۱/۴۴	۳۹	۲۳	۳۸	L	۷/۶۳	۱/۰۰۸	۲۴/۴۵۶
۳۱	۳۹۳۱۲۰۰	۰۵۴۴۱۲۰	۱/۹۷	۲۱	۳۵	۴۴	C.L	۷/۸۴	۳/۰۴۵	۱۳/۶۷۴
۳۲	۳۹۳۶۰۰۹	۰۵۴۲۲۹۱	۱/۰۹	۲۲	۴۳	۳۵	C	۷/۴۹	۱/۹۵۱	۲۵/۸۷۲
۳۳	۳۹۳۱۴۱۴	۰۵۴۴۹۶۳	۲/۰۲	۲۲	۳۰	۴۸	C.L	۷/۶۶	۲/۰۷۹	۲۷/۸۹۴
۳۴	۳۹۳۰۵۶۵	۰۵۴۶۱۲۴	۱/۱۱	۱۸	۴۱	۴۱	Si.C	۷/۸۱	۱/۲۷۴	۱۸/۷۶۱
۳۵	۳۹۲۷۹۲۱	۰۵۴۷۹۸۹	۱/۱۲	۲۴	۴۲	۳۴	C	۷/۹۵	۱/۱۱۵	۱۱/۳۹۸

۳۶	۳۹۲۵۹۷/۰	۰۵۴۹۳۴/۷	۱/۸۸	۲۷	۳۴	۳۹	C.L	۷/۷۱	۰/۹۳۷	۲۲/۹۳۶

از سوی دیگر باید در نظر داشته باشیم که استفاده از مدل‌های شبکه‌ی عصبی، در برآورد محتویات خاک، دقت به مراتب بالاتری نسبت به استفاده از سایر مدل‌ها در برآوردهای مشابه دارد. نتایج حاصل از برازش با استفاده از مدل شبکه‌ی عصبی در جدول (۲) نشان داده شده که موید دقت بسیار بالای این مدل در برآورد فلزات سنگین در خاک‌های آلوده و همچنین خاک‌های حاوی این قبیل عناصر می‌باشد.

جدول ۲- همبستگی بین مقادیر عناصر سنگین اندازه‌گیری شده و برآورد شده با استفاده از خصوصیات طیفی تصاویر ماهواره لندست ۸

عنصر مورد سنجش	R^2	$RMSE_{(ppm)}$
Ni	۰/۹۲۱	۰/۲۲۸
Pb	۰/۸۶۴	۲/۵۴۱

نتیجه‌گیری

این پژوهش نشان داد با توجه به اینکه در محیط خاک، عوامل مختلف فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی، توأما و نیز به صورت جداگانه بر روی هم تاثیرگذار هستند، روش‌های غیر خطی می‌توانند در جهت پیش‌بینی و ارزیابی محتوی عناصر موجود در خاک مورد استفاده قرار گیرند. نتایج حاصل از کاربرد شبکه‌ی عصبی با استفاده از باندهای ماهواره‌ی لندست ۸، در برآورد مقادیر فلزات سنگین مورد مطالعه، نتایج بسیار خوبی را ارائه دادند که به طور چشمگیری با واقعیت مشابهت داشتند و می‌توان با استفاده از مدل شبکه‌ی عصبی و تصاویر ماهواره‌ای، نقشه‌ی پراکندگی این عناصر را در کلاس‌های طبقه‌بندی مختلف، تهیه و در بخش‌های مختلف صنعتی و استخراج معادن، محیط زیست و کشاورزی، مورد استفاده قرار داد. نتایج به دست آمده در این پژوهش نشان دادند که استفاده از مدل شبکه‌ی عصبی و تصاویر ماهواره‌ای ما را قادر به تهیه نقشه‌ی پراکندگی ویژگی‌های خاک، با دقت بالا در مقایسه با نتایج حاصل از روش‌های آزمایشگاهی می‌نماید. رویکرد استفاده از مدل شبکه عصبی مصنوعی در مطالعات محتوی عناصر موجود در خاک، تاثیرگذار، دارای انعطاف عملکردی و بسیار فراگیر می‌باشد. لذا با توجه به ویژگی‌های منحصر به فرد استفاده از این مدل‌ها در تلفیق با روش‌های سنجش از دور، جهت برآورد عناصر موجود در خاک، می‌توان هزینه‌های مربوط به تهیه نقشه و زمان لازم برای انجام این‌گونه مطالعات را به حداقل رساند.

منابع

Guan, O., Zhao, R., Wang, F., Pan, N., Yang, L., Song, N., Xu, C. and Lin, J. 2019. Prediction of heavy metals in soils of an arid area based on multi-spectral data. Journal of Environmental Management, 243, 137-143.

He, J., Yang, Y., Christakos, G., Liu, Y. and Yang, X. 2019. Assessment of soil heavy metal pollution using stochastic site indicators. Geoderma, 337, 359-367.

Luce, M.S., Ziadi, N., Gagnon, B. and Karam, A. 2017. Visible near infrared reflectance spectroscopy prediction of soil heavy metal concentrations in paper mill biosolid- and liming by-product-amended agricultural soils. Geoderma, 288, 23-36.

Li, X., Li, L. and Liu, X. 2019. Collaborative inversion heavy metal stress in rice by using two-dimensional spectral feature space based on HJ-1 A HSI and radarsat-2 SAR remote sensing data. Internatianal Journal of Applied Earth Observation Geoinformation. 78, 39-52.

Lu, Q., Wang, S., Bai, X., Liu, F., Wang, M., Wang, J. and Tian, S. 2019. Rapid inversion of heavy metal concentration in karst grain producing areas based on hyperspectral bands associated with soil components. Microchemical Journal. 148, 404-411.

Ogen, Y., Zaluda, J., Francos, N., Goldshleger, N and Ben-Dor. E. 2019. Cluster-based spectral models for a robust assessment of soil properties. Geoderma, 340, 175-184.

Souwalak, J., Qiming, J,Y., and Ness, J. 2014. Development of Artificial Neural Network Models for Biogas Production from Co-Digestion of Leachate and Pineapple Peel. The Global Environmental Engineers. 1: 42-47.

Tang, C., He, H., Li, E. and Li, H. 2018. Multispectral imaging for predicting sugar content of 'Fuji' apples. Optics and Laser Technology, 106, 280-285.

Wang, F., Gao, J. and Zha, Y. 2018. Hyperspectral sensing of heavy metals in soil and vegetation: Feasibility and challenges. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 136, 73-84.

16th Iranian Soil Science Congress

University of Zanjan, Iran, August 27-29, 2019

Topic for submission: Novel Technologies in Soil Science

Preparation the heavy metals accumulation maps of Nickel (Ni) and Lead (Pb) in soil using Landsat 8 satellite imagery and artificial neural network model (ANN)

Goodarzi[1], R., SamieiFard, R. [*1], Ghasemi, R.[2]

[1] M. Sc. Graduated, Faculty of Geodesy & Geomatics Engineering K. N. Toosi University of Technology, Iran
[1] PhD Student, Soil Science Department, Faculty of Agriculture & Natural resources University of Tehran, Iran
[2] PhD Student, Soil Science Department, Faculty of Agriculture & Natural resources, Islamic Azad University, Isfahan (Khorasgan) Branch, Iran

Abstract

The spectral information that emanates from the interactions between electromagnetic waves and matter, enables us to determine the soil properties without the need to rely on experimental methods and analyzes. In this research, Landsat 8 images, were used to preparation the heavy metals maps for the accumulation of Nickel (Ni) and Lead (Pb). The necessary corrections on the image are performed using the software ENVI 5.1 and the programming of artificial neural network (ANN) had done using the MATLAB 2015a software. After making the necessary outputs, the final map with ArcMap 10.4.1 software was extracted. The results of using the neural network by the image bands applied to estimate the studied heavy metals that they were significantly similar to the reality. So, the performance evaluation of this model with mathematical calculations such as RMSE and R^2 for lead are respectively 0.228 ppm and 0.864, but these values for nickel were 2.541 ppm and 0.921 respectively. The results showed that the use of neural network model and satellite imagery enables us to prepare the distribution map of these kind of elements with high accuracy compared to the results of laboratory methods.

Keywords: Heavy Metals, Neural Network, Landsat 8

[*] Corresponding author, Email: ramin.samiei@ut.ac.ir

شانزدهمین کنگره علوم خاک ایران

دانشگاه زنجان، ۵ تا ۷ شهریور ۱۳۹۸

محور مقاله: فناوری‌های نوین در علوم خاک

تهیه نقشه توزیع مکانی کربنات کلسیم خاک‌های ساحلی دریای کاسپین با استفاده از مدل رگرسیونی حداقل مربعات جزئی (PLSR)

رامین سمیعی فرد[۱*]، احمد حیدری[۱]، شهلا محمودی[۲]، ماریا کنیوشکوا[۳]

[۱] دانشجوی دکتری، گروه علوم و مهندسی خاک دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران

[۱] استاد گروه علوم و مهندسی خاک دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران

[۲] استاد گروه علوم و مهندسی خاک دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران

[۳] استاد محقق دانشکده علوم خاک، دانشگاه لومونوزوف مسکو

چکیده

دانش به دست آمده در طول سال‌های اخیر در حیطه طیف‌سنجی خاک، باعث در دسترس قرار گرفتن این فناوری در نقشه‌برداری خصوصیات خاک با کمک تصاویر ماهواره‌ای و عکس‌های هوایی شده است. نقشه‌برداری خاک، به عنوان بعد چالش‌انگیز و تفکر-برانگیز چارچوب علوم خاک محسوب می‌شود. امروزه تلاش زیادی برای سرمایه‌گذاری در زمینه نقشه‌برداری رقومی خاک، برای نمایش خاک‌ها و خصوصیات آنها در مقیاس بزرگ صورت گرفته است. آگاهی از میزان آهک و تهیه نقشه از الگوی پراکنش آن در خاک، نقش موثری در مدیریت آب و خاک هر کشور ایفا می‌نماید. لذا به منظور دست‌یابی به این مهم، استفاده از روش‌های نوین سنجش از دوری غیر قابل اجتناب خواهد بود. در این پژوهش، از تصویر ماهواره لندست ۸، برای تهیه نقشه توزیع آهک خاک استفاده شد. تصحیحات لازم با کمک نرم افزار ENVI 5.1 و مدل رگرسیونی PLSR با استفاده از برنامه نویسی در محیط نرم افزار MATLAB 2015a انجام و پس از اتخاذ خروجی‌های لازم، نقشه نهایی با کمک نرم افزار ArcMap 10.4.1 استخراج شد. نتایج این پژوهش نشان داد که با استفاده از مدل‌های رگرسیونی و تصاویر ماهواره لندست ۸، می‌توان محتوی کربنات کلسیم خاک را با دقت بالایی در مقایسه با نتایج آزمایشگاهی و شیمی سنجی آن، برآورد نمود.

کلمات کلیدی: کربنات کلسیم، PLSR، رگرسیون، سنجش از دور

مقدمه

روش‌های سنجش از دور، بر پایه این واقعیت استوار هستند که پدیده‌های سطح زمین، تابش‌های الکترومغناطیس را از خود انتشار و یا انعکاس می‌دهند و یا گاهی طیف بازتابی ویژه خود را دارند. روش‌های هواپایه و فضاپایه می‌توانند امکانات لازم برای نقشه‌برداری منطقه‌ای خاک را فراهم نمایند (Howard و همکاران ۲۰۱۶). انرژی تابش یافته به وسیله دو عامل حرارت و قابلیت انتشار مواد سطح زمین مشخص می‌شود، اگرچه عموما برای مطالعات سنجش از دوری سطح زمین، حرارت، عامل فیزیکی و اصلی حاکم بر تابش از سطح می‌باشد (Ninomiya and Fu, 2019). سنجش از دور خاک با استفاده از تصاویر ابرطیفی، زمینه‌ای رو به رشد بوده و دانش به دست آمده در طول بیست سال اخیر در حیطه طیف‌سنجی خاک و توسعه و قابلیت استفاده از سنجنده‌های ابرطیفی، باعث در دسترس قرار گرفتن این فناوری در نقشه‌برداری خصوصیات خاک با کمک تصاویر ماهواره‌ای و عکس‌های هوایی شده است (Adar و همکاران ۲۰۱۴). در خلال یک دهه گذشته، قابلیت بازتابش خاک، تبدیل به ابزار تشخیصی خوبی برای ارزیابی سریع و دقیق ویژگی‌های خاک شده است (Ben Dor و همکاران ۲۰۱۵). اطلاعات طیفی که از برهم‌کنش بین امواج الکترومغناطیسی و ماده سرچشمه می‌گیرند، ما را قادر به تعیین خصوصیات خاک، بدون نیاز به تکیه بر روش‌ها و تجزیه و تحلیل‌های آزمایشگاهی می‌کنند. کروموفورهایی که به عنوان ویژگی‌های خاک (فیزیکی و شیمیایی) تعریف می‌شوند، و شکل و طبیعت طیف خاک را تحت تاثیر قرار می‌دهند، حاصل برهم‌کنش بین ماده و امواج الکترومغناطیسی هستند. کروموفورهای شیمیایی شامل مواد معدنی (عمدتا کانی‌های رسی، اکسیدهای آهن، کانی‌های اولیه فلدسپار، نمک، کربنات‌ها و فسفات‌ها)، مواد آلی و آب می‌شوند، در حالی‌که کروموفورهای فیزیکی عمدتا در ارتباط با توزیع اندازه ذرات هستند. رویکرد طیف‌مبنا عمدتا برای ارزیابی کمی کروموفورهای خاک، مورد استفاده قرار می‌گیرد (Ogen و همکاران ۲۰۱۹). مطالعه خاک، اصلی‌ترین بخش نقشه‌برداری خاک می‌باشد که البته هنوز هم به عنوان پرهزینه‌ترین بخش پژوهش‌های خاک به شمار می‌رود. نقشه‌برداری خاک، به عنوان بعد چالش‌انگیز و تفکر-برانگیز

* ایمیل نویسنده مسئول: ramin.samiei@ut.ac.ir

چارچوب علوم خاک محسوب می‌شود. امروزه تلاش زیادی برای سرمایه‌گذاری در زمینه نقشه‌برداری رقومی خاک، برای نمایش خاک‌ها و خصوصیات آنها در مقیاس بزرگ صورت گرفته است. نقشه‌برداری رقومی خاک متکی بر مشاهدات میدانی، آزمایشگاهی و سنجش از دوری بوده که درآمیخته با روش‌های کمی تفسیر الگوهای مکانی خاک‌ها از طریق متغیرهای مکانی و زمانی می‌باشد (Ogen و همکاران ۲۰۱۷). روش‌های متداول نقشه‌برداری خاک، برای تهیه نقشه‌های با جزئیات بالا، در زمان کم و با هزینه قابل قبول، ناکارآمد بوده و از سوی دیگر، تغییرات خصوصیات خاک تدریجی و گسترده است. بنابراین، نقشه‌برداری قدیمی، نتایج دقیقی را ارائه نداده و حتی ممکن است باعث اشتباه جلوه دادن خصوصیات واحد اراضی شود (Zare و همکاران ۲۰۱۹). روش‌های رگرسیونی مختلفی برای برآورد و تهیه نقشه از خصوصیات خاک مورد استفاده قرار می‌گیرد که دارای دقت بسیار بالایی بوده و ارزیابی عملکرد این روش‌ها با کمک روابط و محاسبات ریاضیاتی مانند خطای جذر میانگین مربعات (RMSE)، تاییدی بر ارزش زیاد و مقبولیت این روش‌ها در برآوردهای مربوط به خصوصیات خاک می‌باشد (Keskin و همکاران ۲۰۱۹). از جمله مهمترین اجزای خاک، محتوی کربن آن می‌باشد. تبادل شدید کربن آلی با اتمسفر، به ویژه در ارتباط با فعالیت‌های انسان، منجر به انجام مطالعات گسترده در زمینه چرخه کربن آلی خاک شده است. در مقابل کربن آلی، تبادل کربن غیر آلی خاک، یعنی کانی‌های مختلف کربناته خاک (عمدتا کلسیت)، و درگیری کربن غیر آلی خاک در چرخه‌های زیستی با اتمسفر بسیار آهسته‌تر می‌باشد (Zamanian و همکاران ۲۰۱۶). خاک‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک با pH عمدتا قلیایی (بالاتر از ۸/۵) و با محتوی کلسیم و/یا منیزیم بالا، به دنبال افزایش مواد آلی به آنها می‌توانند باعث افزایش کربن غیر آلی خاک و نیز افزایش تنفس CO_2 آن شوند (Bughio و همکاران ۲۰۱۶). فرآیندهای ژئومورفیک در ارتباط با اراضی مرطوب ساحلی، اغلب باعث نرخ‌های بالایی از تجمع کربن و ذخایر نسبتا بالای کربن می‌شوند. درحالی‌که پویایی کربن در این نوع چشم‌اندازهای اراضی بسیار کمتر مورد توجه قرار گرفته است (Rossi and Robenhorst 2019). ظرفیت زیست‌بوم‌های ساحلی، برای تفکیک و همچنین ذخیره کربن ارتباط تنگاتنگی با خصوصیات خاک دارد که نه تنها تجزیه کربن در مقیاس زمانی کوتاه‌مدت (در حد سال و دهه) را تحت تاثیر قرار می‌دهد، بلکه ذخیره کربن موجود در رسوبات را در مقیاس‌های زمانی بلند مدت (در حد قرن و هزاران سال) را نیز تعیین می‌کند (Zhang و همکاران ۲۰۱۹). آگاهی از میزان آهک و تهیه نقشه از الگوی پراکنش آهک خاک، نقش موثری در مدیریت آب و خاک هر کشور ایفا می‌نماید. لذا به منظور دست‌یابی به این مهم، استفاده از روش‌های نوین سنجش از دوری غیر قابل اجتناب خواهد بود (حسینی، ۱۳۹۴).

پژوهش‌های گذشته نشان داده‌اند که تصاویر چندطیفی ماهواره لندست ۸ می‌توانند به عنوان ابزاری قدرتمند در مطالعه تغییرات اخیر خطوط ساحلی و تشخیص و تخمین ویژگی‌های خاک عمل نمایند. همچنین با توجه به اهمیت نقش کربن و کربنات‌های موجود در خاک که قبلا به آنها اشاره شد، هدف از این مطالعه را برآورد مقادیر و توزیع و پراکنش آهک موجود در خاک‌های جدیدا بیرون آمده از زیر آب دریا در اراضی ساحل شرقی دریای کاسپین با استفاده از تصاویر به دست آمده از ماهواره لندست ۸ قرار دادیم.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر در محدوده‌ای با مختصات جغرافیایی بین طول‌های (۵۴°۱۵۲۰ و ۵۳°۵۵۰۰) شرقی و عرض‌های (۳۷°۱۵۰۰ و ۳۷°۰۰۰۰) شمالی به مساحت حدودی ۵۰۰ کیلومتر مربع انجام شد. زمان نمونه‌برداری در اوایل تیرماه سال ۱۳۹۷ خورشیدی انجام پذیرفت که با توجه به مشخصات اقلیمی منطقه مطالعاتی، زمان انتخاب شده، مدت کوتاهی پس از پایان فصل برداشت (عمدتا جو دیم) این منطقه محسوب می‌شود. از سوی دیگر، ساحلی بودن و نیز امکان وقوع بارندگی در منطقه مورد مطالعه، فصل تابستان برای این کار انتخاب شد. زیرا بارندگی در سایر فصل‌ها ممکن بود عملیات نمونه‌برداری را با مشکل مواجه سازد. تعداد نقاط نمونه‌برداری مجموعا ۸۰ نقطه انتخاب شد که به صورت شبکه‌بندی شده در چهار ردیف نمونه‌برداری از خط ساحلی به فواصل هزار متری تا فاصله ۲۰ کیلومتری از ساحل ادامه یافت. به این صورت که هر ردیف نمونه‌برداری، از ردیف قبل و بعد از خود دقیقا ۶ کیلومتر فاصله عرضی داشته باشند (شکل ۱). نمونه‌های خاک از عمق صفر تا ۲۰ سانتی‌متری با دقت برداشته و پس از یادداشت مختصات دقیق و شماره نمونه مربوطه، داخل نایلون ریخته و برای انجام آزمایشات فیزیکو شیمیایی به آزمایشگاه رده‌بندی خاک دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران انتقال داده شدند. تمامی نمونه‌ها پس از هوا خشک شدن از الک ۲ میلی‌متری عبور داده و برای انجام آزمایش‌های لازم آماده شدند. مقادیر آهک خاک به روش کلسیمتری اندازه‌گیری شدند (Ogen و همکاران ۲۰۱۹). در این پژوهش، از تصویر ماهواره لندست ۸، برای اتخاذ خروجی نقشه توزیع آهک خاک استفاده شد و تصحیحات لازم با کمک نرم افزار ENVI 5.1 و مدل رگرسیونی PLSR با استفاده از برنامه نویسی در محیط نرم افزار MATLAB 2015a انجام و پس از اتخاذ خروجی‌های لازم، نقشه نهایی با کمک نرم افزار ArcMap 10.4.1 استخراج شد.

مدل رگرسیون حداقل مربعات جزئی، یک روش ساده برای تحلیل حداقل مربعات جزئی در صنعت و علوم شیمی می‌باشد. این روش برای برقراری ارتباط بین ماتریس داده‌های X و Y با استفاده از یک مدل چند متغیره‌ی خطی استفاده می‌شود (رابطه ۱). همچنین این روش بهتر از مدل‌های رگرسیونی دیگر عمل می‌نماید. مزیت مدل PLSR توانایی آن در تجزیه و تحلیل داده‌های پیچیده و حتی متغیرهای ناقص ماتریس‌های X و Y می‌باشد. یکی دیگر از مزایای قابل توصیف روش PLSR بهبود دقت پارامترهای حاصل از برآوردهای این مدل با افزایش تعداد متغیرهای وابسته می‌باشد.

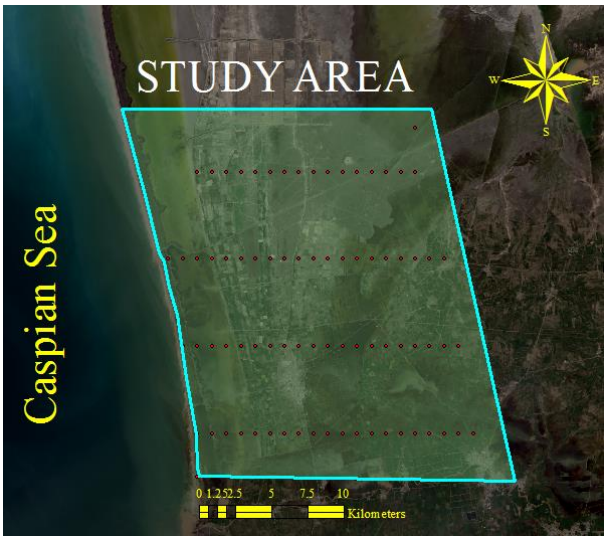
$$Y= X.b + E \qquad (۱)$$

که در آن Y: متغیر برآوردشده (در رگرسیون PLSR) در شکل ماتریس با ابعاد (متغیرY×l)، X: متغیر مستقل پیش‌گویی‌کننده با ابعاد طول موج × بازتابندگی می‌باشد. ضمناً b ماتریسی شامل ضرایب رگرسیون و E ماتریسی از خطاهای باقیمانده است (رابطه ۲ و ۳).

$$X_{nk} = \sum_{\propto=1}^{f} t_{n\propto} . p_{\propto k} + E_{nk} \qquad (۲)$$

$$Y_{mk} = \sum_{\propto=1}^{f} u_{m\propto} . q_{\propto k} + F_{mk} \qquad (۳)$$

که در آن t و u بردارهای امتیاز، p و q بردارهای اختیاری (کمکی) و E و F ماتریکس‌های باقیمانده و f تعداد فاکتورهاست (Farifteh و همکاران، ۲۰۰۷).



شکل ۱. نمایی از منطقه مورد مطالعه و نقاط نمونه‌برداری

نتایج و بحث

نتایج مربوط به اندازه‌گیری‌های آهک خاک منطقه مورد مطالعه به روش کلسیمتری، در جدول (۱) ارائه شده است. خاک‌های مورد بررسی دارای دامنه‌ای از آهک، در حدود ۱۱ تا ۵۲ درصد بودند. در این پژوهش از باندهای ۱ تا ۷ ماهواره لندست ۸ که در محدوده مرئی و مادون قرمز نزدیک می‌باشد، استفاده شد. که با توجه به شیب عمومی بسیار کم منطقه (کمتر از ۵ درصد) و عاری بودن این منطقه از پوشش گیاهی به دلیل شوری بسیار بالا و یا دارای پوشش تنک بودن در بعضی قسمت‌های اراضی مورد مطالعه، شرایط کار برای انجام عملیات سنجش از دور و برآورد خصوصیات خاک سطحی، بسیار مساعد بود.

با استفاده از الگوریتم PLSR و نرم افزار MATLAB 2015a و تصحیحات مورد نیاز تصویر در محیط ENVI 5.1، نهایتا نقشه خروجی توزیع آهک موجود در خاک منطقه مطالعاتی استخراج شد که برای ارزیابی عملکرد مدل مورد بررسی، از روابط ریاضیاتی خطای جذر میانگین (RMSE) و همچنین جابجایی نقطه رگرسیون (RPD)، استفاده شد که نتایج مربوط به آن در جدول (۲) آورده شده است. در برآورد خصوصیات

جدول ۱. مختصات نقاط نمونه‌برداری و درصد کربن آلی اندازه‌گیری شده

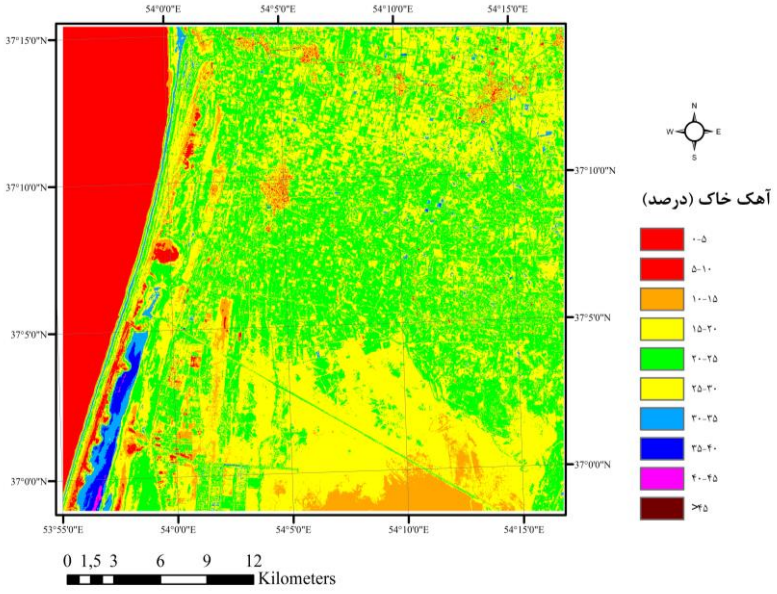
شماره نمونه	مختصات		$CaCO_3$ %	شماره نمونه	مختصات		$CaCO_3$ %
	Y	X			Y	X	
۱	۴۱۰۲۹۹۶	۲۳۳۲۶۴	۳۹/۳۷	۴۱	۴۱۱۴۹۹۶	۲۳۱۲۶۴	۵۱/۲۲
۲	۴۱۰۲۹۹۶	۲۳۴۲۶۴	۳۹/۲۴	۴۲	۴۱۱۴۹۹۶	۲۳۲۲۶۴	۱۱/۸۶
۳	۴۱۰۲۹۹۶	۲۳۵۲۶۴	۳۶/۹۵	۴۳	۴۱۱۴۹۹۶	۲۳۳۲۶۴	۳۲/۱۱
۴	۴۱۰۲۹۹۶	۲۳۶۲۶۴	۲۹/۳۰	۴۴	۴۱۱۴۹۹۶	۲۳۴۲۶۴	۲۷/۲۷
۵	۴۱۰۲۹۹۶	۲۳۷۲۶۴	۲۵/۱۰	۴۵	۴۱۱۴۹۹۶	۲۳۵۲۶۴	۴۰/۱۴
۶	۴۱۰۲۹۹۶	۲۳۸۲۶۴	۴۳/۹۶	۴۶	۴۱۱۴۹۹۶	۲۳۶۲۶۴	۴۴/۶۰
۷	۴۱۰۲۹۹۶	۲۳۹۲۶۴	۲۴/۸۴	۴۷	۴۱۱۴۹۹۶	۲۳۷۲۶۴	۳۴/۲۷
۸	۴۱۰۲۹۹۶	۲۴۰۲۶۴	۲۶/۳۷	۴۸	۴۱۱۴۹۹۶	۲۳۸۲۶۴	۱۵/۶۷
۹	۴۱۰۲۹۹۶	۲۴۱۲۶۴	۱۸/۹۸	۴۹	۴۱۱۴۹۹۶	۲۳۹۲۶۴	۲۳/۴۴
۱۰	۴۱۰۲۹۹۶	۲۴۲۲۶۴	۲۵/۸۶	۵۰	۴۱۱۴۹۹۶	۲۴۰۲۶۴	۲۵/۷۴
۱۱	۴۱۰۲۹۹۶	۲۴۳۲۶۴	۲۲/۴۲	۵۱	۴۱۱۴۹۹۶	۲۴۱۲۶۴	۲۴/۵۹
۱۲	۴۱۰۲۹۹۶	۲۴۴۲۶۴	۱۹/۶۲	۵۲	۴۱۱۴۹۹۶	۲۴۲۲۶۴	۲۶/۳۷
۱۳	۴۱۰۲۹۹۶	۲۴۵۲۶۴	۲۶/۱۲	۵۳	۴۱۱۴۹۹۶	۲۴۳۲۶۴	۳۰/۷۱
۱۴	۴۱۰۲۹۹۶	۲۴۶۲۶۴	۲۲/۴۲	۵۴	۴۱۱۴۹۹۶	۲۴۴۲۶۴	۳۰/۳۲
۱۵	۴۱۰۲۹۹۶	۲۴۷۲۶۴	۱۴/۶۵	۵۵	۴۱۱۴۹۹۶	۲۴۵۲۶۴	۲۹/۱۸
۱۶	۴۱۰۲۹۹۶	۲۴۸۲۶۴	۱۷/۷۱	۵۶	۴۱۱۴۹۹۶	۲۴۶۲۶۴	۲۷/۱۴
۱۷	۴۱۰۲۹۹۶	۲۴۹۲۶۴	۱۵/۶۷	۵۷	۴۱۱۴۹۹۶	۲۴۷۲۶۴	۲۴/۲۱
۱۸	۴۱۰۲۹۹۶	۲۵۰۲۶۴	۱۲/۳۶	۵۸	۴۱۱۴۹۹۶	۲۴۸۲۶۴	۲۲/۸۱
۱۹	۴۱۰۲۹۹۶	۲۵۱۲۶۴	۱۵/۶۷	۵۹	۴۱۱۴۹۹۶	۲۴۹۲۶۴	۲۱/۵۳
۲۰	۴۱۰۲۹۹۶	۲۵۲۲۶۴	۱۷/۰۱	۶۰	۴۱۱۴۹۹۶	۲۵۰۲۶۴	۲۳/۹۵
۲۱	۴۱۰۸۹۹۶	۲۳۲۲۶۴	۴۳/۵۸	۶۱	۴۱۲۰۹۹۶	۲۲۹۲۶۴	-
۲۲	۴۱۰۸۹۹۶	۲۳۳۲۶۴	۳۱/۶۱	۶۲	۴۱۲۰۹۹۶	۲۳۰۲۶۴	-
۲۳	۴۱۰۸۹۹۶	۲۳۴۲۶۴	۳۵/۶۸	۶۳	۴۱۲۰۹۹۶	۲۳۱۲۶۴	-
۲۴	۴۱۰۸۹۹۶	۲۳۵۲۶۴	۳۵/۴۲	۶۴	۴۱۲۰۹۹۶	۲۳۲۲۶۴	-
۲۵	۴۱۰۸۹۹۶	۲۳۶۲۶۴	۴۷/۵۳	۶۵	۴۱۲۰۹۹۶	۲۳۳۲۶۴	۳۶/۴۴
۲۶	۴۱۰۸۹۹۶	۲۳۷۲۶۴	۴۸/۰۴	۶۶	۴۱۲۰۹۹۶	۲۳۴۲۶۴	۲۸/۰۳
۲۷	۴۱۰۸۹۹۶	۲۳۸۲۶۴	۲۷/۱۴	۶۷	۴۱۲۰۹۹۶	۲۳۵۲۶۴	۴۱/۵۴
۲۸	۴۱۰۸۹۹۶	۲۳۹۲۶۴	۲۳/۶۴	۶۸	۴۱۲۰۹۹۶	۲۳۶۲۶۴	۴۰/۶۵
۲۹	۴۱۰۸۹۹۶	۲۴۰۲۶۴	۲۵/۷۴	۶۹	۴۱۲۰۹۹۶	۲۳۷۲۶۴	۳۷/۵۹
۳۰	۴۱۰۸۹۹۶	۲۴۱۲۶۴	۲۸/۱۶	۷۰	۴۱۲۰۹۹۶	۲۳۸۲۶۴	۳۳/۰۰
۳۱	۴۱۰۸۹۹۶	۲۴۲۲۶۴	۲۸/۰۳	۷۱	۴۱۲۰۹۹۶	۲۳۹۲۶۴	۲۷/۲۷
۳۲	۴۱۰۸۹۹۶	۲۴۳۲۶۴	۲۳/۹۵	۷۲	۴۱۲۰۹۹۶	۲۴۰۲۶۴	۲۲/۶۸
۳۳	۴۱۰۸۹۹۶	۲۴۴۲۶۴	۲۱/۰۲	۷۳	۴۱۲۰۹۹۶	۲۴۱۲۶۴	۲۴/۹۷
۳۴	۴۱۰۸۹۹۶	۲۴۵۲۶۴	۳۴/۳۴	۷۴	۴۱۲۰۹۹۶	۲۴۲۲۶۴	۴۱/۱۶
۳۵	۴۱۰۸۹۹۶	۲۴۶۲۶۴	۳۱/۳۴	۷۵	۴۱۲۰۹۹۶	۲۴۳۲۶۴	۲۷/۳۹
۳۶	۴۱۰۸۹۹۶	۲۴۷۲۶۴	۲۳/۴۴	۷۶	۴۱۲۰۹۹۶	۲۴۴۲۶۴	۲۷/۳۹
۳۷	۴۱۰۸۹۹۶	۲۴۸۲۶۴	۱۷/۴۵	۷۷	۴۱۲۰۹۹۶	۲۴۵۲۶۴	۲۲/۶۸
۳۸	۴۱۰۸۹۹۶	۲۴۹۲۶۴	۱۳/۳۸	۷۸	۴۱۲۰۹۹۶	۲۴۶۲۶۴	۲۶/۶۳
۳۹	۴۱۰۸۹۹۶	۲۵۰۲۶۴	۱۳/۱۲	۷۹	۴۱۲۰۹۹۶	۲۴۷۲۶۴	۳۰/۸۳
۴۰	۴۱۰۸۹۹۶	۲۵۱۲۶۴	۱۵/۸۰	۸۰	۴۱۲۰۹۹۶	۲۴۸۲۶۴	۳۳/۱۳

جدول ۲. شاخص‌های مدل رگرسیونی PLSR در برآورد کربن آلی خاک

میانگین آهک اندازه‌گیری شده (٪)	RMSE	RPD
۲۸/۰۳	۸/۲۵	۱/۱۱

خاک، از جمله محتوی آهک خاک، هرچقدر مقدار خطای جذر میانگین مربعات (RMSE)، کمتر (نزدیک‌تر به صفر) و مقدار RPD بیشتر از یک باشد، نتایج به دست آمده قابل اعتمادتر و معتبرتر خواهند بود (Castaldi و همکاران ۲۰۱۸).

شکل (۲) پراکنش آهک خاک را در منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد. مقادیر آهک برآورد شده با استفاده از این روش، عمدتا در محدوده ۲۰ تا ۳۰ درصد بود که به میانگین کل درصد آهک اندازه‌گیری شده نمونه‌ها در آزمایشگاه (۲۸/۰۳٪) نزدیکی و همخوانی قابل قبولی داشت.



شکل ۲- نقشه توزیع آهک خاک

نتیجه‌گیری

آهک یکی از کربنات‌های موجود در خاک است که میزان آن بسته به شرایط آب و هوایی و میزان آبشویی که در نتیجه بارندگی و یا آبیاری انجام می‌شود، مقادیر متفاوتی از آن می‌تواند در خاک وجود داشته باشد (حسینی، ۱۳۹۴). نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که با استفاده از مدل‌های رگرسیونی و تصاویر چندطیفی ماهواره لندست ۸، می‌توان محتوی آهک خاک را با دقت بالایی در مقایسه با نتایج آزمایشگاهی و شیمی سنجی آن، برآورد نمود. از طرفی در مناطق خشک و نیمه خشک، از جمله مناطقی با اقلیم مشابه ایران، برآورد و تخمین محتوی آهک خاک دارای جنبه‌های مدیریتی بسیار مهمی، به خصوص در زمینه تغذیه گیاهی و توصیه کودی بوده که می‌توان از این گونه روش‌ها برای تصمیم‌گیری‌های مربوط به کشت و کار و مدیریت اراضی به شکل مفیدی بهره جست. علاوه بر این، کاربرد روش‌های سنجش از دور، بسیار کم هزینه بوده و با نمونه‌برداری‌های بسیار کم و در بازه‌های زمانی کوتاه‌تر نسبت به سایر روش‌ها، می‌توان برآوردهای با دقت و صحت بالایی از مناطق نسبتا وسیع به دست آورد.

منابع

حسینی، س.ز. ۱۳۹۴. تهیه نقشه آهک خاک با استفاده از تصاویر سنجنده ASTER. همایش ملی ژئوماتیک. دوره ۲۲، ۶-۱.

Adar, S., Shkolnisky, Y. and Ben-Dor, E. 2014. Change detection of soils under small-scale laboratory conditions using imaging spectroscopy sensors. Geoderma, 216, 19-29.

Ben Dor, E., Ong, C. and Lau, I.C. 2015. Reflectance measurements of soils in the laboratory: Standards and protocols. Geoderma, 245-246, 112-124.

Bughio, M.A., Wang, P., Meng, F., Qing, C., Kuzyakov, Y., Wang, X. and Junejo, S.A. 2016. Neoformation of pedogenic carbonates by irrigation and fertilization and their contribution to carbon sequestration in soil. Geoderma, 262, 12–19.

Castaldi, F., Chabrillat, S., Jones, A., Vreys, K., Bomans, B. and Wesemael, B.V. 2018. Soil Organic Carbon Estimation in Croplands by Hyperspectral Remote APEX Data Using the LUCAS Topsoil Database. 153, 1-19.

Farifteh, J., Van der Meer, F., Atzberger, C. and Carranza. E.J.M. 2007. Quantitative analysis of salt-affected soil reflectance spectra: A comparison of two adaptive methods (PLSR and ANN). Remote Sensing Environment, 110, 59–78.

Howard, J.L., Orlicki, K.M. and LeTarte, S.M. 2016. Evaluation of some proximal sensing methods for mapping soils in urbanized terrain, Detroit, Michigan, USA. Catena, 143, 145–158.

Keskin, H., Grunwald, S. and Harris, W.G. 2019. Digital mapping of soil carbon fractions with machine learning. Geoderma, 339, 40-58.

Ninomiya, Y. and Fu, B. 2019. Thermal infrared multispectral remote sensing of lithology and mineralogy based on spectral properties of materials. Ore Geology Reviews. 108, 54-72.

Ogen, Y., Goldshleger, N. and Ben-Dor, E. 2017. 3D spectral analysis in the VNIR–SWIR spectral region as a tool for soil classification. Geoderma, 302, 100-110.

Ogen, Y., Zaluda, J., Francos, N., Goldshleger, N and Ben-Dor. E. 2019. Cluster-based spectral models for a robust assessment of soil properties. Geoderma, 340, 175-184.

Rossi, A.M. and Rabenhorst, M.C. 2019. Organic carbon dynamics in soils of Mid-Atlantic barrier island landscapes. Geoderma, 337, 1278-1290.

Zare, S., Fallah Shamsi, S.R. and Abtahi, S.A. 2019. Weakly-coupled geo-statistical mapping of soil salinity to Stepwise Multiple Linear Regression of MODIS spectral image products. Journal of African Earth Sciences, 152, 101-114.

Zhang, C., Mishra, D.R. and Pennings. S.C. 2019. Mapping salt marsh soil properties using imaging spectroscopy. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 148, 221-234.

Zamanian, K., Pustovoytov, K. and Kuzyakov, Y. 2016. Pedogenic carbonates: Forms and formation processes. Earth-Science Reviews, 157, 1-17.

16th Iranian Soil Science Congress

University of Zanjan, Iran, August 27-29, 2019

Topic for submission: Novel Technologies in Soil Science

Preparation the calcium carbonate spatial distribution map of Caspian Sea coastal land by using partial least squares regression model (PLSR)

SamieiFard[*1], R., Heidari, A.[1], Mahmoodi, S.[2], Konyushkova, M. [3]

[1] PhD Student, Soil Science Department, Faculty of Agriculture & Natural resources University of Tehran, Iran
[1] Prof., Soil Science Department, Faculty of Agriculture & Natural resources University of Tehran, Iran
[2] Prof., Soil Science Department, Faculty of Agriculture & Natural resources University of Tehran, Iran
[3] Assistant Prof., Faculty of Soil Science, Lomonosov Moscow State University Russia

Abstract

The accumulated knowledge gained over the recent years in the soil spectroscopy discipline, made this technology accessible for the mapping of soil properties using airborne and space borne platforms. Soil mapping is challenging and a thought-provoking aspect of the soil science discipline. Today, great effort is being invested in digital soil mapping (DSM) to represent soils and their properties on a large scale. Knowing the amount of lime and preparing a map of its distribution pattern in the soil plays an effective role in managing the water and soil of each country. So in order to achieve this, the use of modern remote sensing methods will be inevitable. In this research, Landsat 8 satellite image was used to produce the organic carbon distribution map and the necessary corrections were made using the ENVI 5.1 and the PLSR regression model have been done by programming in the MATLAB 2015a software. After producing the outputs, final map was extracted using ArcMap 10.4.1 software. The results of this study showed that, using regression models and Landsat 8 satellite imagery, Carbonate Calcium content of soil can be estimated with high precision compared to its chemical and experimental results.

Keywords: Carbonate Calcium, PLSR, Regression, Remote Sensing

[*] Corresponding author, Email: ramin.samiei@ut.ac.ir

شانزدهمین کنگره علوم خاک ایران

دانشگاه زنجان، ۵ تا ۷ شهریور ۱۳۹۸

محور مقاله: فناوری‌های نوین در علوم خاک

براورد میزان نیتروژن خاک در مراحل مختلف رشد براساس داده‌های طیفی (مطالعه موردی: کشت و صنعت مغان)

وحید سروی مغانلو*[۱]، حمیدرضا متین‌فر[۲]، اکبر سهرابی[۳]

[۱] دانشجوی دکتری گروه علوم ومهندسی خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان

[۲] دانشیار گروه ومهندسی خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان

[۳] استادیار گروه ومهندسی خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان

چکیده

روشهای متعارف برای تعیین عناصر خاک براساس تجزیه و تحلیل آزمایشگاهی هزینه‌بر و مستلزم صرف زمان زیاد است. استفاده از روشهای طیفی یک روش جایگزین برای تخمین محتوای عناصر خاک در کمترین زمان , با هزینه کم و با حداقل تخریب برای خاک و گیاه است. هدف از این مطالعه براورد میزان نیتروژن خاک در مراحل مختلف رشد با استفاده از داده‌های طیفی است. بدین منظور پس از انتخاب ۴۴ مزرعه اماده شده برای کشت ذرت دانه‌ای در پنج مرحله از مزارع نمونه‌برداری گردیده و علاوه بر اندازه‌گیری مشخصات فیزیکو شیمیایی خاک با استفاده از روشهای استاندارد، نمونه‌های هواخشک شده توسط دستگاه فیلداسپک ۵ طیف‌سنجی گردید. نتایج مطالعه نشان داد که رفتار طیفی نمونه خاکها در مراحل مختلف رشد به دلیل تغییرات در چرخه درونی خاک متفاوت می‌باشد. همچنین در بین مراحل مختلف رشد بیشترین دقت براورد با R^2=0.88 و PRD= 1.94 با میزان RMSE=0.011 مربوط به مرحله چهارم نمونه‌برداری (مرحله پوشش گیاهی کامل) می‌باشد. بجز مرحله سوم نمونه‌برداری که رابطه معنی‌داری بین میزان نیتروژن و رفتار طیفی خاک مشاهده نشد برای سایر مراحل نیز میزان براوردها معنی‌دار بود.

کلمات کلیدی: بازتاب طیفی، plsr، مراحل رشد، ذرت

مقدمه

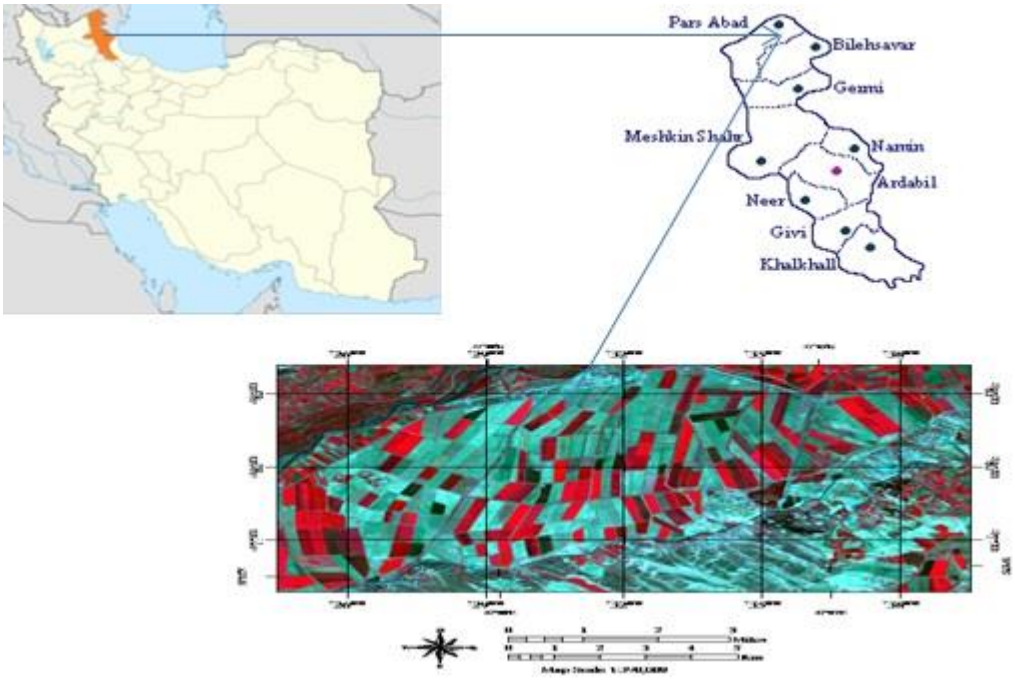
اندازه‌گیری عناصر خاک بخصوص در مراحل مختلف رشد سخت و دشوار است. روش های تصمیم گیری سنتی (روش‌های آزمایشگاهی) نمی توانند با وجود دقت آنها باتوجه به نیاز ما برای بررسی و تصمیم گیری سریع در مورد مدیریت خاک را در طول فصل کشت بخاطر وقت گیر بودن و نیاز به صرف هزینه بالای برای تامین مواد آزمایشگاهی و نیروی انسانی تامین کنند. توسعه روش های سریع و اقتصادی نظارت بر خاک برای اندازه گیری عناصر خاک برای تشخیص باروری خاک و کشاورزی دقیق و پایدار لازم است. در سال های اخیر، استفاده از تکنولوژی طیفی و سنجش از راه دور در این خصوص توسعه یافته اند (gomez و همکاران، ۲۰۰۸). استفاده از طیف‌سنجهای آزمایشگاهی، قابل حمل و همچنین تصاویر ماهواره‌ای بخصوص در بخش طیفی مادون قرمز نزدیک (NIR) و IR بدلیل غیرمخرب بودن آن، سریع بودن استخراج اطلاعات و پایین بودن هزینه مقرون به صرفه می‌باشد (Viscarra Rossel & Hicks, 2015). نتایج مطالعات زیادی نشان داده است که مدلهای استخراجی از این طریق از دقت پیش بینی بالایی برخوردار بوده و قادرند تا ۸۰ درصد تغییرات را توجیه کنند (Chang, Laird, Mausbach, & Hurburgh., 2001; Islam, Singh & McBratney, 2003; Mouazen, Kuang, De Baerdemaeker & Ramon, 2010). از جمله مطالعات صورت گرفته در این زمینه می‌توان به مطالعه Morellos و همکاران (۲۰۱۶) اشاره کرد، نتایج این مطالعه نشان داد که روش PLSR برای تجزیه و تحلیل داده‌های طیفی با ضریب تبیین بالای ۰/۷ از قابلیت بالایی برای پیش بینی میزان نیتروژن، کربن برخوردار بودند. هدف ما در این مطالعه براورد میزان نیتروژن خاک در مراحل مختلف رشد با استفاده از داده‌های طیفی فیلداسپک با استفاده از روش PLSR می‌باشد.

