



مقایسه اثرات خاک ورز های دوار تیغه عمودی و تیغه افقی بر روی قطر وزنی متوسط خاک

محسن آزادبخت^{۱*}، ابراهیم اسماعیل زاده^۱، حسن جعفری^۲، علی کیایی^۳ و محمد عبدالهی^۴

- ۱- استادیار گروه مهندسی مکانیک ماشین های کشاورزی، دانشکده آب، خاک و ماشین، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.
- ۲- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مهندسی مکانیک ماشین های کشاورزی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری.
- ۳- دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه تهران.
- ۴- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مهندسی مکانیک ماشین های کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس تهران.

*نویسنده مسئول. ایمیل: azadbakht@gau.ac.ir

مقدمه

کشاورزی ایران در مرحله ای است که به تدریج گاوآهن های دوار جایگزین گاوآهن های برگرداندار می شوند. از بین انواع گاوآهن های دوار، روتیواتور با تیغه افقی از دیگر انواع مرسوم تر می باشد. در سالهای اخیر روتیواتور با تیغه عمودی در ایران رایج شده است. از کشاورزان کارآیی های مختلفی از دو نوع گاوآهن دوار با تیغه های افقی و عمودی شنیده شده و متاسفانه در زمینه مقایسه اثرات آنها بر روی خاک، کارهای تحقیقاتی کمی انجام شده است. تحقیقات انجام شده بیشتر در مورد مقایسه روتیواتور با گاوآهن های معمولی است. به عنوان مثال Destan و Houmy گزارش دادند روتیواتور خاک خاکورزی شده را به خوبی نرم و مخلوط می کند و در نتیجه اندازه کلوخ دارای توزیع خوب می باشد. تعداد عبور خاکورزی مورد نیاز برای رسیدن به کیفیت قابل کشت، با استفاده از روتیواتور، در مقایسه با مجموعه ای از عملیات که در نتیجه ی همان کیفیت برای کشت با استفاده از ادوات منفعل است به طور قابل توجهی کاهش می یابد (Destan & Houmy, 1990). در تحقیقاتی کارآیی گاوآهن های معمولی را با روتیواتور تیغه افقی با هم مقایسه شد و نتیجه گرفته شد خاک حاصل شده از روتیواتور وزن مخصوص و قطر وزنی متوسط بسیار کمتری از خاک حاصل شده از گاوآهن های معمولی دارند (Janardan Prasad, 1995).

هدف از تحقیق حاضر ارزیابی و مقایسه عملکرد خاکورز دوار افقی (روتیواتور) و مقایسه آن با خاکورز دوار عمودی (سیکلوتیلر) می باشد. بدین جهت با استفاده از هر دو نوع خاکورز تاثیر آنها بر روی مقادیر MWD مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفت.

مواد و روشها

در تحقیق حاضر از روش هیدرومتری برای تعیین بافت خاک استفاده گردید و در نهایت نوع بافت خاک رسی سیلتی تشخیص داده شد. به منظور انجام آزمایشها از آزمایش فاکتوریل در قالب بلوک های کامل تصادفی با ۱۸ تیمار، سه سرعت مختلف ۲.۲۵-۳.۵۲-۶.۱۷ کیلومتر بر ساعت، در عمقهای ۱۰، ۱۵ و ۲۰ سانتیمتری در دو نوع گاوآهن دوار با تیغه های افقی و عمودی هر یک در سه تکرار (در مجموع ۵۴ کرت) مورد استفاده قرار گرفت. برای آزمایشها از تراکتورهای MF399 و



گلدونی استفاده گردید. جهت انجام هر آزمایش گاواهن ها جداگانه بر روی تراکتور سوار گردید و از طریق محور تواندهی تراکتور دوران تیغه ها تامین گردید، و با انتخاب سرعت پیشروی مورد نظر در طول کرت های آزمایشی به حرکت در آورده شد. بعد از انجام شخم زنی، آزمایش های مورد نظر که عبارت بود از تعیین قطر متوسط وزنی (MWD) خاک انجام شد. به کمک MWD مقدار خرد شدن خاک در استفاده از خاکورز دوار عمودی (سیکلو تیلر) در مقایسه با خاکورز دوار افقی (روتیواتور) مشخص گردید. برای اندازه گیری میزان خرد شدن خاک در عمق ها و سرعت ها و با دو نوع گاواهن مورد نظر، از دستگاهی موسوم به الک دوار استفاده گردید. اساس کار و ساخت این دستگاه مشابه وسیله ای است که بهنام (۱۳۷۵) ساخته است. ساختمان دستگاه شامل ۶ عدد الک استوانه ای شکل با اقطار متفاوت است که این الکها توسط پیچ و مهره داخل یکدیگر سوار شده اند. به منظور اندازه گیری فاکتور MWD از رابطه (۱) که توسط (Adam and Erbach 1992) معرفی گردیده است، استفاده شد:

$$MWD = \sum X_i \cdot W_i \quad [1]$$

که در این رابطه : MWD: قطر متوسط وزنی (mm)، X_i : متوسط اندازه دانه های خاک در هر محدوده (mm)، W_i : وزن دانه های خاک به صورت درصدی از کل وزن خاک (kg).

نتایج و بحث

در این آزمون اثرات دو نوع روتیواتور با تیغه عمودی و افقی در سرعت ها و عمق های مختلف بر روی مقدار قطر وزنی متوسط مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. نتایج تجزیه واریانس مربوط به مقادیر قطر وزنی متوسط خاک نشان داد فقط اثرات متقابل سرعت و گاواهن و همچنین اثرات متقابل عمق و گاواهن معنی دار است، بنابراین اقدام به مقایسه میانگین اثرات سطوح مختلف هر فاکتور بر روی مقدار قطر وزنی متوسط نموده و نتایج در جداول ۱ و ۲ نشان داده شده است.

جدول ۱- مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف سرعت و نوع گاواهن بر قطر متوسط وزنی.

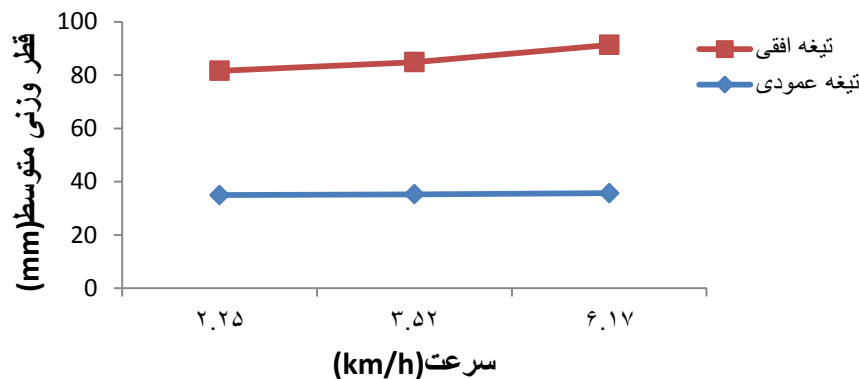
نوع گاواهن		سرعت (km/h)
۲	۱	
۴۶/۶۵ ^{Ac}	۳۴/۹۵ ^{Ba}	۱
۴۹/۶۴ ^{Ab}	۳۵/۲۱ ^{Ba}	۲
۵۵/۶۶ ^{Aa}	۳۵/۶۵ ^{Ba}	۳

*حروف مشابه بزرگ در هر سطر و حروف مشابه کوچک در هر ستون بیانگر عدم اختلاف معنی دار میباشد (LSD ۰/۰۱).



طبق جدول ۱ در هر سطح سرعت اثرات نوع گاواهن معنی دار است، ولی در گاواهن ۱ (روتیواتور با محور عمودی) سطوح مختلف سرعت تأثیری بر روی مقدار قطر وزنی متوسط ندارد، ولی در گاواهن ۲ (روتیواتور با محور افقی) سطوح مختلف سرعت بر روی مقدار قطر وزنی متوسط موثر است.

در شکل ۱ نمودار تغییرات سرعت بر روی مقدار قطر وزنی متوسط در دو نوع گاواهن به صورت جداگانه رسم شده است.



شکل ۱- مقایسه تغییرات قطر وزنی متوسط خاک در اثر خاک ورزی با دو نوع روتیواتور با تیغه عمودی و افقی در سرعت های مختلف

طبق شکل ۱، در روتیواتور با تیغه عمودی با افزایش سرعت تغییرات قطر وزنی متوسط خاک تقریباً ثابت بوده ولی در روتیواتور با تیغه افقی با افزایش سرعت، قطر وزنی متوسط خاک افزایش می یابد. همچنین در هر سطح سرعت با روتیواتور با تیغه عمودی مقادیر قطر وزنی متوسط خاک بسیار کمتر از روتیواتور با تیغه افقی است.

جدول ۲- مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف عمق و نوع گاواهن بر قطر متوسط وزنی.

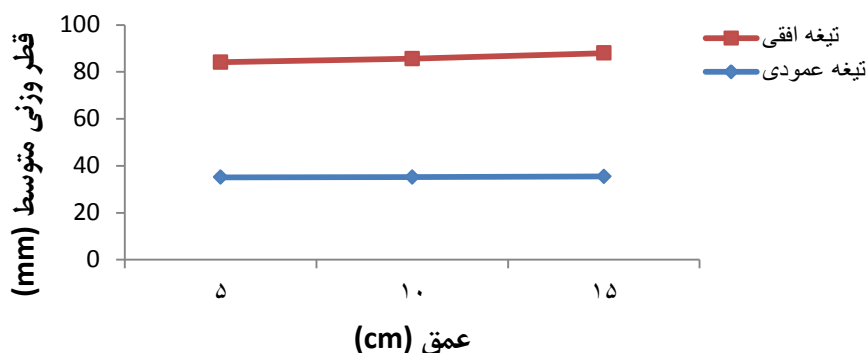
نوع گاواهن		عمق (cm)
۲	۱	
۴۹/۰۱ ^{Aa}	۳۵/۱۲ ^{Ba}	۱
۵۰/۴۳ ^{Aa}	۳۵/۱۹ ^{Ba}	۲
۵۲/۵ ^{Aa}	۳۵/۲۹ ^{Ba}	۳

*حروف مشابه بزرگ در هر سطر و حروف مشابه کوچک در هر ستون بیانگر عدم اختلاف معنی دار میباشد (LSD ۰/۰۱).



مطابق جدول ۲ در هر سطح عمق اثرات نوع گاواهن معنی دار است، ولی نوع گاواهن بر سطوح مختلف عمق تاثیری بر روی مقدار قطر وزنی متوسط ندارد.

در شکل ۲ نمودار تغییرات عمق بر روی مقدار قطر وزنی متوسط در دو نوع گاواهن به صورت جداگانه رسم شده است.



شکل ۲- مقایسه تغییرات قطر وزنی متوسط خاک در اثر خاک ورزی با دو نوع روتیواتور با تیغه عمودی و افقی در عمق های مختلف

طبق شکل ۲، در روتیواتور با تیغه عمودی با افزایش عمق تغییرات قطر وزنی متوسط خاک تقریباً ثابت بوده ولی در روتیواتور با تیغه افقی با افزایش عمق، قطر وزنی متوسط خاک افزایش می یابد. همچنین در هر سطح عمق با روتیواتور با تیغه عمودی مقادیر قطر وزنی متوسط خاک بسیار کمتر از روتیواتور با تیغه افقی است.

منابع

بهنام، س. ارزیابی مقاومت کششی گاواهن بشقابی در شرایط مختلف رطوبت و اعماق متداول شخم و تاثیر آن بر میزان خرد شدن خاک و برگردان آن. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، ۱۶۲ صفحه.

Adam, K. M. and Erbach, D. C. 1992. Secondary tillage tool effect on soil aggregation. Trans.ASAE 35(6), 1771-1776.

Destan, M. F. and Houmg, K. 1990. Effects of dedign and kinematic parameters of rotary cultivators on soil structure. Soil & Tillage Research, 17(1990): 291-301.

Janardan, P.1996. A comparison between a rotavator and conventional tillage equipment for wheat-soybean rotations on a vertisol in Central India. Soil & Tillage Research, 37 (1996) 19 I - 199.



استفاده از روش فراکاوشی برنامه ریزی بیان ژن در برآورد ظرفیت تبادل کاتیونی خاک

مسلم ثروتی^۱، علی اصغر جعفرزاده^۲، مریم رحمتی^۳

۱- دانشجوی دکتری گروه علوم خاک دانشگاه تبریز

۲- استاد گروه علوم خاک دانشگاه تبریز

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم خاک دانشگاه تبریز

مقدمه

ظرفیت تبدالی کاتیونی به عنوان یکی از ویژگی های شیمیایی خاک، نقش موثری در تعیین حاصلخیزی و مدیریت آلودگی داشته و شاخص خوبی برای کیفیت و بهره‌وری خاک محسوب می‌شود (مانریک و همکاران ۱۹۹۱). همچنین میزان ظرفیت تبادل کاتیونی یک خاک به اجزای آن خاک وابسته است (میرخانی ۲۰۰۵). با وجود اینکه می‌توان ظرفیت تبادل کاتیونی را به روش مستقیم اندازه‌گیری کرد، ولی این روش بویژه در خاک‌های آهکی مناطق خشک با واکنش بازی بسیار پر هزینه و زمان‌بر است (فرناندو و همکاران ۱۹۷۷). بنابراین تعیین آن از طریق دیگر ویژگی‌های زود یافت مطلوب می‌باشد. در دو دهه گذشته توابع انتقالی گوناگونی در تخمین ظرفیت تبادل کاتیونی خاک توسعه یافته‌اند (مک براتنی ۲۰۰۲). تاکنون از آنالیزهای رگرسیون چند متغیره و شبکه عصبی مصنوعی برای ایجاد توابع انتقالی استفاده شده (ونگ و کلاس ۲۰۰۵) و برای اولین بار بوما (۱۹۸۹) روابط رگرسیونی میان متغیرهای زود یافت خاک و دیر یافت خاک را به دست آورد و آنها را توابع انتقالی خاک نامید. تحقیقات زیادی در مورد رابطه بین ظرفیت تبادل کاتیونی و ویژگی‌های خاک صورت پذیرفته است که می‌توان به تحقیقات بل و ون کیولن (۱۹۹۵) و کریمیان (۱۹۹۶) اشاره کرد. در این زمینه برنامه‌ریزی بیان ژنی علاوه بر دارا بودن قابلیت‌های سایر مدل‌های فراکاوشی می‌تواند رابطه صریحی نیز بین متغیرهای وابسته و مستقل بیان کند که استفاده از این روش در برآورد ظرفیت تبادل کاتیونی نوآوری پژوهش حاضر است. این روش عبارت از یک تکنیک جستجوی بهینه‌سازی است که مبتنی بر اصول ژنتیک و گزینش طبیعی می‌باشد. یک الگوریتم ژنتیکی اجازه می‌دهد که یک جمعیت متشکل از تعداد زیادی افراد تحت قواعد گزینش مشخص و تعیین شده‌ای، تکامل پیدا نماید، به گونه‌ای که آن جمعیت به حداکثر برازش و اصلحیت نائل گردد، به عبارت دیگر تابع هزینه را کمینه سازد (محمدی ۱۳۸۸). همچنین برنامه‌ریزی بیان ژن علاوه بر توانایی استخراج رابطه‌ی بین متغیرهای ورودی و خروجی به طور خودکار و هوشمند، متغیرهایی که در مدل بیشترین تأثیر را دارند انتخاب می‌کند. بنابراین استفاده از این الگوریتم می‌تواند در ایجاد توابع انتقالی برای برآورد ظرفیت تبادل کاتیونی موثر باشد. هدف از این مطالعه برآورد ظرفیت تبادل کاتیونی به عنوان یک ویژگی دیر یافت و اساسی در تهیه نقشه حاصلخیزی خاک از روی متغیرهای زود یافت و برآورد تاثیر نسبی هر یک از پارامترهای موثر در میزان ظرفیت تبادل کاتیونی در منطقه مطالعاتی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

برای انجام این تحقیق بر اساس نمونه‌برداری تصادفی طبقه‌بندی شده، ۱۱۹ نمونه سطحی خاک از ۲۶ فامیلی با توجه به وسعت هر کدام از خاک‌ها، از منطقه خواجه واقع در استان آذربایجان شرقی با مختصات جغرافیایی ما بین $38^{\circ} 11' 30''$ تا $38^{\circ} 7' 30''$ عرض شمالی و $46^{\circ} 37' 30''$ تا $46^{\circ} 44' 30''$ طول شرقی، برداشته شد. سپس با



توجه به گچی بودن نمونه های خاک از روش سابق و همکاران (۱۹۸۱) برای اندازه گیری ظرفیت تبادل کاتیونی استفاده گردید. سایر پارامترها نیز شامل pH، گچ، آهک، کربن آلی، رس، شن، سیلت و ذرات درشت تر از شن بوده که با استفاده از روش های استاندارد اندازه گیری شدند (بی نام ۱۹۹۲). در برازش توابع انتقالی حاصل از برنامه ریزی بیان ژن از متغیرهای ذکر شده به عنوان ورودی مدل و ظرفیت تبادل کاتیونی به عنوان تنها خروجی مدل در نظر گرفته شد.

نتایج و بحث

برای مدل سازی بر اساس برنامه ریزی بیان ژنی کد GeneXproTools 4.0 استفاده گردید. ۸۰ درصد از داده ها برای آموزش و ۲۰ درصد نیز به منظور تست انتخاب گردید. جهت بررسی بیشتر علاوه بر چهار عملگر اصلی F_1 ، حالتی نیز بر اساس مقادیر پیش فرض برنامه F_2 مطابق با جدول ۱ لحاظ گردیده است. تنظیمات عمومی و عوامل ژنتیکی مورد استفاده نیز در اجرای مدل برنامه بیان ژن در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۱- نام گذاری ترکیبات و عملگرهای مورد استفاده در اجرای مدل GEP

نام گذاری ترکیب ها	ترکیب پارامترهای ورودی	عملگرهای ریاضی
IF_1	I	F_1
IF_2	I	F_2

$F_1 = \{+, -, *, /, \}$

$F_2 = \{+, -, *, /, x^2, x^3, x^{1/3}, \exp, \ln, x^{1/2}, \sin, \cos, \arctg x\}$

I = { %Si, %Sa, %C, %OC, %Gyp, >2mm, pH, %CCE }

جدول ۲- تنظیمات عمومی و عوامل ژنتیکی مورد استفاده در اجرای مدل GEP

تنظیمات عمومی	مقادیر	عوامل ژنتیک	مقادیر
تعداد کروموزومها	۳۰	سرعت جهش	۰/۰۴۴
اندازه سر	۸	سرعت وارونگی	۰/۱
تعداد ژن ها	۳	سرعت تلاقی با یک نقطه	۰/۳
تعداد تولید جمعیت	۱۰۰۰	سرعت تلاقی با دو نقطه	۰/۳
عملگر ریاضی بین ژن ها	جمع	سرعت تلاقی ژن	۰/۳
نوع خطا	RMSE	سرعت جابجایی	۰/۱

بین دو ترکیب مورد استفاده در اجرای روش برنامه ریزی بیان ژن ترکیب IF_2 به دلیل داشتن MAE کمتر نسبت به ترکیب دیگر به ازای R^2 و ضریب NS (ضریب نش-ساتکلیف) تقریباً یکسان، عملکرد بهتری داشته است. جدول ۳ موید این مطلب است.



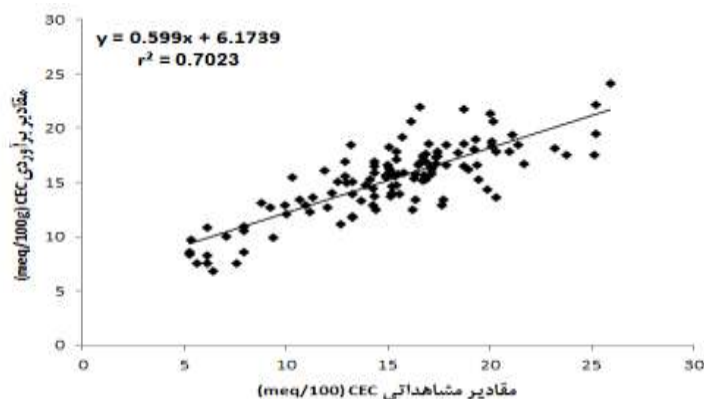
جدول ۳- نتایج روش مورد استفاده در تخمین CEC

ترکیب مورد استفاده	R ²	MAE	NS
IF ₁	۰/۶۶	۰/۴۰	۰/۷۰
IF ₂	۰/۷	۰/۰۹	۰/۷۰

رابطه [۱] بهترین مدل گزینش شده برای تخمین ظرفیت تبادل کاتیونی با استفاده از ترکیب IF₂ می باشد. همچنین این رابطه نشان می دهد که پارامترهای بافت (رس، سیلت و شن) و کربن آلی بیشترین تاثیر را در میزان ظرفیت تبادل کاتیونی خاک های مطالعاتی داشته و برنامه جهت برآورد این خصوصیت، تنها از این پارامترها استفاده نموده است. رابطه رگرسیونی بین ظرفیت تبادل کاتیونی برآورد شده و ظرفیت تبادل کاتیونی اندازه گیری شده در منطقه مطالعاتی در شکل ۱ نشان داده شده است. ضریب رگرسیون، ۰/۷ بوده و آزمون F نشان دهنده معنی دار بودن آن در سطح احتمال ۵ درصد است.

$$CEC = \text{Sqrt}[(\%Oc * \%Si) + \%Cl] + \text{Sqrt}[\%Cl + \left((\text{Sqrt}(\%Oc) + \%Cl)^2 - 7.538025 \right)] \quad [1]$$

$$+(7.538025 * \%Sa)$$



شکل ۱- نمودار نتایج مدل سازی برنامه ریزی بیان ژن در مقایسه با مقادیر مشاهداتی برای بهترین ترکیب

منابع

محمدی ج، ۱۳۸۸. پدومتری- محاسبات نرم، جلد دوازدهم، انتشارات پلک.

منهاج م ب، ۱۳۸۴. مبانی شبکه های عصبی (هوش محاسباتی)، چاپ سوم، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر.



- Anonymous, 1992. Soil survey laboratory methods and procedures for collection soil sample. Soil Conservation Service, Invest. Rep., Gov. Print. Office, Washington DC.
- Bell MA and Van keulen H, 1995. Soil pedotransfer function four Mexican soils. Soil, Sci, Soc, Am, J, 59: 865-871.
- Bouma J, 1989. Using soil survey data for quantitative land evaluation. ADV, in soil science. 9: 177-213.
- Fernando M J, Burau R G and Arulanandam K, 1977. A new approach to determination of cation exchange capacity. Soil, Sci, Soc, Am, J, 41: 818-820.
- Karimian, A. 1996. Influence of clay and organic matter in cation exchange capacity in calcareous soils of Fars province. 5th Soil science congress in Iran.
- Manrique LA, Jones CA and Dyke P T, 1991. Predicting cation exchange capacity from soil physical and chemical properties. Soil, Sci, Soc, Am, J, 55: 787-794.
- McBratney AB, Minasny B, Cattle SR and Vervoort RW, 2002. From pedotransfer function to soil inference systems. Geoderma, 93: 225-253.
- Minasny B and Mcbratney AB. 2002. The neuro-m method for fitting neural network parametric pedotransfer functions. Soil. Sci. Soc. Am. J., 66:352-361.
- Mirkhani R, Shabanpour m and Saadat S, 2005. Using particle-size distribution and organic carbon percentage to predict exchange capacity of soils of Lorestan province. Tehran, Iran, Journal of soil and water Science, 19(2): 235-242.
- Sayegh AH, Khan P and Ryan J, 1978. Factors affecting gypsum and cation exchange capacity determination in gypsiferous soils. SSJ, 125: 294-300.
- Wang QR and Klassen W, 2005. Determination of cation exchange capacity on low to highly calcareous soils. Communications in Soil Science and Plant Analysis. 36:1479-1498.

تخمین مکانی شوری خاک در دشت ارومیه با روش انتروپی حداکثر اریب^۱نیکو حمزه پور^۱، مصطفی کریمیان اقبال^۲ و نورایر تومانیان^۳

۱- استادیار، گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه.

۲- دانشیار، گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس.

۳- استادیار، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی، اصفهان.

مقدمه

عقلانی ترین و موثرترین راه دستیابی به اطلاعات دقیق در هر نقطه از منطقه مورد مطالعه، تلفیق داده های مطمئن و نامطمئن با یکدیگر است. امروزه به صورت رایج از روش های کریجینگ برای آنالیز مجموعه داده های مکانی استفاده می شود. اما چهارچوب تئوریک این روش امکان استفاده از داده های نامطمئن، بدون تبدیل آنها با کدهای شاخص (بوگارت و دیور، ۲۰۰۲) و یا لایه لایه کردن (اشتین و همکاران، ۱۹۸۸) را نمی دهد. به منظور گسترش مفهوم تخمین مکانی، کریستاکوس (۱۹۹۰)، از طریق تلفیق انتروپی حداکثر و روش های اریب، فرمولی بسیار عمومی برای تخمین مکانی معرفی نمود. این روش از مزایای بی شماری نسبت به روش های مرسوم زمین آمار کلاسیک برخوردار بود. در این روش امکان استفاده همزمان از طیف وسیعی از اطلاعات نامطمئن به صورت دامنه ها، توابع احتمال تراکم ها، مدل ها یا نمودارها وجود دارد. از طریق توابع احتمال تراکم های نهائی، امکان تولید انواع مختلف نقشه از طریق محاسبه شاخص هایی که متناسب با هدف نهائی نقشه اند، فراهم می شود. دی آر و همکاران اولین بار در علوم خاک از روش انتروپی حداکثر اریب در تخمین مکانی اجزای شن، سیلت و رس در منطقه ای در بلژیک استفاده کردند (دیور و بوگارت، ۲۰۰۳). بوگارت از روش انتروپی حداکثر اریب برای تخمین مکانی متغیرهای ناپیوسته استفاده کرد (بوگارت، ۲۰۰۲). بروس و همکاران (۲۰۰۷) از این روش برای تخمین گروه های خاک استفاده کردند. آنها از نقشه خاک موجود به عنوان داده نامطمئن استفاده کردند. دوآیک و همکاران (۲۰۰۵) از روش انتروپی حداکثر اریب در تخمین تغییرات زمانی- مکانی شوری خاک در منطقه ای در مجارستان استفاده کردند. آنها در این تحقیق از دو دسته داده نامطمئن استفاده کردند و قابلیت اجرائی و دقت این روش را با روش های کریجینگ مقایسه کرد. آنها دریافتند که دقت روش BME حتی در نبود داده های مطمئن و فقط با استفاده از داده های نامطمئن بیش از روش های کریجینگ است.

هدف از انجام این تحقیق استفاده از داده های نامطمئن صحرائی در تخمین مکانی شوری خاک در اراضی حاشیه غربی دریاچه ارومیه با استفاده از روش انتروپی حد اکثر اریب و مقایسه دقت استفاده از داده های نامطمئن در مقابل داده های مطمئن می باشد.

¹ - Bayesian Maximum Entropy method



منطقه مورد مطالعه، حدود ۵۰۰۰ هکتار از اراضی واقع در جنوب دشت ارومیه، حاشیه غربی دریاچه ارومیه را دربر می گیرد. مختصات جغرافیائی آن بین ۴۵ درجه و ۵ دقیقه تا ۴۵ درجه و ۲۰ دقیقه طول شرقی و ۳۷ درجه و ۱۵ دقیقه تا ۳۷ درجه و ۳۵ دقیقه عرض شمالی است.

برای انجام این تحقیق، نمونه برداری بر روی شبکه منظم با فواصل ۵۰۰ متر صورت گرفت. نمونه ها از عمق ۰-۲۰ سانتی متری، جمع آوری شدند. در زمان نمونه برداری، شوری نمونه ها با هدایت سنج صحرائی مدل Cone200 تعیین شد. به این ترتیب که حدود ۱۰ گرم از نمونه ای الک نشده با ترازوی دو کفه ای وزن و در لوله سانترفیوژ ریخته شد. سپس ۲۵ میلی لیتر آب مقطر به آن اضافه شده و به مدت یک دقیقه با دست به طور کامل مخلوط گردید و سپس شوری نمونه توسط هدایت سنج قرائت گردید (این روش قبل از شروع نمونه برداری، در آزمایشگاه بر روی ۵۰ نمونه خاک انجام و دقت آن ارزیابی شده بود). اندازه گیری های صحرائی به عنوان داده نامطمئن یا شوری ظاهری خاک در نظر گرفته شدند. پس از اتمام نمونه برداری، نمونه ها به آزمایشگاه منتقل شدند و شوری خاک نمونه ها در عصاره ۲/۵:۱ خاک به آب با روش معمول آزمایشگاهی اندازه گیری شد. در مرحله بعدی داده های مربوط به اندازه گیری های صحرائی با داده های آزمایشگاهی کالیبره شدند. بعد از کالیبراسیون و تبدیل اندازه گیری های صحرائی به آزمایشگاهی توسط معادلات رگرسیونی، مقادیر حاصل بدلیل اینکه تنها تخمین هائی از یک مدل احتمالی هستند و با مقداری عدم قطعیت همراه می باشند به عنوان داده های نامطمئن در تخمین با روش انتروپی حداکثر اریب استفاده شدند. یک سوم داده های موجود، برای اعتبارسنجی مدل، و مابقی برای مدل سازی و تخمین مکانی شوری خاک استفاده شدند. از پارامترهای آماری میانگین خطا و میانگین مربعات خطا برای اعتبارسنجی مدل استفاده شد. برای انجام تمام مراحل این تحقیق از نرم افزار (BMElib) استفاده شده است. این نرم افزار بر اساس زبان برنامه نویسی MATLAB نوشته شده است.

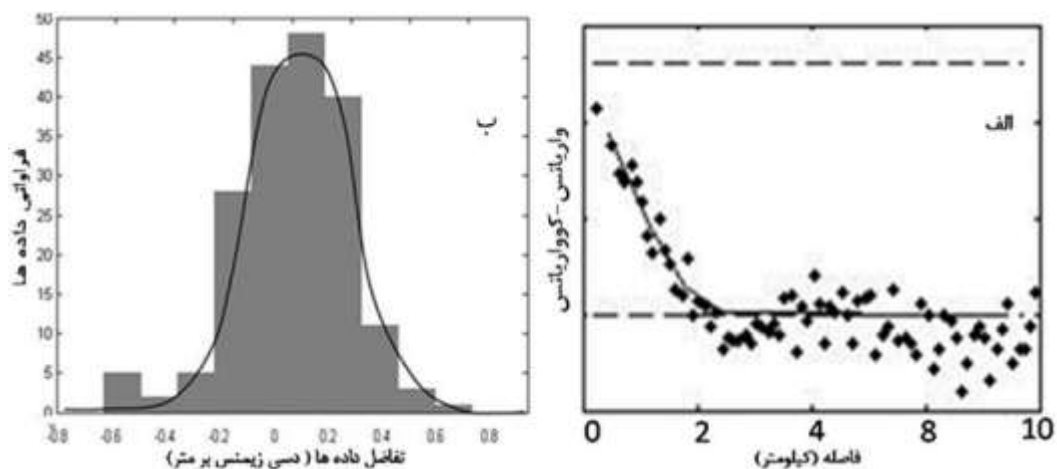
نتایج و بحث

۱- کالیبراسیون داده های صحرائی و آزمایشگاهی و تعریف داده های نامطمئن احتمالی

به منظور تعیین قابلیت استفاده از داده های صحرائی، اطلاعات به دست آمده از مطالعات صحرائی و آزمایشگاهی با مدل های مختلف باهم مقایسه شدند. نتایج نشان داد که رابطه معنی داری بین اندازه گیری های صحرائی و آزمایشگاهی وجود دارد و در بین مدل های مورد مقایسه، مدل خطی توانست با کمترین میانگین خطای مطلق (۰/۳۸) و کمترین میانگین خطای اریب (۰/۷۲-) به عنوان بهترین مدل برازش انتخاب شود. دو آیک و همکاران نیز در کالیبره کردن داده های حاصل از اندازه گیری های صحرائی شوری خاک با دستگاه EM38 به نتایج مشابهی رسیدند (دو آیک و همکاران، ۲۰۰۵). از معادله خط برازش شده برای تعیین EC_e تخمینی (داده های نامطمئن) در نقاطی که وارد مدل برازش نشده بودند، استفاده شد. از روی واریانس خطای محاسبه شده، توابع احتمال تراکم در هر نقطه تعریف شدند (شکل ۱، ب).

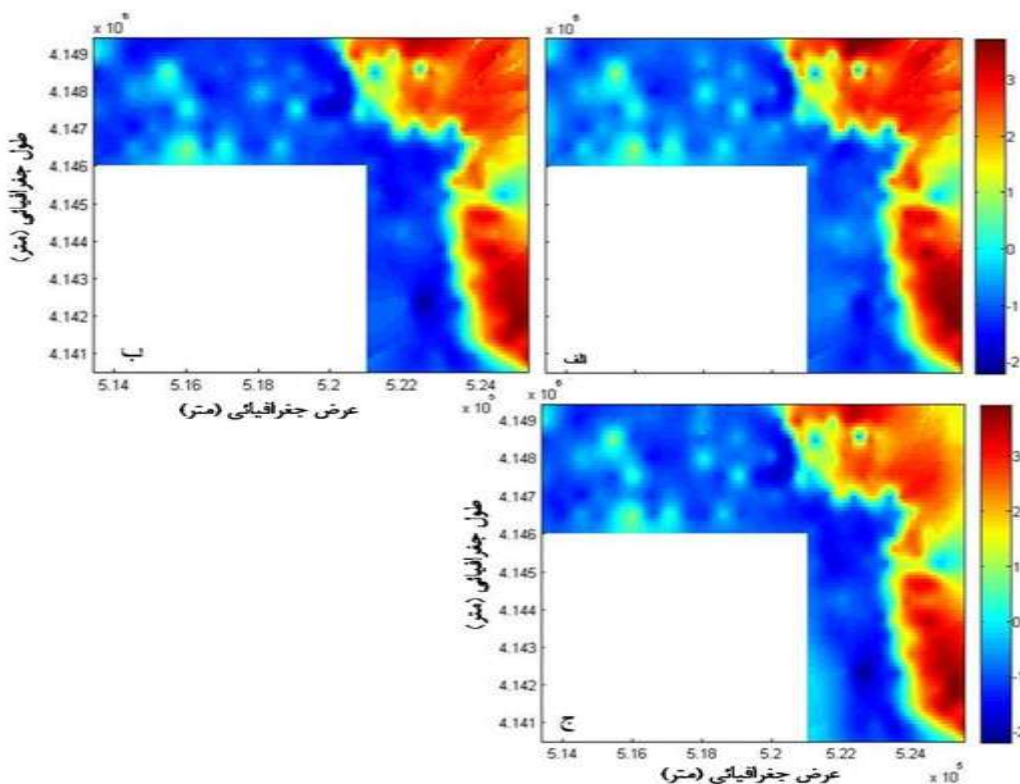
۲- برازش مدل های کوواریوگرامی و تخمین مکانی شوری خاک

بر روی ۱۵۰ داده که برای مدل سازی استفاده شدند، بهترین تابع کوواریانس که مدل کروی بود برازش شد و پارامترهای مدل بدست آمدند (شکل 1، الف). در این مدل اثر قطعه ای برابر ۰/۰۲۵ و آستانه، ۲/۵۷ به دست آمدند.



شکل ۱- الف- تابع کوواریانس برازش شده بر روی داده ها، ب- هیستوگرام تفاضل باقی مانده ها و تابع احتمالی برازش شده بر روی آن.

سپس تخمین مکانی با استفاده از معادله ۶ بر روی یک شبکه‌ی ۱۰۰ متری به روش انترپولی حداکثر اریب صورت گرفت که نتایج آن در شکل ۲ نمایش داده شده است.



شکل ۲- تخمین مکانی شوری خاک، الف- با استفاده از داده های مطمئن؛ ب- با استفاده از داده های نامطمئن و روش BME؛ ج- با استفاده از داده های مطمئن و نامطمئن.



در این تخمین یکبار از داده‌های مطمئن و فرمول ساده شده انتروپی حداکثر (همان روش کریجینگ) استفاده شد که نتایج آن در شکل ۲، الف نشان داده شده است. سپس بار دیگر تخمین با استفاده از داده‌های نامطمئن (شکل ۲، ب) و داده‌های مطمئن و نامطمئن با هم (شکل ۲، ج) صورت گرفت و اعتبارسنجی مدل با استفاده از یک سوم نقاط نمونه برداری شده که وارد مدل نشده بودند، انجام شد. نتایج نشان داد که روش انتروپی حداکثر اریب و استفاده تنها از داده‌های نامطمئن از نوع احتمالی با میانگین خطا و مجموع مربعات خطائی برابر و $0/2-$ و $0/64$ از دقت بالائی در تخمین مکانی شوری خاک بر خوردار است. این نتایج در انطباق با یافته‌های دوآیک و همکاران (۲۰۰۵) است که در تحقیق خود بر روی خاکهای شور، با استفاده از داده‌های نامطمئن از نوع بازه ای در دوبازه زمانی، به ME و MSE به ترتیب $0/29$ و $0/79$ برای زمان اول و $0/07$ و $0/35$ برای زمان دوم رسیدند.

براساس نتایج به دست آمده با استفاده از روش انتروپی حداکثر اریب می‌توان از اندازه گیری‌های صحرائی که نسبت به اندازه گیری‌های آزمایشگاهی ارزان تر بوده و در عین حال به وقت کمتری نیاز دارند، با دقت قابل قبولی در تخمین مکانی شوری در نقاطی مانند اراضی واقع در حاشیه دریاچه ارومیه که نیاز به پایش مداوم دارند، استفاده کرد.

منابع

- 1- Bogaert P, 2002. Spatial prediction of categorical variables: the Bayesian Maximum Entropy. *Stoch. Environ. Res. Risk Assess.*, 16:425-448.
- 2- Bogaert P, and D'Or D, 2002. Estimating soil properties from thematic soil maps: the Bayesian Maximum Entropy. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 66:1492-1500.
- 3- Brus DJ, Bogaert P, and Heuvelink GBM, 2007. Bayesian maximum entropy prediction of soil categories using a traditional soil map as soft information. *Euro. J. Soil Sci.*
- 4- Christakos G, 1990. a Bayesian / maximum –entropy view to the spatial estimation problem. *Math. Geol.*, 22(7): 763-777.
- 5- D'Or D, and Bogaert P, 2003. Continuous-valued map reconstruction with the Bayesian Maximum Entropy. *Geoderma*, 112: 169-178.
- 6- Douaik A, Van Meirvenne M, and Toth T, 2005. Soil salinity mapping using spation-temporal kriging and Bayesian maximum entropy with interval soft data. *Geoderma*, 128:234-248.
- 7- Stein A Hoogerwerf M and Bouma J, 1988. Use of Soil-Map Delineations to Improve (Co)-Kriging of Point Data on Moisture Deficit. *Geoderma*, 43:163-177.



زمین آمار و توانایی آن در پهنه بندی بافت خاک : مطالعه موردی خاکهای مرکزی ایران

خالد زائری^۱، نورآیر تومانیان^۲، صادق حزباوی^۳، جاسم طعمه زاده^۴

۱- مسئول واحد فضای سبز شهرداری شهرستان هویزه kh.zaeri@gmail.com

۱- باشگاه پژوهشگران جوان، دانشگاه آزاد واحد سوسنگرد

۲- استادیار مرکز تحقیقات کشاورزی استان اصفهان

۳- کارشناس سازمان پارک ها و فضای سبز شهرداری اهواز

۴- کارشناس ارشد خاکشناسی شهرداری اهواز

مقدمه :

فهرست برداری از اطلاعات خاک ها و پردازش آن ها یکی از دغدغه های تمام مجامع ملی و بین المللی می باشد. نقشه خاک ها معمولاً توزیع انواع خاک و یا خصوصیات خاک (اسیدیته، هدایت الکتریکی، بافت خاک، ساختمان خاک، مواد آلی خاک، مشخصات پروفیل های خاک) را در منطقه مورد نظر نشان می دهند. این نقشه ها معمولاً نتیجه نهایی مطالعات خاکشناسی می باشند. نقشه خاک ها معمولاً برای ارزیابی زمین، برنامه ریزی مکانی، توسعه کشاورزی، حمایت از محیط زیست و اعمال مشابه به کار می روند. نقشه های سنتی (قدیمی) خاک به طور معمول فقط توزیع خصوصیات عمومی خاک ها را نشان می دهند. بسیاری از نقشه های جدید خاک به روش تکنیکهای نقشه برداری رقمی (دیجیتالی) خاک تهیه می شوند. این نقشه ها از نظر داده های خاک غنی تر بوده و جزئیات مکانی بیشتری را نسبت به نقشه های سنتی نشان می دهند. یکی از روشهای تهیه نقشه های خاک روش های زمین آماری می باشند. به طور معمول بیشترین روش زمین آماری که در تهیه نقشه خاک ها استفاده می شود روش کریجینگ می باشد. و به طور خیلی وسیع برای به نقشه در آوردن متغیرهای کمی خاک مانند پهنه بندی آلودگی خاک یا دیگر متغیرهای کمی خاک استفاده می شود. نمود از انواع مدل های ژئواستاتستیکز (زمین آمار) می توان به کریجینگ یا میانابی معمولی و شاخص اشاره کرد، از کریجینگ معمولی برای پهنه بندی متغیرهای کمی واز کریجینگ شاخص برای پهنه بندی متغیرهای کیفی مانند آلودگی خاک و همچنین بافت خاک ها استفاده می شود. در روش کریجینگ معمولی فرض بر این است که داده های مشاهده ای دارای توزیع نرمال می باشند. در شرایطی که متغیرها در ارتباط با یک شاخص مقادیر صفر و یک می گیرند و یا در ارتباط با قرار گیری یا عدم قرار گیری در کلاس هائی مقادیر صفر و یک می گیرند کیفی هستند و دارای توزیع غیر نرمال می باشند، از میاناب کریجینگ شاخص (IK) استفاده می شود. در این روش میانابی متغیرهای آلودگی یا کلاس خاک ها و یا متغیرهای حرفی مورد مطالعه قرار می گیرند



مواد و روش ها :

منطقه مورد مطالعه :

منطقه مورد مطالعه شامل اراضی دامنه ای جدید و قدیم در غرب روستای حسن آباد جرقویه علیا است و ۷۷۸۹ هکتار مساحت دارد. ارتفاع منطقه از سطح دریا از حدود ۱۹۰۰ متر در ارتفاعات کوه ریز آب تا ۱۵۰۰ متر در قسمت شمالی منطقه مورد مطالعه متغیر است. این منطقه دارای رژیم های رطوبتی و حرارتی اریدیک و ترمیک می باشد .

مطالعات خاکشناسی :

در این مطالعه ۱۲۰ نقطه مورد تشریح و آنالیز قرار گرفت که مختصات آنها در جدول شماره ۱ ارائه شده است. پس از برداشت نمونه های خاک از لایه های سطحی میزان شن، سیلت و رس آنها برای پی بردن به بافت خاک در آزمایشگاه تعیین شد.

میاناب شاخص :

اساساً برای انجام هر میانابیی شاخص مثلاً متغیر آلودگی مراحل زیر به ترتیب اجرا می شود:

- ۱- تهیه جدول شاخص معادله مربوطه.
 - ۲- ترسیم واریوگرام تجربی از روی داده های شاخص شده.
 - ۳- فیت نمودن مدل ریاضی واریوگرام تجربی و مشخص نمودن پارامترهای واریوگرام.
 - ۴- ارزیابی مدل فیت شده.
 - ۵- تخمین اوزان، پهنه بندی و ارائه نقشه چگونگی توزیع و پراکنش نقاط آلوده و یا غیر آلوده محدوده مورد مطالعه. در حقیقت نتیجه نهایی عبارت خواهد بود از محاسبه میزان احتمال تعلق داشتن نقاط نمونه برداری نشده به هر یک از شاخص های صفر و یک یعنی تشخیص اینکه میزان کمی متغیر هدف در نقاط مختلف با چه احتمالی از حد آستانه آلودگی گذشته اند یا نگذاشته اند.
- در این مطالعه پس از تعیین بافت لایه سطحی هر کدام از پروفیل های حفر شده در منطقه یک فایل شاخص برای هر کدام از بافت های تعیین شده در منطقه تهیه گردید. فایل شاخص بدین صورت می باشد که وجود یا عدم وجود هر کدام از بافت های تعیین شده در پروفیل های حفر شده را به وسیله اعداد صفر و یک نمایش می دهد (عدد صفر برای عدم وجود و عدد یک برای وجود) . بعد از تهیه فایل شاخص آن را به محیط نرم افزار الویس منتقل کرده و تجزیه و تحلیل زمین آماری بر روی هر کدام از فایل ها برای رسم واریوگرام فیت نمودن مدل ریاضی واریوگرام تجربی و تعیین مقادیر دامنه ، آستانه و ناگت انجام شد . سپس با استفاده از این اعداد بدست آمده و با استفاده از گزینه میانابیی شاخصی نقشه پراکنش هر کدام از بافت ها تعیین شده در منطقه رسم گردید.



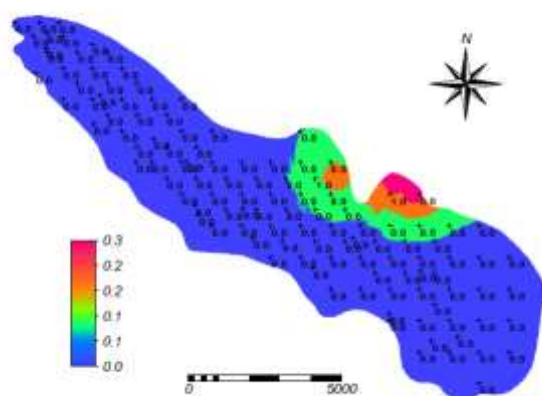
نتایج و بحث

به طور کلی ۶ بافت خاک در منطقه مورد شناسایی قرار گرفتند که این بافت ها شامل شنی، رسی، رسی لوم، شنی لوم، شنی رسی و لوم می باشند. پارمترها و مدل های فیت شده برای واریوگرام های تهیه شده برای بافت خاک سطحی در جدول (۱) وجود دارند همچنین نقشه پراکنش یا پهنه بندی هر کدام از بافت های خاک تشخیص داده شده در منطقه در شکل های ۱ تا ۷ دیده می شوند.

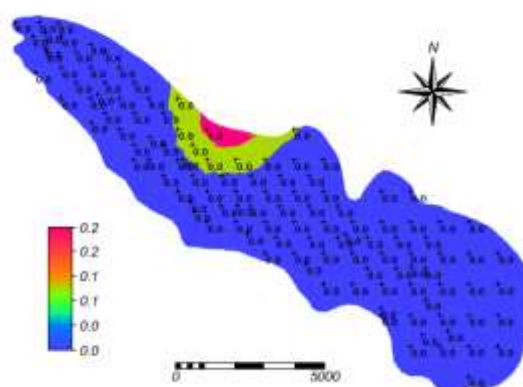
نقشه پراکنش این متغیر های کیفی به شرح زیر می باشد.

مدل	دامنه	آستانه	قطعه	بافت خاک
کروی	7000	1.3	0.6	شنی
کروی	10000	1	0.8	شنی رسی لوم
کروی	8000	1.1	0.9	شنی رسی
کروی	10000	1.1	1.1	شنی لوم
کروی	8500	1.4	1.4	رس
کروی	8000	1.3	0.9	رسی لوم

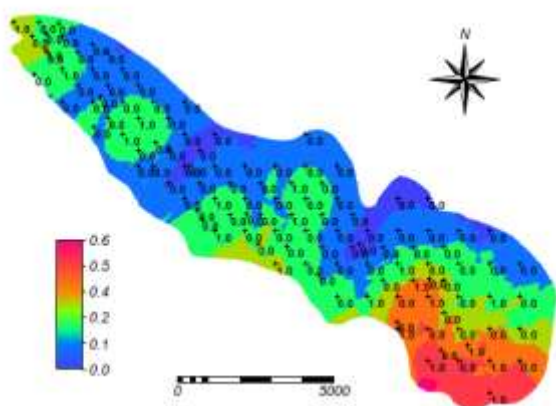
جدول ۱- پارمترها و مدل های فیت شده برای واریوگرام های تهیه شده برای بافت خاک سطحی



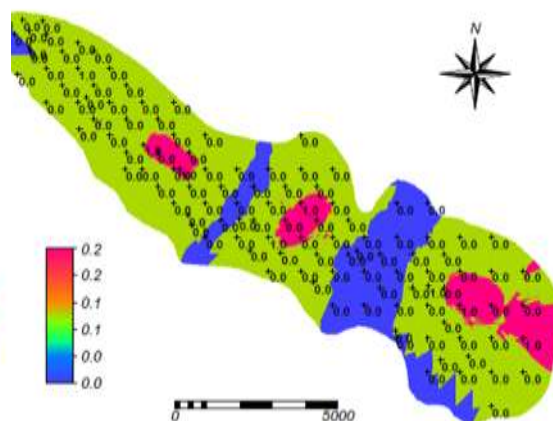
شکل ۲: پراکنش بافت رسی



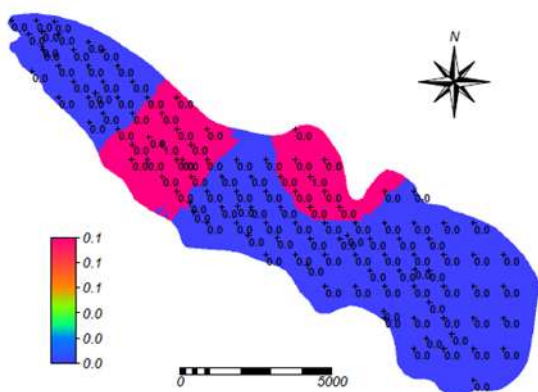
شکل ۱: پراکنش بافت شنی



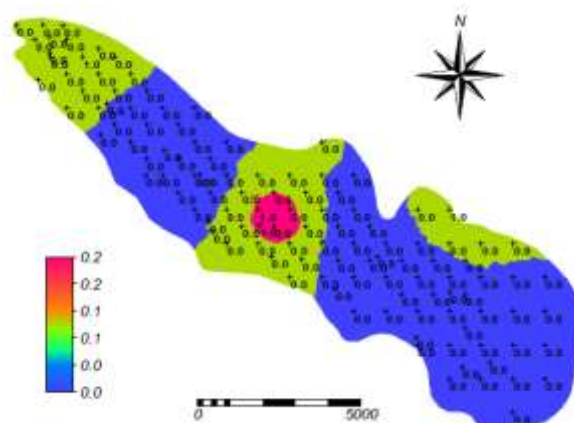
شکل ۴: پراکنش بافت شنی لوم



شکل ۳: پراکنش بافت شنی رسی لوم



شکل ۶: پراکنش بافت شنی رسی در منطقه



شکل ۵: پراکنش بافت رسی لوم

منابع :

تومانیان ، ن ، ۱۳۸۵، پایان نامه مقطع دکترای خاکشناسی ، دانشگاه صنعتی اصفهان

محمدی ،ج، پدومتری، جلد اول آمار کلاسیک ، ۱۳۸۵ انتشارات پلک



واسنجی دستگاه القاگر الکترومغناطیس با محاسبات نرم و رگرسیون چند متغیره

محمد جواد روستا^۱، روح‌اله تقی‌زاده^۲، فریدون سرمدیان^۳، محمد حسن رحیمیان^۴
۱- عضو هیئت علمی مرکز ملی تحقیقات شوری، ۲- عضو هیئت علمی دانشکده منابع طبیعی اردکان، ۳- عضو هیئت علمی دانشگاه تهران، ۴- کارشناس تحقیقات آبیاری و زهکشی، مرکز ملی تحقیقات شوری

مقدمه

تا کنون، به منظور واسنجی داده‌های دستگاه القاگر الکترومغناطیس از روش‌های مختلفی استفاده شده است. سوال پیش رو این است که کدامیک از تکنیک‌ها قابلیت بیشتری برای برآورد غیرمستقیم داده‌های شوری خاک دارند. یکی از روش‌های متداول در واسنجی و ارائه ضرایب مربوط به این دستگاه روش رگرسیون چند متغیره است که به تعداد نسبتاً زیاد و قابل قبولی از قرائت‌های دستگاه نیاز دارد. کاکس و همکاران (۲۰۱۰) برای ارتباط دادن داده‌های EM و شوری خاک از شبکه مصنوعی استفاده کرده و با استفاده از داده‌های پیش‌بینی شده توسط مدل، نقشه شوری خاک را تهیه کردند. از دیگر روش‌های مناسب در واسنجی، استفاده از سیستم‌های فازی-عصبی می‌باشد. سیستم (مدل) نروفازی که ترکیب شبکه عصبی با منطق فازی می‌باشد با استفاده از الگوریتم آموزش شبکه عصبی پارامترهای سیستم فازی را تعیین می‌کند. این سیستم ترکیبی بر اساس سیستم فازی که بیانگر عدم قطعیت‌ها می‌باشد، پایه‌گذاری شده است. از این شبکه‌ها می‌توان به سیستم فازی تطبیق‌پذیر مبتنی بر شبکه عصبی اشاره کرد که برای اولین بار توسط ژانگ (۱۹۹۱) معرفی شد. همان‌طور که گفته شد برای واسنجی دستگاه القاگر الکترومغناطیس می‌توان از روش‌ها و فنون مختلفی بهره گرفت. اما تاکنون مطالعات کمتری در زمینه استفاده از تکنیک‌های محاسبات نرم در واسنجی صورت گرفته است. لذا هدف مطالعه حاضر مقایسه روش‌های مختلف از قبیل شبکه‌های عصبی مصنوعی پس‌انتشار، مدل‌های نروفازی، الگوریتم ژنتیک و رگرسیون چند متغیره جهت واسنجی دستگاه القاگر الکترومغناطیس و پیش‌بینی شوری خاک بخشی از خاک‌های مناطق خشک ناحیه شمالی دشت یزد-اردکان می‌باشد. بدیهی است که با مقایسه این روش‌ها با یکدیگر و معرفی کارآمدترین آن‌ها در پیش‌بینی پارامتر مذکور به درک صحیحی از کارایی هر یک آن‌ها می‌انجامد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه در ایران مرکزی واقع و وسعتی برابر با ۷۲۰۰۰ هکتار از اراضی دشت یزد-اردکان را شامل می‌شود. در تحقیق حاضر از روش نمونه‌برداری مربع لاتین استفاده شده است. پس از تعیین مکان هندسی نقاط نمونه‌برداری توسط روش مذکور، تعداد ۱۷۳ پروفیل در منطقه مورد مطالعه حفر گردید. با استفاده از GPS مکان دقیق نقاط نمونه‌برداری در صحرا مشخص و اقدام به تشریح آن‌ها گردید. از لایه‌های ژنتیکی کلیه مقاطع، نمونه‌برداری و برای تجزیه به آزمایشگاه منتقل گردید. تعدادی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی نمونه‌ها به شرح زیر اندازه‌گیری شدند.

در این تحقیق شبکه‌ی پرسپترون با یک لایه مخفی که دارای تابع فعال‌سازی سیگموئید در لایه مخفی و تابع فعال‌سازی خطی در لایه خروجی بوده و تعداد نرون‌های آن از یک تا ۱۰ نرون متغیر بوده و بهترین تعداد نرون به صورت سعی و خطا تعیین گردید، مورد بررسی قرار گرفت. در تحقیق حاضر از نرم‌افزار نروسولوشین نسخه پنج

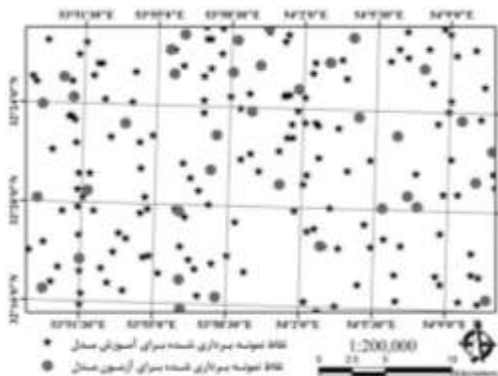
برای طراحی شبکه عصبی مصنوعی و در نهایت پیش‌بینی شوری استفاده گردید. شکل کلی معادله رگرسیون کلاسیک به صورت رابطه (۱) می‌باشد:

$$Y = a_0 + a_1x_1 + \dots + a_nx_n \quad (1)$$

که در آن Y متغیر خروجی، x_i ها متغیر ورودی و a ضرایب معادله به حساب می‌آیند. معمولاً با روش کمترین مربعات برای برآورد ضرایب رگرسیون خطی چندگانه استفاده می‌شود. همچنین با استفاده از محیط انفیسی‌ادیت در نرم‌افزار MATLAB، روش تطبیقی عصبی فازی با ۸ نوع تابع عضویت (مثلثی، گوسی، زنگوله‌ای و ...) با تعداد هر تابع بین یک تا نه عدد با روش بهینه‌سازی هیبرید به ترتیب مورد آزمون قرار گرفته و با استفاده از حداقل خطا، بهترین نوع تابع و تعداد آن به دست آمد. بررسی عملکرد روش‌های مختلف از طریق معیارهای برازش قابل مقایسه می‌باشد

$$RMSE = \left[\frac{\sum (X_o - X_e)^2}{n} \right]^{1/2} \quad R^2 = \left[\frac{\sum ((X_e - \bar{X}_e)(X_o - \bar{X}_o))}{\sqrt{\sum ((X_e - \bar{X}_e)^2 (X_o - \bar{X}_o)^2)}} \right]^2 \quad ME = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_o - X_e) \quad (2)$$

X_o و X_e به ترتیب شوری مشاهداتی و تخمین زده شده، \bar{X}_o و \bar{X}_e به ترتیب میانگین شوری مشاهداتی و تخمین زده شده و n تعداد داده‌ها می‌باشد.



شکل ۱) پراکنش نقاط نمونه‌برداری شده بر حسب مربع لاتین (در شکل مکان هندسی نقاط آموزشی و آزمون مدل مشخص شده است، این داده‌ها به صورت تصادفی انتخاب شده‌اند

نتایج و بحث

در جدول (۱) خلاصه آماری داده‌های قابلیت هدایت الکتریکی در چهار عمق و قرائت‌های قابلیت هدایت الکتریکی ظاهری در دو حالت عمودی و افقی آمده است. در کل ۸۶٪ نمونه‌ها دارای شوری بیش از ۴ دسی-زیمنس بر متر می‌باشند و این مسئله نشان می‌دهد که خاک‌های منطقه مورد مطالعه شدیداً شور می‌باشند. این مقادیر شوری بسیار زیاد در منطقه مورد مطالعه، توسط محققین دیگر مانند خراسانی و یزدی (۲۰۱۱) نیز گزارش شده است.

جدول تجزیه واریانس نیز برای رگرسیون محاسبه گردید که نتایج از معنی‌دار بودن معادله برازش داده شده حکایت دارد (جدول ۲) ($p < 0.05$).



جدول ۱- پارامترهای آماری مربوط به مقادیر قابلیت هدایت الکتریکی و هدایت الکتریکی ظاهری

لایه (سانتی متر)	حداقل	حداکثر	میانگین	انحراف معیار	ضریب تغییرات	کشیدگی	افراستگی	چهارک اول	چهارک دوم	چهارک سوم
ECe(۰-۱۵)	۱	۲۴۵/۴	۵۵/۹	۶۶/۰	۱۱۸/۰	۱/۳۸	۰/۸۶	۵/۷	۳۰/۲	۸۲/۷
ECe(۱۵-۳۰)	۱/۳	۲۳۸/۶	۶۴/۲	۶۶/۸	۱۰۴/۰	۰/۸۸	-۰/۵۴	۷/۴	۳۳/۸	۱۱۵/۳
ECe(۳۰-۶۰)	۱	۲۱۰/۰	۵۷/۳	۵۵/۹	۹۷/۴	۰/۸۹	-۰/۳۱	۷/۸	۴۰	۹۵/۸
ECe(۶۰-۱۰۰)	۱	۲۳۱/۹	۴۰/۷	۴۱/۱	۱۰۰/۹	۲/۰۸	۵/۹۴	۹/۷	۳۰/۴	۵۷/۴
ECah(۰-۷۵)	۱	۲۵۴	۵۶/۲	۵۱/۷	۹۲/۰	۱/۴۷	۱/۶۹	۱۹	۳۶/۵	۸۱
ECav(۰-۱۵۰)	۳	۳۴۰	۸۰/۱	۶۸/۷	۸۵/۷	۱/۲۹	۱/۱۸	۲۸/۵	۵۶/۵	۱۲۱/۶

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس برای رگرسیون چند متغیره خطی

مقدار پی	مقدار اف	میانگین مربعات	مجموع مربعات	درجه آزادی	منابع	عمق خاک
<۰/۰۰۰۱	۱۳۶	۱۸۵۸۹۵	۳۷۱۷۹۰	۲	رگرسیون	(۰-۱۵) شوری
		۱۳۶۱	۱۸۷۷۷۳	۱۳۸	باقیمانده خطا	
			۵۵۹۵۶۳	۱۴۰	کل	
<۰/۰۰۰۱	۹۹	۱۷۲۷۴۲	۳۴۵۴۸۳	۲	رگرسیون	(۱۵-۳۰) شوری
		۱۷۴۱	۲۲۸۰۶۷	۱۳۱	باقیمانده خطا	
			۵۷۳۵۵۰	۱۳۳	کل	
<۰/۰۰۰۱	۳۷	۶۱۳۴۱	۱۲۲۶۸۳	۲	رگرسیون	(۳۰-۶۰) شوری
		۲۲۲۴	۲۸۶۹۳۸	۱۲۹	باقیمانده خطا	
			۴۹۶۲۱	۱۳۱	کل	
<۰/۰۰۰۱	۱۱	۱۶۶۳۵	۳۳۲۷۰	۲	رگرسیون	(۶۰-۱۰۰) شوری
		۱۴۰۴	۱۷۷۰۱۹	۱۲۶	باقیمانده خطا	
			۲۱۰۲۸۹	۱۲۸	کل	

مقادیر مجموع ریشه مربعات مربوط به روش شبکه عصبی مصنوعی پرسپترون چند لایه نشان داد که حداقل نتایج خطای روش شبکه عصبی مصنوعی پرسپترون چند لایه بر اساس مقدار ریشه مربعات خطا و ضریب تبیین به ترتیب ۴۵/۶۷ و ۰/۶۸ برای شوری در عمق ۰-۱۵، ۴۲/۳۳ و ۰/۶۸ برای شوری در عمق ۱۵-۳۰، ۴۸/۴۶ و ۰/۳۴ برای شوری در عمق ۳۰-۶۰ و ۴۲/۶۱ و ۰/۰۸ برای شوری در عمق ۶۰-۱۰۰ سانتی متری بدست آمد. نتایج خطای روش شبکه عصبی مصنوعی-الگوریتم ژنتیک بر اساس مقدار ریشه مربعات خطا و ضریب تبیین به ترتیب ۴۳/۷۸ و ۰/۶۸ برای شوری در عمق ۰-۱۵ سانتی متری، ۴۴/۴۶ و ۰/۶۸ برای شوری در عمق ۱۵-۳۰ سانتی متری، ۴۷/۳۷ و ۰/۳۶ برای شوری در عمق ۳۰-۶۰ سانتی متری و ۴۳/۲۱ و ۰/۰۴ برای شوری در عمق ۶۰-۱۰۰ سانتی متری بدست آمد. نتایج خصوصیات مدل ANFIS به کار رفته برای پیش‌بینی شوری در عمق-های مختلف در جدول (۳) نشان داده شده است و نتایج مربوط به مدل‌های نروفازی، شبکه‌های عصبی، الگوریتم ژنتیک و رگرسیون چند متغیره مربوط به پارامترهای مورد اندازه‌گیری در جدول (۴) ارائه شده است. پس از تعیین ساختار بهینه هر یک از مدل‌ها، با استفاده از معیار آماری ریشه مربعات خطا اقدام به پیش‌بینی شوری خاک با استفاده از مدل مربوطه گردید. نتایج این بررسی نشان داد که در مورد مطالعه شده، شبکه‌های عصبی مصنوعی نسبت به معادلات رگرسیونی کارایی بهتر داشته است. نتایج بدست آمده از این تحقیق با آنچه



که امینی و همکاران (۲۰۰۵) در برآورد ظرفیت تبادل کاتیونی در منطقه اصفهان بدست آورد، همخوانی دارد. نتایج این بررسی نشان داد که دقت مدل نروفازی در پیش‌بینی شوری خاک از تمام انواع شبکه‌های عصبی مورد استفاده بیشتر بود.

جدول ۳) ویژگی‌های مدل نروفازی انتخابی برای پیش‌بینی شوری

عمق (سانتی‌متر)	روش دفازی کردن	روش یادگیری	نوع تابع عضویت	تکرار	تعداد توابع عضویت	ریشه مربعات خطا	ضریب تبیین
شوری (۰-۱۵)	میانگین وزنی	پس خور	مثلثی	۲۰۰	۳	۴۲/۲۳	۰/۶۸
شوری (۱۵-۳۰)	میانگین وزنی	هیبرید	مثلثی	۳۰۰۰	۲	۴۱/۵۲	۰/۶۸
شوری (۳۰-۶۰)	میانگین وزنی	هیبرید	مثلثی	۱۵۰۰	۴	۴۶/۵۳	۰/۳۵
شوری (۶۰-۱۰۰)	میانگین وزنی	هیبرید	مثلثی	۵۰۰	۲	۴۲/۴۴	۰/۱۰

جدول ۴) نتایج معیارهای ارزیابی بروی داده‌های آزمون برای چهار عمق

متغیر	مدل	ریشه مربعات خطا	ضریب تبیین	بهبود نسبی (%)
شوری (۰-۱۵) سانتی‌متر	رگرسیون چند متغیره خطی	۴۶/۸۸	۰/۶۶
	شبکه عصبی مصنوعی	۴۵/۶۷	۰/۶۸	۲
	شبکه عصبی مصنوعی-الگوریتم ژنتیک نروفازی	۴۳/۷۸	۰/۶۸	۶
	رگرسیون چند متغیره خطی	۴۲/۲۳	۰/۶۸	۹
شوری (۱۵-۳۰) سانتی‌متر	رگرسیون چند متغیره خطی	۴۵/۷۲	۰/۶۷
	شبکه عصبی مصنوعی	۴۲/۳۳	۰/۶۸	۷
	شبکه عصبی مصنوعی-الگوریتم ژنتیک نروفازی	۴۴/۴۶	۰/۶۸	۲
	رگرسیون چند متغیره خطی	۴۱/۵۲	۰/۶۸	۹
شوری (۳۰-۶۰) سانتی‌متر	رگرسیون چند متغیره خطی	۴۹/۱۶	۰/۲۹
	شبکه عصبی مصنوعی	۴۸/۴۶	۰/۳۴	۱
	شبکه عصبی مصنوعی-الگوریتم ژنتیک نروفازی	۴۷/۳۷	۰/۳۶	۳
	رگرسیون چند متغیره خطی	۴۶/۵۳	۰/۳۵	۵
شوری (۶۰-۱۰۰) سانتی‌متر	رگرسیون چند متغیره خطی	۴۳/۶	۰/۱۰
	شبکه عصبی مصنوعی	۴۲/۶۱	۰/۰۸	۲
	شبکه عصبی مصنوعی-الگوریتم ژنتیک نروفازی	۴۳/۲۱	۰/۰۴	۰/۸
	رگرسیون چند متغیره خطی	۴۲/۴۴	۰/۱۰	۲

منابع

- Amini., M., Abbaspour, K. C., Khademi, H., Fathianpour, N., Afyuni, M. and Schulin, R. 2005. Neural network models to predict cation exchange capacity in arid regions of Iran. *European Journal of Soil Science*, 53: 748-757.
- Jang, J.S.R., 1991. ANFIS: Adaptive-network-based fuzzy inference systems, *IEEE Trans Systems Man Cybernet*, 23: 665- 685.
- Cockx, L., M. Van Meirvenne, U.W.A. Vitharana, F.M.B. Vancoillie, L.P.C. Verbeke, D. Simpson, and Saey, T. 2010. A Neural Network Approach to Topsoil Clay Prediction Using an EMI-Based Soil Sensor. *Proximal Soil Sensing*. 444 p.
- Khorsandi, F., Yazdi, F. A. 2011. Estimation of Saturated Paste Extracts' Electrical Conductivity from 1:5 Soil/Water Suspension and Gypsum. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 42: 315-321.



ارزیابی اثرات کاتیونی و آنیونی خاک بر قرائت‌های دستگاه هدایتگر الکترومغناطیس

محمدجواد روستا^۱، محمدحسن رحیمیان^۲، محمدعلی مشکوه^۳، روح‌اله تقی‌زاده^۴، محی‌الدین گوشه^۵

۱- عضو هیئت علمی مرکز ملی تحقیقات شوری،

۲- کارشناس تحقیقات آبیاری و زهکشی، مرکز ملی تحقیقات شوری،

۳- عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی یزد

۴- عضو هیئت علمی دانشکده منابع طبیعی اردکان،

۵- عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی خوزستان

مقدمه

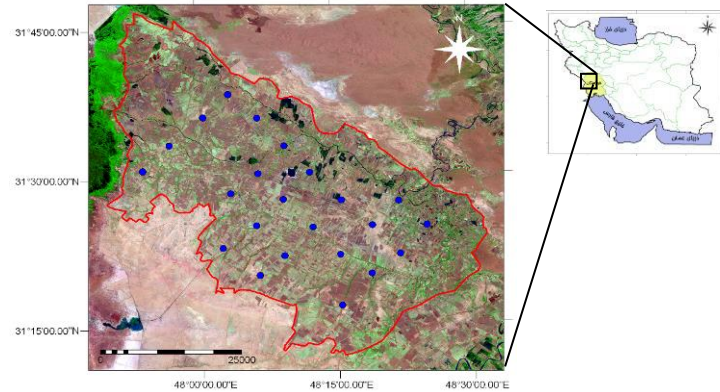
یکی از مشکلات گریبان‌گیر کشاورزی در مناطق خشک و نیمه خشک شور شدن تدریجی خاک است. عملیات مختلف مانند مدیریت نادرست آبیاری اراضی، عدم شستشوی نمک‌ها، بی‌توجهی به تناوب و انتخاب گیاه، عدم رعایت آیش و استفاده نامتعادل از کودهای شیمیایی و فاضلاب‌های شهری از جمله عواملی هستند که در دراز مدت موجب شوری خاک چنین مناطقی می‌گردند (مسعود، ۱۹۷۶). اولین گام در راه مدیریت صحیح و علمی شوری خاک و جلوگیری از روند شور شدن آن، شناسایی مناطق شور و تعیین پراکنش مکانی و زمانی این خاک‌ها است. امروزه با پیشرفت علوم، استفاده از فناوری‌های جدید موجب کاهش هزینه و افزایش دقت و سرعت در انجام پروژه‌ها می‌گردد. عکس‌های هوایی، تصاویر سنجنده‌های چند طیفی فضایی، تصاویر سنجنده‌ای امواج کوتاه، تصاویر ویدیویی و ژئوفیزیک هوایی برای نمایش تغییرات شوری خاک در نقاط مختلف دنیا استفاده شده‌اند (مترینخ و زینک، ۲۰۰۳). در حال حاضر اگرچه ابزارهای متعددی برای پایش سریع و کم‌هزینه برخی پارامترهای خاک وجود دارند، هنوز انجام پیمایشهای طاقت‌فرسای صحرایی در سطوح وسیع و نمونه‌برداری از اعماق مختلف به عنوان یکی از مراحل ضروری در تهیه داده‌های زمینی محسوب می‌گردد.

مطالعات قبلی ارتباط قوی بین مقدار رس و میزان هدایت الکتریکی اندازه‌گیری شده بوسیله EM38 را بیان نموده‌اند (هدلی، ۲۰۰۴). استفاده از دستگاه EM38 برای اندازه‌گیری اثر شوری خاک بر گیاه اکالیپتوس در جنوب غربی استرالیا توسط بنت و جورج (۱۹۹۵)، و بدست آوردن ضرایب همبستگی 0.53 تا 0.85 در انجام سریع پیمایش‌های شناسائی در سطح کشور هند توسط شرما و گوپتا (۲۰۰۰)، در ایالت فنج‌کیو چین توسط یاکان و همکاران (۲۰۰۸) همگی گواه بر کارآمدی این دستگاه در پایش شوری و سایر پارامترهای خاک نظیر میزان سدیم خاک، بافت خاک، درصد رس و رطوبت می‌باشد. هدف از انجام تحقیق حاضر نیز شناخت بیشتر این ابزار برای استفاده در شرایط حاکم بر خاکهای کشور و مشخصاً ارزیابی اثرات کاتیونی و آنیونی خاک بر قرائتهای این وسیله در دشت آزادگان در استان خوزستان می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در دشت آزادگان در غرب استان خوزستان انجام شده است. به منظور انجام این تحقیق از خاک ۲۳ نقطه در اعماق مختلف آن از سطح زمین تا رسیدن به سطح ایستابی در هر نقطه (بین ۱۲۰ تا ۳۰۰

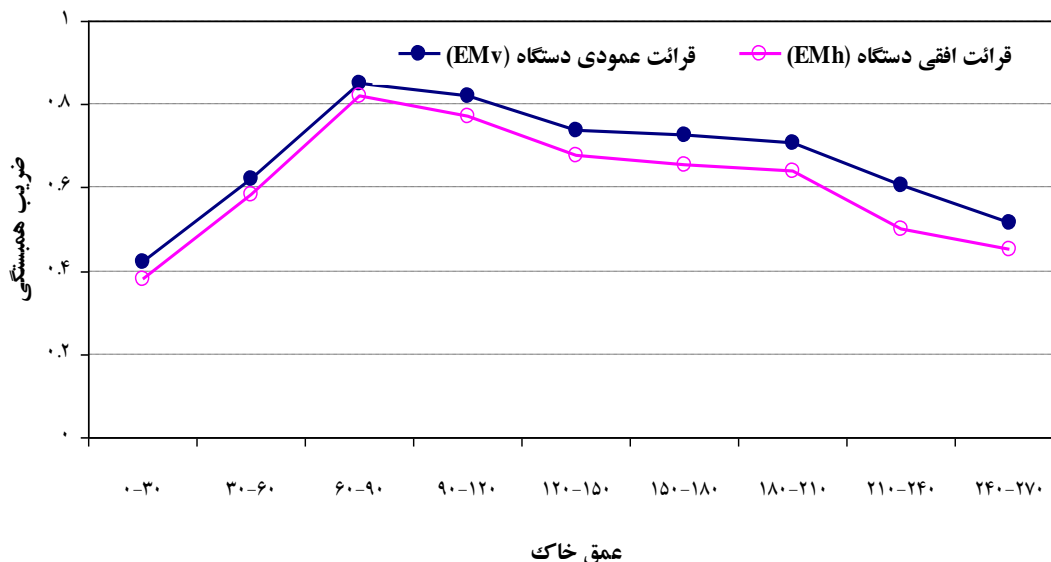
سانتیمتر از سطح زمین) نمونه‌برداری صورت پذیرفت. این نمونه‌برداری‌ها در فصل تابستان سال ۱۳۹۰ و در اراضی کشاورزی فاقد کشت انجام شده است. همزمان با انجام نمونه‌برداریها، از دستگاه هدایتگر الکترومغناطیس مدل EM38 ساخت شرکت ژئونیکس کانادا استفاده شده است. جهت مطالعه تاثیرات آنیونی و کاتیونی خاک بر قرائتهای دستگاه هدایتگر الکترومغناطیس در منطقه مطالعاتی، خاک مربوط به سه عمق اصلی (۳۰-۶۰، ۰-۳۰، ۳۰-۶۰ و ۶۰-۹۰ سانتیمتر) در آزمایشگاه مورد تجزیه قرار گرفته و میزان کاتیون‌ها و آنیون‌های عصاره اشباع آنها به روش‌های استاندارد آزمایشگاهی مشخص گردیدند.



شکل ۱- تصویر ماهواره‌ای منطقه مطالعاتی و نقاط نمونه‌برداری زمینی و موقعیت قرارگیری آنها بر روی نقشه کشور

نتایج و بحث

شکل شماره ۲ نشان دهنده ضرایب همبستگی بین مقادیر هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک اعماق مختلف و قرائت‌های انجام شده توسط دستگاه هدایتگر الکترومغناطیس در دو وضعیت افقی و عمودی است. بر این اساس بیشترین این همبستگی‌ها در اعماق ۶۰-۹۰ و ۹۰-۱۲۰ سانتیمتری از سطح خاک در هر دو قرائت افقی و عمودی مشاهده می‌گردد.



شکل ۲- مقایسه ضرایب همبستگی بین قرائت‌های افقی و عمودی دستگاه هدایت گر الکترومغناطیس

همانطوری که قبلاً نیز اشاره شد نمونه‌برداری‌های میدانی در فصل تابستان و در اراضی بدون کشت انجام شده است. بر اساس شواهد و مستندات مربوط به منطقه مطالعاتی، افزایش نیاز تبخیری جو در فصول گرم سال و بایر ماندن اراضی در این مواقع منجر به کاهش قابل توجه رطوبت خاک لایه‌های سطحی می‌شود. جدول ۱ ضرایب همبستگی بین قرائت‌های افقی و عمودی دستگاه هدایتگر الکترومغناطیس با کاتیون‌ها و آنیون‌های اعماق مختلف خاک و همچنین نسبت جذب سدیم (SAR) در منطقه مطالعاتی را نشان می‌دهد. بطور کلی همبستگی‌های مربوط به لایه سطحی خاک (۰-۳۰) کمتر از سایر اعماق بوده و با افزایش عمق این ضرایب نیز افزایش می‌یابند.

جدول ۱- ضرایب همبستگی بین قرائت‌های افقی و عمودی دستگاه هدایتگر الکترومغناطیس با کاتیون‌ها و آنیون‌های اعماق مختلف خاک و SAR در دشت آزادگان - استان خوزستان

SAR	کاتیونها							وضعیت قرارگیری EM38	عمق خاک (سانتیمتر)
	آنیونها	HCO3	Cl	SO4	Ca	Mg	Na		
.653**	-.467*	.361	-.135	.313	.287	.439*	.264	عمودی	۰-۳۰
.610**	-.438*	.325	-.128	.274	.249	.403	.221	افقی	
.818**	-.430*	.542**	.196	.454*	.414*	.728**	.444*	عمودی	۳۰-۶۰
.786**	-.403	.503*	.207	.408	.376	.691**	.380	افقی	
.857**	-.208	.794**	.187	.694**	.646**	.884**	.478*	عمودی	۶۰-۹۰
.826**	-.193	.773**	.165	.662**	.628**	.859**	.428*	افقی	

** همبستگی معنی دار آماری در سطح اطمینان ۱ درصد
* همبستگی معنی دار آماری در سطح اطمینان ۵ درصد



این مساله همانند هدایت الکتریکی، به عدم حضور رطوبت خاک در این لایه برمی‌گردد که قبلاً توضیح داده شده است. نکته قابل تامل در این جدول این است که بیشترین همبستگی‌ها بین قرائت‌های این وسیله و میزان سدیم خاک دیده می‌شود. با توجه به تاثیر زیاد سدیم بر قرائت‌های دستگاه EM38، انتظار می‌رود که بتوان از این وسیله در پایش خاک‌های سدیمی نیز بهره‌برداری نمود. همبستگی معنی‌دار قرائت‌های این وسیله و SAR خاک لایه‌های مختلف مبین همین موضوع است.

تحلیل نتایج آزمایشگاهی نمونه‌های خاک مورد بررسی در این پژوهش مشخص می‌کند که منشاء شوری خاک در منطقه مطالعاتی عمدتاً مربوط به وجود یون‌های کلر، سدیم، کلسیم و منیزیم در خاک است. به عنوان مثال برای لایه ۰-۳۰ سانتیمتری خاک، این یون‌ها به ترتیب دارای ضرایب همبستگی ۰/۹۸، ۰/۹۵، ۰/۹۴ و ۰/۹۳ با میزان شوری عصاره اشباع خاک (ECe) هستند. در حالی که برای همین عمق خاک و برای سایر یون‌ها نظیر سولفات، پتاسیم و بی‌کربنات این ضرایب به ترتیب برابر با ۰/۶۷، ۰/۵۲ و ۰/۱۰ می‌باشند. این در حالی است که همبستگی بین قرائت‌های دستگاه EM38 و SAR بیشتر از همبستگی بین قرائت‌های این دستگاه و شوری خاک و یون‌های مختلف خاک است. اما همانطوری که اشاره شد، از بین یون‌های مختلف خاک یون سدیم بیشترین همبستگی با قرائت‌های EM38 را دارا می‌باشد.

جدول ۲ معادلات رگرسیونی بدست آمده برای تعیین نسبت جذب سدیم و شوری خاک اعماق مختلف در منطقه مطالعاتی را نشان می‌دهد. بهبود جزئی در ضرایب همبستگی این جدول در معادلات پیش‌بینی مقادیر شوری و SAR خاک نسبت به ضرایب آزمون همبستگی دو متغیره ناشی از بکارگیری روش رگرسیون چند متغیره و دخالت دادن قرائت‌های افقی و عمودی دستگاه EM38 بصورت توأم می‌باشد.

جدول ۲- معادلات بدست آمده برای تعیین نسبت جذب سدیم و شوری خاک اعماق مختلف

عمق خاک (سانتیمتر)	نسبت جذب سدیم خاک		شوری عصاره اشباع خاک (دسی‌زیمنس بر متر)	
	معادله	ضریب همبستگی	معادله	ضریب همبستگی
۰ - ۳۰	$SAR=0.155*EM_v-0.123*EM_h-2$	0.69**	$ECe=0.3*EM_v-0.27*EM_h-8.3$	0.48*
۳۰ - ۶۰	$SAR=0.1*EM_v-0.06*EM_h+1.41$	0.83**	$ECe=0.14*EM_v-0.1*EM_h-2.1$	0.64**
۶۰ - ۹۰	$SAR=0.1*EM_v-0.06*EM_h+3$	0.87**	$ECe=0.11*EM_v-0.06*EM_h-2.7$	0.86**
** همبستگی معنی دار آماری در سطح اطمینان ۱ درصد		* همبستگی معنی دار آماری در سطح اطمینان ۵ درصد		

از نکات قابل توجه در این پژوهش زمان انجام قرائت‌های دستگاه EM38 است. نتایج حاصله نشان می‌دهد که در فصول گرم سال و در شرایط حاکم بر منطقه مطالعاتی (اراضی بدون کشت، سطح ایستابی نسبتاً کم عمق و تبخیر نسبتاً زیاد)، عمق بهینه برای پایش شوری خاک توسط دستگاه EM38 بین ۶۰ تا ۱۲۰ سانتیمتر است که با تغییر در زمان نمونه برداری‌ها، امکان پایش شوری در اعماق ۰-۳۰ و ۳۰-۶۰ سانتیمتری خاک نیز فراهم خواهد گردید. بنابراین توصیه می‌شود که زمان انجام پیمایش‌های زمینی توسط این وسیله را متناسب با عمق



مورد نظر برای پایش شوری خاک در نظر گرفته و در صورتی که نیاز به پایش شوری لایه های سطحی خاک است، از انتخاب فصول گرم و پرتبخیر سال به عنوان زمان پیمایش‌های صحرایی EM38 (خصوصاً در اراضی فاقد کشت و بایر) اجتناب گردد.

منابع

- Bennett, D.L. , R.J. George. 1995. Using the EM38 to measure the effect of soil salinity on *Eucalyptus globulus* in south-western Australia. *Agricultural Water Management*, 27(1): 69-85.
- Hedley, C. B., Yule, I. Y., Eastwood, C. R., Shepherd, T. G., & Arnold, G. 2004. Rapid identification of soil textural and management zones using electromagnetic induction sensing of soils. *Australian Journal of Soil Research* 42(4): 389–400.
- Massoud, F. I. 1976. Basic principles for prognosis and monitoring of salinity and sodicity. *Proceedings of international salinity conference*, Texas Tech. University, Lubbock, Texas.
- Metternicht, G.I. and Zinck, J.A., 2003. Remote sensing of soil salinity: potentials and constraints. *Remote sensing of Environment*, 85(1): 1-20.
- Sharma, D.P. and Gupta, S.K., 2000, *Application of EM38 for Soil Salinity Appraisal: an Indian Experience*, EM38 Workshop, New Delhi, India.
- Ya-kun, Wu. Yang. Jing-song., Yang, Xiao-ying., Liu, Guang-ming. 2008. Surveying soil salinization in Fengqiu County based on EM38. *Agricultural Research in the Arid Areas*, 5.



بررسی تغییرات کربن-۱۴ و کیفیت مواد آلی خاک در کاربری‌های مختلف اراضی

ابراهیم مقیسه^{۱*}، احمدی حدیری (۲)، محمد فنادی (۳)، حسن توفیقی (۲)، فریدون سرمدیان (۲)، مصطفی کریمیان اقبال (۴)،

نجات پیرولی (۵)، میراحمد موسوی (۶)، علی خراسانی (۶)، سعداله تیموری (۶)

(۱ و ۵) عضو هیأت علمی پژوهشکده کاربرد پرتوها پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای (۲) عضو هیأت علمی گروه مهندسی علوم خاک دانشگاه

تهران (۳) عضو هیأت علمی پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای (۴) عضو هیأت علمی گروه خاک‌شناسی دانشگاه تربیت مدرس (۶) کارشناسان

پژوهشکده کاربرد پرتوها پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای؛ * نویسنده مسئول: کرج، رجائی شهر، بلوار شهید مودن، پژوهشکده کاربرد پرتوها،

ص. پ ۳۱۴۸۵/۴۹۸؛ emoghiseh@nrcam.org

مقدمه

مواد آلی نقش مهمی در فرایندهای خاک همچون چرخه عناصر غذایی، تشکیل ساختمان خاک، توقف کربن^۱، نگهداری آب، سمیت‌زدایی ترکیبات شیمیایی، و منبع انرژی ریزجانداران خاک دارند (آلک و گرگوریچ، ۲۰۰۶). بیشتر مطالعات چند سال اخیر پیرامون اثر تغییر کاربری اراضی بر پویایی کربن آلی خاک، با استفاده از جداسازی آنها بر مبنای خاکدانه، چگالی، اندازه و ایزوتوپ‌های کربن بوده است (رتیمیر و همکاران، ۲۰۰۴؛ مارزایولی و همکاران، ۲۰۱۰). مطالعات محدودی مربوط به استفاده از طیف‌سنجی مادون قرمز برای شناسایی گروه‌های عاملی مواد آلی خاک وجود دارد (ارتلن، ۲۰۱۰). با استفاده از روش مادون قرمز تبدیل فوریر^۲ "FTIR"، گروه‌های عاملی مواد آلی و میزان تجزیه کیفیت بقایای گیاهی در کاربری‌های مختلف اراضی قابل شناسایی هستند (وژکات و همکاران، ۲۰۱۱). گروه‌های عاملی آلیفاتیک (C-H) و آروماتیک (C=C) به ترتیب به عنوان شاخص آب‌گریزی (A) و آب‌دوستی (B) مواد آلی می‌باشند (دیپهل و همکاران، ۲۰۰۹). از اینرو هدف از این تحقیق، بررسی تغییرات کربن-۱۴ خاک در برخی اجزاء مواد آلی در افق‌های A و B و نیز تعیین گروه‌های عاملی کربن آلی با استفاده از روش FTIR، در اثر تغییر کاربری جنگل پهن‌برگ به دو کاربری جنگل سوزنی‌برگ و مرتع می‌باشد.

مواد و روشها

نمونه‌های خاک از افق‌های A و B به همراه بقایای گیاهی سه کاربری جنگل پهن‌برگ (PF)، جنگل سوزنی‌برگ (SF) و مرتع (R) در منطقه کلاردشت انتخاب گردیدند. اجزاء اندازه‌ای مواد آلی خاک شامل قطعات مواد آلی^۳ (POM) (بزرگتر از ۰/۰۵۳ میلی‌متر) و ذرات سیلت+رس (کوچک‌تر از ۰/۰۵۳ میلی‌متر)، به روش گرگوریچ و بیر (۲۰۰۸) از یکدیگر تفکیک شدند. قطعات مواد آلی آزاد^۴ (F-POM)، براساس چگالی ۱/۷ گرم بر سانتی‌متر مکعب محلول یدید سدیم به روش گرگوریچ و بیر (۲۰۰۸)، جزء قطعات مواد آلی محصور درون خاکدانه^۵ (IA-POM) و جزء کمپلکس‌های رس+سیلت^۶ (IA-S+C) خاکدانه‌های افق A به روش لیاو و همکاران (۲۰۰۶)

1. Carbon Sequestration

2. Fourier Transform Infrared (FTIR)

3. Particulate Organic Matter (POM)

4. Free-POM (F-POM)

5. Intra-Aggregate POM (IA-POM)

6. Intra-Aggregate Silt + Clay (IA-S+C)



جداسازی شدند. اجزاء بعد از خشک شدن در دمای 60°C ، توزین، آسیاب و درصد کربن آنها با استفاده از دستگاه آنالیز عنصری CHN-Analyzer اندازه‌گیری گردیدند. گروه‌های عاملی و ترکیب شیمیایی بقایای گیاهی و اجزاء مواد آلی افق A سه کاربری PF، SF و R، به روش استوانسن (۱۹۹۴) با استفاده از دستگاه FT-IR spectrometry در محدوده $4000-400\text{ cm}^{-1}$ تعیین گردیدند. شاخص آبگریزی (نسبت شدت جذب باندهای 2920 cm^{-1} : 1630 cm^{-1}) بقایای گیاهی، اجزاء کربن آلی خاک و همچنین درصد جذب نسبی (rA%) گروه‌های عاملی غالب به روش هابرهو و همکاران (۱۹۹۸) برآورد گردیدند. به منظور سنجایی کربن-۱۴ نمونه خاک، کربن باید از حالت جامد به مایع بنزن تبدیل شود (اصغری زاده و همکاران، ۱۳۸۷).

جدول ۱- درصد جذب نسبی گروه‌های عاملی در بقایای گیاهی و اجزاء مختلف مواد آلی خاک افق A

درصد جذب نسبی (rA%)						
Polysaccharide-C	Aliphatic-C & Amide	Aromatic-C	Aliphatic-C	Phenolic-C	شاخص آبگریزی	کاربری اراضی
۴۵/۸۰	۱۶/۸۸	۶/۱۰	۷/۹۹	۲۳/۲۳	۱/۳۱	PF
۲۰/۷۴	۱۳/۶۱	۱۸/۳۴	۹/۸۷	۳۷/۴۴	-/۵۴	SF
۳۰/۳۳	۱۶/۷۴	۱۶/۳۹	۱۲/۰۵	۲۴/۴۹	-/۷۴	R
۳۹/۴۳	۱۳/۰۴	۱۶/۹۷	۸/۶۱	۲۱/۹۵	-/۵۱	PF
۳۳/۵۷	۱۶/۳۳	۱۸/۲۲	۹/۵۴	۲۲/۳۴	-/۵۲	SF
۴۳/۵۸	۱۱/۰۹	۱۳/۴۸	۹/۸۳	۲۲/۰۲	-/۷۳	R
۳۲/۴۵	۱۰/۹۱	۱۶/۵۳	۱۱/۹۶	۲۸/۱۵	-/۶۷	PF
۲۶/۹۳	۳۶/۹۳	۱۷/۰۸	۵/۰۷	۱۳/۹۹	-/۳	SF
۳۷/۰۲	۱۶/۲۸	۱۳/۷۵	۹/۲۲	۲۳/۷۴	-/۷۲	R
۵۸/۸۸	۸/۷۰	۱۱/۱۵	۲/۹۴	۱۸/۳۳	-/۲۶	PF
۵۸/۵۷	۸/۰۴	۱۰/۱۴	۵/۴۳	۱۷/۸۲	-/۵۴	SF
۵۸/۴۱	۸/۳۱	۱۱/۴۲	۲/۴۳	۱۹/۴۳	-/۲۱	R
۶۱/۴۱	۸/۶۲	۹/۶۷	۲/۷۳	۱۷/۵۷	-/۲۸	PF
۵۹/۴۹	۸/۳۸	۱۰/۳۱	۳/۶۹	۱۸/۱۳	-/۳۶	SF
۶۳/۳۱	۸/۴۷	۱۰/۳۲	۲/۳۱	۱۵/۵۹	-/۲۲	R

در این مطالعه طی مراحل اکسیداسیون، کربیداسیون، هیدرولیز و تریمریزاسیون کربن آلی خاک تحت شرایطی خلاء به بنزن تبدیل شده است. در این مطالعه سوزاندن کربن آلی در مرحله اکسیداسیون، در دمای 800°C درجه در حضور گاز اکسیژن خالص، به مدت یک ساعت انجام گردید (مقیسه، ۱۳۹۰؛ شین و همکاران، ۲۰۰۴). بنزن سنتز شده در حضور سنتیلاتور تجاری 3 Hisafe Optiphase بعد از ۳ تا ۴ هفته به مدت حداقل ۴۰۰ دقیقه در سه نوبت به وسیله دستگاه شمارنده سنتیلاسیون مایع شمارش شده و اکتیویته آن برحسب شمارش در دقیقه (Cpm) اندازه‌گیری گردید. به منظور انجام محاسبات سن کربن-۱۴، از استاندارد اگزالیک اسید (NBS) استفاده شد. سن کربن آلی نمونه‌ها براساس رابطه استیوار و پولاج (۱۹۷۷) محاسبه گردید. در این تحقیق جنگل پهن-برگ به عنوان کاربری شاهد بوده و اثرات تغییر آن به جنگل سوزنی‌برگ و مرتع بر درصد کربن با استفاده از نرم افزار آماری SPSS 19.0 مورد ارزیابی قرار گرفت.

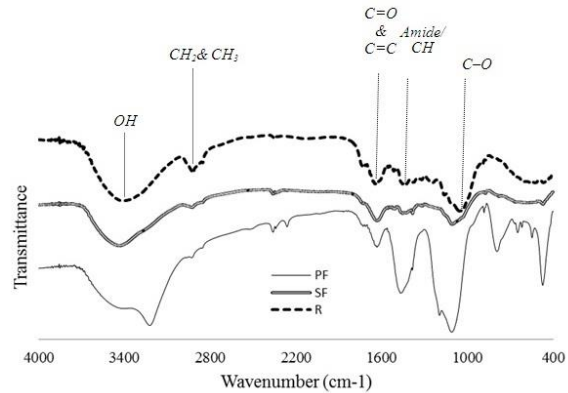
نتایج و بحث

در طیف FTIR بقایای گیاهی سه کاربری در نواحی 3420 cm^{-1} ، 2930 ، 1637 ، 1450 ، 1040 به ترتیب گروه‌های عاملی OH (ترکیبات فنلی)، C-H (کربن آلیفاتیک)، C=C (کربن آروماتیک)، C-H آلیفاتیک و آمیدی، و C-O پلی‌ساکاریدی شناسایی شدند (شکل ۱، جدول ۱؛ هابرهو و همکاران، ۱۹۹۸؛ ورکات و همکاران، ۲۰۱۱). برخلاف مطالعه آنتیسیاری و همکاران (۲۰۱۱)، در این تحقیق حداکثر شاخص آبگریزی در بقایای گیاهی

جنگل پهن برگ نسبت به جنگل سوزنی برگ و مرتع مشاهده گردید (جدول ۱). با تبدیل کاربری جنگل پهن برگ به سوزنی برگ، کربن آلی خاک در جزء اندازه‌های ذرات سیلت و رس افق A و B افزایش یافته (جدول ۲)، که همسو با نتایج والکُت و همکاران (۲۰۰۹) می‌باشد. در حالیکه اثر تغییر کاربری جنگل به مرتع، سبب کاهش کربن آلی در افق A، و افزایش در افق B شده است (جدول ۲؛ شریستا و همکاران، ۲۰۰۴).

جدول ۲. درصد و سن کربن آلی جزء سیلت + رس

افق	کاربری اراضی	کربن آلی (%)	سن کربن-۱۴ (سال)
A	PF	۳/۴۶b	۱۳۰۵±۳۷
	SF	۵/۹۶a	۹۸۸±۳۹
	R	۲/۸۷c	۱۱۹۱±۳۵
B ₁	PF	۱/۳۸b	۴۴۶۷±۵۰
	SF	۲/۵۳a	۴۴۱۰±۴۸
	R	۲/۶۹a	۸۰۷±۳۶



شکل ۱- طیف FTIR بقایای گیاهی کاربریهای PF، SF و R

براساس نتایج سن‌یابی با کربن-۱۴ مواد آلی خاک، در کاربری جنگل پهن برگ و سوزنی برگ سن کربن ذرات کوچک‌تر از ۵۳ میکرون، با عمق افزایش یافته است (جدول ۲). این افزایش سن کربن آلی با عمق همسو با مطالعات رامپل و همکاران (۲۰۰۲) می‌باشد. جوان بودن سن در افق A نشان‌دهنده ورود کربن از بقایای گیاهی و ریشه‌های مرده به خاک، و اختلاط آن با کربن قدیمی است (جدول ۲). در کاربری مرتع قرق، سن کربن آلی در افق B کمتر از افق A اندازه‌گیری شده (جدول ۲)، که همسو با نتایج فاویلی و همکاران (۲۰۰۸) می‌باشد. سن جوان کربن در افق‌های تحت‌الارض، مبین انتقال مواد آلی محلول از سطح به عمق‌های پایین‌تر، میزان گردش سریع مواد آلی یا انتقال مواد توسط جانوران خاکزی می‌باشد (رامپل و همکاران، ۲۰۰۲).

جدول ۳. درصد کربن آلی، سن کربن-۱۴ و درصد کربن مدرن در اجزاء مواد آلی خاکدانه‌های افق A

خاکدانه	کاربری اراضی	F-POM	IA-POM	IA-S+C	سن کربن-۱۴ (سال)
>۲mm	PF	۳۴/۰۸a	۹/۷۳a	۳/۲۶b	۸۰۴±۳۱***
	SF	۲۷/۸۲b	۹/۳۷a	۵/۵۴a	۱۴۰۴±۳۶
	R	۲۶/۴۲c	۹/۶۷a	۳/۲۳b	۱۰۴۹±۳۵
۰/۲۵۰-۲mm	PF	۳۳/۲۸a	۱۹/۰۲a	۴/۵۷b	۲۰۷۶±۳۴
	SF	۳۰/۲۲b	۷/۶۵c	۵/۸۹a	۴۷۲±۳۶
	R	۲۷/۵۴c	۹/۹۴b	۳/۳۹c	۱۶۵۹±۵
<۰/۰۵۳mm	PF	۳۱/۵۵a	۱۵/۸۰a	۵/۱۲b	-
	SF	۳۱/۲۶a	۴/۵۶b	۶/۶۷a	-
	R	۲۱/۴۵b	۴/۳۳b	۴/۲۹c	-

*: مقایسه آماری میانگین‌ها، حروف مشابه بیانگر عدم وجود تفاوت معنی‌داری (در سطح احتمال ۰/۰۵) میانگین‌ها هر خصوصیت بین کاربری‌ها (P>0.05). **: سن کربن-۱۴ جزء IA-S+C

در جزء IA-POM در کاربری جنگل پهن برگ، نسبت کربن آلیفاتیک به آروماتیک (A/B) در مقایسه با دیگر کاربری‌ها به شدت افزایش یافته است (جدول ۱؛ واگای و همکاران، ۲۰۰۹)؛ در حالیکه در سایر کاربری‌ها بخصوص جنگل سوزنی برگ کاهش یافته است. با محصور شدن این مواد آلیفاتیک در درون خاکدانه‌های کاربری PF، بر پایداری خاکدانه و توقف کربن آب‌گریز تأثیر گذاشته است (مقیسه، ۱۳۹۰). خاکدانه‌های درشت



جنگل پهن برگ و مرتع، ترکیبات فنلی و حلقوی کمتری نسبت به خاکدانه‌های ریز دارند که با نتایج سن کربن-¹⁴ همسو بوده و از سن کمتری نیز برخوردار هستند (جداول ۱ و ۳؛ سیکس و جاسترو، ۲۰۰۶)؛ در حالی که در خاکدانه‌های درشت جنگل سوزنی‌برگ، با مقدار ترکیبات حلقوی بیشتر، سن کربن-¹⁴ قدیمی‌تر نسبت به خاکدانه‌های ریز مشاهده شده است. از اینرو مطالعه کیفیت مواد آلی خاک بخصوص مقدار ترکیبات حلقوی به همراه کربن-¹⁴ آنها، شاخص مطمئنی برای مطالعه فرایندهای تجزیه و هموموسی شدن می باشد.

منابع

۱. اصغری زاده، ف.، سلیمی، ب.، قنادی مراغه، م.، هوچقانی، ا.، ۱۳۸۷. تعیین سن نمونه‌های صدف سواحل جنوبی ایران به روش سالیایی با رادیوکربن، مجله علمی-پژوهشی علوم و فنون هسته‌ای، جلد ۴۵ شماره ۳، صفحه‌های ۷ تا ۱۱.
۲. مقیسه، ا.، ۱۳۹۰. ارزیابی اثرات تغییر کاربری جنگل بر دینامیک و تغییرات ایزوتوپی کربن خاک (مطالعه موردی، کلاردشت استان مازندران)، رساله دکتری علوم خاک، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران.
3. Antisari LV, Marinari S, Dell'Abate MT, Baffi C, Vianello G. 2011. Plant cover and epipedon SOM stability as factors affecting brown soil profile development and microbial activity. *Geoderma* 161:212–224.
4. Diehl D, Ellerbrock RH, Schaumann GE. 2009. Influence of drying conditions on wet ability and DRIFT spectroscopic C–H band of soil samples, *European Journal of Soil Science*. 60: 557–566.
5. Ertlen D, Schwartz D, Trautmann MR, Brunet D. 2010. Discriminating between organic matter in soil from grass and forest by near-infrared spectroscopy. *European Journal Soil Science*. 61: 207–216.
6. Favilli F, Egli M, Cherubini P, Sartori G, Haerberli W, Delbos E. 2008. Comparison of different methods of obtaining a resilient organic matter fraction in Alpine soils, *Geoderma* 145: 355–369.
7. Gregorich EG, Beare M. 2008. Physically uncomplexed Organic Matter. In: M.R. Carter and E.G. Gregorich (eds). *Soil Sampling and Methods of Analysis*, (2th Ed.), Taylor & Francis Group, LLC. Chapter 47.
8. Haberhauer G, Rafferty B, Strebl F, Gerzabek MH. 1998. Comparison of the composition of forest soil litter derived from three different sites at various decompositional stages using FTIR spectroscopy”, *Geoderma* 83, 331-342.
9. Liao JD, Boutton TW, Jastrow JD. 2006. Storage and dynamics of carbon and nitrogen in soil physical fractions following woody plant invasion of grassland”, *Soil Biology and Biochemistry*. 38: 3184–3196.
10. Marzaioli F, Lubritto C, Galdo Id, D’Onofrio A, Cotrufo MF, Terrasi F. 2010. Comparison of different soil organic matter fractionation methodologies: Evidences from ultrasensitive ¹⁴C measurements, *Nuclear Instrumental and Meth Physic Research*. B, 268: 1062-1066.
11. Oik DC and Gregorich GE. 2006. Overview of the symposium proceedings, meaningful pools in determining soil carbon and nitrogen dynamics. *Soil Science Society of American Journal*, 70: 967–974.
12. Rethemeyer J, Grootes PM, Bruhn F, Andersen N, Nadeau MJ, Kramer C, Gleixner G. 2004. Age heterogeneity of soil organic matter. *Nuclear Instrumental & Meth Physic Research*. B.223–224:521-527.
13. Rumpel C, Kögel-Knabner I, Bruhn F 2002. Vertical distribution, age, and chemical composition of organic carbon in two forest soils of different pedogenesis, *Organic Geochemistry*. 33: 1131–1142.
14. Shen CD, Beer J, Ivy-Ochs S, Sun Y, Yi W, Kubik PW, Suter M, Li Z, Peng S, Yang Y. 2004. ¹⁰Be, ¹⁴C distribution and soil production rate in a soil profile of a grassland slope at Heshan Hilly land Guangdong. *Radiocarbon* 46(1):445–454.
15. Six J. and Jastrow JD. 2006. Organic matter turnover, In: R. Lal (Ed.), *Encyclopedia of Soil Science*. Marcel Dekker, New York, 936–942
16. Shrestha BM, Sitaula BK, Singh BR, Bajracharya RM. 2004. Soil organic carbon stocks in soil aggregates under different land use systems in Nepal. *Nutrient Cycle of Agro ecosystems* 70, 201-213.
17. Stevenson FJ. 1994. *Humus chemistry: genesis, composition, reactions*, John Wiley.
18. Stuiver M and Polach H. 1977. Discussion reporting of ¹⁴C data, *Radiocarbon* 19 (3): 355-363.
19. Verchot LV, Dutaur L, Shepherd KD, Albrecht A. 2011. Organic matter stabilization in soil aggregates: Understanding the biogeochemical mechanisms that determine the fate of carbon inputs in soils. *Geoderma*, 161(3–4): 182–193.
20. Walcott J, Bruce S, Sims J. 2009. Soil carbon for carbon sequestration and trading: a review of issues for agriculture and forestry, Bureau of Rural Sciences, Department of Agriculture, Fisheries & Forestry, Canberra.



21. Wagai R, Mayer LM, Kitatama K. 2009. Nature of the occluded low-density fraction in soil organic matter studies: A critical review. *Soil Science and Plant Nutrition*. 55: 13–25.



بررسی تغییرات کربن-۱۴ و کیفیت مواد آلی خاک در کاربری‌های مختلف اراضی

ابراهیم مقیسه^{۱*}، احمد حیدری^۲، محمد قنادی^۳، حسن توفیقی^۴، فریدون سرمدیان^۵، مصطفی کریمیان اقبال^۶، نجات پیرولی^۶، میراحمد موسوی^۶، علی خراسانی^۶، سعداله تیموری^۶

- ۱- عضو هیأت علمی پژوهشکده کاربرد پرتوها پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای
- ۲- عضو هیأت علمی گروه مهندسی علوم خاک دانشگاه تهران
- ۳- عضو هیأت علمی پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای
- ۴- عضو هیأت علمی گروه خاک شناسی دانشگاه تربیت مدرس
- ۵- عضو هیأت علمی پژوهشکده کاربرد پرتوها پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای
- ۶- کارشناسان پژوهشکده کاربرد پرتوها پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای؛ * نویسنده مسئول: کرج، رجائی شهر، بلوار شهید مودن، پژوهشکده کاربرد پرتوها، ص.ب ۳۱۴۸۵/۴۹۸؛ emoghiseh@nrcam.org

مقدمه

مواد آلی نقش مهمی در فرایندهای خاک همچون چرخه عناصر غذایی، تشکیل ساختمان خاک، توقف کربن^۱، نگهداری آب، سمیت‌زدایی ترکیبات شیمیایی، و منبع انرژی ریزجانداران خاک دارند (آلک و گرگوریچ، ۲۰۰۶). بیشتر مطالعات چند سال اخیر پیرامون اثر تغییر کاربری اراضی بر پویایی کربن آلی خاک، با استفاده از جداسازی آنها بر مبنای خاکدانه، چگالی، اندازه و ایزوتوپ‌های کربن بوده است (رتیمیر و همکاران، ۲۰۰۴؛ مارزایولی و همکاران، ۲۰۱۰). مطالعات محدودی مربوط به استفاده از طیف‌سنجی مادون قرمز برای شناسایی گروه‌های عاملی مواد آلی خاک وجود دارد (ارتلن، ۲۰۱۰). با استفاده از روش مادون قرمز تبدیل فوریر^۲ "FTIR"، گروه‌های عاملی مواد آلی و میزان تجزیه کیفیت بقایای گیاهی در کاربری‌های مختلف اراضی قابل شناسایی هستند (وُرکات و همکاران، ۲۰۱۱). گروه‌های عاملی آلیفاتیک (C-H) و آروماتیک (C=C) به ترتیب به عنوان شاخص آب‌گریزی (A) و آب‌دوستی (B) مواد آلی می‌باشند (دیپل و همکاران، ۲۰۰۹). از اینرو هدف از این تحقیق، بررسی تغییرات کربن-۱۴ خاک در برخی اجزاء مواد آلی در افق‌های A و B و نیز تعیین گروه‌های عاملی کربن آلی با استفاده از روش FTIR، در اثر تغییر کاربری جنگل پهن‌برگ به دو کاربری جنگل سوزنی‌برگ و مرتع می‌باشد.

مواد و روشها

نمونه‌های خاک از افق‌های A و B به همراه بقایای گیاهی سه کاربری جنگل پهن‌برگ (PF)، جنگل سوزنی‌برگ (SF) و مرتع (R) در منطقه کلاردشت انتخاب گردیدند. اجزاء اندازه‌ای مواد آلی خاک شامل قطعات مواد آلی^۳ (POM) (بزرگتر از ۰/۰۵۳ میلی‌متر) و ذرات سیلت+رس (کوچک‌تر از ۰/۰۵۳ میلی‌متر)، به روش گرگوریچ و بیر (۲۰۰۸) از یکدیگر تفکیک شدند. قطعات مواد آلی آزاد^۴ (F-POM)، براساس چگالی ۱/۷ گرم بر سانتی‌متر مکعب محلول یدید سدیم به روش گرگوریچ و بیر (۲۰۰۸)، جزء قطعات مواد آلی محصور درون خاکدانه^۵ (IA-POM) و جزء کمپلکس‌های رس+سیلت^۶ (IA-S+C) خاکدانه‌های افق A به روش لیاو و همکاران (۲۰۰۶)

1. Carbon Sequestration
2. Fourier Transform Infrared (FTIR)
3. Particulate Organic Matter (POM)
4. Free-POM (F-POM)
5. Intra-Aggregate POM (IA-POM)
6. Intra-Aggregate Silt + Clay (IA-S+C)



جداسازی شدند. اجزاء بعد از خشک شدن در دمای 60°C ، توزین، آسیاب و درصد کربن آنها با استفاده از دستگاه آنالیز عنصری CHN-Analyzer اندازه‌گیری گردیدند. گروه‌های عاملی و ترکیب شیمیایی بقایای گیاهی و اجزاء مواد آلی افق A سه کاربری PF، SF و R، به روش استوانسن (۱۹۹۴) با استفاده از دستگاه FT-IR spectrometry در محدوده $4000-400\text{ cm}^{-1}$ تعیین گردیدند. شاخص آبگریزی (نسبت شدت جذب باندهای 2920 cm^{-1} : 1630 cm^{-1}) بقایای گیاهی، اجزاء کربن آلی خاک و همچنین درصد جذب نسبی (rA%) گروه‌های عاملی غالب به روش هابرهو و همکاران (۱۹۹۸) برآورد گردیدند. به منظور سنجایی کربن-۱۴ نمونه خاک، کربن باید از حالت جامد به مایع بنزن تبدیل شود (اصغری زاده و همکاران، ۱۳۸۷).

جدول ۱- درصد جذب نسبی گروههای عاملی در بقایای گیاهی و اجزاء مختلف مواد آلی خاک افق A

درصد جذب نسبی (rA%)							
Polysaccharide-C	Aliphatic-C & Amide	Aromatic-C	Aliphatic-C	Phenolic-C	شاخص آبگریزی	کاربری اراضی	جزء کربن آلی
۴۵/۸۰	۱۶/۸۸	۶/۱۰	۷/۹۹	۲۳/۲۳	۱/۳۱	PF	بقایای گیاهی
۲۰/۷۴	۱۳/۶۱	۱۸/۳۴	۹/۸۷	۳۷/۴۴	-/۵۴	SF	
۳۰/۳۳	۱۶/۷۴	۱۶/۳۹	۱۲/۰۵	۲۴/۴۹	-/۷۴	R	
۳۹/۴۳	۱۳/۰۴	۱۶/۹۷	۸/۶۱	۲۱/۹۵	-/۵۱	PF	F-POM
۳۳/۵۷	۱۶/۳۳	۱۸/۲۲	۹/۵۴	۲۲/۳۴	-/۵۲	SF	
۴۳/۵۸	۱۱/۰۹	۱۳/۴۸	۹/۸۳	۲۲/۰۲	-/۷۳	R	
۳۲/۴۵	۱۰/۹۱	۱۶/۵۳	۱۱/۹۶	۲۸/۱۵	-/۶۷	PF	IA-POM
۲۶/۹۳	۳۶/۹۳	۱۷/۰۸	۵/۰۷	۱۳/۹۹	-/۳	SF	
۳۷/۰۲	۱۶/۲۸	۱۳/۷۵	۹/۲۲	۲۳/۷۴	-/۷۲	R	
۵۸/۸۸	۸/۷۰	۱۱/۱۵	۲/۹۴	۱۸/۳۳	-/۲۶	PF	IA-S+C (0.250-2mm)
۵۸/۵۷	۸/۰۴	۱۰/۱۴	۵/۴۳	۱۷/۸۲	-/۵۴	SF	
۵۸/۴۱	۸/۳۱	۱۱/۴۲	۲/۴۳	۱۹/۴۳	-/۲۱	R	
۶۱/۴۱	۸/۶۲	۹/۶۷	۲/۷۳	۱۷/۵۷	-/۲۸	PF	IA-S+C (>2 mm)
۵۹/۴۹	۸/۳۸	۱۰/۳۱	۳/۶۹	۱۸/۱۳	-/۳۶	SF	
۶۳/۳۱	۸/۴۷	۱۰/۳۲	۲/۳۱	۱۵/۵۹	-/۲۲	R	

در این مطالعه طی مراحل اکسیداسیون، کربیداسیون، هیدرولیز و تریمریزاسیون کربن آلی خاک تحت شرایطی خلاء به بنزن تبدیل شده است. در این مطالعه سوزاندن کربن آلی در مرحله اکسیداسیون، در دمای 800°C درجه در حضور گاز اکسیژن خالص، به مدت یک ساعت انجام گردید (مقیسه، ۱۳۹۰؛ شین و همکاران، ۲۰۰۴). بنزن سنتز شده در حضور سنتیلاتور تجاری 3 Hisafe Optiphase بعد از ۳ تا ۴ هفته به مدت حداقل ۴۰۰ دقیقه در سه نوبت به وسیله دستگاه شمارنده سنتیلاسیون مایع شمارش شده و اکتیویته آن برحسب شمارش در دقیقه (Cpm) اندازه‌گیری گردید. به منظور انجام محاسبات سن کربن-۱۴، از استاندارد اگزالیک اسید (NBS) استفاده شد. سن کربن آلی نمونه‌ها براساس رابطه استیوار و پولاج (۱۹۷۷) محاسبه گردید. در این تحقیق جنگل پهن-برگ به عنوان کاربری شاهد بوده و اثرات تغییر آن به جنگل سوزنی‌برگ و مرتع بر درصد کربن با استفاده از نرم افزار آماری SPSS 19.0 مورد ارزیابی قرار گرفت.

نتایج و بحث

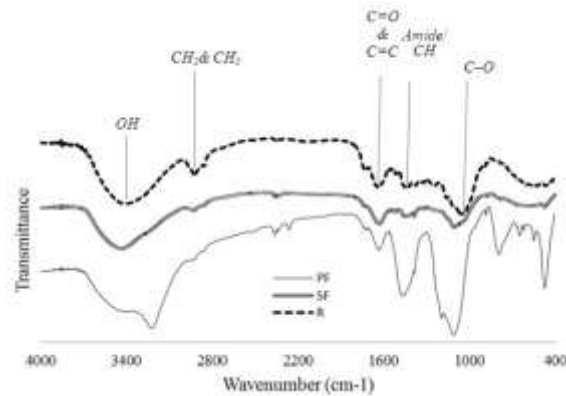
در طیف FTIR بقایای گیاهی سه کاربری در نواحی 3420 cm^{-1} ، 2930 ، 1637 ، 1450 ، 1040 به ترتیب گروه‌های عاملی OH (ترکیبات فنلی)، C-H (کربن آلیفاتیک)، C=C (کربن آروماتیک)، C-H آلیفاتیک و آمیدی، و C-O پلی‌ساکارییدی شناسایی شدند (شکل ۱، جدول ۱؛ هابرهو و همکاران، ۱۹۹۸؛ ورکات و همکاران، ۲۰۱۱). برخلاف مطالعه آنتیسیاری و همکاران (۲۰۱۱)، در این تحقیق حداکثر شاخص آبگریزی در بقایای گیاهی



جنگل پهن برگ نسبت به جنگل سوزنی برگ و مرتع مشاهده گردید (جدول ۱). با تبدیل کاربری جنگل پهن برگ به سوزنی برگ، کربن آلی خاک در جزء اندازه‌های ذرات سیلت و رس افق A و B افزایش یافته (جدول ۲)، که همسو با نتایج والکُت و همکاران (۲۰۰۹) می‌باشد. در حالیکه اثر تغییر کاربری جنگل به مرتع، سبب کاهش کربن آلی در افق A، و افزایش در افق B شده است (جدول ۲؛ شریستا و همکاران، ۲۰۰۴).

جدول ۲. درصد و سن کربن آلی جزء سیلت + رس

افق	کاربری اراضی	کربن آلی (%)	سن کربن-۱۴ (سال)
A	PF	۳/۴۶b	۱۳۰۵±۳۷
	SF	۵/۹۶a	۹۸۸±۳۹
	R	۲/۸۷c	۱۱۹۱±۳۵
B ₁	PF	۱/۳۸b	۴۴۶۷±۵۰
	SF	۲/۵۳a	۴۴۱۰±۴۸
	R	۲/۶۹a	۸۰۷±۳۶



شکل ۱- طیف FTIR بقایای گیاهی کاربریهای PF، SF و R

بر اساس نتایج سن‌یابی با کربن-۱۴ مواد آلی خاک، در کاربری جنگل پهن برگ و سوزنی برگ سن کربن ذرات کوچک‌تر از ۵۳ میکرون، با عمق افزایش یافته است (جدول ۲). این افزایش سن کربن آلی با عمق همسو با مطالعات رامپل و همکاران (۲۰۰۲) می‌باشد. جوان بودن سن در افق A نشان‌دهنده ورود کربن از بقایای گیاهی و ریشه‌های مرده به خاک، و اختلاط آن با کربن قدیمی است (جدول ۲). در کاربری مرتع قرق، سن کربن آلی در افق B کمتر از افق A اندازه‌گیری شده (جدول ۲)، که همسو با نتایج فاویلی و همکاران (۲۰۰۸) می‌باشد. سن جوان کربن در افق‌های تحت‌الارض، مبین انتقال مواد آلی محلول از سطح به عمق‌های پایین‌تر، میزان گردش سریع مواد آلی یا انتقال مواد توسط جانوران خاکزی می‌باشد (رامپل و همکاران، ۲۰۰۲).

جدول ۳. درصد کربن آلی، سن کربن-۱۴ و درصد کربن مدرن در اجزاء مواد آلی خاکدانه‌های افق A

خاکدانه	کاربری اراضی	F-POM	IA-POM	IA-S+C	سن کربن-۱۴ (سال)
>۲mm	PF	۳۴/۰۸a	۹/۷۳a	۳/۲۶b	۸۰۴±۳۱***
	SF	۲۷/۸۲b	۹/۳۷a	۵/۵۴a	۱۴۰۴±۳۶
	R	۲۶/۴۲c	۹/۶۷a	۳/۲۳b	۱۰۴۹±۳۵
۰/۲۵۰-۲mm	PF	۳۳/۲۸a	۱۹/۰۲a	۴/۵۷b	۲۰۷۶±۳۴
	SF	۳۰/۲۲b	۷/۶۵c	۵/۸۹a	۴۷۲±۳۶
	R	۲۷/۵۴c	۹/۹۴b	۳/۳۹c	۱۶۵۹±۵
<۰/۰۵۳mm	PF	۳۱/۵۵a	۱۵/۸۰a	۵/۱۲b	-
	SF	۳۱/۲۶a	۴/۵۶b	۶/۶۷a	-
	R	۲۱/۴۵b	۴/۳۳b	۴/۲۹c	-

*: مقایسه آماری میانگین‌ها، حروف مشابه بیانگر عدم وجود تفاوت معنی‌داری (در سطح احتمال ۰/۰۵) میانگین‌ها هر خصوصیت بین کاربری‌ها (P>0.05). **: سن کربن-۱۴ جزء IA-S+C

در جزء IA-POM در کاربری جنگل پهن برگ، نسبت کربن آلیفاتیک به آروماتیک (A/B) در مقایسه با دیگر کاربری‌ها به شدت افزایش یافته است (جدول ۱؛ واگای و همکاران، ۲۰۰۹)؛ در حالیکه در سایر کاربری‌ها بخصوص جنگل سوزنی برگ کاهش یافته است. با محصور شدن این مواد آلیفاتیک در درون خاکدانه‌های کاربری PF، بر پایداری خاکدانه و توقف کربن آب‌گریز تأثیر گذاشته است (مقیسه، ۱۳۹۰). خاکدانه‌های درشت



جنگل پهن برگ و مرتع، ترکیبات فنلی و حلقوی کمتری نسبت به خاکدانه‌های ریز دارند که با نتایج سن کربن-^{۱۴} همسو بوده و از سن کمتری نیز برخوردار هستند (جداول ۱ و ۳؛ سیکس و جاسترو، ۲۰۰۶)؛ در حالی که در خاکدانه‌های درشت جنگل سوزنی‌برگ، با مقدار ترکیبات حلقوی بیشتر، سن کربن-^{۱۴} قدیمی‌تر نسبت به خاکدانه‌های ریز مشاهده شده است. از اینرو مطالعه کیفیت مواد آلی خاک بخصوص مقدار ترکیبات حلقوی به همراه کربن-^{۱۴} آنها، شاخص مطمئنی برای مطالعه فرایندهای تجزیه و هوموسی شدن می باشد.

منابع

- اصغری زاده، ف.، سلیمی، ب.، قنادی مراغه، م.، هوچقانی، ا.، ۱۳۸۷. تعیین سن نمونه‌های صدف سواحل جنوبی ایران به روش سالیایی با رادیوکربن، مجله علمی-پژوهشی علوم و فنون هسته‌ای، جلد ۴۵ شماره ۳، صفحه‌های ۷ تا ۱۱.
- مقیسه، ا.، ۱۳۹۰. ارزیابی اثرات تغییر کاربری جنگل بر دینامیک و تغییرات ایزوتوپی کربن خاک (مطالعه موردی، کلاردشت استان مازندران)، رساله دکتری علوم خاک، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران.
- Antisari LV, Marinari S, Dell'Abate MT, Baffi C, Vianello G. 2011. Plant cover and epipedon SOM stability as factors affecting brown soil profile development and microbial activity. *Geoderma* 161:212–224.
- Diehl D, Ellerbrock RH, Schaumann GE. 2009. Influence of drying conditions on wet ability and DRIFT spectroscopic C–H band of soil samples, *European Journal of Soil Science*. 60: 557–566.
- Ertlen D, Schwartz D, Trautmann MR, Brunet D. 2010. Discriminating between organic matter in soil from grass and forest by near-infrared spectroscopy. *European Journal Soil Science*. 61: 207–216.
- Favilli F, Egli M, Cherubini P, Sartori G, Haeberli W, Delbos E. 2008. Comparison of different methods of obtaining a resilient organic matter fraction in Alpine soils, *Geoderma* 145: 355–369.
- Gregorich EG, Beare M. 2008. Physically uncomplexed Organic Matter. In: M.R. Carter and E.G. Gregorich (eds). *Soil Sampling and Methods of Analysis*, (2th Ed.), Taylor & Francis Group, LLC. Chapter 47.
- Haberhauer G, Rafferty B, Strebl F, Gerzabek MH. 1998. Comparison of the composition of forest soil litter derived from three different sites at various decompositional stages using FTIR spectroscopy”, *Geoderma* 83, 331–342.
- Liao JD, Boutton TW, Jastrow JD. 2006. Storage and dynamics of carbon and nitrogen in soil physical fractions following woody plant invasion of grassland”, *Soil Biology and Biochemistry*. 38: 3184–3196.
- Marzaioli F, Lubritto C, Galdo Id, D’Onofrio A, Cotrufo MF, Terrasi F. 2010. Comparison of different soil organic matter fractionation methodologies: Evidences from ultrasensitive ¹⁴C measurements, *Nuclear Instrumental and Meth Physic Research*. B, 268: 1062–1066.
- Olk DC and Gregorich GE. 2006. Overview of the symposium proceedings, meaningful pools in determining soil carbon and nitrogen dynamics. *Soil Science Society of American Journal*, 70: 967–974.
- Rethemeyer J, Grootes PM, Bruhn F, Andersen N, Nadeau MJ, Kramer C, Gleixner G. 2004. Age heterogeneity of soil organic matter. *Nuclear Instrumental & Meth Physic Research*. B.223–224:521–527.
- Rumpel C, Kögel-Knabner I, Bruhn F 2002. Vertical distribution, age, and chemical composition of organic carbon in two forest soils of different pedogenesis, *Organic Geochemistry*. 33: 1131–1142.
- Shen CD, Beer J, Ivy-Ochs S, Sun Y, Yi W, Kubik PW, Suter M, Li Z, Peng S, Yang Y. 2004. ¹⁰Be, ¹⁴C distribution and soil production rate in a soil profile of a grassland slope at Heshan Hilly land Guangdong. *Radiocarbon* 46(1):445–454.
- Six J. and Jastrow JD. 2006. Organic matter turnover, In: R. Lal (Ed.), *Encyclopedia of Soil Science*. Marcel Dekker, New York, 936–942
- Shrestha BM, Sitaula BK, Singh BR, Bajracharya RM. 2004. Soil organic carbon stocks in soil aggregates under different land use systems in Nepal. *Nutrient Cycle of Agro ecosystems* 70, 201–213.
- Stevenson FJ. 1994. *Humus chemistry: genesis, composition, reactions*, John Wiley.
- Stuiver M and Polach H. 1977. Discussion reporting of ¹⁴C data, *Radiocarbon* 19 (3): 355–363.
- Verchot LV, Dutaur L, Shepherd KD, Albrecht A. 2011. Organic matter stabilization in soil aggregates: Understanding the biogeochemical mechanisms that determine the fate of carbon inputs in soils. *Geoderma*, 161(3–4): 182–193.
- Walcott J, Bruce S, Sims J. 2009. *Soil carbon for carbon sequestration and trading: a review of issues for agriculture and forestry*, Bureau of Rural Sciences, Department of Agriculture, Fisheries & Forestry, Canberra.



Wagai R, Mayer LM, Kitatama K. 2009. Nature of the occluded low-density fraction in soil organic matter studies: A critical review. *Soil Science and Plant Nutrition*. 55: 13–25.



ارزیابی شاخص بازتاب طیفی - ترکیبی در شناسایی و تهیه نقشه شوری خاک

حمیدرضا متین فر^۱، شکوفه شکری^۲

۱- حمیدرضا متین فر، استادیار علوم خاک، دانشگاه لرستان، matinfar44@gmail.com

۲- شکوفه شکری، دانشجوی کارشناسی ارشد علوم خاک، دانشگاه لرستان

مقدمه

با توجه به تغییرات گسترده ی مکانی و زمانی شوری تهیه نقشه شوری وقت گیر، پر هزینه و مشکل است. روشهای سنجش از دوری هزینه های نقشه برداری را بطور قابل ملاحظه ای کاهش می دهند، این روشها معمولا خاکهای لخت و بایر را بررسی می کنند و به گیاهان هالوفیت و نقش شان به عنوان شاخصهای شوری کمتر اشاره دارند. هدف این مقاله بررسی رابطه بین خصوصیات خاک (هدایت الکتریکی عصاره اشباع و نسبت جذب سدیم) با انعکاس طیفی گونه های گیاهی و خاکهای لخت می باشد، الگوریتمی که امکان تهیه نقشه شوری در مقیاسهای مختلف را با استفاده از سنجش از دور می دهد. در این روش بازتاب طیفی گونه های گیاهی مختلف و خاک بایر اندازه گیری می شود. شاخص انعکاس طیفی - ترکیبی (COSRI) برای خاکهای لخت و پوشش گیاهی با استفاده از شاخص پوشش گیاهی نرمال شده NDVI محاسبه می شود. شوری یکی از عوامل اصلی تخریب خاک در مناطق خشک و نیمه خشک در سراسر جهان می باشد. شوری خاک مانع رشد گیاهان و محصولات کشاورزی می شود و فرسایش خاک را افزایش می دهد (Szabolcs, 1989). زمین نماهای متأثر از شوری، حساسیت بالایی به تغییرات اقلیمی، ویژگی های خاکی، شرایط هیدرولوژی در زمان و مکان دارند (Kerte'sz and To' th, 1994). شناسایی و نقشه برداری این مناطق مشکل است زیرا غلظت نمک به طور فصلی متفاوت بوده و در مدت کوتاهی تغییرات آن قابل ملاحظه می باشد. شناسایی خاکهای تحت تاثیر شوری معمولا با توجه به خصوصیات شیمیایی خاک صورت می گیرد. مانند: میزان pH، مقدار نمک اندازه گیری شده به عنوان هدایت الکتریکی (ECe) در عصاره اشباعی خاک و عصاره های با نسبتهای مختلف خاک/ آب، سدیم تبادلی و ظرفیت تبادل کاتیونی که از آنها (ESP) درصد سدیم تبادلی محاسبه شد و نسبت غلظت سدیم (Na^+) به سایر کاتیونها (Mg^{2+} , Ca^{2+} , K^+) در محلول خاک یا در عصاره آبی، که همان نسبت جذب سدیم (SAR) می باشد (Kerte'sz and To' th 1994). برای تهیه نقشه های دقیق و تفصیلی تعداد زیادی از نمونه های مورد استفاده ی روشهای قبلی مورد نیاز است تا از طریق آن طرح گسترش یابد. تهیه چنین نقشه ای وقت گیر و پرهزینه است؛ بنابراین روشهای خاص که قابل ملاحظه اند شامل: اسپکتروسکوپی و سنجش از دور است (Milton, 1987). تعدادی از محققین، مناطق متأثر از شوری را با استفاده از تصاویر ماهواره، هوایی و روشهای رادیوسنجی زمین شناسایی کردند. اساس این روشها همبستگی بین بازتاب نمک، شاخص های مستقیم و غیر مستقیم خاکهای شور و قلیائی است. (Csillag et al., 1993; Verma et al., 1994). از آنجاییکه استفاده از روش های رادیومتری زمینی (Csillag et al., 1993) و رادیومتری آزمایشگاهی برای نمونه های خاک (Valeriano et al., 1995) پر هزینه است، اغلب این مطالعات براساس مشاهده و یا طبقه بندی نیمه اتوماتیکی داده های رقومی انجام شدند (Long Verma et al., 1994; and Nielsen, 1987). خاکهای لخت معمولا دارای جوامع گیاهی کم



هالوفیت و یا بدون آن گزارش شدند. تنوع، پوشش و رشد و غالبیت گیاهان با گونه های متحمل به شوری و قلیائیت بطور گسترده ای در سازگاری است. بنابراین گیاهان می توانند برای پیش بینی متغیرهای خاک که بیشتر با مشاهدات مزرعه ای و یا سنجش از دوری صورت می گیرد مانند pH و میزان شور و سدیمی استفاده شوند. (Kerte'sz and To'th, 1994). برخی از واکنش های فیزیولوژیکی و زیست محیطی تولیدات گیاهی، یک پاسخ طیفی منحصر بفرد تولید می کند که می تواند توسط سنجنده های طیف سنجی شناسایی شوند. بازتاب طیفی گیاهان به طور گسترده ای با استفاده از شاخص پوشش گیاهی نرمال شده (NDVI) مورد مطالعه قرار گرفته است (Diouf and Lambin, 2001; Nagler, et al., 2001; Alnlutt et al., 2002, To'th et al., 1991; Schmidt and Karnieli al., 2002). هدف این مطالعه معرفی روشهای کم هزینه با دقت در اندازه گیری و با کیفیت طیفی برای برآورد نیازهای این نوع نقشه برداری ها است.

مواد و روشها

منطقه مطالعاتی محدوده راوند در غرب شهرستان کاشان می باشد.

تعداد ۴۰ نمونه خاک از عمق صفر تا ۱۵ سانتیمتر برداشت و به آزمایشگاه انتقال یافت. اندازه گیری مقادیر شوری، pH و کاتیونها و آنیونها طبق دستورالعملهای موسسه آب و خاک انجام گرفت SAR براساس معادله زیر به دست آمد (Brady and Weil, 1999).

$$SAR = [Na^+]/\sqrt{1/2 \times ([Ca^{2+}] + [Mg^{2+}])} \quad (\text{معادله ۱})$$

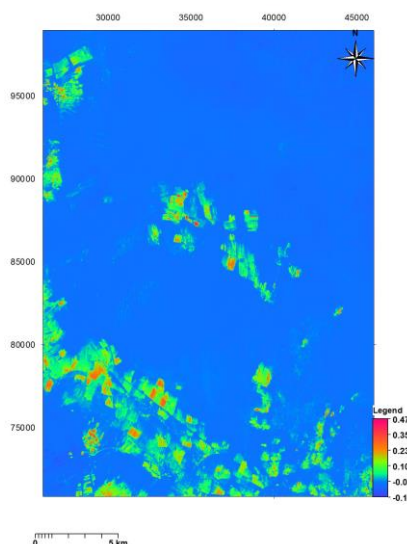
مقادیر ECE و SAR خاک سطحی (۰-۱۵cm) در عصاره اشباع محاسبه شد. بازتابهای طیفی گونه های گیاهی مختلف و رنگ خاک لخت مقایسه شدند. NDVI برای هر نمونه محاسبه شد و همبستگی با استفاده از ضریب همبستگی پیرسون برای تعیین رابطه بین NDVI و ECE و SAR صورت گرفت. الگوریتم های مختلفی با استفاده از باندهای ۱ تا ۴ در ترکیب با NDVI آزمایش شد، به این منظور برای پیدا کردن بهترین رابطه برای هدایت الکتریکی و مقدار سدیم، بازتاب خاک لخت تلفیق گردیدند. الگوریتم ترکیبی نهایی برای بیان ترکیب بازتابهای طیفی خاک لخت و پوشش گیاهی، COSRI (شاخص بازتاب طیفی - ترکیبی) استفاده شد. زمانی که رابطه بین COSRI و مقادیر ECE و SAR خاک به ترتیب ثبت شد، بررسی های رگرسیونی برای توصیف رابطه کارکردی پیش بینی ECE یا SAR خاک با مقادیر COSRI و مدل های نمایی ارائه گردید تا امکان پیش بینی شوری فراهم شود.

$$COSRI = [(band 1 + band 2)/(band 3 + band 4)] \times NDVI \quad (\text{معادله ۲})$$

$$NDVI = NIR - RED / NIR + RED. \quad (\text{معادله ۳})$$

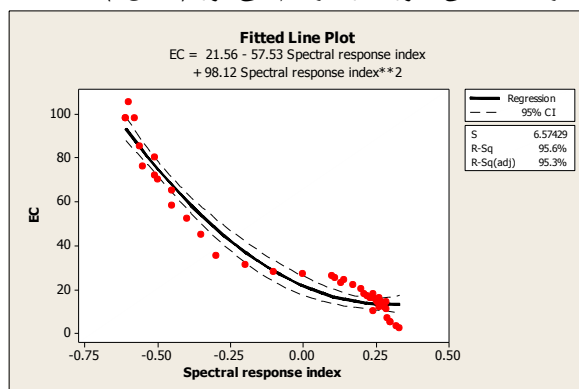
نتایج

مناطق با داشتن پوشش گیاهی، شاخص عملکرد بالایی دارند زیرا بازتاب مادون قرمز نزدیک نسبتاً بزرگی داشته و بازتاب کمی در ناحیه قرمز دارند. برعکس آب و خاک تحت تاثیر نمک بازتاب بیشتری در ناحیه مرئی نسبت به مادون قرمز نزدیک دارند، بنابراین مقدار شاخص عملکرد آنها منفی است. سنگها و خاکهای لخت متأثر از شوری به طور مشابه بازتاب کمتری در هر دو باند دارند بنابراین مقدار NDVI برای آنها نزدیک صفر است (شکل ۱).



شکل ۱- شاخص NDVI محاسبه شده برای محدوده مطالعاتی-ناحیه شمالی منطقه عاری از پوشش گیاهی و ناحیه جنوب- جنوب غرب زراعت‌های آبی پراکنده

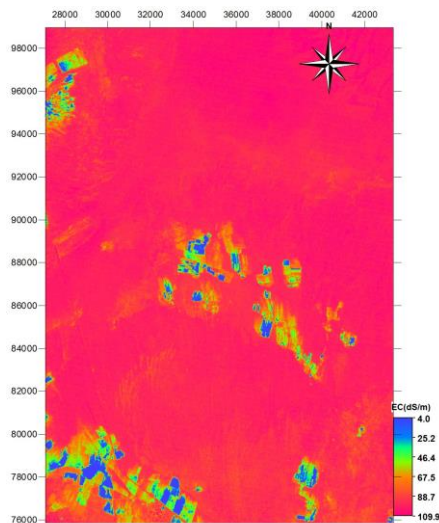
از آنجایی که شاخص COSRI یک شاخص نسبی است، مقدار دقیق را با هر باندی ثبت می کند، بنابراین نیاز به بازتاب سنج پیچیده نیست. آنچه اهمیت دارد، اختلاف بین طول موج کوتاه (باند آبی و سبز) و طول موج بلند (باند های قرمز و مادون قرمز نزدیک) است. اطلاعات ساخت این شاخص می تواند با رادیومتری ساده و کم هزینه به دست آید. هنگام کار با عکس هوایی یا ماهواره ای، اندازه پیکسل و اطلاع از اجزاء تشکیل دهنده ی آن برای جلوگیری از اثرات ترکیبی پیکسل ها مهم است (Collado et al., 2002). این اثرات ترکیبی شناسایی مقدار بازتاب ویژه برای هر پیکسل معین که شامل گونه های مختلف گیاهی و خاک لخت است را مشکل می سازد. اما شاخص ترکیب بازتاب طیفی با لحاظ نمودن اثرات بازتاب پدیده های مختلف امکان شناسایی و ارائه مدل مناسب برای تخمین شوری را فراهم می آورد(شکل ۲)



شکل ۲- نمودار رابطه بین شوری و شاخص ترکیب انعکاسی باندهای محدوده مرئی و مادون قرمز نزدیک

مدل برازش شده بر داده های شوری و شاخص انعکاس طیفی ترکیبی(معادله ۴) با ضریب تبیین ۹۵/۶ درصد نشان دهنده قابلیت بالای آن در برآورد شوری است. بر این مبنا مقادیر تصویر شاخص ترکیبی در مدل قرار

گرفت و نقشه شوری مناطق مختلف تصویر محاسبه شد (شکل ۳). مشاهدات میدانی در سراسر منطقه نشان می دهد در محدوده شمال شرق بیشترین شوری و در محدوده جنوب غرب که منطبق با اراضی واریزه ای و اراضی تحت کشت و باغات است کمترین شوری را دارند. تطبیق نقشه شوری حاصل از مدل با نقاط کنترل مبین ۸۵ درصد صحت برآورد می باشد که می تواند روش فوق را به عنوان روشی مک هزینه و سریع برای تهیه نقشه شوری خاک معرفی نماید



شکل ۳- نقشه شوری حاصل از اجرای معادله ۴ بر تصویر شاخص ترکیب طیفی

منابع:

1. Alnutt, T.F., Wettengel, W.W., Valde's Reyna, J., De Leo' n Garcí'a, R., In' igo Eli' as, E., Olson, D.M., 2002. The efficacy of TM satellite imagery for rapid assessment of Chihuahuan xeric intactness for ecoregion-scale conservation planning. *Journal of Arid Environments* 52, 135–153.
2. Brady, N.C., Weil, R., 1999. *The Nature and Properties of Soils*. Prentice-Hall International Editions, New Jersey, USA 740pp.
3. Collado, A.D., Chuvieco, E., Camarasa, A., 2002. Satellite remote sensing analysis to monitor desertification processes in the crop-rangeland boundary of Argentina. *Journal of Arid Environments* 52, 121–133.
4. Csillag, F., Pa' stor, L., Biehl, L.L., 1993. Spectral band selection for the characterization of salinity status of soils. *Remote Sensing of Environment* 43, 231–242.
5. Diouf, A., Lambin, E.F., 2001. Monitoring land-cover changes in semi-arid regions: remote sensing data and field observations in the Ferlo, Senegal. *Journal of Arid Environments* 48, 129–148.
6. Kerte' sz, M., To' th, T., 1994. Soil survey based on sampling scheme adjusted to local heterogeneity. *Agroke' mia e' s Talajtan* 43 (1–2), 113–132.
7. Long, D.S., Nielsen, G.A., 1987. Detection and inventory of saline seep using color infrared aerial photographs and video image analysis. In: *Proceedings of the 14th Workshop Color Aerial Photography and Videography in Resource Monitoring*. Montana State University, Bozeman, MT, USA, pp. 220–232.



8. Milton, E.J., 1987. Principles of field spectroscopy. *International Journal of Remote Sensing* 8 (12), 1807–1827.
9. Nagler, P., Glenn, E.P., Huete, A.R., 2001. Assessment of spectral vegetation indices for riparian vegetation in the Colorado River delta, Mexico. *Journal of Arid Environments* 49, 91–110.
10. Schmidt, H., Karnieli, A., 2000. Remote sensing of the seasonal variability of vegetation in a semi-arid environment. *Journal of Arid Environments* 45, 43–59.
11. Szabolcs, I., 1989. *Salt-Affected Soils*. CRC Press Inc., Boca Raton, FL 274pp.
12. Toth, T., Csillag, F., Biehl, L.L., Miche´ li, E., 1991. Characterization of semivegetated salt-affected soils by means of field remote sensing. *Remote Sensing of Environment* 37, 167–180.
13. Valeriano, M.M., Epiphanyo, J.C.N., Formaggio, A.R., Oliveira, J.B., 1995. Bi-directional reflectance factor of 14 soil classes from Brazil. *International Journal of Remote Sensing* 16 (1), 113–128.
14. Verma, K.S., Saxena, R.K., Barthwal, A.K., Deshmukh, S.N., 1994. Remote sensing technique for mapping salt affected soils. *International Journal of Remote Sensing* 15 (9), 1901–1914.



برآورد شوری خاک‌های جنوب اهواز بر مبنای مدلسازی داده‌های طیفی سنجنده ETM⁺

تگین حسونندی¹، احمد لندی²، حمیدرضا متین‌فر³

- 1- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد خاک‌شناسی، دانشگاه شهید چمران اهواز،
- 2- دانشیار گروه خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز،
- 3- استادیار گروه خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان

مقدمه

شور شدن خاک یکی از رایج‌ترین فرآیندهای تخریب زمین در مناطقی است که میزان بارندگی کمتر از تبخیر و تعرق است، این مناطق از نظر طبقه‌بندی اقلیمی به مناطق خشک و نیمه خشک معروفند (عبدالفتاح، 2009). به طور متوسط 20 درصد اراضی آبی جهان تحت تأثیر شوری می‌باشند که این مقدار در کشورهای نظیر ایران و مصر تا 30 درصد نیز افزایش خواهد یافت (مترنیخت و زینک، 2003). مطالعه خاک‌های شور با توجه به جمعیت رو به رشد کشورمان از اهمیت فراوانی برخوردار می‌باشد. با استفاده از اطلاعات بهنگام خاک هر منطقه می‌توان، کمک زیادی به مطالعه روند شور شدن خاک و کاهش بیابان‌زایی نمود (دادرسی و همکاران، 1385). یکی از ابزارهای مؤثر در این‌گونه مطالعات، استفاده از فن‌آوری سنجش از دور و بهره‌گیری از تصاویر ماهواره‌ای است. استفاده از فن‌آوری دورسنجی و بکارگیری داده‌های ماهواره‌ای اغلب موجب صرفه‌جویی در وقت، هزینه و افزایش دقت و سرعت می‌گردد. استفاده از تصاویر ماهواره‌ای توسط محققان زیادی در زمینه علوم خاک با اهداف مختلفی بررسی شده است (گولد شلجر و همکاران، 2004). هدف از تحقیق حاضر پی بردن به وجود ارتباط بین داده‌های طیفی سنجنده ETM⁺ و شوری سطحی خاک و در نهایت ارائه مدل مناسب جهت تهیه نقشه شوری در بخشی از اراضی جنوب اهواز می‌باشد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه در جنوب اهواز بین عرض‌های جغرافیایی $31^{\circ} 20'$ تا $31^{\circ} 25'$ شمالی و طول جغرافیایی $48^{\circ} 25'$ تا $48^{\circ} 50'$ شرقی واقع شده است. مساحت منطقه مورد مطالعه بالغ بر 84953 هکتار می‌باشد. رژیم رطوبتی آن اریدیک یا توریک می‌باشد که این رژیم در شرایط آب و هوایی خشک حاصل می‌گردد. میزان متوسط بارندگی سالانه بالغ بر 242 میلی‌متر است. شیب منطقه در حدود 1-2 درصد بوده و از نظر فیزیوگرافی منطقه مسطح و شامل دشت‌های آبرفتی رودخانه‌ای و دشت‌های رسوبی می‌باشد (طاهرزاده و همکاران، 1372). برای نمونه‌برداری صحرائی از خاک ابتدا موقعیت مکانی نمونه‌ها با استفاده از تفسیر چشمی و تفاوت در بازتاب طیفی پدیده‌های مختلف تعیین شد و مختصات نقاط تعیین شده به دستگاه GPS جهت مراجعات صحرائی و نمونه‌برداری انتقال یافت. نمونه‌برداری از عمق 0-15 سانتی‌متر از نقاط با مختصات معلوم برداشت گردید. به منظور افزایش دقت علاوه بر نمونه‌برداری از نقطه اصلی، نمونه‌های کمکی در سه جهت متفاوت با زاویه 120 درجه و با فاصله 25 متر از نقطه اصلی برداشته شد و با نمونه اصلی مخلوط گردید و به آزمایشگاه منتقل شد. سپس هدایت الکتریکی عصاره اشباع نمونه‌ها به روش‌های آزمایشگاهی اندازه‌گیری شد.