مواد و روش‌ها

* ایمیل نویسنده مسئول: matinfar44@gmail.com

منطقه مورد مطالعه در این پروژه کشت و صنعت مغان در شهرستان پارس‌آباد در شمال استان اردبیل می‌باشد. این شهرستان در قسمت شمالی جلگه مغان قرار گرفته و با مساحت ۱۵۵۴ کیلومترمربع، شمالی‌ترین شهرستان استان می‌باشد. از لحاظ موقعیت جغرافیایی بین ۳۹ درجه، ۲۰ دقیقه تا ۳۹ درجه و ۴۲ دقیقه عرض شمالی و ۴۷ درجه و ۳۰ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۱۰ دقیقه طول شرقی از نصف النهار گرینویچ واقع شده و از سطح

دریا بطور متوسط ۴۵ متر ارتفاع دارد. بمنظور بررسی روند تغییرات میزان نیتروژن خاک در مراحل مختلف رشد با استفاده از طیف‌سنج ازمایشگاهی ۴۴ مزرعه که برای کشت ذرت بذری و دانه‌ای انتخاب شده بودند ابتدا با استفاده از دستگاه GPS تعیین موقعیت شدند. سپس در مراحل مختلف نمونه-برداری که عبارت بودند از: ۱- مرحله قبل از کشت ۲- مرحله رشد چهار برگی ۳- مرحله رشد هشت برگی ۴- مرحله پوشش گیاهی کامل ۵- مرحله بعد از برداشت ، در این مراحل نمونه‌های خاکی مرکب از هر مزرعه تهیه گردید. پس از عملیات هواخشک و الک کردن نمونه‌ها خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک شامل: فسفر قابل استفاده خاک به روش اولسن، نیتروژن کل خاک به روش کجلدال، پتاسیم در عصاره استات آمونیوم، کربن آلی خاک به روش والکی بلاک، EC خاک به روش عصاره‌گیری گل اشباع، بافت خاک و درصد ذرات تشکیل دهنده خاک به روش هیدرومتری اندازه‌گیری شد.
جهت تهیه بازتاب طیفی نمونه‌ها از دستگاه Field Spec 5 ساخت شرکت ASD آمریکا استفاده شد. بازتاب مطلق نمونه‌ها در دامنه ۳۵۰-۲۵۰۰ نانومتر با درجه وضوح یک نانومتر ثبت شدند. بدین منظور نمونه‌های هواخشک در یک پتری دیش با قطر ۱۰ سانتی‌متر و عمق یک سانتی متر قرار داده شدند. منبع نور یک لامپ تنگستن هالوژن کوارتز بود که داخل محفظه نوری سنجده نگه‌داری می‌شد. نور از فاصله ۲۰ سانتی متری با زاویه ۲۰ درجه نسبت به عمود به هر نمونه تابانده شد و بازتاب از طریق یک چشمی فایبراپتیک که بطور عمودی با فاصله ۱۵ سانتی‌متری در بالای پتری‌دیش قرار داشت ثبت شد. بمنظور کاهش خطا حاصل از شرایط محیطی درحین طیف‌سنجی از هر نمونه خاک ۵ اسکن تهیه گردید و در محاسبات از میانگین آنها استفاده شد.
برای پردازش طیفها از نرم افزار UNSCRAMBLE X استفاده شد، قبل از پرداز ش و تجزیه و تحلیل طیفها با استفاده از روشهای پیش پردازش نویزهای موجود در داده‌های طیفی اصلاح گردید و سپس با استفاده از روش رگرسیون حداقل مربعات جزئی (PLSR) داده‌های طیفی بمنظور براورد میزان نیتروژن خاک در مراحل مختلف رشد تجزیه و تحلیل شدند (wold و همکاران،۲۰۰۱).



شکل ۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه (کشت وصنعت مغان)

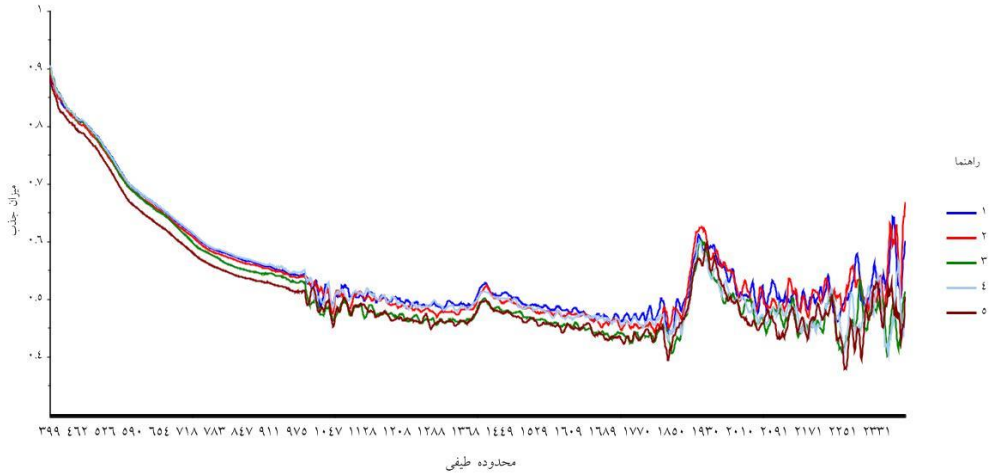
نتایج و بحث

بررسی خصوصیات خاک نشان می‌دهد در مورد برخی خصوصیات از جمله بافت خاک، PH و میزان کربن آلی اختلاف معنی‌داری و انحراف معیار کمتری بین نمونه‌های خاکی مزارع مختلف و مراحل مختلف نمونه‌برداری وجود دارد. در حالیکه در مورد برخی از فاکتورها از جمله نیتروژن، فسفر و پتاسیم خاک تغییرات بین نمونه خاکهای مزارع مختلف و حتی مراحل مختلف نمونه‌برداری بالاست (جدول ۱). از دلایل موثر در این زمینه می‌توان به مصرف کودهای شیمیایی، مصرف بالای این عناصر توسط گیاهو آبشویی این عناصر طی عملیات آبیاری اشاره کرد. برای مثال مرحله سوم نمونه برداری زمانی انجام گرفت که ۵ روز قبل مصرف آن کود اوره انجام گرفته بود.

خصوصیات خاک	میانگین	میانه	انحراف معیار	حداقل	حداکثر	چولگی
EC(ds/m)	۱/۳۷	۱/۳۸۵	۰/۳۱	۰/۸۵	۲/۰۸	۰/۲۹
PH	۷/۸۹	۷/۹۱	۰/۱۹	۷/۲۵	۸/۲	-۲/۷۳
Total NITROGHEN	۰/۱۳۶	۰/۱۳	۰/۰۴۱	۰/۲۲	۰/۱۱	۰/۴۹
%Sand	۴۷/۰۶	۴۷/۸۵	۳/۹۷	۲۸/۷	۵۰/۴	-۳/۶۷
%clay	۱۷/۷۸	۱۷/۶	۳/۸۲	۸/۱	۳۰/۱	۰/۶۱
%silt	۳۵/۱۹	۳۴/۳۵	۵/۷۵	۲۰/۳	۵۳/۷	۰/۶۸
Organic carbon	۱/۲۸	۱/۲۳	۰/۰۹	۱/۱	۱/۸۴	۱/۵۶
Total p(mg/kg)	۱۸/۴۶	۱۸/۸۵	۲/۲۸	۱۴	۲۲/۱	-۰/۲۹
K^+(mg/kg)	۴۰۸/۳۲	۴۰۲	۲۹/۵۹	۳۴۳	۴۵۶	-۰/۰۱

جدول ۱. آمار توصیفی خواص خاک اندازه گیری شده در ۴۴ نمونه خاک در این مطالعه

بررسی رفتار جذب طیفی نمونه‌های خاک در مراحل مختلف نمونه برداری نشان می‌دهد که رفتار طیفها در مراحل مختلف رشد نسبت به همدیگر دارای اختلافاتی هستند که بیانگر متغییر بودن رفتار طیفی خاکها در مراحل مختلف نمونه برداری می‌باشد(شکل ۲).

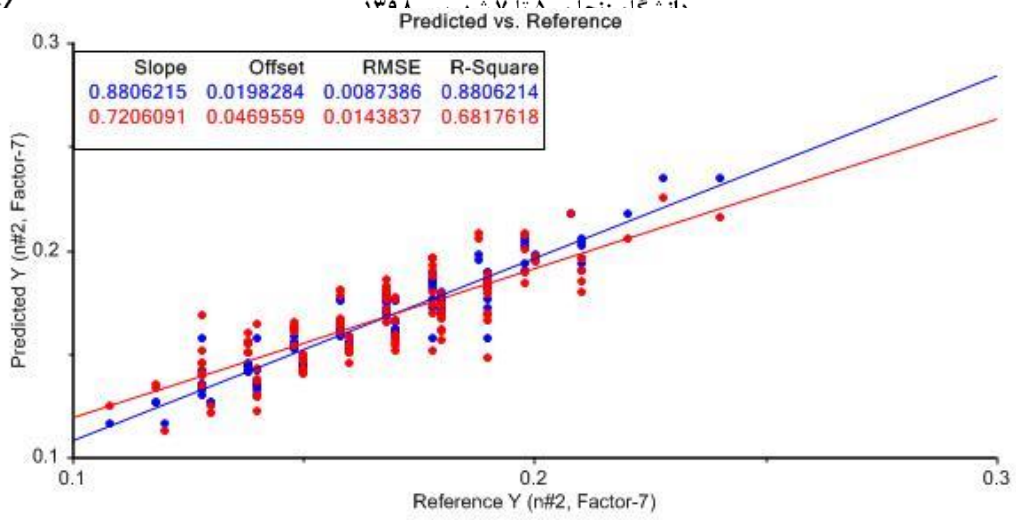


شکل ۲) نمودار جذب طیفی نمونه خاک شماره ۳۴ در مراحل پنج‌گانه نمونه برداری

بمنظور تعیین بازه طیفی موثر در پیش بینی میزان نیتروژن خاک تجزیه و تحلیل های طیفی توسط روش PLSR در سه بازه طیفی ۷۰۰-۴۰۰ نانومتر، ۱۱۰۰-۷۰۰ و ۲۵۰۰-۱۱۰۰ ناومتر و هم چنین یک برآورد نیز در کل بازه طیفی یعنی ۲۵۰۰-۳۵۰ نانومتر انجام گرفت . نتایج (جدول ۲) نشان داد که بیشترین دقت براورد در بازه طیفی ۱۱۰۰-۷۰۰ نانومتر بود بجز در مرحله چهارم نمونه‌برداری که اولا هم میزان براورد معنی‌دار نبود و ثانیا بیشترین دقت براورد مربوط به بازه طیفی یعنی ۲۵۰۰-۱۱۰۰ نانومتر بود. همانطور که از نتایج ذکر شده در جدول قابل فهم هست ، بیشترین مقدار R^2 با میزان ۰/۸۸ مربوط به مرحله پوشش گیاهی کامل هست و در این مرحله میزان PRD=1.94 می‌باشد. که بیانگر دقت بالای پیش بینی میزان نیتروژن در این مرحله می‌باشد چراکه هرچه میزان PRD نزدیک ۲ باشد، دقت براورد از قابلیت اعتماد بالایی برخوردار هست.

جدول ۲) نتایج اعتبار سنجی داخلی براوردهای طیف بینی مرئی-فروسرخ با روش PLSR در مراحل مختلف نمونه‌برداری برای براورد میزان نیتروژن خاک

ردیف	زمان نمونه برداری	محدوده طیفی	R^2کالیبراسیون	RMSE	R^2 اعتبارسنجی	RMSECV	PRD	BIAS
۱	قبل از کشت (مرحله خاکورزی)	۷۰۰-۱۱۰۰	۰/۸۷	۰/۰۰۷	۰/۶	۰/۰۱۴	۱/۸۷	۰
۲	مرحله چهار برگی	۷۰۰-۱۱۰۰	۰/۸۶	۰/۰۰۸	۰/۴۴	۰/۰۱۴	۱/۷۸	۰
۳	مرحله هشت برگی	۱۱۰۰-۲۵۰۰	۰/۴۹	۰/۱۳۲	۰/۰۴	۰/۱۸۳	۱/۲	۰
۴	مرحله پوشش گیاهی کامل	۷۰۰-۱۱۰۰	۰/.۸۸	۰/۰۱۱	۰/۶۷	۰/۰۱۶	۱/۹۴	۰
۵	مرحله بعد از برداشت	۷۰۰-۱۱۰۰	۰/۸۷	۰/۰۱۲	۰/۴۴	۰/۰۱۸	۱/۹۳	۰



شکل ۳. رابطه بین میزان نیتروژن پیش بینی شده و نیتروژن اندازه گیری شده در محدوده های طیفی ۱۱۰۰-۷۰۰ نانومتر در مرحله چهارم نمونه برداری

نتیجه‌گیری

روشهای طیف‌سنجی و تجزیه و تحلیل آن با روش PLSR براساس نتایج این مطالعه و مطالعات مشابه یک ابزار مفید برای پیش‌بینی میزان عناصر خاک در زمانها و مکانهای مختلف در سریعترین زمان ممکن می‌باشد. به دلیل ارتباط تنگاتنگ بین خصوصیات شیمیایی خاک از جمله کربن، نیتروژن و بافت خاک و نقش آنها در رفتار جذب و انعکاس طیفهای مختلف نور از منبع طبیعی یا آزمایشگاهی، استفاده از رفتار طیفی خاک یک ابزار مفید برای پیش بینی خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک و حتی خصوصیات بیولوژیکی خاک باشد. نتایج استفاده از داده‌های طیفی پایه نظری و پشتیبانی فنی برای تخمین مقادیر عناصر خاک با استفاده از طیف های قابل مشاهده / مادون قرمز را فراهم می کند. این مدل های برآورد باید قبل از درخواست وسیع تر برای مشاهده اکوسیستم خاک، مورد بررسی بیشتر قرار گرفته و عملیتهای لازم برای بهینه‌سازی نتایج استخراجی صورت گیرد.

منابع

Viscarra Rossel, R. A., & Hicks, W. S. (2015). Soil organic carbon and its fractions estimated by visibleenear infrared transfer functions. European Journal of Soil Science, 66(3), 438-450.

Morellos, A., Pantazi, X.E., Moshou, D., Whetton, R and Mouazen, A.M. 2016. Machine learning based prediction of soil total nitrogen, organic carbon and moisture content by using VIS-NIR spectroscopy. b i o s y s t ems e n g i n e e r i n g , 34(5), 1-13.

Islam, K., Singh, B., & McBratney, A. B. (2003). Simultaneous estimation of various soil properties by ultra-violet, visible and near-infrared reflectance spectroscopy. Australian Journal of Soil Research, 41, 1101-1114.

Mouazen, A. M., Karoui, R., De Baerdemaeker, J., & Ramon, H. (2006). Characterization of soil water content using measured visible and near infrared spectra. Soil Science Society of America Journal, 70, 1295-1302.

Gomez, C., Viscarra-Rossel, R.A., McBratney, A.B., 2008. Soil organic carbon prediction by hyperspectral remote sensing and field VIS–NIR spectroscopy: an Australian case study. Geoderma 146 (3–4), 403–411.

He, Y., Huang, M., Garcia, A., Hernandez, A., Song, H., 2007. Prediction of soil macronutrients content using near-infrared spectroscopy. Comput. Electron. Agric. 58 (2), 144–153.

Wold, S., M. Sjostrom and L. Eriksson. 2001. PLS-regression: a basic tool of chemometrics. Chemometrics and Intelligent LaboratorySystems,58:109–130.

16th Iranian Soil Science Congress

University of Zanjan, Iran, August 27-29, 2019

Topic for submission: Novel Technologies in Soil Science

Estimation of soil nitroghen at different growth stages of the plant Based on Spectral Data (case study: moghan agro-industry)

Vahid Sarvi[1] , Hamid Reza Matinfar[2], akbar sohrabi[3]

[1] PHD Student, Soil Science Department, Faculty of Agriculture University of lorestan, Iran

[2] Associate Prof., Soil Science Department, Faculty of Agriculture University of lorestan, Iran

[3] Assistant Prof., Soil Science Department, Faculty of Agriculture University of lorestan, Iran

Abstract

Conventional methods for soil element content determination based on laboratory analyses are costly and timeconsuming. A soil reflectance spectrum is an alternative approach for soil element content estimation with the advantage of being rapid, non-destructive, and cost effective.The purpose of this study was to estimate the amount of nitrogen in the soil at different stages of growth using spectral data. Therefore, in order to select the farm after 44 prepared for the cultivation of corn in five stages of sampling, and farms in addition to measuring the specifications of the application physic-chemical using the standard method, the sample is air-dry by fieldspect5 spectroscopy devices. The results of the study showed that the spectral behavior of soil samples in different stages of growth is different due to changes in the inner cycle of soil. Also, among the different growth stages, the highest estimation accuracy was obtained with R2 = 0.88 and PRD = 1.94 with a RMSE = 0.011 for the fourth stage of sampling (complete vegetation stage). Except for the third step, sampling that did not show a meaningful relationship between nitrogen content and soil spectral behavior of soil for other steps.

Keywords:Spectral reflection, PLSR, growth stages, corn.

شانزدهمین کنگره علوم خاک ایران

دانشگاه زنجان، ۵ تا ۷ شهریور ۱۳۹۸

محور مقاله: فناوری‌های نوین در علوم خاک

کمی سازی و تهیه نقشه تغییرات زیست‌توده گیاهی تحت مدیریت‌های مختلف خاک با استفاده از سنجش از راه دور

محمدصادق عسکری[۱*] و تیم مکارتی[۲]

[۱] استادیار گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان

[۲] استادیار دانشگاه ملی ایرلند، مینوت

چکیده

هدف از این تحقیق ارزیابی کارآیی تصویر برداری چند طیفی به منظور کمی سازی و تهیه نقشه میزان زیست توده گیاهان علوفه‌ای در سطوح مختلف مدیریت حاصلخیزی خاک است. این مطالعه در کشور ایرلند در دو مقیاس با استفاده از داده‌های مربوط به ۶۴ پلات و ۵۳ مزرعه تحقیقاتی انجام شد. تصویربرداری با استفاده از یک پهپاد از سطح مزارع و پلات‌ها انجام شد. مدل‌های برآورد طیفی زیست‌توده گیاهی با استفاده از دو روش رگرسیون حداقل مربعات جزئی و رگرسیون چند متغیره تهیه و مورد ارزیابی قرار گرفت. نهایتا تغییرات مکانی زیست‌توده گیاهی در پلات‌ها و مزارع به صورت نقشه‌های رقومی تهیه شد. هر دو روش رگرسیونی استفاده شده کارایی لازم را برای برآورد زیست‌توده گیاهی داشتند. روش رگرسیون حداقل مربعات جزئی نسبت به رگرسیون چند متغیره دقت بالاتری در این پژوهش داشت. مقدار زیست‌توده گیاهی با استفاده از سنجش از راه دور هوایی با دقت بالایی(R^2>0.7 , RPD >2) قابل برآورد بود. نتایج نشان داد تکنیک سنجش از دور می‌تواند به عنوان یک ابزار سریع و دقیق به منظور ارزیابی کمی تاثیر روش‌های مدیریتی بر میزان تولید گیاهان علوفه‌ای استفاده شود.

کلمات کلیدی: : سنجش از راه دور، کیفیت تولیدات گیاهی، تصاویر چند طیفی، اراضی کشاورزی

مقدمه

کشت گیاهان علوفه‌ای و تولیدات دامی از مهمترین تولیدات کشاورزی در کشور ایرلند است. مدیریت خاک در این اراضی از عوامل تاثیرگذار بر کمیت و کیفیت علوفه تولیدی است که نقش مهمی در پایداری تولیدات دامی دارد (Askari و همکاران ۲۰۱۸). تغییرات زمانی و مکانی مقدار زیست‌توده گیاهان علوفه‌ای که معمولا بصورت مقدار ماده خشک تولید شده در یک هکتار توصیف می‌شود، از چالش‌های مهم در نظارت و مدیریت اراضی کشاورزی در این کشور محسوب می‌شود (Sibanda و همکاران ۲۰۱۵). تنوع در نوع خاک، نوع گونه‌های گیاهی و مدیریت اراضی از مهمترین دلایل این تغییرات در دوره رشد گیاه می‌باشند (Schut و همکاران ۲۰۰۲). به منظور ارزیابی این تغییرات، حجم زیادی از داده‌های فصلی مورد نیاز است. روش‌های متداول ارزیابی مقدار تولید زیست‌توده بر اساس روش‌های آزمایشگاهی بوده که روش‌های زمانبر و گرانی هستند. بنابراین تهیه یک روش سریع و دقیق به منظور مدل‌سازی زمانی و مکانی تغییرات زیست توده تولیدی اهمیت زیادی در مدیریت پایدار مزارع تولید علوفه دارد.

طی سه دهه گذشته تصویربرداری و تکنیک‌های سنجش از راه دور قابلیت بالایی به عنوان یک روش جایگزین مناسب برای بسیاری از روش‌های متداول مزرعه‌ای و آزمایشگاهی نشان داده‌اند (Wachendorf و همکاران ۲۰۱۸). با توجه به مقیاس مطالعه هر دو روش سنجش از دور فضایی (استفاده از تصاویر ماهواره‌ای) و سنجش از دور هوایی (تصاویر تهیه شده با استفاده از هواپیما و پهپاد) این قابلیت را دارند که به منظور بررسی میزان زیست‌توده گیاهی استفاده شوند. تصاویر ماهواره‌ای با توجه به مساحتی از اراضی که پوشش می‌دهند، می‌توانند جهت ارزیابی سطح وسیعی از اراضی استفاده شوند، اما دقت مکانی آنها معمولا محدودیت‌هایی برای ارزیابی دقیق روش‌های مدیریتی در مقیاس مزرعه‌ای ایجاد می‌کند (Wu and Li, 2009). برای بررسی تغییرات درون‌مزرعه‌ای ویژگی‌های گیاهی در طول یک دوره رشد، تصاویری با دقت مکانی و زمانی بالا مورد نیاز هستند. پوشش‌های ابری و خطاهای اتمسفری از موارد دیگر محدود کننده استفاده از تصاویر ماهواره‌ای محسوب می‌شوند. تصحیحات اتمسفری و استفاده از تکنیک تصویربرداری با استفاده از پهپادها به منظور غلبه بر این مشکلات پیشنهاد شده‌اند (Jia و همکارن ۲۰۱۳). باوجود پیشرفت‌های قابل توجه در تکنیک‌های تصویر برداری، کارایی این تکنیک در برآورد میزان تولید زیست‌توده گیاهی و بررسی تغییرات آن در مدیریت‌های مختلف مشخص نیست. توسعه یک چهارچوب مناسب به منظور نظارت و تهیه نقشه‌های تغییرات مکانی میزان تولید در یک مزرعه با استفاده از تکنیک‌های سنجش از راه دور می‌تواند یک روش مناسب به منظور ارزیابی نزدیک به زمان واقعی از سامانه‌های مدیریتی در اختیار مدیران و کاربران اراضی قرار دهد.

* ایمیل نویسنده مسئول: askari@znu.ac.ir

هدف اصلی این تحقیق ارزیابی کارایی تصویربرداری چند طیفی و استفاده از پهپاد به منظور برآورد میزان تولید زیست‌توده گیاهی در یک مزرعه تحت مدیریت‌های مختلف خاک است. برای این منظور موثرترین طول‌موج‌ها در برآورد مقدار ماده خشک علوفه تولیدی شناسایی شد و توانایی دو روش رگرسیون حداقل مربعات جزئی (PLSR)[1] و رگرسیون چند متغیره (MLR)[2] در برآورد بایومس تولیدی مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال‌های ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ در مزرعه تحقیقاتی مور پارک (Moorepark Research Centre) از مزارع مرکز تحقیقات کشاورزی کشور ایرلند انجام شد. منطقه مورد مطالعه دارای متوسط بارندگی ۱۰۱۶ میلیمتر و متوسط تغییرات دمایی ۵ تا ۲۰ درجه سانتی‌گراد در طول سال است. برای تهیه نمونه‌های گیاهی از ۶۴ پلات با اندازه ۵ متر در ۱/۵ متر و ۵۳ مزرعه تحقیقاتی که با سطوح مختلف کود نیتروژن مدیریت می شوند، استفاده شد. در این مزارعه ترکیبی از شبدر سفید (Trifolium repens) و ری‌گرس (perennial ryegrass) با نسبت ۳۰ درصدی شبدر کشت می‌شود. تصاویر چند طیفی با استفاد از سنجنده سکویا (Sequoia) از سطح پلات‌ها و مزارع (شکل ۱) در تاریخ‌های ۹۶/۹/۲۵-۹۶/۳/۲۲-۹۶/۵/۲-۹۶/۵/۳۰-۹۶/۶/۲۷-۹۷/۱/۳۱-۹۷/۴/۲۰ تهیه شد. تصاویر با استفاده از یک پهپاد با سرعت ۲ متر در ثانیه از ارتفاع ۳۰ متری از سطح پلات‌ها و از ارتفاع ۱۲۰ متری از سطح مزارع تحقیقاتی تهیه شد. تصاویر تهیه شده دارای ۷۵ درصد همپوشانی هستند. نمونه‌های گیاهی با ارتفاع ۴ سانتی‌متر از سطح پلات‌ها و مزرعه‌ها بعد از تصویربرداری با استفاده از یک دستگاه برداشت علوفه (Etesia UK Ltd) جمع‌آوری شد. مقدار بایومس گیاهی تولیدی با استفاده از روش توضیح داده شده توسط McEvoy و همکاران (۲۰۱۱) مورد بررسی قرار گرفت.

پردازش تصاویر

قبل از تهیه مدل‌های طیفی، تصحیحات هندسی و رادیومتریک بر روی تصاویر انجام شد. ۲۱ شاخص طیفی که در منابع به عنوان شاخص-های مناسب برای ارزیابی ویژگی‌های گیاهی پیشنهاد شده بودند محاسبه شدند. این شاخص‌ها شامل:

Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), Green Normalized Difference Vegetation Index (GNDVI,), Normalized Difference Red-Edge (NDRE), Soil Adjusted Vegetation Index (SAVI), Modified Triangle Vegetation Index (MTVI), Modified Chlorophyll Absorption Ratio Index (MCAR), Leaf Chlorophyll Index (LCI), MERIS Terrestrial Chlorophyll Index (MTCI), Nitrogen Reflectance index (NRI), Red-edge Chlorophyll Index (CI-RedEdge), Green Chlorophyll Index(CI-Green), Non Linear Index(NLI), Modified Non Linear Index (MNLI) and seven ratio vegetation index (NIR/Red - NIR/RedEdg - Red/Green - NIR/Green - Green/Red - Red/NIR - RedEdg/NIR (Hollberg and Schellberg, 2017).

[1] Partial least square regression
[2] Multilinear regression

- شکل ۱: منطقه مورد مطالعه، مرزهای قرمز مزارع مطالعه شده در سال ۱۳۹۶ و مرزهای آبی مزارع مطالعه شده در سال ۱۳۹۷ و مرزهای سیاه پلات های مطالعه شده را نشان می دهد.

تهیه و ارزیابی مدل‌های طیفی

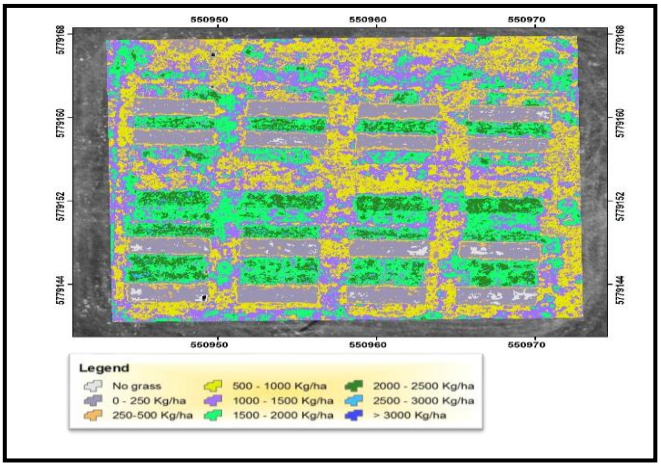
مدل‌های طیفی با استفاده از ۱۲۶ نمونه تهیه شده در سال‌های ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ محاسبه شد. ۷۰ درصد از نمونه‌ها (۸۹ نمونه) به منظور واسنجی مدل‌ها و ۳۰ درصد (۳۷ نمونه) برای اعتبارسنجی مدل‌های استفاده شدند. رگرسیون مربعات جزئی با روش cross-validation و با استفاده از ۱۰ عامل بالقوه انجام شد. مهمترین باندها و شاخص‌های طیفی با استفاده از آزمون عدم قطعیت مارتینز (Martens' Uncertainty Test) شناسایی شدند (Martens and Martens, 2000). مدل‌های محاسبه شده با استفاده از آماره‌های ضریب تبیین (R^2)، ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE) و درصد انحراف نسبی (RPD) ارزیابی شد. مدل PLSR در محیط نرم افزار Unscambler (version X10.4.1; CAMO software) و مدل MLR در محیط نرم افزار SPSS (SPSS vr 21 Inc.) تهیه شد.

نتایج و بحث

بر طبق تحقیق انجام شده توسط Askari و همکاران (۲۰۱۸) مدل‌های طیفی در سه کلاس با دقت عالی (RPD≥2.5 و R^2≥0.8)، دقت خوب (R^2≥0.7 و 2≤RPD≤2.5)، دقت متوسط (R^2≥0.6 و 1.5≤RPD≤2) و مدل‌های با دقت ضعیف (R^2< 0.6 وRPD <1.5) تقسیم شدند. نتایج مدل‌های طیفی در جدول ۱ ارائه شده است. بطور کلی با استفاده از روش PLSR مدل‌های با دقت خوب و با استفاده از روش MLR مدل‌های با دقت متوسط برای برآورد مقدار تولید زیست‌توده گیاهی بدست آمد. باند مادون‌قرمز و شاخص‌های MCAR, MTVI, MNLI, CI-green و نسبت باند سبز به قرمز به عنوان مهمترین باند و شاخص‌های طیفی برای برآورد مقدار ماده خشک علوفه با استفاده از روش PLSR شناسایی شد. این شاخص‌ها ترکیبی از باندهای با طول موج‌های در محدوده سبز، قرمز و مادون قرمز هستند. شاخص‌های طیفی که معمولا ترکیبی از دو یا چند باند هستند معمولا نسبت به یک باند مجزا در برآورد ویژگی‌های بیوشیمیایی گیاهان موثرترند (Bannari و همکاران ۱۹۹۵). استفاده از شاخص‌های طیفی باعث کاهش نویز زمینه (Background noise) و افزایش دقت مدل‌های تولیدی می‌شود (Helman و همکاران ۲۰۱۴). در روش MLR مهمترین باند و شاخص شناسایی شده به منظور برآورد مقدار تولید بایومس، باند حاشیه قرمز (RedEdge) و نسبت باند مادون‌قرمز (NIR) به باند سبز بودند. در توافق با این یافته‌ها، Lugassi و همکاران (۲۰۱۹) اهمیت طول موج‌های محدوده مادون قرمز و حاشیه قرمز در برآورد ویژگی‌های زیست توده گیاهی را نشان دادند. افزایش جذب نیتروژن توسط گیاه بر افزایش رشد سبزینگی و مقدار کلروفیل گیاهی تاثیرگذار است که می‌تواند بر کاهش بازتابش در محدوده طول موج‌های مرئی به ویژه طول موج‌های محدوده قرمز و سبز تاثیرگذار باشد (Bassegio و همکاران ۲۰۱۳). علاوه بر این افزایش جذب نیتروژن باعث افزایش بازتاب بافت‌های گیاهی در محدوده مادون قرمز و محدوده حاشیه قرمز می‌شود (Ouyang و همکاران ۲۰۱۲). با استفاده از تکنیک‌های سنجش از راه دور تغییرات ویژگی‌های گیاهی درون یک مزرعه و بررسی روش‌های مدیریتی بر آن امکان پذیر است (شکل ۲).

جدول ۱. نتایج مدل‌های طیفی برآورد شده

روش مدل‌سازی	RPD	نوع مدل	R^2	RMSE
PLSR	۲/۱۴	برازش	۰/۸۳	۱۸۲
		واسنجی	۰/۷۸	۲۱۵
MLR	۱/۹۴	برازش	۰/۸۲	۱۸۹
		واسنجی	۰/۷۶	۲۲۶



شکل ۲- نقشه توزیع مکانی مقدار زیست‌توده تولیدی از سطح پلات‌های مطالعاتی که با استفاده از تصاویر ثبت شده در تاریخ۹۶/۳/۲۲ تهیه شد.

نتیجه‌گیری

این تحقیق نشان داد که طول موج‌های محدوده مادون قرمز و حاشیه قرمز مهمترین محدوده طول موج برای برآورد میزان تولید زیست‌توده گیاهی هستند. ترکیبی از طول موج‌های حاشیه قرمز، قرمز و سبز (MCAR) مهمترین شاخص طیفی برای برآورد ماده خشک علوفه تولیدی شناسایی شد. مدل‌های ایجاد شده با استفاده از PLSR دقت بالاتری نسبت به مدل‌های ایجاد شده با استفاده از MLR داشتند. استفاده از تصویر برداری هوایی و پهپادها می‌تواند یک روش سریع و دقیق را به منظور ارزیابی تاثیر روش‌های مدیریتی بر کیفیت علوفه تولیدی و بررسی تغییرات فضایی و زمانی ویژگی‌های گیاهی در یک مزرعه فراهم کند.

منابع:

Askari, M.S., O'Rourke, S.M., Holden, N.M., 2018. A comparison of point and imaging visible-near infrared spectroscopyfor determining soil organic carbon. Journal of Near Infrared Spectroscopy 26(2), 133-146.

Bannari, A., Morin, D., Bonn, F., Huete, A.R., 1995. A review of vegetation indices. Remote Sensing Reviews 13(1-2), 95-120.

Bassegio, D., Santos, R.F., de Oliveira, E., Wernecke, I., Secco, D., de Souza, S.N.M., 2013. Effect of nitrogen fertilization and cutting age on yield of tropical forage plants. African Journal of Agricultural Research 8(16), 1427-1432.

Helman, D., Mussery, A., Lensky, I.M., Leu, S., 2014. Detecting changes in biomass productivity in a different land management regimes in drylands using satellite-derived vegetation index. Soil Use and Management 30(1), 32-39.

Hollberg, J., Schellberg, J., 2017. Distinguishing Intensity Levels of Grassland Fertilization Using Vegetation Indices. Remote Sensing 9(1), 81.

Jia, Z.L., Lu, X.P., Zheng, F.J., Zang, W.Q., Liu, Q.C., 2013. Research on atmospheric correction and surface reflectance inversion of UAV (Unmanned Aerial Vehicle) remote sensing data, Applied Mechanics and Materials. Trans Tech Publ, pp. 1485-1488.

Lugassi, R., Zaady, E., Goldshleger, N., Shoshany, M., Chudnovsky, A., 2019. Spatial and Temporal Monitoring of Pasture Ecological Quality: Sentinel-2-Based Estimation of Crude Protein and Neutral Detergent Fiber Contents. Remote Sensing 11(7), 799.

Martens, H., Martens, M., 2000. Modified Jack-knife estimation of parameter uncertainty in bilinear modelling by partial least squares regression (PLSR). Food Quality and Preference 11(1), 5-16.

McEvoy, M., O'Donovan, M., Shalloo, L., 2011. Development and application of an economic ranking index for perennial ryegrass cultivars. Journal of Dairy Science 94(3), 1627-1639.

Ouyang, W., Hao, F., Skidmore, A.K., Groen, T.A., Toxopeus, A.G., Wang, T., 2012. Integration of multi-sensor data to assess grassland dynamics in a Yellow River sub-watershed. Ecological Indicators 18, 163-170.

Schut, A.G.T., Ketelaars, J.J.M.H., Meuleman, J., Kornet, J.G., Lokhorst, C., 2002. AE—Automation and Emerging Technologies: Novel Imaging Spectroscopy for Grass Sward Characterization. Biosystems Engineering 82(2), 131-141.

Sibanda, M., Mutanga, O., Rouget, M., 2015. Examining the potential of Sentinel-2 MSI spectral resolution in quantifying above ground biomass across different fertilizer treatments. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing 110, 55-65.

Wachendorf, M., Fricke, T., Möckel, T., 2018. Remote sensing as a tool to assess botanical composition, structure, quantity and quality of temperate grasslands. Grass and Forage Science 73(1), 1-14.

Wu, H., Li, Z.-L., 2009. Scale issues in remote sensing: a review on analysis, processing and modeling. Sensors (Basel, Switzerland) 9(3), 1768-1793.

16th Iranian Soil Science Congress

University of Zanjan, Iran, August 27-29, 2019

Topic for submission: Novel Technologies in Soil Science

Quantification and mapping plant biomass variations under different soil management using remote sensing

Askari[*1], M.S., MCarthey[2], T.,

[1] Assistant Prof., Soil Science Department, Faculty of Agriculture University of Zanjan, Iran
[2] Assistant Prof., National University of Ireland, Maynooth, Ireland

Abstract

The objective of this study was to evaluate the efficiency of multispectral imaging for quantifying and mapping plant biomass under different levels of soil fertility management. The experiment was conducted in Ireland at two scales using data from 64 plots and 53 paddocks. Multispectral imagery was done using an Unmanned Aircraft Vehicle (UAV) over plots and paddocks. Biomass prediction models were developed and assessed using partial least squares regression (PLSR) and stepwise multi-linear regression (MLR). Eventually, the spatial distribution of grass biomass over plots and paddocks were mapped to assess the within-field variability of grass quality metrics. Both PLSR and MLR were robust enough to be used for spectral modelling of plant biomass. PLSR yielded a better model than MLR. Above ground plant was estimated accurately (RPD >2, R^2>0.7). The result demonstrates that remote sensing technique can be used as a rapid and reliable approach for quantitative assessment of the impact of management operations on fresh forage quality.

Keywords: soil management, plant production quality, multispectral images, agricultural lands.

[*] Corresponding author, Email: askari@znu.ac.ir

شانزدهمین کنگره علوم خاک ایران

دانشگاه زنجان، ۵ تا ۷ شهریور ۱۳۹۸

محور مقاله: فناوری های نوین در علوم خاک

مطالعه عملکرد روش‌های آماری و کریجینگ در برآورد تغییرات شوری خاک

لاله پرویز[۱*]، رضا احدی[۲]، فاطمه سید میلانی[۳]

[۱] استادیار دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان

[۲و۳] دانشجوی کارشناسی دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان

چکیده

برآورد تغییرات شوری خاک به‌عنوان عامل کاهنده رشد و عملکرد گیاهان زراعی در برنامه‌ریزی و مدیریت کشاورزی مساله مهمی بشمار می-رود. در این تحقیق از دو رویکرد رگرسیون خطی (براساس طول و عرض جغرافیایی مناطق نمونه‌برداری شده) و درون‌یابی(کریجینگ) در برآورد شوری خاک استفاده شد. به این منظور ۴۰ نمونه خاک سطحی دربخش‌هایی از مناطق جنوبی استان آذربایجان‌شرقی جمع‌آوری شد. اندازه‌گیری شوری نمونه-های خاک براساس مقادیر هدایت الکتریکی عصاره نسبت ۱:۱ خاک به آب بود. مدل نیم‌تغییرنمای مورد استفاده در روش کریجینگ، کروی است. تغییرات کمینه و بیشینه مقدار شوری در نقاط مختلف مراغه بوده است. مقایسه دو رویکرد رگرسیونی و کریجینگ در دوره صحت‌سنجی (براساس اطلاعات ۱۱ نقطه از کل داده‌ها با هدف پراکنش مکانی نقاط انتخابی) بیانگر کاهش ۱۰ درصد میانگین خطای نسبی و ۲۸ درصد نسبت میانگین هندسی خطا با روش کریجینگ بود. بنابراین کریجینگ نسبت به تحلیل رگرسیون از دقت بالایی در برآورد تغییرات شوری منطقه برخوردار است.

کلمات کلیدی: رویکرد، کریجینگ، شوری، رگرسیون

مقدمه

شوری خاک از مخاطراتی است که بویژه خاک‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک را تحت تاثیر قرار می‌دهد. ۲۰ درصد از زمین‌های دنیا بطور میانگین از پدیده شوری تاثیر می‌پذیرند. در برخی کشورها مانند ایران، مصر و آرژانتین سرعت شور شدن زمین‌ها بیشتر از سایر کشورها است. حدود ۱۲ درصد مساحت ایران برای تولید کشاورزی استفاده می‌شود که حدود ۵۰ درصد آن به درجه‌های مختلف مشکل شوری، سدیمی یا غرقابی را دارد (دائم‌پناه و همکاران، ۱۳۹۰). در این میان برآورد تغییرات مکانی شوری خاک از اهمیت چشمگیری برخوردار است که براساس نتایج استخراجی تصمیمات دقیق در مکان‌های مختلف گرفته خواهد شد. ارزانی و همکاران (۱۳۹۷) قابلیت روش‌های زمین‌آماری مختلف را در تهیه نقشه شوری خاک سطحی در قسمت‌هایی از دشت میامی در استان سمنان مورد بررسی قرار دادند. نتایج بیانگر این مطلب بود که روش کریجینگ با میانگین مطلق خطا ۲/۲۹ از دقت بالاتری نسبت به سایر روش‌های میانیابی برخوردار بود. نظری و همکاران (۱۳۹۶) به بررسی تغییرات شوری بخشی از اراضی ترکمن صحرا پرداختند و در این تحقیق از دو روش زمین‌آماری (کریجینگ معمولی و کوکریجینگ) و ۴ روش جبری (عکس فاصله، تابع شعاعی، تخمین‌گر عام و تخمینگر موضعی) در برآورد شوری در اعماق ۰-۵۰، ۵۰-۱۰۰، ۱۰۰-۱۵۰ سانتیمتری استفاده شد. در طی دوره ۳۷ ساله مدیریت و بهره‌برداری از منابع آب و خاک منجر به افزایش شوری شده است، به‌عنوان نمونه از ۱۳۵۵ تا ۱۳۹۲ درصد اراضی با شوری بیش از ۳۲ دسی زیمنس بر متر، ۳۶/۲۷ درصد افزایش داشته است. سواری و همکاران (۱۳۹۵) به بررسی توانایی روش‌های مختلف کریجینگ در پهنه‌بندی شوری خاک در شهرستان اهواز پرداختند. تعداد ۶۹ نمونه خاک از عمق صفر تا ۱۰ سانتی‌متری سطح خاک برداشته شد و اندازه‌گیری شوری براساس مقادیر هدایت الکتریکی عصاره نسبت ۱:۱ خاک به آب در نمونه‌ها بود. روش‌های زمین‌آماری مورد استفاده شامل کریجینگ معمولی، لاگ نرمال کریجینگ و کریجینگ شاخص بود. لاگ کریجینگ و کریجینگ عام دارای بیشترین مقدار ضریب تبیین بودند. سلیمانی ساردو و همکاران (۱۳۹۵) کارایی روش‌های درون‌یابی را در تخمین شوری و اسدیته دربخش درودزن استان فارس مورد بررسی قرار دادند. در این تحقیق ۴۸ پروفیل در ۱۵ دهستان حفر شد و نمونه‌برداری‌ها مربوط به عمق ۰-۳۰ بودند. روش‌های مورداستفاده درون‌یابی شامل معکوس فاصله وزنی، چند جمله‌ای عام، چند جمله‌ای موضعی، تابع شعاع محور و کریجینگ بود. روش کریجینگ در مدل گوسن و معکوس فاصله با توان یک به ترتیب بیشترین دقت را در برآورد شوری داشتند. Rama Subramoniam و همکاران (۲۰۱۱) به تخمین خصوصیات خاک از جمله شوری و اسدیته با استفاده از تکنیک‌های کریجینگ، سنجش از دور و GIS در منطقه‌ای در هند با تعداد ۳۸۰ نقطه نمونه‌برداری پرداختند. نتایج امکان بکارگیری روش‌های کریجینگ را در تهیه نقشه شوری خاک نشان دادند. در تحقیق Fourati و همکاران (۲۰۱۷) نیز بیان شد که کریجینگ عملکرد قابل قبولی را جهت شناسایی و طبقه‌بندی خاک‌های شور در منطقه مورد مطالعه داشت. هدف از

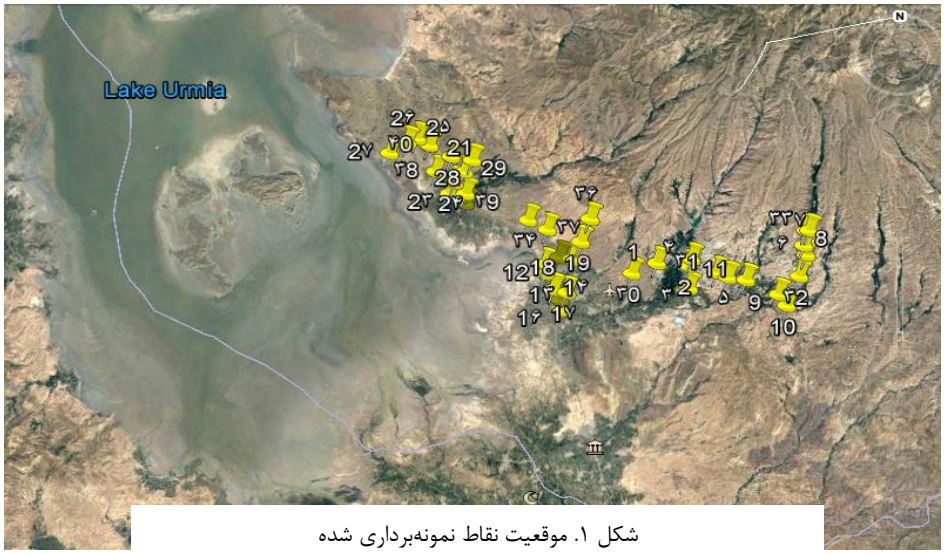
* ایمیل نویسنده مسئول: laleh_parviz@yahoo.com

پژوهش بررسی عملکرد دو رویکرد رگرسیونی و زمین آمار در برآورد شوری خاک می‌باشد. تعداد ۴۰ نمونه خاک در بخش‌هایی از مناطق جنوبی استان آذربایجان شرقی (بخش‌هایی از بناب، مراغه و عجب شیر) گردآوردی و هدایت الکتریکی نمونه‌ها با نسبت ۱:۱ اندازه‌گیری شد. روش زمین آماری مورد استفاده کریجینگ معمولی بود.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

نمونه‌برداری از خاک مربوط به برخی از مناطق جنوبی استان آذربایجان‌شرقی (بخش‌های از شهرستان‌های بناب، مراغه و عجب‌شیر) می‌باشد که با استفاده از GPS اطلاعات مربوط به طول، عرض جغرافیایی و ارتفاع از سطح دریا در ۴۰ نقطه ثبت شد. موقعیت مکانی نقاط نمونه‌برداری شده در شکل ۱ آورده شده است. هدایت الکتریکی (EC) نمونه‌ها بعد از انتقال به آزمایشگاه و تهیه عصاره بدست آمدند.



شکل ۱. موقعیت نقاط نمونه‌برداری شده

کریجینگ

کریجینگ یکی از روش‌های ساده برای تعیین مقدار یک پارامتر در نقطه‌ای بدون اندازه‌گیری می‌باشد. کریجینگ از روش‌های زمین‌آماری جهت درون‌یابی داده‌ها برپایه واریانس فضایی آنها است به طوری‌که واریانس فضایی تابعی از فاصله می‌باشد. یکی از انواع کریجینگ، کریجینگ معمولی است که محاسبات روش در رابطه (۱) نشان داده شده است (متکان و همکاران، ۱۳۸۶).

$$Z^*(X_i) = \sum_{i=11}^{n} w_i . Z_i(X_i) \qquad (۱)$$

Z^* : مقدار برآورد شده، w_i: وزن نمونه، n : تعداد نمونه‌ها.

تخمین‌های کریجینگ بصورت مجموع وزن‌دار شده غلظت نمونه‌های مجاور محاسبه می‌شود. در این روش برای هریک از ایستگاه‌های درونی و بیرونی یک پهنه براساس فاصله و موقعیت آن وزن آماری مشخصی در نظر گرفته می‌شود به گونه‌ای که واریانس کمترین مقدار شود (سلیمانی ساردو و همکاران، ۱۳۹۵). فرضیه این روش بر این اساس است که فاصله و جهت بین نقاط نمونه بر روی همبستگی مکانی تاثیر می‌گذارد. این روش وقتی بهترین کارایی را دارد که از وجود همبستگی فاصله‌ای یا چولگی جهتی داده‌ها آگاه بود (فاطمی قیری و یزدان پناه، ۱۳۹۱).

معیارهای ارزیابی دو روش

در این تحقیق از دو معیار نسبت میانگین هندسی خطا (GMER[1]) و میانگین خطای نسبی (MARE[2]) جهت مقایسه دو روش استفاده شد که روابط در ادامه آورده شده است.

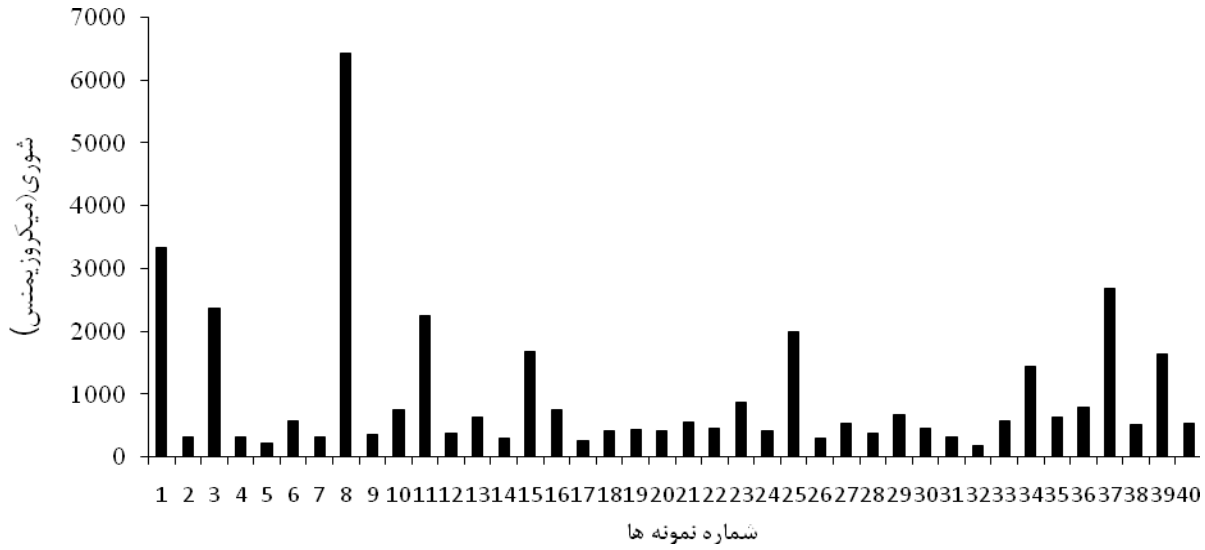
$$GMER = \exp[\frac{1}{n}\sum \ln(\frac{S_i}{O_i})] \quad (۲)$$

$$MARE = \frac{\sum_{i=1}^{N}\left|\frac{O_i - S_i}{O_i}\right|}{n} \quad (۳)$$

O_i: مقادیر مشاهداتی، S_i: مقادیر شبیه‌سازی، n: تعداد داده‌ها.

نتایج و بحث

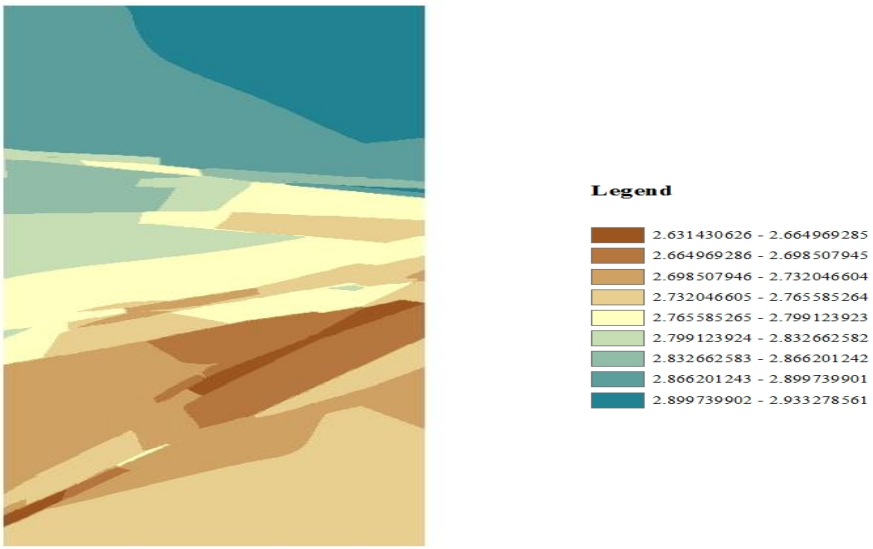
نمونه‌برداری از خاک در ۴۰ نقطه انجام گرفت که هدف در نظر گرفتن پراکنش مکانی نقاط در حد امکان بوده است، سپس مقدار EC نمونه-های جمع‌آوری شده حاصل شدند. سپس براساس دمای قرائت شده و اختلاف این دما با دمای کالیبره هدایت‌سنج، تصحیح حرارتی مقادیر EC نمونه‌ها انجام گرفت. تغییرات مکانی شوری در نمونه‌های خاک در نمودار شکل ۲ نشان داده شده است.



شکل ۲- تغییرات مکانی میزان شوری در نمونه‌های خاک

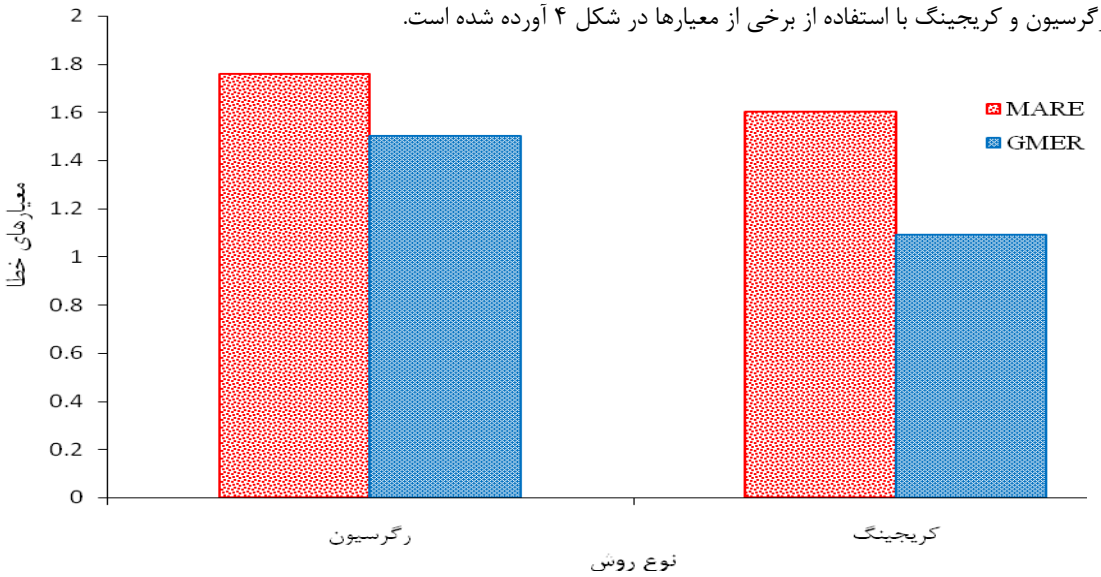
با توجه به شکل ۲، بیشترین مقدار شوری در شهرستان مراغه (سرگیزه) با مقدار ۶۴۳۴/۵ میکرو زیمنس و سپس مراغه (بوستان بسیج) با مقدار ۳۳۳۳/۳۳ میکرو زیمنس و کمترین در شهرستان مراغه (مردق) با مقدار ۱۸۳/۹۹ میکرو زیمنس بوده است. دو رویکرد رگرسیون و زمین آمار جهت برآورد شوری خاک در نقاط فاقد آمار استفاده شد. در زمین آمار از روش کریجینگ معمولی استفاده شد. پیش زمینه استفاده از کریجینگ نرمال سازی داده‌ها می‌باشد که در این تحقیق داده‌ها نرمال نبودند که با لگاریتم‌گیری نرمال شدند و با نرم افزار SPSS17 کنترل شدند. نتایج حاصل از درون‌یابی نقاط نمونه‌برداری شده با روش کریجینگ در شکل ۳ آورده شده است.

[1] Geometric Mean Error Ratio
[2] Mean Absolute Relative Error



شکل ۳- پهنه‌بندی شوری خاک در منطقه مورد مطالعه با روش کریجینگ

روش درون‌یابی کریجینگ براساس انتخاب ۲۹ نقطه اجرا شد. سپس صحت‌سنجی روش برای ۱۱ نقطه بعدی در نظر گرفته شده است. در رگرسیون متغیرهای مستقل شامل طول و عرض جغرافیایی بود. تعداد ۲۹ نقطه جهت واسنجی و بقیه نقاط جهت صحت‌سنجی در نظر گرفته شدند. نتایج مقایسه روش‌های رگرسیون و کریجینگ با استفاده از برخی از معیارها در شکل ۴ آورده شده است.



شکل ۴- مقایسه دو روش براساس معیارهای ارزیابی

با توجه به مقادیر معیارهای ارزیابی، کمترین مقدار خطاها مربوط به روش کریجینگ بود. کارایی روش کریجینگ در برآورد توزیع مکانی شوری توسط بسیاری از محققین به اثبات رسیده است از جمله Fourati و همکاران (۲۰۱۷)، ارزانی و همکاران (۱۳۹۷)، Subramoniam و همکاران (۲۰۱۱). در روش‌های کریجینگ به مقادیر کمتر وزن بیشتری داده می‌شود به طوری که داده‌های اولیه تا حدودی تعدیل می‌شوند و داده‌های با فراوانی کم دارای

اهمیت می‌شوند. در نتیجه این روش‌ها در از بین بردن اثرات لبه و کمتر کردن مقادیر بیشینه و کمینه شیوه‌های قابل قبولی می‌باشند (متکان و همکاران، ۱۳۸۶). با روش‌های درون‌یابی در علم زمین آمار می‌توان تحلیل آماری و پیش‌بینی را در مکان‌های مختلف براساس موقعیت مکانی و جغرافیایی پدیده‌ها تحلیل نمود. کریجینگ از مدل‌های دقیقی می‌باشد که در تهیه نقشه‌های هم ارزش بکار می‌رود. این روش فاقد خطای سیستماتیک بوده و در برآوردها دارای کمینه واریانس است و دارای رتبه ویژه‌ای در میان‌یابی می‌باشد (میر موسوی و همکاران، ۱۳۸۹).

نتیجه‌گیری کلی

در این تحقیق از دو رویکرد رگرسیون و کریجینگ جهت تعیین مقادیر شوری خاک استفاده شد. متغیرهای مستقل روش رگرسیون طول و عرض جغرافیایی و مدل مورد استفاده درون‌یابی، کروی بود. پراکنش مکانی در مورد مقادیر شوری خاک در منطقه مورد مطالعه کاملا مشاهده شد. روش کریجینگ در مقایسه با روش رگرسیون با استفاده از معیارهای ارزیابی دارای دقت قابل قبولی بود. بنابراین ساختار ریاضی روش و متغیرهای حاکم از اهمیت چشمگیری در مدلسازی برخوردار است. از نکات قابل قبول روش کریجینگ می‌توان به برآوردهای دقیق در ارتباط با وزن‌ها اشاره کرد که منجر به تخمین با کارایی بالا می‌شود. بررسی روش کریجینگ با سایر مدل‌ها جهت بررسی افزایش عملکرد برآورد شوری توصیه می‌شود.

منابع

ارزانی، ع.، علی پور، زرین تاج.، تقی پور، ف. اخیانی، ا. ۱۳۹۷. بررسی و مقایسه روش های مختلف زمین آمار در تهیه نقشه شوری خاک (مطالعه موردی در دشت میامی). فصلنامه علمی-پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان ایران، ۲۵(۲): ۳۳۴-۳۲۴.

دائم پناه، ر.، حق نیا، غ.، علیزاده، ا. و کریمی کارویه، ع. ۱۳۹۰. تهیه نقشه شوری و سدیمی خاک سطحی با روش های دور سنجی و زمین آماری در جنوب شهرستان مه ولات. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، ۲۵(۳): ۵۰۸-۴۹۸.

سواری، ز. حجتی، س. و تقی زاده مهرجردی، ر. ۱۳۹۵. ارزیابی توانایی روش های مختلف کریجینگ در پهنه بندی شوری خاک ئذ شهرستان اهواز. نشریه علوم آب و خاک (علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی)، ۲۰(۷۷): ۱۴۳-۱۲۷.

سلیمانی ساردو، ا.، مقصود، ف. و دماوندی، ع. ۱۳۹۵. ارزیابی کارایی روش های درون یابی برای تخمین PH و EC خاک (مطالعه موردی: بخش درودزن در استان فارس). سنجش از دور و GIS ایران، ۸(۳): ۹۰-۷۷.

فاطمی قیری، س. و یزدان پناه،ح. ۱۳۹۱. ارزیابی روش های مختلف میان یابی به منظور برآورد داده های بارش استان اصفهان. فصلنامه علمی-پژوهشی فضای جغرافیایی، ۱۲(۴۰): ۶۳-۴۶.

متکان، ع.، شکیبا، ع. و یزدانی، آ. ۱۳۸۶. ارزیابی روش های مختلف درون یابی به منظور تخمین بارندگی روزانه مطالعه موردی: استان فارس. فصلنامه جغرافیایی سرزمین، ۴(۱۳): ۶۸-۵۴.

میر موسوی، س.ح.، مزیدی، ا. وخسروی، ی. ۱۳۸۹. تعیین بهترین روش زمین آمار جهت تخمین توزیع بارندگی با استفاده از GIS (مطالعه موردی: استان اصفهان). مجله علمی- پژوهشی جغرافیایی، ۱۰(۳۰): ۱۲۰-۱۰۵.

نظری، پ.، محمودی، ش. و پذیرا، ا. ۱۳۹۶. بررسی تغییرات شوری بخشی از اراضی ترکمن صحرا با بهره گیری از روش های میان یابی. نشریه حفاظ منابع آب و خاک، ۶(۳): ۹۸-۸۹.

Fourati, H.T., Bouaziz, M., Benzina,M. and Bouaziz, S. 2017. Detection of terrain indices related to soil salinity and mapping salt-affected soils using remote sensing and geostatistical techniques. Environ Monit Asseess,189,176-177.

Rama Subramoniam, S., Bera A.K. and Sharma J.R. 2011. Estimating Variograms of Soil Salinity Properties by Kriging, Remote Sensing and GIS Techniques in Indira Gandhi Nahar Pariyojana Irrigation Command of Rajasthan, India.Annals of Arid Zone, 50 (2), 93-97.

16th Iranian Soil Science Congress

University of Zanjan, Iran, August 27-29, 2019

Topic for submission: Novel Technologies in Soil Science

Study the performance of statistical and kriging methods for estimation of soil salinity variations

Parviz[*1], L., Ahadi[2], R., Seyed Milani, F[3]

[1] Assistant Professor, Faculty of Agriculture, Azarbaijan Shahid Madani University, Tabriz, Iran

[2,3] B.Sc Student, Faculty of Agriculture, Azarbaijan Shahid Madani University, Tabriz, Iran

Abstract

Soil salinity variations estimation as a reduction factor in the crops growth and yield is an important issue in agricultural planning and management. In this research, two approaches; linear regression (basis on the latitude and longitude of the sampled points) and interpolation (kriging) have been used to estimate soil salinity. In this regard, 40 soil samples are gathered from some parts of the southern province of East Azarbaijan. The salinity measurements were based on the electrical conductivity values of the 1: 1 soil: water extracts. The used semivariogram model of Kriging method was spherical. The minimum and maximum values of soil salinity were in different places of Maragheh. The comparison of regression and kriging approaches in the validation period (basis on the information of 11 points from all sample points with aim of spatial distribution of selected) indicated the decreasing of 10% mean absolute relative error and 28% geometric mean error ratio with kriging method. Therefore, kriging rather to regression analysis had a high degree of accuracy for estimation of soil salinity variation in the study area.

Keywords: Approaches, Kriging, Salinity, Regression.

[*] Corresponding author, Email: laleh_parviz@yahoo.com

شانزدهمین کنگره علوم خاک ایران

دانشگاه زنجان، ۵ تا ۷ شهریور ۱۳۹۸

محور مقاله: فناوری‌های نوین در علوم خاک

تاثیر کود گاوی و بیوچار حاصل از آن بر جزء بندی فسفر معدنی خاک

صفورا ناهیدان[1*]، مشهید قاسم زاده[2]

[1] استادیار گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه همدان

[2] دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه همدان

چکیده

استفاده از کودها و بهسازهای آلی می تواند نقش موثری در افزایش فراهمی عناصر غذایی چون فسفر داشته باشد. یکی از بهسازهای آلی که اخیرا جنبه های استفاده از آن بر دسترسی عناصر غذایی مورد توجه بسیاری از پژوهشگران قرار گرفته است، بیوچار می باشد. هدف از پژوهش اخیر بررسی اثر کود گاوی و بیوچار حاصل از آن بر بر اجزای فسفر معدنی یک خاک آهکی بوده است. در این پژوهش از لایه ۰ تا ۱۵ سانتی‌متری یک خاک کشاورزی در روستای حیدره در استان همدان نمونه‌برداری شد. نمونه خاک با مقادیر ۰، ۱، ۲ و ۵ درصد کود گاوی و بیوچار آن تیمار شدند. کاربرد بهسازهای کود گاوی و بیوچار آن اجزای فسفر معدنی را نسبت به شاهد افزایش داد. اکثر اجزای فسفر در تیمارهای دارای بیوچار بیشتر از تیمارهای دارای کود گاوی بود. بیشترین تاثیر بهسازها بر فسفر معدنی محلول و تبادلی و کمترین تاثیر آن ها بر فسفر پیوند یافته با کلسیم بود. به طور کلی بیوچار کود گاوی می‌تواند با تغییر شکل های فسفر به ویژه افزایش شکل محلول و تبادلی آن در افزایش فراهمی فسفر در خاک موثر و کارآمد باشد.

کلمات کلیدی: کود گاوی، بیوچار کود گاوی، جزء بندی فسفر معدنی

مقدمه

ساخت و تولید مواد غذایی سالم یکی از احتیاجات ضروری انسان ها می باشد، که برای رسیدن به این هدف نیاز به استفاده از روش های نوینی است که نه تنها پاسخگوی رشد جمعیت باشد، بلکه کیفیت محصولات تولید شده نیز بهبود یافته و یا حفظ شود. فسفر یکی از عناصر ضروری برای رشد گیاهان است که کمبود آن در خاک بازدهی محصولات را محدود می‌کند. در خاک‌های آهکی به دلیل کربنات کلسیم بالا و ماده آلی کم و پی اچ بالا، تحرک فسفر در خاک کم شده و جذب آن نیز برای گیاه کاهش می‌یابد (Marchetti and Castelli,2013). از طرف دیگر هنگام کاربرد کودهای شیمیایی بخش قابل ملاحظه ای از فسفر به شکل ترکیب‌های نامحلول در خاک تثبیت می‌گردد. بنابراین استفاده ازراهکارهایی جهت افزایش فراهمی این عنصر ضروری است (Jin و همکاران، ۲۰۱۶). استفاده از کودها و بهسازهای آلی بویژه در خاک های مناطق خشک و نیمه خشک که مقدار ماده آلی کمی دارند ، می‌تواند نقش موثری در افزایش فراهمی این عنصر داشته باشد. یکی از بهسازهای آلی که اخیرا جنبه‌های استفاده از آن مورد توجه بسیاری از پژوهشگران قرار گرفته است، بیوچار یا زغال زیستی می‌باشد. بیوچار یک محصول غنی از کربن است که در اثر تجزیه حرارتی (پیرولیز) زیست‌توده‌های گوناگون مانند چوب، کود دامی، ضایعات کشاورزی و غیره در شرایط بدون اکسیژن یا اکسیژن کم حاصل می‌شود (Lehmann and Joseph, 2015). بیوچار ماده‌ای متخلخل با سطح ویژه بالاست که استفاده از آن جهت بهبود ویژگی‌های فیزیکی خاک، کاهش انتشار گازهای گلخانه ای و افزایش ترسیب کربن توصیه گردیده است (Khan و همکاران، ۲۰۱۳). از مهم‌ترین جنبه‌های کاربرد بیوچار، کاربرد آن به عنوان یک بهساز جهت افزایش فراهمی عناصر غذایی خاک از جمله فسفر می باشد. از بیوچار کودهای دامی در مقایسه با بیوچار بقایای گیاهی به عنوان منبعی غنی از فسفر محلول یاد شده است. بیوچار می‌تواند از طریق جذب کاتیون‌های خاک، تعدیل پ‌هاش و بهبود ساختمان خاک، حلالیت فسفر خاک را افزایش دهد (Jin و همکاران، ۲۰۱۶) . همچنین مطالعات گذشته نشان داده‌اند که افزودنی‌های آلی چون کود آلی و بیوچار می‌توانند فراهمی فسفر را با تاثیر بر بخش بندی فسفر تحت تاثیر قرار دهند (Eduah و همکاران، ۲۰۱۷؛ Gichangi و همکاران، ۲۰۰۹). با وجود این، مطالعات در زمینه چگونگی تاثیر بیوچار بر بخش‌بندی فسفر در خاک‌های آهکی منطقه خشک و نیمه خشک اندک می باشد. بنابراین این مطالعه با هدف بررسی تاثیر کود گاوی و بیوچار حاصل از آن بر جزء بندی فسفر معدنی یک خاک آهکی انجام گردید.

* ایمیل نویسنده مسئول: s.nahidan@basu.ac.ir

مواد و روش‌ها

نمونه برداری خاک از عمق ۰-۱۵ سانتی متری یک خاک زراعی در روستای حیدره در استان همدان انجام گردید. پس از هوا خشک شدن، مقداری از خاک به منظور انجام آزمایشات عمومی از الک ۲ میلی متر عبور داده شد. خاک دارای بافت لوم سیلتی بود. همچنین این خاک دارای کربنات کلسیم ۱۱/۳۴ درصد، کربن آلی ۰/۶۸ درصد، پهاش ۷/۴۶، هدایت الکتریکی ۰/۱ دسی زمینس بر متر، فسفر فراهم ۱۵ میلی گرم بر کیلوگرم و فسفر کل ۱۲۵۳/۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود.

بیوچار از مرکز رشد دانشگاه شهید چمران اهواز تهیه شد. بدین منظور مقدار مشخصی کود گاوی (هواخشک و گذرانده شده از الک ۲ میلی متر) در شرایط بدون اکسیژن در کوره الکتریکی به مدت ۸ ساعت در دمای ۴۵۰ درجه سانتیگراد پیرولیز گردید (Lehman and Josef, 2009). برای محاسبه عملکرد ساخت زغال زیستی، وزن بیوچار بر وزن کود گاوی بخش گردید که برابر با ۳۰ درصد بود. برای محاسبه مقدار خاکستر کود و بیوچار، مقدار مشخصی از آن‌ها برای ۸ ساعت در کوره الکتریکی در دمای ۵۰۰ درجه سلسیوس گذاشته شد (Song and Gu, 2012). سپس وزن خاکستر بر وزن نخست کود و زغال زیستی بخش گردید تا میزان درصد خاکستر بدست آید. برخی از ویژگی های کود و بیوچار در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱- برخی از ویژگی‌های کود گاوی و بیوچار آن

ویژگی ها	واحد	کود گاوی	بیوچار کود گاوی
کربن آلی	٪	۳۴/۵	۲۳/۳
pH	-	۷/۸	۹/۴
EC	$dS\ m^{-1}$	۳/۹۶	۴/۰۶
فسفر کل	$mg\ kg^{-1}$	۷۴۷۲/۱	۹۶۹۵/۶
خاکستر		۴۱	۶۰

جهت آماده سازی نمونه های خاک، ۲/۵ کیلوگرم خاک عبور داده شده از الک ۴ میلی‌متری با سطوح ۱، ۲ و ۵ درصد وزنی کود گاوی یا بیوچار آن تیمار گردید. تیمار شاهد نیز بدون اضافه کردن هیچگونه بهساز در نظر گرفته شد. خاک ها به رطوبت ۷۰ درصد ظرفیت زراعی رسانده شد. سپس تیمارها (۷ تیمار هر کدام در سه تکرار) در دمای آزمایشگاه و رطوبت ثابت به مدت ۳۰ روز انکوباسیون شدند.

توزیع فسفر در اجزای مختلف خاک های تیمار شده با استفاده از روش Hu و همکاران (۲۰۰۵) بررسی شد. برای بدست آوردن جزءهای مختلف فسفرمعدنی، نیم گرم خاک وزن و در لوله‌های سانتریفیوژ ریخته شد و سپس ۲۵ میلی لیتر از عصاره گیرهای کربنات سدیم ۰/۵ مولار، هیدروکسید سدیم ۰/۱ مولار، اسید هیدروکلرید ۱ مولار و مخلوط اسید سولفوریک و هیپوکلریک غلیظ به طور متوالی در طی ۴ مرحله به نمونه‌ها اضافه شد و پس از گذشت ۱۶ ساعت زمان تعادل و تکان دادن مداوم برای هر مرحله، نمونه‌ها جهت عصاره‌گیری به مدت ۱۰ دقیقه در ۳۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شدند. در نهایت غلظت فسفر در عصاره‌های تهیه شده به روش رنگ سنجی اندازه گیری شد.

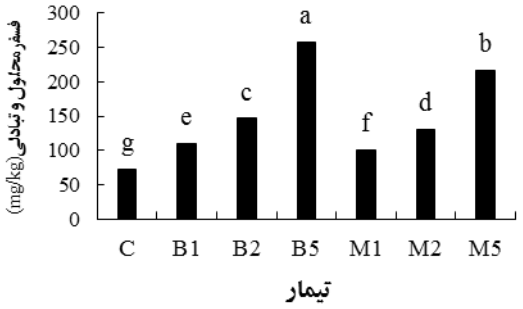
این آزمایش بر پایه طرح کاملاً تصادفی انجام شد. رسم نمودارها با استفاده از نرم افزار اکسل Excel، تحلیلهای آماری داده‌ها با استفاده از نرم افزار SPSS و مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

جزء محلول و تبادلی

بیشترین غلظت فسفر محلول و تبادلی در تیمار ۵٪ بیوچار با مقدار ۲۵۸/۰۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم و کمترین غلظت آن در تیمار شاهد با مقدار ۷۲/۵۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم مشاهده شد. با افزایش مقدار کاربرد بهسازها در خاک، فسفر محلول و تبادلی نسبت به شاهد افزایش یافت که این افزایش در تیمارهای دارای بیوچار بیشتر از تیمارهای دارای کود گاوی بود (شکل ۱). Gichangi و همکاران (۲۰۰۹) دریک انکوباسیون ۱۲ هفته‌ای با

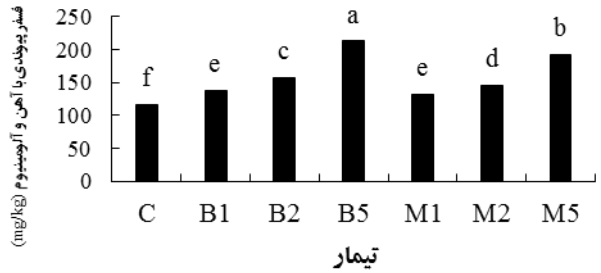
به کار بردن کود سوپر فسفات تریپل در ۵ سطح ۰ ، ۹۰ ،۱۸۰ ،۲۷۰ و ۳۶۰ کیلوگرم در هکتار و به کار بردن کود بز در دو سطح ۰ و ۲۰ تن در هکتار مشاهده کردند که تمامی جزءهای معدنی فسفر در خاک افزایش یافت اما بیشترین افزایش را زمانی که کود بز اضافه گردید مشاهده کردند. Eduah و همکاران (۲۰۱۷) در یک انکوباسیون ۶۵ روزه با تیمار کردن دو خاک اسیدی و یک خاک قلیایی با اندازه ۱٪ بیوچار ساخته شده از ساقه ذرت و برنج در دماهای ۳۰۰ ، ۴۵۰ و۶۵۰ درجه سانتی گراد مشاهده کردند که غلظت فسفر تبادلی در خاک زیاد شد که این جزء از فسفر معدنی غلظت فسفر قابل دسترس برای گیاه را نیز افزایش خواهد داد. هر چه دمای پیرولیز کمتر بود این جزء از فسفر معدنی دارای تفاوت معنادار بیشتری نسبت به سایرین بود. نتایج پژوهش اخیر همچنین نشان داد که مقدار فسفر محلول و تبادلی تیمارهای دارای بیوچار کود گاوی بیشتر از کود گاوی بود. این مسئله می‌تواند به مقدار فسفر کل بیشتر موجود در بیوچار در مقایسه با کود گاوی نسبت داده شود که با گذشت زمان ۳۰ روز مقدار فسفر این جزء را افزایش داده است. مطالعات گذشته نیز نشان می‌دهد که بیوچار کردن ماده خام می‌تواند منجر به افزایش مقدار کل عناصر معدنی مثل فسفر در بیوچار گردد (Xu و همکاران، ۲۰۱۸).



شکل۱- تاثیر نوع و اندازه بهساز بر فسفر محلول و تبادلی (C:شاهد B1 :بیوچار ۱٪ B2:بیوچار ۲٪ B5:بیوچار۵٪ M1 :کود ۱٪ M2% :کود ۲٪ M5% :کود ۵٪).
حروف مشابه نشان دهنده نبود تفاوت معنادار در سطح احتمال ۵ درصد براساس آزمون LSD می‌باشد.

جزء پیوند شده با آهن و آلومینیوم

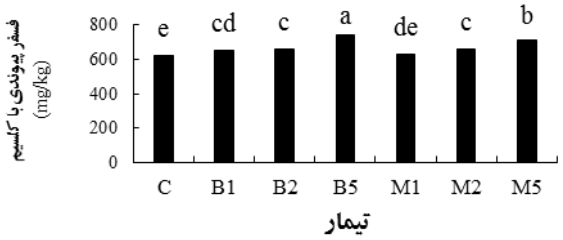
بیشترین غلظت فسفر پیوندی با آهن و آلومینیوم در تیمار ۵٪ بیوچار با مقدار ۲۱۳/۱۷ میلی گرم بر کیلوگرم و کمترین مقدار آن در شاهد با مقدار ۱۱۷/۰۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم مشاهده شد. با افزایش سطح کاربرد بهسازها در خاک فسفر پیوندی با آهن و آلومینیوم نسبت به شاهد افزایش یافت، که این افزایش در تیمارهای دارای ۵٪ بیوچار بیشترتر از ۵٪ کود گاوی بود (شکل ۲). فسفات آلومینیم بعد از آپاتیت و اکتاکلسیم فسفات در اکثر خاکهای آهکی فراوانترین شکل فسفر و اندازه آن نیز عمدتاً چندین برابر فسفات آهن می‌باشد. با اضافه شدن فسفر از طریق بهساز افزوده شده به خاک به واسطه تعادلی که بین این اشکال معدنی فسفر و فاز محلول وجود دارد، بخشی از فسفر به شکل فسفات آهن و آلومینیم تبدیل می‌شود. در این باره Kalyani و همکاران (۲۰۱۵) بیان کردند که بیوچار می‌تواند منجر به اتصال فسفر با کاتیون های اتصال دهنده ای چون آهن، آلومینیوم و کلسیم گردد از آن جایی که بیوچار دارای ظرفیت تبادل کاتیونی بیشتری نسبت به ماده خام آن است. Xu و همکاران (۲۰۱۸) در یک انکوباسیون ۴ و ۳۰ روز با تیمار کردن دو خاک اسیدی و آهکی با بیوچار ساخته شده از ساقه‌ی گندم در دمای ۳۰۰، ۴۰۰، ۵۰۰ و ۶۰۰ درجه سلسیوس جزءبندی فسفر را مورد بررسی قرار دادند. آن ها دریافتند که بیوچار باعث افزایش اجزای فسفر در خاک اسیدی شده ولی در خاک آهکی آن اجزاء را کاهش می‌دهد. افزایش پی اچ و ظرفیت تبادل کاتیونی و فعالیت میکروبی در خاک اسیدی باعث افزایش اجزای فسفر شده است در حالی که افزایش پی اچ در خاک آهکی می‌تواند اثر منفی بر اجزای فسفر در آن خاک شده باشد.



شکل۲- تاثیر نوع و اندازه بهساز بر فسفر پیوند یافته با آهن و آلومینیوم (C:شاهد B1 :بیوچار ۱٪ B2:بیوچار ۲٪ B5:بیوچار۵٪ M1 :کود ۱٪ M2% :کود ۲٪ M5% :کود ۵٪) حروف مشابه نشان دهنده نبود تفاوت معنادار در سطح احتمال ۵ درصد براساس آزمون LSD می باشد.

جزء پیوندی با کلسیم

بیشترین غلظت فسفر پیوندی با کلسیم در تیمار ۵٪ بیوچار با مقدار ۷۴۲/۷۹ میلی گرم بر کیلوگرم مشاهده شد. کمترین مقدار آن در تیمارهای ۱٪کود گاوی و شاهد با مقادیر ۶۳۲/۶۶ و ۶۲۴/۳۲ میلی گرم بر کیلوگرم وجود داشتند. با افزایش سطح کاربرد بهسازها در خاک فسفر پیوندی با کلسیم نسبت به شاهد افزایش یافت، که این افزایش در تیمار ۵٪ بیوچار بیشتر از ۵٪ کود دامی بود. همچنین تنها مقدار فسفر پیوندی با کلسیم در تیمار ۵٪ بیوچار بیشتر از ۵٪ کود گاوی بود ولی تفاوت معنی‌داری در سایر مقادیر متناظر بهساز بیوچار نسبت به کود گاوی مشاهده نگردید (شکل ۳). Kalyani و همکاران (۲۰۱۵) بیان کردند که بیوچار می‌تواند فسفات را به همراه کاتیون های اتصال دهنده ای چون کلسیم جذب کند بنابراین مقدار جزء پیوندی با کلسیم در خاک افزایش می‌یابد که در نهایت به عنوان یک ذخیره فسفر در دراز مدت می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. همچنین Glaser and Lehr (۲۰۱۹) عنوان کردند که بیوچار منبعی از عناصر قلیایی چون کلسیم و منیزیم می باشد که در حضور آن‌ها فسفات کلسیم و منیزیم افزایش می‌یابد. Faridullah و همکاران (۲۰۱۵) تاثیر فضولات انسانی و حیوانی در یک خاک آهکی را بر جزء بندی فسفر مورد بررسی قرار دادند و دریافتند که هر دو کود باعث افزایش فسفر پیوند یافته با کلسیم در خاک شد. این جزء از فسفر نسبت به دیگر اجزای فسفر مقدار بیشتری در خاک داشت که مشابه با آن درپژوهش های دیگر نیز دیده شده است. Pagliari و همکاران (۲۰۱۸) در یک انکوباسیون ۵۶ روزه بر سه خاک آهکی در آمریکا ومینه سوتا و تیمار کردن با بیوچار چوب ذرت ، بیوچار ساخته شده از نوعی علف آمریکایی (switchgrass) ، خاکستر کود بوقلمون و کود شیمیایی سوپر فسفات تریپل در ۴ سطح ۰، ۲۶، ۵۶ و ۸۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم جزءبندی فسفر را مورد بررسی قرار دادند. یافته‌های آن-ها نشان داد که بیوچارها و کودها دارای اثرات مثبتی بر اجزای فسفر بودند و باعث افزایش آن ها در خاک شدند.

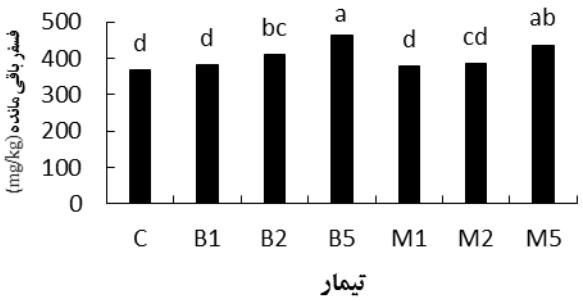


شکل۳- تاثیر نوع و اندازه بهساز بر فسفر پیوند یافته با کلسیم (C:شاهد B1 :بیوچار ۱٪ B2:بیوچار ۲٪ B5:بیوچار۵٪ M1 :کود ۱٪ M2% :کود ۲٪ M5% :کود ۵٪) حروف مشابه نشان دهنده نبود تفاوت معنادار در سطح احتمال ۵ درصد براساس آزمون LSD می باشد.

جزء پیوندی با فسفر باقیمانده

بیشترین غلظت فسفر باقیمانده در تیمار۵٪ بیوچار و کود گاوی و کمترین مقدار آن در شاهد مشاهده شد. با افزودن مقادیر بهساز به خاک فسفر باقی مانده افزایش یافت، ولی بین تیمارهای کود گاوی و بیوچار آن در مقادیر متناظر از نظر فسفر باقیمانده تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (شکل

۴). Li و همکاران (۲۰۱۸) اثر کاربرد بیوچار کود مرغی در دمای ۳۰۰ تا ۶۰۰ درجه سلسیوس را بر تغییرات فسفر معدنی و آلی و فسفرکل خاک مورد آزمایش قرار دادند. نتایج آن‌ها نشان داد کاربرد بیوچار در خاک باعث افزایش فسفر باقی مانده در خاک شد.



شکل۴- تاثیر نوع و اندازه بهساز برفسفر باقی مانده (C:شاهد B1 :بیوچار ۱٪ B2:بیوچار ۲٪ B5:بیوچار۵٪ M1 :کود ۱٪ M2% :کود ۲٪ M5% :کود ۵٪) حروف مشابه نشان دهنده نبود تفاوت معنادار در سطح احتمال ۵ درصد براساس آزمونLSD می باشد.

نتیجه گیری

جزءبندی شیمیایی فسفر معدنی در نمونه خاک مورد آزمایش نشان دادند که الگوی جزءهای مختلف فسفر به ترتیب: جزء معدنی پیوند یافته با کلسیم، جزء باقیمانده، جزء معدنی پیوند یافته با آهن و آلومینیوم و جزء معدنی محلول و تبادلی بودند. بهسازها باعث افزایش اجزای فسفر معدنی شدند. بیشترین تاثیر افزودن بهسازها بر فسفر معدنی محلول و تبادلی بود بیشترین تفاوت بین تیمارهای بیوچار و کود گاوی در جزء محلول و تبادلی فسفر مشاهده گردید، بدین صورت که بیوچار باعث افزایش بیشتری در این جزء نسبت به کود گاوی شد. به طور کلی بیوچار کود گاوی می‌تواند با تغییر شکل‌های فسفر، در افزایش فراهمی فسفر در خاک موثر و کارآمد باشد.

منابع

Eduah, J. O., Breuning-Madsen, H., Abekoe, M., & Andersen, M. N. (2017). Phosphorus Fractionation and Sorption Characteristics of Biochar Amended Soils of Ghana. In Tropentag 2017. International Research of Food Security, Natural Resource Management and Rural Development.

Faridullah, F., Khalid, Z., Irshad, M., Alam, A., Ahmed, T., & Bhatti, Z. A. (2015). Fractionation of phosphorus in human and animal wastes. Minerva Biotecnologica, 27(2), 63-70.

Gichangi, E. M., Mnkeni, P. N., & Brookes, P. C. (2009). Effects of goat manure and inorganic phosphate addition on soil inorganic and microbial biomass phosphorus fractions under laboratory incubation conditions. Soil Science and Plant Nutrition, 55(6), 764-771.

Glaser, B., & Lehr, V. I. (2019). Biochar effects on phosphorus availability in agricultural soils: A meta analysis. *Scientific reports*, *9*.

Hu, H., Tang, C., & Rengel, Z. (2005). Role of phenolics and organic acids in phosphorus mobilization in calcareous and acidic soils. Journal of Plant Nutrition, 28(8), 1427-1439.

Jin, Y., Liang, X., He, M., Liu, Y., Tian, G., & Shi, J. (2016). Manure biochar influence upon soil properties, phosphorus distribution and phosphatase activities: a microcosm incubation study. Chemosphere, 142, 128-135.

Kalyani, K., Sailaja, V., Surendra Babu, P., Hussain, S.A., & Sreekanth, B. (2015). Effect of organics and inorganic phosphorus on inorganic P-fractions in soil of soy bean (Glycine max L.) crop. Annals of Biological Research, 6 (11):11-16.

Khan, S., Chao, C., Waqas, M., Arp, H. P. H., & Zhu, Y. G. (2013). Sewage sludge biochar influence upon rice (Oryza sativa L) yield, metal bioaccumulation and greenhouse gas emissions from acidic paddy soil. Environmental science & technology, 47(15), 8624-8632.

Lehmann J. and Joseph, S. (2009). Biochar for environmental management- an introduction. In J. Lehmann and S. Joseph (Eds.), Biochar for environmental management: Science and Technology. (pp. 1-11). London. Earth scan.

Lehmann, J., & Joseph, S. (Eds.). (2015). Biochar for environmental management: science, technology and implementation. Routledge.

Li, W., Feng, X., Song, W., & Guo, M. (2018). Transformation of Phosphorus in Speciation and Bioavailability during Converting Poultry Litter to Biochar. Frontiers in Sustainable Food Systems, 2, 20.

Marchetti, R., & Castelli, F. (2013). Biochar from swine solids and digestate influence nutrient dynamics and carbon dioxide release in soil. Journal of environmental quality, 42(3), 893-901.

Pagliari, P. H., Strock, J. S., Johnson, J. M., & Waldrip, H. M. (2018). Phosphorus Distribution in Soils Treated with bioenergy co-product materials following corn growth. *Agronomy Journal*, *110*(3), 850-858.

Song, W., & Guo, M. (2012). Quality variations of poultry litter biochar generated at different pyrolysis temperatures. *Journal of analytical and applied pyrolysis*, 94: 138-145.

Xu, G., Shao, H., Zhang, Y., & Junna, S. (2018). Nonadditive effects of biochar amendments on soil phosphorus fractions in two contrasting soils. Land degradation & development, 29(8), 2720-2727.

16th Iranian Soil Science Congress

University of Zanjan, Iran, August 27-29, 2019

Topic for submission: Novel Technologies in Soil Science

Effect of cow manure and its biochar on inorganic phosphorus fractions

Nahidan, S[*1] , Ghasemzadeh, M[2]

[1] Assistant Prof., Soil Science Department, Faculty of Agriculture University of Hamedan, Iran

[2] Graduate Msc. Student, Soil Science Department, Faculty of Agriculture University of Hamedan, Iran

Abstract

The use of manure and organic amendments can play an important role to increase the amount of phosphorus in soil. Recently, biochar has been considered as a soil amendment which can improve soil nutrient. The purpose of this study was to investigate the effect of cow manure and its biochar on inorganic phosphorus fractions. In this research, soil samples were taken from 0 to 15 cm layer of an agricultural soil in Heidareh village of Hamedan province. Soil samples were treated with 0, 1, 2 and 5 % of cow manure and its biochar. Cow manure and its biochar increase the amount of inorganic phosphorus fractions. Phosphorous fractions were higher in cow manure biochar than cow manure amended soils. The greatest effect of soil amendments was observed on soluble and exchangeable inorganic phosphorus and the least effect on calcium-bound phosphorus. In general, manure biochar can be effective on phosphorus availability in soils by changing phosphorus forms specially increasing soluble and exchangeable forms of phosphorus.

Keywords: Cow manure, manure biochar, inorganic phosphorus fraction

[*] Corresponding author, Email: s.nahidan@basu.ac.ir

شانزدهمین کنگره علوم خاک ایران

دانشگاه زنجان، ۵ تا ۷ شهریور ۱۳۹۸

محور مقاله: فناوریهای نوین در علوم خاک

مقایسه روش‌های شبکه عصبی مصنوعی و درخت تصمیم برای پیش‌بینی مقادیر کربن آلی و کربنات کلسیم معادل خاک (مطالعه‌ی موردی: منطقه‌ی داراب استان فارس)

سیده شیما حسینی*[۱،۱]، حمیدرضا اولیایی [۲]، زهره مصلح [۳]، روح الله تقی‌زاده مهرجردی [۴] میلاد ممتازی بروجنی [۵]

[۱] دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه یاسوج

[۲] دانشیار گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه یاسوج

[۳] موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج

[۴] دانشیار دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اردکان

[۵] دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گروه علوم و مهندسی خاک پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران

چکیده:

در سال‌های اخیر، استفاده از تکنیک‌های داده‌کاوی ازجمله شبکه عصبی مصنوعی و رگرسیون درختی در فرآیند نقشه‌برداری رقومی به‌شدت گسترش‌یافته است. روی آوردن به روش‌های جدید در راستای کاربرد بهینه خاک به‌گونه‌ای که هم نیازهای آدمی برآورده شود و هم این منبع تجدید ناپذیر برای آیندگان حفظ شود، ضروری است. هدف از این پژوهش استفاده از روش‌های شبکه عصبی مصنوعی و درخت تصمیم برای تهیه نقشه کربن آلی و کربنات کلسیم معادل خاک است. در این پژوهش، ۴۱۸ نمونه با استفاده از روش شبکه‌بندی منظم بافاصله ۱۰۰۰ از عمق ۰-۳۰ سانتی‌متر برداشت شد. متغیرهای کمکی شامل شاخص‌های سنجش‌ازدور و پارامترهای اراضی مشتق شده از مدل رقومی ارتفاع استفاده گردیدند. نتایج نشان داد که مدل درخت تصمیم و شبکه عصبی مصنوعی برای کربن آلی به ترتیب دارای ریشه میانگین مربعات خطا ۰/۲۰و ۰/۳۵ و R^2 ۰/۷۸و۰/۵۲ و برای کربنات کلسیم معادل به ترتیب دارای ریشه میانگین مربعات خطا ۳/۷۵ و۶۹ /۶ و R^2 ۰/۷۳ و۰/۴۰ است. نتایج نشان داد که برای پیش‌بینی مقادیر کربن آلی و کربنات کلسیم معادل خاک، پارامترهای شاخص همواری دره با درجه تفکیک بالا، سطح‌مبنای شبکه آبراهه، باند ۶ و شاخص NDVI مهم‌ترین پارامترهای محیطی بوده‌اند. مدل درخت تصمیم نسبت به مدل شبکه عصبی مصنوعی دقت بالاتری دارد و شبکه عصبی در پیش بینی کربنات کلسیم معادل خاک بسیار ضعیف عمل کرد. همچنین تفسیر نتایج مدل درخت تصمیم بسیار راحت‌تر است. لذا پیشنهاد می‌شود که در مطالعات آینده جهت تهیه نقشه رقومی خاک از مدل‌های درختی استفاده شود.

کلمات کلیدی: نقشه‌برداری رقومی خاک، متغیر محیطی، تغییرات مکانی

مقدمه

در سال‌های اخیر، استفاده از تکنیک‌های داده‌کاوی ازجمله شبکه عصبی مصنوعی و رگرسیون درختی در فرآیند نقشه‌برداری رقومی به‌شدت گسترش‌یافته است. روی آوردن به روش‌های جدید در راستای کاربرد بهینه خاک به‌گونه‌ای که هم نیازهای آدمی برآورده شود و هم این منبع تجدید ناپذیر برای آیندگان حفظ شود، ضروری است (daigle و همکاران، ۲۰۰۵). تغییرپذیری خاک پدیده‌ای تصادفی نیست و نتیجه تغییر عوامل خاکسازی از نقطه‌ای به نقطه دیگر است. به همین دلیل، این عوامل را می‌توان در پیش‌بینی کلاس‌های خاک و تهیه نقشه الگوی پراکنش خاک‌ها به کار برد(علیجانی و همکاران،۱۳۹۳). با توجه به محدودیت‌ها و کمبودهای موجود در نقشه‌های سنتی و نیاز مبرهن به ارائه اطلاعات قابل‌اعتمادتر و به هنگام در مورد خاک‌ها با هزینه منطقی و ارتقای تفسیر نتایج به‌نحوی‌که افراد غیرخاک‌شناس و غیرمتخصص نیز بتوانند از این اطلاعات استفاده کنند، نیاز به استفاده از روش‌های نوین در تهیه نقشه خاک است. امروزه مشخص‌شده که دقت روش‌های پدومتری

[۱] ایمیل نویسنده مسئول: shima70.hosseiny@gmail.com

در برآورد توزیع مکانی داده‌های اندازه‌گیری شده خاک به علت در نظر گرفتن پیوستگی مکانی داده‌ها نسبت به روش‌های معمول آماری بیش‌تر است (Grunwald، ۲۰۰۹؛ McBratney و همکاران، ۲۰۰۰).

در سال‌های اخیر در ایران نیز محققانی ازجمله؛ Zeraatpisheh و همکاران (۲۰۱۷) و Mirakzehi و همکاران (۲۰۱۸) در زمینه نقشه‌برداری رقومی خاک تلاش‌هایی کردند که در بین این ابزارهای داده‌کاوی، درخت تصمیم یکی از معروف‌ترین (متداول‌ترین) مدل‌ها برای نقشه‌برداری رقومی خاک‌ها است. نقشه‌برداری رقومی خاک به‌عنوان زیرمجموعه‌ای از روش‌های پدومتری، به دلیل افزایش منابع داده‌های کمکی یا محیطی، به‌صورت کاملاً عملی توانسته است به انتقادات وارده به خاکشناسی مرسوم فائق آید. به‌هرحال، هدف از به‌کارگیری روش‌های کمی و عددی جدید، به این معنی نیست که آن‌ها را جانشین تمام دانش صحرایی خاکشناسی نماید، بلکه سعی بر آن دارد که تمام دانش خاکشناسی را با مدل‌های ریاضی بیان و نتایج را به شکلی قابل‌فهم برای بخش‌های مختلف ارائه و تنوع، تغییر و توزیع و پراکنش زمانی – مکانی خاک‌ها را برای کاربران مختلف مشخص نماید (Zhu و همکاران، ۲۰۰۱). با توجه به مجموعه مطالب ذکرشده در بالا در ارتباط بااهمیت نقشه‌برداری رقومی مطالعه حاضر باهدف مقایسه روش‌های شبکه عصبی مصنوعی و درخت تصمیم برای پیش‌بینی دو ویژگی خاک شامل مقادیر ماده آلی و کربنات کلسیم معادل خاک، در قالب یک مطالعه موردی در منطقه داراب در جنوب شرق استان فارس صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

منطقه موردمطالعه در دشت داراب در جنوب شرق استان فارس و در ۲۴۰ کیلومتری شیراز قرار دارد. وسعت منطقه موردمطالعه حدود ۲۵ هزار هکتار بوده و در جنوب شهرستان داراب واقع شده است. این دشت در محدوده عرض جغرافیایی ۲۲۹۰۰۰ تا ۲۶۷۰۰۰ متر شمالی و طول جغرافیایی ۳۱۵۶۰۰۰ تا ۳۱۸۹۰۰۰ متر شرقی قرارگرفته است. ارتفاع منطقه از ۱۰۶۰ تا ۱۱۰۰ متر متغیر است. ۴۱۸ نمونه با استفاده از روش شبکه‌بندی منظم بافاصله ۱۰۰۰ از عمق ۰-۳۰ سانتی‌متر برداشت شد. اندازه‌گیری ماده آلی به روش سوزاندن تر (Nelson and Sommers, 1996) و کربنات کلسیم به روش تیتراسیون اسید و باز (Salinity Laboratory Staff, 1954) صورت گرفت. در تحقیق حاضر از مدل رقومی ارتفاع استر باقدرت تفکیک مکانی ۳۰ متر استفاده شد. از مدل رقومی ارتفاع جهت استخراج اطلاعات کمکی (۱۳ پارامتر) از قبیل شیب، جهت شیب، ارتفاع، سطح‌مبنای شبکه آبراهه، شیب حوزه، انحنای عمودی، تجمع جریان، مساحت اصلاح‌شده حوزه‌ها، عمق دره، انحنای خطوط تراز، شاخص خیسی، شاخص همواری دره با درجه تفکیک بالا، شاخص بالای پشته با درجه تفکیک بالا در محیط نرم‌افزار SAGA GIS استفاده شد. همچنین، تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸ جهت پردازش در این تحقیق مورداستفاده قرار گرفت. شاخص‌هایی از قبیل شاخص گیاهی نرمال شده (نشان‌دهنده وضعیت پوشش گیاهی)، شاخص شوری، شاخص رس و شاخص کربنات از باندهای مختلف تصاویر ماهواره استخراج شد.تمام لایه‌های کمکی استخراج‌شده به فرمت رستری با اندازه پیکسل مطابق با مدل رقومی ارتفاع (۳۰ متر) تهیه شد. در این پژوهش از دو مدل درخت تصمیم و شبکه عصبی مصنوعی به‌منظور پیش‌بینی مقادیر کربن آلی و کربنات کلسیم معادل خاک استفاده گردید. برای بررسی دقت مدل‌ها از ریشه میانگین مربعات خطا و R^2 استفاده شد.