با توجه به این که استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست در ایران رایج‌تر است و با توجه به پوشش زمانی خوب این تصاویر، در این مطالعه داده‌های رقومی چند طیفی ETM^+ مربوط به ماهواره لندست 7، مربوط به 2 آوریل 2010 مورد استفاده قرار گرفت. از تکنیک‌های مختلف بارزسازی تصاویر نظیر ایجاد تصویر رنگی کاذب¹ از منطقه، نسبت‌گیری، تجزیه مؤلفه‌های اصلی و تبدیل تسلدکپ² (شاخص روشنایی، سبزی‌نگی و خیسی) در پردازش تصاویر و تجزیه و تحلیل همبستگی استفاده شد.

برای تهیه نقشه شوری خاک فایل نقطه‌ای نقاط نمونه‌برداری تهیه و با هر یک از باندهای تالاقی گردید و درجات روشنایی هر یک از پیکسل‌های متناظر استخراج گردید، و ارتباط بین درجات روشنایی و هدایت الکتریکی سطحی نمونه‌ها بررسی شد. باندهایی که بیشترین همبستگی را با فاکتور شوری داشتند برای شرکت در مدل انتخاب شدند. و با روش رگرسیونی چند متغیره خطی (روش برگشت) مدل‌سازی انجام شد. پس از تعیین مدل مناسب، با استفاده از روابط همبستگی بین مقادیر واقعی و برآورد شده شوری و همچنین با استفاده از محاسبه شاخص‌های میانگین خطا³ و انحراف معیار خطای⁴ مدل که واحد اندازه‌گیری‌شان همان واحد اندازه‌گیری متغیر موردنظر دسی‌زیمنس بر متر بوده است اعتبارسنجی شد.

نتایج و بحث

هدایت الکتریکی سطحی خاک بیشترین همبستگی را با باندهای مرئی و مادون قرمز (باندهای 1، 2، 3 و 4) دارد، که نشان‌دهنده این است که خاک‌های شور در نواحی مرئی و مادون قرمز بازتاب طیفی بیشتری دارند. هدایت الکتریکی خاک با شاخص‌های خیسی، سبزی‌نگی و پوشش گیاهی همبستگی منفی معنی داری در سطح 1 درصد دارد، به عبارت دیگر بهتر بودن پوشش گیاهی نشان‌دهنده کم بودن مقدار شوری است و همچنین کم بودن مقدار شاخص سبزی‌نگی و پوشش گیاهی نشان‌دهنده کم بودن پوشش گیاهی ناشی از فزونی غلظت املاح خاک است. همچنین بازتاب طیفی خاک‌ها به طور قابل ملاحظه‌ای به رطوبت خاک وابسته است بنابراین هرچه خاک خشک‌تر باشد تبلور نمک‌ها و رسوب آنها در سطح خاک افزایش یافته، لذا انعکاس سطحی هم افزایش می‌یابد و برعکس. رابطه معکوس شاخص‌های سبزی‌نگی و پوشش گیاهی با هدایت الکتریکی خاک به این دلیل است که در این شاخص‌ها از باند مادون قرمز نزدیک (باند 4) استفاده شده که با افزایش شوری، ارزش طیفی این باند کاهش پیدا کرده است.

بین EC با داده‌های طیفی ETM^+ ، بهترین مدل رگرسیونی بدست آمده برای تصویر سال 2010 عبارتست از:

$$EC = -557/787 + 20/129 B2 + 4/826 B4 - 3/585 \text{ Brightness} - 1/111 \text{ SAVI}$$

که به ترتیب، B2 و B4، باند 2 و باند 4 اصلی ETM^+ ، Brightness، شاخص روشنایی حاصل از تبدیل تسلدکپ و SAVI، شاخص پوشش گیاهی است. به طور کلی باندهای مؤثر در بارزسازی و شناسایی شوری در این تحقیق باند 2 (باند سبز) و باند 4 (باند مادون قرمز نزدیک) به همراه شاخص‌های روشنایی و پوشش گیاهی بوده است. میان مقادیر شوری واقعی و برآورد شده همبستگی معنی داری در سطح 1 درصد وجود دارد و ضریب

¹ False color composite (FCC)

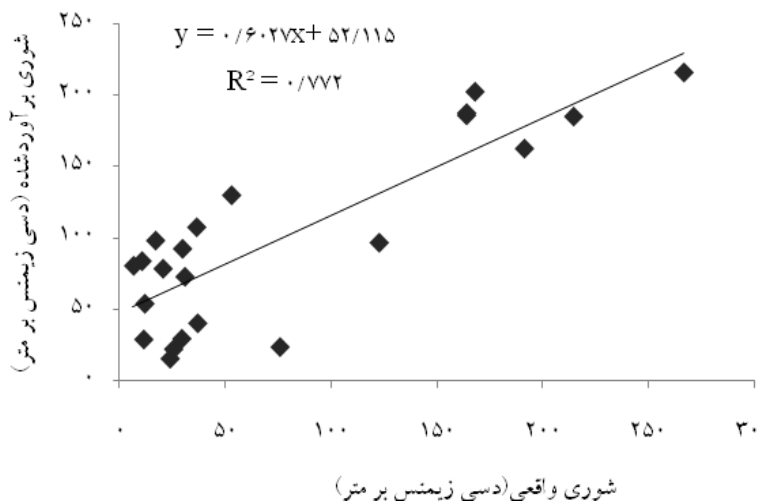
² Tasseled cap

³ Mean Error (ME)

⁴ Root Mean Square Error (RMSE)

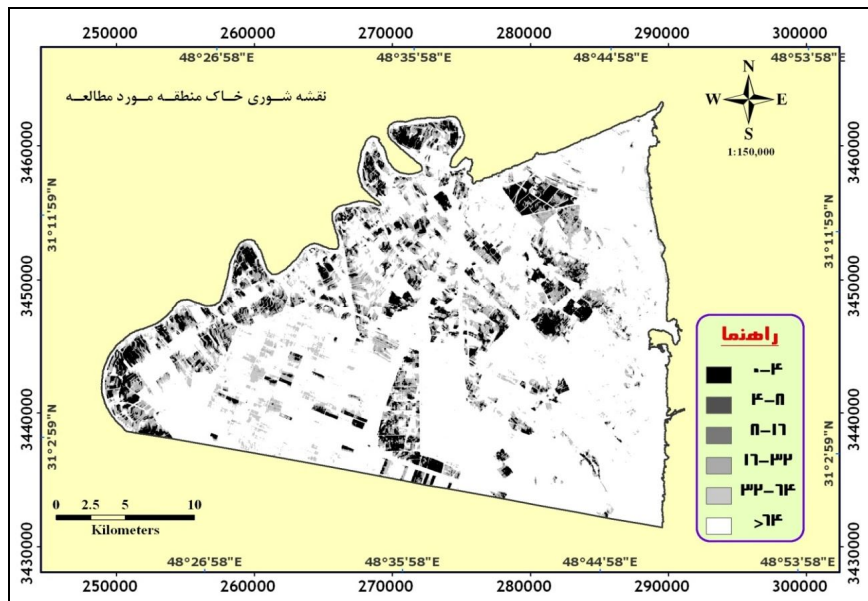


همبستگی آن 0/772 است، این نشان می‌دهد مدل بدست آمده بر اساس اطلاعات ماهواره‌ای تخمین‌گر خوبی برای برآورد شوری سطحی خاک است. مقادیر بالای میانگین خطا و انحراف معیار خطای مدل (9/7 و 54/32 دسی‌زیمنس بر متر) را می‌توان به دلیل بالا بودن ضریب تغییرات (0/98) دانست.



شکل 1: نمودار پراکنش مقادیر واقعی و برآورد شده شوری

در نهایت مدل به دست آمده بر روی تصاویر ETM⁺ منطقه اعمال گردید و در نتیجه تصویری حاصل شد که ارزش رقومی در هر پیکسل، یک عدد EC بود. پس از آن تصویر طبقه‌بندی شد و 6 کلاس مختلف شوری ($EC < 4$, $4 < EC < 8$, $8 < EC < 16$, $16 < EC < 32$, $32 < EC < 64$, $EC > 64$) بر روی آن تعیین گردید (شکل 2). همانطور که شکل 2 نشان می‌دهد رنگ سیاه نشان‌دهنده شوری حداقل و رنگ سفید نشان‌دهنده شوری حداکثر است.



شکل 1: نقشه شوری منطقه مورد مطالعه مشتق از مدل رگرسیونی چند متغیره به وسیله باندهای ETM^+

منابع:

- 1- دادرسی، الف، یمانی، م، پاک پرور، م. و داورزنی ز، 1385. بررسی روند تغییرات شوری خاک با استفاده از داده‌های سنجنش از دور و سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی در ناحیه گرم و خشک جنوب شرقی شهرستان سبزوار. مجله جغرافیا و توسعه، ص 173-184.
- 2- طاهرزاده، م. ح، بنی‌نعمه، ج. و حسنی، ا.، 1372. مطالعات خاکشناسی اجمالی بخشی از اراضی جنوب اهواز - خوزستان. نشریه فنی، شماره 79.888 صفحه.
- 3- Abdelfattah MA, 2009. Soil salinity mapping model developed using RS and GIS – A case study from Abu Dhabi, United Arab Emirates. European Journal of Scientific Research 26 (3): 342-351.
- 4- Metternicht GI and Zinck JA, 2003. Remote sensing of soil salinity: Potentials and constraints. Remote Sensing of Environment 85:1-20.
- 5-Goldshleger N, Ben-Dor E, Benyamini Y and Agassi M, 2004. Soil reflectance as a tool for assessing physical crust arrangement of four typical soils in Israel. Soil Science 169 (10): 677-687.



پهنه‌بندی رقومی سه بعدی شوری خاک با استفاده از معادلات عمق در منطقه اردکان

روح اله تقی زاده مهرجردی^۱، فریدون سرمدیان^۲، علیرضا امیریان^۳، نورایر تومانیان^۴، محمود امید^۵، محمد جواد روستا^۵

۱-دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه اردکان

۲-پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران

۳-دانشگاه صنعتی خاتم‌الانبیا بهبهان

۴-مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان

۵-مرکز ملی شوری یزد

مقدمه

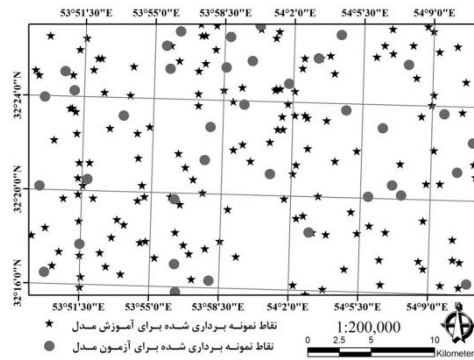
تغییرات خصوصیات خاک در عمق به صورت تدریجی می‌باشد (هرناندز و همکاران، ۱۹۸۶). توابع عمق خاک با این رویکرد که بتوانند تغییرات تدریجی خاک را مدل‌سازی کنند ایجاد شده‌اند. با از این وجود نمونه‌برداری‌های سنتی افق‌های خاک با این رویکرد صورت می‌گیرد که مقادیر ویژگی‌های خاک، میانگینی از آن عمق خاص خاک را بیان می‌دارند. نقشه‌برداری رقومی خاک نیز در حال حاضر تنها به پیش‌بینی متغیرهای خاک در عمق-های مشخص شده می‌پردازد و کمتر به ویژگی تدریجی بودن تغییرات داخل خاک توجه دارد (گریم و همکاران، ۲۰۰۸). اگر از توابع عمق گسسته، برای پیش‌بینی ویژگی خاک در عمق مشخص استفاده شود، اغلب با خطا همراه می‌باشد (بیشاپ و همکاران، ۱۹۹۹). بنابراین تاکنون تلاش‌های بسیار زیادی جهت ایجاد توابع عمق پیوسته انجام شده است. اولین تلاش‌ها مربوط به ینی (۱۹۴۱) می‌شود که سعی در ترسیم منحنی دستی بین نقاط اندازه‌گیری شده افق‌ها نمود. با مرور زمان و ایجاد روش‌های آماری جدید، توابع عمقی نمایی متولد گردید (راسل و مور، ۱۹۶۸). مینازنی و همکاران (۲۰۰۶) اشاره داشتند که برازش منحنی‌های نمایی به داده‌های کربن آلی نتایج قابل قبولی را در پی داشته است. رگرسون خطی و چندجمله‌ای‌های مرتبه ان‌ام از توابع عمقی بعدی بودند که توسط محققین مختلف ارائه گردید. اما نقطه ضعف این روش‌ها این بود که مقادیر ویژگی خاک در هر عمق بر روی شکل کل تابع تاثیر می‌گذاشت (هرناندز و همکاران، ۱۹۸۶). صرفنظر از نوع متغیر مورد بررسی، روش اسپیلاین مسطح‌شده (ار، ۱۹۷۲) و اسپیلاین با نواحی یکسان (هرناندز و همکاران، ۱۹۸۶) بسیار مناسب و انعطاف‌پذیر می‌باشد. اساساً یک تابع اسپیلاین از مجموعه‌ای از توابع محلی درجه دوم که به شکلی به همدیگر گره شده‌اند تشکیل شده است. بیشاپ و همکاران (۱۹۹۹) کارایی بالای این تابع عمق را نسبت به سایر توابع عمق تایید کرده‌اند. ایشان از توابع اسپیلاین برای پیش‌بینی یکسری از خصوصیات خاک از قبیل واکنش خاک، قابلیت هدایت الکتریکی، درصد رس، ماده آلی خاک و میزان رطوبت حجمی خاک استفاده کردند. پر واضح است که توابع عمق خاک پیش‌بینی خصوصیات خاک را در یک نقطه به خوبی انجام می‌دهد. اما با رویکرد مکانی، مجموعه‌ای از این توابع باعث ایجاد یکسری نقاط فردی در منطقه می‌گردد. اما برای استفاده‌کنندگان خاک شاید این‌گونه اطلاعات زیاد مثر ثمر نباشد و آن‌ها احتیاج به اطلاعات خاک به صورت مکانی و پیوسته دارند. برای پاسخ به این سوال، می‌توان به نقشه‌برداری رقومی خاک مراجعه کرد (ملانو و همکاران، ۲۰۰۹).

با توجه به قابلیت‌های توابع عمقی خاک و نقشه‌برداری رقومی خاک به نظر می‌رسد که تنها راه برای پیش‌بینی سطحی و عمقی خصوصیات خاک در منطقه مورد مطالعه، استفاده همزمان از این روش‌ها می‌باشد. همانطور که

ملانو و همکاران (۲۰۰۹) در استرالیا و ادگرز و همکاران (۲۰۱۲) در آمریکا با کاربرد همزمان اسپیلاین با نواحی یکسان و تکنیک نقشه‌برداری رقومی خاک اقدام به پهنه‌بندی رقومی خصوصیات خاک در عمق و سطح به طور همزمان نمودند. این تحقیق نیز تلاش دارد تا با استفاده از مدل رگرسیون درختی و معادله عمق خاک به بررسی تغییرات مکانی (عمودی و افقی) هدایت الکتریکی در منطقه اردکان بپردازد.

مواد و روشها

منطقه مورد مطالعه در ایران مرکزی واقع و وسعتی برابر با ۷۲۰۰۰ هکتار از اراضی دشت یزد-اردکان را شامل می‌شود. این منطقه بین طول‌های جغرافیایی ۵۰' ۵۳° تا ۱۰' ۵۴° شرقی و عرض‌های جغرافیایی ۱۶' ۳۳° تا ۲۷' ۳۲° شمالی قرار دارد و دارای مشکلات شوری منابع آب و خاک است. میانگین تبخیر و تعرق مرجع، دما، و بارندگی سالیانه منطقه مورد مطالعه به ترتیب برابر ۳۴۸۳ میلی‌متر، ۱۸/۵ درجه سانتیگراد و ۷۵ میلی‌متر است. بارندگی بسیار کم بوده و محدود به بارش‌های زمستانه می‌باشد. بنابراین رژیم رطوبتی و حرارتی خاک به ترتیب اریدیک و ترمیک طبقه‌بندی می‌شود. بر اساس تکنیک هایپر کیوب (میانزنی و مک‌براتی، ۲۰۰۶) محل ۱۸۷ پروفیل در منطقه اردکان به وسعت ۷۲۰۰۰ هکتار انتخاب گردید (شکل ۱). از لایه‌های ژنتیکی کلیه مقاطع، نمونه‌برداری و برای تجزیه به آزمایشگاه منتقل گردید و قابلیت هدایت الکتریکی عصاره اشباع به وسیله هدایت-سنج تعیین گردید.



شکل ۱) پراکنش نقاط نمونه‌برداری شده بر حسب مربع لاتین

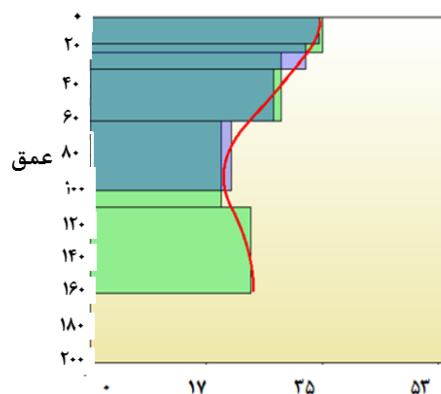
برای پهنه‌بندی شوری خاک که یک متغیر کمی است، در ابتدا معادله عمق از نوع اسپیلاین (ملانو و همکاران، ۲۰۰۹، بی‌شاپ و همکاران، ۱۹۹۹) به داده‌های قابلیت هدایت الکتریکی اندازه‌گیری شده برازش داده شد و سپس مقادیر پارامتر مورد نظر در عمق‌های استاندارد ۱۵-، ۳۰-، ۱۵-۳۰، ۶۰-۳۰ و ۱۰۰-۶۰ سانتی‌متری از معادله استخراج گردید. لازم به ذکر می‌باشد که ضریب لاندا در معادله اسپیلاین باید بهینه شود، بنابراین ضرایب مختلفی (۱۰، ۱، ۰/۱، ۰/۰۱، ۰/۰۰۱، ۰/۰۰۰۱) مورد استفاده قرار گرفت و نتایج برای برگزیدن بهترین لاندا مقایسه گردید. در مدل اسکورپن داده‌های قابلیت هدایت الکتریکی خاک در چهار عمق به عنوان متغیر وابسته و داده‌های محیطی به عنوان متغیر مستقل در نظر گرفته شدند. در نهایت از این مدل اسکورپن بدست آمده و همچنین معادله عمق اسپیلاین با ضریب لاندا مشخص در جهت تهیه نقشه شوری سه بعدی استفاده گردید.

بر اساس مدل اسکورپن در نقشه‌برداری رقومی خاک، علاوه بر داده‌های خاک نیاز به داده‌های کمکی می‌باشد. در تحقیق حاضر برای تهیه داده‌های کمکی که نمایندگان فاکتورهای خاکسازي در مدل‌سازی می‌باشند، از منابع

مختلف از جمله نقشه‌های کاتگوری (مثل ژئومورفولوژی، زمین‌شناسی و ...)، پارامترهای اراضی (مثل شاخص خیزی، ارتفاع و...)، هدایت الکتریکی ظاهری و تصاویر ماهواره‌ای (باند‌های تصویر ETM^+) بهره گرفته شد. لازم به ذکر می‌باشد که بعضی از این لایه‌های اطلاعاتی موجود بوده (مثل نقشه زمین‌شناسی و پوشش گیاهی) و تنها در محیط جی‌آی‌اس رقومی شده و از آن‌ها استفاده گردید. نقشه برداری رقومی خاک توسعه یک مدل عددی یا آماری از رابطه بین متغیرهای محیطی و خصوصیات خاک است. برای ایجاد این ارتباط در تحقیق حاضر از مدل رگرسیون درختی استفاده گردید. برای بررسی عملکرد مدل در برآورد متغیرهای وابسته (شوری خاک) از ضریب همبستگی، ریشه مربعات خطا و میانگین خطا استفاده گردید. لازم به ذکر می‌باشد که در این بررسی، داده‌ها به دو دسته آموزش (۸۰٪ از داده‌های نمونه برداری شده) و آزمون (۲۰٪ از داده‌های نمونه برداری شده) به طور تصادفی تقسیم شدند.

نتایج و بحث

برای تهیه نقشه رقومی شوری به صورت سه بعدی ابتدا نیاز به دست آوردن ضریب لاندا مربوط با معادله نواحی یکسان شده اسپیلاین یا معادله عمق خاک می‌باشد. برای نیل به این هدف ضرایب مختلف که دامنه‌ای از ۰/۰۰۰۰۱ تا ۱۰ داشتند مورد ارزیابی قرار گرفتند و در نهایت نتایج نشان داد که ضریب لاندا یک بسیار مناسب می‌باشد. ملانو و همکاران (۲۰۰۹) و ادگرز و همکاران (۲۰۱۲) نیز از معادلات عمق اسپیلاین با نواحی یکسان استفاده نمودند و این معادله را یکی از بهترین روش‌ها برای تهیه نقشه‌های سه بعدی متغیرهای خاک معرفی کردند. ملانو و همکاران (۲۰۰۹) بیان داشتند که یکی از بهترین روش‌ها برای تشخیص بهترین ضریب لاندا روش چشمی است و همچنین ایشان نتیجه گرفتند که ضریب لاندا مناسب بستگی زیادی به ماهیت و نوع متغیر مورد مطالعه دارد. در شکل (۲) معادله برازش داده شده به مقادیر عمقی خاک با ضریب لاندا یک مشاهده می‌شود. پس از به دست آوردن معادله، مقادیر قابلیت هدایت الکتریکی خاک در چهار عمق (۱۵-، ۳۰-۶۰، ۶۰-۱۰۰، ۱۰۰-۶۰ سانتی‌متر) استخراج شدند.



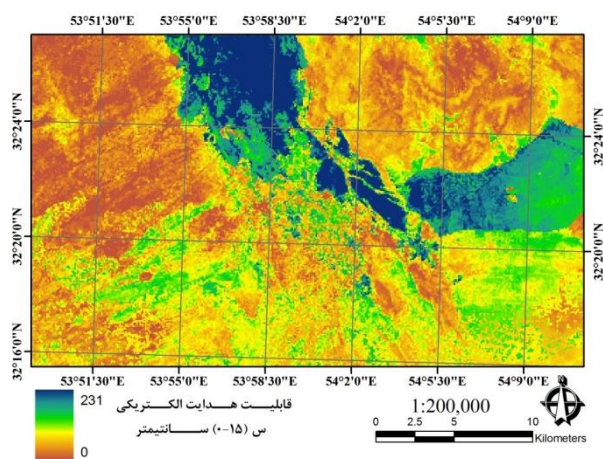
شکل ۲) معادله عمق اسپیلاین با نواحی یکسان

برای تهیه نقشه رقومی شوری از اطلاعات محیطی مانند اجزاء سرزمین، نقشه ژئومورفولوژی و تصویر ماهواره ETM^+ استفاده گردید. به همراه این اطلاعات، لایه‌های رستری قابلیت هدایت الکتریکی ظاهری در دو وضعیت نیز وارد فرآیند مدل‌سازی شدند. نتایج مدل درختی نشان داد که بعضی از متغیرهای محیطی دارای اهمیت بیشتری می‌باشند. البته میزان این اهمیت در چهار عمق خاک متفاوت می‌باشد. با توجه به قوانینی که از

مدل رگرسیون درختی به دست آمد، اقدام به پیش‌بینی مکانی شوری خاک در کل منطقه مورد مطالعه در چهار عمق گردید (شکل ۳). همان‌طور که در این شکل مشخص است بیشترین شوری خاک بخصوص در عمق‌های ۰-۱۵ و ۱۵-۳۰ سانتی‌متری در مناطق شمالی و شرق منطقه قرار گرفته است. و در مقابل کم‌ترین میزان شوری در مناطق مرتفع‌تر قرار دارد. از لحاظ ژئومورفولوژی بیشترین شوری خاک در واحد پلایا دیده می‌شود. این مسئله احتمالا به خاطر دریافت رسوبات بیشتر در این نواحی می‌باشد. علاوه بر این شکل محدب منطقه می‌تواند به حرکت آب زیرزمینی در جهت شمال کمک کند، درست در جایی که بیشترین شوری‌ها مشاهده می‌شود. در شمال منطقه بافت خاک سنگین‌تری وجود دارد که حضور رس باعث حرکت کاپیلاری آب و تجمع نمک در سطح خاک می‌شود. اما شوری‌های زیاد تنها محدود به نواحی شمالی نمی‌شود، با دقت به شکل متوجه می‌شویم که در قسمت شرق منطقه نیز تجمعات شوری زیادی را داریم. این منطقه دارای افق سالیک و پتروژپسیک می‌باشد.

جدول ۱) نتایج معیارهای ارزیابی خطا بر اساس روش رگرسیون درختی (آزمون)

عمق (سانتی‌متر)	ریشه مربعات خطا	ضریب تبیین	میانگین خطا
شوری (۰-۱۵)	۳۰/۶۱	۰/۸۵	۰/۹۹
شوری (۱۵-۳۰)	۳۲/۶۷	۰/۸۶	-۲/۶۴
شوری (۳۰-۶۰)	۴۲/۵۵	۰/۴۵	۳/۲۹
شوری (۶۰-۱۰۰)	۴۲/۱۰	۰/۱۵	۱۱/۳۸



شکل ۳) نقشه رقومی شوری خاک (۰-۱۵ سانتی‌متر)

منابع

- Bishop, T.F.A., McBratney, A.B., Laslett, G.M. 1999. Modelling soil attribute depth functions with equal-area quadratic smoothing splines. *Geoderma*. 91, 27-45.
- Erh, K.T., 1972. Application of spline functions to soil science. *Soil Science*. 114, 333-338.
- Grimm, R., Behrens, T., Marker, M., Elsenbeer, H. 2008. Soil organic carbon concentrations and stocks on Barro Colorado Island — digital soil mapping using Random Forests analysis. *Geoderma*. 146, 102-113.
- Jenny, H. 1941. Factors of soil formation. New York NY: McGraw-Hill.
- Malone, B.P., McBratney, A.B., Minasny, B., Laslett G.M. 2009. Mapping continuous depth functions of soil carbon storage and available water capacity. *Geoderma* 154, 138- 152.
- Minasny B., McBratney, A.B. 2006. A conditioned Latin hypercube method for sampling in the presence of ancillary information. *Computer & Geosciences*. 32, 1378-1388.



- Minasny, B., McBratney, A.B., Mendonca-Santos, M.L., Odeh, I.O.A., Guyon, B. 2006. Prediction and digital mapping of soil carbon storage in the Lower Namoi Valley. *Australian Journal of Soil Research* 44, 233–244.
- Odgers, N.P., Libohova, Z., Thompson, J.A. 2012. Equal-area spline functions applied to a legacy soil database to create weighted-means maps of soil organic carbon at a continental scale. *Geoderma*, 189–190, 153–163
- Ponce-Hernandez, R., Marriott, F.H.C., Beckett, P.H.T. 1986. An improved method for reconstructing a soil-profile from analysis of a small number of samples. *Journal of Soil Science* 37, 455–467.
- Russell, J.S., Moore, A.W. 1968. Comparison of different depthweightings in the numerical analysis of anisotropic soil profile data: *Transactions of the 9th International Congress of Soil Science*, vol. 4, pp. 205–213.



استفاده از فواصل تاکسونومیک جهت بهبود پهنه بندی رقومی واحدهای خاک

روح اله تقی زاده مهرجردی^۱، فریدون سرمدیان^۲، علیرضا امیریان^۳، محمود امید^۴، نورایر تومانیان^۵، محمد جواد روستا^۶

۱. دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه اردکان

۲. پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران

۳. دانشگاه صنعتی خاتم الانبیا بهبهان

۴. مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان

۵. مرکز ملی شوری یزد

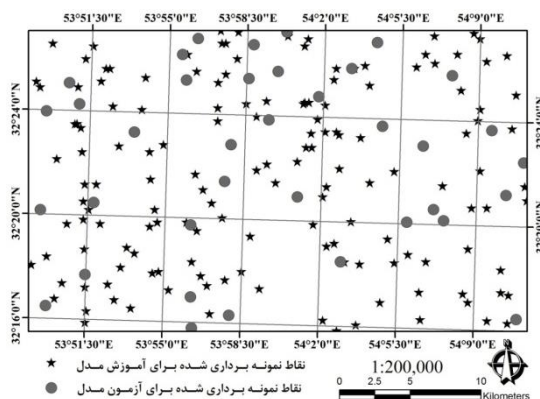
مقدمه

در طی سال های گذشته پیشرفت های گسترده ای در زمینه علم نقشه برداری رقومی خاک شده است. به طوری که منجر به تولید نقشه های رقومی خاک در سطح ملی (فرانسه، ایالات متحده، هلند، دانمارک، کره جنوبی، نیجریه و ...) و قاره ای (استرالیا) گردیده است. مطالعات فراوانی در جهت استفاده از متغیرهای محیطی، روش های مختلف داده کاوی و شناخت محدودیت های این روش ها صورت گرفته است (گرانوالد، ۲۰۰۹؛ مک براتنی و همکاران، ۲۰۰۳). جهت فرآیند مدل سازی می توان از روش های مختلف داده کاوی (مانند شبکه عصبی مصنوعی و درخت تصمیم) استفاده نمود. یک مشکل درخت تصمیم این است که الگوریتم مورد استفاده در روش، سعی در حداقل کردن خطای طبقه بندی دارد (بهرنس و شولتن، ۲۰۰۷). این در حالی است که بین سطوح تاکسونومیک خاک ارتباطاتی وجود دارد. لذا دخالت دادن فواصل تاکسونومیک خاک در درخت تصمیم حائز اهمیت می باشد. به عنوان مثال مینازنی و مک براتنی (۲۰۰۷) از ترکیب فواصل تاکسونومیک و تصمیم گیری درختی برای نقشه برداری رقومی استفاده کرده و نتایج ایشان نشان داد که فواصل تاکسونومیک توانسته دقت مدل درختی را افزایش دهد. گرینند و همکاران (۲۰۰۸) توانایی رگرسیون درختی توسعه یافته را برای پیش بینی دقیق زمین نما در نواحی بازدید نشده را بررسی کردند. آن ها دریافتند توانایی تخمین مدل در موارد برون یابی پایین است اما برای درون یابی توانایی بالایی دارد. جعفری و همکاران (۲۰۱۲) جهت تهیه نقشه رقومی کلاس های خاک در منطقه زرنند ایران از تکنیک درخت تصمیم توسعه یافته به همراه رگرسیون لاجیستیک استفاده نمودند و اذعان داشتند که این تکنیک دارای کارایی بالایی می باشد. این پژوهش سعی بر این دارد تا از فواصل تاکسونومیکی که بین گروه های بزرگ تاکسونومیکی خاک وجود دارد، استفاده کرده و آن ها را به همراه مدل درختی جهت پهنه بندی رقومی واحدهای خاک تا سطح گروه بزرگ در منطقه اردکان به کار گیرد.

مواد و روشها

منطقه مورد مطالعه در ایران مرکزی واقع و وسعتی برابر با ۷۲۰۰۰ هکتار از اراضی دشت یزد-اردکان را شامل می شود. این منطقه بین طول های جغرافیایی ۵۰' ۵۳° تا ۱۰' ۵۴° شرقی و عرض های جغرافیایی ۱۶' ۳۲° تا

۲۷' ۳۲° شمالی قرار دارد و دارای مشکلات شوری منابع آب و خاک است. میانگین تبخیر و تعرق مرجع، دما، و بارندگی سالیانه منطقه مورد مطالعه به ترتیب برابر ۳۴۸۳ میلیمتر، ۱۸/۵ درجه سانتیگراد و ۷۵ میلیمتر است. بارندگی بسیار کم بوده و محدود به بارش‌های زمستانه می‌باشد. بنابراین رژیم رطوبتی و حرارتی خاک به ترتیب اریدیک و ترمیک طبقه‌بندی می‌شود. منطقه مورد مطالعه از نظر توپوگرافی بیشتر مسطح بوده و تنها رشته کوه-هایی در شمال شرق منطقه دیده می‌شود، به طوری که بلندترین ارتفاعات منطقه را با ارتفاع ۱۹۴۴ متر شامل می‌شود و کم‌ارتفاع‌ترین قسمت منطقه که در نواحی میانی قرار گرفته دارای ارتفاع متوسط ۹۴۴ متر است. لندفرم‌های اصلی این منطقه با روند کلی شرق به غرب شامل کوه، مخروط‌افکنه‌های جدید، سطوح رسی و تپه-های گچی می‌باشد. بر اساس تکنیک هایپر کیوب (مینازنی و مک‌برانتی، ۲۰۰۶) محل ۱۸۷ پروفیل در منطقه اردکان به وسعت ۷۲۰۰۰ هکتار انتخاب گردید (شکل ۱). از لایه‌های ژنتیکی کلیه مقاطع، نمونه‌برداری و برای تجزیه به آزمایشگاه منتقل گردید. تعدادی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی نمونه‌ها بر اساس روش‌های استاندارد تعیین گردید. خاک‌ها بر اساس سیستم طبقه‌بندی خاک آمریکا، تا سطح گروه بزرگ طبقه‌بندی شدند. بر اساس مدل اسکورپن در نقشه‌برداری رقومی خاک، علاوه بر داده‌های خاک نیاز به داده‌های کمی می‌باشد. در تحقیق حاضر برای تهیه داده‌های کمی که نمایندگان فاکتورهای خاکسازي در مدل‌سازی می‌باشند، از منابع مختلف از جمله نقشه‌های کاتگوری (مثل ژئومورفولوژی، زمین‌شناسی و ...)، پارامترهای اراضی (مثل شاخص خیزی، ارتفاع و...) و تصاویر ماهواره‌ای (باندهای تصویر ETM^+) بهره گرفته شد. لازم به ذکر می‌باشد که بعضی از این لایه‌های اطلاعاتی موجود بوده (مثل نقشه زمین‌شناسی و پوشش گیاهی) و تنها در محیط جی‌آی-اس رقومی شده و از آن‌ها استفاده گردید. نقشه‌برداری رقومی خاک توسعه یک مدل عددی یا آماری از رابطه بین متغیرهای محیطی و خصوصیات خاک است. برای ایجاد این ارتباط در تحقیق حاضر از مدل درخت تصمیم استفاده گردید. ضمناً برای به حداقل رساندن خطای طبقه‌بندی، از فواصل تاکسونومیک بین گروه‌ها استفاده گردید. بدین شکل که توسط آنالیز تشخیصی فواصل کمی شده و همزمان با مدل درختی به کار گرفته شد. برای بررسی عملکرد مدل در برآورد متغیرهای وابسته (واحد خاک) از ماتریس خطا، دقت کاربر و دقت تولیدکننده استفاده گردید. لازم به ذکر می‌باشد که در این بررسی، داده‌ها به دو دسته آموزش (۸۰٪ از داده‌های نمونه-برداری شده) و آزمون (۲۰٪ از داده‌های نمونه‌برداری شده) به طور تصادفی تقسیم شدند.

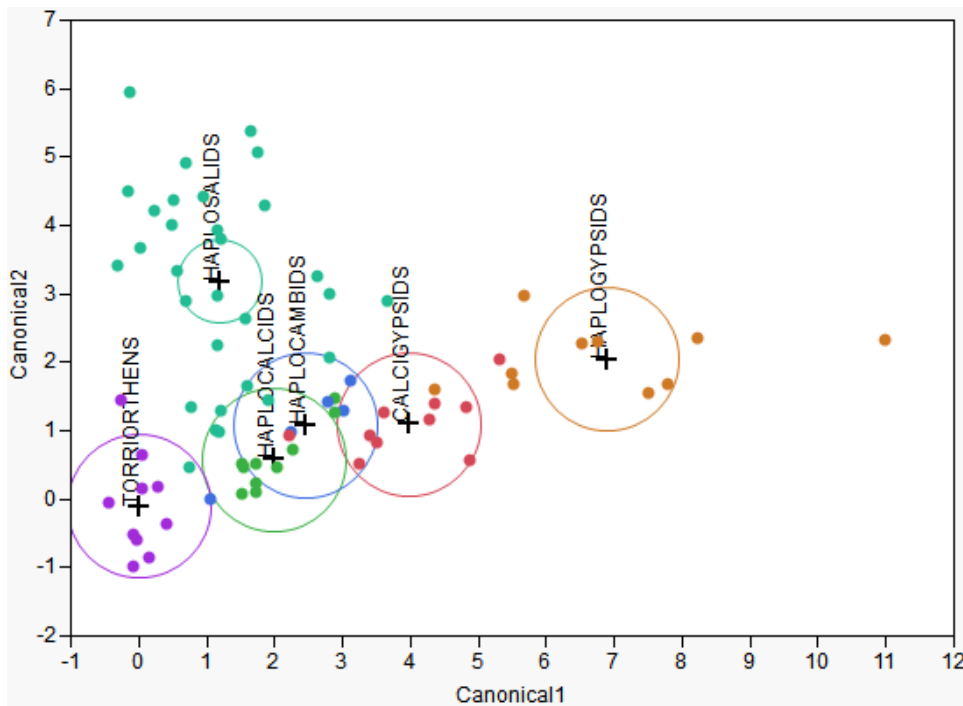


شکل ۱) پراکنش نقاط نمونه‌برداری شده بر حسب مربع لاتین (در شکل مکان جغرافیایی نقاط آموزشی و آزمون مدل مشخص شده است، این داده‌ها به صورت تصادفی انتخاب شده‌اند)

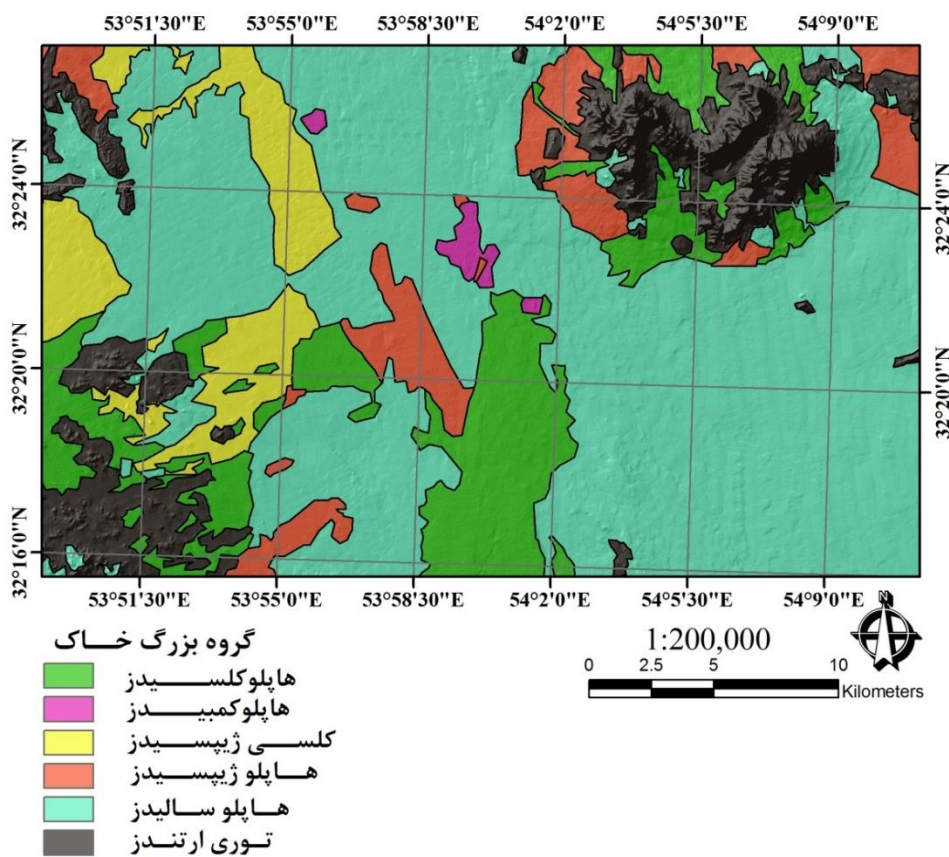


نتایج و بحث

یک مشکل درخت تصمیم و یا حتی همه تکنیک‌های داده‌کاوی این است که الگوریتم مورد استفاده در روش سعی در حداقل کردن خطای طبقه‌بندی دارد (بهرنس و شولتن، ۲۰۰۷). در حالی که در سطوح تاکسونومیک، خاک‌ها به یک‌دیگر مرتبط می‌باشند و در بعضی از فواصل تاکسونومیک خطا در پیش‌بینی نوع خاصی از کلاس بسیار مهم‌تر می‌باشد (مثلاً فاصله هاپلوسالیدز با ژپسیدز و توری‌ارتندز در سطح گروه بزرگ). لذا دخالت دادن فواصل تاکسونومیک در طبقه‌بندی خاک حائز اهمیت می‌باشد. یکی از روش‌ها برای محاسبه فواصل تاکسونومیک استفاده از آنالیز تشخیصی بر اساس خصوصیات فیزیکی خاک می‌باشد (هل و هیرونیکا، ۱۹۶۰). در تحقیق حاضر از خصوصیات درصد رس، آهک، گچ و قابلیت هدایت الکتریکی و نسبت سدیم جذب شده برای محاسبه آنالیز تشخیصی استفاده گردید. شکل (۲) نتایج آنالیز تشخیصی را نشان می‌دهد. میانگین هر کلاس با حدود اطمینان ۹۵٪ در شکل مشخص می‌باشد. هاپلوژپسیدز، توری‌ارتندز و هاپلوسالیدز به خوبی از گروه‌های دیگر جدا شده‌اند. که احتمالاً به علت خصوصیت خاص این سه گروه و تعداد بسیار زیاد داده در این گروه‌ها می‌باشد. هاپلوکمبیدز و هاپلوکلسیدز تقریباً همپوشانی دارند که این مسئله شباهت خصوصیات خاک این دو گروه را نشان می‌دهد. اما باید دقت شود به علت تعداد کم هاپلوکمبیدز این گروه دارای عدم قطعیت فراوانی می‌باشد. بر اساس مراکز این گروه‌ها می‌توان فاصله‌ها را بین گروه‌های مشاهداتی محاسبه کرد. سپس فواصل بدست آمده را به عنوان ماتریس کاهش دهنده به همراه درخت تصمیم به کار گرفته شد که باعث بهبود دقت کلی مدل در حدود ۵٪ گردید. بدین صورت که دقت کلی مدل از ۶۷/۶٪ (مدل درختی با الگوریتم حداقل کردن خطا) به ۷۰٪ (مدل درختی با الگوریتم حداقل کردن فواصل تاکسونومیک) افزایش پیدا کرد. مینازنی و مک-برانتی (۲۰۰۷) نیز نشان دادند که بکار بردن فواصل تاکسونومیک باعث افزایش دقت مدل نهایی شده است. در نهایت با استفاده از قوانینی که بدست آمده، نقشه رقوم واحد‌های خاک در سطح گروه بزرگ به دست آمد (شکل ۳).



شکل ۲) آنالیز تشخیصی برای محاسبه فواصل تاکسونومیکی بین گروه‌ها



شکل ۳) نقشه رقومی خاک در سطح بزرگ خاک بر اساس مدل درخت تصمیم



منابع

1. Behrens, T., Scholten, T. 2007. A comparison of data-mining techniques in predictive soil mapping. In: Lagacherie, P., McBratney, A.B., Voltz, M. (Eds.), Digital Soil Mapping. An Introductory Perspective. Developments in Soil Science, vol. 31. Elsevier, Amsterdam, pp. 353- 364.
2. Grinand, C., Arrouays, D., Laroche, B., Martin, M.P. 2008. Extrapolating regional soil landscapes from an existing soil map: sampling intensity, validation procedures, and integration of spatial context. *Geoderma*. 143, 180–190.
3. Grunwald, S. 2009. Multi-criteria characterization of recent digital soil mapping and modeling approaches. *Geoderma*. 152, 195–207.
4. Hole, F.D., Hironaka, M. 1960. An experiment in ordination of some soil profiles. *Soil Science Society of American Proceedings*. 24, 309–312.
5. Jafari, A., Finke, P.A., de Wauw, J.V., Ayoubi, S., Khademi H. 2012. Spatial prediction of USDA- great soil groups in the arid Zarand region, Iran: comparing logistic regression approaches to predict diagnostic horizons and soil types. *European Journal of Soil Science*. 63, 284– 298.
6. McBratney, A.B., Mendonça-Santos, M.L., Minasny, B. 2003. On digital soil mapping. *Geoderma*, 117, 3– 52.
7. Minasny B., McBratney, A.B. 2006. A conditioned Latin hypercube method for sampling in the presence of ancillary information. *Computer & Geosciences*. 32, 1378-1388.
8. Minasny, B., McBratney, A.B. 2007. Incorporating taxonomic distance into spatial prediction and digital mapping of soil classes. *Geoderma* 142, 285– 293.



پهنه‌بندی رقومی هدایت الکتریکی ظاهری با استفاده از رگرسیون کریجینگ و واریوگرام محلی (مطالعه موردی: اردکان)

روح اله تقی زاده مهرجردی^۱، فریدون سرمدیان^۲، محمد جواد روستا^۳، نورایر تومانیان^۴، محمود امید^۵، علیرضا امیریان^۶

۱. دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه اردکان

۲. پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران

۳. مرکز ملی شوری یزد

۴. مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان

۵. دانشگاه صنعتی خاتم‌الانبیا بهبهان

مقدمه

در نقشه‌برداری رقومی خاک، بیشتر بر روی فاکتور خصوصیات خاک توجه شده است (رینالد و همکاران، ۲۰۰۸). به طوری که اکثر فعالیت‌های نقشه‌برداری رقومی به این سمت، سو گرفته‌اند که بتوانند خصوصیات خاک را از روی دیگر خصوصیات خاک پیش‌بینی کنند. و این باعث ظهور و رواج استفاده از دستگاه‌های نوین در خاکشناسی شده است. این مسئله بخصوص در زمینه ارزیابی شوری خاک وجود دارد. به طوری که در طی دو دهه اخیر بسیاری از تکنیک‌های جدید مانند آرایه ونر (رودز و اینوالسون، ۱۹۷۱)، پروب‌های قابلیت هدایت الکتریکی رودز (رودز، ۱۹۷۶)، روش انعکاس سنجی حوزه زمانی و روش القای الکترومغناطیسی (مک نیل، ۱۹۸۰) برای اندازه‌گیری شوری خاک در شرایط مزرعه مورد استفاده قرار گرفته‌اند.

در این میان تکنیک القای الکترومغناطیسی به دلیل اینکه برای انجام اندازه‌گیری نیازی به گرفتن نمونه خاک ندارد، از سهولت و راحتی بیشتری برخوردار است. ابزارهای مبتنی القای الکترومغناطیس که قابلیت هدایت الکتریکی ظاهری یک توده از خاک را اندازه‌گیری می‌کنند، در تعیین الگوی تغییرات مکانی درون مزرعه‌ای برخی خصوصیات فیزیکی- شیمیایی خاک نظیر شوری، درصد رس، درصد رطوبت و عمق خاک لایه سطحی آن هم به صورت همزمان با لحظه پیمایش مفید هستند (تریلتافالیس و لش، ۲۰۰۵). علاوه بر این‌ها دلایل متعدد دیگری نظیر قابلیت حمل آسان، سهولت کار با آن، کاهش صرف وقت و همچنین تقلیل هزینه‌های نمونه‌برداری صحرائی نیز وجود دارد که آن را نسبت به سایر روش‌های متداول در این زمینه متمایز می‌نماید. از حس گر EM به ویژه EM-38 می‌توان برای اندازه‌گیری شوری لایه سطحی (۳۰- سانتی‌متر) و یا عمقی تر (۹۰- سانتی- متر) استفاده کرد. این حس گر سبک می‌باشد و اگر همراه با موقعیت‌یاب جغرافیایی استفاده شود می‌تواند نقشه شوری خاک را تعیین نماید.

متداول‌ترین نوع این دستگاه که در کشاورزی مورد استفاده قرار می‌گیرد مدل EM-38 است که توسط شرکت ژئونیکس کانادا ساخته شده است. مطالعات فراوانی بر روی استفاده از EM-38 برای ارزیابی و تعیین شوری خاک صورت گرفته (رانگجیان و جیانگسنگ، ۲۰۱۰) و نتایج همه آن‌ها نیز به صورت بسط و توسعه معادلاتی است که قرائت‌های دستگاه را به قابلیت هدایت الکتریکی نسبت‌های آب به خاک، عصاره اشباع خاک و قابلیت



هدایت الکتریکی ظاهری در اعماق مختلف خاک مرتبط ساخته است. اما اولین قدم در استفاده از داده‌های هدایت الکتریکی ظاهری تبدیل آن‌ها به نقشه‌های رستری می‌باشد تا بتوانند در چارچوب کاری اسکورپن قرار گیرند و در نهایت جهت پیش‌بینی خصوصیات خاک استفاده شوند. جهت تهیه نقشه هدایت الکتریکی ظاهری روش‌های مختلفی وجود دارد که در این تحقیق روش واریوگرام محلی معرفی می‌گردد.

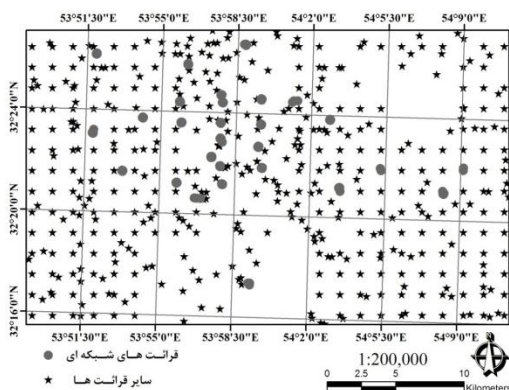
مواد و روشها

منطقه مورد مطالعه در ایران مرکزی واقع و وسعتی برابر با ۷۲۰۰۰ هکتار از اراضی دشت یزد-اردکان را شامل می‌شود. این منطقه بین طول‌های جغرافیایی $50^{\circ} 53'$ تا $10^{\circ} 54'$ شرقی و عرض‌های جغرافیایی $16^{\circ} 33'$ تا $27^{\circ} 32'$ شمالی قرار دارد و دارای مشکلات شوری منابع آب و خاک است. میانگین تبخیر و تعرق مرجع، دما، و بارندگی سالیانه منطقه مورد مطالعه به ترتیب برابر ۳۴۸۳ میلیمتر، $18/5$ درجه سانتیگراد و ۷۵ میلیمتر است. بارندگی بسیار کم بوده و محدود به بارش‌های زمستانه می‌باشد. بنابراین رژیم رطوبتی و حرارتی خاک به ترتیب اریدیک و ترمیک طبقه‌بندی می‌شود.

دستگاه مورد استفاده در این تحقیق از نوع EM-38 و ساخت شرکت ژئونیکس کانادا است که دارای طولی حدود یک متر می‌باشد و دو سیم پیچ در دو طرف آن است و با حدود $2/5$ کیلوگرم وزن، یک دستگاه کوچک و سبک محسوب می‌گردد (شکل ۱). دستگاه مورد نظر طوری طراحی شده که می‌تواند در سطوح وسیع با سرعت بالا و بدون نیاز به تماس الکترودها با زمین به کار برده شود. انجام قرائت با این دستگاه بسیار سریع است و حتی در صورت امکان می‌توان آن را به همراه یک ارابه در پشت یک وسیله نقلیه نصب و پیمایش‌ها را به صورت پیوسته انجام داد. این دستگاه از اصول القای الکترومغناطیسی استفاده کرده و می‌تواند قابلیت هدایت الکتریکی ظاهری یک حجم مشخص از خاک را اندازه‌گیری نماید. عمق و حجم مؤثر دستگاه وابسته به ارتفاع قرارگیری آن نسبت به سطح زمین و همچنین وضعیت قرار گرفتن آن (افقی یا عمودی) در هنگام انجام قرائت-ها است. در تحقیق حاضر، پس از مراجعه به محل‌هایی که توسط مدل مربع لاتین انتخاب شده بودند (۱۷۳ نقطه)، اقدام به قرائت دستگاه EM-38 در دو وضعیت قرارگیری افقی و عمودی شد. علاوه بر این نقاط، به منظور افزایش تراکم نمونه‌برداری EM-38 در منطقه مطالعاتی، در تعدادی نقاط (۳۱۱ نقطه) دیگر با فاصله تقریبی ۱۵۰۰ متر نیز قرائت‌های افقی و عمودی انجام شد. همچنین در این مطالعه جهت بررسی تغییرات در فواصل کوتاه‌تر، قرائت‌هایی (۲۱۶ نقطه) به فاصله ۳۰ متر در یک شبکه فرضی به ابعاد ۹۰ متر در ۹۰ متر صورت پذیرفت. روی هم رفته ۷۰۰ قرائت EM-38 در دو وضعیت افقی و عمودی در منطقه مورد مطالعه انجام گرفت که پراکنش جغرافیایی آن‌ها را می‌توان در شکل ۲ دید. پس از جمع‌آوری نمونه‌ها، با استفاده از رگرسیون کریجینگ با واریوگرام محلی در چارچوب کاری اسکورپن اقدام به تهیه نقشه رقومی هدایت الکتریکی گردید.



شکل (۱) نمایی از دستگاه القاگر الکترومغناطیس از نوع EM-38 و ساخت شرکت ژئونیکس کانادا



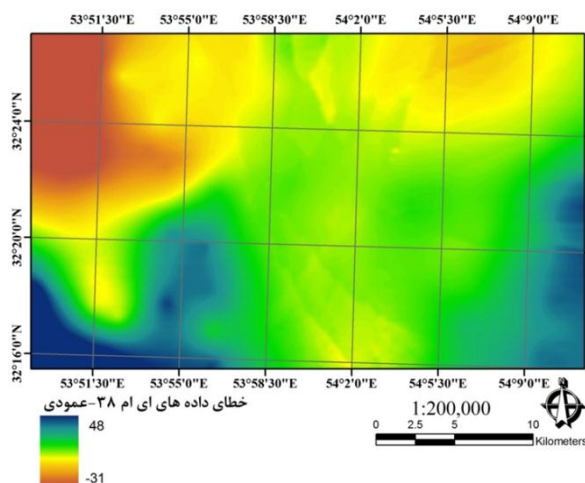
شکل (۲) پراکنش مکانی نقاطی که قرائت دستگاه القاگر الکترومغناطیس انجام گرفته است

نتایج و بحث

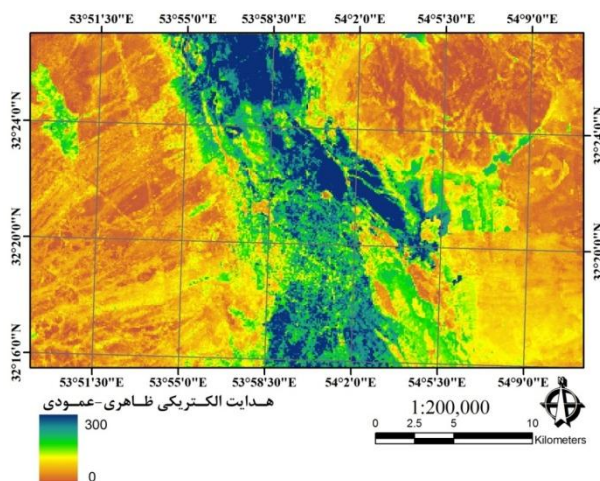
برای تهیه نقشه رقمی از قرائت‌های دستگاه EM-38 از رگرسیون کریجینگ با واریوگرام ناحیه‌ای استفاده گردید. بدین ترتیب که در ابتدا بین داده‌های محیطی و قابلیت هدایت الکتریکی ظاهری یک رگرسیون درختی تشکیل گردید. نتایج مدل درختی نشان داد که پارامترهای اصلی برای پیش‌بینی مکانی متغیر مورد نظر در هر دو عمق شاخص خیسی (۵۹٪)، سطوح ژئومورفولوژی (۴۸٪)، مولفه اول (۳۱٪)، جهت حوزه (۱۷٪) و عمق دره (۱۶٪) می‌باشد. سپس مقادیر باقی‌مانده داده‌های آموزش محاسبه و با استفاده از کریجینگ با واریوگرام ناحیه‌ای تبدیل به نقشه واریانس خطا گردید (شکل ۳). در انتها نقشه واریانس خطا با نقشه‌ای که با مدل رگرسیون درختی تهیه شده بود تلفیق گردید و نقشه‌های نهایی قابلیت هدایت الکتریکی ظاهری در دو حالت افقی و عمودی تهیه شدند (شکل ۴). نتایج مدل‌های رگرسیون کریجینگ بر اساس داده‌های آموزش (۸۰٪) و داده‌های آزمون (۲۰٪) در جدول (۱) ارائه شده است. هر دو مدل پیش‌بینی را با ضریب تبیین قابل قبول ۰/۴۹ بر اساس داده‌های آزمون انجام داده‌اند. سایر محققین نیز کارایی بالای روش هیبرید را تایید کرده‌اند. اوده و انس (۲۰۰۸) نشان دادند که روش رگرسیون کریجینگ بهترین تخمین را از تغییرات مکانی شوری و سدیمی خاک تهیه نمود. الدیری و گارسیا (۲۰۰۹) نیز بیان داشتند که روش رگرسیون کریجینگ در مقایسه با روش کوکریجینگ کارایی بالاتری داشته است. به طوری که این روش توانسته تغییرات موضعی کوچک در شوری خاک را نیز به خوبی پیش‌بینی کند.

جدول (۱) نتایج معیارهای ارزیابی برای پیش‌بینی قابلیت هدایت الکتریکی ظاهری (افقی و عمودی)

ضریب تبیین	مجموع مربعات خطا	میانگین خطا	
۰/۶۹	۲۴/۹۵	-۰/۱۲	آموزش (۵۶۰ داده) هدایت الکتریکی ظاهری (افقی)
۰/۷۵	۳۰/۷۸	-۱/۰۳	هدایت الکتریکی ظاهری (عمودی) آزمون (۱۴۰ داده)
۰/۴۸	۲۹/۶۴	-۲/۲۳	هدایت الکتریکی ظاهری (افقی)
۰/۴۹	۳۷/۷۴	-۱/۰۷	هدایت الکتریکی ظاهری (عمودی)



شکل (۳) پهنه‌بندی مقادیر باقیمانده از مدل رگرسیون درختی (قرائت‌های عمودی)



شکل (۴) نقشه رقمی قابلیت هدایت الکتریکی ظاهری (قرائت‌های عمودی)

منابع

- Eldeiry, A., Garcia, L. 2009. Spatial modeling of soil salinity using remote sensing, GIS and field data, VDM, Lightning Source UK Ltd., Milton Keynes UK, pp. 98.



- McNeill, J.D. 1980. Electromagnetic terrain conductivity measurements at low induction numbers. Technical note TN-5 Geonics Ltd. Mississauga, Ontario, Canada, p.15.
- Odeh, I.O.A., Onus, A. 2008, Spatial Analysis of Soil Salinity and Soil Structural Stability in a Semiarid Region of New South Wales, Australia, Environmental Management, 42:265–278
- Reynolds, W.D., Drury, C.F., Yang, X.M., Tan, C.S., 2008. Optimal soil physical quality inferred through structured regression and parameter interactions. Geoderma 146, 466–474.
- Rhoades, J.D. 1976. Measuring, mapping and monitoring field salinity and water depths with soil resistance measurements. FAO Soils Bulletin 31, 69- 109.
- Rhoades, J.D., Ingvalson, R.D. 1971. Determining salinity in field soils with soil resistance measurements. Soil Science Society of America Proceedings 35, 54- 60.
- Rongjiang, Y., Jingsong, Y. 2010. Quantitative evaluation of soil salinity and its spatial distribution using electromagnetic induction method. Agricultural Water Management 97, 1961- 1970.
- Triantafilis, J., Lesch, S.M. 2005. Mapping clay content variation using electromagnetic induction techniques. Computers and Electronics in Agriculture 46, 203– 237.



اعتبارسنجی محاسبات نرم و مدل‌های تجربی در تخمین گنجایش تبادل کاتیونی (مطالعه موردی: شمال غرب ایران)

محمدرضا شعبی نوبریان^۱، حسین ترابی گلسفیدی^۲ و صابره دربندی^۳

۱- محمدرضا شعبی نوبریان، دانشجوی کارشناسی ارشد خاکشناسی، دانشگاه تربیت مدرس تهران

۲- حسین ترابی گلسفیدی، استادیار گروه خاکشناسی، دانشگاه شاهد تهران

۳- صابره دربندی، استادیار گروه آبیاری و زهکشی، دانشگاه تبریز

مقدمه:

ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC) یکی از ویژگی‌های ذاتی خاک است که بسیاری از عملکردهای اساسی خاک در ارتباط با نوسانات اسیدیته (pH)، نگهداری آب، مواد غذایی و آلاینده‌ها را کنترل می‌نماید و به همین خاطر این پارامتر، یکی از شاخص‌های کلیدی در مدیریت حاصلخیزی خاک و بهره‌وری اراضی محسوب می‌شود (معماریان-فر و بیگی هرچگانی، ۱۳۸۸). اگرچه (CEC) (Cation Exchange Capacity) را می‌توان به روش مستقیم اندازه‌گیری نمود ولی این اندازه‌گیری، به ویژه در اریدی سول‌ها به دلیل مقادیر بالای کلسیم و گچ موجود در خاک، سخت و پرهزینه است (کارپنا و همکاران، ۱۹۷۲).

مدل‌های تجربی مختلف، همچنین شبکه‌های عصبی مصنوعی (Artificial Intelligent Methods)، برنامه ریزی ژنتیک (Genetic Programming) و سیستم استنتاج عصبی-فازی با تخمین CEC از داده‌های زود یافت خاک، یکی از روش‌های جایگزین اندازه‌گیری مستقیم CEC است. فرض اساسی در بیشتر مدل‌های تخمینی CEC وجود رابطه خطی بین پارامتر مورد نظر با مواد آلی و میزان و نوع رس موجود در خاک است (بورسما و همکاران، ۱۹۸۶. مک براتنی و همکاران، ۲۰۰۲).

کرو و همکاران (۲۰۰۰) با استفاده از بانک اطلاعاتی خاک های دانمارک، با استفاده از پارامترهای رس، ماده آلی، سیلت ریز و pH مدل‌هایی را برای تخمین CEC ارائه دادند. اسپچاپ و همکاران (۱۹۹۸) با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی توابعی برای تخمین پارامترهای معادلات وان گنختن، وان گنوختن-معلم و گاردنر ایجاد کردند، نتایج این محققان نشان داد که هر چه تعداد داده‌های ورودی مورد استفاده در این توابع بیشتر باشد، درستی توابع افزایش خواهد یافت. تاماری و همکاران (۱۹۹۶) با استفاده از شبکه عصبی اقدام به تخمین منحنی رطوبتی خاک کرده و کارایی بالاتر شبکه عصبی را نسبت به رگرسیون خطی تأیید کردند. امینی و همکاران (۲۰۰۵) با استفاده از مقدار ماده آلی و رس اقدام به برآورد میزان CEC به وسیله شبکه عصبی مصنوعی و مدل‌های تجربی که بر پایه روش‌های رگرسیونی می‌باشند، نمودند. با توجه به دشواری‌های اندازه‌گیری ظرفیت تبادل کاتیونی بصورت



مستقیم، در این تحقیق تلاش بر این است که علاوه بر معرفی برنامه ریزی ژنتیک، کارایی این روش و چند مدل ارائه شده در تخمین گنجایش تبادل کاتیونی مورد بررسی قرار گیرد.

مواد و روشها:

الف) نمونه برداری و تجزیه های فیزیکی و شیمیایی خاک: خاکهای مورد مطالعه در استان آذربایجان شرقی واقع بوده و از این مناطق به تعداد ۶۰ نمونه جهت فرآیند آزمایشگاهی جمع آوری شد. برای اندازه گیری درصد ذرات خاک از روش هیدرومتری (جی و باور، ۱۹۸۶)، کربن آلی خاک به روش والکلای بلاک (بلاک، ۱۹۸۲) و گنجایش تبادل کاتیونی خاک به روش باور (باور و همکاران، ۱۹۵۲) اندازه گیری شدند.

ب) برخی مدلهای تجربی در تخمین گنجایش تبادل کاتیونی: برخی توابع تخمین گنجایش تبادل کاتیونی در جدول شماره ۱ ارائه شده است.

جدول ۱- مدلهای ارائه شده تخمین CEC

ضرایب مدل	معادله تابع	مدل
A=0.301 B=1.09	CEC= A (رس) + B (ماده آلی)	پروسما و همکاران (۱۹۸۶)
A=6.49 B=0.1 C=0.51	CEC= A+B(رس)+ C(کربن آلی)	ماتریکو و همکاران (۱۹۹۱)
A=6.49 B=0.1 C=0.34	CEC=A+B(رس)+ C(ماده آلی)	بل و ونکولن (۱۹۹۵)
B=0.57 C=2.5	CEC= B(رس)+ C(ماده آلی)	هنری دی فوت (۱۹۸۴)

ج) برنامه ریزی ژنتیک: برنامه ریزی ژنتیک تعمیم یافته الگوریتم ژنتیک می باشد که برای اولین بار بر اساس تئوری داروین ارائه شد. به این ترتیب که جمعیتی در جهت تکامل به صورت انتخابی، جمعیت نامناسب را رها کرده و فرزندان اصلاح شده ایجاد می کنند. برنامه ریزی ژنتیک یک تکنیک برنامه ریزی خودکار می باشد که راه حل مسئله را با استفاده از برنامه کامپیوتری ارائه می کند. در این روش در ابتدای فرآیند هیچگونه رابطه تابعی در نظر گرفته نشده و این روش قادر به بهینه سازی ساختار مدل و مؤلفه های آن می باشد. برنامه ریزی ژنتیک بر خلاف الگوریتم ژنتیک روی ساختار درختی فرمول ها به جای سلسله ارقام دودویی عمل می کند. ساختارهای درختی از مجموعه توابع (عملگرهای ریاضی مورد استفاده در فرمول ها) و ترمینالها (متغیرهای مسئله و اعداد ثابت) ایجاد می شوند (کوزا، ۱۹۹۲).



نتایج و بحث :

مقادیر ضریب تبیین و خطای هر یک از مدل‌های تجربی مورد استفاده در جدول شماره ۲ ارائه گردیده است.

جدول ۲- نتایج مدل های تجربی ارائه شده در تخمین CEC

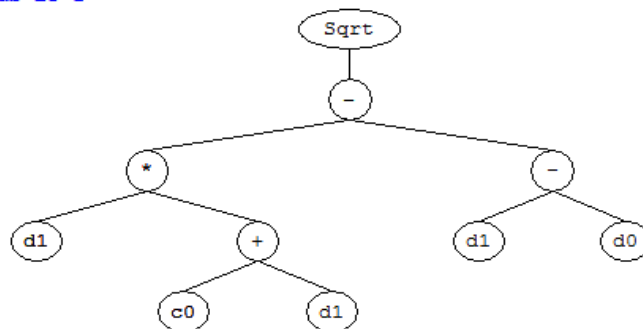
تست		آموزش		مدل
R ²	RMSE(CmolC. Kg ⁻¹)	R ²	RMSE(CmolC. Kg ⁻¹)	
0.7308	6.49	0.6593	7.66	هنری دی فوت (۱۹۸۴)
0.6286	9.21	0.5645	10.67	بروسما و همکاران (۱۹۸۶)
0.5149	11.67	0.4651	13.91	مانریکو و همکاران (۱۹۹۱)
0.5932	12.08	0.5334	13.68	بل و ونکولن (۱۹۹۵)
0.9515	1.777	0.9312	2.129	برنامه ریزی ژنتیک

معادله ارائه شده توسط برنامه ریزی ژنتیک برای تخمین میزان CEC خاک بر مبنای داده های مقادیر رس، سیلت و مواد آلی خاک به شکل زیر می باشد:

$$1) CEC = \sqrt{((O.C * (5.362182 + O.C)) - (O.C - Clay))} + O.C + \sqrt{(((Silt + Clay) * O.C) - ((-6.005218) + O.C) - Clay))}$$

ساختار درختی برنامه ژنتیک مدل بدست آمده به صورت زیر می باشد:

Sub-ET 1



Sub-ET 2



شکل ۱: ساختار درختی مدل برنامه ریزی ژنتیک



در بین مدل‌های مورد بررسی، مدل برنامه ژنتیکی ارایه شده، دارای ضریب تبیین 0.95 و خطای تخمین $1/777$ بوده، که دارای کارایی بالاتری نسبت به سایر مدل‌های ارایه شده دارد. با توجه به نتایج حاصل ملاحظه می‌شود که استفاده از برنامه ریزی ژنتیک در تمامی حالت‌ها برای تخمین میزان CEC خاک نتایج مطلوبی ارائه می‌نماید. در حالت کلی می‌توان اظهار داشت که کاربرد مدل‌های هوشمند در مدل‌سازی و تخمین مقادیر گنجایش تبادل کاتیونی خاک از دقت بالایی برخوردار است و لذا می‌توان با اطمینان بیشتری از روش‌های یاد شده به منظور انجام مدل‌سازی و تخمین‌های مورد نظر بهره‌برد و در این میان، ارائه راه حل صریح توسط مدل‌های برنامه ریزی ژنتیک، بر مطلوبیت این مدل‌ها می‌افزاید. شبکه‌های عصبی مصنوعی و سیستم استنتاج عصبی- فازی با فرآوری داده‌های ورودی و ایجاد ترکیب‌های مختلف، بهترین حالت را از نظر به حداقل رسیدن خطا انتخاب می‌نمایند و در نهایت، خروجی‌های مدل ارائه می‌شود. در چنین مدل‌هایی که از نوع Black Box می‌باشند هیچ‌گونه اطلاعاتی از وضعیت رابطه بین متغیرهای ورودی و خروجی حاصل نمی‌شود؛ ولی برنامه ریزی ژنتیک می‌تواند چنین رابطه‌ای را شناسایی و ارائه دهد و لذا با استفاده از این مدل اقدام به بررسی و صحت‌سنجی برخی از مدل‌های تجربی شده است

منابع:

معماریان فرد. م. و بیگی هرچگانی. ح. ۱۳۸۸. مقایسه مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی توابع انتقالی رگرسیونی برای پیش‌بینی ظرفیت تبادل کاتیونی خاک‌های استان چهارمحال و بختیاری. نشریه آب و خاک. ۲۳(۴): ۹۹-۹۰.

Amini, M., Abbaspour, K.C., Khademi, H., Fathianpour, N., Afyuni, M., and Schulin, R. 2005. Neural network models to predict cation exchange capacity in arid regions of Iran. *Euro. J. Soil Sci.* 53: 748-757.

Bell, M.A., and Van Keulen, H. 1995. Soil pedotransfer functions for four Mexican soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 59: 865-871.

Black, C.A. 1982. Method of soil analysis, Chemical and microbiological properties, American Society of Agronomy, INC, 2: 1965.

Bower, C.A., Reitmeir, R.F., and Fireman, M. 1952. Exchangeable cation analysis of saline and alkali soils. *Soil Sci.* 73: 251-261.

Breeuwsma, A., Wosten, J.H.M., Vleeshouwer, J.J., Van Slobbe, A.M., and Bouma, J. 1986. Derivation of land qualities to assess environmental problems from soil surveys. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 50: 186-190.

Carpena, O., Lux, A., and Vahtras, K. 1972. Determination of exchangeable Cations in calcareous soils. *Soil Sci.* 33: 194-199.

D. Foth, H. 1984. Fundamentals of Soil Sciences. Seven Edition, New York.



- Gee, G., and Bauder, W. 1986. Particle size distribution analysis. In: Klute, A. (Ed.), Method of soil analysis. Part 1, second ed. Agron. Monogr. 9. ASA and SSSA, Madison, WI, 383-411.
- Krogh, L., Breuning-Madsen, H., and Greve, M.H. 2000. Cation exchange capacity pedotransfer function for Danish soils. *Soil and Plant*, 50: 1-12.
- Koza JR, 1992. Genetic programming: On the programming of computers by means of natural selection. Cambridge, MA: MIT Press.
- McBratney, A.B., Minasny, B., Cattle, S.R., and Vervoort, R.W. 2002. From pedotransfer functions to soil inference systems. *Geoderma*. 109: 41-73.
- Manrique, L.A., Jones, C.A., and Dyke, P.T. 1991. Predicting cation exchange capacity from soil physical and chemical properties. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 50: 787-794.
- Schaap, M.G., Leij, F.J., and Van Genuchten, M.Th. 1998. Neural network analysis for hierarchical prediction of soil hydraulic properties. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 62: 847-855.
- Tamari, S., Wosten, J.H.M., and Ruz-suarez, J.C. 1996. Testing an artificial neural network for predicting soil hydraulic conductivity. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 60: 1732-1741.



مروری بر بسته‌های خاکشناسی در محیط نرم افزار R

محسن حسینی زاده^۱، سپیده ورناصری^۲

۱- استادیار گروه آبخیزداری و مدیریت مناطق بیابانی دانشکده مرتع و آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی

گرگان

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد مدیریت مناطق بیابانی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

مقدمه

R، یک زبان برنامه‌نویسی و محیط نرم‌افزاری برای محاسبات آماری و تحلیل داده است، که بر اساس زبان‌های S و Scheme پیاده‌سازی شده است (<http://fa.wikipedia.org>). این نرم‌افزار، متن باز بوده، تحت اجازه‌نامه عمومی همگانی GNU عرضه شده و به رایگان قابل دسترس است (<http://www.R-project.org/>). از قابلیت‌های این نرم‌افزار میتوان به قابلیت‌های قابل ملاحظه گرافیکی جهت آنالیز داده‌ها، ساخت Package و استفاده از آن در محیط (<http://www.R-project.org/>) R و ساخت توابع مورد نظر کاربر اشاره کرد (موسوی ندوشنی، ۱۳۹۰). امکان توسعه قابلیت‌های R با به روز شدن ماهانه قابلیت‌ها و خصوصیات جدید آن، با افزودن بسته‌های ایجاد شده توسط کاربران، یکی از ویژگی‌های مهم این نرم‌افزار است (<http://fa.wikipedia.org>). این نرم‌افزار محدودیت‌هایی نیز دارد که از آن جمله می‌توان اشاره کرد که زبان R را یک سیستم تجاری پشتیبانی نمی‌کند، برای استفاده و برنامه‌نویسی با آن باید فرامین آنرا آموخت و R دارای مفسر است، بدین معنی که برای اجرا، ترجمه نمی‌شود و به‌صورت فایل اجرایی (*.exe) در نمی‌آید (موسوی ندوشنی، ۱۳۹۰). این نرم‌افزار به‌سرعت در حال رشد است و به‌وسیله مجموعه بزرگی از بسته‌های تخصصی توسعه یافته است. از طرفی قابلیت تطبیق آن با کلیه سیستم عامل‌ها و ارتباط آن با نرم افزارهای مختلف آماری و محیط‌های GIS بر کاربرد گسترده آن در خاکشناسی و علوم محیطی افزوده است.

R با دربرگیری ۴۴۴۲ بسته تخصصی تا آوریل ۲۰۱۳ در شبکه بایگانی فراگیر خود (<http://fa.wikipedia.org>)، بیش از ۷۰ بسته تخصصی در کشاورزی و منابع طبیعی دارد که در برخی از بسته‌های تخصصی خاکشناسی که در این مطالعه به آن‌ها پرداخته شده است، شامل موارد زیر است:

Hydrome: مجموعه توابعی که از داده های آزمایشگاهی برای تخمین پارامترهای هیدرولیکی مدل‌های نفوذ و نگهداشت آب و ظرفیت نفوذ در کاربری اراضی استفاده می‌کند (Omuto, 2007)، **Soil water**: محتوی توابعی جهت بکارگیری فرمول‌های پارامتری در هدایت هیدرولیکی، ضریب نگهداشت، پخشیدگی و منحنی نگهداشت آب خاک است (Cordano et al, 2012)، **Soil DB**: حاوی روش‌هایی برای استخراج اطلاعات خاک شامل: مشخصات افق‌ها، داده‌های رنگ خاک و پروفیل خاک از پایگاه داده‌های NASIS, Pedon PC, PedonDB است (Beaudette & Skovlin, 2013)، **Soil R**: این بسته دارای توابعی برای محاسبه کربن ۱۴ آزاد شده و نسبت C14/C در خاک به عنوان تابعی از زمان بکار می‌رود (Sierra & Mueller, 2012)،

Aqp: الگوریتم‌هایی برای کمیت‌های خاکشناسی بویژه تعیین مرز افق‌های خاک، جدول **munsul RGB** برای رنگ‌های رایج خاک، تغییر رنگ بر اساس مراجعه به جدول رنگ‌های رایج خاک، رسم مثلث بافت خاک، ایجاد یک دیاگرام ساده از پروفیل خاک و تولید یک بردار تعریف شده از افق‌های ژنتیکی توسط کاربر صورت می‌گیرد (Beaudette & Roudier, 2013)، **Soil texture**: محتوی مجموعه‌ای از توابع برای رسم مثلث بافت خاک، طبقه‌بندی و تغییر و تبدیل داده‌های بافت خاک، امکان کشیدن پلی‌گون‌ها و برچسب‌های داخل هر پلی‌گون، تعیین مساحت پلی‌گون غیرمقاطع، بدست آوردن میانگین وزنی ترکیب رنگ‌های مختلف و بسته‌ای برای تابع **contour()** سازگار شده برای مثلث بافت خاک است (Moeys, 2012).



از بین بسته‌های تخصصی خاکشناسی که اشاره شد، به شرح برخی از قابلیت‌های بسته‌های Soil texture و Aqp با استفاده از داده‌های خاکشناسی آبخیز قلعه بنی پرداخته شده است.

مواد و روشها

در این مطالعه از ۴۰ داده خاکشناسی آبخیز قلعه بنی به مساحت ۸۸۸/۴ هکتار واقع در شهرستان بهمنی در استان کهگیلویه و بویراحمد استفاده شده است. بدلیل کامل نبودن داده‌های رنگ خاک منطقه مذکور، جهت نشان دادن قابلیت‌های بیشتر این مجموعه، از پیش فرض‌های ارائه شده توسط نرم‌افزار در خروجی‌های ارائه شده استفاده شده است.

بسته Soil texture با دربرگیری ۵۶ زیرمجموعه، دارای مجموعه توابعی است که یکی از قابلیت‌های این بسته، ترسیم مثلث بافت خاک به روش‌های مختلف است. مثلث بافت خاک به کمک روش‌های دیگر مثل وارد کردن درصد ذرات خاک به صورت دستی در مثلث بافت خاک، استفاده از مثلث‌های بافت خاک آماده در محیط مجازی

(<http://staffweb.wilkes.edu/brian.oram/soilwatr.htm>,

<http://www.atmos.albany.edu/deas/atmclasses/atm301/soiltexcalc/Soilcalculator.htm>,

<http://www.had2know.com/garden/classify-soil-texture-triangle-chart.html>,

<http://www.afrc.uamont.edu/ficklinr/soils/soiltexture.htm>,

<http://pedosphere.ca/resources/bulkdensity/>,

<http://soils.usda.gov/technical/aids/investigations/texture/>)

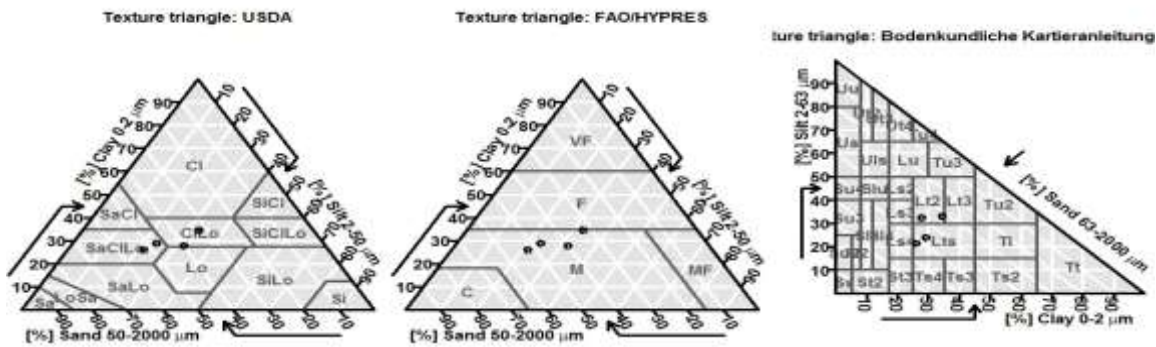
و غیره نیز بدست می‌آید که هر کدام از این روش‌ها دارای مزایا و معایبی هستند. از جمله معایب این روش‌ها میتوان به وارد کردن دستی داده‌ها، احتمال ایجاد خطا توسط شخص و زمان‌بر بودن کار فوق اشاره کرد و اینکه امکان ویرایش و ایجاد تغییرات گرافیکی در مثلث بافت وجود ندارد. اما در محیط نرم‌افزار R، علاوه بر اینکه این مشکلات مرتفع شده است، امکان دستیابی همزمان به چند نوع مثلث بافت با داده‌های مختلف و روش‌های متفاوت، نمایش همزمان آن‌ها در کنار یکدیگر و مقایسه آن‌ها نیز وجود دارد. برای استفاده از این بسته نیاز به نصب و فراخوانی بسته‌های *sp* (Bivand et al., 2008) و *MASS* (Venables & Ripley, 2002) است.

بسته Aqp با ۳۱ زیر مجموعه، کاربردهای متنوعی دارد که از جمله قابلیت‌های این بسته که در این مطالعه به آن پرداخته شده، دفترچه رنگ مانسل است. تفاوت تعیین رنگ خاک توسط این نرم‌افزار با تعیین آن به صورت دستی به کمک دفترچه رنگ مانسل اینست که با وارد کردن داده‌های رنگ خاک در این نرم‌افزار، علاوه بر رسم گرافیکی رنگ خاک، امکان رسم نمودار رنگ خاک بر اساس *value.hue* و *chroma*. نمایش داده‌های یک یا چند پروفیل خاک به صورت همزمان و امکان مقایسه آن‌ها را فراهم می‌کند و خطای کاربر را نیز کاهش می‌دهد.

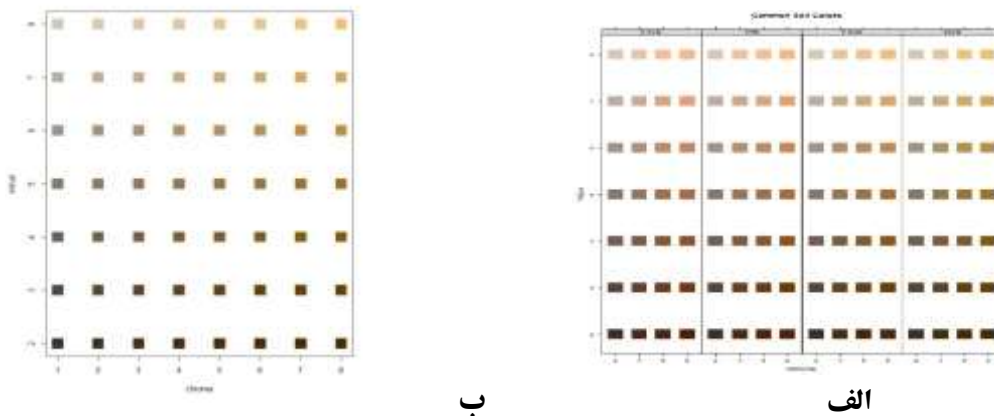
نتایج و بحث

در شکل (۱) مثلث بافت لایه‌های خاک یک پروفیل در بسته Soil texture به سه روش مختلف آلمانی، FAO و USDA رسم شده و بافت خاک در این پروفیل بر طبق مثلث‌های خاک ارائه شده، متوسط و Clay loam تا Sandy clay loam است.

در شکل (۲) (الف) رنگ‌های مختلف خاک در hue های مختلف و (ب) در hue ثابت به عنوان نمونه نشان داده شده است که در هر کدام با افزایش درجه *value* و *chroma*، رنگ خاک روشن‌تر و شدت آن قوی‌تر می‌شود.



شکل ۱- مثلث بافت خاک به سه روش آلمانی، FAO و USDA



شکل ۲- رنگ‌های مختلف خاک در hue متغیر و ثابت

منابع

Beaudette, D., Roudier, P. 2013. Algorithms for Quantitative Pedology.
 Beaudette, D.E., Skovlin, J.M. 2013. Soil Database Interface.
 Cordano, E., Andreis, D., Zottele, F. 2012. Implements parametric formulas for soil water retention or conductivity curve.
<http://www.afrc.uamont.edu/ficklinr/soils/soiltexture.htm>, 14-July-2013.
<http://www.atmos.albany.edu/deas/atmclasses/atm301/soiltexcalc/> Soilcalculator.htm, 14-July-2013.
<http://fa.wikipedia.org>, 10-Apr-2013.
<http://www.had2know.com/garden/classify-soil-texture-triangle-chart.html>, 14-July-2013.
<http://pedosphere.ca/resources/bulkdensity/>, 14-July-2013.
<http://soils.usda.gov/technical/aids/investigations/texture/>, 14-July-2013.
<http://staffweb.wilkes.edu/brian.oram/soilwatr.htm>, 14-July-2013.
 Moeys, J. 2012. Functions for soil texture plot, classification and transformation.
 Mousavi Nodoushani S.S, 1390. Introduction to statistical computing language R. University of utilities martyr Abbaspoor.



- Omuto, C.T. 2007. Estimation of Soil Hydraulic Parameters from Experimental Data.
- R Core Team (2013). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>.
- Roger S. Bivand, Edzer J. Pebesma, Virgilio Gomez-Rubio, 2008. Applied spatial data analysis with R. Springer, NY <http://www.asdar-book.org/>
- Sierra, C., Mueller, M. 2012. Models of Soil Organic Matter Decomposition.
- Varnaseri, S., Aghajari, M. and Karam moghadam, M., 1391. Readings guideline Ghale Bani Watershed (Studies of soil and land evaluation). BS Watershed and Range Management Project, Shahid chamran university of Ahvaz.
- Venables, W. N. & Ripley, B. D. (2002). Modern Applied Statistics with S. Fourth Edition. Springer, New York. ISBN 0-387-95457-0



توزیع مکانی برخی از خصوصیات سطحی خاک دشت سیرجان با استفاده از فناوری زمین آمار

طاهره آذریبیک^۱، مهدی نادری خوراسگانی^۲، جهانگرد محمدی^۳

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد

۲- استادیار گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد

۳- دانشیار گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد

مقدمه

مدیریت پایدار اکوسیستم مستلزم شناخت و ارزیابی تغییرات مکانی و زمانی در خصوصیات آن به منظور بهره‌برداری بهینه و پایدار از منابع می‌باشد. از مهمترین فاکتورهای مؤثر در مدیریت پایدار اکوسیستم حفظ کیفیت خاک آن می‌باشد. به این منظور درک چگونگی توزیع مکانی خصوصیات خاک در عرصه مهم است (چنگ و همکاران، ۲۰۰۶). تغییر در خصوصیات خاک ممکن است منشأ اولیه و ثانویه داشته باشد. منشأ اولیه تغییرات در خصوصیات خاک تحت تأثیر عوامل خاک‌زایی است در صورتی که منشأ ثانویه تغییرات مکانی در محدوده وسیعی از خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک مشاهده می‌شود.

امروزه محققان از روش‌های زمین‌آماري جهت ارزیابی توزیع مکانی خصوصیات خاک استفاده می‌کنند. در زمین‌آمار می‌توان بین مقادیر یک کمیت در جامعه نمونه‌ها و فاصله و جهت قرار گرفتن نمونه‌ها نسبت به یکدیگر ارتباط برقرار کرد. بنابراین در این روش ابتدا به بررسی وجود یا عدم وجود ساختار مکانی بین داده‌ها پرداخته می‌شود و در صورت وجود ساختار مکانی تحلیل داده‌ها انجام می‌شود. بنابراین تخمین زمین‌آماري شامل دو مرحله است: مرحله اول شناخت و مدل‌سازی ساختار فضایی متغیر است که بوسیله آنالیز واریوگرام قابل بررسی است و مرحله دوم تخمین متغیر مورد نظر بوسیله توابع زمین‌آماري از جمله کریجینگ و کوکریجینگ می‌باشد (حسنی‌پاک، ۱۳۷۷). استفاده از روش‌های زمین‌آماري در علوم خاک توسط محققین مختلفی بکار گرفته شده است. آده و همکاران (۱۹۹۵) روش‌های زمین‌آماري مانند کریجینگ به دلیل اینکه بهترین برآورد ناریب خطی را برای تعیین مقادیر مجهول در مناطق نمونه‌برداری نشده به دست می‌دهند، در مطالعات خاک‌شناسی بسیار استفاده شده است. نی‌یل و همکاران (۲۰۰۴) خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در روش‌های مختلف مدیریتی برای منطقه‌ای در زاگرس را با کاربرد زمین‌آمار و روش‌های آماری درون‌یابی کردند. دوفرا و همکاران (۲۰۰۶) توزیع مکانی خصوصیات خاک را بوسیله دو مدل ترکیبی واریوگرام و تحلیل مؤلفه‌های اصلی بررسی کرده و به این نتیجه رسیدند که می‌توان خصوصیات فیزیکی خاک را به دو دسته تقسیم کرد. یک دسته که با نقشه‌های واحدهای خاک ارتباط دارند مثل بافت خاک و گروهی که با واحدهای خاک ارتباطی ندارند مثل تخلخل. از آنجا که شناخت چگونگی توزیع مکانی خصوصیات خاک در یک عرصه کمک شایانی به مدیریت هر چه بهتر آن می‌نماید. بنابراین مطالعه حاضر با هدف بررسی تغییرات مکانی برخی خصوصیات خاک صورت گرفته است.



مواد و روش‌ها

خصوصیات و موقعیت منطقه مطالعاتی

منطقه مورد مطالعه در بخشی از دشت سیرجان، از محدوده حوزه آبریز کویر سیرجان در عرض جغرافیایی $29^{\circ}21'$ تا $29^{\circ}37'$ و طول جغرافیایی $55^{\circ}26'$ تا $55^{\circ}44'$ واقع شده است. حداکثر ارتفاع حوزه برابر ۳۸۱۳ متر در ارتفاعات شمال شرقی و حداقل آن برابر با ۱۶۵۰ متر در کویر غربی (کفه نمک) و متوسط وزنی ارتفاع دشت برابر ۱۷۷۰ متر می‌باشد. متوسط بارندگی در محدوده مورد مطالعه ۱۳۵/۵ میلی‌متر و متوسط دما ۱۸ درجه سانتی‌گراد است و در قسمت غربی شهرستان سیرجان در استان کرمان واقع شده است. موقعیت منطقه مورد مطالعه در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱- موقعیت منطقه مطالعاتی و نقاط نمونه برداری

داده‌های میدانی و تجزیه‌های آزمایش

در این تحقیق نمونه برداری به روش سیستماتیک (شبکه‌های 1000×1000) به همراه نقاط الحاقی انجام شد. تعداد ۱۲۰ نمونه مرکب از عمق ۰-۱۵ سانتی‌متر برداشت شد. پس از عملیات نمونه برداری، نمونه‌های خاک به آزمایشگاه منتقل و هوا خشک گردد و پس از کوبیدن و عبور از الک ۲ میلی‌متری، هدایت الکتریکی (EC) و اسیدیته (pH) در عصاره ۱:۲ خاک و آب، مواد آلی به روش اکسیداسیون تراندازه‌گیری شد.

روش‌های آماری

خلاصه آماری آنالیزهای آزمایشگاهی با استفاده از نرم‌افزار Statistica 6.0، تجزیه و تحلیل ساختار مکانی داده‌ها و محاسبه نیم‌تغییرنا با استفاده از بسته نرم‌افزاری Geoeas, variowin، به منظور تهیه نقشه‌های پراکنش خصوصیت مورد مطالعه از روش کریجینگ معمولی جهت تخمین این خصوصیت در سطح منطقه مطالعاتی استفاده شد، ترسیم نقشه‌های کریجینگ و خطای تخمین با استفاده از بسته نرم‌افزار Surfer 9 انجام شد. تغییرنا یک تابع ریاضی است که تغییرات فاصله‌ای یا ساختار تغییرپذیری یک متغیر ناحیه‌ای را صورت‌بندی می‌کند (محمدی، ۱۳۸۵). قبل از کاربرد تجزیه و تحلیل زمین‌آمار، هر متغیر تحلیل همسان‌گردی با استفاده از تغییرنمای رویه انجام شد. برای مقایسه دو کمیت در دو نقطه به مختصات مختلف، بررسی اختلاف آن‌ها طبیعی‌ترین روش مقایسه است. بر این اساس برای تمام موقعیت‌ها می‌توان، توان دوم این اختلاف را تحت عنوان نیم‌تغییرنا به صورت معادله [۱] محاسبه کرد:

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} (Z(x) - Z(x+h))^2 \quad [1]$$

که در آن، $N(h)$ تعداد جفت‌های جدا شده در فاصله گام $Z(X_i)$ ، $Z(X_{i+h})$ مقدار متغیر اندازه‌گیری شده در نقطه X_i و $Z(X_{i+h})$ مقدار متغیر اندازه‌گیری شده در موقعیت مکانی X_{i+h} است (محمدی، ۱۳۸۵). یک تغییرنمای ابدال



دارای سه پارامتر شامل اثر قطعه‌ای، حد آستانه و دامنه مؤثر می‌باشد. اثر قطعه‌ای بیان کننده مؤلفه غیرساختاری یا تصادفی واریانس می‌باشد. حد آستانه تقریبی از واریانس کل را ارائه نمود و مقدار دامنه بیان گر فاصله‌ای است که در ماورای آن نمونه‌ها را می‌توان مستقل از یکدیگر به حساب آورد (محمدی، ۱۳۸۵). شدت و درجه‌ی وابستگی مکانی یک متغیر ناحیه‌ای را می‌توان از تقسیم اثر قطعه‌ای به واریانس کل یا حد آستانه به دست آورد. گاهی اوقات این نسبت در عدد ۱۰۰ ضرب و به صورت درصد بیان می‌شود. اگر نسبت مزبور کمتر از ۲۵ درصد باشد، متغیر دارای کلاس وابستگی مکانی قوی و اگر این نسبت بین ۲۵ تا ۷۵ درصد باشد، آنگاه متغیر مورد نظر دارای کلاس وابستگی مکانی متوسط می‌باشد. اگر نسبت بیش از ۷۵ درصد باشد، متغیر دارای کلاس وابستگی مکانی ضعیفی خواهد بود. در مطالعه حاضر، از مدل نظری نمایی جهت برآزش واریوگرام‌های تجربی هدایت الکتریکی استفاده شد.

$$\gamma(h) = c \left\{ 1 - \exp\left(-\frac{h}{r}\right) \right\} \quad [2]$$

که در آن $\gamma(h)$ مقدار تغییرنما، c حد آستانه، r را اصطلاحاً فاکتور فاصله و h فاصله هستند (محمدی، ۱۳۸۵). بین داده‌های دو متغیر اسیدیت و ماده آلی هیچ ساختار مکانی وجود نداشت. در مرحله بعد، پس از محاسبه و مدل سازی واریوگرام‌های تجربی، اقدام به پهنه‌بندی متغیرهای مورد نظر با استفاده از تخمینگر کریجینگ گردید. به طور کلی کریجینگ نامی تعمیم یافته برای کلیه روش‌های آماری تخمین و برآورد متغیرهای ناحیه‌ای است. از مهم‌ترین ویژگی کریجینگ که آن را از دیگر تخمین‌گرها متمایز می‌سازد ویژگی حداقل سازی واریانس خطا است.

نتایج و بحث

خلاصه‌ای از آماره‌های توصیفی متغیرهای مورد مطالعه در جدول ۱ آمده است. میانگین غلظت هدایت الکتریکی 61 ds/m ، pH و ماده آلی به ترتیب $7/67$ و $1/59$ می‌باشد. با توجه به مقادیر چولگی و کشیدگی در جدول ۱ و آزمون کولوموگروف- اسمیرنوف ملاحظه گردید که داده‌های اسیدیت و ماده آلی دارای توزیع نرمال ولی داده‌های هدایت الکتریکی نرمال نیستند و به مبنای لگاریتمی تبدیل شدند.

جدول ۱- خلاصه آماری

متغیر	واحد	میانگین	میان	انحراف معیار	ضریب تغییرات %	چولگی	کشیدگی	حداقل	حداکثر
Ec	ds/m	۵/۶۱	۳/۱۱	۷/۷۴	۱/۳۷	۳/۴	۱۳/۸۳	۰/۲۵	۴۹/۲
pH	-	۷/۶۷	۷/۷۱	۰/۴۳	۰/۰۵	-۰/۱۲	-۰/۲۹	۶/۴۶	۸/۷۱
ماده آلی	%	۱/۵۹	۱/۵۴	۰/۷۴	۰/۴۶	۰/۳۴	۰/۴۵	۰/۰۳	۴/۰۳

پس از اطمینان از عدم وجود ناهمسانگردی اقدام به محاسبه و ترسیم واریوگرام‌های تجربی همه‌جهته گردید. شکل ۲ واریوگرام تجربی به همراه مدل نظری برآزش داده شده بر متغیر EC را نشان می‌دهد. داده‌های اسیدیت و ماده آلی از هیچ مدل تجربی تبعیت نکردن، فاقد وابستگی مکانی می‌باشند. دلیل این امر را می‌توان به شرایط اقلیمی و محیطی، نحوه و فواصل نمونه برداری نسبت داد. نتایج آنالیز همبستگی مکانی متغیر EC نشان داد میانگین خطا و میانگین مجذور خطا کاهش یافته جدول ۲، این مطلب نشان دهنده دقت بالای تخمین است.



همچنین محاسبه همبستگی مکانی ($c_0/c+c_0$) نشان می‌دهد همبستگی مکانی قوی بین غلظت EC در نمونه‌ها وجود دارد جدول ۳، که می‌تواند در نتیجه تأثیر عوامل طبیعی مانند مواد مادری، توپوگرافی و تیپ خاک باشد.

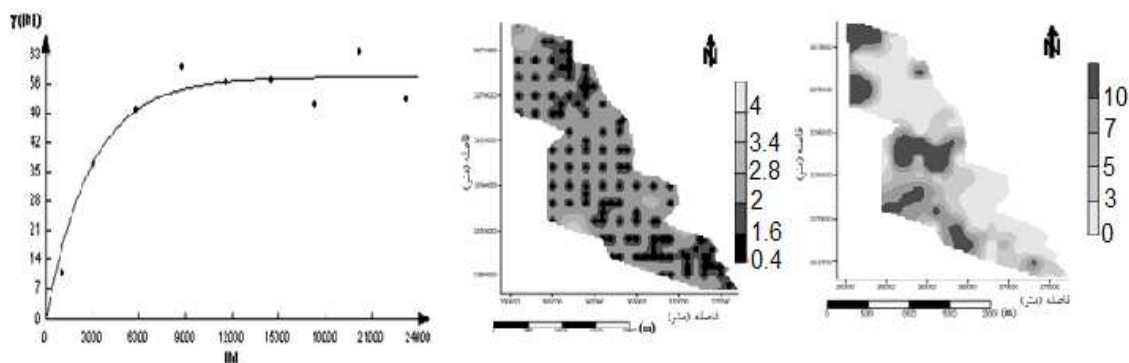
جدول ۲- پارامترهای کنترل اعتبار تغییرنماها

Zscore	مجدور میانگین خطا (RMSE)	میانگین خطا (MEE)	شعاع دامنه جستجو (متر)	حداکثر نقاط در دامنه جستجو	حدقل نقاط در دامنه جستجو	متغیر
۱/۴	۷/۵۱۴	۰/۰۰۵	۱۰۰۰۰	۱۵	۱	EC(ds/m)
-	-	-	-	-	-	pH
-	-	-	-	-	-	ماده آلی (%)

جدول ۳- پارامترهای مدل‌های تغییرنما

متغیر	مدل	دامنه	سقف	اثر قطعه‌ای	درصد همبستگی	کلاس همبستگی
EC(ds/m)	نمایی	۸۷۰۰	۵۸	۰	۰	قوی
pH	-	-	-	-	-	-
ماده آلی (%)	-	-	-	-	-	-

نقشه‌های واریانس تخمین کریجینگ هدایت الکتریکی شکل ۲، نشان داد در حاشیه منطقه و فواصل بین نمونه‌ها بیشترین واریانس تخمین وجود دارد که به دلیل فواصل زیاد بین نمونه‌ها در محل است.



شکل ۲- نقشه کریجینگ-نقشه خطای تخمین-واریوگرام تجربی همه جهته برازش داده شده بر متغیر EC



منابع

- ۱- محمدی ج، ۱۳۸۵. پدومتری ۲ (آمار مکانی). انتشارات پلک. تهران.
- ۲- حسنی پاک ع. ا، ۱۳۷۷. زمین آمار (ژئواستاتیسیتیک). انتشارات دانشگاه تهران.
- 3- Cheng X, An S, chen J and Li B, 2006. Spatial relationships among species above ground biomass, N, P in degraded grass land in or on plateau. *Journal of arid Environment* 30:75-88.
- 4- Duffera M, white JG, Weisz R, 2006. Spatial variability of southwestern U.S. coastal plain soil physical properties, *Geoderma* 128:121-133.
- 5- Neal M, Khademi H, Hajabbasi MA, 2004. Response of soil quality indicators and their spatial variability to land degradation in central Iran, *Applied soil Ecology* 27:221-232.
- 6- Odeh IOA, McBratney AB, Chittieborough DJ, 1995. Further results on prediction from terrain attributes: heterotopic co-kriging and regression-kriging. *Geoderma* 67:512-626.



اثر سطوح مختلف نیتروژن از منابع کود گاوی و اوره بر میزان ماده آلی خاک و محتوای کلروفیل گیاه ذرت شیرین

معصومه شاهمرادی*

* دانشگاه آزاد اسلامی، واحد میانه، باشگاه پژوهشگران جوان، میانه، ایران

Email: dsn.mshahmoradi@gmail.com

مقدمه

کشاورزی پایدار توجه به کیفیت خاک و مواد آلی خاک دارد. مواد آلی خاک سهم مهمی در کیفیت خاک دارد. کودهای آلی به سبب بهبود خصوصیات شیمیایی خاک مثل pH، ظرفیت تبادل کاتیونی و افزایش فعالیت میکروارگانیسم‌ها و میزان دسترسی به مواد غذایی، باعث افزایش باروری خاک می‌شوند (Renato et al., 2003). کود دامی یکی از منابع کود آلی است که استفاده از آن در سیستم‌های مدیریت پایدار خاک مرسوم می‌باشد. کاربرد ماده آلی به صورت کود دامی سطوح کربن آلی را در خاک افزایش می‌دهد و تاثیرهای مستقیم و غیر مستقیم روی خصوصیات و فرایندهای خاک دارد (Prakash et al., 2007). به اثرات مثبت کودهای حیوانی بر باروری خاک، افزایش ماده آلی خاک و رشد و نمو گیاه (Kaur et al., 2008) بکرات در منابع اشاره شده است. با مصرف کود آلی و کود شیمیایی به صورت تلفیقی شرایط مناسب و ایده‌آل برای رشد گیاه فراهم می‌شود بطوریکه نه تنها اثر سازش‌ناپذیری بین آنها وجود ندارد بلکه مکمل همدیگر می‌باشند. مقدار ماده آلی زیاد کود دامی می‌تواند باعث بهتر شدن خواص فیزیکی و شیمیایی خاک و در نتیجه افزایش عملکرد گیاه گردد (اکبری‌نیا و همکاران، ۱۳۸۳). بلده و همکاران (Belde et al., 2000) اظهار داشتند که کودهای آلی سبب افزایش معنی‌دار مواد آلی خاک شده و قابلیت جذب عناصر غذایی را در خاک افزایش می‌دهد. استفاده توأم از کودهای آلی و معدنی نه تنها مقدار کاربرد کودهای شیمیایی را کاهش می‌دهد، بلکه به ذخیره انرژی و کاهش آلودگی محیط نیز کمک می‌کند. بنابراین هدف از این پژوهش، بررسی تاثیر سطوح مختلف کود شیمیایی (کود نیتروژن) و کود آلی (کود گاوی) بر میزان کربن و ماده آلی خاک و محتوای کلروفیل گیاه ذرت شیرین می‌باشد.

مواد و روشها

به منظور مطالعه اثر کود گاوی و کود نیتروژن بر میزان کربن و ماده آلی خاک و محتوای کلروفیل گیاه ذرت شیرین پژوهشی گلخانه‌ای-آزمایشگاهی در دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد میانه به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار اجرا شد. که در آن کود آلی شامل کود گاوی پوسیده در سه سطح (صفر، ۲۰ و ۳۰ تن در هکتار) و کود نیتروژن با سه سطح (صفر، ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار) از منبع کود شیمیایی اوره) مورد استفاده قرار گرفت. تعداد ۲۷ گلدان در این طرح مورد استفاده قرار گرفت. قبل از اقدام به کاشت، گلدان‌ها ضدعفونی و کدگذاری شدند. گلدان‌های مورد استفاده در این طرح از جنس یونولیت با ابعاد ۲۰×۲۰ سانتی‌متر بوده که گنجایش ۴ کیلوگرم خاک را داشتند. کود آلی قبل از کشت با خاک مخلوط شده و به داخل گلدان‌های مربوطه اعمال شد. کاشت بذرها در هر یک از گلدان‌ها در عمق ۳-۲ سانتی‌متری سطح خاک



صورت گرفت. کود اوره نیز در فاصله دوره رویش گیاه ذرت شیرین در ۳ مرحله به صورت سرک به خاک داده شد تا در دسترس گیاه قرار گیرد. جهت اندازه‌گیری شاخص محتوای کلروفیل از دستگاه کلروفیل سنج دستی (SPAD-502) استفاده گردید. پس از برداشت محصول میزان کربن و ماده آلی خاک اندازه‌گیری شد. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار MSTAT- C (ver 2.10) و مقایسه‌ی میانگین‌ها براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد صورت گرفت. جهت رسم اشکال نیز از نرم‌افزار Excel استفاده گردید.

نتایج و بحث

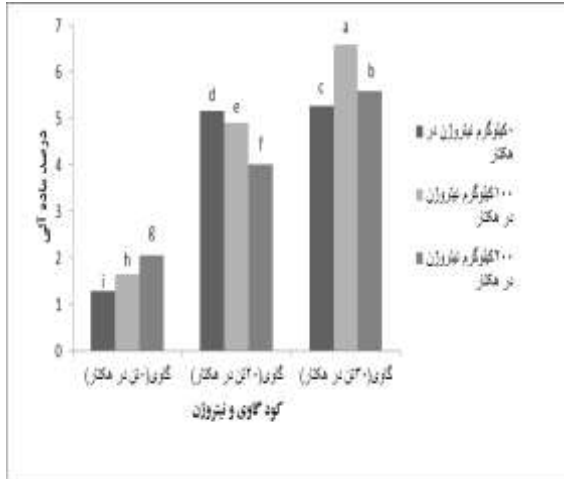
کربن آلی و ماده آلی خاک: با توجه به جدول تجزیه واریانس (جدول ۱)، اثر متقابل سطوح کود گاوی و کود نیتروژن بر کربن و ماده آلی خاک در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد. تیمار ۳۰ تن در هکتار کود گاوی با مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن بالاترین و تیمار شاهد (بدون کود گاوی و کود نیتروژن) کمترین مقدار کربن آلی و ماده آلی را داشتند. با مصرف کود نیتروژن و کود گاوی به تنهایی و توأم با یکدیگر درصد کربن آلی و ماده آلی خاک نسبت به تیمار شاهد افزایش یافت. تیمار ۲۰ تن در هکتار کود گاوی نسبت به کود نیتروژن عکس‌العمل کاملاً متفاوتی نشان داد طوری‌که با کاربرد کود نیتروژن درصد کربن و ماده آلی خاک نسبت به تیمار شاهد کاهش یافت. تیمارهای ۲۰ و ۳۰ تن در هکتار کود گاوی بدون اعمال کود شیمیایی نیتروژن نسبت به تیمار شاهد فاقد اختلاف معنی‌داری بودند (شکل‌های ۱ و ۲). نتایج به دست آمده با نتایج یافته‌های سایر محققین (اکبری‌نیا و همکاران، ۱۳۸۳؛ چراتی و همکاران، ۱۳۸۸؛ Belde *et al.*, 2000; Prakash *et al.*, 2007; Kaure *et al.*, 2008) مطابقت دارد.

جدول ۱- اثر سطوح و منابع مختلف نیتروژن بر کربن و ماده آلی خاک و محتوای کلروفیل گیاه

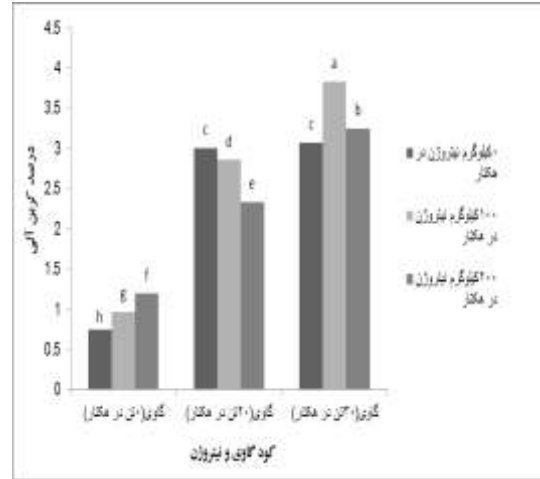
ذرت شیرین

منبع تغییرات	درجه آزادی	کربن آلی	ماده آلی	شاخص محتوای کلروفیل
کود نیتروژن (N)	۲	۰/۲۴۵**	۰/۷۲۴**	۵۵/۴۷۰*
کود گاوی (M)	۲	۱۳/۹۸۹**	۴۱/۴۵۰**	۲۴/۶۴۳ ^{ns}
N*M	۴	۰/۳۷۸**	۱/۱۱۶**	۳۰/۶۶۷ ^{ns}
اشتباه آزمایشی	۱۸	۰/۰۰۱	۰/۰۰۲	۱۲/۰۰۷
ضریب تغییرات (%)	-	۱/۰۹	۱/۱۱	۱۲/۲۷

*, ** و ^{ns} به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵، ۱ درصد و غیر معنی‌دار

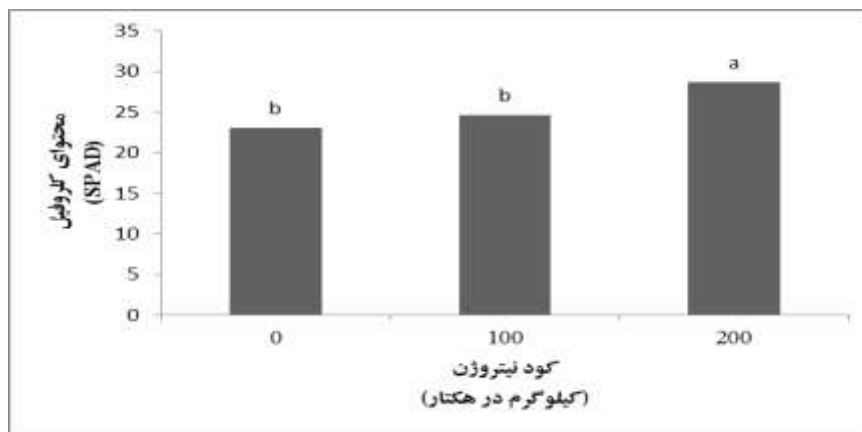


شکل ۲- اثر متقابل سطوح کود گاوی و کود نیتروژن بر ماده آلی خاک



شکل ۱- اثر متقابل سطوح کود گاوی و کود نیتروژن بر کربن آلی خاک

شاخص محتوای کلروفیل: اثر کود نیتروژن بر شاخص محتوای کلروفیل در سطح احتمال ۵ درصد معنی دار شد. در حالی که کاربرد کود گاوی به تنهایی و توأم با کود شیمیایی نیتروژن بر شاخص محتوای کلروفیل گیاه اثر معنی داری نشان نداد (جدول ۱). بیشترین شاخص محتوای کلروفیل در تیمار ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن و کمترین آن در تیمار شاهد به ترتیب با مقادیر ۲۸/۶۷ و ۲۳/۱ واحد به دست آمد که با سطح ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن فاقد اختلاف معنی داری بود. با افزایش کود نیتروژن شاخص محتوای کلروفیل نسبت به تیمار شاهد افزایش یافت (شکل ۳). شرایط محیطی مانند وضعیت برداشت عناصر غذایی از خاک توسط گیاه و مقدار آب خاک آثار قابل توجهی بر غلظت کلروفیل برگها و در نتیجه سرعت فتوسنتز دارند. از اینرو افزایش سرعت فتوسنتز خالص را می توان به افزایش غلظت کلروفیل نسبت داد. افزایش محتوی نسبی کلروفیل در برگها انتقال انرژی تابشی را به داخل انرژی شیمیایی اولیه در شکل ATP و NADPH در کلروپلاستها بهبود می بخشد (Kumar and Kumar, 2008).



شکل ۳- اثر سطوح کود نیتروژن بر محتوای کلروفیل گیاه ذرت شیرین



منابع

- ۱- اکبری نیا، ا.، قلاوند، ا.، طهماسبی سروسستانی، ز.، شریفی عاشورآبادی، ا. و بانجشفیعی ش.، ۱۳۸۳. تاثیر سیستم‌های مختلف تغذیه بر خواص خاک، جذب و غلظت عناصر توسط گیاه دارویی زنیان و عملکرد آن. پژوهش و سازندگی در منابع طبیعی، شماره ۶۲، صفحه‌های ۱۱ تا ۱۹.
- ۲- چراتی، ع.، خیری کمیشانی، ز.، آملی، ن.، علیزاده، غ. و خانلریان م.، ۱۳۸۸. تاثیر مقادیر مختلف اوره و کود دامی بر قابلیت استفاده عناصر غذایی خاک. صفحه‌های ۱۲۸۵ تا ۱۲۸۶. مجموعه مقالات یازدهمین کنگره علوم خاک ایران. گرگان.
- ۳- رضایی نژاد، ی. و افیونی م.، ۱۳۷۹. اثر مواد آلی بر خواص شیمیایی خاک، جذب عناصر به‌وسیله ذرت و عملکرد آن. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، جلد چهارم، شماره ۴. صفحه‌های ۱۹ تا ۲۷.
- 4- Belde M, Matteis A, Sprengle B, Albrecht B and Hurlle H, 2000. Long-term development of yield affecting weeds after the change from conventional to integrated and organic farming. Pp. 291-292. Proceeding Twenty German Conference on Weed Biology and Weed Control. German.
- 5- Kaure T, Brar BS and Dhillon NS, 2008. Soil organic matter dynamics as affected by long term use of organic and inorganic fertilizers under maize-wheat cropping system. Nutrient Cycle. Agroecosystem 81: 59-69.
- 6- Kumar AR and Kumar M, 2008. Studies on the efficiency of sulphate of potash on physiological, yield and quality parameters of Banana cv. Robusta (Cavendish-AAA). European. Asia Journal of Biology. Science 2: 102-109.
- 7- Renato Y, Ferreira ME, Cruz MC and Barbosa JC, 2003. Organic matter fractions and soil fertility under influence of liming, vermicompost and cattle manure. Bioresource Technology 60: 59-63.
- 8- Prakash V, Bhattacharyya R and Selvakumar G, 2007. Long-term effects fertilization on some properties under rainfed soybean-wheat cropping in the Indian Himalayas. Journal Plant Nutrition Soil Science 170: 224-233.



بررسی تغییرات شوری خاک با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای ETM⁺ در جنوب شرق دشت آبیک

آرمان نادری^{*}، محمد امیر دلاور

۱- دانشجوی دکتری پیدایش، رده بندی و ارزیابی خاک، دانشگاه زنجان

۲- استادیار پیدایش، رده بندی و ارزیابی خاک، دانشگاه زنجان

*armannaderi@znu.ac.ir

مقدمه

بررسی وضعیت شوری و قلیائیت خاک، به منظور کنترل و کند کردن روند تخریب و انجام مدیریت بهینه اراضی، به خصوص در مناطق خشک و نیمه خشک اجتناب ناپذیر به نظر می‌رسد. مترنیکت و زینک (۱۹۹۶) با استفاده از اطلاعات ماهواره‌ای و داده‌های آزمایشگاهی و صحرایی کلاس‌های مختلف شوری و قلیائیت خاک‌ها را تعیین و ترکیب باندی چهار، دو، یک، و هفت، شش و پنج را مناسب‌ترین باندها برای تفکیک کلاس‌های خاک‌های شور و قلیا معرفی و منطقه‌ی مورد نظر را به نه کلاس دسته‌بندی نمودند که دقت طبقه‌بندی در بعضی از کلاس‌ها تا صد درصد نیز می‌رسید. نیلد و همکاران (۲۰۰۷) با استفاده از داده‌های مربوط به سنجنده‌ی ETM⁺ نقشه‌ی رقومی خاک‌های گچی و شور-سدیمی را در منطقه‌ی سان‌رافائل واقع در ایالت کلرادو تهیه کردند. طبق نتایج به دست آمده مناطق دارای خاک‌های گچی را می‌توان با استفاده از مدل نسبت اختلاف نرمال (NDR) باندهای ۵ و ۷ شناسایی نمود. دقت این شناسایی با کمک ارزیابی مزرعه‌ای حدود ۸۷ درصد برای خاک‌های گچی و ۵۰ درصد برای خاک‌های سدیمی تعیین گردید. آن‌ها هم چنین نتیجه گرفتند که مدل نسبت اختلاف نرمال را می‌توان برای تهیه‌ی نقشه‌ی خاک به صورت رقومی در مناطقی که به دلیل وجود عوارض مختلف دارای بازتابش‌های متفاوتی است، به سهولت به کار برد.

مواد و روش‌ها

منطقه‌ی مورد مطالعه در محدوده عرض‌های جغرافیایی ۳۵° ۴۵' تا ۳۵° ۶۰' شمالی و طول‌های جغرافیایی ۲۵° ۵۰' تا ۵۰° ۴۰' شرقی دشت کرج-آبیک در نزدیکی شهرستان اشتهارد واقع شده است. بانک اطلاعاتی منطقه با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای حاصل از سنجنده ETM⁺ مربوط به سال ۲۰۰۲ میلادی، نقشه‌های توپوگرافی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ و نقشه تفصیلی خاک تهیه و وارد سیستم اطلاعات جغرافیایی گردید. در مرحله بعد عملیات زمین مرجع کردن داده‌ها عملیات بارزسازی کنتراست (Contrast manipulation)، و بارزسازی طیفی یا چند تصویری (Multi-image manipulation) بر روی تصاویر صورت گرفت و باندهایی که دارای بیشترین اطلاعات غیر مشترک بودند از طریق محاسبه شاخص بهینه مطلوب و آنالیز مولفه‌های اصلی انتخاب و تصاویر مربوط برای تفسیر چشمی تشکیل گردید. با استفاده از این تصاویر و به منظور شناخت عوارض و پدیده‌های موجود بر روی تصاویر اقدام به



بازدید صحرائی نموده و با توجه به تفاوت‌های طیفی، مشاهدات میدانی الگوی نمونه‌برداری مناسب طراحی و تعداد ۸۰ نمونه با توجه به وسعت هر منطقه به صورت نمونه‌های سطحی (۵-۰ و ۲۵-۵) جمع آوری و خصوصیات شامل شن، سیلت، رس، ماده آلی، سنگریزه، گچ، آهک، هدایت الکتریکی، واکنش خاک و سایر خصوصیات موثر در بازتابش خاک در منطقه مطابق با روش‌های استاندارد (اچینبرگر و همکاران، ۲۰۰۲) مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. علاوه بر این برای مشخص شدن وضعیت رده بندی خاک‌ها در منطقه تعداد ۱۰ پروفیل در حفر و تشریح گردید (اداره حفاظت خاک ایالات متحده، ۱۹۹۶). بر اساس مطالعات مترنیکت و زینک (۱۹۹۶) کلاس‌های شوری خاک را می‌توان به کلاس‌های S0، S1، S2، S3، S4 و S5 قابل تقسیم است که این کلاس‌ها شامل شوری‌های ۰-۴، ۴-۸، ۸-۱۶، ۱۶-۳۲، ۳۲-۶۴ و بیشتر از ۶۴ دسی زیمنس بر متر است. از بین ۸۰ نقطه نمونه برداری تعداد ۵۰ نقطه به عنوان نواحی آموزشی و تعداد ۳۰ نقطه به عنوان واقعیت‌های زمینی در نظر گرفته شدند. طبقه بندی تصاویر بعد از معرفی نواحی تعلیمی با استفاده از طبقه بندی کننده حداکثر احتمال صورت گرفت. در مرحله بعد از طبقه بندی، دقت طبقه بندی برای تک تک کلاس‌ها و دقت کلی طبقه بندی از طریق مقایسه نقشه واقعیت‌های زمینی با نقشه حاصل از طبقه بندی داده‌های ماهواره‌ای و ایجاد ماتریس درهم ریخته محاسبه گردید.

نتایج و بحث

خاک‌های غالب در این منطقه در دو رده انتی سول و اریدی سول طبقه بندی شدند. بر اساس نوع و میزان شوری می‌توان خاک‌ها را به ۶ کلاس متفاوت تقسیم بندی نمود. در ادامه بر روی تصاویر ماهواره‌ای مربوط به سال ۲۰۰۲ عملیات مختلف شامل تصحیح‌ها لازم، و زمین مرجع کردن تصاویر صورت گرفت. مشخصات مناطق مطالعه شده روی تصاویر منتقل و با استفاده از شاخص‌های OIF و PCA باندهای ۴، ۲-۶ و ۷ به عنوان بهترین باندها به منظور شناسایی تغییرات شوری در منطقه و انجام عملیات طبقه‌بندی انتخاب گردید. سایر شاخص‌ها نظیر شاخص روشنایی، شاخص نرمال پوشش گیاهی، شاخص گیاهی تعدیل شده برای خاک و شاخص رطوبت به منظور افزایش دقت طبقه‌بندی نیز محاسبه و استفاده گردید. در نهایت نقشه شوری خاک با استفاده از تعریف کلاس‌های شوری به ۶ کلاس شامل ۰، ۴، ۸، ۱۶، ۳۲، ۶۴ و بیش از ۶۴ دسی زیمنس بر متر تهیه گردید. به منظور کنترل نتایج بدست آمده و با توجه به اینکه ارزش و قابلیت استفاده از هر نقشه تولید شده به درجه دقت آن بستگی دارد، برای اطمینان از نحوه انجام طبقه‌بندی و ارزیابی صحت آن، پس از طبقه بندی تصویر نقشه طبقه بندی شده با نقشه واقعیت زمینی تلاقی و نتایج آن در ماتریسی به نام ماتریس خطاها یا ماتریس درهم ریخته ارائه گردید (جدول ۱). نتایج بدست آمده نشان داد که کلاس‌های شوری S5 (بیش از ۶۴) و S0 (۰-۴) به ترتیب دارای بالاترین و کمترین دقت برابر با ۱۰۰ و ۲۷/۳۱ درصد می‌باشند. هم چنین کلاس‌های شوری S3 و S4 نیز از دقت قابل قبولی برخوردار می‌باشند (۸۹/۹۵ و ۹۰/۸۴ درصد). دقت کلی برآورد شده برای منطقه مطالعه شده ۸۲/۵۲ درصد می‌باشد، که در مقایسه با تحقیقات سایرین از دقت بسیار بالایی برخوردار می‌باشد. درصد دقت بالای حاصله نشان دهنده این موضوع است که داده‌های سنجنده ETM⁺ از قابلیت مطلوبی جهت تهیه نقشه طبقه بندی اراضی شور در منطقه مورد مطالعه و مناطق

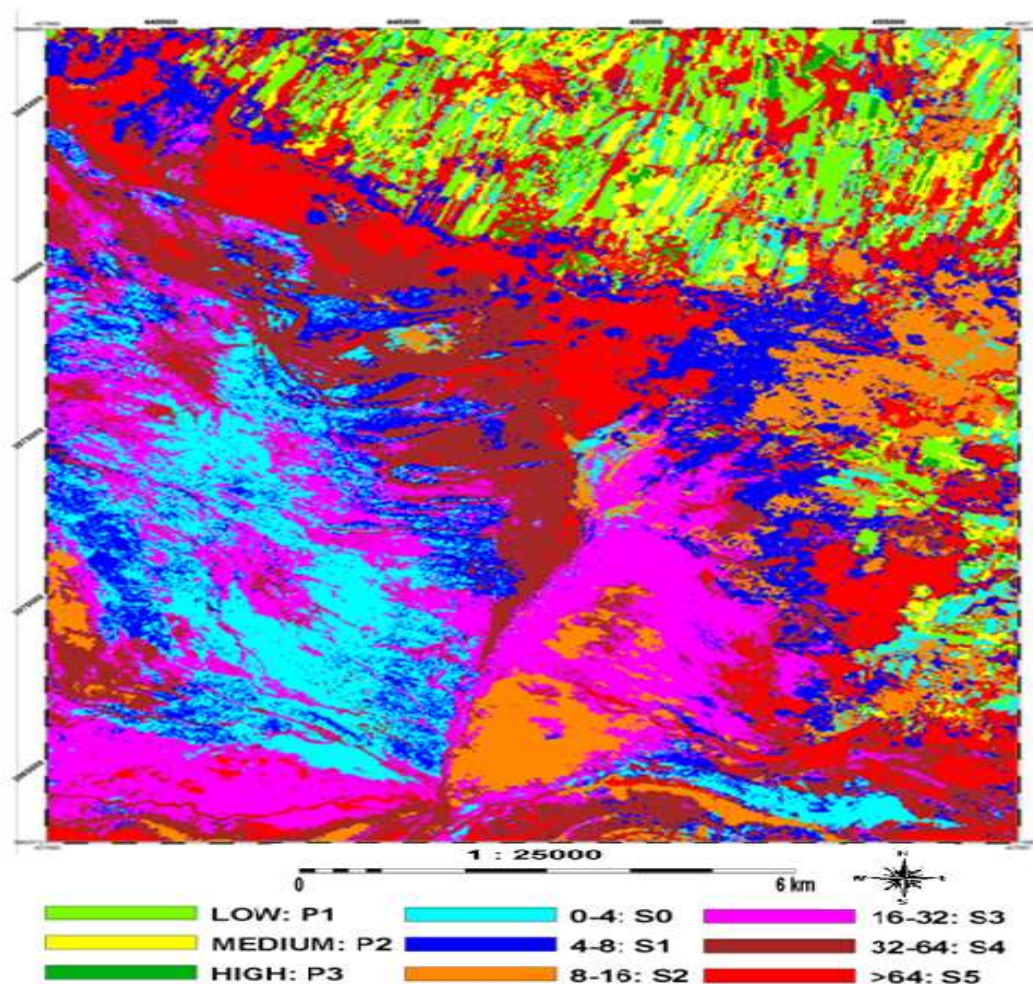


مشابه برخوردار است. از آنجا که قدرت تفکیک مکانی و طیفی عامل عمده شناسایی و تفکیک کاربری های مختلف می باشد، بنابراین سنجنده ETM^+ به علت داشتن قدرت تفکیک مکانی و طیفی بالا و به ویژه داشتن باند حرارتی، قابلیت تفکیک کلاس های شوری را از یکدیگر به خوبی دارا می باشد. نیلد و همکاران (۲۰۰۷) نیز در تحقیقات خود به نقش کلیدی باند حرارتی ماهواره لندست TM در تشخیص خاک های شور و سدیمی اشاره کردند.

جدول ۱- ماتریس خطاها برای مقایسه نقشه حاصل از طبقه بندی تصاویر ماهواره ای با واقعیت های زمینی

نقشه واقعیت های زمینی	کلاس های حاصل از طبقه بندی اطلاعات ماهواره ای						دقت تولیدکننده (%)	خطای حذف (%)
	S0	S1	S2	S3	S4	S5		
S0	۵۳	۲۱	۱۱۹			۱	۳۷/۳۱	۷۲/۶۹
S1	۳۰۷	۴۳۶		۸	۱۷		۵۶/۷۷	۴۳/۲۳
S2		۴	۵۶۶	۳	۶۵		۸۸/۷۱	۱۱/۲۹
S3		۲۵		۲۲۴			۸۹/۹۵	۱۰/۰۵
S4	۱	۵۰	۲	۱۶	۸۳۴	۱۵	۹۰/۸۴	۹/۱۶
S5						۹۷۵	۱۰۰/۰۰	۰/۰۰
دقت کاربر (%)	۱۴/۶۸	۸۱/۳۴	۸۲/۳۸	۸۹/۲۴	۹۱/۰۴	۹۸/۳۸		
خطای اضافه (%)	۸۵/۳۲	۱۸/۶۶	۱۷/۶۲	۱۰/۷۶	۸/۹۶	۱/۶۲		
دقت کلی (%) = ۸۲/۵۲								

با توجه به وجود املاح در سطح خاک های شور این خاک ها به راحتی از سایر خاک ها به دلیل داشتن بازتاب بالا بر روی تصاویر ماهواره ای قابل تشخیص هستند. این ویژگی کمک زیادی را در تفسیر چشمی تصاویر ماهواره ای می نماید لیکن نباید نقش میزان رطوبت خاک، نوع پوشش سطحی خاک و ناهمواری های سطحی خاک را در تفسیر چشمی که مسلماً در درصد بازتاب سطحی تأثیر می گذارد از نظر دور داشت. نتایج بررسی های مینرالوژیکی در نمونه های سطحی مناطق با کلاس های شوری ۵ و ۶ نشان داد که نمک های غالب شامل تناردیت و اپسومیت و کلرور سدیم به همراه میزان کمی گچ می باشد. با استفاده از نقشه تهیه شده از مناطق شور در این منطقه می توان اظهار نمود که تکنیک سنجش از دور به همراه سیستم های اطلاعات جغرافیایی امکان شناسایی خاک ها را در این مناطق فراهم ساخته و شناسایی این عوارض تا حدود زیادی به رطوبت، درجه شوری، نوع پوشش و وجود پوسته های نمکی و همچنین میزان بازتاب طیفی نمک ها نسبت به سایر سطوح بستگی دارد. استفاده از این تکنیک در شناسایی مناطق با درجات شوری بالا و متوسط بسیار بالا بوده که به منظور شناسایی این عوارض در مقیاس های وسیع کاربرد داشته و باعث صرفه جویی در هزینه و زمان مطالعات می گردد.



شکل ۱- نقشه شوری با استفاده از سنجنده ETM+

منابع

1. -Metternicht GI, and Zinck JA, 1996. Modeling salinity-alkalinity classes for mapping salt-affected top soils in the semiarid valleys of Cochabamba (Bolivia). ITC Journal 2: 125-135.
- 2- Nield S J, Boettinger JL and Ramsey RD, 2007. Digitally mapping gypsic and Natric soil areas using landsat ETM data. Soil Science Society of American Journal 71: 245-255.
- 3- -Schoeneberger PJ, Wysocki DA, Bo-enhm EC and W. Broderson D, 2002. Field book for describing and sampling soils. Ver. 2.0, Natural resource conservation service, national soil survey center, Lincoln, N.E. Pp. 213
- 4- -Soil conservation service, 1996. Soil survey laboratory methods manual. USDA, report No. 42, version 3.0, Pp. 716.



مطالعه تغییرات شوری خاک با استفاده تلفیق داده های ماهواره ای ETM^+ و $LISS$ در جنوب شرق دشت آبیک

آرمان نادری^{*}، محمد امیر دلاور

۱- دانشجوی دکتری پیدایش، رده بندی و ارزیابی خاک، دانشگاه زنجان

۲- استادیار پیدایش، رده بندی و ارزیابی خاک، دانشگاه زنجان

*armannadery@znu.ac.ir

مقدمه

بر اساس مطالعات انجام شده مساحت اراضی مستعد تجمع املاح یک بیلیون هکتار تخمین زده شده که تقریباً هفت درصد مساحت کل قاره های جهان را شامل می شود. علاوه بر این حدود ۷۷ میلیون هکتار از اراضی دنیا در اثر فعالیت های انسان شور شده اند، که ۵۸ درصد این اراضی در مناطق مستعد آبیاری قرار گرفته اند. به طور متوسط ۲۰ درصد اراضی آبی جهان تحت تاثیر شوری می باشد که این مقدار در کشورهایی نظیر مصر، ایران و آرژانتین به ۳۰ درصد نیز می رسد (قاسمی و همکاران، ۱۹۹۵). به طوری که خاک های شور حدود ۱۶ تا ۲۳ میلیون هکتار (سیادت و همکاران، ۱۹۹۷) و خاک های گچی حدود ۲۷ تا ۲۸ میلیون هکتار (محمودی، ۱۳۷۷) از خاک های کشور را در بر گرفته است. بر اساس اطلاعات نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰۰ خاک های کشور که توسط بنایی (۱۳۸۰) تهیه شده است، مساحت خاک های با شوری کم و متوسط ۲۵/۵ میلیون هکتار و خاک های با شوری زیاد ۸/۵ میلیون هکتار تخمین زده شده است. از آنجا که اصلاح و مدیریت خاک های متأثر از نمک نیاز به اطلاعات کمی، به هنگام و دقیق دارد، بنابراین یکی از راه های دسترسی به این اطلاعات تهیه نقشه های خاک در این مناطق با استفاده از داده های اطلاعات رقومی و تصاویر ماهواره ای است. مطالعه حاضر به منظور شناسایی این مناطق در جنوب شرق دشت آبیک به اجرا درآمد.

مواد و روش ها

منطقه مورد مطالعه در محدوده عرض های جغرافیایی $35^{\circ} 45'$ تا $35^{\circ} 60'$ شمالی و طول های جغرافیایی $50^{\circ} 25'$ تا 40° شرقی دشت کرج-آبیک در نزدیکی شهرستان اشتهارد واقع شده است. ارتفاع متوسط از سطح دریا حدوداً ۱۲۰۰ متر می باشد. نمونه برداری صحرائی با روش نمونه برداری طبقه بندی شده تصادفی در منطقه صورت گرفت. به همین منظور مناطق همگن با توجه به تفاسیر تصاویر ماهواره ای و نقشه شوری و قلیائیت مربوط به این منطقه که توسط موسسه تحقیقات خاک و آب کشور تهیه شده انتخاب و در هر کدام اقدام به نمونه برداری گردید. بر این اساس تعداد ۸۰ نمونه با توجه به وسعت هر واحد به صورت نمونه های سطحی (۵-، ۰- و ۲۵-۵) جمع آوری و علاوه بر نمونه برداری از نقاط مورد نظر نمونه های کمی در سه جهت متفاوت با زوایای ۱۲۰ درجه و با فاصله ۵۰ متر از نقطه اصلی برداشت گردید، تا نتایج به پیکسل های مجاور نیز قابل تعمیم باشد. خصوصیات شامل شن، سیلت، رس، ماده آلی، سنگریزه، گچ، آهک، هدایت



الکتریکی، واکنش خاک و سایر خصوصیات موثر در بازتابش خاک در منطقه مطابق با روش‌های استاندارد (اداره حفاظت خاک ایالات متحده، ۱۹۹۶) مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. علاوه بر این برای مشخص شدن وضعیت رده بندی خاک‌ها در منطقه تعداد ۱۰ پروفیل حفر و تشریح گردید (اچینبرگر و همکاران، ۲۰۰۲). از شاخص‌های NDVI، SAVI، PVI، SI، BI به منظور افزایش طبقه بندی استفاده گردید. مؤلفه‌های اصلی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. از شاخص مطلوب (OIF) جهت انتخاب باند های مناسب برای طبقه بندی استفاده گردید. نقشه حاصل از طبقه بندی با نقشه واقعیت زمینی تلاقی و کلاس‌های شوری هر یک از کلاس‌های طیفی-اطلاعاتی تعیین گردید. طبقه بندی تصاویر بعد از معرفی نواحی تعلیمی با استفاده از روش طبقه بندی حداکثر احتمال صورت گرفت. در مرحله بعد از طبقه بندی، دقت طبقه بندی برای تک تک کلاس‌ها و دقت کلی طبقه بندی از طریق مقایسه نقشه واقعیت‌های زمینی با نقشه حاصل از طبقه بندی داده‌های ماهواره‌ای و ایجاد ماتریس درهم ریخته محاسبه گردید.

نتایج و بحث

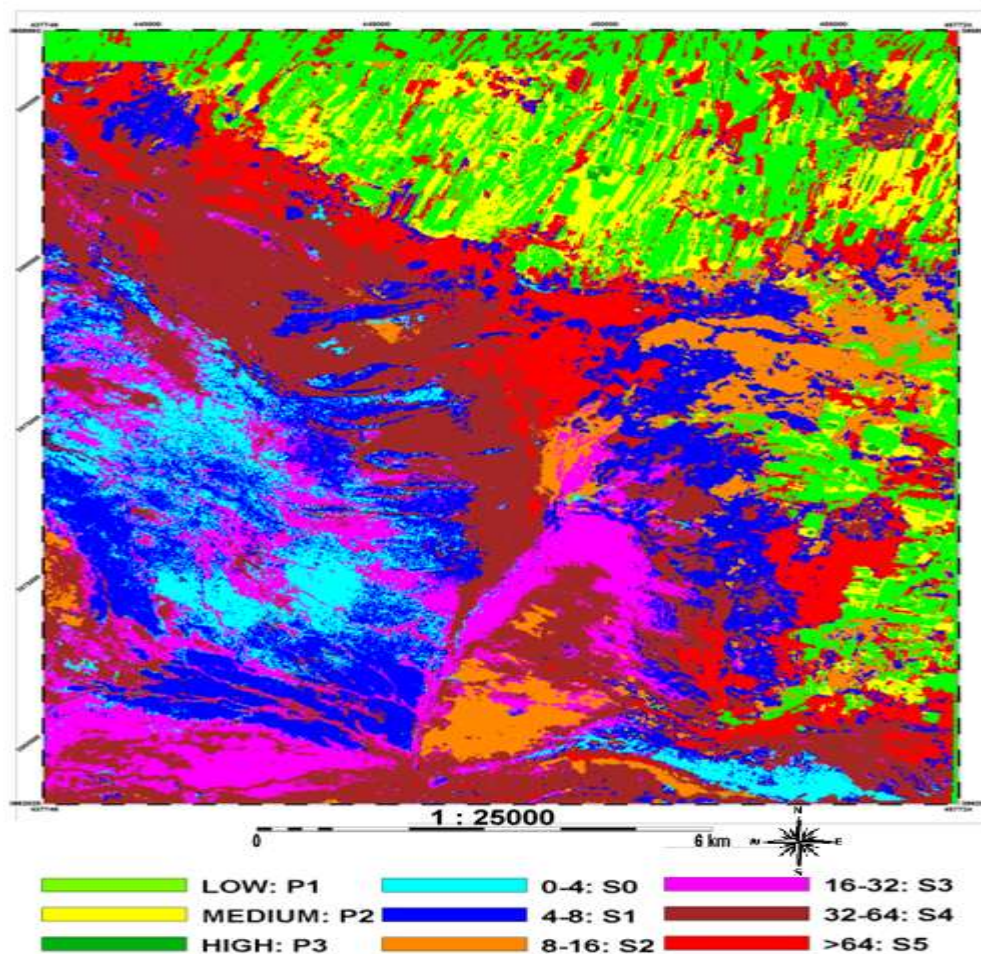
نتایج بدست آمده در طی مطالعات صحرایی، آزمایشگاهی و تجزیه و تحلیل اطلاعات با استفاده از سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی نشان می‌دهد که خاک‌های غالب در این منطقه در دو رده انتی سول و اریدی سول طبقه بندی می‌شوند. نتایج حاصل از تجزیه‌های آزمایشگاهی بر روی نمونه‌های خاک‌های مطالعه شده نشان داد که بر اساس نوع و میزان شوری می‌توان خاک‌ها را به ۶ کلاس متفاوت تقسیم بندی نمود. جدول ۱ نتایج ماتریس خطا یا ماتریس در هم ریخته را نشان می‌دهد

جدول ۱- ماتریس خطاها برای مقایسه نقشه حاصل از طبقه بندی تصاویر ماهواره‌ای با واقعیت‌های زمینی

نقشه واقعیت‌های زمینی	کلاس‌های حاصل از طبقه بندی اطلاعات ماهواره‌ای						دقت تولیدکننده (%)	خطای حذف (%)
	S0	S1	S2	S3	S4	S5		
S0	۱۳۶		۴۵				۷۵/۱۳	۲۴/۸۷
S1	۳۷	۵۴۷		۸	۱۸۹		۷۰/۰۳	۲۹/۹۷
S2			۵۰۴	۱۶	۱۱۸		۷۸/۹۹	۲۱/۰۱
S3		۸۶		۱۵۷	۶		۶۳/۰۵	۳۶/۹۵
S4		۸۳	۵۴	۲۶	۷۳۹	۱۶	۸۰/۵۰	۱۹/۵۰
S5					۶۰	۹۱۵	۹۳/۸۴	۶/۱۶
دقت کاربر (%)	۷۸/۶۱	۷۶/۳۹	۸۳/۵۸	۷۵/۸۴	۶۶/۴۵	۹۸/۲۸		
خطای اضافه (%)	۲۱/۳۹	۲۳/۶۱	۱۶/۴۲	۲۴/۱۶	۳۳/۵۵	۱/۷۲		
دقت کلی (%) = ۸۰/۱۱								



. نتایج بدست آمده نشان داد که کلاس‌های شوری S5 و S3 به ترتیب دارای بالاترین و کمترین دقت برابر با ۹۳/۸۴ و ۶۳/۰۵ درصد می‌باشند. دقت کلی برآورد شده برای منطقه مطالعه شده ۸۰/۱۱ درصد می‌باشد (شکل ۱).



شکل ۱- نقشه شوری با استفاده از سنجنده‌های LISS و ETM⁺

درصد دقت بالای حاصله نشان دهنده این موضوع است که تلفیق داده‌های سنجنده ETM و LISS از قابلیت مطلوبی جهت تهیه نقشه طبقه بندی اراضی با شوری کم در منطقه مورد مطالعه و مناطق مشابه برخوردار است اما دقت کلی حاصل از این دو سنجنده از دقت محاسبه شده با داد های ETM به تنهایی پایین تر می‌باشد. از آنجا که قدرت تفکیک مکانی و طیفی عامل عمده شناسایی و تفکیک کاربری‌های مختلف می‌باشد، بنابراین سنجنده ETM به علت داشتن قدرت تفکیک مکانی و طیفی بالا و به ویژه داشتن باند حرارتی، قابلیت تفکیک کلاس‌های شوری را از یکدیگر به خوبی دارا می‌باشد.



نیلد و همکاران (۲۰۰۷) و علوی پناه و همکاران (۲۰۰۰) نیز در تحقیقات خود به نقش کلیدی باند حرارتی ماهواره لندست TM در تشخیص خاک‌های شور و سدیمی اشاره کردند. اگرچه قدرت تفکیک مکانی سنجنده LISS نسبت به ETM در حدود ۱۲۷ درصد افزایش یافته است اما به دلیل قدرت تفکیک طیفی پایین، این سنجنده به تنهایی برای تفکیک خاک‌های شور از دقت چندانی برخوردار نمی‌باشد. به همین دلیل در این تحقیق از داده‌های سنجنده LISS و ETM با یکدیگر به منظور افزایش قدرت تفکیک طیفی نهایی استفاده گردید. دقت بدست آمده نشان داد که اگرچه دقت کلی از دقت سنجنده ETM پایین‌تر می‌باشد، اما تلفیق این دو سنجنده به خوبی توانسته دقت کلاس‌های S0 و S1 را افزایش دهد. بنابراین پیشنهاد می‌گردد به منظور تفکیک خاک‌های با کلاس شوری پایین از تلفیق این دو سنجنده استفاده گردد.

منابع

۱. بناپی، م. ح.، ۱۳۸۰. نقشه منابع و استعداد خاک‌های ایران، موسسه تحقیقات خاک و آب، تهران، ایران.
۲. -محمودی، ش.، ۱۳۷۷. ویژه‌نامه خاک‌های گچی: خصوصیات و مدیریت خاک‌های گچی، نشریه علمی و پژوهشی خاک و آب، جلد ۱۳، شماره ۲. صفحه‌های ۱ تا ۲۶.
3. -Alavi Panah SK and Gossens R, 2000. Contribution of soil salinity to the surface reflectance recorded by Landsat MSS and TM sensors. 1 st Workshop EARSEL, Gent Belgium.
4. -Ghassemi F, Jakeman AJ and Nix HA, 1995. Salinization of land and water resources: human causes, extent, management and case studies. Canberra, Australia: The Australian national university, Wallingford and Oxon, UK, CAB international.
5. -Nield SJ, Boettinger JL and Ramsey RD, 2007. Digitally mapping gypsic and Natric soil areas using landsat ETM data. Soil Science Society of American Journal 71: 245-255.
6. -Schoeneberger PJ, Wysocki DA, Bo-enhm E. C and Broderson. WD, 2002. Field book for describing and sampling soils. Ver. 2.0, Natural resource conservation service, national soil survey center, Lincoln, N. E. Pp. 213.
7. -Siadat H, Baybordi M and Malakouti MJ, 1997. Salt affected soils of Iran: A country report. International symposium on sustainable management of salt affected soils in arid ecosystem, Cario, Egypt.
8. -Soil conservation service, 1996. Soil survey laboratory methods manual. USDA, report, No. 42, version 3.0. Pp. 716



ارزیابی اثر همزیستی قارچ میکوریز بر تغییرات بیوژئوشیمیایی ریزوسفر گیاه یونجه تحت حضور فلز سنگین سرب با استفاده از سیستم رایزوباکس

هاشم ابراهیمی^۱، فرهاد مشیری^۲، محمد رضا اردکانی^۳

۱- کارشناسی ارشد رشته آگرواکولوژیک دانشگاه آزاد اسلامی کرج

۲- استاد یار پژوهش موسسه تحقیقات خاک و آب

۳- استاد دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه آزاد اسلامی کرج

مقدمه

امروزه، خاک این منبع با ارزش زیستی که حیات انسانها بدان وابسته است از طرق مختلف در معرض آلودگی قرار دارد. اضافه شدن فلزات سنگین از طریق منابع گوناگون یکی از دلایل اصلی آلودگی خاک ها در نقاط مختلف جهان می باشد (Bridge, 2004). وجود فلزات سنگین در خاک ها در سطوح سمی، منجر به انباشت این فلزات به بیش از سطح قابل قبول در گیاهان می‌شود که خود باعث تهدید سلامتی انسان و دام، کاهش رشد گیاه و پوشش گیاهی (کم شدن بیوماس) و نیز اثرگذاری منفی بر میکروارگانیسم های خاک می‌گردد. ریزوسفر حجمی از خاک اطراف ریشه‌های زنده است که تحت تأثیر فعالیت ریشه قرار می‌گیرد (Hinsinger, 1998). تغییرات بیولوژیکی، شیمیایی و فیزیکی خاک اطراف ریشه در مقایسه با توده خاک حاصل فرایندهایی است که یا به طور مستقیم تحت تأثیر ریشه‌ها است و یا حاصل فعالیت ریزجاندارانی است که در مجاورت ریشه‌ها در نتیجه آزادسازی ترشحات ریشه ای تهییج می‌شود (Jones و همکاران، 2004). قارچ های میکوریز آربوسکولار در همه زیستگاهها با اقلیمهای مختلف و در خاک های آلوده به فلزات سنگین و ترکیبات آلی وجود دارند. این قارچ ها جزء مهم سیستم خاک - گیاه را تشکیل می‌دهند و در احیا و پایداری باروری خاک های آلوده و تخریب شده و بهبود فعالیت‌های ریزوسفری نقش معنی‌دار و حیاتی دارند. قارچ میکوریز آربوسکولار در تغییر شکل فلزات در ریزوسفر گیاهان موثر بوده و با انباشت فلزات به شکل غیر سمی در ریشه های گیاه و میسلیم‌های برون ریشه ای به تثبیت گیاهی کمک می‌کنند (Chen و همکاران، 2005). گیاه یونجه از جمله گیاهانی است که می‌تواند در یک همزیستی میکروبی میزبان قارچ های میکوریز در جذب فلزات سنگین باشد (Rezvani و Ardekani, 2009). در این تحقیق بررسی تغییرات شکل‌های شیمیایی عنصر سنگین سرب در خاک ریزوسفری گیاه یونجه و بررسی اثرات اکولوژیکی همزیستی یونجه با قارچ های میکوریز در جذب، انتقال و ترسیب این فلزسنگین را نشان داده است.