شکل ۱. موقعیت منطقه‌ی موردمطالعه در شهرستان داراب در جنوب شرق استان فارس

نتایج و بحث

در جدول ۱ خلاصه آماری ویژگی‌های کربن آلی و کربنات کلسیم معادل خاک در عمق ۳۰-۰سانتی‌متری آمده است. مقادیر کربن آلی و کربنات کلسیم معادل خاک در منطقه به ترتیب از ۰/۰۵تا ۳/۲۷ و ۱۲/۵ تا ۷۴/۵ درصد متغیر است و میانگین آن در منطقه با ۱/۰۳ و ۴۴/۲۷ درصد نشان‌دهنده کربن آلی و کربنات کلسیم معادل متوسط منطقه موردبررسی است. نتایج پیش‌بینی نشان داد که میانگین ریشه مربعات خطا برای ماده آلی و کربنات کلسیم معادل ۰/۲۰ و ۳/۷۵ است. همچنین در مدل درخت تصمیم نتایج ضریب تبیین در مرحله آزمون (۳۰ درصد از داده‌ها) به ترتیب ۰/۷۸ و ۰/۷۳ برای این دو ویژگی به دست آمد. در مدل شبکه عصبی مصنوعی نتایج ریشه مربعات خطا برای کربن آلی و کربنات کلسیم معادل خاک به ترتیب ۰/۳۵ و ۶/۶۹ به دست آمد (جدول ۲). برای ارزیابی مدل‌های فوق، مدلی با کم‌ترین میانگین ریشه مربعات خطا به‌عنوان بهترین مدل در تهیه نقشه رقومی و انتخاب پارامترهای محیطی انتخاب شد.در این راستا Somaratne وهمکاران (۲۰۰۵) در سریلانکا با استفاده از دو مدل شبکه عصبی مصنوعی و رگرسیون خطی چندگانه، جهت نقشه‌برداری رقومی کربن آلی خاک به ترتیب ضرایب تبیین ۰/۸۳-۰/۹۲ را گزارش نمودند. نتایج نشان داد که برای پیش‌بینی کربن آلی و کربنات کلسیم معادل پارامترهای شاخص همواری دره با درجه تفکیک بالا، سطح‌مبنای شبکه آبراهه، باند ۶ و شاخص NDVI مهم‌ترین بوده‌اند. در منطقه موردمطالعه، پستی‌وبلندی و پوشش گیاهی از مهم‌ترین فاکتورهای خاک سازی بوده و در توزیع مکانی خاک و ویژگی‌های آن ازجمله کربن آلی خاک مؤثر می‌باشد، چراکه توپوگرافی و پوشش گیاهی هر منطقه یکی از ویژگی‌های مهم و تأثیرگذار بر ویژگی‌های خاک آن منطقه ازجمله کربن آلی خاک می‌باشد. Taghizadeh و همکاران (۲۰۱۶) برای تهیه نقشه رقومی کربن آلی خاک در منطقه بانه استان کردستان، از متغیرهای کمکی داده‌های سنجش‌ازدور، پارامترهای سرزمین و مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی، راندوم فارست، رگرسیون لاجستیک، درخت تصمیم و الگوریتم ژنتیک استفاده کردند و به این نتیجه رسیدند که مهم‌ترین متغیرهای کمکی، جهت پهنه‌بندی کلاس خاک و کربن آلی خاک MrVBF ، NDVI، شاخص رس، شیب، جهت شیب، انحنای سطح، شاخص خیسی بودند.

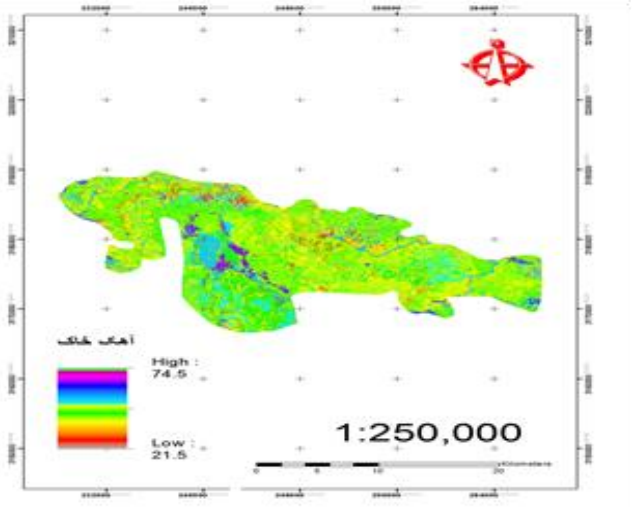
جدول ۱- پارامترهای آماری مربوط به ویژگی‌های کربنات کلسیم معادل و کربن آلی خاک

ویژگی	حداقل	حداکثر	میانگین	ضریب تغییرات	انحراف معیار	واریانس

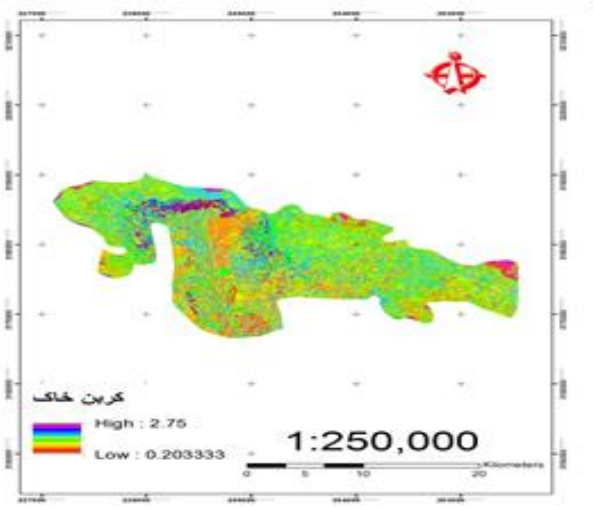
کربن آلی	۰/۰۵	۳/۲۷	۱/۰۳	۴۲/۲۲	۰/۴۳	۰/۱۸
کربنات کلسیم معادل	۱۲/۵	۷۴/۵	۴۴/۲۷	۱۶/۷۱	۷/۴۰	۵۳/۱

جدول ۲- نتایج مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی و درخت تصمیم برای پیش‌بینی ویژگی‌های کربن آلی و کربنات کلسیم معادل خاک

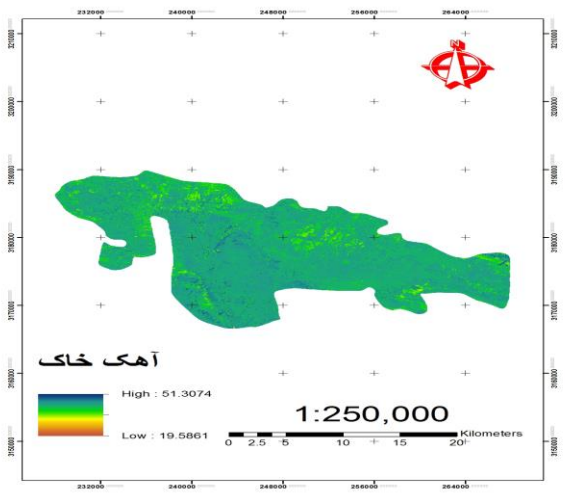
پارامتر	ضریب تبیین R^2	میانگین ریشه مربعات خطا (RMSE)	ضریب تبیین R^2	میانگین ریشه مربعات خطا (RMSE)
	درخت تصمیم		شبکه عصبی مصنوعی	
کربن آلی	۰/۷۸۵۸	۰/۲۰۱۱	۰/۵۲	۰/۳۵۷
کربنات کلسیم معادل	۰/۷۳۳۵	۳/۷۵۸۹	۰/۲۶	۶/۶۹۷



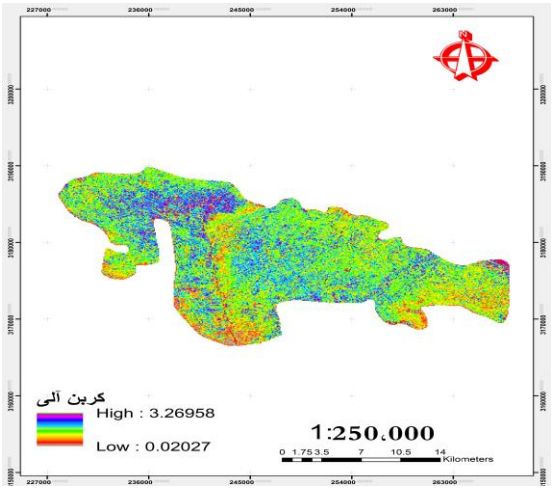
شکل ۲- نقشه رقومی کربنات کلسیم با استفاده از مدل درخت تصمیم (DT)



شکل ۳-نقشه رقومی کربن آلی با استفاده از مدل درخت تصمیم (DT)



شکل ۴- نقشه رقومی کربنات کلسیم با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی (ANN)



شکل ۵- نقشه رقومی کربن آلی با استفاده از مدل شبکه عصبی مصنوعی (ANN)

نتیجه‌گیری

نتایج مقایسه مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی و رگرسیون درختی برای پیش‌بینی ویژگی‌های خاک نشان داد که مدل رگرسیون درختی دارای کارایی بالاتری در پیش‌بینی ویژگی‌های خاک (کربن آلی و کربنات کلسیم معادل) است. همچنین نتایج نشان داد شاخص همواری دره با درجه تفکیک بالا، سطح‌مبنای شبکه آبراهه، باند ۶ و شاخص NDVI مهم‌ترین پارامترهای محیطی می‌باشند. ارتباط قوی بین داده خاک و پارامترهای محیطی نیز یکی از عوامل تأثیرگذار بر روی دقت مدل است. نتایج نشان داد که تکنیک‌های پدومتری بخصوص درخت تصمیم می‌توانند فرآیند نقشه‌برداری خاک ها را در گستره‌ای وسیع و متشکل از هرگونه عوارض طبیعی به‌یک‌باره انجام داده، روش سنتی را ارتقاء بخشیده، سرعت عمل و کارآمدی نقشه‌ها را در انتقال داده‌ها و اطلاعات افزایش داده و قابلیت استفاده آن‌ها را برای قشر وسیعی از شاخه‌های علمی امکان‌پذیر کنند .پیشنهاد می‌شود که در مطالعات آینده جهت تهیه نقشه رقومی خاک از مدل درخت تصمیم استفاده شود.

منابع:

علیجانی، ز.، سرمدیان، ف.، و موسوی، ر .۱۳۹۳. مقایسه دقت نقشه خاک تهیه‌شده به روش ژئوپدولوژی و روش معمول ایران (مطالعه موردی: کوهین). نشریه مرتع و آبخیزداری، مجله منابع طبیعی ایران، ۶۷، ۹۳-۱۰۲.

Daigle, J. J., Hudnall, W. H., Gabriel, W. J., Mersiovsky, E., and Nielson, R. D. 2005. The National Soil Information System (NASIS): Designing soil interpretation classes for military land-use predictions. Journal of terramechanics, 42(3): 305-320.

Grunwald, S. (2009). Multi-criteria characterization of recent digital soil mapping and modeling approaches. Geoderma, 152(3), 195-207.

McBratney, A. B., Odeh, I. O., Bishop, T. F., Dunbar, M. S., Shatar, T. M. (2000). An overview of pedometric techniques for use in soil survey. Geoderma, 97(3), 293-327.

Mirakzehi, K., Pahlavan-Rad, M. R., Shahriari, A., & Bameri, A. (2018). Digital soil mapping of deltaic soils: A case of study from Hirmand (Helmand) river delta. Geoderma, 313, 233-240.

Somaratne S., Seneviratne G., and Coomaraswamy U. 2005. Prediction of Soil Organic Carbon across Different Land -use Patterns: A Neural Network Approach. Soil Science Society of America Journal, 69: 1580-1589.

Taghizadeh-Mehrjardi R., Nabiollahi K., and Kerry R. 2016. Digital mapping of soil organic carbon at multiple depths using different data mining techniques in Baneh region, Iran. Geoderma, 253-254: 67-77.

Zeraatpisheh, M., Ayoubi, S., Jafari, A., Finke, P. (2017). Comparing the efficiency of digital and conventional soil mapping to predict soil types in a semi-arid region in Iran. Geomorphology, 285, 186-204.

Zhu, A. X., Hudson, B., Burt, J., Lubich, K., Simonson, D. (2001). Soil mapping using GIS, expert knowledge, and fuzzy logic. Soil Science Society of America Journal, 65(5), 1463-1472.

Topic for submission: New Technologies in Soil Science

Comparison of artificial neural network and decision tree methods for predicting soil organic matter and calcium carbonate (Case study: Darab region, Fars province)

Hosseini[*1], Sh., Owliaie[2], H.R., Mosleh[3] Z. Taghizadeh-Mehrjardi[4], R. Momtazi-burojeni[5], M

1 M.Sc. Student, Department of Soil Sciences, Faculty of Agriculture, Yasouj University

2 Associate Professor, Department of Soil Sciences, Faculty of Agriculture, Yasouj University

3 Soil and Water Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj,

[4]Associate Professor, Faculty of Agriculture, Ardekan University (rh_taghizade@yahoo.com)

[5]M. Sc. Graduate, Faculty of Agricultural Engineering and Technology, University College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Iran

Abstract

In recent years, the use of data mining techniques such as artificial neural network and tree regression has been expanded rapidly in the digital mapping process. Turning to new methods for optimal soil use in such a way that both human needs are met and this renewal source It is essential to preserve the future. The purpose of this study is to use artificial neural network and decision tree to prepare organic carbon map and calcium carbonate equivalent soil. In this research, 418 specimens were harvested using a grid-based method 1000 with a depth of 0-30 cm. Auxiliary variables including indices of field measurements and land area parameters derived from digital elevation model were used. The results showed that decision tree and artificial neural network model for organic carbon had mean root mean square error of 0.20 and 0.35 and R2 0.78 and 0.52 respectively and for calcium carbonat equivalent root mean square error of 3.75 and 6.69 respectively and R2 is 0.73 and 0.40 .The results showed that for prediction of organic carbon and calcium carbonate , the equilibrium parameters of the valley with high degree of separation, water table network, band 6 and NDVI index were the most important. The decision tree model is more accurate than the artificial neural network model, and it is much easier to interpret the results of the decision tree model. Therefore, it is recommended that future tree studies be used to prepare a digital soil map.

Keywords: Digital soil mapping, Environmental variable, spatial variation

شانزدهمین کنگره علوم خاک ایران

دانشگاه زنجان، ۵ تا ۷ شهریور ۱۳۹۸

محور مقاله:فناوری‌های نوین در علوم خاک

بررسی تأثیر رطوبت در برآورد شوری خاک با استفاده از طیف‌سنجی بازتابی

سهیلا علی اوغلی[۱*]، حسینعلی بهرامی[۲]، علی درویشی بلورانی[۳]، سهام میرزایی[۴]

[۱] دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس

[۲] استاد گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس

[۳] استادیار سنجش از راه دور و GIS، دانشگاه تهران

[۴] دانشجوی دکتری گروه سنجش‌ازدور و GIS، دانشگاه تهران

چکیده

شوری خاک یک خطر زیست‌محیطی محسوب می‌شود که با کاهش حاصلخیزی و باروری خاک سبب تشدید بیابان‌زایی می‌شود. این پژوهش به‌منظور شناسایی شوری و سازوکار آن، کاهش هزینه حاصل از آنالیزهای آزمایشگاهی، افزایش دقت اندازه‌گیری، صرفه‌جویی در زمان، بررسی تأثیر بافت خاک بر عوارض جذبی تشخیصی شوری خاک با استفاده از داده‌ای فرا طیفی انجام شد. قابلیت روش طیف‌سنجی بازتابی به‌عنوان روشی سریع و مقرون‌به‌صرفه در شناسایی و برآورد شوری خاک، موردبررسی قرار گرفت. نمونه‌های خاک در سه سطح شوری ناشی از نمک طبیعی حوض سلطان قم و ۷ سطح رطوبت وزنی هوا خشک (۲ درصد رطوبت)، ۳۸، ۳۲، ۲۶، ۲۰، ۱۴، ۸ درصد مورد طیف‌سنجی با دستگاه طیف‌سنجی فیلدسپک ۳، قرار گرفت. نتایج تحلیل آماری نشان داد که PLSR در رطوبت ۳۲ درصد (R^2 = ۰/۹۰ و RMSE= ۰/۹۸) و PCR در رطوبت ۳۲ درصد (R^2 = ۰/۸۸ و RMSE= ۰/۹۸) بهترین دقت برآورد رادارند. پدیده‌های جذبی ۱۴۰۰ و ۱۸۰۰ نانومتری از مهم‌ترین محدوده‌های برآورد شوری در خاک هستند.

کلمات کلیدی: شوری خاک، رطوبت خاک، بافت خاک، طیف‌سنجی، مدلPLSR و PCR

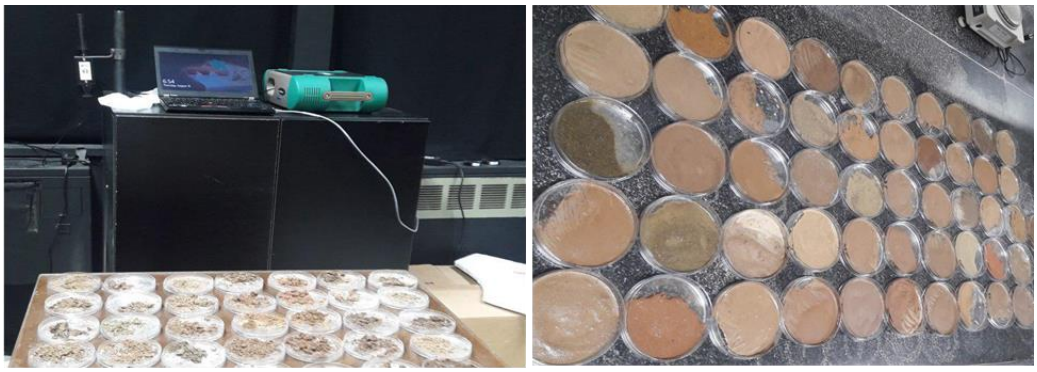
مقدمه

پایش کیفیت خاک به‌عنوان گام مهم و ضروری برای ممانعت از فرآیندهای افت کیفیت خاک مرتبط با مدیریت نامناسب منابع خاک است (Recio-Vazquez و همکاران ۲۰۱۴). غلظت بالای نمک‌های محلول در افق‌های سطحی خاک یا نزدیک سطح باعث افت کیفیت خاک می‌شود که منجر به خسارت اقتصادی و اجتماعی در سراسر جهان می‌شود. غلظت بیش‌ازحد نمک در خاک باعث تشدید فرآیند تخریب زمین و کاهش تولید محصولات زراعی می‌شود (Pirasteh-Anosheh و همکاران ۲۰۱۵; Ranjbar and Banakar, 2013). شور شدن خاک پدیده‌ای پیش‌رونده محسوب می‌شود که حدود ۱۱ درصد اراضی فاریاب جهان تحت تأثیر قرار داده است (FAO, 2012). تشخیص، ارزیابی شدت و میزان شوری خاک به‌خصوص در مرحله اولیه آن ازنظر مدیریت کشاورزی پایدار حیاتی است (Farifteh., 2007). نیاز روزافزون به استفاده از اراضی شور، اصلاح خاک‌های شور و جلوگیری از شور شدن بیشتر این اراضی اهمیت مدیریت اکولوژیک این خاک‌ها را بیش از گذشته روشن می‌سازد (Kuzmina and Treshkin, 2011). کشور ایران بعد از هند و پاکستان (Vashev و همکاران ۲۰۱۰)، با دارا بودن ۶/۸ میلیون هکتار اراضی شور (Moameni, 2010)، در صدر کشورهای در معرض تهدید ازنظر تنش شوری محسوب می‌شود؛ بنابراین وجود روشی سریع و به‌صرفه جهت شناسایی شوری و سازوکار آن، برای جلوگیری از تخریب منابع خاک کشور ضروری است. در این پژوهش قابلیت طیف‌سنجی بازتابی در برآورد شوری خاک و تأثیر بافت خاک موردبررسی قرار می‌گیرد.

* ایمیل نویسنده مسئول: alioghlisoheila@modares.ac.ir

مواد و روش‌ها

این آزمایش در طی سال‌های تحصیلی ۹۷-۹۶ در آزمایشگاه‌های خاکشناسی دانشکده کشاورزی تربیت مدرس واقع در کیلومتر۱۷ اتوبان تهران- کرج اجرا گردید. در مرحله اول، برای هرکدام از نمونه‌ها با درصدهای مختلفی از اندازه ذرات، از بافت لوم رسی سیلتی، ۲۵ گرم از خاک را وزن کرده و با استفاده از نمک طبیعی حوض سلطان قم و EC های ۸، ۶، ۴، ۲، ۱، ۰ دسی زیمنس بر متر از محلول نمک در سه سطح شوری به میزان ۱۵CC، ۳۰ CC، ۴۵CC از محلول نمک با استفاده از بورت به نمونه‌ها اضافه شد. در هرکدام از این پتری دیش‌ها بعد از اضافه شدن محلول نمک، محلول خاک و نمک را هم زدیم تا شوری به‌صورت یکنواخت در کل پتری دیش توزیع شود. سپس نمونه‌ها در مکان مناسب و آزمایشگاه هوا خشک‌شده (۲ درصد رطوبت) و مورد طیف‌سنجی قرار گرفتند. در مرحله بعدی همین نمونه‌ها را داخل پتری دیش پودر کرده و دوباره طیف‌سنجی انجام داده شد. اطلاعات حاصل از روند شوری در سطوح رطوبتی ۳۸، ۳۲، ۲۶، ۲۰، ۱۴، ۸ درصد مورد طیف‌سنجی با دستگاه طیف‌سنجی FieldSpec 3، قرار گرفت.



شکل ۱- تیمارهای آزمایش بعد از اضافه کردن شوری مراحل اعمال رطوبت و طیف‌سنجی هر یک از نمونه‌های خاک.

تحلیل آماری با استفاده از نرم‌افزار Unscramble به انجام رسیده است. از روش‌های رگرسیون مؤلفه اصلی[1] (PCR) و رگرسیون حداقل مربعات جزئی[2] (PLSR) است. روش‌های PLSR و PCR برای شرایطی که تعداد زیادی متغیر مستقل (تخمین گر) که دارای همبستگی باهم هستند، کارایی دارند. این روش‌ها واریانس (اطلاعات) موجود در داده‌ها را در مؤلفه‌هایی فشرده‌سازی می‌کنند. تفاوت روش‌های PCR و PLSR در نحوه محاسبه این مؤلفه‌ها است. روش PLSR، در محاسبه مؤلفه‌ها متغیرهای پاسخ را لحاظ می‌نماید که باعث قابلیت تفسیر بهتر آن می‌شود. علاوه بر این PLSR ازنظر محاسباتی نیز سریع‌تر انجام می‌پذیرد. به همین دلیل غالباً توسط تحلیل‌گرها به روش PCR ترجیح داده می‌شود (Stenberg و همکاران ۲۰۱۰).

نتایج و بحث

این پژوهش بر روی چند بافت لوم رسی سیلتی خاک با درصدهای متفاوت شن و سیلت و رس، از نمک طبیعی دریاچه حوض سلطان قم در سه سطح شوری و رطوبت هوا خشک، ۳۸، ۳۲، ۲۶، ۲۰، ۱۴، ۸ درصد به‌منظور مدل‌سازی رفتار طیفی شوری خاک انجام گرفت. ویژگی‌های شیمیایی نمک مورداستفاده در جدول ۱ گزارش‌شده است.

جدول ۱- ویژگی‌های شیمیایی نمک طبیعی حوض سلطان قم

SAR	TDS	B	SO_4^{2-}	HCO_3^-	CO_3^{2-}	Cl	Mg	Ca	K	Na	pH	EC
$(mmoll^{-1})^{0.5}$		mgl^{-1}										dSm^{-1}
۵۹۲	۲۱۲	۰/۰۰۲	۰	۰/۱۳	۰	۱۲۷/۷	۰/۲۹	۰/۹۲	۰/۰۱۴	۸۰/۵	۷/۲	۳۹۴

[1] Principle Component Regression
[2] Partial Least Square Regression

برآورد شوری با مدل PLSR:

بر اساس تست عدم قطعیت مارتن، طول‌موج‌ها و دامنه‌های طیفی مؤثر در برآورد رطوبت مشخص شدند و در طول‌موج‌های مشخص‌شده در سه سطح شوری، در جدول ۲ گزارش‌شده است. اساس مقادیر ضریب رگرسیونی و نیز مقادیر همبستگی بین فاکتور ۹ در سطح اول و رطوبت ۳۲ درصد وزنی دارای بیشترین ضریب تبیین ۰/۸۸ و کمترین میانگین مربعات خطا ۱/۱۴ است و میزان واریانس آن ۷۸/۸۷ به دست آمد. مقادیر همبستگی بین فاکتور ۱۳ در سطح دوم و رطوبت ۱۴ درصد وزنی دارای بیشترین ضریب تبیین ۰/۸۴ و کمترین میانگین مربعات خطا ۱/۲۳ است و میزان واریانس آن ۸۳/۶۷ به دست آمد. مقادیر همبستگی بین فاکتور ۱۳ در سطح سوم و رطوبت ۳۲ درصد وزنی دارای بیشترین ضریب تبیین ۰/۹۰ و کمترین میانگین مربعات خطا ۰/۹۸ است و میزان واریانس آن ۹۰/۰۳ با طول‌موج بازتابی در جدول ۴ به دست آمد که حاکی از اهمیت دامنه‌های بازتابی در بررسی و تخمین میزان رطوبت و شوری بوده است. به دلیل وجود رس زیاد، با افزایش میزان شوری این خاک بیشتر از خاک‌هایی که دارای رس کمتری هستند تأثیرپذیر است و میزان برآورد ضریب تبیین در شوری‌های بالاتر قوی‌تر است (McKenzie, 2003).

جدول ۲- برآورد ضریب تبیین، خطای میانگین مربعات، فاکتور بهینه‌شده و واریانس در سطوح شوری به روش PLSR.

PLSR-SiCL	VAL	هوا خشک	٪۸	٪۱۴	٪۲۰	٪۲۶	٪۳۲	٪۳۸
سطح اول شوری	R^2	۰/۷۸	۰/۷۷	۰/۶۴	۰/۴۳	۰/۷۴	۰/۸۸	۰/۷۴
	RMSE	۱/۳۸	۱/۵۰	۱/۹۵	۲/۳۱	۱/۴۹	۱/۱۴	۱/۴۸
	Factor	۱۰	۱۲	۵	۶	۵	۹	۱۳
	Var	۷۷/۶۱	۷۶/۳۲	۳۹/۹۴	۴۲/۴۳	۳۰/۵۱	۷۸/۸۷	۷۳/۹۵
سطح دوم شوری	R^2	۰/۷۳	۰/۷۴	۰/۸۴	۰/۷۸	۰/۷۶	۰/۷۵	۰/۷۴
	RMSE	۱/۶۶	۱/۵۷	۱/۲۳	۱/۴۵	۱/۴۹	۱/۵۱	۱/۴۸
	Factor	۸	۱۲	۱۳	۱۱	۸	۷	۱۱
	Var	۶۳/۷۸	۷۰/۸۳	۸۳/۶۷	۷۷/۷۰	۷۱/۹۲	۶۰/۲۵	۵۸/۹۰
سطح سوم شوری	R^2	۰/۷۸	۰/۸۵	۰/۸۴	۰/۵۲	۰/۸۳	۰/۹۰	۰/۸۳
	RMSE	۱/۴۸	۱/۲۴	۱/۱۵	۲/۰۲	۱/۲۸	۰/۹۸	۱/۲۵
	Factor	۹	۸	۹	۵	۱۲	۱۳	۱۰
	Var	۸۰/۶۶	۶۷/۵۶	۸۴/۵۲	۴۸/۲۰	۷۹/۶۹	۹۰/۰۳	۸۴/۹۰

جدول ۳- دامنه طیفی مؤثر (نانومتر) در برآورد شوری در مدلPLSR و PCR در بافت لوم رسی سیلتی

PCR	PLSR	لوم رسی سیلتی
۴۰۴-۴۲۰	۴۱۲-۴۴۸	دامنه طیفی مؤثر
۵۵۹-۵۸۵	۱۴۲۲-۱۴۶۵	
۱۳۸۲-۱۵۲۸	۱۵۱۵-۱۵۶۴	
۲۳۵۹-۲۳۶۵	۱۷۸۳-۱۷۹۳	
۲۳۶۷-۲۴۰۰	۱۸۰۸-۱۸۲۵	
	۱۸۸۵-۱۹۰۵	
	۱۹۶۸-۱۹۸۳	

برآورد شوری با PCR:

بر اساس تست عدم قطعیت مارتن، طول‌موج‌ها و دامنه‌های طیفی مؤثر در برآورد رطوبت مشخص شدند و در طول‌موج‌های مشخص‌شده در سه سطح شوری، در جدول ۴ داده‌ها پرت بودند. اساس مقادیر ضریب رگرسیونی و نیز مقادیر همبستگی بین فاکتور ۱۲ در سطح اول و رطوبت ۳۲ درصد وزنی دارای بیشترین ضریب تبیین ۰/۸۸ و کمترین میانگین مربعات خطا ۰/۹۸ است و میزان واریانس آن ۸۷/۷۹ به دست آمد. مقادیر همبستگی بین فاکتور ۱۱ در سطح دوم و رطوبت ۱۴ درصد وزنی دارای بیشترین ضریب تبیین ۰/۷۸ و کمترین میانگین مربعات خطا ۱/۳۵ است و میزان واریانس آن ۷۸/۴۶ به دست آمد. مقادیر همبستگی بین فاکتور ۱۴ در سطح سوم و رطوبت ۳۸ درصد وزنی دارای بیشترین ضریب تبیین ۰/۸۵ و کمترین میانگین مربعات خطا ۱/۱۹ است و میزان واریانس آن ۸۵/۲۶ با طول‌موج بازتابی در جدول ۴ به دست آمد که حاکی از اهمیت دامنه‌های بازتابی در بررسی و تخمین میزان رطوبت و شوری بوده است. سدیم زیاد به دلیل شعاع آبپوشی بزرگ منجر به آماس خاک و پراکنش خاکدانه‌ها می‌شود. میزان برآورد ضریب تبیین در شوری‌های پایین‌تر قوی‌تر است (McKenzie, 2003).

جدول۴- برآورد ضریب تبیین، خطای میانگین مربعات، فاکتور بهینه‌شده و واریانس در سطوح شوری به روش PCR.

PCR-SiCL	VAL	هوا خشک	٪۸	٪۱۴	٪۲۰	٪۲۶	٪۳۲	٪۳۸
سطح اول شوری	R^2	۰/۷۷	۰/۷۰	۰/۶۰	۰/۴۱	۰/۷۸	۰/۸۸	۰/۶۷
	RMSE	۱/۴۱	۱/۶۳	۱/۸۲	۲/۲۸	۱/۳۳	۰/۹۸	۱/۶۶
	Factor	۱۲	۱۵	۱۲	۷	۶	۱۲	۹
	Var	۷۷/۴۱	۷۰/۴۴	۵۹/۹۹	۴۱/۱۲	۷۸/۴۸	۸۷/۷۹	۶۶/۶۴
سطح دوم شوری	R^2	۰/۶۷	۰/۶۴	۰/۷۸	۰/۶۸	۰/۷۸	۰/۷۵	۰/۶۳
	RMSE	۱/۶۶	۱/۷۷	۱/۳۵	۱/۶۱	۱/۴۸	۱/۶۶	۱/۵۳
	Factor	۱۲	۱۵	۱۱	۱۲	۱۱	۹	۱۵
	Var	۶۷/۱۷	۶۴/۴۹	۷۸/۴۶	۶۷/۹۴	۷۷/۶۳	۷۴/۶۳	۶۳/۳۸
سطح سوم شوری	R^2	۰/۷۳	۰/۸۳	۰/۸۳	۰/۶۱	۰/۷۲	۰/۷۴	۰/۸۵
	RMSE	۱/۴۲	۱/۲۲	۱/۲۱	۱/۹۵	۱/۵۶	۱/۵۱	۱/۱۹
	Factor	۱۳	۱۰	۱۱	۱۱	۷	۷	۱۴
	Var	۷۳/۱۰	۸۲/۵۳	۸۳/۲۲	۶۰/۸۶	۷۱/۹۶	۷۴/۱۰	۸۵/۲۶

نتیجه‌گیری

این پژوهش نشان داد که هر دو روش PLSR و PCR پتانسیل بالایی برای برآورد و تعیین شوری خاک‌دارند. روش PLSR یک ابزار قدرتمند برای پیش‌بینی شوری و رطوبت نسبت به روش PCR است. خصوصیات طیفی خاک تحت تأثیر نمک قابل‌شناسایی در محدوده وسیعی از طول‌موج‌ها، به‌خصوص در محدوده طیفی مادون‌قرمز است. با افزایش میزان شوری دامنه بهینه رطوبتی آن افزایش‌یافته و شوری‌های بالا دارای پایین‌ترین بازتاب طیفی هستند و این به دلیل افزایش دامنه رطوبتی است.

منابع

Ranjbar, G. H., Pirasteh-Anosheh, H., Emam, Y. and Hosseinzadeh, S. H. 2013. Effect of salt stress at different growth stages of wheat cv. Roshan. Crop Prod. Environ. Str, 5, 23-31. (In Persian with English abstract).

FAO, F. 2012. Agriculture Organization of the United Nations. 2012. FAO statistical yearbook.

Farifteh, J., Meer, F. V., Atzberger, C. and Carranza, E. J. M. 2007. Quantitative analysis of salt-affected soil reflectance spectra: a comparison of two adaptive methods (PLSR and ANN). Remote Sensing of Environment, 110, 59-78.

Kuzmina, Z. V., Karimova, T. Y., Treshkin, S. E. and Feodoritov, V. M. 2011. Influence of climate changes and regulated river run-off on dynamics of vegetation in the river valleys.

McKenzie, D. 2003. Sodicity – a dirty word in Australia. The Australian Cottongrower, 24 (1), 28–32.

Moameni, A. 2010. Geographical distribution and salinity levels of soil resources of Iran. Soil Res. J, 24, 203-215. (In Persian with English abstract).

Pirasteh-Anosheh, H., Emam, Y. and Sepaskhah, A. R. 2015. Improving barley performance by proper foliar applied salicylic-acid under saline conditions. Int. J. Plant Prod, 9, 467-486.

Recio-Vazquez, L., Almendros, G., Knicker, H., Carral, P. and Álvarez, A. M. 2014. Multivariate statistical assessment of functional relationships between soil physical descriptors and structural features of soil organic matter in Mediterranean ecosystems. Geoderma, 230, 95-107.

Stenberg, B., Rossel, R. A. V., Mouazen, A. M. and Wetterlind, J. 2010. Chapter five-visible and near infrared spectroscopy in soil science. Advances in agronomy, 107, 163-215.

Vashev, B., Gaiser, T., Ghawana, T., de Vries, A. and Stahr. K. 2010. Biosafor Project Deliv- erable 9: Cropping Potentials for Saline Areas in India, Pakistan and Bangladesh. University of Hohenheim, Hohenheim, Germany.

16th Iranian Soil Science Congress

University of Zanjan, Iran, August 27-29, 2019

Topic for submission: Novel Technologies in Soil Science

Considering the effect of moisture on reflectance spectrometry capability in soil salinity estimation

Alioghli[*1], S., Bahrami[2], H.A., Darvishi Boloorani, A.[3] Mirzaei, S.[4]

[1] M. Sc. Student, Soil Science Department, Faculty of Agriculture University of Tarbiat Modares, Iran

[2] Prof., Soil Science Department, Faculty of Agriculture University of Tarbiat modares, Iran

[3] Assistant Prof., Department of Remote Sensing & GIS University of Tehran, Iran

[4] PhD. Student, Department of Remote Sensing & GIS University of Tehran, Iran

Abstract

Soil salinity is considered to be an environmental hazard that lead to reducing the fertility of the soil, and increment the desertification. This research was carried out to determine to salinity and its mechanism, reduce the cost of laboratory analysis, increase the accuracy of measurement and save time, study the effect of soil texture on the absorption effects of soil salinity by using hyper-spectral data. The capability of reflectance spectrometry, as a fast and cost effective method, in soil salinity detection and quantification. Reflectance of soil samples treated in 7 moisture including air dry (2%moisture),8, 14, 20, 26, 32, 38% and three salinity levels (natural salt of Hoze Soltan lake) measured by FieldSpec 3 spectrometer. The results of PLSR and PCR methods indicate that the best prediction of soil salinity for PLSR is occur in moisture content of 32% (R^2 = 0.91 and RMSE = 0.98), and for PCR is occur in moisture content of 32% (R^2 = 0.88 and RMSE 0.98). Absorption features located in 1400 and 1800 nm are very important in soil salinity consideration.

Keywords: Soil Salinity, Soil Moisture, Soil Texture, Spectrometry, PLSR and PCR model

[*] Corresponding author, Email: alioghlisoheila@modares.ac.ir

شانزدهمین کنگره علوم خاک ایران

دانشگاه زنجان، ۵ تا ۷ شهریور ۱۳۹۸

محور مقاله: فناوری‌های نوین در علوم خاک

شناسایی ریشه درخت داغداغان با استفاده از رادار نافذ زمین

مونا شیخی [*۱]، حسینعلی بهرامی [۲]، علیرضا علیاری [۳]، سهام میرزایی [۴]

[۱] دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس

[۲] استاد گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس

[۳] کارشناس ارشد، شرکت دانش بنیان زمین آب پی، تهران

[۴] دانشجوی دکتری گروه سنجش از دور و GIS دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران

چکیده

با توجه به نقش حیاتی ریشه‌ها در اکوسیستم، شناسایی ریشه‌ها ضروری می‌باشد. روش‌های سنتی مانند حفاری برای شناسایی ریشه‌ها مخرب و زمان‌بر است و نیروی کار زیادی را می‌طلبد. رادار نفوذی زمین روشی غیرمخرب است که قابلیت نفوذ در لایه‌های زیرزمین را دارد. هدف از این تحقیق ارزیابی امکان‌پذیری استفاده از GPR برای شناسایی ریشه درخت داغداغان تحت شرایط محیط طبیعی می‌باشد. در این مطالعه ریشه درخت داغداغان با استفاده از دستگاه GPR (AKULA 9000) با آنتن فرکانس مرکزی ۷۰۰ مگاهرتزی اسکن شد. پس از پردازش و تفسیر رادارگرام، ریشه‌های درخت داغداغان شناسایی و با استفاده از داده‌های حفاری نتایج مورد ارزیابی قرار گرفت. به دلیل تاثیرگذاری بالای شوری، رطوبت و بافت خاک بر پالس‌های راداری، این موارد در خاک تاج پوشش درخت اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که در خاک بافت لوم شنی و رطوبت ۵.۶۶ درصدی و شوری ۲.۴۲ds/m با آنتن ۷۰۰ مگاهرتز ریشه‌های درخت داغداغان تا عمق ۵۰ سانتی‌متر قابل شناسایی هستند و با افزایش عمق سیگنال میرا می‌شود و قابلیت آشکارسازی ریشه‌ها از دست می‌رود.

کلمات کلیدی: خاک، درخت داغداغان، ریشه درخت، GPR

مقدمه

ریشه‌ها نقش حیاتی در جذب آب و موادغذایی، حمایت‌های مکانیکی از خاک، ذخیره منابع (آب، کربوهیدرات و مواد غذایی) و واسطه تعامل با باکتری‌های بیماری‌زا و سودمند در گیاهان و چرخه بیوژئوشیمیایی در اکوسیستم را به عهده دارند. (رش وهمکاران، ۲۰۰۳. روبن و همکاران ۲۰۰۷. براسارد و همکاران، ۲۰۱۱). از دیدگاه اکولوژیکی ریشه‌های بزرگ یک نقش مهم در ترسیب کربن بازی می‌کنند و کربن را به خاک و محیط اطراف آن اضافه می‌کنند که بر بهره‌وری و تولید کربن دی‌اکسید در طولانی مدت اثرگذار است (رش و همکاران، ۲۰۰۳). رشد ریشه درختان نزدیک به ساختمان-ها و بناهای تاریخی بطور مستقیم یا غیرمستقیم می‌تواند باعث آسیب‌های زیرساختی شود و ضرورت استفاده از ابزارهایی برای تشخیص و رفع آن ایجاب می‌کند. در فصل تابستان ریشه درختان در حال رشد نزدیک به ساختمان‌ها و بناهای تاریخی می‌توانند به پایه ساختمان‌ها نفوذ کنند، به این دلیل که به دنبال آب بیشتر در محیط خاک هستند (باتنور و همکاران، ۲۰۰۱). شناسایی ریشه درختان با استفاده از رادار نافذ زمین برای معابر شهری و محل رفت و آمد در پیاده‌روها نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد. زیرا رشد بیش از حد ریشه درختان باعث شکستن پوشش سطح زمینی می‌شود، خساراتی را ایجاد می‌کند و باعث ایجاد نمای نامناسب در فضای شهری می‌شود. همچنین در نزدیکی ساختمان‌ها و بناهای تاریخی رشد ریشه درختان برای دسترسی بیشتر به رطوبت ممکن است به فضای زیر ساختمان‌ها برسد و به پایه آنها آسیب برساند (باتنور و همکاران، ۲۰۰۳). در کشاورزی نیز شناخت نوع ریشه درختان و یا گیاهان زراعی برای مناطق خشک و کم آب می‌تواند کمک بزرگی به مصرف آب و صرفه‌جویی در آن ایجاد کند و گیاهانی انتخاب شود که عمق بیشتری داشته باشند و به‌راحتی به رطوبت خاک دسترسی پیدا کنند (لیو و همکاران، ۲۰۱۶). عملکرد سنتی برای شناسایی ریشه درختان (مثل هسته‌های خاکی و ترانشه‌ها) اطلاعات دقیق و معقول از ریشه را تهیه کرده است، اما این روش‌ها در طبیعت مخرب هستند و کاری فشرده، سخت و زمان‌بر است (باتنور و همکاران، ۲۰۰۳. گو و همکاران ۲۰۱۳). رادار نافذ زمین (Ground Penetrating Radar) یک وسیله غیرمخرب است که بطور گسترده برای نشان‌دادن زیرسطح و نظارت در مهندسی شهری، باستان‌شناسی، پزشکی قانونی، تشخیص محل احداث تونل، افق‌های محدودکننده در خاک، لایه‌های سنگی، سنگ‌بستر، ریشه درختان، سطح آب و تشخیص لوله‌ها و کابل‌ها قابل استفاده می‌باشد

[*] ایمیل نویسنده مسئول: Mona.sheikhi@modares.ac.ir

(جول، ۲۰۰۸). هنگام برداشت داده با GPR، فرکانس بالایی از انرژی الکترومغناطیسی تولید شده به وسیله آنتن فرستنده به داخل زمین پخش می‌شود. وقتی‌که امواج رادار از اجسام با خصوصیات الکتریکی متفاوت عبور می‌کند، انعکاس تولید می‌شود (الهاگری، ۲۰۰۷). سپس بخشی از انرژی که به سطح منعکس شده است، به وسیله آنتن گیرنده ثبت می‌شود. باقی‌مانده انرژی به بخش‌های عمیق‌تر منتشر می‌شود تا زمانیکه بطور کامل تضعیف شود (بارتون و مونتاگو، ۲۰۰۴). بطور کلی مطالعات کمی وجود دارند که از GPR برای پیدا کردن و شناسایی ریشه درختان استفاده شده است. بنابراین هدف از این تحقیق، ارزیابی GPR با آنتن ۷۰۰ مگاهرتز به عنوان ابزار سریع و غیرمخرب برای تشخیص ریشه درخت داغداغان، قابل اطمینان بودن و عوامل تاثیرگذار بر آن است.

مواد و روش‌ها

این پژوهش بر روی درخت داغداغان با نام علمی *Celtis oustralis* با سن ۲۳ سال در دانشکده کشاورزی تربیت مدرس واقع در کیلومتر ۱۷ اتوبان تهران-کرج با مختصات جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۴ دقیقه عرض شمالی و ۵۱ درجه و ۱۰ دقیقه طول شرقی و ارتفاع ۱۳۵۲ متر از سطح دریا با اقلیم نیمه خشک انجام شد. شناسایی ریشه درخت مورد نظر با استفاده دستگاه GPR مدل AKULA 9000 ساخت کشور سوئد با فرکانس آنتن مرکزی ۷۰۰ مگاهرتز در این طرح مورد بررسی قرار گرفت. برای برداشت داده از ریشه درخت داغداغان، شبکه‌بندی مربع مورد آزمایش با متراژ ۳ × ۳ متر با فواصل ۳۰سانتی‌متر دور درخت با استفاده از پودر سنگ ایجاد شد. سپس دستگاه GPR کالیبره شد و داده هر خط برداشت شد. (شکل ۱). پس از برداشت داده مقداری از خاک تاج پوشش درخت داغداغان برای آزمایش شوری، رطوبت و بافت خاک که در نفوذ سیگنال GPR تاثیرگذار است برداشته شد. داده‌های برداشت شده با استفاده از نرم‌افزار Reflex W نسخه ۷.۵ پردازش شدند. پردازش‌ها شامل استانداردکردن رادارگرام، حذف نویزهای موجود، تقویت سیگنال و مهاجرت بودند. پس از آن داده‌های پردازش شده تفسیر شدند و با استفاده از ترانشه ایجاد شده در حد فاصل ۳ متر از درخت مورد نظر و با ۱.۲ متر عمق مورد بررسی قرار گرفتند.

شکل ۱. برداشت داده از ریشه درخت داغداغان

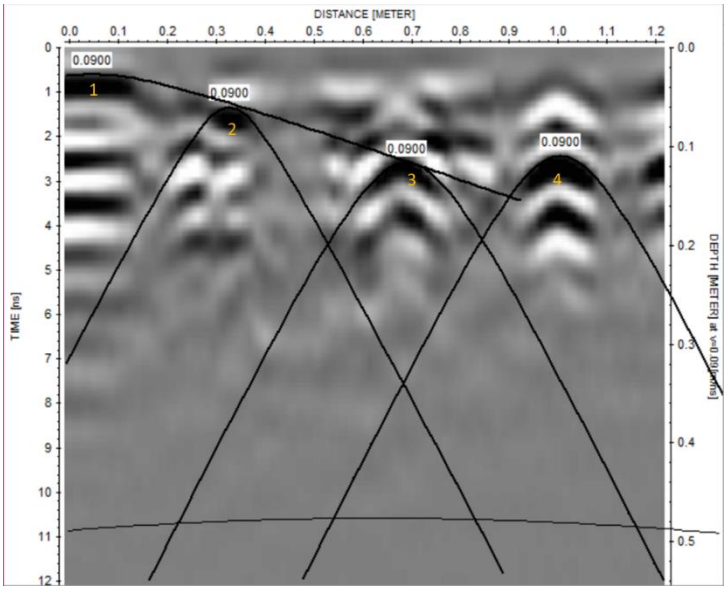
نتایج و بحث

نتایج مربوط به خاک موردنظر (بافت، شوری و رطوبت) در جدول (۱) ارائه گردیده است. خاک مورد بررسی دارای بافت لوم شنی با میزان ۱۰ درصد رس بوده است. همچنین شوری با میزان کمتر از ۴ ds/m و رطوبت خاک با میزان ۵.۶۶ درصد برآورد شده است. افزایش این ۳ عامل در خاک باعث میرایی سیگنال می‌شود و باعث می‌شود که عمق نفوذ سیگنال GPR کاهش پیدا کند.

جدول ۱. برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه

بافت خاک	شن (در صد)	سیلت (در صد)	رس (در صد)	شوری (dS/m)	رطوبت (درصد)
لوم شنی	۷۶	۱۴	۱۰	۲.۴۲	۵.۶۶

پس از پردازش رادارگرام، هذلولی‌های موجود در هر یک از رادارگرام‌ها مشخص و سپس تفسیر شدند. نتایج رادارگرام نشان داد که ریشه‌ها تا عمق ۵۰ سانتی‌متر از سطح زمین قابل شناسایی هستند و به دلیل میرا شدن سیگنال در عمق‌های پایین‌تر ریشه‌ها در عمق‌های سطحی قابل شناسایی هستند. در جهت عمودی رادارگرام سمت چپ نشان دهنده عمق و در سمت راست رادارگرام نشان‌دهنده زمان رفت و برگشت سیگنال می‌باشد. هریک از هذلولی‌ها نماینده وجود یک ریشه در خاک می‌باشد که با شماره‌گذاری در شکل ۲ نشان داده شده است. نوک هر هذلولی نشان‌دهنده مکان اصلی هر ریشه می‌باشد. به دلیل وجود رطوبت در ریشه و خاک اطراف ریشه، رینگینگ ایجاد می‌شود. ۴ ریشه در رادارگرام موردنظر شناسایی شد. هذلولی کشیده شده در شماره ۱ به معنی ریشه‌ای است که GPR بصورت هم جهت با ریشه حرکت کرده است. این هذلولی با منحنی که دارای زاویه ۱۰ درجه است کاملا منطبق شده است این ریشه در سطح زمین قرار داشت و به عنوان داده‌ی زمینی در نظر گرفته شده بود. هذلولی‌های شماره ۲، دو ریشه‌ای هستند که در کنار همدیگر قرارگرفته‌اند. هذلولی شماره ۳ ریشه‌ای در جهت دیگر بر روی ریشه موردنظر قرار گرفته است. هذلولی شماره ۴ در عمق پایین‌تر قرار دارد و با منحنی ۹۰ درجه کاملا منطبق است. یعنی ریشه با حرکت GPR زاویه ۹۰ درجه ایجاد کرده است. سرعت امواج هنگام عبور از اشیاء مختلف متغیر است و با توجه به ثابت دی‌الکتریک هر شیء این سرعت تغییر می‌کند. بنابراین برای تشخیص اشیاء مختلف در رادارگرام از تغییر سرعت موج استفاده می‌شود. برای تشخیص در رادارگرام هر شیء سرعت مشخصی دارد. سرعتی که برای تشخیص هذلولی‌هایی که به عنوان ریشه درخت از سنگ و یا اشیاء دیگر در نظر گرفته شد، عدد ۰/۰۹ بود. با افزایش عمق سیگنال ضعیف شده تا وقتی‌که سیگنال میرا شود و عملا داده‌ای در عمق پایین‌تر دیده نمی‌شود. در این طرح ریشه‌های کوچکتر از ۳ سانتی‌متر قابل شناسایی نبودند و فقط ساختار ریشه‌های بزرگتر از ۳ سانتی‌متر با استفاده از فرکانس آنتن مرکزی ۷۰۰ مگاهرتز قابل تشخیص‌اند.



شکل ۲. پردازش داده با استفاده از نرم‌افزار Reflex W

وقتی‌که زاویه ریشه با جهت حرکت GPR ۹۰ درجه باشد، بهترین رزولوشن از ریشه در رادارگرام ایجاد می‌شود و یک هذلولی واضح نمایان می‌شود. هرچه زاویه بین جهت ریشه و جهت حرکت GPR کمتر از ۹۰ درجه باشد این امر باعث ایجاد هذلولی با نوک صاف ایجاد می‌شود. اما وقتی جهت هر دو یکسان باشد نوع هذلولی بوجود آمده بصورت صاف و امتداد دار در رادارگرام ایجاد می‌شود (باتنور و همکاران، ۲۰۰۱. بارتون و مونتاگو، ۲۰۰۴). با ترکیب کردن فرکانس‌های مختلف در محدوده ۴۰۰ مگاهرتز تا ۱.۵ گیگاهرتز، ممکن است دقت در تشخیص ریشه‌های بزرگتر از ۵ میلی‌متر بیشتر شود (هیرانو و همکاران، ۲۰۰۹). اگرچه ریشه‌هایی با قطر کمتر از ۵ میلی‌متر که شاخص‌های خوبی از استرس محیطی هستند (هیرانو و همکاران ۲۰۰۹) با استفاده از GPR قابل شناسایی نیستند (استوور و همکاران، ۲۰۰۷). بهترین حالت برای برداشت داده از ریشه درختان زمانی است که خاک اطراف ریشه خشک باشد ولی وجود رطوبت در ریشه‌ها برای شناسایی آن‌ها ضروری می‌باشد (هیرانو و همکاران، ۲۰۰۹).

نتیجه‌گیری

این پژوهش نشان داد که در هنگام برداشت داده، اشیاء دیگر مانند سنگ و کلوخه و ریشه‌هایی که در نزدیکی یکدیگر قرار گرفته‌اند ممکن است باعث پیچیدگی در تفسیر رادارگرام شوند. اما با شناخت نوع هذلولی تشکیل شده در رادارگرام و تفکیک سنگ از ریشه می‌توان پیچیدگی در هنگام تفسیر رادارگرام را کاهش داد. بطور کلی با توجه به غیرمخرب بودن آن، زمان‌بر نبودن و تکرارپذیری اندازه‌گیری‌ها می‌توان از این دستگاه برای ارزیابی ریشه‌های زراعی و درختان مختلف استفاده کرد. ۳ عامل رطوبت، شوری و رس خاک در نفوذ سیگنال GPR تاثیرگذار هستند و در هنگام برداشت داده بهتر است در خاکی داده برداشت شود که شنی خشک باشد. اما در شرایط محیط طبیعی با استفاده از آنتن‌های مختلف می‌توان از ریشه درختان داده برداشت کرد. بنابراین می‌توان از این مطالعه نتیجه گرفت که از GPR با توجه به غیرمخرب و سریع بودن آن برای شناسایی ریشه‌ها و جهت آن‌ها در محیط طبیعی می‌توان استفاده کرد.

منابع

al Hagrey, S. A. 2007. Geophysical imaging of root-zone, trunk, and moisture heterogeneity. Journal of Experimental Botany, 58(4), 839–854.

Barton, C. V. M. and Montagu, M. K. 2004. Detection of tree roots and determination of root diameters by ground penetrating radar under optimal conditions. Tree Physiol, 24, 1323-1331. doi:10.1093 /treephs/24.12.1323.

Brassard B. W. C. H., Bergeron, Y. and Pare, D. 2011. Coarse root biomass allometric for Abies balsama, Picea mariana, Pinus banksiana, and Populus tremuloides in the boreal forest of Ontario, Canada, Biomass Bioenergy. Biomass Bioenergy, 35, 4189-4196. doi:10.1016/j.biombioe 2011.06.045.

Butnor, J. R. D. J., Kress, L., Cohen, S. and Johnsen, K. H. 2001. Use of ground-penetrating radar to study tree roots in the southeastern United States. tree physiol, 21, 1269-1278. doi:10.1093/treephs/21.17.1269.

Butnor J. R. D. J., Johnson, K. H., Samuelson, L., Stokes, T. and Kress, L. 2003. Utility of ground-penetrating radar as a root biomass survey tool in forest systems. Soil Sci Soc Am J, 67, 1607-1615. doi:10.2136/sssaj2003.1607.

Hirano, Y., Dannoura, M., Aono, K., Igarashi, T., Ishii, M., Yamase, K., and Kanazawa, Y. 2009. Limiting factors in the detection of tree roots using ground-penetrating radar. Plant and Soil, 319(1-2), 15.

Guo, L., Chen, J., Cui, X., Fan, B. and Lin, H. 2013. Application of ground penetrating radar for coarse root detection and quantification: a review. Plant and soil, 362(1-2), 1-23 .

Jol, H. M. E. 2008. Ground penetrating radar theory and applications. elsevier.

Liu, X., Dong, X. and Leskovar, D. I. 2016. Ground penetrating radar for underground sensing in agriculture: A review. Int Agrophys, 30, 533–543.

Resh, S. C., Battaglia, M., Worledge, D., & Ladiges, S. 2003. Coarse root biomass for eucalypt plantations in Tasmania, Australia: sources of variation and methods for assessment. Trees, 17(5), 389-399 .

Reubens, B., Poesen, J., Danjon, F., Geudens, G., and Muys, B. 2007. The role of fine and coarse roots in shallow slope stability and soil erosion control with a focus on root system architecture: a review. Trees, 21(4), 385-402 .

Stover, D. B., Day, F. P., Butnor, J. R. and Drake, B. G. 2007. Effect of elevated Co_2 on coarse- root biomass in Florida scrub detected by ground- penetrating radar. Ecology, 88(5), 1328-1334.l

16th Iranian Soil Science Congress

University of Zanjan, Iran, August 27-29, 2019

Topic for submission: Novel Technologies in Soil Science

Celtis oustralis tree root detection using ground penetrating radar

Sheykhi[*1], M., Bahrami, H.A.,[2] Aliyari, A.R.,[3] Mirzaei, S.[4]

[1] M. Sc. Student, Soil Science Department, Faculty of Agriculture University of Tarbiat Modares, Iran

[2] Prof., Soil Science Department, Faculty of Agriculture University of Tarbiat Modares, Iran

[3] Managing director, Z.A.P Consulting Engineers, Tehran, Iran

[4] PhD. Student, Department of Remote Sensing & GIS University of Tehran, Iran

Abstract

Root structure detection is of high importance, because of the role they have in ecosystem. Traditional root detection methods like excavation are destructive and time consuming and need a lot of work force. Ground Penetration Radar (GPR) is the non-distractive method that could penetrate to sublayers. This study aims to use GPR to detect *Celtis oustralis* root under natural condition. The GPR system (AKULA 9000) with 700 MHz antenna was used to collect data. After preprocessing and radargram interpretation, *Celtis oustralis* roots were detected and validated with the field data. Soil salinity, texture and moisture were measured for soil sample of *Celtis oustralis* canopy, because these parameters have high impact on radar signal. The results show that *Celtis oustralis* roots could be detected successfully by GPR with 700 MHz antenna, in sandy loam soil with 5.66% moisture and 2.42 dS/m salinity up to 50 cm depth. After this depth the signal is attenuated and root detection is not possible.

Keywords: *Celtis oustralis*, Soil. Tree root, GPR.

[*] Corresponding author, Email: mona.sheikhi@modares.ac.ir

شانزدهمین کنگره علوم خاک ایران

دانشگاه زنجان، ۵ تا ۷ شهریور ۱۳۹۸

محور مقاله: فناوری‌های نوین در علوم خاک

بررسی همبستگی برخی خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک با اطلاعات سنجش از نزدیک خاک

علیرضا دهمرده[۱]، علی شهریاری[۲]، محمد رضا پهلوان راد[۳و۴]، اسماء شعبانی[۵]، مریم قربانی[۵]

[۱] دانشجوی کارشناسی ارشد رشته علوم خاک دانشگاه زابل، دانشکده آب و خاک، دانشگاه زابل، زابل، ایران

[۲] استادیار گروه علوم خاک، دانشکده آب و خاک، دانشگاه زابل، زابل، ایران

[۳] استادیار بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی سیستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، زابل، ایران

[۴] استادیار بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران

[۵] مربی گروه علوم خاک، دانشکده آب و خاک، دانشگاه زابل، زابل، ایران

چکیده:

برخی خصوصیات خاک را می‌توان به‌صورت مستقیم و یا غیرمستقیم با استفاده از سنجش از نزدیک خاک اندازه‌گیری یا پیش‌بینی نمود. با توجه به اینکه برخی خصوصیات خاک در طول زمان و مکان متغیرند ابزار سنجش از نزدیک کمک می کند تا با سرعت بسیار زیاد و دقت بالا در دوره های زمانی کم این خصوصیات مورد ارزیابی و اندازه گیری قرار گیرند. این مطالعه با هدف بررسی رابطه هدایت الکتریکی ظاهری خاک به‌عنوان داده‌ای حاصل از سنجش از نزدیک با برخی خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه زابل (موسوم به سد سیستان) انجام شد. به‌این منظور تعداد ۱۰۰ نقطه بر اساس شبکه‌بندی منظم انتخاب و از خاک سطحی آن نمونه‌برداری انجام شد. سپس هدایت الکتریکی، واکنش خاک، ماده آلی، رس، سیلت و شن توسط روش‌های معمول و هدایت الکتریکی ظاهری با استفاده از دستگاه EM38-MK2 اندازه‌گیری شد. نتایج پژوهش نشان داد هدایت الکتریکی ظاهری با شن همبستگی منفی و معنی‌دار ($p<0.01$)، با سیلت ($p<0.01$) و رس ($p<0.05$) همبستگی مثبت و معنی‌داری را نشان داد و با سایر خصوصیات همبستگی معنی‌دار نداشت. نتایج نشان می‌دهند که برخی خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک با استفاده از ابزار سنجش از نزدیک خاک قابل برآورد و پیش‌بینی در منطقه مورد مطالعه می‌باشند.

واژگان کلیدی: القای الکترومغناطیسی، هدایت الکتریکی ظاهری خاک، دستگاه EM38-MK2، خاک‌های مناطق خشک

مقدمه

شناسایی یا نقشه‌برداری خاک، به عنوان روشی برای تعیین الگوی پراکنش خاک، توصیف و نمایش آن به شکل قابل فهم و تفسیر برای کاربران مختلف، پایه و اساس اطلاعات خاک برای مدل‌سازی محیطی می‌باشد (باقری بداغ آبادی و همکاران، ۱۳۹۰). پایش ویژگی‌های خاک اعم از بررسی‌های مکانی و یا زمانی توسط روش‌های متداول، از نظر عملی فرآیندی وقت‌گیر، پرهزینه و گاهی اوقات غیرممکن هستند. به همین دلیل تقاضا برای تهیه اطلاعات مفید خاک با صرف کمترین هزینه و بیشترین کیفیت، در حال افزایش بوده و هست. این مسائل سبب شده که همه‌روزه سنجنده‌ها و یا تکنیک‌های جدید به عرصه تحقیقات خاک دنیا معرفی گردند، تا کارهای صحرایی و آزمایشگاهی متداول را ارتقاء بخشند (Allred و همکاران ۲۰۰۸).

سنجش از نزدیک خاک مجموعه‌ای از تکنیک‌هایی است که یک حسگر (سنسور) به عنوان سنجنده در خاک یا نزدیکی آن قرار گرفته و برخی خصوصیات خاک را به صورت مستقیم و یا غیرمستقیم اندازه گیری می‌کند. با توجه به اینکه برخی خصوصیات خاک در طول زمان و مکان متغیرند ابزار سنجش از نزدیک کمک می کند تا با سرعت بسیار زیاد و دقت بالا در دوره های زمانی کم این خصوصیات مورد ارزیابی و اندازه گیری قرار گیرند (Adamchuk, 2017) به عبارت دیگر ارزیابی سریع و دقیق متغیرهای مزرعه برای شناسایی ناهمگنی‌ها و همچنین اشتراکات، جهت بهبود مدیریت اراضی زراعی ضروری می‌باشد که سنجش از نزدیک خاک این امکان را فراهم می‌نماید (Heil and Schmidhalter, 2017). سه روش ژئوفیزیکی رادار نفوذی زمینی[۱]، القای الکترومغناطیسی[۲] و مقاومت الکتریکی[۳] به عنوان رایج‌ترین روش‌های سنجش از نزدیک خاک شناخته می‌شوند (Allred و همکاران ۲۰۱۰).

روش القای الکترومغناطیسی برای درک تغییرات مکانی خصوصیات خاک در مقیاس مزرعه و زمین‌نما به صورت گسترده‌ای توسط خاکشناسان مورد استفاده قرار گرفته است. در این روش هدایت الکتریکی ظاهری خاک اندازه گیری می‌شود و دستگاه القاگر الکترومغناطیسی (EM38) یکی از دستگاه‌هایی است که از این نوع حسگر استفاده می نماید (Doolittle and Brevik, 2014).

1 Ground-penetrating radar (GPR)

2 Electromagnetic induction (EMI)

3 Electrical resistivity (ER)

با توجه به اینکه مطالعات محدودی در خصوص رابطه خصوصیات خاک و روش‌های سنجش از نزدیک در ایران انجام شده است، لذا این تحقیق جهت بررسی روابط هدایت الکتریکی ظاهری خاک (اندازه‌گیری شده توسط دستگاه EM38-MK2) با برخی خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک در منطقه سیستان انجام شد.

مواد و روش‌ها:

دشت سیستان در شرق ایران و در شمال استان سیستان و بلوچستان در طول جغرافیایی ۶۱درجه و ۱۰ دقیقه تا ۶۱درجه و ۴۹ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۲۹درجه و ۵۵ دقیقه تا ۳۱درجه و ۲۰دقیقه شمالی واقع شده است. متوسط بارندگی سالیانه منطقه ۵۰ میلی‌متر و ارتفاع آن از سطح دریا به طور متوسط ۴۷۵ متر می‌باشد. تبخیر و تعرق سالانه در این منطقه ۴۵۰۰ الی ۵۰۰۰ میلی‌متر می‌باشد که بسیار بالا است. بادهای نیرومند ۱۲۰ روزه در این منطقه منحصر به فرد بوده و یکی از مهمترین عوامل دخیل در مقدار بالای تبخیر و تعرق است. رژیم رطوبتی و دمایی منطقه به ترتیب اریدیک و هایپرترمیک می‌باشد.

این تحقیق در مزرعه آموزشی و تحقیقاتی دانشگاه زابل موسوم به سد سیستان که در پانزده کیلومتری شهرستان زابل قرارگرفته است، انجام گرفت. کاربری زمین‌های منطقه شامل کشاورزی، مرتع و همچنین زمین‌های غیرقابل استفاده می‌باشند. در اراضی تحت کشت معمولا گندم، جو و یونجه به صورت غرقابی کشت می‌شوند.

شکل ۱. موقعیت جغرافیایی نقاط نمونه‌برداری در مزرعه سد سیستان

نمونه‌برداری از خاک سطحی بر اساس شبکه‌بندی منظم با ابعاد ۵۰۰ * ۵۰۰ متر با استفاده از نرم‌افزار Arc GIS 10.1 انجام شد(شکل ۱). موقعیت نمونه‌های خاک در محل هر گره از شبکه نمونه‌برداری در منطقه مورد نظر با دستگاه GPS تعیین و در مجموع ۱۰۰ نمونه از خاک سطحی (۳۰ – ۰ سانتی‌متری) برداشت و به آزمایشگاه منتقل گردید. با انتقال نمونه‌های خاک به آزمایشگاه، ابتدا نمونه‌ها هواخشک و سپس از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شدند.

هدایت الکتریکی ظاهری (ECa) با استفاده از تکنیک‌های سنجش از نزدیک خاک توسط دستگاه EM38-MK2 انجام شد. مقادیر هدایت الکتریکی (EC)، پتاسیم (K)، فسفر (P) و اندازه ذرات خاک (رس، سیلت و شن) توسط روش‌های معمول در نمونه‌های خاک اندازه‌گیری شدند. برای بررسی ارتباط بین خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک و هدایت الکتریکی ظاهری در منطقه مورد مطالعه از آزمون همبستگی پیرسون در نرم افزار SPSS نسخه شماره ۲۰ استفاده شد.

نتایج و بحث

در جدول ۱ برخی خصوصیات آماری فاکتورهای مورد مطالعه ارائه شده است. نتایج نشان داد که خاک منطقه مورد مطالعه به لحاظ میانگین هدایت الکتریکی و واکنش خاک غیر شور و قلیایی، دارای بافت متوسط تا درشت است. نتایج بدست آمده در خصوص هدایت الکتریکی، شن، سیلت و رس با نتایج تحقیق Delbari و همکاران (۲۰۱۹) در مزرعه سد سیستان مطابقت دارد.

جدول ۱. برخی خصوصیات آماری فاکتورهای مورد مطالعه

	کمترین	بیشترین	میانگین	انحراف معیار
هدایت الکتریکی (dS/m)	۰/۲۱	۱۰/۴	۲/۲۷	۱/۶۳
واکنش خاک	۷/۵۶	۸/۷	۸	۰/۲۲
ماده آلی (٪)	۰/۶۲	۲/۵	۱/۴۹	۰/۴۳
شن (٪)	۲۷	۷۷	۴۶/۰۷	۹/۸۲
سیلت (٪)	۴	۶۰	۴۳/۰۲	۹/۵۸
رس (٪)	۳	۲۳	۱۰/۹۱	۳/۸۳
هدایت الکتریکی ظاهری (mS/m)	۲۲	۲۷۹	۷۰/۲۳	۴۸/۶

در جدول ۲ نتایج آنالیز همبستگی هدایت الکتریکی ظاهری خاک با خصوصیات مورد مطالعه ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهد که هدایت الکتریکی ظاهری (ECa) با هدایت الکتریکی عصاره اشباع (ECe) و ماده آلی خاک همبستگی مثبت و با واکنش خاک همبستگی منفی ولی غیر معنی‌دار دارد. مطالعات متعددی در دنیا به بررسی رابطه هدایت الکتریکی ظاهری با هدایت الکتریکی (عصاره اشباع) و تلاش برای پیش‌بینی مقادیر (ECe) با استفاده از مقادیر (ECa) انجام شده است (Cook و همکاران ۱۹۹۲؛ McKenzie و همکاران ۱۹۹۷؛ Kaffka و همکاران ۲۰۰۵: Yao و همکاران ۲۰۱۳).

رحیمیان و هاشم‌نژاد (۱۳۸۹) در واسنجی دستگاه EM38 برای ارزیابی شوری خاک اظهار داشتند که میزان رطوبت خاک نقش اصلی را در بدست آوردن همبستگی بالا بین هدایت الکتریکی ظاهری و شوری خاک بازی می‌کند. مطالعات متعددی نشان داده‌اند که مدل‌های پیش‌بینی هدایت الکتریکی عصاره اشباع و هدایت الکتریکی ظاهری دقت کمی داشته و رابطه ضعیفی دارند (Johnston و همکاران ۱۹۹۷؛ Mankin و همکاران ۱۹۹۷). نتایج این مطالعات نشان می‌دهد که برای مطالعه رابطه ECe و ECa کالیبراسیون بر اساس نوع خاک و وضعیت آب در خاک برای هر منطقه ضروری است (Johnston و همکاران ۱۹۹۷؛ Kaffka و همکاران ۲۰۰۵). باید توجه داشت تغییرات روابط تبدیل ECa به ECe در خاک‌های درشت بافت (مانند خاک منطقه مورد مطالعه در این پژوهش) بیشتر از خاک‌های متوسط تا ریز بافت می‌باشد (McKenzie و همکاران ۱۹۹۳). همچنین نتایج آنالیز همبستگی نشان داد که هدایت الکتریکی ظاهری با سیلت و رس خاک همبستگی مثبت و با شن خاک همبستگی منفی داشته که برای سیلت و شن این همبستگی در سطح ۱ درصد و برای رس در سطح ۵ درصد به لحاظ آماری معنی‌دار بود. به‌عبارت دیگر می‌توان گفت هدایت الکتریکی ظاهری در خاک های مورد مطالعه با بافت خاک رابطه مستقیمی دارد. مطالعات متعددی در دنیا به بررسی رابطه هدایت الکتریکی ظاهری و اجزاء بافت خاک و تلاش برای پیش‌بینی مقادیر رس، سیلت و شن با استفاده از مقادیر هدایت الکتریکی ظاهری انجام شده است (Sudduth و همکاران ۲۰۰۴؛ Korsaeth و همکاران ۲۰۰۵: Mertens و همکاران ۲۰۰۸؛).

نکته قابل توجه در مطالعه رابطه اجزاء بافت خاک و هدایت الکتریکی ظاهری توجه به اثر کانی‌شناسی بر قابلیت هدایت خاک می‌باشد. McBratney و همکاران (۲۰۰۵) و Minasny and McBratney (۲۰۰۷) اظهار داشتند که نوع کانی‌شناسی به علت اثر گذاری مغناطیسی بر ECa برآورد مقدار رس را دشوار می‌سازد. این محققین معتقدند که خاک‌هایی با رس غالب کائولینیت دارای قابلیت هدایت کم و خاک‌هایی با رس غالب ایلیت و کانی‌شناسی مخلوط دارای قابلیت هدایت بالا می‌باشند اما خاک‌هایی با رس غالب اسمکتیت قابلیت هدایت کمتری نسبت به گروه قبل دارند.

جدول ۲. ضریب همبستگی (پیرسون) بین هدایت الکتریکی ظاهری خاک با خصوصیات مورد مطالعه

	هدایت الکتریکی ظاهری	رس	سیلت	شن	ماده آلی	واکنش خاک	هدایت الکتریکی
هدایت الکتریکی ظاهری	۱						
رس	۰/۲۱۷*	۱					
سیلت	۰/۲۸۰**	-۰/۱۳۸	۱				
شن	-۰/۳۵۷**	-۰/۲۵۵*	-۰/۹۲۲**	۱			
ماده آلی	۰/۰۲۴	-۰/۰۷۷	۰/۲۷۴**	-۰/۲۳۷*	۱		
واکنش خاک	-۰/۰۳۴	۰/۰۱۲	۰/۲۵۱*	-۰/۲۵۰*	-۰/۱۳۸	۱	
هدایت الکتریکی	۰/۱۷۵	۰/۲۳۸*	۰/۲۴۵*	-۰/۳۳۲**	-۰/۱۱۶	۰/۲۳۵*	۱

** معنی داری در سطح یک درصد، * معنی داری در سطح پنج درصد

نتیجه‌گیری

نتایج بررسی رابطه هدایت الکتریکی ظاهری (ECa) با برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در منطقه خشک سیستان نشان داد که مقادیر اندازه ذرات خاک همبستگی معنی‌داری با مقادیر ECa دارد، اما در ارتباط با رابطه هدایت الکتریکی ظاهری خاک با سایر پارامترهای مورد مطالعه در این پژوهش همبستگی معنی‌داری مشاهده نشد. لذا بر این اساس می‌توان نتیجه گرفت که هدایت الکتریکی ظاهری برای پیش‌بینی توزیع اندازه ذرات خاک در منطقه مورد مطالعه ابزاری کارآمد می‌تواند باشد. به‌عبارت دیگر در این منطقه بکارگیری داده‌های سنجش از نزدیک حاصل از تکنیک القای الکترومغناطیسی برای برآورد رس، سیلت و شن سودمند می‌باشند.

منابع:

باقری بداغ آبادی، م.، صالحی، م.، محمدی، ج.، تومانیان، ن و اسفندیار پوربروجنی، ع. ۱۳۹۰. کارای مدل رقومی ارتفاع و مشتقات آن در نقشه‌برداری خاک با استفاده از مدل استنباطی خاک- سرزمین(SOILM). نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، ۲۵(۵): ۱۱۰۵-۱۱۱۸.

رحیمیان، م.ح. و هاشمی نژاد، ی. ۱۳۸۹. واسنجی دستگاه القاءگر الکترومغناطیس (EM38) برای ارزیابی شوری خاک. مجله پژوهش های خاک (علوم خاک و آب)، ۲۴ (۳): ۲۵۲-۲۴۳.

Adamchuk, V., Allred, B., Doolittle, J., Grote, K. and Rossel, R. V. 2017. Tools for Proximal Soil Sensing. Chaper 6, In: Soil Science Division Staff. 2017. Soil survey manual. C. Ditzler, K. Scheffe, and H.C. Monger (eds.). USDA Handbook 18. Government Printing Office, Washington, D.C.

Allred B.J., Ehsani M.R. and Daniels J.J. 2008. General considerations for geophysical methods applied to agriculture. In B.J. Allred, J.J. Daniels, and M.R. Ehsani (eds.) Handbook of Agricultural Geophysics pp. 3–16. CRC Press, Taylor & Francis, Boca Raton, Florida

Allred, B.J., R.S. Freeland, H.J. Farahani, and M.E. Collins. 2010. Agricultural geophysics: Past, present, and future. In Proceedings of the Symposium on the Application of Geophysics to Engineering and Environmental Problems (SAGEEP) 2010, pp. 190–202.

Cook, P.G.; Walker, G.R. Depth Profiles of Electrical-Conductivity from Linear-Combinations of Electromagnetic Induction Measurements. Soil Sci. Soc. Am. J. 1992, 56, 1015–1022.

Delbari, M., Afrasiab, P., Gharabaghi, B., Amiri, M., Salehian, A. 2019. Spatial variability analysis and mapping of soil physical and chemical attributes in a salt-affected soil. Arabian Journal of Geosciences, 12: 68. https://doi.org/10.1007/s12517-018-4207-x

Doolittle J.A., and Brevik E.C. 2014. The use of electromagnetic induction techniques in soils studies Geoderma (33-45): 223-225.

Heil, K. and Schmidhalter, U. 2017. The Application of EM38: Determination of Soil Parameters, Selection of Soil Sampling Points and Use in Agriculture and Archaeology. Sensors, 17(11), 2540: 1-44.

Johnston, M.A.; Savage, M.J.; Moolman, J.H.; du Plessis, H.M. Evaluation of calibration methods for interpreting soil salinity from electromagnetic induction measurements. Soil Sci. Soc. Am. J. 1997, 61, 1627–1633.

Kaffka, S.R.; Lesch, S.M.; Bali, K.M.; Corwin, D.L. Site-specific management in salt-affected sugar beet fields using electromagnetic induction. Comput. Electron. Agric. 2005, 46, 329–350.

Korsaeth, A. Soil apparent electrical conductivity (ECa) as a means of monitoring changesin soil inorganic n on heterogeneous morainic soils in SE Norway during two growing seasons. Nutr. Cycl. Agroecosyst. 2005, 72, 213–227.

Mankin, K.R.; Ewing, K.L.; Schrock, M.D.; Kluitenberg, G.J. Field measurement and mapping of soil salinity in saline seeps. In Proceedings of the ASAE International Meeting, Minneapolis, MN, USA, 10–14 August 1997.

McBratney, A.B.; Minasny, B.; Whelan, B.M. Obtaining 'Useful' High-Resolution Soil Data from Proximally-Sensed Electrical Conductivity/Resistivity (PSEC/R) Surveys. Precis. Agric. 2005, 5, 503–510.

McKenzie, R.C.; George, R.J.;Woods, S.A.; Cannon, M.E.; Bennett, D.L. Use of the Electromagnetic-Induction Meter (EM38) as a Tool in Managing Salinisation. Hydrogeol. J. 1997, 5, 37–50.

McKenzie, R.C.; Mathers, H.M.;Woods, S.A. Salinity and Crop Tolerance of Ornamental Trees and Shrubs; Alberta Special Crops and Horticultural Research Center: Brooks, AB, Canada, 1993.

Mertens, F.M.; Paetzold, S.; Welp, G. Spatial heterogeneity of soil properties and its mapping with apparent electrical conductivity. J. Plant Nutr. Soil Sci. 2008, 171, 146–154.

Minasny, B.; McBratney, A.B. Estimating the water retention shape parameter from sand and clay content. Soil Sci. Soc. Am. J. 2007, 71, 1105–1110.

Sudduth, K.A.; Kitchen, N.R. Mapping Soil Electrical Conductivity. Remote Sens. Agric. Environ. 2004, 188–201.

Yao, Y.; Zhang, F.; Jiang, H. Research on model of soil salinization monitoring based on hyperspectral index and EM38. Spectrosc. Spectr. Anal. 2013, 33, 1658–1664.

Topic for submission: Novel Technologies in Soil Science

Electric conductivity relation (ECa) on some properties of soil particles

Dahmardeh, A.R,[1] Shahriari, A.,[2] Pahlavan-Rad, M.,[3&4] Shabani, A.,[5] Ghorbani, M[5]

[1] MSc Student, Soil Science Department, Faculty of Water and Soil, University of Zabol, Zabol, Iran

[2] Assistant Professor of Soil Science Department, Faculty of Water and Soil, University of Zabol, Zabol, Iran

[3] Assistant Professor, Soil and Water Research Department, Sistan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Iran

[4] Assistant Professor, Soil and Water Research Department, Golestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Iran

[5] Academic Staff, Soil Science Department, Faculty of Water and Soil, University of Zabol, Zabol, Iran

Abstract:

Some soil properties can be measured or predicted by using proximal soil sensing, directly or indirectly. Considering that some soil properties have temporal and spatial variation, so the proximal soil sensing tools help these properties are evaluated and measured in minimum time periods by high speed and precision. This study was carried out with aim of investigating the relationship between apparent soil electrical conductivity as proximal soil sensing data with some soil physicochemical properties in the research farm of university of Zabol (known as the Sistan Dam). For this purpose, 100 points were selected based on regular networking and soil samples were taken from the topsoil. Then electrical conductivity (Ece), soil reaction (pH), organic matter, clay, silt and sand were measured by conventional methods and apparent soil electrical conductivity (ECa) was measured by using EM38-MK2. The results showed negative and significant correlation ($p<0.01$) between apparent soil electrical conductivity and sand, and also positive and significant correlation was observed between ECa and silt ($p<0.01$) and clay ($p<0.05$), and no significant correlation was observed with other soil characteristics.

Key words: Electromagnetic induction, Apparent soil electrical conductivity, EM38-MK2, Soil of arid region

محور مقاله: فناوری‌های نوین در علوم خاک

امکان‌سنجی شبیه سازی جریان باد در بخشی از شهر شیراز بوسیله ی دینامیک سیالات محاسباتی(CFD)

فاطمه سادات علوی[۱*]، سید علی اکبر موسوی[۲]، عبدالمجید ثامنی[۲]، مهروز رضایی[۳]، احمدرضا مطفف[۴]،

[۱] دانشجوی دکتری بخش علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز

[۲] دانشیار بخش علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز

[۳] استادیار بخش علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز

[۴] دانشجوی دکتری بخش هوا و فضا، دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه شیراز

چکیده

جمعیت شهرنشینی و میزان ساخت ساز در مناطق شهری رو به افزایش است و سبب تغییراتی در توزیع جریان هوا، کیفیت هوای شهر و ایجاد خطر برای سلامت انسان می شود. پس پیش بینی الگوی جریان هوا برای برنامه ریزی و اقدامات مقتضی ضروری است. مدل دینامیک سیالات محاسباتی پرکاربردترین ابزار برای شبیه سازی جریان هوا است. هدف این پژوهش یافتن روش مناسب برای مدل کردن جریان هوا و توزیع فشار در قسمتی از شهر شیراز(گویم تا فلکه معلم) با در نظر گرفتن توپوگرافی منطقه است. که با سری سازی چند نرم افزار و تبدیل نقشه های بلوکی دو بعدی به مدل قابل شبیه سازی سیالاتی انجام شد. دامنه مورد بررسی به صورت مکعب مستطیل با ارتفاع ۶، طول وعرض۱۵کیلومتر در مقیاس۱/۳۰ و با شرایط مرزی سرعت ورودی باد ۲m/s و شبکه بندی دامنه محاسباتی ساختاریافته و مدل توربولانسی K-ε است. برای اعتبارسنجی نتایج از بادسنج در۲۰مکان و داده های ایستگاه هواشناسی (در منطقه تحت پوشش) استفاده شد. نتایج میانگین با خطای ۱۵درصدی با خروجی های شبیه سازی هم-خوانی داشت. بنابراین این روش برای مناطقی که نیاز است رفتار جریان هوا در آن ها مدل شود بسیار مفید است.

کلمات کلیدی: دینامیک سیالات محاسباتی(CFD)، الگوی جریان هوا، مقیاس بزرگ، شبیه سازی، فشار باد، سرعت باد

مقدمه

بیش از ۶۱ درصد از جمعیت جهان تا سال ۲۰۳۰ شهر نشین خواهند بود که این مسئله سبب تغییراتی در ماهیت و سطح زمین ، اوضاع اقلیمی پیرامون خود و نحوه ی توزیع جریان هوا و در نتیجه موجب پایین آمدن کیفیت هوای شهر و تاثیر بر سلامت انسان می شود (سالاتا و همکاران، ۲۰۱۷). جریان هوا نقش مهم و تاثیرگذاری بر پراکندن آلودگی جوی دارد (فن لی هنگ و ونگ،۲۰۱۷ و هنگ و لی، ۲۰۱۰). از این رو پیش بینی الگوی جریان هوا در شهر و یافتن الگویی جهت کاهش و پیشگیری هر چه بیشتر مخاطرات ذکر شده ضروری است. نتایج مطالعات انجام شده نشان می دهد که مدل دینامیک سیالات محاسباتی (CFD) پرکاربرترین ابزار برای شبیه سازی جریان هوا است (شیرزادی و همکاران، ۲۰۱۷؛ نهیجست و همکاران،۲۰۱۷؛ یو کووک و همکاران، ۲۰۱۷). از سوی دیگر، CFD می تواند مزایای قابل توجهی از جمله کاهش هزینه را برای ارزیابی و بهینه سازی راه حل های مهندسی طراحی ارائه دهد و به عنوان ابزار جایگزین بالقوه استفاده شود. زیرا این مدل بر پایه ی معادلات فیزیک و اثرات هندسی سه بعدی و شرایط محیطی است (جال، ۲۰۰۳). در دو دهه گذشته، استفاده از CFD به عنوان یک روش تجزیه و تحلیل جدید برای پراکندگی آلاینده و محیط حرارتی در اطراف ساختمان ها و مناطق شهری به طور گسترده ای رایج شده است (لیو و همکاران، ۲۰۱۹) که راهنمایی برای محققان برای استفاده از روش های مناسب مدل سازی عددی برای منطقه خاص فراهم می کند. ورنی و همکاران (۲۰۱۴) در مطالعه خود افزایش شبیه سازی جریان هوا در اطراف ساختمان ها با استفاده از میدان اندازه گیری ها و خطاهای مدلسازی را نشان دادند. همچنین السید عبدالعال و همکاران (۲۰۱۸) بر روی شبیه سازی عددی جریان باد با سرعت کم بر توپوگرافی واقعی مطالعه کردند و به نتایج قابل قبولی دست یافتند. اما تاکنون مطالعات ناچیزی در ارتباط با شبیه‌سازی در مناطق وسیعی از شهر با در نظر گرفتن توپوگرافی منطقه با مقیاس بزرگ انجام شده است. از این رو با توجه به اهمیت موضوع

* ایمیل نویسنده مسئول: fatemeh.sadat68@yahoo.com

و تاثیر آن بر الگوی جریان هوا، این پژوهش با هدف یافتن روش مناسب برای شبیه سازی بزرگ مقیاس جریان باد در منطقه ای از شهر شیراز بوسیله ی مدل CFD با در نظر گرفتن توپوگرافی واقعی منطقه انجام شد.

مواد و روش‌ها

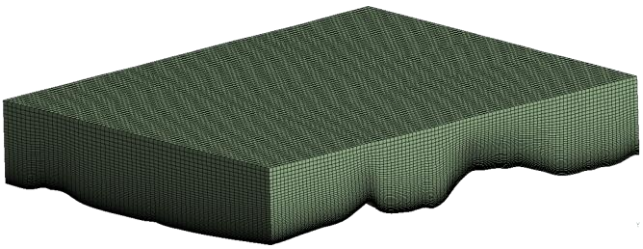
در این پژوهش بر اساس فایل dem زمین، مختصات مد نظر محدوده شهری شهرستان شیراز به همراه ارتفاع هر منطقه با دقت ۵ متر در GoogleMapper مدل شد و سپس به نرم افزار Sketchup وارد شده و پس از آن برای استانداردسازی خطوط از نرم افزار Rhinoceros استفاده شد. پس از آن، هندسه منطقه به نرم افزار SolidWorks وارد شد و برای شبکه‌بندی در نرم افزار Ansys Meshing آماده شد و پس از تولید شبکه روی هندسه به نرم افزار Ansys Fluent وارد شده و شرایط مرزی جریان و محیط تعریف شد. از جمله ورودی های مسئله تغییرات چگالی(داده های استاندارد ناسا) در ارتفاع و سرعت جریانات ورودی هوای هر منطقه است و برای اعتبار سنجی از داده های ایستگاه هواشناسی از جمله سرعت باد ، فشار موضعی و نقشه های هواشناسی و همچنین داده برداری های موضعی استفاده شد.

دامنه حل انتخاب شده، مربوط به قسمت غربی شهر شیراز حد فاصل ورودی شهر (گویم) تا میدان معلم (شکل ۱) با عرض و طول حدود ۱۵ کیلومتر و با ارتفاع ۶ کیلومتر از سطح زمین است.

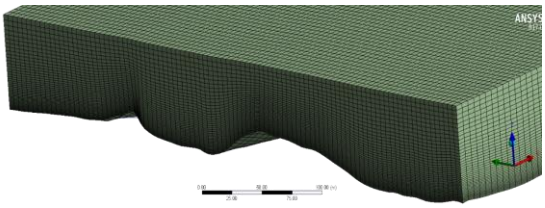
شکل ۱- نمایش توپوگرافی منطقه مورد مطالع در غرب شهر شیراز

شبکه بندی دامنه حل

با توجه به ابعاد کیلومتری مسئله و وجود محدودیت نرم افزارهای SolidWorks و Fluent (امکان وارد کردن ابعاد بیشتر از یک کیلومتر در آن ها امکان پذیر نیست) ابعاد مسئله با مقیاس ۱/۳۰ وارد نرم افزار شده و سپس با استفاده از اصول تحلیل ابعادی و با در نظر گرفتن معیار رینولدز (نسبت نیروی اینرسی به لزوجت) برای ارتباط شرایط دامنه ها سرعت ورودی ۳۰ برابر خواهد شد. برای شبکه بندی (شکل ۲ و شکل ۳) از روش ساختاریافته استفاده شد که با نزدیک شدن به سطح به تراکم سلول ها اضافه می شود. تعداد سلول ها حدود ۵۵۰۰۰۰ است. همچنین مطالعه ای روی تعداد سلول ها انجام شد و جواب ها از تعداد سلول ها مستقل شد.



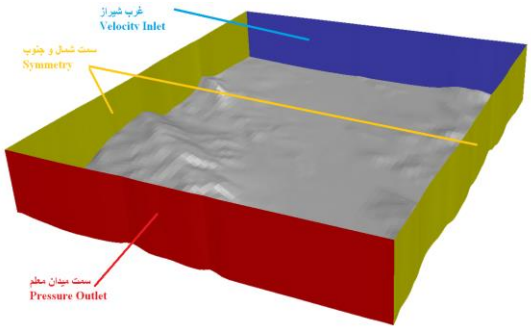
شکل ۲- نمایش شبکه بندی کلی دامنه منطقه مورد مطالعه در غرب شهر شیراز



شکل ۳ - نمایش شبکه در نزدیکی های سطح زمین در منطقه غرب شهر شیراز

شرایط مرزی حل

قسمت غربی شیراز، به عنوان جریان ورودی، شرق به عنوان جریان خروجی، بخش های شمالی, جنوبی و سمت بالا (آسمان) نیز به عنوان شرط محیط تکراری در نظر گرفته شدند (شکل ۴).

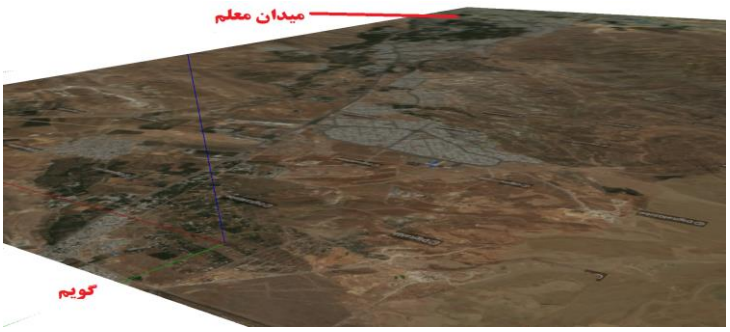


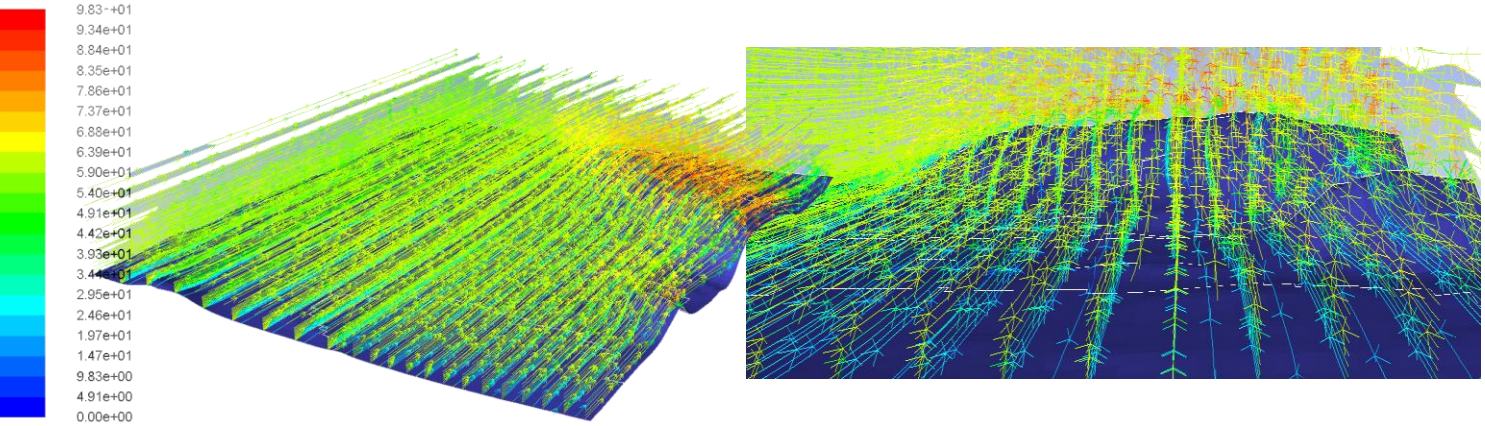
شکل ۴ - نمایش شرایط مرزی حاکم بر مسئله

برای مدل‌سازی جریان باد در منطقه مورد مطالعه، مدل توربولانسی K-ε برای حل سیستم معادلات مشتقات جزئی حاکم بر شرایط مسئله در نظر گرفته شد. دلیل انتخاب این مدل این است که این مدل نسبت به تغییرات شرایط مرزی بیشترین پایداری را از خود نشان می دهد و باعث می شود که جواب نتایج کمتر وابسته به تغییرات شرایط مرزی باشد. همچنین ورودی دامنه، سرعت باد، خروجی دامنه، فشار محیط و دیواره ها به عنوان شرایط Symmetry استفاده شدند.

نتایج و بحث

نمایش مسیر جریان



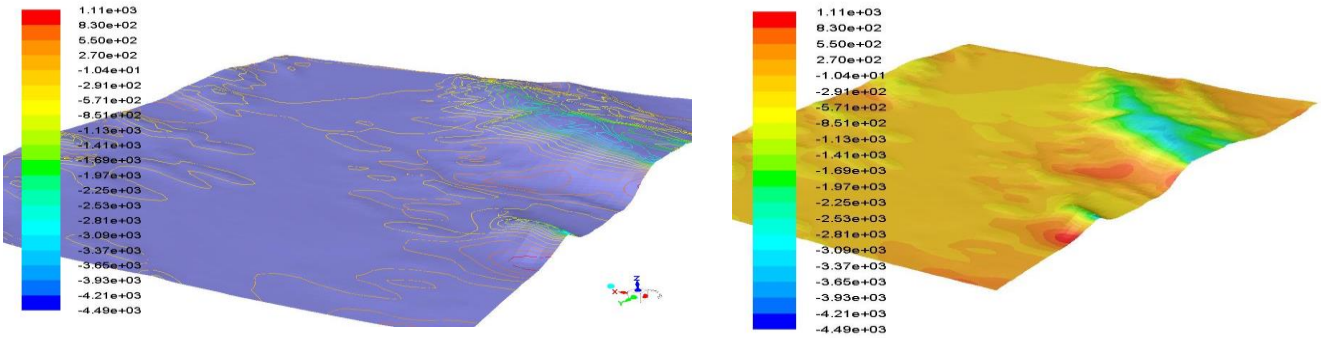


شکل ۵ - نمایش جریان باد مدل‌سازی شده در منطقه مورد مطالعه در غرب شهر شیراز

شکل ۵ الگوی جریان باد در منطقه مورد بررسی را نشان می دهد .همان‌گونه که مشاهده می‌شود تاثیر تپه های موجود در گویم و کوه دراک سبب چرخش جریان در نزدیکی کوه شده استو چرخش جریان به حدی است که اگر در ارتفاع پایین چرخبال حرکت کند، دچار مشکل خواهد شد. همچنین این چرخش جریان سبب ایجاد هوای مناسب برای زندگی در قسمتی از این مناطق شده است.

جهت باد و سرعت باد از نمودار گلباد شیراز در روز ۱۰ بهمن ماه سال ۱۳۹۷ استفاده شد و برای اعتبارسنجی سرعت و جهت باد نتایج با استفاده از بادسنج در۲۰ مکان از مناطق تحت شبیه سازی و همچنین داده های ایستگاه هواشناسی گویم و گلستان (در منطقه تحت پوشش) استفاده شد. که نتایج نشان می دهد به طور میانگین با خطای ۱۵ درصد نتایج مدل‌سازی با نتایج اندازه‌گیری ها هم‌خوانی داشت.

نمایش توزیع فشار



شکل ۶ - توزیع فشار باد بر روی سطح زمین در منطقه مورد مطالعه در غرب شهر شیراز

شکل ۶ توزیع فشار ناشی از وزن و حرکت هوا روی سطح زمین را نمایش می دهد. این توزیع فشار بیان می کند که کدام مناطق در سطح شهر مناطق پر فشار هستند. در مناطق پر فشار در صورت وجود، آلودگی ها پایدار خواهند بود و به طبع آن در این مناطق دمای هوا به طور نسبی بیشتر خواهد بود. ورنی و همکاران (۲۰۱۴) در مطالعات خود بر روی جریان باد در شهر به این نتیجه رسیدند که با استفاده از شبیه‌سازی می توان ویژگی های باد در مکان هایی که هیچ حسگری وجود ندارد را پیش بینی کرد. همچنین لیو و همکاران(۲۰۱۹) در مطالعات خود بر شبیه سازی جریان باد قبل و بعد از ساختمان با استفاده از CFD و اعتبارسنجی آن با داده های هواشناسی به دقت قابل قبولی دست یافتند. آنان اذعان کردند که استفاده از این مدل می تواند جایگزین مناسبی برای اطلاعات هواشناسی باشد زیرا که امکان احداث ایستگاه در همه ی شرایط وجود ندارد. السید عبدالعال و همکاران (۲۰۱۸) نیز در پژوهش خود به نتایج قابل قبولی دست یافتند.

نتیجه‌گیری

در این پژوهش با بکار گیری مجموعه نرم افزارهای ذکر شده امکان پذیر بودن شبیه سازی جریان هوا بر روی سطوح زمین با یافتن ممکن ترین و سهل الوصول ترین روش برای مدل کردن مناطق مختلف زمین بر اساس داده های Google MAP در نرم افزارهای دینامیک سیالات محاسباتی بررسی شد. در واقع با تلفیق نرم افزارهای فوق الذکر امکان تبدیل هر قسمتی ازسطح زمین به سطوح قابل شبکه بندی و انجام شبیه سازی با روش های دینامیک سیالات محاسباتی با استفاده ز مدل توربولانسی K-ε و شبکه ساختاریافته ممکن شد. نتایج نشان داد مدل‌های مورد استفاده توانستند با خطای حدود ۱۵ درصد الگوی جریان، توزیع فشار و ... را بر روی سطح زمین و همچنین در ارتفاعات مختلف پیش‌بینی کنند.

به طور کلی می‌توان گفت با استفاده از مدل های شبیه سازی مورد استفاده می توان با دقت قابل قبولی الگوی توزیع سرعت و فشار باد و همچنین تاثیر کوه ها و تپه ها را بر کیفیت هوای شهری بررسی نمود. همچنین می توان از خروجی های این مدل‌ها برای مطالعه و بررسی مراکز تمرکز فشار که مراکز تمرکز آلایندگی هستند استفاده نمود.

منابع

Didier G. Vernay, Benny Raphael, & Ian F.C. Smith. (2014). Augmenting simulations of airflow around buildings using measurements. Advanced Engineering Informatics, 28, 412-428.

El-Sayed Abd-Elaal, Julie E. Mills, & Xing Ma. (2018). Numerical simulation of downburst wind flow over real topography. Wind Engineering & Industrial Aerodynamics, 172, 85-95.

Giannissi, S. G. (2015). CFD Modeling of LNG Spill: Humidity Effect on Vapor Dispersion. Journal of Physics: Conference Series 633, 12136.

J. Hang, Y. L. (2010). Wind condition in idealized building clusters: macroscopic simulation using a porous turbulence model. Boundary -Layar Meteorol, 129-159.

Li, F. W. (2014). Measurement methods and applications for beneficial and detrimental effects of ecological services. Ecol.indic, 42, 102-111.