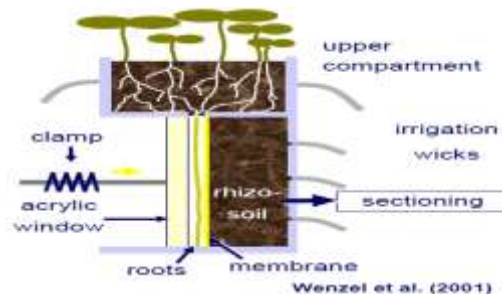
مواد و روش ها

در این مطالعه دو نمونه خاک با آلودگی زیاد و آلودگی کم به فلز سرب از مناطق مختلف زنجان تهیه گردید. در این خاک‌ها در دو تیمار تلقیح شده بامیکوریزو غیر تلقیح شده بامیکوریز (فقط حاوی میکوریزای بومی خاک منطقه) با استفاده از سیستم ریشه دان^۱ گیاه یونجه کشت شد و نقش فعالیت‌های ریشه بر تغییر شکل شیمیایی سرب در خاک ریزوسفر این گیاه در دو سطح متفاوت غلظت فلز مورد مطالعه بررسی شد. در این آزمایش از ریشه دان (Rhizobox) به روش Wenzel و همکاران (2001) استفاده شد. طرح کلی ریشه‌دان در شکل ۱ و جزئیات ساختمانی آن در شکل نشان داده شده است. تمام بخش‌ها از جنس اکریلیک یا پلکسی‌گلاس ساخته شده است تا اثری بر محیط نداشته باشد. سیستم، شامل یک بخش خاک- گیاه با ابعاد داخلی ۱۳×۶۴×۵۰ (ارتفاع×عرض×طول) میلی‌متر می‌باشد که شکاف باریکی به عرض یک سانتی‌متر در زیر آن تعبیه شده است. از میان این شکاف، ریشه‌های گیاه می‌تواند به طور عمودی به سمت پایین حرکت کرده و یک صفحه ریشه‌ای را تشکیل دهد که از یک طرف بوسیله پنجره شفاف و از طرف دیگر

^۱ - Rhizobox



بوسیله غشای نایلونی محدود می‌شود. غشای نایلونی، پارچه نایلونی متخلخلی است که منافذی به قطر ۴۰ میکرومتر دارد. این غشا، صفحه ریشه‌ای را از بخش خاک ریزوسفری جدا می‌کند. این منافذ اجازه عبور سلول‌های ریشه را نداده ولی مولکول‌های آب، مواد غذایی و ترکیبات آلی به راحتی می‌توانند عبور کنند. به عبارت دیگر، تبادل مواد بین ریشه و خاک ریزوسفری بدون اینکه سلول‌های ریشه در تماس مستقیم با خاک قرار گیرند صورت می‌گیرد. غشای نایلونی بر روی خاک ریزوسفری بوسیله ابزار کشنده غشای نایلونی محکم می‌شود. فاصله کمی در حدود ۲ میلی‌متر به کمک پیچ تنظیم بین پنجره شفاف و غشای نایلونی در نظر گرفته می‌شود به گونه‌ای که فشار مکانیکی، مشابه آنچه که در محیط خاک بر ریشه وارد می‌آید اعمال گردد. هر دو بخش خاک- گیاه و خاک ریزوسفری به کمک فتیله‌هایی از جنس فایبرگلاس به قطر ۴ میلی‌متر آبیاری می‌شود. یک طرف فتیله در مخزنی حاوی یک لیتر آب مقطر و طرف دیگر آن در خاک قرار می‌گیرد. این کار سبب می‌شود که جریان همیشگی و یکنواخت آب (در جهت شیب پتانسیل آب ایجاد شده بر اثر تبخیر و تعرق گیاه) به سمت ریشه برقرار شده در حالی که از ورود آب اضافی به خاک جلوگیری شود. برای برقراری این جریان دائمی و جلوگیری از تبخیر آب، فتیله‌ها از میان شیلنگ سیلیکونی عبور داده می‌شود.



شکل ۱ - طرح کلی از ریشه‌دان طراحی شده توسط Wenzel و همکاران (۲۰۰۱)

مقدار غلظت فلز سنگین نیز در اندام‌های مختلف گیاه یونجه شامل اندام‌های هوایی و ریشه‌ها تعیین گردید خاک ریزوسفری در فواصل مختلف از ریشه نمونه برداری شد و شکل‌های شیمیایی عنصر سنگین در خاک به روش تسسیر Tessier و همکاران (۱۹۷۹) تعیین شد. مقدار عنصر سنگین به سهولت قابل جذب (Labile) با عصاره‌گیری با نیترات کلسیم ۰/۰۰۵ نرمال تعیین شد. مقدار pH در خاک ریزوسفری و غیر ریزوسفری تعیین گردید. pH و شکل‌های شیمیایی سرب در فواصل مختلف ریشه مورد مطالعه قرار گرفت. همبستگی بین جذب عنصر سنگین توسط گیاه با شکل به سهولت قابل جذب مطالعه شد. همچنین در زمینه بیولوژی نیز درصد اسپور و درصد کلونیزاسیون تیمارها بررسی گردید.

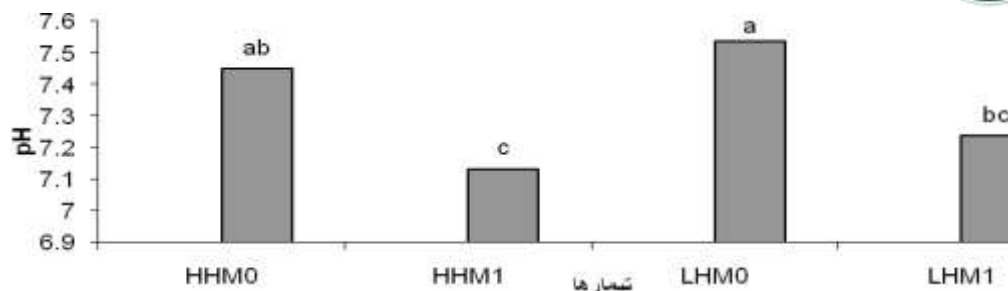
نتیجه و بحث

جدول ۱- میانگین اثر متقابل نوع خاک با سطوح مختلف آلودگی به عنصر سنگین سرب و تلقیح قارچ های میکوریز بر وزن خشک اندام هوایی و ریشه گیاه یونجه

خشک اندام	وزن کل ریشه	ریشه مجاور بخش خاک	ریشه موجود در بخش خاک -	وزن خشک اندام هوایی	
هوایی به ریشه	(گرم در ریشه دان)	ریزوسفری (گرم در ریشه دان)	گیاه (گرم در ریشه دان)	(گرم در ریشه دان)	
۰/۳۵ ^a	۱۹/۷۳ ^{bc}	۲/۸۷ ^a	۱۶/۸۶ ^b	۶/۹۷ ^c	HHM0
۰/۳۸ ^a	۲۴/۲۶ ^{ab}	۲/۲۹ ^a	۲۱/۹۶ ^a	۹/۱۴ ^{ab}	HHM1
۰/۴۲ ^a	۱۸/۲۲ ^c	۳/۴۶ ^a	۱۴/۷۵ ^b	۷/۷۷ ^{bc}	LHM0
۰/۳۶ ^a	۲۸/۳۶ ^a	۳/۷۹ ^a	۲۴/۵۶ ^a	۱۰/۲۹ ^a	LHM1
۰/۰۲	۱/۶۶	۰/۵۷	۱/۵۲	۰/۵۳	حداقل تفاوت معنی دار

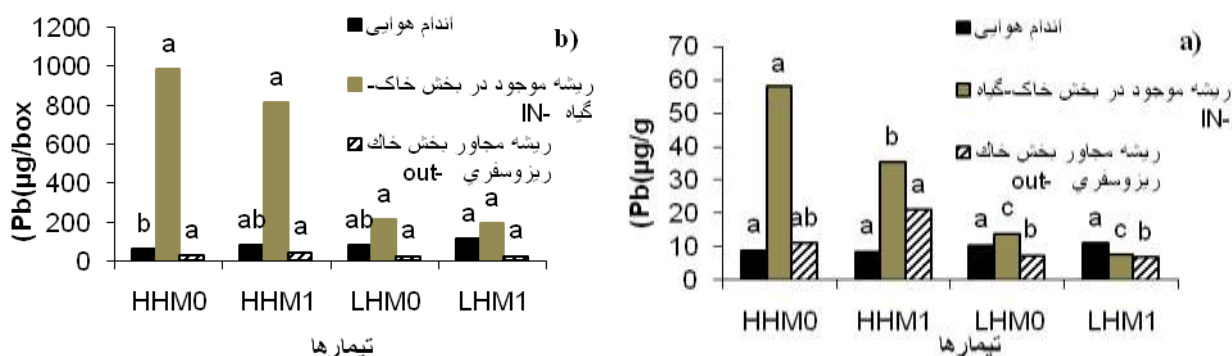
*در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف غیر مشترک هستند دارای اختلاف معنی دار می‌باشند. LH: خاک ۱ با میزان آلودگی

کمتر، HH: خاک ۲ با میزان آلودگی بیشتر، M0: عدم تلقیح با قارچ میکوریز، M1: تلقیح شده با قارچ میکوریز



LH: خاک ۱ با میزان آلودگی کمتر، HH: خاک ۲ با میزان آلودگی بیشتر، M0: عدم تلقیح با قارچ میکوریز، M1: تلقیح شده با قارچ میکوریز

شکل ۲- تغییرات pH خاک ریزوسفری در بخش خاک-گیاه



LH: خاک ۱ با میزان آلودگی کمتر، HH: خاک ۲ با میزان آلودگی بیشتر، M0: عدم تلقیح با قارچ میکوریز، M1: تلقیح شده با قارچ میکوریز

شکل ۳- غلظت سرب (a) و جذب کل سرب (b) در اندام‌های مختلف گیاه
جدول ۲- مقایسه میانگین صفات برای عامل‌های آلودگی و قارچ برای درصد کلونیزاسیون.

ریشه موجود در بخش خاک-گیاه	ریشه مجاور بخش خاک ریزوسفری (منطقه ریزوسفری)	
۵۵/۴۴ ^b	۵۴/۵۷ ^a	HHM0
۷۱/۲۰ ^a	۵۹/۰۹ ^a	HHM1
۳۳/۸۵ ^b	۵۹/۳۵ ^a	LHM0
۴۶/۳۱ ^b	۴۶/۷۸ ^a	LHM1
۱/۶۴	۷/۳۷	حداقل تفاوت معنی دار

*در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف غیر مشترک هستند دارای اختلاف معنی دار می‌باشند. LH: خاک ۱ با میزان آلودگی

کمتر، HH: خاک ۲ با میزان آلودگی بیشتر، M0: عدم تلقیح با قارچ میکوریز، M1: تلقیح شده با قارچ میکوریز

نتیجه گیری کلی:

افزایش رشد گیاه یونجه (اندام هوایی و ریشه) در اثر تلقیح با قارچ میکوریز حتی در شرایط آلودگی خاک به فلز سنگین سرب در شرایط آلودگی بیشتر خاک به فلز سنگین سرب، غلظت و جذب کل سرب در ریشه یونجه افزایش یافت ولی در اندام هوایی تنها غلظت و جذب کل سرب کاهش یافت. نسبت اندام هوایی به ریشه در همه تیمارها بسیار ناچیز می‌باشد و همان گونه که شکل ۳ و جدول ۱ نشان می‌دهند که در همه تیمارها بخش عمده وزن گیاه را ریشه تشکیل می‌دهد. این بدان معناست که با توجه به جدول تیمار تلقیح با قارچ باعث افزایش معنادار وزن ریشه نسبت به اندام های هوایی



شده است. گیاه یونجه از طریق جذب بیشتر سرب در ریشه‌ها و عدم انتقال آن به اندام‌های هوایی با شرایط آلودگی به این عناصر مقابله می‌کند درصد کلونیزاسیون (میزان همزیستی) و درصد اسپور در تیمارهای تلقیح شده با قارچ بطور معناداری بیشتر از تیمارهای تلقیح نشده با قارچ بود که گویای فعالیت زیستی قارچ میکوریز در بخش‌های مختلف ریشه دان است بطور کلی درصد کلونیزاسیون بیشتری در بخش خاک-گیاه نسبت به ریشه مجاور بخش خاک ریزوسفری مشاهده شد تلقیح با قارچ میکوریز اثر معنی‌داری بر جذب سرب توسط ریشه‌ها داشت به نظر می‌رسد تلقیح با قارچ‌های میکوریز به دلیل جذب عناصر سنگین و به ویژه سرب (به دلیل تحرک کمتر آن) در میسلیم‌های قارچ سبب افزایش توانایی گیاه در مقابله با شرایط آلودگی به این عناصر می‌گردد ریز جانداران مرتبط با گیاه در ریزوسفر همچنین ممکن است اثرشان را روی زیست‌فراهمی فلزات سنگین با تحت‌تاثیر قرار دادن رشد و مرفولوژی ریشه‌ها، رشد و فیزیولوژی گیاهان، گونه‌بندی فلز و فرایند جذب ریشه اعمال کنند (Tao و همکاران ۲۰۰۴). کاهش pH خاک در اثر تلقیح با قارچ در سطوح مختلف آلودگی مشاهده شد مهمترین فعالیت ریز جانداران خاکزی که می‌تواند سبب تغییر در pH خاک گردد، تولید دی‌اکسید کربن می‌باشد. از طرف دیگر، بسیاری از میکروب‌های خاک نیز می‌توانند اسیدهای آلی تولید کنند و در اسیدی کردن محیط ریزوسفر نقش داشته باشند (Hinsinger و همکاران، ۲۰۰۹). شکل‌های شیمیایی سرب در ریزوسفر گیاه یونجه نسبت به توده خاک متفاوت بود. سطوح مختلف آلودگی در میزان سرب کربناتی - اکسیدی - آلی در ریزوسفر و خاک غیر ریزوسفر اثر معناداری داشت ولی سایر شکل‌های شیمیایی مانند تبادلی و لبايل به طور خاصی مشاهده نگردید. وجود قارچ میکوریز از میان اشکال شیمیایی سرب فقط بر شکل کربناتی و آلی لبايل تاثیر گذار بوده است و برای خاک غیر ریزوسفری بر هیچ یک از شکل‌های این عنصر تاثیر معنی‌داری دیده نشد. برای سرب پیوسته با اکسیدهای منگنز و آهن و شکل کربناتی در خاک ریزوسفری و غیر ریزوسفری تاثیرات معنادار دیده شد و در سایر فرکشن‌ها مشاهده نگردید. در ریزوسفر گیاه یونجه به ویژه در شرایط تلقیح با قارچ میکوریز شکل آلی سرب احتمالاً به دلیل افزایش ترشحات ریشه‌ای افزایش یافت در شرایط آلودگی بیشتر به عنصر سنگین سرب شکل تبادلی سرب در فواصل نزدیک به ریشه احتمالاً به دلیل جذب توسط ریشه کاهش یافت این اثر در مورد شرایط آلودگی کمتر به سرب مشاهده نگردید که تاثیر عامل تلقیح با قارچ بر میزان سرب تبادلی در فاصله ۴ میلی‌متری از سطح ریشه و خاک غیر ریزوسفری معنادار بوده و در خاک بیش از ۵ میلی‌متر غلظت سرب تبادلی در عامل قارچ تلقیح شده (MI) بیشتر از قارچ تلقیح نشده (MO) مشاهده گردید.

Bridge, G. 2004. Contested terrain: mining and the environment, *Annu. Rev. Environ & Resour.* 29, 205-259.

Chen X, Wu, C., Tang J., Hu, S. 2005. Arbuscular mycorrhizae enhance metal lead uptake and growth of host plants under a sand culture experiment. *Chemosphere*, 60, 665-71.

Hinsinger, P. 1998. How do plant roots acquire mineral nutrients? Chemical processes involved in the rhizosphere. *Adv. Agron.* 64, 225-265.

Hinsinger, P., Bengough, A. G., Vetterlein, D., and Young, I. M. 2009. Rhizosphere: biophysics, biogeochemistry and ecological relevance, *Plant Soil.* 321, 117-152.

Jones, D. L., Hodge, A., and Kuzyakov, Y. 2004. Plant and mycorrhizal regulation of rhizodeposition. *New Phytol.* 163, 459-480.

Tao, S., Liu, W. X., Chen, Y. J., Xu, F. L., Dawson, R. W., Li, B. G., Cao, J., Wang, X. J. Hu, J. Y. and Fong, X. 2004. Evaluation of factors influencing root-induced changes of copper fractionation in rhizosphere of a calcareous soil. *Environ. Poll.* 129, 5-12.

Tessier, A., Campbell, P. G. C., and Bisson, M. 1979. Sequential extraction procedure for the speciation of particulate trace metals. *Anal. Chem.* 51, 844-851.

Wenzel, W. W., Wieshammer, G. Fitz, W. J., and Puschenreiter, M. 2001. Novel rhizobox design to assess rhizosphere characteristics at high spatial resolution. *Plant Soil.* 237, 37-45.

Rezvani, M. and Ardakani, M. R. 2009. Interaction between alfalfa (*Medicago sativa* L.) mycorrhizal roots traits and heavy metals (Cd, Co and Pb). *International Symposium "Root Research and Applications Root RAP, 2-4 September 2009, Boku, Vienna, Austria.*



بررسی زمین آماری تغییرات مکانی هدایت الکتریکی در منطقه خداآفرین

مهلا رزمجو^۱، مسلم ثروتی^۲، حسین بیرامی^۳

- ۱- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم خاک دانشگاه تبریز
- ۲- دانشجوی دکتری گروه علوم خاک دانشگاه تبریز
- ۳- دانشجوی دکتری گروه علوم خاک دانشگاه تبریز

مقدمه

توزیع مکانی ویژگی‌های خاک از دیر باز مورد توجه بوده و شناسایی راه‌کارهای مؤثر در افزایش کارایی اصلاح خاک- های شور و جلوگیری از شور شدن آب‌های زیرزمینی از جمله مهمترین اقدامات در راستای کشاورزی پایدار می‌باشد. همچنین از فرآیندهایی که در مناطق خشک و نیمه خشک به شدت عملیات زراعی را تحت تأثیر قرار می‌دهد، شور شدن و تجمع املاح در سطح خاک است. روش‌های زمین آماری به دلیل در نظر گرفتن همبستگی مکانی داده‌ها از اهمیت فراوانی در بررسی‌های مربوط به پراکنش داده‌های زمینی برخوردار هستند و تخمین بهتری از هدایت الکتریکی خاک بدست می‌دهند (محمدی ۱۳۷۹). تکنیک زمین‌آمار برای مشخص کردن تغییرات منظم در اجزای مواد طبیعی نظیر خاک است. پارامترهای کمی خاک در سطوح کوچک بسیار شبیه‌تر از مکان‌های دور از هم هستند. این واقعیت در ترسیم نقشه‌های بزرگ مقیاس و کوچک مقیاس خاک و ارزش‌گذاری پارامترها تأکید شده است. تکنیک‌های درون‌یابی زمین آماری همبستگی مکانی نقاط نمونه‌برداری شده را مد نظر قرار داده و تخمین را بر اساس موقعیت مکانی نقاط نمونه‌برداری نشده انجام می‌دهد (ایوبی و خرمالی، ۱۳۸۷). دامنه تأثیر ویژگی‌های مختلف خاک، تابعی از مقیاس مورد مطالعه و فاصله نمونه‌برداری و شکل اراضی می‌باشد. بدیهی است که دامنه تأثیر بزرگتر دلالت بر ساختار مکانی گسترده‌تر و در حقیقت پیوستگی مکانی بیشتر در مقادیر متغیر مورد نظر دارد. هر چه دامنه تأثیر گسترده‌تر باشد به تعداد نمونه کمتری جهت تعیین نقاط نمونه‌برداری نشده نیاز است (حسنی‌پاک ۱۳۷۷). کامبردلا و همکاران (۱۹۹۴) گزارش کردند که وابستگی مکانی قوی به وسیله تغییرات ذاتی ویژگی‌های خاک مثل بافت خاک و نوع کانی‌های خاک کنترل می‌گردد ولی وابستگی مکانی ضعیف‌تر ممکن است به وسیله تغییرات غیرذاتی و مدیریتی مانند کاربرد کود و شخم کنترل شود. از این روبه طور کلی می‌توان گفت تفاوت در تغییرپذیری خصوصیات خاک و عملکرد گیاه تحت تأثیر فرآیندهای خاک‌سازی و مدیریتی اراضی در هر منطقه می‌باشد. از سوی دیگر همبستگی مکانی به شدت تحت تأثیر مقیاس در هر تحقیق است. احمد (۲۰۰۵) از روش‌های مختلف جهت تعیین هدایت الکتریکی خاک مانند داده‌های سنجش از دور، داده‌های مزرعه، سیستم اطلاعات جغرافیایی و تکنیک مدل‌سازی مکانی استفاده کردند و با مقایسه روش‌های مختلف زمین‌آمار، مدل کریجینگ تعدیل یافته را به عنوان بهترین مدل جهت تخمین هدایت الکتریکی خاک پیشنهاد دادند. هدف از این تحقیق بررسی تغییرات مکانی هدایت الکتریکی خاک، تعیین بهترین مدل زمین آماری و تهیه نقشه پراکنش مربوطه می‌باشد.

مواد و روش‌ها

منطقه خدافرین در شمال شرق استان آذربایجان شرقی بین ۶۷۵۵۰۰ متر تا ۶۹۲۵۰۰ متر طول و ۴۳۳۲۵۰۰ متر تا ۴۳۴۹۰۰۰ متر عرض در ۲۵۰ کیلومتری تبریز واقع شده است. معدل سالیانه بارندگی و درجه حرارت در این منطقه به ترتیب ۲۸۱ میلی‌متر و ۱۵/۷ درجه سانتیگراد بوده، رژیم حرارتی منطقه ترمیک و رژیم



رطوبتی منطقه زیر یک می باشد. جهت نیل به اهداف ۲۵۱ نمونه خاک از منطقه به صورت شبکه بندی منظم با فواصل ۲۵۰ متر برداشته شد و هدایت الکتریکی آن در گل اشباع با روش استاندارد اندازه گیری شد. سپس بوسیله نرم افزار GS⁺ نسخه ۵/۱، نقشه تغییرات مکانی شوری تهیه گردید. کنترل ارزیابی اعتبار مدل و برآوردها با محاسبه آماره ای میانگین مطلق اشتباهات MAE (Mean Absolute Error) (رابطه ۱)، میانگین اریبی اشتباهات MBE (Mean Bias Error) (رابطه ۲) و مجذور میانگین مربعات اشتباهات RMSE (Root Mean Square Error) (رابطه ۳) انجام شد.

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{x=1}^n |z_i(x) - z(x)| \quad [1]$$

$$MBE = \frac{1}{n} \sum_{x=1}^n [z_i(x) - z(x)] \quad [2]$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [(Z_i(x) - Z(x))^2]} \quad [3]$$

در این فرمول n تعداد نمونه ها و Zi(x) مقدار برآورد شده در نقطه i و Z(x) مقدار مشاهده ای در نقطه i می باشد.

نتایج و بحث

نتایج مربوط به آزمون کلوموگراف-اسمیرنوف نشان داد که داده های مربوط به هدایت الکتریکی خاک نرمال بوده زیرا توزیع نرمال داده ها بر اساس داشتن ضریب بیشتر از ۰/۰۵ است. لازم به ذکر است که ضریب آزمون ۰/۸۵ می باشد.

نتایج (جدول ۱ و ۲) نشان می دهد که قابلیت هدایت الکتریکی به دلیل اینکه نسبت همبستگی (۴۹/۸۳) در دامنه ۲۵ تا ۷۵ درصد بوده، دارای ساختار مکانی متوسط است که وابسته به عوامل غیرذاتی و مدیریتی است. همچنین میانگین کم قدر مطلق خطا (۰/۳۳) مؤید نزدیک بودن مقادیر محاسبه شده توسط مدل و مقادیر واقعی است و مدل خطای کمتری دارد. شاخص میانگین انحراف خطا از طریق تفاوت بین مقادیر مشاهداتی و محاسباتی به صورت جبری (۰/۰۵-) محاسبه گردید که این شاخص نشان دهنده کم برآوردی نسبی مدل می باشد. پایین بودن مقادیر مجذور میانگین مربعات خطا (۰/۴۴) نیز بیانگر دقت قابل قبول درون یابی می باشد. الکساندرا و بالوک (۱۹۹۹) نیز چنین نتیجه ای را در مطالعات خود گزارش نمودند.



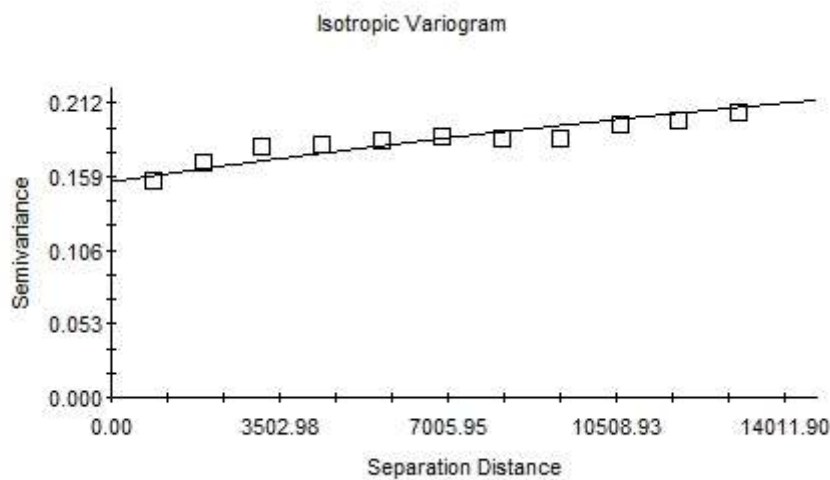
جدول ۱- پارامترهای نیم تغییر نمای قابلیت هدایت الکتریکی

ویژگی	مدل برازش یافته	اثر قطعه‌ای	سقف	دامنه تأثیر (متر)	نسبت اثر قطعه‌ای به سقف	ضریب همبستگی	مجموع مربعات باقیمانده
قابلیت هدایت الکتریکی	نمایی	۰/۱۶	۰/۳۱	۳۱۱۰۰	۴۹/۸۳	۰/۸۸	۰/۰۰۰۳۴

جدول ۲- دقت روش کریجینگ برای تخمین مشاهدات

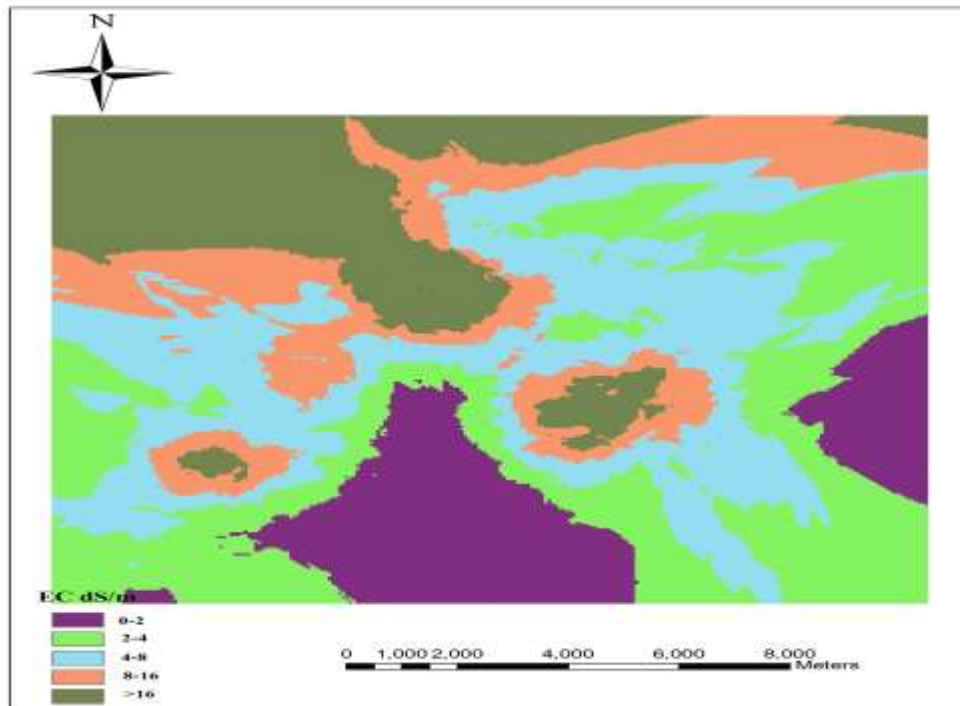
ویژگی	MAE	MBE	RMSE
قابلیت هدایت الکتریکی	۰/۳۳	-۰/۰۵	۰/۴۴

برای اجرای روش کریجینگ نیاز به تهیه نیم تغییر نما بوده که نتیجه آن در شکل ۱ ارائه شده است. نتایج نشان داد که مدل نمایی و شعاع تأثیر مدل نمایی برازش داده شده با ضریب همبستگی ۰/۸۸، حدود ۳۱۱۰۰ متر است. اثر قطعه‌ای ۰/۱۶ و آستانه ۰/۳۱ متر مناسب تشخیص داده شد.



شکل ۱- مدل نیم تغییر نمای قابلیت هدایت الکتریکی

شکل ۲ نقشه پراکنش هدایت الکتریکی را در منطقه نشان می‌دهد. در این نقشه مناطق بنفش ۰-۲ و سبز ۲-۴ در کلاس غیر شور، آبی نسبتاً شور ۴-۸، نارنجی شور ۸-۱۶ و زیتونی کاملاً شور ۱۶ > دسی‌زیمنس بر متر هستند.



شکل ۲- نقشه پراکنش هدایت الکتریکی

منابع

ایوبی، ش. و خرمالی ف.، ۱۳۸۷. تغییرپذیری مکانی عناصر غذایی قابل استفاده در خاک‌های سطحی به کمک آنالیز مؤلفه‌های اصلی و تکنیک زمین‌آمار (مطالعه موردی در منطقه آپایپولی، ایالت آندرپرادش هند). مجله علوم آب و خاک، جلد ۱۲، شماره ۴۶. صفحه‌های ۶۰۹ تا ۶۲۰.

حسینی‌پاک، ع.ا.، ۱۳۷۷. زمین‌آمار (ژئواستاتستیک)، انتشارات دانشگاه تهران.

محمدی، ج.، ۱۳۷۹. ارزیابی و پهنه‌بندی خطر شوری خاک در منطقه رامهرمز (خوزستان) با استفاده از کریجینگ گسسته. تحقیقات کشاورزی ایران. صفحه‌های ۸۳ تا ۹۸.

Ahmad D, Meirvene MV and Thoth T, 2005. Soil salinity using spatio-temporal Kriging and bayesian maximum entropy with interval soft date, *Geordema* 128: 234-248.

Allexandra k and Bullock DG, 1999. A comparative study of interpolation methods for mapping soil properties. *Agronomy Journal*. 91: 393-400.

Cambardella CA, Moorman TB, Novak JM, 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.



پایش رطوبت خاک سطحی مراتع و اراضی کشاورزی با استفاده از داده‌های رادار GM ENVISAT/ASAR

ابراهیم بابائیان^۱، مهدی همایی^۱، علی اکبر نوروزی^۲، مریم دهقانی^۳

۱- گروه خاک‌شناسی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران

۲- پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری

۳- دانشکده مهندسی عمران و محیط زیست، دانشگاه شیراز

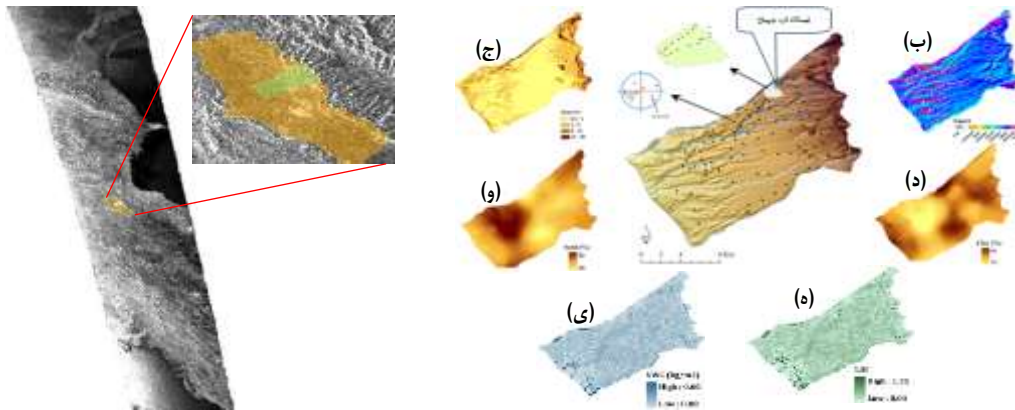
مقدمه

رطوبت خاک متغیری کلیدی در مطالعات هیدروژئولوژی به‌شمار می‌آید که تأثیر بسیار زیادی بر گردش آب، انرژی و کربن در طبیعت دارد. در حال حاضر روش‌های وزنی و انعکاس سنجی حوزه زمانی (TDR) از روش‌های معمول اندازه‌گیری رطوبت خاک می‌باشند. این روش‌ها به‌منظور پایش رطوبت خاک در مقیاس‌های کوچک مورد استفاده قرار می‌گیرند، درحالی‌که این روش‌ها در مقیاس‌های کلان (حوزه آبخیز، منطقه‌ای و قاره‌ای) به‌دلیل ضعف در فراهم نمودن اطلاعات کافی از پیوستگی مکانی و نیز صرف هزینه و زمان زیاد، مناسب نیستند. استفاده از دورکاوی هوایی یا ماهواره‌ای علاوه بر رفع این محدودیت‌ها، می‌تواند باعث ایجاد پوشش مکانی وسیع و پیوستگی زمانی شده و سطح قابل قبولی از اطمینان را در مقابل اندازه‌گیری‌های درجا ارائه نماید (بروکا و همکاران، ۲۰۱۲). از آنجا که از حساسیت باندهای مرئی، مادون قرمز و حرارتی به رطوبت خاک در شرایط ابرناکی و وجود پوشش گیاهی کاسته می‌شود، در برآورد رطوبت خاک چندان مورد استفاده قرار نمی‌گیرند. داده‌های میکروویو برخلاف باندهای فوق‌نه‌تنها تحت تأثیر شرایط اتمسفری قرار نمی‌گیرند، بلکه قادرند تحت شرایط متنوع خاک، توپوگرافی و پوشش گیاهی در تخمین رطوبت خاک مورد استفاده قرار گیرند. توانایی داده‌های میکروویو در بازیابی رطوبت خاک به‌دلیل حساسیت آن‌ها به ثابت دی‌الکتریک محیط خاک است. بر اساس نتایج پژوهش‌ها، بین ضریب پس‌انتشار داده‌های رادار و مقدار رطوبت خاک سطحی ارتباط قابل ملاحظه‌ای وجود دارد (زریمی و همکاران، ۲۰۱۱؛ پت و همکاران، ۲۰۰۹). با توجه به فقدان شبکه منسجم پایش رطوبت در کشور و نیز اهمیت آن به‌ویژه در دشت‌های کشاورزی، هدف و نوآوری پژوهش حاضر، امکان‌سنجی استفاده از داده‌های میکروویو فعال ASAR به‌منظور بازیابی مقدار رطوبت خاک سطحی مراتع و اراضی کشاورزی در شرایط نیمه خشک و در مقیاس حوزه آبخیز بود.

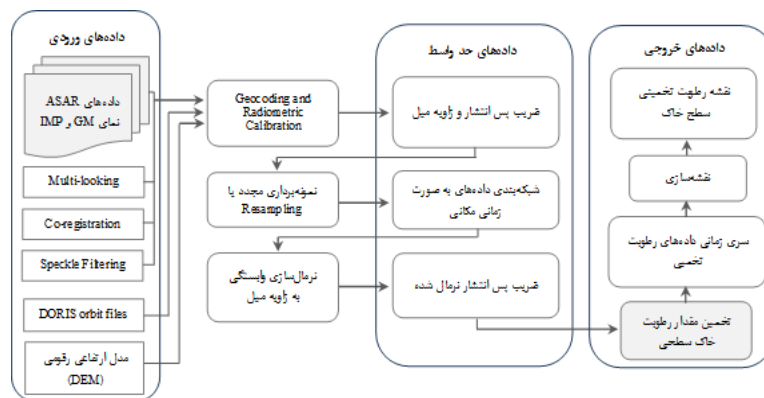
مواد و روش‌ها

منطقه مطالعاتی بخشی از حوزه آبخیز زنگان‌رود با وسعت ۲۵۳ کیلومتر مربع و متوسط بارش سالانه ۳۲۰ میلی-متر می‌باشد خاک‌های غالب منطقه را بافت‌های لومی رسی و لوم تشکیل می‌دهند. طی عملیات میدانی، مقدار متوسط رطوبت حجمی لایه سطحی خاک (۱۰-۰ سانتیمتر) در ۹۹ نقطه به روش انعکاس‌سنجی حوزه زمانی (TDR) و در ۴ زمان مختلف منطبق با گذر سنجنده ASAR از منطقه اندازه‌گیری شد (شکل ۱). داده‌های میکروویو فعال سنجنده ASAR (باند C) ماهواره ENVISAT در مُد جهانی (GM) در پلاریزاسیون HH با

تفکیک مکانی و رایومتریکی ۱ کیلومتر و ۱/۲ دسی‌بل و در زاویه میل ۴۰-۲۰ درجه طی ماه‌های ژانویه تا مارس ۲۰۱۲ تهیه و بر اساس فلوجارت شکل (۲) به منظور بازیابی رطوبت خاک از داده‌های پس‌انتشار مورد استفاده قرار گرفت. از داده‌های رطوبت خاک اندازه‌گیری شده در ۹۰/۱۲/۳ (DOY:۵۲) به منظور اشتقاق مدل و از مقادیر اندازه‌گیری شده طی زمان‌های ۹۰/۱۰/۱۲ (DOY:۱)، ۹۰/۱۰/۲۲ (DOY:۱۱) و ۹۰/۱۲/۳ (DOY:۲۲) به منظور دقت‌آزمایی مدل، استفاده شد. وجود همبستگی بین رطوبت خاک و ضریب پس‌انتشار رادار به منظور اشتقاق مدل از طریق بررسی وضعیت مکانی متغیرها (به کمک شاخص مورانز) و روش حداقل مربعات معمولی (OLS) برنامه ArcGIS انجام شد.



شکل ۱- منطقه مطالعاتی و نقاط اندازه‌گیری رطوبت خاک (الف)، نقشه‌های جهت شیب (ب)، درصد شیب (ج)، درصد رس (د)، درصد شن (و)، شاخص سطح برگ (ه) و محتوای آب پوشش گیاهی (ی)



شکل ۲- فرآیند تخمین رطوبت لایه سطحی خاک با استفاده از داده‌های ASAR مد GM

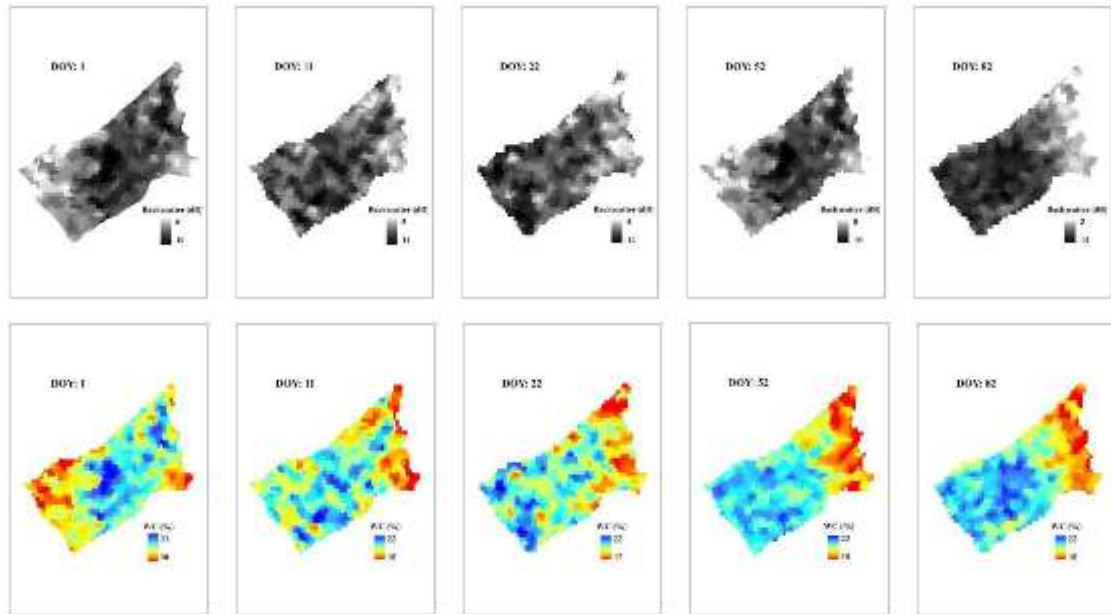
نتایج و بحث

بر اساس نتایج، ضریب همبستگی (R^2) برابر با 0.68^{**} و معنی‌دار بین مقدار رطوبت خاک سطحی و پس‌انتشار کل از خاک بدست آمد. گستره مقدار جذر میانگین مربعات خطا (RMSE) بین $0.25 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ تا $0.41 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ (مقدار متوسط 0.32) و میانگین خطای معیار (MBE) بین $-0.12 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ تا $0.15 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ (مقدار متوسط



۰/۰۱۱) بدست آمد. انحراف از مقدار مطلق همبستگی ($R^2=1$) بین این دو متغیر می‌تواند ناشی از ناهمگنی در نوع خاک، تفاوت در مقیاس رطوبت اندازه‌گیری شده (مقیاس نقطه‌ای) و سیگنال‌های پس‌انتشار ($1 \text{ km} \times 1 \text{ km}$) و نیز ویژگی‌های سنجنده (نظیر بسامد، پلاریزاسیون و زاویه میل) باشد. مدل ساده رگرسیونی حاصل دارای عرض از مبدأ و ضریب زاویه‌ای برابر با $15/6$ و $-0/42$ بود. در شکل (۳) ضریب پس‌انتشار کل نرمال شده در پیکسل‌هایی به ابعاد یک کیلومتر مربع نشان داده شده است. بر اساس آن، ضریب پس‌انتشار کل (σ_{Total}^0) با تغییر فصل دارای دامنه تغییرات < 5 دسی‌بل است. این نوسانات می‌تواند ناشی از تغییرات در مقدار ثابت دی-الکتریک خاک و نیز تا حدودی تغییر در پوشش گیاهی باشد. زیرا سنجنده‌های رادار مستقیماً تحت تأثیر مقدار ثابت دی‌الکتریک محیط قرار می‌گیرند. به دلیل وجود تغییرات مکانی در دمای خاک سطحی، مشخصه‌های ژئوفیزیکی (بافت خاک، درجه و جهت شیب) و ویژگی‌های هیدرولیکی خاک، که بر مقدار تبخیر و نگهداشت رطوبت در خاک مؤثرند، توزیع ثابت دی‌الکتریک و به دنبال آن توزیع مکانی مقدار پس‌انتشار در منطقه متغیر است. بر اساس نقشه بافت خاک (شکل ۱، د، و)، روند مشخصی بین وضعیت بافت خاک و ضریب پس‌انتشار کل مشاهده نمی‌شود. یکی از دلایل آن می‌تواند ناشی از فصل مورد مطالعه باشد. به عبارتی، در مقایسه با بافت خاک، این وقایع بارش و مقدار آن در منطقه است که اثر غالب بر بافت خاک داشته و عمدتاً کنترل‌کننده مقدار ضریب پس‌انتشار از خاک است. بر اساس سری زمانی مقدار رطوبت لایه سطحی خاک، حداقل و حداکثر رطوبت خاک تخمینی در منطقه در تاریخ $90/12/3$ ($DOY:52$) و $90/10/12$ ($DOY:1$) به ترتیب برابر $16/33$ و $22/40$ درصد بدست آمد. مقدار متوسط رطوبت تخمینی در سطح خاک به ازای 82 ، 71 ، 52 ، 41 ، 22 ، 11 ، $DOY:1$ به ترتیب برابر با $19/84$ ($\pm 1/02$)، $20/47$ ($\pm 0/73$)، $20/22$ ($\pm 0/67$) و $19/79$ ($\pm 1/09$)، $19/41$ ($\pm 1/12$)، $19/79$ ($\pm 0/65$)، $20/16$ ($\pm 0/55$) و $20/22$ ($\pm 0/67$) درصد برآورد شده است (شکل ۳). تغییرات در مشخصه‌های توپوگرافی (درجه شیب، جهت، انحنای و ارتفاع دامنه) بر توزیع رطوبت در خاک مؤثر است. از آنجا که از قسمت شمال شرق به سمت جنوب غرب از ارتفاع منطقه کاسته می‌شود، بیشترین مقدار رطوبت خاک در قسمت‌های مرکز، غرب، جنوب و جنوب غرب و کمترین آن در قسمت‌های شرق و شمال شرق منطقه مشاهده می‌شود (شکل ۱-ب-ج، شکل ۳). می‌توان بر اساس وقایع بارش و مقدار آن نیز تفسیری از تغییرات زمانی رطوبت خاک در منطقه ارائه نمود. در طول دوره مطالعه تعداد 20 واقعه بارش با حداکثر ارتفاع $14/9$ میلی‌متر و متوسط $0/6$ میلی‌متر در روز در منطقه اتفاق افتاده است (نتایج ارائه نشده است). نکته قابل توجه آن است که پس از وقوع هر بارش، مقدار رطوبت خاک نیز به‌طور متوسط افزایش یافت. همچنین، مقدار RMSE تا حدودی وابسته به ماه یا فصل سال بود. بطوریکه با اتمام فصل زمستان و آغاز فروردین‌ماه مقدار RMSE تا حدودی با افزایش همراه است. این افزایش در مقدار خطا را می‌توان تا حدودی به توسعه پوشش گیاهی سطح زمین در بهار نسبت داد که تا حدودی باعث کاهش مقدار پس‌انتشار از سطح خاک می‌شود (زریمی و همکاران، ۲۰۱۱). بر اساس نتایج مذکور، مدل تخمین‌گر به‌رغم ساده بودن، در مقایسه با سایر مطالعات نیز دارای دقت بالایی در تخمین مقدار رطوبت خاک است. اخیراً زریمی و همکاران (۲۰۱۱) از داده‌های ASAR در مُدهای HH و VV برای برآورد رطوبت خاک در باغات زیتون و مزارع گندم اقلیم نیمه‌خشک تونس استفاده کردند. بر اساس نتایج آنها، مدل رگرسیون خطی قادر بود به ازای گستره مقادیر R^2 و RMSE به ترتیب برابر $0/53-0/67$ و $3/8-6/4$ درصد، رطوبت خاک را برآورد نماید. در دیگر مطالعات، با استفاده از روش بارزسازی تغییرات در سری زمانی تصاویر ASAR مُد GM اقدام به تخمین رطوبت سطحی خاک شده است. نتایج حاکی از تفاوت در دقت تخمین رطوبت

خاک در کاربری‌های مختلف بود. به‌طوریکه مقدار RMSE بین $0.04 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ تا $0.14 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ بدست آمده است (پت و همکاران، ۲۰۰۹). بر این اساس، به نظر می‌رسد مقدار متوسط RMSE برابر $0.032 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ که در این پژوهش بدست آمده است، مقدار مناسبی در پذیرش دقت مدل تخمینگر به‌منظور برآورد رطوبت لایه سطحی خاک باشد.



شکل ۳- توزیع زمانی- مکانی ضریب پس انتشار کل و مقدار رطوبت تخمینی سطح خاک (WC) بر اساس n آمین روز از ابتدای سال ۲۰۱۲ (DOY) $(1\text{km} \times 1\text{km})$

نتیجه‌گیری

در این پژوهش، از داده‌های پس انتشار سنجنده ASAR مُد GM به‌منظور بازیابی، پایش و تهیه نقشه رطوبت لایه سطحی خاک در کاربری‌های کشاورزی (گندم) و مرتع استفاده شد. این روش قادر بود با دقت ۶۸ درصد و تفکیک مکانی یک کیلومتر، مقدار رطوبت لایه سطحی خاک را برآورد نماید. همچنین، نتایج ارزیابی دقت نشان داد بین مقادیر تخمینی رطوبت خاک و مقادیر اندازه‌گیری شده آن اختلاف اندکی ($\text{RMSE}=0.032 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$) وجود دارد. با توجه به فقدان شبکه منسجم رطوبت‌سنجی خاک در کشور به ویژه در دشت‌های مهم کشاورزی، استفاده از داده‌های رادار ASAR مُد GM و سنجنده‌های مشابه آن می‌تواند به عنوان روشی نوین و کارآمد به‌منظور پایش رطوبت خاک در نظر گرفته شود.

منابع

- Brocca LS, Hasenauer T, Lacava F, Melone T, Moramarco W, Wagner W, Dorigo P, Matgen J, Martínez-Fernández P, Llorens J and Bittelli M, 2011. Soil moisture estimation through ASCAT and AMSR-E sensors: an intercomparison and validation study across Europe. *Remote Sensing of Environment* 115:3390–3408.
- Pathe C, Wagner W, Sabel D, Doubkova M and Basara JB, 2009. Using ENVISAT ASAR global mode data for surface soil moisture retrieval over Oklahoma, USA. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing* 47:2.



Zribi M, Chahbi A, Shabou A, Lili-Chabaane Z, Duchemin B, Baghdadi N, Amri R and Chehbouni A, 2011. Soil surface moisture estimation over a semi-arid region using ENVISAT ASAR radar data for soil evaporation evaluation. *Hydrology and Earth System Science* 15: 345–358.



ارزیابی روشهای طیف‌بینی مرئی - فرورسرخ در برآورد مقدار گچ و آهک در خاک

اکبر حسینی^۱، حسینعلی بهرام^۲، شاهین اوستان^۳، علی اکبر نوروزی^۴

۱-دانشجوی دکتری دانشگاه تربیت مدرس

۲-دانشیار گروه خاک دانشگاه تربیت مدرس

۳-دانشیار گروه خاک دانشگاه تبریز

۴-استادیار پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری تهران

مقدمه

گسترده‌گی خاکهای گچی - آهکی در مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران قابل توجه می‌باشد. طیف‌بینی مرئی - فرورسرخ بر مبنای حساسیت ترکیبات آلی و معدنی خاک به بازتاب امواج مرئی و فرورسرخ استوار شده است و از این ویژگی برای مطالعات کشاورزی و زیست محیطی خاک‌ها استفاده می‌شود. طی دو دهه اخیر، تحقیقات در مورد طیف‌بینی بازتاب امواج مرئی (Visible) و فرورسرخ (Infrared) در علوم خاک به سرعت افزایش یافته است. تمرکز بیشتر مطالعات، روی ترکیبات پایه‌ای خاک مانند مواد آلی خاک، بافت خاک، مینرالوژی خاک و همچنین دسترسی عناصر غذایی خاک، حاصلخیزی خاک، ساختمان خاک و فعالیت‌های میکروبی آن می‌باشد (Stenberg et al, 2010). دلایل متفاوتی در مورد توجه به طیف بینی مرئی فرورسرخ وجود دارد. به عنوان مثال در این روش آماده‌سازی نمونه فقط شامل هوا خشک کردن و نرم کردن نمونه خاک می‌باشد. نمونه خاک دچار تغییر و تحول نمی‌شود، مواد شیمیایی (که بیشتر آنها خطرناک هستند) مصرف نمی‌شوند، اندازه‌گیری در چند ثانیه انجام می‌شود، تعداد زیادی از ویژگیهای خاک فقط با یک‌بار اسکن کردن قابل پیش‌بینی هستند و این روش قابلیت اجرا هم در آزمایشگاه و هم در مزرعه را داراست (Viscarra Rossel 2006c). علیرغم مطالعات گسترده‌ای که در زمینه طیف‌بینی مرئی - فرورسرخ خاکها انجام شده است، این مطالعات در خاکهای گچی - آهکی تاکنون انجام نشده است. هدف از این تحقیق دستیابی به روشی است که بتواند از طریق طیف بازتابی مرئی - فرورسرخ پیش‌بینی قابل قبولی از مقدار گچ و آهک خاکهای گچی - آهکی ایران ارائه دهد تا به کاهش تعداد نمونه‌ها در پروژه‌های مدیریت کشاورزی و منابع طبیعی کمک کند.

مواد و روشها

بدین منظور تعداد ۸۵ نمونه خاک از عمق ۳۰-۰ سانتیمتری از پنج استان مختلف استان تهران، قم، مرکزی، یزد و اصفهان، از خاکهای با کاربری‌های مختلف جمع‌آوری شد تا مجموعه‌ای از نمونه‌های متفاوت از نظر منشا وجود داشته باشد. نمونه‌های خاک، هواخشک شده و پس از کوبیدن با چکش لاستیکی مخصوص از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شدند. اندازه‌گیری گچ موجود در نمونه‌ها به دو روش (۱) استون (USDA, 1972) و (۲) عصاره‌گیری متوالی با آب (Bashour and Sayegh, 2007) انجام شد. در این روش ابتدا نمونه‌های خاک برای حذف سولفات‌های غیر گچی با محلول اتانول ۵۰ درصد تیمار شدند (Berigari and Ak-Any, 1994). سپس مقدار کل گچ با استفاده از عصاره‌گیری با آب استخراج شده و غلظت سولفات موجود در عصاره‌ها به روش کدورت‌سنجی (Greenberg et al, 1995) اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری کربنات کلسیم معادل (CCE) از روش (۱) تیتراسیون (Bashour and Sayegh, 2007) و (۲) کلسیمتری (ISO, 1995) استفاده شد. تهیه طیف خاکها در یک اتاق تاریک و با شرایط استاندارد انجام شد. طیف‌بینی نمونه‌های خاک با استفاده از دستگاه



Fieldspec شرکت ASD امریکا انجام شد. بازتاب مطلق نمونه‌ها در دامنه ۳۵۰ تا ۲۵۰۰ نانومتر و با درجه وضوح یک نانومتر ثبت شدند. نمونه‌های هوا خشک در یک پتری‌دیش با قطر ۱۰ سانتیمتر و ضخامت یک سانتیمتر قرار داده شدند. منبع نور یک لامپ تنگستن هالوژن کوارتز بود که داخل محفظه نوری سنجده نگاهداری می‌شد. نور از فاصله ۲۰ سانتیمتری با زاویه ۲۰ درجه نسبت به عمود به هر نمونه تابانده شد و بازتاب از طریق یک چشمی فایبر اپتیک که به طور عمودی با فاصله ۱۵ سانتیمتری در بالای پتری‌دیش قرار داشت، ثبت گردید. پس از هر پنج قرائت متوالی، نمونه ۹۰ درجه چرخانده شده و پنج قرائت دیگر انجام شد تا از اختلاف طیفی محتمل که از تغییرات توزیع اندازه ذرات منشا می‌گیرد، جلوگیری شود. سپس از ده طیف به دست آمده میانگین‌گیری می‌شد.

واسنجی بین بازتاب خاک و پارامترهای خاک با استفاده از دو مدل رگرسیونی حداقل مربعات جزئی (PLSR) و BRT انجام شد. مدل PLSR از طریق یک رابطه خطی چند متغیره، ارتباطی بین دو ماتریس x و y ایجاد می‌کند که اولین بار توسط Wold و همکاران (۱۹۸۳) معرفی شد و به طور گسترده‌ای در آنالیزهای طیفی مورد استفاده قرار می‌گیرد. مدل BRT اولین بار توسط Freund و Schapire (۱۹۹۷) ارائه شد. این مدل توانایی مدیریت تعداد زیادی از رابطه‌های ضعیف در یک مدل تخمینگر را داراست و با توجه به ابعاد بالای ماهیت طیف‌بینی بازتابی و وجود تعداد زیادی از روابط ضعیف و تصادفی بین ویژگیهای خاک و طیف بازتابی به نظر می‌رسد ابزار مناسبی برای تعیین ویژگیهای خاک با استفاده از طیف‌بینی مرئی فرورسرخ باشد. آزمون دقت برآوردها با استفاده از اعتبارسنجی، به طور جداگانه روی سری زیرنمونه‌ها انجام شد. قبل از انجام واسنجی، نمونه‌ها به طور تصادفی به دو زیر نمونه ۳۰ و ۷۰ درصدی تقسیم‌بندی شدند. از هر زیر نمونه هم برای واسنجی و هم برای اعتبارسنجی استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج اندازه‌گیریهای آزمایشگاهی نشان داد که دامنه تغییرات گنج در خاکها بین ۰/۱ تا ۸۹/۵ درصد و دامنه تغییرات کربنات کلسیم معادل بین صفر تا ۴۲/۳ درصد در نوسان بود. پارامترهای آماری برآورد طیف‌بینی مرئی- فرورسرخ با روشهای PLSR و BRT در جدول ۱ دیده می‌شود. در بین اندازه‌گیریهای انجام شده بهترین پیش-بینی مدل برای گنج به روش عصاره‌گیری با آب ($R^2 = ۰/۷۹$) بدست آمد. به نظر می‌رسد این روش با دقت بیشتری مقدار گنج موجود در نمونه‌ها را اندازه‌گیری می‌کند. با این حال برآورد مقدار کربنات کلسیم معادل در خاکها با دو روش مختلف تفاوت چندانی با یکدیگر ندارند. مقادیر R^2 در سری اعتبارسنجی کمتر از سری واسنجی و مقادیر RMSE در سری اعتبارسنجی بیشتر از مقادیر مشابه آن در سری واسنجی است ولی با این وجود کارکرد آماری آن تغییر چندانی نداشته است. هنگامیکه از نمونه‌های مستقل برای اعتبارسنجی استفاده می‌شود، رسیدن به سطوح برآوردی مشابه غیرمعمول است حتی اگر هر دو سری داده‌ها خاستگاه مکانی مشابهی داشته باشند (Dardanne et al, 2000). نتایج نشان می‌دهد که وقتی سری واسنجی کمتر از سری اعتبارسنجی باشد، از کیفیت برآوردها کاسته می‌شود و این موضوع در هر دو روش PLSR و BRT صادق است (جدول ۴).

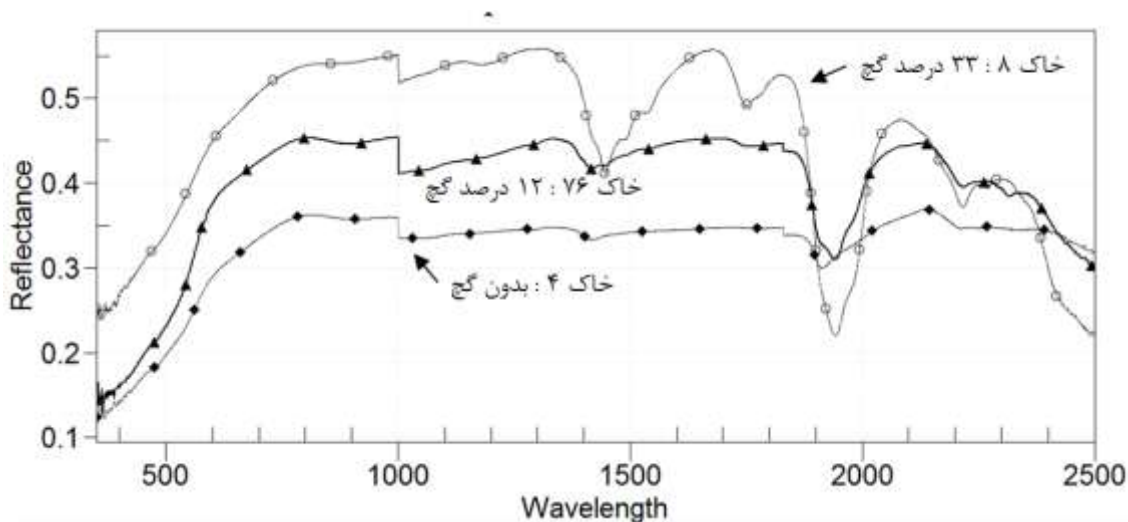


جدول ۱- آماره های اعتبارسنجی برآوردهای طیف بینی مرئی-فروسرخ با روشهای PLSR و BRT

سری اول اعتبارسنجی (۷۱ نمونه واسنجی و ۳۱ نمونه اعتبارسنجی) سری دوم اعتبارسنجی (۳۱ نمونه واسنجی و ۷۱ نمونه اعتبارسنجی)

RMSE val	R ² val	RMSE cal	R ² cal	RMSE val	R ² val	RMSE cal	R ² cal	
مدل PLSR								
۲/۸۳	۰/۶۱	۲/۶۱	۰/۶۵	۲/۸۱	۰/۶۹	۲/۲۱	۰/۷۳	گچ ۱
۱/۴۸	۰/۸۶	۱/۷۸	۰/۸۷	۰/۹۲	۰/۸۹	۱/۱۴	۰/۹۱	گچ ۲
۰/۶۷	۰/۶۸	۰/۵۵	۰/۷۲	۰/۷۱	۰/۶۹	۰/۶۲	۰/۷۳	آهک ۱
۰/۷۶	۰/۶۱	۰/۸۳	۰/۶۷	۰/۵۸	۰/۶۸	۰/۷۱	۰/۷۲	آهک ۲
مدل BRT								
۲/۷۸	۰/۶۳	۲/۵۳	۰/۷۰	۲/۹۲	۰/۷۱	۲/۴۲	۰/۷۱	گچ ۱
۱/۵۶	۰/۷۱	۱/۸۲	۰/۶۲	۰/۹۲	۰/۹۰	۱/۱۶	۰/۹۳	گچ ۲
۰/۶۸	۰/۶۸	۰/۶۶	۰/۷۳	۰/۷۰	۰/۷۰	۰/۶۴	۰/۷۱	آهک ۱
۰/۷۳	۰/۵۹	۰/۷۴	۰/۷۱	۰/۴۳	۰/۶۷	۰/۶۰	۰/۷۳	آهک ۲

طیف مرئی فروسرخ سه نمونه با مقادیر متفاوت گچ در شکل ۱ دیده می شود. وجود کربنات کلسیم معادل و گچ مقدار کل بازتاب خاک را افزایش می دهد. مقدار گچ با مقدار کلی بازتاب در بیشتر محدوده طیف همبستگی مثبت داشت و در طول موجهای ۱۹۲۱ و ۱۴۱۲ نانومتر بیشترین همبستگی دیده می شود. به نظر می رسد حضور دو مولکول آب در ساختار کانی ژپسیم ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) در جذب طیف نوری در این دو محدوده موثر باشد زیرا این دو محدوده جذبی مربوط به جذب آب می باشد و در خاکهای گچی علاوه بر رطوبت سطحی موجود در سطح خاک، آب موجود در ساختار کانی ژپسیم باعث کاهش بیشتر بازتاب طیف نوری در این دو محدوده می شود (شکل ۱). مقدار کربنات کلسیم معادل نیز به طور مشابهی خاک با طیف بازتابی همبستگی مثبت و منفی داشت. بیشترین همبستگی مثبت بین مقدار کربنات کلسیم معادل خاک و طیف مرئی فروسرخ در محدوده ۴۶۳ نانومتر وجود داشت.





شکل ۱- طیف خام سه نمونه خاک با مقدار گچ متفاوت.

بر اساس آماره‌های واسنجی در جدول ۱ دو مدل PLSR و BRT چندان تفاوتی با هم ندارند و حتی مدل PLSR در برخی موارد بهتر عمل می‌کند. این احتمالاً به علت نوع روش آماری مدل BRT می‌باشد که نسبت به مدل PLSR منطقه‌ای‌تر است و لذا هرچه قدر تعداد نمونه در سری اعتبارسنجی افزایش یابد مدل‌های عام‌تر موفق‌تر عمل می‌کنند.

به طور کلی نتایج حاصل این پژوهش نشان می‌دهد که با توجه به تغییرپذیری ویژگی‌های خاک از نظر مکانی و همچنین پرهزینه و وقت‌گیر بودن روش‌های مرسوم آزمایشگاهی در تعیین مقدار گچ و آهک خاک، به نظر می‌رسد روش طیف‌بینی مرئی فرسرخ می‌تواند به عنوان یک روش جایگزین مطرح باشد و به کاهش تعداد نمونه‌ها در پروژه‌های مدیریت منابع طبیعی و آبخیزداری کمک کند.

منابع

Bashour I.I, Sayegh A.H., 2007. Methods of Analysis for Soils of Arid and Semi-Arid Regions. 1st ed. FAO, USA.

Berigari MS, Al-Any FMS.1994. Gypsum determination in soils by conversion to water-soluble sodium sulfate. Soil Sci Soc Am J 58:1624–1627.

Brown, D.J., Shepherd, K.D., Walsh, M.G., Mays, M.D., and T.G Reinsch. 2006. Global soil characterization with VNIR diffuse reflectance spectroscopy. Geoderma 132, 273–290.

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

Freund, Y., Schapire, R.E., 1997. A decision-theoretic generalization of on-line learning and an application to boosting. J. Comput. Syst. Sci. 55 (1), 119–139.

Greenberg AE, Clesceri LS, Eaton AD. 1995. Standard methods for the examination of water and wastewater. 19th ed. Washington: American Public Health Association.

ISO 10693. 1995 Soil quality - Determination of carbonate content – Volumetric method. International Organisation for Standardization

Stenberg B., Viscarra Rossel, R. A., Mouazen, A. M., and Wetterlind J., 2010. Visible and Near Infrared Spectroscopy in Soil Science. Advances in Agronomy, 107, 163-215.

USDA Soil Survey Staff. 1972. Soil survey Laboratory Methods and Procedures for Collecting Soil Samples. Report No.1.

Viscarra Rossel, R. A., Walvoort, D. J. J., McBratney, A. B., Janik, L. J., and Kjemstad, J. O. 2006c. Visible, near infrared, mid infrared or combined diffuse reflectance spectroscopy for simultaneous assessment of various soil properties. Geoderma 131, 59–75.

Wold, S., Sjostrom, M., and L., Eriksson. 2001. PLS-regression: a basic tool of chemometrics. Chemom. Intell. Lab. Syst. 58, 109– 130.



تهیه نقشه کاربری اراضی حوضه آبخیز لیقوان به روش طبقه بندی نظارت شده با استفاده از تصاویر ETM+ ماهواره لندست ۷

مهدی رحمتی^{۱*}، محمدرضا نیشابوری^۱، مجید محمدی اسکویی^۲، احمد فاخری فرد^۳، عباس احمدی^۱

(۱) گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

(۲) دانشکده مهندسی معدن، دانشگاه صنعتی سهند، تبریز، ایران

(۳) گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

(* مسئول مکاتبه: mehdirmti@gmail.com)

مقدمه

پوشش سطح زمین و تغییرات در آن که ناشی از پدیده های طبیعی و فعالیت بشری است یک نقش کلیدی در الگوهای جهان مقیاس سیستم های آب و هوایی و بیوشیمیایی زمین بازی میکنند. به عبارت دیگر تغییرات توپوگرافی، آلودگی، پوشش گیاهی و دیگر خصوصیات فیزیکی سطح زمین، جریانهای گرمایی سطح و اتمسفر، گرمای نهان تبخیر و ... را که به بر آب و هوا و اقلیم تاثیرگذار هستند را تحت تاثیر قرار میدهند (Sellers et al., 1997).

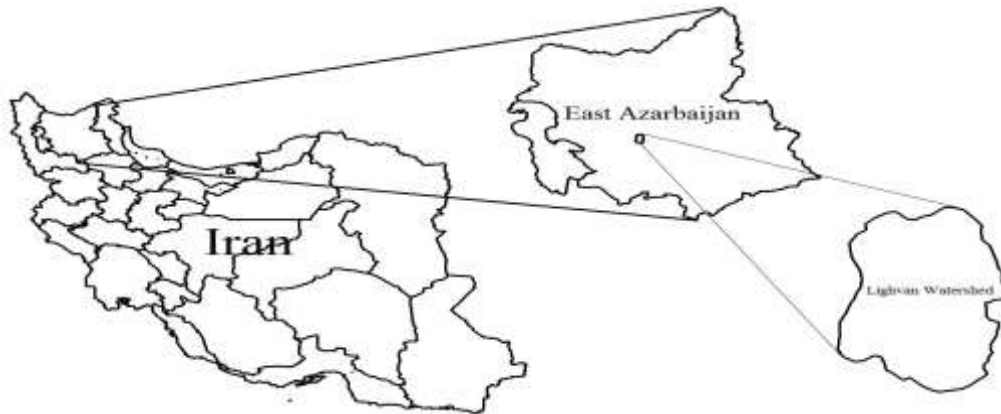
تا قبل از ظهور تصاویر ماهواره های، اکثر داده های پوشش گیاهی و کاربری های اراضی که در مدل های جهانی بیوشیمیایی و اقلیمی استفاده می شدند از نقشه های موجود قبلی و اطلس ها استخراج می شدند. از طرفی کاربری های موجود بر روی زمین به صورت ذاتی پویا هستند و نقشه های قبلی خود به خود بعد از چند سال می توانند غیر قابل استفاده باشند (M. Friedl et al., 2002). از این رو در سال های اخیر دورسنجی به عنوان پایه تشخیص کاربری اراضی و نوع پوشش زمین استفاده می شود. فریدل و همکاران (M. Friedl et al., 2002) با استفاده از داده های MODIS و یک روش طبقه بندی نظارت شده اقدام به استخراج نقشه کاربری اراضی نمودند. مقایسه نتایج آنها با نتایج استخراج شده از ماهواره های دقیقتر مانند AVHRR و Landst TM نشان داد که MODIS به خوبی قابلیت کاربرد در این ارتباط را دارا می باشد. گیری و همکاران (Giri & Jenkins, 2005) نیز نقشه کاربری اراضی منطقه مزوآمریکای بزرگ (شامل کشورهای مکزیک، بلیز، هندراس، السالوادور، گواتمالا، نیکاراگوا، کاستاریکا و پاناما) را با استفاده از داده های MODIS استخراج کردند که مقایسه نتایج آنها با نتایج ماهواره Landsat نشان داد که همبستگی های بین ۰/۷ تا ۰/۹ بین نتایج وجود دارد.

در اکثر تحقیقات صورت گرفته از سری عکس های هوایی در چندین سال برای استخراج نقشه کاربری اراضی استفاده شده است (Jonathan et al., 2005) ولی از آنجایی که معمولاً دسترسی به سری عکس های هوایی چندین سال برای یک منطقه معمولاً زمان بر و هزینه بر بوده و همچنین تفسیر نتایج پیچیده تر می باشد، لذا در سال های اخیر محققین مختلف نشان دادند که استفاده از یک تصویر در یک زمان خاص نیز از دقت کافی برای تهیه نقشه کاربری اراضی برخوردار خواهد بود (Saadat et al., 2011). در این تحقیق نیز تلاش شد تا نقشه کاربری اراضی حوضه آبخیز لیقوان در استان آذربایجان شرقی با استفاده از یک تصویر ETM+ ماهواره لندست ۷ که در تاریخ خاصی از منطقه تهیه شده است استخراج و مورد ارزیابی قرار گیرد.



مواد و روشها

حوضه ليقوان از ارتفاعات سهند شروع و به ايستگاه هروی خاتمه می یابد. این محدوده جزو زیرحوضه های آجی-چای بوده که بین طول های شرقی $23^{\circ} 22' 46''$ تا $28^{\circ} 21' 05''$ و عرض های شمالی $37^{\circ} 07' 08''$ تا $37^{\circ} 50' 08''$ قرار گرفته است. از سال ۱۳۵۰ حوضه ليقوان به عنوان حوضه معرف انتخاب شده و مجهز به ادوات هیدروکلیماتولوژی شده است. شکل ۱ موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه در ایران و استان آذربایجان شرقی را نشان می دهد. بایستی خاطر نشان کرد که حوضه مورد نظر بر اساس سیستم تصویر مختصات جغرافیایی مرکاتور (UTM) در قاچ شماره ۳۸ شمالی (مسیر ۱۶۸ و ردیف ۳۴) قرار می گیرد.



شکل ۱: موقعیت جغرافیای منطقه مورد مطالعه در ایران و استان آذربایجان شرقی

داده های ETM+ ماهواره Landsat 7 به صورت رایگان از سایت <http://earthexplorer.usgs.gov/> دانلود شدند. داده های سنجنده ETM+ در طول مدت زمان نمونه برداری این تحقیق (اواسط اردیبهشت ماه تا شهریورماه سال ۱۳۹۱) فقط برای روزهای ۲۴ خردادماه، ۲۵ تیرماه و ۲۷ شهریورماه سال ۱۳۹۱ برای منطقه مورد مطالعه فراهم بود که از سایت فوق دانلود شدند.

در تحقیق حاضر نقشه کاربری اراضی با استفاده از روش طبقه بندی نظارت شده^۱ و بیشترین شباهت^۲ از تصاویر ETM+ ماهواره Landsat استخراج گردید. در این تحقیق از هفت باند طیفی تصویر ETM+ تهیه شده در روزهای ۲۴ خردادماه (اواخر بهار)، ۲۵ تیرماه (اوایل تابستان) و ۲۷ شهریورماه (اواخر تابستان) در سال ۱۳۹۱ استفاده شد. برای این کار ابتدا با استفاده از نقشه های کاربری گزارش شده توسط مطالعات قبلی (حسن نیا، ۱۳۸۳) و همچنین مطالعات میدانی تعداد کاربری های موجود در منطقه شناسایی شد. در مرحله بعد در مجموع در ۲۲۵ مکان (نقاط کنترل) از منطقه مورد مطالعه نوع کاربری ها برای استفاده در مراحل آموزش و اعتبارسنجی تعیین شدند. سپس با استفاده از نقاط کنترل فوق، نقشه نهایی کاربری اراضی با روش طبقه بندی نظارت شده و روش حداکثر شباهت تهیه شد. در این تحقیق از ۶۰ درصد داده های نقاط کنترل ثبت شده در هر کاربری برای آموزش و از ۴۰ درصد باقی مانده برای اعتبارسنجی استفاده شد. برای بررسی صحت نقشه پیش بینی شده از نسبت تعداد نقاط کنترل درست پیش بینی شده به تعداد کل نقاط کنترل استفاده شد.

¹ - Supervised classification

² - Maximum likelihood

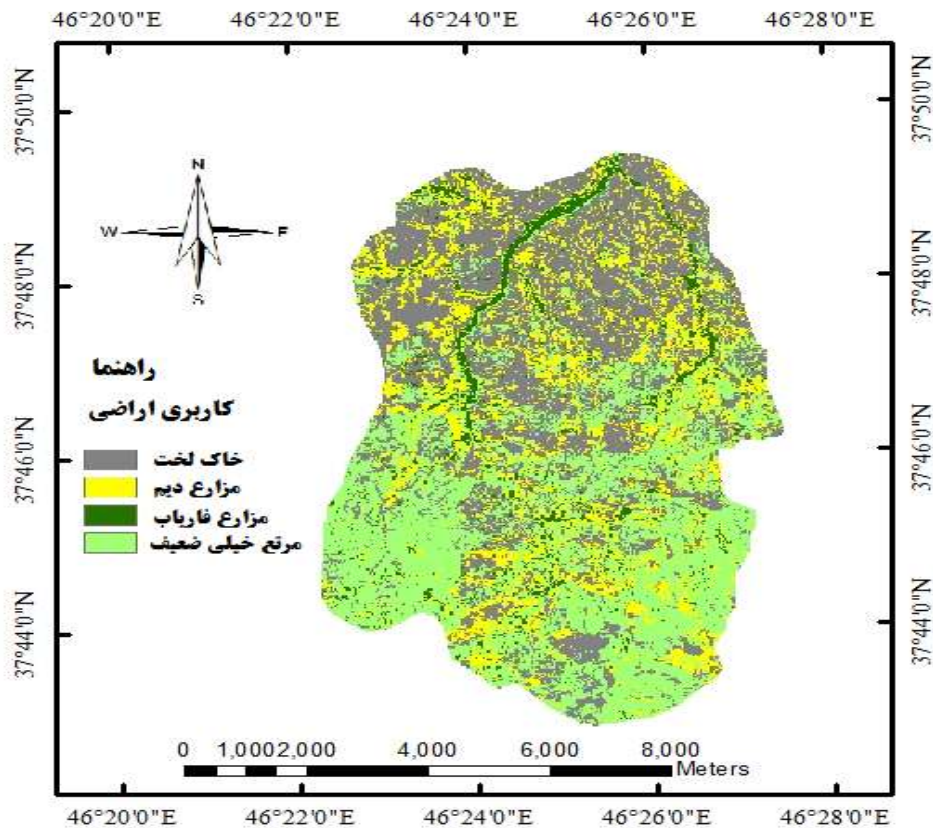


نتایج و بحث

نتایج ارزیابی نقشه‌های تهیه شده در جدول ۱ گزارش شده است. در منطقه مورد مطالعه با توجه به نقشه کاربری اراضی موجود از تحقیقات قبلی و همچنین نتایج مطالعات میدانی، تعداد چهار نوع پوشش سطحی قابل شناسایی بود که از آنها در تهیه نقشه کاربری اراضی استفاده شد. براساس نقشه کاربری اراضی موجود از سالهای قبل و همچنین نتایج بررسی میدانی چهار پوشش سطحی منطقه شامل ۱- خاک لخت تشکیل شده از زمین‌های بدون پوشش گیاهی، ۲- مزارع آبیاری شده تشکیل شده از مزارعی که به صورت پراکنده در اطراف دره ليقوان واقع شده‌اند و همچنین یکسری درخت و درختچه‌های پراکنده در اطراف رودخانه و مزارع فوق، ۳- مزارع دیم و ۴- مرتع خیلی ضعیف بود. نتایج ارزیابی نشان می‌دهد که نقشه تهیه شده از تصویر بدست آمده در اواخر تابستان به طور متوسط از بالاترین صحت (۷۳/۴۴ درصد) و نقشه تهیه شده از تصویر بدست آمده در اوایل تابستان از کمترین صحت (۵۵/۰۶) برخوردار می‌باشد. این در حالی است که نقشه تهیه شده از تصویر بدست آمده در اواخر بهار نیز با اختلاف کم، صحتی کمتری (۷۱/۹۹) نسبت به نقشه تهیه شده در اواخر تابستان دارا می‌باشد. این نتیجه با نتایج سعادت و همکاران (Saadat et al., 2011) که گزارش کردند تصاویر تهیه شده در اواخر تابستان از دقت بهتری برای پیش‌بینی نقشه کاربری اراضی برخوردار می‌باشند، همسو می‌باشد. شکل ۲ نقشه کاربری اراضی تهیه شده در اواخر تابستان ۱۳۹۱ را نشان می‌دهد. لازم به ذکر است با وجود اینکه نقشه تهیه شده در اواخر بهار به طور متوسط از دقت پائین‌تری نسبت به نقشه تهیه شده در اواخر تابستان برخوردار می‌باشد ولی در مقابل از دقت نسبتاً بالایی در مقایسه با نقشه تهیه شده در اواخر تابستان در پیش‌بینی دو کاربری مزارع دیم (۸۹/۴۷ درصد در مقابل ۵۲/۶۳ درصد) و مرتع خیلی ضعیف (۱۰۰ درصد در مقابل ۸۰/۷۷ درصد) دارا می‌باشد. از دلایل آن می‌توان به دارا بودن بیشترین رشد در مراتع و مزارع دیم به علت قرار گرفتن در انتهای فصل بارندگی اشاره کرد. در نهایت با توجه به مقایسه نتایج بدست آمده از نقشه کاربری تهیه شده در اواخر تابستان در ادامه تحقیق استفاده شده است.

جدول ۱- تعداد نقاط کنترل استفاده شده و نتایج ارزیابی نقشه های کاربری اراضی تهیه شده

تعداد نقاط کنترل	نوع کاربری		مزارع آبیاری شده	مزارع دیم	مرتع خیلی ضعیف	میانگین
	مرحله آموزش	مرحله اعتبارسنجی				
۶۱	۶۱/۹۸	۳۷/۵۰	۸۹/۴۷	۱۰۰	۷۱/۹۹	نقشه تهیه شده در ۲۴ خردادماه
	۴۱	۵۰/۰۰	۲۶/۳۲	۹۵/۱۵	۵۵/۰۶	
۴۱	۸۵/۳۷	۷۵/۰۰	۵۲/۶۳	۸۰/۷۷	۷۳/۴۴	نقشه تهیه شده در ۲۷ شهریورماه
	۶۱	۳۷/۵۰	۸۹/۴۷	۱۰۰	۷۱/۹۹	نقشه تهیه شده در ۲۴ خردادماه



شکل ۲: نقشه کاربری اراضی تهیه شده در ۲۷ شهریور ۱۳۹۱ با استفاده از تصاویر ETM+ لندست ۷

منابع

- حسینیا، غ. د.، (۱۳۸۳). بررسی فرسایش در حوضه ليقوان با روش شبکه بندی و موج سینماتیک. پایان نامه کارشناسی ارشد خاکشناسی، دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز.
- Sellers, P., Dickinson, R., Randall, D., Betts, A., Hall, F., Berry, J., Nobre, C., 1997. Modeling the exchanges of energy, water, and carbon between continents and the atmosphere. *Science* 275: 502-50.
- Friedl, M., McIver, D., Hodges, J., Zhang, X., Muchoney, D., Strahler, A., Cooper, A., 2002. Global land cover mapping from MODIS: algorithms and early results. *Remote Sensing of Environment* 83: 287-302.
- Giri, C., & Jenkins, C., 2005. Land cover mapping of Greater Mesoamerica using MODIS data. *Canadian Journal of Remote Sensing* 31: 274-282.
- Jonathan, M., Meirelles, M. S. P., Berroir, J.-P., Herlin, I., & da Costa Coutinho, H. L., 2005. Regional scale land use/land cover classification using temporal series of MODIS data at the High Taquari Basin, MS, Brazil. *Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto* 12: 579-581.
- Saadat, H., Adamowski, J., Bonnell, R., Sharifi, F., Namdar, M., & Ale-Ebrahim, S., 2011. Land use and land cover classification over a large area in Iran based on single date analysis of satellite imagery. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* 66: 608-619.



بررسی تغییرات مکانی عنصر سرب با استفاده از تکنیک زمین آمار در حوضه آبخیز بالخلی چای اردبیل

حمزه حاج محمدی^۱، اردوان قربانی^۲، کاظم هاشمی مجد^۳

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد رشته علوم خاک، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز

۲- استادیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشگاه محقق اردبیلی

۳- دانشیار گروه علوم خاک، دانشگاه محقق اردبیلی

نویسنده و مسئول مکاتبه: haj.hamzeh@yahoo.com-09144530352

مقدمه

خاک از جمله سرمایه های ارزشمندی است که در عرصه های تولید محصولات زراعی، منابع طبیعی، محیط زیست نقش اساسی ایفا می نماید [۴]. افزایش فعالیتهای صنعتی توأم با تولید آلاینده ها از جمله فلزات سنگین یکی از مشکلات جدی در حال گسترش پیش روی انسان عصر حاضر است [۲]. آلودگی فلزات سنگین نه تنها به طور مستقیم به خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، کاهش فعالیت بیولوژیکی و کاهش دستیابی زیستی مواد مغذی خاک تاثیر می گذارد، بلکه خطر جدی برای سلامتی انسان را نیز از طریق ورود در زنجیره غذایی امنیت زیست محیطی از طریق نفوذ در آبهای زیرزمین محسوب می شود [۶]. سرب، روی و کادمیوم از مهمترین آلاینده های فلزی هستند که توسط فعالیتهای انسانی وارد طبیعت شده و باعث ایجاد آسیب های جدی و اختلال در سلامتی انسان میشوند [۵]. یکی از شیوه های مورد استفاده در دهه های اخیر برای بررسی پراکنش آلودگی، استفاده از زمین آمار است [۷]. تحقیقات زیادی در ارتباط با استفاده از زمین آمار در بررسی خاک انجام گرفته است بطور مثال، لیو و همکاران [۸] با استفاده از تخمین گر کریجینگ معمولی تغییرات مکانی سرب را در منطقه هانگ زونگ چین مورد بررسی قرار دادند و گزارش نمودند که دخالت های انسان در طبیعت عامل تعیین کننده ای در تغییرات مکانی این عنصر در خاک است. در ایران نیز تحقیقات ...زیادی در این رابطه انجام گرفته است به طور مثال عبداللهی و همکاران [۳] با مطالعه پهنه بندی سرب نشان دادند که مدل کروی بهترین نتیجه را برای توصیف تغییرپذیری مکانی این عنصر دارد. در این تحقیق با هدف ارزیابی تغییرات عنصر سرب در حوضه آبخیز بالخلی چای اردبیل با استفاده از تکنیکهای زمین آماری در محیط GIS صورت گرفته است.

مواد و روشها

حوضه آبخیز بالخلی چای اردبیل در مختصات جغرافیایی $47^{\circ} 45'$ تا $48^{\circ} 23'$ طول شرقی و $37^{\circ} 51'$ تا $38^{\circ} 22'$ عرض شمالی قرار دارد. مساحت آن ۱۱۷۸ کیلومتر مربع میباشد در این محدوده، ۱۵۱ نمونه خاک برداشت و پس از آن آنالیز آزمایشگاهی میزان عنصر سرب استخراج گردید. نرمال بودن داده با استفاده از نرم افزار SPSS آزمون گردید. از نرم افزار GS+9 برای تهیه نیم پراش نگار (واریوگرام) عنصر سرب استفاده شد.



نیم پراش نگار در واقع نصف میانگین مربع اختلاف مقادیر نمونه هایی است که به فاصله مشخص (h) از یکدیگر قرار دارند و از روابط زیر محاسبه می شود.

$$r(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{n(h)} [z(x_i) - z(x_i + h)]^2$$

که در آن $N(h)$ تعداد جفت نمونه های جدا شده توسط h هستند.

$z(x_i)$ معرف مقادیر عنصر اندازه گیری شده در نقطه x_i و $z(x_i + h)$ معرف مقادیر عنصر سرب اندازه گیری شده در نقطه $(x_i + h)$ یک تخمین گر خوب باید دارای میانگین خطای تخمین صفر یا نزدیک به صفر باشد و جذر میانگین مربع خطای تخمین حتی الامکان مقدار عددی را داشته باشد. هرچه این عدد مقدارش کوچکتر باشد دقت روش بیشتر است [۵]. در ادامه مناسبترین مدل تنوری به داده ها تجربی برارزش و با تعیین پارامترهای نیم پراش نگار مدل های کریجینگ مختلف در محیط ArcGIS10 ارزیابی و در نهایت نتایج مدل کریجینگ معمولی برای تخمین سرب و تهیه نقشه های مربوطه در این مقاله ارائه گردید.

نتایج و بحث

بر اساس آزمون ناپارامتری k-s (جدول ۱-۱) مشخص شد که توزیع مکانی عنصر سرب نرمال می باشد. پس از تهیه نیم پراش نگار تجربی عوامل مورد بررسی با استفاده از مدل های تنوری معمول انجام؛ و در نهایت مدل کروی به دلیل دارا بودن خطای RSS کمتر (شکل ۱-۱) نسبت به سایر مدلها انتخاب شد (جدول ۲-۲). همچنین بررسی ساختار مکانی بر اساس معیار $C/C_0 + C_0$ انجام و در صورتی که این نسبت بیشتر از ۰/۵ بود ساختار مکانی داده مناسب و در حالت کمتر از آن ساختار مکانی ضعیف تشخیص داده شد. که در مورد پارامتر مورد بررسی با میزان ۰/۶۹۸ داده ها ساختار مناسب ارزیابی که در جدول ۲ ارائه شده است. توانا و دهان زاده [۱۳۸۹] نیز طی تحقیقی به چنین نتایج دست یافته اند. همچنین نقشه پهنه بندی پراکنش توزیع مکانی عنصر سرب در حوضه بالخلی چای اردبیل با استفاده از روش کریجینگ معمولی و پارامترهای مدل کروی که در شکل ۲-۲ ترسیم شده است انجام گرفت. لیو و همکاران [۲۰۰۶] نیز در بررسی پهنه بندی سرب از روش کریجینگ معمولی و پارامتر مدل کروی استفاده و نتایج مشابهی بدست آورده اند. پهنه بندی عنصر سرب با روش کریجینگ معمولی مدل نمایی انجام گرفت. نتایج نشان داد که غلظت عناصر سرب در منطقه مورد مطالعه کمتر از حد مجاز بوده و به نظر می رسد آلودگی نسبت به این فلز در منطقه مورد مطالعه به دلیل کوهستانی بودن منطقه و عدم وجود کارخانجات صنعتی و کمتر بودن فعالیت های کشاورزی وجود ندارد.

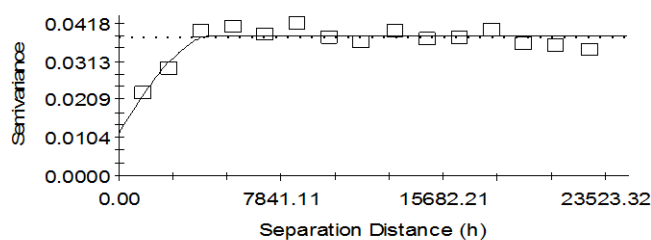
جدول ۱- خلاصه نتایج آماری

عناصر	میانگین	حداقل	حداکثر	انحراف معیار	چونگی	کشیدگی
سرب	۱/۳۰	۱/۰۲	۱/۹۶	۰/۱۹۵	۰/۳۴	-۰/۵۶

جدول ۲- پارامترهای محاسبه شده نیم پراش نگار

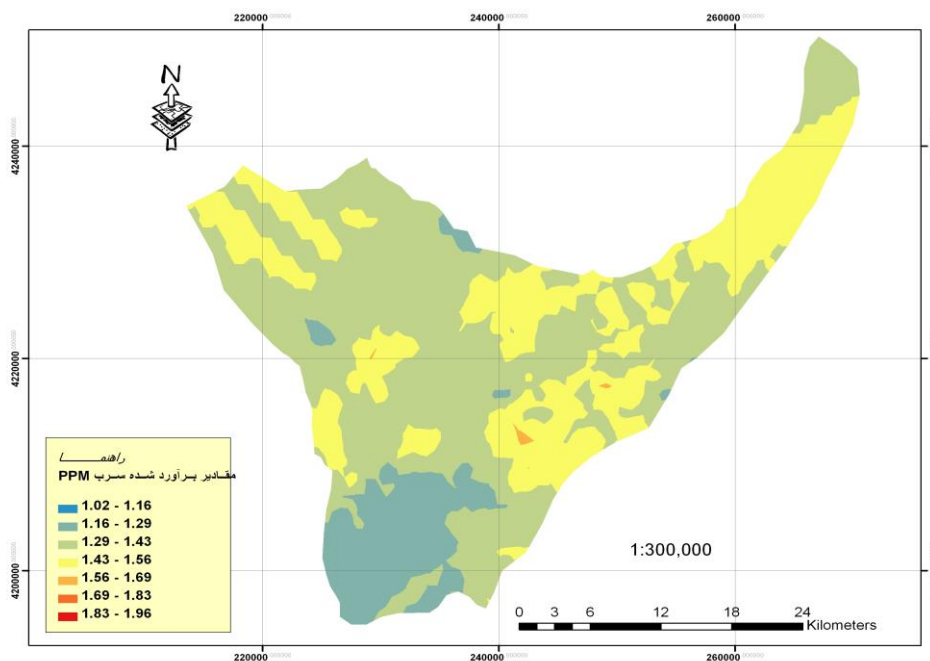
Rss	R2	C/Co+C	Sill Co +c	آستانه Ao	اثر قطعه ای Co	مدل واریوگرام
۰/۰۰۰۳۰۹۵	۰/۰۸۸	۰/۱۲۲	۰/۰۳۹۰۳۲	۲۲۷۱۴/۶۲	۰/۰۳۴۲۶۷	خطی
۰/۰۰۰۰۵۹۲	۰/۸۲۶	۰/۶۹۸	۰/۰۳۸۳۸	۴۵۲۰	۰/۰۱۱۵۹	کروی
۰/۰۰۰۰۷۶۸	۰/۷۷۵	۰/۸۹۶	۰/۰۳۸۴	۴۳۲۰	۰/۰۰۴	نمایی
۰/۰۰۰۰۶۲۶	۰/۸۱۶	۰/۵۶۶	۰/۰۳۸۴۲	۴۰۳۵/۶۷	۰/۰۱۷۰۶	گوسی

pb: Isotropic Variogram-non trans



Spherical model (Co = 0.01159; Co + C = 0.03838; Ao = 4520.00; r2 = 0.826;
RSS = 5.926E-05)

شکل ۱- نیم پراش نگار ویژگی سرب اندازه گیری شده در حوضه آبخیز بالخلی چای اردبیل



شکل ۲- نقشه توزیع غلظت سرب در حوضه آبخیز بالخلی چای اردبیل



منابع

- ۱- توانا، الف.، دهان زاده، پ. ۱۳۸۹. پیش بینی پراکنش مکانی آب های زیرزمینی دشت نیشابور با استفاده از تکنیک زمین آمار و GIS، فصلنامه مهندسی آب پیش شماره ۱. ص. ۴۹ تا ۳۵.
- ۲- خداکرمی، ل.، سفانیان، ع.، میرغفاری، ن.، افیونی، م.، گلشاهی، الف. ۱۳۹۰. پهنه بندی غلظت فلزات کروم، کبالت، نیکل در خانه های سه زیر حوزه آبخیز استان همدان با استفاده از فناوریهای GIS و زمین آمار، مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک، سال یازدهم، شماره ۵۸، ص ۲۴۳ تا ۲۵۴.
- ۳- عبداللهی، س.، دلاور، م. الف. و شکاری، پ. ۱۳۹۱. پهنه بندی توزیع مکانی سرب، روی و کادمیوم و ارزیابی خاک های منطقه انگوران، استان زنجان، نشریه آب و خاک، ج ۲۶، شماره ۶، ص ۱۳۹۱ تا ۱۴۱۰.
- ۴- نصرت پور، س.، اردلان، م.، فرج نیا. الف.، اسمعیلی عوری، الف. ۱۳۸۹، بررسی توزیع مکانی برخی عناصر غذایی و عوامل مؤثر بر حاصلخیزی خاک در اراضی شهرستان مراغه، با استفاده از GIS، پژوهش های آبخیزداری، شماره ۸۷، ص ۱۱ تا ۱۱.
- ۵- محمدی، ج. ۱۳۸۵. پرومتری آمار مکانی [ژئواستاتیک] جلد دوم، انتشارات پلک، ص ۴۵۲.
6. Biosson, J. A. Ruttens, M. Mench and J.Vangronsveld. 1999. Evaluation of hydroxyapatite as a metal immobilizing soil additive for the remediation of Polluted soils Part 1. Influence of hydroxyapatite on metal exchange ability in soil, plant growth and metal accumulation. Environmental Pollution, 104: 224-233.
7. Cambardella, C.A. Moorman, T.B., Novak, J.M, Parkin T.B., Karlen D.L., Turco R.F, and Konopk, A.E. 1994. Field-scale variability of soil properties in central law a soils. Soil Science Society of American Jurnal, vol.58, pp 1501-1511.
8. Liv X.M. Wuj. And Xuj. 2006. Characterizing the risk assessment of heavy metals and sampling uncertainty analysis in paddy filed by geostatistics and GIS. Environmental Pollution 141: 257-264.



استفاده از آنالیز تصویر در کمی سازی عوارض اکسید و احیا خاک

احمد حیدری^۱، علیرضا راهب^{۲*}

۱- دانشیار گروه مهندسی علوم خاک پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

۲- دانشجوی دکتری گروه مهندسی علوم خاک پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

مقدمه

میکرومورفولوژی یا شناخت میکروسکوپی خاک، استفاده از تکنیک‌های میکروسکوپی و اولترامیکروسکوپی برای تشخیص اجزای سازنده آن و تعیین رابطه‌های زمانی و مکانی آن‌ها می‌باشد (حیدری و صاحب جلال، ۲۰۱۱). از طرفی آنالیزهای کمی فابریک خاک بخش اساسی بسیاری از پژوهش‌های پدولوژیکی است و کلیدی را برای تفسیر موفق تکامل خاک برای استفاده و مدیریت آن فراهم می‌کند (آیدمیر و همکاران، ۲۰۰۴). تکنیک آنالیز تصویر در میکرومورفولوژی خاک جهت مطالعه و کمی کردن خصوصیات بسیار جدید بوده و به دهه‌های اخیر برمی‌گردد (راسا و همکاران، ۲۰۱۲).

بیشتر مطالعات انجام شده با استفاده از آنالیز تصویر در علوم خاک به تجزیه و تحلیل شکل، اندازه، جهت‌یافتگی و نحوه توزیع حفرات پرداخته‌اند (پروتز و همکاران، ۱۹۸۷؛ تامپسون و همکاران، ۱۹۹۲؛ گلب، ۲۰۰۷). اما در ارتباط با آنالیز تصویر خصوصیات ویژه خاک‌های دارای شرایط اکوتیک از جمله عوارض اکسید و احیا (انواع پوشش اکسیدهای آهن) در سراسر جهان مطالعات بسیار کمی در سال‌های اخیر انجام شده است. در اندک مطالعات انجام شده، اودونل و همکاران (۲۰۱۰ و ۲۰۱۱) عوارض اکسید و احیا خاک از جمله مرز، شکل، تعداد و میانگین سطح را با استفاده از تکنیک آنالیز تصاویر دیجیتال مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار دادند. به اعتقاد آن‌ها این روش امکان مطالعه و بررسی ارتباط بین خصوصیات پدولوژی و سایر علوم زمین را با دقت و صحت بیشتری فراهم آورده و خطاهای انسانی در کمی کردن خصوصیات ردوکسی مورفیک را کاهش می‌دهد. اولیایی (۲۰۱۱) نیز برای مطالعه خصوصیات میکرومورفولوژیکی اکسیدهای آهن و منگنز از آنالیز تصویر نمونه‌های دست نخورده خاک با میکروسکوپ دیجیتال Dino Lite با بزرگنمایی ۶۰ تا ۲۳۰ برابر و قدرت تفکیک ۱/۳ مگاپیکسل استفاده نمود.

مطالعه ساختار دست نخورده و طبیعی خاک با استفاده از تکنیک‌های میکروسکوپی و اولترامیکروسکوپی اطلاعات ارزشمندی را در مورد خصوصیات مختلف خاک و نحوه تشکیل خاک در اختیار می‌گذارد. با توجه به اهمیت آنالیز تصویر در تجزیه و تحلیل خصوصیات پیدایش خاک‌های تحت شرایط اکوتیک، از جمله اهداف این پژوهش می‌توان به قابلیت نرم افزار آنالیز تصویر AnalySIS در بررسی عوارض خاکساخت ناشی از شرایط اکوتیک و شناسایی کمی عوارض اکسید و احیا خاک اشاره نمود.

مواد و روشها

منطقه مورد مطالعه با وسعت حدود ۱۰ هکتار، در غرب شهرستان تنکابن و در ایستگاه تحقیقات برنج کشور واقع شده و بیش از ۳۰ سال است که تحت کشت غرقاب می‌باشد. به منظور مطالعه عوارض اکسید احیایی با استفاده از جعبه کوبینا نمونه‌های دست نخورده از دیواره پروفیل‌ها، مقاطع نازک تهیه شده و توسط میکروسکوپ پلاریزان Olympus (BX51) مورد بررسی قرار گرفتند. برای آنالیز تصاویر مربوط به تجمعات آهن (پوشش‌ها،



پوشش‌های زیر سطح و پوشش‌های در امتداد سطح) تعداد ۳ مقطع نازک (۱۷ تصویر) انتخاب و چهار تصویر از عوارض اکسید احیایی هر مقطع تهیه شده و مراحل زیر برای آنالیز نهایی بر روی آن‌ها صورت پذیرفت: ۱- تهیه تصاویر رقومی، فابندی و مساحت یابی عوارض اکسید احیایی از مقاطع دست نخورده قبل از اعمال تیمارهای مربوط به حذف ترکیبات آهن (شاهد) ۲- حذف ترکیبات آهن بی‌شکل با تکان دادن مقاطع نازک در اگزالات آمونیوم در تاریکی (مرحله اول اگزالات)، ۳- ادامه حذف ترکیبات آهن بی‌شکل با تکان دادن مقاطع نازک در اگزالات آمونیوم در تاریکی (مرحله دوم اگزالات)، ۴- حذف ترکیبات آهن آزاد از مقاطع با تیمار در محلول سیترات‌دی‌تیونات. پس از انجام هر مرحله تصویربرداری و مطالعه صورت پذیرفت و با توجه به نتایج آنالیز تصویر، مقادیر اشکال مختلف آهن با استفاده از رابطه‌های زیر تخمین زده شد.

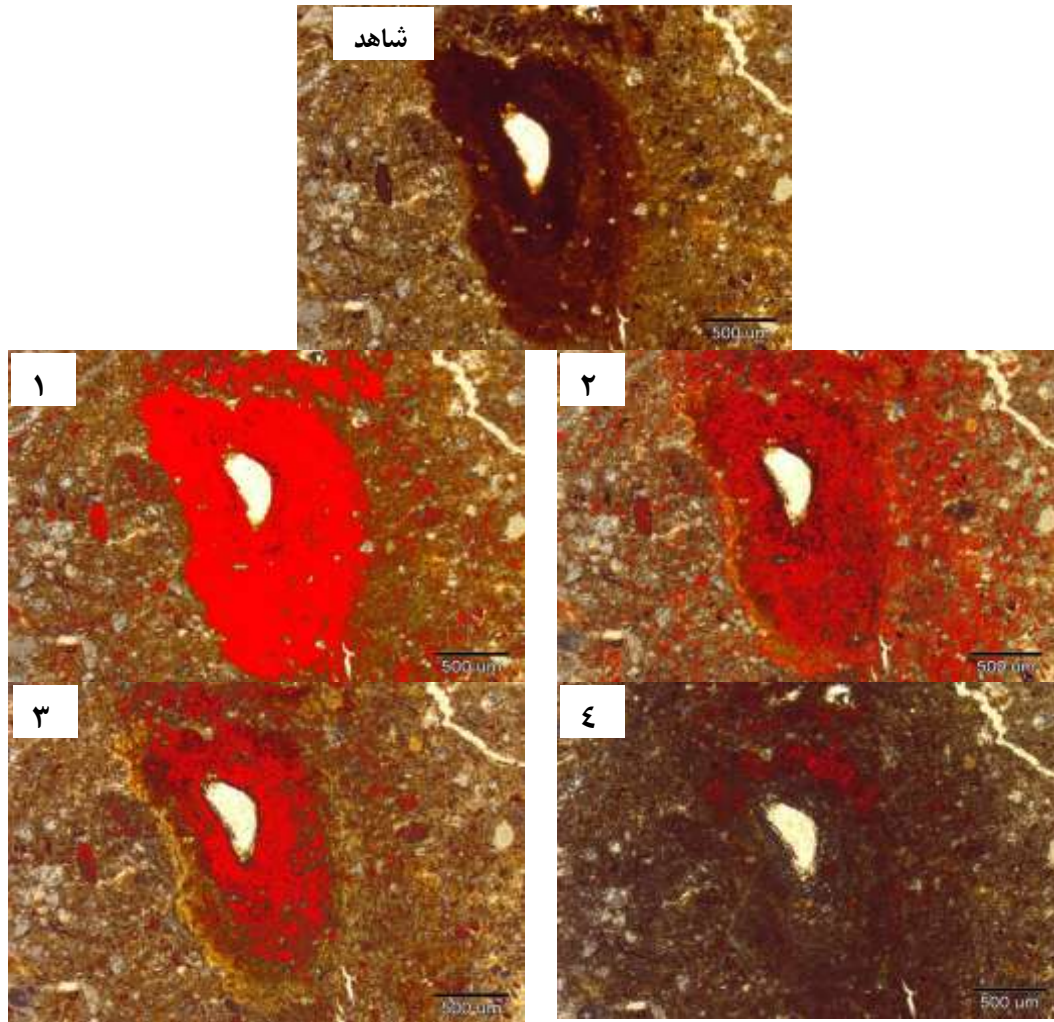
[۱]: درصد آهن تخمین زده شده در مرحله اول = Fe_1 .

[۲]: درصد Fe تخمین زده شده از مرحله سوم - درصد Fe به دست آمده از مرحله اول = Fe_0 .

[۳]: درصد Fe در مرحله چهارم - درصد Fe در مرحله سوم = Fe_4 .

نتایج و بحث

اکسیدهای آهن جزء عوارض پدولوژیکی بی‌شکل می‌باشند که در نور پلاریزه صفحه‌ای بی‌شکل و در نور پلاریزه متقاطع ایزوتروپ می‌باشند و از مواد آلی یا معدنی بی‌شکل یا ریز بلورین تشکیل شده‌اند (استوپس و همکاران، ۲۰۱۰). از طرفی این پوشش‌ها و سخت دانه‌های آهن از زهکشی ضعیف و فراهمی آب در برخی اوقات سال و در نتیجه شرایط بی‌هوای ناشی می‌شوند. این عوارض پدولوژیکی در دامنه وسیعی از خاک‌ها یافت شده و از ترکیبات بسیار فعال در خاک به شمار می‌روند و نسبت به تغییر شرایط محیطی بسیار حساس بوده و اغلب در طول شکافها یا حفرات حرکت نموده و بر روی خاکدانه‌ها رسوب می‌نمایند (مک کنزی، ۱۹۸۹). راهب (۲۰۱۱) در مطالعه میکرومورفولوژیک مقاطع نازک برخی خاک‌های شالیزاری شهرستان تنکابن، وجود فرم‌های مختلف اکسیدهای آهن نظیر پوشش، پوشش زیرسطحی و در امتداد سطح، پوشش کفه نازک، گرهک-های مجتمع و هسته‌دار در اطراف حفرات، ذرات، در امتداد ریشه و در متن خاک را گزارش نمودند. با استفاده از رابطه‌ها (رابطه‌های ۱، ۲ و ۳) اشاره شده در بخش مواد و روش‌ها مقادیر اشکال مختلف آهن در مقاطع نازک آنالیز شده برآورد گردید. از نتایج آنالیز تصویر خصوصیات ردوکسی مورفیک می‌توان به وجود مرزهای پخشیده ترکیبات در نمونه‌های شالیزاری (شکل ۱) اشاره نمود که بیانگر متناوب بودن شرایط اکسید و احیاء در اراضی زیر کشت برنج می‌باشد.



شکل ۱- آنالیز تصویر خصوصیات ردوکسی مورفیک مقاطع نازک افق Bg1- مراحل چهارگانه اعمال تیمارهای حذف ترکیبات آهن

جدول ۱- تغییرات درصد آهن با اعمال تیمارهای مختلف حذف با استفاده از آنالیز تصویر شکل ۱

مراحل حذف	۴	۳	۲	۱	درصد آهن برآورد شده
	۱/۳۵	۹/۵۶	۲۲/۶۵	۳۱/۳	

نتایج آنالیز تصویر اشکال مختلف آهن برآورد شده با استفاده از آنالیز تصویر (جدول ۳) با برآورد حاصل از نتایج شیمیایی متفاوت خواهد بود و کمتر بودن مقادیر آهن قابل استخراج با سیترات دی تیونات نسبت به مقدار آهن آمورف گویای آن می باشد. به علت عدم تبلور آهن آمورف، نرم افزار مربوطه در تشخیص رنگ نارنجی تا قرمز کم رنگ این فرم (که نشان از ثبات کم در زمان تشکیل دارد)، دچار اشتباه می گردد که نتیجه آن تفاوت مقداری این شکل از آهن در روش آنالیز تصویر خواهد بود. از طرف دیگر پوشش آهن در متن خاک که به نوعی بیانگر آهن بی شکل قابل استخراج با اگزالات می باشد، دارای تراکم کمتری بوده و دارای مرز پخشیده می باشد، در حالیکه پوشش های زیر سطحی و در امتداد سطح آهن که اشاره به ترکیبات بلورین آهن دارد، دارای مرز تفکیک شده و واضحی بوده و فازبندی و مساحت یابی عوارض اکسید احیایی از مقاطع دست نخورده با دقت بیشتری توسط نرم افزار صورت می گیرد.



جدول ۲- نتایج کمی آنالیز تصاویر میکرومورفولوژی اشکال مختلف آهن در تیمارهای مختلف

درصد آهن برآورد شده در مقاطع نازک				شماره عکس	افق (عمق cm)
مرحله نهایی Fe _d	مرحله دوم Fe _o	مرحله اول Fe _o	مقطع اولیه		
۰/۲	۳/۶۱	۷/۳۵	۱۰/۰۷	۱	Btg ₂ (۷۵-۸۵)
۴/۱۳	۲۱/۵۹	۲۳/۴۵	۲۶/۲۹	۲	
۱۲/۱۳	۱۸/۷۲	۲۴/۷۸	۲۸/۹۷	۳	
۳/۰۹	۶/۷۹	۷/۳۷	۱۰/۰۹	۴	
۰/۵۷	۲/۸۵	۲/۹۵	۵/۴	۵	
۵/۴۳	۱۱/۲۴	۱۸/۰۹	۲۲/۵۱	۶	۳Bg ₂ (۸۵-۹۵)
۲/۳۷	۶/۶۸	۱۲/۴۸	۱۶/۵۵	۷	
۱/۱۶	۱/۵۸	۴/۸۹	۱۳/۲۶	۸	
۰/۳۱	۱/۰۱	۶/۸۹	۱۴/۷۸	۹	
۰/۰۳	۰/۳۸	۲/۵۸	۱۰/۴۲	۱۰	
۱/۵۸	۶/۸۲	۱۰/۱۹	۴۱/۴۱	۱۱	Bg ₁ (۱۵-۲۲)
۰/۶۹	۱/۲۷	۴/۶	۱۳/۳۳	۱۲	
۱/۱۵	۴/۰۳	۱۰/۳۳	۲۴/۵۵	۱۳	
۱/۳۵	۹/۵۶	۲۲/۶۵	۳۱/۳	۱۴	
۰/۸۴	۴/۰۱	۱۰/۵۴	۱۸/۵۹	۱۵	
۱۰/۱	۱۹/۳	۲۱/۷۴	۴۰/۱۹	۱۶	
۱/۷۷	۷/۱۶	۱۴/۳۶	۲۵/۴۵	۱۷	

جدول ۳- مقایسه نتایج حاصل از آنالیز شیمیایی و آنالیز تصویر اشکال مختلف آهن در مقاطع منتخب

نتایج آنالیز تصویر (%)			افق
Fe _t	Fe _d	Fe _o	
۱۶/۱۶	۶/۶۹	۴/۴۵	Btg ₁
۱۵/۵	۲/۳۲	۱۱/۳۲	۳Bg ₂
۲۷/۸	۴/۰۶	۲۰/۳۵	Bg ₁

منابع

- حیدری، ا. و صاحب جلال، ا.، ۱۳۹۰. میکرومورفولوژی خاک، راهنمای مطالعه و تشریح مقاطع نازک خاک و رسوب (ترجمه). انتشارات دانشگاه تهران، ۲۷۸ ص.
- راهب، ع.ر. و حیدری، ا.، ۱۳۹۰. بررسی ویژگی‌های متاثر از تغییر کاربری شالیزار به کیوی‌کاری در برخی خاک‌های شهرستان تنکابن، شمال ایران. مجله علمی-پژوهشی مدیریت خاک و تولید پایدار دانشگاه گرگان، شماره ۲ (۲)، ۲۵-۱.
- O'Donnell T, Goyné KW, Miles RJ, Baffaut C, Anderson SH, and Sudduth KA. 2010. Identification and quantification of soil redoximorphic features by digital image processing. *Geoderma*.157: 86-96.
- O'Donnell T, Goyné KW, Miles RJ, Baffaut C, Anderson SH, and Sudduth KA. 2011. Determination of representative elementary areas for soil redoximorphic features identified by digital image processing. *Geoderma*.161: 138-146.



مقایسه تبخیر و تعرق مرجع منطقه‌ای در مدل‌های SEBAL و METRIC به کمک اطلاعات سنجنده ETM+ (SLC-ON) نسبت به مدل‌های ریاضی تبخیر و تعرق در دشت شهر کرد

- علی مرشدی^۱، سید حسن طباطبائی^۲، مهدی نادری^۳ و جهانگرد محمدی^۴
- ۱- استادیار پژوهش، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی شهر کرد،
 - ۲- دانشیار دانشگاه شهر کرد
 - ۳- استادیار دانشگاه شهر کرد
 - ۴- دانشیار دانشگاه شهر کرد

مقدمه

معادله [۱] توازن انرژی برای یک سطح تبخیر را نشان می‌دهد:

$$R_n = \lambda ET - G - H \quad [1]$$

در این معادله R_n شار تابش ورودی خالص به سطح مورد نظر (W/m^2)، H شار گرمای محسوس (W/m^2)، G شار گرمای خاک (W/m^2) و λET شار گرمای نهان تبخیر (W/m^2) می‌باشند (آلن و همکاران، ۱۹۹۸).

برای برقراری موازنه انرژی باید کل شارهای انرژی ارایه شده در معادله [۱] برآورد شوند. تشعشع خالص سطح (R_n) نماینده کل انرژی گرمایی در سطح زمین می‌باشد و از طریق معادله [۲] برآورد می‌گردد:

$$R_n = (1-\alpha)R_{S\downarrow} + R_{L\downarrow} - R_{L\uparrow} - (1-\varepsilon_0)R_{L\downarrow} \quad [2]$$

α ضریب بازتاب سطح، $R_{S\downarrow}$ تابش خورشیدی ورودی به سطح زمین در محدوده موج کوتاه (W/m^2)، $R_{L\downarrow}$ تابش خورشیدی ورودی موج بلند (W/m^2) و $R_{L\uparrow}$ تابش خورشیدی خروجی موج بلند (W/m^2) می‌باشند. شکل‌های ۱ و ۲ نیز نحوه محاسبه شار تابش خالص و شار گرمای محسوس را نشان می‌دهند (واترز و همکاران، ۲۰۰۲).

مدل^۱ SEBAL برای برآورد ET با استفاده از حداقل اندازه‌گیری توسط ادوات زمینی ارائه شد. این مدل برای برآورد ET در مقیاس مزرعه‌ای (میدانی) و هم در مقیاس حوضه آبخیز در شرایط اقلیمی متنوعی در بیش از ۳۰ کشور جهان، با دقت حدود ۸۵ درصد در مقیاس مزرعه‌ای و ۹۵ درصد در مقیاس روزانه و فصلی آزمون شده است (باستیانسن و همکاران، ۲۰۰۵). با توجه به محدودیت‌های مدل SEBAL در پهنه‌بندی منطقه‌ای ET در سطوح دارای پیچیدگی‌های بیشتر (توپوگرافی متنوع)، آلن و همکاران (۲۰۰۷) دستاوردهای مدل SEBAL را گسترش داده و آن را مدل^۲ METRIC نامیدند. مدل‌های مزبور مقدار ET را بر اساس داده‌های طیفی در محدوده مرئی، مادون قرمز نزدیک و مادون قرمز حرارتی و برخی پارامترهای هواشناسی نظیر سرعت باد، دمای هوا، دمای نقطه شبنم و ساعات آفتابی تخمین می‌زنند.

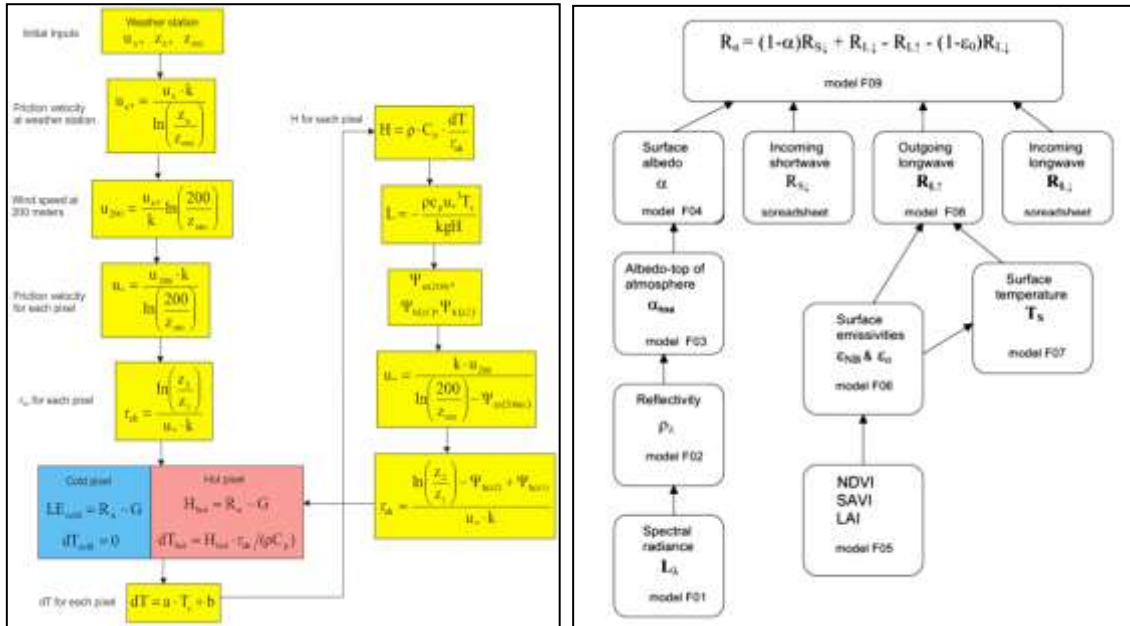
این مدل‌ها در ایران توسط مختاری (۲۰۰۵) در حوضه آبخیز برخوار (شرق اصفهان) با استفاده از تصاویر ماهواره‌های MODIS و ASTER، محسنی ساروی و همکاران (۱۳۸۹) در حوضه آبخیز طالقان با استفاده از تصاویر MODIS و ثنائی‌نژاد و همکاران (۱۳۹۰) با استفاده از تصاویر MODIS در حوضه آبخیز مشهد مناسب تشخیص داده شده‌اند. در پژوهش‌های مذکور در همه موارد به مدل مورد استفاده SEBAL اطلاق شده است، اگرچه، توسط مباحثی و همکاران (۱۳۸۴) مدل METRIC، سبال آیداهو نامیده شده است.

¹ Surface Energy Balance Algorithm for Land, SEBAL

² Mapping Evapotranspiration at high Resolution with Internalized Calibration, METRIC



هدف این تحقیق، مقایسه مدل‌های SEBAL و METRIC برای برآورد تبخیر و تعرق مرجع منطقه‌ای در دشت مرتفع شهرکرد با استفاده از داده‌های سنجش از دور در دو تاریخ گذر ماهواره لندست ۷ و ارزیابی نتایج آن با برخی مدل‌های تجربی و ترکیبی برآورد ET می‌باشد.



شکل ۲- نحوه‌ی محاسبه شار گرمای محسوس

شکل ۱- نحوه‌ی محاسبه شار تابش خالص خورشیدی

مواد و روش‌ها

جمع‌آوری داده‌های هواشناسی از ایستگاه هواشناسی سینوپتیک فرودگاه شهرکرد واقع در مرکز دشت به ارتفاع ۲۰۴۸ متر با موقعیت طول جغرافیایی ۵۰ درجه و ۵۱ دقیقه شمالی و عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۱۷ دقیقه شرقی صورت گرفت. پارامترهای هواشناسی ذکر شده در روزهای گذر ماهواره از اندازه‌گیری‌های ثبت‌شده در فواصل زمانی ۳ ساعته تهیه و به روش ارائه شده توسط واترز و همکاران (۲۰۰۲) برای لحظه گذر ماهواره میان‌یابی شد. محاسبات مربوط به برآورد ET به روش‌های متداول (تجربی و ترکیبی) توسط نرم‌افزار REF-ET (آلن، ۲۰۰۶) برای مدل‌های پن-من-مانتیت استاندارد شده به روش انجمن مهندسين عمران امریکا (ASCE-stPM)، پن-من-مانتیت به روش انجمن مهندسين عمران امریکا (ASCE-PM)، پن-من-مانتیت به روش نشریه فائو ۵۶ (F56PM)، پن-من به روش نشریه فائو ۵۶ (F24Pn)، بلانی-کریدل به روش نشریه فائو ۵۶ (F24BC)، تشعشع به روش نشریه فائو ۵۶ (F24Rad)، پریستلی-تیلور (PT)، هارگریوز-سامانی (HS)، و تورک (Turc) انجام شد (ASCE-EWRI، ۲۰۰۵؛ آلن و همکاران، ۱۹۹۸).

اطلاعات سنجش از دور شامل دو سری تصاویر سنجنده (SLC-ON) ETM+ ماهواره‌ی لندست ۷ اخذ شده در تاریخ‌های ۳۰ ژوئن و اول آگوست ۱۹۹۹ میلادی (به ترتیب برابر با ۹ تیر و ۱۰ مرداد ۱۳۷۸) می‌باشند. تصحیحات هندسی و رادیومتریک تصاویر توسط سازمان هوا-فضای ملی امریکا (NASA) انجام شده است. قدرت تفکیک مکانی تصاویر ۳۰ متر برای باندهای مرئی و مادون قرمز و ۶۰ متر برای باند مادون قرمز حرارتی می‌باشد.



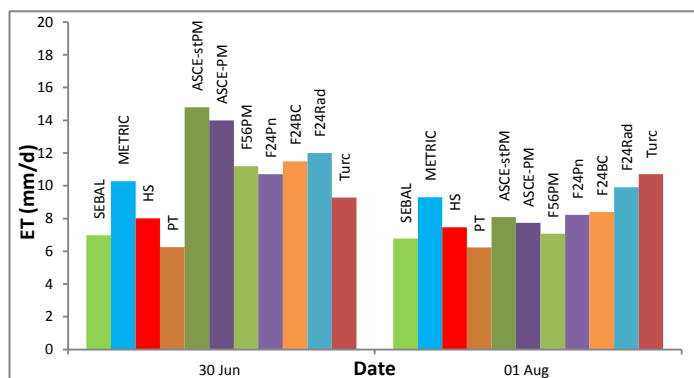
نتایج و بحث

آمار و اطلاعات هواشناسی موجود در جدول ۱ مربوط به روزهای گذر ماهواره بر فراز منطقه مورد بررسی را نشان می‌دهد. بر اساس داده‌های موجود در جدول ۱ مشاهده می‌شود در تاریخ ۳۰ ژوئن (برابر با ۹ تیر ۱۳۷۸) دمای حداکثر و حداقل هوا و به خصوص سرعت باد از مقدار بیشتری نسبت به همین داده‌ها در اول آگوست همان سال (۱۰ مرداد ۱۳۷۸) برخوردار می‌باشد و از سوی دیگر مقدار رطوبت هوا در روز ۳۰ ژوئن کمتر از درصد رطوبت هوا در روز اول آگوست می‌باشد. بدین ترتیب برآورد ET در مدل‌هایی که بیشتر تحت تأثیر سرعت باد قرار می‌گیرند (مانند مدل‌های متداول مشتق شده از پن‌من اولیه) تفاوت بیشتری با برآورد ET توسط مدل‌های مذکور در تاریخ اول آگوست نشان می‌دهد (شکل ۳).

مقادیر تبخیر و تعرق در پیکسل‌های سرد در هر دو تاریخ گذر به منظور مقایسه با سایر مدل‌های برآورد ET در شکل ۳ در کنار یکدیگر قرار گرفته‌اند. نتایج نشان می‌دهد که در اولین و دومین تاریخ گذر مقدار ET محاسبه شده در پیکسل‌های معیار (سرد) در روش سبال (به ترتیب برابر با ۶/۹۷ و ۶/۷۷ میلی‌متر در روز) و در روش متریک (به ترتیب برابر با ۱۰/۲۷ و ۹/۳۱ میلی‌متر در روز) بوده است. برای مدل هارگریوز-سامانی (HS) به عنوان مدل مناسب منطقه (مرشدی، ۱۳۹۱؛ زارع ایبانه و همکاران، ۱۳۸۹) مقادیر ET در تاریخ‌های گذر به ترتیب برابر با ۸/۰ و ۷/۵ میلی‌متر در روز بدست آمده است. مقادیر ET مربوط به مدل سبال در هر دو تاریخ گذر کمتر از مدل HS بوده و برای مدل متریک در هر دو تاریخ گذر بیشتر از مدل HS بدست آمده است، اما مشاهده می‌گردد که برآوردهای مدل سبال نسبت به برآوردهای مدل متریک، به نتایج مدل HS نزدیک‌تر بوده و از اختلاف کمتری برخوردار می‌باشد (شکل ۳).

جدول ۱- آمار هواشناسی مربوط به تاریخ گذر ماهواره لندست ۷ بر فراز منطقه مورد مطالعه

تاریخ گذر	روز از سال	ساعت	T _{dry_inst}	T _{wet_inst}	Wind	Air Pressure	T _{dew}	RH	T _{max_Daily}	T _{min_daily}	n/N
			°C	°C		m/s	mbar	°C	%	°C	
۳۰ ژوئن	۱۸۱	۰۹:۳۰	۲۹/۰	۱۳/۸	۰/۰	۷۹۴	-۲/۲	۱۳	۳۳/۲	۱۲/۶	۰/۸۹۲
		۱۲:۳۰	۳۲/۲	۱۴/۰	۶/۱۷	۷۹۴	-۹/۸	۶			
۰۱ آگوست	۲۱۳	۰۹:۳۰	۲۵/۶	۱۲/۸	۰/۰	۷۹۶	-۱/۹	۱۶	۳۲/۰	۱۱/۰	۰/۹۳۳
		۱۲:۳۰	۳۰/۴	۱۴/۴	۲/۰۶	۷۹۵	-۳/۲	۱۱			



شکل ۳- مقایسه مقادیر تبخیر و تعرق محاسبه شده در مدل‌های سبال و متریک با برخی مدل‌های ریاضی در زمان گذر ماهواره



منابع

- ثنائی نژاد، س. ح.، نوری س.، و هاشمی نیا س. م. ۱۳۹۰. برآورد تبخیر و تعرق واقعی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای در منطقه مشهد. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی). جلد ۲۵، شماره ۳. ص ۵۴۷-۵۴۰.
- زارع ابیانه، ح.، بیات ورکشی م.، سبزی پرور ع. ا.، معروفی ص.، و قاسمی ع. ۱۳۸۹. ارزیابی روش‌های مختلف برآورد تبخیر تعرق گیاه مرجع و پهنه‌بندی آن در ایران. پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، شماره ۷۴، ص ۹۵-۱۱۰.
- مباشری، م.، خاوریان ح.، ضیائی پ.، و کمالی غ. ع. ۱۳۸۴. برآورد تبخیر و تعرق واقعی با استفاده از تصاویر MODIS و الگوریتم سبال. همایش ژئوماتیک.
- محسنی ساروی، م.، احمدی ح. و نصرتی ک. ۱۳۸۹. کاربرد مدل SEBAL در برآورد تبخیر و تعرق در حوضه آبخیز طالقان. اولین کنفرانس بین‌المللی مدل‌سازی گیاه، آب، خاک و هوا. مرکز بین‌المللی علوم و تکنولوژی پیشرفته و علوم محیطی. دانشگاه شهید باهنر کرمان.
- مرشدی، ع. ۱۳۹۱. تخمین و پهنه‌بندی میزان تبخیر و تعرق واقعی با استفاده از داده‌های سنجنش از دور در دشت شهرکرد. پایان نامه‌ی دکتری رشته‌ی خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد، ایران.
- Akbari M, Toomanian N, Droogers P, Bastiaanssen W and Gieske A. 2007. Monitoring irrigation performance in Esfahan, Iran, using NOAA satellite imagery. *Agricultural water management*, 88, 99-109.
- Allen RG. 2006. REF-ET: Reference evapotranspiration calculation software for FAO and ASCE standardized equations. University of Idaho. USA.
- Allen RG, Pereira LS, Raes D and Smith M. 1998. Crop evapotranspiration Guidelines for computing crop water requirements, FAO Irrigation and Drainage Paper 5627-65.
- Allen RG, Tasumi M and Trezza R. 2007. Satellite-based energy balance for mapping evapotranspiration with internalized calibration (METRIC)-model. *J. Irrig. Drain. E.* 133, 380-394.
- ASCE-EWRI. 2005. The ASCE standardized reference evapotranspiration equation. Task Comm. Report, In: Allen RG, Walter IA, Elliott RL, Howell TA, Itenfisu D, Jensen ME and Snyder RL. (Eds) American Society of Civil Engineers, 69 p. ASCE Bookstore, ISBN: 078440805, Stock Number 40805; 216.
- Bastiaanssen W, Menenti GMM, Feddes RA and Holtslag AAM. 1998a. A remote sensing surface energy balance algorithm for land (SEBAL): 1. Formulation. *J. Hydrol.* 212-213, 198-212.
- Bastiaanssen WGM, Pelgrum H, Wang J, Ma Y, Moreno JF, Roerink GF and van der WT. 1998b. A Surface Energy Balance Algorithm for Land (SEBAL): Part 2 validation. *J. Hydrol.*, 212-213, 213-229.
- Bastiaanssen WGM, Noordman EJM, Pelgrum H, Davids G, Thoreson BP and Allen R. G. 2005. SEBAL model with remotely sensed data to improve water-resources management under actual field conditions. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 131, 85-93.
- Mokhtari MH. 2005. Agricultural drought impact using remote sensing. Ms. C. Diss., ITC. The Netherlands.
- Waters R, Allen RG, Tasumi M, Trezza M and Bastiaanssen W. 2002. Surface Energy Balance Algorithms for Land, Advanced Training and User's Manual. NASA EOSDIS/Synergy grant from the Raytheon Company through The Idaho Department of Water Resources.



مقایسه تبخیر و تعرق مرجع منطقه‌ای در مدل‌های SEBAL و METRIC به کمک اطلاعات سنجنده ETM+ (SLC-OFF) نسبت به نتایج لایسیمتری در دشت شهر کرد

علی مرشدی^۱، مهدی نادری^۲، سید حسن طباطبائی^۳ و جهانگرد محمدی^۴

۱- استادیار پژوهش، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی شهر کرد

۲- استادیار دانشگاه شهر کرد

۳- دانشیار دانشگاه شهر کرد

۴- دانشیار دانشگاه شهر کرد

مقدمه

ماهواره‌های Landsat یکی از منابع منحصر به فرد جمع‌آوری اطلاعات کاربردی در مطالعه تغییرات در کشاورزی، زمین‌شناسی، جنگل‌بانی، برنامه‌ریزی شهری، آموزشی و امنیت ملی می‌باشند. اولین مدل از این ماهواره‌ها در سال ۱۹۷۲ پرتاب شده و در مجموع ۷ نسل از این ماهواره‌ها تاکنون در مدار قرار گرفته‌اند. جدیدترین آنها Landsat 7 بوده که در ۱۵ آوریل ۱۹۹۹ به فضا پرتاب گردیده است. (مباشری، ۱۳۸۹). در تاریخ ۳۱ ماه می سال ۲۰۰۳ در ماهواره لندست ۷، وسیله‌ای که وظیفه‌ی تصحیح‌کنندگی خط پوشش (SLC^۱) را بر عهده داشت، دچار اشکال شد (SLC-OFF) و در نهایت از کار افتاد. بر اثر این اشکال، خطوط پوشش به طور متناوب بر روی یکدیگر افتاده و لذا از میانه تصویر به طرف لبه‌ها شکاف‌هایی فاقد اطلاعات دیده می‌شود، به عبارتی داده‌های این محدوده یعنی حدود ۲۲ درصد داده‌ها از دست رفته هستند (مباشری، ۱۳۸۹). پس از بروز اشکال در پوششگر ETM+ گروه مسئول لندست ۷، الگوریتم‌های خود را به گونه‌ای اصلاح کرده‌اند که قادر به ادامه تولید داده‌های ETM+ بدون حضور SLC نیز باشند (USGS، ۲۰۰۴). روش‌های دیگری مانند تخمین گر پیکسل‌های مشابه همسایه (NSPI^۲) روش‌های زمین آماری و یا جایگزینی پیکسل‌های مفقود شده با استفاده از داده‌های سایر ماهواره‌ها مانند MODIS پیشنهاد و توصیه شده است (مباشری، ۱۳۸۹). از طرفی پیشرفت‌های اخیر در مدل‌های برآورد تبخیر و تعرق (ET) از طریق سنجش از دور مانند مدل‌های سبال (باستینسن، ۱۹۹۸) و متریک (آلن و همکاران، ۲۰۰۷) که برای برآورد ET با استفاده از حداقل داده‌های اندازه‌گیری شده توسط ادوات زمینی ارائه شده، تخمین مقدار ET و K_c را در اراضی بزرگ و نواحی گسترده‌ی کشت (مقیاس منطقه‌ای) امکان‌پذیر می‌سازد. مدل SEBAL^۳ برای برآورد ET با استفاده از حداقل اندازه‌گیری توسط ادوات زمینی ارائه شد. با توجه به محدودیت‌های مدل SEBAL در پهنه‌بندی منطقه‌ای ET در سطوح دارای پیچیدگی‌های بیشتر (توپوگرافی متنوع)، آلن و همکاران (۲۰۰۷) دستاوردهای مدل SEBAL را گسترش داده و آن را مدل METRIC^۴ نامیدند. مدل‌های مزبور مقدار ET را بر اساس داده‌های طیفی در محدوده مرئی، مادون قرمز نزدیک و مادون قرمز حرارتی و برخی پارامترهای هواشناسی نظیر سرعت باد، دمای هوا، دمای نقطه شبنم و ساعات آفتابی تخمین می‌زند.

¹ Scan Line Corrector

² Neighborhood Similar Pixel Interpolator

³ Surface Energy Balance Algorithm for Land, SEBAL

⁴ Mapping Evapotranspiration at high Resolution with Internalized Calibration, METRIC



معادله [۱] توازن انرژی برای یک سطح تبخیر را نشان می‌دهد:

$$R_n = \lambda ET - G - H \quad [1]$$

در این معادله R_n شار تابش ورودی خالص به سطح مورد نظر (W/m^2)، H شار گرمای محسوس (W/m^2)، G شار گرمای خاک (W/m^2) و λET شار گرمای نهان تبخیر (W/m^2) می‌باشند (آلن و همکاران، ۱۹۹۸).

برای برقراری موازنه انرژی باید کل شارهای انرژی ارایه شده در معادله [۱] برآورد شوند. تشعشع خالص سطح (R_n) نماینده کل انرژی گرمایی در سطح زمین می‌باشد و از طریق معادله [۲] برآورد می‌گردد:

$$R_n = (1-\alpha)R_{S\downarrow} + R_{L\downarrow} - R_{L\uparrow} - (1-\varepsilon_0)R_{L\downarrow} \quad [2]$$

α ضریب بازتاب سطح، $R_{S\downarrow}$ تابش خورشیدی ورودی به سطح زمین در محدوده موج کوتاه (W/m^2)، $R_{L\downarrow}$ تابش خورشیدی ورودی موج بلند (W/m^2)، و $R_{L\uparrow}$ تابش خورشیدی خروجی موج بلند (W/m^2) می‌باشند (واترز و همکاران، ۲۰۰۲). این مدل‌ها در ایران توسط مختاری (۲۰۰۵)، محسنی ساروی و همکاران (۱۳۸۹)، ثنائی نژاد و همکاران (۱۳۹۰) و مباشری و همکاران (۱۳۸۴) مناسب تشخیص داده شده‌اند.

هدف این تحقیق، مقایسه مدل‌های SEBAL و METRIC برای برآورد تبخیر و تعرق مرجع منطقه‌ای در دشت مرتفع شهرکرد با استفاده از داده‌های سنجش از دور در هفت تاریخ گذر ماهواره لندست ۷ و ارزیابی نتایج آن با نتایج لایسیمتری می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این مطالعه با استفاده از داده‌های یک لایسیمتر زهکش دار کشت شده با یونجه به اضافه اطلاعات و آمار هواشناسی در یک دوره زمانی شش ماهه حاصل از یک سامانه خودکار تحقیقات هواشناسی کشاورزی فرخسهر در استان چهارمحال و بختیاری با عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۱۷ دقیقه شمالی و طول ۵۰ درجه و ۵۶ دقیقه شرقی و ارتفاع ۲۰۶۶ متر از سطح دریا انجام شد. لایسیمتر مورد استفاده به عمق ۱/۸ متر و قطر ۳ متر در وسط قطعه زمینی به ابعاد ۲۵ × ۴۰ متر (۱۰۰۰ متر مربع) واقع در ایستگاه تحقیقات کشاورزی چهارتخته با وسعت ۱۵ هکتار و احاطه شده از محصولات مختلف زراعی، به عنوان بخشی از دشت شهرکرد قرار داشت. اندازه‌گیری رطوبت خاک در لایه‌های ۱۰ سانتیمتری تا عمق ۱۸۰ سانتیمتر بوسیله نوترون‌متر (مدل CPN503-DR) و جبران کاهش رطوبت نسبت به ظرفیت زراعی انجام شد. اطراف لایسیمتر پوشیده از گیاه یونجه بوده که به طور هفتگی به صورت نواری آبیاری شد.

داده‌های هواشناسی مورد نیاز در یک دوره ۱۸۵ روزه (اول اردیبهشت تا پایان مهر ۱۳۹۰) شامل رطوبت نسبی حداقل و حداکثر (RH_{min} و RH_{max})، دمای حداکثر و حداقل هوا (T_{min} و T_{max})، سرعت باد (U_2)، مقدار بارش، مقدار تبخیر، ساعات آفتابی، فشار هوا، نقطه شبنم، و تابش خورشیدی (R_s) از ایستگاه هواشناسی واقع در مرکز به صورت شش ساعتی تهیه و به روزانه تبدیل شد.

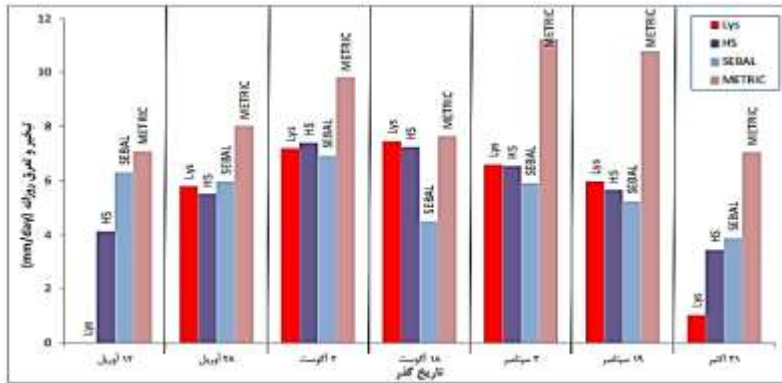
برآوردهای مدل‌های سبال و متریک در هفت تاریخ گذر ماهواره لندست ۷ برای مقایسه با نتایج لایسیمتر به همراه تبخیر و تعرق مرجع از مدل هارگریوز-سامانی (HS) به عنوان مدل مناسب منطقه استفاده



شد. در این مطالعه از روش Focal Analysis موجود در نرم‌افزار 2010 ERDAS IMAGINE که عملکردی مشابه روش NSPI دارد، برای تخمین پیکسل‌های از دست رفته استفاده شده است.

نتایج و بحث

نتایج این پژوهش نشان می‌دهد مدل سبال هم در بازه زمانی روزانه و هم در بازه زمانی ماهانه دارای دقت عمل و عملکرد بهتری نسبت به مدل متریک بوده است. به منظور مقایسه مقادیر ET مدل‌ها در روزهای گذر ماهواره لندست ۷ در شکل ۱ ارائه شده‌اند. بخوبی مشهود است مدل سبال نسبت به مدل متریک از مقادیر کمتری برخوردار بوده و بالطبع به نتایج لایسیمتری و مدل مناسب منطقه یعنی مدل HS نزدیک‌تر می‌باشد.



شکل ۱- مقایسه تبخیر و تعرق در مدل‌های مختلف

مدل‌ها با توجه به شاخص‌های آماری NRMSE، MAE، MBE و d مقایسه شدند (جدول ۱). بر اساس نتایج این جدول کمترین (بهترین) شاخص NRMSE در مدل‌های برآورد ET به روش سنجش از دور نسبت به لایسیمتر و HS مربوط به مدل SEBAL بوده است. به طور مثال مقدار NRMSE برای مدل SEBAL به ترتیب ۰/۳۱۷ و ۰/۲۵۴ به ترتیب نسبت به داده‌های لایسیمتری و HS بدست آمده است. برای مدل SEBAL نیز کمترین (بهترین) مقادیر برای شاخص‌های MAE و MBE بدست آمده است. به طور کلی رتبه‌بندی مدل‌ها از نظر شاخص‌های NRMSE، MAE و MBE به ترتیب SEBAL و METRIC بوده است. برای شاخص d بیشترین (بهترین) مقادیر d برای مدل SEBAL نسبت به روش‌های لایسیمتری و HS بدست آمده و در رتبه دوم مدل METRIC قرار گرفته است.

مقایسه شاخص‌های برآورد تبخیر و تعرق روزانه به روش‌های سبال، متریک نسبت به نتایج لایسیمتر

شاخص	Lysimeter		HS	
	SEBAL	METRIC	SEBAL	METRIC
NRMSE*	۰/۳۱۷	۰/۴۲۰	۰/۲۵۴	۰/۳۳۱
MAE	۱/۵۰۳	۲/۱۲۰	۱/۲۲۴	۱/۷۳۷
MBE	-۰/۹۷۳	۲/۰۲۳	-۰/۹۴۱	۱/۷۱۴
d	۰/۷۶۸	۰/۶۴۶	۰/۷۱۸	۰/۶۴۱

* مقادیر MAE و MBE بر حسب میلی‌متر بر روز و NRMSE و d بدون واحد



آلن و همکاران (۲۰۰۵) خطاهای موجود در برآورد مؤلفه‌های مدل متریک و سبال را در فروبرآورد یا فرابراورد ET ناشی از خطاهایی در برآورد شار تابش خالص، شار گرمای خاک، شار گرمای محسوس هر پیکسل، خطا در برون‌یابی ET_{24} از ET_{inst} و بالاخص در مورد مدل متریک خطا در برآورد ET_r می‌پندارند. آلن و همکاران (۲۰۱۱) انتخاب پیکسل سرد در اراضی کشاورزی با شاخص سطح برگ بیشتر از ۴ ($LAI > 4$)، پوشش گیاهی فشرده و آبیاری کامل (بدون تنش آبی) توصیه کرده بودند، اما در پژوهش اخیر به این فرض ایرادهایی وارد دانسته مبنی بر اینکه در اوایل فصل رشد و یا فصول غیر رشد شرایط استاندارد برای پوشش گیاهی (برای انتخاب به عنوان پیکسل سرد) برقرار نبوده و همینطور ارتفاع گیاه به ۰/۵ متر (ارتفاع گیاه مرجع) نرسیده است، بنابراین این بایستی مقدار ET_{cold} را به عنوان تابعی از NDVI در نظر گرفت، به تعبیر بهتر $\frac{ET_{cold}}{ET_r} = f(NDVI)$. مشاهدات محلی در دشت شهرکرد حاکی از آن است که شرایط موجود فاقد استانداردهای مورد نظر در برقراری فرضیات اولیه مدل می‌باشد. بطور کلی نتایج و برآوردهای تبخیر و تعرق در مدل‌های سبال و متریک، گواه بر کارآئی مدل سبال تحت شرایط موجود در دشت شهرکرد بوده و تا حصول و تأمین آمار کامل هواشناسی بصورت ساعتی و یا ارائه اصلاحات مورد نیاز برای مدل متریک، نتایج مدل سبال به واقعیت نزدیک‌تر بوده و توصیه می‌شود.

منابع

ثنائی‌نژاد، س. ح.، نوری س.، و هاشمی‌نیا س. م. ۱۳۹۰. برآورد تبخیر و تعرق واقعی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای در منطقه مشهد. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی). جلد ۲۵، شماره ۳. ص ۵۴۷-۵۴۰. مباشری، م.، خاوریان ح.، ضیائی‌ان پ.، و کمالی غ. ع. ۱۳۸۴. برآورد تبخیر و تعرق واقعی با استفاده از تصاویر MODIS و الگوریتم سبال. همایش ژئوماتیک. محسنی ساروی، م.، احمدی ح. و نصرتی ک. ۱۳۸۹. کاربرد مدل SEBAL در برآورد تبخیر و تعرق در حوضه آبخیز طالقان. اولین کنفرانس بین‌المللی مدل‌سازی گیاه، آب، خاک و هوا. مرکز بین‌المللی علوم و تکنولوژی پیشرفته و علوم محیطی. دانشگاه شهید باهنر کرمان. مباشری، م. ۱۳۸۹. مبانی فیزیک در سنجش از دور و فناوری ماهواره (ویرایش دوم). انتشارات دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی.

Allen RG, Pereira LS, Raes D and Smith M. 1998. Crop evapotranspiration Guidelines for computing crop water requirements, FAO Irrigation and Drainage Paper 5627-65.

Allen RG, Tasumi M and Trezza R. 2007. Satellite-based energy balance for mapping evapotranspiration with internalized calibration (METRIC)-model. J. Irrig. Drain. E. 133, 380-394.

Allen RG, Irmak A, Trezza R, Hendricks JMH, Bastiaanssen W and Kjaersgaard J. 2011. Satellite-based ET estimation in agriculture using SEBAL and METRIC. Hydrological Processes. 25,4011-4027.

Allen RG, Tasumi M, Morse A and Trezza R. 2005. A Landsat-based energy balance and evapotranspiration model in Western US water rights regulation and planning. Irrigation and Drainage System. 19, 251-268.

Bastiaanssen W, Menenti GMM, Feddes RA and Holtslag AAM. 1998. A remote sensing surface energy balance algorithm for land (SEBAL): 1. Formulation. J. Hydrol. 212-213, 198-212.

Mokhtari MH. 2005. Agricultural drought impact using remote sensing. Ms. C. Diss., ITC. The Netherlands.



USGS. 2004. Phase 2 gap-fill algorithm: SLC-off gap-filled products gap-fill algorithm methodology.

Waters R, Allen RG, Tasumi M, Trezza M and Bastiaanssen W. 2002. Surface Energy Balance Algorithms for Land, Advanced Training and User's Manual. NASA EOSDIS/Synergy grant from the Raytheon Company through The Idaho Department of Water Resources.



بررسی توزیع مکانی عناصر غذایی (نیتروژن، فسفر و پتاسیم) در خاک نخلستان‌های استان خوزستان با استفاده از زمین‌آمار

سارا فاتح^۱، علیرضا جعفرنژادی^۲، عبدالامیر راهنما^۳، عبدالحمید محبی^۴

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد دانشگاه علوم و تحقیقات واحد خوزستان

۲- عضو هیات علمی بخش تحقیقات خاک و آب مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

۳- عضو هیات علمی مرکز خرما و میوه‌های گرمسیری خوزستان

۴- عضو هیات علمی مرکز خرما و میوه‌های گرمسیری خوزستان

مقدمه

کاربرد بهینه کودهای شیمیایی از راهکارهای حصول به کشاورزی پایدار است (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۴). با توجه به این که خرما یکی از محصولات مهم و پر درآمد در کشور به شمار می‌آید و عناصر پرمصرف نقش مهمی در میوه‌نشینی، رشد و توسعه میوه، عملکرد و بهبود خصوصیات کیفی میوه دارند (دونگ^۱، ۲۰۰۵)، در همین رابطه، تعیین درجه حاصلخیزی برای مشخص کردن میزان کوددهی این محصول بسیار مهم است. از مهمترین راه‌های تعیین نیاز کودی تهیه نقشه حاصلخیزی خاک است (نصرت‌پور و همکاران، ۱۳۹۰). زمین‌آمار قادر است با تعداد محدود نقاط نمونه برداری شده ویژگی‌های خاک را با دقت قابل توجه میان‌یابی کند. این روش از جمله دقیق‌ترین روش‌هایی است که علاوه بر توصیف تغییرات مکانی، قادر به تهیه نقشه‌های کمی پراکنش عناصر با حداقل واریانس ممکن است (تاتمز و همکاران^۲، ۲۰۰۹). این تحقیق با هدف بررسی تغییرات مکانی عناصر حاصلخیزی خاک شامل نیتروژن، فسفر و پتاسیم، برآورد و تهیه نقشه‌های پراکنش مکانی آن‌ها در خاک نخلستان‌های استان خوزستان جهت برنامه ریزی مدیریت پایدار خاک به انجام رسیده است.

مواد و روشها

محدوده‌ی مورد مطالعه، مناطق وسیعی از نخلستان‌های استان خوزستان می‌باشد. تعداد ۱۵۹ نمونه خاک از نخلستان‌های تازه احداث مناطق اهواز، آبادان، بهبهان، خرمشهر، رامشیر، رامهرمز، شوشتر، هندیجان، شادگان و امیدیه تهیه گردید. بدین منظور پس از انجام تجزیه‌های آزمایشگاهی، اطلاعات حاصل به صورت بانک اطلاعاتی در نرم‌افزار Excel ذخیره و با استفاده از نرم‌افزار SPSS بررسی آمار توصیفی، همبستگی بین خصوصیات و نرمال‌سازی داده‌ها به روش تغییر شکل آن‌ها انجام شد. عملیات زمین‌آمار شامل فرآیند تجزیه‌ی ساختاری و برازش بهترین مدل بر نیم تغییرنمای تجربی بر مبنای مقادیر آماره‌های دقت (MAE و MBE) و تکنیک Cross validation، تخمین کریجینگ و تهیه نقشه خاک‌ها با استفاده از نرم‌افزار Gs+ انجام شد. مقادیر آماره‌های دقت با استفاده از روابط زیر محاسبه می‌شود:

1 - Dong

2 - Tutmez et al



$$MBE = \sum_{i=1}^n (Z^0 - Z) / n \quad [1]$$

$$MAE = \sum_{i=1}^n |Z^0 - Z| / n \quad [2]$$

که در این روابط، Z^0 و Z به ترتیب مقادیر تخمینی و واقعی خصوصیت مورد نظر و n تعداد نمونه‌های مورد استفاده است.

هرچه مقادیر آماره‌های دقت کمتر و به صفر نزدیک‌تر باشد دقت مدل برازش یافته بیشتر است. کلاس وابستگی مکانی ویژگی‌های مورد بررسی نیز از تقسیم واریانس اثر قطعه‌ای به واریانس کل (آستانه) ضرب در ۱۰۰ به دست می‌آید (معادله ۳). اگر نسبت بدست آمده کمتر از ۲۵ درصد باشد، متغیر دارای کلاس وابستگی مکانی قوی است، اگر نسبت بین ۲۵ تا ۷۵ درصد باشد، متغیر کلاس وابستگی مکانی متوسط دارد و اگر نسبت بیش از ۷۵ درصد باشد متغیر کلاس وابستگی مکانی ضعیفی دارد (کمبردلا^۳ و همکاران، ۱۹۹۴).

$$\text{کلاس وابستگی مکانی} = \frac{C_0}{(C_0 + C)} \times 100 \quad [3]$$

نتایج و بحث

نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد، در خاک‌های مورد بررسی پراکندگی داده‌ها وضعیت نرمالی نداشته و دارای چولگی بود، پس از نرمال کردن داده‌ها با استفاده از ریشه دوم اطلاعات نیتروژن و فسفر و لگاریتم پتاسیم، پراکندگی داده‌ها از چولگی کمتری برخوردار شد. نتایج بهترین مدل برازش داده شده برای هر متغیر در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱- پارامترهای نیم تغییرنماهای خصوصیات اندازه گیری شده خاک نخلستان‌های استان خوزستان

ویژگی	مدل	اثر قطعه‌ای	آستانه	دامنه (m)	ضریب تعیین (r)	کلاس ساختاری
نیتروژن	کروی	۰/۰۰۴	۰/۰۰۶۴	۸۰۰۰۰	۰/۶۴۲	متوسط
فسفر	نمایی	۱/۱	۲/۲	۱۴۵۰۰۰	۰/۸	متوسط
پتاسیم	کروی	۰/۰۴۰۹	۰/۰۷۴	۱۳۵۵۰۰	۰/۸۲۸	متوسط

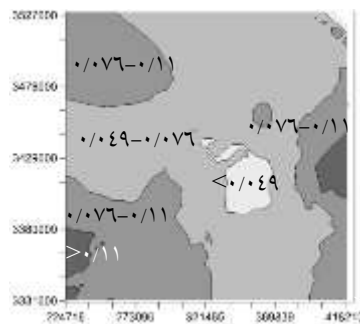
نتایج حاصل نشان داد، هر سه متغیر دارای ساختار مکانی هستند. بر اساس نتایج مقادیر آماره‌های میانگین انحراف خطا و میانگین قدر مطلق خطا مدل کروی به عنوان مناسب‌ترین مدل بر متغیرهای نیتروژن و پتاسیم و مدل نمایی بر متغیر فسفر بهترین برازش را داشت و این مدل‌ها، برای داده‌های نیتروژن، فسفر و پتاسیم به ترتیب ۶۴، ۸۰ و ۸۲ درصد از تغییرات متغیرها را بیان می‌کنند. همه متغیرها دارای کلاس ساختاری متوسط می‌باشند.

³ - Cambardella et al

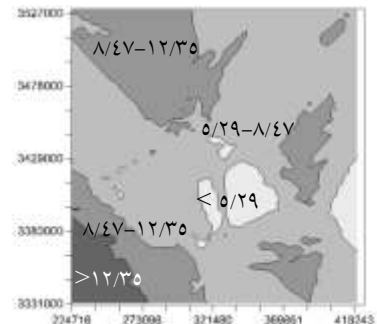


مطالعه نیم تغییرنماهای نیتروژن، فسفر و پتاسیم قابل جذب نشان داد به ترتیب میزان اثر قطعه‌ای ۰/۰۰۴، ۰/۱ و ۰/۰۴ بود. بیشتر بودن اثر قطعه‌ای فسفر قابل جذب نشان دهنده‌ی تغییرات شدید مقادیر آن در مناطق مورد مطالعه بود. میزان بالای اثر قطعه‌ای فسفر خاک ناشی از خطاهای اندازه‌گیری یا وجود مولفه‌های تصادفی در توزیع متغیر است. یکی از مهمترین معیارهای مورد بررسی دامنه تاثیر می‌باشد که نشان دهنده حداکثر فاصله‌ای است که یک متغیر دارای وابستگی مکانی است و در ورای آن متغیر مورد نظر مستقل می‌گردد و فاقد وابستگی مکانی است (ایوبی و خرما، ۱۳۸۷). نیتروژن تا فاصله ۸۰ کیلومتر، فسفر قابل جذب تا فاصله ۱۴۵ کیلومتر و پتاسیم قابل جذب تا فاصله ۱۳۵/۵ کیلومتر دارای وابستگی مکانی هستند و با افزایش فاصله مقدار واریانس تا این مقادیر (دامنه تاثیر) روندی صعودی داشته و بعد از این فاصله روند نزولی را نشان می‌دهد. کلاس ساختاری متوسط نشان دهنده‌ی اثر توأم عامل‌های ذاتی (مانند مواد مادری) و مدیریتی (مانند مصرف کود) می‌باشد (بابازاده و همکاران، ۱۳۹۰).

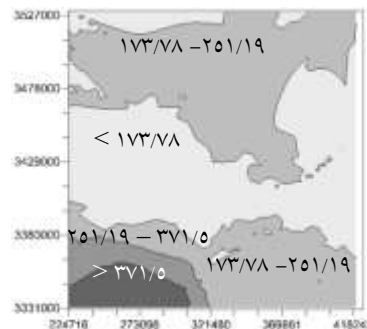
شکل ۱ پهنه بندی عناصر غذایی مورد مطالعه را با استفاده از تخمین گر کریجینگ نشان می‌دهد. با توجه به نقشه‌های حاصل برای هر سه عنصر مورد مطالعه کمترین مقدار در مرکز و بیشترین مقدار در قسمت جنوب غربی منطقه مورد مطالعه مشاهده گردید.



درصد نیتروژن خاک



فسفر قابل جذب خاک (میلی گرم بر کیلوگرم)



پتاسیم قابل جذب خاک (میلی گرم بر کیلوگرم)

شکل ۱- پهنه‌بندی عناصر پرمصرف در خاک نخلستان‌های استان خوزستان

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که خاک نخلستان‌های مورد مطالعه باتوجه به حدود بحرانی عناصر از نظر عناصر غذایی پرمصرف با محدودیتهای فراوان روبرو است و عدم مدیریت صحیح در جهت جبران عناصر غذایی خاک سبب ایجاد و تشدید کمبود این عناصر گردیده است. بنابراین توصیه می‌گردد به جای مصرف یکنواخت



کودهای شیمیایی در اراضی مورد مطالعه با اتخاذ راهکار مدیریت تغذیه خاص مکان با مصرف بیشتر کودهای مورد نیاز در مناطق دچار کمبود به ویژه در مرکز منطقه مورد مطالعه و اجتناب از مصرف غیر ضروری و زیاد کود در نواحی که غلظت عناصر غذایی در حد کفایت است برای رسیدن به تولید پایدار و اقتصادی تلاش شود.

منابع

- ایوبی، ش. و خرمالی ف.، ۱۳۸۷. تغییرپذیری مکانی عناصر غذایی قابل استفاده در خاک سطحی به کمک آنالیز مؤلفه‌های اصلی و تکنیک زمین‌آمار (مطالعه موردی در منطقه آپیپولی، ایالت آندراپرادش). مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، شماره ۴۶. صفحه‌های ۶۰۹ تا ۶۲۰.
- بابازاده، ش.، دواتگر ن.، دریغ‌گفتار ف. و پیکان، م.، ۱۳۹۰. بررسی تغییرات مکانی برخی خصوصیات خاک مرتبط با حاصلخیزی در مزارع شالیزاری. دوازدهمین کنگره علوم خاک ایران، تبریز.
- ملکوتی، م. ج.، مشیری م. و غیبی ن.، ۱۳۸۴. حد مطلوب غلظت عناصر غذایی در خاک و برخی از محصولات زراعی و باغی. شورای عالی سیاست‌گذاری توسعه کاربرد مواد بیولوژیک و استفاده بهینه از کود و سم کشاورزی. نشریه فنی ۴۰۵.
- نصرت پور، س.، فرج نیا، ا.، انتظامی ا. و نصرت پور ش.، ۱۳۹۰. پهنه بندی پراکنش عنصر غذایی پتاسیم در بخشی از خاکهای زراعی استان آذربایجان شرقی جهت بهینه‌سازی مصرف کودهای حاوی این عنصر. دوازدهمین کنگره علوم خاک ایران، تبریز.
- Cambardella CA; Moorman TB; Parkin; TB; Karlen; DL; Turco RF; Konopka AE. 1994. Field scale variability of soil properties in Central Iowa soils. Soil Sci. Soc. Am. J. 58: 1501-1511.
- Dong, S., L. Cheng, C.F. Scagel and L.H. Fuchigami, 2005. Timing of urea application affects leaf and root N uptake in young Fuji/M9 apple trees. J. Hortic. Sci. Biotech., 80:116-120
- Tutmez B, DaG A, Erdem F, Torun B. 2009. Evaluation of Mn concentration provided by soil in citrus-growing regions. Journal Computers and Electronics in Agriculture. 67: 27-34.



پهنه بندی غلظت قابل جذب آهن و منگنز و تاثیر پ هاش بر قابلیت جذب آنها با استفاده از روش زمین آمار

فاطمه یزدانی نژاد^۱، حسین ترابی گل سفیدی^۲

۱- کارشناسی ارشد خاکشناسی، گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی دانشگاه شاهد

۲- دکتری خاکشناسی، استادبار گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی دانشگاه شاهد

مقدمه

شناخت و آگاهی از چگونگی تغییرات مکانی خصوصیات خاک از عوامل موثر در مدیریت پایدار اراضی است. از جمله روش‌های بسیار نوین که طی چندسال اخیر در علوم خاک مورد استفاده قرار گرفته است، روش‌های زمین آماری و GIS می‌باشند. امروزه محققان از روش‌های زمین آماری جهت ارزیابی توزیع مکانی خصوصیات خاک استفاده می‌کنند، چرا که در زمین آمار می‌توان بین مقادیر یک کمیت در جامعه نمونه‌ها و فاصله و جهت قرار گرفتن نمونه‌ها نسبت به یکدیگر ارتباط برقرار کرد. (حسینی پاک، ۱۳۸۵). مطالعات جهانی نشان می‌دهد که ۳۰ درصد خاک‌ها در جهان به کمبود یک یا چند ریزمغذی مبتلا هستند (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۴). pH خاک، مواد آلی، فعالیت میکروبی، همچنین میزان رطوبت خاک که شرایط اکسایشی و کاهش را کنترل می‌نماید، از جمله عوامل مؤثر بر قابلیت استفاده عناصر ریزمغذی مانند آهن و منگنز برای گیاه می‌باشند (کریمی‌ان و همکاران، ۱۳۷۸). وجود منگنز برای انتقال و متابولیسم نیتروژن ضروری می‌باشد. منگنز در انتقال نیتروژن از ریشه به اندام هوایی، در ساخت پروتئین و در رشد گیاه نقش کلیدی دارد و تاثیر منگنز در رشد گیاه مربوط به افزایش شدت فتوسنتز و تولید ماده خشک می‌باشد (Dhillon et al. 1987). حدود بحرانی عناصر ریزمغذی در خاک‌ها و محصولات مختلف متفاوت می‌باشد از طرفی امکان تعیین حدود بحرانی به دلیل هزینه زیاد در شرایط حاضر امکان پذیر نیست. بنابراین، انجام آزمایشات منطقه‌ای در خاک‌هایی که از نظر غلظت عناصر ریزمغذی، بتوانند نماینده منطقه باشند، یکی از راه‌های بررسی واکنش گیاه نسبت به مصرف این عناصر می‌باشد. تحقیق حاضر با هدف مطالعه تغییر پذیری مکانی غلظت قابل جذب آهن و منگنز با توجه به نوع پ هاش منطقه و پهنه بندی عناصر آهن، و منگنز با استفاده از تخمین گره‌های زمین آمار مانند کریجینگ در محیط GIS انجام شده است.

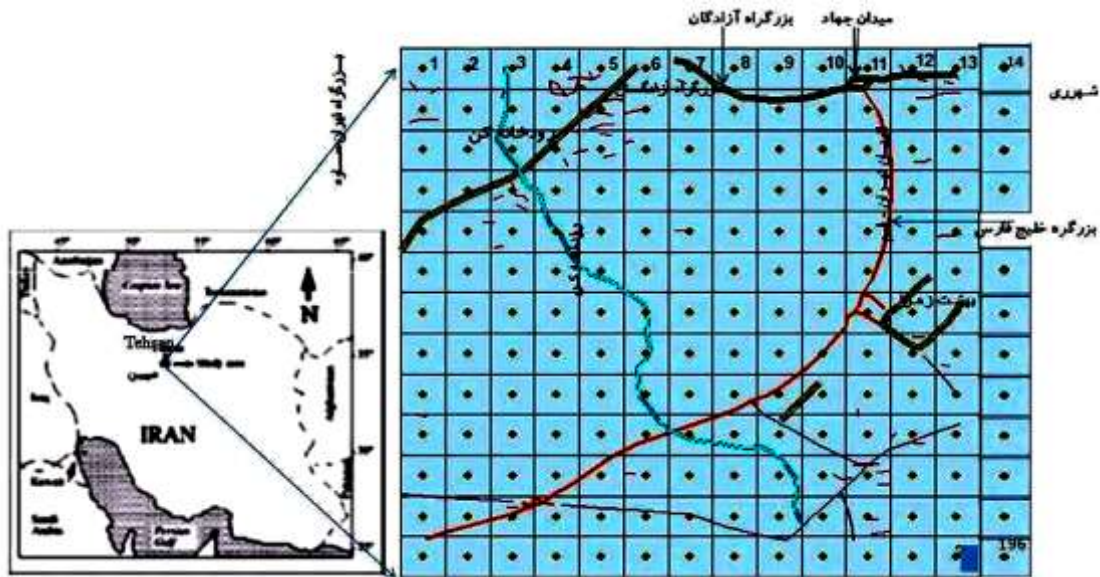
مواد و روش‌ها

این مطالعه در ۲۰۰۰۰ هکتار از اراضی کشاورزی جنوب تهران در حد فاصل بزرگ‌راه‌های آزادگان، تهران - ساوه و تهران - قم انجام گرفت. به منظور پهنه بندی مناسب و تهیه نقشه پراکنش عناصر آهن و منگنز از روش شبکه بندی منظم با فواصل ۱۰۰۰ در ۱۰۰۰ متر تعداد ۱۹۶ نمونه خاک از تقاطع بین خطوط و عمق ۰-۳۰ سانتی متری برداشته شد. به منظور ارتباط عوامل خاکی بر قابلیت جذب عناصر ریزمغذی، پ. هاش گل اشباع با الکتروود شیشه ای اندازه گیری شد. عناصر آهن و منگنز به صورت، فرم قابل جذب (روش لیندسی ۱۹۷۹) اندازه گیری و با کمک دستگاه جذب

¹ - Geographic Information System



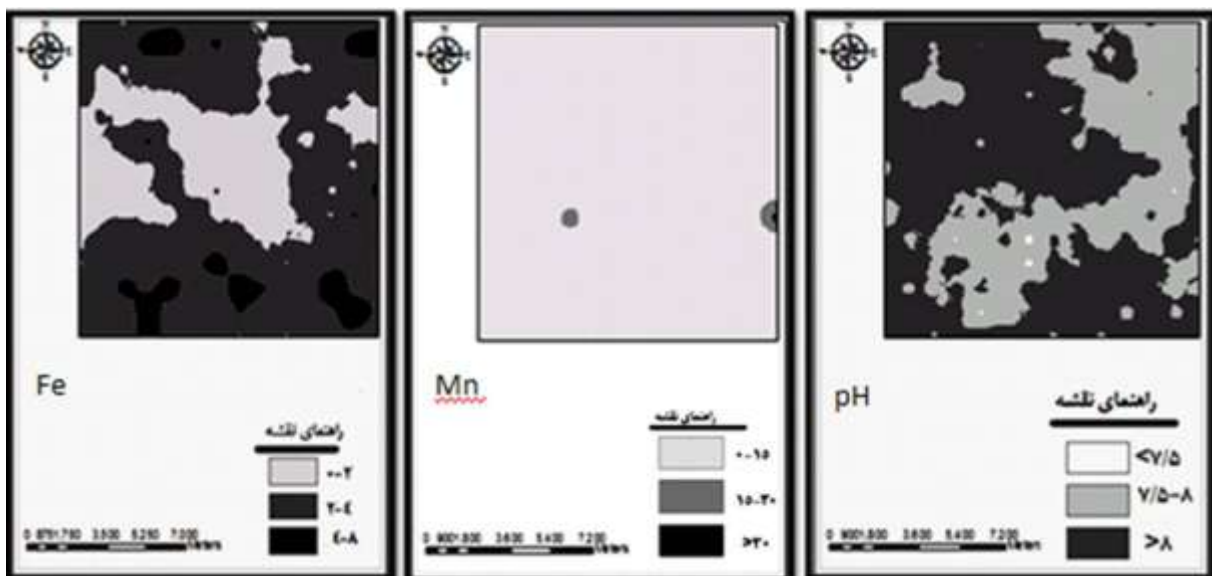
اتمی مدل Analytikjena,Cantra AA 300 قرائت شدند. سپس با استفاده از نرم افزار ArcGIS 10 نقشه های پهنه بندی این عناصر ترسیم گردید شکل (۱).



شکل ۱- محدوده مورد مطالعه

نتایج و بحث

پس از انجام آزمایشات و اندازه گیری غلظت قابل جذب عناصر آهن و منگنز و پ. هاش نتایج وارد پایگاه داده در محیط نرم افزاری ArcGIS شد و نقشه های پهنه بندی از طریق تعمیم مشخصات نقطه به سطح ترسیم گردید. شکل (۲) نقشه پهنه بندی غلظت قابل جذب آهن و منگنز و پ هاش بر اساس روش کریجینگ را نشان می دهد.



شکل ۲- پهنه بندی غلظت قابل جذب آهن و منگنز بر حسب g/kg خاک و پ. هاش به روش کریجینگ



با توجه به جداول (۱) و (۲) و نقشه‌های پهنه‌بندی کریجینگ مشخص گردید که غلظت آهن قابل جذب در سرتاسر منطقه مورد مطالعه بین ۸-۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم می‌باشد که غلظت به دست آمده کمتر از حد کفایت مورد نیاز گیاه (۱۰-۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم) می‌باشد. براساس نقشه پهنه‌بندی ۲۷ درصد (۵۴۰۰ هکتار) از اراضی مورد مطالعه غلظتی کمتر از ۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم آهن قابل جذب دارند. ۶۶ درصد (۱۳۲۰۰ هکتار) دارای غلظت آهن قابل جذب ۴-۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم می‌باشند. ۷ درصد (۱۴۰۰ هکتار) از اراضی مقدار آهن قابل جذب ۸-۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم می‌باشند. آن دسته از اراضی که مقدار آهن قابل جذب بیش از ۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک دارند به طور کلی اراضی هستند که نزدیک مراکز صنعتی، در حاشیه اتوبان تهران-قم، و نزدیک ریل راه آهن و کارخانه لوله سازی می‌باشند. با توجه به نقشه پهنه‌بندی منگنز نیز مشخص گردید که غلظت منگنز قابل جذب در کل منطقه مورد مطالعه کمتر از ۱۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم می‌باشد. نقشه پهنه‌بندی پ. هاش منطقه نیز تایید کننده این مطلب بوده و با توجه به اینکه سرتاسر منطقه مورد مطالعه، پ. هاش بالای ۷/۵ دارد بر غلظت قابل جذب آهن و منگنز تاثیر گذاشته است. جدول (۱) حد بحرانی عناصر غذایی کم مصرف در خاک‌های زراعی ایران و جدول (۲) حد عناصر غذایی کم مصرف و پ. هاش در خاک‌های زراعی جنوب تهران را نشان می‌دهند.

جدول ۱- حد بحرانی عناصر غذایی کم مصرف در خاک‌های زراعی (ملکوتی، ۱۳۷۸)

متغیر	کم	متوسط	زیاد	واحد اندازه‌گیری
Fe	< ۵	۱۱-۱۶	> ۲۵	mg.kg ⁻¹
Mn	< ۰/۵	۹-۱۲	> ۳۰	mg.kg ⁻¹

جدول ۲- حد عناصر غذایی کم مصرف و پ. هاش در خاک‌های زراعی جنوب تهران

متغیر	میانگین	کمینه	بیشینه	واحد اندازه‌گیری
Fe	۲/۶	۲	۸	mg.kg ⁻¹
Mn	۳/۴۶	۰/۱	۴۱	mg.kg ⁻¹
pH	۷/۶۳	۷	۸/۴	-

در واقع علت کمبود آهن می‌تواند دلایل متعددی مانند بالابودن pH، عدم استفاده زارعین از کودهای ریز مغذی، شرایط اقلیمی خاص و غیره داشته باشد. با توجه به اینکه اکثر این اراضی تحت کشت غلات و سبزی و صیفی و دیگر محصولات کشاورزی هستند و محصولات کشاورزی نیز به طور مستقیم و غیر مستقیم با سلامت مصرف کننده‌ها در ارتباط هستند، پس لازم است که با توجه به نوع کمبود و میزان آن از کودهای میکرو مربوطه جهت رفع کمبود استفاده



گردد. نتایج تحقیقات امامقلی (۱۳۹۱) بر روی ۱۲ گیاه زراعی و سبزیجات نشان داد که غلظت آهن در اندام هوایی و ریشه این گیاهان کمتر از حد مجاز بوده اما غلظت منگنز در اغلب گیاهان فوق (کلم، اسفناج، شاهی، شنبلیله، جعفری، بامیه، ذرت و گندم) در محدوده بالاتر از حد مجاز می باشد. پیشنهاد می گردد که جهت بررسی وضعیت عناصر غذایی در هر منطقه با استفاده از روش های تخمین، اقدام به تهیه نقشه های پیوسته اختصاصی خاک نموده و براساس این نقشه ها مزارع را مدیریت نمود. استفاده از نقشه های پراکنش عناصر غذایی، به عنوان روشی مناسب جهت توصیه های کودی و جلوگیری از هدر رفت کودها و جلوگیری از آلودگی های زیست محیطی مفید می باشد.

منابع

- ۱- امامقلی، ق. ۱۳۹۱. بررسی غلظت عناصر آهن، روی، مس، منگنز، نیکل، سرب و کادمیم در سبزیجات و محصولات زراعی اراضی کشاورزی جنوب تهران، پایان نامه کارشناسی ارشد رشته علوم خاک، دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه شاهد.
- ۲- حسنی پاک، ع. ا، ۱۳۸۵. زمین آمار (ژئواستاتستیک)، انتشارات دانشگاه تهران.
- ۳- کریمیان، ن. و معافیوربان گ، ۱۳۷۸. جذب روی در خاک های آهکی ایران. مجله آب و خاک شماره ۳۰، صفحه- های ۱۷۳۱ - ۱۷۲۱
- ۴- ملکوتی م. ج. و طهرانی م. م، ۱۳۸۴. نقش عناصر ریز مغذی در افزایش کمی و کیفی محصولات کشاورزی (عناصر خرد با تاثیر کلان). انتشارات دانشگاه تربیت مدرس .

5- Dhillon KS, Yagodeen BA, and Vernichenko VA, 1987. Micronutrients and nitrogen metabolism. 2. Effect of micronutrients on the assimilation of ammonium and nitrate ions by maize (zea mays L). Plant soil. 103: 51-55.

6- Lindsay WL and Norvell WL. 1979. Development of DTPA soil test for Zinc, iron, manganese and copper. Soil Sci. Soc. Am. J., 42:421-428



بررسی توزیع مکانی سرب در خاک‌های اردبیل با استفاده از زمین آمار

لیلا امینی خاوندی^۱، منوچهر فربودی^۲، ناصر نظری^۳

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی واحد میانه؛ amini1060@yahoo.com

۲- عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد میانه؛ farboodi1962@gmail.com

۳- عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد میانه؛ nas.nazari@gmail.com

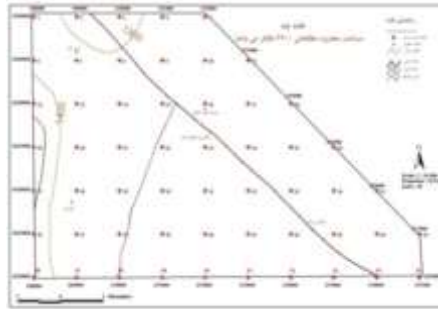
مقدمه

امروزه یکی از مسایل مهم زیست محیطی آلوده شدن خاک‌ها به فلزات سنگین است. ورود این آلاینده‌ها به خاک باعث از بین رفتن تنوع زیستی می‌شود. گستره‌ی معمولی غلظت سرب در خاک ۲ تا ۲۰۰ و دامنه‌ی غلظت بحرانی آن ۱۰۰ تا ۴۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم می‌باشد (آلوی، ۱۹۹۹). یکی از مشکلات اصلی در ارزیابی وضعیت آلودگی یک منطقه، پویا و متغیر بودن میزان آلودگی و عدم امکان نمونه‌برداری در تمامی نقاط می‌باشد، بدین منظور استفاده از راهکار مناسب جهت تعمیم نتایج حاصل از نقاط اندازه‌گیری شده، به سایر نقاط توصیه می‌گردد (عبداللهی و همکاران، ۱۳۹۱)، لذا از زمین‌آمار جهت بررسی تغییرپذیری متغیرها و میان‌یابی استفاده می‌شود. دیانی و همکاران (۱۳۸۸)، توزیع مکانی فلزات سنگین سرب، روی و کادمیوم را در خاک‌های حومه سپاهان شهر و جیاچون و همکاران (۲۰۰۶)، پراکنش مکانی مس، سرب، جیوه، کادمیوم، کروم و آرسنیک را در منطقه‌ی زیجیانگ چین بررسی کردند. در استان اردبیل هیچ‌گونه اطلاعاتی در مورد پراکنش مکانی فلزات سنگین در خاک وجود ندارد، بنابراین به دلیل توسعه‌ی روز افزون بزرگراه‌ها در این استان، تعیین آلودگی خاک-های سطحی این منطقه به فلزات سنگین بسیار حایز اهمیت می‌باشد، لذا این تحقیق به منظور بررسی پراکنش مکانی سرب در خاک‌های بخشی از استان اردبیل صورت گرفت.

مواد و روشها

الف) منطقه‌ی مورد مطالعه: منطقه‌ی مورد مطالعه بخشی از دشت اردبیل بوده و در جنوب‌شرقی شهر اردبیل واقع شده است. این منطقه دارای طول شرقی $48^{\circ}21'04$ تا $48^{\circ}27'13$ و عرض شمالی $38^{\circ}8'03$ تا $38^{\circ}11'17$ ، به مساحت ۴۲۰۰ هکتار و به شکل ذوزنقه بوده و محدوده‌ی ارتفاعی منطقه ۱۳۰۰ تا ۱۴۰۰ متر است، هم‌چنین بزرگراه اردبیل - سرچم نیز از این ناحیه عبور می‌کند.

ب) نمونه‌برداری و آنالیز: نمونه‌برداری بر اساس شبکه‌بندی منظم با فواصل ۱۰۰۰ متر و به عمق ۲۰-۰ سانتی‌متر صورت گرفت. غلظت سرب قابل جذب در ۵۵ نمونه‌ی تهیه شده به روش لیندسی و نورول با استفاده از عصاره‌گیر DTPA به وسیله دستگاه جذب اتمی مدل Perkin Elmer 2380 تعیین شد (احیایی و بهبهانی، ۱۳۷۲). شکل ۱ الگوی نمونه‌برداری در منطقه‌ی مطالعاتی را نشان می‌دهد.



شکل ۱ - الگوی نمونه برداری در منطقه‌ی مطالعاتی

ج) تجزیه و تحلیل زمین آماری: یکی از روش‌های مرسوم جهت بررسی پیوستگی مکانی داده‌ها استفاده از واریوگرام می‌باشد. برای این کار لازم است مجموع مربع تفاضل زوج نقاطی که به فاصله‌ی معلوم h از یکدیگر قرار دارند را محاسبه و در مقابل h رسم کرد (محمدی، ۱۳۸۵):

$$Y(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(x_i + h) - Z(x_i)]^2 \quad [1]$$

که در آن: $N(h)$: تعداد جفت‌های جدا شده در فاصله گام (h) ، $Z(x_i)$: مقدار متغیر اندازه‌گیری شده در موقعیت x_i و $Z(x_i+h)$: مقدار متغیر اندازه‌گیری شده در موقعیت x_i+h است. در مطالعه‌ی حاضر بهترین مدل ریاضی برازش شده به واریوگرام تجربی سرب مدل نمایی^۱ بود.

د) روش‌های میان‌یابی: در این مطالعه از روش فاصله‌ی معکوس^۲ با فرمول زیر اقدام به میان‌یابی فلز سرب گردید:

$$Z^*(x_i) = \sum_{i=1}^n \lambda_i Z(x_i) \quad [2]$$

که در این معادله: $Z^*(x_i)$: مقدار متغیر مکانی برآورد شده و $Z(x_i)$: مقدار متغیر مکانی مشاهده شده در نقطه-ی x_i و λ_i : وزنی است که به نمونه‌ی x_i نسبت داده می‌شود و بیان‌گر اهمیت نقطه‌ی نام در برآورد است.

نرم افزارهای مورد استفاده در این پژوهش SPSS16، GS+9، Surfer8 می‌باشد.

نتایج و بحث

میانگین غلظت سرب قابل جذب در منطقه مطالعاتی، ۲/۳۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم به دست آمد که در مقایسه با مقادیر بحرانی ذکر شده مشاهده گردید، این غلظت بسیار پایین‌تر از غلظت بحرانی در خاک بوده و منطقه عاری از آلودگی به فلز سنگین سرب می‌باشد. از آزمون کولموگروف - اسمیرنوف^۳ اقدام به تست نرمال بودن داده‌ها شد، در مورد سرب داده‌ها غیر نرمال بودند، لذا از تبدیل لگاریتمی جهت نرمال‌سازی داده‌ها استفاده گردید. برای

¹ . Exponential Model

² . Inverse Distance Weighed

³ . Kolmogrov - Smirnov

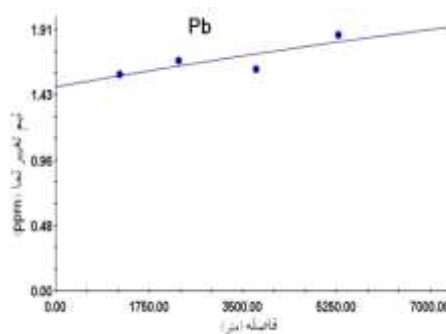


فلز سرب تغییرنمای همه جهته ترسیم شد و بهترین مدل از روی ضریب تبیین (R^2) بالا و مجموع مربعات باقی مانده (RSS) کم انتخاب گردید که در این جا مدل نمایی بود. جدول ۱ پارامترهای واریوگرام تعیین شده برای سرب را نشان می دهد و شکل ۲ نیز واریوگرام تجربی و مدل تئوریک برازش شده به سرب را نشان می دهد.

جدول ۱- آنالیز واریوگرام پارامتر سرب در منطقه مورد مطالعه

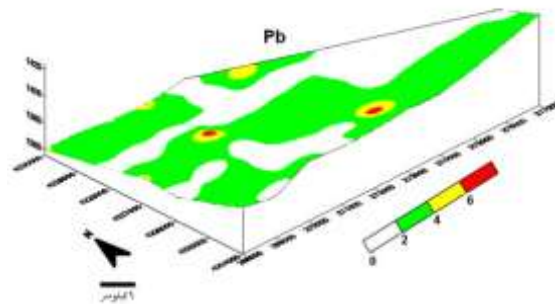
RSS	R^2	کلاس وابستگی مکانی	اثر قطعه ای نسبی (درصد)	نسبت واریانس (S)	دامنه ای تأثیر (A)	آستانه (Sill)	اثر قطعه ای (c_0)	مدل انتخابی	پارامتر
۰/۰۱۶	۰/۶۸	متوسط	۵۰	۰/۵	۲۱/۱	۲/۹۸	۱/۴۹	نمایی	سرب

اثر قطعه ای نسبی ($c_0/sill$) شدت و درجه ای وابستگی مکانی متغیر ناحیه ای را نشان می دهد که در اینجا ۵۰ درصد بوده (بین ۲۵ و ۷۵ درصد)، پس سرب کلاس وابستگی مکانی متوسط داشته و این امر نشان دهنده ی غلبه ی بیشتر بخش واریانس ساختار دار به واریانس بدون ساختار بوده و هم چنین مبین این مطلب است که الگوی نمونه برداری و دقت تجزیه های آزمایشگاهی نسبتاً مناسب می باشد و از آن جایی که دامنه ای تأثیر بزرگتر از فاصله ی نمونه برداری است می توان اظهار کرد که این فاصله توانسته الگوی تغییرات مکانی سرب را به خوبی نشان دهد (عبداللهی و همکاران، ۱۳۹۱).



شکل ۲- واریوگرام تجربی و مدل تئوریک برازش شده به سرب

در نهایت با روش فاصله ی معکوس اقدام به پهنه بندی فلز سرب به صورت سه بعدی در منطقه ی مطالعاتی گردید. شکل ۳ پهنه بندی سرب را در منطقه ی مطالعاتی نشان می دهد.



شکل ۳- نقشه‌ی پراکنش سرب در منطقه‌ی مورد مطالعه

با بررسی این نقشه مشاهده شد که پهنه‌هایی با مقادیر ۰ تا ۲ و ۲ تا ۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم در منطقه غالبیت داشته و دو پهنه با مساحت بسیار ناچیز در مرکز و جنوب منطقه‌ی مطالعاتی به دلیل نزدیکی به بزرگراه دیده شد. ولی در کل منطقه سرب پایین‌تر از حد مجاز بود.

منابع

۱. احيایی، م. و بهبهانی، ع.ا.، ۱۳۷۲. شرح روش‌های تجزیه‌ی شیمیایی خاک. نشریه‌ی سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، جلد اول، شماره‌ی ۸۹۳.
۲. دیانی، م.، محمدی، ج. و نادری، م.، ۱۳۸۸. تجزیه و تحلیل زمین‌آماري غلظت سرب، روی و کادمیوم در خاک‌های حومه‌ی سپاهان شهر واقع در جنوب اصفهان. نشریه‌ی آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، جلد بیست و سه، شماره‌ی چهار، صفحات ۶۷-۷۶.
۳. عبداللهی، س.، دلاور، م.ا. و شکاری، پ.، ۱۳۹۱. پهنه‌بندی توزیع مکانی سرب، روی و کادمیوم و ارزیابی آلودگی خاک‌های منطقه‌ی انگوران، استان زنجان. نشریه‌ی آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، جلد بیست و شش، شماره شش، صفحات ۱۴۲۰-۱۴۱۰.
۴. محمدی، ج.، ۱۳۸۵. پدومتری (آمار مکانی)، انتشارات پلک، جلد دوم، چاپ اول، ۴۵۴ صفحه.
5. Alloway BJ, 1999. Heavy metals in soils: Blackie and Glasgow. Ltd. London. Pp: 177-196.
6. Jiachun S, Haizhen W, Jianming X, Jianjun W, Xingmi L and Haiping Z, 2006. Spatial distribution of heavy metal in soil: A case study of Changing, China. Environ Geol. 10: 245-264.



پهنه‌بندی تغییرپذیری مکانی روی در کلاس‌های اندازه‌های ذرات خاک سطحی جنوب شهر اصفهان

شهناز محمودی^۱، جهانگرد محمدی^۲، مهدی نادری^۳

۱- کارشناس ارشد خاکشناسی ۲- دانشیار گروه خاکشناسی دانشگاه شهرکرد ۳- استادیار گروه خاکشناسی دانشگاه شهرکرد

مقدمه

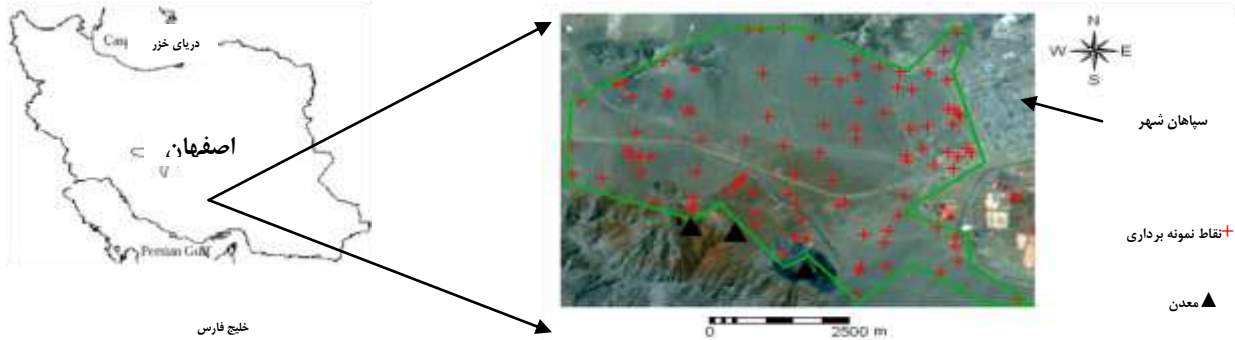
تاریخچه حیات بشر بر روی کره خاکی، حاکی از بهره‌مندی و استفاده وی از عناصر خاکی موجود در محیط زیست و در نتیجه تغییر توزیع سطحی مواد خاکی بر روی سطح زمین است. فعالیت‌های معدن‌کاوی به عنوان منبع اولیه فلزات سنگین بوده و تأثیر زیادی بر محیط اطراف خود دارند (رودریگز و همکاران، ۲۰۰۸). غلظت طبیعی عنصر روی در خاک‌ها بین ۱۷ تا ۱۲۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم و حد بحرانی آن ۳۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم است (کاباتا-پندیاس، ۲۰۰۰). اگر این عنصر بیش از حد معمول وارد چرخه‌ی غذایی انسان شود از لحاظ سلامتی بسیار خطرناک خواهد بود. در صورت بالا رفتن روی از حد مجاز در بدن باعث تولید مشکلاتی مانند عفونت، اسهال، اختلال در سیستم دفاعی، تأخیر در تکامل استخوانی و مشکلات روحی می‌شود (کاباتا-پندیاس و موکهرجی، ۲۰۰۷). بنابراین شناخت منابع، نحوه توزیع و تعیین ریسک آلودگی یک منطقه برای اعمال مدیریتی دقیق و کارآمد حائز اهمیت می‌باشد. یکی از مشکلات اصلی در ارزیابی وضعیت آلودگی منطقه عدم امکان نمونه‌برداری از تمامی نقاط می‌باشد. بدین منظور استفاده از راهکار مناسب جهت تعمیم نتایج حاصل از نقاط اندازه‌گیری شده به سایر نقاط توصیه می‌گردد. بیشتر مطالعات آلودگی فلزات سنگین از قبیل ارزیابی اثرات محیطی آلودگی فلزات سنگین با تعیین توزیع مکانی آن‌ها آغاز می‌شود. توصیف تغییرات مکانی، یک مولفه‌ی اصلی در ارزیابی خطرات آلودگی است (جاچون و همکاران، ۲۰۰۷). چونفا و همکاران (۲۰۰۸) کلاس وابستگی مکانی متوسط تا قوی را برای تغییرپذیری مکانی فلزات سنگین در چین گزارش کردند. جاچون و همکاران (۲۰۰۷) تغییرات مکانی فلزات سنگین را در چین بررسی و گزارش کردند که عناصر سنگین دارای وابستگی مکانی زیادی هستند و علت آن را مرتبط با عوامل طبیعی از قبیل مواد مادری، توپوگرافی و تنوع خاک دانستند. هدف این مطالعه بررسی الگوی تغییرپذیری مکانی روی و پهنه‌بندی پراکنش مکانی آن با استفاده از روش‌های زمین آماری است.

مواد و روشها

منطقه مورد مطالعه با وسعتی حدود ۹۰۰۰ هکتار در جنوب شهر اصفهان و در حومه سپاهان شهر واقع شده، و از لحاظ جغرافیایی در حد فاصل طول‌های جغرافیایی $38^{\circ} 40' 51''$ و $34^{\circ} 35' 51''$ شرقی و عرض‌های جغرافیایی $33^{\circ} 30' 79''$ و $32^{\circ} 33' 47''$ شمالی قرار دارد (شکل ۱) و جهت باد غالب منطقه به سمت شمال شرق می‌باشد. ۱۰۰ نمونه مرکب از خاک سطحی در عمق ۱۰-۰ سانتی‌متری برداشت شد. جداسازی ذرات خاک براساس قطر در کلاس‌های اندازه‌ای ۱۲۵-۷۵، ۷۵-۵۰، و <50 میکرون از طریق عملیات همزمان تکان دادن



توسط دستگاه شیکر و ساطع نمودن امواج ماورای صوت توسط دستگاه تراسونیک به مدت یک ساعت و سپس غربال نمودن توسط الک‌های با اندازه‌های مورد نظر صورت گرفت. غلظت کل عنصر روی پس از هضم نمونه‌ها در اسید نیتریک ۴ مولار و با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتری جذب اتمی اندازه‌گیری شد (اسپوزیتو، ۱۹۸۲).



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه و الگوی نمونه برداری بر روی تصویر ماهواره‌ای

صورت‌بندی کمی ساختار و الگوی تغییرپذیری مکانی غلظت عنصر در کلاس‌های اندازه‌ی ذرات خاک از طریق محاسبه‌ی تابع ریاضیاتی واریوگرام و برازش یک مدل نظری مناسب بر آن انجام شد:

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(x_i) - Z(x_i + h)]^2 \quad [1]$$

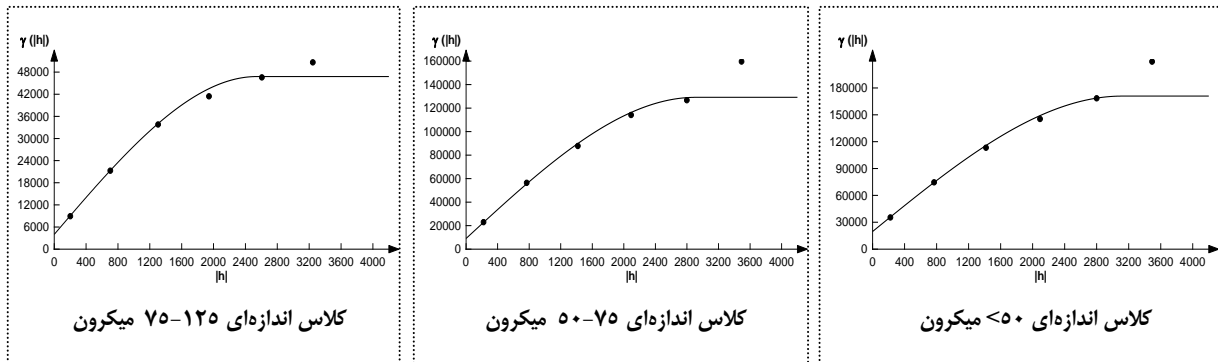
که در آن، $N(h)$ تعداد جفت نمونه‌های جدا شده در فاصله گام h و $Z(x_i)$ مقدار متغیر اندازه‌گیری شده در نقطه i و $Z(x_i + h)$ مقدار متغیر اندازه‌گیری شده در موقعیت مکانی $i+h$ می‌باشد (محمدی، ۱۳۸۵). واریوگرام تجربی متغیرها با استفاده از نرم افزار Variowin2.2 محاسبه و ترسیم شد. برای واریوگرام ایده‌آل، سه پارامتر را می‌توان به صورت اثر قطعه‌ای، حد آستانه و دامنه تأثیر بیان کرد. اثر قطعه‌ای واریانس مؤلفه غیر ساختاری (تصادفی)، آستانه بیانگر تقریبی از واریانس کل و دامنه تعیین کننده فاصله‌ای است که در فراتر از آن هیچ همبستگی مکانی بین مشاهدات یا نمونه‌ها وجود ندارد. پس از تعیین پارامترهای مدل، عمل کریجینگ به وسیله وزن‌های محاسبه شده برای هر نقطه صورت گرفت. به منظور تعیین وابستگی مکانی روی در کلاس‌های ذرات خاک، از نسبت بین واریانس اثر قطعه‌ای و واریانس کل استفاده شد. در این نسبت که معمولاً به صورت درصد بیان می‌شود، واریانس اثر قطعه‌ای به صورت درصدی از واریانس کل (حد آستانه) بیان شده است. اگر این نسبت کمتر از ۲۵٪ باشد نمایانگر وابستگی مکانی قوی، مقادیر ۲۵٪ تا ۷۵٪ به عنوان وابستگی مکانی متوسط و مقادیر بیشتر از ۷۵٪ معرف وابستگی مکانی ضعیف خواهد بود (جاچون و همکاران، ۲۰۰۷).

نتایج و بحث

به منظور بررسی ساختار تغییرپذیری مکانی غلظت روی در کلاس‌های اندازه‌ای مختلف ذرات خاک، اقدام به محاسبه‌ی واریوگرام همه جهته و برازش مدل نظری بر آن شد. واریوگرام‌ها در شکل ۲ و نتایج عددی آن‌ها در جدول ۱ نشان داده شده است. تمامی واریوگرام‌ها توسط مدل کروی برازش داده شدند. انتخاب مدل نظری واریوگرام‌ها مبتنی بر تفسیر و تحلیل کیفی چگونگی برازش رفتار کلی واریوگرام تجربی به بهترین وجه ممکن



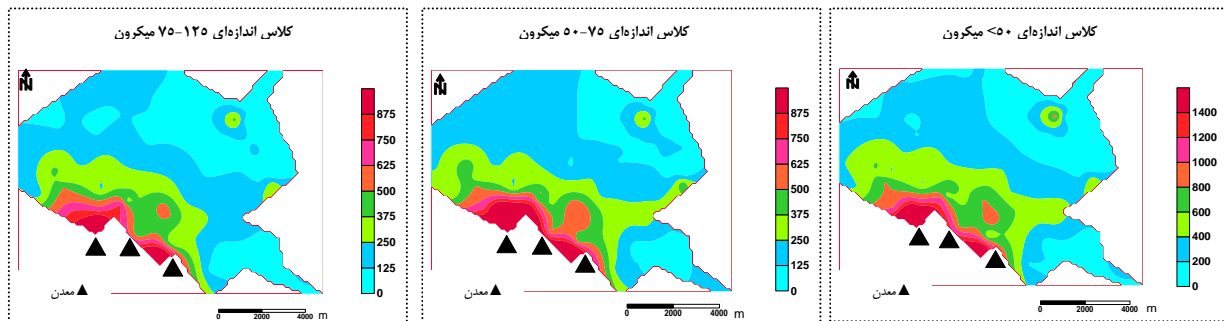
بوده است. نتایج تعیین درجه وابستگی مکانی، دلالت بر قوی بودن کلاس وابستگی مکانی غلظت روی در تمامی کلاس‌های اندازه‌ی ذرات خاک داشت. چونفا و همکاران (۲۰۰۸) کلاس وابستگی مکانی متوسط تا قوی برای واریوگرام‌های محاسبه شده‌ی غلظت فلزات سنگین در دره‌ی فویانگ چین گزارش کردند. مقایسه‌ی مقادیر دامنه محاسبه شده برای واریوگرام‌های غلظت روی نشان داد، دامنه‌ی تغییرپذیری مکانی غلظت آن عنصر در کلاس ذرات ریزتر تا حدودی بزرگ‌تر از ذرات درشت‌تر می‌باشد. این امر می‌تواند ناشی از پدیده‌ی ترقیق اتمسفری و نقش باد در گسترش و پراکنده‌تر نمودن ذرات ریزتر و حمل آن تا مسافت‌های بیش‌تر در مقایسه با ذرات بزرگ‌تر باشد. نقشه‌های کریجینگ در شکل ۳ نمایش داده شده‌اند.



شکل ۲- تغییرنماهای همه جهته روی در کلاس‌های اندازه‌ی ذرات خاک (میکرون)

جدول ۱- پارامترهای مدل‌های تغییرنمای غلظت کل روی (میلی گرم بر کیلوگرم) در کلاس‌های اندازه‌ی ذرات خاک (میکرون)

متغیر	مدل	اثر قطعه‌ای	حد آستانه	دامنه (متر)	درصد وابستگی مکانی	کلاس مکانی	وابستگی مکانی
Zn _{۱۲۵-۷۵}	کروی	۴۰۱۲/۱۰	۴۶۸۲۲/۰۰	۲۵۴۱	۸/۵۶	قوی	
Zn _{۷۵-۵۰}	کروی	۹۱۳۲/۶۷	۱۲۹۲۱۹/۶۷	۲۹۰۹	۷/۰۶	قوی	
Zn _{<۵۰}	کروی	۱۹۷۸۸	۱۷۰۹۸۲/۰۰	۳۱۱۵	۱۱/۵۷	قوی	



شکل ۳- نقشه‌های کریجینگ روی در کلاس‌های اندازه‌ی ذرات خاک (میکرون)

همان‌گونه که ملاحظه می‌شود، توزیع مکانی روی پیوسته و وابسته به موقعیت جغرافیایی نقاط نمونه‌برداری می‌باشد. حداکثر غلظت روی در نزدیکی و مجاورت منابع آلودگی (معادن) وجود داشته و با فاصله گرفتن از آن‌ها، غلظت عنصر کاهش پیدا می‌کند. اگرچه، در آلودگی‌های نقطه‌ای، مشاهده‌ی چنین الگویی بسیار مرسوم و



معمول می‌باشد؛ مع الوصف، چنین گرادیان و افت غلظت عنصر را می‌توان به گرادیان‌های مشابه در عوامل و فاکتورهای تأثیرگذار و کنترل‌کننده، مانند جهات اصلی میزان و سرعت وزش باد، تاریخچه و شدت فعالیت‌های معدن‌کاوی در منطقه یا اثر فاصله‌ی انتقال فلزات ترقیق شده در اتمسفر توسط باد نسبت داد. نکته مهم دیگر عبارت از هم‌راستایی جهت بادهای غالب در منطقه با مناطق مسکونی (شهرک سپاهان شهر) است که موجب الگوی نواری انتشار و انتقال آلاینده‌ها به سوی مناطق مسکونی شده است. بدیهی است، انتظار می‌رود که نوارهای غلظتی مربوط به ذرات ریزتر طول‌تر بوده و با سرعت بیش‌تری نواحی مسکونی را ملاقات نمایند. نقشه‌های کریجینگ دیگر خصوصیات خاک (مانند پ‌هاش، مواد آلی، شن و سیلت) منطقه ارائه شده توسط دیانی و محمدی (۲۰۱۰) حاکی از مشابهت بسیار زیاد بین الگوی پراکنش مکانی آن‌ها با الگوی توزیع مکانی غلظت عناصر فلزی مورد مطالعه است.

نتیجه‌گیری

با توجه به غلظت بالاتر از حد بحرانی روی در ذرات ریزتر خاک، جهت باد غالب در منطقه و اینکه این ذرات براحتی در اثر جریان هوا به وسیله باد منتقل می‌شوند آلودگی می‌تواند تهدید جدی برای افرادی باشد که در آن منطقه سکونت دارند.

منابع

- محمدی، ج. ۱۳۸۵. پدومتری (آمار مکانی). انتشارات پلک.
- Chunfa W, Jiaping W, Yongming L, Haibo Z and Ying T, 2008. Statistical and geochemical characterization of heavy metal concentrations in a contaminated area taking into account soil map units. *Geoderma* 144:171-179.
- Dayani M and Mohammadi J, 2010. Geostatistical assessment of Pb, Zn and Cd contamination in near-surface soils of the urban-mining transitional region of Isfahan, Iran. *Pedosphere* 20: 568-577.
- Jiachun S, Haizen W, Jianming X, Jianjun W, Xingmei L, Haiping Z and Chunlan Y, 2007. Spatial distribution of heavy metals in soil: a case study of Changxing, China. *Environmental Geology* 52:1-10.
- Kabata-pendias A and Mukherjee AB, 2007. Trace Elements from soil to human. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg.
- Kabata-pendias A and Pendias HK, 2000. Trace Elements in soils and plants. CRC Press, United States.
- Rodriguez JA, Nanos N, Grau JM, Gil L and Lopez-Arias M, 2008. Multiscale analysis of heavy metal contents in Spanish agricultural topsoils. *Chemosphere* 70:1085-1096.
- Sposito G, Lund LJ and Chang AC, 1982. Trace metal chemistry in arid-zone field soils amended sewage sludge: I. Fractionation of Ni, Cu, Zn, Cd, Pb in solid phases. *Soil Science Society of American Journal* 46:260-264.



قابلیت استفاده از داده‌های ماهواره IRS-P6 LISS-III برای تعیین خاک‌های آلوده به سرب در سپاهان شهر اصفهان

شهناز محمودی^۱، مهدی نادری^۲، جهانگرد محمدی^۳

۱- کارشناسی ارشد خاکشناسی ۲- استادیار گروه خاکشناسی دانشگاه شهر کرد ۳- دانشیار گروه خاکشناسی دانشگاه شهر کرد

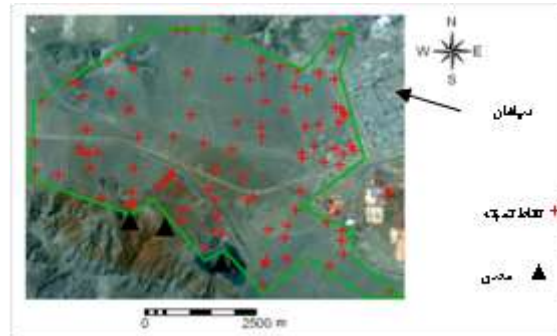
مقدمه

معدن به‌عنوان منبع اولیه فلزات سنگین بوده و تأثیر مهمی بر محیط‌های اطراف دارد. برای ارزیابی خطرات سلامتی انسان تحت تأثیر ذرات آلوده خاک اطلاع از اندازه ذرات اهمیت زیادی دارد، ذرات ریزتر دارای سطح ویژه بالایی بوده و لذا قادر به نگه‌داشت مقادیر بیش‌تری از عناصر سنگین می‌باشند (وانگ و همکاران، ۲۰۰۶). با توجه به هزینه بالای نمونه‌برداری و تجزیه‌های آزمایشگاهی امروزه به‌طور معمول از اسپکتروفتومتر و انعکاس طیفی برای تخمین غلظت آلاینده‌ها استفاده می‌شود. ارتباط خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها با بازتاب طیفی آن‌ها عموماً به صورت مدل‌های خطی و با استفاده از معادلات رگرسیون بیان می‌شود (محمدی و چیت ساز، ۱۳۸۱). کمپر و سومر (۲۰۰۲)، روش‌های آماری و اسپکتروسکوپی انعکاسی را برای تخمین فلزات سنگین به‌کار بردند و دریافتند می‌توان این تکنیک‌ها را در سنجش از دور به‌کار برد. یانزاهو و همکاران (۲۰۰۵)، امکان استفاده از انعکاس طیفی را به‌عنوان یک روش سریع و همزمان در ارزیابی عناصر آلاینده‌در چین مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که با استفاده از این روش پیش‌بینی غلظت Cu, Pb, Cr و Ni نسبت به As و Zn.Hg بهتر صورت گرفته است و پیشنهاد کردند که مطالعات آلودگی با استفاده از داده‌های واقعی سنجش از دور و اندازه‌گیری‌های میدانی صورت گیرد. چو و همکاران (۲۰۰۹)، از رگرسیون خطی چندگانه گام به گام برای کمی کردن فلزات سنگین استفاده و گزارش نمودند که انعکاس طیفی دامنه‌های مرئی و مادون قرمز نزدیک (۲۴۰۰-۴۰۰ نانومتر) به‌عنوان روشی سریع و ارزان در آنالیزهای کمی و توصیفی بسیاری از ترکیبات مورد توجه است. با توجه به اهمیت منطقه مورد مطالعه از نظر نزدیکی معادن سرب به مناطق کشاورزی و مسکونی ضرورت بررسی آلودگی این مناطق وجود دارد. این ضرورت مستلزم هزینه‌های زیاد نمونه‌برداری و تجزیه شیمیایی است و با توجه به وجود آلودگی نظیر این منطقه در دیگر نقاط کشور ارزیابی امکان استفاده از داده‌های ماهواره‌ای برای تعیین آلودگی در این منطقه گنجانده شد. هدف این مطالعه اندازه‌گیری غلظت کل سرب در کلاس‌های مختلف اندازه ذرات معدنی خاک و بررسی روابط بین غلظت فلز مورد نظر و انعکاس‌های طیفی حاصل از سنجنده IRS-LISS-III می‌باشد.

مواد و روشها

منطقه مورد مطالعه با وسعت محدود ۹۰۰۰ هکتار در جنوبشهر اصفهان در حومه سپاهان شهر واقع شده است (شکل ۱). ۱۰۰ نمونه مرکباز خاکسختیدر عمق ۱۰-۰ سانتی‌متری برداشت شد. جداسازی ذرات خاک کبراساسقطردر پنج کلاس اندازه‌های ۵۰۰-۲۵۰، ۲۵۰-۱۲۵، ۱۲۵-۷۵، ۷۵-۵۰ و ۵۰-۰ میکرون از طریق عملیات همزمان تکان دادن توسط دستگاه شیکر و

ساطع نمودن امواج ماورای صوت توسط دستگاه التراسونیک و سپس غربال نمودن توسط الک‌های با اندازه‌های مورد نظر صورت گرفت. غلظت کل سرب پس از هضم نمونه‌ها در اسید نیتریک ۴ مولار و با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتری جذب اتمی انجام شد. (اسپوزیتو، ۱۹۸۲).



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه و الگو نمونه برداری بر روی تصویر ماهواره‌ای

اطلاعات ۴ باند ماهواره IRS-P6 LISS-III برداشت شده در نزدیک‌ترین زمان به هنگام نمونه‌برداری مورد استفاده قرار گرفتند. به کمک داده‌های استخراج شده از نقشه‌های توپوگرافی منطقه و اطلاعات میدانی برداشت شده به کمک سامانه موقعیت جهانی تصحیح هندسی تصاویر صورت گرفت. تصاویر اصلاح شده براساس مدل ارائه شده توسط مارخام و باکر (۱۹۸۷) به گونه‌ی زیر به رادیانس یا تشعشع تبدیل شدند.

$$L_{\lambda} = offset + Gain(B_{\lambda}) \quad [1]$$

که در این معادله L_{λ} تشعشع ($watt \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1} \cdot \mu m^{-1}$) Offset، عرض از مبدأ، Gain شیب و B_{λ} باند مربوطه. نهایتاً تشعشع ثبت شده براساس معادله ۲ به انعکاس تبدیل گردید.

$$\rho_p = \frac{\pi \cdot L_{\lambda} \cdot d^2}{E_{sun\lambda} \cdot \cos \theta} \quad [2]$$

که در این معادله ρ_p انعکاس، d فاصله زمین تا خورشید (واحد نجومی)، θ زاویه زنیط خورشید (درجه) و $E_{sun\lambda}$ میزان تشعشع خورشیدی در خارج از اتمسفر است. میزان انعکاس باندهای مختلف ماهواره IRS-P6 برای تمام نقاط نمونه‌برداری استخراج گردید. مدل‌های رگرسیون چند متغیره گام به گام جهت برآورد سرب با استفاده از انعکاس باندهای ماهواره‌ای تشکیل شدند. با استفاده از این مدل‌ها اقدام به برآورد مقادیر عددی غلظت سرب شد.

نتایج و بحث

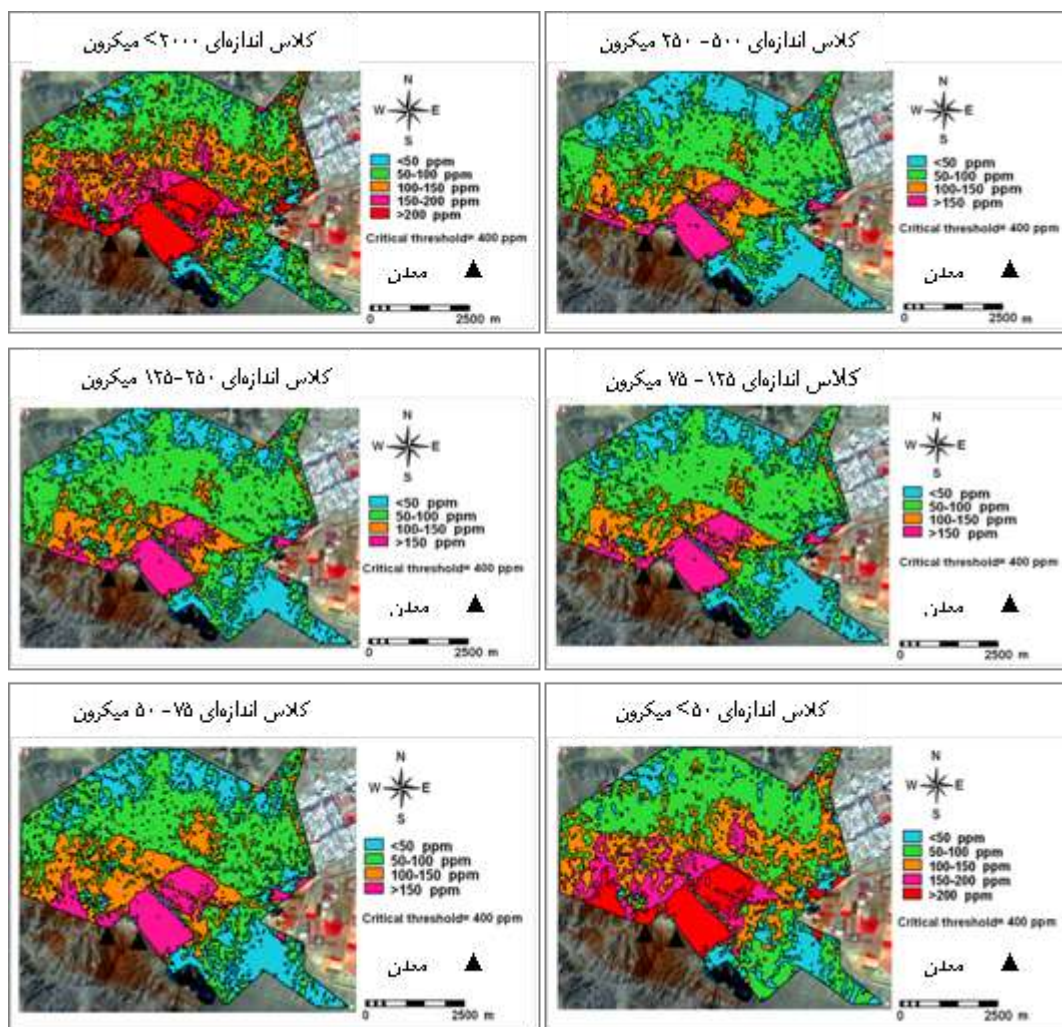
بین غلظت سرب در کلاس‌های اندازه‌ای ذرات خاک و انعکاس باندهای ۲، ۳ و ۴ ماهواره همبستگی منفی و معنی‌داری وجود دارد که بیانگر امکان تخمین غلظت سرب در کلاس‌های اندازه‌ای ذرات خاک به کمک باندهای مرئی و مادون قرمز نزدیک است. افزایش غلظت عناصر سنگین در خاک سبب کاهش انعکاس خاک می‌شود که همبستگی منفی این پدیده را تایید می‌کند. یانزا هو و همکاران (۲۰۰۵)، همبستگی منفی و معنی‌داری را بین باندهای آبی، سبز و قرمز از طیف نور مرئی و باند مادون قرمز نزدیک با عناصر روی، سرب و کادمیوم گزارش کردند. مناسب‌ترین مدل‌های رگرسیونی برای تخمین غلظت سرب در کلاس‌های اندازه‌ای ذرات خاک در

جدول ۱ ارائه شده اند. برای تخمین سرب در همه ی کلاس های اندازه های ذرات خاک انعکاس باندهای قرمز و مادون قرمز نزدیک وارد مدل ها شده اند. با استفاده از مدل های بدست آمده نقشه های پراکنش غلظت سرب در منطقه پهنه بندی شد (شکل ۲).

جدول ۱- مدل های رگرسیون چند متغیره برای تخمین غلظت سرب در کلاس های اندازه های ذرات خاک (میکرون)

مدل	F	R ²
$Pb_{<2000} \text{ mg kg}^{-1} \text{ soil} = 336.07 - 4352.29 (\text{band } 3) + 3276.93 (\text{band } 4)$	۲۹ **	۰/۴۳
$Pb_{250-500} \text{ mg kg}^{-1} \text{ soil} = 245.2 - 3178.86 (\text{band } 3) + 2381.09 (\text{band } 4)$	۲۶ **	۰/۴۰
$Pb_{125-250} \text{ mg kg}^{-1} \text{ soil} = 250.69 - 3093.97 (\text{band } 3) + 2307.48 (\text{band } 4)$	۲۴ **	۰/۳۸
$Pb_{75-125} \text{ mg kg}^{-1} \text{ soil} = 291.69 - 3152.04 (\text{band } 3) + 2283.18 (\text{band } 4)$	۲۵ **	۰/۴۰
$Pb_{50-75} \text{ mg kg}^{-1} \text{ soil} = 301.51 - 3407.41 (\text{band } 3) + 2490.36 (\text{band } 4)$	۲۳ **	۰/۳۸
$Pb_{<50} \text{ mg kg}^{-1} \text{ soil} = 393.81 - 4463.69 (\text{band } 3) + 3267.68 (\text{band } 4)$	۲۶ **	۰/۴۰

(P<0.01): **



شکل ۲- برآورد غلظت سرب در کلاس های اندازه های ذرات خاک در منطقه



نقشه‌های مذکور نشان می‌دهند که در اطراف معادن آلودگی حداکثر و با افزایش فاصله آلودگی کاهش می‌یابد. دامنه طبیعی غلظت سرب در خاک‌ها ۱۰۰-۱۰ و حد بحرانی آن ۴۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم است (کاباتا-پندیاس، ۲۰۰۰). بنابراین در کل منطقه مورد مطالعه، غلظت سرب در همه‌ی کلاس‌های اندازه‌ای ذرات خاک کمتر از حد بحرانی آن در خاک است. نتایج اخذ شده در این مطالعه با نتایج مطالعاتی که در دیگر نقاط انجام شده است مطابقت دارد برای مثال کمپر و سومر، ۲۰۰۲ در مدل‌های رگرسیونی چند متغیره گام به گام از اطلاعات باندهای قرمز و مادون قرمز نزدیک برای تخمین سرب در اسپانیا استفاده کردند. چو و همکاران، ۲۰۰۸ از مدل‌های رگرسیونی چند متغیره گام به گام برای بررسی پراکنش عناصر سنگین در اطراف معدن روداکویلا در اسپانیا استفاده کردند و به این نتیجه رسیدند که اطلاعات باندهای آبی و قرمز به‌عنوان متغیر مستقل در معادلات مربوط به تخمین غلظت سرب وارد مدل‌ها شده‌اند.

نتیجه‌گیری

مطالعه نقشه‌های به‌دست آمده نشان می‌دهد که داده‌های ماهواره IRS قادراند مقادیر و روند تغییرات آلودگی سرب را در منطقه بخوبی نشان دهند. با توجه به وجود سرب در خاک‌های منطقه، تجمع زیاد آن در ذرات ریزتر خاک و گسترش فعالیت‌های معدنی ساکنین منطقه در معرض خطر آلودگی قرار دارند. به دلیل اینکه ذرات کوچکتر از ۱۰۰ میکرون به صورت معلق جابجا می‌شوند پیشنهاد می‌شود که در مناطق صنعتی و آلوده به فلزات سنگین از جمله منطقه مورد مطالعه حفاظت فیزیکی و بیولوژیکی در مقابل فرسایش بادی صورت گیرد.

منابع

محمّدی، ج. و پیت‌سازو، ۱۳۸۱. مقایسه تخمین‌گرهای ژئواستاتستیکی و رگرسیون خطی جهت برآورد برخی از خصوصیات خاک سطحی به کمک داده‌های رقومی TM. مجله علوم آب و خاک، جلد شانزدهم، شماره ۲. صفحات ۱۹۷ تا ۲۰۵.

Choe E, Meer F, Ruitenbeek F, Werff H, Smeth B and Kim K, 2008. Mapping of heavy metal pollution in stream sediments using combined geochemistry, field spectroscopy, and hyperspectral remote sensing: A case study of the Rodalquilar mining area SE Spain. *Remote Sensing of Environment* 112, 3222-3233.

Kabata-pendias A and Pendias HK, 2000. Trace Elements in soils and plants. CRC Press, United States.

Kemper T and Sommer S, 2002. Estimate heavy metal contamination in soil after a mining accident using reflectance spectroscopy. *Environmental Science and Technology* 36: 2742-2747.

Markham BL and Barker JL, 1987. Thematic mapper bandpass solar exoatmospheric irradiances. *International Journal of Remote Sensing*.

Sposito G, Lund LJ and Chang AC, 1982. Trace metal chemistry in arid- zone field soils amended sewage sludge: I. Fractionation of Ni, Cu, Zn, Cd, Pb in solid phases. *Soil Science Society of American Journal* 46:260-264.

Wang X, Qin Y and Chen Y, 2006. Heavy metals in urban roadside soils, part 1: effect of particle size fractions on heavy metals partitioning. *Environmental Geology* 50: 1061-1066.

Yanzaho W, Jun C, Xinmin W and Qingjiu T, 2005. Possibilities of reflectance spectroscopy for assessment of contamination element in suburban soil. *Applied Geochemistry* 20: 1051-1059.



تهیه نقشه تفصیلی حاصلخیزی خاکهای با شوری کم در اراضی تحت کشت گندم آبی

جمال بنی نعمة^۱ و عزیز مؤمنی^۲

۱- عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

۲- عضو هیئت علمی مؤسسه تحقیقات خاک و آب

مقدمه

شناخت خصوصیات خاک برای بهره برداری از اراضی جهت بدست آوردن حداکثر محصول امری الزامی است. پراکنش عناصر غذایی در خاک میتواند الگوی مناسبی برای رفتار مناسب در استفاده از خاک باشد. نمونه برداری منظم از خاک یکی از روشهای نوین در استفاده بهینه از خاک و مصرف کود میباشد. یکی از تکنیکهای نوین روش کریجینگ است. مک برانتی و وبستر (۱۹۸۳) از جمله اولین کسانی بودند که کاربرد تکنیک کریجینگ را برای تخمین ساختار مکانی خواص خاک توصیه نمودند. در تکنیک کریجینگ میان یابی با اعمال یک وزن متوسط بر مقادیر اندازه گیری شده انجام میشود. کریجینگ یک تحلیل گر محلی است و خطای تخمین را میتوان با اندازه گیری ارزش متغیر مورد نظر در نقاط همجوار یا نزدیک نقاطی که ارزش آن متغیر در آن ها تخمین زده شده است، ارزیابی نمود.

بطور کلی هر چه انبوهی نقاط مشاهداتی زیادتر باشد انتظار میرود که خطای میانیابی کاهش یابد. از طرفی انبوهی نمونه برداری لازم برای کاهش خطای تخمین مستلزم هزینه زیادتر است و از طرفی دیگر همیشه نمی توان تعداد نمونه گیری را در حد بهینه انجام داد. بنابراین قبل از نمونه برداری تخمینی از ساختار مکانی هر متغیر مورد نظر بدست آورده و بر اساس نتایج بدست آمده آن الگوی نمونه برداری را تعیین می نمائیم. مومنی و زینگ (۱۹۹۹) با آنالیز یک مجموعه داده بزرگ مربوط به دشت مرو دشت فارس و کاربرد تکنیک کریجینگ فاصله نمونه برداری را برای نیتروژن کل برابر ۳۹۰۰ متر، برای فسفر قابل دسترس گیاه ۳۶۰۰ متر، برای پتاسیم قابل دسترس گیاه ۳۶۹۰ متر و برای ماده آلی خاک ۲۱۸۰ متر تعیین نمودند. دلیل دامنه تغییرات وسیع در مورد متغیرهای فوق بدلیل تداوم کشت یکنواخت در طول قرون متمادی که طی آن یکنواخت شدن میزان تخلیه خاک از مواد غذایی صورت می گیرد عنوان شده است.

در نقشه های خاکشناسی بجای تعیین حدود تغییرات و پراکنش مکانی خصوصیات خاک در هر واحد نقشه تاکید بر ترکیب واحد نقشه است بدون اینکه پراکنش مکانی و حدود تغییرات خواص خاک در واحد نقشه تعیین شود. در تکنیک مدرن شبیه سازی خاک به عنوان یک چشم انداز با خصوصیات پیوسته انگاشته شده و بیشتر پراکنش مکانی خصوصیات آن مورد نظر است تا اینکه صرفا ترکیب واحد نقشه مد نظر باشد. یانگ و همکاران (۱۹۹۸) علاوه بر آن در مطالعات خاکشناسی اساس تفکیک سری های خاک، مشخصات پروفیل های شاهد منطقه می باشد.

این مشخصات شامل یک سری آنالیزهای شیمیایی محدود و معین می باشد. بنابراین داده های موجود نمی تواند جوابگوی تمام نیازهای رویشی گیاه باشند. بویژه امروز بحث کشاورزی دقیق وجود دارد که در آن هم نوع داده مورد نیاز و هم انبوهی نقاط نمونه برداری از خاک ایجاب میکند که نقشه های حاصلخیزی خاک تهیه شوند و در آنها اطلاعات مربوط به مقدار و پراکنش مکانی عناصر اصلی، عناصر ثانویه و عناصر کم مصرف مورد



استفاده گیاه تامین شود (University of Illinois, 2002). در سیستم کشاورزی فعلی ایران که بر پایه سنتی استوار است مدیریت مزرعه بصورت یکنواخت انجام می شود. در سیستم کشاورزی مدرن در مقایسه مدیریت مزرعه با نرخ متغیر و متناسب با خصوصیات خاک و بطور ویژه مکانی صورت می گیرد که روش منطقی برای تولید کشاورزی و در عین حال حفظ محیط زیست است.

کمبود عناصر کم مصرف در یک منطقه بستگی به نوع محصول دارد. در ایالت ایلوی نوین آمریکا بررسی وضعیت حاصلخیزی خاک نشان داد که کمبود عناصر کم مصرف محدود میشود به کمبود بر در یونجه، روی در ذرت و آهن و منگنز در سویا (University of Illinois, 2002). نقشه حاصلخیزی خاک، وضعیت ذخیره خاک از نظر عناصر کم مصرف و عبارتی توان خاک در برآورد کردن نیازهای رویشی گیاهان را مشخص خواهد کرد.

مواد و روشها

چون هدف از اجرای این طرح بررسی و مطالعه اراضی با شوری در حد کم میباشد، لذا سعی گردید منطقه ای که دارای این مشخصات است انتخاب گردد. معمولاً شوری در اراضی بطور یکنواخت نبوده بلکه با درجات متفاوت میباشد و تعیین محلی که فقط دارای شوری در حد کم باشد اگر غیر ممکن نباشد بسیار مشکل است. برای انتخاب محل اجرای طرح جهت بررسی وضعیت مواد غذایی در این خاکها ابتدا نقشه خاکهای منطقه جنوب استان خوزستان مورد بررسی دقیق قرار گرفت. پس از بررسی های میدانی، این منطقه در اراضی جنوب استان انتخاب و محدوده آن در نقشه های توپوگرافی کوت سید صالح مشخص گردید. برای جانمایی عناصر غذایی خاک بر روی نقشه یک منطقه 2000 هکتاری انتخاب شد و در این اراضی به فواصل 350×350 متر توسط مته نمونه برداری تا عمق 30 سانتیمتری نمونه مرکب که مخلوطی از 5 الی 10 نمونه ساده است اقدام شد. به منظور یافتن نقاط در یک شبکه بندی منظم از دستگاه مکان یاب ماهواره ای استفاده گردید. نمونه ها پس از برداشت و اتیکت گذاری جهت تجزیه های فیزیکی و شیمیایی به آزمایشگاه ارسال شد. در مرحله تجزیه و تحلیل اطلاعات از روش های پیش بینی و میانبایی نقاط استفاده شد. به طور کلی روش های میانبایی جهت انجام مطالعات مختلف به دو دسته تقسیم می شود. نخست روش های میانبایی که توسط توابع ریاضی صورت می پذیرند و دوم روش های زمین آماری که هم بر اساس توابع آماری و هم توابع ریاضی می باشد که مهمترین اساس آن بررسی تغییرات ساختار فضایی از طریق تجزیه و تحلیل نیم تغییر نما می باشد. یکی از روش های معمول میانبایی زمین آمار که در علوم خاک بسیار مورد استفاده قرار میگیرد، روش کریجینگ می باشد. پس از تجزیه های لازم بر روی کلیه نمونه خاکهای تهیه شده با استفاده از نرم افزارهای پهنه بندی اقدام به تهیه نقشه حاصلخیزی شده و با استفاده از بانک اطلاعاتی تشکیل شده محاسبات آماری از نظر پراکنش انجام شد.

نتایج و بحث

با توجه به نتایج اولیه تجزیه نمونه ها نشان از فقر خاکها از مواد آلی و شوری کم تا زیاد دارد. نظر باینکه در طرح تفصیلی حاصلخیزی خاکهای با شوری کم، شوری نمونه ها نباید بیشتر از 16 دسی زیمنس بر متر باشد لذا نمونه هایی که شوری آنها از این حد بیشتر باشد مورد تجزیه کامل قرار نگرفت و نمونه های دیگری جایگزین شد.



مقادیر عناصر غذایی کم مصرف آهن، روی، منگنز و مس بر اساس حدود بحرانی بدست آمده در خاک های تحت کشت گندم آبی ایران (بلالی، ملکوتی، مشایخی و خادمی، ۱۳۷۵) در کلیه استانهای کشور از جمله شمال و جنوب خوزستان (جدول ۱) به شرح زیر اعلام میگردد:

مقدار روی از ۰/۱۸ تا ۱/۹ میلیگرم در کیلوگرم متغیر است و در ۸۷ درصد نقاط مطالعاتی کمتر از حد بحرانی و با کمبود شدید روی گزارش می گردد.

مقدار منگنز از ۲/۵۲ تا ۱۴/۷ میلیگرم در کیلوگرم متغیر و در ۴۴ درصد نقاط مطالعاتی کمتر از حد بحرانی و با کمبود شدید منگنز مواجه است.

مقدار آهن از ۳/۳۶ تا ۳۳/۸ میلیگرم در کیلوگرم متغیر است و در ۲۴ درصد نقاط مطالعاتی کمتر از حد بحرانی و با کمبود شدید آهن گزارش می گردد.

مقدار مس از ۰/۶۱ تا ۲/۹۵ میلیگرم در کیلوگرم متغیر و مقدار آن در غالب نقاط مطالعاتی در حد مطلوب می باشد.

کربن آلی از ۰/۲۱ تا ۱/۳۸ درصد متغیر است و حدود ۸۹ درصد نمونه های مطالعاتی دارای کربن آلی کمتر از ۱ درصد هستند.

مقدار فسفر از ۰/۵۳ تا ۴۰ میلیگرم در کیلوگرم متغیر است و در ۸۰ درصد نقاط مطالعاتی کمتر از ۱۰ میلی گرم در کیلوگرم می باشد.

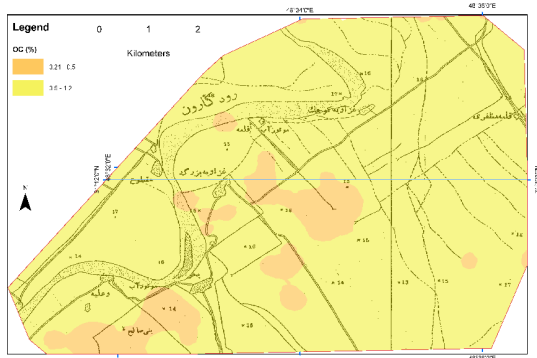
مقدار پتاسیم از ۵۲ تا ۴۲۰ میلیگرم در کیلوگرم متغیر است و در ۹۳ درصد نقاط مطالعاتی کمتر از ۲۵۰ میلی گرم در کیلوگرم گزارش می گردد.

شوری از ۲/۲۱ تا ۲۷/۷ دسی زیمنس بر متر متغیر است و حدود ۸۲ درصد نمونه های مطالعاتی دارای شوری کمتر از ۱۶ دسی زیمنس بر متر هستند.

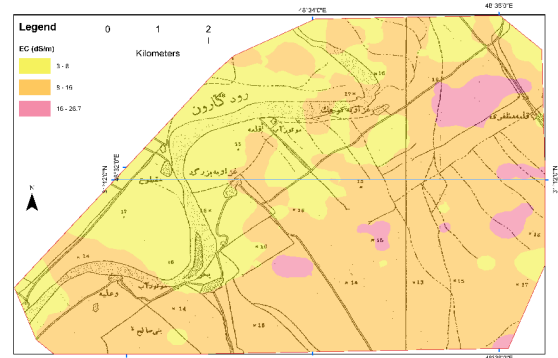
نتایج پس از وارد شدن به بانک اطلاعات مکاندار با استفاده از نرم افزارهای پهنه بندی به صورت نقشه رقومی تهیه گردید. نظر باینکه میانمایی داده ها به روش کریجینگ در این تحقیق از همبستگی مکانی برخوردار نبوده و گراف بدست آمده، ساختار فضائی مشخصی در پیوستگی مکانی داده ها را نشان نمی دهد لذا میانمایی از روش Inverse distance استفاده گردید. در ذیل پهنه بندی شوری، کربن آلی و عناصر کم مصرف منطقه مورد مطالعه با استفاده از روش فوق به صورت نقشه و در اشکال ۱ الی ۶ ارائه شده است.

جدول ۱- حد بحرانی عناصر کم مصرف Fe، Zn، Mn و Cu در استان خوزستان

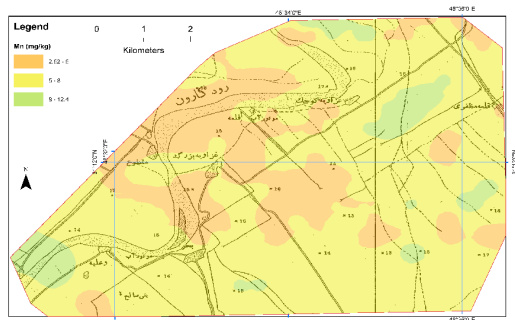
حد بحرانی (میلی گرم در کیلوگرم)				نام استان یا منطقه
مس	منگنز	روی	آهن	
۰/۵۷	۵/۲	۰/۸۳	۸	خوزستان - اهواز
۰/۵۷	۴/۶	۰/۴	-	خوزستان - دزفول



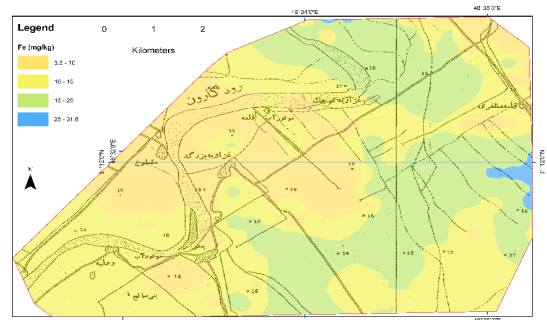
شکل ۲- پراکنش مکانی کربن آلی



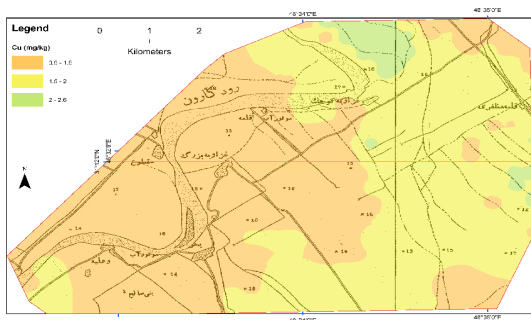
شکل ۱- پراکنش مکانی شوری



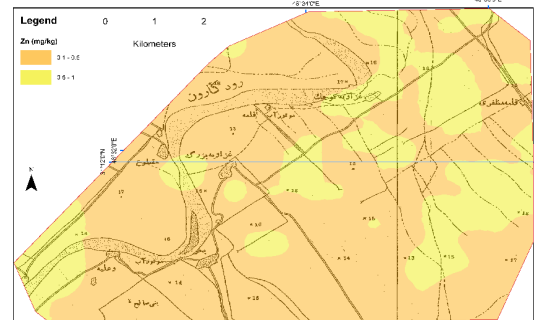
شکل ۴- پراکنش مکانی منگنز



شکل ۳- پراکنش مکانی آهن



شکل ۶- پراکنش مکانی مس



شکل ۵- پراکنش مکانی روی

منابع

- ۱- حسنی پاک، ع.ا. ۱۳۷۷. زمین آمار (ژئواستاتستیک). انتشارات دانشگاه تهران.
- ۲- نقشه های توپوگرافی منطقه به مقیاس ۱:۵۰۰۰۰، سازمان جغرافیائی کشور.
- 3-McBratney, A. B. and R. Webster. 1983. Optimal interpolation and isarithmic mapping of soil properties: V co-regionalization and multiple sampling strategy. Journal of soil Science, 34: 137-162 pp.
- 4- Young, F. J., R. D. Hammer and F. Williams. 1998. Evaluating central tendency and variance of soil properties within map units. Soil Sci. Soc. Am. J., 62: 1640-1646 pp.
- 5- 10- U.S. Salinity Laboratory. 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. USDA Handbook No. 60. University of Illinois, 2002. Illinois agronomy handbook (23th edition). University of Illinois, 321 p.



بکارگیری روش پردازش تصویر جهت تعیین میزان فسفر در خاک

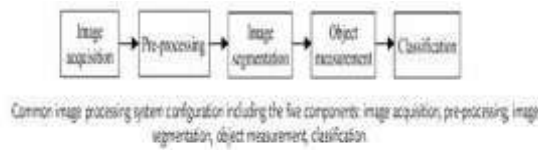
سید مجتبی نوری حسینی، صمد نظر زاده، حمید رضا ذبیحی، مجید فروهر
اعضای هیئت علمی بخش تحقیقات خاک و آب و بخش تحقیقات فنی و مهندسی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی
خراسان رضوی

مقدمه

از مهمترین عملیات کشاورزی شناخت خاک به عنوان بستر اصلی رشد و نمو گیاه است. جهت تشخیص فاکتورهای خاک به روش پردازش تصویر از مایشات زیادی صورت گرفته است. طی تحقیقی با استفاده از روش پردازش تصویر و تهیه تصاویر از نمونه های خاک، وضعیت تخلخل خاک و حرکت آب را مورد بررسی قرار گرفت و نتایج ارزیابی با پردازش تصویر مورد قبول واقع گردیده است (Prado, B. et al. 2009). همچنین در تحقیق دیگری وضعیت رطوبت خاک با فن آوری پردازش تصویر مورد ارزیابی قرار گرفت و ضریب همبستگی خوب در حد ۰/۷۰۷. بین نتایج آنالیز رنگ با میزان رطوبت ایجاد گردید (Zheng, L. Minzan, I. 2005). در تحقیق دیگری وضعیت دانه بندی و بافت خاک با روش پردازش تصویر با عکسهای تهیه شده مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفت که نتایج قابل قبولی را همراه گردید (Bogrecki, r. Godwin, j. 2007) حاصلخیزی خاک و تعادل عناصر غذایی از جمله فسفر نیز از مهمترین عوامل تاثیر گذار می باشد. ترکیبات فسفری نسبتا غیر محلولند و حرکت آن ها در نیمرخ خاک تابعی از میزان رطوبت است. جهت تشخیص و مقایسه رنگ خاک میتوان از روش پردازش تصویر استفاده کرد در این روش با استفاده از اسکنر سطح خاک اسکن شده و تصویر تهیه شده توسط اسکنر توسط نرم افزار مطلب (MATLAB) که قابلیت پردازش تصویر را دارد، تجزیه رنگ میگردد. رنگ های اجسام از ترکیب سه رنگ اصلی قرمز، سبز و آبی تشکیل شده است که به کدهای رنگی معروف است که کدهای رنگی بر اساس رنگ از صفر تا ۲۵۵ تقسیم بندی میشود. پردازش تصویر رقمی دانش جدیدی است که سابقه آن به پس از اختراع رایانه های رقمی باز می گردد. با این حال این علم نوپا در چند دهه اخیر از هر دو جنبه نظری و عملی پیشرفتهای چشمگیری داشته است. سرعت این پیشرفت به اندازه ای بوده است که هم اکنون و پس از این مدت نسبتا "کوتاه، به راحتی می توان رد پای پردازش تصویر رقمی را در بسیاری از علوم و صنایع مشاهده نمود. در پردازش تصاویر رقمی، معمولا از شیوه هایی که به شکل الگوریتم بیان می شود، استفاده می گردد. بنابراین غیر از تصویربرداری و نمایش تصویر، می توان اغلب عملیات پردازش تصویر را با نرم افزار اجرا کرد. تنها علت استفاده از سخت افزار ویژه پردازش تصویر، نیاز به سرعت بالا در بعضی کاربردها و یا غلبه بر بعضی محدودیت های اساسی رایانه است. بنابراین سامانه های پردازش تصویر امروزی ترکیبی از رایانه های متداول و سخت افزارهای ویژه پردازش تصویر است که کار همه آنها به وسیله نرم افزار در حال اجرا روی رایانه اصلی هدایت می شود. از مشخصه های علم پردازش تصویر، کاربردی بودن آن در زمینه های متفاوت است. بنابراین فونونی که در یک مورد خوب کار می کنند، ممکن است در دیگری کاملا "ضعیف باشند. تنها فایده وجود سخت افزار قوی و نرم افزار پایه در حال حاضر این است که نقطه شروع کار نسبت به یک دهه پیش پیشرفته تر (و بازای صرفا کسری از هزینه آن موقع) می باشد. بطور کلی هنوز هم پیدا کردن راه حل واقعی برای یک مساله خاص نیازمند تحقیق و توسعه فراوان است (خادمی و جعفری، ۱۳۸۷). پردازش تصویر کاربردهای



مهمی دارد از آن جمله می توان به کاربرد آن در عکاسی، پزشکی، امنیتی، نظامی، سنجش از راه دور، صنعتی و کشاورزی اشاره نمود. فرایند پردازش تصویر مطابق دیاگرام شکل ۱ میباشد:



شکل ۱- بلوک دیاگرام فرآیند پردازش تصویر

در این فرآیند ابتدا تصاویر اسکن شده با رزولوشن خوب در حد ۶۰۰dpi تهیه شده و سپس تصاویر طی مراحل مختلف پیش پردازش و پردازش توسط نرم افزار مطلب در بخش پردازش تصویر مورد بررسی قرار گرفته و پیکسل های مختلف تصویر را در قالب ماتریسهای سه رنگی RGB نمایش میدهد (خادمی و جعفری).

مواد و روشها

این تحقیق با استفاده از نمونه های خاک تهیه شده در طرح پایش خاکهای کشاورزی خراسان رضوی انجام گرفته است. نمونه های خاک به تعداد ۲۰ عدد که بر اساس روش آزمایشگاه خشک و سپس با الک دو میلی متری غربال و آماده شده است جهت اسکن با اسکنر جنیوس (Genius) مدل Color Page - HR6X Slim مورد استفاده قرار گرفت. درجه اسکن با حداکثر رزولوشن (600dpi) و جهت تفکیک بهتر رنگ، با کنتراست ۳۰ و روشنایی ۲۰ تنظیم شده و سپس نمونه ها بر روی سطح اسکنر به ابعاد ۵ در ۵ سانتی متر پخش و از سطح زیرین خاک اسکن شد. تصاویر تهیه شده مورد بررسی و آنالیز پردازش تصویر قرار گرفته که نتایج آنالیز رنگ با نتیجه آنالیز فسفر نمونه های آزمایشگاه مورد مقایسه قرار گرفته و همبستگی بین آنها بررسی گردید.

الگوریتم پردازش:

هر تصویر دیجیتال شامل تعداد زیادی پیکسل است که در تصاویر رنگی هر پیکسل تصویر از سه لایه رنگ اصلی قرمز و سبز و آبی قرمز، آبی، سبز (RGB) تشکیل شده است که ترکیب این سه رنگ پیکسل را ایجاد می کند. برای کار کردن با تصاویر دیجیتال در نرم افزارهای کامپیوتری تصویر مورد نظر به یک ماتریسی از اعداد تبدیل می شود، این ماتریس در تصاویر سیاه-سفید و تصاویر خاکستری ماتریسی دو بعدی است که مقدار هر پیکسل آن از صفر که نشان دهنده رنگ سیاه می باشد تا ۲۵۵ که نشان دهنده رنگ سفید می باشد متغیر است. ماتریس در تصاویر رنگی ماتریسی سه بعدی است که بعد سوم آن شامل ۳ لایه به اختصار R, G, B است که عددی که در درون هر یک از این لایه ها قرار دارد از ۰ تا ۲۵۵ می تواند تغییر کند. در استاندارد RGB مقدار عددی رنگ قرمز، سبز و آبی در محدوده ۰ تا ۲۵۵ میباشد (خادمی و جعفری ۱۳۸۷).

نتیجه گیری

عکسهای گرفته شده در قالب فایل ذخیره و در محیط نرم افزار مطلب مورد بررسی قرار گرفت. در شکل ۲ نمونه ای از تصاویر اسکن شده دیده میشود.



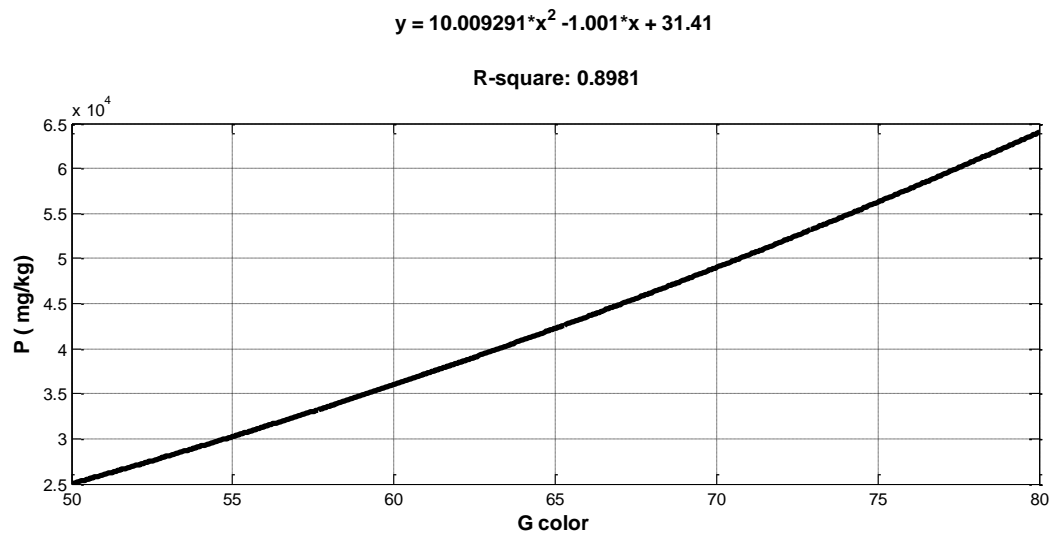
شکل ۲- نمونه تصاویر اسکن تهیه شده از نمونه های خاک طرح پایش

نتایج آنالیز رنگ تصاویر توسط نرم افزار مطلب و همچنین میزان فسفر خاک برحسب ppm در نمونه ها در جدول شماره ۱ نشان داده شده است:

جدول ۱- نتایج آنالیز تصاویر و میزان فسفر خاک در نمونه ها

No.	R	G	B	R+G	G+B	R+B	R+G+B	P
713	85.0407	66.7753	52.2861	151.816	119.0614	137.3268	204.1021	2
725	87.7491	70.4485	56.5051	158.1976	126.9536	144.2542	214.7027	7.2
727	79.9662	65.8084	53.5751	145.7746	119.3835	133.5413	199.3497	8.8
729	92.764	74.4987	59.0408	167.2627	133.5395	151.8048	226.3035	8
731	76.6882	58.8964	46.8153	135.5846	105.7117	123.5035	182.3999	4.8
733	82.4295	64.1081	51.1123	146.5376	115.2204	133.5418	197.6499	5.2
735	79.6327	63.5649	50.6768	143.1976	114.2417	130.3095	193.8744	8.8
740	74.1546	58.4883	47.9934	132.6429	106.4817	122.148	180.6363	43.6
1137	96.1036	77.8218	62.8127	173.9254	140.6345	158.9163	236.7381	4.8
1139	113.212	94.6893	76.9368	207.9014	171.6261	190.1489	284.8382	3.6
1141	84.9087	66.9907	52.9901	151.8994	119.9808	137.8988	204.8895	6.4
1153	80.8723	62.9112	51.072	143.7835	113.9832	131.9443	194.8555	5.2
1166	80.4687	63.0997	49.9731	143.5684	113.0728	130.4418	193.5415	5.6
1169	83.8403	71.0112	57.4264	154.8515	128.4376	141.2667	212.2779	11.6
1174	67.4302	51.1244	42.5014	118.5546	93.6258	109.9316	161.056	4.8
1184	82.2073	68.7752	55.608	150.9825	124.3832	137.8153	206.5905	6.4
1187	90.2521	71.5068	57.5989	161.7589	129.1057	147.851	219.3578	8
1188	88.6213	64.7589	51.2338	153.3802	115.9927	139.8551	204.614	5.2
1190	81.9874	65.8934	51.6528	147.8808	117.5462	133.6402	199.5336	5.2

با استفاده از اطلاعات جدول فوق نمودار میزان فسفر خاک در مقایسه با عدد مقدار کد رنگی G در نمودار شکل ۳ رسم شده است همانطور که از نمودار مشاهده می‌گردد ضریب همبستگی بین فسفر و کد رنگی G در حد بیش از ۸۹٪ برقرار است و نشان می‌دهد که با افزایش فسفر مقدار کد رنگی G نیز افزایش می‌یابد و میتوان معیاری برای سنجش فسفر خاک قرار گیرد.



شکل ۳- نمودار نمودار تغییرات رنگ خاک بر اساس میزان فسفر

منابع مورد استفاده

- ۱- خادمی، م.، جعفری، د.، ۱۳۸۷. پردازش تصویر رقمی. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.
- 2-Bogrecki, r. Godwin, j. 2007.. development of an image processing technique for soil tilthsensing. automation and emerging technologies. vol 93. 324-331
- 3-Parasad, R. and J. F. power. 1997. Soil fertility management for sustainable agriculture. CRC Press LTC, Australia.
- 4-Prado, B. et al. 2009. Image processing-based study of soil prosoity and its effect on water movement through andosol intact columns. agricultural water management, vol 96. issue 10. 1377-1386.
- 5-Zheng, L. Minzan, l. 2005. estimating soil moisture based on processing technolog. proceedings, vol 5909. 214-219.



بکارگیری روش پردازش تصویر جهت تعیین میزان هدایت الکتریکی خاک (EC)

سید مجتبی نوری حسینی، صمد نظر زاده اوغاز

اعضای هیئت علمی بخش تحقیقات خاک و آب و بخش تحقیقات فنی و مهندسی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی

مقدمه

از مهمترین عملیات کشاورزی شناخت خاک به عنوان بستر اصلی رشد و نمو گیاه است. جهت شناخت خاک آزمایشات زیادی صورت میگیرد که از مهمترین آن تعیین هدایت الکتریکی که بیانگر شوری خاک است. شوری خاک یکی از عوامل محدود کننده رشد گیاهان به حساب می آید. در خاکهای مناطق خشک همانند ایران شوری وجود دارد. شوری خاک بر اثر تجمع املاح خاک می باشد و با افزایش غلظت املاح محلول افزایش می یابد. در مناطقی که میزان بارش در آنها برای نیازهای تبخیری و تعرقی گیاهان کافی نیست نمک از خاک آبشویی نمی شود و در مقادیر مضر برای گیاهان در خاکها تجمع می یابد. اما، در هر حال مسایل مربوط به نمک محدود به مناطق خشک و نیمه خشک نمی باشد و ممکن است در مناطق نیمه مرطوب نیز تحت شرایط مخصوص به خود توسعه یابد. منابع اصلی شوری خاک را تخریب کانی های خاک، بارش اتمسفری و نمکهای فسیل (نمکهای هستند که از محیط های دریایی یا دریاچه های قدیمی به جا مانده اند) تشکیل می دهند. فعالیت بشر از قبیل آبیاری و استفاده از آبهای کاملاً شور یا مواد زائد صنعتی نیز باعث افزایش نمک در خاک می شود. تعیین شوری خاک از آنجایی که این املاح در روی گیاه غالباً به طور غیرمستقیم و از طریق تاثیر بر پتانسیل اسمزی و در نتیجه کاهش جذب رطوبت بوسیله ریشه ها و بذرها ی جوانه زده تاثیر می گذارد، دارای اهمیت فراوانی است. لذا کشت دائم خاک مستلزم کنترل شوری است. املاحی که توسط آب آبیاری به خاک اضافه می شوند، می باید به طریق آبشویی از خاک خارج شوند.

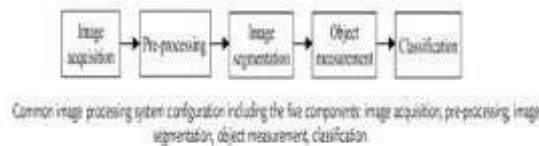
تقسیم بندی زیر نیز بر حسب هدایت الکتریکی عصاره ی اشباع خاک برای خاکها داریم: (واحد هدایت های الکتریکی دسی زیمنس بر متر می باشد)

- 1- خاکهای غیر شور با $EC < 2$ کشاورزی دچار کمبود محصول نخواهد بود.
- 2- خاکهای با شوری کم $EC = 2-4$ خاکی که دارای مقداری کاهش محصول می باشد.
- 3- خاکهای با شوری متوسط $EC = 4-8$ فقط گیاهان مقاوم به شوری رشد می کنند.
- 4- خاکهای با شوری زیاد $EC = 8-16$ از نظر کشاورزی قابلیت استفاده ندارند، مثل زیستگاه گیاهان شورپسند
- 5- خاکهای با شوری خیلی زیاد $EC > 16$ گیاهان قادر به رشد و نمو در آن نیستند.

جهت تشخیص وضعیت شوری و مقایسه رنگ خاک میتوان از روش پردازش تصویر استفاده کرد در این روش با استفاده از اسکنر سطح خاک اسکن شده و تصویر تهیه شده توسط اسکنر توسط نرم افزار مطلب (MATLAB) که قابلیت پردازش تصویر را دارد، تجزیه رنگ میگردد. رنگ های اجسام از ترکیب سه رنگ اصلی قرمز، سبز و آبی تشکیل شده است که به کدهای رنگی معروف است که کدهای رنگی بر اساس رنگ از صفر تا ۲۵۵ تقسیم بندی میشود. پردازش تصویر رقمی دانش جدیدی است که سابقه آن به پس از اختراع رایانه های رقمی باز می گردد. با این حال این علم نوپا در چند دهه اخیر از هر دو جنبه نظری و عملی



پیشرفتهای چشمگیری داشته است. سرعت این پیشرفت به اندازه ای بوده است که هم اکنون و پس از این مدت نسبتاً کوتاه، به راحتی می توان رد پای پردازش تصویر رقومی را در بسیاری از علوم و صنایع مشاهده نمود. در پردازش تصاویر رقمی، معمولاً از شیوه هایی که به شکل الگوریتم بیان می شود، استفاده می گردد. بنابراین غیر از تصویربرداری و نمایش تصویر، می توان اغلب عملیات پردازش تصویر را با نرم افزار اجرا کرد. تنها علت استفاده از سخت افزار ویژه پردازش تصویر، نیاز به سرعت بالا در بعضی کاربردها و یا غلبه بر بعضی محدودیت های اساسی رایانه است. بنابراین سامانه های پردازش تصویر امروزی ترکیبی از رایانه های متداول و سخت افزارهای ویژه پردازش تصویر است که کار همه آنها به وسیله نرم افزار در حال اجرا روی رایانه اصلی هدایت می شود. از مشخصه های علم پردازش تصویر، کاربردی بودن آن در زمینه های متفاوت است. بنابراین فنونی که در یک مورد خوب کار می کنند، ممکن است در دیگری کاملاً ضعیف باشند. تنها فایده وجود سخت افزار قوی و نرم افزار پایه در حال حاضر این است که نقطه شروع کار نسبت به یک دهه پیش پیشرفته تر (و بازای صرفاً کسری از هزینه آن موقع) می باشد. بطور کلی هنوز هم پیدا کردن راه حل واقعی برای یک مساله خاص نیازمند تحقیق و توسعه فراوان است (خادمی و جعفری، ۱۳۸۷). پردازش تصویر کاربردهای مهمی دارد از آن جمله می توان به کاربرد آن در عکاسی، پزشکی، امنیتی، نظامی، سنجش از راه دور، صنعتی و کشاورزی اشاره نمود. فرایند پردازش تصویر مطابق دیاگرام شکل ۱ می باشد:



شکل ۱- بلوک دیاگرام فرآیند پردازش تصویر

در این فرآیند ابتدا تصاویر اسکن شده با رزولوشن خوب در حد ۶۰۰ dpi تهیه شده و سپس تصاویر طی مراحل مختلف پیش پردازش و پردازش توسط نرم افزار مطلب در بخش پردازش تصویر مورد بررسی قرار گرفته و پیکسل های مختلف تصویر را در قالب ماتریسهای سه رنگی RGB نمایش میدهد.

مواد و روشها

این تحقیق با استفاده از نمونه های خاک تهیه شده در طرح پایش خاکهای کشاورزی خراسان رضوی انجام گرفته است. نمونه های خاک به تعداد ۲۰ عدد که بر اساس روش آزمایشگاه خشک و سپس با الک دو میلی متری غربال و آماده شده است جهت اسکن با اسکنر جنیوس (Genius) مدل Color Page - HR6X Slim مورد استفاده قرار گرفت. درجه اسکن با حداکثر رزولوشن (600dpi) و جهت تفکیک بهتر رنگ، با کنتراست ۳۰ و روشنایی ۲۰ تنظیم شده و سپس نمونه ها بر روی سطح اسکنر به ابعاد ۵ در ۵ سانتی متر پخش و از سطح زیرین خاک اسکن شد. تصاویر تهیه شده مورد بررسی و آنالیز پردازش تصویر قرار گرفته که نتایج آنالیز رنگ با نتیجه آنالیز مواد آلی نمونه های آزمایشگاه مورد مقایسه قرار گرفته و همبستگی بین آنها بررسی گردید.

الگوریتم پردازش:

هر تصویر دیجیتال شامل تعداد زیادی پیکسل است که در تصاویر رنگی هر پیکسل تصویر از سه لایه رنگ اصلی قرمز و سبز و آبی قرمز، آبی، سبز (RGB) تشکیل شده است که ترکیب این سه رنگ پیکسل را ایجاد



می کند. برای کار کردن با تصاویر دیجیتال در نرم افزار های کامپیوتری تصویر مورد نظر به یک ماتریسی از اعداد تبدیل می شود، این ماتریس در تصاویر سیاه-سفید و تصاویر خاکستری ماتریسی دو بعدی است که مقدار هر پیکسل آن از صفر که نشان دهنده رنگ سیاه می باشد تا ۲۵۵ که نشان دهنده رنگ سفید می باشد متغیر است. ماتریس در تصاویر رنگی ماتریسی سه بعدی است که بعد سوم آن شامل ۳ لایه به اختصار R , G , B است که عددی که در درون هر یک از این لایه ها قرار دارد از ۰ تا ۲۵۵ می تواند تغییر کند. در استاندارد RGB مقدار عددی رنگ قرمز، سبز و آبی در محدوده ۰ تا ۲۵۵ میباشد (خادمی ۱۳۸۷).

نتایج و بحث

عکسهای گرفته شده در قالب فایل ذخیره و در محیط نرم افزار مطلب مورد بررسی قرار گرفت. در شکل ۲ نمونه ای از تصاویر اسکن شده دیده میشود.



شکل ۲- نمونه تصاویر اسکن تهیه شده از نمونه های خاک طرح پایش

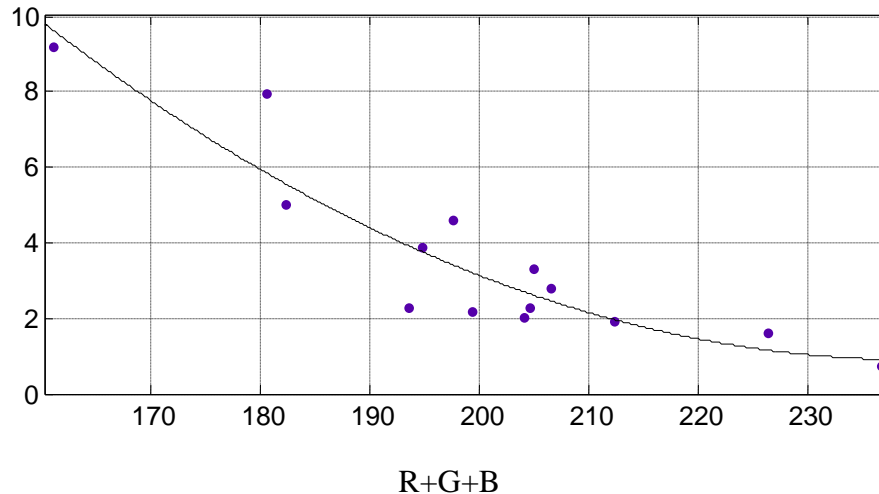
نتایج آنالیز رنگ تصاویر توسط نرم افزار مطلب و همچنین میزان هدایت الکتریکی خاک در نمونه ها در جدول شماره ۱ نشان داده شده است:

جدول ۱- نتایج آنالیز تصاویر و میزان هدایت الکتریکی خاک در نمونه ها

No.	R	G	B	R+G	G+B	R+B	R+G+B	EC
713	85.0407	66.7753	52.2861	151.816	119.0614	137.3268	204.1021	2.05
725	87.7491	70.4485	56.5051	158.1976	126.9536	144.2542	214.7027	5.89
727	79.9662	65.8084	53.5751	145.7746	119.3835	133.5413	199.3497	2.2
729	92.764	74.4987	59.0408	167.2627	133.5395	151.8048	226.3035	1.6
731	76.6882	58.8964	46.8153	135.5846	105.7117	123.5035	182.3999	5.03
733	82.4295	64.1081	51.1123	146.5376	115.2204	133.5418	197.6499	4.6
735	79.6327	63.5649	50.6768	143.1976	114.2417	130.3095	193.8744	1.49
740	74.1546	58.4883	47.9934	132.6429	106.4817	122.148	180.6363	7.94
1137	96.1036	77.8218	62.8127	173.9254	140.6345	158.9163	236.7381	0.75
1139	113.212	94.6893	76.9368	207.9014	171.6261	190.1489	284.8382	1.88
1141	84.9087	66.9907	52.9901	151.8994	119.9808	137.8988	204.8895	3.3
1153	80.8723	62.9112	51.072	143.7835	113.9832	131.9443	194.8555	3.87
1166	80.4687	63.0997	49.9731	143.5684	113.0728	130.4418	193.5415	22.7
1169	83.8403	71.0112	57.4264	154.8515	128.4376	141.2667	212.2779	1.92
1174	67.4302	51.1244	42.5014	118.5546	93.6258	109.9316	161.056	9.22
1184	82.2073	68.7752	55.608	150.9825	124.3832	137.8153	206.5905	2.81
1187	90.2521	71.5068	57.5989	161.7589	129.1057	147.851	219.3578	5.3
1188	88.6213	64.7589	51.2338	153.3802	115.9927	139.8551	204.614	2.29
1190	81.9874	65.8934	51.6528	147.8808	117.5462	133.6402	199.5336	0.63



با استفاده از اطلاعات جدول فوق نمودار میزان هدایت الکتریکی خاک در مقایسه با عدد مقدار مجموع کدهای رنگی (R+G+B) در شکل ۳ رسم شده است همانطور که از نمودار مشاهده میگردد ضریب همبستگی بین هدایت الکتریکی و مجموع کدهای رنگی در حد بیش از ۸۵٪ برقرار است و نشان میدهد که با افزایش هدایت الکتریکی مقدار مجموع کدهای رنگی نیز کاهش می یابد و میتواند معیاری برای سنجش هدایت الکتریکی و شوری خاک قرار گیرد.



شکل ۳: هدایت الکتریکی خاک (محور عمودی) بر اساس مجموع کدهای رنگی RGB

منابع :

- ۱- خادمی، م.، جعفری، د. ۱۳۸۷. پردازش تصویر رقمی. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.
- 2- Ahmad, I. S., Reid, J. F., Paulsen, M. R., & Sinclair, J. B. 1999. Color classifier for symptomatic soybean seeds using image processing. *Plant Disease*: 83, 320–327.
- 3- Cheng-Jin Du and Da-Wen Sun. 2004. Recent developments in the applications of image processing techniques for food quality evaluation. *Trends in Food Science & Technology* 15 (2004) 230–249.
- 4- Lana a,b,*, L.M.M. Tijssens a,c, O. van Kooten a. 2006. Effects of storage temperature and stage of ripening on RGB colour aspects of fresh-cut tomato pericarp using video image analysis. *Journal of Food Engineering* 77 :871–879.
- 5- Lu, J., Tan, J., Shatadal, P., & Gerrard, D. E. 2000. Evaluation of pork color by using computer vision. *Meat Science*, 56, 57–60.



معرفی توابع انتقالی طیفی نقطه‌ای به منظور برآورد نگهداشت آب در خاک با استفاده از داده‌های ابرطیفی در گستره VIS-NIR-SWIR

ابراهیم بابائیان^۱، مهدی همایی^۱، علی اکبر نوروزی^۲، شجاع قربانی دشتکی^۲

۱- گروه خاک‌شناسی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران

۲- پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری

۳- گروه خاک‌شناسی، دانشگاه شهرکرد

مقدمه

منحنی مشخصه رطوبتی و هدایت هیدرولیکی (غیر) اشباع خاک به عنوان ورودی‌های مهم بسیاری از مدل‌های هیدرژئولوژی مطرح است. یکی از روش‌های غیرمستقیم در اندازه‌گیری ویژگی‌های هیدرولیکی خاک، استفاده از توابع انتقالی خاک (PTFs)^۱ است. پژوهش‌ها نشان داده توابع انتقالی خاک با محدودیت‌هایی همچون وابستگی به نوع و میزان دقت روش‌های اندازه‌گیری متغیرهای ورودی، عدم در نظر گرفتن ویژگی‌هایی همچون ساختمان و مینرالوژی رس، وابستگی زمانی توابع به دلیل وجود اثرات فرسایش و شخم، عدم وجود اطلاعات جانبی و تکمیلی در مورد شرایط نمونه‌برداری و وضعیت پوشش گیاهی و سطح زمین، وابسته به مقیاس بودن و عدم وجود پایگاه داده یکنواخت و منسجم در مورد خاک‌های دنیا، مواجه است (Vereecken et al., 2010). طی چند دهه اخیر، مطالعاتی در زمینه استفاده از انعکاس طیفی^۲ خاک در گستره مرئی (VIS)، مادون قرمز نزدیک (NIR) و مادون قرمز میانی (SWIR) (طول موج ۳۵۰ تا ۲۵۰۰ نانومتر) برای تخمین ویژگی‌های خاک انجام شده است. تمرکز این تحقیقات عمدتاً بر مطالعه ویژگی‌های مبنایی خاک نظیر توزیع اندازه ذرات، مقدار ماده آلی و هدایت الکتریکی خاک بوده است (Lagacherie et al., 2008). اگر فرض شود ویژگی‌های هیدرولیکی خاک اثری غیرمستقیم بر رفتار طیفی خاک دارند، می‌توان مشابه با توابع انتقالی خاک، از انعکاس طیفی خاک برای تخمین ویژگی‌های هیدرولیکی خاک استفاده نمود. انعکاس سنجی طیفی به مراتب آسان‌تر، دقیق‌تر، کم‌هزینه‌تر، غیر مخرب، تکرارپذیر و مشتمل بر یک روش استاندارد اندازه‌گیری است که اثر ساختمان خاک و مینرالوژی رس‌ها نیز در بازتاب طیفی خاک اعمال می‌شود. بنابراین، هدف از انجام این پژوهش، معرفی توابع انتقالی طیفی نقطه‌ای به منظور مطالعه وضعیت نگهداشت آب در خاک با استفاده از داده‌های ابرطیفی خاک بود.

مواد و روش‌ها

منطقه مطالعاتی اراضی کشاورزی دیم و مراتع مربوط به بخشی از حوزه آبخیز سفیدرود و زیر حوزه آبخیز زنجان رود با وسعت ۲۵۳ کیلومتر مربع بود. تعداد ۲۰۰ نمونه خاک در مقیاس حوزه آبخیز (داده‌های واسنجی) و ۴۰ نمونه در مقیاس مزرعه (داده‌های اعتبارسنجی) جمع‌آوری و رطوبت حجمی خاک به ازای پتانسیل‌های ماتریک ۳۳۰، -۱۰۰۰، -۳۰۰۰، -۵۰۰۰، -۱۰۰۰۰ و -۱۵۰۰۰ سانتیمتر در آزمایشگاه با روش صفحات فشاری اندازه‌گیری شد (Vereecken et al., 2010). نمونه‌های خاک هوا خشک، از الک ۲ میلی‌متر عبور داده شد

^۱ PedoTransfer Functions (PTFs)

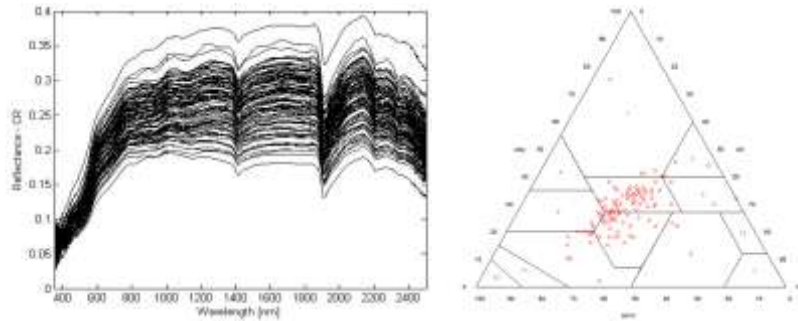
^۲ Proximal Spectral Reflectance



و منحنی‌های طیفی آن‌ها در دامنه مرئی، مادون قرمز نزدیک و مادون قرمز میانی (۲۵۰۰-۳۵۰ نانومتر) به کمک دستگاه اسپکترومتر زمینی (FieldSpec®3, ASD, FR, USA) و روش‌های استاندارد مربوط به آن، در تاریکخانه اندازه‌گیری شد. پیش‌پردازش‌های طیفی همچون حذف اثرات پخش نور محیط^۳ بر طیف‌ها و جابجایی‌های طیفی به کمک تبدیل SNV توأم با حذف روند به روش موجک^۴ و برای کاهش اثرات تصادفی آشفته‌گی‌ها و شکستگی‌های طیفی^۵ به منظور افزایش نسبت سیگنال به نویز، از فیلتر موجک^۶ استفاده شد (Viscarra Rossel, 2008). سپس، ارتباط بین هر یک از مقادیر رطوبتی خاک با مقدار بازتابش طیفی خاک در تمامی طول موج‌ها، با استفاده از روش رگرسیون حداقل مربعات جزئی (PLSR) و اعتبارسنجی متقابل نتایج، مورد بررسی قرار گرفت. با در نظر گرفتن شاخص VIP و ضرایب رگرسیون مدل PLSR در تمامی طول موج‌ها، طول موج‌های مؤثر در تخمین نقاط رطوبتی موردنظر، تعیین شد.

$$VIP_k(a) = K \sum_a^k w_{ak}^2 \left(\frac{SSY_a}{SSY_t} \right) \quad [1]$$

که در آن، اهمیت k امین متغیر تخمینگر روش PLSR با a فاکتور، w_{ak} وزن مربوط به فاکتور a از متغیر k ام، SSY_a مجموع مربعات متغیر تخمینی Y در مدل PLSR با a فاکتور و SSY_t مجموع کل مربعات Y است.



شکل ۱- توزیع فراوانی ذرات خاک و منحنی‌های بازتاب طیفی خاک‌های منطقه

نتایج و بحث

انتخاب تعداد مناسب فاکتورهای تخمینگر در روش PLSR برای اشتقاق توابع انتقالی طیفی با استفاده از روش اعتبارسنجی متقابل انجام شد. تعداد فاکتورهای بهینه بین ۷ تا ۱۴ با RMSE بین $0.022 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ - 0.012 بدست آمد. مناسبترین مدل‌های PLSR برای برآورد توابع طیفی نقطه‌ای در پتانسیل‌های ماتریک ۱۵۰۰۰، -۱۰۰۰۰، -۳۰۰۰، -۱۰۰۰ و -۳۳۰ سانتیمتر به ترتیب دارای ۱۲، ۱۰، ۱۴، ۱۴، ۷ و ۹ فاکتور بود. بر اساس شکل ۲، داده‌های واسنجی و اعتبارسنجی از توزیع نسبتاً مطلوبی در اطراف خط ۱:۱ (به‌ویژه در پتانسیل‌های ماتریک -۱۰۰۰۰، -۵۰۰۰، -۱۰۰۰۰ و -۱۵۰۰۰ سانتیمتر) برخوردارند. به‌طوریکه مقادیر RMSE ($\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$) به ازای نقاط θ_{-15000} ، θ_{-10000} ، θ_{-5000} ، θ_{-3000} ، θ_{-1000} و θ_{-330} به ترتیب برابر 0.012 ، 0.011 ، 0.014 ، 0.023 ،

³ Light scatter and baseline correction

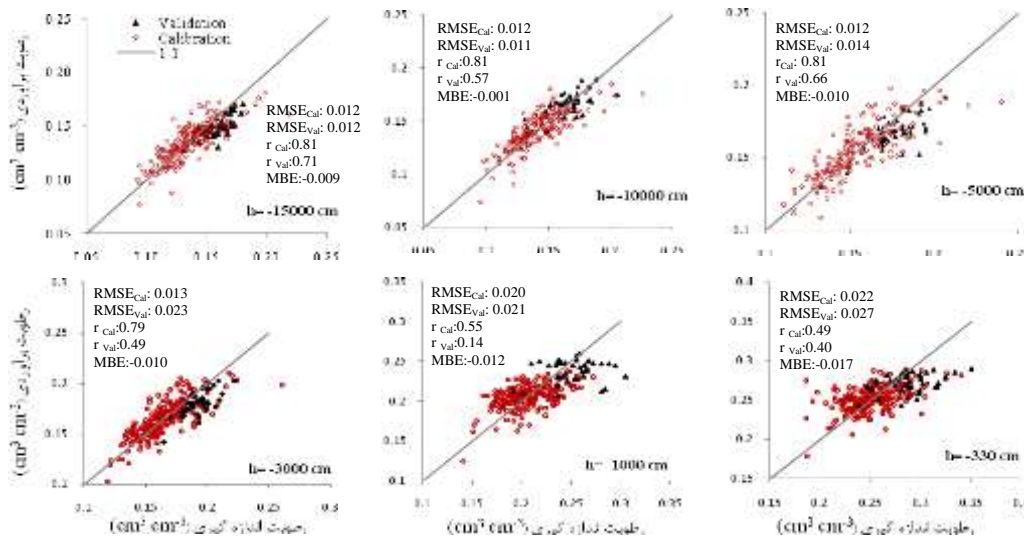
⁴ Standard normal variate (SNV) with Wavelet detrending

⁵ Noise and Smoothing

⁶ Wavelet filter



۰/۰۲۱ و ۰/۰۲۷ محاسبه شد. بر اساس مقادیر RMSE، بیشترین دقت در برآورد θ_{-15000} و کمترین دقت در برآورد θ_{-330} بدست آمد. مقدار ضریب همبستگی (r) نیز به ازای پتانسیل‌های ماتریک فوق به ترتیب برابر با ۰/۷۱، ۰/۵۷، ۰/۴۹، ۰/۱۴ و ۰/۴۰ بدست آمد (شکل ۲). بر اساس نتایج بدست آمده از داده‌های اعتبارسنجی، روش PLSR در برآورد مقدار رطوبت خاک به ازای تمامی پتانسیل‌های ماتریک اندکی حالت کم برآورد (مقدار MBE بین -۰/۰۰۱ تا -۰/۰۱۷) را نشان می‌دهد. بنابراین، توابع انتقالی طیفی حاصل از روش PLSR مقدار رطوبت خاک را در دامنه‌های خشک (۱۵۰۰۰- و ۱۰۰۰۰- سانتیمتر) نسبت به نقاط با رطوبت متوسط و زیاد با دقت بیشتری برآورد می‌کند. در تحقیقی Minasny و همکاران (۲۰۰۸) نشان دادند مقدار رطوبت خاک در پتانسیل ماتریک ۱۵۰۰۰- سانتیمتر با دقت بیشتری (RMSE=۰/۰۲۲) در مقایسه با پتانسیل ماتریک ۱۰۰- سانتیمتر (RMSE=۰/۰۵۴) برآورد می‌شود. مقدار رطوبت حجمی خاک در پتانسیل‌های ماتریک متوسط و زیاد (مانند نقطه ظرفیت زراعی و نقاط نزدیک به اشباع) عمدتاً به ساختمان خاک (جرم ویژه ظاهری) بستگی دارد. مقدار رطوبت حجمی خاک به ازای پتانسیل‌های ماتریک کم (نقطه پژمردگی دائم) عمدتاً تحت تأثیر نوع و مقدار رس خاک است. به عبارت دیگر، مقدار رطوبت در پتانسیل‌های ماتریک کم عمدتاً تحت تأثیر ویژگی‌های سطوح جذبی رس‌ها است. در مطالعه‌ای Minasny و همکاران (۱۹۹۹) نشان دادند که مقدار رطوبت خاک در پتانسیل ماتریک ۱۵۰۰۰- سانتیمتر توسط PTF‌هایی که تنها مقدار رس را در نظر می‌گیرند، بهتر برآورد می‌شود. بنابراین در رطوبت‌های کم (۱۵۰۰۰- و ۱۰۰۰۰- سانتیمتر)، بازتاب طیفی خاک در گستره مادون قرمز میانی برآوردهای بهتری را ارائه کرده است (شکل ۲).

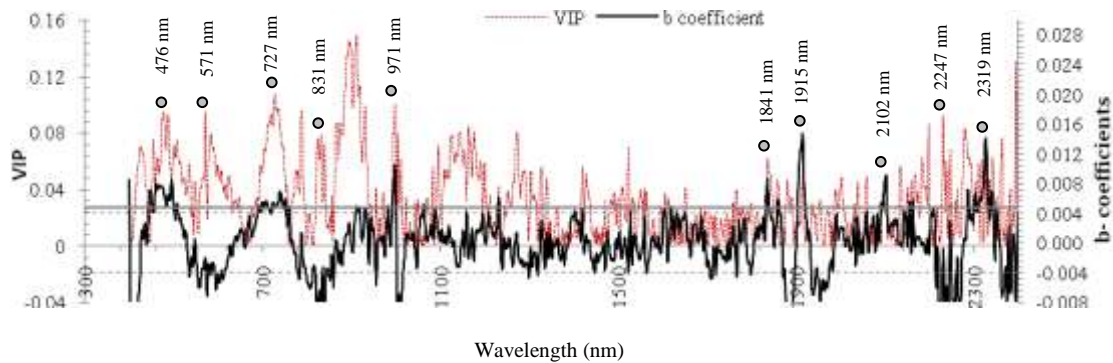


شکل ۲- نتایج واسنجی و اعتبارسنجی روش PLSR در برآورد رطوبت خاک به ازای پتانسیل‌های ماتریک معین

بر اساس شاخص VIP و ضرایب رگرسیون (b)، در طول موج‌هایی که مقدار این دو شاخص بزرگ‌تر از حد آستانه ($b=۰/۰۰۴$ و $VIP=۰/۰۲۷$) باشد، آن طول موج‌ها به‌عنوان تخمینگرهای مؤثر در برآورد متغیر موردنظر مطرح هستند (Viscarra Rossel, 2008). به عنوان مثال، طول موج‌های ۴۷۶، ۵۷۱، ۷۲۷، ۸۳۱، ۹۷۱، ۱۸۴۱،



۱۹۱۵، ۲۱۰۲، ۲۲۴۷ و ۲۳۱۹ نانومتر به‌عنوان تخمین‌گرهای مهم روش PLSR در برآورد رطوبت خاک در پتانسیل ماتریک ۱۵۰۰۰- سانتیمتر به‌شمار می‌آیند (شکل ۳). طول موج‌های نزدیک به ۱۴۰۰، ۱۹۰۰، ۲۲۰۱۲ و ۲۳۵۰ نانومتر مربوط به اثر جذبی باندهای هیدروکسیل در شبکه کانی‌های رس و رطوبت هیگروسکوپیک خاک است. طول موج‌های ۴۷۶، ۵۷۱ و ۷۲۷ حاوی اطلاعات مربوط به رنگ خاک بوده و همبستگی بالایی با مقدار رس خاک دارد (Viscarra Rossel, 2008). بنابراین، به‌نظر می‌رسد میزان بازتابش و جذب نور در این طول موج‌ها در خاک‌های مختلف متفاوت بوده، لذا اهمیت زیادی در برآورد نقاط مهم رطوبتی خاک داشته باشند.



شکل ۳- شاخص VIP و ضرایب رگرسیون (b) حاصل از روش PLSR به‌منظور تعیین طول موج‌های مؤثر در برآورد رطوبت خاک در پتانسیل ماتریک ۱۵۰۰۰- سانتیمتر، حدود آستانه این دو شاخص بر اساس انحراف معیار آن‌ها انتخاب شده است (Viscarra Rossel, 2008).

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد با استفاده از بازتاب طیفی خاک در محدوده VIS، NIR و SWIR می‌توان وضعیت نگهداشت آب در خاک را مورد مطالعه قرار داد. بر اساس نتایج بدست آمده، دقت توابع انتقالی طیفی نقطه‌ای بستگی به ظرفیت نگهداشت آب در خاک به ازای یک پتانسیل ماتریک معین دارد. به عبارتی، توابع انتقالی طیفی مقدار رطوبت خاک را به ازای مکش‌های بالا (۱۵۰۰۰- سانتیمتر) با دقت بیشتری نسبت به مکش‌های پایین (۳۳۰- سانتیمتر) تخمین می‌زنند. مقدار بازتابش طیفی در طول موج‌های ۴۷۶، ۵۷۱، ۷۲۷، ۸۳۱، ۹۷۱، ۱۸۴۱، ۱۹۱۵، ۲۱۰۲، ۲۲۴۷ و ۲۳۱۹ نانومتر به‌عنوان مؤثرترین تخمین‌گرها در برآورد نقاط رطوبتی خاک (به ویژه در پتانسیل ماتریک ۱۵۰۰۰- سانتیمتر) معرفی می‌شوند.

منابع

- Lagacherie, P., Baret, F., Feret, J.B., Madeira Netto, J. and Robbez-Masson, J.M. 2008. Estimation of soil clay and cadmium carbonate using laboratory, field and airborne hyperspectral measurement. *Remote Sensing Environment*, 112(3): 825-835
- Minasny, B., Mcbratney, A.B., Tranter, G. and Murphy, B.W. 2008. Using soil knowledge for the evaluation of mid-infrared diffuse reflectance spectroscopy for predicting soil physical and mechanical properties. *European Journal of Soil Science*, 59: 960-971.
- Minasny, B., McBratney, A.B. and Bristow, K.L. 1999. Comparison of different approaches to the development of pedotransfer functions for water retention curves. *Geoderma*, 93: 225-253.



- Vereecken, H., Weynants, M., Javaux, M., Pachepsky, Y., Schaap, M.G. and van Genuchten, M.Th. 2010. Using Pedotransfer Functions to Estimate the van Genuchten– Mualem Soil Hydraulic Properties: A Review. *Vadose Zone Journal*, 9: 795-820.
- Viscarra Rossel, R.A.V. 2008. ParLeS: Software for chemometric analysis of spectroscopic data. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*, 90 : 72–83.



معرفی توابع انتقالی طیفی پارامتریک (STFs)^۱ به منظور برآورد پارامترهای هیدرولیکی مدل معلم-ون گنوختن با استفاده از داده‌های ابرطیفی در گستره VIS-NIR-SWIR

ابراهیم بابائیان^۱، مهدی همایی^۱، علی اکبر نوروزی^۲
۱- گروه خاک‌شناسی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران
۲- پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، تهران

مقدمه

ویژگی‌های هیدرولیکی خاک به عنوان ورودی‌های مهم بسیاری از مدل‌های هیدرژئولوژی مطرح است. توابع انتقالی خاک (PTFs)^۲ یکی از روش‌های غیرمستقیم به منظور اندازه‌گیری ویژگی‌های هیدرولیکی خاک مطرح است. از مهمترین محدودیت‌هایی که برای توابع انتقالی خاک ارائه شده است می‌توان به دقت متفاوت متغیرهای ورودی، عدم در نظر گرفتن ساختمان و مینرالوژی رس، تغییر توابع با زمان به دلیل وجود اثرات فرسایش و شخم و عدم وجود پایگاه داده همگن در مورد خاک‌های دنیا است (Vereecken et al., 2010). تاکنون مطالعات متنوعی در زمینه استفاده از بازتاب طیفی^۳ خاک در گستره مرئی (VIS)، مادون قرمز نزدیک (NIR) و مادون قرمز میانی (SWIR) (طول موج ۳۵۰ تا ۲۵۰۰ نانومتر) برای برآورد ویژگی‌های مبنایی خاک شامل توزیع اندازه ذرات خاک، مقدار ماده آلی، میزان شوری و برخی عناصر غذایی خاک انجام شده است (Lagacherie et al., 2008). در پژوهش حاضر فرض شد ویژگی‌های هیدرولیکی خاک اثری غیرمستقیم بر رفتار طیفی خاک دارند. بر این اساس مشابه با توابع انتقالی خاک، می‌توان توابعی با عنوان توابع انتقالی طیفی تعریف نمود که در آن از بازتاب طیفی خاک به عنوان تنها متغیر ورودی این توابع برای تخمین پارامترهای مدل‌های هیدرولیکی خاک استفاده می‌شود. انعکاس‌سنجی طیفی به مراتب آسان‌تر، دقیق‌تر، کم‌هزینه‌تر، غیر مخرب، تکرارپذیر و مشتمل بر یک روش استاندارد اندازه‌گیری است. بنابراین، هدف از انجام این پژوهش معرفی و اشتقاق توابع انتقالی طیفی پارامتریک (PSTFs) به منظور برآورد پارامترهای هیدرولیکی مدل ون گنوختن با استفاده از داده‌های ابرطیفی خاک بود.

مواد و روش‌ها

تعداد ۱۷۴ نمونه خاک از بخشی از حوزه آبخیز زنجانرود از لایه سطحی خاک جمع‌آوری و منحنی رطوبتی خاک‌ها در آزمایشگاه با روش جعبه شنی و صفحات فشاری اندازه‌گیری شد (Vereecken et al., 2010). تعداد ۱۳۰ داده به منظور واسنجی و ۴۴ داده به منظور اعتبارسنجی نتایج مدنظر قرار گرفت. مدل رطوبتی ون گنوختن (vanGenuchten, 1980) به روش کمینه‌سازی تابع هدف به نقاط رطوبتی اندازه‌گیری شده برآزش و مقادیر پارامترهای n و α به عنوان مقادیر مشاهداتی محاسبه شد. ضریب آبگذری اشباع خاک نیز بر اساس نوع بافت خاک، به دو روش بار ثابت و افتان در آزمایشگاه اندازه‌گیری شد. در مرحله بعد، نمونه‌های خاک هوا خشک، از الک ۲ میلی‌متر عبور داده شد و منحنی‌های طیفی آن‌ها در دامنه مرئی، مادون قرمز نزدیک و مادون قرمز میانی

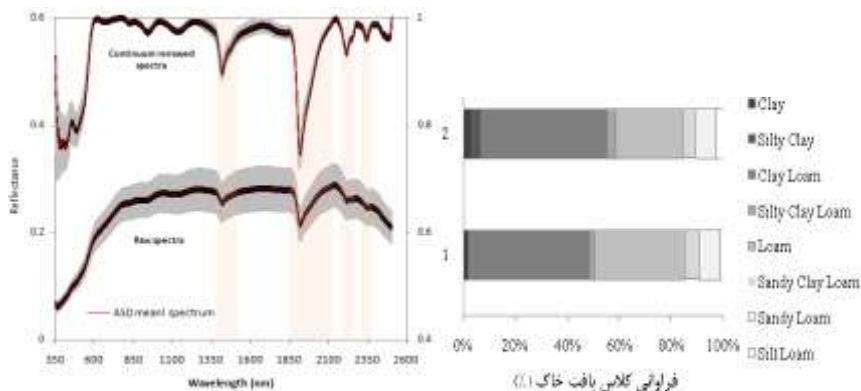
¹ Parametric Spectra-Transfer Functions

² PedoTransfer Functions (PTFs)

³ Proximal Spectral Reflectance



(۲۵۰۰-۳۵۰ نانومتر) به کمک دستگاه اسپکترورادیومتر زمینی (FieldSpec®3, ASD, FR, USA) و روش‌های استاندارد طیف‌سنجی، در تاریکخانه اندازه‌گیری شد. پیش‌پردازش‌های طیفی شامل حذف اثرات پخش نور محیطاً^۴ و جابجایی‌های طیفی به کمک تبدیل SNV توأم با حذف روند به روش موجک^۵ و کاهش اثرات تصادفی آشفته‌گی‌ها و شکستگی‌های طیفی^۶ به منظور افزایش نسبت سیگنال به نویز، به کمک فیلتر موجک^۷ انجام شد (Viscarra Rossel, 2008). منحنی‌های طیفی به کمک تبدیل منحنی‌های حذف پیوستار، در فرآیند تخمین مورد استفاده قرار گرفت. سپس، درجه ارتباط بین هر یک از پارامترهای هیدرولیکی و مقدار بازتابش طیفی خاک در تمامی طول موج‌ها، به کمک ضریب تبیین (R^2) بررسی شد. نرمال‌سازی متغیرها بررسی و تبدیل‌های ضروری انجام شد. با استفاده از روش رگرسیون مرحله‌ای چند متغیره باندهای مؤثر در تخمین هر یک از پارامترهای هیدرولیکی تعیین و توابع رگرسیونی مربوطه اشتقاق گردید.



شکل ۱- توزیع فراوانی کلاس‌های بافتی نمونه‌های خاک (راست) و میانگین و انحراف معیار منحنی-های خام و حذف پیوستار بازتاب طیفی خاک‌ها (چپ)

نتایج و بحث

بر اساس نتایج اندازه‌گیری‌های آزمایشگاهی، تعداد هشت کلاس بافتی خاک در منطقه شناسایی شد. مقادیر متوسط پارامترهای $\ln(\alpha)$ ، n و $\ln(K_s)$ به ترتیب برابر با $1/8$ ، $1/17$ و $4/8$ (سانتیمتر بر روز) بدست آمد. مقدار ضریب آب‌گذری خاک تا حدودی متفاوت از مقادیر ارائه شده در برخی PTF ها است (Schaap et al., 2001). مقدار بالای ضریب آب‌گذری اشباع را می‌توان به دلیل انجام اندازه‌گیری‌ها بر روی لایه سطحی خاک که دارای منافذ درشت فراوانی می‌باشد، نسبت داد. منحنی‌های طیفی اندازه‌گیری شده، تعداد چهار مشخصه جذبی مهم در طول موج‌های ۱۴۱۴، ۱۹۱۵، ۲۲۱۲ و ۲۳۴۱ نانومتر را نشان داد که عمدتاً مربوط به جذب آب در شبکه‌های رس و آب هیگروسکوپیک موجود در خاک است که بر اساس خصوصیات فیزیکی خاک، مقدار بازتاب در این مشخصه‌های جذبی متفاوت است.

⁴ Light scatter and baseline correction

⁵ Standard normal variate (SNV) with Wavelet detrending

⁶ Noise and Smoothing

⁷ Wavelet filter



توابع انتقالی طیفی خاک به ازای هر یک از پارامترهای هیدرولیکی در جدول ۱ ارائه شده است. تعداد متغیرهای ورودی این توابع مشتمل بر ۱۹ تا ۳۰ باند طیفی می‌باشد. نتایج ارزیابی توابع نشان داد پارامترهای $\ln(\alpha)$ و n و $\ln(K_s)$ به ترتیب با ضرایب همبستگی ۰/۸۱، ۰/۷۸ و ۰/۸۶ و RMSR برابر با ۰/۲۹ $(\ln \text{ cm}^{-1})$ ، ۰/۲۱ و ۰/۴۶ $(\ln \text{ cm.d}^{-1})$ برآورد شدند. همچنین توابع بدست آمده قدری حالت کم‌برآوردی در فرآیند تخمین پارامترها نشان دادند به طوری که مقدار ME بین ۰/۰۰۲ تا ۰/۰۴۹ بدست آمد.