Liu, S., Pan, W., Cao , Q., Long , Z., Jiang, Y., & Chen, Q. (2019). CFD simulations of natural cross ventilation through an apartment with modified hourly wind information from a meteorological station. Energy&Buildings, 195, 16-25.

NASA. (2019). ASDC. Retrieved from https://eosweb.larc.nasa.gov.

S. Liu, W. Pan, & H. Zhang. (2017). CFD simulations of wind distribution in an urban community with a full-scale geometrical model, Build. Environ, 117, 11-23.

Salata, F., Golasi, I., Petitti, D., Vollaro, L. E., Coppia, M., & Vollaroa, A. L. (2017). Relating microclimate, human thermal comfort and health during heat waves: An analysis of heat island mitigation strategies through a case study in an urban outdoor environment. Sustainable Cities and Society, 30, 79-96.

Shirzadi, M., Naghashzadegan, M., & Mirzaei, P. (2018). Improving the CFD modelling of cross-ventilation in highly-packed urban areas,Sustain. Cities Society, 37, 451-465.

Yang, B. a. (2017). CFD-based turbulent reactive fl ow simulations of power plant plumes. Atmospheric Environment, 150, 77-86.

16th Iranian Soil Science Congress

University of Zanjan, Iran, August 27-29, 2019

Topic for submission: Novel Technologies in Soil Science

Feasibility of simulating wind flow over some parts of the Shiraz city using computational fluid dynamics (CFD)

Alavi[*1], F.S., Moosavi, A.A.[2], Sameni[2], A., Rezaie, M.[3], Motaffef, A.R[4]

[1] Ph.D. Student, Department of Soil Science and Engineering, , College of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran

[2] Associate Prof., Department of Soil Science and Engineering, College of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran

[3] Assistant Prof., Department of Soil Science and Engineering, College of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran

[4] Ph.D. Student, Department of Energy-Aerospace Engineering, , School of Mechanical Engineering, Shiraz University, Shiraz, Iran

Abstract

The urban population and the rate of construction in urban areas are increasing, and these cause changes in the distribution of air flow, urban air quality and the risk to human health. Therefore, it is essential to predict the flow pattern for air flow forecasting. Computational fluid dynamics model is the most useful tool for simulating airflow. But small studies have taken place on a large scale. In this paper, the goal is to find an appropriate method for modeling the airflow and distribution of pressure on a part of the city of Shiraz (Gouyom to Moalem Square) with considering topography of the area. It is done by a series of software and conversion of two-dimensional block maps into a fluid simulation model. The studied domain is a rectangular cube with a height of 6, a length of 15 km and scale of 1.30 and the boundary condition of the wind speed was considered as 2 m / s, the computational domain structure is structured and the turbulence model iss K-Ɛ. To validate the results, an anemometer in 20 locations and meteorological station data (in the covered area) was used. The outputs of simulation had 15% error. Therefore, this method may be very useful for areas where airflow behavior is required.

Keywords: Computational fluid dynamics (CFD), Air flow pattern, large scale, simulation

Corresponding author, Email: fatemeh.sadat68@yahoo.com

شانزدهمین کنگره علوم خاک ایران

دانشگاه زنجان، ۵ تا ۷ شهریور ۱۳۹۸

محور مقاله: فناوری‌های نوین در علوم خاک

کاربرد کانی‌های رسی در علوم پزشکی و سلامت

فریبا نعمتی شمس‌آباد[۱*]، محمدحسن صالحی[۲]

[۱] دانشجوی دکتری گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد

[۲] استاد گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد

چکیده

رس‌ها به دلیل زیست سازگاری، سمیت کم و توانایی عمل به‌صورت یک حامل دارویی برای اهداف زیست پزشکی و سلامت مناسب هستند. داروهای خوراکی دارای معایبی هستند ولی انتشار کنترل‌شده و پایدار داروها به دلیل برقراری پیوند با رس‌ها و ایجاد یک فرمولاسیون کندرها می‌تواند این مشکلات را کاهش داده و یا برطرف سازد. در این تحقیق، استفاده از رس بنتونیت به‌عنوان کنترل‌کننده رشد سلول‌های سرطانی در محیط in vitro موردبررسی قرارگرفته است. بدین منظور، اثر کانی بنتونیت تولیدی معادن داخلی کشور پس از جداسازی در اندازه نانو بر ردیف سلولی سلول‌های سرطان خون K562 به روش SRB اندازه‌گیری شد. خلوص بیش از ۹۹ درصد رس همراه با ظرفیت تبادل کاتیونی بالای آن در اندازه نانو نشان داد بنتونیت توانایی بالقوه زیادی در کنترل رشد سلول‌های سرطانی را دارا می‌باشد. این نتایج می‌تواند مقبولیت بیشتری برای علم خاکشناسی در سطح جامعه فراهم نماید و پیش‌زمینه‌ای برای انجام و اهمیت بیشتر تحقیقات بین‌رشته‌ای و چند رشته‌ای و حتی ایجاد علم نوین خاک‌پزشکی باشد. مطالعات گسترده‌تری در رابطه با تأثیر این رس در دو اندازه نانو و میکرو و نیز به‌صورت آلی و اصلاح‌شده با نانو ذرات آهن و مقایسه آن با کانی سپیولیت ادامه دارد.

کلمات کلیدی: رس، سلول‌های سرطانی، داروسازی، بنتونیت.

مقدمه

کانی‌های رس به دلیل دسترسی آسان در طبیعت طیف وسیعی از کاربردها در صنایع مختلف را به خود اختصاص داده‌اند. امروزه رس‌ها به‌ویژه برای کاربردهای فعلی و بالقوه‌ی زیست پزشکی، بسیار موردتوجه هستند (Ghadiri و همکاران ۲۰۱۵). با تحقیقی کوتاه در تاریخ و در کتب طب می‌توان دریافت، استفاده از رس‌ها به‌عنوان دارو و برای درمان بیماری، قدمتی بسیار طولانی و یا حتی به‌اندازه سن بشر دارد (Carretero, 2002).

کانی‌های رس کاتیونی، دارای ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی ویژه مانند واکنش‌پذیری سطحی بالا (جذب بالا، تبادل کاتیونی، ظرفیت کلوئیدی یا انبساط)، رفتار رئولوژیکی خوب، ظرفیت بالای جذب اسید، انبساط بالا در آب (Ghadiri و همکاران ۲۰۱۵) و بیشترین تنوع واکنش هستند. درنتیجه این ویژگی‌ها آن‌ها را برای کاربردهای پزشکی مناسب می‌گرداند. کانی‌های رسی به‌طور گسترده‌ای در سالن‌های اسپا استفاده می‌شود. آن‌ها با آب (ژئوتراپی)، آب دریا یا آب دریاچه نمکی یا آب‌معدنی (پلوتراپی) و یا با پارافین مخلوط می‌شوند (Carretero, 2002). تعدادی از کاربردهای پزشکی کانی‌های رس شامل کاربرد در روش‌های مختلف تشخیص بیماری‌ها، تولید سیمان (رزین یا مواد پرکننده‌ی دندان و قالب‌های دندان در دندان‌پزشکی)، پیوند زدن استخوان‌ها یا ساختمان اوربیتال‌های کاشته شده، تحریک عضوهای فاقد تحرک، ترمیم شکستگی‌های دندان و ترمیم جراحات ناشی از جراحی جمجمه است (براتی و همکاران، ۱۳۸۹). از نانو ذرات رس برای احیای پزشکی و طراحی بیومتریک نیز استفاده‌شده است (Mousa و همکاران ۲۰۱۸). فرصت‌های جدید برای تحویل دارو از نانو ذرات آلوفان طبیعی بر سلول‌های سرطان ریه انسان بررسی‌شده است. نتایج در از بین بردن سلول‌های سرطانی بسیار اثربخش است (Toyota و همکاران ۲۰۱۷). داروهای گوناگون خوراکی مانند داروهای آنتی‌بیوتیک، ضد سرطان، ضد قارچی، ضدالتهابی و ضدافسردگی دارای معایبی مانند عوارض جانبی، دسترسی کم زیستی، حلالیت کم در آب و طعم ناخوشایند هستند. انتشار کنترل‌شده و پایدار دارو که ازجمله نیازهای دائم برای سیستم‌های مناسب تحویل دارو است می‌تواند این مشکلات را حل کند. کانی‌های رسی به دلیل زیست سازگاری، سمیت کم و خصوصیات ویژه موردنیاز دارویی برای این هدف مناسب هستند (Yang و همکاران ۲۰۱۶). نمونه‌های مهم‌ترین گروه کانی‌های رس در این زمینه گروه کائولین‌ها، اسمکتیت‌ها و رس‌های فیبری هستند (Massaro و همکاران a ۲۰۱۸).

* ایمیل نویسنده مسئول: nemati.fariba@gmail.com

کائولنیت و هالوسیت مهم‌ترین رس‌ها از خانواده کانی‌های ۱:۱ کائولین هستند. واحدهای سلولی کانی کائولنیت ازنظر بار الکتریکی خنثی است و دو واحد از طریق پیوند هیدروژنی به همدیگر متصل هستند اما دولایه هالویسیت به‌وسیله یک‌لایه از مولکول آب جداشده است. برخلاف اکثر کانی‌های سیلیکاتی که صفحه‌ای هستند، هالویسیت لوله‌ای یا کروی است (Dixon و همکاران ۲۰۰۲).

بنتونیت نوعی کانی است که خصوصیات و رفتار آن بسیار مشابه یکی از اعضای خانواده اسمکتیت به نام مونت‌موریلونیت است. کانی‌های گروه اسمکتیت دارای ساختار ۲:۱ با بار لایه‌ای ۰/۶ تا ۰/۲۵ در هر واحد فرمولی هستند و دارای کاتیون‌های تبادلی هیدراته در بین لایه‌های خود هستند. اسمکتیت‌ها به علت داشتن سطح زیاد و ویژگی قابلیت جذب زیاد از کانی‌های مهم خاک هستند. اسمکتیت‌ها در اثر خشک شدن منقبض و با خیس شدن منبسط می‌شوند (Dixon و همکاران ۲۰۰۲). بنتونیت مانند مونت‌موریلونیت خواص بسیار مناسبی دارد که به بعضی از آن‌ها اشاره می‌شود. همانند مونت-موریلونیت به‌شدت ریزدانه است و در آب و محلول‌های آلی به‌خوبی متورم می‌شود و شامل دو ورق سیلوکسان دارای کاتیون‌های تبادلی هیدراته است. ذرات منفرد رس دارای ساختار ورقه‌ای با ابعاد جانبی ۲۰۰ تا ۶۰۰ نانومتر و ضخامت فقط ۰/۹۶ نانومتراست (Dixon و همکاران ۲۰۰۲).

سپیولیت جزء فیلوسیلیکات‌ها است، اما ساختمانی شبیه نوار از لایه‌های ۲:۱ ایجاد می‌نمایند و مولکول‌های آب می‌توانند در فضای خالی بین نوارها قرار بگیرند. این کانی دارای ساختار رشته‌ای است. به دلیل دارا بودن مواد فیبری، سوسپانسیون این رس تشکیل ژل ضخیمی حتی در غلظت‌های کم می-دهد (Dixon و همکاران ۲۰۰۲).

کائولینیت

کائولنیت در بسیاری از کاربردهای دارویی به‌عنوان مواد افزودنی یا ماده فعال استفاده‌شده است، (Awad و همکاران ۲۰۱۷). در سال‌های اخیر، کائولینیت به‌طور گسترده در آماده‌سازی بسیاری از داروها مورداستفاده قرارگرفته است که به‌عنوان هر دو جنبه کنترل راندمان دوز و واسطه فعال کمک می‌کند. علاوه بر خواص شناخته‌شده، مانند ظرفیت جذب، سطح ویژه، خواص رئولوژیک و تورم مطلوب، نفوذ و غیره، کائولینیت ممکن است باعث ایجاد و تسریع لخته شدن خون شود. به دلیل این ویژگی، آن را به‌عنوان عامل فعال برای لخته شدن در شیوه‌های معمول پزشکی استفاده می‌کنند و از سال ۲۰۱۳، توسط FDA به‌عنوان افزودنی معمول در گاز به دلیل کارایی آن در کنترل خونریزی بدون خطر و آسیب‌های حرارتی (به‌عنوان تجاری QuizClot Combat Gauze) استفاده‌شده است (Massaro و همکارانa ۲۰۱۸). پالیگورسکت و کائولینیت به‌عنوان محافظ‌های دستگاه گوارش مورداستفاده قرار می‌گیرند. اقدامات درمانی آن‌ها بر اساس سطح ویژه و ظرفیت جذب آن‌ها است (Carretero, 2002).

کائولینیت و مشتقات آن، علاوه بر کاربردهای دارویی کلاسیک، اخیراً به‌عنوان یک ماده امیدوارکننده در بسیاری از زمینه‌های نوآوری زیست پزشکی به شمار می‌روند (Awad و همکاران ۲۰۱۷).

هالویسیت

از نانولوله‌های هالویست برای بارگیری و انتشار کنترل‌شده داروها، بازسازی بافت و سیستم‌های تحویل ژن استفاده‌شده است. همچنین، با توجه به ظرفیت جذب بالای مولکولی به‌عنوان حذف‌کننده آلاینده‌ها یا واسطه مولکول‌های فعال بیولوژیکی برای بسته‌بندی مواد غذایی مورد بهره‌برداری قرارگرفته است (Massaro و همکارانb ۲۰۱۸). داروها می‌توانند در میان لایه‌های رس در نانولوله‌های هالوسیتی از طریق واکنش‌های بینابینی یا نیروی مویینگی وارد شوند و به‌این‌ترتیب، هیبریدهای رس- دارو با پلیمرهای بزرگ برای کنترل بهتر ویژگی‌های پایدار پوشش داده می‌شوند (Yang و همکاران ۲۰۱۶). ترکیب هالوسیت - سیکلودکسترین به‌عنوان حامل برای آزادسازی کلوتریموزال برای درمان کاندیدیاز (عفونت حاصله از مخمر جنس candida درجاهای مرطوب پوست) مورداستفاده قرارگرفته است. نتایج نشان داد در طول آزمایش دارو شکل فعال خود را حفظ کرده است؛ بنابراین، هیبرید هالوسیت را می‌توان به‌طور مؤثر به‌عنوان دارو برای درمان کاندیدیازیس به‌صورت خوراکی استفاده کرد (Massaro و همکارانa ۲۰۱۸).

بنتونیت

به‌طورکلی، اسمکتیت‌ها با سطح جذب بالا و خواص ویژه آن‌ها، به‌عنوان محافظ‌های دستگاه گوارش استفاده می‌شوند. خاصیت محافظت شدن هنگام تماس با اسید هیدروکلریک معده (pH 2) ویا روده (pH 6)، سبب این نوع کاربرد می‌شود. در این زمینه، سدیم بیدلایت به‌عنوان یک بافر معده تحت برچسب 'Beidelix' استفاده می‌شود (Carretero, 2002). تحقیقات نشان می‌دهد که بنتونیت‌ها ممکن است محافظت‌کننده‌های سلولی عالی

باشند و می‌توانند عوارض جانبی برخی از داروها مانند داروهای مورداستفاده در درمان سرطان را کاهش دهند. ذرات بنتونیت در بدن انسان یا حیوانات در افزایش رشد (به‌عنوان جاذب‌های سم)، بهبود سلامت (کاهش اثرات مضر داروها) و ارتقاء سلامتی (اصول فعال در مواد آرایشی و دارویی) مؤثر هستند. (Nones و همکاران ۲۰۱۵).

وجود رس مونتموریلونیت دردانه‌های کپسول کلروپرومازین- مونتموریلونیت موجب کاهش میزان انتشار و آزادی مداوم دارو برای یک دوره طولانی شد. (Djebbi و همکاران ۲۰۱۸). همچنین ایزوترم جذب اسید سینامیک در معده و مایعات روده با استفاده از مونت‌موریلونیت اصلاح‌شده، نشان‌دهنده انتشار طولانی‌مدت دارو از رس اصلاح‌شده بود که اصلاح سیستم دارویی و تولید یک داروی مناسب را نشان می‌دهد (Calabrese و همکاران ۲۰۱۷). متابولیسم متفورمین نسبت به رس در ایزوترم جذب از محلول‌های آبی، نشان می‌دهد. متفورمین به‌کاررفته در فضای بین لایه‌ای به‌عنوان یک‌لایه مولکول‌های مونو پروتون شده است و این سیستم با توجه به بهینه‌سازی بیشتر برای برنامه‌های تحویل دارو، امیدوارکننده بود (Rebitski و همکاران ۲۰۱۸). در بررسی رشد سلول‌ها در تعامل با بنتونیت در بعضی از غلظت‌ها، بنتونیت ممکن است اثرات نامطلوب مانند مرگ سلولی آپوپتوتیک، استرس اکسیداتیو و آسیب غشای سلولی ایجاد کند. از سوی دیگر، همان غلظت‌ها همچنین می‌توانند به افزایش حیات و زنده ماندن سایر انواع سلول‌ها کمک کنند (Nones و همکاران ۲۰۱۵). Cervini-Silva و همکاران (۲۰۱۷) رشد سلول سرطانی تحت اثر سپیولیت را نیز بررسی و نتایج را با اثر کانی بنتونیت مقایسه کردند (Cervini-Silva و همکاران ۲۰۱۷). مقایسه مستقیم بین داده‌های ارائه‌شده در تحقیقات این محققین به‌وضوح نشان داد که اثرات خلل و فرج بر تکثیر سلولی بستگی به نوع رس دارد. نتایج آن‌ها نشان داد در بعضی از انواع سرطان مانند سرطان عصب مرکزی بنتونیت‌ها تأثیر بیشتری نسبت به سپیولیت دارد و ترکیب اولیه کانی و تخلخل می‌تواند در مهار یا افزایش رشد انواع مختلف سلول سرطانی اثر داشته باشد (Cervini-Silva و همکاران ۲۰۱۷).

سپیولیت

برخی از تحقیقات در مورد امکان استفاده از سپیولیت، به‌عنوان عامل فعال یا امولسیون، در فرمولاسیون داروها وجود دارد (Carretero, 2002). نتایج استفاده از رس‌ها در اصلاح عوارض جانبی داروی Prazquantel نشان‌دهنده بارگذاری مؤثر داروها در بین لایه‌های مونت‌موریلونیت ولوله‌های سپیولیت بود. همچنین افزایش قابل‌توجهی از میزان انحلال و مقدار Prazquantel محلول، به‌طور بالقوه بهبود قابلیت زیستی این دارو را نشان می‌دهد (Sánchez و همکاران ۲۰۱۸). نقش کانی‌های رسی سپیولیت در رفتار تکثیر سلول‌های سرطانی انسان نیز گزارش‌شده است. همچنین در کنترل تکثیر سلول‌های U251 (سیستم عصبی مرکزی، گلوبوبلاستوم) و SKLU-1 (سلول‌های آدنوکارسینوم ریه) اثربخش بود (Cervini-Silva و همکاران ۲۰۱۷).

هدف از این تحقیق بررسی اثر رس بنتونیت بر کنترل رشد سلول‌های سرطان خون به‌صورت in vitro است. این مطالعه زمینه‌ی جدیدی برای انجام و نشان دادن اهمیت بیشتر تحقیقات بین‌رشته‌ای و چند رشته‌ای و حتی ایجاد علم نوین خاک‌پزشکی می‌باشد. هدف علم خاک‌پزشکی، ارتقای سلامت جامعه از طریق درک، تبیین و توصیف ارتباط بین مواد و فرآیندهای خاکی با فاکتورهای بیماری‌زا است. این نتایج می‌تواند مقبولیت بیشتری برای علم خاکشناسی را فراهم آورد و جنبه دیگری از اهمیت این علم در سطح جامعه علمی و یا حتی جامعه عام را معرفی نماید.

مواد و روش‌ها

بنتونیت مورداستفاده در این تحقیق بنتونیت تولیدی معادن استان مرکزی است. تجزیه درصد عنصری نمونه با استفاده از دستگاه EDX مدل CAMSCAN MV-2300 انجام گرفت. این رس در اندازه نانو مورداستفاده قرار گرفت و جداسازی رس در اندازه‌ی ذکرشده به روش سانتریفوژ انجام شد (Kittrick and Hope, 1963) و نانو ذرات ۱۰۰ نانومتر و کوچک‌تر از آن جدا گردید. برای اطمینان از صحت تفکیک ذرات نانو بنتونیت، از میکروسکوپ نیروی اتمی (AFM) مدلGPK NANO WIZARD-2 و میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) مدل KYKY-EM3200 استفاده گردید. ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC) نانو بنتونیت با استفاده از روش استات سدیم در پ‌هاش۸/۲ محاسبه شد (Rhoades, 1982). به‌منظور بررسی اثر رس‌ها بر سلول‌های سرطان خون، ردیف سلول‌های سرطانی K562 (سرطان سلول‌های میلولوییدی خون انسان) از بانک سلولی انستیتو پاستور ایران تهیه و در محیط کشت RPMI 1640 (گیبکو، انگلستان) در حضور ۱۰ درصد FBS یا سرم جنین گاوی (گیبکو، انگلستان) پنی‌سیلین و استرپتومایسین در انکوباتور با ۵ درصد CO_2 و دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد کشت داده شد. بررسی اولیه تأثیر رس بر سلول‌های سرطانی پس از کشت

ردیف‌های سلولی سرطان خون و تکمیل دوره رشد با اعمال رس بنتونیت به روشsulforhodamineB (SRB) انجام شد (Cervini-Silva و همکاران ۲۰۱۷). این روش برای محاسبه چگالی سلول، بر اساس اندازه‌گیری محتوای پروتئین سلولی بوده و یک روش رنگ سنجی است. در این روش، رنگ سنجی بر اساس توانایی رنگ SRB برای اتصال بقایای اسیدآمینه اساسی بر روی پروتئین‌ها است.

نتایج

نتایج تجزیه عنصری بیانگر خلوص بالای ۹۹ درصد رس مورداستفاده می‌باشد. خلوص هرچه بیشتر رس می‌تواند کمک بسیار زیادی در کنترل رشد سلول‌های سرطانی داشته باشد. ظرفیت تبادل کاتیونی رس بنتونیت در اندازه نانو، ۱۰۳ سانتی مول بار بر کیلوگرم به‌دست آمد. خلوص بالا همراه با ظرفیت تبادل کاتیونی قابل‌توجه این رس، پتانسیل بسیار خوب این کانی را برای اهداف موردمطالعه نشان داد. نتایج اولیه همچنین بیانگر تأثیر ویژه نانو ذرات رس بنتونیت بر کنترل رشد سلول‌های سرطانی است زیرا رس بنتونیت دارای ساختار صفحه‌ای و خاصیت انبساط پذیری بالا و ظرفیت تبادل کاتیونی نسبتاً بالا می‌باشد. این ویژگی‌ها به عملکرد هرچه بهتر این رس‌ها در مهار رشد سلول‌های سرطانی کمک می‌کند. اگرچه بسته به نوع سلول موردمطالعه نتیجه‌گیری می‌تواند کاملاً متفاوت باشد زیرا اثرات متفاوت بنتونیت بسیار به نوع سلولی که با آن تماس دارد وابسته است. تعاملات بین سطوح سلولی و بنتونیت بسیار اختصاصی است. بررسی‌ها نشان می‌دهد ویژگی‌های ساختاری رس‌ها ممکن است پیوندهای بیومولکول‌ها را به سمت مهار یا افزایش رشد سلولی ببرد. ساختار ویژه رس به‌عنوان محل اتصال برای مولکول‌های بیولوژیک فعال در تکثیر گلیوما (به‌عنوان‌مثال، EGFR) که منجر به ایجاد اختلال در چرخه رشد سلول می‌شود، بسیار دارای اهمیت است. نتایج این تحقیق با نتایج Cervini-Silva و همکاران (۲۰۱۶) در بررسی اثر بنتونیت در رشد سلول‌ها مطابقت دارد (Cervini-Silva و همکاران ۲۰۱۶).

بررسی‌های بیشتر در رابطه با تأثیر این رس در دو اندازه میکرو و نانو و نیز به‌صورت آلی و اصلاح‌شده با نانو ذرات آهن و مقایسه آن با رس فیبری سپیولیت توسط محققین مقاله ادامه دارد. همچنین اثرات این رس‌ها در تعامل با داروهای ضد سرطان نیز در آینده نزدیک بررسی و نتایج آن ارائه خواهد شد.

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان می‌دهند بنتونیت‌ها به دلیل انباشت محلول‌ها پس از تکثیر سلولی دچار انبساط، هیدراتاسیون و تبدیل می‌شوند. این ویژگی‌ها به عملکرد هرچه بهتر این رس‌ها در مهار رشد سلول‌های سرطانی کمک می‌کند. با توجه به نتایج اولیه این تحقیق، استفاده از رس بنتونیت به‌احتمال‌زیاد می‌تواند تأثیر مثبتی بر کنترل رشد سلول‌های سرطانی داشته باشد. اگرچه بسته به نوع سلول موردمطالعه نتیجه‌گیری می‌تواند کاملاً متفاوت باشد زیرا اثرات متفاوت بنتونیت بسیار به نوع سلولی که با آن تماس دارد وابسته است. به‌عنوان رویکرد جدیدی در پزشکی و سلامت کارآمد و موردتوجه می‌باشد. مطالعات گسترده‌تری در رابطه با تأثیر این رس در دو اندازه میکرو و نانو و نیز به‌صورت آلی و اصلاح‌شده با نانو ذرات آهن و مقایسه آن با رس فیبری سپیولیت توسط محققین این مقاله ادامه دارد. همچنین اثرات این رس‌ها در تعامل با داروهای ضد سرطان نیز در حال انجام است. نتایج به‌دست‌آمده می‌تواند مقبولیت بیشتری برای علم خاکشناسی در سطح جامعه فراهم نماید و پیش‌زمینه‌ای برای اهمیت تحقیقات بیشتر بین‌رشته‌ای و چند رشته‌ای و حتی ایجاد علم نوینی بنام خاک پزشکی باشد.

منابع

براتی، م.، مستقیمی، م.، قلی‌پور، م. و سبزه‌ای، خ. ۱۳۸۹. معرفی رس و کانی‌های غیر رسی در صنعت داروسازی و استفاده از تولیدات ذخیره گنبدان در این صنعت. نخستین همایش انجمن زمین‌شناسی اقتصادی ایران. دانشگاه فردوسی مشهد. مشهد. ایران.

Awad, M.E., López-Galindo, A., Setti, M., El-Rahmany, M.M. and Iborra, C.V. 2017. Kaolinite in Pharmaceutics and Biomedicine. International Journal of Pharmaceutics, 533, 34–48.

Borrego-Sánchez, A., Carazo, E., Aguzzi, C., Viseras, C. and Sainz-Díaz, 2018. C.I. Biopharmaceutical Improvement of Praziquantel by Interaction with Montmorillonite and Sepiolite. Applied Clay Science., 160, 173–179.

Calabrese, I., Gelardi, G., Merli, M., Liveri, M.L.T. and Sciascia, L. 2017. Clay-Biosurfactant Materials as Functional Drug Delivery Systems: Slowing Down Effect in the in Vitro Release of Cinnamic Acid. Applied Clay Science, 135, 567–574.

Carretero, M.I. 2002. Clay Minerals and Their Beneficial Effects Upon Human Health: A Review. Applied Clay Science, 21, 155–163.

Cervini-Silva, J., Ramírez-Apan, M.T., Kaufhold, S., Ufer, K., Palacios, E. and Montoya, A. 2016. Role of bentonite clays on cell growth. Chemosphere 149, 57-61.

Cervini-Silva, J., Ramírez-Apan, M.T., Kaufhold, S., Palacios, E., Gomez-Vidales, V., Ufer, K., del Angel, P. and Montoya, A. 2017. Cell growth underpinned by sepiolite. Applied Clay Science 137, 77–82.

Dixon, J., Amonette, J., Bleam, W. and Schulze, D. 2002. Soil mineralogy with environment application. Soil Science Society of America.

Djebbi, M.A., Boubakri, S., Bouaziz, Z., Elayachi, M.S., Namour, P., Jaffrezic-Renault, N. and Ben Haj Amara, A. 2018. Extended-Release of Chlorpromazine Intercalated into Montmorillonite Clays. Microporous Mesoporous Mater, 267, 43–52.

Ghadiri, M., Chrzanowski, W. and Rohanizadeh, R. 2015. Biomedical Applications of Cationic Clay Minerals. Royal Society of Chemistry, 1-3, 1-19.

Kittrick, J.A., and Hope, E.W. 1963. "A procedure for particle size separations of soils for x-ray diffraction analysis". Soil science, 96(5), 319-325.

Massaro, M., Campofelice, A., Colletti, C.G., Lazzara, G., Noto, R. and Riela, S. 2018. The Use of Some Clay Minerals as Natural Resources for Drug Carrier Applications. Journal of Functional Biomaterials, 9, 58, 1–22.

Massaro, M., Cavallaro, G., Colletti, C.G., Lazzara, G., Milioto, S., Noto, R. and Riela, S. 2018. Chemical Modification of Halloysite Nanotubes for Controlled Loading and Release. Journal of Materials Chemistry B, 6, 3415–3433.

Mousa, M., Evans, N.D., Oreff, R.O.C. and Dawson, I.J. 2018. Clay nanoparticles for regenerative medicine and biomaterial design:A review of clay bioactivity. Biomaterials, 159, 204-214.

Nones, J., Gracher Riella, H., Trentin, A.G. and Nones, J. 2015. Effects of bentonite on different cell types: A brief review. Applied Clay Science 105-106, 225–230.

Rebitski, E.P., Aranda, P., Darder, M., Carraro, R. and Ruiz-Hitzky, E. 2018. Intercalation of Metformin into Montmorillonite. Dalton Transation, 47, 3185–3192.

Rhoades, J.D. 1982. Cation-exchange capacity. pp. 149-157. In A. L. Page et al. (ed.) Methods of soil analysis. Part 2. 2nd ed. Agron. Monogr. 9. ASA and SSSA, Madison, WI.

Toyota, Y., Okamoto, M. and Arakawa, S. 2017. New Opportunities for Drug Delivery Carrier of Natural Allophane Nanoparticles on Human Lung Cancer A549 Cells. Applied Clay Science, 143, 422–429.

Yang, J.H., Lee, J.H., Ryu, H.J., Elzatahry, A.A., Alothman, Z.A. and Choy, J.H. 2016. Drug–Clay Nanohybrids as Sustained Delivery Systems. Applied Clay Science, 130, 20–32.

16th Iranian Soil Science Congress

University of Zanjan, Iran, August 27-29, 2019

Topic for submission: Novel Technologies in Soil Science

Application of clay minerals in medical and health sciences

Nemati Shamsabad [1*], F., Salehi [2], M.H.

[1] PhD student, Department of Soil Sciences, Faculty of Agriculture, Shahrekord University, Iran

[2] Professor, Department of Soil Sciences, Faculty of Agriculture, Shahrekord University, Iran

Abstract

Clays are suitable due to their biocompatibility, low toxicity and ability to act as a carrier for biomedical and health goals. Oral medicines have disadvantages but the controlled release of drugs due to bonding with clays and creating a bubble formulation can reduce or eliminate these problems. In this research, the use of bentonite clay as a control agent for the growth of cancer cells in the in vitro environment was investigated. For this purpose, the effect of bentonite produced by domestic mines on the cell line of K562 leukemia cells was studied by the SRB method. High purity of this clay (>99%) as well as high amount of its CEC after isolation in nanoscale indicate that bentonite has high potential to control the growth of cancer cells. These results might provide a great acceptance for soil science in the society, and also open a new way for interdisciplinary and multidisciplinary researches with emerging a new science named pedomedicine. More studies are ongoing regarding the effect of this clay on the size of nanoscale and microscale, both organic and modified with iron nanoparticles, and its comparison with sepiolite mineral.

Keywords: Clay, cancer cells, pharmacy, Bentonite

[*] Corresponding author, Email: nemati.fariba@gmail.com

محور مقاله: فناوری‌های نوین در علوم خاک

بررسی رابطه عملکرد گندم با برخی خصوصیات خاک با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی در مناطق خشک

علیرضا دهمرده[۱]، محمدرضا پهلوان‌راد[۲و۳]، علی شهریاری[۴]، اسماء شعبانی[۵]، مریم قربانی[۵]

[۱] دانشجوی کارشناسی ارشد رشته علوم خاک دانشگاه زابل، دانشکده آب و خاک، دانشگاه زابل، زابل، ایران

[۲] استادیار بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی سیستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، زابل، ایران

[۳] استادیار بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران

[۴] استادیار گروه علوم خاک، دانشکده آب و خاک، دانشگاه زابل، زابل، ایران

[۵] مربی گروه علوم خاک، دانشکده آب و خاک، دانشگاه زابل، زابل، ایران

چکیده:

سیستم‌های تخصصی و هوشمند محاسباتی در واقع زیرمجموعه الگوریتم‌های غیرخطی می‌باشند که در کشاورزی باعث کمک به فرایند تصمیم‌گیری می شوند. شبکه‌های عصبی مصنوعی سیستم‌های یادگیرنده‌ای هستند که در صورت دارا بودن پیچیدگی لازم و نیز نمونه و زمان کافی برای آموزش، می‌توانند هر تابع غیرتصادفی از هر درجه‌ای را مدل کنند. گندم یکی از غلات کلیدی است که در سراسر جهان کشت می‌شود و منبع تغذیه برای میلیون‌ها نفر از مردم جهان می‌باشد. این تحقیق با هدف برآورد عملکرد گندم با برخی خصوصیات خاک توسط شبکه عصبی مصنوعی در مزرعه آموزشی و تحقیقاتی سد سیستان دانشگاه زابل انجام شد. به این منظور ۱۰۰ نقطه نمونه برداری خاک به صورت شبکه منظم انتخاب و مقادیر هدایت الکتریکی خاک، واکنش خاک، ماده آلی خاک، توزیع اندازه ذرات خاک، میزان نیتروژن، فسفر، پتاسیم و میزان هدایت الکتریکی ظاهری خاک (با دستگاه EM38-MK2) اندازه‌گیری شدند. روابط عملکرد کل، دانه و هزاردانه با خصوصیات خاک در پلات‌های ۱ مترمربعی با استفاده از نرم افزار متلب و شبکه عصبی نوع پرسپترون چند لایه، مورد ارزیابی قرار گرفت. شایان ذکر است ۸۰ درصد داده‌ها برای آموزش شبکه و ۲۰ درصد جهت اعتبار سنجی استفاده شده است. نتایج این پژوهش که نشان داد شبکه عصبی توانسته تا حدود زیادی شاخص‌های عملکرد گندم را با توجه به خصوصیات خاک منطقه توجیه کند و بهترین برآورد را در توجیه عملکرد کل گندم (R^2=0.76) نشان داد.

واژگان کلیدی: پرسپترون چند لایه، هدایت الکتریکی ظاهری، دشت سیستان

مقدمه

جمعیت جهان در اواسط قرن ۲۱ به ۹ میلیارد نفر خواهد رسید (Charles, 2010). افزایش تقاضا برای مواد غذایی در سراسر جهان و منابع محدود در دسترس برای تولید، لزوم استفاده از ابزارهای جدید برای برآورد عملکرد محصول را می‌طلبد (Padilla, 2010). کشاورزان و برنامه ریزان اطلاعات زیادی از محدودیت‌هایی که باعث پایین بودن عملکرد در واحد سطح اراضی آنها می‌شوند را در اختیار ندارند. استفاده از مدل‌های پیش‌بینی عملکرد محصول می‌تواند عملکرد محصول را با توجه به محدودیت‌های مختلف محیطی از قبیل اقلیم، خاک، زمین نما[۱] و مدیریت تعیین کند و راهگشاهی برای حل این مشکل باشد.

سیستمهای تخصصی و هوشمند محاسباتی در واقع زیرمجموعه الگوریتم‌های غیرخطی می‌باشند که در کشاورزی باعث کمک به فرایند تصمیم-گیری می شوند. به طور خاص سیستم هوشمند، بیشتر برای اهداف کشاورزی مرتبط با خدمات مشاوره‌ای و مدیریتی کاربرد دارد. در این زمینه بسیاری از محققان استفاده از الگوریتم‌های هوش محاسباتی (Schultz, 2000) را توصیه می‌کنند که بیانگر فواید به کارگیری شبکه های عصبی در موارد کشاورزی زیستی هستند که مدیریت همزمان داده‌های کمی و کیفی را ممکن می‌سازند تا از این طریق به پاسخ های خطی و غیرخطی برسند. شبکه‌های عصبی مصنوعی سیستم‌های یادگیرنده‌ای هستند که در صورت دارا بودن پیچیدگی لازم و نیز نمونه و زمان کافی برای آموزش، می‌توانند هر تابع غیرتصادفی از هر درجه‌ای را مدل کنند. اجزای سازنده شبکه‌های عصبی مصنوعی به عنوان یک مدل از سیستم عصبی موجودات زنده، نرون‌ها هستند. وظیفه هر نرون، انجام نوعی پردازش بر روی سیگنال‌های ورودی و تولید یک خروجی واحد مطلوب است. قبل از ورود هر سیگنال به نرون، سیگنال از فضایی موسوم به فضای سیناپسی عبور می‌کند که در آن عملیات تقویت و یا تضعیف سیگنال صورت می‌گیرد. این فضا در واقع محل ارتباط یک نرون با نرون دیگر است (منهاج،۱۳۹۴). وظیفه شبکه‌های عصبی این است که طی یک دوره آموزشی، بیاموزند که به ازای هر ورودی، خروجی مطلوب را تولید نمایند. یکی از مزیت‌های شبکه‌های عصبی این است که این شبکه‌ها نیاز به مفاهیم قبلی در مورد ارتباط

[1] Landscape

بین داده‌های ورودی و خروجی ندارند. همچنین به علت عملکرد موازی در قیاس با روش‌های آماری چند متغیره، حساسیت کمتری نسبت به وجود خطا در اطلاعات ورودی از خود نشان داده و در اغلب موارد عملکرد بهتری دارند (Agyare and Park, 2007).

گندم یکی از غلات کلیدی است که در سراسر جهان کشت می‌شود و منبع تغذیه برای میلیون‌ها نفر از مردم جهان می‌باشد (Reshef-Becker, 2010). این محصول به عنوان یکی از مهم‌ترین منابع غذایی تامین کننده‌ی کربوهیدرات برای تغذیه انسان به شمار می‌رود که در بین سایر منابع گیاهی، از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است. گندم در بین همه غلات از نظر سطح زیر کشت و تولید سالیانه، در درجه اول اهمیت قرار داشته و در مقایسه با دیگر غلات از نظر کیفیت نیز در سطح بالاتری است و تاکنون امکان جایگزینی آن به‌وسیله سایر غلات وجود نداشته است (Bushuk and Rasper, 1994).

Pantazi و همکاران (۲۰۱۶) در پژوهشی تحت عنوان پیش بینی عملکرد گندم از طریق روش های یادگیری ماشینی به تخمین عملکرد درون مزرعه ای گندم با استفاده از داده های لحظه ای چندلایه خاک و تصاویر ماهواره ای مرتبط با خصوصیات رشدی گیاه پرداختند. در این پژوهش آنها عملکرد شبکه های عصبی مصنوعی پس انتشار و شبکه های ترکیب XY و شبکه های با نظارت کوهونن را برای پیش بینی برداشت گندم در مزرعه ای ۲۲ هکتاری در منطقه بدفوردشر انگلستان به کار گرفتند تا با یک فصل برداشت مجزا مقایسه شود. نتایج نشان داد که مدل SKN دارای بهترین عملکرد ممکن است و صحت پیش‌بینی عملکرد محصول مدل‌ها بین ۷۰ تا ۹۱ درصد بود.

McKenzie و همکاران (۲۰۰۰) در بررسی رابطه بین عملکرد گندم با هدایت الکتریکی ظاهری در کانادا به این نتیجه رسیدند که عملکرد گندم وابسته به میزان شوری خاک است. Corwin و همکاران (۲۰۰۳) در مطالعه عملکرد گیاه پنبه با استفاده از مدل‌سازی رگرسیونی دریافتند که شوری خاک، آب در دسترس گیاه، سطح برگ و pH خاک از مهمترین خصوصیات موثر بر عملکرد بوده و نقشه هدایت الکتریکی ظاهری جهت انتخاب نقاط نمونه برداری بسیار کارا بود.

شعبانی و همکاران (۱۳۹۱) در بررسی که به منظور پیش بینی عملکرد گندم دیم به کمک شبکه های عصبی مصنوعی درمنطقه سیساب استان خراسان شمالی انجام دادند ،به این نتیجه رسیدند که مدل های شبکه عصبی مصنوعی می توانند ۹۲ درصد تغییرات در عملکرد کل و عملکرد دانه گندم را توضیح دهند.

Dang و همکاران (۲۰۱۱) نیز در سه مزرعه گندم در استرالیا با استفاده از القای الکترومغناطیس بوسیله دستگاه EM38 اقدام به مشخص کردن محدوده‌های مدیریتی بر اساس عملکرد و خصوصیات خاک نمودند. این محققین دریافتند که مقدار هدایت الکتریکی ظاهری خاک با عملکرد گندم رابطه معنی‌دار و منفی داشته و با خصوصیات خاک از جمله مقدار کلر و سدیم در عصاره اشباع رابطه مثبت و خوبی دارد. نتایج این تحقیق نشان داد که هدایت الکتریکی ظاهری خاک جهت شناسایی محدوده‌های مدیریتی مزارع بسیار کارا می‌تواند باشد.

قوت غالب مردم منطقه سیستان می‌باشد و دشت سیستان تولید کننده بیش از ۷۰ درصد گندم و ۸۴ درصد جو در استان می‌باشد. میانگین سطح زیر کشت گندم در این منطقه از سال زراعی ۸۶-۸۵ تا ۹۵-۹۴ حدود ۴۰۰۰۰هکتار بوده است که بیشترین سطح زیر کشت بین محصولات مختلف را دارد (کیخا، ۱۳۹۶). مقدار میانگین عملکرد گندم در واحد سطح در منطقه سیستان به دلایل کمبود آب، پایین بودن حاصلخیزی خاک و مدیریت پایین می‌باشد. لذا مطالعه بر روی این محصول استراتژیک در منطقه مهم بوده و این تحقیق با هدف بررسی رابطه عملکرد گندم با برخی خصوصیات خاک توسط شبکه عصبی مصنوعی در مزرعه آموزشی و تحقیقاتی سد سیستان دانشگاه زابل انجام شد.

مواد و روش‌ها

دشت سیستان در شرق ایران و در شمال استان سیستان و بلوچستان در طول جغرافیایی ۶۱درجه و ۱۰ دقیقه تا ۶۱درجه و ۴۹ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۲۹درجه و ۵۵ دقیقه تا ۳۱درجه و ۲۰دقیقه شمالی واقع شده است. این تحقیق در مزرعه آموزشی و تحقیقاتی سد سیستان که در پانزده کیلومتری شهرستان زابل قرارگرفته است، انجام گرفت. متوسط بارندگی سالیانه آن ۵۰ میلی‌متر و ارتفاع آن از سطح دریا به طور متوسط ۴۷۵ متر می‌باشد. تبخیر و تعرق سالانه در این منطقه ۴۵۰۰ الی ۵۰۰۰ میلی‌متر می‌باشد که بسیار بالا است. بادهای نیرومند ۱۲۰ روزه در این منطقه منحصر به فرد بوده و یکی از مهمترین عوامل دخیل در مقدار بالای تبخیر و تعرق است. کاربری زمین‌های منطقه شامل کشاورزی، مرتع و همچنین زمین‌های غیرقابل استفاده می‌باشند. در اراضی تحت کشت معمولا گندم، جو و یونجه به صورت غرقابی کشت می‌شوند که منابع آب آنها ازمحل چاه‌نیمه و حفر چاهک در منطقه تأمین می‌گردد.

شکل ۱. موقعیت جغرافیایی نقاط نمونه برداری در مزرعه سد سیستان

در۱۰۰ نقطه از محل تحقیق، نمونه برداری خاک به صورت کاملا منظم از پلات ۱ مترمربع برداشت گردید. همزمان در همان نقاط نمونه خاک از عمق ۳۰-۰ تهیه گردید و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک شامل نیتروژن خاک، ماده آلی خاک، اجزای بافت خاک، هدایت الکتریکی عصاره اشباع، واکنش خاک، پتاسیم و فسفر قابل جذب تعیین شد. همچنین مقدار هدایت اکتریکی ظاهری خاک با دستگاه EM38-MK2 نیز تعیین شد. از این نقاط ۸۰ درصد آموزش شبکه و ۲۰ درصد تست اعتبار سنجی استفاده شده است. روابط عملکرد کل، دانه و هزاردانه با خصوصیات خاک با استفاده از نرم افزار متلب و شبکه عصبی نوع پرسپترون چندلایه[1] با ۱۶ نورون پنهان بررسی شد. داده‌ها از لحاظ میانگین خطا[2]، میانگین مربعات خطا[3]، خطای جذر میانگین مربعات[4] وضریب تبیین (R^2) مورد بررسی قرار گرفتند.

نتایج و بحث

در جدول ۱ توصیف آماری پارامترهای مورد مطالعه ارائه شده است. بر اساس میانگین کل خصوصیات خاک مورد مطالعه، خاک منطقه غیر شور (۲/۲۷ دسی‌زیمنس بر متر) و قلیا (۸) می‌باشد. از نظر بافت خاک متوسط تا درشت بافت (با غالبیت شن و سیلت) است. مقدار ماده آلی (۱/۴۹ درصد) نسبت به میانگین ماده آلی خاک‌های دشت سیستان (کمتر از ۰/۵ درصد) است (غلامعلی زاده آهنگر و دیگران، ۱۳۹۳؛ میر و دیگران، ۱۳۹۴) بیشتر است که موضوع به دلیل استفاده نسبتا متناوب از کود دامی در این مزارع است. شایان ذکر است که مقدار نیتروژن وابسته به مقدار ماده آلی خاک است. مقدار میانگین فسفر (۶/۱۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم) خاک کم تا متوسط بوده و مقدار میانگین پتاسم خاک (۱۲۹/۵۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم) متوسط تا خوب می‌باشد.

[1] Multi Layer Perceptron (MLP)
[2] Mean Error (ME)
3 Mean Square Error (MSE)
4 Root Mean Square Error (RMSE)

جدول ۱. توصیف آماری ویژگی‌های خاک و عملکرد مورد مطالعه

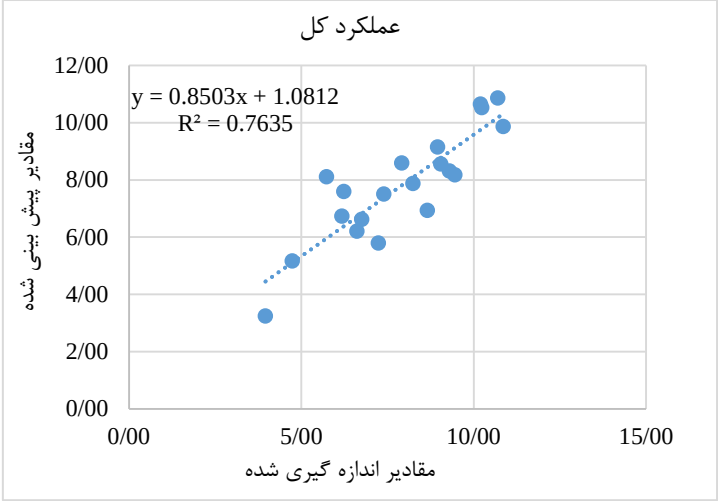
	کمترین	بیشترین	میانگین	انحراف معیار
هدایت الکتریکی (dS/m)	۰/۲۱	۱۰/۴	۲/۲۷	۱/۶۳
واکنش خاک	۷/۵۶	۸/۷	۸	۰/۲۲
ماده آلی (٪)	۰/۶۲	۲/۵	۱/۴۹	۰/۴۳
شن (٪)	۲۷	۷۷	۴۶/۰۷	۹/۸۲
سیلت (٪)	۴	۶۰	۴۳/۰۲	۹/۵۸
رس (٪)	۳	۲۳	۱۰/۹۱	۳/۸۳
نیتروژن (٪)	۰/۰۲	۰/۰۸	۰/۰۵	۰/۰۱
فسفر (mg/kg)	۰/۸	۲۸	۶/۱۲	۴/۷۱
پتاسیم (mg/kg)	۸۴	۲۲۶	۱۲۹/۵۸	۲۶/۸۹
هدایت الکتریکی ظاهری (mS/m)	۲۲	۲۷۹	۷۰/۲۳	۴۸/۶
عملکرد دانه	۰/۲۱	۴/۲۵	۱/۶۴	۰/۹۲
وزن هزار دانه (kg)	۰/۰۲	۰/۰۵	۰/۳۵	۰/۰۵
عملکرد کل	۱/۴۸	۱۵/۵۸	۷/۲	۳/۱۱

جدول ۲. صحت سنجی مدل شبکه عصبی مصنوعی در پیش‌بینی عملکرد دانه و کل و وزن هزار دانه با استفاده از ویژگی‌های خاک

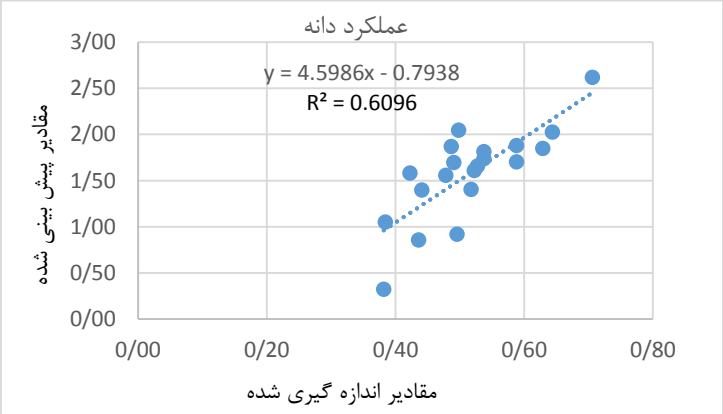
معیار	عملکرد هزار دانه	عملکرد دانه	عملکرد کل
ME	0/0019	0/18	0/1
MSE	0/0004	0/21	0/93
RMSE	0/0207	0/46	0/15
R^2	0/64	0/61	0/76

نتایج صحت مدل در پیش‌بینی عملکرد گندم با برخی خصوصیات خاک با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی در جدول ۲ و شکل‌های ۲ تا ۴ نشان داده شده است، که در این جدول ضریب تبیین (R^2)، ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE) (بیان‌گر دقت میانگین پیش‌بینی می‌باشد و شدت خطا منتظره را نشان می‌دهد) و خطای میانگین (ME) (برای تعیین اریب و تمایل به کم یا بیش برآورد) محاسبه گردیده است. با توجه نتایج بالاترین ضریب تبیین مربوط به عملکرد کل بود لذا می‌توان گفت خصوصیات خاک بیشترین تاثیر را بر عملکرد کل در گیاه گندم گذاشته است و توانسته ۷۶ درصد عملکرد کل و ۶۴ درصد هزار دانه گیاه گندم را تبیین نماید. این مدل عملکرد دانه را نیز با ضریب تبیین ۰/۶۱ توانست پیش-بینی کند که نتیجه قابل قابل قبولی هست. در همین راستا شعبانی و همکاران (۱۳۹۱) در بررسی که به منظور پیش بینی عملکرد گندم دیم به کمک شبکه های عصبی مصنوعی درمنطقه سیساب استان خراسان شمالی داشتند بیان کردند که شبکه عصبی مصنوعی می توانند ۹۲ درصد تغییرات در عملکرد کل و عملکرد دانه گندم را توضیح دهد. همچنین Norouzi و همکاران (۲۰۱۰) به منظور پیش‌بینی عملکرد کل و عملکرد دانه گندم با استفاده از خصوصیات خاک و زمین نما از مدل شبکه عصبی استفاده کردند. مدل‌های توسعه یافته آنها به ترتیب توانستند ۹۵ و ۹۳

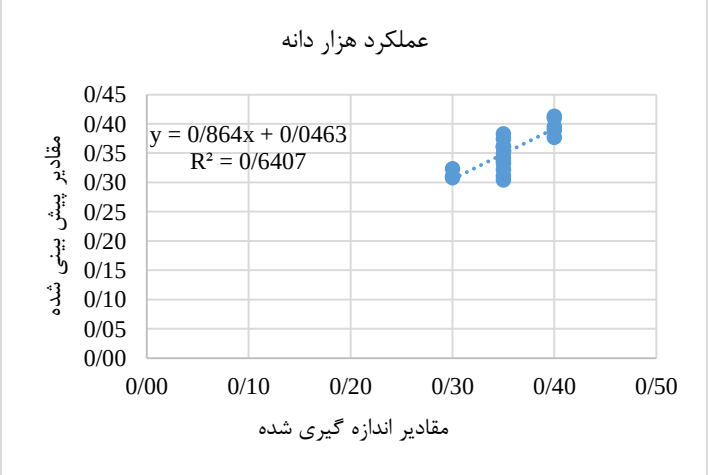
درصد از تغییرات عملکرد کل و دانه گندم را در منطقه اردل استان چهارمحال و بختیاری توجیه کنند. دقت کمتر نتایج دست آمده در این تحقیق نسبت به مطالعات گذشته می‌تواند به دلیل اثرگذاری بیشتر سایر خصوصیات غیر خاکی موثر در عملکرد گیاهان زراعی نظیر اقلیم در مناطق خشک باشد.