باند‌های مؤثر در فرآیند تخمین هر یک از پارامترهای هیدرولیکی در جدول ۱ نشان داده شده است. بزرگی ضرایب رگرسیون (مثبت و منفی) نشان دهنده درجه اهمیت هر یک از طول موج‌ها در فرآیند تخمین است. طول موج‌های مهم در گستره مرئی (۰/۷-۰/۴ نانومتر)، در حواشی ۶۵۰ نانومتر (طول موج سبز) و ۷۵۰ نانومتر (طول موج قرمز دور) اتفاق می‌افتد. این نشان می‌دهد تغییرپذیری در ویژگی‌های هیدرولیکی خاک می‌تواند از طریق تفاوت در رنگ خاک شناسایی شود. همچنین، طول موج‌های مهم در ناحیه مادون قرمز نزدیک و دور در محدوده‌های ۷۵۰-۷۰۰، ۱۳۰۰-۱۲۰۰ و ۲۴۰۰-۲۱۰۰ نانومتر مشاهده شد (جدول ۱). بر اساس بررسی‌های به-عمل آمده، مشخصه‌های طیفی در محدوده مرئی عمدتاً مربوط به وجود اکسیدهای آهن و آهن و آهک می‌باشند، درحالی‌که در محدوده ۲۴۰۰-۱۲۰۰ نانومتر مربوط به نوع کانی‌های رس، وجود آب و ماده آلی خاک است (Viscarra Rossel and Behrens, 2010).

جدول ۱- توابع انتقالی طیفی پارامتریک و نتایج دقت آزمایی توابع

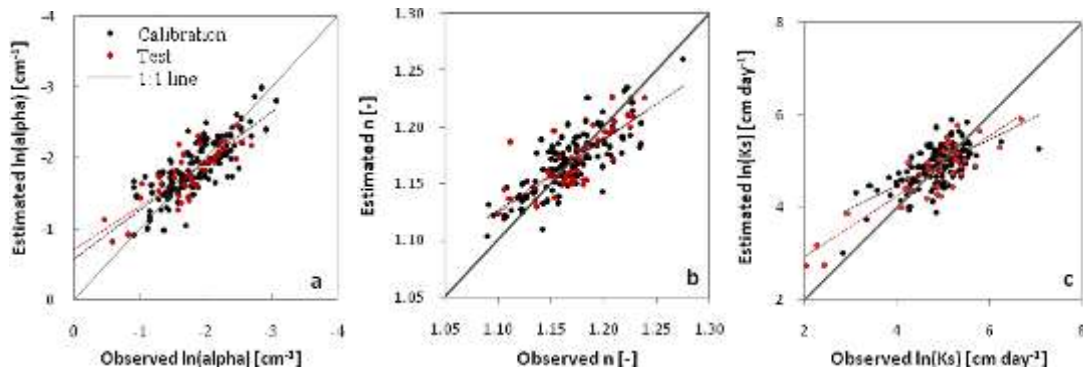
توابع انتقالی (PSTFs)	R_{Col}	$RMSR_{Col}$	ME_{Col}	R_{test}	$RMSR_{test}$	ME_{test}
$\ln(\alpha) = 48.9 + 77.3R_{2317} - 30.5R_{2447} - 54.7R_{2362} + 57.2R_{2402} - 31.1R_{2397} - 10.2R_{2477} + 63.9R_{2162} + 633.8R_{482} - 229.3R_{2192} + 2.8R_{332} - 317R_{437} - 185.4R_{702} + 1178R_{752} - 1334R_{757} + 337.6R_{762} - 349.8R_{2342} - 521.9R_{2772} + 121.5R_{2112} - 356.3R_{677} - 191.6R_{2862} - 125.3R_{1987} + 243.2R_{622} + 19.9R_{2442} + 58.1R_{1932} - 392.1R_{2267} + 166.2R_{2172} - 121.1R_{1297} - 35.1R_{2202} - 1.1R_{367} - 16.4R_{2422}$	0.80	0.275	0.004	0.81	0.289	-0.014
$n = 15.9 - 3.3R_{482} + 1.13R_{2427} - 21.6R_{2137} + 1.38R_{2472} - 3.16R_{487} + 0.78R_{387} + 7.35R_{2242} - 5.13R_{2197} - 8.06R_{2189} - 3.14R_{2317} + 12.3R_{2082} + 13.97R_{735} + 1.32R_{482} - 41.05R_{362} + 52.93R_{767} - 5.2R_{2337} - 17.64R_{762} + 2.76R_{322} + 0.17R_{377} - 0.59R_{432}$	0.79	0.020	0.0008	0.78	0.021	-0.002
$\ln(K_s) = 26.8 - 113.8R_{1932} + 96.2R_{482} - 23.7R_{2467} + 72.7R_{2382} - 47.4R_{2402} - 38.8R_{682} + 150R_{1982} - 11.1R_{2467} + 41.3R_{2417} - 46.1R_{2202} - 1.6R_{2442} - 7.6R_{2432} - 230.5R_{2112} - 125.1R_{2187} + 51.6R_{2267} + 30.2R_{2222} + 104.3R_{2137} - 63.8R_{2362} + 132.3R_{377}$	0.77	0.439	0.0162	0.86	0.464	-0.049

R_p : مقدار رانندگی در طول موج λ ; R_{Col} : ضریب همبستگی بین مقادیر محاسبه شده و اندازه‌گیری شده؛ $RMSR_{Col}$: ریشه میانگین مربعات خطا و انحراف خطا در مقادیر محاسبه شده و اندازه‌گیری شده؛ ME_{Col} : مقدار میانگین مربعات خطا در مقادیر محاسبه شده و اندازه‌گیری شده.

در شکل ۲، پراکنش مقادیر واسنجی و اعتبارسنجی هر یک از پارامترهای هیدرولیکی در اطراف خط ۱:۱ ترسیم شده است. بر اساس نتایج بدست آمده، به نظر می‌رسد استفاده از بازتاب طیفی خاک می‌تواند به عنوان روشی نوین و رقیب برای PTF ها به منظور برآورد ویژگی‌های هیدرولیکی خاک در نظر گرفته شود. البته لازم است این دو روش در کنار یکدیگر مجدداً مورد ارزیابی قرار گیرند. به دلیل آنکه پارامترهای α و n ماهیتاً پارامترهایی برازشی بوده که از طریق برازش به داده‌های اندازه‌گیری شده رطوبتی بدست می‌آیند، و نیز به دلیل رابطه سیگموئیدی و غیرخطی رطوبت و مکش، برآورد این پارامترها پیچیده بوده و در مواردی با عدم اطمینان بالایی مواجه است. ضریب آگذری اشباع خاک نیز عمدتاً متأثر از اندازه و میزان پیوستگی منافذ خاک با یکدیگر است (Ahuja et al., 1984). هرچند برخی پژوهشگران ارتباط مناسبی بین ضریب آگذری اشباع و مقدار رس، شن و ماده آلی خاک گزارش کرده‌اند (Weynants et al., 2009). به نظر می‌رسد آندسته ویژگی‌هایی خاک که مرتبط



با منافذ خاک هستند، نمی‌توانند با دقت بسیار بالا به کمک اندازه‌گیری‌های طیفی برآورد شوند. درحالی‌که ویژگی‌هایی که مرتبط با بخش جامد خاک هستند، با دقت بالاتری برآورد می‌شوند (Minasny et al., 2008).



شکل ۲- نتایج واسنجی و اعتبارسنجی PSTFs در برآورد پارامترهای هیدرولیکی خاک

نتیجه‌گیری

نتایج پژوهش نشان داد با استفاده از بازتاب طیفی خاک در محدوده VIS، NIR و SWIR می‌توان ویژگی‌های هیدرولیکی خاک را مورد مطالعه قرار داد. توابع طیفی اشتقاقی مقادیر پارامترهای α ، n و K_s را با ضرایب همبستگی < 0.78 برآورد کردند. توابع اشتقاقی تا حدودی تمایل به کم‌برآوردی (میانگین ME برابر با -0.022 - سانتیمتر مکعب بر سانتیمتر مکعب) پارامترهای هیدرولیکی نشان دادند. بر اساس نتایج، مقدار بازتابش طیفی در طول موج‌های نزدیک به 0.750 ، 0.680 ، 1.270 ، 2.150 و 1.930 نانومتر به عنوان مهمترین تخمینگرها در برآورد پارامترهای هیدرولیکی مورد نظر، محسوب می‌شوند.

منابع

- Ahuja, L.R., Naney, J.W., Green, R.E. and Nielsen, D.R. 1984. Macro- porosity to characterize spatial variability of hydraulic conductivity and effects of land management. *Soil Science Society of America Journal*, 48: 699–702.
- Lagacherie, P., Baret, F., Feret, J.B., Madeira Netto, J. and Robbez-Masson, J.M. 2008. Estimation of soil clay and cadmium carbonate using laboratory, field and airborne hyperspectral measurement. *Remote Sensing Environment*, 112(3): 825-835
- Minasny, B., Mcbratney, A.B., Tranter, G. and Murphy, B.W. 2008. Using soil knowledge for the evaluation of mid-infrared diffuse reflectance spectroscopy for predicting soil physical and mechanical properties. *European Journal of Soil Science*, 59: 960–971.
- Schaap, M.G., Leij, F.J. and van Genuchten, M.Th. 2001. ROSETTA: A computer program for estimating soil hydraulic parameters with hierarchical pedotransfer functions, *Journal of Hydrology*. 251:163–176.
- Van Genuchten, M.Th. 1980. A close-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. *Soil Science Society of American Journal*, 44: 892–898.
- Vereecken, H., Weynants, M., Javaux, M., Pachepsky, Y., Schaap, M.G. and van Genuchten, M.Th. 2010. Using Pedotransfer Functions to Estimate the van Genuchten– Mualem Soil Hydraulic Properties: A Review. *Vadose Zone Journal*, 9: 795-820.



Viscarra Rossel, R.A.V. 2008. ParLeS: Software for chemometric analysis of spectroscopic data. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*, 90 : 72–83.

Weynants, M., Vereecken, H. and Javaux, M. 2009. Revisiting Vereecken Pedotransfer Functions: Introducing a Closed-Form Hydraulic Model. *Vadoze Zone Journal*, 8(1): 86-95.



بررسی کارائی مدل رگرسیون درختی جهت واسنجی دستگاه القاگر الکترومغناطیس

زینب نمازی^۱، شمس اله ابوبی^۱، روح اله تقی زاده^۲، حسین خادمی^۱

۱-دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان

۲-دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه اردکان

مقدمه

در طی دو دهه اخیر بسیاری از تکنیک‌های جدید مانند آرایه ونر (رودز و اینوالسون، ۱۹۷۱)، پروب‌های قابلیت هدایت الکتریکی رودز، روش انعکاس سنجی حوزه زمانی و روش القای الکترومغناطیسی برای اندازه‌گیری شوری خاک در شرایط مزرعه مورد استفاده قرار گرفته‌اند.

در این میان، تکنیک القای الکترومغناطیسی به دلیل اینکه برای انجام اندازه‌گیری نیازی به گرفتن نمونه خاک ندارد، از سهولت و راحتی بیشتری برخوردار است. ابزارهای مبتنی القای الکترومغناطیس که قابلیت هدایت الکتریکی ظاهری یک توده از خاک را اندازه‌گیری می‌کنند، در تعیین الگوی تغییرات مکانی درون مزرعه‌ای برخی خصوصیات فیزیکی- شیمیایی خاک نظیر شوری، درصد رس، درصد رطوبت و عمق خاک لایه سطحی آن هم به صورت همزمان با لحظه پیمایش مفید هستند (تریئتافالیس و سانتوز، ۲۰۰۹؛ تریئتافالیس و همکاران، ۲۰۰۱؛ بندتو و همکاران، ۲۰۱۲). علاوه بر این‌ها دلایل متعدد دیگری نظیر قابلیت حمل آسان، سهولت کار با آن، کاهش صرف وقت و همچنین تقلیل هزینه‌های نمونه‌برداری صحرائی نیز وجود دارد که آن را نسبت به سایر روش‌های متداول در این زمینه متمایز می‌نماید. از حس گر EM به ویژه EM-38 می‌توان برای اندازه‌گیری شوری لایه سطحی و یا عمقی‌تر استفاده کرد (تریئتافالیس و همکاران، ۲۰۰۰). مطالعات فراوانی بر روی استفاده از EM-38 برای ارزیابی و تعیین شوری خاک صورت گرفته (رانگجیان و جیانگسنگ، ۲۰۱۰) و نتایج همه آن‌ها نیز به صورت بسط و توسعه معادلاتی است که قرائت‌های دستگاه را به قابلیت هدایت الکتریکی نسبت‌های آب به خاک، عصاره اشباع خاک و قابلیت هدایت الکتریکی ظاهری در اعماق مختلف خاک مرتبط ساخته است.

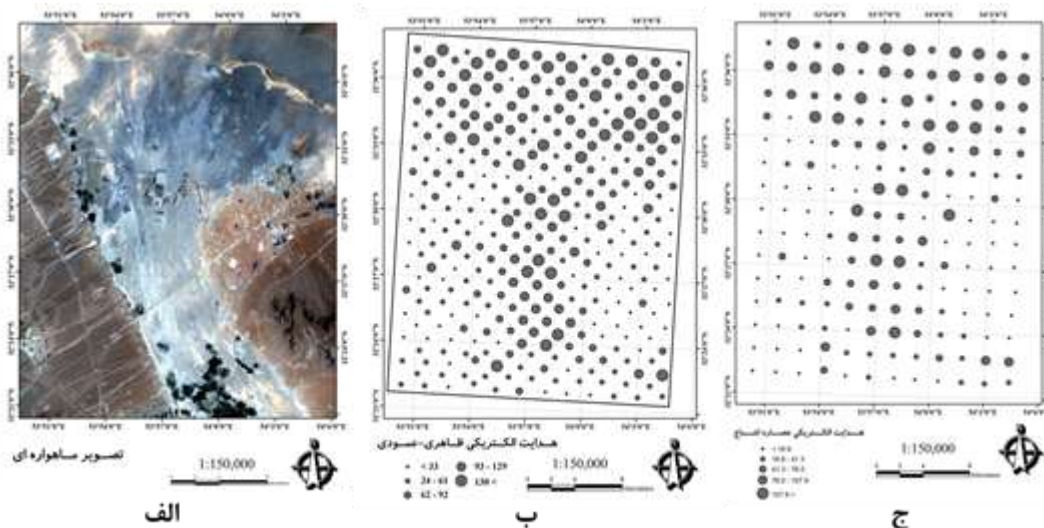
برای واسنجی دستگاه القاگر الکترومغناطیس می‌توان از روش‌ها و فنون مختلفی بهره گرفت. اما تاکنون مطالعات کمتری در زمینه استفاده از تکنیک رگرسیون درختی در واسنجی صورت گرفته است. لذا هدف مطالعه حاضر مقایسه روش‌های رگرسیون درختی و رگرسیون چند متغیره جهت واسنجی دستگاه القاگر الکترومغناطیس و پیش‌بینی شوری خاک بخشی از خاک‌های مناطق خشک ناحیه شمالی یزد می‌باشد. بدیهی است که با مقایسه این روش‌ها با یکدیگر و معرفی کارآمدترین آن‌ها در پیش‌بینی پارامتر مذکور به درک صحیحی از کارایی هر یک آن‌ها می‌انجامد.

مواد و روشها

منطقه مورد مطالعه با وسعت ۷۰ هزار هکتار اراضی در شمال شهر اردکان در استان یزد بین عرض جغرافیایی ۲۳ ۳۲ و ۴۱ ۳۲ درجه و طول جغرافیایی ۴۴ ۵۳ و ۰۷ ۵۴ درجه قرار دارد. در شکل (۱ الف) نمایی از

منطقه مورد مطالعه در استان یزد مشاهده می‌شود. منطقه مورد مطالعاتی از تشکیلات بزرگ فلات مرکزی ایران است. جنوب غربی دشت دارای قدیمی‌ترین تشکیلات زمین‌شناسی است و حتی لایه‌های گچ در آن‌ها نیز دیده می‌شوند. تشکیلات پرمین و دونین در مقیاس محدودتری اغلب بصورت سنگ‌های آهکی شنی قرمز رنگ کنگلومرا تا سنگ‌های دولومیتی وجود دارد. از اردکان به سمت جنوب و جنوب شرقی باریکه‌ای از رسوبات میوسن معروف به نئوژن تشکیل شده است. خاک‌های منطقه عمدتاً در سه واحد فیزیوگرافی شامل فلات‌های مرتفع بریده شده، دشت‌های رسوبی و اراضی پست می‌باشد.

دستگاه مورد استفاده در این تحقیق از نوع EM-38 و ساخت شرکت ژئونیکس کانادا است که دارای طولی حدود یک متر می‌باشد و دو سیم پیچ در دو طرف آن است و با حدود ۲/۵ کیلوگرم وزن، یک دستگاه کوچک و سبک محسوب می‌گردد. دستگاه مورد نظر طوری طراحی شده که می‌تواند در سطوح وسیع با سرعت بالا و بدون نیاز به تماس الکترودها با زمین به کار برده شود. انجام قرائت با این دستگاه بسیار سریع است و حتی در صورت امکان می‌توان آن را به همراه یک ارابه در پشت یک وسیله نقلیه نصب و پیمایش‌ها را به صورت پیوسته انجام داد. این دستگاه از اصول القای الکترومغناطیسی استفاده کرده و می‌تواند قابلیت هدایت الکتریکی ظاهری یک حجم مشخص از خاک را اندازه‌گیری نماید. عمق و حجم مؤثر دستگاه وابسته به ارتفاع قرارگیری آن نسبت به سطح زمین و همچنین وضعیت قرار گرفتن آن (افقی یا عمودی) در هنگام انجام قرائت‌ها است. در تحقیق حاضر، در ۳۶۰ نقطه (شکل ۱ ب)، اقدام به قرائت دستگاه EM-38 در دو وضعیت قرارگیری افقی و عمودی شد. علاوه بر این نقاط، جهت واسنجی دستگاه، در ۱۸۰ نقطه از کل ز نقاط مورد مطالعه نیز نمونه خاک تهیه گردید (شکل ۱ ج).



شکل ۱) موقعیت منطقه مورد مطالعه را بر روی تصویر ماهواره‌ای (الف)، پراکنش مکانی نقاطی که قرائت دستگاه القاگر الکترومغناطیس انجام گرفته است (ب) و پراکنش مکانی نقاطی که هدایت الکتریکی اندازه‌گیری شده است (ج)



مدل سازی

رگرسیون درختی

مدل درختی طبقه بندی و رگرسیون، یک روش ناپارامتری الگوریتمی است که قادر به پیش بینی متغیرهای کمی (شوری خاک) بر اساس مجموعه ای از متغیرهای پیش بینی کننده کمی و کیفی است.

رگرسیون خطی چند متغیره

شکل کلی معادله رگرسیون کلاسیک به صورت رابطه (۱) می باشد:

$$Y = a_0 + a_1x_1 + \dots + a_nx_n \quad (1)$$

که در آن Y متغیر خروجی، x_i ها متغیر ورودی و a ضرایب معادله به حساب می آیند. معمولاً با روش کمترین مربعات برای برآورد ضرایب رگرسیون خطی چندگانه استفاده می شود.

معیارهای ارزیابی مدل

بررسی عملکرد روش های مختلف از طریق معیارهای برازش قابل مقایسه می باشد. در ارزیابی روش های واسنجی در این تحقیق از مجذور میانگین مربعات خطا و ضریب تبیین، استفاده گردیده است.

$$RMSE = \left[\frac{\sum (X_o - X_e)^2}{n} \right]^{1/2} \quad (2)$$

$$R^2 = \left[\frac{\sum ((X_e - \bar{X}_e)(X_o - \bar{X}_o))}{\sqrt{\sum ((X_e - \bar{X}_e)^2 (X_o - \bar{X}_o)^2)}} \right]^2 \quad (3)$$

X_o و X_e به ترتیب شوری مشاهداتی و تخمین زده شده، \bar{X}_o و \bar{X}_e به ترتیب میانگین شوری مشاهداتی و تخمین زده شده و n تعداد داده ها می باشد.

نتایج و بحث

خلاصه آماری قابلیت هدایت الکتریکی و هدایت الکتریکی ظاهری

در جدول (۱) خلاصه آماری داده های قابلیت هدایت الکتریکی و قرائت های قابلیت هدایت الکتریکی ظاهری در دو حالت عمودی و افقی آمده است. همان طور که نتایج آماری نشان می دهد مقدار میانگین شوری بسیار بالا می باشد که در حدود ۴۹ دسی زیمنس بر متر است. ضریب تغییرات شوری خاک بالا نسبتاً بالا (۷۸ درصد) می باشد. شوری خاک دامنه ای در حدود سه تا ۱۳۰ دسی زیمنس بر متر نشان داد. به طور مشابه ضریب تغییرات قابلیت هدایت الکتریکی ظاهری اندازه گیری شده در منطقه مورد مطالعه نیز در هر دو حالت بسیار زیاد بود. اما این مقادیر ضریب تغییرات در مقایسه با مورد مشابه در قابلیت هدایت الکتریکی خاک کمتر می باشد. این مسئله را می توان به این شکل توجیه کرد که دستگاه القاگر الکترومغناطیس قابلیت هدایت ظاهری خاک را در توده بزرگتری از خاک اندازه می گیرد در حال که اعداد شوری مربوط به نمونه های کوچکی از خاک می باشد. نتایج همچنین نشان داد که مقادیر زیاد قابلیت هدایت الکتریکی ظاهری در قسمت های میانی و شمالی منطقه قرائت شده است. در مقابل قرائت هایی که در نزدیک مناطق مرتفع تر انجام گرفته است اعداد کمتری را نشان می دهد.



جدول (۱) پارامترهای آماری مربوط به مقادیر قابلیت هدایت الکتریکی و هدایت الکتریکی ظاهری

متغیر	حداقل	حداکثر	میانگین	انحراف معیار	ضریب تغییرات (%)
شوری خاک	۳/۳۲	۱۳۰/۵۴	۴۹/۶۹	۳۹/۲۲	۷۸/۹۲
هدایت الکتریکی عمودی (ms/m)	۴	۱۶۶/۰	۷۰/۴۱	۴۷/۲۴	۶۷/۰۹
هدایت الکتریکی افقی (ms/m)	۲	۲۲۷/۰	۵۸/۰۳	۴۱/۳۶	۷۱/۲۷

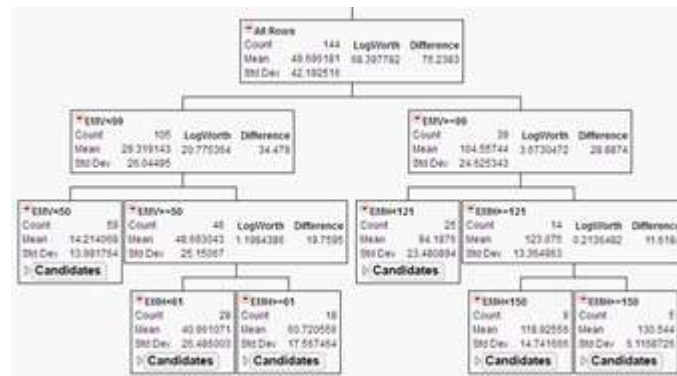
واسنجی دستگاه القاگر الکترومغناطیس

برای انتخاب بهترین روش واسنجی، مقایسه مدل‌ها بر روی داده‌های آموزش (۸۰٪) و آزمون (۲۰٪) بر اساس معیارهای ارزیابی به صورت جداگانه انجام گرفت.

رگرسیون چند متغیره خطی: برای تعیین رگرسیون چند متغیره پارامتر شوری، رابطه رگرسیونی مربوطه با استفاده از داده‌های آموزش تعیین گردید (معادله ۴). این رابطه سپس بر روی داده‌های آزمون اعمال گردید و نتایج ریشه مربعات خطا و ضریب تبیین به ترتیب ۲۰/۷۳ و ۰/۷۶ بدست آمد. مقادیر ضرایب رگرسیونی دارای عدد پی کوچکتر ۰/۰۵ می‌باشد.

$$EC = -3.11 + 0.71 * EMh + 0.15 * EMv \quad (4)$$

رگرسیون درختی: نتایج رگرسیون درختی در شکل ۲ ارائه شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود قرائت‌های هدایت الکتریکی در حالت عمودی در بالای درخت قرار گرفته است که اهمیت بیشتر این پارامتر را نشان می‌دهد. همچنین این رابطه درختی (حاصل داده‌های آموزش) بر روی داده‌های آزمون اعمال گردید و نتایج ریشه مربعات خطا و ضریب تبیین به ترتیب ۱۸/۱۱ و ۰/۸۳ بدست آمد.



شکل (۲) نتایج مدل درختی جهت پیش‌بینی شوری خاک

ارزیابی مدل‌ها: نتایج مربوط به مدل‌های رگرسیون درختی و رگرسیون چند متغیره در جدول (۲) ارائه شده است. با توجه به این جدول ملاحظه می‌شود در کل بهترین عملکرد در پیش‌بینی شوری مربوط به مدل رگرسیون درختی می‌باشد که از لحاظ هر دو معیار بهتر از رگرسیون چند متغیره می‌باشد.

جدول (۲) نتایج معیارهای ارزیابی برای پیش‌بینی شوری

ضریب تبیین	مجموع مربعات خطا	
۰/۷۶	۲۰/۷۳	رگرسیون چند متغیره
۰/۸۳	۱۸/۱۱	رگرسیون درختی



منابع

- De Benedetto, D., Castrignano, A., Sollitto, D., Modugno, F., Buttafuoco, G., lo Papa, G. 2012. Integrating geophysical and geostatistical techniques to map the spatial variation of clay. *Geoderma* 171-172, 53–63.
- Rhoades, J. D. and Ingvalson, R. D. 1971. Determining salinity in field soils with soil resistance measurements. *Journal of Soil Science Society of America*. 35: 54-60.
- Rongjiang, Y., Jingsong, Y. 2010. Quantitative evaluation of soil salinity and its spatial distribution using electromagnetic induction method. *Agricultural Water Management* 97, 1961- 1970.
- Triantafilis, J., I. O. A. Odeh. and McBratney A. B. 2001. Five Geostatistical Models to Predict Soil Salinity from Electromagnetic Induction Data across Irrigated Cotton. *Journal of Soil Science Society of America*. 65: 869–878.
- Triantafilis, J., Laslett, G.M., Mcbratney, A.B. 2000. Calibrating an electromagnetic induction instrument to measure salinity in soil under irrigated cotton. *Soil Science Society of America Journal*. 64, 1009–1017.
- Triantafilis, J., Santos, F.A. 2009. 2-dimensional soil and vadose-zone representation using an EM38 and EM34 and a laterally constrained inversion model. *Australian Journal of Soil Research* 47, 809– 920.



گیاه پوشی: فناوری مهندسی زیستی در کاهش اثرات نامطلوب مکان های دفن زباله به ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک

مهرنوش اسکندری تربقان^۱ و امیرفتوت^۲

۱- دانشجوی دکتری علوم خاک دانشگاه فردوسی مشهد

۲- دانشیار گروه علوم خاک دانشگاه فردوسی مشهد

مقدمه

محدوده وسیعی از برنامه های زیست پالایی در جهت اصلاح و بازسازی مکان های آلوده به کار می روند. محل های دفن زباله به علت تولید شیرابه و انتشار گاز متان باعث مخاطرات محیط زیستی زیادی می شوند. تلاش ها برای کاهش اثرات نامطلوب محل های دفن زباله از طریق فناوری های در حال توسعه در محل های دفن زباله همانند سیستم جمع آوری شیرابه، سیستم های جمع آوری گاز در محل های دفن و ساخت و طراحی پوشش ها و لاینرها^۱ بر روی محل های دفن زباله (باورز، ۲۰۰۲) ادامه دارد. لیکن، علی رغم انقلاب در تکنولوژی های جدید، مسائل و مشکلات بیشماری در کنترل اثرات نامطلوب مکان های دفن زباله باقی مانده است. علاوه بر این، بسیاری از محل های دفن زباله در مناطق حاشیه ای شهرها بدون نظارت و یا هزینه نگهداری قرار دارند، که در آینده بسیاری از شهرداری ها را با معضل بودجه مواجه می سازد و در نتیجه آنها را از کاربرد فن آوری های پیشرفته تر که پر هزینه نیز هست، دلسرد می نماید.

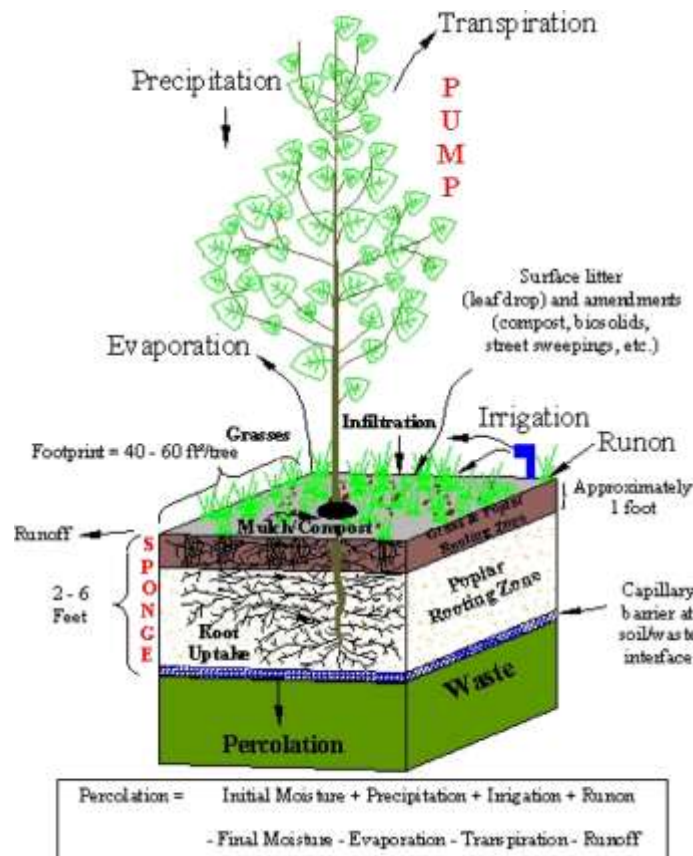
گیاه پوشی^۲ یک سامانه پوششی جایگزین است که در آن خاک همانند لایه ای پوشاننده عمل کرده و به همراه گیاه دو عامل مهم در سامانه گیاه پوشی را تشکیل می دهد. این دو عامل با یکدیگر نقشی حیاتی در عملکرد این سامانه ایفا می کنند. در این سامانه، خاک به عنوان ذخیره کننده و نگهدارنده آب عمل کرده و در زمان مورد نیاز گیاه، آن را در اختیار گیاه قرار می دهد. همچنین، خاک به عنوان صفحه ای محدودکننده در مقابل انتشار متان به اتمسفر و نیز به عنوان بستر رشد و بقای گیاه عمل می نماید. گیاه نیز به عنوان پمپ زیستی عمل نموده و با مصرف آب ذخیره شده حرکت آب به درون زباله ها را محدود می نماید و نیز مقدار آب خاک را کاهش می دهد. همچنین گیاه به عنوان بازدارنده باران با محدود نمودن بخش بزرگی از آن از طریق تبخیر مستقیم از سطح آسمانه گیاهی مانع رسیدن باران به سطح زمین می گردد. نقش مهم دیگر گیاه در این سامانه کاهش انتشار متان به اتمسفر با افزایش میکروارگانیسم های اکسیدکننده متان در ناحیه ریزوسفر می باشد. در مجموع هر دو عامل خاک پوشش و گیاه در جهت ایجاد تعادل رطوبتی مطلوب در مکان های دفن زباله عمل می کنند. همچنین، نتایج پژوهش های اخیر نشان می دهد که سامانه گیاه پوشی در مناطق خشک و نیمه خشک نسبت به مناطق حاره و معتدله از کارایی و بازده بالاتری برخوردار است. این بررسی نگاهی اجمالی بر فناوری گیاه پوشی و انواع آن، مزایا و معایب آن نسبت به فناوری های گذشته، پوشش های به کار گرفته شده در آن، فاکتورهای اثرگذار بر سامانه گیاه پوشی، مدل های برآورد کارایی فناوری، علل کارایی بالاتر سامانه در مناطق خشک و نیمه خشک و در نهایت نادانسته ها در این زمینه می پردازد.

¹ liners

² Phytocapping

فناوری گیاه پوشی

پس از مشخص شدن برخی مشکلات فناوری قدیمی پوشش های رسی^۳، محققان فناوری پوشش جایگزین در مکان های دفن زباله را توسعه داده، و به توانایی گیاهان در تنظیم کنترل هیدرولیکی در لایه پوشش دهنده پی بردند. لایه خاک که آکنده از ریشه های گیاهان است، می تواند به عنوان اسفنج در نگهداری باران نفوذ یافته به درون خاک عمل کرده و در نهایت با پمپ از لایه خاک به طریق تبخیر و تعرق از شاخسار گیاهی، ظرفیت نگهداری لایه پوشش دهنده را تجدید نماید (لیچت و اسبرندز، ۲۰۰۵). سایر مزایای پوشش های گیاهی را می توان تثبیت سریع زباله ها، کاهش تولید گاز پس از ۵ الی ۲۰ سال، دسترسی سریع تر به محل های دفن زباله جهت استفاده های جایگزین (پارک، ساخت منازل مسکونی) و صرفه اقتصادی آن نام برد (شکل ۱). همچنین، در صورتی که گونه های مناسب گیاهی با توجه به بررسی نحوه استقرار، برداشت و پس از برداشت آنها انتخاب گردد (ناگندران و همکاران، ۲۰۰۶) این فناوری قادر است با سایر برنامه های زیست پالایی آلاینده ها در خاک مکان های دفن زباله تلفیق گردد.



شکل ۱. واکنش بین گیاهان و محیط زیست (منبع لیچت و اسبرندز، ۲۰۰۵)

³ Clay capping



پوشش های مورد استفاده در فناوری گیاه پوشی

امروزه در مکان های مدرن دفن زباله، زباله های فشرده را از محیط زیست توسط لاینرها که معمولاً به صورت ترکیبی از رس و پلاستیک - و پوشش های رسی مهندسی شده^۴ می باشد، جدا می نمایند. به این مفهوم که این پوشش ها به عنوان مانعی از ورود آب عمل می نمایند. پوشش های معمولی مورد استفاده اخیر شامل پوشش های فشرده رسی به همراه لایه ای از خاک و چمن ها می باشد. خصوصیات هیدرولیکی لایه پوششی معمولاً ۷۵ درصد ظرفیت لاینر پایه^۵ انتخاب می شود. در نتیجه بیشتر پوشش های مدرن به طور کامل بوسیله رس های مصنوعی^۶ همانند بنتونیت و یا ترکیبی از خاک محلی و یک لایه پلاستیک مهندسی شده اند (هالس و همکاران، ۱۹۹۰).

مزایا و معایب فناوری گیاه پوشی

این فناوری (۱) مانعی فیزیکی جهت جلوگیری از دسترسی جانوران موذی به زباله می شود؛ (۲) نگهدارنده آب در زمان بارش و سایر حوادث و (۳) مشوق رشد گیاه است که در نتیجه همانند پمپ زیستی و فیلتر عمل کرده و مانع ورود آب از لایه خاک نفوذپذیر سطحی بر روی زباله ها می شود. سایر مزایای این فناوری ایجاد فضای سبز (پارک)، تولید چوب و الوار، حفظ تنوع زیستی، منبع برای ترسیب کربن، کاهش شیرابه، کاهش تولید متان (اکسیداسیون متان) و صرفه اقتصادی و هزینه کم (هزینه فناوری گیاه پوشی در حدود نصف هزینه سایر پوشش های سنتی است) می باشد. همچنین پوشش گیاهی باعث کاهش ریسک در یک سطح قابل قبول شده و به مدیریت کمتری نیاز دارد (ونکاترمن و آشوات، ۲۰۰۹).

احتمال سمیت گیاه، آفات، تخریب گیاهان بر اثر تغییرات اقلیمی و کاهش تاثیر لایه پوششی برخی از معایب این فناوری می باشند. از جمله سایر معایب آن این است که این سامانه کمتر اثبات شده و مقررات دولتی اجازه سیستم جایگزین را نمی دهد (اسچنور، ۲۰۰۲).

انواع فناوری های گیاه پوشی

دو نوع از انواع فناوری گیاه پوشی (موانع منولیتیک^۷ و موانع کیپلاری^۸) در آمریکا مورد استفاده قرار گرفته است. موانع منولیتیک (شکل ۲) به یک مونوفایل^۹ اشاره دارد که حاوی یک لایه خاکی پوشیده شده با گیاه جهت نگهداری از نفوذ آب تا زمانی که از سطح خاک خارج شده و یا تبخیر گردد، می باشد (مادالینسکی و

⁴ Engineered clay caps

⁵ Base liner

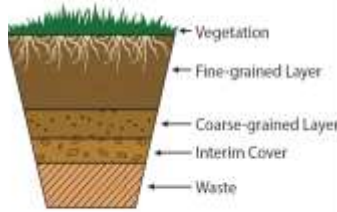
⁶ Imported clays

⁷ Monolithic barriers

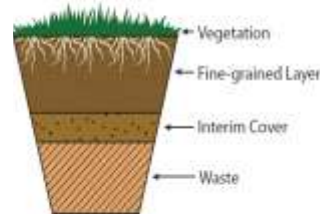
⁸ Capillary barriers

⁹ Monofill

همکاران، ۲۰۰۳). موانع کپیلاری (شکل ۳) حاوی یک لایه خاک با دانه بندی ریز که بر روی یک لایه خاک با دانه بندی درشت قرار گرفته است، می باشند (مادالینسکی و همکاران، ۲۰۰۳).



شکل ۳. طرح شماتیک مدل کپیلاری



شکل ۲. طرح شماتیک مدل مونولیتیک

فاکتورهای موثر بر فناوری گیاه پوشی

این فناوری امروزه به عنوان فناوری مناسب، اقتصادی و سازگار با محیط زیست شناخته شده است. هرچند کارایی این فناوری به عمق خاک پوششی به کار رفته و نوع پوشش گیاهان مستقر شده بر روی آن بستگی دارد. تطبیق دقیق این دو فاکتور با شرایط اقلیم محلی در عملکرد بالای این فناوری بسیار مهم است. خاک و گیاه نقش مهمی در این فناوری دارند اما عملکرد و پایداری آنها به درستی شناخته و گزارش نشده است. خاک و گیاه با یکدیگر نفوذ آب را به درون زباله کاهش می دهند (ونکاترمن و آشوات، ۲۰۰۹).

معمولاً از خاک های منطقه، هم به عنوان پوشش روزانه در محل های دفن و هم در سامانه گیاه پوشی استفاده می شود. همچنین امکان استفاده از خاک های سنتتیک با به کارگیری مواد ساده و قابل دسترس همچون کلین فیل^{۱۰} (مواد آلاینده اصلاح شده)، بقایای سبز^{۱۱}، جامدات زیستی^{۱۲} و بتن خرد شده^{۱۳} وجود دارد. خاک مورد استفاده در فناوری گیاه پوشی، باید مقدار کافی از رطوبت را در خود نگهداری کند. لیکن، باید عاری از آلاینده های شیمیایی موثر بر رشد و بقای جامعه گیاهی و میکروبی باشد. خصوصیات خاک همانند بافت، ظرفیت نگهداری آب، تخلخل، چگالی ظاهری، هدایت هیدرولیکی، ترکیبات شیمیایی و مقدار مواد آلی تعیین کننده تناسب خاک در فناوری گیاه پوشی است (برد و همکاران، ۲۰۰۵). همچنین عمق خاک مورد استفاده نیز تاثیر چشمگیری در این فناوری دارد و این تاثیر هم از جنبه اثر بخشی آن و هم از نظر میزان هزینه ساخت محل دفن زباله می باشد. بنابراین بسیار مهم است که عمق مناسبی از خاک در رابطه با اقلیم منطقه به خصوص الگوی بارش، طبیعت گیاهان مورد استفاده و الزامات قانونی انتخاب گردد. مطالعه موقات و هاستون در سال ۱۹۹۱ نشان داد که رشد درختان در خاک با عمق ۱۵۰۰ میلی متر بهتر از رشد درختان در خاک با عمق ۲۰۰ میلی متر بود. نتایج مشابهی توسط وارن و همکاران (۱۹۹۶) از چهار سال آزمایش در نواحی نیمه خشک با متوسط بارندگی سالانه ۲۰۰۰ میلی متر در سال بدست آمد. آنها نفوذ ۳۰۰ میلی متری را برای خاک پوشش با عمق ۱۵۰۰ میلی متر به همراه درختان

¹⁰ Clean fills

¹¹ Green waste

¹² Biosolids

¹³ Crushed concrete



و درختچه ها، نفوذ ۲۴۰ میلی متری در خاک پوشش با عمق خاک ۱۵۰۰ میلی متر به همراه چمن و ۴۰۰ میلی متر در خاک پوشش با عمق ۹۰۰ میلی متر که فقط دارای چمن بود، گزارش نمودند. بالاترین نفوذ (۴۰۰ میلی متر) در خاک پوشش با عمق ۹۰۰ میلی متر به همراه چمن ها به علت عمق ناکافی و چگالی بالای خاک مشاهده گردید. چگالی خاک در خاک پوشش ۹۰۰ میلی متری به همراه چمن $1/86 \text{ Mg m}^{-3}$ گزارش گردیده بالاتر از حد مجاز برای رشد ریشه ($1/1$ تا $1/5 \text{ Mg m}^{-3}$) بود. چگالی بالاتر از $1/7 \text{ Mg m}^{-3}$ رشد ریشه را در بیشتر خاک ها دچار مشکل می کند (تیملین و همکاران، ۱۹۹۸). از این رو بسیار حائز اهمیت است که دو عامل عمق خاک و چگالی آن در فناوری گیاه پوشی جهت بهبود ظرفیت نگهداری آب و تشویق رشد ریشه بهینه باشد. مقدار عناصر غذایی، میکروب های ضروری و توسعه و تنوع بذر خاک در خاک سطحی، رشد گیاه را در فناوری گیاه پوشی تشویق می کند. بعلاوه افزودن بقایای سبز یا مواد آلی تبخیر از خاک را کاهش داده، در ریزوسفر ایجاد شوری نموده و باعث رقابت با علف های هرز می شود (آشوات، ۲۰۰۷). افزایش بقایای سبز و خاک سطحی می تواند فرسایش خاک را نیز کاهش دهد (مادالینسکی و همکاران، ۲۰۰۳).

انتخاب صحیح گونه های مناسب گیاهی در اثر بخشی و پایداری فناوری گیاه پوشی بسیار مهم است. علاوه بر این، برای داشتن بازدارندگی مناسب و خصوصیات تعرق خوب، باید گیاهان مقاوم به آبشویی، مقاوم به خشکی، مقاوم به شوری و دارای توانایی بقا در دمای بالای خاک انتخاب شوند. به همین دلایل، گیاهان بومی برتری دارند (ونکاترمن، ۲۰۱۲). زیرا آنها به شرایط محلی سازگار بوده و احتمال پایین تری در برهم زدن تعادل اکوسیستم دارند. همچنین، گیاهان بومی توانایی احیاء در مواجهه با بلایای طبیعی همچون طوفان و آتش سوزی خودبخودی را دارند. چمن ها به دلیل توانایی در کنترل فرسایش و تولید ریشه های فیبری گسترده برتری دارند (هاسرو همکاران، ۲۰۰۱). علاوه بر چمن ها، صنوبرها و بید ها نیز به طور گسترده ای در آزمایشات فناوری گیاه پوشی در آمریکا و اروپا به علت بومی بودن و سابقه عملکرد خوب آنها در مطالعات مختلف مورد استفاده قرار گرفتند. در مجموع انتخاب گونه های گیاهی معمولاً بستگی به شرایط محل دفن از جمله خصوصیات فیزیکی مواد خاکی مورد استفاده بر روی زباله ها، محل و ضخامت خاک سطحی، میزان قرار گیری در معرض عوامل محیطی و اقلیم محلی دارد. سایر فاکتورها همانند عمق ریشه و توانایی پمپ مقدار زیادی آب نقش حیاتی در تعریف پایداری سامانه های گیاه پوشی دارد (رابینسون و همکاران، ۲۰۰۳).

مدل سازی تعادل آبی در محل دفن زباله

تولید شیرابه، در نتیجه نفوذ آب از درون خاک پوشش محل دفن زباله و نفوذ به درون آن و انحلال آلاینده ها است. منابع آب در محل دفن زباله شامل آب موجود در زباله ها، خاک پوشش، باران و آب زیر زمینی، حتی نفوذ جذر و مد آب می باشد. جهت ارزیابی عملکرد مناسب سامانه گیاه پوشی توجه به مقدار آب نفوذی به زباله ها ضروری است. برای این منظور تعداد بیشماری نرم افزار های مدل های نقل و انتقال آب، تجزیه و اندازه گیری سرعت نفوذ را براساس معادله ریچارد و روش تعادل آبی گزارش می کنند (ویلیامز، ۲۰۰۵). کارایی پوشش های مختلف محل های دفن زباله بوسیله روش های کیفی یا کمی مورد ارزیابی و سنجش قرار گرفته است. روش های کیفی شامل پایش آب زیرزمینی و جمع آوری شیرابه توسط سیستم های جمع آوری کننده شیرابه می باشد. روش



های کمی خود بر دو دسته اند، روش های کمی غیر مستقیم که شامل تخمین های تجربی، روش های تعادل جرمی و روش های فرآیند جریان های غیر اشباع بر اساس معادله ریچارد و روش های کمی مستقیم که بر اساس اندازه گیری ها توسط لایسیمتر ها می باشند (آلبرایت و همکاران، ۲۰۰۲).

فناوری گیاه پوشی می تواند در آینده در طراحی محل های دفن زباله به علت کاهش حجم شیرابه، کاهش انتشار متان و تشویق رشد گیاهان بومی (لیچت و همکاران، ۲۰۰۴) به خصوص در مناطق نیمه خشک ترجیح داده شود. نتایج تحقیقات نشان داد که فناوری گیاه پوشی در نواحی خشک و نیمه خشک نسبت به مناطق حاره و مناطق معتدله کارایی بیشتری به علت غالبیت کمتر بارش در فصول رشد گیاه (۶۲ تا ۸۰ درصد) که با دوره بیشترین تبخیر و تعرق همراه است، دارد (ونکاترمن، ۲۰۱۲).

شکاف علمی

فناوری گیاه پوشی مزایای بسیاری نسبت به سامانه های پوششی قدیمی دارد. به جز قابلیت تعرق، بسیار پایدارتر، سازگاری بیشتر با محیط زیست و زیبایی بیشتری دارد. این فناوری همچنین به عنوان پناهگاهی برای بسیاری از گیاهان و جانوران بومی عمل می نماید. بنابراین تنوع زیستی را در منطقه تشویق می نماید. هنوز بسیاری از مسائل که نیازمند توجه و مطالعه دقیق می باشند همانند رشد گیاه و توسعه ریشه، تعرق، ممانعت کنندگی تاج پوشش از باران و اکسیداسیون متان در سامانه گیاه پوشی، وجود دارد. مطالعات گذشته کارایی بیشتر سامانه های گیاه پوشی در مقایسه با سامانه های سنتی پوششی با بکارگیری لایسیمترها را تایید نموده اند. لیکن کارایی و پایداری اجزای متفاوت آن (گیاهان و خاک) در سامانه های پوششی به صورت اندک گزارش شده است. ثانیاً، توانایی گیاه پوشی در کاهش انتشار متان هنوز تا حدودی ناشناخته مانده است. به این دلایل، کاربرد گیاهان در کاهش نفوذ آب به درون زباله ها، نقش عمق خاک و تاثیر گیاهان بر انتشار متان، و بقا و پایداری طولانی مدت گیاهان استقرار یافته می بایست تعریف گردد. بنابراین، این سامانه در آینده می تواند با توسعه و کاربرد بیشتری در بازسازی و اصلاح محل های دفن زباله به کار گرفته شود. ممانعت کنندگی تاج پوشش از باران (اثر ممانعت کنندگی باران) دیگر عاملی است که نقش معنی داری در تعادل هیدرولوژیکی سامانه گیاه پوشی دارد. این خصوصیت ویژه گیاهان به درستی در گیاهان پرورش یافته در محل های دفن زباله شناخته و گزارش نشده است. این ویژگی خاص گیاهان نه تنها کارایی سامانه گیاه پوشی را بهبود می بخشد بلکه هزینه گیاه پوشی را به دلیل کاهش مقدار نفوذ باران به خاک، کاهش می دهد. به این ترتیب نیاز به مطالعه عمیق تر و درک بهتر از گونه ها، استفاده و کاربرد آنها در سامانه گیاه پوشی وجود دارد (ونکاترمن، ۲۰۱۲).

منابع

1. Albright WG, Gee GW, Wilson GV, and Fayer MJ, 2002. Alternative cover assessment projects; Phase 1 Report. Desert Research Institute. Nevada. USA.



2. Ashwath N, 2007. Comparison of phytocaps with clay caps for their ability to limit percolation of water into landfills. Rockhampton, Centre for Plant and Water Science.
3. Bird NRA, Preston AR, Randall EW, Whaley WR, and Whitmore AP, 2005. Measurement of the size distribution of water filled pores at different matric potentials by stray field nuclear magnetic resonance. *European Journal of Soil Science*. 56: 135-143.
4. Bowers ND, 2002. Specifying landfill environment and management plans and closure plans for arid landfills in Australia. GHD Pvt. Ltd., Adelaide.
5. Halse Y, Lord A, and Koerner R, 1990. Ductile-to-brittle transition time in polyethylene geomembrane sheet. In M. Koerner (Ed.), *Geosynthetic testing for waste containment application* (pp. 95–109). Philadelphia: ASTM.
6. Hauser PE, Weand BL, and Gill MD, 2001. Natural covers for landfills and buried waste. *Journal of Environmental Engineering*. 127: 768-775.
7. Licht L, Aitchison E, and Rock SA, 2004. Evapotranspiration tree caps: research prototype results, full scale histories and possible future directions. In *SWANA Landfill Symposium*, Monterey, CA, pp. 1-13.
8. Licht LA, Isebrands JG, 2005. Linking phytoremediated pollutant removal to biomass economic opportunities. *Biomass Bioenergy* 28: 203–218.
9. Madalinski KL, Gratton DN, and Weisman RJ, 2003. Evapotranspiration covers: An Innovative approach to remediate and close contaminated sites. *Remediation* (online publication). pp. 55-67.
10. Moffat AJ, and Houston TJ, 1991. Tree establishment and growth at Pitsea Landfill site, Essex, UK. *Journal of Waste Management and Research*. 9: 35-46.
11. Nagendran R, Selvam A, Joseph K, Chiemchaisri C, 2006. Phytoremediation and rehabilitation of municipal solid waste landfills and dumpsites: a brief review. *Waste Manage* 26: 1357–1369.
12. Robinson B, Green S, Mills T, Clothier B, Laplane R, van der Velde M, Fung L, Deurer M, Hurst S, Thayalakumaran T, and Van Den Dijssel C, 2003. Phytoremediation: using plants as bio pumps to improve degraded environments. *Australia Journal of Soil Research*. 41: 599-611.
13. Schnoor JL, 2002. Phytoremediation of soil and groundwater. *Technology Evaluation Report-TE-02-01*. Ground-Water Remediation Technologies Analysis Center.
14. Timlin DJ, Ahuja LR, and Heathman GC, 1998. Preferential transport of a bromide tracer applied in a pulse method of ponded water. *Journal of Environmental Quality*. 27: 505-514.
15. Venkatraman K, 2012. Phytocapping of Municipal Landfills: Evaluating the Performance of Twenty One Tree Species and Two Soil Depths. Ph. D Thesis. Centre for Plant and Water Science Faculty of Sciences, Engineering and Health CQUniversity Australia, Rockhampton, Qld 4701. Page 1-360.
16. Venkatraman K, and Ashwath N, 2009. Phytocapping: Importance of Tree Selection and Soil Thickness. *Water Air Soil Pollut: Focus* (2009). 9:421–430.
17. Warren RW, Hakonson TE, and Bostik KV, 1996. Choosing the most effective hazardous waste landfill cover. *Remediation* (online publication), Spring: 23-41.
18. Williams LL, 2005. Effect of plant intrusion on the water balance of landfill cover systems. In: Graduate School of Vanderbilt University, Vanderbilt University, Nashville. pp. 121.



مقایسه‌ی الگوی تغییر پذیری مکانی نسبت جذب سطحی سدیم و شوری خاک در منطقه‌ی هرمز آباد رفسنجان

علیرضا اوجی^{۱*}، عیسی اسفندیارپور بروجنی^۲، شهرام طاهری^۳، فردین زمانی^۴
۱- دانشجوی دکتری دانشگاه شهید چمران اهواز ۲- استادیار گروه علوم خاک دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان
۳- دانشجوی دکتری زراعت دانشگاه شاهرود ۴- کارشناس ترویج مدیریت جهاد کشاورزی شهرستان شیراز
* آدرس پست الکترونیکی مکاتبه کننده: claymineral_84@yahoo.com

مقدمه

شوری خاک، یکی از معضلات کشاورزی محسوب می‌گردد که علاوه بر کاهش عملکرد محصول، تخریب اراضی و غیر قابل استفاده شدن آن‌ها را به دنبال داشته است. در واقع، شوری بیان‌گر تجمع نمک‌های محلول در حجم معینی از خاک می‌باشد که به‌طور معمول توسط قابلیت هدایت الکتریکی خاک محاسبه می‌شود (White, 2003). از طرفی، نسبت جذب سطحی سدیم، فاکتوری است که میزان سدیمی بودن خاک را بیان می‌کند. نسبت جذب سطحی سدیم بالا از طریق تخریب ساختمان خاک و تشکیل سله در سطح خاک، باعث کاهش نفوذپذیری خاک و رشد گیاه می‌شود (Sanden et al., 2004). بنابراین، شناسایی و پهنه‌بندی خاک‌های شور و سدیمی به‌منظور مقابله با این مشکل و اعمال مدیریت بهینه‌ی آن‌ها، ضروری می‌نماید. با توجه به این‌که خصوصیات مختلف خاک (از جمله شوری و نسبت جذب سطحی سدیم)، دارای تغییرات زمانی و مکانی از مقیاس‌های کوچک تا بزرگ می‌باشند که تحت تأثیر خصوصیات ذاتی (مانند فاکتورهای خاک‌سازی) و غیرذاتی (مانند عملیات مدیریتی خاک، کوددهی و تناوب زراعی) قرار می‌گیرند (Godwin and Miller, 2003)؛ شناخت این تغییرات، به‌ویژه در اراضی کشاورزی، می‌تواند راه‌گشای مدیریت بهینه و برنامه‌ریزی خاص مکانی^۱ باشد. برای رسیدن به این مهم، استفاده از روش‌های زمین‌آماری که قادر به پردازش و خلاصه‌سازی الگوهای توزیع مکانی متغیرهای مورد نظر از طریق به‌کارگیری تکنیک‌های میان‌یابی می‌باشند، احساس می‌شود (رفیع‌الحسینی و محمدی، ۱۳۸۰). هدف از این پژوهش، مقایسه‌ی الگوی تغییرپذیری مکانی نسبت جذب سطحی سدیم خاک و شوری خاک در منطقه‌ی هرمز آباد رفسنجان می‌باشد.

مواد و روش‌ها

منطقه‌ی مورد مطالعه با مساحتی حدود ۱۵۰۰ هکتار، در بیست کیلومتری حومه‌ی غربی رفسنجان- هرمز آباد- واقع شده است. از لحاظ موقعیت جغرافیایی، این منطقه در حد فاصل طول‌های جغرافیایی $43^{\circ} 43' 7/87''$ تا $55^{\circ} 44' 58/26''$ شرقی و عرض‌های جغرافیایی $30^{\circ} 27' 21/19''$ تا $30^{\circ} 30' 4/67''$ شمالی قرار دارد. منطقه‌ی هرمز آباد، در واحد فیزیوگرافی دشت دامنه‌ای واقع شده است و مواد مادری آن، دارای منشأ آبرفتی می‌باشند. پوشش گیاهی منطقه، به‌طور عمده، درخت پسته می‌باشد. رقم غالب پسته در منطقه، اوحدی است و سن درختان، به‌طور متوسط، ۳۰ سال می‌باشد. از آن‌جا که روش نمونه‌برداری شبکه‌ای منظم، معمول‌ترین شیوه در مطالعات زمین‌آماری می‌باشد (محمدی، ۱۳۸۵)؛ شبکه‌ای منظم با ابعاد ۵۰۰ در ۵۰۰ متر بر روی محدوده‌ی

1- Site-specific management



مطالعاتی اعمال گردید و بدین ترتیب، مختصات جغرافیایی ۷۷ نقطه‌ی مشاهداتی به‌دست آمد. سپس، در هر نقطه، از سه عمق صفر تا ۴۰، ۴۰ تا ۸۰ و ۸۰ تا ۱۲۰ سانتی‌متر، نمونه‌برداری صورت گرفت و پس از هواخشک نمودن نمونه‌ها و عبور آن‌ها از الک دو میلی‌متری، قابلیت هدایت الکتریکی عصاره‌ی اشباع خاک با استفاده دستگاه هدایت‌سنج و هم‌چنین، سدیم محلول با روش شعله‌سنجی و کلسیم و منیزیم محلول به‌ترتیب با استفاده از روش کمپلکسومتری و تیتراسیون توسط EDTA (Lanyon and Heald, 1982) در هر یک از اعماق مزبور اندازه‌گیری گردید. پس از بررسی چگونگی توزیع داده‌ها، خلاصه‌ی آماری آن‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS استخراج گردید. سپس، به‌منظور پهنه‌بندی شوری و نسبت جذب سطحی سدیم اندازه‌گیری شده در هر عمق، مرحله‌ی واریوگرافی و تهیه‌ی نقشه‌های کریجینگ با استفاده از نرم‌افزارهای Geoeas، Variowin و Surfer انجام گرفت. در نهایت، نقشه‌های کریجینگ حاصل، مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند.

نتایج و بحث

در جدول ۱، خلاصه‌ی آماری نسبت جذب سطحی سدیم و قابلیت هدایت الکتریکی عصاره‌ی اشباع خاک برای اعماق سه‌گانه‌ی مطالعاتی ارائه شده است. بررسی ضریب چولگی و نتیجه‌ی حاصل از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف^۱ نشان داد که نسبت جذب سطحی سدیم و قابلیت هدایت الکتریکی عمق اول (صفر تا ۴۰ سانتی‌متری) از توزیع نرمال تبعیت نمی‌کنند. بنابراین، ابتدا داده‌های مربوط به این عمق با استفاده از تبدیل لگاریتمی، نرمال شدند و سپس، نقشه‌ی کریجینگ معمولی تمامی اعماق سه‌گانه ترسیم گردیدند (شکل ۱).

جدول ۱- خلاصه‌ی آماری شوری خاک و نسبت جذب سطحی سدیم در اعماق سه‌گانه‌ی مطالعاتی

متغیر	عمق (سانتی‌متر)	میانگین	میان	واریانس	حداقل	حداکثر	چولگی	ضریب تغییرپذیری (درصد)
قابلیت هدایت الکتریکی (dS/m)	۰-۴۰	۳/۵۷	۲/۶۶	۷/۲۶	۰/۳۷	۱۳/۱۴	۱/۳۴	۷۵/۳۸
	۴۰-۸۰	۴/۶۵	۳/۴۱	۱۰/۴۵	۰/۳۶	۱۳/۲۳	۰/۵۷	۷۰/۲۰
	۸۰-۱۲۰	۵/۲۳	۴/۸۳	۱۲/۴۵	۰/۳۱	۱۲/۳۳	۰/۲۸	۶۷/۴
نسبت جذب سطحی سدیم (meq/l) ^{0.5}	۰-۴۰	۱۴/۳۱	۱۱/۲۳	۷۸/۲۶	۱/۶۹	۳۶/۹۷	۰/۹۵	۶۱/۸۲
	۴۰-۸۰	۱۹/۳۷	۱۸/۰۰	۱۸۳/۰۶	۲/۱۵	۴۹/۸۳	۰/۴۸	۶۰/۶۶
	۸۰-۱۲۰	۲۱/۵۶	۲۱/۳۸	۱۵۶/۲۴	۲/۱۳	۴۸/۶۰	۰/۲۰	۵۷/۹۸

نتایج به‌دست آمده از نقشه‌های کریجینگ، بیان‌گر این واقعیت بود که قابلیت هدایت الکتریکی عصاره‌ی اشباع خاک، در ارتباط مستقیم با خصوصیات سیمای اراضی^۲ منطقه‌ی مطالعاتی است. به عبارت دیگر، با نزدیک‌تر شدن به مرکز دشت هرمزآباد، میزان شوری خاک در هر سه عمق، روند افزایشی را نشان داد که این نتایج، با مطالعات آنتست و بوراتو^۳ (۲۰۰۱) و هانری^۴ و همکاران (۲۰۰۵) مشابهت داشت. با توجه به نقش دور آبیاری در کاهش یا افزایش شوری (از طریق فرایند آب‌شویی)، این عامل، دلیل احتمالی افزایش میزان شوری از قسمت جنوبی یا اراضی بالادست دشت مطالعاتی (با متوسط دور آبیاری ۲۸ روز) به‌طرف نواحی شمالی یا اراضی

1- Kolmogrov-Smirnov test

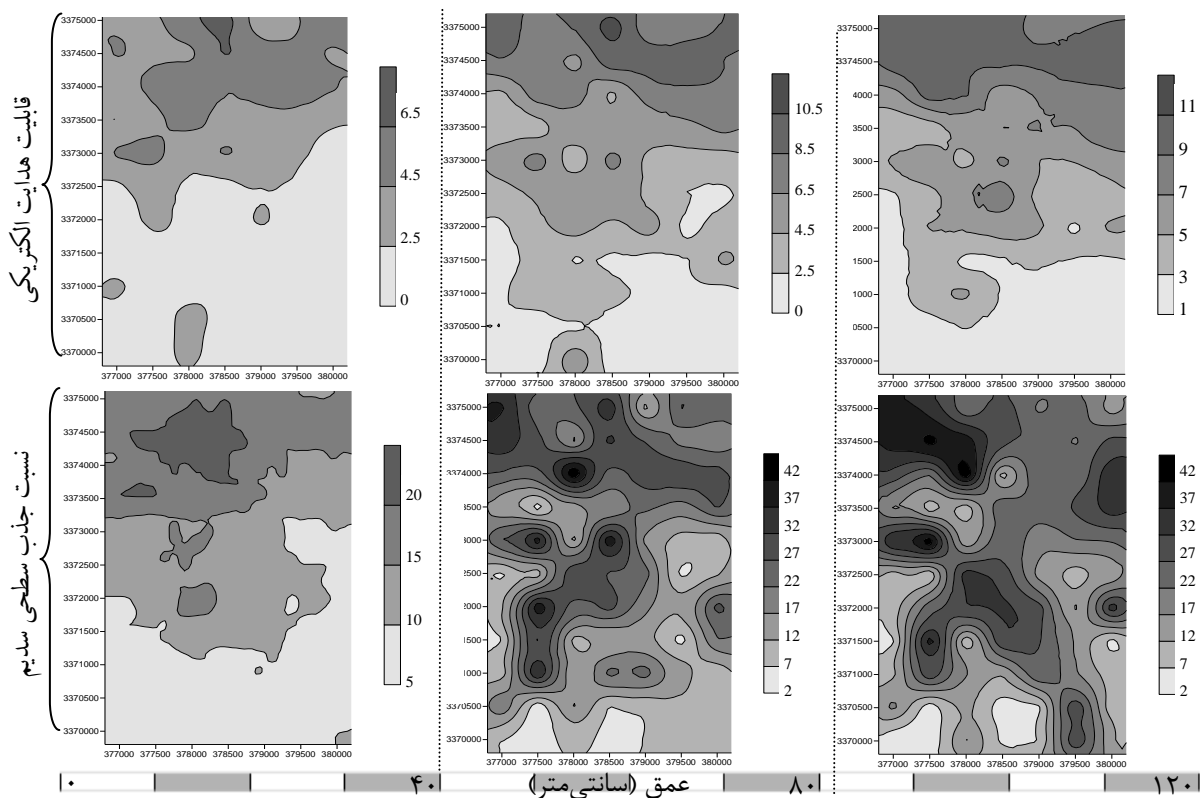
2- Landscape

3 - Utset and Borroto

4 - Honery



پایین دست دشت مزبور (با متوسط دور آبیاری ۵۲ روز) شناخته شد. البته ریزتر شدن بافت خاک (داده‌ها نمایش داده نشده‌اند) در راستای جنوبی- شمالی منطقه‌ی مورد مطالعه نیز می‌تواند در روند افزایشی مذکور مؤثر باشد. از آن جا که شوری آب تمامی چاه‌های منطقه بر اساس طبقه‌بندی FAO (۱۹۹۴)، دارای محدودیت شدید می‌باشند (حسنی موحد، ۱۳۸۹)؛ کیفیت آب نمی‌تواند عاملی اثرگذار بر روند تغییرات شوری در منطقه محسوب شود. بررسی عمقی نقشه‌های شوری حاکی از آن بود که با افزایش عمق، درصد مساحت اشغال شده توسط شوری‌های بالا ($\geq 8 \text{ dS/m}$) و پایین ($< 8 \text{ dS/m}$)، به ترتیب، افزایش و کاهش یافته است. روند مزبور می‌تواند تأثیر آبیاری در آب‌شویی املاح از سطح و تجمع آن‌ها در اعماق پایین‌تر را گوشزد کند، گرچه از اثر بافت خاک بر تجمع املاح نباید غافل شد. هرچند سطوح بالای درصد سدیم تبدالی (ESP) در خاک سطحی می‌تواند تخریب ساختمان خاک را موجب گردد و در نتیجه، مشکلاتی را برای نفوذپذیری آب در خاک به‌همراه داشته باشد، اما پسته قادر است که درصد سدیم تبدالی (ESP) تا ۱۵ درصد را تحمل کند (Sanden et al., 2004). روند تغییرات نسبت جذب سطحی سدیم با الگوی تغییرپذیری رس و سیلت خاک در منطقه‌ی مورد مطالعه هم‌خوانی دارد (داده‌ها نمایش داده نشده‌اند). جذب سطحی سدیم در مکان‌های تبدالی رس را می‌توان به‌عنوان دلیلی بر این شباهت نسبی در نظر گرفت. همچنین، شباهت نسبی روند تغییرپذیری نسبت جذب سطحی سدیم با تغییرات قابلیت هدایت الکتریکی عصاره‌ی اشباع خاک (شکل ۱) بیان‌گر این است که املاح منطقه، بیش‌تر از نوع سدیمی هستند. بررسی‌های میدانی منطقه‌ی مورد مطالعه، حکایت از کاهش عملکرد درختان پسته در نواحی جنوبی در اثر زیادی این نسبت دارد. حسینی‌فرد و همکاران (۲۰۰۵) و نقوی (۱۳۷۵)، نسبت جذب سطحی سدیم بالا را از عوامل محدودکننده‌ی رشد پسته در منطقه‌ی انار برشمردند.



شکل ۱ - نقشه‌های کریجینگ قابلیت هدایت الکتریکی (dS/m) و نسبت جذب

سطحی سدیم $(\text{meq/l})^{0.5}$ در عمق‌های مختلف



منابع

- حسینی موحد س.، ۱۳۸۹. نقش کمبودهای زیست‌اقليمی در ارزیابی کمی تناسب اراضی برای پسته با استفاده از مدل میکرولیز در منطقه‌ی کوثرریز رفسنجان. پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد خاک‌شناسی، دانشکده‌ی کشاورزی، دانشگاه ولی‌عصر (عج) رفسنجان.
- رفیع‌الحسینی، م. و محمدی ج.، ۱۳۸۰. تجزیه و تحلیل پراکنش مکانی حاصلخیزی خاک و عملکرد محصول برای مدیریت زراعی دقیق. صفحه‌های ۱۷۸ تا ۱۸۰. مجموعه مقالات هفتمین کنگره‌ی علوم خاک ایران. دانشگاه شهرکرد، شهرکرد.
- محمدی ج.، ۱۳۸۵. پدومتری: آمار مکانی. جلد دوم. انتشارات پلک، تهران.
- نقوی، ه.، ۱۳۷۵. بررسی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی و چگونگی تشکیل و تحول خاک‌های مناطق پسته‌کاری رفسنجان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده‌ی کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.
- FAO, 1994. Water quality for agriculture. FAO Irrigation and Drainage Paper, No. 29. Rome, Italy.
- Godwin RJ and Miller PCH, 2003. A review of the technologies for mapping within-field variability. *Biosystem Engineering*, 84: 393-407.
- Honery RD, Taylor B, Munk DS, Roberts BA, Lesch SM and Richard EP, 2005. Development of practical site-specific management methods for reclaiming salt-affected soil. *Computers and Electronics in Agriculture*, 46: 379-397.
- Hosseinifard SJ, Khademi H and Kalbasi M, 2010. Different forms of soil potassium as affected by the age of pistachio (*Pistachio vera* L.) trees in Rafsanjan, Iran. *Geoderma*, 155: 289-297.
- Hosseinifard J, Naghavi H, Jalalian A and Eghbal, MK, 2005. Physicochemical and mineralogical properties of selected soils in the Rafsanjan pistachio area, Iran. In IV International Symposium on Pistachio and Almond, ISHS, Tehran, Iran.
- Lanyon LE and Heald WR, 1982. Magnesium, calcium, strontium and barium. In: A.L., Page et al. (eds.), *Methods of Soil Analysis. Part II*, (2nd ed.), Agron. Monog., ASA and SSSA, Madison, WI., 247-260.
- Sanden BL, Ferguson L, Reyes, HC and Grattan SC, 2004. Effect of salinity on evapotranspiration and yield of Son Joaquin Valley pistachios. *Proceedings of the IVth International Symposium on Irrigation of Horticultural Crops*, Acta Horticulture, 664: 583-589.
- Sanden BL, Fulton A and Ferguson L, 2005. Managing salinity, soil and water amendment. Pp: 129-146. In: Ferguson LE (ed). *Pistachio production manual*. 4th edition. Division of Agriculture and Natural Resources. University of California, Oakland.
- Utset A and Borroto M, 2001. A modeling-GIS approach for assessing irrigation effects on soil salinization under global warming conditions. *Agricultural Water Management*, 50: 53-63.
- White RE, 2003. *Soils for Fine Wines*. Oxford University Press. USA.



بررسی امکان اصلاح خاک آلوده به کبالت و کادمیوم تحت تاثیر یک میدان الکتریکی ضعیف

مهدی باهمت^۱، محسن فرحبخش^۲

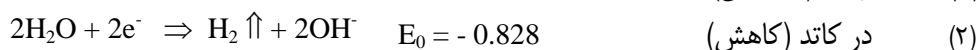
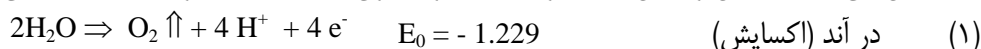
۱- دانشجوی دکتری، گروه مهندسی علوم خاک، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران

۲- استادیار گروه مهندسی علوم خاک، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران

آدرس الکترونیکی مکاتبه کننده (مهدی باهمت): MBahemmat@ut.ac.ir

مقدمه

فلزات سنگین یکی از مهمترین نگرانی‌های محیط زیست به شمار می‌روند که به دلیل ویژگی‌های تجزیه‌پذیری، چرخه زندگی در اکوسیستم‌ها و سمیت بسیار زیاد آن‌ها حتی در مقادیر کم می‌باشد. کبالت معمولاً به عنوان محصول فرعی سنگ معدن‌های سرب و نقره بوده و مقدار آن در خاک‌ها بطور میانگین ۱۵-۱۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم است. کادمیوم نیز یکی از فلزات سنگین سمی برای موجودات زنده بوده که مقدار آن در خاک‌ها بین ۰/۰۱ تا ۰/۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم می‌باشد. کادمیوم ماده تولید جانبی صنعت روی بوده و از عمده‌ترین منابع انسانی کادمیوم، استفاده از کودهای فسفاته، کاربرد فاضلاب شهری و ذوب فلزات می‌باشد (Bradl, 2005; Adriano, 2001). اعمال سطوح کم جریان الکتریکی سبب خروج آلاینده‌ها از خاک‌های آلوده با نفوذپذیری کم تحت تاثیر یک میدان الکتریکی ایجاد شده می‌شود. از مهمترین تغییرات فیزیکوشیمیایی ایجاد شده در خاک با اعمال جریان الکتریکی می‌توان به الکترولیز آب، اکسایش و کاهش، جذب فیزیکوشیمیایی، ایجاد شیب pH و انحلال و رسوب اشاره کرد (Reddy and Cameselle, 2009). در اثر کاربرد میدان الکتریکی در خاک الکترولیز آب در خاک اتفاق می‌افتد که طبق واکنش‌های ۱ و ۲ باعث تولید یون‌های H⁺ در آند و OH⁻ در کاتد می‌شود.

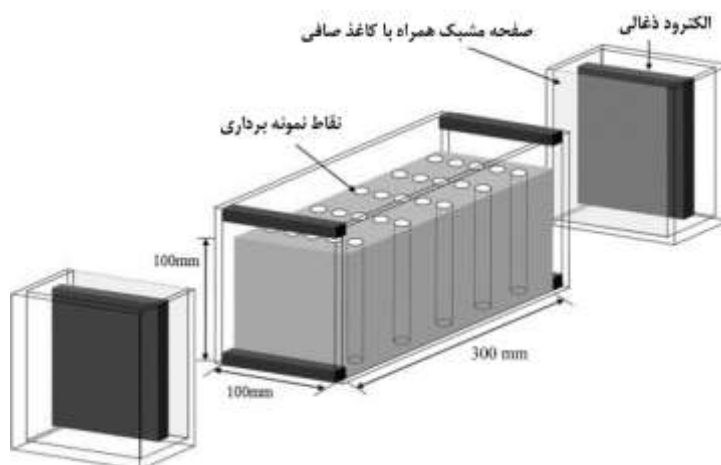


از مهمترین مکانیسم‌های تحرک یون‌ها تحت تاثیر میدان الکتریکی می‌توان به مهاجرت یونی، الکترواسمز و الکتروفورز اشاره کرد. مهاجرت یونی، حرکت گونه‌های یونی محلول موجود در جریان خلل و فرجی به سمت الکتروود مخالف و الکترواسمز، حرکت جریان خلل و فرج حاوی گونه‌های یونی محلول و غیر یونی به سمت الکتروودها و الکتروفورز، انتقال ذرات باردار در اندازه کلوئیدی و آلاینده‌های متصل به آن در اثر کاربرد جریان مستقیم کم می‌باشد (Virikutyte et al., 2002). فرآیند واجذب/ محلول شدن در خاک‌های آلوده طبیعی اغلب مرحله محدودکننده سرعت اصلاح است و به همین دلیل نتایج اصلاح خاک‌های آلوده شده به صورت مصنوعی با اصلاح خاک آلوده طبیعی زیاد قابل مقایسه نمی‌باشند (Reddy and Cameselle, 2009). تحقیقات بسیاری نشان داده است که بیشتر فلزات سنگین در محیط قلیایی رسوب کرده و یا جذب خاک می‌شوند، و فرآیند اصلاح متوقف می‌شود (Reddy and Ala, 2005). عموماً با کنترل pH از پیشروی جبهه قلیایی به درون خاک جلوگیری می‌گردد (Wieczorek et al., 2005). یکی از راه‌های کنترل pH در کاتولیت، خنثی‌سازی یون‌های هیدروکسیل تولید شده توسط الکترولیز، با استفاده از اسیدها در کاتولیت است. بر خلاف کادمیوم تحقیقات کمی

به بررسی خروج کبالت از خاک پرداخته‌اند (Kim et al., 2010). با این وجود هنوز خروج فلزات سنگین تحت تاثیر جریان الکتریکی از خاک‌هایی که بصورت طبیعی آلوده هستند نیاز به تحقیقات بیشتری دارد. بدین منظور این پژوهش با هدف اصلاح خاک طبیعی آلوده به کادمیوم و کبالت تحت تاثیر یک میدان الکتریکی ضعیف با استفاده از اسید نیتریک ۰/۱ نرمال برای کنترل pH در کاتولیت انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

خاک طبیعی آلوده به کادمیوم و کبالت از اطراف یک معدن در استان مرکزی تهیه شد. سپس از الک دو میلیمتری عبور داده شد. ویژگی‌های اولیه خاک اندازه گیری شد (Sparks, 1996). EC، pH و مقدار کربنات خاک اولیه به ترتیب ۸/۲، ۱/۵ دسی زیمنس بر متر و ۱۲ درصد بود. غلظت کادمیوم و کبالت قابل استخراج با اسید نیتریک چهار نرمال اندازه‌گیری شد (Richards et al., 1998). خاک مورد آزمایش دارای ۱۵/۱۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم کادمیوم و ۱۹/۸۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم کبالت بود.



شکل ۱- نمایی از ابعاد سیستم الکتروسینتیک و نقاط نمونه برداری

سیستم الکتروسینتیک همانند شکل ۱ طراحی و ساخته شد. ۵ کیلوگرم خاک در بخش میانی آن قرار گرفت و به مدت ۲۰ روز با اعمال ولتاژ ۶۰ ولت تغییرات شدت جریان در طول روز توسط یک مولتی متر ثبت شد. در طی اجرای فرآیند الکتروسینتیک، به طور روزانه محلول‌های موجود در مخزن‌های آنولیت (آب مقطر) و کاتولیت (اسید نیتریک ۰/۱ نرمال) تخلیه شده و دوباره با محلول تازه پر می‌شد. به منظور بررسی میزان حرکت یون‌ها در ستون خاک در طول زمان اصلاح، هر پنج روز در پنج نقطه با فواصل پنج سانتی‌متری از آند نمونه‌برداری شده و غلظت کادمیوم و کبالت قابل استخراج با اسید نیتریک چهار نرمال در آن توسط دستگاه جذب اتمی (Shimudzu, Japan) اندازه‌گیری می‌شد.

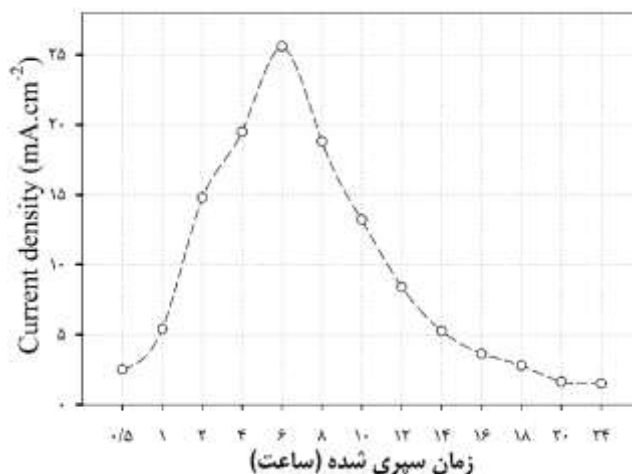
نتایج و بحث

تغییرات شدت جریان

شکل ۲ تغییرات شدت جریان در طول یک روز در سلول الکتروسینتیک را نشان می‌دهد. به دلیل اینکه محلول کاتولیت و آنولیت بطور روزانه تخلیه شده و محلول جدید به آن اضافه می‌شد، و با تغییر محلول شدت جریان دستخوش تغییرات قرار می‌گرفت، تغییرات شدت جریان بطور روزانه ثبت می‌شد اما روند تغییرات در طول زمان



تقریباً از یک الگوی مشابه پیروی می کرد. نتایج نشان داد در ابتدا افزایش در میزان شدت جریان اتفاق می افتاد و سپس با رسیدن به یک حداکثر (بعد از ۶ ساعت)، کاهش یافته بطوریکه بعد از ۲۰ ساعت تقریباً ثابت می شد.



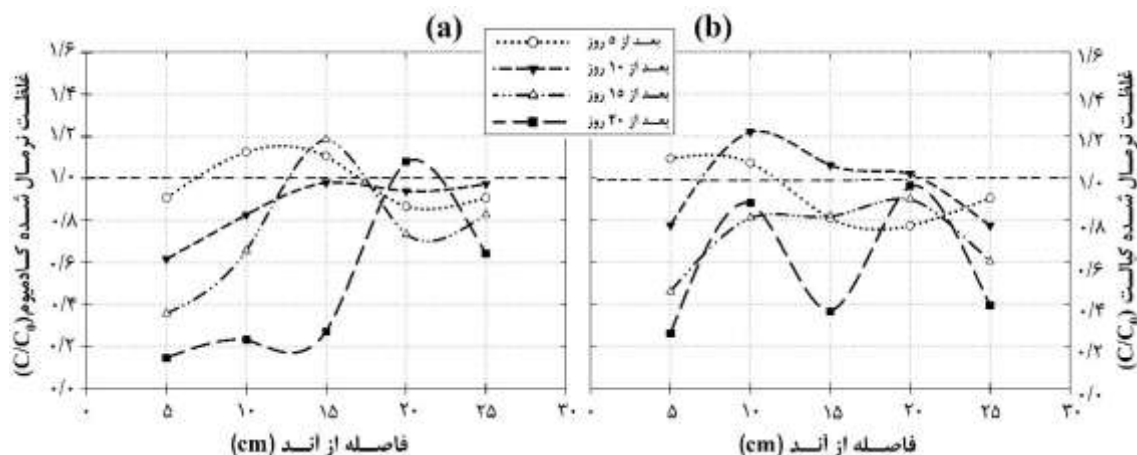
شکل ۲- تغییرات شدت جریان در طول روز در سلول الکتروسینتیک

جریان الکتریکی در طول ستون خاک شدیداً وابسته به غلظت یون های متحرک در ستون خاک است (Virkutyte et al., 2002). مقادیر اولیه بالاتر برای چگالی جریان می تواند به علت مقدار بالاتر فلزات محلول بدلیل قابلیت دسترسی تعداد بیشتری یون های آزاد و همچنین بدلیل الکترولیز باشد. این رفتار می تواند بدین گونه توضیح داده شود که حرکت جبهه اسیدی به درون خاک سبب حل شدن فلزات شده و قدرت یونی پورفلوئید افزایش می یابد. به حداکثر رسیدن جریان اولیه بدلیل غلظت یونی بسیار زیاد پورفلوئید و همچنین مهاجرت الکتریکی آلاینده ها به سمت الکتروود با بار مخالف است. سپس میزان جریان به دلیل کاهش مهاجرت الکتریکی کاتیون ها و آنیون ها در پورفلوئید تدریجاً کاهش می یابد. به علاوه تولیدات واکنش های الکترولیز و سایر گونه های شیمیایی توسط خنثی شدن یون های مهاجرت یافته، سبب کاهش جریان می شود (Reddy and Ala, 2005).

تغییرات غلظت کادمیوم و کبالت تحت تاثیر جریان الکتریکی

تغییرات غلظت کادمیوم و کبالت در ستون خاک در زمان های ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ روز پس از اجرای الکتروسینتیک در شکل ۳ نشان داده شده است. با توجه به فرآیند الکترولیز بخشی از خاک که به آنولیت نزدیک تر بوده تحت تاثیر جبهه اسیدی ورودی از آنولیت قرار گرفته و غلظت محلول آن ها افزایش می یابد. کادمیوم محلول (با توجه به بار مثبت کادمیوم) در میدان الکتریکی ایجاد شده به سمت کاتد حرکت می کند. در نتیجه، در وسط ستون خاک، افزایش غلظت کادمیوم نسبت به غلظت اولیه آن مشاهده می شود. این محل تجمع کادمیوم با گذشت زمان به نزدیکی کاتد منتقل می شود. بیشترین میزان خروج کادمیوم بعد از ۲۰ روز و در فواصل ۵، ۱۰ و ۱۵ سانتیمتری آند که بیش از ۷۵ درصد آن خارج شده بود مشاهده شد (شکل ۳a). ریبیو (۱۹۹۸) توانست با اعمال جریان الکتریکی ۰/۲ میلی آمپر بر سانتیمتر مربع پس از ۱۶ روز غلظت اولیه کادمیوم خاک (۱۹۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم) را ۶۹ درصد کاهش دهند. در یک تحقیق میدانی (۶۴ مترمکعب) با استفاده از الکتروسینتیک ارتقا یافته با اسید سیتریک ۸۵-۴۰ درصد از کادمیوم بعد از ۱۸۰ روز از خاک خارج شد (Gent et al., 2004). با توجه به

شکل ۳b، با گذشت زمان غلظت کبالت در خاک کاهش می یابد و بیشترین این کاهش در ۵ سانتیمتری آند مشاهده می شود. در نهایت بطور میانگین کارایی خروج ۴۲/۵ درصدی کبالت از ستون خاک بدست آمد.



شکل ۳- تغییرات غلظت کادمیوم (a) و کبالت (b) در ستون های مختلف تحت تاثیر جریان الکتریکی با کنترل pH در کاتولیت توسط اسید نیتریک ۰/۱ نرمال

کیم و همکاران (۲۰۱۰) نیز گزارش کردند که با اعمال شدت جریان ۲۰ میلی آمپر بر سانتیمتر مربع به مدت ۲۵ روز بیش از ۹۹/۸ درصد از ^{60}Co خاک خارج شد. نتایج تحقیق حاضر کارایی میدان الکتریکی ایجاد شده در خاک طبیعی آلوده را برای خروج کادمیوم و کبالت بطور موفقیت آمیزی نشان می دهد.

منابع

- Adriano DC, 2001. Trace elements in terrestrial environments: biogeochemistry, bioavailability, and risks of metals. 2nd ed. Springer-Verlag, New York.
- Bradl HB, (ed.), 2005. Heavy metals in the environment. Elsevier, Netherlands.
- Gent DB, Bricka RM, Alshawabkeh AN, Larson SL, Fabian G and Granade S, 2004. Bench- and field-scale evaluation of chromium and cadmium extraction by electrokinetics. Journal of Hazardous Materials 110 (1-3): 53-62.
- Kim GN, Choi WK and Lee KW, 2010. Decontamination of radioactive concrete using electrokinetic technology. Journal of Applied Electrochemistry 40: 1209-1216.
- Reddy KR and Cameselle C (eds.), 2009. Electrochemical remediation technologies for polluted soils, sediments and groundwater. John Wiley & Sons, New York, USA.
- Reddy KR and Ala PR, 2005. Electrokinetic remediation of metal-contaminated field soil. Separation Science and Technology 40: 1701-1720.
- Ribeiro AB, Villumsem A, Bech-Nielsen G, Réfega A and Vieira e Silva J, 1998. Electrodialytic remediation of a soil from a wood preservation industry polluted by CCA. Proceedings of the 4th International Symposium on Wood Preservation. Paper no: 50101, 14, February 2-3, Cannes-Mandelieu, France.
- Richards BK, Steenhuis TS, Peverly JH and McBride MB, 1998. Metal mobility at an old, heavily loaded sludge application site. Environmental Pollution 99: 365-377.
- Sparks DL, 1996. Methods of soil analysis: Part 3. Chemical methods and processes, Soil Science Society of America, Book Series 5, SSSA, Madison, WI.
- Virkutyte J, Sillanpaa M and Latostenmaa P, 2002. Electrokinetic soil remediation-Critical overview. Science of the Total Environment 289: 97-121.
- Wieczorek S, Weigand H, Schmid M and Marb C, 2005. Electrokinetic remediation of an electroplating site: Design and scale-up for an in-situ application in the unsaturated zone. Engineering Geology 77: 203-215.



جذب آرسنیک توسط بایوچار تولید شده از سبوس برنج و بایوچار دارای پوشش آهن

فردین صادق زاده^{۱،۲} و بهی جلیلی سه بردان^۱

۱- استادیار گروه علوم خاک، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی ساری

۲- معاون پژوهشکده اکوسیستم های خزری، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی ساری

مقدمه

آرسنیک (As) عنصری سمی برای انسان و دیگر جانداران است که وجود مقادیر بسیار کم آن در خاک و آب می تواند نگران کننده باشد (Nriagu, 1996). آرسنیک در آب های سطحی و زیرزمینی به دو فرم As(III) و As(V) موجود بوده که فرم سه ظرفیتی آن در محیط آب و خاک تحرک بالاتری داشته و همچنین سمیت بیشتری دارد. روش های متعددی برای پاکسازی آب های آلوده به آرسنیک وجود دارد. از جمله این روش ها می توان به روش اکسید و رسوب (Leupin and Hug, 2005)، انعقاد با آلومینیوم (Wickramasinghe et al., 2004)، اکسیدهای آهن گرانوله (Badruzzamana et al., 2004)، اسمز معکوس (Košutić et al., 2005) و استفاده از رزین ها (Kartinen et al., 1995) اشاره نمود. به هر حال استفاده از روش های مذکور مقرون به صرفه اقتصادی نیست. فرآیندهای جذب عناصر سمی توسط مواد جاذب ارزان در سال های اخیر بسیار مورد توجه قرار گرفته است (Biswas et al., 2008). به عنوان مثال استفاده از ماده جاذب ارزان قیمتی مانند بایوچار، به منظور جذب فلزات سنگین به کرات گزارش شده است (Rao et al., 2009; Beesley et al., 2010; Uchimiya et al., 2010; Xu et al., 2012). کاسوران و همکاران (2012) نشان دادند که کربن فعال تهیه شده از لجن فاضلاب قادر به جذب عناصری مانند مس، کادمیم و سرب از فاضلاب های صنعتی است. سامسوری و همکاران (۲۰۱۳) گزارش کردند که بایوچار تجاری ساخته شده از سبوس برنج توانایی خوبی در جذب مس، روی و سرب از محلول دارد. در ارتباط با توانایی جذب آرسنیک توسط این نوع بایوچار اطلاعاتی در دسترس نیست. لذا هدف از این تحقیق بررسی جذب آرسنیک توسط بایوچار تولید شده از سبوس برنج و بایوچار دارای پوشش آهن بر جذب As(III) و As(V) بود.

مواد و روش ها

از آب میلی پور در تمامی مراحل آزمایش استفاده شد. Sodium arsenite و Potassium arsenate از Sigma-Aldrich خریداری گردید.

تعیین خصوصیات بایوچار

میزان رطوبت بایوچار با خشک کردن ۵ گرم بایوچار در آون و دمای ۸۰ درجه سانتیگراد اندازه گیری شد. pH بایوچار در سوسپانسیون (w/v) ۰.۵:۱۰۰ بایوچار به آب تعیین گردید. غلظت عناصر پتاسیم، سدیم، کلسیم، منیزیم، فسفر، منگنز، آهن، مس با استفاده از روش ASTM D5 142 (2009) اندازه گیری شد. میزان خاکستر آن با سوزاندن بایوچار در کوره دارای دمای ۱۰۰۰ درجه سانتیگراد به مدت ۱۲ ساعت به دست آمد. میزان کربن، هیدروژن، نیتروژن، گوگرد و اکسیژن بایوچار توسط دستگاه CHNSO Element Analyzer (Perkin Elmer 2400 Series II CHNSO Elemental analyzer) تعیین شد.

پتانسیل زتا، سطح ویژه، گروه های عاملی و مورفولوژی سطح بایوچار



به منظور تعیین پتانسیل زتا بایوچار، ۰/۰۲ گرم بایوچار در ارلن ۲۵۰ میلی لیتر ریخته شد سپس ۱۰۰ میلی لیتر محلول ۰/۱ مولار کلرید سدیم به آن اضافه گردید. سپس سوسپانسیون هایی با pH های مختلف (۲ تا ۹) با کمک محلول های ۰/۱ مولار هیدروکسید سدیم و ۰/۱ مولار اسیدکلریدریک تهیه گردید. به منظور جدا سازی ذرات بایوچار سوسپانسیون های مذکور به مدت ۲ ساعت در دستگاه التراسونیک (۴۰ KHz) در دمای ۳۰ درجه سانتیگراد قرار داده شدند. سپس سوسپانسیون ها به مدت ۲۴ ساعت بدون هیچ حرکتی نگهداری شد، پس از مدت مذکور حرکت الکتروفورزی ذرات بایوچار توسط دستگاه زتا پتانسیل اندازه گیری شد. سطح مخصوص بایوچار از روش جذب گاز N₂ توسط دستگاه (Quantachrome AS1WinTM) اندازه گیری شد.

مورفولوژی سطح بایوچار قبل و بعد از جذب آرسنیک توسط میکروسکوپ الکترونی (JEOL, JSM-6400 V, Japan) تعیین گردید.

پوشاندن سطح بایوچار توسط آهن

ابتدا بایوچار با آب مقطر شسته شد، سپس به مدت ۴۸ ساعت در آون در دمای ۵۰ درجه سانتیگراد خشک شد. محلول دارای ۱۰۰۰ میلی گرم در لیتر آهن سه ظرفیتی به ۵ گرم بایوچار خشک شده افزوده شد. pH مخلوط مذکور توسط محلول های ۰/۱ مولار هیدروکسید سدیم و ۰/۱ مولار اسیدکلریدریک به ۶ تنظیم گردید. مخلوط بایوچار و آهن سه ظرفیتی ابتدا به مدت ۲۴ ساعت شیک شده سپس مخلوط با کمک کاغذ صافی فیلتر شد. بقایای بایوچار با آب مقطر به خوبی شسته شد بطوریکه غلظت آهن در آبشویه به حداقل مقدار مورد نظر کاهش یافت.

آزمایشات جذب آرسنیک

این آزمایش در دمای ۲۵±۱ درجه سانتیگراد انجام شد. مقدار ۰/۲۵ گرم بایوچار به داخل لوله های سانتریفیوژ حاوی ۴۰ میلی لیتر محلول دارای غلظت ۳ تا ۳۰۰ میلی گرم در لیتر As(III) و As(V) افزوده شد. محلول حاوی As(III) دارای pH برابر ۸ و محلول حاوی As(V) دارای pH برابر ۶ بود. نمونه های مذکور به مدت ۲۴ ساعت با سرعت ۱۰۰۰ rpm سانتریفیوژ شده سپس از فیلتر عبور داده شدند و غلظت آرسنیک توسط دستگاه (Perkin Elmer Optima 8300, ICP-OES) اندازه گیری شد.

برای ارزیابی و مقایسه میزان جذب As(III) و As(V) توسط بایوچار و بایوچار دارای پوشش آهن داده های بدست آمده توسط فرمول لانگمویر آنالیز شدند.

$$q_e = \frac{Q_{max} b C_e}{1 + b C_e}$$

q_e: مقدار آرسنیک جذب شده توسط بایوچار (mg/g)

C_e: غلظت تعادلی آرسنیک در محلول (mg/L)

Q_{max}: ماکزیمم توانایی جذب بایوچار برای آرسنیک (mg/L)

b: ضریب نشان دهنده تمایل به جذب بایوچار

میزان Q_{max} و b از حالت خطی فرمول لانگمویر محاسبه می شوند.

نتایج و بحث

جدول ۱ برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی بایوچار را نشان می دهد. درجه کربنی شدن را می توان با توجه به نسبت هیدروژن به کربن تعیین کرد (Kuhlbusch et al., 1996). نسبت H/C پایین نشان دهنده آن است که حین تولید بایوچار، سبوس برنج به خوبی کربنیزه شده است (Chun et al., 2004). شاخص O/C بایوچار تولید شده از سبوس برنج بزرگتر از میزان گزارش داده شده



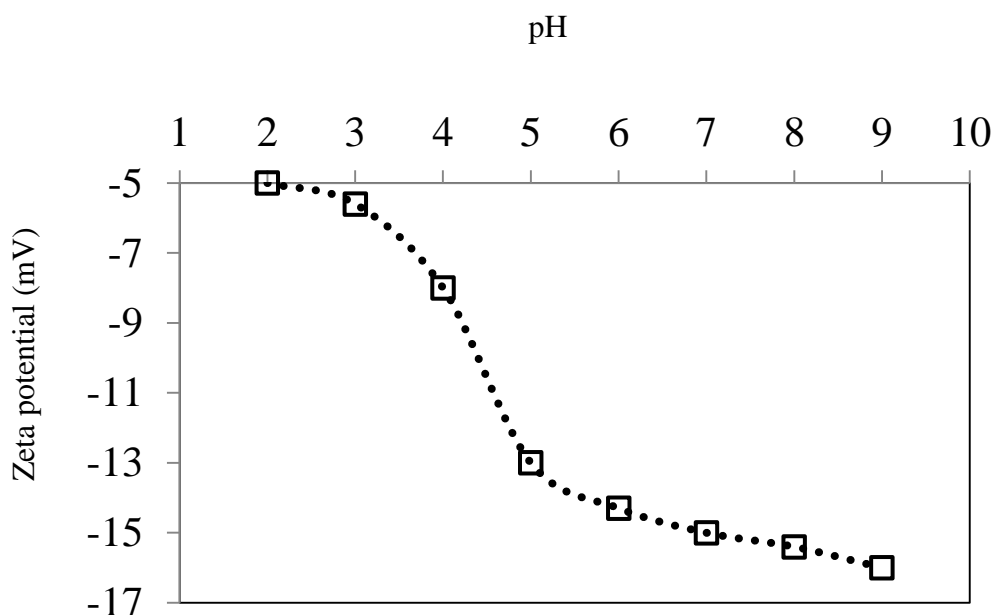
برای برخی از انواع بایوچارهای دیگر است (Chen et al., 2008). بالا بودن شاخص O/C نشان دهنده خاصیت آبدوستی بایوچار تولید شده از سیوس برنج است.

جدول ۱- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی بایوچار

پارامتر	
3.70	Moisture content (%)
27.2	Ash content (%)
8.50	pH
45.0	C (%)
17.0	O (%)
2.30	H (%)
0.20	S (%)
0.17	N (%)
0.09	K (%)
11.00	Si (%)
0.05	H/C molar ratio
0.37	O/C molar ratio
0.38	(O+N)/C molar ratio
189	Al (mg kg^{-1})
671.00	Ca (mg kg^{-1})
357.00	Mg (mg kg^{-1})
75.00	Na (mg kg^{-1})
638.00	P (mg kg^{-1})
45.00	Fe (mg kg^{-1})
13.00	Mn (mg kg^{-1})
0.60	Total oxygen-containing functional groups (meq g^{-1})
25.161	Total surface area ($\text{m}^2 \text{g}^{-1}$)
7.469	Pore surface area ($\text{m}^2 \text{g}^{-1}$)
0.018	Pore volume ($\text{cm}^3 \text{g}^{-1}$)
18.068	Pore radius (\AA)

پتانسیل زتا بایوچار

شکل ۱ پتانسیل زتا بایوچار را در pH های مختلف محلول نشان میدهد. پتانسیل زتا در pH برابر ۲ حدود ۱- میلی ولت بود ولی با افزایش pH میزان آن منفی تر شد، بطوریکه در pH برابر ۶ به حدود ۳/۱۴- رسید. در pH بالاتر از ۶ تغییر معنی داری در پتانسیل زتا دیده نشد. میزان پتانسیل زتا اندازه گیری شده نشان می دهد سطح بایوچار دارای بار منفی است و مقدار بار منفی با افزایش pH افزایش یافت. یکی از دلایل وجود بار منفی سطح بایوچار می تواند بدلیل وجود گروههای عاملی اکسیژن دار باشد (جدول ۱).





ظرفیت جذب As(III) و As(V) توسط بایوچار و بایوچار پوشش دار

جدول ۲ ضرایب جذب و همبستگی مدل لانگمویر را نشان می دهد. بالا بودن R^2 (حدود یک) نشان دهنده برازش خوب داده های جذب توسط مدل لانگمویر است. ماکزیمم جذب As(III) توسط بایوچار تولید شده از سبوس برنج ۱۹/۳ میلی گرم بر گرم بود. پوشاندن سطح بایوچار توسط آهن سه ظرفیتی ماکزیمم جذب را افزایش داد (۳۰/۷ میلی گرم بر گرم). ماکزیمم جذب بایوچار برای As(V) معادل ۷/۱ میلی گرم بر گرم بود. بایوچار با پوشش آهن همچنین جذب As(V) را به ۱۶/۴ میلی گرم بر گرم افزایش داد. ضریب b که مربوط تمایل به جذب بایوچار است نیز همین روال را داشت یعنی پوشاندن سطح بایوچار توسط آهن سه ظرفیتی افزایش یافت. میزان جذب As(III) توسط بایوچار و بایوچار پوشش دار بیشتر از مقادیری است که برای جاذب های دیگر گزارش شده است (۴۰ و ۴۱). میزان جذب As(III) توسط گیسایت، گئوتایت، شن دارای پوشش اکسید آهن، آلومینای فعال شده به ترتیب ۳/۳، ۷/۵، ۰/۱۳۶، ۳/۷ و ۱۰ میلی گرم بر گرم گزارش شده است. نتایج مطالعات جذب نشان می دهد که بایوچار تجاری تولید شده دارای پتانسیل خوبی جهت استفاده از آن به عنوان جاذب As(III) می باشد. همچنین با پوشاندن سطح بایوچار توسط آهن سه ظرفیتی، ظرفیت جذب آن برای As(V) نیز افزایش می یابد، لذا بایوچار دارای پوشش آهن می تواند جاذب مناسبی برای As(V) نیز باشد. در نهایت می توان چنین نتیجه گیری کرد که بایوچار تولید شده از سبوس برنج می تواند به عنوان جاذب As(III) به کار برده شود. همچنین با پوشاندن سطح این بایوچار توسط آهن سه ظرفیتی نیز قادر خواهد بود که As(V) را نیز جذب کند.

جدول ۲- ثابت جذب و ضرایب همبستگی مدل لانگمویر برای جذب As(III) و As(V) توسط بایوچار

مدل لانگمویر			As(III) As(V)	بایوچار بایوچار با پوشش آهن بایوچار بایوچار با پوشش آهن
R^2	b	Q_{max} ($mg\ g^{-1}$)		
0.991	0.012	19.3	As(III)	بایوچار
0.993	0.015	30.7	As(III)	بایوچار با پوشش آهن
0.990	0.008	7.1	As(V)	بایوچار
0.992	0.011	16.9	As(V)	بایوچار با پوشش آهن

منابع

- Badruzzamana M, Paul W, Knappeb DRU, 2004. Intraparticle diffusion and adsorption of arsenate onto granular ferric hydroxide (GFH). *Water Research* 38 4002-4012.
- Beesley L, Moreno-Jiménez E, Gomez-Eyles JL, 2010. Effects of biochar and greenwaste compost amendments on mobility, bioavailability and toxicity of inorganic and organic contaminants in a multi-element polluted soil, *Environmental Pollution* 158: 2282-2287.
- Biswas BK, Inoue J, Inoue K, Ghimire KN, Harada H, Ohto K, Kawakita H, 2008. Adsorptive removal of As(V) and As(III) from water by a Zr(IV)-loaded orange waste gel, *Journal of Hazardous Materials* 154: 1066-1074.
- Chen BL, Zhou DD, Zhu LZ, 2008. Transitional adsorption and partition of nonpolar and polar aromatic contaminants by biochars of pine needles with different pyrolytic temperatures, *Environmental Science and Technology* 42: 5137-5143.



- Chun Y, Sheng GY, Chiou CT, Xing BS, 2004. Compositions and sorptive properties of crop residue-derived chars, *Environmental Science and Technology* 38: 4649-4655.
- D5142, Standard Test Methods for Proximate Analysis of the Analysis Sample of Coal and Coke by Instrumental Procedures; American Society for Testing and Materials, West Conshohocken, PA. 2009.
- Kartinen EO, Martin JC, 1995. An overview of arsenic removal processes. *Desalination* 103:79-88.
- Košutić K, Furač L, Sipos L, Kunst B, 2005. Removal of arsenic and pesticides from drinking water by nanofiltration membranes. *Separation and Purification Technology* 42: 137-144.
- Kuhlbusch TAJ, 1996. Method for determining black carbon in residues of vegetation fires. *Environmental Science and Technology* 29: 2695-2702.
- Kusvuran E, Yildirim D, Samil A, Gulnaz O, 2012. A study: removal of Cu(II), Cd(II), and Pb(II) ions from real industrial water and contaminated water using activated sludge biomass, *Clean – Soil, Air and Water*. 40:1273-1283.
- Leupin OX, Hug SJ, 2005. Oxidation and removal of arsenic (III) from aerated groundwater by filtration through sand and zero-valent iron. *Water Research* 39:1729-1740.
- Nriagu JO, 1996. A history of global metal pollution. *Science* 272:223-224.
- Rao MM, Reddy DH, Venkateswarlu P, Seshaiyah, K, 2009. Removal of mercury from aqueous using activated carbon prepared from agricultural by-product/waste, *Jornal of Environmental Management* 90: 634-643.
- Samsuri AW, Sadegh-Zadeh F, Jalili Seh-Bardan B., 2013. Characterization of biochars produced from oil palm and rice husks and their adsorption capacities for heavy metals. *International Journal of Environmental Science and Technology*. DOI: 10.1007/s13762-013-0291-3.
- Uchimiya M, Lima IM, Klasson KT, Chang SC, Wartelle LH, Rodger JE, 2010. Immobilization of heavy metal ions (Cu^{II}, Cd^{II}, Ni^{II}, and Pb^{II}) by broiler litter-derived biochars in water and soil, *Journal of. Agriculture and Food Chemistry* 58: 5538-5544.
- Wickramasinghe SR, Han, B, Zimbron J, Shen Z, Karim MN, 2004. Arsenic removal by coagulation and filtration: comparison of groundwaters from the United States and Bangladesh. *Desalination* 169:231-244.
- Xu G, Lv Y, Sun J, Shao H, We L, 2012. Recent advances in biochar applications in agricultural Soils: Benefits and environmental implications, *Clean–Soil, Air and Water* 40: 1093-1098.



تغییرات مکانی شوری خاک با کاربرد روش های زمین آماری (مطالعه موردی: اراضی عطاییه استان خوزستان)

اسماعیل شهبازی^۱، احمد لندی^۲، آزاد دلاوری^۳

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، شهید چمران اهواز

۲- دانشیار گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، شهید چمران اهواز

۳- کارشناس سازمان آب و خاک استان خوزستان

مقدمه

خاک های شور سطح وسیعی از کشور را فرا گرفته است این خاک ها در مساحت های کوچک در نقاط مختلف کشور پراکنده است، که اراضی مجاور خود را در اثر گسترش شوری مورد تهدید و خطر جدی قرار می دهند. موضوع شوری خاک و شور شدن اراضی مجاور یکی از معضلات می باشد. بایستی با تدبیر و مدیریت صحیح علمی این روند مهار گردد. اولین گام در این راه، شناسایی مناطق شور و تهیه نقشه شوری خاک های کشور است. پدیده شوری خاک در اقلیم های نیمه مرطوب تا خشک به وجود می آید. این خاک ها دارای مقادیر زیادی املاح نمکی بوده و در مناطقی که دارای زهکشی مناسب نیستند، تشکیل می شوند. بیش از ۹۰ درصد سطح کشور در مناطق خشک و نیمه خشک قرار دارد. تبخیر سالانه از ۷۰۰ میلی متر در کنار دریای خزر تا بیش از ۴۰۰۰ میلی متر در کویر و جنوب شرقی استان خوزستان تغییر می کند (۳). یکی از فرآیندهایی که در مناطق خشک و نیمه خشک به شدت عملیات زراعی را تحت تاثیر قرار می دهد، شور شدن و تجمع املاح در سطح خاک است. به منظور برنامه ریزی صحیح جهت جلوگیری از پیشروی فرآیند هدایت الکتریکی، مدیریت بهتر منابع آب و خاک در راستای بهینه سازی خاک های دارای شرایط مناسب امری ضروری تلقی می شود. به نحوی که بررسی تغییرات مکانی ویژگی های مختلف زمین آماری نظیر هدایت الکتریکی می تواند از عوامل مهم خطا در برآورد داده های اندازه گیری نشده باشد. روش های زمین آماری به دلیل در نظر گرفتن همبستگی مکانی داده ها از اهمیت زیادی در بررسی های مربوط به پراکنش داده های زمینی برخوردار هستند و تخمین های بهتری از هدایت الکتریکی به دست می دهند. جابری پوده و همکاران (۱۳۹۰) جهت تهیه نقشه خاک از دو روش وزن دهی عکس فاصله (IDW) با توان های ۱، ۲ و ۳ و روش کریجینگ استفاده کردند و در نهایت به دلیل دقت بیشتر از روش IDW با توان ۳ برای پهنه بندی خاک های شور در منطقه مورد مطالعه استفاده کردند (۱). همد (۱۹۹۵) از روش های مختلفی جهت تخمین هدایت الکتریکی خاک مانند داده های سنجش از دور، داده های مزرعه، سیستم اطلاعات جغرافیایی، و تکنیک های مدلینگ مکانی استفاده کردند و با مقایسه روش های مختلف زمین آماری، مدل کریجینگ تعدیل یافته را به عنوان بهترین مدل جهت تخمین هدایت الکتریکی پیشنهاد کردند (۴). محمدی (۲۰۰۰) با استفاده از تخمین گرهای زمین آماری و با کمک گرفتن از اطلاعات رقومی سنجنده TM به عنوان متغیر ثانویه برخی از خصوصیات خاک های سطحی شامل شوری، در صد رطوبت اشباع، نسبت جذب سدیم، و در صد آهک را برآورد نموده است.



وی در این تحقیق ضمناً کارآیی روش های زمین آماری شامل کوکریجینگ، کریجینگ و رگرسیون خطی را مورد مقایسه قرار داده و به این نتیجه رسیده است که تخمینگرهای زمین آماری نسبت به روابط همبستگی خطی از برتری نسبی برخوردار بوده و روش کریجینگ به عنوان روش برتر برآورد داده های مکانی خاک معرفی شده است (۲). تحقیق حاضر با هدف تحلیل تغییرات مکانی شوری خاک در اراضی عطابیه با وسعت ۶۰۰۰ هکتار انجام شده است

مواد و روشها

اراضی عطابیه به وسعت ۶۰۰۰ هکتار در انتهای حوزه کرخه و در ناحیه عمرانی یک دشت آزادگان با مشخصات جغرافیایی ۲۲۴۰۰۰ تا ۲۳۲۵۰۰ شرقی و ۳۴۷۹۵۰۰ تا ۳۴۸۸۰۰۰ شمالی در سیستم مختصات UTM واقع گردیده است. در نهایت ۱۰۰ نمونه در ۱۰۰ ایستگاه نمونه برداری تهیه و به آزمایشگاه منتقل گردیده است و مورد آنالیز قرار گرفته شده است. نمونه برداری به صورت شبکه منظم می باشد. نمونه ها پس از هوا خشک کردن از الک ۲متری عبور داده شدند و پس از عصاره گیری از گل اشباع مقدار هدایت الکتریکی عصاره اشباع (Ece) توسط دستگاه هدایت سنج الکتریکی اندازه گیری گردید

تجزیه و تحلیل آماری

توصیف آماری داده های مورد استفاده در عمق مورد مطالعه در جدول (۱) نشان داده شده است :

جدول (۱) - تجزیه و تحلیل آماری

عمق (سانتی متر)	میانگین	انحراف معیار	کمترین مقدار	بیشترین مقدار	چولگی	کورتسیس
۰-۳۰	۱۸/۸	۱۱/۹	۲	۵۱	۰/۴	۰/۶

آنالیز همبستگی مکانی

در زمین آمار می توان با کاربرد داده های یک کمیت در مختصات معلوم، مقدار همان کمیت را در نقطه ای با مختصات معلوم دیگر، واقع در دامنه ای که ساختار مکانی حاکم است، تخمین زد در این مورد برای تعیین رابطه ی مکانی پدیده ها از واریوگرام استفاده می شود که به صورت معادله ی (۱) محاسبه می گردد.

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(x_i + h) - Z(x_i)]^2 \quad \text{معادله (۱)}$$

که در آن $N(h)$ تعداد جفت های جدا شده در فاصله گام $(Z(X_i, h))$ مقدار متغیر اندازه گیری در نقطه ای $(Z(X_i + h, X_i))$ مقدار متغیر اندازه گیری شده در نقطه ای $(X_i + h)$ است. با انجام آزمون و خطا، حداکثر فاصله مجاز ۸۰۴۹ متر به منظور رسم واریوگرام و فاصله ۸۳۸ متر به عنوان مینا برای گام در نظر گرفته شد. در این پژوهش، بیشتر معیار خطای برآورد (RMSE) و میانگین خطای اریب (MAE) است که رابطه های آنها در زیر آورده شده اند.

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^n |Z^*(x_i) - Z(x_i)|}{n} \quad \text{معادله (۲)}$$



$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N [z(x_i) - \hat{z}(x_i)]^2} \quad \text{معادله (۳)}$$

که در آن $Z^*(xi)$: مقدار برآورد شده در نقطه ی xi و $Z(xi)$: مقدار مشاهده شده در نقطه ی xi و N : تعداد نقاط می باشد. معمولا هر چه مقدار این دو عبارت کمتر باشد دقت روش بیشتر می باشد.

از نظر تئوری هر وقت این دو معیار صفر شوند، دقت صد در صد می باشد و مقدار تخمین شده برابر با مقدار واقعی می باشد. (تقفیان و رحیمی بندرآبادی، ۱۳۸۴). جدول (۲) نشان دهنده ی پارامترهای تعیین نمای داده های شوری خاک در مدل های انتخابی می باشد. در مرحله بعد ناهمسانگردی داده ها مورد بررسی قرار گرفت. چنان چه تغییرات متغیری نسبت به فاصله در همه جهات یکسان باشد آن متغیر همسانگرد می باشد ولی چنان چه تغییرات مکانی در جهات گوناگون متفاوت باشد متغیر ناهمسانگرد است

جدول ۲- عوامل موثر در ساختار فضایی

عمق (cm)	نوع واریوگرام	بهترین مدل	Proportion	R*2	RSS
۰-۳۰	همسانگرد و همگن	گوسی	۰/۹	۰/۹	۰/۰۰۲

در جدول (۳) وجود تغییرات مکانی در عمق های مورد مطالعه با توجه به ضریب همبستگی بین نقاط واقعی و تخمین زده شده مشخص گردیده است

جدول ۳- ضریب همبستگی بهترین روش در هر عمق و تفسیر آن

عمق (سانتی متر)	بهترین مدل	ضریب همبستگی بین نقاط واقعی و تخمین زده شده	توضیحات
۰-۳۰	گوسی	۰/۷۳	دارای تغییرات مکانی



همان طور که در جدول ۳ ذکر شده است در عمق ۰ تا ۳۰ سانتی متر با مدل گوسی و روش کریجینگ مقدار ضریب همبستگی ۷۳ درصد می باشد که بیان کننده وجود تغییرات مکانی در این عمق می باشد. برای انتخاب روش مناسب میان یابی معمولاً از روش ارزیابی متقابل استفاده می گردد. در این روش در هر مرحله یک نقطه مشاهده ای حذف شده و با استفاده از بقیه نقاط مشاهده ای، آن نقطه برآورد می شود. این کار برای کلیه نقاط مشاهده ای تکرار می شود، به طوری که در آخر به تعداد نقاط مشاهده ای، برآورد وجود خواهد داشت. معیار مختلفی نیز برای ارزیابی کارایی روش های میان یابی وجود دارد که می توان به میانگین خطای مطلق (MAE) و ریشه دوم میانگین مربع خطا (RMSE) اشاره کرد

با توجه به جدول ۴ در عمق ۰ تا ۳۰ سانتی متر روش IDW در برآورد شوری خاک دارای دقت بیشتری نسبت به روش کریجینگ می باشد.

جدول ۴- مقایسه روش کریجینگ و IDW در برآورد شوری خاک

RMSE IDW	RMSE KRIGING	MAE IDW	MAE KRIGING	عمق (سانتی متر)	بهترین مدل
۸/۲	۴/۲	۰/۸	۰/۴	۰-۳۰	گوسی

نتیجه گیری:

نتایج نشان داد که در عمق ۰ تا ۳۰ سانتی متر بهترین مدل برای آنالیز واریوگرام، مدل گوسی و در عمق ۰ تا ۳۰ سانتی متر روش کریجینگ دارای دقت بیشتری نسبت به روش IDW در برآورد نقاط با مختصات معلوم و تهیه نقشه شوری خاک منطقه مورد مطالعه می باشد. به نظر می رسد با تهیه نقشه های شوری می توان گامی موثر در خصوص روش های مدیریتی برای اصلاح و به سازی خاک های منطقه مورد مطالعه برداشت. از آنجا که به طور عمده نقشه های شوری خاک با هدف ارائه روش های مدیریتی تهیه می گردد و از طرفی با توجه به هزینه های زیاد اصلاح و به سازی خاک، بنابراین تهیه نقشه های شوری برای مدیریت بهتر زمین ها همراه با کاهش هزینه های اقتصادی، ضروری به نظر می رسد.



منابع:

- ۱- جابری پوده، ح.، ع. ابطحی. س.ع.ا. موسوی. و ا. گلکار. ۱۳۹۰. ارزیابی کارایی برخی مدل های درون یابی در پهنه بندی و تهیه نقشه شوری خاک. اولین کنگره ملی علوم و فناوریهای نوین کشاورزی
- ۲- محمدی، ج، ۱۳۸۵. پدومتری- جلد دوم (آمار مکانی). انتشارات پلک ۴۵۳. صفحه
- ۳- معصومی، ع.، ۱۳۶۳. قابلیت و محدودیت های استفاده از منابع آب، مجموعه مقالات کنفرانس استفاده از راه آب کشاورزی تهران، ۲۷ تا ۲۹ آذرماه، وزارت نیرو
- 4-Ahmed, D., M., V. Meirvenne. and T.Toth. 1995. Soil salinity using spatio-temporal Kriging and Bayesian maximum entropy with interval soft date. Geoderma, 128: 234-24
-



کاربرد تخمین گر کریجینگ برای ارزیابی وضعیت عناصر غذایی پرمصرف اولیه خاک در برخی اراضی میرآباد نقده

فرزین شهبازی^۱، مهدی جعفری نیا^۲، علی اصغر جعفرزاده^۳، نصرت اله نجفی^۱

۱- دانشیار گروه خاک شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

۲- کارشناس ارشد خاک شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

۳- استاد گروه خاک شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

مقدمه

یکی از مهم ترین منابع اطلاعاتی برای ارزیابی وضعیت حاصلخیزی خاک، نقشه های حاصلخیزی خاک می باشد. آگاهی از ماهیت تغییرپذیری خاک در مزارع و اراضی می تواند در تفسیر نیاز کودی خاک مورد استفاده قرار گیرد و مدیریت کودی خاک بر اساس تفاوت های ویژه هر خاک در مزارع از اصول مهم برای کاهش آلودگی های محیطی ناشی از مصرف بی رویه مواد شیمیایی به شمار می رود. عدم آگاهی از تغییرات خاک در نقاط مختلف و کاربرد یکنواخت کودها در نهایت منجر می شود که برخی از خاک ها کود بیشتر و به برخی دیگر کود کمتر از حد نیاز خود دریافت کنند (حق نیا و کوچکی، ۱۳۷۶). اطلاعات در مورد خصوصیات و پدیده های مطالعه شده در خاک تنها مربوط به نقاطی است که نمونه برداری و مشاهده در آن صورت گرفته است و از آن جا که این خصوصیات دارای ارتباط مکانی با هم می باشند، مستقل در نظر گرفتن آنها از یکدیگر جهت تخمین و توصیف مقادیر این خصوصیات در بین نقاط نمونه برداری خطاهایی را وارد تخمین ها خواهد کرد. نیاز به داشتن اطلاعات دقیق تر منجر به ایجاد زمینه ای برای تحقیقات زمین آماری در خاک شناسی شده است (بورگس و وبستر، ۱۹۸۰). در ایران به دلایل مختلف از جمله ارزان بودن کودهای شیمیایی، مصرف آنها بی رویه بوده و در نتیجه ملاحظات زیست- محیطی و جنبه های اقتصادی مصرف کودهای شیمیایی مورد توجه قرار نمی گیرد. این موضوع باعث می شود که محیط زیست در معرض خطر جدی آلودگی به آلاینده های ناشی از کودهای شیمیایی قرار گیرد. بنابراین نتیجه نهایی نقشه حاصلخیزی خاک می تواند به حفظ محیط زیست و نحوه استفاده از کودهای شیمیایی کمک شایانی داشته باشد (مؤمنی، ۱۳۸۰). ارزیابی وضعیت حاصلخیزی خاک در بخشی از منطقه میرآباد نقده واقع در استان آذربایجان غربی هدف این تحقیق می باشد. در این تحقیق برای بازبینی داده ها و بررسی نرمال بودن توزیع آن از نرم افزار SPSS و برای محاسبه و ترسیم نیم تغییرنا، برازش مدل های نظری و میان یابی به روش کریجینگ از نرم افزار GS+ و نقشه توزیع مکانی عناصر غذایی پرمصرف اولیه نیتروژن کل، فسفر قابل جذب و پتاسیم قابل جذب بر اساس مقادیر غلظت های بحرانی آنها در محیط GIS و در ۵ کلاس تهیه شد. تأثیر کاربری های مختلف مانند زراعت، باغ سیب و مرتع بر مقدار پراکنش عناصر غذایی قابل بررسی است که در مقاله کامل ارائه می شود.



مواد و روشها

بدین منظور تعداد ۶۵ نمونه با فواصل منظم شبکه‌بندی ۳۰۰×۳۰۰ متری از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری سطح خاک تهیه شد. غلظت نیتروژن کل به روش کجلدال (برمنر و مولوانی، ۱۹۸۲)، پتاسیم قابل جذب به روش اولسن (اولسن و سامرز، ۱۹۸۲) با استفاده از اسپکتروفتومتر و فسفر قابل جذب (توماس، ۱۹۸۲) با استفاده از فلیمفتومتر اندازه‌گیری شدند. به منظور دانستن نرمال بودن داده‌ها از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف و با استفاده از نرم‌افزار SPSS بر روی مجموعه داده‌ها انجام گرفت.

واریوگرافی با استفاده از تابع واریوگرام انجام گرفت که شامل رسم واریوگرام تجربی، برازش مدل بر آن و تحلیل‌های واریوگرام مشخص شده برای ساختار تغییرات داده‌ها می‌باشد. اهمیت واریوگرافی به این دلیل است که تمامی تحلیل‌ها و استنباط‌های آماری از جمله تخمین با تکیه بر پارامترهای حاصل از این عملیات مانند سقف، آستانه و دامنه تأثیر صورت می‌گیرد (محمدی، ۱۳۸۵). بدین منظور ابتدا نتایج تجزیه‌های حاصلخیزی خاک که شامل عناصر غذایی پرمصرف اولیه در این تحقیق می‌باشد در یک فایل Excel به نرم‌افزار GS+ وارد شده و با استفاده از مقادیر R^2 و RSS بهترین مدل را انتخاب و پارامترهای سقف، آستانه و دامنه تأثیر در محیط ArcGIS پردازش شده و بعد از تعیین پراکنش مکانی، نقشه زمین مرجع از وضعیت حاصلخیزی خاک به منظور توصیه کودی مناسب تهیه می‌گردد. با توجه به ویژگی‌های کریجینگ که تخمین‌گری ناریب بوده و دارای کمترین مقدار واریانس تخمین است لذا در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفته است.

$$z^*(x) = \sum_{i=1}^n \lambda_i z(x_i) \quad [1]$$

که در این رابطه $z^*(x)$ مقدار تخمین زده شده متغیر Z در هر نقطه‌ای به مختصات x ، $Z(x_i)$ مقدار مشاهده شده متغیر Z در نقطه‌ای به مختصات x_i ، λ_i وزن یا اهمیت نسبت داده شده به متغیر Z در نقطه x_i و n تعداد می‌باشد. به منظور اعتبارسنجی تخمین‌گر از پارامترهای آماری مانند میانگین قدرمطلق خطا (MAE)، میانگین انحراف خطا (MBE) و مجذور میانگین مربعات خطا (RMSE) استفاده می‌شود. میانگین قدرمطلق خطا کمیتی همواره مثبت بوده و مقدار اریب را نشان می‌دهد (ایساکس و سریواستوا، ۱۹۸۹). میانگین انحراف خطا اختلاف بین میانگین مقادیر مشاهده‌ای و برآوردی بوده و بیانگر انحراف از میانگین می‌باشد. این مقدار می‌تواند مثبت یا منفی باشد که به ترتیب نشان‌دهنده بیش‌برآوردی و کم‌برآوردی از میانگین داده‌ها می‌باشد. مجذور میانگین مربعات خطا نیز هر قدر به صفر نزدیک باشد نشان‌دهنده خطای کمتر می‌باشد (الکساندرا و بالوک، ۱۹۹۹). نحوه محاسبه هر کدام از پارامترهای فوق به صورت روابط (۲-۴) می‌باشد.

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [|Z^*(x_i) - Z(x_i)|] \quad [2]$$

$$MBE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [Z^*(x_i) - Z(x_i)] \quad [3]$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [(Z^*(x_i) - Z(x_i))^2]} \quad [4]$$



که در معادلات فوق n تعداد نقاط مشاهده‌ای، $Z^*(x_i)$ مقدار برآوردی بر نقطه λ ام و $Z(x_i)$ مقدار مشاهده‌ای برای نقطه λ ام می‌باشد.

نتایج و بحث

نتایج آماری تجزیه ۶۵ نمونه خاک گرفته شده از منطقه مورد مطالعه در جدول ۱ تنظیم شده است. با توجه به اینکه روند ناهمسانگردی در متغیرها وجود ندارد لذا نیم‌تغییرنماهای مربوط به ویژگی‌های حاصلخیزی خاک حاصل از مدل‌های کروی و نمایی در شکل ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱- آماره‌های توصیفی عناصر غذایی پرمصرف اولیه در خاک‌های مورد مطالعه (۶۵ نمونه)

عصر غذایی	میانگین	حداقل	حداکثر	انحراف معیار	ضریب تغییرات	چولگی	کشیدگی
نیتروژن کل (%)	۰/۲۹	۰/۱۱	۰/۷۵	۰/۱۸	۶۲/۰۶	۱/۲۶	۰/۳۹
فسفر قابل جذب (ppm)	۱۱/۸۵	۱/۰۳	۳۹/۰۱	۹/۹۳	۸۳/۷۸	۱/۲۴	۰/۶۷
پتاسیم قابل جذب (ppm)	۵۵۰/۶۶	۳۷۸/۱۹	۸۷۱/۲۴	۱۴۳/۹	۲۶/۱۳	۰/۸۲	-۰/۴۱

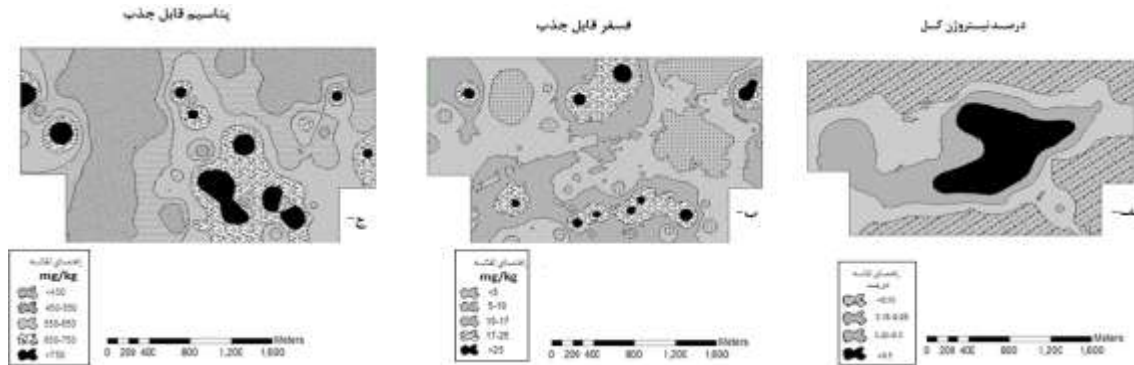


شکل ۱- نمودار نیم‌تغییرنما برای عناصر پرمصرف در منطقه مورد مطالعه

دامنه تأثیر نیم‌تغییرنماها از ۵۱۱۰ متر برای فسفر قابل جذب تا ۷۲۹ متر برای درصد نیتروژن کل در نوسان است. دامنه تأثیر کوچک‌تر نیتروژن خاک نسبت به بقیه عناصر به علت تحرک بیشتر این عناصر است و عناصری که تحرک کمتری دارند دامنه تأثیر بزرگتری دارند. نیم‌تغییرنمای مربوط به نیتروژن کل، اثر قطعه‌ای بسیار کوچک و تقریباً نزدیک به صفر را نشان می‌دهد. اثر قطعه‌ای صفر در واقع بیانگر یک پیوستگی مکانی بین نقاط همجوار می‌باشد. از طرف دیگر دامنه تأثیر نیتروژن کل، کوتاه‌ترین دامنه می‌باشد و این امر نشان دهنده آن است که این پیوستگی مکانی بسیار سریع از بین رفته و به عبارتی دیگر پیوستگی مکانی در فواصل کوچک وجود دارد. نتایج به دست آمده توسط ویرا و پازگونزالز (۲۰۰۳) نیز چنین وضعیتی را تأیید می‌کند.

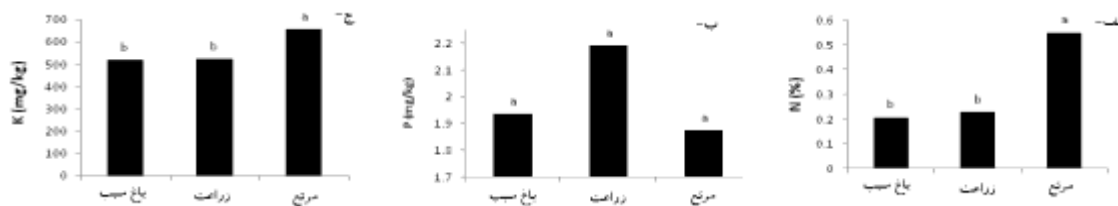
نتایج نشان داد که ۳۷/۹۱ درصد از اراضی دارای درصد نیتروژن کم (کمتر از ۰/۱۵٪)، ۲۸/۳۷ درصد از اراضی در حد متوسط (۰/۱۵-۰/۲۵)، ۲۰/۸۰ درصد اراضی در محدوده زیاد (۰/۲۵-۰/۵) و ۱۲/۹۲ درصد اراضی در محدوده خیلی زیاد (بیشتر از ۰/۵) قرار دارد. از نظر فسفر قابل جذب نیز ۱۵/۹۶ درصد اراضی در محدوده خیلی کم (کمتر از ۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم)، ۳۸/۳۲ درصد در محدوده کم (۱۰-۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم)، ۳۱/۱۶ درصد

در محدوده حد متوسط (۱۷-۱۰ میلی گرم بر کیلوگرم)، ۱۲/۶۶ درصد اراضی در محدوده زیاد (۲۵-۱۷ میلی گرم بر کیلوگرم) و ۱/۹۱ درصد اراضی در محدوده خیلی زیاد (بیشتر از ۲۵ میلی گرم بر کیلوگرم) قرار دارد. پتاسیم قابل جذب در منطقه مورد مطالعه بیشتر در محدوده زیاد تا خیلی زیاد می باشد به طوری که پتاسیم قابل جذب در ۳۳/۱۸ درصد اراضی کمتر از ۴۵۰ میلی گرم بر کیلوگرم، ۲۳/۱۲ درصد اراضی بین ۴۵۰-۵۵۰ میلی گرم بر کیلوگرم، ۲۳/۲۷ درصد اراضی بین ۵۵۰-۶۵۰ میلی گرم بر کیلوگرم، ۱۴/۹۱ درصد اراضی بین ۶۵۰-۷۵۰ میلی-گرم بر کیلوگرم و در ۵/۵۲ درصد اراضی بیشتر از ۷۵۰ میلی گرم بر کیلوگرم می باشد. پهنه بندی عناصر غذایی مورد مطالعه در شکل ۲ نشان داده شده است.



شکل ۲- پراکنش عناصر غذایی پرمصرف در منطقه مورد مطالعه

با استفاده از نقشه های فوق و تعیین کاربری های موجود در هر نقطه می توان به تأثیر تغییر کاربری از مرتع به زراعت و یا باغ سیب پی برد و بدون توضیح بیشتر فقط در شکل ۳ نمایش داده شده است.



شکل ۳- مقایسه میانگین های عناصر غذایی پرمصرف در کاربری های مختلف

منابع

حق نیا، غ. ح. و کوچکی، ع.، ۱۳۷۶. مدیریت پایدار خاک. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.
 محمدی، ج.، ۱۳۸۵. پدومتری (آمار مکانی). انتشارات پلک، جلد دوم، ۴۵۳ صفحه.
 مؤمنی، ع.، ۱۳۸۰. مدل سازی ساختار مکانی متغیرهای حاصلخیزی و مواد آلی خاک به عنوان مبنای برای اعمال کشاورزی دقیق در دشت مرودشت ایران، مجله علوم خاک و آب، ویژه نامه خاکشناسی و ارزیابی اراضی، صفحه های ۱ تا ۱۲.

Alexandra K and Bullock G, 1999. A comparative study of interpolation methods for mapping soil properties. *Agronomy Journal* 91: 393-400.

Burgess TM and Webster R, 1980. Optimal interpolation and isarithm mapping of soil properties. 1, The semivariogram and punctual kriging. *Soil Science* 31: 315-331.



Bremner JM and Mulvaney CS,1982. Total nitrogen. In: Page AL (Ed.), Methods of Soil Analysis. Agron. No. 9, Part 2: Chemical and Microbiological Properties, 2nd ed., American Society of Agronomy, Madison, WI, USA.

Isaaks EH and Serivastava RM, 1989. An introduction to applied geostatistics. Oxford University Press. 561pp.

Olsen SR and Sommers LE, 1982. Phosphorus. In: Page AL (Ed.), Methods of Soil Analysis, Agron. No. 9, Part2: Chemical and Microbiological Properties, 2nd ed., American Society of Agronomy, Madison, WI, USA.

Vieira SR and Paz Gonzalez A, 2003. Analysis of the spatial variability of crop yield and soil properties in small agricultural plots. Bragantia, Campinas 62:127-138.



بررسی خاک‌های پلی ژنتیک به وسیله پراش اشعه ایکس در منطقه اصفهان

عاطفه اژدری^{۱*}، احمد جلالیان^۲، محسن آقاجانی^۳، فرزاد اسفندیاری^۴

۱- کارشناسی ارشد، گروه خاکشناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان، اصفهان، ایران.

۲- استاد گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان، اصفهان، ایران.

۳- کارشناسی ارشد خاکشناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان، اصفهان، ایران

۴- دانشجوی کارشناسی ارشد خاکشناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان، اصفهان، ایران* نویسنده مسؤول
Email: Atefehazhdari@yahoo.com

مقدمه

مطالعه شرایط اقلیم شناسی گذشته بر اساس شواهد مختلف نظیر پارینه خاک‌ها (paleosol) نقش مهمی در برآورد نوسان‌های آن در آینده و تصمیم‌گیری‌های کشاورزی و زیست محیطی دارد. شناخت دقیق کانی‌های موجود در خاک و به خصوص بخش رس از جایگاه بسیار مهمی در زمینه فعالیت‌های کشاورزی و زیست محیطی برخوردار است، زیرا جذب و نگهداری و رها سازی عناصر غذایی ارتباط مستقیم با کانی‌ها در بخش رس خاک دارد. اختلاف در کانی‌شناسی خاک در صورتی که دیگر عوامل خاک‌سازی تقریباً ثابت باشند می‌تواند به زمان نسبت داده شود (هریس و همکاران، ۱۹۸۰). تغییر اقلیم موجب تغییر در کانی‌های رسی می‌شود (بورن و وایت ساید، ۱۹۶۲). کانی‌های رسی در حدود ۴۰ درصد کل کانی‌های خاک را در بر می‌گیرند. مطالعات این کانی‌ها از چند جنبه قابل توجه است. این کانی‌ها در برابر هوازگی شیمیایی حساسند و در عملیات عمرانی تأثیرگذار و تعیین کننده چگونگی حاصلخیزی خاک هستند (کیانی و همکاران، ۱۳۸۵). اهمیت شناسایی کانی‌های رسی به حدی است که می‌تواند بیان‌گر مراحل هوازگی خاک باشد (برادی، ۱۹۹۰). دآن ریک پرسلی و همکاران (۲۰۰۹) با بررسی پارینه خاک‌های مدفون شده با پیدایش چندگانه^۱، در دوران کواترنر گذشته مشاهده کردند که این خاک‌ها دارای مواد مادری با منشاء رسوبات واریزه‌ای هستند. آن‌ها پایین‌ترین خاک‌های قدیمی را به وسیله ساختمان شدیداً سخت شده و پوشش‌های رسی ضخیم که به صورت پوسته روی خاکدانه‌ها را پوشانده و رنگ قرمز با هیو ۷/۵ YR یا ۵ YR تشخیص دادند. این محققین با بررسی‌های مینرالوژی خاک‌های جدید در مناطق مرتفع مشاهده کردند که کانی اسمکتایت غالب می‌باشد؛ در صورتی که خاک‌های قدیمی دارای مخلوط کانی‌های میکای رس، ورمیکولایت، اسمکتایت و کائولینیت بوده است. سان‌جوری‌جو و همکاران (۲۰۰۱) در خاکزایی‌های چندگانه اسپانیا، پارینه خاک‌های مدفون شده را مورد مطالعه قرار دادند که دارای کانی‌های حدواسط اسمکتایت- کائولینیت و مقدار ناچیزی گیبسایت بوده و در خاک‌های جوان‌تر مدفون شده‌اند و دارای مقدار گیبسایت و اکسی هیدروکسیدهای آهن نظیر ماگهماتیت هستند. آن‌ها ضمن مطالعه این روند نشان دادند که خاک‌های قدیمی‌تر در شرایط خشک‌تری نسبت به خاک‌های جوان تکامل یافته‌اند. هدف از این مطالعه بررسی شرایط آب و هوایی گذشته این سری از خاک‌ها توسط مطالعات مینرالوژی بوده است.



مواد و روش ها

موقعیت منطقه مورد مطالعه

موقعیت جغرافیایی نقاط نمونه برداری شده در شکل ۱ نشان داده شده است. منطقه مورد مطالعه در ایران مرکزی (استان اصفهان) دارای اقلیم خشک با تابستان های گرم است. میانگین درجه حرارت سالیانه در این منطقه از ۱۶ تا ۲۱ درجه سانتی گراد و متوسط بارندگی سالیانه در آن از ۸۶ تا ۱۹۵ میلی متر تغییر می کند (سالنامه آماری کشور ۱۳۸۸).



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه

عملیات صحرائی، شامل شناسایی منطقه و تشخیص نقاط مطالعاتی و حفر پروفیل ها است. تعداد ۲۲ پروفیل حفر و از این تعداد ۱۹ پروفیل انتخاب شد. نیمرخ هایی به عرض ۱ متر و به طول ۱/۵ متر و تا عمق ۱/۵ متر حفر گردید. سپس از افق های ژنتیکی نمونه های خاک برداشت شد و برای انجام آزمایشات فیزیکی شیمیایی به آزمایشگاه انتقال یافت (جدول ۱ و ۲). از پروفیل های شاهد نمونه هایی از افق های تحت الارض و افق های سطحی برای انجام آزمایشات کانی شناسی انتخاب شد. جداسازی ذرات به روش کیتریک و هوپ (۱۹۷۱)، انجام شد.

جدول ۱ - خصوصیات فیزیکی و شیمیایی پروفیل شاهد

ظرفیت تبادل کاتیونی (cmol/kg)	هدایت الکتریکی (d/m)	اسیدیته خاک	% سیلت	% شن	% رس	% مواد آلی	% کج	% آهک	عمق (cm)	افق
۵.۴۱	۰.۵۸	۸.۰۱	۲۰	۶۲.۵	۱۷.۵	۰.۰۷	۲.۱۸	۴۱	۰-۹	A
۶.۶۴	۰.۳۲	۷.۸۱	۴	۷۶.۵	۱۹.۵	۰.۳	۱.۱۳	۴۱	۹-۲۶	B _w
۶.۴۷	۰.۵۸	۷.۲۳	۱۵.۵	۵۲.۵	۳۲	۰.۴۵	۰.۳	۴۳	۲۶-۴۶	2B _{tk2}
۱۵.۴۱	۲.۲۳	۷.۶۶	۹	۷۰	۲۱	۰.۳۸	۳.۳۵	۴۲.۵	۴۶-۷۵	2B _{tky1}
۱۴.۱۸	۱.۸۲	۷.۶۷	۶	۷۲	۲۲	۰.۳۸	۲۰.۱۳	۳۳	۷۵-۹۷	2B _{tky2}
۱۴.۱۸	۲.۲۶	۷.۷۲	۹.۵	۵۸.۵	۳۲	۰.۴۵	۱۵.۳۵	۲۶	۹۷-۱۵۰	2B _{tky3}

پوسته رسی	در صد سنگریزه	مرز	واکنش با اسید	گچ ثانویه	پایداری	رنگ	بافت	ساختمان	عمق (cm)	افق
					مرطوب خشک	مرطوب				



A	۰-۹	3.f,m.cr	Gravelly sandy loam	10YR4/6	so	s/p	_	ev.d	33	-
2B _w	۹-۲۶	2.f,m.abk	Gravelly sandy loam	10YR4/6	so	Ss/ps	_	ev.c.1,2,r.sm	40	-
2B _{tk2}	۲۶-۴۶	2.f,m.abk	Gravelly sandy clay loam	5YR3/4	so	s/vp	_	ev.c.1,2,r.sm	50	1.n.pf
2B _{tky1}	۴۶-۷۵	2.f,m.abk	Gravelly loam	5YR4/6	h	s/ps	3.F,M,Cs	ev.c.1,2,r.sm	50	-
2B _{tky2}	۷۵-۹۷	3.f,m.abk	Gravelly loam	5YR4/4	h	s/vp	3.F,M,Cs	ev.m.1,2,r.sm,sc	46	1.n.pf
3B _{tky3}	۹۷-۱۵۰	3.f,m.abk	Gravelly Sandy clay loam	5YR4/6	h	s/p	3.F,M,Cs	ev.m.1,2,r.sm,sc	34	2.mk.pf

جدول ۲ - خصوصیات مرفولوژی پروفیل شاهد

نتایج و بحث

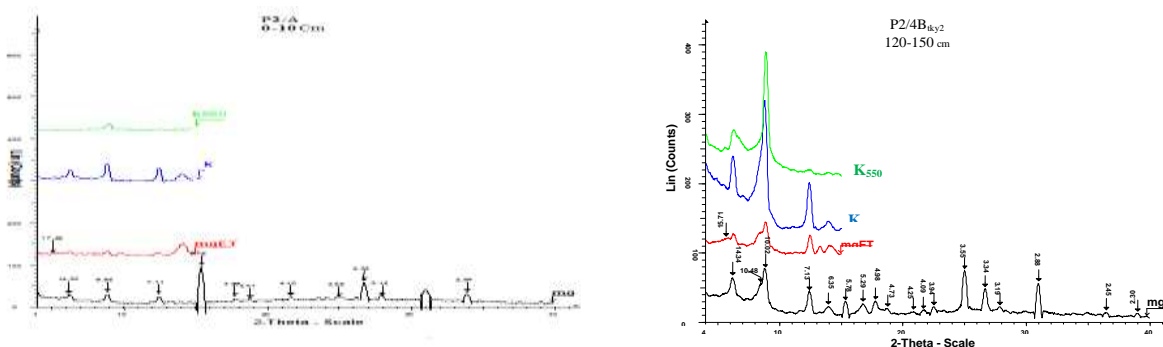
کانی شناسی مواد مادری

پیک‌های به دست آمده از پراش پرتو ایکس از بخش رس نمونه‌های سنگ آهک، ماسه سنگ و گنگومرا و شیل منطقه اصفهان حاکی از وجود ایلاتیت، کائولینیت، کلریت و دولومیت می‌باشد. حضور کانی‌های میکا، کلریت و کائولینیت در سازندهای فوق توسط محققین گزارش شده است، حجتی و خادمی (۱۳۹۱)،

بررسی نتایج کانی‌شناسی

نتایج حاصل از بررسی پرتو نگاشت‌های پرتو ایکس، بیانگر حضور کانی‌های کلریت، اسمکتایت و کائولینیت در همه خاک‌های مورد بررسی است. با توجه به حضور این کانی‌ها در مواد مادری مورد بررسی، به نظر می‌رسد که خاستگاه این کانی‌ها در خاک‌های مورد بررسی، توارثی است. وجود مقدار ناچیز کانی پالیگورسکایت در رسوبات رویی و نبود آن در مواد مادری، می‌تواند در نتیجه انتقال از طریق آب یا باد باشد و احتمالاً منشاء خاکزا (آواری) داشته باشد و نه منشاء پدوژنیک (افق A).

وجود مقدار زیاد کانی پالیگورسکایت در افق‌های متکامل زیرین و نبود این کانی در مواد مادری منطقه، نظریه را به این سمت سوق می‌دهد که تجمع مکان پالیگورسکایت با کربنات کلسیم و حضور مقادیر قابل توجهی گچ ثانویه نشانه منشاء خاکساز پالیگورسکایت در افق‌های قدیمی این خاک‌هاست (جدول ۱). ارتباط نزدیکی بین حضور بلورهای کلسیت و پالیگورسکایت وجود دارد که ناشی از شرایط مناسب برای پایداری این کانی است. نتایج نشان داد که مقدار کانی اسمکتایت در افق‌های تحت‌الارض که افق‌های مدفون هستند بیشتر می‌باشد. با توجه به پیشرفت هوازدگی در خاک‌های مدفون شده، خاستگاه پدوژنیک را می‌توان در کانی اسمکتایت انتظار داشت. به نظر می‌رسد هوازدگی و اکسایش کلریت و تخریب فلدسپارها نقش مهمی در تشکیل اسمکتایت دارد. همچنین ممکن است مقداری از کانی پالیگورسکایت به اسمکتایت تبدیل شده باشد. احتمالاً افزایش میزان کانی کائولینیت در افق‌های مدفون را می‌توان منشاء خاکزای این کانی دانست. با بررسی نیمه کمی کانی‌های رسی در افق سطحی و تحت‌الارض مشاهده می‌شود کانی غالب در افق سطحی، کانی ایلاتیت می‌باشد. همچنین مقدار کانی اسمکتایت با افزایش عمق زیاد شده است.



شکل ۲- دیفراکتوگرام‌های اشعه ایکس ذرات رس افق سطحی A افق تحت الارض 4Btky2 پروفیل شاهد

با توجه به این که کالکریت‌ها در اقلیم با بارندگی سالانه حدود ۴۰۰ تا ۶۰۰ میلی‌متری همراه با خشکی فصلی تشکیل می‌شوند و کانی پالیگورسکیت در مقادیر بارندگی سالانه کمتر از ۳۰۰ میلی‌متر پایدار است (جانسون، ۱۹۹۰)، به نظر می‌رسد که تشکیل بلورهای کلسیت در بارندگی‌های زیاد گذشته صورت گرفته است. پس از آن در دوره های خشک‌تر انتقال کانی پالیگورسکیت و انباشت آن‌ها روی ذرات کلسیت انجام شده است. بلورهای کلسیت با ایجاد شرایط مناسب می‌تواند سبب ناپایداری اسمکتایت و تغییر شکل آن به پالیگورسکیت شود (بوی‌زا و همکاران ۲۰۰۷). به طور کلی به نظر می‌رسد کانی پالیگورسکیت در کالکریت مورد بررسی دارای خاستگاه دوگانه، انتقال و تغییر شکل از اسمکتایت است.

منابع

بیات ا، کریم‌زاده ح ر، خادمی ح. ۱۳۹۰ کانی‌های رسی در دو خاک قدیمی روی سطوح زمین ریخت شرق اصفهان. مجله بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران، سال ۱۹، شماره ۱. صفحه ۴۵ تا ۵۸.
 حجتی س، خادمی ح. ۱۳۹۰. عوامل موثر در تشکیل و پراکنش پالیگورسکیت در برخی خاک‌های تشکیل شده بر روی رسوب‌های ترشیری استان اصفهان. مجله بلور شناسی و کانی‌شناسی ایران سال نوزدهم شماره ۱ بهار ۹۰ از صفحه ۱۵ تا ۲۸
 کیانی ف، جلالیان ا، پاشایی ع، خادمی ح. ۱۳۸۵. بررسی کانی‌های رسی در دنباله پارینه خاک در باد رفت منطقه قپان پاسبان گلستان. مجله بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران.

Brady N.1990.The nature and properties of soils .10th Edition,Macmillan Publishing Company .570p

DeAnn Ricks Presley A, Paul E. Hartleya and M.D. Ransoma. 2009. Mineralogy and morphological properties of buried polygenetic paleosols formed in late quaternary sediments on upland landscapes of the central plains, USA Geoderma Volume 154, Issues 3-4, 15 January, Pages 508-517

Harris W G, Lygarss.,Zelazny L W, Parker JC, Lietzheand D A.Edmonds WJ. 1980. Mineralogy of chronosequence formed in new river alluvium. Soil. Sci.Soc.AM J44.862-868.

Johnson,W D (Eds). 1990.The Argids,In:Kimble J M, Nettelton W D, Proceeding of the Fourth International Soil Correlation Meeting, Aridisols,USDA,Lincoln:15-20.

Sanjurijo M,Cortij F, Uglini F C .2001.Chimical and mineralogical changes in a poly genetic soil of galicia, nw spain .Catena, 43.251-265



برآورد ماده آلی ذره‌ای (POM) خاک در حوزه آبخیز منج با استفاده از شبکه‌های

عصبی مصنوعی

محسن آقاجانی^{۱*}، احمد جلالیان^۲، علی اصغر بسالت پور^۳، عاطفه اژدری^۴، فرزاد اسفندیاری^۵

۱- کارشناسی ارشد، گروه خاکشناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان، اصفهان، ایران.

۲- استاد گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان، اصفهان، ایران.

۳- استادیار دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان

۴- کارشناسی ارشد خاکشناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان، اصفهان، ایران

۵- دانشجوی کارشناسی ارشد خاکشناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان، اصفهان، ایران

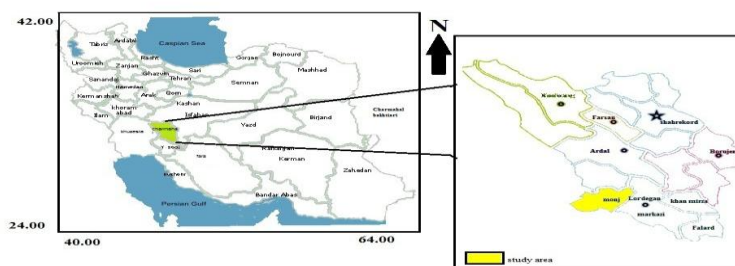
*نویسنده مسؤول Email: Mohsen_agri65@yahoo.com

مقدمه: ماده آلی ذره‌ای (POM) شامل مقدار زیادی پلی ساکارید می‌باشد که از بقایای گیاهی تازه و بافت‌های میکروبی ساخته شده است و از این رو یک ذخیره دینامیک قابل استفاده و نسبتاً آزاد و بدون محافظ می‌باشد (کامباردلا و البوت، ۱۹۹۲). به عقیده گرگوریچ و همکاران (۱۹۹۴) ماده آلی ذره‌ای شامل بقایای گیاهی می‌شود که کمتر دچار تجزیه شده‌اند و در کل، مواد آلی هستند که از لحاظ فرآیندهای تجزیه، ما بین بقایای گیاهی تازه و مواد آلی هوموسی شده قرار می‌گیرند. روش‌های آزمایشگاهی گوناگونی برای اندازه‌گیری ماده آلی ذره‌ای خاک وجود دارد. اما بیشتر این روش‌ها زمان‌بر و دشوار بوده، به ویژه سطوح مطالعاتی وسیع (نظیر حوزه‌های آبخیز) که تعداد نمونه‌های فراوان برای در نظر گرفتن تغییرات مکانی و زمانی نیاز است، بر دشواری آن می‌افزاید. به همین سبب امروزه پژوهشگران تمایل فراوانی به استفاده از روش‌های غیر مستقیم برای برآورد ویژگی‌های خاک (نظیر توابع انتقالی) با استفاده از ویژگی‌های زودیافت دارند. در همین راستا در این پژوهش امکان برآورد ماده آلی ذره‌ای خاک با استفاده از سیستم‌های هوش مصنوعی در حوزه آبخیز منج از زیر حوزه‌های حوزه آبخیز کارون شمالی بررسی گردید. هدف از این مقاله بررسی ویژگی‌های زود یافت خاک، توپوگرافی و پوشش گیاهی مؤثر بر ماده آلی ذره‌ای خاک و مقایسه دقت و قابلیت استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی و مدل‌های رگرسیونی خطی در برآورد ماده آلی ذره‌ای در حوزه آبخیز منج بود.

مواد و روش‌ها: حوزه آبخیز منج واقع در استان چهارمحال و بختیاری (شهرستان لردگان) جزء زیر حوزه‌های آبخیز کارون شمالی می‌باشد. این حوزه در حد فاصل طول‌های جغرافیایی "۳۸، ۳۶'، ۵۰" و "۷، ۳۴'، ۵۰" شرقی و حد فاصل عرض‌های جغرافیایی "۴۰، ۳۵'، ۳۱" و "۰، ۳۳'، ۳۱" شمالی بوده و در جنوب غرب مرکز این استان قرار دارد (شکل ۱). مساحت کل حوزه برابر ۷۰۲۱ هکتار و پوشش جنگلی و مرتعی کاربری غالب در آن می‌باشد. در این پژوهش با استفاده از سه گروه پارامتر زود یافت، امکان برآورد ماده آلی ذره‌ای خاک فراهم گردید. گروه نخست شامل پارامترهای خاکشناسی زود یافت بود که شامل اسیدیته خاک، هدایت الکتریکی، میزان آهک، ازت کل، بافت خاک (شن، سیلت و رس) و بخش‌های مختلف شن (شن ریز و شن خیلی ریز) بودند. برای این منظور تعداد ۱۹۱ نمونه از منطقه منج به صورت تصادفی، برداشت شد. گروه دوم شامل پارامترهای توپوگرافی (درصد شیب، جهت شیب، ارتفاع) که از نقشه مدل رقومی ارتفاعی (DEM) و شاخص پوشش گیاهی (NDVI) که از داده‌های ماهواره لندست نسخه ۲۰۰۹ استخراج گردید، بودند. گروه سوم نیز ترکیبی از داده‌های

خاکشناسی و توپوگرافی بود. در نهایت پس از تهیه داده‌های ورودی، ماده آلی ذره‌ای خاک با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی (در محیط نرم افزار Matlab) و رگرسیون خطی چند متغیره (در محیط نرم افزار SPSS) برآورد شد.

همچنین به منظور بررسی کارایی و دقت مدل‌های رگرسیونی و شبکه عصبی طراحی شده برای برآورد ماده آلی ذره‌ای خاک در این پژوهش از برخی شاخص‌های آماری نظیر ضریب همبستگی (r)، ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE)^۱، میانگین خطای مطلق (MAE)^۲ و فاکتور بازدهی مدل (EF)^۳ استفاده گردید.



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

نتایج و بحث: نتایج حاصل از برآورد POM خاک با استفاده از مدل‌های رگرسیونی خطی چند متغیره در جدول ۱ آمده است. همان طور که ملاحظه می‌گردد ضریب همبستگی، زمانی که تمامی ورودی‌ها به کار رفته بالاترین میزان را داشته است ($r = ۰/۹۲$). همچنین کمترین میزان RMSE در استفاده از داده‌های خاکشناسی به دست آمده است ($RMSE = ۰/۳۰$).

جدول ۱- بررسی نتایج به دست آمده از مدل کردن POM با استفاده از رگرسیون خطی چند متغیره

Model Efficiency Factor	MAE	RMSE	r	مدل (POM)
۰ / ۸۳	۰ / ۲۷	۰ / ۳۲	۰ / ۹۲	POM (با کل ورودی‌ها)
۰ / ۸۵	۰ / ۲۳	۰ / ۳۰	۰ / ۹۰	POM (با ورودی‌های خاکشناسی)
-۰ / ۲۳	۰ / ۲۲	۰ / ۸۶	۰ / ۲۹	POM (با ورودی‌های توپوگرافی)

^۱- Root mean square error

^۲- Mean absolute error

^۳- Efficiency factor



همچنین مدل شبکه عصبی طراحی شده با استفاده از همه پارامترها (مجموع داده‌های خاکشناسی و توپوگرافی) در مقایسه با سایر مدل‌های شبکه عصبی طراحی شده، کارایی بهتری داشت اگرچه که تفاوت این مدل با مدل ساخته شده با داده‌های خاکشناسی به تنهایی محسوس نمی‌باشد (جدول ۲).



جدول ۲- بررسی نتایج به دست آمده از مدل کردن POM با استفاده از شبکه های عصبی مصنوعی

Model Efficiency Factor	MAE	RMSE	r	مدل (POM)
۰/۸۵	۰/۲۰	۰/۲۶	۰/۹۴	POM با کل ورودی ها
۰/۸۲	۰/۲۱	۰/۲۸	۰/۹۲	POM با ورودی های خاکشناسی
۰/۵۳	۰/۳۹	۰/۴۷	۰/۷۳	POM با ورودی های توپوگرافی

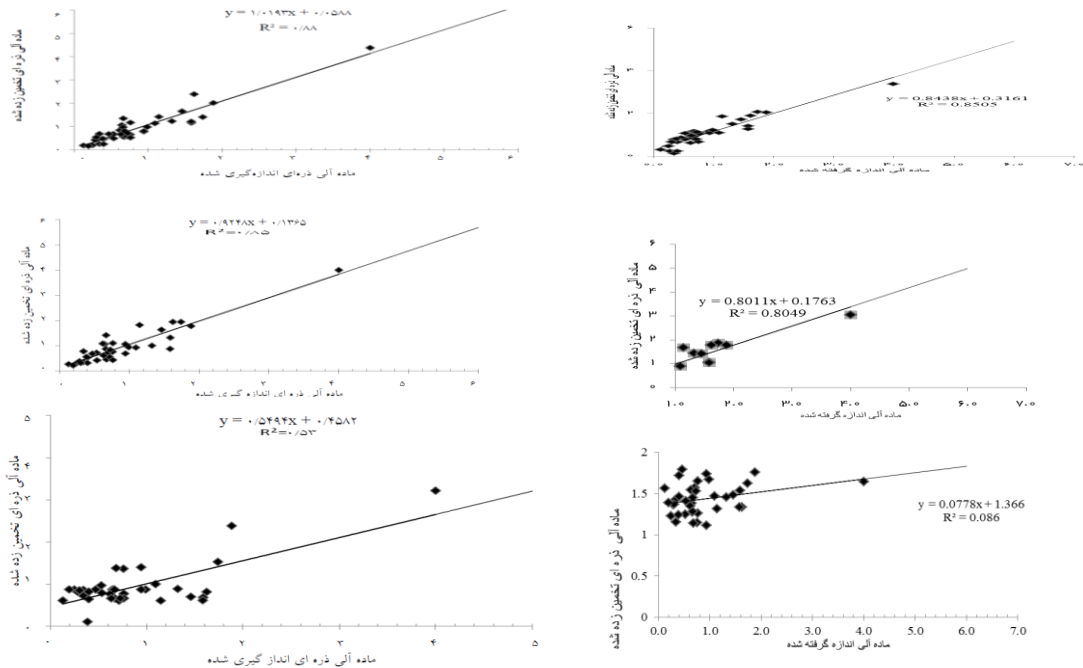
نتایج مقایسه مدل های شبکه عصبی مصنوعی با مدل های رگرسیونی نیز بیانگر آن است که در تخمین POM با تمامی ورودی ها، شبکه های عصبی مصنوعی آمار بهتری را ارائه داده است. هر چند که این تفاوت محسوس نمی باشد. در تخمین POM با داده های توپوگرافی نیز تفاوت محسوس در تمامی پارامترها مشاهده می گردد. به طوری که میزان بازدهی مدل در رگرسیون خطی مقادیر منفی از خود نشان می دهد. فقط در اندازه گیری POM با پارامترهای خاکشناسی میزان درصد خطای مدل رگرسیونی کمتر از شبکه می باشد (جدول ۳). مقایسه مقادیر مشاهده ای و شبیه سازی شده ی POM برای داده های تست مدل ها نیز تأییدی بر این امر می باشد (شکل ۲).

جدول ۳- مقایسه POM پیش بینی شده توسط شبکه عصبی مصنوعی با رگرسیون خطی

R	مدل رگرسیونی			مدل شبکه عصبی مصنوعی			مدل (POM)	
	MAE	Model Efficiency Factor (E)	RMSE	R	MAE	Model Efficiency Factor (E)		
۰/۹۲	۰/۳۷	۰/۷۸	۰/۳۰	۰/۹۴	۰/۲۰	۰/۸۵	۰/۲۶	POM (تمام ورودی ها)
۰/۹۰	۰/۲۳	۰/۸۰	۰/۳۰	۰/۹۲	۰/۲۱	۰/۸۲	۰/۲۸	POM (ورودی های خاکشناسی)
۰/۲۸	۰/۷۲	-۰/۵۸	۰/۸۶	۰/۷۳	۰/۳۹	۰/۵۳	۰/۴۷	POM (ورودی های توپوگرافی)

بنابراین بر اساس نتایج معیارهای ارزیابی مدل به نظر می رسد مدل شبکه عصبی با ورودی های خاکشناسی، توپوگرافی و پوشش گیاهی برای برآورد ماده آلی ذره ای در منطقه مورد مطالعه مناسب تر می باشد. مدل های چند متغیره رگرسیونی خطی روابط را چه خطی باشد و چه غیر خطی، خطی فرض کرده و محاسبات خود را طبق همین فرض بیان می کند. پس این مدل ها به خصوص در محاسبات پارامترهایی که روابط پیچیده تری دارند قابل اعتماد نیستند. یلماز و یوکسک (۲۰۰۹) بیان کردند از محدودیت های رگرسیون این است که می تواند روابط خطی را ایجاد کند در حالی که اصلاً مطمئن نیستیم رابطه خطی است یا نه. بسالت پور و

همکاران (۲۰۱۳) نیز بیان داشتند شبکه های عصبی برای مدل کردن روابط غیر خطی بین پارامترهای خاکشناسی کارایی بسیار بیشتر نسبت به روش های قدیمی دارند.



ب

الف

شکل ۲- پراکنش داده های اندازه گیری شده و تخمین زده شده و موقعیت خط رگرسیون (الف: مدل رگرسیون/ب: مدل شبکه عصبی مصنوعی)

منابع

- Besalatpour AA, Ayoubi S, Hajabbasi MA, Mosaddeghi MR, and Schulin R. 2013. Estimating wet soil aggregate stability from easily available data in a highly mountainous watershed.. *Catena*. 111: 72-79.
- Cambardella CA, Elliott ET. 1992. Particulate soil organic-matter changes across a grassland cultivation sequence. *Soil Science society of America. J*, 56: 777-782.
- Gregorich EG, Carter MR, Angers DA, Monreal CM and Ellert BH. 1994. Towards a minimum data set to assess soil organic matter quality in agricultural soils. *Can. J. Soil Science society of America*, 74: 367-385.
- Yilmaz I, Yuksek G. 2009. Prediction of the strength and elasticity modulus of gypsum using multiple regression, ANN, and ANFIS models. *International journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*: 46(4): 803-810.



برآورد چگالی ظاهری خاک در یک حوزه آبخیز کوهستانی با استفاده از شبکه‌های عصبی RBF و سیستم‌های استنتاج فازی عصبی تطبیق (ANFIS)

فرزاد اسفندیاری^{۱*}، احمد جلالیان^۲، علی اصغر بسالت‌پور^۳، محسن آقاجانی^۴، عاطفه اژدری^۵

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه خاکشناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان، اصفهان، ایران.

۲- استاد گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان، اصفهان، ایران.

۳- استادیار دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان

۴- کارشناسی ارشد خاکشناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان، اصفهان، ایران

۵- کارشناسی ارشد خاکشناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان، اصفهان، ایران

*نویسنده مسؤول. Email: farzadesfandyari@gmail.com

مقدمه

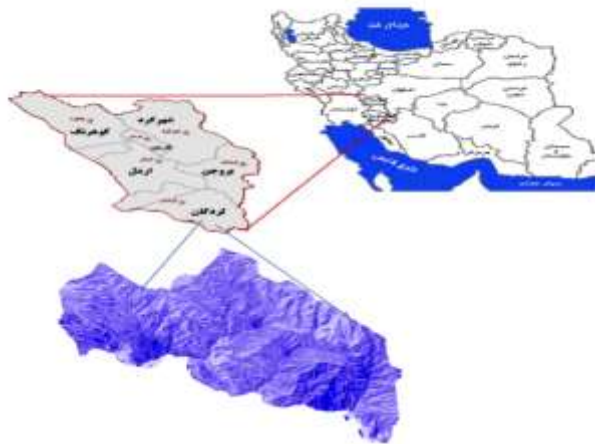
منحنی مشخصه آب خاک بیان‌گر تغییرات رطوبت در برابر مکش ماتریک آب خاک می‌باشد. این منحنی در مسائل مربوط به حرکت غیر اشباع در خاک کاربرد فراوان دارد. منحنی مشخصه آب خاک توزیع اندازه منافذ خاک را نشان می‌دهد و درج تراکم و تخلخل خاک (چگالی ظاهری و میزان آب خاک اشباع) نیز بر شکل این منحنی موثر است. آریا و پاریس (۱۹۸۱) با معرفی یک مدل فیزیکی امکان پیش‌بینی منحنی مشخصه آب خاک را از منحنی دانه‌بندی و چگالی ظاهری (BD) آن فراهم ساختند. اساس مدل فوق شباهت ظاهری بین منحنی دانه‌بندی و منحنی مشخصه آب خاک بود. در مدل فوق منحنی دانه‌بندی خاک به قسمت‌های مختلف تقسیم می‌شود. سپس با استفاده از چگالی ظاهری و روابط جرمی و حجمی خاک و معادله صعود موئینگی مقادیر رطوبت و مکش ماتریک در قسمت‌های مختلف منحنی دانه‌بندی به دست آمده و منحنی مشخصه آب خاک ترسیم می‌شود. روش‌های آزمایشگاهی مختلفی برای اندازه‌گیری BD وجود دارد که شامل روش‌های آزمایشگاهی بر نمونه دست‌خورده یا دست‌نخورده و روش‌های صحرایی در شرایط طبیعی می‌باشند. اما بیشتر این روش‌ها زمان‌بر و دشوار بوده، به ویژه در سطوح مطالعاتی وسیع (نظیر حوزه‌های آبخیز) که تعداد نمونه‌های فراوان برای در نظر گرفتن تغییرات مکانی و زمانی نیاز است، بر دشواری آن می‌افزاید. امروزه پژوهشگران تمایل فراوانی به استفاده از روش‌های غیر مستقیم برای تخمین ویژگی‌های خاک (نظیر توابع انتقالی) با استفاده از ویژگی‌های زودیافت دارند. هدف از این پژوهش بررسی ویژگی‌های زود یافت خاک، توپوگرافی و پوشش گیاهی مؤثر بر چگالی ظاهری خاک و مقایسه دقت و قابلیت استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی RBF و سیستم‌های استنتاج فازی عصبی تطبیقی (ANFIS) در برآورد چگالی ظاهری در حوزه آبخیز منج بود.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

حوزه آبخیز منج واقع در استان چهارمحال و بختیاری (شهرستان لردگان) جزء زیر حوزه‌های آبخیز لردگان در کارون شمالی می‌باشد (شکل ۱). این حوزه در حد فاصل طول‌های جغرافیایی $31^{\circ} 38'$ ، $36'$ ، $50'$ و $34'$ ، $50'$ شرقی و حد فاصل عرض‌های جغرافیایی $40'$ ، $35'$ ، $31'$ و $00'$ ، $33'$ ، $31'$ شمالی بوده و در جنوب غرب مرکز این استان قرار دارد. هم‌چنین مساحت کل حوزه برابر 7021 هکتار بوده و ارتفاع میانگین این حوزه 1524 متر از

سطح دریا می باشد. بیشینه ارتفاع حوزه واقع در قسمت غرب حوزه با ارتفاع ۱۹۰۰ متر و کمینه ارتفاع واقع در قسمت جنوب غربی حوزه با ارتفاع ۱۰۰۰ متر از سطح دریا می باشد. برای مدل سازی چگالی ظاهری خاک تعداد ۱۹۱ نمونه از کاربری های گوناگون در منطقه با استفاده از GPS شناسایی و نمونه خاک از عمق ۰ تا ۵ سانتی متری از ۳ نقطه مختلف در محل برداشت شد و در نهایت یک نمونه ترکیبی جهت آنالیزهای آزمایشگاهی تهیه گردید. همچنین برای تعیین چگالی ظاهری، نمونه خاک به صورت دست نخورده به وسیله استوانه های فلزی برداشت گردید و در نهایت آنالیز آزمایشگاهی صورت گرفت. از تعداد ۱۹۱ نمونه، تعداد ۱۲۹ نمونه (۷۰ درصد) برای فرآیند آموزش، ۶۲ نمونه برای آزمون (۳۰ درصد) نمونه ها برگزیده شد. تخمین میزان BD توسط شبکه عصبی مصنوعی RBF و ANFIS هر کدام در قالب سه مدل انجام پذیرفت. در مدل ۱ تمامی ورودی ها شامل، پارامترهای خاکشناسی و پارامترهای توپوگرافی بودند. مدل ۲ شامل داده های خاکشناسی (شامل: درصد آهک، میزان اسیدیته، میزان هدایت الکتریکی، درصد نیتروژن کل، درصد رس، درصد سیلت، درصد شن، درصد شن ریز، درصد شن خیلی ریز) بود. در مدل ۳ داده های توپوگرافی شامل درصد شیب، جهت شیب، ارتفاع نقاط و شاخص پوشش گیاه به عنوان ورودی استفاده شدند.



شکل ۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه

نتایج و بحث

برآورد چگالی ظاهری خاک با استفاده از شبکه های عصبی مصنوعی

در ابتدا تمامی ورودی ها که تعداد ۱۴ پارامتر (پارامترهای خاکشناسی و توپوگرافی) بودند برای مدل سازی مورد استفاده قرار گرفت (مدل ۱) که میزان ضریب همبستگی ۰/۵۲ شد. در دیگر مدل مورد استفاده (مدل ۲ با داده های خاکشناسی، مدل ۲)، فقط از داده های خاکشناسی به عنوان ورودی استفاده شد که بالاترین میزان ضریب همبستگی (۰/۸۱) بدست آمد. در مدل ۳ تنها از داده های توپوگرافی استفاده شد که کمترین میزان همبستگی بین داده های اندازه گیری شده و شبیه سازی شده (۰/۱۸) به دست آمد (جدول ۱).

برآورد چگالی ظاهری با استفاده از سیستم های استنتاج فازی عصبی تطبیقی



تخمین میزان Bd توسط سیستم‌های استنتاج فازی عصبی تطبیقی ANFFIS نیز در قالب سه مدل انجام پذیرفت. در ابتدا تمامی ورودی‌ها که تعداد ۱۴ پارامتر (پارامترهای خاکشناسی و پارامترهای توپوگرافی) بودند، برای مدل‌سازی مورد استفاده قرار گرفت. پس از آزمون کردن تعداد ایپاک (تعداد دور) در نهایت بالاترین میزان ضریب همبستگی در لایه مخفی در ایپاک ۵۰ به دست آمد ($r = 0/73$). برای مدل دوم بیشترین ضریب همبستگی ۰/۱ و برای مدل سوم ۰/۰۱ بدست آمد (جدول ۲).

جدول ۱. شاخص‌های آماری مورد استفاده برای ارزیابی کارایی مدل‌های مختلف شبکه‌های عصبی مصنوعی RBF

شاخص آماری			مدل
MAE	RMSE	r	
۰/۰۰۰۱۶	۰/۰۹۷	۰/۵۴	مدل ۱
۰/۰۰۰۱۴	۰/۰۷	۰/۸۱۲	مدل ۲
۰/۰۰۰۱۴	۰/۱۴	۰/۱۸	مدل ۳

جدول ۲. شاخص‌های آماری مورد استفاده برای ارزیابی کارایی مدل‌های ANFIS

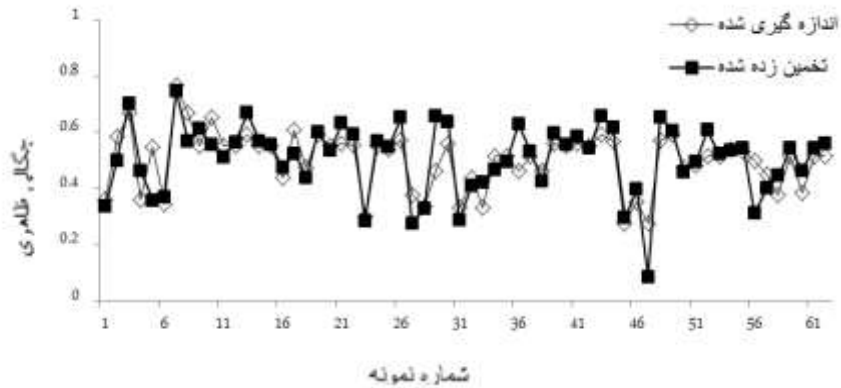
شاخص آماری			مدل
MAE	RMSE	r	
۰/۰۰۰۱۳	۰/۰۷	۰/۷۳	مدل ۱
۰/۰۰۰۱۶	۰/۳۲	۰/۱	مدل ۲
۰/۰۰۰۱۳	۰/۲	۰/۰۱	مدل ۳

r: ضریب همبستگی، MAE: میانگین خطای تخمین، RMSE: ریشه میانگین مربعات خطا

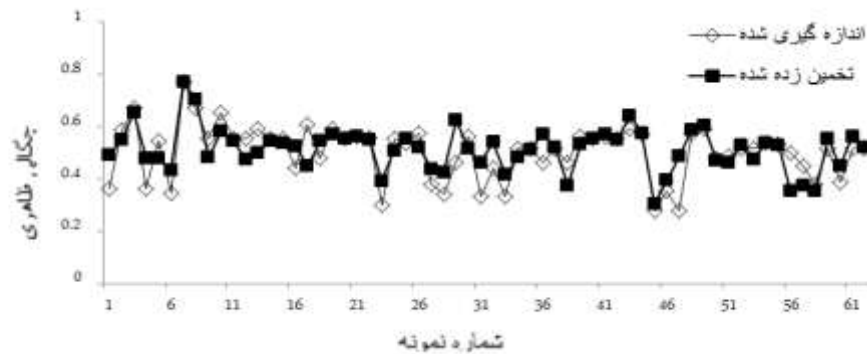
در کل نتایج نشان آن است که بهترین برآورد شبکه‌های RBF زمانی بود که فقط از داده‌های خاکشناسی به عنوان ورودی استفاده کردیم ($r = 0/81$ و $RMSE = 0/07$) و روند شبیه‌سازی بهتری برای داده‌های مشاهده-ای دیده شد (شکل ۲). در برآورد BD به وسیله ANFIS بهترین حالت را در حالت مدل ۱ داشتیم یعنی زمانی که از همه پارامترها بعنوان ورودی استفاده کردیم ($r = 0/73$ و $RMSE = 0/07$) و شبیه‌سازی بهتر با همبستگی بالاتر با داده‌های مشاهده‌ای دیده شد (شکل ۳).

مدل RBF با ورودی‌های خاکشناسی قابلیت بالاتری برای برآورد BD داشت این درحالیست که مدل ANFIS با کل ورودی‌ها تخمین بهتری از BD داشت. قابلیت مدل‌ها در برآورد و مدل‌سازی چگالی ظاهری در این پژوهش می‌باشند که به نظر می‌رسد مدل شبکه عصبی در مقایسه با مدل ANFIS دارای انعطاف‌پذیری بیشتری بوده است. در واقع، شبکه‌های عصبی مصنوعی می‌تواند الگوهای موجود بین پارامترهای ورودی و خروجی را بهتر استخراج نموده و تشخیص بهتری از روند تغییرات پارامترها دارند چرا که توانایی قابل توجهی در

استخراج پاسخ هدف از داده‌های پیچیده دارند (ایلماز و کاینار، ۲۰۱۱). در پژوهش‌هایی مشابه بسالت‌پور و همکاران (۲۰۱۳) با مقایسه دو مدل شبکه‌های عصبی مصنوعی و ANFIS برای برآورد پایداری خاکدانه‌ها گزارش کردند که مدل شبکه عصبی پیش‌بینی بهتری نسبت به سیستم نرو- فازی داشت. گوکتپ و همکاران (۲۰۰۸) نیز گزارش نمودند که از شبکه‌های عصبی مصنوعی می‌توان به عنوان ابزاری مناسب برای برآورد مقاومت برشی خاک استفاده نمود.



شکل ۲. چگالی ظاهری اندازه‌گیری شده و تخمین زده شده به روش RBF در این مدل داده‌های ورودی عبارت‌اند از داده‌های خاکشناسی



شکل ۳. چگالی ظاهری اندازه‌گیری شده و تخمین زده شده به روش ANFIS در این مدل داده‌های ورودی عبارت‌اند از داده‌های خاکشناسی و توپوگرافی

منابع

- Besalatpour AA, Ayoubi S, Hajabbasi HA, Mosaddeghi MR and Schulin R. 2013. Estimating wet soil aggregate stability from easily available properties in a highly mountainous watershed. CATENA-02013; No of Pages 8.
- Goktepe AB, Altun S, Altinas G, Tan O. 2008 Shear strength estimation of plastic clays with statistical and neural approaches. Biuld. Environ., 43, 849-860.
- Yilmaz I, Kaynar O. 2011. Multiple regression, ANN (RBF, MLP) and ANFIS models for prediction of swell potential of clayey soils. Expert Systems with Applications 38, 5958-5966.



درون یابی غلظت آهن فعال خاک با استفاده از تکنیک های زمین آمار مطالعه موردی پارک لاله شهر اصفهان

الناز جاوید^۱، احمد جلالیان^۲، محمود کلباسی^۳

- ۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، رشته خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان (اصفهان)
- ۲- عضو هیئت علمی، دکتری، رشته خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان (اصفهان)
- ۳- عضو هیئت علمی، دکتری، رشته خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان (اصفهان)

مقدمه

در بسیاری از پروژه های ایجاد فضای سبز به دلایل مختلف از جمله محدودیت زمان و هزینه، رعایت نکاتی فنی نظیر بهبود شرایط بستر قبل از کاشت، وضعیت نفوذپذیری و لایه های محدود کننده، عمق خاک و تناسب گونه های انتخاب شده با شرایط فیزیکی و شیمیایی خاک مورد توجه قرار نمی گیرد و در نتیجه چند سال پس از کاشت نهال، شاهد زوال درخت و هدررفت هزینه ها و عدم حصول نتیجه دلخواه هستیم. وجود شرایط بد بستر و استفاده از خاکهای فقیر در فضای سبز باعث مشکلات تغذیه ای بارز در درختان فضای سبز اصفهان شده است به صورتی که کمبود عناصر غذایی مخصوصاً عناصر کم مصرف مانند آهن، منگنز و روی به وضوح مشهود می باشد (ملکوتی و همکاران ۱۳۷۹). کمبود عناصر کم مصرف در خاک به ویژه آهن فعال باعث ایجاد بروز عوارض متعددی در درختان می گردد به صورتی که به اعتقاد بسیاری از محققین، عمده دلیل زردبرگی درختان به همین دلیل می باشد که در این خصوص عوامل شیمیایی و فیزیکی بستر کاشت بسیار موثر می باشد. (کلباسی و همکاران ۱۳۶۱). این امر توسط سایر محققین مورد تایید قرار گرفته است، خوشگفتار منش در سال ۱۳۸۸ در تحقیقی با عنوان بررسی علل کلروز آهن درختان چنار فضای سبز شهر اصفهان با تعیین گونه های شیمیایی آهن در محلول خاک و برخی شاخص های فیزیولوژیکی آهن فعال نسبت انجام مطالعات جامع در این خصوص پرداخت. در این تحقیق با اندازه گیری نمونه های متعدد و استفاده از تکنیک هوش مصنوعی و آزمایش آنالیز حساسیتی، میزان آهن قابل جذب (FeDTPA) در عمق ۳۰-۰ سانتی متری به عنوان مهمترین پارامتر مؤثر بر شدت زردبرگی ظاهری درختان چنار مورد مطالعه در شهر اصفهان شناخته شد. لیکن با توجه به تنوع بسیار بستر خاک های شهری (توروبریج و همکاران، ۲۰۰۴) در محدوده های بسیار کوچک گاهی علائم ظاهری زرد برگی در برخی از درختان مشهود و در برخی دیگر مشاهده نمی گردد، از این رو مدیریت تغذیه گیاهان از طریق روش های کوددهی و تغذیه با توجه به گستردگی و هزینه بر بودن روش های اندازه گیری پارامتر های شیمیایی و فیزیکی خاک برای تک تک درختان امری غیر ممکن می نماید از این رو با توجه به قابلیت روش های زمین آمار در درون یابی اطلاعات بر اساس فرضیه های زمین آماری تخمین غلظت آهن فعال در سطح بر اساس نمونه های محدود امکان پذیر خواهد بود (دفر و همکاران ۲۰۰۶) لذا جهت مدیریت روش های تغذیه و کود دهی با هدف رفع محدودیتهای خاک می توان از نتایج تکنیک های زمین آمار استفاده نمود، به صورتی که بر اساس تخمین های ارائه شده از میزان غلظت عناصر، به جای استفاده یکنواخت از کودهای شیمیایی و آلی که گاهی باعث ایجاد مسمومیت های برای درختان می گردد غلظت و میزان و حتی روش تغذیه درختان را انتخاب نمود. از سوی دیگر ذکر این نکته ضروری است که از مهمترین دلایل عدم موفقیت کاشت و واکاری درختان، در نظر نگرفتن پتانسیل ها و محدودیت های خاک می باشد که در صورت استفاده از تکنیک های زمین آمار درصد موفقیت کاشت درختان افزایش خواهد یافت و سالیانه از هدر رفت مقادیر قابل توجهی از منابع جلوگیری خواهد کرد. لذا با توجه به توانایی روش های زمین آمار در پیش بینی تغییرات مکانی پارامترهای مختلف در دهه های اخیر (گوس و همکاران، ۲۰۰۶) و وجود تکنیک های متعددی در علم زمین آمار تعیین تکنیک استفاده شده در پهنه بندی نمونه های اندازه گیری شده دارای اهمیت ویژه ای می باشد باید اذعان داشت در اکثر



مطالعات زمین آمار عموماً از دو تکنیک کوکریجینگ و کریجینگ استفاده می‌گردد، دلیل این امر در نظر گرفتن متغییر کمکی در محاسبات می‌باشد (دویوی و همکاران، ۲۰۰۶) لیکن در برخی مقالات نظیر مقاله کاسترانو و همکاران (۱۹۹۸)، که در آن صرفاً از یک پارامتر جهت تحلیل مکانی پارامترهای خاک، استفاده شده است از مقایسه روش‌های میان‌یابی تیسن، میانگین متحرک وزن‌دار و کریجینگ برتری روش کریجینگ معمولی در ارائه تخمین مناسب‌تر نسبت به سایر روش‌ها گزارش داده شد.

در این مطالعه با توجه به اندازه‌گیری غلظت آهن محلول در عمق فعال ریشه خاک به عنوان مهمترین پارامتر تاثیر گذار بر زرد برگی درختان چنار، با استفاده از روش کریجینگ معمولی در ابتدا غلظت آهن فعال را در محدوده پارک لاله پهنه بندی کرده و سپس با ترسیم خطوط هم غلظت آهن فعال در عمق ریشه فعال درختان و مقایسه با وضعیت ظاهری درختان میزان صحت نتایج درون یابی پرداخته شده است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

محدوده مورد مطالعه پارک لاله با مختصات با طول جغرافیائی ۵۶۵۹۲۲ و عرض جغرافیائی ۳۶۱۷۴۵۸ با ارتفاع متوسط ۱۵۶۳ متر از سطح دریاهای آزاد با مساحت در حدود ۱۰۶۷۹۳ متر مربع از اصلی ترین عرصه های فضای سبز شهری در منطقه ده شهر اصفهان می باشد. گونه غالب درختان این پارک چنار (در حدود ۴۹ درصد) می باشد شاخصه اصلی این پارک زرد برگی و خزان زودرس درختان چنار می باشد.

داده‌ها و اطلاعات مورد نیاز

تعیین غلظت آهن فعال از محل پروفیل های حفر شده

بر اساس بررسی دقیق میدانی و در نظر گرفتن نظرات افراد مطلع در مورد خزان زودرس درختان چنار و سوابق احداث پارک و بررسی وضعیت ظاهری درختان مکان‌های حفر ده پروفیل‌های با ابعاد ۱/۵*۱*۱ در اطراف درختان چنار با وضعیت ظاهری متفاوت خاک به طریق Free Survey^۱ تعیین گردید، سپس از کلیه افق‌های ژنتیکی و مورفولوژیکی نمونه برداری شد. نمونه های خاک برای انجام تجزیه های آزمایشگاهی به آزمایشگاه منتقل گردید و با عصاره گیری توسط DTPA و قرائت با دستگاه جذب اتمی غلظت آهن قابل فعال در افق های مختلف خاک اندازه گیری شد سپس بر اساس عمق لایه ها، میانگین وزنی متوسط غلظت آهن فعال در عمق ریشه فعال درختان (افق های یک، دو و سه) هر پروفیل محاسبه و محل حفر پروفیل ها بر روی نقشه‌هایی با استفاده از سیستم موقعیت‌یاب جهانی (GPS) ثبت گردید.

۱- روش توصیه شده نقشه برداری خاک است که خاکشناس با توجه به تجربه شخصی، محل حفر پروفیل‌ها را مشخص می‌کند.



تعیین نقشه های هم غلظت آهن در محدوده پارک لاله

در این تحقیق با استفاده از تکنیک کریجینگ معمولی و به کمک نرم افزار Arc Gis 9.2 و ابزار قوی Geo statistical Analyst پهنه بندی انجام گرفت (نقشه شماره دو). نسبت اثر قطعه ای برآستانه، توسط نرم افزار 0/16 محاسبه گردید که بیانگر ساختار مکانی قوی غلظت آهن فعال و معتبر بودن نتایج نقشه های پهنه بندی می باشد (چینگ و همکاران 2006) در ادامه با استفاده از ابزار 3D Analays خطوط هم غلظت آهن ترسیم و محدوده مورد مطالعه را به 5 قسمت بر اساس میزان غلظت آهن فعال تقسیم گردید (نقشه شماره سه).

جدول 1: غلظت آهن قابل جذب در افق های بالایی

	سوم	دوم	اول	افق عمق (cm)
۱	۶.۶۳	۷.۷۴	۵.۷۶	عمق ۱۲ پروفیل ۱
۲	۴.۷۴	۱۲.۲۹	۱۲.۲۹	عمق ۲۰ پروفیل ۲
۳	۶.۴۴	۵.۲۸	۸.۷۲	عمق ۲۲ پروفیل ۳
۴	۷.۴۴	۷.۵۴	۴.۲۵	عمق ۱۹ پروفیل ۴
۵	۶.۳۹	۴.۴۹	۳.۵۲	عمق ۱۴ پروفیل ۵
۶	۶.۷۵	۹.۹۳	۶.۹۴	عمق ۳۱ پروفیل ۶
۷	۵.۳۶	۸.۲۲	۱۴.۰۰	عمق ۲۱ پروفیل ۷
۸	۴.۶۳	۳.۹۱	۴.۸۲	عمق ۱۹ پروفیل ۸
۹	۷.۸۱	۴.۵۷	۳.۲۵	عمق ۲۰ پروفیل ۹
۱۰	۵.۸۹	۴.۴۹	۳.۹۲	عمق ۳۱ پروفیل ۱۰

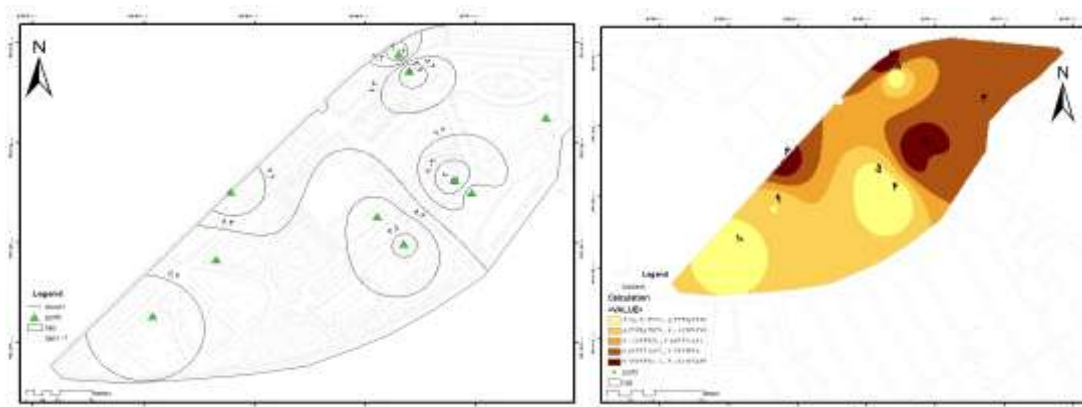
۳-۲-۲- تعیین وضعیت درختان از روی علائم ظاهری

تعیین وضعیت ظاهری درختان بر اساس علائم تعیین شده توسط مطالعات زکری و اوبرز (2003) در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفت که بر اساس بازدید کارشناسان خبره در فصل رشد از ۱۴۹۵ اصله درخت چنار سطح پارک بازدید بعمل آمد با توجه به اینکه ارزیابی بر اساس نظرات کارشناسان با توجه به تجربه کارشناس امکان بروز نتایج متضاد را فراهم می آورد جهت کاهش بروز تناقض های محتمل، چک لیستی بر اساس علائم ظاهری درختان دچار زردبرگی تهیه و سپس با استفاده از تکنیک AHP تاثیر هر یک از علائم در وضعیت زرد برگی، وزن دهی شد.

سپس بر اساس بازدیدهای میدانی و مشاهدات صورت گرفته، چک لیست تهیه شده، برای درختان تکمیل شد و در نهایت نمره هر درخت در محدوده صفر تا یک تعیین شد، هر چه عدد استخراج شده به عدد یک نزدیک تر باشد بیانگر وضعیت بدتر درخت از لحاظ مشاهده علائم ظاهری زردبرگی می باشد. سپس بر اساس محدوده تعیین شده، متوسط نمرات درختان آن محدوده تعیین گردید. جدول شماره دو نتایج تعیین وضعیت ظاهری درختان، را نشان می دهد.

جدول ۲: متوسط نمره چک لیست وضعیت ظاهری درختان دچار زردبرگی در پنج محدوده تعیین شده بر اساس غلظت آهن فعال خاک

محدوده	مساحت (متر مربع)	تعداد درخت	غلظت آهن فعال (mg/kg)	متوسط نمره ارزیابی وضعیت ظاهری درختان
1	4825	112	7.3-9.06	0.21
2	33677	433	6.58-7.2	0.36
3	15187	251	6.02-6.57	0.56
4	30221	540	5.41-6.01	0.71
5	15241	230	4.2-5.4	0.83



شکل شماره سه: نقشه خطوط هم غلظت آهن فعال در پارک لاله (mg/kg)

شکل شماره دو: نقشه پهنه بندی غلظت آهن فعال در خاک

نتایج و بحث

نتایج آزمایشات شیمیایی بیانگر تاثیر غلظت آهن فعال خاک در بروز زرد برگی درختان چنار می باشد به صورتی که با افزایش غلظت آهن قابل جذب در خاک، وضعیت ظاهری درختان از لحاظ زرد برگی بهبود می یابد.

متوسط نمرات چک لیست های ارزیابی وضعیت ظاهری که بر اساس تکنیک های تصمیم گیری چند معیاره (AHP) در پنج محدوده های منتج از نقشه های پهنه بندی غلظت آهن فعال خاک تهیه شده از تکنیک کریجنگ معمولی، دارای انطباق مناسبی می باشد به صورتی که در محدوده پنج با کمترین دامنه غلظت آهن فعال خاک (۴/۴-۵/۲ پی پی ام)، نمرات چک لیست های ارزیابی وضعیت ظاهری در بیشترین مقدار خود (۰/۸۱) می باشد که بیانگر شدت بسیار کلروز درختان این محدوده می باشد. همچنین با افزایش غلظت آهن فعال خاک نمرات چک لیست های ارزیابی وضعیت درختان روبه کاهش و وضعیت درختان از لحاظ زرد برگی بهبود می یابد.

منابع

- اصغر پور م ج. ۱۳۷۱. تصمیم گیری های چند معیاره، چاپ اول.
 کلباسی م. ۱۳۶۱. کلروز آهن یا زردی برگ درختان میوه، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.
 ملکوتی م ج، نبی غیبی م. ۱۳۷۹. تعیین حد بحرانی عناصر غذایی مؤثر در خاک، گیاه و میوه در راستای افزایش عملکرد کمی و کیفی محصولات استراتژیک کشور، چاپ دوم، نشر آموزش کشاورزی.
 Castrignano, A., M. Mazzonancini and L. Giugliarini. 1998. Spatial characterization of soil properties. *Advances in Geoecology*. 31:105-111.
 Cheng, X., S. An, J. Chen, B. Li, (2006). Spatial relationships among species above-ground biomass, N, P in degraded grassland in ordos Plateau, *Journal of arid environment*.
 Douaoui, A.E.K., H. Nicolas, C. Walter, 2006. Detecting Salinity hazard within a semi arid context by means of combining soil and remote – sensing data, *Geoderama* 134:217-230.
 Duffera, M., j.G. White, R. weisz, 2006. spatial variability of southwestern U.S. Coastal plain soil physical properties, *Geoderama*.



تغییرات پارامتریک منحنی رطوبتی در خاک سبک بافت با اعمال نانو ذرات رس مونتموریلونایت

سعیده صادقی^۱، سهیلا ابراهیمی^۲، مهدی ذاکری نیا^۳

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه منابع طبیعی گرگان

۲- استادیار و عضو هیئت علمی گروه مهندسی خاک دانشگاه منابع طبیعی گرگان

۳- استادیار و عضو هیئت علمی گروه مهندسی آب دانشگاه منابع طبیعی گرگان

Sadeghi.saedeh2013@gmail.com

مقدمه

افزایش بازده آبیاری، یکی از روش‌های صرفه‌جویی در مصرف آب است. بنابراین اعمال مدیریت صحیح و به کارگیری شیوه‌های کارآمد به منظور نگهداشت آب کافی در خاک برای بهره‌برداری بهینه از منابع محدود آب کشور ضروری است. دستیابی به اهداف بالا، با اقداماتی همچون استفاده از کودهای سبز و آلی، مالچ گیاهی و مصنوعی، ایجاد پوشش گیاهی، استفاده از مواد اصلاح کننده مانند تورب، پرلیت، هیدروپلاس، واترس، ایگیتا و انواع پلیمرهای مصنوعی امکان‌پذیر استدر کشاورزی مدرن پلی‌مرهای آب‌دوست برای تقویت وضعیت تغذیه‌ای و رطوبتی گیاهان مورد استفاده زیادی قرار گرفته‌اند (ابراهیمی، ۱۳۸۰).

نانوتکنولوژی کاربردهای زیادی در حوزه‌های مختلف از جمله غذا، دارو، بهداشت، انرژی، محیط‌زیست، بیوتکنولوژی و کشاورزی دارد. منظور از یک ماده نانوساختار، جامدی است که در آن انتظام اتمی، اندازه کریستال‌های تشکیل‌دهنده و ترکیب شیمیایی در سراسر بدنه در مقیاس چند نانومتری گسترده شده باشد. نانورس‌ها، پودرهای رسی هستند که به مقدار زیادی تصفیه شده و به عنوان یک ماده افزودنی برای افزایش مقاومت، مقابله در برابر اشعه فرابنفش، افزایش مقاومت حرارتی، بازدارنده شعله و جذب آلاینده‌های موجود در محیط‌زیست استفاده می‌شوند (اوحدی و امیری، ۱۳۹۱).

خصوصیات هیدرولیکی خاک و کاربرد آن‌ها در مدل‌های مربوطه به حرکت آب در خاک نقشی بنیادین در حل تعداد زیادی از مشکلات مدیریتی آب دارد. رابطه بین نیروی مکش (نیروی ماتریک) و رطوبت خاک به منحنی رطوبتی خاک موسوم است. این منحنی در آبیاری و زهکشی بسیار مهم است، زیرا تاثیر ساختمان خاک، تخلخل، توزیع اندازه خلل و فرج و جذب سطحی را بر حالت آب در خاک بیان می‌کند (عالمی، ۱۳۶۰). نمایش منحنی رطوبتی به وسیله توابع ریاضی از فوایدی برخوردار است. در این صورت می‌توان از تابع مذکور برای تخمین رطوبت و حرکت املاح در خاکرخ با استفاده از مدل‌های حرکت املاح (سیمونک و همکاران، ۲۰۰۵) استفاده کرد. از مهمترین مدل‌های توصیف‌گر پارامتریک منحنی رطوبتی در خاک، مدل‌های وان گنوختن، بروکس و کوری و کمپل می‌باشد. به نظر می‌رسد در زمینه کمی سازی اثرات نانوذرات رسی در نگهداشت آب در خاک تاکنون پژوهش‌چندانی صورت نگرفته است. لذا، در این راستا، اثر کاربرد نانوذرات رس مونتموریلونیت



در پنج سطح (۱، ۲، ۳، ۴، ۵) درصد وزنی بر میزان آب قابل دسترس و همچنین بر ضرایب منحنی رطوبتی حاصل از برازش مدل ون گنوختن، بروکس-کوری و کمپل مورد ارزیابی قرار گرفت.

مواد و روشها

نمونه خاک مورد نظر پس از هوا خشک شدن از الک دو میلی متری عبور داده شد. برخی از ویژگی های اولیه خاک و نانوذره رس در جدول ۱ داده شده است.

جدول (۱) برخی مشخصات کلی خاک و نانوذره رسی مورد استفاده

مشخصات	بافت خاک	رس (%)	سیلت (%)	شن (%)	کربن آلی (%)	pH	EC (ds/cm)	CCE (%)	θm (%)
خاک	شنی لومی	۱۵.۸۳	۶۶.۶	۷۷.۵	۰.۲۳۵	۷.۸۵	۰.۹۳۳	۳۲	۱۱.۷۲
نانورس	-	-	-	-	-	۷.۳-۷.۶	-	-	۱-۲

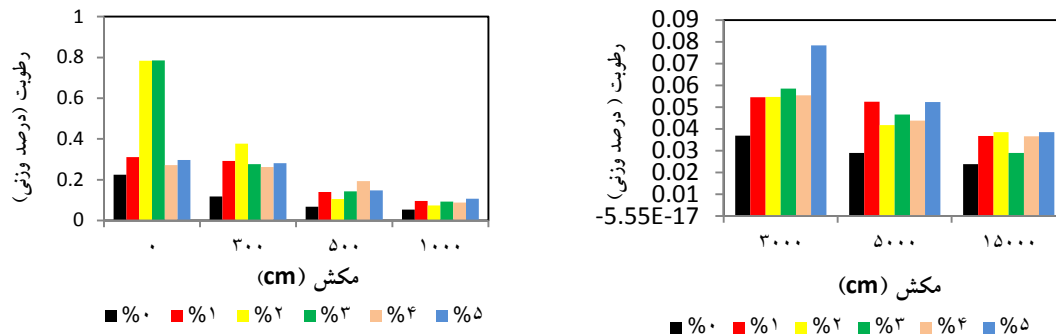
نانوذرات رسی در پنج سطح (۱، ۲، ۳، ۴، ۵) درصد وزنی به صورت دستی و همگن به خاک اضافه و کاملاً مخلوط، سپس مقدار آب مورد نیاز افزوده گردید و به ظروف پلاستیکی با زهکش های ریز ریخته شد. بدلیل مطالعات اندک در مورد اثر نانوذرات رسی در خاک، سطوح مورد استفاده به منظور تعیین بهترین سطح استفاده انتخاب گردید. آبیاری ظروف بطور متوالی با اسپری کردن آب به منظور جلوگیری از خشک شدن سطح خاک و حفظ رطوبت در حد ظرفیت مزرعه ای انجام شد. بعد از گذشت مدت زمان ۸ هفته به منظور تعیین رطوبت نمونه برداری از ظروف انجام شد. مکش های ۰، ۳۰۰، ۵۰۰، ۱۰۰۰، ۳۰۰۰، ۵۰۰۰، ۱۵۰۰۰ سانتی متر به کمک دستگاه محفظه فشاری اندازه گیری شد. برای آماده کردن نمونه ها به ترتیب زیر عمل شد، ابتدا صفحات سرامیکی دستگاه مذکور به مدت ۲۴ ساعت اشباع شد سپس خاک مخلوط شده با نانوذرات رسی در استوانه هایی از جنس PVC به قطر ۳ و ارتفاع ۲ سانتی متر، که بر روی صفحات سرامیکی قرار داده شدند، ریخته شد. نمونه ها به مدت ۲۴ ساعت با آب شهری اشباع شد و به مدت ۴۸ تا ۷۲ ساعت برای تعیین منحنی رطوبتی تحت فشار معادل مکش مورد نظر در دستگاه محفظه فشاری قرار داده شدند. بعد از رسیدن به تعادل، نمونه ها از دستگاه خارج و بلافاصله وزن شدند. سپس نمونه ها به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۱۰۵ درجه سانتی گراد در آن کاملاً خشک و رطوبت وزنی آنها اندازه گیری شد.

سپس، سنجش منحنی رطوبتی خاک با ترسیم منحنی رطوبتی خاک-نانو رس و در نهایت برازش مدل های بروکس-کوری، کمپل و ون گنوختن توسط نرم افزار RETC انجام گردید.

نتایج و بحث

نتایج منحنی رطوبتی خاک-نانورس بکار برده شده در شکل ۱ نشان داده شده است.

اثر نانورس بر نگهداشت آب در مکش پایین (۰-۱۰۰۰) سانتی متر، نسبت به شاهد به طور معنی داری افزایش یافت اما بیشترین سطح استفاده، تیمار ۳ درصد وزنی مشاهده شد (شکل الف-۱). بیشترین افزایش در نقطه اشباع رخ داد و با افزایش مکش میزان افزایش رطوبت کاهش یافت. سطوح مورد استفاده، نسبت به سطح شاهد معنی دار شدند اما بهترین سطح استفاده در مکش های بالا، تیمار ۵ درصد وزنی بود (شکل ب-۱).



شکل (۱) تغییرات رطوبت وزنی در اثر کاربرد نانوذرات رسی در مکش های پایین (چپ) و در مکش بالا (راست)

مقدار آب قابل ذخیره در خاک که بتواند مورد استفاده گیاه قرار گیرد آب قابل استفاده نام دارد که بین دو حد پتانسیلی F_c و PWP قرار دارد. کاربرد نانو ذرات رسی در خاک سبک بافت سبب افزایش دامنه آب قابل استفاده گردید. به نظر می رسد که نانو ذرات رسی در این خاک F_c را بیشتر از PWP افزایش می دهد. با استفاده از نرم افزار RETC برازش داده ها با مدل ون گنوختن، کمپل و بروکس-کوری بدست آمد. آماره های کیفیت برازش مدل های مذکور در جدول ۳ نشان داده شده است.

جدول (۲) آماره های کیفیت برازش مدل های منحنی رطوبتی خاک

مدل	R^2	RMSE
ون گنوختن (۱۹۸۰)	۰.۹۸۹	۰.۰۸۷
کمپل (۱۹۷۴)	۰.۶۷	۰.۷۱
بروکس-کوری (۱۹۶۴)	۰.۷۰	۰.۰۷

همانطور که مشاهده می شود در بین مدل های مذکور، مدل ون گنوختن با حداکثر R^2 بهترین برازش را با منحنی های رطوبتی خاک-نانورس نشان داد.

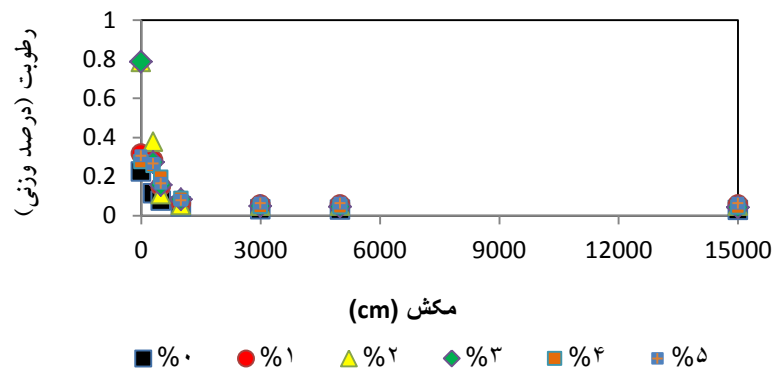
در بهترین برازش، کاربرد نانوذرات رسی بر ضرایب مدل ون گنوختن نشان داد نانو ذرات رسی باعث افزایش نگهداشت آب در خاک های سبک بافت می گردد. جدول ۳، نتایج ضرایب مدل ون گنوختن (۱۹۸۰) را در سطوح مختلف نانو رس نشان می دهد. همان طور که مشاهده می شود مقدار θ_s با کاربرد نانورس در خاک با افزایش میزان نانورس تا سطح استفاده ۳ درصد به طور معنی داری افزایش یافت که نشان دهنده افزایش ظرفیت نگهداشت آب با وجود نانورس در خاک است. مقدار θ_r نیز با کاربرد نانورس افزایش یافت اما این افزایش روند یکنواختی نداشت و بیشترین میزان افزایش در سطح ۵ درصد مشاهده شد.



جدول (۳) ضرایب مدل ون گنوختن در سطوح مختلف نانو رس

سطح کاربرد نانورس (%)						ضرایب مدل
%۵	%۴	%۳	%۲	%۱	%۰	
۰.۳۰۶	۰.۲۷۵	۰.۷۸۶	۰.۷۸۵	۰.۳۱۷	۰.۲۲۵	Θ_s
۰.۰۶۳	۰.۰۴۴	۰.۰۴۱	۰.۰۵۰	۰.۰۵۷	۰.۰۲۸	Θ_r
۴.۰۸۸	۳.۵۶۵	۲.۵۱۵	۵.۰۱۲	۵.۲۳۲	۲.۳۴	n
۰.۷۵۵	۰.۷۲۰	۰.۶۰۲	۰.۸۰۰	۰.۸۰۹	۰.۵۷۳	m
۰.۰۰۲	۰.۰۰۲	۰.۰۰۷	۰.۰۰۴	۰.۰۰۲	۰.۰۰۶	α

شکل (۲) تغییرات منحنی رطوبتی خاک - نانورس مونت موریلونیت بر اساس مدل ون گنوختن



به طور کلی نتایج تحقیق نشان دادند، که نانورس مونت موریلونیت مورد استفاده، همه مقادیر رطوبت بخصوص رطوبت اشباع را در خاک افزایش داد و ثابا ضمن بالا بردن رطوبت در نقطه ظرفیت زراعی باعث افزایش میزان آب قابل استفاده در خاک شد. از طرفی افزایش نانو رس باعث تغییر شکل و ضرایب منحنی رطوبتی به گونه ای شد که نشان دهنده کاهش سرعت تخلیه آب از خاک بود. اما لازم است مطالعات بیشتری در مورد سطح استفاده نانوذرات رسی در خاک صورت گیرد.

منابع

- ابراهیمی، س. ۱۳۸۰. بررسی رفتار تورم تناوبی پلیمرهای ابرجاذب در محیط متخلخل خاک. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس: ۱۰۸ص.
- اوحدی، و. ر. و امیری، م. ۱۳۹۱. قابلیت نانورسها در جذب آلایندههای زیست محیطی با نگرش ویژه به فرایند نگهداشت آلاینده. نهمین کنگره بین المللی مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی اصفهان. ۸ص.
- عالمی، م. ح. (۱۳۶۰)؛ آب و خاک (ترجمه). چاپ اول. انتشارات دانشگاه تهران. شماره ۱۷۹۲: ۵۷ص.
- Simunek, J. VanGenuchten M.Th. and Sejne M. (2005); The HYDRUS-10 software package for simulating the one-dimensional movement of water, heat, and multiple solutes in variably-saturated media». Version 3.0, HYDRUS Software Series1. Department of Environmental Sciences. University of California Riverside. CA.270 pp.
- VanGenuchten, M.Th. (1980). A closed form equation for predicting the hydraulic conductivity of Soils. Soil Sci. Soc. Am. J. 44: 161-180.



برآورد نیتروژن کل خاک با استفاده از مدل CERES-RICE در شالیزارهای مبارکه اصفهان

شراره حکیمی تهرانی^۱ و اردوان کمالی^۲

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان

۲- استادیار گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان

مقدمه

خاک یکی از منابع اصلی زیر بنایی در کشاورزی و تولید محصول به‌شمار می‌آید. در حال حاضر، افزایش جمعیت و محدود بودن اراضی قابل استفاده، انسان متمدن امروز را به برنامه‌ریزی صحیح در امر استفاده از اراضی ناچار ساخته است. این برنامه‌ریزی باید به صورتی باشد که ضمن کسب حداکثر محصول و درآمد، این منبع مهم اراضی نیز برای استفاده آیندگان محفوظ بماند (FAO, 1976). برنج یکی از مهم‌ترین محصولات کشاورزی بعد از گندم است که غذای بیش از نیمی از مردم جهان را تشکیل می‌دهد و کشت آن در مناطق وسیعی از جهان صورت می‌گیرد (ملکوئی، ۱۳۷۸). نیتروژن پر مصرف‌ترین عنصر مورد نیاز برنج و یکی از عوامل اصلی افزایش میزان محصول است. در سال‌های اخیر افزایش کاربرد کودهای نیتروژنه در بخش کشاورزی به دلیل افزایش تولید در واحد سطح، آبشویی نیترات به زیرعمق توسعه ریشه و به دنبال آن آلودگی آب‌های زیرزمینی را به دنبال داشته است. کارایی جذب این عنصر در شالیزارها به دلایل متعدد از جمله تصعید، نیترات-زدایی، آبشویی، رواناب سطحی و انتشار از گیاه به فرم گازی، بسیار پایین است. از سوی دیگر بررسی حرکت نیتروژن به شکل‌های مختلف در خاک و آبشویی نیتروژن از زیر عمق توسعه ریشه در مزرعه به سختی قابل اندازه‌گیری می‌باشد. امروزه از مدل‌های شبیه‌سازی برای ارزیابی راهبردهای مختلف مدیریت زراعی و به‌نژادی در راستای بهینه‌سازی استفاده از منابع موجود استفاده می‌شود. از این رو، استفاده از مدل‌های شبیه‌سازی این امکان را فراهم می‌آورد تا بررسی دقیق‌تری بر روی سرنوشت نیتروژن در خاک انجام داد (قیصری، ۱۳۸۵). همچنین با استفاده از این مدل‌ها، هزینه‌ها و زمان مورد نیاز برای انجام آزمایش‌ها کاهش می‌یابد (سلطانی و هوگنوم، ۲۰۰۷). بسته‌ی نرم‌افزاری DSSAT (سیستم پشتیبانی تصمیمات در انتقال فناوری کشاورزی) بیش از ۲۶ سال است که در سراسر جهان مورد استفاده محققان می‌باشد. این مدل یکی از مدل‌های شبیه‌سازی پویا است که توانایی برآورد بسیاری از کیفیت‌های اراضی را دارد و احتمالاً معروف‌ترین و شناخته شده‌ترین مدلی است که در سیستم‌های تولید محصولات زراعی استفاده می‌شود. هدف از این پژوهش بررسی کارایی این مدل در تخمین مقدار ازت کل خاک در شالیزارهای اصفهان می‌باشد.

مواد و روشها

بخشی از اراضی شالیزاری منطقه مبارکه اصفهان، برای این پژوهش انتخاب شد. به منظور جمع‌آوری داده‌های خاک از سه عمق ۰-۳۰، ۳۰-۶۰ و ۶۰-۱۰۰ سانتی‌متری خاک ۳۶ شالیزار که تحت مدیریت‌های زراعی



مختلفی قرار داشتند، نمونه برداری شد و موقعیت جغرافیایی هر یک توسط دستگاه موقعیت یاب جهانی (GPS) ثبت گردید. پس از هوا خشک شدن نمونه های خاک و عبور دادن آن ها از الک دو میلی متری، درصد حجمی سنگریزه، درصد رس، سیلت و شن، درصد کربن آلی و نیتروژن کل خاک ها بر اساس روش های استاندارد آزمایشگاهی اندازه گیری شدند. اطلاعات هواشناسی منطقه شامل میانگین درجه حرارت سالانه، میانگین ماهانه حداقل و حداکثر درجه حرارت، تشعشع خورشیدی و مقدار بارندگی سالانه از ایستگاه سینوپتیک اصفهان تهیه شد. همچنین اطلاعات مربوط به مدیریت زراعی از جمله نوع رقم و تیپ آن، تاریخ کاشت، تاریخ های آبیاری، مقدار آب آبیاری، تاریخ کوددهی و مقدار کود از طریق پرسش نامه هایی که توسط کشاورزان پر شده بود، در هر نقطه ی نمونه برداری جمع آوری گردید. سپس داده های مذکور به منظور تخمین ازت کل خاک به مدل CSM-CERES-RICE که یکی از مدل های موجود در بسته نرم افزاری DSSAT می باشد و برای شبیه سازی رشد ونمو برنج توسعه داده شده است، وارد شدند. این مدل قادر است تاثیر عوامل محیطی مانند آب و هوا، خصوصیات خاک و تصمیمات مدیریتی مزرعه را ارزیابی نماید؛ در عین حال از آن به منظور برآورد کیفیت های مختلف اراضی نیز استفاده می شود. در پایان با مقایسه بین مقادیر شبیه سازی شده توسط مدل و مقادیر واقعی (اندازه گیری شده در آزمایشگاه) نیتروژن خاک در هر نقطه، مدل مورد اعتبار سنجی قرار گرفت. برای این منظور از شاخص آماری ضریب تبیین R^2 بین دو مقدار به دست آمده، استفاده شد.

نتایج و بحث

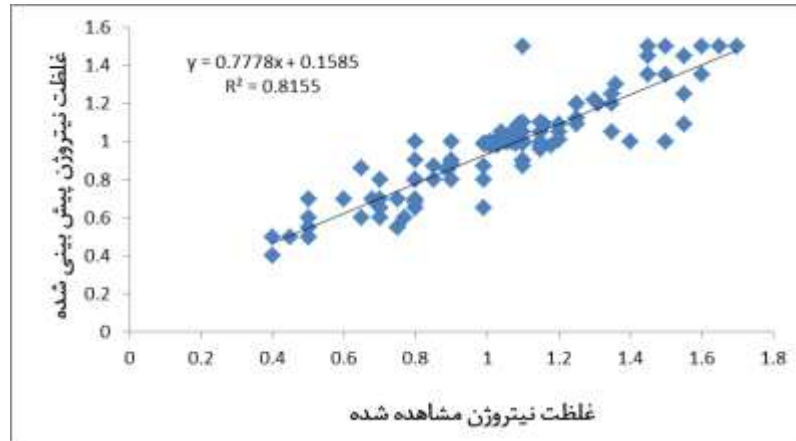
جدول ۱ خلاصه ی آماری خصوصیات ۱۰۸ نمونه ی خاک مورد آزمایش را نشان می دهد.

جدول ۱- خلاصه ی آماری ویژگی های خاک های مورد مطالعه

درصد ماده آلی	pH	درصد رس	درصد شن	درصد ازت کل	
۱/۴۷	۷/۶۳	۲۷/۱۵	۳۸/۸۷	۱/۰۳	میانگین
۱/۵۰	۷/۷۰	۳۰/۰۰	۳۷/۵۰	۱/۰۵	میانه
۱/۱۵	۷/۱۰	۲/۰۰	۱۳/۰۰	۰/۴۰	حداقل
۱/۷۵	۸/۰۰	۴۲/۰۰	۷۷/۰۰	۱/۷۰	حداکثر
۰/۰۱	۰/۰۲	۸۵/۰۸	۲۵۸/۵۶	۰/۰۸	واریانس
-۰/۳۲	-۰/۸۵	-۱/۰۲	۰/۷۳	۰/۰۳	چولگی
۰/۱۲	۰/۱۶	۹/۲۲	۱۶/۰۷	۰/۲۹	انحراف معیار



به طوری که جدول ۱ نشان می دهد، خاک های منطقه مورد مطالعه از نظر تغییرات خصوصیات نظیر بافت و مقدار ازت دارای پراکندگی مناسبی می باشند. همچنین شکل ۱ نیز نمودار همبستگی بین نتایج به دست آمده از مدل و روش آزمایشگاهی را نشان می دهد.



شکل ۱- نمودار همبستگی بین نتایج به دست آمده درصد ازت از مدل و روش آزمایشگاهی

با توجه به ضریب تبیین به دست آمده در این پژوهش (شکل ۱) می توان نتیجه گرفت که از مدل CSM-CERES-RICE به خوبی می توان برای پیش بینی نیتروژن کل خاک در عمق های مختلف اراضی شالیزاری، به منظور کاهش هزینه و وقت لازم در انجام اندازه گیری نیتروژن کل خاک، استفاده نمود. همچنین یافته های این پژوهش بر قابلیت اطمینان نتایج مدل مذکور در شرایط مدیریتی مختلف و در خاک هایی با خصوصیات فیزیکی و شیمیایی متفاوت دلالت می نماید.

منابع

قیصری، م.، ۱۳۸۵. تأثیر کود - آبیاری ذرت با روش آبیاری بارانی بر روی آبشویی نترات تحت سطوح مختلف کود و آب کاربردی. رساله دکتری علوم و مهندسی آبیاری. دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس.
ملکوتی، م. ج.، ۱۳۷۸. ضرورت مصرف بهینه کود برای افزایش عملکرد ارقام برنج پرمحصول (قسمت دوم). نشریه شماره ۷۱، شورای عالی سیاستگذاری کاهش مصرف سموم و استفاده بهینه از کودهای شیمیائی وزارت کشاورزی.

FAO, 1976. A Framework for Land Evaluation. FAO Soils Bulletin, NO.32, Rome, Italy.

Garrison, MV, Batchelor, WD, Kanwar, RS and Ritchie JT, 1999. Evaluation the CERES-Maize water and nitrogen balances under tile-drained condition. Agricultural Systems 62: 189-200.

Soltani, A, Hoogenboom, G, 2007. Assessing crop management options with crop simulation models based on generated weather data. Field Crop Research, 103: 198-207.



بررسی تغییرات مکانی بافت خاک با کاربرد روش های آماری

اسماعیل شهریاری^۱، احمد لندی^۲، آزاد دلاوری^۳

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، شهید چمران اهواز

۲- دانشیار گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، شهید چمران اهواز

۳- کارشناس سازمان آب و خاک استان خوزستان

مقدمه

برای شناسایی و برنامه ریزی، مدیریت مناسب و بهره برداری از منابع خاک لازم است دیدگاه مناسبی از پراکنش مکانی ویژگی های خاک وجود داشته باشد. روش های مختلفی برای برآورد توزیع مکانی داده ها وجود دارد که روش هایی نظیر میانگین حسابی، گرادیان، تیسن و هیپسومتریک از معمول ترین آنها محسوب می شود (۴). قاسمی (۱۳۸۲) با استفاده از روش های زمین آماری تغییرات مکانی عامل فرسایش خاک (K) را در چهار محال بختیاری مورد بررسی قرار دادند و با اثبات وجود همبستگی مکانی این عامل را در منطقه مورد بررسی، نسبت به تهیه نقشه فرسایش پذیری خاک اقدام نموده است (۲). امینی با ارزیابی خاک منطقه اصفهان، با استفاده از روش تخمینگر فازی و تخمین گر مکانی، به این نتیجه رسیده است که این روش ترکیبی امکان ارزیابی آلودگی چند عنصر را در یک زمان فراهم می کند و وارویگرام های محاسبه شده نیز عمدتاً از مدل کروی و نمایی تبعیت نموده اند. وی در نهایت نقشه پهنه بندی آلودگی منطقه را تهیه نموده است (۱). محمدی و چیت ساز با استفاده از روش های زمین آماری و با کمک گرفتن از اطلاعات رقومی سنجنده TM به عنوان متغیر ثانویه، تغییرات مکانی برخی خصوصیت خاک های سطحی شامل هدایت الکتریکی، درصد رطوبت اشباع، نسبت جذب سدیم و درصد آهک را برآورده نمودند (۳). ضمناً در این تحقیق کارآیی روش های مختلف کوکریجینگ، کریجینگ، و رگرسیون خطی مورد مقایسه قرار گرفته و نتایج نشان داده است که تخمین گره های زمین آماری نسبت به روش های همبستگی خطی از برتری نسبی برخوردار هستند. روش کریجینگ به عنوان روش مناسب در برآورد داده های مکانی خاک معرفی شده است. هدف از این تحقیق بررسی تغییرات مکانی بافت خاک با کاربرد روش های آماری و تهیه نقشه تغییرات مکانی رس و سیلت و رس با استفاده از نرم افزار GIS می باشد.

مواد و روشها:

در منطقه عطایه در استان خوزستان که مساحت آن در حدود ۶۰۰۰ هکتار می باشد دارای ۱۰۰ ایستگاه نمونه برداری می باشد که برای این مطالعه ۱۰۰ نمونه از عمق ۰ تا ۳۰ سانتی متری تهیه و به آزمایشگاه منتقل گردیده است و مورد آنالیز قرار دادیم. نمونه برداری به صورت شبکه منظم می باشد. جهت اندازه گیری بافت خاک از روش هیدرومتری بر اساس قانون استوک (تاثیر جرم و زمان در سقوط ذرات) استفاده شد. ابتدا ۵۰ گرم خاک مخلوط شده با ۵۰ میلی لیتر کالگون (ماده دیسپرس کننده شیمیایی) ۱۰ گرم کربنات سدیم + ۴۰ گرم هگزامتا فسفات سدیم (در حجم یک لیتر)) به مدت ۳۰ دقیقه توسط همزن برقی (عامل انتشار فیزیکی) به هم زده شده و توسط آب مقطر به حجم یک لیتر رسانده و به مدت ۲۴ ساعت نگهداری شد سپس توسط هیدرومتر



دو زمان ۴۰ ثانیه و ۸ ساعت قرائت شد. این اعداد به ترتیب معرف شن، رس و با کم کردن این مقدار از ۱۰۰، میزان لای مشخص شد. آنگاه به وسیله مثلث بافت خاک، بافت نمونه ها تعیین شد.

تجزیه و تحلیل آماری :

توصیف آماری داده‌های مربوط به مقدار رس در محدوده مورد مطالعه در جدول ۱ نشان داده شده است :

جدول ۱- توصیف آماری داده های رس، سیلت و شن

ذرات خاک	عمق (سانتی متر)	میانگین	انحراف معیار	کمترین مقدار	بیشترین مقدار	چولگی	کورتسیس
رس	۰-۳۰	۴۱/۹۱	۵/۹۴	۳۰	۵۳	۰/۵۸	۰/۶۷
سیلت	۰-۳۰	۳۳/۹۶	۳/۶۴	۲۵	۴۳	۰/۲۷	۰/۵۳
شن	۰-۳۰	۲۳	۳/۳۶	۱۵	۳۱	۰/۲	۰/۰۷

برای تعمیم نتایج حاصل از مقادیر نقطه ای به منطقه ای نرمال بودن داده ها بر اساس تست آزمون اسمیرنوف- کلموگروف انجام شد، سپس تغییرات مکانی بافت خاک مورد ارزیابی قرار گرفت.

آنالیز همبستگی مکانی

در بررسی‌های آمار کلاسیک (سنتی)، نمونه‌هایی که از کل جامعه به منظور شناخت برداشت می‌شوند، فاقد داده‌های موقعیت مکانی است، درحالی که در زمین‌آمار، افزون بر مقدار یک کمیت معین در یک نمونه، موقعیت مکانی نمونه نیز مورد توجه قرار می‌گیرد. بدین منظور می‌توان موقعیت مکانی نمونه‌ها را همراه با مقدار کمیت مورد نظر یک جا مورد بررسی قرار داد. ممکن است، این ارتباط مکانی (فاصله ای و جهتی) بین مقدار یک کمیت در جامعه‌ی نمونه‌ای برداشت شده، در قالب‌های ریاضی قابل بیان باشد، به این قالب‌های ریاضی ساختار مکانی گفته می‌شود. در زمین‌آمار می‌توان با کاربرد داده‌های یک کمیت در مختصات معلوم، مقدار همان کمیت را در نقطه‌ای با مختصات معلوم دیگر، واقع در دامنه‌ای که ساختار مکانی حاکم است، تخمین زد در این مورد برای تعیین رابطه‌ی مکانی پدیده‌ها از واریوگرام استفاده می‌شود که به صورت معادله ی (۱) محاسبه می‌گردد.

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(x_i + h) - Z(x_i)]^2 \quad \text{معادله (۱)}$$

که در آن $N(h)$ تعداد جفت‌های جدا شده در فاصله گام (h) ، $Z(X_i)$ مقدار متغیر اندازه‌گیری در نقطه‌ی X_i ، $Z(X_i+h)$ مقدار متغیر اندازه‌گیری شده در نقطه‌ی (X_i+h) است. در این پژوهش، بیشتر معیار خطای برآورد (RMSE) و میانگین خطای اریب (MAE) است که رابطه‌های آنها در زیر آورده شده‌اند.



$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^n |Z^*(x_i) - Z(x_i)|}{n} \quad \text{معادله (۲)}$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N [z(x_i) - \hat{z}(x_i)]^2} \quad \text{معادله (۳)}$$

که در آن $Z^*(x_i)$: مقدار برآورد شده در نقطه ی x_i و $Z(x_i)$: مقدار مشاهده شده در نقطه ی x_i و N : تعداد نقاط می باشد. معمولاً هر چه مقدار این دو عبارت کمتر باشد دقت روش بیشتر می باشد.

جدول ۲- عوامل موثر در ساختار فضایی

عمق (cm)	نوع ذرات	نوع واریوگرام	بهترین مدل	Proportion C/C+C0	R*2	RSS
۰-۳۰	رس	ناهمسانگرد	گوسی	۰/۹۱	۰/۸۸	۹۱۲۲/۳۷
۰-۳۰	سیلت	ناهمسانگرد	گوسی	۰/۸۸	۰/۷۷	۸۳۸/۵۴
۰-۳۰	شن	همسانگرد	گوسی	۰/۸۳	۰/۸۶	۳۱/۹

جدول ۳- مقایسه روش کریجینگ و IDW در برآورد مقدار رس، سیلت و شن خاک

عمق (سانتی متر)	نوع ذرات	بهترین مدل	MAE KRIGING	MAE IDW	RMSE KRIGING	RMSE IDW
۰-۳۰	رس	گوسی	۲/۳	۳/۱	۶/۱	۷/۸
۰-۳۰	سیلت	گوسی	۱/۷	۲/۶	۴/۷	۶/۴
۰-۳۰	شن	گوسی	۲/۸	۴/۴	۵/۵	۶/۷



جدول ۴- ضریب تعیین بین نقاط واقعی و تخمین زده شده

عمق(سانتی متر)	نوع ذرات	بهترین مدل	ضریب تعیین بین نقاط واقعی و تخمین زده شده	توضیحات
۰-۳۰	رس	گوسی	۰/۵۱	تغییرات مکانی متوسط
۰-۳۰	سیلت	گوسی	۰/۴۳	تغییرات مکانی متوسط
۰-۳۰	شن	گوسی	۰/۲۲	تغییرات مکانی ضعیف

نتیجه گیری:

همان طور که در جدول ۴ ذکر شده است در عمق ۰ تا ۳۰ سانتی متر ذرات رس با مدل گوسی و روش کریجینگ مقدار ضریب همبستگی ۵۱ درصد می باشد که بیان کننده وجود تغییرات مکانی متوسط در این عمق می باشد و در عمق ۰ تا ۳۰ سانتی متر ذرات سیلت با مدل کروی و روش کریجینگ مقدار ضریب همبستگی ۴۳ درصد می باشد که نشان دهنده وجود تغییرات مکانی متوسط در این عمق می باشد و در عمق ۰ تا ۳۰ سانتی متر با مدل گوسی و روش کریجینگ مقدار ضریب همبستگی ۲۲ درصد می باشد که نشان دهنده وجود تغییرات مکانی ضعیف در این عمق می باشد و از آنجا که بافت خاک جز خصوصیت فیزیکی خاک بحساب می آید معمولا توزیع یکنواختی در خاک ندارند بنابراین شاید بتوان علت پایین بودن دقت تخمین را به این عامل نسبت داد. Duferra و همکاران فرسایش را دلیل تغییر جزئی در بافت خاک می دانند. بطور کلی در مطالعات منابع طبیعی بدست آوردن اطلاعات مکانی صریح و دقیق از خصوصیات خاک برای استفاده منطقی و پایدار از منابع طبیعی مفید خواهد بود. بنابراین پیشنهاد می شود :

۱- که از روش های دیگر نمونه برداری استفاده و نتیجه را مقایسه کنند

۲- از روش کوکریجینگ و متغیرهای کمکی دیگری استفاده شود

منابع:

۱- امینی، م. م، افیونی. ح، خادمی و ن، فتحیان پور. ۱۳۸۲. ارزیابی آلودگی خاک های منطقه اصفهان با استفاده از تلفیق فازی و مکانی، مجموعه مقالات اولین کنگره علوم خاک ایران. جلد دوم. ۵۶۹-۵۷۱

۲- قاسمی، ا و ج، محمدی. ۱۳۸۲. بررسی تغییرات مکانی فرسایش پذیری خاک، مطالعه موردی حوزه آبخیز چفاخور در استان چهارمحال بختیاری، مجموعه مقالات هشتمین کنگره علوم خاک. جلد دوم. صفحه ۸۶۴ -



۳- محمدی، ج. و. و. چیت ساز. ۱۳۸۱. مقایسه تخمینگرهای ژئواستاتیکی و رگرسیون خطی جهت برآورد خصوصیات برخی از خاک های سطحی به کمک داده های رقومی TM. مجله علوم خاک و آب. جلد ۱۶. شماره ۲. صفحه ۹۵-۱۰۲

4- Sun Bo, Shengiu Zhou, Qiguo Zhao, 2003. Evaluation of spatial and temporal changes of soil quality based on geostatistical analysis in the region of subtropical China. Geoderma 115:85-99



اثر زمان حرارت دادن بر کیفیت بیوچار تولید شده از دو ماده آلی کلش گندم و ورمی کمپوست

مهدی بهشتی^۱، مژگان لطفی^۲، حسینعلی علیخانی^۳
۲۰۱- دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه تهران
۳- دانشیار علمی گروه مهندسی علوم خاک دانشگاه تهران

مقدمه

در دنیای امروز با توجه به افزایش جمعیت، بزرگترین دغدغه، تامین نیازهای غذایی می باشد. با توجه به اینکه افزایش سطح زیر کشت، برای تولیدات کشاورزی دارای محدودیت است، بهترین راه افزایش عملکرد در واحد سطح است که این عمل در نقاط مختلف جهان با آزمایشها و تجارب مختلف و بکارگیری روشهای مختلف مدیریت در حال مطالعه است. بعنوان مثال استفاده از کودهای شیمیایی در دوره ای مرسوم شد و حال با توجه به صدمات زیست محیطی که وارد می کنند استفاده از آنها بیشتر در کشورهای در حال توسعه مرسوم است و کشورهای توسعه یافته بدنبال روشهایی نوین برای این مهم هستند. یکی از این روشها استفاده از بیوچار به عنوان ماده اصلاح کننده خاکها می باشد که این ماده از جنبه های مختلف خاک (فیزیکی، شیمیایی، زیستی) اثرات مثبت دارد. در واقع بیوچار یا زغال زیستی، برای اهداف خاص می تواند مورد استفاده قرار گیرد. این اصطلاح را برای اولین بار "پیتز رید" برای استفاده و بهبود خاک ابداع کرد. بیوچار می تواند با هدف بهبود عملکرد خاک، کاهش گازهای گلخانه ای، ذخیره کربن و غیره به خاک اضافه شود. شبیه همه زغالها، بیوچار هم طی تجزیه در اثر حرارت که به آن پیرولایزیز می گویند تولید می شود (Liang, Lehmann et al. 2006). افزودن بیوچار به خاک می تواند ویژگی های فیزیکی خاک مانند: بافت، ساختمان، توزیع اندازه منافذ و وزن مخصوص خاک را با پیامدهایی برای تهویه خاک، ظرفیت نگهداری آب، رشد گیاه و قابلیت کار بر روی خاک را تغییر دهد (Downie, Van Zweiten et al. 2007). بیوچار اغلب دارای بیش از ۷۰ درصد کربن است. همچنین شامل عناصر دیگری (O, H, N, S, P, Si, کاتیون های بازی، فلزات سنگین) با نسبت های مختلف است (Goldberg 1985, Preston and Schmidt 2006). هدف از این تحقیق بررسی اثر زمان گرمادهی و فرآیند پیرولایزیز آهسته بر کیفیت شیمیایی، فیزیکی و بیولوژیکی بیوچار تولید شده از دو ماده آلی کلش گندم و ورمی کمپوست و انتخاب زمان مناسب برای کامل شدن فرآیند پیرولایزیز و تولید بیوچار با کیفیت بالا می باشد.

مواد و روشها

تهیه و آماده سازی نمونه ها

کلش گندم در آسیاب خرد شد و از الک ۲ میلی متری عبور داده شد. ورمی کمپوست تهیه شده از کود گاوی را از الک ۲ میلی متری عبور داده تا تمام نمونه ها همگن شوند. از این نمونه های همگن شده برای تهیه بیوچار استفاده شد.

تهیه بیوچار



برای تهیه بیوچار نمونه‌ها را در داخل کوره فاقد اکسیژن در دمای ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار می‌دهیم تا فرایند پیرولیز به خوبی انجام گیرد. برای این کار نمونه‌ها را ابتدا در داخل ظروف درب دار ریخته وزن شد سپس در داخل آن شمع روشن کرده تا در و درب آنها را با ورقه‌های آلومینیوم فویل کاملاً بسته تا اکسیژن وارد محیط نشود. نمونه‌ها را در داخل کوره قرار داده و درب کوره با گریس نسوز کاملاً درز گیری می‌کنیم تا فرایند پیرولیز در آن به خوبی انجام گیرد. نمونه‌های ماده آلی کلش گندم و ورمی‌کمپوست را به مدت زمان‌های ۱، ۳، ۶، ۱۲ و ۲۴ ساعت در داخل کوره قرار می‌دهیم (روش اصلاح شده کیم و همکاران، ۲۰۱۲)

آنالیز بیوچار

تعدادی از خصوصیات فیزیکوشیمیایی بیوچارهای تولید شده را با روش‌های استاندارد اندازه‌گیری شد. این ویژگی‌ها شامل نیتروژن کل به روش کجلدال، درصد کربن آلی، درصد کربن، درصد خاکستر (ASH)، نسبت C/N، PH، EC، درصد محصول بیوچار و ظرفیت نگهداری آب (WHC) اندازه‌گیری شد (جدول ۱).

جدول ۱. برخی از خصوصیات بیوچارهای تولید شده (B_s بیوچار کاه و کلش ، B_v بیوچار ورمی کمپوست)

نوع بیوچار	pH	EC	%OC	%C	%N	C/N
B _{s0}	۵/۷۸	۵/۷۹	۹۲/۳۲	۴۶/۱۶	۰/۴۷۳	۰/۹۷
B _{s1}	۴/۷	۶/۶۷	۹۱/۴۴	۴۵/۷۲	۰/۵۳۷	۰/۸۵
B _{s3}	۴/۹	۶/۹۹	۹۱/۵۴	۴۵/۷۷	۰/۴۹۷	۰/۹۲
B _{s6}	۵/۳۳	۴/۶۶	۸۸/۹	۴۴/۴۵	۰/۶۴۵	۰/۶۸
B _{s12}	۵/۱۷	۵/۹	۹۱/۰۲	۴۵/۵۱	۰/۵۴۶	۰/۸۳
B _{s24}	۵/۶	۶/۶۶	۹۰/۵۶	۴۵/۲۸	۰/۵۶	۰/۸
B _{v0}	۸/۲۴	۵/۵۳	۵۲/۴۶	۲۶/۲۳	۲/۱۱	۰/۱۲
B _{v1}	۷/۹۷	۶/۱۲	۵۰/۶۸	۲۵/۳۴	۲/۳۷۴	۰/۱۰۶
B _{v3}	۷/۶۵	۶/۵۶	۴۸/۰۲	۲۴/۰۱	۲/۲۸۹	۰/۱۰۴
B _{v6}	۷/۸۳	۵/۸۶	۴۵/۹۸	۲۲/۹۹	۲/۱۹	۰/۱۰۵
B _{v12}	۷/۷۲	۵/۵۶	۴۶/۵۶	۲۳/۲۸	۲/۳۳	۰/۰۹
B _{v24}	۷/۶	۶/۹	۴۶/۵۲	۲۳/۳	۱/۸۰۷	۰/۱۲

نتایج و بحث

عملکرد بیوچار

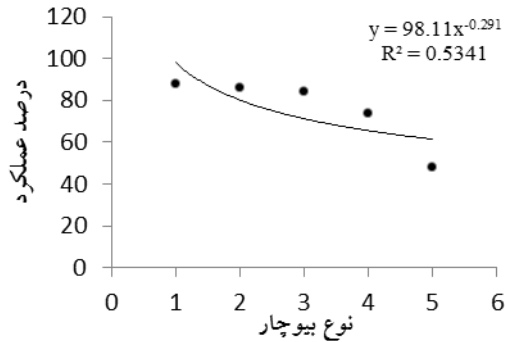
با افزایش زمان فرایند پیرولیز و تأثیر بیشتر دما عملکرد بیوچار کاهش می‌یابد (جدول ۲). عملکرد بیوچار در کاه و کلش گندم از ۹۵ درصد در تیمار یک ساعت به ۷۱ درصد در تیمار ۲۴ ساعت کاهش پیدا کرده است (نمودار ۱) و در ورمی‌کمپوست عملکرد بیوچار از ۸۸ درصد در تیمار ۱ ساعت به ۴۸ درصد در تیمار ۲۴ ساعت با افزایش تأثیر دما کاهش یافته است (نمودار ۲). عملکرد بیوچار از طریق فرمول زیر به دست می‌آید (Song and Guo 2012).



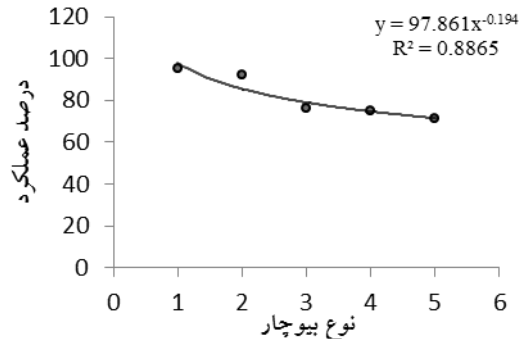
$$\text{عملکرد بیوچار (\%)} = \frac{\text{وزن بیوچار (g)}}{\text{وزن آون خشک ماده آلی خام (g)}} \times 100$$

جدول ۲. درصد عملکرد بیوچارهای تولید شده در ۵ زمان مختلف (B_{S0} و B_{V0} مربوط به تیمار شاهد و بدون حرارت دادن است)

نوع بیوچار	B_{S0}	B_{S1}	B_{S3}	B_{S6}	B_{S12}	B_{S24}	B_{V0}	B_{V1}	B_{V3}	B_{V6}	B_{V12}	B_{V24}
عملکرد (%)	-	۹۵	۹۲	۷۶	۷۵	۷۱	-	۸۸	۸۶	۸۴	۷۴	۴۸



نمودار ۲. تغییرات عملکرد بیوچار ورمی کمپوست *



نمودار ۱. تغییرات عملکرد بیوچار کاه و کلش *

(* در نمودارها، ۵، ۴، ۳، ۲، ۱، به ترتیب مربوط به بیوچارهای ۲۴، ۱۲، ۶، ۳، ۱ ساعت می باشد).

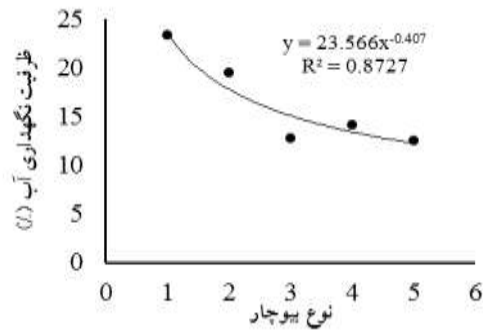
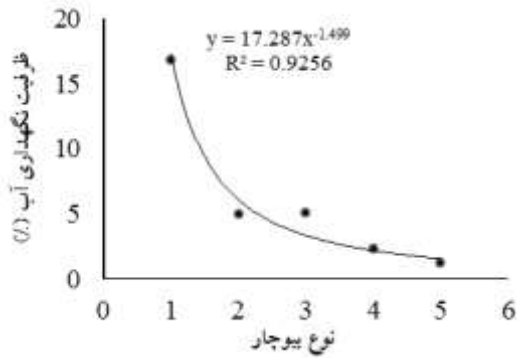
ظرفیت نگهداری آب (WHC)

ظرفیت نگهداری آب یکی از پارامترهای مهم در اندازه گیری توانایی بیوچار در نگهداری آب به وسیله نیروی کوهیژن و آدهیژن می باشد. برای اندازه گیری ظرفیت نگهداری آب مقدار مشخص نمونه بیوچار را فوق اشباع می کنیم و بعد ۲۴ ساعت نمونه ها را وزن می کنیم. مقدار نگهداری آب در ستون های بیوچار به صورت وزنی تعیین می شود (جدول ۳). در نهایت از فرمول زیر ظرفیت نگهداری آب را تعیین می کنیم (Song and Guo 2012).

$$\text{ظرفیت نگهداری آب (\%)} = \frac{\text{آب نگهداری شده (g)}}{\text{وزن بیوچار (g)}} \times 100$$

جدول ۳. ظرفیت نگهداری آب در بیوچارهای تولید شده

نوع بیوچار	B_{S0}	B_{S1}	B_{S3}	B_{S6}	B_{S12}	B_{S24}	B_{V0}	B_{V1}	B_{V3}	B_{V6}	B_{V12}	B_{V24}
WHC (%)	-	۱۶/۸	۵	۵/۱	۲/۳	۱/۲	-	۲۳/۳۵	۱۹/۵	۱۲/۸	۱۴/۲	۱۲/۵



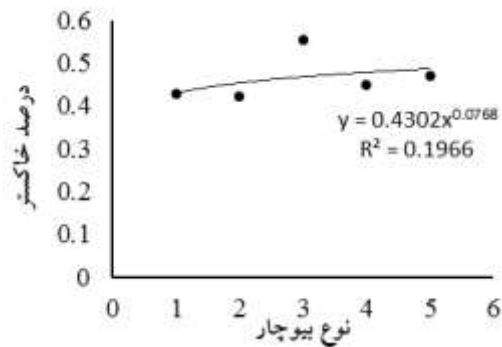
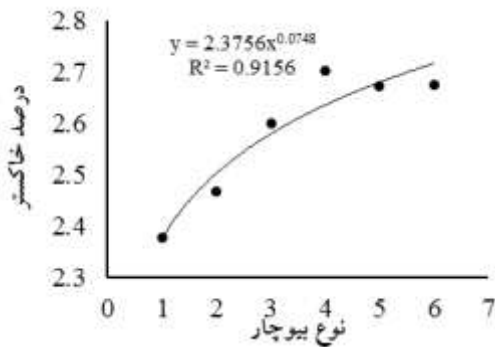
نمودار ۳. تغییرات ظرفیت نگهداری آب بیوچار گاه و کلش نمودار ۴. تغییرات ظرفیت نگهداری آب بیوچار ورمی کمپوست محتوای خاکستر بیوچار (ASH)

برای اندازه گیری محتوای خاکستر ۵ گرم بیوچار را در کوره به مدت ۸ ساعت حرارت می دهیم (جدول ۴). مقدار خاکستر را از فرمول زیر بدست می آوریم (Song and Guo 2012).

$$\text{محتوای خاکستر (\%)} = \frac{\text{وزن خاکستر (g)}}{\text{وزن خشک بیوچار (g)}} \times 100$$

جدول ۴. درصد خاکستر در بیوچار گاه و کلش و گندم و ورمی کمپوست

نوع بیوچار	B _{S0}	B _{S1}	B _{S3}	B _{S6}	B _{S12}	B _{S24}	B _{V0}	B _{V1}	B _{V3}	B _{V6}	B _{V12}	B _{V24}
خاکستر (%)	۰/۳۸۴	۰/۴۲۸	۰/۴۲۳	۰/۵۵۵	۰/۴۴۹	۰/۴۷۲	۲/۳۷۷	۲/۴۶۶	۲/۵۹۹	۲/۷۰۱	۲/۶۷۲	۲/۶۷۴



نمودار ۵. تغییرات درصد خاکستر بیوچار گاه و کلش نمودار ۶. تغییرات درصد خاکستر بیوچار ورمی کمپوست

بحث

با افزایش زمان تأثیر دما و افزایش فرایند پیرولیزیز عملکرد بیوچار کاهش می یابد. ظرفیت نگهداری آب در بیوچار با افزایش زمان تأثیر دما کاهش می یابد. ویژگی های فیزیکی و شیمیایی و ساختاری بیوچار به طور قابل توجهی تحت تأثیر دما قرار می گیرد. بهترین دما برای تهیه بیوچار در زمان های ۳ و ۱ ساعت می باشد که فرایند پیرولیزیز به خوبی انجام می گیرد.



منابع

1. Downie, A., L. Van Zweiten, et al. (2007). Nutrient retention characteristics of agrichar and the agronomic implications. Poster presented at the International Agrichar Initiative Conference.
2. Goldberg, E. D. (1985). "Black carbon in the environment: properties and distribution".
3. Kim, K. H., J.-Y. Kim, et al. (2012). "Influence of pyrolysis temperature on physicochemical properties of biochar obtained from the fast pyrolysis of pitch pine (< i> Pinus rigida</i>)." *Bioresource technology* **118**: 158-162.
4. Liang, B., J. Lehmann, et al. (2006). "Black carbon increases cation exchange capacity in soils." *Soil Science Society of America Journal* **70**(5): 1719-1730.
5. Preston, C. and M. Schmidt (2006). "Black (pyrogenic) carbon: a synthesis of current knowledge and uncertainties with special consideration of boreal regions." *Biogeosciences* **3**(4): 397-420.
6. Song, W. and M. Guo (2012). "Quality variations of poultry litter biochar generated at different pyrolysis temperatures." *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis* **94**: 138-145.



نقشه برداری رقومی خاک با استفاده از تکنیک Random Forest و روش نمونه برداری Conditioned Latin Hypercube Sampling در استان گلستان

محمد رضا پهلوان راد^۱، فرهاد خرمالی^۲، نورایر تومانیان^۳، فرشاد کیانی^۴ و بایرام کمکی^۵

۱- دانشجوی دکتری علوم خاک دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان و عضو هیات علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی سیستان،

۲- استاد گروه علوم خاک دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان،

۳- استادیار بخش خاک و آب مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان،

۴- استادیار گروه علوم خاک دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان،

۵- استادیار گروه آبخیزداری و حفاظت خاک دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

مقدمه

وجود نقشه‌های خاک از نیازهای اساسی در مطالعات علوم زمین می باشد. با وجودی که بیش از ۵۰ سال از شروع مطالعات خاکشناسی در ایران می گذرد نقشه‌های خاک کشور به طور کامل تهیه نشده‌اند. با استفاده از روش های مرسوم نقشه‌برداری خاک، امکان تهیه نقشه‌های خاک کل مناطق کشور به دلیل هزینه بر و وقت گیر بودن بسیار مشکل است. بنابراین، یافتن روش های دیگر که زمان و هزینه کمتری نیاز داشته و از دقت قابل قبولی نیز برخوردار باشند ضروری به نظر می رسد. نقشه‌برداری رقومی خاک (Digital Soil Mapping) می تواند جایگزین روش‌های معمولی نقشه‌برداری گردد.

نقشه‌برداری رقومی خاک (DSM^۱) شامل روش‌ها و مدل‌هایی است که بین توزیع خاک (کلاس‌ها یا خصوصیات خاک) و داده‌هایی که به آسانی از طریق روش‌های سنجش از دور، تصاویر و عکس‌های ماهواره‌ای و داده‌های ژئومورفومتری بدست می آیند و تحت عنوان متغیرهای کمکی محیطی^۲ نامیده می شوند ارتباط برقرار می کند. بنابراین در آن مدل‌های ریاضی و آماری برای تولید و بهبود نقشه‌های خاک استفاده می شود. اگر چه تکنیک‌های DSM بر روی محاسبات دیجیتالی استوار است ولی اساس آن بر روی معادلات تشکیل خاک (مک براتنی و همکاران، ۲۰۰۳) قرار دارد. در همه این مدل‌ها نباید اثر دانش نقشه‌بردار روی کیفیت نتایج نادیده گرفته شود.

ابزارهای فراوان و مختلفی در DSM استفاده می شوند. این‌ها شامل توابع پدوترانسفر^۳، زمین آمار، مدل‌های آماری تجربی، طبقه بندی فازی، تصمیم گیری درختی^۴ و شبکه های عصبی مصنوعی هستند (مک براتنی و همکاران، ۲۰۰۳).

مدل Random forest (RF) رشد دادن مجموعه‌ای از درختان است. این مدل دقیق بوده و از لحاظ محاسباتی نیز سریع می باشد (بريمن، ۲۰۰۱). به جای رشد دادن یک درخت، تعداد زیادی درخت مثلاً "صدها یا هزارها درخت، مستقل رشد داده می شود.

¹ Digital Soil Mapping

² Environmental covariates

³ Pedotransfer

⁴ Decision tree



کاربردهای RF در علوم خاک هنوز کم بوده و مطالعات محدودی از آن در علوم خاک انجام شده است. برونگارد (۲۰۰۹) RF را برای پیش بینی مکانی کلاس‌ها و خصوصیات خاک استفاده کرد، وی دریافت که RF یک روش مفید برای پیش بینی کلاس‌های خاک، خصوصیات خاک و توزیع پوشش گیاهی می باشد. گریم و همکاران (۲۰۰۸) RF را برای پیش بینی و منشاء کربن آلی خاک در محیط تروپیکال استفاده کردند. آنها دریافتند که RF یک ابزار نیرومند برای تخمین مکانی و درک ارتباطات خاک-زمین نما است. لایب و همکاران (۲۰۱۲) RF و RT (Regression tree) را برای پیش بینی توزیع بافت خاک استفاده کرده و مشاهده کردند که روش RF دارای دقت بالاتری نسبت به RT بود. یک روش نمونه‌برداری تقریباً "مدرن"، روش^۵ cLHS است (میناسنی و مک براتنی، ۲۰۰۶)، که یک روش نمونه برداری طبقه‌بندی شده^۶ یا لایه‌ای است. در این روش متغیرهای کمکی به دسته‌های یکنواخت تقسیم‌بندی می شوند. روش‌های جاری نمونه‌برداری برای نقشه خاک به تصمیمات شخصی نقشه‌برداران بستگی دارد. میناسنی و مک براتنی (۲۰۰۷) روش cLHS را با روش نمونه‌برداری تصادفی ساده^۷، نمونه‌برداری تصادفی طبقه‌بندی شده و نمونه‌برداری هایپرکیوب لاتین مکانی^۸ مقایسه کرده و مشاهده کردند که روش cLHS اکثراً^۹ به طور دقیقی توزیع واقعی متغیرهای محیطی را نشان می دهد.

مواد و روشها

منطقه مورد مطالعه دارای مساحت ۸۵۰۰۰ هکتار و در استان گلستان واقع شده است. محدوده مورد مطالعه با عرض ۱۹ کیلومتر از شمال شهر گرگان شروع و تا ۴۵ کیلومتر بطرف شمال ادامه دارد. ارتفاع محدوده بین ۱۵۸ تا ۲۰ متر زیر سطح دریا می باشد. ۱۳ خصوصیت متغیر محیطی از جمله شیب، ارتفاع، جهت، شاخص توپوگرافی مرکب^{۱۰}، انحنای سطح^{۱۱}، انحنای نیمرخ^{۱۲} و شاخص خیزی^{۱۳} از نقشه DEM با استفاده از نرم افزارهای ArcGIS و TAS^{۱۳}، شاخص پوشش گیاهی (SAVI) از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۷ ETM⁺ با استفاده از برنامه ERDAS و واحدهای ژئومورفولوژی با استفاده از تفسیر عکس‌های هوایی تهیه و به عنوان متغیر مورد استفاده قرار گرفته شدند. روش cLHS که توسط میناسنی و مک براتنی (۲۰۰۶) معرفی شده است با استفاده از نرم افزار Matlab (مت ورکس، ۲۰۰۹) برای انتخاب محل‌های نمونه‌برداری پروفیل‌های خاک استفاده شد. روش کار به این صورت است که کاربر تصمیم می گیرد تعداد نمونه مشخصی استفاده کند، این روش، داده‌های متغیرهای محیطی را به همان تعداد خوشه‌های خواسته شده تقسیم می کند و یک نمونه تصادفی از داده‌های ورودی متغیرهای محیطی هر خوشه را انتخاب می کند و مختصات آن را می دهد. در این مطالعه ۱۰۵ محل نمونه-

⁵ Sampling Conditioned Latin Hypercube

⁶ Stratified random sampling

⁷ Simple random sampling

⁸ Spatial Latin Hypercube sampling

⁹ Compound topographic index

¹⁰ Plan Curvature

¹¹ Profile Curvature

¹² Wetness index

¹³ Terrain Analysis System

برداری انتخاب گردید که امکان نمونه برداری ۹۹ پروفیل فراهم گردید و پس از تشریح، نمونه برداری، و انجام آزمایشات لازم تا سطح زیر گروه رده بندی شدند (گروه نقشه برداری خاک، ۲۰۱۰).

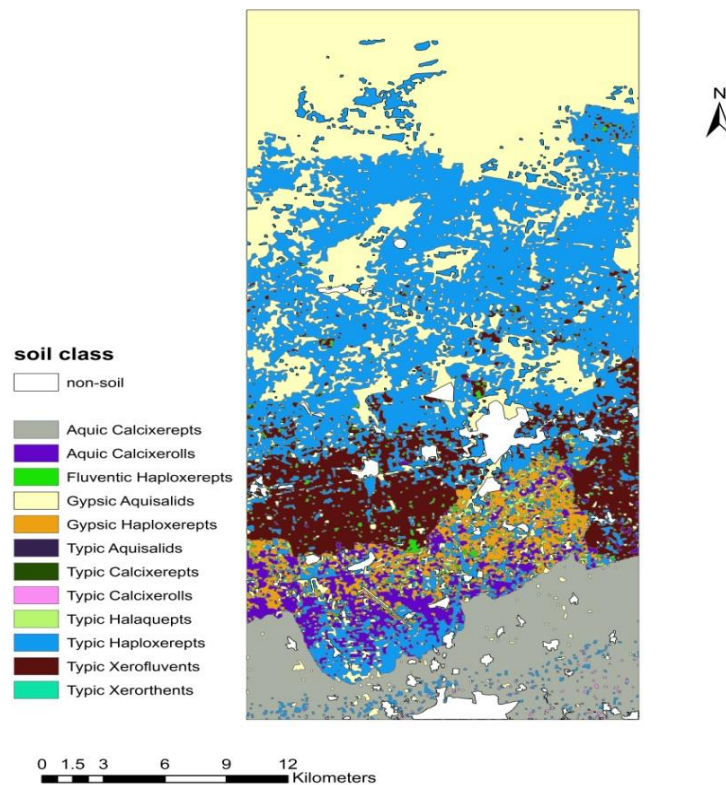
در مدل RF دو سوم داده ها در آموزش و یک سوم داده ها که در مدل استفاده نمی شود تحت عنوان OOB (Out of Bag) بیان می شود و برای اعتبارسنجی استفاده می گردد. بنابراین در این روش نیازی به اعتبارسنجی مستقل نمی باشد. این مدل هم چنین اهمیت متغیرهای ورودی در مدل را نشان می دهد که این از مزایای مدل است. در مدل RF تعداد درختان در جنگل و تعداد متغیرهای محیطی در هر درخت توسط کاربر مشخص می شود و این دو پارامتر با روش سعی و خطا جهت بدست آوردن کمترین مقدار خطا بدست آمد. در پایان اجرای مدل با استفاده از نرم افزار R انجام گردید.



شکل ۱- محل اجرای تحقیق و نقاط نمونه برداری

نتایج و بحث

تعداد کلاس های خاک موجود در سطح زیر گروه های بزرگ خاک در محدوده مورد مطالعه ۱۲ کلاس بود (شکل ۲). مقدار خطای OOB مدل ۵۲/۵۳ درصد بود که در سطح قابل قبولی قرار داشت که نشان دهنده کارایی روش cLHS در تعیین محل نمونه برداری و توانایی بالای RF در تخمین می باشد. بارتولد و همکاران (۲۰۱۳) در تخمین کلاس های خاک سیستم WRB در چین مقدار خطای OOB برابر ۵۱/۶۱ درصد را مشاهده کردند و این تکنیک را روشی با تخمین بالا معرفی کردند. بررسی دقت کلاس های مختلف نشان داد کلاس هایی که دارای تکرار بیشتری بودند با دقت بالاتری تخمین زده شدند و کلاس های که تعداد نمونه کمتری داشتند با دقت پایین تری تخمین زده شدند. بین متغیرهای مختلف SAVI، واحد ژئومورفولوژی، ارتفاع و جهت شیب دارای بیشترین اهمیت در تخمین کلاس بودند. نتایج نشان داد که RF یک روش قابل اعتماد و با دقت مناسب است که با تعداد نمونه کم تخمین قابل قبول ارائه می دهد.



شکل ۲- نقشه برآورد شده زیرگروه های خاک

منابع

1. Barthold, F.K., Wiesmeier, M., Breuer, L., Frede, H.G., Wu, J., Blank, F.B., 2013. Land use and climate control the spatial distribution of soil types in the grasslands of Inner Mongolia. *Journal of Arid Environments* 88(0), 194-205.
2. Breiman, L., 2001. Random forests. *Machine Learning* 45(1): 5-32.
3. 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.
4. Ließ, M., Glaser, B., and Huwe, B., 2012. Uncertainty in the spatial prediction of soil texture comparison of regression tree and random forest models. *Geoderma*. 170, 70-79.
5. McBratney, A.B., Mendonça Santos, M.L., Minasny, B., 2003. On digital soil mapping. *Geoderma* 117(1-2), 3-52.
6. Minasny, B., and McBratney, A.B., 2006. A conditioned Latin hypercube method for sampling in the presence of ancillary information. *Computers & Geosciences* 32(9), 1378-1388.
7. Minasny, B., and McBratney, A.B., 2007. Latin hypercube sampling as a tool for digital soil mapping. In: Lagacherie, P., McBratney, A.B., Voltz, M. (Eds.), *Digital Soil Mapping: An introductory perspective*. Elsevier, Amsterdam. pp. 153-165.
8. Soil Survey Staff, 2010. *Keys to Soil Taxonomy*. U.S. Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service.



بررسی توزیع مکانی فلزات سنگین در خاک سطحی شهر اصفهان با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی

اعظم کلانتری دهقی^{۱*}، عاطفه اژدری^۲، مهران هودجی^۳

۱- کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان، اصفهان، ایران

۲- کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان، اصفهان، ایران

۳- استادیار گروه خاکشناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان، اصفهان، ایران.

*نویسنده مسؤول Email: azam_kalantari@yahoo.com

مقدمه

آلودگی خاک به فلزات سنگین به دلیل سمیت و پایداری آن‌ها در محیط زیست و نگرانی از نظر سلامت عمومی حائز اهمیت می‌باشند. فعالیت‌های صنعتی، کشاورزی و شهری باعث ورود مقادیر زیادی از فلزات سنگین به خاک شده است. حفاظت از کیفیت خاک‌ها و جلوگیری از زوال آن‌ها از اصول اولیه برای نیل به توسعه پایدار است. فلزات سنگین از مهمترین آلاینده‌های خاک می‌باشند. آلاینده‌ها در اثر فعالیت‌های انسان تولید و وارد خاک می‌شوند و از این جهت برای آن تقسیم‌بندی‌های متفاوتی می‌توان در نظر گرفت. در یک نوع تقسیم‌بندی برای آلاینده‌ها دو مرجع اصلی یعنی انسان و طبیعت را می‌توان در نظر گرفت و در تقسیم‌بندی دیگر، منابع آلاینده به دو دسته نقطه‌ای و غیر نقطه‌ای و آلودگی منبع مشخص و نامشخص تقسیم می‌شود. تنها تفاوت آلاینده‌های نقطه‌ای^۱ و غیر نقطه‌ای^۲ گسترش مکانی آن‌ها است (وهاب‌زاده، ۱۳۷۲). مارتین و همکاران (۲۰۰۶) به منظور بررسی تغییرات مکانی برخی عناصر سنگین در خاک‌های سطحی منطقه کشاورزی در اسپانیا مطالعه‌ای انجام دادند که نشان داد در نواحی با مواد آلی کم و pH بالا غلظت عناصر سنگین کمتر بوده است. رازو (۲۰۰۴) مطالعه‌ای را در ناحیه‌ای به وسعت ۱۰۵ کیلومتر مربع در اطراف معدنی در مکزیکو انجام داد و غلظت ۱۷ تا ۱۹ میلی گرم بر گیلوگرم آرسنیک را مشاهده کرد او نقش جریان‌ات رودخانه‌ای و بادی را در گسترش آرسنیک به مناطق اطراف معدن موثر دانست. شین و همکاران (۲۰۰۰) پیوستگی مکانی سطوح سرب خاک در نواحی مسکونی را مورد بررسی قرار دادند. این مطالعه در ناحیه‌ای به وسعت ۲۶۰×۱۴۰ متر انجام گرفت. در این پژوهش از روش‌های زمین‌آمار برای ایجاد مدل و تخمین سطح سرب خاک در نواحی شهری استفاده کردند. ۶۲ نمونه مرکب از این ناحیه تهیه گردید. داده‌ها دارای چولگی به سمت راست بودند که برای نرمال کردن داده‌ها از تبدیل لگاریتمی استفاده کردند. ویارد و همکاران (۲۰۰۴) آلودگی اراضی مجاور بزرگراه‌ها را با فلزات سنگین سرب، روی و کادمیم بررسی کردند. برای بررسی آلودگی به وسیله ترافیک در فرانسه، چندین مطالعه در دو منطقه با شدت ترافیک متفاوت انجام شد. در این پژوهش غلظت سرب، روی و کادمیم در رسوبات و خاک کنار جاده و گیاهان (گرامینه) در فاصله ۱ تا ۳۲۰ متری بزرگراه تعیین گردید. نتایج به دست آمده نشان داد که بزرگراه تا فاصله ۳۲۰ متری در اثر ترافیک آلوده می‌باشد و حداکثر تاثیر آلودگی در فاصله ۵ تا ۲۰ متری گزارش شد و با فاصله گرفتن از بزرگراه غلظت آلاینده‌ها کاهش یافت. زینگ می و همکاران در سال ۲۰۰۶ تغییرات مکانی Cu, Zn, Pb, Cr, Cd را در منطقه هانگزونگ چین بررسی کردند و از کریجینگ معمولی و

¹ Point

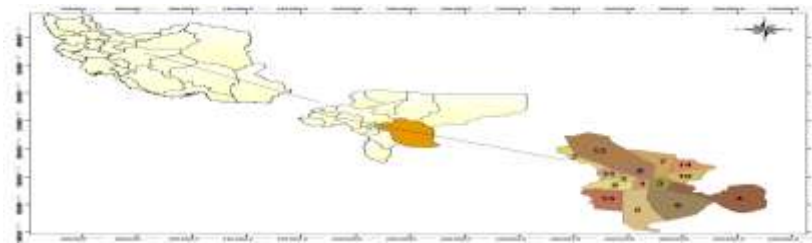
² Non Point



کریجینگ لوگ نرمال برای تهیه نقشه آلودگی این عناصر استفاده نمودند. آن‌ها گزارش کردند که دخالت‌های انسان در طبیعت عامل تعیین کننده‌ای در تغییرات مکانی این عناصر در خاک می‌باشد و از بین عناصر مورد مطالعه Cr, Cu, Zn بیشترین خطر آلودگی را برای سلامتی انسان داشتند. با توجه به اهمیت شهر اصفهان به عنوان کلان شهر کشور این تحقیق با ارزیابی تغییرات مکانی، کادمیم، سرب، در سطح شهر اصفهان و تهیه نقشه پتانسیل آلودگی خاک به این عناصر در منطقه مورد مطالعه با استفاده از داده‌های جمع‌آوری شده و فناوری GIS انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

کلان شهر اصفهان با مساحتی حدود ۵۲۳۸۰ هکتار بین طول‌های جغرافیایی $31^{\circ} 35' 51''$ تا $31^{\circ} 41' 37''$ شرقی و عرض‌های جغرافیایی $32^{\circ} 37' 08''$ تا $32^{\circ} 39' 55''$ شمالی و در بخش مرکزی ایران واقع شده است. ارتفاع منطقه از سطح دریا ۱۵۵۰ متر در حاشیه رودخانه تا ۱۶۵۰ متر در دامنه کوه‌ها متفاوت است و کوه‌ها به طور میانگین ۲۵۰۰ متر از سطح دریا ارتفاع دارند. منطقه مورد مطالعه مناطق چهارده‌گانه شهر اصفهان می‌باشد. شکل (۱) موقعیت شهر اصفهان در استان را نشان می‌دهد.



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه

با استفاده از روش نمونه برداری سیستماتیک تصادفی تعداد ۹۱ نمونه خاک سطحی (۲۰-۰ cm) با حداقل فاصله ۵۵۰ متر در مساحت ۴۷۶۱۹ هکتار برداشت گردید، موقعیت نقاط توسط GPS تعیین گردید و غلظت عناصر سنگین با روش استاندارد تجزیه خاک اندازه‌گیری شد. ساختار مکانی متغیرها و اعتبار واریوگرام مربوط به آرسنیک، نیکل، کادمیم، سرب، روی و مس بررسی شده و در نهایت مدل برای توزیع فلزات سنگین در محیط Arc GIS تهیه و نقشه‌های توزیع مکانی این عناصر بدست آمد. برای پهنه‌بندی فلزات سنگین خاک کریجینگ گسسته با مدل‌نمایی برای عناصر سرب، کریجینگ معمولی با مدل گوسی برای عنصر کادمیم تهیه شد.

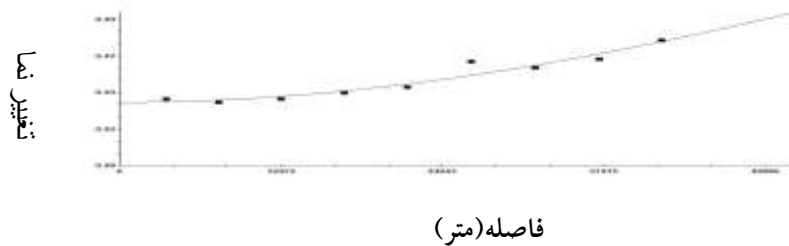
غلظت کادمیم کل در خاک منطقه مورد مطالعه

میانگین غلظت کادمیم کل ۱/۷۹ میلی گرم بر کیلوگرم بوده و دامنه تغییرات آن با حداقل ۰/۲ و حداکثر ۵/۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم می‌باشد. به منظور بررسی وضعیت توزیع داده‌های مورد نظر از آزمون کلموگروف-اسمیرنوف استفاده شده است، کادمیم دارای چولگی منفی با مقدار ۰/۴۲ می‌باشد که نشان دهنده تجمع بیشتر داده‌ها در سمت راست منحنی توزیع و فراوانی زیاد داده‌های با غلظت بالاتر بوده است. برای ارزیابی روش کریجینگ معمولی، ابتدا مدل‌های مختلف کروی، نمایی و گوسی بر داده‌های نیم‌تغییرنمای عنصر کادمیم برازش داده شد. از بین انواع مدل‌ها، مدل گوسی به‌عنوان مناسب‌ترین مدل با کمترین خطای برآورد بر نیم‌تغییرنمای



عنصر کادمیم انتخاب شد. همچنین، ناهمسانگردی در داده‌های عنصر کادمیم مشاهده نگردید. پارامترهای بهینه شده نیم‌تغییرنا شامل دامنه موثر برابر با ۸۰ کیلومتر و نیز آستانه و اثر قطعه‌ای به ترتیب برابر با ۱/۱۶ و ۰/۴۵ با ارزیابی معیارهای سنجش خطا تعیین شدند، در این شرایط، مقادیر MAE و MBE حداقل مقدار خطا را نشان می‌دهند که به ترتیب برابر با ۰/۱۶، ۰/۵۲۹ می‌باشند.

شکل (۲) نشان می‌دهد که نیم‌تغییرنمای ترسیم شده دارای آستانه مشخصی است و در نقاط آخر، نیم‌تغییرنا به مقدار ثابتی رسیده است، به طوری که بعد از آن هرچه فاصله بیشتر می‌شود، مقدار نیم‌تغییرنا تغییر معنی‌داری را نشان نمی‌دهد. بنابراین به دلیل تمایل نیم‌تغییرنا در رسیدن به آستانه ثابت و مشخص، در داده‌های عنصر کادمیم در سطح کلان شهر اصفهان روند وجود ندارد و مدل نیم‌تغییر نما گوسی می‌باشد.



شکل (۲) - مدل و نیم‌تغییر نمای عنصر کادمیم

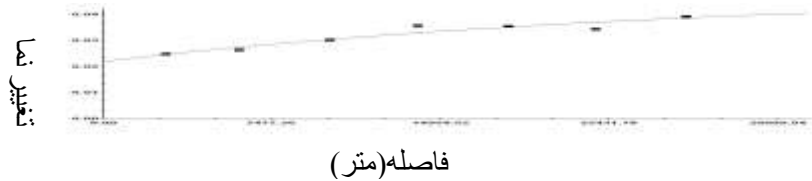
میانگین غلظت کادمیم در منطقه مورد مطالعه ۱/۸ میلی گرم بر کیلوگرم می‌باشد که از غلظت کل جهانی (۰/۰۳ میلی گرم بر کیلوگرم) بالاتر است. همانطور که در شکل (۵) دیده می‌شود سطح‌های آلوده بیشتر در ناحیه مسیرهای پر تردد تجاری و صنعتی که دارای کارگاه‌ها و مجموعه‌های مکانیکی می‌باشد دیده می‌شود و همچنین به علت فعالیت کارگاه‌های لنت‌کوبی و آپاراتی‌ها و آبکاری‌ها و به دلیل فعالیت‌های صنعتی و همچنین ترافیک زیاد وسایل نقلیه مقدار آلودگی به کادمیم بسیار زیاد می‌باشد و در مرکز شهر به علت استفاده از کمپوست در فضای سبز و حجم ترافیک بالا و سایش لاستیک وسائط نقلیه میزان کادمیم زیادی وجود دارد و در جنوب غربی منطقه به علت وجود معدن سرب و روی و همراهی این عنصر در ترکیبات معدنی مقدار این عنصر افزایش پیدا کرده است.

غلظت سرب کل در خاک منطقه مورد مطالعه

میانگین غلظت سرب در منطقه مطالعاتی ۴۷/۹ میلی گرم بر کیلوگرم می‌باشد و مقدار حداقل این عنصر ۱۵/۳ و حداکثر ۶۳/۲ میلی گرم بر کیلوگرم است. به این ترتیب اغلب خاک‌های منطقه مطالعاتی به دلیل وجود منابع آلوده‌کننده غیر نقطه‌ای دارای غلظت سرب بالاتر از میانگین جهانی که ۱۲ میلی گرم بر کیلوگرم تعیین شده است می‌باشد. به منظور بررسی وضعیت توزیع داده‌های مورد نظر از آزمون کلموگروف-اسمیرنوف استفاده شده است و با توجه به نرمال نبودن داده‌ها با استفاده از این آزمون داده‌ها نرمال گردید. برای بررسی ساختار مکانی سرب نیز از نیم‌تغییرنمای همه‌جانبه که بیانگر متوسط تغییرات مکانی در تمامی راستاها است، استفاده گردید، شکل (۳). به منظور بسط مدل مناسب بر این نیم‌تغییرنا، مدل‌های مختلف کروی، نمایی، خطی و گوسی بر نیم‌تغییرنمای عنصر سرب برازش داده شد. از بین مدل‌های ذکر شده، مدل نمایی به عنوان مناسب‌ترین مدل بر نقاط نیم‌تغییرنمای تجربی انتخاب شد. پارامترهای بدست آمده، مقادیر عنصر سرب در مکان‌های مورد بررسی در محدوده ۷۵ کیلومتری این شعاع تاثیر از ساختار مکانی برخوردار می‌باشند و در خارج از آن دامنه دارای



رفتار تصادفی بوده و مستقل از یکدیگر می‌باشند. اثر قطعه‌ای مشخصه تصادفی بودن متغیر مورد بررسی است، از کل تغییرات مربوط به عنصر سرب (CO+C) تنها ۴ درصد آن تصادفی و ۹۶ درصد دارای ساختار مکانی می‌باشد. بنابراین، استفاده از روش‌های زمین آماری کریجینگ در تخمین مقادیر عنصر سرب منطقی به نظر می‌رسد. همچنین، ضریب رگرسیونی پیرسون (R^2) نشان می‌دهد که کریجینگ گسسته با مدل گوسی قادر به توجیه ۹۰ درصد از تغییرات نیم تغییرنمای تجربی بوده است.



شکل ۳- مدل و نیم تغییر نمای عنصر سرب

. همانطور که در شکل (۵) مشاهده می‌شود غلظت سرب در جنوب غرب منطقه به علت نزدیک بودن به مجتمع های بزرگ صنعتی نظیر فولاد مبارکه و ذوب آهن و همچنین معادن سرب سپاهان شهر از آلودگی شدیدی برخوردار است همچنین در کل سطح منطقه نیز آلودگی مشاهده می‌شود که این به علت مصرف سوخت‌های وسایل نقلیه این آلودگی در کل سطح منطقه مشاهده می‌شود.



شکل ۵- توزیع مکانی سرب و کادمیوم در خاک منطقه مورد مطالعه

توسعه روز افزون ابعاد اقتصادی اجتماعی بدون در نظر گرفتن ویژگی‌های زیست محیطی برای موجودات زنده، آب، خاک و هوا، پیامدهای جبران ناپذیر را بر پیکر استان اصفهان وارد نموده است. توسعه همراه با پیچیدگی‌های فعالیت‌های انسانی در بخش‌های مختلف، کاربرد فناوری اطلاعات جغرافیایی برای تعیین الگوی توسعه، ارزیابی آلودگی خاک امری اجتناب‌ناپذیر است.

منابع

- وهاب‌زاده، ع. ۱۳۷۲. مبانی محیط زیست، چاپ اول، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد
- Shin N, Bing-Canar JJ, Cailas M, Penneff N, Binns H J. 2000. Determination of spatial continuity of soil lead levels in an urban residential neighborhood 1. Environmental Research. 82: 46-52.
- Martin J A R, Arias M L, GrauoCrob J M. 2006. Heavy metals contents in agricultural top soils in the Ebro basin(Spain). Application of the multivariate geostatistical methods to study spatial variations. Environ. Pollut. 144:1001-1002.
- Viard, B, Pihan F, Promeprat S, Pihan J, C. 2004. Integrated assessment of heavy metal (Pb, Zn, Cd) highway Pollution: bioaccumulation in soil, Gramineae and land snails. Chemosphere. 55:1349-1359.



Razo I, Carrizales L, Castro J, Diaz-Barriga F, Momroy M. 2004. Arsenic and heavy metal pollution of soil, water and sediment in a semi-arid climate mining Area in Mexico. *Water Air Soil Pollut.* 152:129-152.



ارزیابی روش های زمین آماری در برآورد توزیع مکانی برخی عناصر کم مصرف مورد نیاز گیاه پسته

هاشم شمس الدین^۱، وحیدرضا جلالی^۲، اعظم جعفری^۳

- ۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه خاک شناسی، دانشگاه شهید باهنر، کرمان، ایران
- ۲- استادیار، گروه خاک شناسی، دانشگاه شهید باهنر، کرمان، ایران
- ۳- استادیار، گروه خاک شناسی، دانشگاه شهید باهنر، کرمان، ایران

مقدمه

وجود تغییرات مکانی در خاک امری معمول است ولی شناخت این تغییرات به ویژه در اراضی کشاورزی جهت برنامه ریزی دقیق و مدیریت امری ضروری است. آگاهی از این مسئله، برای افزایش سود و نیل به بهره برداری پایدار ضرورت دارد (ایوبی و همکاران ۱۳۸۶). در علوم خاک تخمین مقادیر متغیر در مکان و زمان با استفاده از داده های همان متغیر (کریجینگ) و یا به کار بردن اطلاعات متغیر دیگر (کوکریجینگ) معمول است. در زمین آمار با استفاده از تخمینگر کوکریجینگ و بهره گیری از اطلاعات مربوط به همبستگی دو جانبه بین متغیرها، می توان تخمین مناسب و دقیق تری از متغیر مورد نظر (متغیر اصلی) با بهره گیری از مقادیر دیگر متغیرها (متغیر ثانویه یا کمکی) بدست آورد. البته سودمندی متغیر ثانویه در شرایطی که متغیر اصلی به تعداد کمتری مورد نمونه برداری قرار گرفته باشد بیشتر نمایان می شود. احمدی و دی مارسیلی (۱۹۸۷) روش های مختلف درون یابی را برای متغیری که به اندازه کافی نمونه برداری نشده بود از روی متغیر کمکی دیگری که به اندازه کافی نمونه برداری شده بود پرداختند. نتایج تحقیقات هولمگرنثال (۱۹۹۳) نشان داد که استفاده از کوکریجینگ در تعیین عناصر ریزمغذی از روی متغیر کمکی درصد مواد آلی و اسیدیته بسیار مناسب است. بقایی و همکاران (۱۳۸۶) برای بررسی تغییرات مکانی سرب و نیکل خاک در اطراف دو قطب صنعتی منطقه مرکزی استان اصفهان (ذوب آهن و مبارکه) از روش های زمین آمار استفاده کردند. این تحقیق با هدف بررسی توزیع مکانی روی و تأثیر فاکتور کمکی آهن در بهبود دقت تخمین این عنصر و با استفاده از دو روش زمین آماری کریجینگ و کوکریجینگ انجام گرفت.

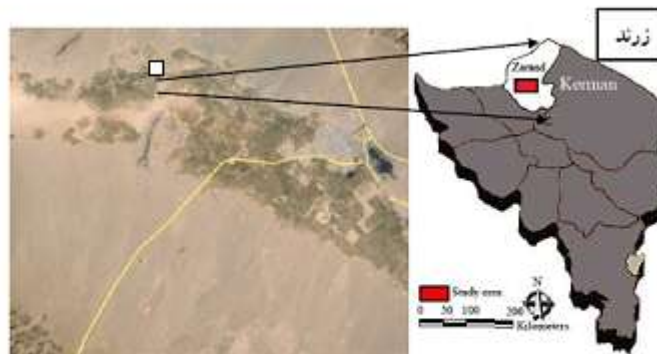
مواد و روش ها

تشریح منطقه مطالعاتی و نمونه برداری خاک

منطقه مورد مطالعه در جنوب شرق ایران، تقریباً در فاصله ۷۰ کیلومتری شهر کرمان بین عرض جغرافیایی ۲۵° ۳۰' تا ۳۱° ۳۰' درجه شرقی و طول جغرافیایی ۵۶° ۱۰' تا ۵۶° ۵۰' درجه شمالی قرار گرفته است و مساحتی حدود ۱۰۰۰۰۰ هکتار را می پوشاند. لندفرم های اصلی این منطقه شامل آلیال فن-های قدیمی و جدید، باهادا، سطوح رسی (دق) و تپه های شنی می باشد (شکل ۱). پسته، مهمترین محصول این منطقه و باغات پسته روی سطوح رسی یا دق ها می باشد. شرایط اقلیمی منطقه برای پسته کاری مناسب است. متوسط سالانه بارندگی، درجه حرارت و تبخیر و تعرق به ترتیب ۶۱ میلیمتر، ۱۷ درجه سانتی گراد و ۱۷۵۰ میلیمتر می باشد.



نمونه برداری براساس نقشه ژئومرفولوژی و در هر سطح ژئومرفیک به صورت تصادفی انجام شد به طوریکه تعداد نمونه ها متناسب با مساحت سطح ژئومرفیک بود. در نهایت، ۱۵۰ نمونه خاک سطحی تهیه شد. تعیین غلظت کل عناصر به روش هضم با اسید نیتریک غلیظ و توسط دستگاه اسپکترومتری جذب اتمی قرائت شدند.



شکل ۱- منطقه مورد مطالعه

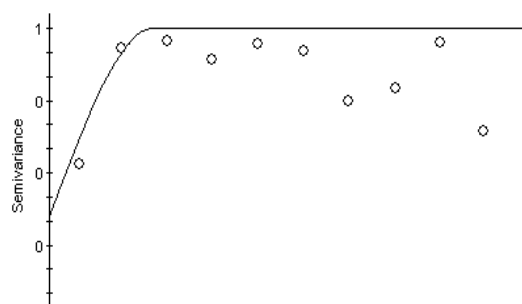
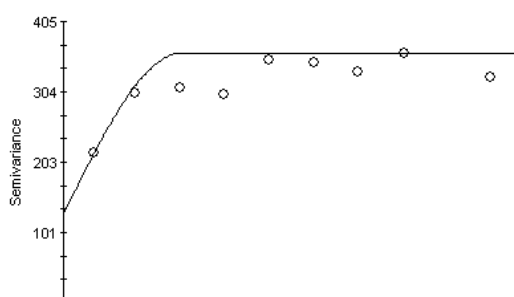
نتایج و بحث

ابتدا داده های غلظت روی و آهن موجود در خاک مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت و شاخص های آماری آن نظیر مقادیر حداقل، حداکثر، میانگین، چولگی، کشیدگی، واریانس، انحراف معیار و ضریب تغییرات به وسیله نرم افزار ۱۶ spss بدست آمد (جدول شماره ۱). سپس نرمال بود داده ها با استفاده از تست Kolmogorov-Smirnov بررسی شد. که برای انجام درون یابی به روش کریجینگ بهتر است که داده ها توزیع نرمال داشته باشند. از آنجا که بر اساس نمودار جعبه ای مشخص گردید که توزیع غلظت نمونه های مربوط به غلظت روی و آهن غیر نرمال می باشد، از این رو داده های مربوط به غلظت این عناصر با لگاریتم طبیعی به توزیع نرمال نزدیک شدند.

جدول شماره ۱: نتایج تجزیه آماری پارامترها

متغیر	واحد	حداقل	حداکثر	میانگین	انحراف معیار	واریانس	چولگی	کشیدگی	ضریب تغییرات (درصد)
روی	(میلی گرم در کیلوگرم)	۱۲/۲۵	۵۱	۲۶/۶۴	۷/۲۵	۵۶/۵۸	۰/۲۱۲	-۰/۲۰۹	۲۵/۳
آهن	(میلی گرم در کیلوگرم)	5300	۲۶/۷۵	۱۴۵۹۰/۷	۴۳۴۲/۵	۱/۸۸	۰/۲	-۰/۵	۲۹/۷

سپس واریوگرام مربوط به غلظت روی و آهن با مدل های مختلف رسم و بر اساس روش ارزیابی تقاطعی، بهترین مدل ها برای برآورد مقادیر روی و آهن گزینش شدند.





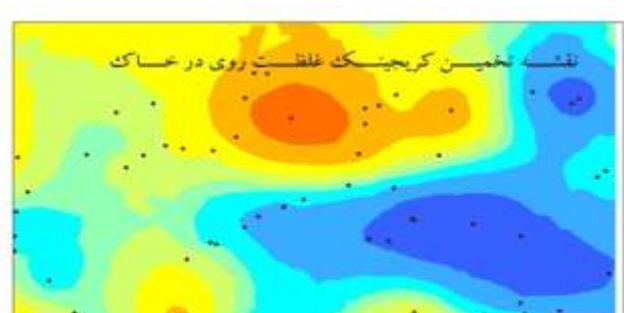
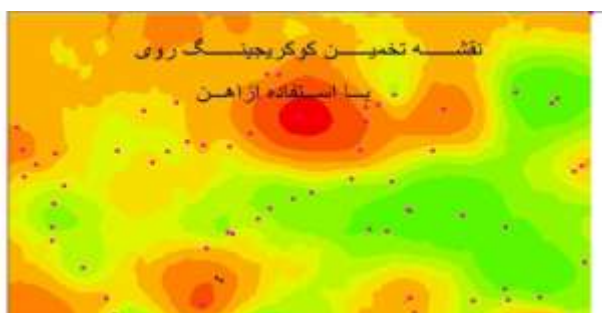
در مرحله بعد ناهمسانگردی داده ها مورد بررسی قرار گرفت. همانگونه که در شکل های ۲ و ۳ مشخص است داده های روی و آهن در جهت های مختلف تغییرات چندانی نداشته و از نوع همسانگرد می باشند. مطالعه حاضر با هدف تخمین غلظت روی در خاک انجام شد و در این راستا از دو روش کریجینگ و کوکریجینگ استفاده شد. روش های به کار رفته برای درون یابی با استفاده از معیارهای آماری میانگین خطای انحراف (MBE) و میانگین خطای مطلق (MAE) مورد ارزیابی قرار گرفت. هرچه قدر که مقدار MAE و MBE به صفر نزدیک تر باشد نشان دهنده دقیق تر بودن روش مورد نظر می باشد. نتایج حاصله برای دو روش کریجینگ و کوکریجینگ در جدول شماره ۲ آورده شده است. در این تحقیق مقدار MBE در روش کریجینگ مثبت بدست آمد که نشان دهنده بیش برآورد مدل می باشد و در مدل کوکریجینگ منفی بدست آمد که این امر نشان دهنده کم برآورد مدل می باشد. نقشه تخمین پراکندگی غلظت روی با استفاده از کریجینگ (شکل ۴) و نقشه تخمین پراکندگی غلظت روی با استفاده از کوکریجینگ بر اساس فاکتور کمکی غلظت آهن (شکل ۵) به صورت زیر می باشد.

جدول ۲ مقایسه دو روش کریجینگ و کوکریجینگ با استفاده از پارامترهای MAE و MBE

روش درون یابی	MBE	MAE
کریجینگ	۰/۰۵	۵/۶۴
کوکریجینگ	-۰/۰۵	۴/۲۳

نتیجه گیری

در این پژوهش پیش بینی تغییرات مکانی غلظت روی با استفاده از روش های درون یابی زمین آماری در زرند استان کرمان مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به نتایج حاصله می توان بیان کرد که گرچه روش کریجینگ از نظر مبانی نظری بسیار قوی و قابل توجه است، ولی در این مطالعه برتری محسوسی نسبت به روش کوکریجینگ نشان نداده است. در مقابل استفاده از آماره های MAE و MBE نشان داد که گاهی اوقات استفاده از پارامترهای کمکی که با پارامتر اصلی همبستگی معنی داری دارند، می تواند در بهبود کیفیت تخمین متغیر اصلی تأثیر مثبتی داشته باشد.





منابع:

- ۱) لقمان خ، علیرضا س، نوراله م، مجید الف، امین گ. ۱۳۹۰. پهنه بندی غلظت فلزات سنگین کروم، کبالت و نیکل در خاک های سه زیر حوزه آبخیز استان همدان با استفاده از GIS و زمین آمار. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. ص ۲۴۳
- ۲) امیرحسین ب، حسین خ، جهانگرد م. ۱۳۸۶. تجزیه و تحلیل زمین آماری تغییرات مکانی سرب و نیکل قابل جذب دو قطب صنعتی منطقه اصفهان. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی. جلد چهاردهم، شماره دوم، خرداد تیر ۱۳۸۶
- 3) Facchinelli.A E. Sacchi and L. Mallen. 2001. Multivariate Statistical and GIS-based approach to identify heavy metal sources in soils. Environ. Pollut. P323
- 4) Lado, L. R., T. Hengl and H. I. Reuter. 2008. Heavy metals in European soils: A geostatistical analysis of the FOREGS Geochemical database. Geoderma 148:189-199
- 5) Mico, C., L. Recatala, V. Peris and J. Sa ´nchez. 2006. Assessing heavy metal sources in agricultural soils of an European Mediterranean area by multivariate analysis. Chemosphere 65:863-872.
- ۶) Ahmad S. And Marsily G. De. 1987. Comparison of geostatistical methods for estimating transmissivity using data on transmissivity and specific capacity. Water Resour. Res . 23: 1717-1737.



بررسی تأثیر دماهای مختلف بر پهاش بیوچار تفاله پسته

حامد رجبی^۱، صدیقه صفرزاده^۲، نجفعلی کریمیان^۳، محبوب صفاری^۴، سید مصطفی موسوی^۵

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد علوم خاک دانشگاه شیراز

۲. استادیار بخش علوم خاک دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز

۳. استاد بخش علوم خاک دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز

۴. دانشجوی دکتری علوم خاک دانشگاه شیراز

مقدمه

بیوچار^۱ زغال تهیه شده از زیست توده های گیاهی و ضایعات کشاورزی است که طی فرآیند پیرولیسیس^۲ تولید می شود. این فرایند، سوختن کند و آرام مواد آلی در شرایط کمبود اکسیژن یا نبود آن است. بیوچار با هدف افزودن به خاک، افزایش ذخیره کربن و بهبود ویژگی های آن تولید می شود (لهمان و جوزف ۲۰۰۹). توانایی بیوچار در ذخیره کربن و بهبود حاصلخیزی خاک به ویژگی های فیزیکی و شیمیایی آن بستگی دارد، که این عوامل به دمای پیرولیسیس جهت تولید آن بستگی دارد (نواک و همکاران، ۲۰۰۹ b). پهاش یکی از اساسی ترین عوامل کنترل کننده فراهمی عناصر غذایی در خاک است. در بسیاری از منابع گزارش شده که افزودن بیوچار با پهاش حدود ۷ تا ۹، سبب افزایش معنی دار پهاش خاک های اسیدی می شود و رابطه مستقیم بین عملکرد گیاه و پهاش در پی کاربرد بیوچار در خاک های اسیدی مشاهده شده است (بلک ول و همکاران ۲۰۰۹). بررسی اثرات بیوچار بر بهبود ویژگی های خاک های آهکی ایران دارای اهمیت می باشد. بنابراین تحقیق حاضر با هدف بررسی اثر دماهای مختلف بر پهاش بیوچار حاصل از تفاله پسته صورت گرفت.