شکل ۲. اعتبار سنجی عملکرد کل



شکل ۳. اعتبار سنجی عملکرد دانه گندم



شکل ۴. اعتبار سنجی عملکرد هزار دانه گندم

نتیجه‌گیری

شبکه‌های عصبی از مهمترین تکنیک‌ها در مدلسازی فرآیندهای غیرخطی بوده و جستجوی نقطه بهینه و عدم تحمیل فرم تبعی خاص از نقاط قوت شبکه‌های عصبی می‌باشند. نتایج این پژوهش که نشان داد شبکه عصبی توانسته تا حدود زیادی عملکرد گندم را با توجه به خصوصیات خاک منطقه توجیه کند و همچنین به نظر می‌رسد در مناطق خشک سایر عوامل غیر خاکی نظیر اقلیم در عملکرد گندم دخالت بیشتری دارند..

منابع

شعبانی، ا.، حق نیا، غ.ح.، کریمی، ع.ر.، احمدی، م. م. ۱۳۹۱. تاثیر ویژگی های پستی و بلندی و خاک بر عملکرد گندم دیم در منطقه سیساب، شمال شرق ایران، نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، ۲۶ (۴): ۹۲۲-۹۳۲.

غلامعلی‌زاده‌آهنگر، الف.، سارانی، ف.، هاشمی، م.، شعبانی، الف. ۱۳۹۳. مقایسه روش‌های رگرسیون خطی، زمین آماری و شبکه عصبی مصنوعی در مدل‌سازی کربن آلی در اراضی خشک دشت سیستان، نشریه آب و خاک، ۶(۲۸): ۱۲۵۰-۱۲۶۰ .

کیخا،غ. ۱۳۹۶. سند بهره وری آب کشاورزی استان سیستان و بلوچستان (حوزه شمال استان – دشت سیستان). گزارش نهایی. مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی سیستان.سازمان جهاد کشاورزی سیستان و بلوچستان. ۱۹۱. صفحه.

منهاج، م. ب. ۱۳۹۴. شبکه‌های عصبی- هوش محاسباتی. انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران. ۷۱۸ص.

میر، ح.، غلامعلی‌زاده، الف.، شعبانی، الف. ۱۳۹۴. تعیین مهمترین پارامتر های موثر خاک بر فراهمی فسفر در دشت سیستان، نشریه آب و خاک،۶(۲۹): ۱۶۷۴ تا ۱۶۸۷.

Agyare W.A., and Park S.J. 2007. Artificial neural network estimation of saturated hydraulic conductivity. *Vadose Zone Journal*, 6: 423-431.

Becker-Reshef, E., Vermote, A., Lindeman, M. and Justice, C. 2010. A generalized regressionbased model for forecasting winter wheat yields in Kansas and Ukraine using MODIS data. *Remote Sensing of Environment*, 114: 1312– 1323.

Bushuk, W. and V. F. Rasper. 1994. *Wheat production, properties and quality*. Blackie academic and professional. Grait Britain.

Corwin, D.L.; Lesch, S.M.; Shouse, P.J.; Soppe, R.; Ayars, J.E. 2003.Identifying soil properties that influence cotton yield using soil sampling directed by apparent soil electrical conductivity. *Agronomy Journal*, 95, 352–364.

Dang, Y. P., Dalal, R. C., Pringle, M. J., Biggs, A. J. W., Darr, S., Sauer, B., Moss, J., Payne, J. and Orange, D. 2011. Electromagnetic induction sensing of soil identifies constraints to the crop yields of north-eastern Australia. *Soil Research*, 49: 559-571.

McKenzie, R.C. 2000. Salinity: Mapping and Determining Crop Tolerance with an Electromagnetic Induction Meter (Canada). EM38 and Determining Crop Tolerance in Canada. EM38 Workshop, New Delhi, India. 57-68.

Norouzi, M., Ayoubi, S., Jalalian, A., Khademi, H., Dehghani, A.A. 2010. Predicting rainfed wheat quality and quantity by artificial neural network using terrain and soil characteristics. Acta Agriculturae Scandinavica, Section B — Soil & Plant Science, 60 (4), 341– 352.

Padilla, F. L. M., Maas, S. J., Gonz, M.P., Lez-Dugo., F. Mansilla, N., Rajan, Gavil, P., and Donguez, J. 2012. Monitoring regional wheat yield in Southern Spain using the GRAMI model and satellite imagery. Field Crops Research, 130, 145–154.

Pantazi X.E. et al. 2016. Wheat yield prediction using machine learning and advanced sensing techniques, Computers and Electronics in Agriculture, 121: 57-65.

Schultz, A., Wieland, R., Lutze, G. 2000. Neural networks in agroecological modelling – stylish application or helpful tool? Comput. Computers and Electronics in Agriculture, 29, 73–97

16th Iranian Soil Science Congress

University of Zanjan, Iran, August 27-29, 2019

Topic for submission: Novel Technologies in Soil Science

Investigating the relationship between wheat yield and some soil characteristics using artificial neural network in arid regions

Dahmardeh, A.R,*[1] Pahlavan-Rad, M.,[2&3] Shahriari, A.,[4] Shabani, A.,[5] Ghorbani, M[5]

[1] MSc Student, Soil Science Department, Faculty of Water and Soil, University of Zabol, Zabol, Iran
[2] Assistant Professor, Soil and Water Research Department, Sistan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Iran
[3] Assistant Professor, Soil and Water Research Department, Golestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Iran
[4] Assistant Professor of Soil Science Department, Faculty of Water and Soil, University of Zabol, Zabol, Iran
[5] Academic Staff, Soil Science Department, Faculty of Water and Soil, University of Zabol, Zabol, Iran

Abstract:
Intelligent computing systems are the subset of nonlinear algorithms that contribute to the decision making process in agriculture. Artificial Neural Networks are learning systems that can model any non-random function of any degree, if they have the required complexity and the sample and time for training. Wheat is one of the key cereals that is cultivated throughout the world and is a source of food for millions of people around the world. This study was done to evaluate wheat yield with some soil properties by artificial neural network in the Sistan Dam field which is a training and research station of University of Zabol. For this purpose, 100 soil sampling points were selected as regular grids and the soil electrical conductivity, soil reaction (pH), soil organic matter, soil particle size distribution, nitrogen, phosphorus, potassium, and apparent electrical conductivity (EM38-MK2) were measured. Total yield, grain and 1000-grain yield relationships with soil characteristics were evaluated using MATLAB software and multi-layer perceptron neural network in 1 m2 plots. It should be noted that 80% of the data is used for network training and 20% for validation test. The results showed that the artificial neural network model was able to explain the wheat yield indices according to the soil characteristics in the region and showed the best estimate in the total yield of wheat (R2 = 0.76).
Key words: Multilayer Perceptron, Apparent Electrical Conductivity, Sistan Plain

شانزدهمین کنگره علوم خاک ایران

دانشگاه زنجان، ۵ تا ۷ شهریور ۱۳۹۸

محور مقاله: فناوری‌های نوین در علوم خاک

تخمین درصد سدیم تبادلی با مدل داده‌کاوی عصبی-فازی همراستا

مریم گل‌نژاد[۱*]، علی اصغر جعفرزاده[۲]، مسلم ثروتی[۳]

[۱] دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

[۲] استاد گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

[۳] استادیار مرکز آموزش عالی شهید باکری میاندوآب، دانشگاه ارومیه

چکیده

خاک‌های سدیمی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی نامطلوبی داشته و منجر به کاهش رشد گیاهان می‌شود. برای اندازه‌گیری ESP نیاز به ظرفیت تبادل‌کاتیونی بوده که اندازه‌گیری آن وقت‌گیر و پر هزینه است، لذا مدل‌سازی آن ضروری به‌نظر می‌رسد. هدف از این پژوهش توسعه یک مدل هوشمند با استفاده از مدل تلفیقی عصبی-فازی همراستا (CANFIS) برای تخمین ESP در شهرستان بناب می‌باشد. برای این منظور ۲۰۹ نمونه خاک به صورت شبکه‌بندی منظم (۲۵۰ متر) از عمق ۰ تا ۲۵ سانتی‌متری برداشته شد. نتایج نشان داد که به‌ترتیب نسبت جذب سدیم، هدایت الکتریکی، واکنش خاک، رس، شن و سیلت بیشترین وزن را در تخمین ESP دارند. همچنین مدل CANFIS با ورودی‌های انتخابی آنالیز مولفه‌های اصلی (SAR، EC و pH) دارای کارائی بیشتری نسبت به مدل CANFIS با ۵ ورودی داشت، به‌طوریکه آماره‌های RMSE و R^2 برای مدل کاراتر به‌ترتیب ۱/۰۱ و ۰/۹۶ محاسبه شد. نهایتا نتایج موید کارایی بالای شبکه‌های عصبی-فازی در تخمین ESP است.

کلمات کلیدی: آنالیز مولفه‌های اصلی، بناب، نسبت جذب سدیم، ویژگی زودیافت، ویژگی دیریافت

مقدمه

داده‌کاوی یکی از فن‌آوری‌های آنالیز داده بوده که قابلیت زیادی در استخراج اطلاعات اساسی از پایگاه‌های داده را دارد. این فناوری شامل مجموعه‌ای از روش‌های تخمین و گروه‌بندی است که روابط و الگوهای واقع در پستوی انبوهی از داده‌ها را استخراج می‌کند (Cabena و همکاران، ۱۹۹۸) که شیوه‌های ماشینی مربوط به یادگیری، مدل‌سازی، و آموزش را طلب می‌نماید. یکی از این روش‌های مدل‌سازی و داده‌کاوی، مدل تلفیقی عصبی- فازی هم‌راستا (CANFIS) بوده و از سیستم فازی به‌دلیل در نظرگیری ویژگی‌های پیوسته تغییرات خاک و عدم قطعیت در اندازه‌گیری‌های ویژگی‌های خاک و از شبکه‌های عصبی مصنوعی به‌دلیل بی‌نیازی از یک تابع خاص برای بیان رابطه میان داده‌های ورودی و خروجی استفاده می‌کند. در این مدل کاربر قادر است تا مشخصات شبکه عصبی مصنوعی و مدل فازی را بر خلاف ساختار مدل تلفیقی عصبی- فازی (ANFIS) به تفکیک انتخاب و به ساختار بهینه آن به روش آزمون و خطا به‌دست آورد (Aytek, 2008). از آنجایی که این سامانه‌ها با تعداد ورودی‌های زیاد ساختار متوازنی نداشته و تخمین خوبی انجام نمی‌دهد و از طرفی نیز هدف از مدل‌سازی توسعه مناسب‌ترین مدل با حداقل تعداد ورودی‌ها است استفاده از سامانه خاصی که ورودی‌ها را به حداقل برساند ضروری به‌نظر می‌رسد. لذا باید روی متغیرهای موجود تجزیه و تحلیل مناسبی انجام داد تا به‌توان تاثیر نسبی آن‌ها را روی این پدیده بررسی کرد. برای این منظور از روش‌های آماری چندمتغیره در این خصوص استفاده می‌شود. روش آنالیز مؤلفه‌های اصلی (PCA) از متداول‌ترین روش‌های آماری چند متغیره بوده که روابط مشاهده‌شده بین چندین متغیر را نشان می‌دهد و اهمیت نسبی متغیرهای موثر بر یک پدیده را بیان می‌کند و می‌توان از متغیرهایی که اهمیت کمتری دارند صرف نظر نمود.

سدیمی‌بودن از مهم‌ترین ویژگی‌های خاک‌های متأثر از نمک است. برای اندازه‌گیری درصد سدیم تبادلی (ESP)، به‌دست‌آوردن ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC) نیاز است. اندازه‌گیری این پارامتر وقت‌گیر، پرهزینه و همراه با خطا است. عدم خارج شدن مازاد کاتیون شاخص طی مرحله شستشو در اندازه‌گیری CEC و وجود کانی زئولیت در خاک منجر به بیش‌برآوردی CEC و کم‌برآوردی (ESP) می‌شود. به‌علاوه، عدم اشباع کامل مکان‌های تبادلی با کاتیون شاخص، هدر رفتن خاک و هیدرولیز کاتیون شاخص تبادلی طی مرحله شستشو، عدم جایگزینی کامل آمونیوم به جای سدیم و انحلال گچ، CEC را کمتر اندازه‌گیری کرده و ESP را بیشتر از مقدار واقعی برآورد می‌شود (Rodes, 1982). همچنین اندازه‌گیری این ویژگی در خاک‌های شور با هدایت‌الکتریکی بالای ۱۰ دسی‌زیمنس برمتر با خطای اثر دفع آنیونی همراه بوده و ESP کمتر از مقدار واقعی برآورد شود (Jurinak و Suarez،

* ایمیل نویسنده مسئول: maryamgolnezhd@gmail.com

۱۹۹۰). لذا به‌منظور اطلاع سریع از درجه سدیمی‌بودن خاک‌ها برخی محققان سعی کرده‌اند تا پارامترهای مزبور را از ویژگی‌های زودیافت خاک برآورد نمایند (Robbins و Meyer ، ۱۹۹۰). به‌ویژه اطلاع از مقدار عددی ESP خاک‌های سدیمی و شور-سدیمی برای برآورد مقدار مواد اصلاح‌کننده این خاک‌ها ضروری است. در تحقیقی تعداد ۱۸۹ نمونه خاک از منطقه میانکنگی سیستان، برای تعیین رابطه بین ESP و SAR جمع‌آوری و با استفاده از مدل‌های رگرسیونی و هوش محاسباتی به تخمین ESP پرداخته شد. نتایج این تحقیق نشان داد ANFIS برای تخمین ESP نتایج مطلوبتری ارائه داد. از جنبه‌های کاربردی تخمین ESP می توان به موارد فوق اشاره نمود. تعیین عمق آب لازم جهت آبشویی املاح محلول از نیمرخ خاک‌های شور و سدیمی از طریق انجام آزمون‌های مزرعه‌ای الزامی می‌باشد. نتایج اجرای این گونه آزمایشات می‌تواند منجر به دستیابی منحنی‌های شوری و سدیم‌زدایی آن منطقه گردد که با استفاده از این منحنی‌ها می‌توان میزان آب لازم جهت کاهش شوری و سدیمی بودن خاک را تا حد مورد نظر تعیین نمود که ESP معیاری برای تعیین سدیمی بودن است. نفوذ یکی از پارامترهای مهم در طراحی و اجرای پروژه‌های آبیاری، زهکشی، مدیریت منابع آب، حفاظت خاک، مطالعات هیدرولوژی و تغذیه مصنوعی است که تحت تاثیر ویژگی‌های خاک ازجمله میزان شوری و سدیم قرار می‌گیرد، لذا اطلاع از تغییرات مکانی و داده‌های بهنگام ESPدر این راستا می‌تواند مفید باشد. با توجه به اهمیت تخمین ESP، توانایی مدل CANFIS در داده‌کاوی و تخمین ویژگی‌های دیریافت، هدف از این تحقیق تخمین ESP با استفاده از مدل CANFIS در منطقه قره چبق شهرستان بناب (استان آذربایجان شرقی) می‌باشد. کاربرد مدل PCA برای انتخاب ورودی های مدل CANFIS و تخمین ESP با این مدل از نوآوری‌های تحقیق فوق محسوب می‌شود.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه قره چبق با وسعت ۱۴۵۰ هکتار در جنوب غرب استان اذربایجان شرقی و در شهرستان بناب واقع شده است. از نظر جغرافیایی منطقه بین ۴۵ درجه، ۵۸ دقیقه، ۳۰ ثانیه تا ۴۶ درجه، صفر دقیقه و ۴۰ ثانیه طول شرقی و ۳۷ درجه، ۱۷ دقیقه، ۵ ثانیه تا ۳۷ درجه، ۱۹ دقیقه و ۱۵ ثانیه عرض شمالی قرار دارد (شکل ۱). جهت نیل به اهداف تحقیق، نمونه‌های خاک از محل هر گره از شبکه‌بندی منظم با فواصل ۲۵۰ متر (۲۰۹ نمونه) از خاک سطحی (۲۵-۰ سانتی‌متری) در تابستان ۹۶ برداشته شد و جهت آنالیزهای خاک به آزمایشگاه منتقل گردید (شکل ۱). سپس pH و هدایت‌الکتریکی نمونه‌ها در نسبت ۵ به ۱ آب به خاک (Rowell, 1994). بافت خاک به روش هیدرومتری (Bouyoucos, 1962)، Na+ به روش فیلم فتومتری و Ca2+ و Mg2 به روش تیتراسیون برگشتی (USDA, 1996) اندازه‌گیری شدند.

انتخاب متغیرها با آنالیز مولفه‌های اصلی

در روش تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (PCA)، متغیرهای ورودی به متغیرهای بدون همبستگی تبدیل می‌شوند (Liu و همکاران، ۲۰۰۳). اولین گام تعیین و تشخیص مناسب‌بودن داده‌هاست. برای این کار از فاکتورKMO (رابطه ۱) استفاده شد. برای مقادیر کمتر از ۰/۵ داده‌ها نامناسب، بین ۰/۵ تا ۰/۶۹ متوسط و بزرگتر از ۰/۷۰ همبستگی داده‌ها برای PCA مناسب است.

$$KMO = \frac{\sum_{i=1}^{P}\sum_{j=1}^{P} r_{ij}^2}{\sum_{i=1}^{P}\sum_{j=1}^{P} r_{ij}^2 + \sum_{i=1}^{P}\sum_{j=1}^{P} a_{ij}^2} \quad , i \neq j \qquad (۱)$$

در رابطه (۱)، rij: ضریب همبستگی ساده بین متغیرهای i و j، aij ضریب همبستگی جزیی بین متغیرهای i، j و P تعداد متغیرها است

مدل‌سازی با CANFIS

با توجه به موفقیت روش شبکه عصبی مصنوعی و منطق فازی در مدل‌سازی و تخمین فرآیندهای پیچیده غیرخطی، در این تحقیق یک مدل تلفیقی عصبی-فازی برای تخمین ESP توسعه یافت. برای این منظور از مدل CANFIS استفاده شد. این مدل از ویژگی‌های شبکه عصبی (ANN)

و سیستم استنتاج فازی[1] (FIS) بهره می‌گیرد (Aytak, 2008). در این مدل، کاربر قادر است تا مشخصات شبکه عصبی مصنوعی و مدل فازی را بر خلاف ساختار ANFIS به تفکیک انتخاب و به ساختار بهینه به روش آزمون و خطا دست یابد.

مدل CANFIS انتخاب‌شده شامل پنج لایه است (شکل ۲). در لایه اول، گره‌های موجود، سری‌های فازی مرتبط با قوانین فازی است. این لایه موقعیت بخش مرکزی و اصلی هر سری فازی کنترل می‌شود. در این تحقیق، از تابع عضویت گوسین برای تعیین درجات عضویت استفاده شد. خروجی‌های این لایه مقادیر اولیه توابع عضویت فازی متناسب با ورودی‌های سامانه هستند. در لایه دوم، هر گروه موظف به محاسبه نتایج ورودی‌های خود است و دامنه فعال‌سازی قوانین فازی تعیین می‌شود. در لایه سوم، درجه فعالیت مربوط به هر یک از قوانین، نرمال می‌شود. در لایه چهارم، گره‌های موجود به‌صورت تطبیق‌پذیر در آمده و هر تابع موجود، یک مدل درجه اول با پارامترهای حاصله ارائه می‌دهد و لایه پنجم، لایه خروجی است. به‌منظور بهینه‌نمودن مدل CANFIS، لازم است که پارامترهای حاصله در لایه چهارم درست تعریف‌شده و پارامترهای لایه اول، به‌عنوان بخش مرکزی دامنه تابع عضویت مطرح شوند.

در ساختار CANFIS توسعه‌یافته، بخش عصبی ساختار MLP و ساختار فازی دارای ۳ بخش اصلی فازی‌ساز ورودی، موتور استنتاج و غیرفازی‌ساز خروجی بود. فازی‌ساز ورودی مقادیر قطعی متغیرهای ورودی را به‌مجموعه‌های فازی تبدیل می‌نماید و غیرفازی‌ساز خروجی مقادیر به‌دست‌آمده از موتور استنتاج فازی را به مقادیر قطعی تبدیل می‌نماید. سیستم کنترل فازی مورد استفاده در این پژوهش از نوع گوسی بود که توانایی کاهش اغتشاشات احتمالی در داده‌های ورودی را داردموتور استنتاج فازی از نوع سوگنو از موتورهای پرکاربرد در سیستم‌های فازی است (Monem و Kiapasha، ۲۰۰۹).

معیارهای ارزیابی مدل‌ها

برای این منظور از معیار جذر میانگین مربعات خطا (RMSE) برحسب (رابطه ۲) و معیار ضریب همبستگی (R2) (رابطه ۳) استفاده شد.

$$R^2 = \frac{[\sum_{i=1}^{n}(q_i - \overline{q_i})(\hat{q}_i - \overline{\hat{q}_i})]^2}{\sum_{i=1}^{n}(q_i - \overline{q}_i)\sum_{i=1}^{n}(\hat{q}_i - \overline{\hat{q}})^2} \quad (۲)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(q_i - \hat{q}_i)^2} \quad (۳)$$

در این روابط، q_i مقدار ESP اندازه‌گیری‌شده، $\hat{q}_i$ مقدار ESP برآورد شده، $\overline{\hat{q}_i}$ میانگین مقادیر ESP اندازه‌گیری‌شده، $\overline{q_i}$ میانگین ESP محاسباتی و n تعداد داده‌ها می‌باشد.

نتایج و بحث

ضریب تغییرات معیاری از تغییرپذیری نسبی داده‌ها است. ضریب تغییرات ویژگی‌های خاک را به دو دسته پایین (۱۵٪-۰٪) و بالا (۷۵٪-۱۵٪) طبقه‌بندی نمودند. در این مطالعه مقادیر ضریب تغییرات مابین ۰/۰۲ و ۱۶/۵۹ به‌ترتیب برای pH و ESP بود (جدول ۱). ESP در خاک‌های مطالعاتی با میانگین ۲۷/۳۱ بوده و جزء خاک‌های سدیمی محسوب می‌شوند که میانگین pH بالای ۸/۵ نیز موید این مطلب است، لذا پایش تغییرات این ویژگی خاکی، به‌عنوان شاخص سدیمی بودن خاک، ضروری است. حداقل ESP ۱/۲ و حداکثر آن ۸۴/۷ درصد می‌باشد.

[1]-Fuzzy Inference System

جدول ۱. پارامترهای آماری ویژگی‌های خاک در مدل‌سازی ESP

	ESP	SAR	EC	Clay	Silt	Sand	pH
میانگین	27.31	22.52	25.47	39.37	32.66	27.96	8.52
چولگی	0.79	0.81	1.05	-0.06	-0.015	0.29	-0.010
کشیدگی	-0.33	-0.26	0.26	0.40	0.10	0.11	-0.88
ضریب تغییرات	16.59	14.04	14.67	1.98	1.44	4.71	0.02
حداقل	1.2	0.9	1.37	16	15	2	7.17
حداکثر	84.7	70.3	81.55	63	49	61	8.88

انتخاب متغیرهای ورودی با PCA

همبستگی پیرسون بین متغیرها را نشان می‌دهد. توانمندی تخمین مدل‌های هوشمند به انتخاب صحیح اطلاعات ورودی لایه اول بستگی دارد، لذا با ماتریس همبستگی ارتباط بین پارامترهای خاک (متغیر مستقل) و ESP (متغیر وابسته) مشخص شد. نتایج نشان داد، نسب جذب سدیم (SAR) و سیلت به‌ترتیب کمترین و بیشترین همبستگی را با ESP داشتند. هیدرولیز سریع نمک‌های سدیم و افزایش pH از ویژگی‌های بارز خاک-های سدیمی است. رابطه مثبت بین واکنش خاک و ESP گزارش شده است (Bhargava و Abrol، ۱۹۷۸). همبستگی بالایی بین ESP و هدایت الکتریکی عصاره اشباع توسط برخی محققین گزارش شده است (Farhmand و همکاران، ۲۰۱۱). همبستگی مثبت ESP با محتوی رس و همبستگی منفی با محتوی شن نیز بیانگر اهمیت بخش ریز خاک است. برای تعیین رابطه بین SAR و ESP از رگرسیون خطی استفاده شد. نتایج نشان داد که بین این دو پارامتر با همدیگر رابطه ESP=0.973+0.924SAR وجود داشته و ضریب تبیین آن ۰/۹۱ است. برای نیل به اهداف کل داده‌ها به سه بخش تفکیک شد. ۷۰ درصد کل داده‌ها برای آموزش ۱۵ درصد برای نظارت یادگیری شبکه، ۱۵ درصد برای صحت‌سنجی به شبکه معرفی شدند. در این تحقیق از نرم‌افزار Matlab R2016b برای تخمین ESP با استفاده از مدل CANFIS استفاده شد.

به‌منظور عملکرد بهتر سامانه هوشمند CANFIS ابتدا با استفاده از روش PCA، تعداد ورودی‌هایی که تاثیر چندانی در توسعه مدل نداشتند کاهش داده شدند. اگر تمام مولفه‌های اصلی ماتریس استخراج شود، می‌توان همبستگی‌های بین متغیرها را به‌طور کامل محاسبه نمود (Spearman, 1994). این کار ساده‌سازی نبوده و به تعداد متغیرها مولفه وجود دارد. این مولفه‌ها باید به‌توانند جداگانه همبستگی‌ها را تبیین کند (Kline, 1994). جدول ۳ مقادیر ویژه را نشان می‌دهد. در انتخاب، عامل‌هایی انتخاب می‌شود که حداقل ۷۰ درصد واریانس را توجیه نماید. مطابق جدول ۲ مقدار ویژه اول ($\lambda 1$) برابر با ۳/۶۳ بوده و ۶۰/۵۵ درصد از کل واریانس داده‌ها را شامل می‌شود. دومین و سومین مقدار ویژه ۱/۳۰ و ۰/۶۴ بوده و به‌ترتیب ۲۱/۷۳ و ۱۰/۷۴

درصد از کل واریانس داده‌ها را دربر می‌گیرد. سه عامل اول ۹۳/۰۳ درصد از واریانس متغیرها را توجیه می‌کند بنابراین از بین ۶ عامل، سه عامل انتخاب شد.

جدول۲. مشخصات مقادیر ویژه حاصل از پارامترها

مولفه	مقدار ویژه اولیه		
	کل	درصد توجیه واریانس	درصد تجمعی
۱	3.63	60.55	60.55
۲	1.30	21.73	82.28
۳	0.64	10.74	93.03
۴	0.29	4.92	97.95
۵	0.12	2.04	99.99
۶	2.45×10-5	0.0001	1

تخمین ESP با مدل CANFIS

برای تخمین ESP با مدل CANFIS مدل اول با متغیرهای ورودی SAR، EC، رس، شن و pH توسعه یافت. در مدل دوم با اعمال PCA بر ورودی‌ها، ابعاد ورودی کاهش یافت.. به‌منظور پیدا کردن تعداد بهینه نورن‌های میانی از روش سعی و خطا استفاده شد. نتایج مناسب‌ترین مدل CANFIS با آماره‌های RMSE و R^2 در جدول ۳ ارائه شده است.

جدول۳. ویژگی‌های مدل‌های مختلف CANFIS برای تخمین ESP

	ویژگی	روش دفازی کردن	تعداد توابع عضویت	تکرار	تعداد ورودی	R^2	RMSE (٪)
ESP	مدل ۱	میانگین وزنی	۳	۱۱۸	۶	۰/۸۸	۲/۲۵
	مدل ۲	میانگین وزنی	۳	۱۲۴	۳	۰/۹۶	۱/۰۱

مدل ۱ با وارد کردن ورودی‌های بیشتر، ۸۸ درصد تغییرات مربوط به ESP را توجیه کند. با این حال مدل CANFIS با ورودی‌های انتخاب شده دارای دقت بالاتری می‌باشد، به‌طوری‌که مقادیر RMSE و R2 در مرحله آزمون برای مدل اول و دوم به‌ترتیب ۰/۸۸ و ۳/۲۵ (شکل ۴) ۰/۹۶ و ۱/۰۱ برآورد گردید.

مدل ۲ در بیشتر نواحی توانسته مدل موفقی در تخمین ESP باشد که در مجموع به‌دنبال کم‌ترین خطای تخمین است. این مدل با داشتن R^2=۰/۹۶ و RMSE=۱/۰۱ مدل کاراتری است. دلیل کارایی کمتر مدل ۱، افزایش زمان یادگیری، پیچیده‌تر شدن ساختار و ایجاد اختشاش در مدل به‌دلیل حجم بالای اطلاعات ورودی است. علاوه‌بر این داده‌ها در سامانه خاک دارای عدم قطعیت بوده، لذا هرچه تعداد داده‌های ورودی مدل کاهش یابد، نتایج حاصله بهبود می‌یابد. سینگ و دو (Singh و Deo، ۲۰۰۷) با پیش‌بینی جریان روزانه رودخانه نارمادا در هند با استفاده از سامانه CANFIS و شبکه‌های عصبی GRNN، MLP و RBF، به این نتیجه رسیدند که این سامانه نسبت به شبکه‌های عصبی مصنوعی دقت بیشتری دارد. Amutha و Porchelvan (۲۰۱۱) به‌منظور پیش‌بینی سطح آب زیرزمینی در حوضه آبخیز مالاتار، عملکرد دو مدل RBFN و ANFIS را مورد ارزیابی قرار دادند. ایشان مدل‌ها را با سه ورودی اجرا نمودند و گزارش کردند که عملکرد ANFIS با این تعداد ورودی نسبت به RBFN مطلوب‌تر است.

نتیجه‌گیری

در منطق فازی روند سیستماتیکی برای طراحی یک کنترل‌کننده فازی وجود ندارد درحالی‌که در شبکه‌های عصبی مصنوعی با توجه به ویژگی آموزش از محیط، توانایی تطبیق با شرایط جدید را دارد. سیستم فازی به دلیل در نظرگیری ویژگی پیوسته خاک نتایج مناسبی ارائه می‌کند. همچنین سامانه CANFIS نسبت به ANFIS این قابلیت را دارد تا مشخصات شبکه عصبی مصنوعی و مدل فازی را بر خلاف ساختار ANFIS به تفکیک انتخاب و به ساختار بهینه آن به روش آزمون و خطا دست یابد. لذا در پژوهش حاضر از مدل CANFIS جهت تخمین ESP در شهرستان بناب استان آذربایجان شرقی استفاده شد. مقایسه دو مدل بیانگر عملکرد بهتر مدل ۲ در راستای برآورد ESP بود. در هر دو مدل، CANFIS به‌خوبی قادر به تخمین ESP بوده و با کاهش تعداد ورودی و انتخاب ورودی‌های موثرتر با PCA، عملکرد بهبود یافت. این مدل می‌توانند ESP را با قدرت اطمینان بالایی تخمین بزند و محدودیت نیاز به صرف وقت و هزینه‌های زیاد در برآورد مستقیم ESP را مرتفع می‌سازند. نتایج نشان می‌دهد برای مدل‌سازی ویژگی‌های دیریافت، به‌منظور نیل به مناسب‌ترین مدل، توجه به تعداد متغیرهای ورودی ضروری است، زیرا مهم‌ترین هدف ارائه مدلی با حداقل تعداد ورودی است. نتایج کمی‌سازی اهمیت متغیرها در مدل (CANFIS) تأییدی بر استفاده از سه ویژگی SAR، EC و pH در مدل‌سازی ESP است و می‌توان به خاک‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک مشابه تعمیم داد. همچنین این مدل‌ها می‌تواند به‌صورت منطقه‌ای و کشوری بعد از راست‌آزمایی در اختیار کارشناسان و موسسات کشاورزی و عمرانی قرار گیرد.

منابع

Amutha, R. and Porchelvan, P. 2011. Seasonal Prediction of Groudwater levels using ANFIS and Radial Basis Neural Network. International Journal of Geology, Earth and Environmental Sciences, 1. 98-108.

Aytek, A. 2008. Co-active neuro-fuzzy inference system for evapotranspiration modeling: Soft Computing, A Fusion of Foundations Method. Journal of Applied Science, 13(7). 691-700.

Bhargava, G.P. and Abrol, I.P. 1978. Characteristics of some typical salt affected soils of Uttar Pradesh. Division of Soils and Agronomy, Central Soil Salinity Research Institute: Yazd.

Bouyoucos, G.J. 1962. Hydrometer method improved for making particle size analysis of soils. Agronomy Journal, 56. 464-466.

Cabena, P.H., Stadler, R., Verhees, J. and Zanasi, A. 1998. Discovering Data Mining: From Concept to Implementation, IBM: New Jersey.

Farahmand, A., Oustan, S. H., Jafarzadeh, A. J., and Asgarzad, A. N. 2011. The parameters of sodium and salinity in some salt affected soils of the Tabriz Plain. Journal of Soil and Water, 22. 1-15. (In Farsi)

Johnson R.A. and Wichern D.W. 1982. Applied multivariate statistical analysis. Prentice-Hall Inc, Englewood Cliffs: SA.

Jurinak, J. J. and Suarez, D.L. 1990. The chemistry of salt-affected soils. In K. K. Tanji (Ed.). Agricultural Salinity Assessment and Management (No. 71). (pp. 42-63). American Society of Civil Engineers, New York: N.Y.

Karami, A. and Afiuni-zadeh, S. 2012. Sizing of rock fragmentation modeling due to bench blasting using adaptive neuro-fuzzy inference system and radial basis function. International Journal of Mining Science and Technology, 22. 459–463.

Kline, P. (1994). An Easy Guide to Factor Analysis. New York: Routledge.

Liu C.W., Lin K.H. and Kuo Y.M. 2003. Application of factor analysis in the assessment of groundwater quality in a black foot disease area in Taiwan. Science of the Total Environment, 313. 77-89.

Monem, M.J. and Kiapasha, M.S. 2009. Development and evaluation of an upstream fuzzy control system model for irrigation canals. Journal of Iranian Water Research 3(4). 41-50.

Rashidi, M. and Seilsepour, M. 2008. Modeling of soil exchangeable sodium percentage based on soil sodium adsorption ratio. Journal of Agricultural and Biological Science, 3(4). 22-26.

Rhoades, J. D. 1982. Cation exchange capacity. In A. L. Page et al (Ed.). (Part. 2). (pp. 149-157). Methods of Soil Analysis, Agron. Monogr. 9, American Society of Agronomy, Madison, WI, USA.

Robbins, C. W. and Meyer, W. S. 1990. Calculating pH from EC and SAR values in salinity models and SAR from soil and bore water pH and EC data. Australian Journal of Soil Research, 28. 1001-1011.

Rowell, D.l. 1994. Soil Science: Methods and Application. England: Longman Group, Harlow.

Singh, P. and Deo, M.C. 2007. Suitability of different neural networks in daily flow forecasting. Applied Soft Computing, 7. 968-978.

Spearman, C. 1994. General intelligence: Objectively determined and measured. American Journal of Psychology, 15. 92-201.

USDA. 1996. Soil Survey Laboratory Methods Manual. Soil Survey Investigations Republic, Washington: United States Government Print.

Wiegand, C. L., Lyles, L. and Carter, D. L. 1986. Interspersed salt-affected and unaffected dryland soils of the lower Rio Grande Valley: II. Occurrence of salinity in relation to infiltration rates and profile characteristics. Soil Science Society of America Journal, 30(1). 106-110.

16th Iranian Soil Science Congress

University of Zanjan, Iran, August 27-29, 2019

Topic for submission: Novel Technologies in Soil Science

Prediction of soil exchangble Sodium percentage (ESP) by Coactive Neuro–Fuzzy Inference systems (CANFIS) Data mining model

Golnezhad[*1], M., Jafarzadeh[2], A.A., Servati, M

[1] M. Sc. Student, Soil Science Department, Faculty of Agriculture University of Tabriz, Iran

[2] Prof., Soil Science Department, Faculty of Agriculture University of Tabriz, Iran

[3] Assistant Prof., Shahid Bakeri High Education Center of Miandoab Urmia University, Iran

Abstract

Sodic soils are poor physicochemical properties and low crop growth. For determine ESP is necessary to measure soil CEC. Because determining CEC are time consuming that determines ESP indirectly from an easy-measured properties. The aim of this study was to develop an intelligent model (CANFIS) for predicting soil ESP from soil easy-measured properties of soils, Bonab. For this purpose, 209 soil samples were taken by grid survey method from surface (0-25 cm). First target is determining performance of Fuzzy Neural Networks (CANFIS) in predicting ESP by sand, clay, pH, SAR, EC as input variable. The second target is evaluation of performance of CANFIS model by selected variable of PCA model. Results showed that the performance of second model was acceptable, so that the R^2 and RMSE statistical parameter were 0.96 and 1.01 respectively. The superiority of intelligent models in explanation of the relationship between ESP and other soil properties.

Keywords: Bonab, Easly-measured, Hard-measured, PCA, SAR

[*] Corresponding author, Email: maryamgolnezhd@gmail.com

محور مقاله: فناوری‌های نوین در علوم خاک

تأثیر نانوذرات اکسیدروی (ZnO) بر برخی خصوصیات شیمیایی خاک‌هایی با بافت متفاوت

سحر رضایی[۱*]، حسین بیات[۲]

[۱] دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا همدان

[۲] دانشیار گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا همدان

چکیده

باتوجه به بحران انرژی در جهان و همچنین افزایش آلودگی‌های زیست‌محیطی، نیاز به استفاده از انرژی‌های تمیز و تجدیدپذیر و همچنین کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی بیش‌ازپیش احساس می‌شود. نانو ذرات به دلیل دارا بودن سطح ویژه بسیار زیاد، فعال و واکنش‌پذیر، توانایی تغییر در برخی از خصوصیات فیزیکی، مکانیکی و شیمیایی خاک را دارند. با این‌وجود، تأثیر نانو ذرات اکسیدروی (ZnO) بر بسیاری از خواص خاک مورد بررسی قرار نگرفته است. هدف این مطالعه بررسی تأثیر نانو ذرات اکسیدروی بر برخی خواص شیمیایی خاک بود. برای این منظور نمونه‌برداری از ۳ خاک با بافت‌های لوم‌شنی، لومی و رسی انجام شد و با درصدهای وزنی مشخصی از نانوذرات اکسیدروی در سه تکرار مخلوط گردید. خاک‌های تیمارشده درون ظروف پلاستیکی، به مدت ۱۲۰ روز تحت شرایط اشباع و خشک شدن متوالی قرار گرفتند. سپس اثرات احتمالی نانو ذرات اکسیدروی بر برخی خواص خاک مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که نانو اکسید روی منجر به افزایش مقدار گنجایش تبادل کاتیونی و هدایت الکتریکی ($P < 0.05$) در بافت‌های مختلف خاک گردید. در مقابل، کاربرد نانو ذرات اکسید روی منجر به کاهش پ- اچ و محتوای ماده‌آلی ($P < 0.05$) در بعضی سطوح از خاک‌های لوم‌شنی و رسی گردید. بنابراین استفاده از ذرات نانو به‌ویژه اکسیدهای فلزی همچون نانو اکسید روی در خاک به عنوان یک اصلاح کننده می‌تواند سبب بهبود کیفیت خاک‌های زراعی گردد.

کلمات کلیدی: آلودگی زیست محیطی، خصوصیات شیمیایی، نانو ذرات اکسیدروی

مقدمه

فناوری نانو یکی از جدیدترین فناوری‌های موجود است که به علت پتانسیل بالا و ویژگی‌های منحصربه‌فرد آن در تمام زمینه‌های علوم و تحقیقات ازجمله منابع طبیعی و حفاظت خاک کاربرد دارد (بروغنی و همکاران، ۱۳۹۳). ذرات نانو ابعادی بین ۱ تا ۱۰۰ نانومتر دارند که اغلب ویژگی‌های بیولوژیکی، فیزیکی و شیمیایی خاک را به‌طور معنی‌داری تغییر می‌دهند (Tassi، ۲۰۱۲، Kim و همکاران، ۲۰۱۳). نانو ذرات با توجه به داشتن سطح ویژه، سطح واکنش‌پذیری بسیار بالا و اندازه کوچک، می‌توانند بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک ازجمله جذب و نگه‌داشت عناصر غذایی تأثیر بگذارند. Conway و Keller (۲۰۱۶) بیان کردند که نانو ذرات مهندسی شده، با افزایش انتشار یون‌ها در خاک، pH خاک را تحت تاثیر قرار می‌دهند. غلظت زیاد کاتیون‌ها به‌ویژه کاتیون‌های قلیایی موجب افزایش هدایت الکتریکی خاک می‌شود (سالاردینی، ۱۳۸۷). نانو ذرات موجب افزایش درصد ماده‌آلی، ظرفیت تبادل کاتیونی و کاهش تخلخل می‌گردند (Ben- Moshe و همکاران، ۲۰۱۳).

در میان تمامی ذرات نانو، اکسیدروی (ZnO) یکی از پرکاربردترین نانو ذرات به حساب می‌آید. نانو اکسید روی (ZnO) در حذف عناصر سنگین مانند کادمیوم، مس، نیکل و سرب از محلول‌های آبی (مهدوی و همکاران، ۲۰۱۲)، حذف فسفات از محلول‌های آبی (عبدلی، ۱۳۹۴) و همچنین حذف نیترات از محلول‌های آبی و خاک (مهدوی و همکاران، ۲۰۱۸) مورداستفاده قرارگرفته است. باوجوداینکه در پژوهش‌های زیادی از نانو ذرات اکسیدروی (ZnO) استفاده‌شده است ولی بیشتر مطالعات انجام‌شده در زمینه‌های جذب آلودگی فلزات سنگین در خاک، محلول‌های آبی و گیاه بوده است و همچنین تأثیر یک نانوذره بر روی سه خاک با بافت متفاوت در هیچ تحقیقی گزارش نشده است. بنابراین با در نظر گرفتن استفاده از نانو ذرات در اصلاح خاک‌ها در نقاط مختلف کشور و دنیا و همچنین تأثیر این ذرات بر سلامت انسان و محیط‌زیست، بررسی اثر نانو ذرات اکسید روی در هر سه نمونه خاک شنی، لومی و رسی ضروری به نظر می‌رسد و همچنین با توجه به موارد عنوان شده ملاحظه می‌گردد که در خصوص تأثیر مواد نانو بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک تحقیقات کافی صورت نگرفته است. پس با استناد به پژوهش‌هایی که تأثیر نانو ذرات اکسید روی (ZnO) را بر برخی خواص خاک

* ایمیل نویسنده مسئول: sa.rezaei.95@gmail.com

موردبررسی قرار داده‌اند و با توجه به مرتبط بودن خواص خاک با یکدیگر، احتمالاً نانو ذرات بر سایر ویژگی‌های خاک تأثیر دارند که تاکنون بررسی نشده‌اند، یا بررسی اندکی در مورد آن‌ها صورت گرفته است و احتمال می‌رود که استفاده از ترکیبات نانو، ویژگی‌های شیمیایی خاک ازجمله ظرفیت تبادل کاتیونی، پ- اچ، هدایت الکتریکی و درصد ماده آلی خاک را تحت تأثیر قرار دهد. بنابراین هدف از این پژوهش بررسی تأثیر کاربرد نانوذرات اکسیدروی (ZnO) بر برخی خصوصیات شیمیایی خاک‌هایی با بافت متفاوت می‌باشد.

مواد و روش‌ها

برای انجام این پژوهش، ۳ نمونه خاک با بافت لوم شنی، لوم و رسی به‌ترتیب از ۳ منطقه ملایر، عباس‌آباد و نهاوند، با موقعیت‌های جغرافیایی ″۲ ′۱۵ °۳۴ شمالی، ″۲۴ ′۳۶ °۴۸ شرقی، ″۲۶ ′۴۷ °۳۴ شمالی، ″۴۰ ′۲۸ °۴۸ شرقی و″۵۸ ′۹ °۳۴ شمالی، ″۱۴ ′۱۷ °۴۸ شرقی واقع در استان همدان تهیه گردید. به لحاظ رژیم‌های رطوبتی و حرارتی خاک، مناطق نمونه برداری ملایر، عباس‌آباد و نهاوند دارای رژیم رطوبتی Xeric و رژیم حرارتی Mezic بودند (Soil Survey Staff، ۲۰۱۴). بر اساس مشخصات مورفولوژیکی، خاک‌ها بر اساس رده‌بندی WRB 2014 طبقه‌بندی گردیدند. خاک‌های مناطق ملایر، عباس‌آباد و نهاوند به‌ترتیب در سه رده Regosols، Inceptisols و Cambisols طبقه‌بندی می‌گردند. نمونه برداری با اطلاع از خصوصیات خاک منطقه و از عمق ۰ تا ۲۰ سانتی‌متری از سطح خاک انجام شد. آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در۳ تکرار و در مجموع ۳۶ نمونه آزمایشی طراحی گردید. فاکتورها شامل بافت خاک در ۳ سطح شنی، لومی و رسی و فاکتور دوم درصد وزنی نانو ذرات اکسید روی در ۴ سطح صفر، ۰/۵، ۱ و ۳ درصد بود. ۵۳۵/۵ گرم خاک هوا خشک‌شده وزن شد و سپس با درصدهای وزنی مذکور از نانو ذرات اکسیدروی (ZnO) مخلوط گردید. پس از آماده‌سازی نمونه‌های تیمار شده، خاک‌ها به‌صورت همگن و با چگالی مربوط به مزرعه در داخل ظروف پلاستیکی به ابعاد ۱۸ × ۵/۵ × ۸ سانتی‌متر ریخته شدند. در مجموع ۳۶ ظرف (۱۲ ظرف برای هر بافت خاک) برای کل نمونه‌ها آماده گردید. خاک‌های تیمار شده درون ظروف پلاستیکی، برای گذراندن دوره انکوباسیون ۱۲۰ روزه به‌طور متوالی با آب شهری تر و خشک شدند. بعد از گذر ۱۲۰ روز از شروع انکوباسیون، نمونه-برداری از ظروف انجام شد. بر روی نمونه‌های برداشت‌شده از ظرف‌ها پس از اعمال تیمارها، ظرفیت تبادل کاتیونی، پ- اچ، هدایت الکتریکی و درصد ماده آلی خاک اندازه‌گیری شد. تجزیه وتحلیل آماری با استفاده از نرم‌افزار SAS. ۹.۲ انجام شد. مقایسه میانگین‌ها از طریق آزمون دانکن در سطح ۵ درصد مورد تجزیه گرفت. قبل از تجزیه و تحلیل داده‌ها، شناسایی داده‌های پرت انجام شد. نرمال بودن توزیع خطا با استفاده از آزمون‌های کولموگروف-اسمیرنوف و شاپیرو- ویلک بررسی شد. برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel نسخه ۲۰۱۳ استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس کلیه متغیرهای مورداستفاده در این پژوهش در جدول ۱ نشان داده شده‌است.