مواد و روشها

تفاله های پسته از شهرستان رفسنجان استان کرمان جمع آوری شد. محل نمونه برداری در شکل ۱ نشان داده شده است. نمونه ها پس از جمع آوری، هوا خشک شده و در فویل های آلومینیومی بسته بندی شدند. تفاله ها در سه دمای ۲۰۰، ۴۰۰ و ۶۰۰ درجه سلسیوس به مدت ۴ ساعت در کوره جهت انجام فرآیند پیرولیسیس قرار داده شدند و سپس با استفاده از آسیاب دستی آسیاب شدند. یک نمونه شاهد (دمای صفر) نیز جهت مقایسه تهیه شد. پهاش بیوچار در نسبت های ۱:۲/۵ و ۱:۵ بوسیله دستگاه پهاش متر دستی اندازه گیری شد. روابط رگرسیونی بین عامل دما و پهاش محاسبه شد. دقت مدل های رگرسیونی به وسیله شاخص های ضریب تبیین^۳ (R^2)، ضریب تبیین تعدیل شده ($Adj R^2$) و ریشه میانگین مربعات خطا^۴ (RMSE) بررسی شد. این شاخص ها به ترتیب با استفاده از روابط ۱، ۲ و ۳ محاسبه می شوند.

$$R^2 = \frac{SS_{res}}{SS_{tot}} \quad [1]$$

1 Biochar

2 pyrolysis

3 R-Squared

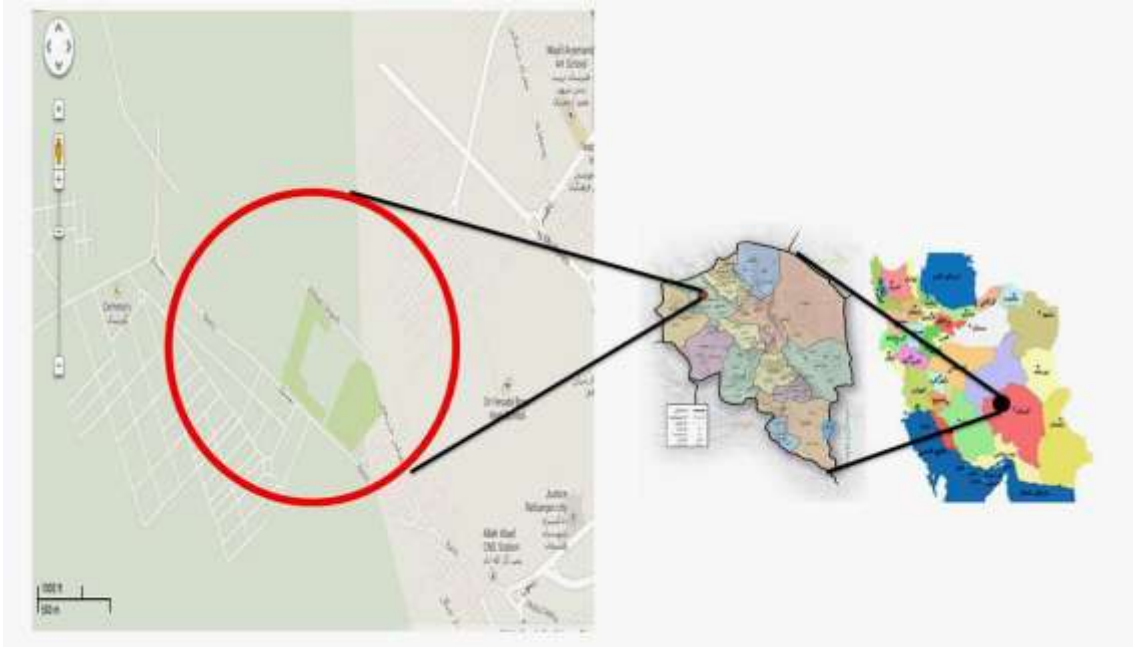
4 Root-Mean-Square Error



$$Adj R^2 = 1 - \frac{\frac{SS_{err}}{dfe}}{\frac{SS_{tot}}{dft}} \quad [2]$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{SS_{res}}{n}} \quad [3]$$

در روابط SS_{res} مجموع مربعات باقیمانده، SS_{tot} مجموع مربعات کل، SS_{err} مجموع مربعات، dfe درجه آزادی خطا، dft درجه آزادی کل و n تعداد داده ها است.



شکل ۱- محل جمع آوری نمونه های تفاله پسته در شهر رفسنجان استان کرمان

نتایج و بحث

روابط همبستگی بین دمای بکاربرده شده برای تولید بیوجار و پهاش مورد بررسی قرار گرفت. این روابط در جدول ۱ نشان داده شده است. همانگونه که مشاهده می شود همبستگی معنی داری بین دما و پهاش بیوجار وجود دارد.

جدول ۱- ضرایب همبستگی بین دما و پهاش بیوجار

	pH ۱ : ۲/۵	pH ۱ : ۵
دما	۰/۹۵۴*	۰/۹۶*

* معنی دار در سطح ۵ درصد

روابط رگرسیونی بین عامل پهاش و دمای بکاربرده شده برای تولید بیوجار مورد بررسی قرار گرفت. این معادلات در جدول ۲ ارائه شده است. همانگونه که مشاهده می شود معادلات رگرسیونی بین این عوامل دارای

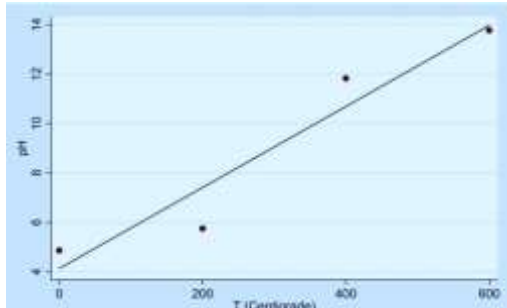


ضریب تبیین و ضریب تبیین تعدیل شده بالایی هستند. همچنین ریشه میانگین مربعات خطای این دو معادله نیز کوچک است که نشان دهنده دقت بالای مدل پیش بینی شده است.

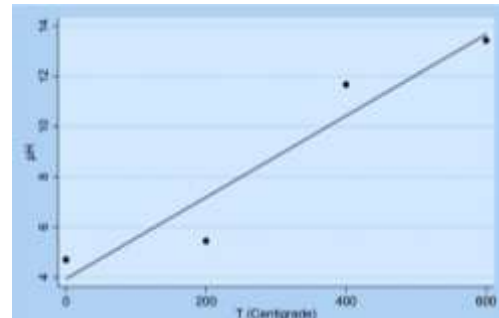
جدول ۲- معادله های رگرسیونی بین دما و پ هاش بیوچار

معادله	R ²	Adj R ²	RMSE
۱ : ۲/۵ pH=۰/۰۱۶۲T+۳/۹۳۵	۰/۹۰۹۸	۰/۸۶۴۷	۱/۶۱۵۵
۱ : ۵ pH=۰/۰۱۶۴T+۴/۱۲۹	۰/۹۲۰۸	۰/۸۸۱۲	۱/۵۲۱۸

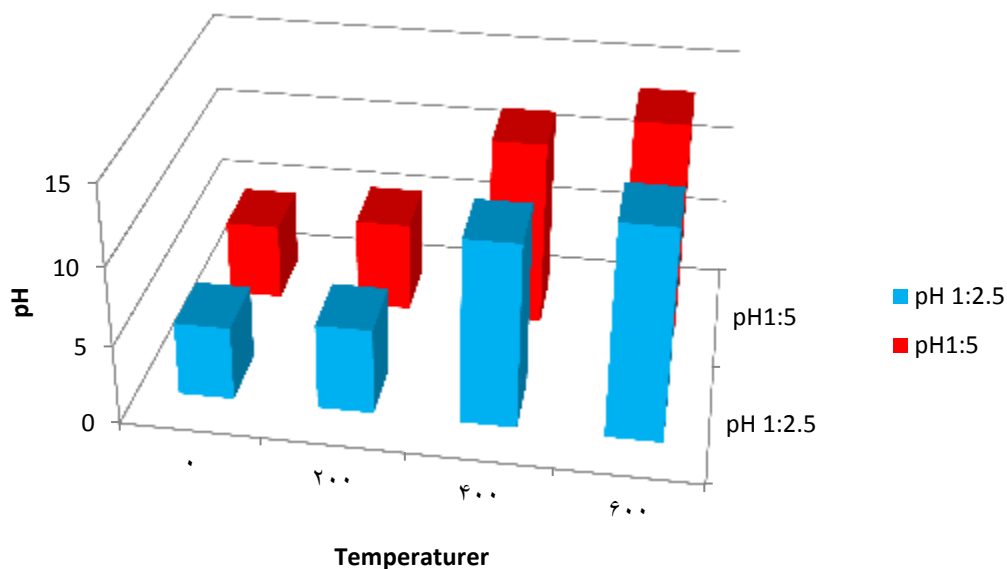
همان طور که در شکل های ۲، ۳ و ۴ مشاهده می شود، با افزایش دمای تولید بیوچار، پ هاش بیوچار افزایش یافته است. نوواک و همکاران (۲۰۰۹b) اثر دماهای ۲۵ تا ۷۰۰ درجه سلسیوس را بر تولید بیوچار از مواد مختلف بررسی کردند و بیان کردند که با افزایش دما، پ هاش بیوچار حاصله افزایش یافت. از آنجایی که ماده اولیه تولید بیوچار و فرایند تولید آن هزینه زیاد ندارد، بیوچار ممکن است بتواند به عنوان ماده اصلاح کننده در برخی از خاک های آلوده به فلزات سنگین مانند خاک های اطراف مناطق صنعتی و خاک هایی که با فاضلاب آبیاری می شوند بکار برده شود. البته قبل از هر توصیه و جهت انتخاب بهترین دما برای تولید بیوچار پسته، بایستی اثرات بیوچار تولید شده در دماهای مختلف بر پ هاش خاک های آهکی ایران بررسی شود.



شکل ۳- رابطه بین دما و پ هاش بیوچار در نسبت ۱ : ۵



شکل ۲- رابطه بین دما و پ هاش بیوچار در نسبت ۱ : ۲/۵



شکل ۴- اثر دما بر تغییرات پ هاش بیوجار

منابع

Blackwell, P, Reithmuller, G, Collins, M, 2009. Biochar application to soil. In Lehmann, J, Joseph, S. (Eds.), Biochar for Environmental Management: Science and Technology. Earthscan, London.

Lehmann, J., Joseph, S, 2009. Biochar for environmental management - an introduction. in: Lehmann, J, Joseph, S. (Eds.). Biochar for Environmental Management – Science and Technology Earthscan, London.

Novak, J. M, Busscher, W. J, Laird, D. L, Ahmedna, M., Watts, D. W, Niandou, M. A. S, 2009a. Impact of biochar amendment on fertility of a southeastern coastal plain soil. Soil Sci. 174, 105–112.

Novak, J., Lima I., Xing, B., Gaskin, J. W., Steiner, C., Das, K. C, Ahmedna, M., Rehra, D., Watts, D. W., Busscher, W. J., and Schomberg, H. 2009b. Characterization of designer biochar produced at different temperature and their effects on a loamy sand. Annals of Environmental Science. 3: 195-206.



مقایسه روش فازی با روش بولین در ارزیابی کمی تناسب اراضی برای محصول برنج در منطقه زرین شهر اصفهان

مریم بابادی^۱، ناصر هنرجو^۲، نورایر تومانیان^۳

۱- نویسنده مسؤل، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان

maryam.babadi@yahoo.com

۲- استادیار گروه خاک شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان

۳- استادیار بخش تحقیقات آب و خاک مرکز کشاورزی و منابع طبیعی امیر حمزه، اصفهان

مقدمه

نظر به رشد سریع جمعیت و توسعه شهرها که عوامل موثری در محدود شدن زمین برای کشاورزان به شمار می آیند نیاز به استفاده بهینه از اراضی بیش از هر زمان دیگری احساس می گردد (ایوبی و همکاران، ۱۳۸۰). یکی از جدیدترین و بهترین روش ها برای ارزیابی تناسب اراضی استفاده از منطق فازی است. منطق فازی منطقی است که در آن مرز مشخصی وجود ندارد و همه چیز نسبی است منطق فازی یک نوع منطق برنامه نویسی است که از دهه ۶۰ میلادی در برابر منطق ارسطویی قد علم نمود (محمدی، ۱۳۸۶). از امتیازات روش فازی معرفی کلاس های پیوستگی خاک در یک سیستم پیوسته است. این روش واقعیات و خصوصیات ذاتی و طبیعی خاک را همانطور که هست معرفی می کند و آن را در غالب مشاهدات بشری محدود نمی کند (وان رانست، ۱۹۹۶). بنیاد منطق فازی بر نظریه مجموعه های فازی استوار است. این نظریه تعمیم منطق دو ارزشی می باشد که به صورت منطق چند مقداره معرفی می شود و متغیرها مطابق رابطه [۱] مقادیر متعددی را اختیار می کنند (چانگ، ۲۰۰۷).

$$A = \{(x, \mu_A(x)) : x \in X\} \quad \mu_A: X \rightarrow M1 \quad [1]$$

در این رابطه μ_A تابع فازی است که درجه ی عضویت x در مجموعه ی مربوطه را تعیین می کند و مقدار آن بین ۰ و ۱ می باشد و هم چنین ممکن است مجموعه ای از مقادیر گسسته یا پیوسته باشد. تابعی که درجه عضویت به یک مجموعه را بیان می کند، اصطلاحاً تابع عضویت نامیده می شود. درجه اهمیت هر کدام از خصوصیات اراضی را می توان توسط این تابع به گونه ای تعریف نمود که مهم ترین خصوصیت مقدار عددی یک و کم اهمیت ترین خصوصیت مقدار صفر را اختیار نماید. یعنی اگر یک خصوصیت مربوط به کلاس مورد نظر باشد مقدار عددی ۱ و در صورتی که مطلقاً متعلق به کلاس مورد نظر نباشد، برابر صفر خواهد بود. سه نوع اصلی از توابع عضویت قابل استفاده در ارزیابی اراضی شامل توابع عضویت زنگوله ای شکل، مثلثی شکل، ذوزنقه ای شکل می باشد. تعیین تابع عضویت برای هر خصوصیت برای هر متغیر رابطه ای برای بیان توزیع صحت آن متغیر تعریف می شود (ایوبی و جلالیان، ۱۳۸۵).



این مطالعه در استان اصفهان نزدیک زرین شهر و در منطقه اوشیان با عرض جغرافیایی $51^{\circ} 28' 32''$ تا $8^{\circ} 31' 32''$ شمالی و طول جغرافیایی $51^{\circ} 24' 36''$ تا $51^{\circ} 24' 37''$ شرقی و ارتفاع متوسط 1701 متر از سطح دریا انجام گردید. منطقه دارای رژیم رطوبتی اریدیک ورژیم حرارتی ترمیک می باشد. اراضی آن تحت کشت آبی برنج، تناوب برنج- گندم و گندم آبی قرار دارند. ابتدا توابع عضویت برای هر خصوصیت خاک در هر کلاس تناسب اراضی تعریف و ضمن تعیین پارامترهای مدل، مقدار درجه عضویت هر خصوصیت در هر کلاس تعیین شد.

هر خصوصیت یا کیفیت اراضی دارای تاثیرات منحصر به فردی روی تولید محصول است. این تاثیرات نسبی به صورت فاکتورهای وزنی در ماتریس اوزان قرار گرفت. درجه عضویت خصوصیات در ماتریس خصوصیات ذخیره شد و سپس ماتریس اوزان در ماتریس درجه عضویت خصوصیات بر اساس رابطه [2] به صورت ضرب ماتریسی ضرب گردید تا ماتریس ارزیابی خصوصیات برای کلاس های اراضی به صورت جداگانه تشکیل گردد.

$$p(j) = \sum [w(i) * f(ij)] \quad [2]$$

$p(j)$: آرایه ماتریس تناسب اراضی کلاس j ام، $W(i)$: وزن خصوصیت اراضی i ام و $f(ij)$: درجه عضویت

خصوصیت اراضی i ام در کلاس اراضی j ام.

برای محاسبه شاخص اراضی می بایست شاخص خاک محاسبه گردد. سپس شاخص خاک حاصل را از طریق معادله ریشه دوم در شاخص اقلیم ضرب شد تا شاخص اراضی بدست آید.

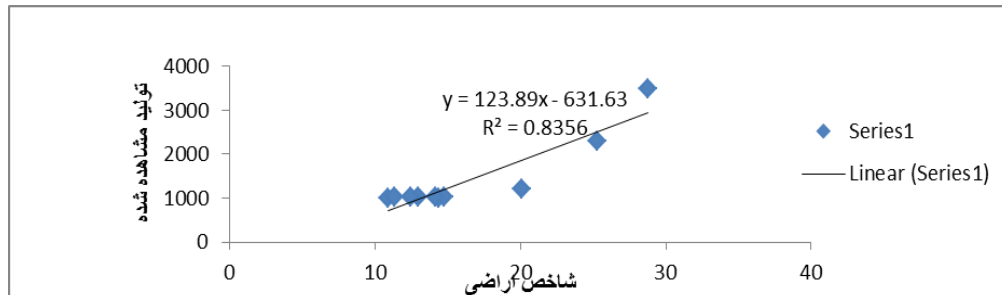
نتایج و بحث

نتایج شاخص خاک و شاخص اراضی و تولید پیش بینی شده مدل فازی و کلاس اراضی در مدل دوتایی را در جدول شماره ۱ مشاهده می شود.

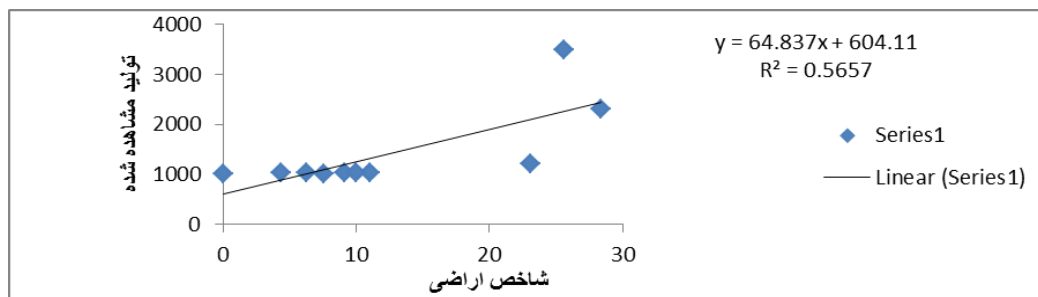
جدول ۱- نتایج شاخص خاک، شاخص اراضی و کلاس اراضی در دو مدل فازی و بولین

واحد اراضی	شاخص خاک		شاخص اراضی		کلاس کمی در مدل	
	فازی	بولین	فازی	بولین	فازی	بولین
۵-۲	۰/۴۲	۰/۲۶	۱۴.۴	۷/۶	N1	N2
۳-۱	۰/۵۳	۰/۳۹	۱۰.۹	۰	N2	N2
۸-۲	۰/۵۰	۰/۳۷	۱۴.۸	۹/۱۲	N1	N2
۵-۲	۰/۷۴	۰/۶	۲۸.۹	۲۵/۸	S3	S3
۳-۲	۰/۵۴	۰/۵	۲۰.۱	۲۳	N1	N1
۸-۳	۰/۳۹	۰/۲	۱۱.۴	۴.۴	N2	N2
۸-۱	۰/۴۲	۰/۱۴	۱۸۰.۶	۶.۳	N1	N2
۱-۱	۰/۴۴	۰/۳	۱۲.۵	۱۱	N2	N2
۲-۳	۰/۶۴	۰/۶۴	۲۵۰.۳	۲۸/۴	S3	S3
۲-۵	۰/۳۴	۰/۳	۱۴.۲	۱۰	N1	N2

یک رابطه رگرسیون خطی بین شاخص اراضی و تولید مشاهده شده برقرار گردید. در این جدول سطح معنی داری و همچنین ضریب تبیین معادلات رگرسیونی نیز در شکل های شماره ۲ و ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱- نمودار تولید مشاهده شده با شاخص اراضی در روش فازی



شکل ۲- نمودار تولید مشاهده شده با شاخص اراضی در روش دوتایی

رابطه شاخص اراضی با تولید مشاهده شده در روش بولین دارای ضریب تبیین ۰.۵۶ و در روش فازی ۰.۸۳ و رابطه بین تولید پیش بینی شده با تولید مشاهده شده در روش دوتایی دارای ضریب تبیین ۰.۵۷ و در روش فازی ۰.۸۶ می باشد (جدول ۲).

شاه نظر پور (۱۳۸۸) در یک مطالعه در منطقه ای که در بین شهر مبارکه و شهرستان زرین شهر واقع بود به مقایسه منطق فازی با منطق بولین پرداخت. ضریب تبیین برای مدل بولین و کاربری های گندم و برنج به ترتیب برابر با ۰/۶۳ و ۰/۷۰ و برای مدل فازی این ضرایب برای گندم و برنج به ترتیب ۰/۸۳ و ۰/۸۶ بدست آمد. برای مقایسه دو روش فازی و پارامتریک با یکدیگر به مقایسه ضرایب تبیین معادلات رگرسیونی آنها پرداخته می شود. این ضرایب در جدول شماره ۲ ارائه شده اند. از مقایسه این ضرایب دیده می شود که روش فازی نتایج بهتری و دقت بیشتری نسبت به روش پارامتریک داشته است.



جدول ۲- ضرایب تبیین معادلات رگرسیونی در دو روش فازی و بولین

R ²		معادله مربوطه		نوع رابطه
فازی	بولین	فازی	بولین	
۰.۸۳	۰.۵۶	Y=64.83X+604.11	Y=123.8x-	رابطه شاخص اراضی با تولید مشاهده شده
۰.۸۶	۰.۵۷	631.6 Y=0.834x+1075 Y=1.4515X+895.3		رابطه تولید پیش بینی شده با تولید مشاهده شده

به صورت کلی هر دو مدل فازی و پارامتریک نشان دهنده نامناسب بودن اراضی برای کاشت برنج و پایین بودن کلاس تناسب اراضی برای کاشت برنج می باشد. مدل فازی ضرایب تبیین بالاتر و بهتری را نسبت به مدل بولین نشان داده و این نشان دهنده کارآمدتر بودن مدل فازی نسبت به مدل دو تایی می باشد. در روش فازی اثر خصوصیات متفاوت بوده و وزن های متفاوتی برای هر خصوصیت در نظر گرفته می شود و این وزن ها تاثیر خصوصیات روی شاخص اراضی را نشان می دهند.

منابع

- ۱- ایوبی، ش.وا. جلالیان وج. گیوی، ۱۳۸۰، ارزیابی کیفی تناسب اراضی برای محصولات زراعی مهم منطقه برآن شمالی در استان اصفهان. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. جلد پنجم شماره اول. ص ۵۷-۵۸
- ۲- شاه نظر پور، غ.، ۱۳۸۷، ارزیابی کیفی و کمی تناسب اراضی برای محصولات زراعی مهم منطقه مبارکه اصفهان (مقایسه منطق فازی با منطق بولین). پایان نامه کارشناسی ارشد خاکشناسی، دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان.
- ۳- محمدی، ج. ۱۳۸۶، پدومتری (جلد چهارم: نظریه سامانه های فازی)، چاپ اول. نشریه پلک تهران.
- ۴- Chang, N. B., G. Parvathinathan and J. B. Breeden. 2007. Combining GIS with fuzzy multicriteria decision- making for landfill sitting in a fast-growing urban region. *J. Environ. Manage.* 34: 245-265
- ۵- Van Ranst, E. and H. Tang, R. Groenemans and S. sinthurahat. 1996. Application of fuzzy logic to land suitability for rubber production in peninsular Thailand. *Geoderma*. 70: 1-19.



بررسی الگوی تغییرات مکانی سرعت نفوذ آب در خاک با استفاده از روش های زمین آمار (مطالعه موردی: خاک های زراعی ماهنشان در استان زنجان)

مهدی طاهری^۱، سمیرا واحدی^۲، حمید زارع ایبانه^۳، محمد عباسی^۳

۱- استادیار، عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی استان زنجان

۲- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد و دانشیار گروه آبیاری دانشگاه بوعلی سینا همدان

۳- کارشناس ارشد مرکز تحقیقات کشاورزی استان زنجان

مقدمه

تجزیه و تحلیل الگوهای مکانی و تهیه نقشه های توزیع مکانی پارامترهای فیزیکی و شیمیایی خاک ها، راهکاری در راستای مدیریت و برنامه ریزی راهبردی در تحقق اهداف طرح هایی مانند یکپارچه سازی اراضی کشاورزی و طرح های هیدرولوژیکی است. سرعت نفوذ آب به خاک یکی از پارامترهای هیدرولیکی خاک است که دستیابی به نحوه تغییرات مکانی آن می تواند تاثیر بسزایی در اجرای طرح های آبیاری، زهکشی، آبخیزداری و کنترل سیلاب داشته باشد. روش های مختلفی برای بررسی تغییرات پارامترهای خاک وجود دارد. روش های زمین آمار به دلیل در نظر گرفتن پیوستگی مکانی داده ها نسبت به سایر روش های آماری امروزه کاربرد بیشتری در علوم آب و خاک به ویژه در بررسی تغییرات مکانی پارامترهای خاک پیدا کرده است. مطالعات مختلفی برای بررسی تغییرات مکانی پارامترهای هیدرولیکی و شیمیایی خاک انجام شده است (سپاسخواه و همکاران، ۲۰۰۵؛ اقبال، ۲۰۰۵). ارسائین (۲۰۰۳) به ارزیابی و مقایسه عملکرد دو روش کریجینگ و کوکریجینگ در برآورد سرعت نفوذ آب به خاک در منطقه ای به وسعت ۸/۵ هکتار پرداخت. او با استفاده از مدل تغییرنمای کروی ساختار مکانی پارامتر سرعت نفوذ را طراحی کرد و عملکرد تقریباً مشابه دو روش کریجینگ و کوکریجینگ را در برآورد پارامتر مذکور گزارش نمود. گوپتا و همکاران (۲۰۰۶) به مقایسه عملکرد روش های زمین آمار با روش های آماری مرسوم برای بررسی تغییرات مکانی هدایت هیدرولیکی پرداختند. نتایج آن ها بیانگری برتری روش های زمین آمار بود. این پژوهش با اهداف: بررسی ساختار مکانی، ارزیابی روش های زمین آمار شامل کریجینگ، کوکریجینگ، فاصله وزنی معکوس، تجزیه و تحلیل نقشه های پراکندگی پارامترهای سرعت نفوذ آب به خاک در منطقه ماهنشان واقع در استان زنجان انجام شد.

مواد و روشها

منطقه مورد مطالعه، اراضی کشاورزی با مساحتی در حدود ۵۷۰/۵۹ کیلومتر مربع در حاشیه رودخانه قزل اوزن در شهرستان ماهنشان می باشد (شکل ۱).



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه (شهرستان ماهشان واقع در استان زنجان)

برای انجام نمونه برداری ها به روش پیمایش صحرایی و با لحاظ شرایط مکانی مناسب برای کشت های زراعی و باغی، تعداد ۳۱ سطح یک متر مربعی انتخاب گردید. داده های مربوط به پارامتر سرعت نفوذ آب در با استفاده از استوانه های مضاعف به دست آمد. در محیط نرم افزاری SPSS با انجام آزمون شاپیرو ویلک نسبت به نرمال بودن و همگنی آن ها اطمینان حاصل شد در روش های زمین آمار برای بیان ارتباط مکانی یا پیوستگی مکانی یک متغیر از مدل های تغییرنا استفاده می شود. در واقع تغییرنا، کمیتی برداری است که درجه ی همبستگی مکانی و شباهت بین نقاط اندازه گیری شده را بر حسب مربع تفاضل مقدار دو نقطه و با توجه به جهت و فاصله ی آنها نشان می دهد (رابطه ۱).

[۱]

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(x_i) - Z(x_i + h)]^2$$

در رابطه [۱] تغییرنا با $\gamma(h)$ نشان داده شده است، $N(h)$ تعداد جفت نقاطی است که فاصله آنها از هم به اندازه h است. $Z(x_i)$ و $Z(x_i+h)$ متغیرهای ناحیه ای با فاصله h از یکدیگرند. هر تابع تغییرنا با سه مولفه اثر قطعه ای (C_0)، دامنه تاثیر (a) و حد آستانه ($C+C_0$) مشخص می گردد. مقدار واریوگرام در مبدا مختصات یعنی به ازای $h=0$ ، اثر قطعه ای (C_0) می نامند. در حالت ایده آل مقدار C_0 باید صفر باشد، اما در بیشتر مواقع بزرگتر از صفر است. به مقدار ثابتی که متغیرنا در دامنه ی تاثیر به آن می رسد آستانه یا سقف گفته می شود. مقدار این مولفه از مجموع اثر قطعه ای (C_0) و بخش ساختار دار تغییرنا بدست می آید (لوپز و همکاران، ۲۰۰۲). در این پژوهش از بین مدل های مختلفی که برای برازش بر تغییرنا وجود دارد از مدل دایره ای، کروی، نمایی و گوسی استفاده شد. میزان پیوستگی مکانی و بهترین مدل متغیرنا با به کارگیری روش های ارزیابی مقاطع تعیین گردید. برای برآورد پارامتر مورد نظر و تهیه نقشه های پهنه بندی از توابع زمین آماری کریجینگ، کوکریجینگ و IDW با توان های ۱، ۲، ۳، ۴ و ۵ استفاده شد. در این پژوهش از بین روش های مختلف کریجینگ نتایج سه روش کریجینگ ساده، معمولی و عام محاسبه و ارزیابی گردید. همچنین برای روش کوکریجینگ از بین پارامترهای موثر بر نفوذپذیری از پارامتر وزن مخصوص به دلیل داشتن همبستگی بالا با سرعت نفوذ به عنوان پارامتر کمکی انتخاب گردید. برای انجام محاسبات و تهیه نقشه های پهنه بندی روش های زمین آمار، از نرم افزار ArcGis9.3 استفاده شد.



برای ارزیابی نتایج حاصل از روش های مختلف زمین آمار از روش ارزیابی متقاطع و آماره های خطاسنجی جذر میانگین مربعات خطا (RMSE) و میانگین مطلق خطا (MAE) و ضریب همبستگی پیرسون استفاده شد.

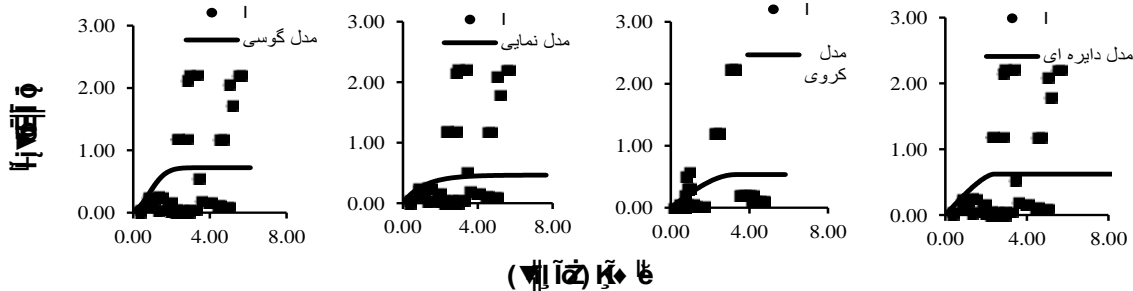
$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [X_i(O) - X(P)]^2} \quad [6]$$

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^n |X_i(O) - X_i(P)|}{n} \quad [7]$$

در روابط بالا، n تعداد داده ها، $X_i(O)$ مقدار اندازه گیری شده، $X(\text{mean})$ میانگین مقادیر اندازه گیری شده و $X(P)$ مقدار برآورد شده می باشد.

نتایج و بحث

نتایج بهترین مدل نیم تغییرنمای برازش شده از مدل های دایره ای، کروی، نمایی و گوسی بر پارامتر نفوذپذیری منطقه ماهنشان در شکل ۲ و جدول ۱ آمده است.



شکل ۲- مدل های نیم تغییرنمای پارامتر نفوذپذیری در منطقه ماهنشان

با مقایسه مولفه های جدول ۱، ملاحظه می گردد که بیشترین میزان اثر قطعه ای نیم تغییرنما به مدل گوسی و کمترین آن به مدل کروی تعلق دارد. متقیان و همکاران (۱۳۸۷) در منطقه ای به وسعت ۹۷ کیلومتر مربع دامنه تاثیر سرعت نفوذ و هدایت هیدرولیکی را به ترتیب ۳۹۳۶/۵ و ۳۸۵۰ متر بدست آوردند.

جدول ۱- مؤلفه های بهترین مدل نیم تغییرنمای برازش شده بر پارامتر نفوذپذیری در مناطق طارم و ماهنشان

$\frac{C_0}{C + C_0}$	دامنه تاثیر (متر)	اثر قطعه ای	آستانه	مدل نیم تغییرنما
۰/۰۰۸	۵۲۴/۱۰	۰/۰۰۵	۰/۶۲	دایره ای
۰/۰۰۴	۵۳۴/۷	۰/۰۰۲	۰/۵۳	کروی
۰/۰۰۹	۵۶۴/۱۰	۰/۰۰۴	۰/۴۶	نمایی
۰/۰۶۸	۵۴۸/۰۳	۰/۰۴۹	۰/۶۷	گوسی

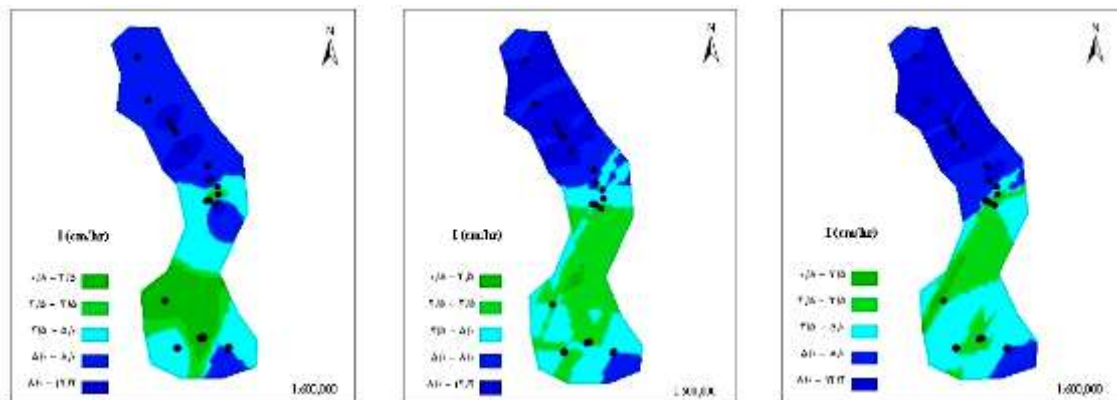
برای بررسی پیوستگی مکانی پارامترها از رابطه شاخص نسبت اثر قطعه ای به آستانه $(\frac{C_0}{C + C_0})$ استفاده شد. در حالتی که این نسبت بیشتر از ۰/۷۵ باشد پیوستگی مکانی ضعیف و اگر کمتر از ۰/۲۵ باشد پارامتر دارای پیوستگی مکانی بالایی است (کامبردلا و همکاران، ۱۹۹۴).

جدول ۲- نتایج آماره‌های ارزیابی روش‌های زمین آمار

پارامتر	کریجینگ			کو کریجینگ			IDW				
	معمولی	ساده	عمومی	معمولی	ساده	عمومی	توان ۱	توان ۲	توان ۳	توان ۴	توان ۵
RMSE	۱/۴۲	۱/۵۳	۱/۵۰	۱/۷۱	۱/۳۷	۱/۸۷	۱/۷۶	۱/۶۷	۱/۷۵	۱/۸۲	۱/۸۹
MAE	۱/۰۶	۱/۲۲	۱/۱۵	۱/۳۵	۱/۰۵	۱/۴۹	۱/۲۹	۱/۱۹	۱/۱۸	۱/۲۱	۱/۲۳
r	۰/۸۴	۰/۸۲	۰/۸۳	۰/۷۵	۰/۸۷	۰/۶۹	۰/۷۵	۰/۷۶	۰/۷۴	۰/۷۲	۰/۷۱

با مشاهده مقادیر شاخص فوق در جدول ۱ مشخص گردید که مدل نیم تغییرنمای کروی در کل از پیوستگی مکانی بالاتری برخوردار است

مقایسه نتایج آماره‌های خطاسنجی در جدول ۲ نشان داد هر سه روش معمولی، ساده و عمومی کریجینگ به طور میانگین با خطای کمتری نسبت به سایر روش‌ها، پارامتر نفوذپذیری را برآورد نموده است روش کو کریجینگ ساده توانست بهترین برآورد را با RMSE، MAE، r و به ترتیب برابر با ۱/۳۷، ۱/۰۵ و ۰/۸۷ داشته باشد. نتایج پژوهش اراسین (۲۰۰۳) در برآورد سرعت نفوذ حاک از عملکرد مشابه روش کریجینگ و کو کریجینگ با تعداد داده‌های ورودی مختلف بود. به طوری که روش کو کریجینگ در تعداد داده‌های ورودی ۳۰ تایی عملکرد بهتری نسبت به روش کو کریجینگ با همین تعداد داده ورودی داشت. در شکل ۳ نقشه‌های پهنه‌بندی پارامتر نفوذپذیری با استفاده از بهترین روش زمین آمار کریجینگ، کو کریجینگ و IDW تهیه شده است.



شکل ۳- نقشه‌های پراکنش نفوذپذیری منطقه ماهنشان به ترتیب از راست روش کریجینگ، کو کریجینگ و IDW همان گونه که در شکل بالا مشخص است. تغییرات نفوذپذیری از روند مشابه‌ای که در نقشه‌های پهنه‌بندی سه روش زمین آمار مشاهده شده است محدوده ۸ تا ۱۲/۲ سانتی‌متر بر ساعت در نیمه شمالی آن است (شکل ۳).

منابع

متقیان ح، کریمی ا و محمدی ج، ۱۳۸۷. تجزیه و تحلیل تغییرات مکانی برخی از ویژگی‌های فیزیکی و هیدرولیکی خاک در مقیاس حوزه آبخیز. مجله آب و خاک. ۲۲ (۲): ۴۴۶-۴۳۲.

Cambardella C.A, Moorman T.B, Novak J.M, 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 Sci. Soc. Am, 58: 1501-1511.

Ersahin S, 2003. Comparing ordinary kriging and cokriging to estimate infiltration rate. J. Soil Sci. Soc. Am, 67: 1848-1855.

Gupta N. Rudra R.P. and Parkin. G, 2006. Analysis of spatial variability of hydraulic conductivity at field scale. 2006. Canadian Biosystems Engineering, 48(1):55-62.



Iqbal J, Thomasson A, Jenkins, J.N, Owens P.R and Whisler F.D, 2005 Spatial variability analysis of soil physical properties of alluvial soils Soil Sci. Soc. Am. J. 69: 1338-1350.

Lopez-Granados F, Jurado-Exposito M, Atenciano S, Garcia-Ferrer A, Sanchez de la Orden M and Garcia-Torres L, 2002. Spatial variability of agricultural soil parameters in southern Spain. Plant and Soil 246: 97–105

Sepaskhah A.R, Ahmadi S.H and Nikbakht Shahbazi A.R, 2005. Geostatistical analysis of sorptivity for a soil under tilled and no-tilled conditions. Soil till Res, 83: 237–245.



تهیه نقشه های ارزیابی خطر ناشی از نیکل و جیوه موجود در خاک برای سلامت انسان

مژگان یگانه^۱، مجید افیونی^۲، امیرحسین خوشگفتارمنش^۳

۱- PhD، موسسه تحقیقات خاک و آب کرج، ۲- PhD، دانشگاه صنعتی اصفهان

مقدمه

برخورداری از اطلاعات کافی درباره وضعیت، کمیت و پراکندگی آلاینده‌ها در منطقه مورد مطالعه، در ارزیابی آلودگی محیط، ضروری است. به علاوه، به اطلاعاتی درباره مقدار و درجه احتمال آلودگی یا خطر تهدید سلامتی انسان برای مدیریت و تصمیم‌گیری‌های مربوط به مناطق آلوده یا بالقوه آلوده، نیاز است. به عنوان مثال، نقشه‌ها قادر به نمایش تعداد افرادی که در نقاط مختلف در معرض خطرات ناشی از ورود بیش از حد آلاینده به بدن هستند، می‌باشند. به کمک این نقشه‌های خطر مدیران و تصمیم‌گیرندگان می‌توانند به تعداد مردم در معرض خطر ناشی از آلودگی خاک و میزان تجاوز آن-ها از حدود بحرانی خطر پی‌برده و به‌طور مؤثرتری برای رفع خطر از مناطق آلوده تصمیم‌گیری نمایند. هدف این مطالعه، رسم کردن نقشه خطرات احتمالی ناشی از قرارگرفتن ساکنین استان همدان در معرض Ni و Hg بر سلامت انسانی با استفاده از روش‌های ساده و عملی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این مطالعه در استان همدان انجام شده است. با استفاده از روش نمونه برداری شبکه ای نمونه های خاک، آب، گندم و سیب زمینی از منطقه مطالعاتی برداشت و غلظت نیکل و جیوه در آن ها تعیین شد. در این مطالعه فرض کرده‌ایم که تمامی سیب‌زمینی‌ها و گندم‌های تولید شده در هر شهرستان، توسط مردم همان شهرستان مصرف می‌شوند. به منظور تهیه نقشه خطر مربوط به خوردن محصولات غذایی، از کمینه و بیشینه غلظت Ni و Hg اندازه گیری شده در محصولات غذایی مربوط به هر شهرستان استفاده شد. برای شهرهایی که محصول سیب زمینی تولید نمی‌کنند از میانگین کمینه و میانگین بیشینه غلظت فلزات سنگین در محصول سیب‌زمینی تولید شده در شهرهای مجاور استفاده شد. برای ارزیابی قرارگیری در معرض این عناصر سنگین و خطرات ناشی از آن از معادلات ارائه شده توسط USEPA و با در نظر گرفتن مسیرهای خوردن، تماس پوستی، خوردن خاک استفاده شد. نقشه‌های خطر با استفاده از روش چند عاملی تهیه و عوامل مورد نیاز برای این نقشه‌ها به ترتیب زیر تهیه شدند: نقشه‌های غلظت Ni و Hg در خاک و آب با استفاده از روش کریجینگ معمولی و درون‌یابی زمین‌آماري^۱ به‌دست آمدند. دقت این روش به‌وسیله میانگین خطا^۲ (ME) و میانگین مربعات استاندارد^۳ (RMSS) و تابع میانگین خطای مطلق^۴ (MAE) (Webster and Oliver 2000) ارزیابی شد. کمینه و بیشینه غلظت Ni و Hg در

۱- Geostatistic interpolation

۲ - Mean Error

۳ - Route Mean Square Standard

۴ - Mean Absolute Error



محصولات غذایی (سیب زمینی و گندم) به منظور تهیه نقشه‌های ناپیوسته^۵ این فلزات در این محصولات، مورد استفاده قرار گرفت. سپس خطرهای ناشی از Ni و Hg در هر نقطه (پیکسل) از این نقشه‌ها با در نظر گرفتن ورودی‌های مختلف و افراد مختلف جامعه محاسبه و نقشه آن‌ها تهیه شد. برای محاسبه عدم قطعیت‌های مربوط به عوامل مختلف، دامنه کمینه-بیشینه مقدار پارامترها در محاسبات مورد استفاده قرار گرفت. برای مناطق فاقد محصول سیب زمینی، از میانگین کمینه و میانگین بیشینه غلظت فلزات سنگین در سیب زمینی تولید شده در شهرستان‌های مجاور استفاده شد. پس از تهیه نقشه‌های کمینه و بیشینه غلظت Ni و Hg در محصولات غذایی با در نظر گرفتن دامنه وزن بدن افراد و غلظت عناصر، دو نقشه کمینه و دو نقشه بیشینه Ni و Hg در محصولات غذایی برای هر کدام از گروه افراد تولید شد. برای تهیه نقشه‌های کمینه، از عملگر AND فازی (این عملگر، از میان ترکیبات مختلف وزن بدن و غلظت عناصر نقشه کمینه را تعیین می‌کند) در نرم-افزار Arc map, 2010 و برای تهیه نقشه‌های بیشینه از عملگر OR فازی (این عملگر، از میان ترکیبات مختلف وزن بدن و غلظت عناصر نقشه بیشینه را تعیین می‌کند) استفاده شد. در دیگر مسیرها، به دلیل استفاده از نقشه‌های درون‌یابی شده، هر پیکسل دارای ارزش مخصوص به خود می‌باشد (نقشه پیوسته). ارزش هر پیکسل نشان‌دهنده غلظت نیکل یا جیوه (در خاک یا آب) بر هکتار می‌باشد. بنابراین برای ارزیابی خطر غیرسرطانی ناشی از این عناصر، در این مسیرهای ورود به بدن انسان، یک نقشه کمینه و یک نقشه بیشینه برای هر گروه افراد تهیه شده و در نرم‌افزار Arc GIS ترکیب شد. سپس با استفاده از تابع عضویت S شکل فازی^۶ در نرم افزار MATLAB، امکان این که ارزش هر پیکسل از حد قابل قبول خطر (۱) بیشتر یا کمتر باشد محاسبه شد. برای تهیه نقشه‌های خطر کل، نقشه‌های کمینه و بیشینه خطر مربوط به همه مسیرها، از روش ترکیب خطی وزن داده شده^۷ (WLC) استفاده گردید و برای همه مسیرها وزن یکسان در نظر گرفته شد. بار دیگر با استفاده از تابع عضویت S شکل فازی نقشه‌های امکان خطر کل تهیه شدند.

نتایج و بحث

گسترده‌ترین محدوده خطر مربوط به خوردن گندم بوده و در مورد Hg نسبت به Ni گسترده‌تر می‌باشد. برای مثال در کبودرآهنگ، این طیف برای کودکان $0/03 - 7/11$ و در میان بزرگسالان $0/03 - 11/2$ بوده است. دلیل اصلی گستردگی این طیف، طیف وسیع Ni و مخصوصاً Hg در گندم بوده است. بیشترین خطرات مرتبط با مصرف گندم، در میان ساکنین کبودرآهنگ یافت شد. زیاده‌تر از یک بودن میزان THQ (Total Hazard Quotion) که از معادلات ارزیابی خطر بدست می‌آید، رزن، بهار، همدان و تویسرکان، برای هر دو گروه دریافت‌کننده، بیان‌گر این نکته است که کودکان و بزرگسالان این مناطق، از طریق مصرف گندم در غذای روزانه‌شان، خطرات غیرسرطانی بالقوه‌ای را تجربه می‌کنند که زیاده‌تر بودن غلظت Ni دانه در گیاهان گندم رشد یافته در این مناطق، در مقایسه با سایر نقاط، علت عمده آن است. مقادیر THQ در رزن، بهار، همدان و تویسرکان بزرگتر از ۱ بود و این امر نشان می‌دهد که کودکان و بزرگسالان ساکن در این شهرستان‌ها ممکن است در معرض خطرات ناشی از Ni در اثر خوردن گندم باشند. خطرات Ni مرتبط با خوردن سیب زمینی از الگوی متفاوتی پیروی می‌کند. در تمامی مناطق، میزان THQ برای خطرات غیرسرطانی Ni از طریق مصرف سیب زمینی، از یک کمتر بود.

۵- Discrete maps

۱- S-shaped built-in fuzzy membership function

۲- Weighted Linear Combination

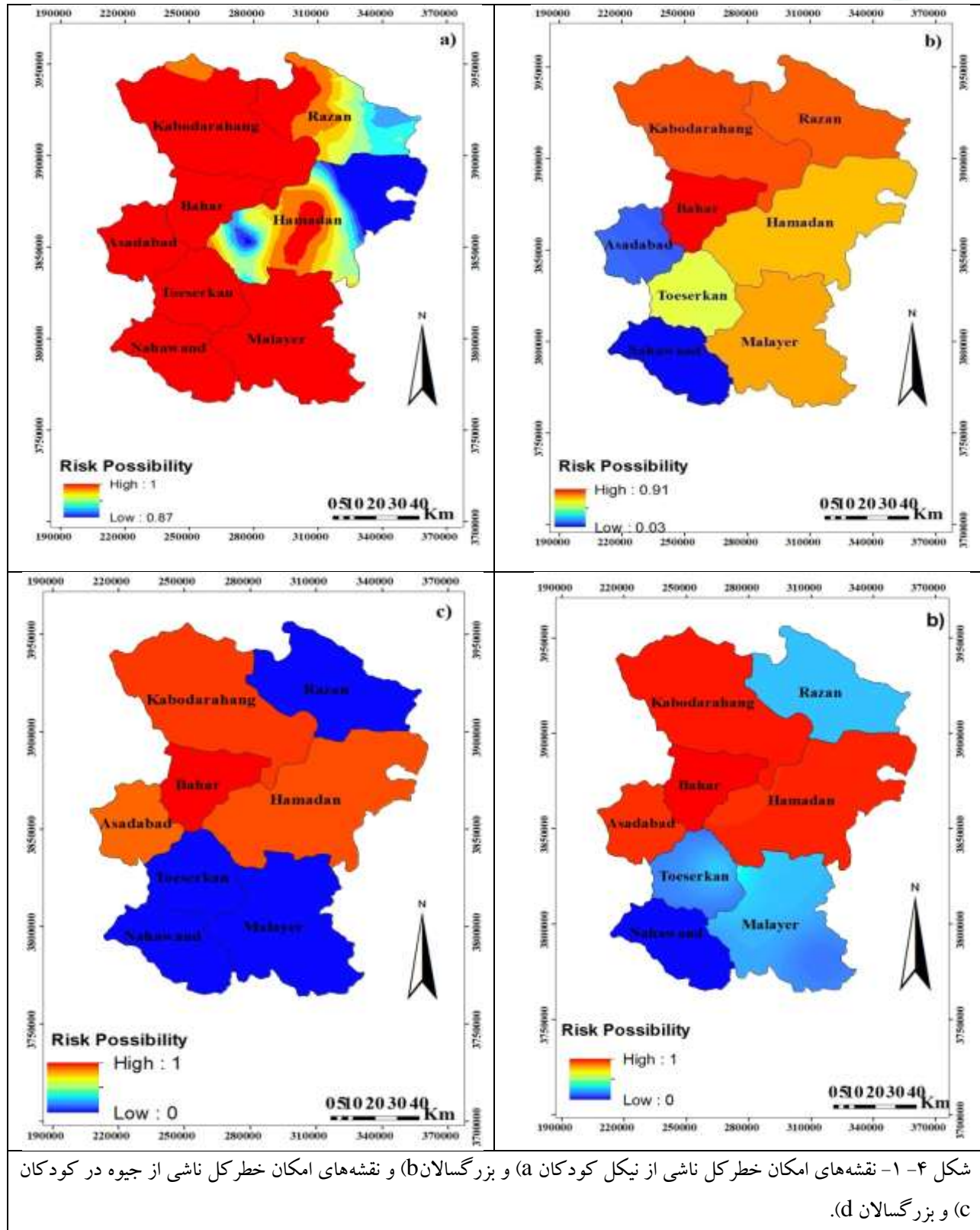


در مقابل Ni، Hg از توان بالقوه زیادی در زمینه تهدید سلامتی توسط مصرف گندم به‌ویژه در کبودرآهنگ و بهار برخوردار بود. میزان ورود جیوه به بدن از راه خوردن گندم بیشتر از RDF دهانی مربوطه بود. میانگین و بیشینه غلظت Hg در دانه گندم کشت شده در این نقاط از حد بحرانی $0.05 \text{ mg kg}^{-1} \text{ FW}$ زیادتر بود (Karami et al. 2009). به علت زیاد بودن احتمالی غلظت Hg در دانه گندم در کنار نرخ زیادی مصرف این ماده غذایی در مقایسه با دیگر محصولات، ریسک‌های بالقوه محاسبه شده مربوط به خوردن گندم، از سایر مواد غذایی زیادتر بود. در هر دو گروه دریافت‌کننده، خطر مربوط به خوردن سیب‌زمینی از یک کمتر بود. نقشه‌های امکان خطر کلی Ni در شکل ۱ نشان داده شده‌اند. محدوده خطر کل Ni برای کودکان ۲/۴۳-۰/۹۶ و برای بزرگسالان ۳/۰۶-۰/۲۱ بود. گندم، تماس پوستی با خاک، سیب زمینی، خورده شدن تصادفی خاک و نوشیدن آب نقش اصلی را در خطر کل Ni ایفا می‌کنند. دامنه خطر کل مربوط به Hg محاسبه شده برای کودکان ۷/۱۲-۰/۱۱ و برای بزرگسالان ۱۱/۳۷-۰/۱۵ بود (شکل ۱). مطابق این ارزیابی‌ها، به نظر می‌رسد که بیشتر ساکنین استان همدان، به‌طور معنی‌داری در معرض خطرهای ناشی از Hg از مسیرهای گوناگون هستند. مهم‌ترین روش‌های تأثیرپذیری از Hg در هر دو گروه افراد عبارتند از: خوردن گندم، سیب‌زمینی و نوشیدن آب.

منابع

Karami, M., M. Afyuni, A. H. Khoshgoftarmanesh, A. Papritz and R. Schulin. 2009. Grain Zinc, Iron, and Copper Concentrations of Wheat Grown in Central Iran and Their Relationships with Soil and Climate Variables. *J. Agric. Food Chem.* 57: 10876–10882.

Webster, R. & Oliver, M.A. 2000. *Geostatistics for environmental scientists*, Wiley Press.



شکل ۴-۱- نقشه‌های امکان خطر کل ناشی از نیکل کودکان (a) و بزرگسالان (b) و نقشه‌های امکان خطر کل ناشی از جیوه در کودکان (c) و بزرگسالان (d).



اثر محلولهای غذایی و بسترهای کشت در سیستم گلخانه ای بدون خاک برای افزایش عملکرد محصول گوجه فرنگی

سعید رضائیان^۱، مجید فروهر^۲، مجید بصیرت^۳

۱-۲-۳-اعضاء هیات علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی و ۳-عضو هیات علمی مؤسسه تحقیقات خاک و آب

مقدمه :

بنظر می‌رسد از بین انواع روش‌های کشت بدون خاک، کشت در مواد دانه بندی شده^۱ را می‌توان بهترین گزینه برای تولید محصولاتی مانند خیار و گوجه‌فرنگی دانست (مالوپا و همکاران ۲۰۰۱). در این روش از بسترهای آلی و معدنی برای پرورش گیاه استفاده می‌شود. گوجه فرنگی یکی از مهمترین گیاهان گلخانه ای در مناطق نیمه خشک بوده و برای تولید بهینه آن باید تحقیقاتی در زمینه اثر تغذیه بر رشد و ترکیب شیمیائی آن انجام شود (مسیحا و کریمایی، ۱۳۷۸). ایندین و تورس^۲ (۲۰۰۴) با مقایسه بسترهای پشم سنگ، پرلیت + پوسته برنج کربونیزه، پوست سرو و الیاف نارگیل بیشترین عملکرد گوجه فرنگی را در بستر پرلیت + پوسته برنج کربونیزه گزارش کردند. هاکموس و هاکموس (۱۹۹۰) در آزمایشی در فلوریدا برای محصول گوجه فرنگی بسترهای مختلف را با فرمولهای مختلف توصیه نمودند. موفقیت در کشت هیدروپونیک مستلزم استفاده از محلول غذایی با غلظت و pH متعادل جهت رفع نیازهای گیاه می‌باشد. در سیستم های هیدروپونیک چرخشی (سیستم فعال)، در هر رفت و برگشت، ماده غذایی از سیستم ریشه گذشته و تبادل کاتیونها یا آنیون های غذایی با ریشه صورت می‌پذیرد، در نتیجه به مرور زمان غلظت محلول غذایی و متعاقباً نیروی گیاه برای جذب عناصر ضروری تغییر می‌نماید. از آنجا که توسعه کشتهای گلخانه‌ای باتوجه به محدودیت‌ها و فرصت‌های موجود، در راس برنامه‌های توسعه کشاورزی کشور و به ویژه استان قرار دارد لازمست به منظور تکمیل اطلاعات پایه و بهبود درآمد گلخانه‌های هیدروپونیک طرحهای تحقیقاتی در زمینه تعیین فرمولهای مناسب تغذیه در استان انجام شود. باتوجه به بررسی به عمل آمده، در شرایط حاضر بخش عمده‌ای از کودهای مورد نیاز برای تهیه محلولهای غذایی مورد استفاده در کشت هیدروپونیک (بیش از ۸۰٪) از کشورهای اروپایی به ویژه آلمان و هلند وارد می‌شوند و مابقی کودهای مصرفی در این بخش نیز از کودهای پایه و طبق توصیه برخی کارشناسان تهیه می‌شوند. اجرای این طرح به دلیل وجود وابستگی کشور به محلولهای ترکیب شده خارجی می‌باشد. بنابراین تهیه فرمولاسیون بهینه و تعیین بستر کشت مناسب بر مبنای اختلاط ترکیبات عنصری پایه موجود در کشور بسیار ضروری و مهم می‌باشد. در این راستا و به منظور مدیریت بهینه مواد غذایی در کشت هیدروپونیک، و مخصوصاً

¹-Substrate Culture

²-Inden, H. & A. Torres (2004)



تامین نیاز عناصر غذایی محصولات سبزی و صیفی در این روش، آزمایشی در قالب طرح بلوکهای کامل تصادفی در محیط آبکشت برای رقم نومارین در گوجه‌فرنگی با سه نوع فرمول غذایی و سه نوع بستر کشت که در چهار تکرار انجام گرفت.

مواد و روشها: این آزمایش در گلخانه هیدروپونیک مرکز آموزش واقع در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی صورت گرفت. در این آزمایش، گوجه‌فرنگی از رقم نومارین و بسترهای کاشت کوکوپیت و پرلیت، و مخلوطی از هر دو بود. بذرها داخل بسترهای کشت تا هنگام جوانه زنی، با آب مقطر در سینی های پلاستیکی ریشه دار شدند. این طرح آزمایشی در قالب طرح بلوکهای کامل تصادفی در محیط آبکشت برای گوجه‌فرنگی با سه نوع فرمول غذایی و سه نوع بستر کشت که شامل: (پرلیت، و کوکوپیت) و مخلوطی از هر دو بود پرلیت + کوکوپیت (۰.۳۰٪ + ۰.۷۰٪) که در چهار تکرار انجام گرفت. بنابراین، این طرح کلا شامل ۳۶ گلدان آزمایشی بود. هر ۱۲ گلدان از یک فرمول غذایی با یک پمپ جداگانه از یک مخزن کود آبیاری می شدند. هر مخزن شامل یک فرمول غذایی بود. در پایان نمونه های گوجه‌فرنگی و برگ آنها مورد تجزیه شیمیایی قرار گرفتند. خصوصیات شیمیایی گیاه و میزان بعضی از عناصر ماکرو و میکرو در میوه گوجه‌فرنگی اندازه گیری شدند. داده‌های بدست آمده با استفاده از نرم افزارهای آماری مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. هدف اصلی مصرف بهینه آب و کودها، تعیین و بهینه نمودن ترکیبات کودی و انتخاب بستر کشت در گلخانه هیدروپونیک برای محصول گوجه‌فرنگی رقم نومارین در شرایط کنونی در استان خراسان رضوی، کاهش نیروی کار و سایر هزینه‌ها و جلوگیری از خروج ارز و واردات محلولهای غذایی گوجه‌فرنگی بود. مقادیر عناصر در فرمول (۲و۱) ها کموس و ها کموس (۱۹۹۰) تقریبا مشابه بوده، ولی در فرمول ۳ مقادیر عناصر ماکرو بیشتر و عناصر میکرو کمتر بوده است.

جدول ۱- ترکیبات کودی بکار برده شده برای گوجه‌فرنگی در هر سه فرمول در کشت هیدروپونیک این آزمایش

$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 - \text{KNO}_3$	CuSO_4
KH_2PO_4	MnSO_4
$\text{KNO}_3 - \text{KSO}_4 - \text{KH}_2\text{PO}_4$	ZnSO_4
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + 4\text{H}_2\text{O}$	$\text{Solubor} - \text{H}_3\text{Bo}_3$
MgSO_4	$\text{Na}_2(\text{Mo}_4)$
کلات آهن (۶٪ Ferrous chelate)	$\text{MgSO}_4 - \text{K}_2\text{SO}_4$



نتایج و بحث: بدین ترتیب با توجه به تجزیه واریانس داده‌های حاصله در این آزمایش گوجه فرنگی در سیستم کشت هایدروپونیک نشان داد که اختلاف معنی داری بین عملکرد تیمارهای موجود در بین بسترها و فرمولهای مختلف و همچنین اثرات متقابل آنها وجود نداشت. در حالیکه حداکثر عملکرد در تیمار بستر مخلوط به مقدار ۴۷۰۹ گرم گوجه فرنگی، و حداقل عملکرد در تیمار بستر کوکوپیت به مقدار ۴۱۱۴۸ گرم در هر گلدان در مجموع شش برداشت بود. از طرف دیگر حداکثر عملکرد در تیمار فرمول ۱ به مقدار ۴۵۷۱ گرم گوجه فرنگی، و حداقل عملکرد در تیمار فرمول ۳ به مقدار ۴۲۷۷ گرم در مجموع برداشتها بود. در بین بسترهای کشت مقادیر غلظتهای مختلف عناصر نیتروژن، فسفر، آهن و روی، در برگ اختلاف معنی داری پیدا نشد، ولی غلظت پتاسیم برگ در سطح ۵٪ معنی دار بود، که تفاوت اندکی را بین بسترهای کوکوپیت و پرلیت نشان می داد. اما در میوه گوجه فرنگی در بین بسترهای کشت مقادیر غلظتهای مختلف عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم هیچ تفاوتی نبود، در حالیکه در غلظت آهن و روی بین بسترهای پرلیت تنها و سطح مخلوط آنها تفاوت معنی داری در سطح ۵٪ بود. در بین فرمولهای مختلف مقادیر غلظتهای مختلف عناصر نیتروژن، آهن، در برگ اختلاف معنی داری پیدا نشد، ولی غلظت پتاسیم برگ در سطح ۵٪ معنی دار بود، که حداکثر آن به مقدار ۴/۳۷٪ بود. غلظت عنصر روی برگ در سطح ۵٪ معنی دار بود، که حداکثر آن به مقدار ۷۴/۲۲ ppm بود.

جدول ۲- اثر فرمولهای غذایی بر غلظتهای عناصر در میوه (آزمون دانکن $\alpha = 0.05$)

غلظت روی در میوه (ppm)	غلظت آهن در میوه (ppm)	غلظت پتاسیم در میوه (%)	غلظت فسفر در میوه (%)	غلظت ازت در میوه (%)	عملکرد در گلدان	فرمول غذایی
26.36	59.42	3.85	0.58	2.42	4571.3	فرمول ۱
32.25	49.82	3.59	0.56	2.23	4523.8	فرمول ۲
28.74	57.28	4.02	0.49	2.22	4277.3	فرمول ۳

منابع:

۱- مسیحا، س.م.، ص. کریمایی، و م. مقدم. ۱۳۷۸. مقایسه اثر سه محلول غذایی بر میزان رشد و غلظت عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم در کاهو با استفاده از سیستم هیدروپونیک. مجله نهال و بذر ۱۵ (۴): ۳۷۵-۳۸۹.

2- Hochmuth, G.J. and R.C. Hochmuth 1990. Nutrient solution formulation for hydroponic (perlite, rockwool, NFT) tomatoes in Florida. Florida Cooperative Extension Service. University of Florida. Factsheet. No. HS796

3- Inden, H. and A. Torres. 2004. Comparison of four substrates on the growth and quality of tomatoes. Acta Hort. 644:205-210.

4- Maloupa, E., Aboou-Hadid, A., Prasad, M., and C. Kavafakis. 2001. Response of cucumber and tomato plants to different substrates mixtures of pumice in substrate culture. Acta Hort. 550:593-599.



بررسی اثر نوع و مقدار زئولیت بر هدایت هیدرولیکی خاک

محسن احمدی^۱، عباس خاشعی سیوکی^۲، شهربانو سادات سیدی^۳، طیبه کبیری^۳، فاطمه خاسی^۳

۱-دانشجوی کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی دانشگاه بیرجند

۲-استادیار گروه مهندسی آب دانشگاه بیرجند

۳-دانشجوی کارشناسی گروه علوم خاک دانشگاه بیرجند

مقدمه

هدایت هیدرولیکی اشباع از مهمترین مشخصه‌های هیدرودینامیکی خاک است و بیانگر کمیتی است که در زمان تثبیت نسبی شدت جریان عبوری آب از درون خاک به دست می‌آید. تاکنون تحقیقات بسیاری بر روی تغییر این مشخصه انجام شده است. حنیفه‌لو و معاضد (۱۳۸۵) در طرحی به صورت فاکتوریل و با سه تکرار با استفاده از فاضلاب تصفیه شهر اهواز و آب رودخانه کارون در خاک لوم شنی به بررسی اثر این تیمارها بر هدایت هیدرولیکی خاک پرداختند. قلمباز و برومند نسب (۱۳۹۰) نیز در طرحی به صورت فاکتوریل تأثیر آبیاری با پساب را بر هدایت هیدرولیکی خاک بررسی کردند. رحمتی و همکاران نشان دادند که در اراضی با بافت لوم سیلتی با افزایش شوری در خاک اشباع، هدایت هیدرولیکی کاهش می‌یابد. کاکه و همکاران (۱۳۹۱) به بررسی تأثیر پوسته‌های زیستی بر هدایت هیدرولیکی خاک پرداختند. نتایج ایشان نشان داد که استفاده از این پوسته‌ها بر هدایت هیدرولیکی خاک تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ دارد به طوری که هدایت هیدرولیکی را به میزان ۱/۲ سانتی‌متر بر ساعت افزایش می‌دهد. صفری و اصغری (۱۳۹۰) با افزودن پلی‌اکریل آمید آبیونی به خاک نشان دادند که هدایت هیدرولیکی خاک نسبت به تیمار شاهد افزایش می‌یابد. زئولیت‌ها کانی‌های طبیعی هستند که به عنوان اصلاح‌کننده به خاک اضافه می‌شوند (خیوبین و ژانبین، ۲۰۰۱). این مواد جاذب رطوبت بوده و با در اختیار گذاشتن تدریجی آب جذب شده و املاح به خاک، نقش مهمی در حاصلخیزی خاک و جلوگیری از هدر رفتن آب دارند. تاکنون مطالعه‌ای روی تأثیر این مواد بر هدایت هیدرولیکی خاک انجام نشده است. بنابراین تحقیق حاضر به منظور بررسی این تأثیر و با استفاده از دو نوع زئولیت بر دو بافت خاک انجام گرفت.

مواد و روشها

این آزمایش در آزمایشگاه فیزیک خاک دانشکده کشاورزی بیرجند و با استفاده از دستگاه بار افتان انجام شد. در این آزمایش از دو نوع خاک شنی (۱۰۰٪) و شنی‌لومی استفاده شد. مشخصات خاک شنی‌لومی در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱- مشخصات خاک شنی‌لومی مورد استفاده

رس٪	سیلت٪	شن٪
۱۲	۱۴	۷۴

با استفاده از نمونه‌های خاک‌های تعیین شده ابتدا آزمایش برای تیمارهای بدون زئولیت (Z_0) انجام شد سپس زئولیت‌های پتاسیک Z_K (به قطر ۰/۵-۱ میلی‌متر) و کلسیک Z_{Ca} (به قطر ۰/۵-۷ میلی‌متر) تیمارهای حاوی



زئولیت با نسبت‌های ۲٪ (M_1)، ۶٪ (M_2) و ۱۰٪ (M_3) وزنی تهیه شد. برای انجام آزمایش ابتدا محفظه‌ی استوانه‌ای شکل دستگاه را پر از خاک کرده تا کاملاً از آب اشباع شود به طوری که هیچ فضای خالی در خاک وجود نداشته باشد. سپس جریان آب را از این استوانه عبور داده تا از سوراخ‌هایی که در زیر آن قرار دارد خارج شود. پس از هواگیری و با استفاده از یک ارتفاع مشخص آب از بالای نمونه جریان را وارد نمونه خاک کرده و زمان عبور آب را اندازه‌گیری شد. برای تعیین میزان هدایت هیدرولیکی از رابطه‌ی ۱ استفاده شد.

$$k = \frac{LA_2}{A_1(T_1 - T_0)} \ln \frac{h_0}{h_1} \quad [1]$$

که در این معادله k هدایت هیدرولیکی خاک (سانتی‌متر بر روز)، L طول نمونه خاک (سانتی‌متر)، A_1 سطح مقطع نمونه خاک (سانتی‌متر مربع)، A_2 سطح مقطع استوانه‌ای که در درون آن از h_0 به h_1 افت می‌کند (سانتی‌متر مربع)، h_0 و h_1 بار آبی در زمان‌های T_0 و T_1 (سانتی‌متر) و $(T_1 - T_0)$ فاصله زمانی (روز) می‌باشد. این آزمایش برای هر نمونه در سه تکرار انجام شد. برای تجزیه و تحلیل نتایج از روش آزمون توکی و نرم‌افزار SAS 9.1.3 استفاده گردید.

نتایج و بحث

نتایج نشان داد که نوع و مقدار زئولیت بر هدایت هیدرولیکی خاک تأثیر معنی‌دار دارد (جدول ۲). همچنین اثر متقابل نوع×مقدار زئولیت اثر معنی‌داری بر هدایت هیدرولیکی در هر دو خاک نشان داد.

جدول ۲- جدول تجزیه واریانس (آماره F) برای دو خاک شنی و شنی لومی

منابع تغییر	خاک شنی	خاک شنی لومی
Z	۵۸/۹۴***	۲۸۴/۵۰***
M	۴۰/۵۳***	۱۱۴۸/۵۵***
M×Z	۵/۶۶*	۱۸/۳۸***

* و *** به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۵ و ۰/۱ درصد می‌باشند.

استفاده از زئولیت کلسیک در هر دو خاک بر کاهش هدایت هیدرولیکی بیشتر موثر بوده است (جدول ۳) به طوری‌که هدایت هیدرولیکی را در خاک شنی ۱/۰۷ برابر و در خاک شنی لومی ۱/۹ برابر نسبت به زئولیت پتاسیک کاهش داد.

جدول ۳- مقایسه‌ی میانگین براساس نوع زئولیت برای خاک شنی و شنی لومی

منابع تغییر	خاک شنی (سانتی‌متر بر روز)	خاک شنی لومی (سانتی‌متر بر روز)
Z_k	۸۱۵/۷۰ ^a	۶۴/۲۴ ^a
Z_{ca}	۷۶۰/۴۷ ^b	۳۳/۸۰ ^b

در هر ستون حروف مشابه نشان دهنده عدم تفاوت آماری معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد با آزمون توکی می‌باشند. Z_{ca} و Z_k به ترتیب زئولیت پتاسیک و زئولیت کلسیک می‌باشند.



نتایج نشان داد که تأثیر ژئولیت کلسیک بر کاهش هدایت هیدرولیکی در خاک شنی لومی بیشتر از خاک شنی می‌باشد. با مقایسه‌ی میانگین‌ها براساس مقدار ژئولیت برای هر دو خاک مشاهده شد در خاک شنی، مقدار ۶ درصد وزنی ژئولیت بیشترین تأثیر را بر کاهش هدایت هیدرولیکی داشت (جدول ۴). احتمالاً با افزایش ژئولیت تا این سطح تأثیر ژئولیت بر نگهداشت رطوبت بوده بیشتر بوده است بنابراین افزایش میزان ژئولیت نقش نگهداری رطوبت در خاک را افزایش داده است ولی افزایش مقدار ژئولیت تا سطح ۱۰ درصد نقش ژئولیت در افزایش تخلخل بیشتر از نگهداری رطوبت بوده است. کاهش هدایت هیدرولیکی در مقدار ۶ درصد وزنی به ترتیب ۱/۱ و ۱/۰۵ برابر در مقدارهای ۲ و ۱۰ درصد وزنی به دست آمد. در خاک شنی لومی با افزایش مقدار ژئولیت از ۲ درصد به ۶ و ۱۰ درصد وزنی کاهش معنی‌داری در هدایت هیدرولیکی به دست آمد. گرچه تفاوت معنی‌داری بین مقدارهای ۶ و ۱۰ درصد مشاهده نشد. کاهش هدایت هیدرولیکی در این خاک به ترتیب برای مقدارهای ۶ و ۱۰ درصد وزنی برابر ۵/۲۳ و ۶/۹۲ مشاهده شد.

جدول ۴-مقایسه‌ی میانگین‌ها براساس مقدار ژئولیت برای دو خاک شنی و شنی لومی

تیما	خاک شنی (سانتی‌متر بر روز)	خاک شنی لومی (سانتی‌متر بر روز)
M ₁	۸۲۷/۸۰ ^a	۱۱۰/۱۲ ^a
M ₂	۷۴۸/۴۷ ^c	۲۱/۰۵ ^b
M ₃	۷۸۸/۰۰ ^b	۱۵/۹۰ ^b

در هر ستون حروف مشابه نشان دهنده عدم تفاوت آماری معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد با آزمون توکی می‌باشند. M₁، M₂ و M₃ به ترتیب نسبت ۲، ۶ و ۱۰ درصد وزنی ژئولیت می‌باشند.

با افزودن ژئولیت به هر دو نمونه خاک، هدایت هیدرولیکی نسبت به تیمار شاهد کاهش یافت (جدول ۵). در خاک شنی کمترین میزان هدایت هیدرولیکی برای تیمار Z_{ca}M₃ به دست آمد که کاهش ۱/۳۷ برابری نسبت به تیمار شاهد نشان داد. بالاترین میزان هدایت هیدرولیکی در بین تیمارهای حاوی ژئولیت به تیمار Z_kM₂ اختصاص دارد که نسبت به تیمار شاهد کاهش ۱/۰۵ برابر نشان می‌دهد. در بین ژئولیت‌های پتاسیک در این خاک کوچک‌ترین هدایت هیدرولیکی به مقدار M₁ و بزرگترین مقدار به M₂ اختصاص دارد. با افزایش مقدار ژئولیت از M₂ به M₃ هدایت هیدرولیکی ۳۲/۱۸ سانتی‌متر بر روز کاهش می‌یابد ولی این مقدار معنی‌دار نمی‌باشد. با افزایش ژئولیت کلسیک از M₁ به M₂ هدایت هیدرولیکی ۱۷/۴۶ سانتی‌متر بر روز افزایش یافت ولی معنی‌دار نشد. با افزایش ژئولیت کلسیک از مقدار M₂ به M₃ هدایت هیدرولیکی ۱۲۴/۴۶ سانتی‌متر بر روز کاهش یافت که نسبت به مقدارهای M₁ و M₂ به ترتیب ۱/۱۷ و ۱/۱۹ برابر کاهش نشان می‌دهد و این میزان کاهش، معنی‌دار می‌باشد. بالاترین میزان هدایت هیدرولیکی در خاک شنی لومی بدون در نظر گرفتن تیمار شاهد به تیمار Z_kM₃ اختصاص دارد که نسبت به تیمار شاهد کاهش ۱/۵۱ برابری نشان می‌دهد. بنابراین با توجه به نتایج به دست آمده تأثیر ژئولیت بر کاهش هدایت هیدرولیکی در خاک شنی لومی بیشتر از خاک شنی است و علت آن جذب آب وارده به خاک توسط ژئولیت‌ها می‌باشد در حالیکه در نمونه خاک شنی جریان ورودی می‌تواند از خلل و فرج درشت بین ذرات خاک و ژئولیت عبور کند. با افزودن ژئولیت پتاسیک از مقدار M₁ به M₂ هدایت هیدرولیکی در این خاک به میزان ۱۰/۴ سانتی‌متر بر روز کاهش یافت ولی معنی‌دار نشد. با افزایش ژئولیت به مقدار M₃ هدایت هیدرولیکی به میزان معنی‌داری نسبت به دو مقدار قبلی افزایش نشان داد. استفاده از ژئولیت



کلسیک در این خاک پایین‌ترین میزان هدایت هیدرولیکی را نشان داد و در تیمار $Z_{ca}M_1$ با کاهش ۱۹/۵۹ برابری نسبت به تیمار شاهد کمترین مقدار را داشت. با افزایش مقدار زئولیت کلسیک میزان هدایت هیدرولیکی افزایش یافت ولی نسبت به مقدار M_1 تفاوت معنی‌داری نشان نداد. بنابراین نتایج این تحقیق نشان داد که مقدار و نوع زئولیت اثرات متفاوتی بر هدایت هیدرولیکی خاک داشته و کاربرد زئولیت با کاهش هدایت هیدرولیکی خاک سبب افزایش ماندگاری بیشتر رطوبت شد.

جدول ۵- مقایسه‌ی میانگین هدایت هیدرولیکی براساس نوع و مقدار زئولیت برای خاک شنی و

شنی لومی

نوع و مقدار زئولیت	خاک شنی (سانتی‌متر بر روز)	خاک شنی لومی (سانتی‌متر بر روز)
Z_0	۸۶۶/۸۴ ^a	۱۳۲/۴۶ ^a
Z_kM_1	۷۵۹/۳۴ ^{cd}	۳۵/۳۴ ^c
Z_kM_2	۸۲۰/۹۴ ^b	۲۴/۹۴ ^{cd}
Z_kM_3	۷۸۸/۷۶ ^{bc}	۸۷/۷۸ ^b
$Z_{ca}M_1$	۷۳۷/۶۰ ^d	۶/۷۶ ^e
$Z_{ca}M_2$	۷۵۵/۰۶ ^{cd}	۶/۸۷ ^e
$Z_{ca}M_3$	۶۳۰/۶۰ ^e	۱۴/۶۷ ^{de}

در هر ستون حروف مشابه نشان دهنده عدم تفاوت آماری معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد با آزمون توکی می‌باشند. Z_{ca} و Z_k به ترتیب زئولیت پتاسیک و زئولیت کلسیک بوده و M_1 ، M_2 و M_3 به ترتیب نسبت ۲، ۶ و ۰ درصد وزنی زئولیت می‌باشند.

منابع

۱. حنیفه‌لو، ا. معاضد، ه. ۱۳۸۵. اثر آبیاری با فاضلاب تصفیه شده بر روی ضریب هدایت هیدرولیکی اشباع در خاک با بافت لوم شنی. اولین همایش ملی مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی. دانشگاه چمران. اهواز
۲. رحمتی، ف. شریفان، ح. فرزادمنش، س. ۱۳۹۰. بررسی تأثیر شوری بر مقدار هدایت هیدرولیکی خاک با استفاده از روش چاهک معکوس و پرماتر گلف بالای سطح ایستایی. پنجمین کنفرانس سراسری آبخیزداری و مدیریت منابع آب و خاک کشور. انجمن مهندسی آبیاری و آب ایران. کرمان.
۳. صفری، ن. اصغری، ش. ۱۳۹۰. اثرات پلی‌اکریل‌آمید آنیونی بر تخلخل و هدایت هیدرولیکی یک خاک لوم رسی. اولین کنگره ملی علوم و فناوری‌ها نوین کشاورزی. دانشگاه زنجان. زنجان.
۴. قلمباز، س. برومند نسب، س. ۱۳۹۰. اثر آبیاری با پساب بر روی هدایت هیدرولیکی اشباع خاک. اولین همایش منطقه‌ای محیط زیست و آلاینده‌ها. دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز. اهواز.
۵. کاکه، ج. گرجی، م. پوربابایی، ا. طویلی، ع. ۱۳۹۱. تأثیر پوسته‌های زیستی بر هدایت هیدرولیکی خاک جهت افزایش انتقال آب در خاک. ششمین همایش ملی مهندسی محیط زیست. دانشگاه تهران دانشکده محیط زیست. تهران.

6. Xiubin, H. and Zhanbin, H. 2001. Zeolite application for enhancing water infiltration and retention in loess soil, Resources, Conservation and Recycling. 34: 45-52.



بررسی تغییرات منحنی مشخصه رطوبتی خاک با کاربرد ژئولیت پتاسیک

محسن احمدی^۱، عباس خاشعی سیوکی^۲، طیبه کبیری^۳، شهربانو سادات سیدی^۳، فاطمه خاسی^۳

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی دانشگاه بیرجند

۲- استادیار گروه مهندسی آب دانشگاه بیرجند

۳- دانشجوی کارشناسی گروه علوم خاک دانشگاه بیرجند

مقدمه

با توجه به قرار گرفتن کشور ما در منطقه خشک و نیمه‌خشک توجه به استفاده بهینه از منابع آبی امری ضروری به حساب می‌آید. در کشاورزی نیز توجه به استفاده بهینه از آب می‌بایست مورد توجه قرار گیرد. یکی از روش‌های بهینه‌سازی مصرف آب در کشاورزی افزودن مواد جاذب رطوبت جهت نگهداری بیشتر رطوبت در خاک می‌باشد (نورافکن، ۱۳۸۶). علاوه بر این نحوه‌ی بررسی میزان رطوبت در خاک نیز می‌تواند به درک بیشتر این موضوع کمک کند. یکی از بهترین روش‌های بررسی میزان رطوبت در خاک تشکیل منحنی رطوبتی خاک می‌باشد که سبب درک بهتر رابطه‌ی بین نیروی مکش و رطوبت خاک می‌گردد. این منحنی در روابط آب و خاک بسیار مهم است زیرا بیان‌کننده‌ی اصول فیزیکی خاک و میزان رطوبت قابل برای جذب گیاه می‌باشد (عالمی، ۱۳۶۰).

ژئولیت‌ها به عنوان مواد جاذب رطوبت در خاک برای این امر می‌توانند مفید باشند. ژئولیت‌ها کانی‌های طبیعی هستند که به عنوان اصلاح‌کننده به خاک اضافه می‌شوند. این مواد جاذب رطوبت بوده و با در اختیار گذاشتن تدریجی آب جذب شده و املاح به خاک، نقش مهمی در حاصلخیزی خاک و جلوگیری از هدر رفتن آب دارند. استفاده از ژئولیت می‌تواند منحنی رطوبتی خاک را تغییر داده و سبب افزایش نگهداری رطوبت شود (یاسودا و همکاران، ۱۹۹۵). حق‌شناس گرگابی و بیگی هرچگانی (۱۳۸۹) با افزایش سطوح مختلف ژئولیت (۲، ۵ و ۸ درصد) به دو نوع خاک شنی و لومرسی نشان دادند که افزایش ژئولیت میزان رطوبت را نسبت به تیمار شاهد در هر دو بافت خاک افزایش داد ولی تأثیر بیشتری بر بافت شنی گذاشت. با توجه به تفاوت در ژئولیت‌های موجود در کشور توجه به نوع ژئولیت مورد استفاده ضروری می‌باشد زیرا تأثیر هر ژئولیت بر واکنش خاک می‌تواند متفاوت باشد. اسد کاظمی (۱۳۸۴) گزارش کرد که کاربرد ۶ درصدی ژئولیت سمنان نسبت به کاربرد ۶ درصدی ژئولیت فیروزکوه بیشترین افزایش را در رطوبت قابل استفاده خاک نشان داد.

بررسی منابع نشان داد که تاکنون مطالعات اندکی بر روی تأثیر ژئولیت بر منحنی مشخصه‌ی رطوبتی خاک صورت گرفته و تاکنون مطالعه‌ای بر روی ژئولیت پتاسیک در این خصوص انجام نشده است. بنابراین تحقیق حاضر به منظور بررسی نقش این ژئولیت بر منحنی مشخصه‌ی رطوبتی خاک انجام شد.

مواد و روشها

این آزمایش در سال ۱۳۹۲ در آزمایشگاه فیزیک خاک دانشکده کشاورزی بیرجند انجام شد. به منظور تهیه نمونه‌ها ژئولیت پتاسیک به اندازه‌ی ۱-۵/۰ میلی‌متر در سه سطح (صفر، ۲درصد و ۶ درصد وزنی) به خاک افزوده شد. خاک مورد نظر از مزرعه کشاورزی کشت زعفران در بیرجند تهیه شد. مشخصات ژئولیت پتاسیک و خاک آزمایش به ترتیب در جداول ۱ و ۲ نشان داده شده است.



جدول ۱- مشخصات خاک مورد استفاده

SAR	EC (ds.m ⁻¹)	pH	Na	K	Mg	Ca	N (Total) %	جرم مخصوص ظاهری (g.cm ⁻³)	بافت خاک	رس	سیلت	شن
-		-	(meq.lit ⁻¹)				%	(g.cm ⁻³)	-		%	
۱۵/۵۸	۱۳/۱۶	۷	۹۱/۳	۱۰/۷	۳۸	۳۰/۸	۰/۰۷۸	۱/۶۱	شنی لومی	۶	۳۸	۵۶

جدول ۲- ترکیبات زئولیت پتاسیک مورد استفاده

SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	CaO (%)	Na ₂ O (%)	K ₂ O (%)	MgO (%)	TiO ₂ (%)	MnO (%)	P ₂ O ₅ (%)	نوع زئولیت
۷۰/۲۵	۷/۶۸	۰/۹۱	۱/۱۲	۳/۱۰	۳/۴۳	۰/۳۹	۰/۱۵۳	۰/۰۱۷	۰/۰۰۶	زئولیت پتاسیک
L.O.I (%)	SO ₃ (%)	Cl (ppm)	Ba (ppm)	Sr (ppm)	Cu (ppm)	Zn (ppm)	Pb (ppm)	Ni (ppm)	Cr (ppm)	نوع زئولیت
۱۱/۸۴	۰/۶۰۰	۲۰۴۹	۱۱۵۸	۶۶۶	۵۶	۲	۲۷	۵	۶	زئولیت پتاسیک

نمونه‌های اشیاع شده پس از توزین در دستگاه صفحات فشاری قرار گرفت. دستگاه بر روی فشارهای ۰/۲، ۰/۴، ۰/۶، ۱، ۱/۲، ۲/۵ و ۳ اتمسفر تنظیم شد. در فشارهای مورد نظر نمونه‌ها از دستگاه صفحات فشاری خارج شده و به مدت ۲۴ ساعت در آون با دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. پس از خشک شدن نیز نمونه‌ها توزین شد. رطوبت وزنی در هر فشار براساس رابطه‌ی ۱ تعیین شد:

$$\theta_m = \frac{W_s - W_d}{W_s} \quad [1]$$

که θ_m نسبت رطوبت وزنی (-)، W_s وزن خاک در حالت اشیاع (گرم) و W_d وزن خاک خشک (گرم) می‌باشد. سپس رطوبت وزنی مطابق معادله ۲ به رطوبت حجمی تبدیل شد.

$$\theta_v = \theta_m \times \rho_b \quad [2]$$

سپس تأثیر مقدار زئولیت بر نگهداشت آب در خاک و همچنین بر ضرایب منحنی رطوبتی حاصل از برازش دو مدل ون‌گنوختان (۱۹۸۰) و بروکس-کوری (۱۹۶۴) مورد ارزیابی قرار گرفت. معادله‌ی ون‌گنوختان (۱۹۸۰) و بروکس-کوری (۱۹۶۴) به ترتیب در رابطه‌های ۳ و ۴ نشان داده شده است:

$$\theta(h) = \theta_r + \frac{\theta_s - \theta_r}{(1 + (\alpha\psi)^n)^m} \quad [3]$$

$$\theta = \theta_r + (\theta_s - \theta_r)(\alpha\psi)^{-\lambda} \quad \left(\psi \geq \frac{1}{\alpha}\right) \quad [4]$$



$$\theta = \theta_s \quad \left(0 \leq \psi < \frac{1}{\alpha} \right)$$

که ψ قدر مطلق پتانسیل ماتریک (مکش)، θ_s و θ_r به ترتیب رطوبت حجمی اشباع و رطوبت حجمی باقیمانده در خاک، θ رطوبت حجمی خاک، α عکس مکش نقطه ورود هوا، n شیب کلی منحنی رطوبتی، λ پارامتر توزیع انداز منافذ خاک است. به منظور تعیین پارامترهای معادلات از نرم‌افزار SWRC استفاده شد.

نتایج و بحث

با مقایسه‌ی مدل‌های به کار رفته مشاهده شد که معادله‌ی بروکس کوری نتایج را با دقت بیشتری به دست داد است (جدول ۳).

جدول ۳- آماره R^2 برازش دو مدل منحنی رطوبتی

معادله	Z_0	Z_2	Z_6
بروکس-کوری	$R^2 = 0.901$	$R^2 = 0.786$	$R^2 = 0.992$
ون گنوختان	$R^2 = 0.807$	$R^2 = 0.779$	$R^2 = 0.991$

Z_0 ، Z_2 و Z_6 به ترتیب سطوح صفر، ۲ و ۶ درصد وزنی زئولیت پتاسیک می‌باشند.

نتایج نشان داد که ضریب تبیین در برازش منحنی مشخصه‌ی رطوبتی برای زئولیت پتاسیک بیشتر از سایر سطوح مصرف زئولیت می‌باشد و نرم‌افزار SWRC در تعیین منحنی مشخصه‌ی رطوبتی برای Z_2 از دقت پایینی برخوردار بوده است. بیشترین اختلاف بین ضرایب تبیین دو معادله‌ی بروکس کوری و ون گنوختان در برازش منحنی مشخصه‌ی رطوبتی برای Z_0 به دست آمد که این اختلاف برابر ۰/۰۹۴ بود. همچنین نتایج نشان داد که افزودن زئولیت به خاک سبب کاهش رطوبت اشباع در معادله‌های بروکس-کوری و ون گنوختان می‌شود (جدول ۴). افزایش سطح زئولیت از صفر به ۲ درصد وزنی سبب کاهش ۳۷/۵ و ۲۹/۸ درصدی رطوبت اشباع به ترتیب در معادله‌های بروکس-کوری و ون گنوختان گردید. با افزودن ۶ درصد وزنی زئولیت پتاسیک، رطوبت اشباع کاهش ۴۷/۳ و ۳۸/۶ درصدی نسبت به تیمار شاهد به ترتیب در معادله‌های بروکس-کوری و ون گنوختان نشان داد. میزان رطوبت باقیمانده در فشار ۳ اتمسفر با افزایش سطح زئولیت به ۲ درصد وزنی کاهش یافت. رطوبت باقیمانده در سطح ۶ درصد وزنی نسبت به سطح ۲ درصد وزنی افزایش نشان داد. گرچه در معادله‌ی ون گنوختان مقدار رطوبت باقیمانده عدد بسیار کمی را نشان داد ولی نمی‌توان با قطعیت آن را پذیرفت زیرا ضریب تبیین در این سطح زئولیت عدد پایینی می‌باشد. با مقایسه‌ی رطوبت باقیمانده در دو معادله به کار رفته مشاهده شد که به جز تیمار Z_6 سایر اعداد در معادله‌ی ون گنوختان بیشتر می‌باشد. میزان کاهش رطوبت باقیمانده نسبت به اشباع در معادله‌ی بروکس-کوری و در تیمارهای Z_0 ، Z_2 و Z_6 به ترتیب ۴۷/۲، ۳۹/۲۵ و ۸ درصد می‌باشد. این کاهش در معادله‌ی ون گنوختان برای سطوح صفر و ۶ درصد وزنی زئولیت به ترتیب ۵۶/۳۵ و ۷/۸ درصد می‌باشد. در سطح ۲ درصد وزنی مدل من گنوختان کمترین میزان رطوبت باقیمانده را در بین سایر رطوبت‌ها نشان داد. زئولیت در این خاک با افزایش تخلخل میزان نگاه‌داشت رطوبت در حالت اشباع را کاهش داد ولی میزان رطوبت



باقی‌مانده بر اثر افزایش فشار در دستگاه صفحات فشاری در تیمارهای حاوی زئولیت بیشتر بود. بنابراین زئولیت علاوه بر کاهش حالت ماندابی در این خاک مدت زمان بیشتری می‌تواند رطوبت قابل دسترس برای گیاه را نگه بدارد. همچنین نتایج نشان داد که میزان سرعت تخلیه آب از خاک (پارامتر n) با افزایش سطح زئولیت کاهش می‌یابد. این نتایج با مشاهدات حق‌شناس گرگابی و بیگی هرچگانی (۱۳۸۹) مطابقت دارد. ایشان نیز با افزودن زئولیت کلینوپتیلولایت به دو خاک شنی و لومرسی گزارش کردند که میزان رطوبت باقی‌مانده در هر دو خاک با افزایش زئولیت بیشتر شد و میزان سرعت تخلیه از خاک کاهش یافت.

جدول ۴- مشخصات پارامترهای معادلات بروکس کوری و ون‌گنوختان

معادله	پارامتر	Z_0	Z_2	Z_6
بروکس-کوری	θ_s	۰/۶۶۷۹۱	۰/۴۱۷۵۹	۰/۳۵۱۶۵
	θ_r	۰/۳۵۲۳۵	۰/۲۵۳۶۸	۰/۳۳۳۴۸
	α	۰/۰۰۷۶	۰/۰۰۹۵	۰/۰۰۱
ون‌گنوختان	λ	۱/۶۲۶۷	۰/۱۴۵۲۲	۳/۱۰۹۸
	θ_s	۰/۵۷۲۸۱	۰/۴۰۱۸۹	۰/۳۵۱۶۷
	θ_r	۰/۲۴۹۹۹	۰/۰۳۰۵۵	۰/۳۲۴۱۹
	α	۰/۰۱۰۳۷۳	۰/۰۰۰۶۶	۰/۰۰۰۸۸
	n	۱/۳۷۲۰	۱/۱۳۲۸	۸/۵۴۸۹

Z_0 ، Z_2 و Z_6 به ترتیب سطوح صفر، ۲ و ۶ درصد وزنی زئولیت پتاسیک می‌باشند.

منابع

۱. اسدکاظمی، ج.، ۱۳۸۴. اثر پلیمر سوپر آب A200 و دو نوع زئولیت فیروزکوه و سمنان بر شاخص‌های رشد و نیاز آبی دو گونه گیاهی فضای سبز اصفهان. پایان نامه کارشناسی ارشد. رشته آبیاری. دانشکده کشاورزی. دانشگاه صنعتی اصفهان.
۲. حق‌شناس گرگابی، م.، بیگی هرچگانی، ح.، ۱۳۸۹. اثر زئولیت میانه بر ظرفیت نگهداری آب و ضرایب مدل‌های منحنی رطوبتی دو بافت خاک شنی و لومرسی، مجله پژوهش آب ایران، ۴(۶): ۳۵-۴۲.
۳. عالمی، م. ح.، ۱۳۶۰. آب و خاک (ترجمه). چاپ اول. انتشارات دانشگاه تهران.
۴. نورافکن، ح.، ۱۳۸۶. مزایای استفاده از استاکوسورب و زئولیت در آمیخته‌های خاکی گلخانه‌ها. اولین کارگاه فن‌ب ارتقای کارایی مصرف آب با کشت محصولات گلخانه‌ای. شماره ۱۸. ۹ ص.
5. Brooks, R.H., and A.T. Corey 1964. Hydraulic properties of porous media. Hydrol. Paper 3. Colorado State Univ., Fort Collins, CO, USA.
6. Van Genuchten, M. 1980. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. Soil Sci. Soc. Am. J. 44:892-898.
7. Yasuda H. Takuma K. Fukuda T. Suzuki J. and Fukushima Y. 1998. Effects of zeolite amendment on water and salt characteristics in soil proceedings of the International Agricultural Engineering Conference, Bangkok. Thailand. 837-842.



برآورد سرعت نهایی نفوذ آب در خاک با استفاده از توابع انتقالی حاصل از رگرسیون چندمتغیره و رگرسیون ریج

مهدی طاهری^۱، سمیرا واحدی^۲، حمید زارع ایبانه^۲، محمد عباسی^۳

۱- استادیار، عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی استان زنجان

۲- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد و دانشیار گروه آبیاری دانشگاه بوعلی سینا همدان

۳- کارشناس ارشد مرکز تحقیقات کشاورزی استان زنجان

مقدمه

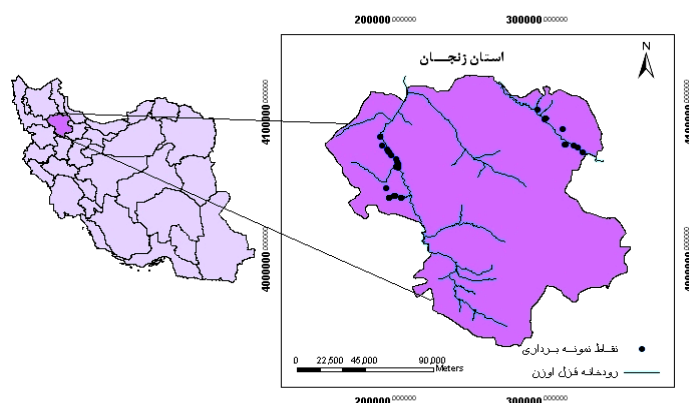
تعیین خصوصیات هیدرولیکی خاک‌های زراعی از دیدگاه طراحی صحیح روش‌های آبیاری و زهکشی و عملکرد سازه‌های مرتبط با طرح‌های کشاورزی از اهمیت فراوانی برخوردار است. ارزیابی نفوذپذیری به دلیل محدودیت‌های مختلفی هم‌چون تغییرات مکانی و زمانی و هزینه‌بر بودن جمع‌آوری داده‌ها، غالباً از روش‌های غیرمستقیم صورت می‌گیرد (محمدی و رفاهی، ۱۳۸۵). در بین مدل‌های تخمین مدل‌های رگرسیونی چندمتغیره (MLRM) از جمله روش‌های آماری هستند که به دلیل توانایی مدل‌سازی سیستم‌های پیچیده در بسیاری از علوم مانند آب و خاک به کار رفته‌اند (گیوی و پراشرب، ۲۰۰۴). مدل‌های رگرسیونی رابطه بین یک متغیر وابسته با تعدادی متغیر مستقل را از راه برازش یک سری توابع معین بر داده‌ها تعیین می‌نماید (مک‌براتی و همکاران، ۲۰۰۲). اولین بار بوما در سال ۱۹۸۹ از مدل‌های رگرسیونی در علوم خاک استفاده نمود. مدل‌های رگرسیونی با وجود پیشرفت‌های علمی و بهبود لوازمات اندازه‌گیری، به دلیل سادگی هم‌چنان مورد استفاده پژوهشگران در عرصه‌های مختلف هستند (همایی و فرخیان فیروزی، ۲۰۰۸؛ راولز و پاشپسکی، ۲۰۰۲). پرچمی عراقی و همکاران (۱۳۸۹) در پژوهشی با استفاده از مدل‌های رگرسیون معمولی به برآورد نفوذ تجمعی آب در زمان‌های مختلف و خاک‌های آهکی پرداخته شد که نتایج آن نشان داد با افزایش زمان آزمایش و نزدیک شدن به میزان نفوذ نهایی، کارایی مدل‌ها نیز افزایش می‌یابد (پرچمی عراقی و همکاران، ۱۳۸۹). وجود هم خطی بین پارامترهای مورد استفاده در مدل‌های رگرسیون خطی چندمتغیره، باعث ایجاد هم‌راستایی خطی و کاهش کارایی این مدل‌ها می‌گردد. برای افزایش کارایی توابع انتقالی و کاهش تاثیر پدیده هم خطی می‌توان آن‌ها را با مدل‌های رگرسیونی ریج^۱ توسعه داد. در پژوهش‌های مرتبط با مسائل آب و خاک کمتر به بحث هم‌راستایی توابع رگرسیونی پرداخته شده است. در همین راستا در پژوهش حاضر به بررسی توابع انتقالی حاصل از رگرسیون معمولی و رگرسیون ریج در برآورد سرعت نهایی نفوذ آب به خاک‌های حاشیه رود خانه قزل اوزن (منطقه طارم و ماهنشان) در استان زنجان ارزیابی پرداخته شده است.

مواد و روشها

پژوهش حاضر مربوط به نمونه‌های تهیه شده از باغات حاشیه رودخانه قزل اوزن در شهرستان ماهنشان و طارم، استان زنجان است (شکل ۱). سرعت نفوذ آب به خاک به روش استوانه‌های مضاعف در ۳۰ نقطه و با ۳ تکرار اندازه‌گیری گردید. همچنین از پارامترهای درصد ذرات بافت خاک، درصد رطوبت اولیه و رطوبت اشباع (SP)،

¹ Ridge regression

درصد رطوبت در مکش ۳۳ کیلو پاسکال (FC)، هدایت هیدرولیکی اشباع (Ks)، هدایت الکتریکی عصاره اشباع، ماده آلی (OC)، نسبت جذب سدیم (SAR) و جرم مخصوص ظاهری استفاده شد. تمامی داده‌های استخراجی به‌عنوان داده‌های پایه در بانک اطلاعاتی ایجاد شده در محیط نرم‌افزاری SPSS جهت استفاده‌های بعدی دسته‌بندی و با انجام آزمون‌های شاپیرو ویلک نسبت به نرمال بودن و همگنی آن‌ها اطمینان حاصل شد.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه و محل نمونه برداری

برای ایجاد توابع انتقالی از سه گروه پارامتر استفاده گردید. انتخاب این پارامترها با بررسی میزان ضرایب همبستگی و نتایج پژوهش‌های پیشین انجام گردید (قربانی دشتکی و همکاران، ۱۳۸۸). بر این اساس پارامترهای گروه اول شامل نسبت ذرات بافت خاک (رس، سیلت و شن)، وزن مخصوص ظاهری، درصد اشباع خاک و رطوبت ظرفیت زراعی و گروه دوم بر مبنای هدایت الکتریکی، نسبت جذب سدیم و کربن آلی و در نهایت گروه سوم مجموع پارامترهای گروه اول و دوم انتخاب شد. در این پژوهش محاسبات مربوط به تعیین ضرایب توابع انتقالی از طریق دو روش رگرسیون معمولی و رگرسیون ریب انجام شد. رگرسیون چند متغیره خطی از طریق ایجاد رابطه خطی بین متغیرهای مستقل به پیش‌بینی مقدار پارامترهای وابسته می‌پردازد (رابطه ۱).

$$I = a_0 + a_1 X_{i1} + a_2 X_{i2} + \dots + a_m X_{im} + \varepsilon \quad i = 1, \dots, n \quad [1]$$

در رابطه فوق X_1, \dots, X_m متغیرهای مستقل ورودی، a_1, \dots, a_m ضرایب مدل رگرسیونی که از روش کمترین مربعات بدست می‌آید، ε مقدار خطا و n تعداد مشاهدات است. روش‌های مختلفی برای ورود پارامترها در معادلات وجود دارد که در این پژوهش از روش هم‌زمان استفاده گردید. اگر رابطه هم‌خطی بین متغیرهای وابسته برقرار باشد، خطای مدل و واریانس ضرایب رگرسیونی حاصل افزایش یافته و قدرمطلق برآوردهای کمترین مربعات نسبتاً بزرگ و ناپایدار می‌گردد (نتر و همکاران، ۱۹۹۶). رگرسیون ریب روشی برای کاهش خطای هم‌خطی پارامترها است (هویرل، ۱۹۷۰). در این روش با صرف نظر از فرض ناریب بودن ضرایب (a)، برای آن‌ها مقدار کمی اریبی در نظر گرفته می‌شود (رضایی و همکاران، ۱۳۷۷). ضرایب جدید، با حل معادلات خطی که در

آن‌ها همبستگی بین متغیرها در نسبت $\frac{1}{1+k}$ ضرب شده بدست می‌آیند (رابطه ۲). معمولاً مقدار k را بین صفر و یک در نظر می‌گیرند. افزایش میزان k باعث افزایش میزان اریبی می‌گردد (دبوشو، ۲۰۰۸).

$$(1+k)a_1 + r_{12}a_2 + \dots + r_{1m}a_m = r_{1R}$$

$$r_{12}a_1 + (1+k)a_2 + \dots + r_{1m}a_m = r_{2R}$$

⋮

$$r_{1m}a_1 + r_{2m}a_2 + \dots + (1+k)a_m = r_{mR}$$

در روابط بالا، r_{ij} و r_{iR} به ترتیب ضریب همبستگی بین متغیر مستقل و متغیر تابع R و متغیرهای مستقل i و j است.

همچنین برای تعیین k مناسب پس از برآورد ضرایب رگرسیون رنج با k های مختلف بین صفر و یک، نمودار حاصل از مقادیر برآوردی و k های مختلف رسم گردید و کمترین مقدار k که در آن ضرایب برآوردی به حالت پایدار رسیده اند، تعیین گردید. محاسبات مربوط به رگرسیون رنج در محیط نرم افزار آماری NCSS انجام شد. برای ارزیابی دقت مدل ها و میزان خطای بین داده های برآورد شده و اندازه گیری شده از آماره های مجذور میانگین مربعات خطا (RMSE) و میانگین مطلق خطا (MAE) استفاده گردید (روابط ۳ و ۴).

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [I_{i(est)} - I_{i(model)}]^2} \quad [۳]$$

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^n |I_{i(est)} - I_{i(model)}|}{n} \quad [۴]$$

n تعداد داده ها، $I_{i(est)}$ مقدار سرعت نهایی نفوذ اندازه گیری شده و $I_{i(model)}$ سرعت نهایی نفوذ برآوردی است.

نتایج و بحث

جهت تعیین توابع انتقالی، پارامترهای زودیاخت تاثیرگذار بر فرآیند نفوذ آب به خاک در سه گروه تقسیم بندی شدند. از دو روش رگرسیون چند متغیره خطی معمولی و رنج برای طراحی توابع انتقالی استفاده گردید. نتایج حاصل از ارزیابی معادلات با آماره های خطاسنجی و ضرایب مدل ها در جدول ۱ گزارش شده است. با قرار دادن ضرایب حاصل، در فرم کلی مدل های رگرسیونی، توابع انتقالی تشکیل می گردند.

جدول ۱- ضرایب توابع انتقالی حاصل از رگرسیون معمولی و رنج و نتایج معیارهای

ارزیابی (cm.h^{-1})

MAE	RMSE	ضرایب پارامتر											
		ضریب	θ_{FC}	SP	S	Si	C	BD	EC_e	SAR	OC		
۲/۵۲	۳/۹۷	-۵/۹۱	۰/۰۴	-۰/۱۲	۰/۳۳	-۰/۴۰	۰/۰۰	-۱۴/۳۴	-	-	-	۱ [†]	رگرسیون معمولی
۲/۰۹	۳/۷۳	۲۱/۶۷	-	-	-	-	-	-۳/۰۰	-۱۲/۴۱	۶/۲۳	۲/۲۳	۲ ^{††}	
۲/۰۹	۳/۱۸	۵۰/۶۸	۰/۱۲	-۰/۱۸	۰/۰۰	-۰/۰۶	۰/۲۶	-۱۲/۰۸	-۴/۵۰	-۱۳/۱۴	۹/۵۰	۳ ^{†††}	
۲/۴۸	۳/۷۹	۲۵/۱۰	-۰/۰۸	۰/۰۵	۰/۰۴	۰/۱۳	-۰/۱۸	-۱۳/۵۹	-	-	-	۱ [†]	رگرسیون رنج
۲/۴۹	۳/۶۸	۲۴/۷۶	-	-	-	-	-	-	-۲/۹۰	-۱۵/۴۰	۵/۴۹	۲ ^{††}	
۱/۸۰	۳/۰۳	۵۳/۱۴	-۰/۰۱	-۰/۲۵	۰/۰۲	۰/۱۱	-۰/۱۲	-۱۱/۰۵	-۵/۰۲	-۱۴/۷۸	۹/۴۸	۳ ^{†††}	

† گروه ۱ پارامترهای فیزیکی زودیاخت
 †† گروه ۲ پارامترهای شیمیایی زودیاخت
 ††† گروه ۳ پارامترهای فیزیکی و شیمیایی زودیاخت

مطابق نتایج جدول ۱، ساختار اطلاعاتی گروه سوم که متشکل از پارامترهای شیمیایی و فیزیکی است در هر دو روش رگرسیونی معمولی و رنج دارای عملکرد بهتری در برآورد سرعت نهایی نفوذ نسبت به گروه اول و دوم است. با این حال توابع انتقالی حاصل از پارامترهای زودیاخت شیمیایی از لحاظ آماره های RMSE و MAE تخمین بهتری نسبت به گروه اول یا پارامترهای ورودی فیزیکی داشتند. علت این امر را می توان در پراکندگی بیشتر داده های فیزیکی و بالاتر بودن ضرایب تغییرات آنها نسبت به پارامترهای شیمیایی خاک های منطقه



مورد مطالعه دانست. از مقایسه نتایج مدل سازی دو روش رگرسیونی در جدول ۱ مشاهده می گردد که روش رگرسیونی ریح باعث کاهش خطای برآورد در دو گروه اطلاعات ورودی اول و سوم نسبت به رگرسیون معمولی شده است. افزایش کارایی مدل سازی در حالت رگرسیون ریح ناشی از حذف خطای همراستایی بین پارامترهای ورودی در این دو گروه است. نتایج برتری مدل سازی رگرسیون ریح نسبت به رگرسیون معمولی در پژوهش دیگری نیز مشاهده گردید (عساکره، ۱۳۸۳). در این پژوهش روش رگرسیونی ریح عملکرد بهتری در مدل سازی تغییرات مکانی عناصر اقلیمی نسبت به رگرسیون معمولی داشت که علت این برتری در حذف عوامل همخطی در رگرسیون ریح بیان شد. در نهایت می توان نتیجه گرفت که برآورد سرعت نهایی نفوذ با به کارگیری پارامترهای فیزیکی و شیمیایی خاک های منطقه مورد مطالعه در حالت رگرسیون ریح عملکرد بهتری نسبت به رگرسیون معمولی داشت. پیشنهاد می گردد برای کاهش خطای برآورد برخی مدل های رگرسیونی چند متغیره خطی از روش رگرسیون ریح برای حذف خطای همراستایی خطی متغیرهای مستقل استفاده شود.

منابع

۱. پرچی عراقی ف، میرلطیفی م، قربانی دشتکی ش. و مهدیان م، ۱۳۸۹. برآورد نفوذ تجمعی آب به خاک با استفاده از توابع انتقالی در خاک های آهکی. پژوهش های حفاظت آب و خاک. ۱۷(۳): ۴۴-۲۵.
۲. رضایی ع و سلطانی ا، ۱۳۷۷. مقدمه ای بر تحلیل رگرسیون کاربردی. انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان.
۳. عساکره ح، ۱۳۸۳. مدل سازی تغییرات مکانی عناصر اقلیمی مطالعه موردی: بارش سالانه استان اصفهان. فصلنامه تحقیقات جغرافیایی. (۷۴): ۲۳۱-۲۱۳.
۴. قربانی دشتکی ش و همایی، م، ۱۳۸۸. برآورد پارامترهای برخی مدل های نفوذ آب به خاک با استفاده از توابع انتقالی. نشریه آبیاری و زهکشی، ۱ (۱): ۳۹-۲۱.
۵. محمدی م و رفاهی م، ۱۳۸۵. تخمین پارامترهای معادلات نفوذ توسط خصوصیات فیزیکی خاک. مجله علوم کشاورزی ایران، ۳۶ (۶): ۱۳۹۸-۱۳۹۱.
۶. مرادی باصری ح، قربانی دشتکی ش، خداوردی لوح، خلیل مقدم ب و گیوی ج، ۱۳۹۰. مقایسه کارایی برخی مدل های نفوذ آب به خاک در خاک های ورتی سول و غیر ورتی سول. مجله پژوهش آب ایران. ۵(۸): ۱۹۶-۱۸۷.
7. Bouma J, 1989. Using soil survey data for quantitative land evaluation. *Advances in Soil Science*, 9: 177-213
8. Debusho L.K, 2008. Ridge regression technique to determine the environmental influences on tef (*Eragrostis tef*) grain yield. *South African Journal of Plant Soil*. 25(3): 135-138.
9. Givi J, Prasher S. O and Patel R. M, 2004. Evaluation of pedotransfer functions in predicting the soil water contents at field capacity and wilting point. *Agri. Water Manag*, 70: 83-96.
10. Hoerl A.L and Kennard R.W, 1970. ridge regression: Application to non-orthogonal problem. *Technometrics*. 12(1): 69-82.
11. Homae M, and Farrokhian Firouzi A, 2008. Deriving point and parametric pedotransfer functions of some gypsiferous soils. *Australian Journal of Soil Research*, 46 (3): 219-227.
12. McBratney A.B, Minasny B, Cattle S.R and Vervoort R.W, 2002. From pedotransfer functions to soil inference systems. *Geoderma*. 109: 41-73.



13. Neter J, Kutner M.H, Wasserman W and Nachtsheim C.J, 1996. Applied linear statistical models, 4th edn, McGraw-Hill/Irwin, Boston, Chicago.

14. Rawls W.J and Pachepsky Y.A, 2002. Soil consistence and structure as predictors of water retention. Soil Science Society. 66: 1115-1126.

**پالایش سبز فلز سنگین کادمیوم توسط گیاه سوپر جاذب تربچه (*Raphanus sativus L.*)**سعیده ثبات^۱، ابراهیم فتائی^۲، سمیه ناجی راد^۲ و علی اکبر ایمانی^۲

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد آلودگی های محیط زیست

۲- استادیاران دانشگاه آزاد اسلامی واحد اردبیل

مقدمه

خاکها بزرگترین منبع جاذب برای فلزات سنگینی هستند که از طریق فعالیت های آنتروپوژنیک در محیط زیست پراکنده می شوند. این مسأله در حالی است که برخلاف آلاینده های آلی، که از طریق فعالیت های میکروبی اکسید می شوند، این فلزات سنگین اغلب دستخوش تخریب میکروبی قرار نمی گیرند و غلظت آنها حتی پس از سالها وارد شدنشان به خاک، بدون تغییر در آن باقی می ماند. کادمیوم یکی از فلزات سنگین دو ظرفیتی با دانسیته ۸/۶ گرم بر سانتیمتر مکعب (Pinto, 2004) است، نیمه عمر متوسط آن در محیط زیست؛ ۱۸ سال و در بدن انسان؛ ۱۰ تا ۳۰ سال می باشد و به آسانی توسط دستگاه گوارش انسان جذب می شود (Salt et al., 1995). کادمیوم یکی از عناصر غیر ضروری برای تغذیه گیاهان به شمار می آید و به دلیل جذب سریع توسط ریشه گیاه، سمیت آن برای گیاهان بیشتر از سایر فلزات سنگین است و از طرفی در خاک محلول و یا قابل تبادل نیز بوده و به آسانی در دسترس گیاه قرار می گیرد (Darbani, 2002) و هنگامی که مقدار کل آن در خاک به ۸ میلی گرم بر کیلوگرم برسد، برای گیاه سمی می گردد (Robinson et al., 2000). با این حال، برخی گیاهان از مکانیسم های فیزیولوژیک خاصی برخوردارند که می توانند در حضور مقادیر بالایی از فلزات سنگین که به طور طبیعی برای اکثر گیاهان سمی اند، به فعالیت های حیاتی خود ادامه دهند و توانایی جذب و انباشتگی این فلزات را در بافت های خود داشته باشند. تا کنون روش های فیزیکی و شیمیایی مختلفی جهت پاکسازی محیط زیست از انواع آلاینده ها، ابداع و به کار گرفته شده اند که با توجه به هزینه های گزاف آنها، تلاش زیادی برای دستیابی به روش های ارزان تر صورت می گیرد. از جمله این فناوری ها گیاه پالایی یا پالایش سبز می باشد. به عبارت دیگر، یکی از روش های مناسب به منظور استفاده از فرآیندهای طبیعی تصفیه، ظرفیت های فیزیولوژیکی "گیاهان سبز" می باشد (Zamyadi et al., 2003). استفاده مهندسی از گیاهان سبز، سبب احیاء مکانهای آلوده و پاکسازی نسبی آنها می گردد (Baker et al., 1994). امروزه بحث اصلی گیاه پالایی، شناسایی گونه های سوپر جاذب می باشد. گونه های فرا انباشتگر قادر به تجمع عناصر مسموم کننده گیاهی تا غلظت های بیش از ۱۰۰ برابر نسبت به سایر گیاهان غیر انباشتگر می باشد. این گیاهان اغلب به عنوان گیاهان کوچک، دارای رشد کند و زیست توده پایین توصیف می شوند (Dushenkov et al., 1995) که در این پژوهش به منظور بررسی میزان گیاه تجمعی فلز سنگین کادمیوم، از گیاه سوپر جاذب "تربچه" (*Raphanus sativus L.*) استفاده گردید.

مواد و روشها

۱- آماده سازی خاک مورد استفاده در آزمایش و اندازه گیری برخی پارامترهای فیزیکی و شیمیایی در آن؛ خاکی با بافت لومی شنی، از اطراف منطقه جنوب شرقی اردبیل تهیه گردید و در دمای آزمایشگاه،



هواخشک، کوبیده و از الک ۴ میلی‌متری عبور داده شد. سپس، یکسری آزمایشات و اندازه‌گیری‌ها جهت تعیین برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد نظر انجام پذیرفت. این آزمایشها شامل: تعیین EC، pH، درصد کربن آلی خاک (روش والکی بلک)، رطوبت ظرفیت زراعی، درصد نیتروژن کجلدال و درصد فسفر قابل جذب (روش اولسن) بود. تمامی این آزمایشات بر اساس روشهای استاندارد انجام پذیرفت (Page et al., 1982).

۲- آلوده‌سازی خاک؛ این آزمایش در ۳ سطح غلظت آلودگی کادمیوم (۰، ۲۰، ۴۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) با سه تکرار در قالب یک طرح کاملاً تصادفی (CRD) انجام شد که در مجموع ۹ واحد آزمایشی راه اندازی شد. لذا ۹ گلدان پلاستیکی با ارتفاع ۲۰ سانتیمتر تهیه و با ۴ کیلوگرم خاک پر شد. برای رسیدن به این سطوح آلودگی، ابتدا مقدار لازم از نمک‌های حاوی کلرید کادمیوم برای آلوده‌سازی جرم مشخص خاک محاسبه گردید. سپس جرم محاسبه شده را در مقدار مشخصی آب مقطر حل کرده و به طور یکنواخت به خاک اضافه گردید. به منظور کلاته شدن این عناصر با کلوئیدهای خاک به مدت ۱۰ روز گلدان‌های تیمار شده تا حد رطوبت ظرفیت مزرعه آبیاری و در این وضعیت نگهداری شدند.

۳- مرحله کشت گیاه؛ در هر یک از گلدان‌های تیمار شده، ۸ بذر تربچه در عمق ۳ سانتیمتری خاک کشت شدند و گلدان‌ها به مدت دو هفته با میزان ۷۰ درصد رطوبت ظرفیت مزرعه به روش وزنی آبیاری شدند. پس از جوانه زنی، ۴ بوته سالم و قوی در هر گلدان نگه داشته و بقیه تنک گردیدند. همچنین، برای کاهش تبخیر از سطح گلدان‌ها، روی خاک با سنگریزه پوشانده شد.

۴- مرحله برداشت و آماده‌سازی نمونه‌های گیاهی؛ پس از طی دوره رشد (۴۵ روز) نمونه‌های گیاهی از خاک جدا شده و با آب مقطر به منظور حذف ذرات خاک به خوبی شسته شدند. اندام هوایی و ریشه گیاه از هم جدا گردید و به مدت ۴۸ ساعت درون دستگاه آون با دمای ۷۵ درجه سلسیوس خشک شدند. نمونه‌ها پس از خشک شدن، پودر و آسیاب گشته و یک گرم از هر نمونه وزن گردید و به مدت ۲ ساعت درون کوره با درجه حرارت ۵۵۰ درجه سانتیگراد قرار گرفتند تا خاکستر شوند. عصاره‌گیری نمونه‌های گیاهی به روش اکسیداسیون خشک با اسید کلریدریک ۲ نرمال صورت گرفت و غلظت کادمیوم در نمونه‌ها با دستگاه جذب اتمی (AAS) قرائت گردید (Jones, 2001).

نتایج و بحث

برخی آنالیزهای فیزیکی و شیمیایی خاک مورد آزمایش برای عملیات گیاه پالایی در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱- برخی مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در تحقیق

مشخصات خاک	
۷/۷۵	pH
۲/۲۵	EC (میلی موس بر سانتی متر)
۱/۷۹	کربن آلی (درصد)
۰/۱۸۹	نیتروژن (کجلدال)(درصد)
۲۴/۴	فسفر(اولسن) (میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک)



۲۶	رطوبت ظرفیت زراعی (درصد وزنی)
۵۰	شن (%)
۱۸	رس (%)
۳۲	سیلت (%)
لومی شنی	بافت خاک

نتایج مقایسه میانگین (جدول ۲ و ۳) نشان می‌دهد با افزایش غلظت کادمیوم، جذب فلز در اندام هوایی و ریشه‌ای گیاه افزایش یافته است در نتیجه گیاه متناسب با این افزایش، کادمیوم بیشتری را در اندام هوایی جذب کرده است. این مسأله بیان می‌دارد گیاه تربچه از توانایی بالایی در انتقال فلز کادمیوم به اندام هوایی برخوردار است و یک گیاه مناسب برای فرآیند گیاه تجمعی می‌باشد که علاوه بر جذب بالا، سوپر جاذب مناسب برای فلز کادمیوم محسوب می‌گردد به طوری که غلظت فلز را در اندام هوایی تا حد امکان بالا می‌برد و در نهایت برداشت اندام هوایی گیاه که حاوی فلز سنگین کادمیوم می‌باشد، باعث خروج بیشتر این فلز از خاک می‌گردد. نتایج حاصل از این تحقیق، با تحقیق انجام شده توسط نوربخش در سال ۱۳۸۵ مشابه است. او در مطالعه خود بر روی گیاه تربچه بیان نمود میزان غلظت کادمیوم در برگ تربچه بیشتر از ریشه‌ها بوده است. همچنین نتایج تحقیقات Erikson در سال ۱۹۹۰ نیز نشان می‌دهد که با افزایش غلظت کادمیوم در خاک جذب کادمیوم در گیاه گندم افزایش یافت. مطالعات پیشین دیگری نیز در راستای تأیید نقش مؤثر گیاه تربچه در گیاه پالایی خاکهای آلوده به فلز سنگین کادمیوم به چشم می‌خورد که می‌توان به Hamon در سال ۱۹۹۹ اشاره نمود.

جدول ۲- مقایسه میانگین میزان کادمیوم جذب شده در اندام هوایی گیاه تربچه (*Raphanus sativus*)

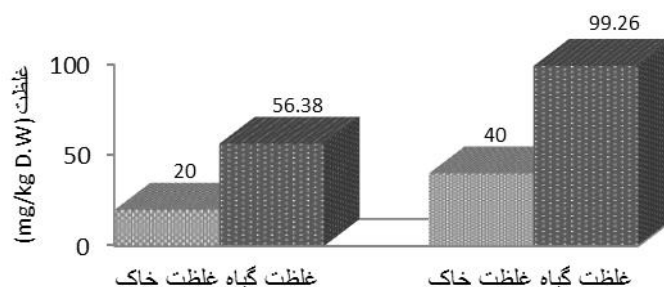
غلظت کادمیوم	سطوح غلظت (mg/kg^{-1})
۰ ^c	۰
۹۳ ^b	۲۰
۱۷۰ ^a	۴۰

جدول ۳- مقایسه میانگین میزان کادمیوم جذب شده در ریشه گیاه تربچه (*Raphanus sativus*)

غلظت کادمیوم	سطوح غلظت (mg/kg^{-1})
۰ ^c	۰
۲۰/۷ ^b	۲۰
۲۸/۵۳ ^a	۴۰

شکل ۱ نشان می‌دهد، با افزایش غلظت کادمیوم در خاک، میزان جذب فلز یا به عبارتی گیاه تجمعی فلز در گیاه تربچه افزایش یافته است. بیشترین میزان گیاه تجمعی در غلظت ۴۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک می‌باشد. این نتیجه حاکی از آن است که گیاه مذکور در غلظت ۴۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک بیشترین جذب در اندام‌های

مختلف گیاه داشته است. میانگین میزان گیاه تجمعی کادمیوم در گیاه تربچه در غلظت ۲۰ و ۴۰ میلی گرم در کیلوگرم خاک به ترتیب برابر با ۵۶/۳۵ و ۹۹/۲۶ میلی گرم در کیلوگرم وزن خشک گیاه می باشد.



شکل ۱- میزان گیاه تجمعی تربچه (*Raphanus sativus*) در سطوح مختلف غلظت فلز بعد از ۴۵ روز

منابع

۱. نوربخش، شهین،، ۱۳۸۵. بررسی اثرات بافت و کادمیوم خاک بر روی رشد تربچه. صفحه های ۱۸۳ تا ۱۸۴. مجموعه مقالات همایش خاک، محیط زیست و توسعه پایدار. دانشگاه تهران، کرج.

- Baker AJM, McGrath SP, Sidoli CMD and Reeves RD, 1994. The possibility of in situ heavy metal decontamination of polluted soils using crops of metal-accumulating plants. *Resour Conserv Recycl*, 11:9-41.
- Darbani MR, 2002. The Influence of municipal wastewater application on heavy metals availability for plant. MSc Thesis, Ferdosi university of Mashhad.
- Dushenkov V, Nanda-Kumar PBA, Motto H and Raskin I, 1995. RhizoPltration: The use of plants to remove heavy metals from aqueous streams. *Environ Sci Technol*, 29:1239-1245.
- Eriksson JE, 1990. Factors influencing adsorption and plant uptake of Cd from agricultural soils. Swedish University of Agricultural Science, Department of Soil Science , Reports and Dissertations.
- Hamon RE, Holm PE, Lorenz SE, McGrath SP and Christensen TH, 1999. Metal uptake by plants from sludg-amended soils: caution is required in the plateau interpretation, *J. plant and Soils* 216, 53-64.
- Jones JB, 2001. Laboratory Guide for Conductng Soil Tests and Plant Analysis. CRC press Boca Raton FL. Pp:199-201.
- Page AL, Miller RH and Keeney D R, 1982. Method of soil analysis (part 2: chemical & microbiological properties). American society of Agronomy, Inc. Soil science society of America, Inc.
- Pinto AP, Motaa M, Devarenes A and Pinto FC, 2004. Influence of organic matter on the uptake of cadmium, zinc, copper and iron by sorghum plants. *Sci. Tot. Environ*, 326: 239-247.
- Robinson BH, Mills TM, Peti D, Fung LE, Green SR and Clothier BE, 2000. Natural and induced cadmium-accumulation in poplar and willow: Implications for phytoremediation. *Plant and Soil* 227: 301-306.
- Salt DE, Blaylock M, KumarNanda PBA, Dushenkov V, Esley BD, Chet I and Raskin I, 1995. Phytoremediation: anovel strategy for the removal of toxic metals from the environment using plants. *Bio/Technology*, 13: 468-478.
- Zamyadi A, liaghat A and Hasanaghli A, 2003. Investigate possibility treatment of contaminated waters to zinc metal by sunflower (*Helianthus Annuus*), oat (*Avena sativa*) and Reed (*Phragmites Australis*) (Phytoremediation). *Journal of water and wastewater*. Volume 48, Pp: 3-11.



بررسی پتانسیل گیاه تجمعی فلز سنگین کادمیوم توسط گیاه فرا انباشتگر شاهی (*Barbarea verna* L.)

سعیده ثبات^۱، ابراهیم فتائی^۲، سمیه ناجی راد^۲ و علی اکبر ایمانی^۲

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد آلودگی های محیط زیست

۲- استادیاران دانشگاه آزاد اسلامی واحد اردبیل

مقدمه

آلودگی خاک با فلزات سنگین یکی از مشکلات زیست محیطی در جوامع بشری است که علاوه بر اثرات زیان آور بر فون و فلور خاک و آلودگی آب های زیر زمینی از طریق آبشویی، موجب کاهش عملکرد و کیفیت محصول و در نهایت به خطر افتادن سلامتی افراد جامعه و دیگر موجودات زنده می شود. در بین فلزات سنگین، کادمیوم به دلیل تحرک و پویایی زیاد در خاک و جذب توسط گیاه، سمیت قابل توجه و نیمه عمر بیولوژیکی حدود ۳۰ سال در انسان، دارای اهمیت خاصی می باشد (Mauskar, 2007). از اینرو، سازمان های بین المللی و دولتی در مورد افزایش غلظت کادمیوم در محیط زیست ابراز نگرانی کرده اند و غلظت مجاز کادمیوم در خاک را بین ۵-۱ میلی گرم بر کیلوگرم بیان نموده اند (Cariny, 1995) و هنگامی که مقدار کل آن در خاک به ۸ میلی گرم بر کیلوگرم برسد، برای گیاهان سمی است (Robinson et al., 2000). با این حال، برخی گیاهان از مکانیسم های فیزیولوژیک خاصی استفاده می کنند که می توانند در حضور مقادیر بالایی از فلزات سنگین که به طور طبیعی برای بیشتر گیاهان سمی اند، به فعالیت های حیاتی خود ادامه داده و توانایی جذب و انباشتگی این فلزات را در بافت های خود داشته باشند. پاکسازی خاک های آلوده به راه حل فنی، کارآمد و ارزان نیاز دارد. تکنولوژی های پالایشی رایج مثل روش های فیزیکی و شیمیایی که براساس جمع آوری و انتقال مواد آلاینده هستند به طور کلی پرهزینه و غیر اقتصادی می باشند و در نهایت موجب آلودگی بخش دیگری از زیست بوم می گردند. در چند سال اخیر پژوهشگران به عنوان راهکار، روشی نوین با استفاده از گیاهان برای پالایش آلودگی ها از خاک بنیان نهاده اند که این فناوری، گیاه پالایی یا پالایش سبز نام گرفته است (Raskin et al., 1997). گیاه پالایی فرآیندی است که از گیاهان جهت حذف یا کاهش غلظت آلاینده های آلی و معدنی از محیط زیست استفاده می کند (Pulford and Watson, 2003). برخی از گیاهان مقادیر بسیار زیادی از فلزات سنگین را در خود تجمع می دهند که به این گونه گیاهان، گیاهان فرا انباشتگر گویند که می توانند نقش مهمی در پاکسازی آلاینده های فلزی ایفا نمایند (Ali et al., 2003). این گیاهان، گونه هایی هستند که می توانند به طور طبیعی مقادیر زیادی از فلزات سنگین را در غلظتی ۱۰ تا ۱۰۰ برابر در خود تجمع نمایند، بدون آنکه آثار سمیت در آنها ظاهر گردد. در این پژوهش به منظور بررسی میزان گیاه تجمعی فلز سنگین کادمیوم، از گیاه سوپر جاذب "شاهی" (*Barbarea verna*) استفاده گردید.



مواد و روشها

۱- آماده سازی خاک مورد استفاده در آزمایش و اندازه گیری برخی پارامترهای فیزیکی و شیمیایی در آن؛ خاکی با بافت لومی شنی، از اطراف منطقه جنوب شرقی اردبیل تهیه گردید و در دمای آزمایشگاه، هواخشک، کوبیده و از الک ۴ میلی متری عبور داده شد. سپس، یکسری آزمایشات و اندازه گیری ها جهت تعیین برخی ویژگیهای فیزیکی و شیمیایی خاک مورد نظر انجام پذیرفت. این آزمایشها شامل؛ تعیین pH، EC، درصد کربن آلی خاک (روش والکی بلک)، رطوبت ظرفیت زراعی، درصد نیتروژن کج‌لدال و درصد فسفر قابل جذب (روش اولسن) بود. تمامی این آزمایشات بر اساس روشهای استاندارد انجام پذیرفت (Page et al., 1982).

۲- **آلوده سازی خاک**؛ این آزمایش در ۳ سطح غلظت آلودگی کادمیوم (۰، ۲۰، ۴۰ میلی گرم در کیلوگرم خاک) با سه تکرار در قالب یک طرح کاملاً تصادفی (CRD) انجام شد که در مجموع ۹ واحد آزمایشی راه اندازی شد. لذا ۹ گلدان پلاستیکی با ارتفاع ۲۰ سانتیمتر تهیه و با ۴ کیلوگرم خاک پر شد. برای رسیدن به این سطوح آلودگی، ابتدا مقدار لازم از نمک‌های حاوی کلرید کادمیوم برای آلوده سازی جرم مشخص خاک محاسبه گردید. سپس جرم محاسبه شده را در مقدار مشخصی آب مقطر حل کرده و به طور یکنواخت به خاک اضافه گردید. به منظور کلاته شدن این عناصر با کلوتیدهای خاک به مدت ۱۰ روز گلدان‌های تیمار شده تا حد رطوبت ظرفیت مزرعه آبیاری و در این وضعیت نگهداری شدند.

۳- **مرحله کشت گیاه**؛ در هر یک از گلدان‌های تیمار شده، ۸ بذر شاهی در عمق ۳ سانتیمتری خاک کشت شدند و گلدان‌ها به مدت دو هفته با میزان ۷۰ درصد رطوبت ظرفیت مزرعه به روش وزنی آبیاری شدند. پس از جوانه زنی، ۴ بوته سالم و قوی در هر گلدان نگه داشته و بقیه تنک گردیدند. همچنین، برای کاهش تبخیر از سطح گلدان‌ها، روی خاک با سنگریزه پوشانده شد.

۴- **مرحله برداشت و آماده سازی نمونه های گیاهی**؛ پس از طی دوره رشد (۴۵ روز) نمونه های گیاهی از خاک جدا شده و با آب مقطر به منظور حذف ذرات خاک به خوبی شسته شدند. اندام هوایی و ریشه گیاه از هم جدا گردید و به مدت ۴۸ ساعت درون دستگاه آون با دمای ۷۵ درجه سلسیوس خشک شدند. نمونه ها پس از خشک شدن، پودر و آسیاب گشته و یک گرم از هر نمونه وزن گردید و به مدت ۲ ساعت درون کوره با درجه حرارت ۵۵۰ درجه سانتیگراد قرار گرفتند تا خاکستر شوند. عصاره گیری نمونه های گیاهی به روش اکسیداسیون خشک با اسید کلریدریک ۲ نرمال صورت گرفت و غلظت کادمیوم در نمونه ها با دستگاه جذب اتمی (AAS) قرائت گردید (Jones, 2001).

نتایج و بحث

برخی آنالیزهای فیزیکی و شیمیایی خاک مورد آزمایش برای عملیات گیاه پالایی در جدول ۱ آورده شده است.



جدول ۱- برخی مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در تحقیق

مشخصات خاک	
۷/۷۵	pH
۲/۲۵	Ec (میلی موس بر سانتی متر)
۱/۷۹	کربن آلی (درصد)
۰/۱۸۹	نیتروژن (کجلدال)(درصد)
۲۴/۴	فسفر(ولسن) (میلی گرم بر کیلوگرم خاک)
۲۶	رطوبت ظرفیت زراعی(درصد وزنی)
۵۰	شن(%)
۱۸	رس (%)
۳۲	سیلت (%)
لومی شنی	بافت خاک

نتایج مقایسه میانگین (جدول ۲ و ۳) نشان می‌دهد با افزایش غلظت کادمیوم، جذب فلز در اندام هوایی و ریشه‌ای گیاه افزایش یافته است در نتیجه گیاه متناسب با این افزایش، کادمیوم بیشتری را در اندام هوایی جذب کرده است.

جدول ۲- مقایسه میانگین میزان کادمیوم جذب شده در اندام هوایی گیاه شاهی (*Barbarea verna*)

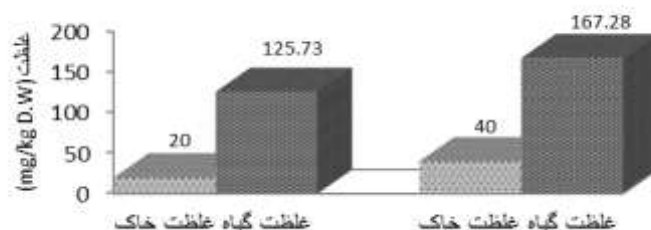
غلظت کادمیوم	سطوح غلظت (mg/kg^{-1})
^c .	.
۱۷۷/۳۳ ^b	۲۰
۲۴۷/۳۳ ^a	۴۰

جدول ۳- مقایسه میانگین میزان کادمیوم جذب شده در ریشه گیاه شاهی (*Barbarea verna*)

غلظت کادمیوم	سطوح غلظت (mg/kg^{-1})
^c .	.
۷۴/۱۳ ^b	۲۰
۸۷/۲۳ ^a	۴۰

این مسأله بیان می‌دارد گیاه شاهی از توانایی بالایی در انتقال فلز کادمیوم به اندام هوایی برخوردار است و یک گیاه مناسب برای فرآیند گیاه تجمعی می‌باشد. به عبارت دیگر، شاهی سوپر جاذب مناسب برای فلز کادمیوم محسوب می‌گردد به طوری که غلظت فلز را در اندام هوایی تا حد امکان بالا می‌برد و در نهایت با برداشت اندام هوایی گیاه که حاوی فلز سنگین کادمیوم می‌باشد، سبب خروج بیشتر این فلز از خاک می‌گردد.

شکل ۱ نشان می‌دهد، با افزایش غلظت کادمیوم در خاک، میزان جذب فلز یا به عبارتی گیاه تجمعی فلز در گیاه شاهی افزایش یافته است. بیشترین میزان گیاه تجمعی در غلظت ۴۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک می‌باشد. این نتیجه حاکی از آن است که گیاه مذکور در غلظت ۴۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک، بیشترین جذب در اندام‌های مختلف گیاه داشته است. میانگین میزان گیاه تجمعی کادمیوم در گیاه شاهی در غلظت ۲۰ و ۴۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک به ترتیب برابر با ۱۲۵/۷۳ و ۱۶۷/۲۸ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک گیاه می‌باشد.



شکل ۱- میزان گیاه تجمعی شاهلی (*Barbarea verna*) در سطوح مختلف غلظت فلز بعد از ۴۵ روز

نتایج حاصل از این تحقیق، با تحقیق انجام شده توسط Hamon و همکاران در سال ۱۹۹۹ مشابه است. آنها در مطالعه خود بر روی گیاه شاهلی بیان نمودند با افزایش سطوح کادمیوم در خاک، مقدار کادمیوم در شاهلی افزایش معنی داری وجود دارد. همچنین نتایج تحقیقات Erikson در سال ۱۹۹۰ نیز نشان می‌دهد که با افزایش غلظت کادمیوم در خاک جذب کادمیوم در گیاه گندم افزایش یافته است. مطالعات پیشین دیگری نیز در راستای تأیید نقش مؤثر گیاه شاهلی در گیاه پالایی خاکهای آلوده به فلز سنگین کادمیوم به چشم می‌خورد که می‌توان به Khodaverdiloo در سال ۲۰۱۰ اشاره نمود.

منابع

1. Ali BM, Vajpayee P, Tripathi RD, Rai UN, Singht SN and Singh SP, 2003. Phytoremediation of lead, nickel, and copper by *Salix acmophylla* boiss. : Role of Antioxidant Enzymes and Antioxidant substances. Bull. Environ. Contam. Toxicol. 70: 462-469.
2. Cariny T, 1995. The reuse of contaminated land. John Wiley and Sons Ltd. Publisher, 219p.
3. Eriksson JE, 1990. Factors influencing adsorption and plant uptake of Cd from agricultural soils. Swedish University of Agricultural Science, Department of Soil Science, Reports and Dissertations.
3. Hamon RE, Holm PE, Lorenz SE, McGrath SP and Christensen TH, 1999. Metal uptake by plants from sludge-amended soils: caution is required in the plateau interpretation, J. plant and Soils 216, 53-64.
4. Jones JB, 2001. Laboratory Guide for Conducting Soil Tests and Plant Analysis. CRC press Boca Raton FL. Pp:199-201.
5. Khodaverdiloo H, Ghorbani dashtaki SH and Rezapour S, 2010. Lead and cadmium accumulation potential and toxicity threshold determined for land cress (*Barbarea verna*) and spinach (*Spinacia oleracea*). International Journal of plant production, 5(3):275-282.
6. Mauskar JM, 2007. Cadmium –An Environment Toxicant, Central Pollution Control Board, Ministry of Environment & Forests, Govt of India, Parivesh Bhawan, East Arjun Nagar, Delhi-110032.
7. Page AL, Miller RH and Keeney DR, 1982. Method of soil analysis (part 2: chemical and microbiological properties). American society of Agronomy, Inc. Soil science society of America, Inc.
8. Pulford ID and Watson C, 2003. Phytoremediation of heavy metal contaminated land by tree-a review. J. Environ. Int. 29: 529-40.
9. Raskin I, Smith Robert D and Salt Darid E, 1997. Molecular mechanisms of heavy metal hyperaccumulation and phytoremediation. (Review) Journal of Trace Elements in Medicine and BioLog 88(2005) 339-353.
10. Robinson BH, Mills TM, Peti D, Fung LE, Green SR and Clothier BE, 2000. Natural and induced cadmium-accumulation in poplar and willow: Implications for phytoremediation. Plant and Soil 227: 301-306.



تمایز محصولات ارگانیک از غیر ارگانیک با استفاده از شاخص ایزوتوپ نیتروژن - ۱۵

مینا حکمتی راد^۱، پژمان بردبار^۲، سهیلا حکمتی راد^۳، سنور حکمتی راد^۴

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد پیدایش، رده بندی و ارزیابی خاک

۲- دانشجوی دکتری فیزیک

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد مدیریت صنعتی

۴- دانشجوی کارشناسی ارشد زهکشی آب

نویسنده مسئول: مینا حکمتی راد mhekmatirad@ymail.com

مقدمه

نیتروژن یا ازت از گروه غیرفلزات است. دارای پنج الکترون و در اکثر ترکیبات سه ظرفیتی است. عدد اتمی آن ۷، بار الکتریکی آن ۳- است. نیتروژن خالص یک گاز بی اثر و بی رنگ است و ۷۸٪ جو زمین را به خود اختصاص داده است. نیتروژن دو ایزوتوپ پایدار دارد: $N-14$ و $N-15$. پایدار یعنی رادیواکتیو نیست. ۶۳۳۷٪ از نیتروژن زمین به شکل $N-14$ و ۳۶۶۳٪ درصد بصورت $N-15$ وجود دارد. ترکیبات پایدار ایزوتوپ به صورت مقادیر دلتا گزارش می شود. $N-15$ به عنوان ایزوتوپ پایدار نیتروژن می باشد. تفاوت جرمی بین دو ایزوتوپ نیتروژن منجر به تغییر نسبت نسبی دو ایزوتوپ در طول واکنش می شود. واکنش های زیست شناختی - واسطه ای (مانند همانندسازی، جذب، نیترات سازی) و... پویایی نیتروژن در خاک را به شدت کنترل می کنند. این ترکیبات معمولاً باعث عمل غنی سازی $N-15$ لایه زیرین و تخلیه محصول می شود. در این مقاله ردیابی نیتروژن - ۱۵ با روش ایزوتوپ های پایدار نیتروژن برای تمایز محصولات ارگانیک از محصولات غیر ارگانیک مورد بررسی قرار گرفته است.

کشاورزی ارگانیک جهت حفظ حاصلخیزی خاک با استفاده از تناوب هایی که شامل کود سبز است و حفظ تنوع ژنتیکی در سیستم کشاورزی و جلوگیری از آلودگی محیط زیست حائز اهمیت است، بنابراین فراهم کردن تکنیک هایی برای تمایز محصولات ارگانیک از محصولات رشد یافته با کودهای سنتز شده برای تعدیل بازار و حفظ کیفیت بالا ضروری می باشد.

خاک منبع مهمی از ایزوتوپ پایدار نیتروژن - ۱۵ می باشد و نیاز به منبع غنی شده با $N-15$ وجود ندارد. بررسی ها نشان دادند که رابطه مهمی بین افزایش مقادیر ایزوتوپ نیتروژن - ۱۵ خاک و استفاده از کودهای آلی و حیوانی وجود دارد. محدوده مقادیر ایزوتوپ نیتروژن - ۱۵ نیتروژن خاک در خاک های تحت تاثیر ضایعات حیوانی ۱۰٪ تا ۲۵٪ و در شرایط کودشیمیایی ۳٪ تا ۵٪ شناسایی شدند. در بررسی های انجام گرفته و با استفاده از تکنیک ایزوتوپ نیتروژن - ۱۵ هم پوشانی بین مقادیر ایزوتوپ نیتروژن - ۱۵ نیتروژن خاک و نیتروژن خاک تحت تاثیر مصرف کود شیمیایی مشاهده شد. این هم پوشانی نشان داد که نمی توان علایم ایزوتوپ نیتروژن - ۱۵ نیتروژن در خاک ارگانیک را از خاک غیر ارگانیک متمایز کرد. در این شرایط می توان از ترکیب



ایزوتوپ پایدار اکسیژن- ۱۸ در نیترات خاک و نیترات گیاه به عنوان ردیاب در مصرف کود شیمیایی استفاده نمود (Simpkins, W. And Harrison, M., 1995).

مشخص شد که مقادیر ایزوتوپ نیتروژن- ۱۵ نیتروژن کل خاک شاخص مناسبی از ایزوتوپ نیتروژن- ۱۵ نیتروژن قابل دسترس گیاه نمی باشد. نیتروژن قابل دسترس گیاه نسبت به نیتروژن کل خاک ۱٪ را شامل می شود و توسط اشکال معدنی نیتروژن مثل نیترات و آمونیوم محصور شده است. برای افزایش نیتروژن قابل دسترس گیاه از کود نیتروژنه شیمیایی استفاده شد. نیتروژن بدست آمده از کودهای شیمیایی منبع فراوانی برای نیتروژن گیاه می باشد. در شیوه های ارگانیک سطوح نیتروژن خاک را از طریق استفاده از کودهای آلی، کشت لگوم ها، و کودهای سبز افزایش دادند. بررسی آزمایشات نشان داد نوع کود فاکتور تاثیر گذاری بر ترکیب ایزوتوپ نیتروژن گیاه بود. تحت شرایط کنترل شده، با ثابت نگه داشتن دیگر فاکتورهای موثر، مصرف کود شیمیایی نیتروژنه، ترکیب ایزوتوپ نیتروژن- ۱۵ گیاه را کاهش داد. مصرف کود آلی در ترکیب ایزوتوپ نیتروژن- ۱۵ هیچ اثر منفی نداشت و بطور کلی توانست محتوای ایزوتوپ نیتروژن گیاه را افزایش دهد. در نتیجه نوع کود مصرف شده روی ترکیب ایزوتوپ نیتروژن- ۱۵ محصول تاثیرگذار است. محققان از مقادیر ایزوتوپ نیتروژن- ۱۵ کود کمپوست شده استفاده کردند و طبق آنالیز مقادیر ایزوتوپ نیتروژن- ۱۵ افزایش قابل توجهی در مقادیر ایزوتوپ نیتروژن- ۱۵ محصول طی مراحل اولیه رشد گزارش دادند که این تفاوت ها طی مراحل بعدی رشد بطور تصاعدی کمتر شد و در نتیجه ایزوتوپ نیتروژن- ۱۵ گیاه ردیاب مناسبی برای منبع نیتروژن در مزرعه در نظر گرفته نشد. در بررسی های بعدی بر روی مقادیر ایزوتوپ نیتروژن- ۱۵ ذرت رشدیافته با کود کمپوست شده و ذرت رشدیافته با کود شیمیایی نیتروژنه نتایج نشان داد که مقدار ایزوتوپ نیتروژن- ۱۵ ذرت رشدیافته با کود کمپوست شده غنی تر است و این اظهارات را که ایزوتوپ نیتروژن- ۱۵ گیاه ردیاب مناسبی برای منبع نیتروژن در مزرعه نمی باشد، رد کرد (Rossman, A., 2001).

هدف این مطالعه تمایز محصولات ارگانیک از غیرارگانیک با استفاده از شاخص ایزوتوپ نیتروژن- ۱۵ می باشد، که تفاوت میان مقادیر ایزوتوپ نیتروژن توسط روش ایزوتوپ نیتروژن- ۱۵ تعیین می شود. در این تست مقدار ایزوتوپ نیتروژن- ۱۵ در نیتروژن کل خاک به ترتیب ۵٪ یا کمتر، زمین غیر ارگانیک و مقادیر ۸٪ یا بیشتر به صورت ارگانیک فرض شد. در مقادیر ایزوتوپ نیتروژن ۴٪ یا کمتر در نیترات زمین غیر ارگانیک و مقادیر ۷٪ یا بیشتر زمین ارگانیک گزارش شد. در مقادیر ایزوتوپ نیتروژن محصول کمتر از ۳٪ محصول غیر ارگانیک و مقادیر بیشتر از ۸٪ محصول ارگانیک گزارش شد. تمایز محصول ارگانیک با اندازه گیری مقادیر ایزوتوپ نیتروژن- ۱۵ محصول در فواصل بین دوره رشد گزارش شد. نوسانات کم در دوره رشد محصول ارگانیک و نوسانات معنی دار در سطح ایزوتوپ نیتروژن- ۱۵ مصرف کود شیمیایی در شروع دوره رشد یا طی دوره رشد را نشان داد. تمایز محصولات ارگانیک با مقایسه ی ایزوتوپ نیتروژن- ۱۵ محصول و ایزوتوپ نیتروژن- ۱۵ خاکی که گیاه در آن رشد کرد نشان داد که ایزوتوپ نیتروژن- ۱۵ گیاه بالاتر از مقدار خاک باشد، محصول ارگانیک است (Richmond, 2005).