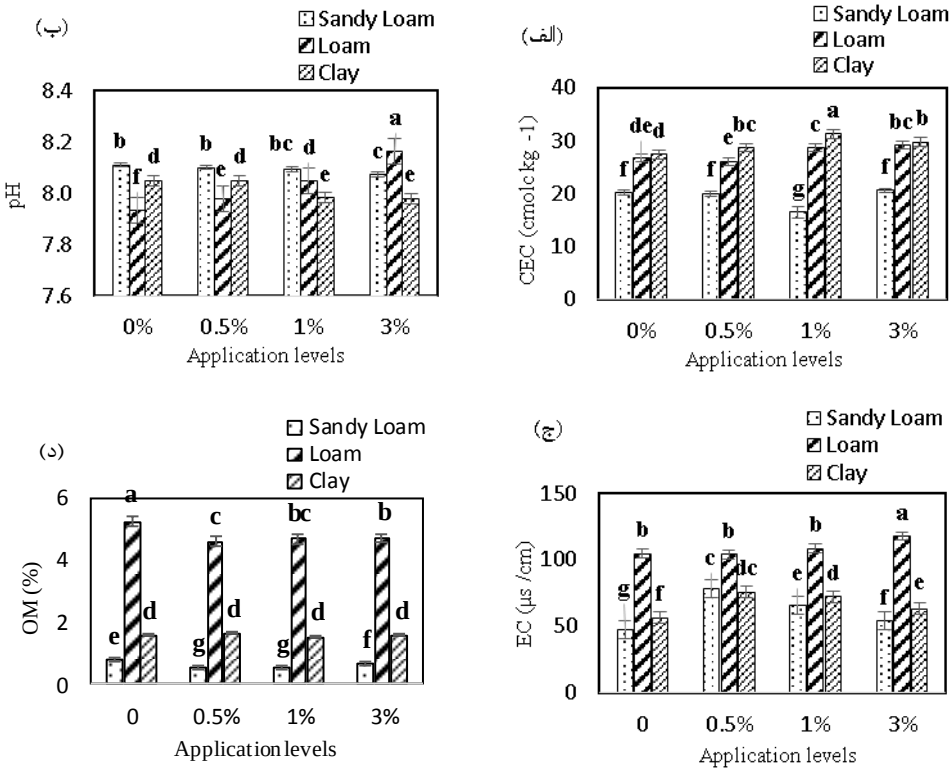
جدول۱- نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارها بر ظرفیت تبادل کاتیونی، پ- اچ، هدایت الکتریکی و ماده آلی خاک*

منابع تغییرات	درجه آزادی	CEC	pH	EC	OM
		P-Value			
بافت خاک	۲	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱
سطوح کاربرد نانو ذره	۳	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱
بافت × سطح کاربرد نانو ذره	۶	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱
خطا	۲۴	۰/۳۸۱۲۷	۰/۰۰۰۱۴۱۶	۹/۵۷۸۵	۰/۰۰۳۹۲۴

*CEC : ظرفیت تبادل کاتیونی خاک؛ pH: واکنش خاک؛ EC: هدایت الکتریکی خاک و OM: مقدار ماده آلی خاک.

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تأثیر نوع بافت خاک، سطوح کاربرد نانو ذره و همچنین برهم‌کنش دو طرفه نوع بافت خاک× سطوح کاربرد نانو ذره در سطح ۱ درصد آماری بر متغیر گنجایش تبادل کاتیونی خاک معنی‌دار شد (جدول ۱). مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف کاربرد نانوذره بر ظرفیت تبادل کاتیونی خاک نشان داد که استفاده از نانوذرات موجب افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی در ۲ بافت خاک لومی و رسی شد، که این افزایش در خاک لومی در دو سطح ۱ و ۳ درصد و در خاک رسی در هر سه سطح ۰/۵، ۱ و ۳ درصد نسبت به شاهد معنی‌دار بود (شکل ۱- الف).

نانو ذرات اکسید روی با توجه به سطح ویژه بسیار بالا (۴۳/۹ متر مربع بر گرم)، موجب افزایش تعداد گروه‌های عاملی همانند هیدروکسیل در واحد جرم (اوستان، ۱۳۸۹) و در نتیجه افزایش CEC خاک لومی و رسی خواهد شد. از سوی دیگر در خاک لومی نانواکسیدروی موجب افزایش پ- اچ خاک شد (شکل ۱-ب). با افزایش پ- اچ به علت بارهای وابسته به پ- اچ ، میزان بار منفی افزایش یافته و در نتیجه گنجایش تبادل کاتیونی خاک افزایش می‌یابد (Sparks، ۲۰۰۳). بیات و همکاران (۲۰۱۹) بیان کردند که در یک خاک لوم، افزایش سطوح کاربرد نانو اکسیدمنیزیم به واسطه کاهش پراکندگی رس خاک، موجب افزایش سدیم قابل تبادل گردیده‌است. نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که در خاک لوم‌شنی، گنجایش تبادل کاتیونی با افزایش سطوح کاربرد نانوذرات اکسیدروی نسبت به تیمار شاهد تفاوت معنی‌داری نداشت، اما در تیمار ۱ درصد وزنی کمترین مقدار بود و با تیمار شاهد تفاوت معنی‌دار ($P < 0.05$) داشت. موادآلی و جزء رس خاک از منابع اصلی بار منفی خاک به‌شمار می‌روند (Sparks، ۲۰۰۳). به همین علت، در خاک لوم شنی چون میزان رس و ماده‌آلی کم‌تر است، بنابراین میزان تغییرات ظرفیت تبادل کاتیونی خاک نسبت به خاک‌های لومی و رسی نیز کمتر می‌باشد (میرخانی و همکاران، ۲۰۰۵). موادآلی اهمیت فراوانی در افزایش گنجایش تبادل کاتیونی خاک دارند. هنگامی که پ- اچ خاک پایین باشد. تیمار نانواکسید روی موجب کاهش مقدار ماده آلی (معنی‌دار در هر سه سطح نانوذره نسبت به شاهد) و پ- اچ (معنی دار در سطوح ۱ و ۳ درصد نانوذره نسبت به شاهد) خاک لوم شنی (شکل ۲ و شکل ۱- ب) شد. به همین علت در این خاک افزودن نانوذره موجب کاهش ظرفیت تبادل کاتیونی شد. نتایج این پژوهش نشان از این داشت که افزودن نانوذرات به خاک موجب افزایش معنی‌دار گنجایش تبادل کاتیونی خاک در بعضی سطوح بافت‌ها شده‌است.



شکل ۱- اثر متقابل نوع بافت خاک × سطوح کاربرد نانوذرات اکسید روی (ZnO) بر (الف) گنجایش تبادل کاتیونی، (ب) واکنش خاک، (ج) هدایت الکتریکی و (د) درصد ماده‌آلی خاک. در هر شکل وجود حروف مشابه بر روی هر یک از ستون‌ها نشان‌دهنده عدم وجود تفاوت معنی‌دار در سطح ۵ درصد آماری آزمون دانکن می‌باشد. خطوط عمودی بر روی هر ستون نشان‌دهنده انحراف استاندارد داده‌ها است.

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تأثیر نوع بافت خاک، سطوح کاربرد نانو ذره و همچنین برهم‌کنش دو طرفه نوع بافت خاک × سطوح کاربرد نانو ذره در سطح ۱ درصد آماری بر پ- اچ خاک معنی‌دار شد (جدول ۱). مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف کاربرد نانوذره بر پ- اچ خاک نشان داد که استفاده از نانوذرات در سطح ۳ درصد در بافت لوم شنی و در سطح ۱ و ۳ درصد در بافت رسی موجب کاهش معنی‌دار ($P < 0.05$) پ- اچ خاک

شد، اما در خاک لومی همه سطوح کاربرد نانو ذره موجب افزایش معنی دار ($P < 0.05$) پ- اچ خاک نسبت به شاهد شدند، که تفاوت بین همه آن‌ها نیز با همدیگر معنی‌دار ($P < 0.05$) بود (شکل ۱- ب). Gimbert و همکاران (۲۰۰۷) بیان کردند که تجمع نانوذرات دی اکسید تیتانیوم در محلول خاک همبستگی منفی با ویژگی‌های خاک همچون ماده‌آلی محلول و مقدار رس و همبستگی مثبت با قدرت یونی، پتانسیل زتا و پ- اچ خاک دارد. با کوچک شدن ذرات در اندازه نانو بر میزان حلالیت ذرات افزوده شده و به همین دلیل میزان روی (Zn) در محلول خاک افزایش می‌یابد. با توجه به پتانسیل یونی متوسط ذرات روی (Zn)، این ذرات هیدرولیز شده و موجب رسوب هیدروکسید روی در محلول خاک، آزاد شدن پروتون در محلول خاک و در نهایت کاهش پ- اچ خاک و ایجاد شرایط اسیدی می‌گردند (Bohn و همکاران، ۲۰۰۲). به همین علت در خاک لوم شنی و رسی در سطوح ذکر شده استفاده از نانوذره اکسیدروی باعث کاهش پ- اچ گردید. از سوی دیگر تغییرات ماده‌آلی خاک می‌تواند موجب کاهش یا افزایش pH خاک شود. این عمل مربوط به تکامل موادآلی و سطح تجزیه آن‌ها می‌باشد. مولکول‌های آلی توسط میکروارگانیسم‌ها تجزیه می‌شوند و سبب تولید CO_2، اسیدهای آلی و انتشار اولیه آمونیاک می‌شوند که موجب کاهش pH خاک می‌گردد (مرادی و همکاران، ۱۳۹۶). با توجه به مطالب گفته شده، خاک لوم‌شنی در سطح ۳ درصد حاوی مقدار بیشتر موادآلی نسبت به سطوح ۰/۵ و ۱ درصد می‌باشد (شکل ۲). بنابراین با وجود مقادیر بیشتر ماده‌آلی در این سطوح، شاهد تجزیه ماده آلی و تولید بیشتر CO_2 و سرانجام کاهش pH خاک خواهیم بود. همچنین در مقایسه بین تمامی سطوح خاک لوم‌شنی و رسی، همانطور که مشاهده می‌شود خاک لوم‌شنی در تمامی سطوح از مقدار محتوای ماده‌آلی کمتری نسبت به خاک رسی برخوردار می‌باشد (شکل ۲) و به علت تجزیه کمتر و تولید کمتر CO_2، از کاهش کمتر pH خاک نیز برخوردار می‌باشد.

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تأثیر بافت خاک، سطوح کاربرد نانو ذره و برهم‌کنش دو طرفه نوع بافت خاک × سطوح کاربرد نانو ذره در سطح ۱ درصد آماری بر مقدار هدایت الکتریکی خاک معنی‌دار شد (جدول ۱). مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف کاربرد نانوذره بر هدایت الکتریکی خاک نشان داد که استفاده از نانوذرات در خاک‌های لوم شنی و رسی در همه سطوح کاربرد نانو ذره و در بافت لومی تنها در سطح ۳ درصد موجب افزایش معنی‌دار ($P < 0.05$) هدایت الکتریکی نسبت به شاهد شد (شکل ۱- ج). علت افزایش قابلیت هدایت الکتریکی را می‌توان با انحلال آهک خاک به دلیل شرایط اسیدی ایجاد شده ناشی از هیدرولیز ذرات Zn در محلول خاک مرتبط دانست، که موجب افزایش شوری خاک می‌گردد (Bohn و همکاران، ۲۰۰۲) و با توجه به کاهش pH در بعضی از سطح‌های خاک‌های لوم‌شنی و رسی، مورد پذیرش می‌باشد. همچنین، ماده‌آلی خاک دارای بار وابسته به پ- اچ می‌باشد که با افزایش اسیدیته خاک، خالص بار الکتریکی منفی خاک زیاد شده و هدایت‌الکتریکی خاک افزایش می‌یابد (اوستان، ۱۳۸۹). با توجه به مقدار بالای پ- اچ خاک برای تیمار ۳ درصد وزنی خاک لومی (شکل ۱-ب)، افزایش قابلیت هدایت الکتریکی برای خاک لومی نیز مورد قبول می‌باشد. Tejada و Gonzalez (۲۰۰۶) نیز گزارش کردند که در اثر افزایش ماده‌آلی، مقدار هدایت الکتریکی عصاره‌ی خاک بالا رفته و در اثر این افزایش، هم‌آوری و تشکیل خاکدانه‌ها به صورت موقتی بیشتر شده که منجر به بهبود وضعیت ساختمان خاک شده‌است.

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تأثیر بافت خاک، سطوح کاربرد نانو ذره و برهم‌کنش دو طرفه نوع بافت خاک× سطوح کاربرد در سطح ۱ درصد آماری بر متغیر ماده‌آلی خاک معنی‌دار شد (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف کاربرد نانوذره بر محتوای ماده‌آلی خاک نشان داد که در خاک لوم شنی و لومی، همه سطوح نانوذرات موجب کاهش معنی‌دار ($P < 0.05$) مقدار ماده‌آلی خاک نسبت به شاهد شدند، ولی در خاک رسی تفاوت معنی داری ($P < 0.05$) بین سطوح مختلف کاربرد نانو ذره نسبت به تیمار شاهد وجود نداشت (شکل ۱- د). در تحقیقات مختلف گزارش‌هایی مبنی بر افزایش معدنی شدن کربن آلی در نتیجه خشک و مرطوب کردن متوالی گزارش شده است. در این مطالعات افزایش تنفس میکروبی، به عنوان شاخصی از فعالیت ریز جانداران خاک و میزان معدنی شدن کربن آلی بعد از مرطوب شدن مجدد گزارش شده‌است. افزایش مجدد فعالیت ریزجانداران خاک منجر به افزایش مصرف کربن آلی محلول خاک و کاهش کربن آلی در محلول خاک می‌گردد (Fierer و Schimel، ۲۰۰۱، Wu و Brookes، ۲۰۰۵). همچنین به علت اینکه در طی بازه زمانی انکوباسیون هیچ ورودی ماده‌آلی به ظروف حاوی خاک‌های تیمار شده وجود نداشته‌است به همین علت کاهش و یا عدم تفاوت معنی‌دار در سطوح مختلف خاک‌ها امری منطقی می‌باشد. یکی دیگر از علت‌های این کاهش می‌تواند مربوط به اثر رقیق-سازی (مخلوط شدن خاک + نانو) باشد که موجب کاهش میزان ماده‌آلی در خاک‌های مذکور (لوم‌شنی و لومی) شده‌است.

نتیجه‌گیری

نتایج به دست‌آمده در این پژوهش درک روشنی از اثرات کاربرد نانو اکسیدروی (ZnO) بر برخی خواص شیمیایی خاک‌ها را بیان کرد. افزایش نانو اکسید روی موجب افزایش مقدار گنجایش تبادل کاتیونی و هدایت الکتریکی خاک در بافت‌های مختلف خاک گردید که این امر به دلیل سطح ویژه بسیار بالای این ذرات و افزایش انحلال کربنات کلسیم ناشی از هیدرولیز ذرات Zn در محلول خاک می‌باشد. در مقابل، کاربرد نانو ذرات

اکسید روی منجر به کاهش محتوای ماده‌آلی در بعضی سطوح از خاک‌های لوم‌شنی و لومی گردید که موجب بی ثباتی ساختمان و ساختار خاک خواهد شد، اما در خاک لومی موجب افزایش پ- اچ و در خاک رسی در سطح ۳ درصد موجب افزایش ماده‌آلی خاک نسبت به سطوح ۰/۵ و ۱ درصد وزنی شد. بنابراین استفاده از ذرات نانو به‌ویژه اکسیدهای فلزی همچون نانو اکسیدروی در مرحله اول می‌تواند راهکار مناسبی در جهت کاهش اثرات مخرب زیست‌محیطی ناشی از مصرف کودهای شیمیایی باشد و ثانیا کاربرد آن در خاک به عنوان یک تیمار و اصلاح کننده آلی می‌تواند سبب بهبود کیفیت خاک‌های زراعی گردد.

منابع:

اوستان، ش. ۱۳۸۳. شیمی خاک با نگرش زیست محیطی. انتشارات دانشگاه تبریز. ۴۵۴-۱.

بروغنی، م. میرنیا، س. وهابی، ج. احمدی، س. ۱۳۹۳. بررسی تأثیر نانوزئولیت درکاهش فرسایش خاک با استفاده از باران‌ساز FEL3. پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز. سال پنجم. شماره ۹. ص ۹۵-۱۰۶.

سالاردینی، ع. ۱۳۸۷. حاصلخیزی خاک. انتشارات دانشگاه تهران. ۴۳۰-۱.

عبدلی، م. ۱۳۹۴. حذف فسفات از محلول‌های آبی با استفاده از نانوجاذب‌های اکسیدی ساده و اصلاح شده (TiO_2, ZnO, MgO). پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشکده کشاورزی ملایر.

مرادی، ن. رسولی صدقیانی، م. سپهر، ا. ۱۳۹۶. تأثیر نوع و مقدار بیوچار بر برخی ویژگی‌های خاک و قابلیت استفاده بعضی عناصر غذایی در یک خاک آهکی. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی). جلد ۳۱. شماره ۴. ص ۱۲۴۶-۱۲۳۲.

Bayat, H., Kolahchi, Z., Valaey, S., Rastgou, M., & Mahdavi, S. 2019. Iron and magnesium nano-oxide effects on some physical and mechanical properties of a loamy Hypocalcic Cambisol. Geoderma, 335, 57-68.

Ben-Moshe, T., Frenk, S., Dror, I., Minz, D., and Berkowitz, B. 2013. Effects of metal oxide nanoparticles on soil properties. Chemospere, 90,640-646.

Bohn, H. L., Myer, R. A., & O'Connor, G. A. 2002. Soil chemistry. John Wiley & Sons.

Conway, J. R., and Keller, A. A. 2016. Gravity-driven transport of three engineered nanomaterials in unsaturated soils and their effects on soil pH and nutrient release. Water research, 98, 250-260.

Fierer, N., & Schimel, J. P. 2002. Effects of drying–rewetting frequency on soil carbon and nitrogen transformations. Soil Biology and Biochemistry, 34(6), 777-787.

Gimbert, L. J., Hamon, R. E., Casey, P. S., & Worsfold, P. J. 2007. Partitioning and stability of engineered ZnO nanoparticles in soil suspensions using flow field-flow fractionation. Environmental Chemistry, 4(1), 8-10.

Kim, J. (Ed.). 2016. Advances in Nanotechnology and the Environment. CRC Press.

Mahdavi, S., Jalali, M., and Afkhami, A. 2012. Removal of heavy metals from aqueous solutions using Fe 3 O 4, ZnO, and CuO nanoparticles. In Nanotechnology for Sustainable Development (pp. 171-188). Springer, Cham.

Mahdavi, S., Molodi, P., and Zarabi, M. 2018. Utilization of bare MgO, CeO2, and ZnO nanoparticles for nitrate removal from aqueous solution. Environmental Progress and Sustainable Energy.

Mirkhani, R., & Saadat, S. 2005. Using Particle Size Distribution and Organic Carbon Percentage to Predict the Cation Exchange Capacity of Soils of Lorestan Province.

Sparks, D. L. 2003. Environmental soil chemistry. Elsevier.

Tassi, E., Pini, R., Gorini, F., Valadão, I. C. R. P., and De Castro, J. A. 2012. Chemical and physical properties of soil influencing Tio2 nanoparticles availability in terrestrial ecosystems. Journal of Environmental Research and Development, *6*(4), 1034-1038.

Tejada, M., & Gonzalez, J. L. 2006. The relationships between erodibility and erosion in a soil treated with two organic amendments. Soil and Tillage Research, 91(1-2), 186-198.

Wu, J., & Brookes, P. C. 2005. The proportional mineralisation of microbial biomass and organic matter caused by air-drying and rewetting of a grassland soil. Soil Biology and Biochemistry, 37(3), 507-515.

Topic for submission: Novel Technologies in Soil Science

Effect of zinc oxide nano-particles (ZnO) on some chemical properties of soils with different textures

Rezaei, S*[1]., Bayat, H. [2]

[1] M. Sc. Student, Soil Science Department, Faculty of Agriculture, Bu- Ali Sina University, Iran

[2] Associate Prof., Soil Science Department, Faculty of Agriculture, Bu- Ali Sina University, Iran

Abstract

Given the energy crisis in the world and the increase in environmental pollution, clean and renewable energy and the reduction of environmental pollution are needed. Nanoparticles have the ability to alter some of the physical, mechanical and chemical properties of soils due to their high specific surface area and reactivity. But, the effect of ZnO nanoparticles on most soil properties, has not been investigated, so far. Therefore, the purpose of this study was to investigate the effect of ZnO nanoparticles on some chemical properties of the soil with different textures. For this purpose, sampling from soils with sandy loam, loamy and clay textures was performed, and soils mixed with certain weight percentages of ZnO nanoparticles in three replicates. The treated soils were placed in plastic containers for 120 days under continuous saturation and drying conditions. Then, the possible effects of zinc oxide nanoparticles on some soil properties were investigated. The results showed that zinc oxide increased the amount of cation exchange capacity and soil electrical conductivity ($P < 0.05$) in different soil textures. In contrast, the application of ZnO nanoparticles resulted in a decrease in pH and organic matter content ($P < 0.05$) in some levels of sandy loam and clayey soils. Therefore, the use of nanoparticles, especially metal oxides such as zinc oxide in soils as a modifier, can improve the quality of agricultural soils.

Keywords: environmental pollution, chemical properties, zinc oxide nanoparticles

* Corresponding author, Email: sa.rezaei.95@gmail.com

شانزدهمین کنگره علوم خاک ایران

دانشگاه زنجان، ۵ تا ۷ شهریور ۱۳۹۸

محور مقاله: فناوری نوین در علوم خاک

بررسی روش‌های ژئوفیزیکی برای تعیین ویژگی‌های خاک

فریده عباس‌زاده افشار[1*]

[1] استادیار گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه جیرفت

چکیده

علاقه شدید به حفظ ساختمان مطلوب خاک، عمدتاً به دلیل نقش اصلی آن در رشد گیاه، عملکرد اکولوژیکی خاک و تأثیر آن بر جریان آب و انرژی است. ساختمان خاک وابسته به آرایش مکانی حفره‌ها و اجزاء جامد، خاکدانه‌ها و حالت مکانیکی آن‌ها می‌باشد. حضور ساختمان خاک هنوز به‌طور مشخص در مدل‌های اقلیمی و محیط زیستی وارد نشده است، که عمدتاً به‌علت روش‌های ناکافی شناسایی آن در مقیاس‌های مربوطه و پارامتر کردن آن در مدل‌های گسترده مکانی است. در این مقاله پتانسیل استفاده از روش‌های ژئوفیزیکی برای توصیف اثر مستقیم ساختمان خاک در منافذ خاک، انتقال، خصوصیات مکانیکی خاک بر سیگنال‌های ژئوفیزیکی و یا اثر غیر مستقیم آن بر متغیرهایی مانند رطوبت و زهکشی و جنبه‌های اساسی ساختمان خاک در مقیاس‌های مکانی و زمانی ارائه شده است. نتایج بررسی‌ها نشان می‌دهد این تکنیک‌ها دقیق و قابل اعتماد در شرایط طبیعی و بدون دست خوردگی خاک هستند و همچنین نسبت به روش‌های سنتی مخرب و وقت‌گیر نیستند، که باعث فراگیرتر شدن استفاده از این تکنیک‌ها در مطالعات علوم خاک در آینده خواهد شد.

کلمات کلیدی: روش‌های ژئوفیزیکی، ویژگی‌های خاک، ساختمان خاک

مقدمه

ساختمان خاک آرایش مکانی اجزاء جامد (مواد معدنی و مواد آلی) و حفره‌های خاک (Dexter, 1988) تعریف می‌شود و بازتاب فعالیت‌های بیولوژیکی (کرم خاکی و ریشه)، عوامل غیرزنده (یخ زدن-ذوب شدن و تر و خشک کردن)، یا نتیجه عملیات خاک‌ورزی در خاک است. دینامیک ساختمان خاک در مقیاس‌های زمانی بسیار متفاوتی (چندین قرن) و اساساً در مقیاس منافذ رخ می‌دهد، مقیاس‌های مکانی بزرگ‌تر (مزرعه، حوضه آبخیز و منطقه) مطابق با فعالیت‌های هیدرولوژیکی و اکولوژیکی خاک توسط ساختمان خاک کنترل می‌شوند. نقش کلیدی و مهمی که ساختمان خاک در توابع و مدل‌های اکوسیستمی و محیطی خاک دارد، محققان را برآن داشت که بررسی‌های بیشتری را برای اندازه‌گیری این ویژگی مهم و حیاتی خاک در مقیاس‌های مکانی و زمانی انجام دهند (Keller و همکاران، ۲۰۱۷). برای بسیاری از این توابع، ساختمان مطلوب خاک قادر به حمایت از طیف گسترده‌ای از فعالیت‌های بیولوژیکی جوامع میکروبی، جانوارن خاک (به عنوان مثال کرم خاکی و موریانه)، پوشش گیاهی و میکروارگانیسم‌هایی که فعالیت‌شان، به نوبه خود کمک به توسعه و نگهداری بیشتر ساختمان مطلوب خاک می‌کند، است. ساختمان مطلوب خاک، موجب حرکت آب و اکسیژن شده و باعث می‌شود که این مایعات در دسترس گیاهان باشد، در نتیجه، به رشد گیاه، چرخه عناصر غذایی و تامین آب‌های زیرزمینی کمک می‌کند (Maximilian و همکاران، ۲۰۰۹؛ Rabot و همکاران، ۲۰۱۸). در مقابل، ساختمان خاک ضعیف، نفوذ آب و تبادل گاز را محدود کرده، درنتیجه باعث ایجاد روانآب، فرسایش خاک و محدود کردن رشد گیاهان می‌شود و ممکن است منجر به تولید گازهای گلخانه‌ای توسط تنفس باکتری‌های بی‌هوازی شود.

چندین فرآیند و مکانیزم بر ساختمان خاک در مقیاس‌های مکانی و زمانی مؤثر هستند. این فرایندها به‌طور کلی شناخته شده‌اند، از جمله تخریب ساختمان خاک (به عنوان مثال، تراکم)؛ با این حال، دانش ما از ایجاد، شکل‌گیری و بازیابی ساختمان خاک محدود است (Keller و همکاران، ۲۰۱۷). تنش‌های مکانیکی و هیدرولیکی بر روی یا درون خاک ممکن است باعث ایجاد یا تخریب ساختمان خاک شوند. فعالیت‌هایی که موجب تخریب ساختمان خاک می‌شوند عبارتند از: عملیات‌هایی کشاورزی که موجب ایجاد کلوخه‌های بزرگ و یا لایه متراکم شخم[1] شده و تراکم در اثر حرکت وسایل سنگین و چرای حیوانات. چرخه خشک و تر شدن و یخ زدن-ذوب شدن باعث ایجاد درز و ترک در خاک شده و آن را خرد می‌کند. فعالیت بیولوژیکی نقش مهمی در شکل‌گیری و تثبیت ساختمان خاک دارد (Webb، ۲۰۰۲).

* ایمیل نویسنده مسئول: f.abbaszadeh@ujiroft.ac.ir

[1]. Plow layers

بررسی کمی ساختمان خاک در زمان و مکان با چالش همرا است و شامل چهار جنبه زیر می‌شود: (۱) کدام خصوصیات خاک بهترین شکل ساختمان خاک را ارائه می‌دهند؟ (۲) چگونه می‌توان اطلاعات در مورد این خصوصیات را در مقیاس کرت و مزرعه به دست آوریم؟ (۳) مقیاس مکانی مشخصه و تغییرپذیری این خصوصیات چیست؟ و (۴) چگونه این خصوصیات در طول زمان تکامل می‌یابند؟ مطالعات نشان می‌دهد که خصوصیاتی که ساختمان خاک را ایجاد می‌کنند (توزیع اندازه ذرات، اتصال و ثبات منافذ) در بسیاری از فرایندهای دینامیکی خاک مهم هستند.

در ژئوفیزیک کاربردی و هیدروژئوفیزیک، اندازه‌گیری‌های میدان‌های ژئوفیزیک برای ارزیابی تغییرات مکانی ترکیب فیزیکی زمین به‌منظور تعریف مرزهای زمین‌شناسی به‌عنوان نمونه شناسایی ذخایر مواد معدنی، نفت و گاز؛ پیگیری میزان آب‌های زیرزمینی و آلاینده‌ها استفاده می‌شود. پژوهش‌های زیادی به منظور توسعه سنسورها و تکنیک‌هایی برای سنجش نزدیک خاک در حال انجام است. یکی از تکنیک‌های سنجش نزدیک خاک، روش‌های ژئوفیزیک است. تکنیک‌های ژئوفیزیک یک روش جایگزین برای روش‌های سنتی نمونه‌برداری و بررسی خاک هستند. این تکنیک‌ها به‌نظر می‌رسد مناسب ویژگی‌هایی از خاک هستندکه ارتباط نزدیکی با ویژگی‌های ژئوالکتریکی دارند. به عنوان مثال، ارتباط معنی‌داری بین مقاومت الکتریکی ظاهری (ρ) و یا رسانایی الکتریکی (EC) با مقدار رس خاک، مقدار آب خاک، شوری خاک، عناصر غذایی یا عمق خاک وجود دارد (Hubbard and Linde, 2011).

بررسی‌های اخیر نحوه استفاده از روش‌های ژئوفیزیک برای کسب اطلاعات در مورد توابع و فرآیندهای زیرزمینی در منطقه بحرانی را توصیف می‌کنند. هدف این مقاله، آیا استفاده از تکنیک‌های ژئوفیزیکی می‌تواند تکنیک‌های سنتی توصیف ساختمان را تکمیل کند و روش‌های متمایز مطالعه ساختمان خاک را در مقیاس بزرگ‌تر ارائه می‌دهد. برای این منظور ما به دنبال سه سوال اساسی هستیم:

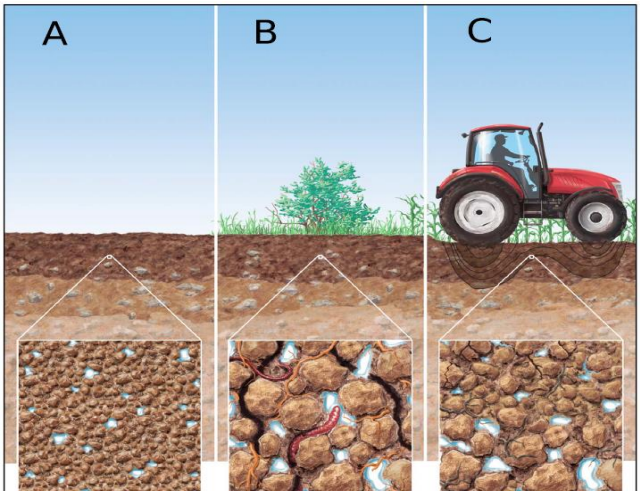
۱. آیا خواص ژئوفیزیک قادر به ارائه اطلاعات در مورد ویژگی‌های ساختمانی خاک هستند؟

۲. حساسیت مورد انتظار داده‌های ژئوفیزیک اندازه‌گیری‌شده مربوط به خصوصیات ساختمانی خاک چیست؟

۳. چگونگی تعیین بهترین ترکیب روش‌های مختلف ژئوفیزیک برای به دست آوردن اطلاعات در مورد ساختمان خاک؟

توصیف ساختمان خاک بیشتر بر فضاهای خالی (به عنوان مثال، biopores) و یا به‌طور کلی، بر آرایش مکانی و خصوصیات مکانیکی فاز جامد مانند خاکدانه‌ها و لایه‌های متراکم متمرکز است (Rabot و همکاران، ۲۰۱۸). چالش اولیه این است که خصوصیاتی (تخلخل یا چگالی ظاهری) که اندازه‌گیری آن آسان است، می‌توانند محدودیت ساختمان خاک و عملکرد آن را ارائه دهند. برای نشان دادن این مسئله، شکل ۱ (با الهام از مشاهدات تجربی ارائه شده توسط Keller و همکاران، (۲۰۱۷) که در آن بافت خاک در سه پانل یکسان است و تخلخل خاک نیز مشابه است، تفاوت اصلی تفاوت وضعیت ساختمان خاک است، ارائه شده است. متاسفانه چنین دیدگاه‌های ساختاری دقیق مربوط به فضاهای خالی خاک دشوار است به خصوص با استفاده از روش‌های ژئوفیزیک که اغلب نمی‌توانند صفات خاکی پانل‌های مختلف در شکل ۱ را تمایز دهند. احتمال دارد خاک‌ها به‌عنوان یک محیط همگن با هیچ علامت فعالیت زیستی در نظر گرفته شوند (خاک مرجع در شکل ۱ در پانل a نشان داده شده است).

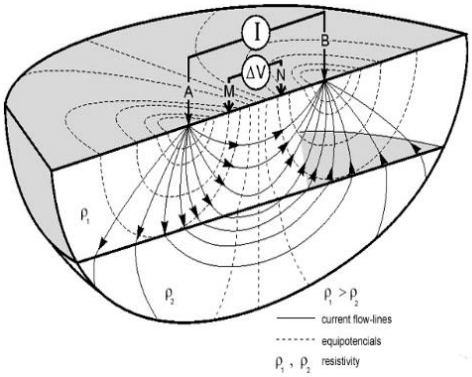
گام کلیدی در تفسیر روش‌های ژئوفیزیکی تعریف لینک‌ها (و اصطلاحات) بین خصوصیات ژئوفیزیکی و ویژگی‌های خاک است. به‌طور کلی خصوصیات ژئوفیزیکی مؤثر بر یک حجم ناهمگون متشکل از یک محیط متخلخل چند فاز (مانند خاک) به دو جنبه بستگی دارد: (i) جنبه اجزاء تشکیل‌دهنده، ویژگی‌های ژئوفیزیکی بستگی به نسبت حجمی نسبی اجزای سازنده و مشخصات فیزیکی آن‌ها و (ii) جنبه ساختاری، ویژگی‌های ژئوفیزیکی بستگی به آرایشی که اجزای مختلف در فضا توزیع شده و نحوه اتصال آن‌ها دارند. تقریبا تمام مدل‌های پدوفیزیکی مبتنی بر تعیین خصوصیات الکتریکی و مکانیکی، با استفاده از مدل ساختاری توسعه یافتند. با این حال، تاکید در ژئوفیزیک کشاورزی برآورد نسبت‌ها بوده است. استفاده از روش‌های ژئوفیزیکی برای مطالعه خصوصیات خاک و ساختمان آن براساس توسعه مدل‌های پدوفیزیکی حساس به تغییرات در فضاهای خالی و ویژگی‌های ساختاری، هستند. روش‌های ژئوفیزیکی که برای به‌دست آوردن اطلاعات زیرسطح استفاده می‌شوند عبارتند از: القاء الکترومغناطیس (EMI)، رادار نفوذی زمین (GPR) و مقاومت الکتریکی (ER) (Janis و همکاران، ۲۰۱۰).



شکل ۱. شماتیک ساختمان خاک در امتداد یک ترانسکت. هر پانل دارای ساختمان خاک متفاوت است: خاک همگن (a)؛ خاک مشابه با ساختمان بیولوژیکی ثانویه (b)؛ خاک متراکم‌شده (c).

مقاومت الکتریکی

روش مقاومت روشی است که ولتاژهای توزیع شده را از طریق تزریق جریان در طول آرایه‌ای از الکترودها که معمولاً بر روی سطح خاک یا گمانه‌ها مرتب شده‌اند، اندازه‌گیری می‌کند. شکل ۲ یک اندازه‌گیری ژئوالکتریکی را نشان می‌دهد که در آن A و B دو الکترود فلزی کوچک هستند که به درون زمین کوبیده شده و جریان الکتریکی از طریق آنها وارد زمین می‌گردد. M و N دو الکترود فلزی دیگر هستند که برای اندازه‌گیری ولتاژ زمین (که در اثر تزریق جریان به زمین به وجود آمده‌اند) مورد استفاده قرار می‌گیرند. عمق مطالعه به فاصله الکترودها بستگی دارد. هرچه فاصله بین الکترودهای جریان بیشتر باشد، جریان الکتریکی در عمق بیشتری از زمین جاری می‌شود و مطالعه بر روی اعماق بیشتر انجام می‌گیرد. مقاومت ویژه الکتریکی محاسبه شده از اندازه‌گیری‌های جریان و ولتاژ، مقاومت حقیقی زیر زمین نیست و مقاومت ویژه ظاهری نام دارد. مقاومت ویژه ظاهری حاصل میانگین وزنی مقاومت‌های لایه‌های خاکی است که در زیر زمین قرار دارد. بین مقاومت ویژه ظاهری و مقاومت ویژه حقیقی ارتباطی پیچیده برقرار است و برای به دست آوردن مقاومت ویژه حقیقی از نرم‌افزارهای کامپیوتری استفاده می‌گردد. سپس مقاومت ویژه حقیقی حاصله با انجام فرایند مدل‌سازی به ساختار مقاومت ویژه زمین (مقطع ژئوالکتریکی) تبدیل می‌گردد. مقطع ژئوالکتریکی ضخامت و مقاومت همه لایه‌های زیرسطح را نشان می‌دهد. مقاومت الکتریکی خاک وابسته به اجزاء تشکیل‌دهنده و ساختمان خاک که تحت تأثیر خصوصیات خاک (به عنوان مثال، چگالی ظاهری و مقدار رس) و متغیرهای (مانند شوری خاک، میزان آب و درصد اشباع آب)، تعاملات آن‌ها و آرایش مکانی هستند.

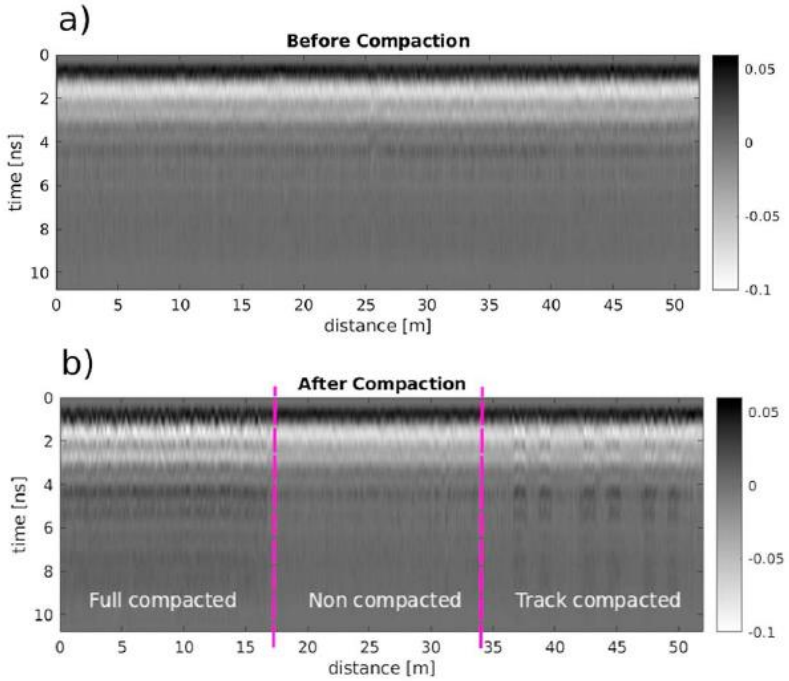


شکل ۲. شماتیک مقاومت الکتریکی

رادار نفوذی زمین (GPR)

GPR یک روش ژئوفیزیکی است که با استفاده از انرژی الکترومغناطیسی با فرکانس مرکزی بین ۵۰ و ۱۲۰۰ مگاهرتز، زیر سطح را به تصویر می‌کشد. انرژی الکترومغناطیسی از آنتن پخش می‌شود، و به وسیله اختلاف در ضریب دی‌الکتریک (ε) و نفوذپذیری مغناطیسی (μ) مواد زیرسطح تغییر می‌کند. از آنجا که اکثر خاک‌ها دارای تغییرات ناچیز در نفوذپذیری مغناطیسی هستند، تأثیر قابل توجهی در پاسخ GPR دارد. بازتاب GPR در درجه اول در اثر تفاوت در ویژگی‌های دی‌الکتریک خاک است. در خاک‌های غیراشباع، تغییرات در رطوبت خاک اثر قابل توجهی بر گذردهی دی‌الکتریک زیرسطحی دارد. به دلیل اینکه گذردهی دی‌الکتریک آب در محدوده فرکانس‌های مورد استفاده برابر ۸۱، در حالی که گذردهی الکتریکی هوا ۱ است و بسیاری از خاک‌ها بین ۴ و ۷ است. بنابراین، تغییر در درصد حجم آب تغییر در گذردهی دی‌الکتریک مؤثر خاک را باعث می‌شود. یکی از بزرگ‌ترین محاسن استفاده از روش GPR سرعت عمل بالای آن در برداشت اطلاعات است. همزمان با حرکت کاربر اطلاعات جمع‌آوری‌شده بر روی نمایش‌گر نمایش داده می‌شود. به عبارت دیگر می‌توان تصور نمود که در حال اسکن‌کردن لایه‌های زیرسطحی هستیم. در این بین تجربه کاربر می‌تواند نقش به‌سزایی در تفسیر اولیه داشته باشد. به طور معمول بازتاب‌های راداری قوی، توسط لایه‌های خاک که دارای مرزهای ناگهانی و مواد خاکی متضاد هستند، تولید می‌شود. این لایه‌ها اغلب با مرز افق‌های خاک مطابقت دارند. تضاد بین افق‌های خاک اغلب با تفاوت در رطوبت، ویژگی‌های فیزیکی (بافت و چگالی ظاهری) و یا شیمیایی (کربن آلی، کربنات کلسیم و سزکویی اکسیدها) همراه است (Jol, 2009).

با توجه به ساختمان خاک و تراکم، Petersen و همکاران (۲۰۰۵) کارایی GPR، EMI و لرزه‌نگاری را برای بررسی تغییرات ساختمان خاک ناشی از تراکم خاک بررسی کرد. برای خاک متراکم، بازتاب‌های قوی در سیگنال‌های GPR تحت شرایط مرطوب مشاهده شد. تضاد ثابت دی‌الکتریک باعث ایجاد این بازتاب‌ها شده، که مربوط به لایه‌های با مقدار رطوبت متفاوت که شاخص تراکم خاک بودند، هستند. Wang و همکاران (۲۰۱۶) از داده‌های GPR برای بررسی همبستگی بین خصوصیات خاک و سرعت موج GPR در خاک های فشرده (آزمایشگاهی و مزرعه) استفاده کرد. نتایج آن‌ها نشان داد که سرعت موج (به عنوان مثال، ثابت دی‌الکتریک) تحت تأثیر رطوبت، چگالی ظاهری و مقاومت نفوذ قرار می‌گیرد. شکل ۳ داده‌های GPR را با یک آنتن ۸۰۰ مگاهرتزی نشان می‌دهد. داده‌ها در یک ترانسکت خاک در دو مرحله جمع آوری شد: قبل از تراکم (شکل ۳a) و پس از تراکم (شکل ۳b) تراکم مناطق خاص توسط تراکتور صورت گرفته است. قابل ذکر است مقدار رطوبت در زمان اندازه‌گیری شکل ۳aو ۳b مشابه بود. با این حال، مقدار آب در ترانسکت‌های خاکی که تحت تراکم قرار گرفته‌اند انتظار می‌رود که کمتر باشد. در شکل ۳b بعد از انجام فیلترهای مورد نظر، مناطقی که تحت تراکم قرار گرفتند، افزایش دامنه سیگنال در رادارگرام آن‌ها نسبت به مناطق بدون تراکم به وضوح قابل مشاهده است.



شکل ۳. شناسایی مکانی رادار نفوذی زمین از مناطق متراکم (Keller و همکاران، ۲۰۱۷) (a) رادارگرام قبل از تراکم (b) رادارگرام پس از تراکم

القای الکترومغناطیسی (EMI)

تکنیکی است که رسانایی الکتریکی ظاهری (ECa) را به‌وسیله القا و سپس تشخیص جریان الکتریکی در خاک اندازه‌گیری می‌کند. تکنیک EMI مقرون به صرفه است و در حال استفاده گسترده، با توجه به ماهیت غیرمخرب، پاسخ سریع و سهولت ترکیب آن با وسائل نقلیه است. روش القای الکترومغناطیس، رسانایی الکتریکی (یا مقاومت الکتریکی) خاک را به‌طور مستقیم در زیر سطح اندازه‌گیری می‌کند. یک ابزار به نام رسانایی‌سنج زمین، معمولاً برای پژوهش‌های القای الکترومغناطیسی نسبتاً کم عمق به‌کار گرفته شده است. در عمل، جریان الکتریکی متناوب از طریق یکی از دو سیم‌پیچ الکتریکی کوچک که در روی زمین یا در فاصله کمی از زمین قرار دارند عبور می‌کند. جریان اعمال‌شده، تولید میدان الکترومغناطیسی در اطراف سیم‌پیچ فرستنده می‌کند، که بخشی از میدان الکترومغناطیسی به زیرسطح گسترش می‌یابد. این میدان مغناطیسی، به نام میدان اولیه، باعث یک جریان الکتریکی متناوب به درون زمین می‌شود، که تولید یک میدان الکترومغناطیسی ثانویه می‌کند. بخشی از میدان ثانویه به سطح و هوا برمی‌گردد. سیم‌پیچ دوم به عنوان گیرنده، اندازه‌گیری دامنه باقیمانده و مؤلفه فاز هر دو میدان اولیه و ثانویه عمل می‌کند. دامنه و فاز، اختلاف بین میدان اولیه و میدان برآیند هستند و سپس امتداد فاصله بین سیم‌پیچ‌ها، برای محاسبه رسانایی الکتریکی ظاهری خاک (یا مقاومت الکتریکی) استفاده می‌شود. EMI برای اندازه‌گیری غیر مستقیم تغییرات مکانی و زمانی خصوصیات خاک مانند شوری، بافت، ظرفیت تبادل کاتیونی، ترکیبات یونی، مقدار کربنات کلسیم، مقدار رطوبت، مقدار کربن آلی، عناصر غذایی در دسترس گیاه، واکنش خاک، جرم مخصوص ظاهری و ساختمان استفاده شده است (Doolittle and Brevik, 2014).

نتیجه‌گیری

ساختمان خاک طیف وسیعی از عملکرد هیدرولوژیکی و اکولوژیکی خاک را مدیریت می‌کند، اما در حال حاضر روش‌های رضایت‌بخش برای اندازه‌گیری آن به‌صورت غیرمخرب و در مقیاس‌های مربوطه وجود ندارد. در این مقاله توانایی روش‌های ژئوفیزیک برای تصویربرداری از حوزه‌های مکانی و زمانی بزرگ ارائه شد، همچنین می‌تواند برای به دست آوردن اطلاعات درباره ساختمان خاک استفاده شوند. بسیاری از خصوصیات ژئوفیزیکی به

ساختمان خاک پاسخ می‌دهند، اما کمبود مدل‌های پدوفیزیکی که به ویژگی‌های ساختمانی خاک مربوط می‌شوند (به عنوان مثال، حفرات بزرگ[1] و ارتباط آن‌ها) وجود دارد. همچنین نیاز به کاهش ابهام در تفسیر و افزایش رزولوشن تصویر با ترکیب چندین انواع داده‌های ژئوفیزیک است. با توجه به عوامل زیادی که می‌توانند پاسخ‌های ژئوفیزیکی را تحت تاثیر قرار دهند، پیشنهاد می‌شود که روش‌های ژئوفیزیکی برای مشخص کردن خصوصیات ساختمان خاک در ابتدا توسعه یابند و سپس در مزرعه آزمایش شوند.

منابع

Dexter, A. 1988. Advances in characterization of soil structure. Soil and Tillage Research, 11(3–4), 199–238.

Doolittle J.A., Brevik E.C. 2014. The use of electromagnetic induction techniques in soils studies. Geoderma, 223-225: 33-45.

Hubbard, S. and Linde, N. 2011. Hydrogeophysics. In P. Wilderer (Ed.), Treatise on water science (pp. 401–434). London: Elsevier.

Janis L.B., Howell, D.W., Moore, A.C., Hartemink, A.E. and Kienast-Brown, S. 2010. Digital Soil Mapping Bridging Research, Environmental Application, and Operation. Springer,New York.

Jol, H. M. 2009. Ground Penetrating Radar Theory and application. 543p.

Keller, T., Colombi, T., Ruiz, S., Manalili, M. P., Rek, J. and Stadelmann, V. 2017. Long-term Soil Structure Observatory for monitoring post-compaction evolution of soil structure. Vadose Zone Journal, 16(4), 118.

Maximilian, J., Köhne, S. and Jirka, Š. 2009. A review of model applications for structured soils: a Water flow and tracer transport. Journal of Contaminant Hydrology, 104(1–4), 4–35.

Petersen, H., Fleige, H., Rabbel, W. and Horn, R. 2005. Applicability of geophysical prospecting methods for mapping soil compaction variability of soil texture on farm land. Journal of Plant Nutrition and Soil Science, 168(1), 68–79.

Rabot, E., Wiesmeier, M., Schlüter, S. and Vogel, H. 2018. Soil structure as an indicator of soil functions: A review. Geoderma, 314, 122–137.

Wang, P., Hu, Z., Zhao, Y. and Li, X. 2016. Experimental study of soil compaction effects on GPR signals. Journal of Applied Geophysics, 126, 128–137.

Webb, R. H. 2002. Recovery of severely compacted soils in the Mojave Desert, California, USA desert, California, USA. Arid Land Research and Management, 15(3), 291–305.

[1]. Macroporosity

16th Iranian Soil Science Congress

University of Zanjan, Iran, August 27-29, 2019

Topic for submission: Novel Technologies in Soil Science

Investigation of Geophysical Methods for Soil Characterization

Abbaszadeh Afshar[*1], F.,

[1] Assistant Prof., Soil Science Department, Faculty of Agriculture, University of Jiroft, Iran

Abstract

The growing interest in the maintenance of favorable soil structure is largely motivated by its central role in plant growth, soil ecological functioning, and impacts on surface water and energy fluxes. Soil structure pertains to the spatial arrangement of voids and solid constituents, their aggregation, and mechanical state. The presence of soil structure has not yet been explicitly incorporated in climate and Earth systems models, partially due to incomplete methodological means to characterize it at relevant scales and to parameterize it in spatially extensive models. We seek to review the potential of harnessing geophysical methods to fill the scale gap in characterization of soil structure directly (via impact of soil pores, transport, and mechanical properties on geophysical signals) or indirectly by measurement of surrogate variables (wetness and rates of drainage). We review basic aspects of soil structure and challenges of characterization across spatial and temporal scales and how geophysical methods could be used for the task. Additionally, we propose the use of geophysical models, inversion techniques, and combination of geophysical methods for extracting soil structure information at previously unexplored spatial and temporal scales.

Keywords: Geophysics methods, soil properties, soil structure

[*] Corresponding author, Email: f.abbaszadeh@ujiroft.ac.ir