مقدار ایزوتوپ نیتروژن- ۱۵ محصول با مصرف کودهای سنتز شده کمتر شد. فاکتورهای شامل تنوع در مقادیر ایزوتوپ نیتروژن- ۱۵ کود سنتز شده، شکل نیتروژن موجود در کود سنتز شده (نیترات، آمونیوم)، زمان و مقدار



مصرف کود، نوع خاک... روی مقادیر ایزوتوپ نیتروژن-۱۵ محصول تاثیر داشت. نتایج این بررسی ها نشان داد محصولاتی که به شکل غیر ارگانیک رشد کرد مقادیر ایزوتوپ نیتروژن-۱۵ کمتری نسبت به محصول ارگانیک دارد (Fukada, T., 2003).

نتایج

محصولاتی که با کودهای نیتروژنه شیمیایی تولید شد از لحاظ ترکیب ایزوتوپ نیتروژن-۱۵ با محصولات تحت رژیم آلی متفاوت می باشند. مقادیر ایزوتوپ نیتروژن-۱۵ کودهای سنتز شده کمتر از کودهای آلی بود. میانگین مقادیر ایزوتوپ نیتروژن-۱۵ محصولات غیرارگانیک پایین تر از محصولات ارگانیک شد. نتایج نشان داد آنالیز ایزوتوپ نیتروژن-۱۵ محصول، شاخص مناسبی برای تمایز محصولات ازگانیکی از غیر ارگانیک می باشد.

منابع

- 1.Simpkins, W. And Harrison, M., 1995. The state of the art in authenticity testing. Trends in food Science and Technology, 6: 321-328
- 2.Rossmann, A., 2001. Determination of stable isotope ratios in food analysis Food Reviews International, 17(3): 347-381
- 3.Environmental Health News, August 19th (2005) Richmond cracks down on bogus organic food trade in shops and farmers
- 4.Fukada, T., 2003. Investigation of a dual-isotope approach to trace nitrate sources in groundwater systems, Thesis (Ph.D.), University of East Anglia, Norwich
- 5.Komexl, B.E., Gehre, M, Hofling, R and Werner, R.A., 1999. On-line d180 measurements of organic and inorganic substances. Rapid Communications in Mass Spectrometry, 13: 1685-1693.
- 6.Silva, S.R, C. Kendall, D.H Wilkison, A. C. Ziegler, C.C.Y. Chang, and R.J. Avanzino., 2000. A new method for collection of nitrate from fresh water and the analysis of nitrogen and oxygen isotope ratios. Jpurnals of Hydrology 228: 22-36.



مطالعه رطوبت سطحی خاک با استفاده از تصاویر ماهواره ای سنجنده MODIS مطالعه موردی: سروستان؛ استان فارس

ساناز زارع^۱، سید رشید فلاح شمسی^۲، سید علی ابطحی^۳، سمیه شاهنظری کرباسرای^۴، رضوان رضایی نژاد^۵
^{۱،۵،۴} دانش آموخته کارشناسی ارشد بخش علوم خاک، دانشگاه شیراز، ^۳دانشیار بخش مدیریت مناطق بیابانی دانشکده
کشاورزی دانشگاه شیراز، ^۲استاد بخش علوم خاک دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز.

مقدمه

رطوبت خاک نقش مهمی در نقل و انتقال مواد و انرژی از سطح زمین و اتمسفر دارا است. به همین دلیل پهنه
بندی وضعیت رطوبت خاک در محدوده‌های وسیع بسیار با اهمیت می‌باشد. با توجه به ویژگی های اطلاعات
ماهواره ای سنجنده MODIS نظیر تصویربرداری در فواصل زمانی کم، چند طیفی بودن، سطح وسیع پوشش
زمین، پهنگام، ارزان و قابل دسترس بودن آن، این تصاویر می توانند به عنوان یک ابزار قدرتمند نقش
ارزشمندی را در دریافت و تحلیل پارامترهای مختلف خاک ایفا نماید. فرضیه تحقیق این است که با توجه به
تفکیک زمینی این تصاویر که سبب افزایش انرژی دریافتی از سطح زمین می گردد، مطالعه دما و الگوی رفتاری
آن با دقت بیشتری امکان پذیر است. با توجه به اینکه مطالعات بسیاری به منظور بررسی وضعیت رطوبت خاک و
انرژی از طریق رابطه دمای سطح زمین و شاخص پوشش گیاهی به دست آمده از تصاویر ماهواره ای انجام
گرفته است، ترکیب دمای سطح زمین و شاخص گیاهی تفاضلی نرمال شده می تواند اطلاعات مفیدی در زمینه
شرایط رطوبت خاک و پوشش گیاهی سطح زمین ارائه دهد (اسمیت و همکاران، ۱۹۹۱، گیلیز و همکاران، ۱۹۹۷،
سندهلوت و همکاران، ۲۰۰۲، هان و همکاران، ۲۰۱۰). یکی از پرکاربردترین شاخص های مطالعه رطوبت خاک
شاخص TVDI (Temperature Vegetation Dryness Index) می باشد. در تحقیق حاضر با استفاده از تصاویر
سنجنده MODIS نسبت به مطالعه رطوبت سطحی خاک با استفاده از شاخص گیاهی تفاضلی نرمال شده ،
دمای سطح زمین و شاخص TVDI در منطقه سروستان استان فارس اقدام شده است.

مواد و روشها

منطقه مورد مطالعه با وسعت ۹۵۰۰۰ هکتار در منطقه عمومی دشت سروستان استان فارس و در ۸۰ کیلو متری
جنوب شرقی شیراز واقع شده است. در منطقه سروستان تکامل خاکها تحت تاثیر آب زیر زمینی و پستی و بلندی
است. و به دلیل واقع شدن در حاشیه جنوبی دریاچه مهارلو دارای خاک های شور و متنوع از جنبه درجات شوری
است. مواد تشکیل دهنده آبرفت های دشت از حاشیه ارتفاعات شمالی و جنوبی به سوی مرکز دشت و نیز از
جهت شرق به غرب و نواحی مرکزی دشت دانه ریز و شوری خاک هم در جهات مذکور افزایش می یابد. نمونه
برداری صحرائی از خاک در چهارچوب یک طرح نمونه برداری "طبقه بندی شده تصادفی" انجام شده است.
برای ۶۰ محل نمونه برداری، در محل هر نمونه که به طور تصادفی مشخص شده است، نمونه برداری خاک از
عمق ۱۰-۵ سانتی متری (افق سطحی) جمع آوری و به آزمایشگاه منتقل شده است. با توجه به ابعاد تفکیک
زمینی داده های مذکور، علاوه بر نمونه برداری خاک در مرکز نمونه، ۳ نمونه کمکی در سه جهت متفاوت با



زاویه ۱۲۰ درجه و در فاصله ۳۰ متر از نقطه اصلی و مجموعاً ۲۴۰ نمونه خاک برداشت شده که پارامتر رطوبت وزنی خاک در آزمایشگاه اندازه گیری گردید.

به منظور تهیه نقشه دمای سطحی زمین از باندهای حرارتی ۳۱ و ۳۲ تصاویر ماهواره ای، سنجنده MODIS، سکوی TERRA (با تفکیک زمینی ۱۰۰۰ متر) استفاده شده است. تصاویر مذکور در تاریخ ۲۰۰۷/۱۲/۱۳ تهیه گردید که از نظر زمانی ۲۵ روز با تاریخ نمونه برداری و عملیات صحرایی اختلاف دارند. سیگنال دریافتی تصاویر MODIS از ماهواره به صورت خام و با فرمت PDS می باشند که در مرحله اول جهت تبدیل از سطح صفر (L0) به قالب سطح 1A با استفاده از نرم افزار IMAPP، تصاویر از حالت فشردگی خارج و به قالب HDF تبدیل شدند که به این ترتیب داده های L1-A تهیه گردید. سپس پارامترهای مداری و پارامترهای مورد نیاز جهت واسنجی تصویر از Header file تصویر بازخوانی شده و تصحیح هندسی و رادیومتریک بر روی تمامی باندها صورت گرفت و داده های L1-B تهیه شد. در این مرحله تصاویر به قالب شبکه ای HDF تبدیل می گردند.

در مرحله بعد تصحیح هندسی با استفاده از نرم افزار Scan Magic و به روش پارامترهای مداری انجام شد. ابتدا برای محاسبه تشعشع طیفی، تصاویر مادون قرمز حرارتی به تصاویر تشعشع تبدیل شده و بعد از انجام کالیبراسیون و پس از استفاده از رابطه معکوس قانون پلانک (برای تبدیل رادیانس به تشعشع طیفی) با تصحیحات اتمسفری انجام و تشعشع طیفی به دمای واقعی تبدیل شده است. از معادله زیر مقدار SI (ارزش رقومی ثبت شده توسط سنجنده) به تشعشع در باندهای مختلف سنجنده MODIS تبدیل گردید (کیوپر، ۲۰۰۶):

$$Radiance = radiance_{scales} * (SI - radiance_{offsets}) \quad [1]$$

که در آن SI ارزش رقومی ثبت شده توسط سنجنده، Radiance تشعشع طیفی، radiance offsets و radiance scales ضرایب موجود در Header file تصویر.

در مرحله بعد با استفاده از رابطه ۲ تشعشع طیفی به حرارت روشنایی در سنجنده تبدیل گردید (ناسا، ۲۰۰۵):

$$T_B = \frac{C_2}{\lambda * Ln(\frac{C_1}{\lambda^5 * Radiance}) + 1} \quad [2]$$

که در آن T_B عبارت است از حرارت موثر در سنجنده به درجه کلونین، λ طول موج تشعشع خروجی، C_1 و C_2 اولین و دومین ثابت طیفی طول موج موثر و مقدار آنها برابر است با $C_1 = 1.1911 \times 10^8$ بر حسب $(Wm^{-2}St^{-1}(Mm^{-1})^{-4})$ و $C_2 = 1.439 \times 10^4$ بر حسب (kMm) و Radiance تشعشع طیفی می باشد.

در مرحله آخر با استفاده از رابطه زیر تشعشع طیفی به دمای واقعی سطح زمین تبدیل گردید (پارودی، ۲۰۰۰):

$$T = 0.39 * (T_B 31)^2 + (2.34 * T_B 31) - (0.78 * T_B 31 * T_B 32) - (1.34 * T_B 32) + (0.39 * (T_B 32)^2) + 0.56 \quad [3]$$

که در آن T عبارت است از حرارت سطح زمین به درجه کلونین و T_B عبارت است از حرارت موثر در سنجنده به درجه کلونین.

نرم افزارهای مورد استفاده در این تحقیق عبارتند از: ENVI، IMAPP، Scan Magic که برای تصحیح هندسی تصاویر، پردازش داده ها و SPSS به منظور تجزیه و تحلیل های آماری مورد استفاده قرار گرفتند. برای محاسبه شاخص گیاهی تفاضلی نرمال شده از رابطه شماره ۴ و باند های ۱ و ۲ سنجنده MODIS استفاده گردید.



$$NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R} \quad [4]$$

شاخص TVDI: از آنجایی که شاخص گیاهی تفاضلی نرمال شده معرف شرایط پوشش گیاهی و LST یا دمای سطح زمین تا حد زیادی منعکس کننده وضعیت رطوبت خاک است لذا ترکیب NDVI و LST می تواند در مطالعه رطوبت سطحی خاک مفید واقع شود. شاخص TVDI با استفاده از رابطه شماره ۵ محاسبه گردید.

$$TVDI = \frac{LST - LST_{min}}{(a + b * NDVI) + LST_{min}} \quad [5]$$

در این رابطه LST(min) کمترین مقدار دمای سطح زمین، LST دمای سطحی زمین مشاهده شده در هر پیکسل، NDVI شاخص گیاهی تفاضلی نرمال شده، a و b ضرایبی که از برازش خط رگرسیون به داده ها به دست می آید. LST(max) = a + b * NDVI، درجه حرارت سطحی حداکثر برای شاخص گیاهی تفاضلی نرمال شده می باشد. برای بدست آوردن پارامترهای a و b ابتدا شاخص گیاهی تفاضلی نرمال شده به فواصل کوتاه طبقه بندی گردید و سپس حداکثر درجه حرارت سطحی و میانگین شاخص گیاهی تفاضلی نرمال شده در هر کدام از فواصل بدست آمد. در نهایت با ایجاد رابطه رگرسیون میان میانگین شاخص گیاهی تفاضلی نرمال شده و درجه حرارت سطحی حداکثر مربوط به هر طبقه، معادله مربوطه و پارامترهای a و b بدست آمد.

نتایج و بحث

بررسی رابطه دمای سطح زمین و شاخص گیاهی تفاضلی نرمال شده نشان می دهد که آنها از همبستگی معنی داری با یکدیگر برخوردار بوده که در چهارچوب مدل (جدول شماره ۱) ارائه شده است. مطمئن ترین روش برای بررسی کارایی شاخص TVDI برآورد شده از تصاویر ماهواره ای MODIS، استفاده از اندازه گیری های میدانی است که بطور همزمان با لحظه تصویر برداری صورت گرفته باشد. در این تحقیق نمونه برداری خاک از عمق ۱۰-۵ سانتی متری (افق سطحی) صورت گرفته که با توجه به ابعاد تفکیک زمینی داده های مذکور، علاوه بر نمونه برداری خاک در مرکز نمونه، ۳ نمونه کمکی در سه جهت متفاوت با زاویه ۱۲۰ درجه و در فاصله ۳۰ متر از نقطه اصلی و مجموعاً ۲۴۰ نمونه خاک برداشت شده که پارامتر رطوبت وزنی خاک در آزمایشگاه اندازه گیری گردیده است. همبستگی شاخص TVDI با رطوبت سطحی زمین نشان می دهد که محتوای اطلاعات شرکت کننده در TVDI همبستگی زیادی با وضعیت رطوبت خاک نمونه های برداشت شده دارد که مبین کارایی بالای این شاخص در زمینه مطالعه رطوبت سطحی خاک می باشد (جدول شماره ۱). نتایج مطالعات هان و همکاران (۲۰۱۰) در چین، استیسن و همکاران (۲۰۰۴) در غرب آفریقا نشان می دهد که ترکیب شاخص گیاهی تفاضلی نرمال شده و دمای سطحی به دست آمده از تصاویر سنجنده MODIS و محاسبه شاخص TVDI می تواند روش مناسبی برای مطالعه رطوبت سطحی خاک باشد.

جدول ۱- معادله میان رطوبت سطحی خاک و شاخص TVDI، LST و NDVI

معادله	R ²
LST(max) = 307/81 - 81/70 * NDVI	۰/۷۲
LST = 300/56 - 50/76 * NDVI	۰/۴۶
Soil Moisture = 0/385 + 0/346 * TVDI	۰/۵۷



منابع

1. Gillies RR, Carlson TN, Gui J, Kustas, WP and Humes KS, 1997. A verification of the 'triangle' method for obtaining surface soil water content and energy fluxes from remote measurements of the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) and surface radiant temperature. *International Journal of Remote Sensing* 18 (15): 3145–3166.
2. Han Y, Wang Y and Yunsheng Z, 2010. Estimating Soil Moisture Conditions of the Greater Changbai Mountains by Land Surface Temperature and NDVI. *IEEE Transaction On Geoscience and Remote sensing* 48:6.
3. Kuyper J, 2006. MODIS Level 1B Product User's Guide. Members of the MODIS characterization support team for NASA. Goddard space flight center.
4. NASA, 2005. How is sea surface temperature calculated from MODIS L1B radiance measurements. http://daac.gsfc.nasa.gov/MODIS/FAQ/A_L1B_SST.
5. Parodi GN, 2000. AVHRR Hydrological analysis system (AHAS). ITC Water Resources Division. Enschede, The Netherlands.
6. Sandholt I., Rasmussen K and Andersen J, 2002. A simple interpretation of the surface temperature/vegetation index space for assessment of surface moisture status. *Remote Sensing of Environment* 79: 213-224.
7. Smith RCG and Choudhury BJ. 1991. Analysis of normalized difference and surface temperature observations over southeastern Australia. *International Journal of Remote Sensing*, 12 (10): 2021–2044.
8. Stisen S, Sandholt I, Fensholt R. 2004. MeteoSat Second Generation Data For Assessment Of Surface Moisture Status. Proceedings of the Second MSG RAO Workshop, Salzburg, Austria.



کاربرد نقشه های رقومی حاصلخیزی خاک جهت بهینه سازی مصرف کودهای شیمیائی در برنامه عملیاتی الگوی کشت استان گلستان

قربانعلی روشنی^۱ و عبدالرضا قرنجیکی^۲

۱- استادیار موسسه تحقیقات پنبه کشور - گرگان

۲- مربی پژوهشی موسسه تحقیقات پنبه کشور - گرگان

مقدمه

نقشه های حاصلخیزی خاک مبنای توصیه های کودی، پایش تغییرات تغذیه ای خاک و یکی از ابزارهای مهم برای پیش بینی کمبود یا سمیت عناصر غذایی در خاک می باشند. به طور سنتی از آزمون خاک برای توصیه مقدار مصرف کودهای شیمیائی استفاده می گردد که مبتنی است بر رابطه میان عکس العمل تولید، کود مصرف شده و سطح حاصلخیزی خاک که رابطه ای است به شدت غیر خطی (Non-Linear). در مدل های واکنش تولید (Yield Response Models) غالباً از معادلات درجه چهارم و معادلات غیر خطی دیگر استفاده می شود. مسئله ای که در توصیه کودی بر مبنای آزمون خاک مطرح است این است که در این روش از نقاطی پراکنده در مزارع نمونه برداری می شود که امکان بررسی کثرت وقوع پدیده کمبود یا فزونی مواد غذایی خاک را فراهم نمی آورد. به عبارت دیگر، متغیرهای مورد اندازه گیری در روش آزمون خاک به روش سنتی گسسته فرض می شوند. بنابر این امکان تعمیم نتایج به نقاطی که از آنها نمونه گیری نشده وجود ندارد در تهیه نقشه حاصلخیزی خاک در مقایسه، این متغیرها پیوسته فرض شده و با اعمال تکنیک های مکان یابی امکان تعمیم نارایب نتایج به مناطق فاقد نقاط مشاهداتی را فراهم می آورد.

در تکنیک کریجینگ میان یابی با اعمال یک وزن متوسط بر مقادیر اندازه گیری شده انجام می شود. کریجینگ یک تخمین گر محلی است و خطای تخمین را می توان با اندازه گیری ارزش متغیر مورد نظر در نقاط همجوار یا نزدیک نقاطی که ارزش آن متغیر در آنها تخمین زده شده است، ارزیابی نمود. به طور کلی هرچه انبوهی نقاط مشاهداتی زیادتیر باشد، انتظار می رود که خطای میان یابی کاهش یابد. از طرفی انبوهی نمونه برداری لازم برای کاهش خطای تخمین مستلزم هزینه زیادتیر است و از طرفی دیگر همیشه نمی توان تعداد نمونه برداری را در حد بهینه انجام داد. بنابراین قبل از نمونه برداری، تخمینی از ساختار مکانی هر متغیر مورد نظر به دست آورده و براساس نتایج بدست آمده آن الگوی نمونه برداری برداری را تعیین می نماییم.

بنابراین با تهیه نقشه حاصلخیزی خاک تفکر آزمون خاک بر مبنای اصول منطقی استوار گشته و توصیه کودی به جای اینکه براساس مشاهدات منفرد صورت گیرد، بر مبنای مناطق همگون منفک شده بر روی نقشه انجام خواهد شد که علاوه بر هدفمند کردن توصیه کودی بر مبنای آزمون خاک و حفظ محیط زیست مدیریت تغذیه متعادل خاک و گیاه را آسان می کند و ضمناً به مروجین امکان می دهد که توصیه کودی را به صورت منطقه ای انجام داده و امکان پایش تغییرات بنیه غذایی خاک نیز فراهم می آید.



عمده ترین اهداف این مطالعه عبارت بودند از:

- تخمین بینه غذایی خاک ها.
- تعیین مناطقی که نیاز به مواد غذایی خاصی دارند.
- تعیین منبع کودی مناسب با خصوصیات خاک و نیاز گیاه.
- بهینه کردن مصرف کودهای کشاورزی حاوی عناصر کم مصرف از طریق محدود کردن مصرف آنها در مزارعی که خاک آنها دچار کمبود هستند و یا فقط اعمال عنصری که کمبود آن برای گیاه ویژه ای مشخص باشد.
- تسهیل در مدیریت بهینه تغذیه خاک و گیاه به منظور کاهش پتانسیل آلودگی محیط زیست توسط کودهای شیمیایی و سایر مواد افزودنی به خاک.
- پایه ریزی کار رایانه ای کردن توصیه کودی براساس نتایج تجزیه خاک بطوریکه بتوان توصیه کودی برای مزارع واقع در مناطق گوناگون را به سهولت انجام و در مواقع ضروری پایش نمود.

مواد و روشها

این مطالعه با هدف تهیه نقشه رقومی عناصر غذایی پرنیاز و کم نیاز و همچنین برخی از خصوصیات فیزیکوشیمیایی مهم خاک برای مراکز خدمات سازمان جهاد کشاورزی گلستان جهت بهینه سازی مصرف کودهای شیمیایی در برنامه عملیاتی الگوی کشت انجام گردید. ابتدا با مراجعه به مراکز خدمات کشاورزی شهرستانهای استان و مشورت با کارشناسان هر مرکز خدمات، مناطق زیر کشت آبی و دیم استان شناسایی و نقشه آن با مناطق جغرافیایی استان ترکیب گردید. این محدوده در محیط نرم افزار الویس رقومی شد. مطابق نتایج به دست آمده از پلانیمتری بر روی نقشه در محیط الویس مساحت اراضی زیر کشت آبی و دیم حدود ۵۰۰ هزار هکتار بوده که تقریباً معادل ۸۴ درصد از کل اراضی زراعی استان می باشد. در این مطالعه از جمع بندی فعالیت‌های انجام شده بر روی نتایج طرحهای تحقیقاتی اجرا شده جهت تعیین پراکنش جغرافیایی عناصر غذایی در اراضی زیر کشت گندم آبی و دیم در استان گلستان استفاده شد. منطقه مطالعاتی شامل اراضی زیر آبی و دیم بوده و پس از حذف باریکه های مرزی شمالی و اراضی شیبدار جنوبی مساحتی در حدود ۵۰۰ هزار هکتار را شامل می باشد.

در مطالعات قبلی نقشه های جغرافیایی ۱:۵۰۰۰۰ به شبکه های یک کیلومتر مربعی با فواصل ۱۰۰۰ متر تقسیم شده و به کمک GPS از محل تقاطع خطوط شبکه نمونه مرکب تهیه شد و علاوه بر مقادیر قابل جذب تمامی عناصر غذایی اعم از پرنیاز و کم نیاز برخی از خصوصیات فیزیکوشیمیایی مهم خاک نیز اندازه گیری شدند. پس از دریافت نتایج کامل تمام نمونه ها، برای هر سری از داده ها، یک لایه الکترونیکی ساخته شده و بعد از میانبایی نقطه ای پهنه بندی انجام شد. ناهمگنی داده ها در جهات مختلف بررسی و همبستگی مکانی داده ها نیز ارزیابی گردید. با آنالیز واریوگرام، تغییرات مکانی داده ها تعیین گردیده و با توجه به مجموع نتایج،



واریوگرام هر متغیر برای انتخاب مدل مناسب مورد استفاده قرار گرفته و از طریق میانبایی نقطه ای با تکنیک آماری کریجینگ نقشه هر متغیر مورد مطالعه تهیه و ارائه گردید.

نتایج و بحث

پس از دریافت نتایج مربوط به تجزیه های آزمایشگاهی نمونه های خاک طرحهای تحقیقاتی اجرا شده بر روی محدوده گندم دیم و آبی، برای هر یک از خصوصیات یا متغیرها یک نقشه موضوعی^۱ نقطه ای ایجاد گردید. روش میانبایی بر اساس ماهیت داده ها و پس از بررسی همبستگی داده ها انتخاب شد. با تکنیکهای زمین آماری، هر لایه نقطه ای پهنه بندی گردید. در هر یک از این نقشه ها هر محیط بسته یا پلی گون نماینده سطحی از منطقه مطالعاتی با دامنه تعریف شده در راهنمای نقشه است.

نقشه های توزیع مکانی و مطالعه الگوهای مکانی، داده های نقطه ای طی فرآیند درون یابی به سطح تعمیم می یابند. درون یابی مکانی فرآیندی است که در آن با استفاده از مقادیر اندازه گیری شده در نقاط معلوم، مقادیر نقاط مجهول برآورد می شود. امروزه از قابلیت های سیستم اطلاعات جغرافیایی در درون یابی به منظور استخراج توزیع مکانی متغیرهای مختلف در قالب شبکه های سلولی و یا مدل های برداری استفاده می گردد. روش های مختلفی برای درون یابی داده های مکانی وجود دارد، هرگونه کاستی در انتخاب روش مناسب درونیابی و بی توجهی به دقت روش های درون یابی می تواند موجب بروز خطا در برآوردها گردد.

صرف نظر از خطای قابل قبولی که در طبیعت درون یابی است، در بسیاری از موارد میزان این خطا تا حدی بالا می رود که بکلی صحت داده را مورد سوال قرار می دهد. اصولاً هر کمیتی مانند pH خاک، EC و... از الگوی خاصی ناشی از رفتار طبیعت ایجاد کننده آن کمیت تبعیت می کند. بنابراین شکل تغییرات آن کمیت در بستر مکان نیز مطابق با شیب مدل ایجاد کنند کمیت خواهد بود. از این رو شناسایی مدل ایجاد کننده طبیعت کمیت، برای تعیین پارامترهای مدل الزامی خواهد بود. در این نقشه ها سعی شده است یک دید کلی از پراکنش داده ها و سطوح عناصر غذایی اصلی و فرعی و همچنین برخی خصوصیات فیزیکی شیمیائی مهم نظیر اسیدیته، شوری، بافت و... ارائه شود. با توجه به اطلاعات جمع آوری شده و نقشه های تهیه شده پیشنهاد می گردد که:

۱- توصیه های مناسب برای کود های پر مصرف، بویژه ازت، فسفر و پتاسیم بایستی با توجه به نقشه های پراکنش فسفر، پتاسیم، ماده آلی و بافت خاک در استان و بر مبنای آزمون خاک استوار گردد.

۲- با توجه به نقشه های موجود و پس از یک جمع بندی از وضعیت عناصر در خاک بایستی از مصرف زیاد و نامتعادل کود در خاک پرهیز گردد.

۳- برای افزایش و حفظ مواد آلی خاک توصیه می گردد که بقایای گیاهی بعد از برداشت محصول سوزانده نشود و از کود سبز و کودهای حیوانی و آلی به نحو مطلوب استفاده شود.

^۱ Thematic map



۴- برای بهبود کمی و کیفی تولیدات کشاورزی، افزایش مقاومت گیاهان زراعی در برابر آفات و امراض و رفع مشکل کم آبی، مخصوصاً در خاکهایی که مقدار پتاسیم قابل جذب آنها کم است، مصرف کودهای پتاسه توصیه می گردد.

۵- با توجه به نقشه پراکنش فسفر در خاک، در اراضی که مقدار فسفر قابل جذب آنها در سطوح بالا قرار دارند، از مصرف بی رویه کودهای فسفره جلوگیری شود.

۶- با توجه به نقشه شوری، مواد خنثی شونده، بافت و سایر نقشه های ارائه شده اقدامات لازم جهت اصلاح و شستشوی املاح اراضی شور و قلیایی استان صورت گیرد.

منابع

۱. مؤمنی، ع. ۱۳۸۰. مدل سازی ساختار مکانی متغیرهای حاصلخیزی و مواد آلی خاک به عنوان مبنایی برای اعمال کشاورزی دقیق در مرودشت، ایران. مجله علوم خاک و آب، ویژه نامه خاک شناسی و ارزیابی اراضی. صفحه: ۱۲-۱.

2. Chiles, J. P. and P. Delfiner. 1999. Geostatistics. John Wiley & Sons, Inc.
3. Gupta, R. K., S. Mostaghimi, P. W. McCellan, M. M. Alley and D. E. Brann. 1997. Spatial variability and sampling strategies for NO₃-N, P, and K determinations for site specific farming. American Society of Agricultural Engineers, 40(2): 337-343pp.
4. Kachanoski, R. G. and Fairchild, G. L. 1996. Field scale fertilizer recommendations: the spatial scaling problem. Canadian Journal of Soil Science. 76:1-6pp.
5. Voltz, M., P. Lagacheric and X. Lauchart. 1997. Predicting soil properties over a region using sample information from a mapped referenced area. European Journal of Soil Science. 48: 19-30.



تهیه نقشه‌ی پراکنش شوری خاک‌های اردبیل با روش کریجینگ

ایلا امینی خاوندی^۱، منوچهر فربودی^۲، ناصر نظری^۳

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی واحد میانه؛ amini1060@yahoo.com

۲- عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد میانه؛ farboodi1962@gmail.com

۳- عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد میانه؛ nas.nazari@gmail.com

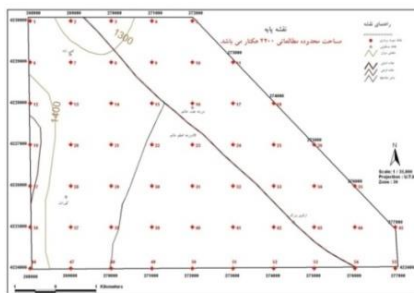
مقدمه

در ایران شوری یک مسئله‌ی فراگیر و محدود کننده‌ی تولید پایدار کشاورزی است (مؤمنی، ۱۳۸۹). پیش‌بینی میزان شوری در نقاط نمونه‌برداری نشده با استفاده از تعداد معدودی نقاط اندازه‌گیری شده و تهیه نقشه‌ی پراکنش شوری برای برنامه‌ریزی اصلاح خاک از اهمیت زیادی برخوردار است (سکوئی اسکوتی و همکاران، ۱۳۸۶). لذا از زمین‌آمار جهت بررسی تغییرپذیری متغیرها و میان‌یابی استفاده می‌شود. سکوئی اسکوتی و همکاران (۱۳۸۶)، پراکنش مکانی شوری خاک را در دشت ارومیه و دویک و همکاران (۲۰۰۴)، نیز نقشه‌ی شوری خاک را در شرق مجارستان بررسی و تهیه کردند. از آنجایی که استان اردبیل جزو مناطق خشک و نیمه‌خشک بوده و هیچ‌گونه اطلاعاتی در مورد پراکنش مکانی شوری خاک در این استان وجود ندارد، لذا تعیین شوری خاک‌های سطحی این منطقه بسیار حایز اهمیت بوده، بنابراین تحقیق حاضر به منظور بررسی و تهیه‌ی نقشه‌ی پراکنش مکانی شوری در خاک‌های بخشی از استان اردبیل صورت گرفت.

مواد و روشها

الف) منطقه‌ی مورد مطالعه: منطقه‌ی مورد مطالعه بخشی از دشت اردبیل بوده و در جنوب‌شرقی شهر اردبیل واقع شده است. این منطقه دارای طول شرقی $48^{\circ}21'04$ تا $48^{\circ}27'13$ و عرض شمالی $38^{\circ}8'03$ تا $38^{\circ}11'17$ ، به مساحت ۴۲۰۰ هکتار و به شکل ذوزنقه بوده و محدوده‌ی ارتفاعی منطقه ۱۳۰۰ تا ۱۴۰۰ متر است.

ب) نمونه‌برداری و آنالیز: نمونه‌برداری بر اساس شبکه‌بندی منظم با فواصل ۱۰۰۰ متر و به عمق ۲۰-۰ سانتی‌متر صورت گرفت. هدایت الکتریکی عصاره‌ی اشباع در ۵۵ نمونه‌ی تهیه شده با دستگاه EC متر تعیین شد (احیایی و بهبهانی، ۱۳۷۲). شکل ۱ الگوی نمونه‌برداری در منطقه‌ی مطالعاتی را نشان می‌دهد.



شکل ۱- الگوی نمونه برداری در منطقه مطالعاتی

ج) تجزیه و تحلیل زمین آماری: یکی از روش‌های مرسوم جهت بررسی پیوستگی مکانی داده‌ها استفاده از واریوگرام می‌باشد. برای این کار لازم است مجموع مربع تفاضل زوج نقاطی که به فاصله‌ی معلوم h از یکدیگر قرار دارند را محاسبه و در مقابل h رسم کرد (محمدی، ۱۳۸۵):

$$Y(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(x_i + h) - Z(x_i)]^2 \quad [1]$$

که در آن: $N(h)$: تعداد جفت‌های جدا شده در فاصله گام (h) ، $Z(x_i)$: مقدار متغیر اندازه‌گیری شده در موقعیت x_i و $Z(x_i+h)$: مقدار متغیر اندازه‌گیری شده در موقعیت x_i+h است. در مطالعه‌ی حاضر بهترین مدل ریاضی برازش شده به واریوگرام تجربی EC مدل کروی^۱ بود.

د) روش‌های میان‌یابی: در این مطالعه از روش کریجینگ^۲ به عنوان بهترین تخمین‌گر خطی نارایب با فرمول زیر اقدام به میان‌یابی EC گردید:

$$Z^*(x_i) = \sum_{i=1}^n \lambda_i Z(x_i) \quad [2]$$

که در این معادله: $Z^*(x_i)$: مقدار متغیر مکانی برآورد شده و $Z(x_i)$: مقدار متغیر مکانی مشاهده شده در نقطه-ی x_i و λ_i : وزنی است که به نمونه‌ی x_i نسبت داده می‌شود و بیان‌گر اهمیت نقطه‌ی نام در برآورد است.

نرم افزارهای مورد استفاده در این پژوهش SPSS16، GS+9، Surfer8 می‌باشد.

نتایج و بحث

میانگین هدایت الکتریکی در منطقه مطالعاتی، $1/93$ دسی‌زیمنس بر متر (کمتر از 4 دسی‌زیمنس بر متر) به دست آمد که نشان می‌دهد منطقه مطالعاتی در زمره‌ی مناطق شور قرار نمی‌گیرد. از آزمون کولموگروف –

¹ . Spherical Model

² . Kriging

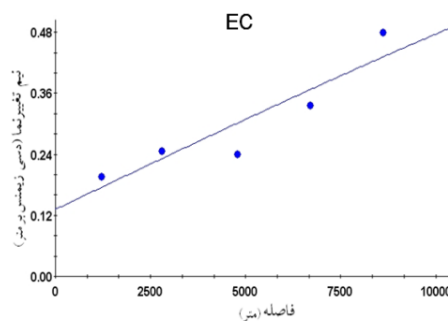


اسمیرنوف^۳ اقدام به تست نرمال بودن داده‌ها شد، در مورد EC داده‌ها غیرنرمال بودند، لذا از تبدیل لگاریتمی جهت نرمال سازی داده‌ها استفاده گردید. برای EC تغییرنمای همه‌جهته ترسیم شد و بهترین مدل از روی ضریب تبیین (R^2) بالا و مجموع مربعات باقی‌مانده (RSS) کم انتخاب گردید که در این جا مدل کروی بود. جدول ۱ پارامترهای واریوگرام تعیین شده برای EC و شکل ۲ نیز واریوگرام تجربی و مدل تئوریک برازش شده به آن را نشان می‌دهد.

جدول ۱- آنالیز واریوگرام پارامتر EC در منطقه‌ی مورد مطالعه

پارامتر	مدل انتخابی	اثر قطعه ای (c_0)	آستانه (Sill)	دامنه‌ی تأثیر (A)	نسبت واریانس (S)	اثر قطعه‌ای نسبی (درصد)	کلاس وابستگی مکانی	R^2	RSS
EC	کروی	۰/۱۳۳	۰/۸۸	۳۱/۱	۰/۸۵	۱۵/۱۱	قوی	۰/۸۵	7/77E-03

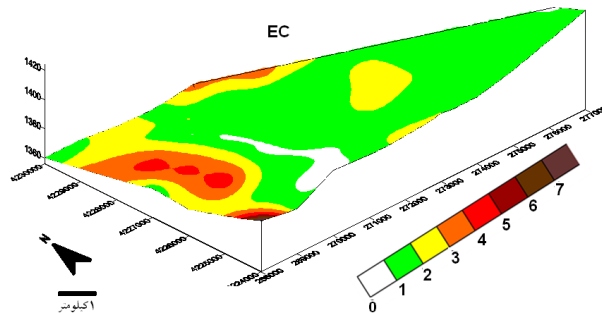
اثر قطعه‌ای نسبی ($c_0/sill$) شدت و درجه‌ی وابستگی مکانی متغیر ناحیه‌ای را نشان می‌دهد که در این جا 15/11 درصد بوده (کمتر از ۲۵ درصد)، پس EC کلاس وابستگی مکانی قوی داشته، این کلاس بیان‌کننده‌ی کنترل متغیر به وسیله‌ی تغییرات ذاتی خاک است و همچنین این امر نشان‌دهنده‌ی غلبه‌ی بخش واریانس ساختاردار به واریانس بدون ساختار بوده و نیز مبین این مطلب است که الگوی نمونه‌برداری و دقت تجزیه‌های آزمایشگاهی نسبتاً مناسب می‌باشد و از آن جایی که دامنه‌ی تأثیر بزرگتر از فاصله‌ی نمونه‌برداری است می‌توان اظهار کرد که این فاصله توانسته الگوی تغییرات مکانی سرب را به خوبی نشان دهد (دوییک و همکاران، ۲۰۰۴).



شکل ۲- واریوگرام تجربی و مدل تئوریک برازش شده به EC

³. Kolmogrov - Smirnov

در نهایت با روش کریجینگ اقدام به پهنه‌بندی هدایت الکتریکی به صورت سه‌بعدی در منطقه‌ی مطالعاتی گردید. شکل ۳ پهنه‌بندی EC را در منطقه‌ی مطالعاتی نشان می‌دهد.



شکل ۳- نقشه‌ی پراکنش EC در منطقه‌ی مورد مطالعه

بررسی این نقشه نشان می‌دهد که مقدار EC بیشتر در دامنه ۱ تا ۲ دیده می‌شود هر چند مقادیر بالاتر از ۳ در ناحیه غرب و جایی که پست‌تر است مشاهده می‌شود و این امر به دلیل ارتفاع کم و انتقال املاح از مناطق بالا به سمت پایین می‌باشد ولی در تمامی منطقه مشکلی از لحاظ شوری وجود ندارد.

منابع

۱. احیایی، م. و بهبهانی، ع.ا.، ۱۳۷۲. شرح روش‌های تجزیه‌ی شیمیایی خاک. نشریه‌ی سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، جلد اول، شماره‌ی ۸۹۳.
۲. سکوتی اسکوئی، ر.، مهدیان، م.، محمودی، ش. و قهرمانی، ا.، ۱۳۸۶. مقایسه‌ی کارایی برخی روش‌های زمین‌آماری برای پیش‌بینی پراکنش مکانی شوری خاک (مطالعه موردی: دشت ارومیه). مجله‌ی پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی، شماره‌ی هفتاد و چهار، صفحات ۹۸-۹۰.
۳. محمدی، ج.، ۱۳۸۵. پدومتری (آمار مکانی)، انتشارات پلک، جلد دوم، چاپ اول، ۴۵۴ صفحه.
۴. مؤمنی، ع.، ۱۳۸۹. پراکنش جغرافیایی و سطوح شوری منابع خاک ایران. مجله‌ی پژوهش‌های خاک (علوم خاک و آب)، جلد بیست و چهار، شماره‌ی سه، صفحات ۲۱۵-۲۰۳.
5. Douaik A, Van Meirvenne M and To'th T, 2004. Spatio-temporal kriging of soil salinity rescaled from bulk soil electrical conductivity. Geostatistics for Environmental Application. 413-424.



مقایسه‌ی الگوی مکانی رس قابل پراکنش بخشی از باغ‌های پسته‌ی منطقه‌ی بیاض در دو عمق مختلف

مهسا رنجبر خراسانی^۱، عیسی اسفندیارپور^۲، حسین شیرانی^۳

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد خاکشناسی دانشگاه ولی عصر رفسنجان

۲-۳ استادیار و دانشیار گروه خاکشناسی دانشگاه ولی عصر رفسنجان

مقدمه

مهم‌ترین اثر سدیم مازاد در خاک، ایجاد ویژگی‌های فیزیکی نامطلوب می‌باشد که یکی از اساسی‌ترین دلایل نامطلوب شدن این ویژگی‌ها، قابلیت پراکنده شدن رس^۱ است. با انجام فرایند قابلیت پراکنده شدن رس، ساختار خاک می‌تواند با کاهش اساسی در سرعت نفوذ آب و موقعیت هوادهی خاک روبه‌رو شود (Boardman, 2010). از دیدگاه کشاورزی، این فرایند باعث ایجاد تنش خشکی در گیاهان می‌شود. هم‌چنین، قابلیت پراکنده شدن رس، فاکتور اصلی مؤثر بر کاهش هدایت هیدرولیکی^۲ خاک است. از طرفی، این فرایند باعث مسدود شدن منافذ زیر سطح خاک می‌شود و تشکیل سله‌ی سطحی^۳ و افزایش فرسایش بین شیار^۴ و سیلاب را باعث می‌شود (Agassi et al., 1981). برطرف نمودن چنین مشکلاتی، در گرو فهم صحیح و آگاهی از نحوه‌ی پراکنش رس - های خاک و پهنه‌بندی مکانی نواحی دارای رس‌های پخشیده می‌باشد که استفاده از روش زمین‌آمار^۵ می‌تواند در این راستا مد نظر قرار گیرد. بنابراین هدف از پژوهش حاضر، پهنه‌بندی رس قابل پراکنش خاک بخشی از باغ- های پسته‌ی منطقه‌ی بیاض با استفاده از تخمینگر کریجینگ معمولی در دو عمق مختلف می‌باشد.

مواد و روشها

منطقه‌ی شاهم‌آباد بیاض، بخشی از اراضی شهرستان انار، واقع در استان کرمان، با مساحتی حدود ۶۲۵ هکتار برای این پژوهش انتخاب گردید. تعداد ۱۰۰ نمونه از هر کدام از عمق‌های صفر تا ۴۰ و ۴۰ تا ۸۰ سانتی‌متری در قالب یک الگوی شبکه‌ای منظم با فاصله‌ی ۲۵۰ متر برداشت شدند. پس از هواخشک نمودن نمونه‌ها و عبور آن‌ها از الک دو میلی‌متری، میزان رس قابل پراکنش آن‌ها به روش مکانیکی (Rengasamy et al., 1984) و در قالب دو شیوه‌ی توزین و کدورت‌سنجی (توسط دستگاه کدورت‌سنج)^۶ اندازه‌گیری شد. توصیف آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS صورت گرفت. هم‌چنین به‌منظور انجام تجزیه و تحلیل‌های زمین‌آمار، از نرم- افزارهای وریوین، ایلویس و سورفر استفاده شد.

¹ Clay dispersibility

² Hydraulic conductivity

³ Surface crust

⁴ Inter-rill erosion

⁵ Geostatistics

⁶ Turbidumetric device



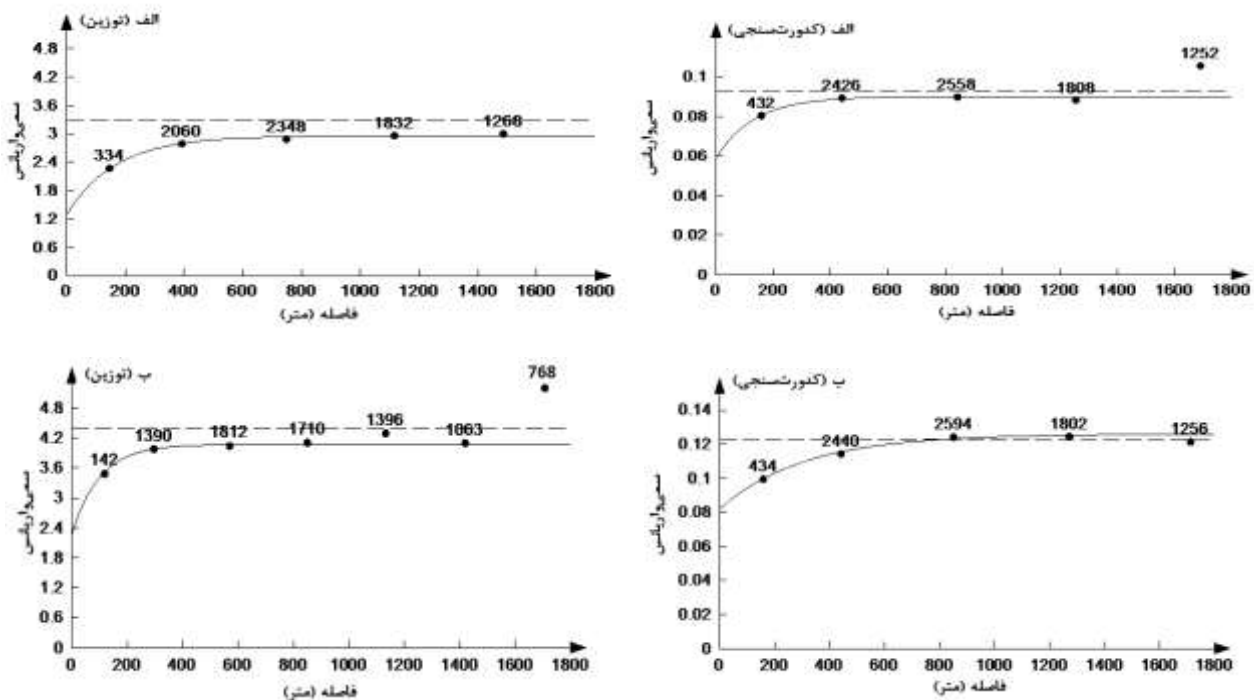
نتایج و بحث

توصیف آماری رس قابل پراکنش نمونه‌های مورد مطالعه در جدول (۱) آورده شده است. هرچند وجود ضریب تغییرپذیری بالا در هر دو عمق، نشان‌دهنده‌ی رفتار متفاوت رس‌های قابل پراکنش در خاک است؛ لیکن این پارامتر، جزئی از آمار کلاسیک محسوب می‌شود که در آن به دلیل داشتن فرضیاتی نظیر استقلال نمونه‌ها از یکدیگر، قادر به ارزیابی ساختار مکانی ویژگی‌های خاک نمی‌باشد. بنابراین، نیاز به روش‌هایی که تغییرات مقادیر عددی ویژگی‌های خاک را به‌عنوان تابعی از موقعیت جغرافیایی آن‌ها در نظر بگیرند، احساس می‌گردد. در نتیجه، پس از اطمینان از نرمال بودن توزیع داده‌ها (بر اساس نتایج آزمون کولموگروف-اسمیرنوف ارائه شده در جدول ۱)، واریوگرام‌های رس قابل پراکنش خاک برای هر دو روش و در هر دو عمق ترسیم شدند (شکل ۱).

جدول ۱- خلاصه‌ی آماری رس قابل پراکنش در منطقه‌ی بیاض

روش	عمق (سانتی‌متر)	میانگین	میانه	واریانس	حداقل	حداکثر	چولگی	ضریب تغییرپذیری (%)	P-value ¹
توزین	۰-۴۰	۲/۴۲	۱/۹۱	۳/۹۷	-/۰۱	۹/۳۸	۱/۲۷۴	۸۲/۳۳	۰/۰۵۳
	۴۰-۸۰	۲/۵۱	۲/۰۲	۴/۸۸	-/۰۵	۱۰/۶۳	۱/۲۶	۸۸/۰۱	۰/۰۵۵
کدورت‌سنجی	۰-۴۰	۳/۶	۲/۷۳	۸/۵۴	-/۵۲	۱۶/۳۵	۲/۱۵	۸۱/۴	*۰/۰۰۱
	۴۰-۸۰	۴/۰۰	۲/۹	۱۱/۳۴	-/۵۲	۱۸/۷	۱/۷۳	۸۴/۱۸	*۰/۰۱۲

¹: اعداد مربوطه، بیانگر نتایج آزمون کولموگروف-اسمیرنوف می‌باشند و علامت * بیانگر معنی‌دار بودن آن‌ها در سطح اطمینان ۹۵ درصد است.



شکل ۱- واریوگرام‌های مربوط به رس قابل پراکنش در عمق‌های ۰-۴۰ (الف) و ۴۰-۸۰ (ب) سانتی‌متر

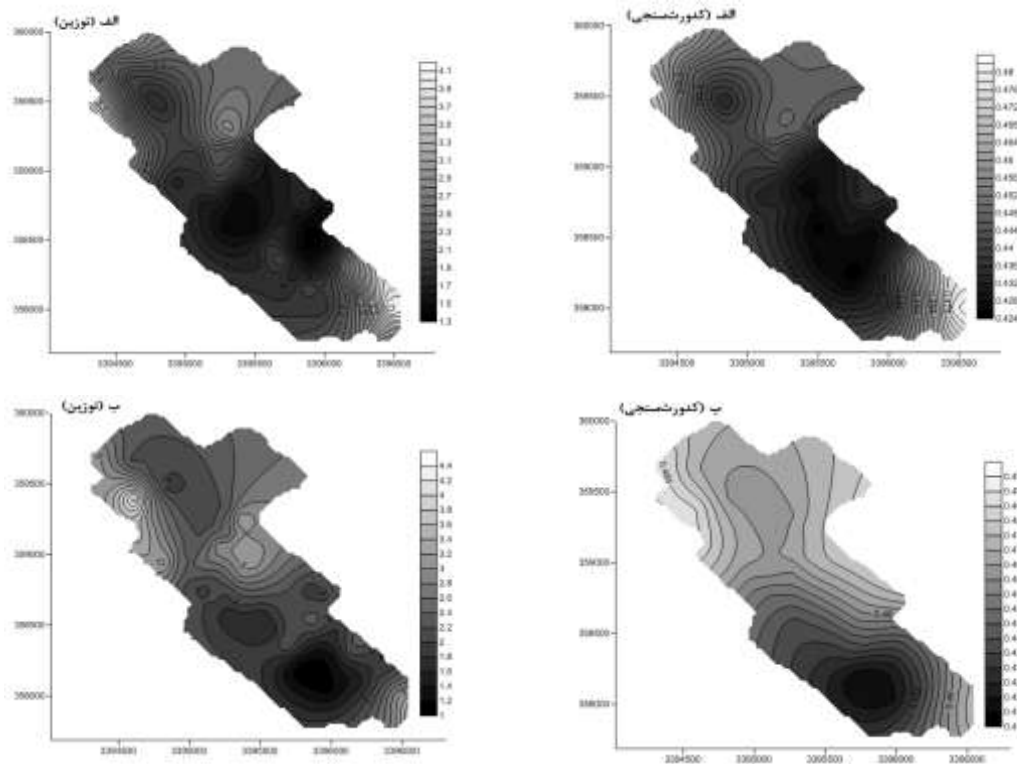


مدل‌های واریوگرامی، ویژگی‌های میان‌یابی و آماره‌ی اعتبارسنجی متغیر مورد مطالعه در جدول (۲) نمایش داده شده‌اند.

جدول ۲- مدل‌های واریوگرامی، خصیصه‌های درون‌یابی و آماره‌ی اعتبارسنجی رس قابل پراکنش

روش	عمق (سانتی‌متر)	مدل	دامنه (متر)	اثر قطعه‌ای	حد آستانه	اثر قطعه‌ای نسبی	کلاس همبستگی	RMSE
توزین	۰-۴۰	نمایی	۵۰۴	۱/۳۰	۱/۶۰	۴۳/۹	متوسط	۲/۶۸
	۴۰-۸۰	نمایی	۳۰۰	۲/۲۷	۱/۸۰	۵۵/۸	متوسط	۳/۰۶
کدورت‌سنجی	۰-۴۰	نمایی	۴۰۰	۰/۰۶	۰/۰۳	۶۵/۹	متوسط	۰/۴۵
	۴۰-۸۰	نمایی	۹۲۰	۰/۰۸	۰/۰۴	۶۶/۷	متوسط	۰/۴۷

با محاسبه‌ی میانگین دامنه‌ها (جدول ۲)، فاصله‌ی ۶۱۰ متر به دست آمد که به عنوان فاصله‌ی بهینه‌ی نمونه برداری برای مطالعات آتی می‌تواند مد نظر قرار گیرد. سپس بر اساس اطلاعات مربوط به اجزای واریوگرام‌ها، نقشه‌های کریجینگ رس قابل پراکنش برای هر دو عمق ترسیم شدند (شکل ۲).



شکل ۲- نقشه‌های کریجینگ رس قابل پراکنش در عمق‌های ۰-۴۰ (الف) و ۴۰-۸۰ (ب) سانتی‌متر



نگاهی به شکل (۲) گویای این حقیقت است که در هر دو عمق با حرکت از سمت جنوب به سمت شمال منطقه، پراکندگی رس تقریباً دارای روند افزایشی است؛ که دلیل این موضوع را می‌توان قرار گرفتن منطقه در واحدهای فیزیوگرافی متفاوت دانست. به عبارت دیگر، قسمت‌های جنوبی منطقه در انتهای یک مخروط افکنه قرار گرفته‌اند و با حرکت به سمت شمال، واحد فیزیوگرافی جدیدی به نام دشت دامنه‌ای مشاهده می‌شود. همین تفاوت در واحدهای فیزیوگرافی باعث تفاوت در بافت خاک منطقه شده است (داده‌ها نشان داده نشده‌اند)؛ به طوری که از سمت جنوب به سمت شمال، بافت خاک از درشت به ریز تغییر می‌کند. در نتیجه به دلیل میزان رس بیش‌تر در قسمت‌های شمالی منطقه، میزان پراکنش زیادتر است. از طرفی، روند تغییرات در عمق دوم نسبت به عمق اول بیش‌تر است. از آن‌جا که نمک‌های غالب این منطقه از نوع سدیمی (مانند کلرید سدیم) هستند و منطقه تحت کشت می‌باشد، استفاده‌ی مداوم از آب‌های زیرزمینی حاوی کلسیم و منیزیم، اضافه کردن گچ و کودهای شیمیایی منیزیم‌دار توسط کشاورزان به خاک‌های این منطقه، می‌تواند دلیل افزایش سدیم و میزان رس قابل پراکنش در عمق‌های پایین‌تر باشد (پارامتر میانگین نیز توجیه‌کننده‌ی این امر است).

بنابراین، به منظور مدیریت بهینه و حل این مشکل و افزایش عملکرد پسته، توجه ویژه به شوری خاک (به-خصوص نوع املاح)، کیفیت آب آبیاری، آبشویی و استفاده‌ی مناسب و کافی از کودهای شیمیایی متناسب با شوری خاک و نوع املاح ضروری می‌باشد.

منابع

1. Agassi M, Shainberg I and Morin J. 1981. Effect of electrolyte concentration and soil sodicity on the infiltration rate and crust formation. *Soil Science* 45: 848-851.
2. Boardman J. 2010. A short history of muddy floods. *Soil Science Society of America Journal* 21: 303-309.
3. Rengasamy P, Greene RSB, Ford GW and Mehanni AH. 1984. Identification of dispersive behavior and management of red-brown earths. *Soil Research* 22: 413-431.



تخمین مس با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی و کوکریجینگ در بخشی از اراضی ایستگاه تحقیقات کشاورزی سراب چنگایی خرم آباد (استان لرستان)

حسین تازیکه،^۱ مراد سپهوند،^۲ صدیقه ملکی،^۳ و امیراحمد دهقانی^۴
^۱ دانشجوی دکترای خاک شناسی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
^۲ عضو هیات علمی مرکز تحقیقات کشاورزی لرستان
^۳ دانشیار گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

مقدمه

امروزه خاک یکی از منابع کلیدی و قابل مدیریت در تولید غذا و زیست توده، اصلاح تغییرات اقلیمی (ترسیب کربن اتمسفری)، حفاظت محیط زیست و تولید انرژی های زیستی به شمار می رود (اسکنیتزر، ۱۹۸۹). در مزارع کشاورزی تغییرپذیری عملکرد تابعی از خصوصیات خاک، توپوگرافی مزرعه، اقلیم، فاکتورهای بیولوژیکی و مدیریت می باشد (جیانگ و تان، ۲۰۰۴). از طرفی وجود تغییرات مکانی در خصوصیات خاک امری طبیعی می باشد، ولی شناخت این تغییرات به ویژه در اراضی کشاورزی جهت برنامه ریزی دقیق و مدیریت امری اجتناب ناپذیر است. برای درک بهتر تاثیر عواملی مانند مدیریت و دستیابی به عملیات زراعی مناسب، مشخص کردن و کمی کردن غیریکنواختی و تغییرپذیری خصوصیات خاک لازم است (بوسان و کیجیو، ۲۰۰۳).

مس یکی از عناصر غذایی کم مصرف ضروری است که گیاهان به غلظت های مختلفی از آن برای رشد بهینه نیاز دارند و اغلب به حالت یون دو ظرفیتی و یا کلات جذب گیاه می شود. هدف از این مطالعه با توجه به صرف هزینه و زمان بر بودن اندازه گیری مس، تخمین و بررسی تغییرات مکانی این عنصر با استفاده از برخی خصوصیات خاک به عنوان متغیر کمکی با روش های کوکریجینگ و شبکه عصبی مصنوعی و مقایسه کارایی این روش ها در بخشی از ایستگاه تحقیقات کشاورزی سراب چنگایی خرم آباد (استان لرستان) می باشد.

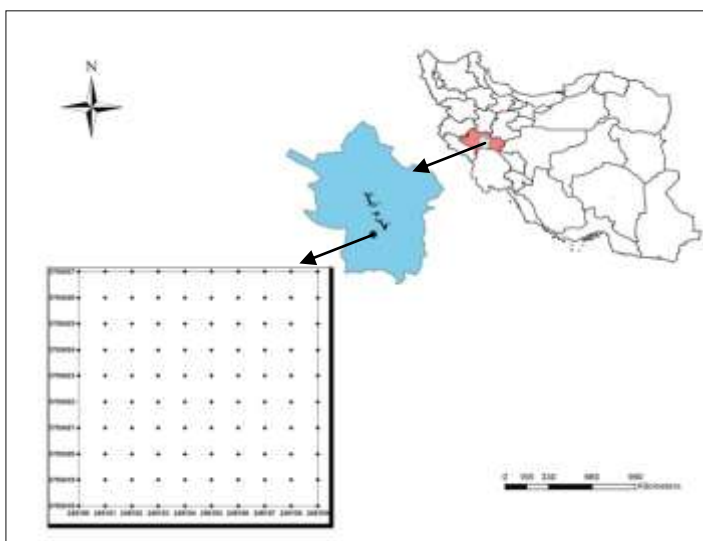
مواد و روش ها

وضعیت عمومی محل انجام تحقیق: ایستگاه تحقیقات کشاورزی سراب چنگایی واقع در حدود ۱۰ کیلومتری جنوب غربی خرم آباد (مرکز استان لرستان) واقع شده که بین $30^{\circ} 16' 48''$ تا $24^{\circ} 17' 48''$ طول شرقی و $27^{\circ} 33' 45''$ تا $27^{\circ} 33' 45''$ عرض شمالی قرار گرفته است. متوسط ارتفاع از سطح دریا ۱۱۵۵ متر، میانگین بارندگی سالانه ۴۵۰ تا ۵۰۰ میلی متر و میانگین دمای سالانه ۱۸/۵ درجه سانتی گراد در منطقه مطالعاتی می باشد. از نظر زمین شناسی، سنگ مادر خاک ها عمدتاً سنگ آهک و دولومیت دوره کرتاسه است. رژیم رطوبتی و حرارتی خاک های مطالعه شده در منطقه به ترتیب زیریک و ترمیک می باشد. فیزیوگرافی محل اجرای طرح دشت دامنه ای (پیدمونت) بوده و خاک مورد تحقیق دارای طبقه بندی Fine, mixed, thermic, vertic Calcixerepts است.

نمونه برداری خاک و تجزیه های آزمایشگاهی: نمونه برداری خاک به صورت سیستماتیک منظم (فاصله نمونه برداری برابر با یک متر) از عمق ۰-۲۰ سانتیمتری صورت گرفت و در نهایت ۱۰۰ نمونه خاک برداشت شد. اسیدیته خاک در حالت گل اشباع با استفاده از دستگاه pH متر دارای الکتروود شیشه ای، هدایت الکتریکی با استفاده از دستگاه هدایت سنج الکتریکی در عصاره اشباع (پیچ و همکاران، ۱۹۸۲)، کربن آلی با اکسیداسیون توسط دی کرومات پتاسیم (والکلی و بلاک، ۱۹۳۴)، کربنات کلسیم معادل به روش خنثی کردن مواد خنثی شونده با اسید کلریدریک و تیتراسیون اسید اضافی با سود (پیچ و همکاران، ۱۹۸۲)، فسفر به روش اولسن (اولسن و سومر، ۱۹۸۲)، پتاسیم به روش



شعله سنجی (ریچارد، ۱۹۵۴) و مس به روش عصاره گیری با EDTA با استفاده از دستگاه جذب اتمی اندازه گیری شدند.



شکل ۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه و پراکنش نقاط اندازه گیری شده

توصیف آماری داده ها: به منظور بررسی چگونگی توزیع داده ها و دستیابی به خلاصه ای از اطلاعات آماری هر خصوصیت، توزیع فراوانی آن با کمک ویژگی هایی شامل میانگین، میانه، حداقل، حداکثر، انحراف معیار، ضریب تغییرات، چولگی و کشیدگی توسط نرم افزار SPSS مورد بررسی قرار گرفت. پس از استانداردسازی داده ها، برای آموزش شبکه عصبی از شبکه MLP^1 با نرم افزار Matlab 7.13 استفاده گردید. فرآیند آموزش تا جایی که تفاوت بین داده های واقعی (برای داده های آزمون) و داده های پیش بینی شده به حداقل برسد انجام شد. قاعده آموزشی لونیگ-مارکوات شامل استفاده از تابع آستانه Tansing در یک لایه پنهان و نیز لایه خروجی به کار گرفته شدند. در نهایت بهترین ساختارهای شبکه برای پارامتر مس بر اساس کمترین میزان ریشه مربع خطا (RMSE) انتخاب گردیدند. لازم به ذکر است جهت انجام درون یابی و پهنه بندی خصوصیات خاک نرم افزار ArcGIS 9.3 مورد استفاده قرار گرفت.

نتایج و بحث

جدول ۱ نتایج بررسی آماری خصوصیات مطالعه شده را نشان می دهد. همچنین جهت بررسی آزمون نرمال بودن توزیع متغیرها، از آزمون کولموگروف - اسمیرونوف و برای بررسی روابط بین خصوصیات خاک از ضریب همبستگی پیرسون استفاده گردید (جدول ۲). سپس براساس ارتباط بین خصوصیات خاک با یکدیگر، پارامتر با ضریب همبستگی بالاتر به عنوان متغیر کمکی برای دو روش کوکریجینگ و شبکه عصبی مصنوعی در نظر گرفته شد. که نتایج همبستگی جدول ۲ با نتایج بورون و همکاران (۲۰۰۴) مطابقت دارد.

¹ Multilayer perceptron



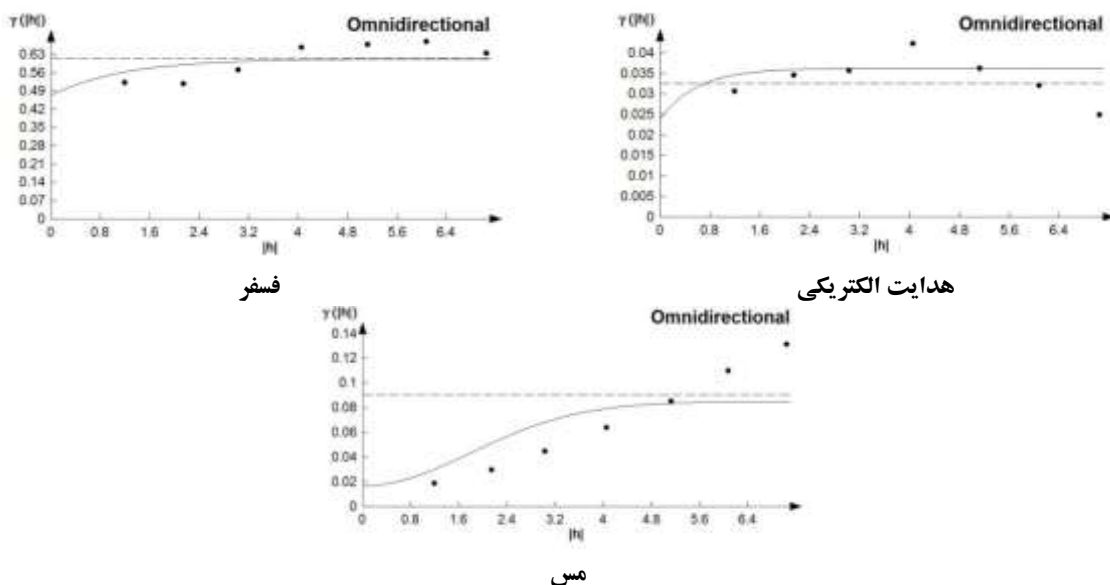
جدول ۱. توصیف آماری غلظت عناصر مورد مطالعه و برخی خصوصیات خاک در ایستگاه سراب چنگایی

پارامتر	واحد	حداقل	حداکثر	میانگین	انحراف معیار	چولگی	کشیدگی
هدایت الکتریکی	dS m^{-1}	۰/۶	۱/۶۲	۰/۸۵	۰/۱۸	۱/۸۱	۴/۷۵
pH	-	۷/۴۲	۷/۷۳	۷/۵۸	۰/۰۷	-۰/۰۵	-۱/۰۱
کربنات کلسیم معادل	%	۳۷/۹	۴۳	۴۰/۵۸	۱/۰۳	۰/۰۶۹	۰/۰۳
کربن آلی	%	۰/۶۶	۱/۱۳	۰/۹۵	۰/۰۸	-۰/۶۴	۱/۲۵
فسفر	mg kg^{-1}	۲/۵۰	۷/۶۰	۴/۵۰	۰/۷۸	-۰/۵۱	۲/۰۱
پتاسیم	mg kg^{-1}	۳۰۵	۴۳۵	۳۶۳/۹۸	۲۹/۶۹	۰/۳۳۹	-۰/۲۰
مس	mg kg^{-1}	۱/۱۴	۲/۱۸	۱/۶۷	۰/۳۰	-۰/۴۸	-۱/۲۳

جدول ۲. ضرایب همبستگی بین خصوصیات خاک در ایستگاه مورد مطالعه

پارامتر	هدایت الکتریکی	pH	کربنات کلسیم معادل	کربن آلی	فسفر	پتاسیم
مس	۰/۲۹۹**	-۰/۱۰۶	۰/۰۷۶	۰/۰۳۵	۰/۳۲۱**	-۰/۱۴

اولین گام در استفاده از روش کوکریجینگ بررسی وجود ساختار مکانی در بین داده‌ها توسط آنالیز واریوگرام می‌باشد، بدین منظور اقدام به ترسیم واریوگرام با استفاده از داده‌های نرمال گردید. تجزیه و تحلیل ساختار مکانی داده‌ها از طریق محاسبه نیم تغییرنما و با استفاده از بسته نرم افزاری Variowin 2.2 (شین و همکاران، ۲۰۰۰) انجام شد. به عبارتی تغییرنما یک تابع ریاضی است که تغییرات فاصله‌ای یا ساختار تغییرپذیری یک متغیر ناحیه‌ای را صورت‌بندی می‌کند (محمدی، ۱۳۸۵). شکل ۲ تغییرنما پارامترهای هدایت الکتریکی، فسفر و مس را نشان می‌دهد. ضمناً برای تشخیص ناهمسانگردی در این تحقیق از تغییرنمای سطحی^۱ استفاده شد.



شکل ۲. نیم تغییرنمای همه جهته خصوصیات خاکی مختلف در منطقه مطالعاتی

¹ Variogram Surface



به منظور اعتبارسنجی و مقایسه نتایج تخمین مس از طریق کوکریجینگ و شبکه عصبی، شاخص های RMSE، ME و R^2 محاسبه شدند (جدول ۳). که با توجه به مقادیر R^2 بدست آمده می توان نتیجه گرفت که مدل های بدست آمده برای تخمین مس ناریب بوده و از دقت خوبی برخوردار است. لازم به ذکر است که نتایج شبکه عصبی قابلیت پیش بینی بالاتری نسبت به روش کوکریجینگ دارد.

جدول ۳. نتایج تخمین مس با استفاده از روش های کوکریجینگ و شبکه عصبی

روش	متغیر کمکی	R^2	ME	RMSE
کوکریجینگ	هدایت الکتریکی	۰/۸۲	۰/۱۲۵	۰/۰۰۱
	فسفر	۰/۷۹	۰/۱۳	- ۰/۰۰۰۳
شبکه عصبی	هدایت الکتریکی	۰/۹۲	۰/۰۰۹	۰/۰۹۷
	فسفر	۰/۹۰	۰/۰۱۴	۰/۱۱۹

نتایج تحقیقات نشان می دهد که با توجه به نیاز ضروری بشر برای دستیابی به کشاورزی پایدار و عدم گسترش آثار ناشی از بهره برداری غلط از اراضی، لزوم یک برنامه ریزی صحیح و طولانی مدت در زمینه استفاده از اراضی براساس استعدادشان (سرمیدان و تقی زاده، ۱۳۸۸) و دسترسی اطلاعات منابع اراضی و خصوصیات خاکی به صورت دقیق احساس می گردد. از طرفی با استفاده از متغیرهای کمکی، پارامترهای دیربافت و عناصری که نیاز به صرف هزینه و وقت بیشتری برای اندازه گیری دارند، را براحتی می توان با اندازه گیری تعداد نمونه کمتر و با کمک متغیرهای کمکی تخمین زد. که این روش یک روش غیرمستقیم، کم هزینه و قابل اعتماد برای پیش بینی عناصر خصوصیات خاکی پرهزینه محسوب می شوند. بطور کلی هرچند در کشور ما ابزار و امکانات کشاورزی دقیق زیاد توسعه نیافته است ولی می توان جهت صرفه جویی در مصرف کودهای مختلف و حفظ محیط زیست با کمک تکنیک زمین آمار و شبکه عصبی با مدیریت های منطقه ای به اهداف کشاورزی پایدار نزدیک گردید. همچنین پیشنهاد می شود در مطالعات آینده از روش های دیگر تخمین نیز استفاده شود و نتایج آن با این روش مقایسه گردد.

منابع

- ۱- سرمیدان، ف؛ تقی راده مهرجردی، ر.ا. (۱۳۸۸.۲) مقایسه روش های درون یابی جهت تهیه نقشه خصوصیات کیفی خاک مطالعه موردی (مزرعه دانشکده کشاورزی). (۴۰): ۲: ۱۶۵-۱۵۷.
- ۲- محمدی، ج.، ۱۳۸۵. پدومتری (آمار مکانی). جلد دوم، انتشارات پلک. ۲۴۰ صفحه.
- 3-Bosun, S.Z., and Qiguo, Z. 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.
- 4-Bourennane, H, Nicoullaud, B, Couturier, A, and King, D. 2004. Exploring the Spatial Relationships Between Some Soil Properties and Wheat Yields in Two Soil Types. Precision Agriculture, 5: 521-536.
- 5-Jiang, P., and Telen. K.D. 2004. Effect of soil and topographic properties on crop yield in a north- central cornsoybean cropping system. Agron. J. 96: 252-258.
- 6-Page, A.L., Miller, R.H., and Keeney, D.R. 1982. Methods of Soil Analysis. 2th ed. Part 2: Chemical and biological properties, Soil Sci Soc Am Inc. publisher.
- 7-Olsen, S.R., and Sommers, L.E. 1982. Methods of Soil Analysis, Part 2: Chemical and microbiological properties, 2nd ed. Agron. Monogr. no. 9. ASA and SSSA, Madison, WI .
- 8-Richards, L.A. 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkaline Soil, USDA Hand book. No. 60. Office Washington. DC .
- 9-Schnitzer, M., and Khan, S.U. 1989. Soil organic matter. Developments in Soil Science (8th ed.) New York: Elsevier Science.
- 10-Shin, N.J., Cailles, J., and Peneffen, M. 2000. Determination of spatial continuity of soil lead levels in an urban residential neighborhood. Environmental Research. 82:46- 52.
- 11-Walkley, A; and Black, I.A. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Sci. 37: 29-38.



کاربرد سیستم‌های سنجش از راه دور برای اندازه‌گیری کربن آلی خاک

پریسا عطائیان^۱، پرویز احمدی مقدم^۲، ابراهیم سپهر^۳

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مکانیک ماشینهای کشاورزی، گروه مکانیک بیوسیستم، دانشگاه اورمیه

۲- استادیار گروه مکانیک بیوسیستم، دانشگاه اورمیه

۳- دانشیار گروه علوم خاک، دانشگاه اورمیه

مقدمه

کربن خاک به عنوان منبع عظیمی از مواد مغذی برای گیاه و به عنوان عاملی فعال در گسترش ساختمان خاک، نقش مهمی در کشاورزی دارد. از سال ۱۸۵۰ خاک‌ها تنها به دلیل کشاورزی ۷۸ تن کربن از دست داده‌اند. این از دست رفتن کربن نشان دهنده انتشار بخش عمده‌ای از گازهای گلخانه‌ای است و منجر به کاهش حاصلخیزی، کاهش نگهداری آب و ساختار سله بسته و فشرده در سطح خاک می‌شود. کشاورزی دقیق نیازمند اطلاعات دقیق سه بعدی روی خصوصیات خاک برای مدیریت تولید محصول همراه با افزایش سود مزرعه و کاهش تخریب محیط زیست است. نقشه‌های دقیق کربن خاک حاوی اطلاعات ضروری برای انجام عملیات بی‌خطر روی مناطق خاص است. برای مثال، غلظت کربن آلی در سطح خاک، برای تعیین میزان نیاز یک مکان خاص به بعضی منابع مورد نیاز برای تولید محصول، از جمله نیتروژن و علف‌کش‌ها مورد نیاز است. (لال، ۲۰۰۹)

حداقل دو مانع عمده در محاسبه کربن خاک وجود دارد: (۱) افزایش کربن با توجه به تغییرات عملیات کشاورزی خیلی کم است. (۲) مقدار کربن بطور گسترده‌ای در داخل خاک، حتی در چند متر، متغیر است. تفاوت کربن در چنین فاصله‌های کوچکی علاوه بر عوامل اصلی مانند فرم خاک، نوع خاک و تاریخچه کاربردی زمین، به عوامل نامعلوم و غیر قابل مشاهده‌ای بستگی دارد. مثل پخش ناهموار باقی‌مانده محصولات خارج شده از خرمن کوب کمباین روی زمین، جابجایی توده باقیمانده محصولات بطور نامنظم روی زمین بر اثر بارش‌های سنگین و بسیاری عوامل دیگر. اگر نرخ نمونه‌برداری ناکافی باشد، فاصله اطمینان بیش از حد بالا رفته و اگر نمونه‌ها به تعداد کافی جمع‌آوری شود، هزینه تحلیل‌های آزمایشگاهی گزاف خواهد بود. بنابراین یک جایگزین بهتر و مناسب‌تر برای کاهش هزینه‌های تحلیل و عملیات مورد نیاز است. (کریستی، ۲۰۰۸)

برای ترسیم کربن خاک روش‌های سنجش از راه دور دارای مزیت آشکاری- ماهیت سه بعدی تصاویر- هستند اما ابزار مناسبی برای توضیح مورد نیاز است. از آنجاکه خاک‌های غنی از کربن آلی اغلب توسط ظاهر تیره‌شان قابل شناسایی‌اند، بیشتر تحقیقات برای تعیین تغییر پذیری کربن به بازتاب در محدوده باندهای مرئی توجه دارد. (ویسکارا راسل، ۲۰۰۸)

روش طیف سنجی بازتابی به ویژه برای خاک، امکان بررسی خواص متفاوت مربوط به رطوبت و مواد آلی از جمله کربن، نیتروژن و برآورد خصوصیات میکرو، ماکرو، فیزیکی و بیوشیمیایی خاک را فراهم کرده است. روش‌های تحلیلی معمول برای بسیاری از خصوصیات خاک که در بالا ذکر شد، وقت‌گیر، مخرب برای نمونه‌ها و اغلب موجب بکار بردن بسیاری از مواد شیمیایی می‌باشد. مزایای کاربرد سنجش از راه دور، شامل نمونه‌برداری ساده از خاک الک شده، عدم نیاز به کاربرد مواد شیمیایی و سمی، غیرمخرب بودن آن برای طبیعت و اینکه سریع، ارزان و با دقت بالا انجام می‌شود. (زرنوا، ۲۰۰۸)

مواد و روش ها

۱- روش طیف سنجی بازتابی

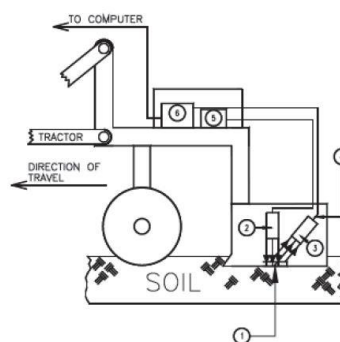
جمع آوری نمونه ها

در سیستم های اندازه گیری از راه دور، نمونه ها از سطح خاک نسبتا خشک و عاری از بقایای گیاهی جمع آوری می شوند. چندین نمونه قبل از طیف سنجی برای تعیین برخی خصوصیات خاک همچون رطوبت، بافت و کربن آلی به آزمایشگاه منتقل می شود.

در تمام نمونه برداری ها، نمونه های خاک از عمق ۰ تا ۱۰ سانتی متری بطور تصادفی گرفته می شود. قبل از تحلیل، نمونه ها در جریان هوا به مدت یک هفته خشک و سپس از الک ۲ میلی متری عبور داده می شوند. کربن آلی خاک توسط اکسیداسیون پتاسیم دی کرومات تعیین می گردد.

طیف سنجی

پس از این مرحله، عملیات داده برداری توسط دستگاه طیف سنج مادون قرمز نزدیک، متوسط و یا سنسورهای سنجش از راه دور انجام می گیرد. دستگاه طیف سنج مادون قرمز نزدیک مزرعه ای از اجزای مختلفی تشکیل شده است: دریچه تیره (فیلتر مادون قرمز)، منبع هالوزن، چشمی دریافت، چشمی رشته ای، منبع تغذیه و طیف سنج (شکل ۱).



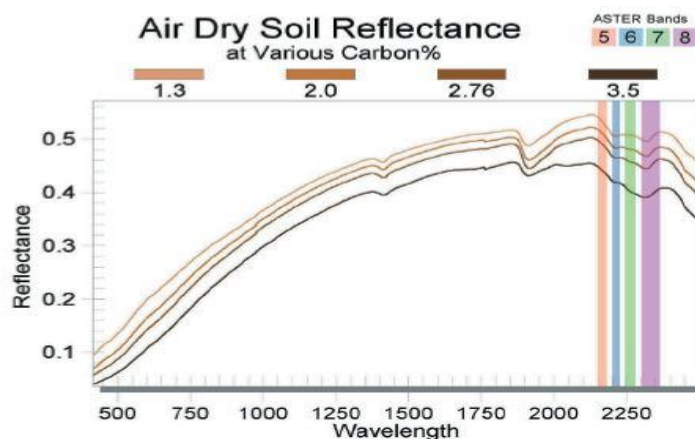
شکل ۱- ساختمان یک طیف سنج میله ای برای اندازه گیری طیف های نزدیک

طیف سنج سوار شده بر روی میله متصل به تراکتور درون خاک تا عمق معینی کشیده می شود. اندازه گیری های طیفی توسط یک دریچه طیفی نصب شده بر انتهای میله بدست می آید. طیف بازتابیده برای انتقال به طیف سنج درون یک کابل فیبر نوری جمع آوری شده تا به دستگاه تبدیل منتقل شود.

طیف سنجی در باندهای مرئی و مادون قرمز نزدیک (۳۵۰ تا ۲۵۰۰ نانومتر) انجام می شود. کربن خاک براساس اثرهای طیفی ۳۵۰ تا ۲۵۰۰ نانومتر از طیف مادون قرمز نزدیک و باندهای حساس به تمام رنگ های چند طیف نوری از سنسورهای هوایی و ماهواره ای بدست می آید.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

تحلیل داده‌های طیف‌سنجی شده در شکل ۲ رسم شده است. این نمودار نشان می‌دهد که چگونه باندهای مرئی و مادون قرمز نزدیک در مقابل مقادیر درصد کربن آلی واکنش نشان می‌دهند. در نتیجه برای این مدل‌ها مقدار ضریب همبستگی بدست خواهد آمد.



شکل ۲- منحنی طیفی بازتاب خاک با افزایش درصد کربن آلی

همبستگی‌های مشاهده شده نشان می‌دهد که تنوع نسبتاً زیاد بافت و مکان نمونه‌برداری، وقتی حجم نمونه‌ها به اندازه کافی بزرگ نیست، ممکن است دقت و صحت نقشه‌های کربن تهیه شده را تحت تاثیر قرار دهد.

۲- استفاده از دوربین دیجیتال

جمع آوری نمونه‌ها

تهیه نمونه‌ها در این روش نیز مشابه روش طیف‌سنجی بازتابی است، تنها تفاوتی که وجود دارد مربوط به استخراج داده‌ها و آنالیز آن‌ها می‌باشد.

گرفتن عکس‌ها

تصاویر خاک با استفاده از یک دوربین دیجیتال و نور هالوژن گرفته می‌شود. دوربین روی یک سه پایه با فاصله ۰/۵ متری لنز دوربین از سطح پتری دیش نصب شده و نور از یک سطح مقعر سفید بازتاب می‌شود تا زاویه انتشار نور روی عکس‌ها ۴۵ درجه باشد. نمونه‌ها برای جلوگیری از اثر تداخل نور داخل یک محفظه قرار می‌گیرند و سطح نمونه‌ها برای جلوگیری از تشکیل سایه صاف می‌شود.

استخراج داده‌ها و آنالیز آن

دوربین دیجیتال، اطلاعات تبدیل شده تک رنگ با یک سری فیلتر RGB را بکار می‌گیرد و آن را در محدوده صفر (تیره) تا ۲۵۵ (روشن) برای هر کانال قرمز، سبز و آبی (RGB) رمزگذاری می‌کند. تحلیل و استخراج اطلاعات نقاط RGB با استفاده از نرم‌افزار انجام می‌گیرد.



رنگ خاک به تنهایی یک ویژگی کاربردی برای خاک به شمار نمی‌رود. بنابراین سودمندی آن با بررسی رابطه بین اندازه‌گیری‌های دیجیتالی رنگ خاک و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک ارزیابی مشخص می‌شود. با بررسی رابطه بین رنگ خاک در فضاهای رنگی مختلف و کربن آلی خاک، رنگ خاک ارتباط بالایی با کربن آلی نشان می‌دهد. (ویسکارا راسل، ۲۰۰۸)

نتایج و بحث

نتایج نشان می‌دهد که کربن آلی را می‌توان با استفاده از اثر بازتاب روی باند مادون قرمز نزدیک برآورد کرد. از آنجا که باندهای مرئی با تغییرات حجم رطوبت و سطوح پایین کربن آلی تمایل بیشتری به خطا دارند، انتظار می‌رود این مدل‌ها در مناطقی که در آن آبیاری باعث تفاوت در مقدار رطوبت زمین می‌شود و سطح کربن آلی خیلی پایین است، ضعیف‌تر باشد. با استفاده از یک مدل ساده و در عین حال موثر برای تعیین کربن آلی، انتظار می‌رود این طرح برای ارزیابی در همه جای زمین موثر باشد.

سنسورهای زمینی برای اندازه‌گیری کربن آلی خاک توانایی و دقت لازم را دارند. مزیت سنسورهای زمینی توانایی آنها برای استفاده در زمین‌های شخم نخورده یا دارای پوشش گیاهی با عمق متغیر نمونه‌برداری و در نتیجه، بدست آوردن تخمین بهتری از کربن موجود در خاک شخم نخورده است.

روش‌های سنجش از راه دور چندین برتری بر روش‌های آزمایشگاهی دارد که می‌توان به چند مورد آن اشاره کرد: سریع بوده، غیرتجربی است و به کمترین نمونه‌های اصلاح شده نیاز دارد (فقط خشک کردن نمونه‌ها)، به شدت دقیق بوده و نیاز به واکنش دهنده‌های شیمیایی ندارد. دوربین دیجیتالی می‌تواند برای اندازه‌گیری رنگ خاک بکار رود و با استفاده از یک مدل فضای رنگی مناسب، این اندازه‌گیری‌ها می‌تواند برای بررسی دقت توابع انتقالی در مورد کربن آلی خاک بکار رود.

بنابراین طیف‌سنجی مادون قرمز نزدیک و عکس‌برداری دیجیتالی می‌تواند به‌عنوان ابزار تحلیلی برای ارزیابی کیفیت خاک مورد استفاده قرار گیرد. علاوه بر این هزینه کم ارزیابی نمونه‌ها، امکان تفکیک زمانی و مکانی بالایی را برای نظارت در مناطق بزرگ فراهم می‌کند که می‌تواند ضعف مدیریت را به شدت پایین بیاورد. با اینحال، برای توسعه مدل‌های قابل اطمینان‌تر، کار بیشتری مورد نیاز است، از جمله تعداد بیشتر نمونه از انواع مختلف خاک و مناطق با طیف گسترده‌ای از خصوصیات خاک.

منابع

- 1.Christy, C.D. (2008). Real-Time Measurement of Soil Attributes Using On-the-go Near Infrared Reflectance Spectroscopy. *Computers and Electronics in Agriculture*. 61:1. pp.10-19
- Lal, R.(2009). Challenges and opportunities in soil organic matter research *European Journal of Soil Science*, April 2009, 60, 158–169
- 2.McCarty GW, Reeves III JB (2001) -Development of rapid instrumental methods for measuring soil organic carbon. In: Lal R et al. (eds) *Assessment methods for soil carbon*. Lewis, Boca Raton, FL, pp 371–380
- 3.R.A. Viscarra Rossel, Y. Fouad, C. Walter. (2008) - Using a digital camera to measure soil organic carbon and iron contents. *Biosystems Engineering* 100 149 – 159
- 4.R. Zornoza, C. Guerrero, J. Mataix-Solera, K.M. Scow, V. Arcenegui, J. Mataix-Beneyto (2008)- Near infrared spectroscopy for determination of various physical, chemical and biochemical properties in Mediterranean soils. *Soil Biology & Biochemistry* 40 1923–1930



اثر دمای پیرولیز بر ویژگی‌های شیمیایی بیوچار لجن فاضلاب شهری

زهرا خان محمدی^۱، مجید افیونی^۲، محمدرضا مصدقی^۳

۱- دانشجوی دکتری فیزیک و حفاظت خاک دانشگاه صنعتی اصفهان

۲- استاد دانشگاه صنعتی اصفهان، ۳- دانشیار دانشگاه صنعتی اصفهان.

مقدمه

بیوچار^۱ یک ماده جامد غنی از کربن است که طی فرآیند پیرولیز^۲ زیتوده^۳ در شرایط عدم حضور و یا حضور جزئی اکسیژن تولید می‌شود. در فرآیند تولید بیوچار محصولات جانبی مانند گاز و روغن نیز ایجاد می‌شوند که می‌توانند به عنوان سوخت مصرف شده و انرژی قابل تجدیدی فراهم نمایند. تولید هم‌زمان بیوچار و بیوانرژی می‌تواند از راه جایگزینی سوخت‌های فسیلی و ترسیب کربن در قالب کربن پایدار خاک به عنوان راهکاری در برابر تغییر اقلیم جهانی قرار گیرد. ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی بیوچار عمدتاً متأثر از نوع ماده آلی انتخاب شده برای تولید آن و شرایط فرآیند پیرولیز (دما و زمان) می‌باشد. این ویژگی‌ها بر واکنش‌هایی که بیوچار در محیط کاربردی به جا می‌گذارد و نیز بر سرنوشت بیوچار تاثیرگذار می‌باشند (چان و زو ۲۰۰۹). یوان و همکاران (۲۰۱۱) با بررسی اثر دماهای مختلف پیرولیز بر ویژگی‌های بیوچار بقایای کلزا، ذرت، سویا و بادام زمینی دریافتند که با افزایش دما pH و قلیائیت بیوچارها افزایش می‌یابد. امروزه تولید انبوه پسماندهای آلی ناشی از فعالیت‌های صنعتی و زندگی شهری مانند لجن فاضلاب، پیامدهای مشکل‌ساز کوتاه و بلندمدتی را برای سلامت محیط زیست ایجاد کرده است. چالش مهم در ارتباط با مدیریت مؤثر لجن فاضلاب در قالب یک روش قابل قبول زیست-محیطی و اقتصادی می‌تواند به شکل تبدیل پیرولیتیک لجن فاضلاب به بیوچار و کاربرد بیوچار آن در کشاورزی باشد. پیرولیز لجن فاضلاب به طور بالقوه می‌تواند یک روش انتخابی برای مدیریت لجن به ویژه در مقایسه با روش‌های معمول دفن در زمین^۴ و کاربرد مستقیم آن در کشاورزی باشد (هوانگ و همکاران ۲۰۰۷). این فرآیند ضمن کاهش حجم بقایای جامد و حذف پاتوژن‌ها و عوامل بیماری‌زا در لجن، پیامدهای مثبتی در کشاورزی نیز دارد (حسین و همکاران ۲۰۱۱). از این رو این پژوهش با هدف بررسی اثر دمای پیرولیز بر ویژگی‌های شیمیایی بیوچارهای تولید شده از لجن فاضلاب شهری و مقایسه آن با لجن فاضلاب انجام شد.

مواد و روش‌ها

لجن فاضلاب از تصفیه خانه شاهین‌شهر تهیه شد. به منظور تولید بیوچار ابتدا لجن فاضلاب هوا خشک شده و به مدت ۲۴ ساعت در آون با دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. پس از کوبیدن لجن فاضلاب خشک‌شده و عبور از الک ۲ میلی‌متری، لجن فاضلاب برای پیرولیز در دماهای مختلف آماده گردید. با ایجاد تغییراتی در یک کوره الکتریکی، شرایط عدم حضور اکسیژن برای پیرولیز فراهم گردید. بر روی نمونه‌های لجن نرخ افزایش دمای ۳ درجه سانتی‌گراد در هر دقیقه تا رسیدن به دماهای ۳۰۰، ۴۰۰، ۵۰۰، ۶۰۰ و ۷۰۰ درجه سانتی‌گراد برای پیرولیز اعمال گردید. نمونه‌ها به مدت ۱۲۰ دقیقه در دمای مورد نظر نگه داشته شد و سپس

1- Biochar
2- Pyrolysis
3- Biomass
4- Landfilling



کوره به آرامی با تبادل گرمایی با محیط (حدود ۱ تا ۲ درجه سانتی‌گراد کاهش دما در دقیقه) برای رسیدن به دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد یا کمتر خنک گردید. عملکرد بیوجار از رابطه $(\text{وزن لجن اولیه} / \text{وزن بیوجار}) \times 100$ = عملکرد بیوجار) محاسبه شد. ویژگی‌های شیمیایی بیوجار و لجن فاضلاب از جمله pH و رسانایی الکتریکی (EC) در عصاره ۱ به ۱۰ بیوجار به محلول کلرید کلسیم ۰/۰۱ مولار، آهک به روش تیتراسیون اسید و باز و نیتروژن کل به روش کلدال اندازه‌گیری شد. به منظور اندازه‌گیری آهن، روی، مس، منگنز، نیکل، کادمیم، کبالت، کروم و سرب کل به روش ۳۰۵۰B سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا و با هضم به وسیله اسید نیتریک ۶ مولار عصاره گیری گردید. برای تعیین شکل قابل دسترس عناصر سنگین، با استفاده از محلول ۰/۰۰۵ مولار DTPA عصاره‌گیری انجام شد. غلظت عناصر در عصاره‌های حاصل، توسط دستگاه طیف‌سنج جذب اتمی مدل پرکین المر A۲۰۰ قرائت گردید. کلیه آزمایشات در سه تکرار و داده‌ها در قالب طرح کاملاً تصادفی مورد آنالیز آماری قرار گرفت (بلک‌مور و همکاران ۱۹۸۷).

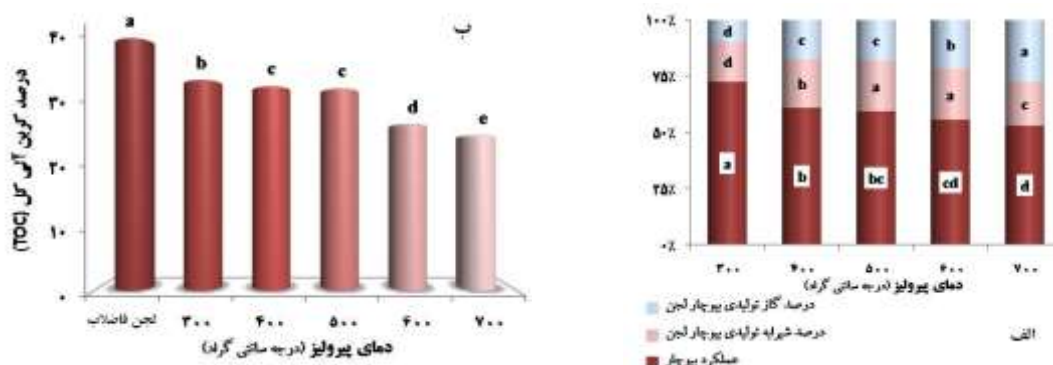
نتایج و بحث

الف) عملکرد بیوجار

در فرآیند پیرولیز لجن فاضلاب سه فاز جامد (بیوجار)، مایع (شیرابه) و گاز تولید شد که با افزایش دما سهم فاز جامد کاهش یافت. عملکرد بیوجار با افزایش دمای پیرولیز از ۳۰۰ تا ۷۰۰ درجه سانتی‌گراد از ۷۲ درصد به حدود ۵۲ درصد کاهش یافت (شکل ۱-الف) به طوری که بیشترین و کمترین عملکرد بیوجار به ترتیب در دماهای ۳۰۰ و ۷۰۰ درجه سانتی‌گراد به دست آمد. حداقل سهم فاز مایع مربوط به دمای ۳۰۰ درجه سانتی‌گراد بود و در سایر دماهای پیرولیز تغییر چندانی در میزان شیرابه تولیدی وجود نداشت. با افزایش دمای پیرولیز تولید گاز افزایش یافت به طوری که بیشترین میزان گاز تولیدی مربوط به دمای ۷۰۰ درجه سانتی‌گراد بود. فو و همکاران (۲۰۱۱) نیز نشان دادند که افزایش دمای پیرولیز عملکرد بیوجار کاهش می‌یابد.

ب) تغییرات کربن آلی

با افزایش دمای پیرولیز میزان کربن آلی کل بیوجار کاهش یافت (شکل ۱-ب). کربن کل لجن فاضلاب اندازه‌گیری شده با دستگاه TOC حدود ۴۰ درصد به دست آمد که با عمل پیرولیز تا ۷۰۰ درجه سانتی‌گراد به حدود ۲۵ درصد کاهش یافت. در بین بیوجارها بیوجار تولیدشده در دمای ۳۰۰ درجه سانتی‌گراد بیشترین میزان کربن آلی (۳۴ درصد) را داشت.



شکل ۱-الف: عملکرد تولید بیوجار ب: درصد کربن آلی اندازه‌گیری شده با دستگاه TOC



ج) pH و رسانایی الکتریکی

اسیدیته لجن فاضلاب ۶/۸ است که با تبدیل آن به بیوچار و افزایش دمای پیرولیز به سمت قلیائیت پیش می‌رود (جدول ۱). بیشترین pH مربوط به بیوچار تولیدشده در ۷۰۰ درجه سانتی‌گراد و حدود ۱۲ می‌باشد. در حالی که کمترین pH مربوط به دمای پیرولیز ۳۰۰ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. از طرف دیگر میزان pH شیرابه تولیدشده در فرایند پیرولیز از ۷/۸ در دمای ۳۰۰ درجه سانتی‌گراد تا حدود ۹/۰ در دمای ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد افزایش یافت و مجدداً با افزایش دما تا ۷۰۰ درجه سانتی‌گراد به مقدار ۸/۳ رسید (جدول ۱).

رسانایی الکتریکی لجن فاضلاب در عصاره ۱ به ۱۰ dS/m ۲/۲ می‌باشد که با تبدیل آن به بیوچار به طور معنی‌داری کاهش می‌یابد (جدول ۱). کم‌ترین مقدار EC مربوط به بیوچار دمای ۳۰۰ درجه سانتی‌گراد (dS/m ۰/۵) بود و با افزایش دمای پیرولیز افزایش یافت به طوری که در دمای ۷۰۰ درجه سانتی‌گراد به حدود dS/m ۱/۹ رسید. هم چنین شیرابه تولیدشده دارای رسانایی الکتریکی بسیار زیادی بوده که با افزایش دمای پیرولیز افزایش می‌یابد (حدود dS/m ۴۳ در دمای ۳۰۰ درجه سانتی‌گراد تا dS/m ۶۳ در دمای ۷۰۰ درجه سانتی‌گراد). بنابراین کاهش EC بیوچار نسبت به لجن فاضلاب می‌تواند ناشی از افزایش EC شیرابه باشد. به علاوه به نظر می‌رسد که روند افزایش EC با افزایش دمای پیرولیز ناشی از کاهش بخش آلی بیوچار تولید شده نیز باشد.

جدول ۱- pH و رسانایی الکتریکی لجن فاضلاب، بیوچارها و شیرابه تولیدشده

ویژگی	لجن فاضلاب	بیوچار تولیدشده در دما (درجه سانتی‌گراد)				
		۷۰۰	۶۰۰	۵۰۰	۴۰۰	۳۰۰
pH	۶/۸ ^{۱*}	۱۲/۰ ^a	۱۰/۹ ^b	۹/۷ ^c	۹/۲ ^d	۸/۲ ^e
EC (dS/m)	۲/۲ ^a	۲ ^b	۰/۶۵ ^d	۰/۷۳ ^d	۰/۸۲ ^c	۰/۵۳ ^e
pH	-	۸/۳ ^d	۸/۷ ^b	۹/۰ ^a	۸/۵ ^c	۷/۸ ^e
EC (dS/m)	-	۶۳/۶ ^a	۵۵/۵ ^b	۵۰/۵ ^c	۴۸/۰ ^d	۴۳/۲ ^e

*: حروف غیر مشابه نشان‌دهنده تفاوت معنی دار در سطح ۵ درصد آزمون LSD می‌باشند.

د) نیتروژن، آهک و برخی عناصر سنگین

مقدار نیتروژن لجن فاضلاب حدود ۳/۲ درصد بود که با اعمال پیرولیز و افزایش دمای پیرولیز کاهش یافت (جدول ۲). بیشترین میزان نیتروژن کل بیوچارهای تولیدی مربوط به دمای ۳۰۰ درجه سانتی‌گراد (حدود ۲/۶ درصد) و کمترین آن مربوط به دمای ۷۰۰ درجه سانتی‌گراد (حدود ۱ درصد) می‌باشد. میزان کل مواد خنثی‌شونده با اسید (آهک) در لجن فاضلاب حدود ۱۷ درصد بود که با اعمال پیرولیز تا دمای ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد به مقدار ۲۷ درصد افزایش یافت. سپس با افزایش دمای پیرولیز تا ۷۰۰ درجه سانتی‌گراد به مقدار ۲۴ درصد کاهش یافت. این امر احتمالاً می‌تواند به دلیل تجزیه آهک در دماهای بالا (بیش از ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد) باشد. به طور کلی مقادیر کل عناصر سنگین اندازه‌گیری شده (جدول ۲) با تبدیل لجن فاضلاب به بیوچار افزایش یافت و با افزایش دمای پیرولیز بر مقادیر آن‌ها افزوده شد (غلظت کادمیم قابل تشخیص به وسیله دستگاه جذب اتمی نبود). این امر احتمالاً می‌تواند به دلیل کاهش میزان ماده آلی بیوچار و افزایش دمای پیرولیز باشد که باعث افزایش غلظت عناصر سنگین در فاز جامد می‌گردد.

مقادیر عناصر سنگین قابل عصاره‌گیری با DTPA ۰/۰۰۵ مولار با افزایش دمای پیرولیز از ۳۰۰ به ۷۰۰ درجه سانتی‌گراد افزایش یافت، هرچند که کاهش معنی‌داری نسبت به لجن فاضلاب داشتند (جدول ۲). لازم به



ذکر است که مقادیر کبالت و کادمیم عصاره‌گیری شده با DTPA در حد تشخیص دستگاه جذب اتمی نبود. بنابراین می‌توان گفت که تبدیل لجن فاضلاب به بیوچار باعث افزایش غلظت کل عناصر سنگین و کاهش معنی‌دار غلظت قابل دسترس آن‌ها می‌شود.

جدول ۲- عناصر مورد اندازه‌گیری در لجن فاضلاب و بیوچارهای تولیدشده

بیوچار تولید شده در دما (درجه سانتی‌گراد)					لجن فاضلاب	ویژگی
۷۰۰	۶۰۰	۵۰۰	۴۰۰	۳۰۰		
۱/۰۴ ^c	۱/۶۸ ^c	۱/۹۹ ^d	۲/۰۹ ^c	۲/۶۱ ^b	۳/۲۳ ^{a*}	نیتروژن کل (درصد)
۲۴/۴ ^d	۲۴/۹ ^d	۲۷/۵ ^a	۲۴/۵ ^b	۲۴/۰ ^c	۱۶/۹ ^d	آهک (درصد)
۲۰۹۲۸	۱۹۴۸۸	۱۸۸۸۸	۱۷۷۲۸	۱۶۳۲۸	۱۲۲۰۸	آهن
۱۴۷۰	۱۳۵۰	۱۴۳۰	۱۴۷۰	۱۱۵۰	۹۱۰	رومی
۴۱۴	۳۸۶	۳۹۶	۳۶۲	۳۵۲	۲۵۶	مس
۳۹۲	۳۶۴	۴۰۰	۳۸۰	۳۸۶	۲۹۸	منگنز
۷۶	۷۰	۶۸	۶۲	۷۲	۶۰	نیکل
۱۰۴	۹۶	۱۷۸	۱۰۰	۸۸	۹۲	کروم
۱۴	۸	۶	۲	ND	ND**	کبالت
۱۵۲	۱۳۲	۱۴۲	۱۱۶	۱۰۷	۱۰۷	سرب
ND	ND	ND	ND	ND	ND	کادمیم
۲۴۸	۶۸/۰	۵۳/۲	۵۴/۶	۲۷/۶	۲۸۸	آهن
۱۳/۳	۸/۰۰	۶/۶۷	۷/۰۰	۲/۵۰	۱۳۰	رومی
۱۵/۳	۶/۱۷	۱/۶۶	۰/۸۳	۰/۵۰	۲۰/۵	مس
۱۱/۵	۵/۶۷	۵/۵۰	۶/۶۷	۲/۰۰	۲۳/۳	منگنز
۱/۱۷	۰/۳۳	۰/۳۳	۰/۳۳	ND	۳/۶۷	نیکل
۱/۸۳	۱/۵۰	۱/۳۳	۱/۳۳	۱/۳۳	۱/۱۷	کروم
ND	ND	ND	ND	ND	ND	کبالت
۸/۶۷	۱۰/۸	۶/۱۳	۶/۱۳	۱/۳۷	۱۳/۳	سرب
ND	ND	ND	ND	ND	ND	کادمیم

*: حروف غیر مشابه نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح ۵ درصد آزمون LSD می‌باشند.

**ND نشان‌دهنده غلظت کمتر از تشخیص دستگاه جذب اتمی می‌باشد.

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج به دست آمده بهترین دمای پیرولیز برای کاربرد بیوچار لجن فاضلاب در خاک‌های آهکی و مناطق خشک و نیمه خشک دمای ۳۰۰ درجه سانتی‌گراد می‌باشد.

منابع

1. Blakemore, L.C., Searle, P.L., and Daly, B. K. 1987. Methods for chemical analysis for soils: NZ Soil Bureau Scientific Report 80: 78-79.
2. Chan KY and Xu Z. 2009. Biochar: nutrient properties and their enhancement. In: Lehmann J, Joseph S (Eds) Biochar for Environmental Management: Science and Technology. Earthscan, London, pp. 67-84.
3. Fu P, Weiming Y, Xueyuan B, Zhihe L, Song H and Jun X. 2011. Effect of temperature on gas composition and char structural features of pyrolyzed agricultural residues. Biores. Tech. 102: 8211-8219.
4. Yuan J, Xu R and Zhang H. 2011. The forms of alkalis in the biochar produced from crop residues at different temperatures. Biores. Tech. 102: 3488-3497.
5. Hwang I.H, Ouchi Y and Matsuto T. 2007. Characteristics of leachate from pyrolysis residue of sewage sludge. Chemosph. 68:1913-1919.
6. Hossain M.K, Strezov V, Yin Chan K, Ziolkowski A and Nelson P.F. 2011. Influence of pyrolysis temperature on production and nutrient properties of wastewater sludge biochar. J. Environ. Manage. 92: 223-228.



"تولید ورمی واش و اثر آن بر رشد گیاهان"

رضا ابراهیمی
استادیار گروه علوم خاک دانشگاه گیلان

مقدمه

پهن دام تازه یا درست انبار شده، دارای مقادیر زیادی عناصر غذایی محلول هستند. ازت آمونیاکی موجود در آن، ممکن است در اثر خشک شدن یا منجمد شدن این فضولات تصعید شود. همچنین عناصر غذایی محلول در این فضولات، می تواند توسط جریان آبهای سطحی و بارندگی شسته شود که علاوه بر هدررفت عناصر غذایی موجب آلودگی آبهای زیرزمینی و مخازن آب می شود. علاوه بر این، به هنگام استفاده از فضولات دامی تازه به عنوان بخشی از مواد اولیه مورد نیاز برای تولید ورمی کمپوست، شستن آنها به منظور کاهش مقدار نیتروژن اضافی (کرمهای خاکی به آمونیاک اضافی عکس العمل منفی دارند) همچنین آبیاری ورمی کمپوست در طول مدت عمل آوری بمنظور حفظ رطوبت آن، ضروری است در نتیجه تولید شیرابه در اثر انجام این دو فعالیت، امری اجتناب ناپذیر است (ابراهیمی، ۱۳۹۰ و ۱۳۹۱). این شیرابه دارای هورمونهای رشد، آنزیم ها، میکرو ارگانیسیمهای مختلف و عناصر غذایی محلول بویژه نیتروژن است (زامباره و همکاران، ۲۰۰۸). با توجه به ارزش تغذیه ای این مایع، می توان آن را جمع آوری و بعد از کنترل کیفی (تعیین pH، EC و ... و بالانس نمودن یونهای غذایی در آن)، آن را بسته بندی و به عنوان کود مایع یا علف کش به بازار مصرف عرضه کرد. این کود را می توان به دو روش خاکی و یا برگ پاشی، مصرف کرد (انصاری، ۲۰۰۸ و هاتی و همکاران، ۲۰۱۰). مصرف خاکی کود مایع ارگانیک در ماههای گرم سال بر مصرف کودهای شیمیایی جامد برتری دارد زیرا احتمال افزایش فشار اسمزی در خاک در اثر مصرف کودهای شیمیایی جامد در فصل گرم سال بیشتر از کودهای مایع است از سوی دیگر در اثر مصرف کود مایع، شرایط برای جذب عناصر غذایی بویژه نترات که بیشتر با مکانیسم جریان توده ای جذب می شود، فراهم تر می شود. محصولات فرعی تولید ورمی واش شامل کود آلی جامد (تفاله باقی مانده بعد از خروج شیرابه) و کرمهای خاکی پیر است. کود آلی جامد بصورت فله ای یا بسته بندی با جرمهای متفاوت (مثلا بسته بندی ۳۰ کیلوگرمی) قابل فروش است. کرم های خاکی پیر نیز می تواند به پودر تبدیل و بعنوان درصدی از جیره غذایی طیور و آبزیان مصرف شود. در صورت ایجاد "واحد تولید کمپوست" با شرایط بی هوازی در کنار واحد تولید ورمی واش، امکان تولید بیوگاز هم وجود دارد. با توجه به افزایش قیمت کودهای شیمیایی و آلودگیهای زیست محیطی از یک سو و کاهش کیفیت محصولات از سوی دیگر "همچنین کافی نبودن مقدار آب در خاک در ماههای گرم سال در اراضی زراعی و باغی برای جذب عناصر غذایی بویژه عناصری که با مکانیسم جریان توده ای جذب می شوند" انجام تحقیقات بیشتر در این زمینه، ضروری است. قابل دسترس بودن مواد آلی در شمال کشور تولید کودهای آلی و مصرف این نوع کودها را از نظر اقتصادی توجیه می کند. هدف، حفظ تولید و بهبود ترکیبات شیمیایی محصولات از طریق مصرف ورمی واش، جایگزینی تدریجی بخشی از مصرف کودهای شیمیایی با کودهای ارگانیک، کاهش مصرف کودهای شیمیایی و افزایش مصرف کودهای ارگانیک در راستای کشاورزی پایدار است. هدف دیگر این تحقیق مشاهده اثر ورمی واش بر رشد گیاهان مختلف است تا در راستای کشاورزی سالم و ارگانیک گام برداریم.



مواد و روشها

واحد " تولید ورمی واش " بخش مهمی از تکنولوژی مدرن تولید ورمی کمپوست و پرورش کرم خاکی است. ورمی واش، مایع ارزشمند بارور کننده ای است که در اثر عبور آب از ستون " ورمی کمپوست و کرمهای مولد آن "، جمع آوری می شود. ابزارهای استفاده شده در کارگاه تولید، ورمی واش ما به شرح زیر است: وان بزرگ (پلاستیکی)، سطل بزرگ، سنگریزه، شن، خاک رس، کود دامی تازه، لاشبرگ، پایه آهنی و آب آبیاری. وان خالی که یک سوی آن باز است، انتخاب و در طرف بسته آن، سوراخی به قطر ۲ سانتی متر در روی پایین ترین قسمت دیواره وان، ایجاد می کنیم. آنگاه یک شیر T شکل به آن وصل و تمام اتصالات را آب بندی می کنیم. وان را روی پایه آهنی قرار دادیم. بعد از آبکشی وان با آب شهر، در ته آن یک لایه سنگریزه به ارتفاع ۱۵ سانتی متر و سپس روی آن یک لایه شن درشت به ارتفاع ۱۰ سانتی متر می ریزیم. این دو لایه را با یک توری پلاستیکی مشبک از لایه های بالایی جدا کردیم و برای جلوگیری از حرکت توری، آن را به دیواره های وان می چسبانیم. لایه ای از خاک رس به ضخامت ۵ سانتی متر روی آن ریخته و آن را مرطوب می کنیم. سپس به تعداد مناسب کرم خاکی (حدود ۱۰۰ عدد) را در بستر ایجاد شده رها می کنیم و روی این لایه ها کود دامی تازه می ریزیم تا پر شود و سطح کل مواد را با لاشبرگ مناسب و سپس با گونی کفی می پوشانیم. سپس به آرامی محتویات داخل سیستم را مرطوب کرده و شیر کنترل را باز و آب ثقیل خارج شده از سیستم را جمع آوری می کنیم، بعد شیر کنترل را می بندیم. این واحد تولیدی را هر روز مرطوب و درب آن ۱۵ دقیقه بمنظور تهویه سیستم، باز نگه داشته شد. بعد از دو هفته، از قسمت بالای وان، اندک اندک روی آن آب پاشی می کنیم. روز بعد شیر کنترل را باز و مایع خروجی (ورمی واش) را جمع آوری می کنیم. دوباره شیر کنترل را بسته و محتویات درون بشکه را بصورت سوسپانسیون در می آوریم و روز بعد شیر کنترل را باز کرده و ورمی واش را جمع آوری می کنیم. قبل از بسته بندی یا مصرف این مایع، غلظت عناصر غذایی و ویژگیهای شیمیایی آن، تعیین و تنظیم شد. در این کار تولیدی، ابتدا مقدار عناصر غذایی پرمصرف، pH و EC در کود مایع ارگانیک (ورمی واش) اندازه گیری و تعیین شد. به منظور بررسی اولیه اثر ورمی واش تولیدی، بر رشد گیاهان، آزمایشی بصورت پایلوت در باغ لوبیا، باغ کیوی، باغ چای، گوجه فرنگی، گیاه دارویی به لیمو، برنج (در کشت دوم)، گیاه زینتی سیکاس در استان گیلان و فقط با یک غلظت از ورمی واش (۲۰ برابر رقیق شده با آب آبیاری) انجام شد. بطوریکه هفته ای یکبار و به مدت چهار هفته در پلاتهای با سطح ۲۰ متر مربع کود ورمی واش روی کانوپی گیاهان اسپری شد. در نهایت اثر اسپری کردن کود مایع ارگانیک (ورمی واش) بر رشد گیاهان رویت و ضمن عکس برداری، مشاهدات یادداشت شد. این کود در بسته بندی های مختلف (مثلا با حجم های یک لیتر و پنج لیتر) تولید و موارد مصرف، روش مصرف و ترکیب شیمیایی آن (شامل مقدار انواع عناصر غذایی پر مصرف و کم مصرف، هورمون ها و آنزیم ها ...) بر روی ظرف آن نوشته شده است.

نتایج و بحث

ورمی واش تولیدی ما کود مایع سیاه متمایل به قهوه ای پررنگ است که پس از عبور آب از ستون پرورش کرمها جمع آوری شد و بعنوان منبع عناصر غذایی، میکروارگانسم ها، هورمون های رشد بر روی محصولات اسپری شد. ورمی واش جمع آوری شده، قبل از مصرف در مورد بسیاری از عناصر غذایی از جمله نیتروژن نیاز به رقیق کردن داشت. هدف از تولید ورمی واش و همچنین غلظت مناسب عناصر در آن با توجه به نوع



استفاده از آن به هنگام مصرف می تواند متفاوت باشد. حتی غلظت آن برای گیاهان مختلف نیز باید متفاوت انتخاب شود. رعایت بالانس یونی بخش مهمی از کار تخصصی و کنترل کیفی کود ورمی واش تولیدی است. کود مایع ارگانیک تولید شده از نظر بعضی از عناصر غذایی بسیار غنی است و به هنگام مصرف باید رقیق شود. این موضوع تا حدودی نیز بستگی به مواد اولیه استفاده شده برای تولید ورمی واش دارد. به عنوان مثال اینکه از پهن گاو یا گوسفند یا اسب استفاده شود ترکیب معدنی کود مایع تولیدی، متفاوت خواهد بود. در جدول زیر بعضی از ویژگیهای ورمی واش تولیدی ما که تا کنون تعیین گردیده است، درج شده است. مقدار اسید هومیک، هورمونهای رشد و آنزیم های مختلف نیز در این کود در حال اندازه گیری است.

جدول شماره ۱- بعضی از ویژگیهای ورمی واش تولیدی

۷/۲	اسیدیته (واکنش کود مایع ورمی واش)
۱۲	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)
۸/۳	نیترژن کل (درصد)
۰/۷	فسفر قابل دسترس (درصد)
۱/۷۸	پتاسیم (درصد)
۰/۶	کلسیم (درصد)

در صورت استفاده از بقایای گیاهی مثل بقایای کارخانجات چوب به عنوان ماده اولیه مقدار نیترژن در ورمی واش تولیدی کمتر خواهد بود. نتایج طرح پایلوت اجرا شده حاکی از اثر مثبت این کود مایع ارگانیک در رشد گیاهان مورد مطالعه است. اسپری کردن ورمی واش موجب بهبود رشد محصولات شد. ورمی واشی که غنی از عناصر غذایی کم مصرف و پرمصرف و هورمون های گیاهی باشد می تواند سلامت گیاهان را بهبود ببخشد. ورمی واش به عنوان یک تونیک گیاهی عمل می کند و کمک می کند تا بسیاری از بیماری های گیاهی کاهش پیدا کند. در تمامی واحدهای تولید ورمی کمپوست اگر " واحد تولید ورمی واش " نیز ایجاد شود کسب و کار واحد تولیدی، توجیه مالی و اقتصادی بیشتری خواهد داشت. حتی تولید اسید هومیک و اسید فولویک نیز همزمان با تولید ورمی کمپوست، این تولید را اقتصادی ترمی کند. با توجه به قیمت خوب کودهای مایع در بازار مصرف و استقبال رو به افزایش برای مصرف آنها، اگر اطلاع رسانی خوبی در خصوص مصرف این نوع از کودها انجام شود، مقدار مصرف این کودها افزایش خواهد یافت. روش بسته بندی این محصول نیز در استقبال از مصرف آن و در نتیجه اقتصادی بودن تولید آن بسیار موثر است. در حال حاضر قیمت خرید مواد اولیه در محل کارگاه هر کیلو ۵۰ تومان است و قیمت فروش هر لیتر کود حدود ۵۰۰۰ تومان است و با توجه به روند رو به افزایش قیمت کودهای شیمیایی و نیز افزایش تمایل به مصرف محصولات ارگانیک در ایران و جهان، چشم انداز اقتصادی خوبی برای تولید آن وجود دارد. بطور کلی تولید و مصرف کودهای مایع تولید شده از کودهای شیمیایی در سالهای اخیر بازار مصرف خوبی یافته است ولی تولید آن از منابع آلی و ارگانیک هنوز در مرحله آغازین راه است و نیاز است محققین در این راستا پژوهشهای متعددی را انجام دهند. نویسنده



امید وار است بزودی بتواند این محصول را در سطح تجاری تولید و در مورد مصرف آن بازار جدید بسازد. مصرف زیاد و بیش از نیاز کودهای شیمیایی توسط کشاورزان متمول مشکلات زیست محیطی ایجاد می کند این در حالی است که به دلیل گرانی کود های شیمیایی، مصرف نکردن این کودها توسط کشاورزان خرده پا و فقیر، رشد محصولات و کیفیت آن را کاهش داده است. از سوی دیگر تمایل به مصرف محصولات سالم و ارگانیک در بازارهای اروپایی ایجاد شده و این رویه در ایران نیز در حال شکل گیری است. همچنین، بر اساس مصوبات دولت ایران، تا چهار سال آینده باید ۲۰ درصد کود مصرفی کشور از منابع آلی تامین شود بنابراین، باید جنبه های مختلف این موضوعات توسط محققین مورد بررسی و ارزیابی قرار گیرد و نقاط ضعف و قوت آن، مشخص شود. اکثر آزمایشات کودی، مربوط به استفاده از کود های شیمیایی و تاثیر این کودها بر رشد گیاهان بوده و تحقیقات انجام شده در مورد اثر کود های آلی بر ترکیب شیمیایی و کیفیت محصولات بسیار کم است. با توجه به اینکه چای، کیوی، فندق، سیکاس گیاهان چند ساله هستند می توان انتظار داشت که مصرف کودهای آلی می تواند منبع تغذیه ای مناسبی برای این محصولات باشد و استفاده از این کود خصوصا در در اراضی هموار و دشت عملی و از نظر اجتماعی نیز پذیرفته شده است. شاید بتوان تمام یا بخشی از کود شیمیایی مورد نیاز در تولید محصولات را با منابع آلی جایگزین نمود و اثرات سوء زیست محیطی کود شیمیایی را کاهش داد و در راستای تولید محصول سالم و ارگانیک گام برداشت.

تشکر و قدردانی

از همکاری خوب پارک علم و فناوری استان گیلان و معاونت تولیدات گیاهی سازمان جهاد کشاورزی استان گیلان برای تولید این کود ارگانیک و انجام طرح پابلوت سپاسگزارم.

منابع

- ۱- ابراهیمی، ر. ۱۳۹۰. فرآوری ضایعات کارخانجات چای سازی با استفاده از گیاه آقطی. همایش ملی پسماندهای کشاورزی و منابع طبیعی، پارک علم و فناوری استان گیلان.
- ۲- ابراهیمی، ر. ۱۳۹۰. اثر آزولا بر سرعت تولید کمپوست از پسماندهای کارخانه چوکا. همایش ملی پسماندهای کشاورزی و منابع طبیعی. پارک علم و فناوری گیلان
- ۳- ابراهیمی، ر. ۱۳۹۱. اثر کمپوست تولیدی از زباله شهر رشت بر رشد گیاه تربچه. همایش ملی کشاورزی ارگانیک. دانشگاه محقق اردبیلی.

4- Ansari, A.A. 2008. Effect of Vermicompost and Vermiwash on the productivity of Spinach (*Spinacia oleracea*), Onion (*Allium cepa*) and Potato (*Solanum tuberosum*). World Journal of Agricultural Sciences 4 (5): 554-557.

5- Zambare V. P., Padul M. V., Yadav A. A. and Shete T. B..2008. Vermivash: biochemical and microbiological approach as eco-friendly soil conditioner. ARPN journal of Agricultural and Biological Science. Vol. 3, No. 4, July.

6- Hatti S.S.¹, Londonkar R.L.², Patil S.B.¹, Gangawane A.K.³ and Patil C.S. 2010. Effect of *Eisenia fetida* vermiwash on the growth of plants. Journal of Crop Science, ISSN: 0976-8920 & E-ISSN: 0976-8939, Vol. 1, Issue 1. PP-06-10.



اثر نانو ذرات دی اکسید تیتانیوم (TiO_2) در حذف کادمیوم از آب

ثمانه آریابد^۱، امیر فتوت و رضا خراسانی^۲

۱- دانشجوی دکتری علوم خاک دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

۲- اعضاء هیأت علمی گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

مقدمه

نانو تکنولوژی یکی از نوید بخش ترین فناوری ها در قرن بیست و یکم می باشد که یکی از کاربرد های مهم آن استفاده از نانو جاذب ها برای حذف آلاینده های آب است (Hua et al, 2012). از آن جا که نانو ذرات دی اکسید تیتانیوم (TiO_2) از نظر محیطی بی خطر هستند (Dietz and Herth, 2011) استفاده از آن ها در حذف فلزات سنگین در آب های آلوده مناسب می باشد. ویژگی های موادی مثل دی اکسید تیتانیوم وقتی به مقیاس نانو تبدیل شوند به طور اعجاب انگیزی تغییر می کند (Owen and Depledge, 2005) به طور مثال با تغییر اندازه ذرات آناتاز از ۳۳۰ نانومتر به ۸ نانومتر سطح ویژه ذرات از ۹/۵ متر مربع برگرم به ۱۸۵/۵ متر مربع برگرم افزایش می یابد (Wilson et al, 2008). در زیر آستانه صد نانومتر نسبت سطح رویه به وزن و نسبت تعداد کل اتم ها در سطح یک ساختار، به اندازه ای زیاد می شود که ویژگی های سطحی مثل واکنش پذیری شیمیایی اهمیت پیدا می کند (Owen and Depledge, 2005). واکنش پذیری سطحی بالای نانو ذرات که به علت اندازه کوچک و سطح رویه بزرگ در واحد وزن نانو ذرات می باشد باعث می شود که نانوذرات از جمله نانو ذرات اکسید فلزی ظرفیت جذب سطحی و انتخابگری بالایی برای آلاینده های آلی و معدنی داشته باشند (Farre et al, 2011 و Hua et al, 2012) به طوریکه نانو ذرات دی اکسید تیتانیوم می توانند فلزات سنگین کادمیوم (chen et al, 2012، Geo et al, 2004 و Hua et al, 2012)، سرب (Hua et al, 2012 و Recillas et al, 2011)، روی، نیکل و مس (Hua et al, 2012) را جذب سطحی کنند. جذب سطحی فلزات سنگین در سطح نانو ذرات اکسید فلزی از جمله دی اکسید تیتانیوم سمیت فلزات سنگین را نیز کاهش می دهد. زیرا کاتیون همراه با نانو ذره مانند یک کیلیت فلزی عمل می کند و قادر به عبور از برخی غشاء های زیستی که نسبت به کیلیت ها نفوذ ناپذیر هستند نمی باشد (Recillas et al, 2011). بنابر این مطالعه با هدف جذب سطحی کادمیوم توسط نانو ذرات دی اکسید تیتانیوم در آب های آلوده انجام شده است.

مواد و روشها

ابتدا توزیع اندازه ذرات در نمونه های پودری نانو ذرات دی اکسید تیتانیوم با دستگاه Particle Size Analyzer تعیین شد. همچنین تصویر^۱ TEM از نانو ذرات تجاری تهیه شد. نانو ذرات دی اکسید تیتانیوم از دو منبع، یکی نانو ذرات خریداری شده به صورت تجاری و دیگری نانو ذرات ساخته شده در دانشگاه مالک اشتر تهران (بدون پوشش و با پوشش سورفکتانت آنیونی) تهیه شدند. به منظور بررسی اثر نوع نانو ذرات دی اکسید تیتانیوم (اثر پوشش نانو ذرات) و غلظت کادمیوم در جذب کادمیوم آب در سطح نانو ذرات دی اکسید تیتانیوم آزمایشی بر پایه

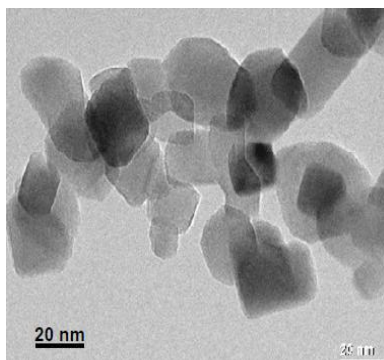
¹ Transmission Electron Microscopy

طرح کاملاً تصادفی با آرایش فاکتوریل با دو تیمار شامل سه نوع نانو ذره دی اکسید تیتانیوم (نانو ذرات تجاری (بدون پوشش)، نانو ذرات سنتز شده بدون پوشش و نانو ذرات سنتز شده پوشش دار) و دو غلظت کادمیوم (۴ میلی گرم بر لیتر و ۸ میلی گرم بر لیتر) در سه تکرار انجام گرفت. به این منظور محلول هایی با غلظت ۲۰۰ میلی گرم بر لیتر از سه نوع نانو ذره به طور جداگانه، غلظت ۲۰ میلی مول بر لیتر CaCl_2 به عنوان الکترولیت زمینه و غلظت های ۴ میلی گرم بر لیتر و ۸ میلی گرم بر لیتر کادمیوم تهیه شد. محلول ها به لوله های ۵۰ میلی لیتری منتقل شد و پس از ۲۴ ساعت شیک در یک شیکر رفت و برگشتی با دور ۱۵۰ دور در دقیقه به مدت ۵ دقیقه با ۱۲۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفوژ شد. غلظت کادمیوم در محلول رویی با دستگاه جذب اتمی مدل Shimadzu AA-670 قرائت شد.

بعد از آن به منظور بررسی اثر غلظت نانو ذرات دی اکسید تیتانیوم، غلظت کادمیوم و زمان شیک، آزمایشی بر پایه طرح کاملاً تصادفی با آرایش فاکتوریل با سه تیمار شامل دو سطح غلظت نانو ذرات دی اکسید تیتانیوم تجاری (۲۰۰ میلی گرم بر لیتر و ۵۰۰ میلی گرم بر لیتر)، سه سطح کادمیوم (۴، ۸ و ۱۶ میلی گرم بر لیتر) و چهار زمان شیک (۱، ۲، ۲۴ و ۴۸ ساعت) در دو تکرار انجام گرفت. غلظت ۲۰ میلی مول بر لیتر CaCl_2 به عنوان الکترولیت زمینه در نظر گرفته شد. محلول ها به لوله های ۵۰ میلی لیتری منتقل شد و پس از ۱، ۲، ۲۴ و ۴۸ ساعت شیک در یک شیکر رفت و برگشتی با دور ۱۵۰ دور در دقیقه به مدت ۵ دقیقه با ۱۲۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفوژ شد. غلظت کادمیوم در محلول رویی با دستگاه جذب اتمی مدل Shimadzu AA-670 قرائت شد.

نتایج و بحث

نتایج بدست آمده از دستگاه Particle Size Analyzer نشان داد که میانگین اندازه ذرات در نمونه پودر نانو ذرات تجاری، نانو ذرات ساخته شده بدون پوشش و نانو ذرات ساخته شده پوشش دار به ترتیب ۳۶، ۴۱ و ۶۳ نانو متر می باشد. همچنین تصویر TEM نانو ذرات تجاری در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱- تصویر TEM نانو ذرات دی اکسید تیتانیوم تجاری

در آزمایش بررسی اثر نوع نانو ذره (اثر پوشش نانو ذرات) و غلظت کادمیوم در جذب کادمیوم در سطح نانو ذرات دی اکسید تیتانیوم مشاهده شد که در هر دو غلظت کادمیوم جذب در سطح نانو ذرات ساخته شده بهتر از نانو ذرات تجاری بوده است. به استثناء غلظت ۴ میلی گرم بر لیتر کادمیوم که تفاوت معنی داری در جذب کادمیوم در سطح نانو ذرات تجاری و نانو ذرات پوشش دار مشاهده نشد (جدول ۱). علاوه بر این مشخص شد که پوشش



نانو ذرات تأثیری در افزایش جذب کادمیوم در سطح نانو ذرات نداشته است. پوشش نانوذره واکنش پذیری آن را از طریق اشغال بخش زیادی از مکان های جذب کاهش می دهد (Pan et al, 2010). هرچند از آن جا که پیوند پوشش با سطح نانو ذره از نوع الکتروستاتیکی است و یون های پوشش به سطح نانو ذره به طور ضعیفی چسبیده اند لذا سطح نانو ذره لخت فرض می شود و پوشش در فرایند جذب سطحی نقشی ندارد (Recillas et al, 2011). همچنین با افزایش غلظت کادمیوم از ۴ میلی گرم بر لیتر به ۸ میلی گرم بر لیتر درصد جذب کادمیوم در سطح نانو ذرات دی اکسید تیتانیوم افزایش پیدا کرد (جدول ۱).

جدول ۱- غلظت کادمیوم در محلول رویی بعد از سانتریفوژ بر حسب میلی گرم بر لیتر

نوع نانو ذرات			غلظت کادمیوم (میلی گرم بر لیتر)
نانو ذرات ساخته شده بدون پوشش	نانو ذرات ساخته شده پوشش دار	نانو ذرات تجاری	
۳/۰ d	۳/۹ c	۳/۸ c	۴
۴/۹ b	۴/۸ b	۵/۹ a	۸

در آزمایش بررسی اثر غلظت نانو ذره، غلظت کادمیوم و زمان در جذب کادمیوم آب در سطح نانو ذرات دی اکسید تیتانیوم مشاهده شد که با افزایش غلظت نانو ذرات از ۲۰۰ میلی گرم بر لیتر به ۵۰۰ میلی گرم بر لیتر در همه زمان ها جذب کادمیوم در سطح نانو ذرات افزایش پیدا می کند (جدول ۲) که به دلیل افزایش سطوح جذب کننده در آب می باشد.

جدول ۲- غلظت کادمیوم در محلول رویی بعد از سانتریفوژ بر حسب میلی گرم بر لیتر

غلظت ۵۰۰ میلی گرم بر لیتر نانو ذرات				غلظت ۲۰۰ میلی گرم بر لیتر نانو ذرات				غلظت کادمیوم (میلی گرم بر لیتر)
۴۸ ساعت	۲۴ ساعت	۲ ساعت	۱ ساعت	۴۸ ساعت	۲۴ ساعت	۲ ساعت	۱ ساعت	
۲/۹ g	۲/۹ g	۳/۲ g	۳/۲ g	۳/۸ g	۳/۷ g	۳/۸ g	۳/۷ g	۴
۵/۴ f	۵/۴ f	۵/۶ f	۶/۲۲ ef	۶/۴ ef	۶/۴ ef	۶/۸ e	۶/۷ e	۸
۱۰/۸ d	۱۰/۹ d	۱۱/۵ cd	۱۲/۳ bc	۱۳/۰ b	۱۴/۲ a	۱۲/۹ b	۱۳/۲ b	۱۶

همچنین با افزایش غلظت کادمیوم از ۴ به ۸ میلی گرم بر لیتر در همه زمان ها درصد جذب کادمیوم افزایش یافت در حالیکه افزایش غلظت کادمیوم از ۸ به ۱۶ میلی گرم بر لیتر اثری در حذف کادمیوم توسط نانو ذرات نداشت (جدول ۲). بنابراین حداکثر جذب در تیمار ۸ میلی گرم بر لیتر کادمیوم بدست آمد که نشان می دهد سطح جذب کننده نانو ذرات دی اکسید تیتانیوم در غلظت ۸ میلی گرم بر لیتر کادمیوم اشباع شده است و غلظت



های بالاتر کادمیوم تأثیری در افزایش جذب کادمیوم نداشته است. در مطالعه اثر غلظت نانو ذرات دی اکسید تیتانیوم و غلظت اولیه سرب در حذف سرب از آب نیز مشاهده شد که با افزایش غلظت نانو ذرات از ۳۲۰ میلی گرم بر لیتر به ۵۶۰ میلی گرم بر لیتر و افزایش غلظت اولیه سرب از ۱۷ میلی گرم بر لیتر به ۹۵ میلی گرم بر لیتر، درصد حذف سرب در آب از ۳۶/۲ به ۴۹/۲ افزایش پیدا کرده است (Recillas et al, 2011). همچنین در مورد اثر زمان در جذب کادمیوم در سطح نانو ذرات مشاهده شد که به طور کلی در غلظت های مختلف نانو ذره و کادمیوم با گذشت زمان از یک ساعت تا ۲۴ ساعت، درصد جذب کادمیوم در سطح نانو ذرات افزایش پیدا کرد (هر چند در بیشتر موارد این افزایش معنی دار نبود) و بعد از ۲۴ ساعت ثابت ماند (جدول ۲) که نشان می دهد زمان تعادلی برای جذب کادمیوم در سطح نانو ذرات دی اکسید تیتانیوم، ۲۴ ساعت می باشد. به طور کلی نتیجه گرفته می شود که نانو ذرات دی اکسید تیتانیوم قادرند با مکانیسم جذب سطحی کادمیوم را از آب های آلوده حذف کنند.

منابع

- 1- Chen, Q., Yin, D., Zhu, s. and Hu, X. 2012. Adsorption of cadmium (II) on humic acid coated titanium dioxide. *Journal of Colloid and Interface Science*. 357 : 241- 248
- 2- Dietz, K-J., and Herth, S. 2011. Plant nanotoxicology trends in *Plant Science* 16 : 582-589
- 3- Farre, M., Sanchis, J., and Barcelo, D. 2011. Analysis and assessment of the occurrence, the fate and the behavior of nonomaterials in the environment. *Trends in Analytical Chemistry*. 30 : 517-527
- 4- Gao, Y., Wahi, R., Kan, A.T., Falkner, J.C., Colvin, V.L., and Tomson, M.B. 2004. Adsorption of Cadmium on anatase nanoparticles – effect of crystal size and pH. *Langmuir*. 20 : 9585-9593
- 5- Hua, M., Zhang, S., Pan, B., Zhang, W., Lv, L., and Zhang, Q. 2012. Heavy metal removal from water / wastewater by nanosized metal oxides : a review. *Journal of Hazardous Materials*. 211-212 : 317-331
- 6- Owen, R., and Depledge, M. 2005. Nanotechnology and the environment : risks and rewards. *Marine Pollution Bulletin*. 50 : 609-612
- 7- Pan, G., Li, L., Zhao, D., and Chen, H. 2010. Immobilization of non-point phosphorus using stabilized magnetite nanoparticles with enhanced transportability and reactivity in soils. *Environmental Pollution*. 158 : 35-40
- 8- Recillas, S., Garcia, A., Gonzalez, E., Casals, E., Puentes, V., Sanchez, A., and Font, X. 2011. Use of CeO₂, TiO₂ and Fe₃O₄ nanoparticles for the removal of lead from water - toxicity of nanoparticles and derived compounds. *Desalination*. 277 : 213-220
- 9- Wilson, M.A., Tran, N.H., Milev, A.S., Kamali Kannangara, G.S, Volk, H., and Lu, M. 2008. Nonomaterials in Soils. *Geoderma*. 146 : 291–302



برآورد فرسایش و رسوب با استفاده از تکنیک های GIS,RS و مقایسه نتایج حاصله با روشهای سنتی

مهدی طاهری^۱، احمد لندی^۲، هادی لطیفی^۳، محمدعلی کلی^۴

۱- دانشجوی دکتری علوم خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

۲- دانشیار علوم خاک، دانشگاه شهید چمران اهواز

۳- کارشناس شرکت مادر تخصصی مدیریت منابع آب ایران

۴- کارشناس ارشد آبخیزداری، اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری خوزستان

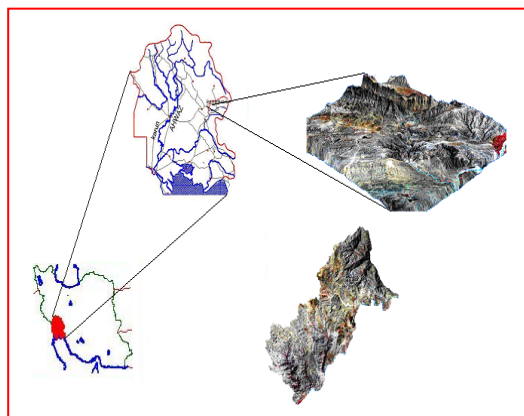
مقدمه

خاک یکی از منابع طبیعی مهم هر کشور می باشد که امروزه فرسایش آن به عنوان یکی از خطرات جدی برای توسعه به شمار می آید (زنجانی جم و رسولی ۱۳۸۵). فرسایش خاک شناخته شده ترین و معمول ترین فرم کاهش خاک و در نتیجه مهم ترین عامل کاهش محصول می باشد (استوکینگ و مورناگان ۲۰۰۱). در مناطقی که فرسایش کنترل نمی شود خاکها بتدریج حاصلخیزی خود را از دست داده و از چرخه تولید خارج می شوند. لذا لازم است مناطق بحرانی و حساس به فرسایش شناسایی و اقدامات حفاظتی در آنها به اجرا در آید. تکنیکهای سنجش از دور و GIS، روشهای نوینی جهت مطالعات منابع طبیعی، و مخصوصا مطالعات مربوط به فرسایش و رسوب می باشد. تلفیق تکنولوژی های سنجش از دور و GIS با مدل های تجربی برآورد رسوب، پتانسیل قابل توجهی را در رابطه با تهیه نقشه های پهنه بندی فرسایش و رسوب، ارائه می دهد (عبدی ۱۳۸۲). حجم عملیات میدانی وسیع در مطالعات مربوط به فرسایش و رسوب، تعدد لایه های اطلاعاتی مورد استفاده در مدل های تجربی برآورد فرسایش و رسوب، و استخراج فاکتورهای مانند کاربری اراضی، پوشش زمین، شیب، جهت و... که از فاکتورهای مهم اکثر مدل های فرسایش و رسوب می باشند، از یک سو، و از سوی دیگر تحلیل و همپوشانی این حجم از لایه های اطلاعاتی و دستیابی به یک نقشه نهایی، ضرورت استفاده از این دو تکنیک را در مطالعات مربوط به فرسایش و رسوب، آشکار می سازد (ضیایی ۱۳۸۳).

با توجه به قابلیت های تکنیک های سنجش از دور و GIS در پهنه بندی فرسایش و برآورد رسوب حوضه های آبریز، هدف از این تحقیق این است که با استفاده از مدل پسیاک اصلاح شده MPSIAC که بر اساس عوامل نه گانه (زمین شناسی سطحی، آب و هوا، خاکشناسی، رواناب، توپوگرافی، پوشش سطح زمین، کاربری اراضی، وضعیت فعلی فرسایش و فرسایش رودخانه ای) استوار است، میزان فرسایش پذیری و رسوب خیزی بخشی از حوضه رود زرد کایدرفیع برآورد و سپس نتایج این تحقیق را با نتایج حاصل از مطالعات کارشناسان سازمان جهان کشاورزی استان خوزستان، که با استفاده از مدل فوق الذکر و روشهای سنتی (بدون استفاده از GIS, RS) اقدام به برآورد فرسایش و رسوب حوزه مذکور نموده اند، مقایسه شود.

مواد و روشها

منطقه مورد مطالعه بخشی از حوزه رود زرد کاید رفیع با مساحت ۶۸۹۶ هکتار می باشد که در ۱۴ کیلومتری جنوب غرب شهرستان باغملک استان خوزستان در محدوده ۰۴۰°۳۰' تا ۰۳۰'۴۸'۴۹ طول شرقی و ۰۲۰'۲۶'۳۱ تا ۰۳۰'۳۴'۳۱ عرض شمالی قرار گرفته است (شکل ۱).



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه

در این تحقیق ابتدا جهت تعیین محدوده مطالعاتی و مشخص کردن مرز حوزه، خطوط ارتفاعی نقشه های ۳ بعدی با فرمت DGN و مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ سازمان نقشه برداری کشور را در محیط Microstation J به نقاط ارتفاعی تبدیل کرده و سپس مدل رقومی ارتفاع (DEM) منطقه با استفاده از توابع تحلیلی GIS استخراج شد و در پایان توسط نرم افزار HEC-GeoHMS قابل استفاده در محیط Arc GIS و با استفاده از تحلیل های سلولی بر روی DEM، حوزه آبریز و واحدهای هیدرولوژیک به عنوان واحدهای کاری استخراج شد.

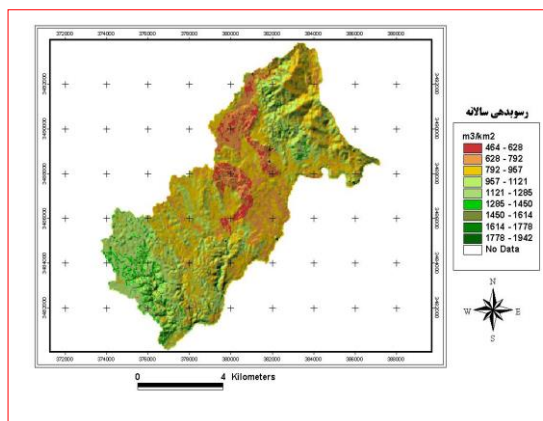
برای استخراج فاکتورهای نه گانه مدل و وارد کردن آنها به محیط GIS، داده ها از منابع مختلف جمع آوری شد. جهت استخراج فاکتورهای زمین شناسی و خاک به ترتیب نقشه های زمین شناسی و واحدهای اراضی منطقه را اسکن و سپس در محیط های نرم افزاری Arc Info، Auto CAD Map، دیجیتایز، زمین مرجع و GIS Ready گردید. در نهایت با استفاده از جدول و نمودار مربوطه در مدل، امتیازدهی انجام و لایه های مربوطه ایجاد شد. لایه های آب و هوا و رواناب بر اساس آمار ایستگاه رامهرمز (پاگچی) تولید شد. فاکتور توپوگرافی (شیب) از طریق آنالیز مدل رقومی ارتفاع در محیط GIS استخراج شد. لایه های فرسایش سطحی و فرسایش رودخانه-ای بر اساس بازدیدهای صحرایی بعمل آمده در محیط GIS ایجاد و فاکتورهای کاربری اراضی و پوشش گیاهی که از مهمترین فاکتورهای مدل پسیاک اصلاح شده می باشند با پردازش تصویر سنجنده ETM از ماهواره لندست در محیط نرم افزار ENVI استخراج گردید.

در نهایت نه لایه اطلاعاتی تهیه شده را ابتدا به فرم رستری تبدیل کرده و سپس با استفاده از توابع تحلیلی همپوشانی GIS در نرم افزار Arc GIS لایه درجه رسوبدهی (R) که ارزش هر سلول آن مجموع امتیازات نه عامل موثر در فرسایش می باشد استخراج گردید. سپس با اعمال رابطه شماره (۱) بر روی نقشه درجه رسوبدهی،

میزان رسوب حوزه بر حسب $\frac{m^3}{km^2.y}$ برای هر پیکسل (۳۰×۳۰) متر محاسبه گردید (شکل ۲).

$$QS = 38.77e^{0.03532R} \quad [1]$$

پس از تعیین میزان رسوب ویژه منطقه، با انتقال مساحت هر زیر حوزه بر حسب مایل مربع، نسبت تحویل رسوب (SDR) آنها از نمودار محاسبه و از طریق فرمول مربوطه میزان فرسایش واحد های هیدرولوژیکی محاسبه گردید (جدول ۱).



شکل ۲- نقشه رسوبدهی سالانه منطقه مورد مطالعه

جدول ۱- میزان مساحت (km^2) رسوب ($m^3/km^2.y$) و فرسایش ($ton/km^2.y$) در هر یک از واحد های هیدرولوژیکی

۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	پارسل
۷/۲۵	۴/۴۴	۱/۸۷۱	۶/۰۴	۲۲/۹۸	۷/۴۳	۲/۷۷	۴/۵۶	۱۱/۶۲	مساحت
۹۶۳/۰۳	۹۶۷/۶	۷۸۸/۰۵	۸۵۵/۹۱	۸۵۵/۷۴	۹۱۳/۱۷	۹۸۳/۲۲	۹۶۲/۸۷	۱۱۷۴/۷	رسوب
۳۷۹۷/۵	۳۶۱۲/۳۷	۲۷۵۸/۱	۳۲۳۸/۵	۳۶۳۰/۳	۳۵۵۱/۱	۳۵۲۹/۴	۳۶۰۱/۶	۴۶۹۸/۸	فرسایش

از سوی دیگر کارشناسان جهاد کشاورزی استان خوزستان بدون استفاده از تکنیک های سنجش از دور و GIS و با روشهای سنتی اقدام به برآورد فرسایش و رسوب حوزه مذکور نمودند که مشروح نتایج آن در جدول شماره ۲ آورده شده است.

جدول ۲- میزان مساحت (km^2) رسوب ($m^3/km^2.y$) و فرسایش ($ton/km^2.y$) در هر یک از واحد های هیدرولوژیکی

۱۲	۱۱	۱۰	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	پارسل
۶/۳۹	۴/۶۴	۲/۳۷	۲/۳۰	۳/۰۵	۲۸/۶۲	۱/۵۱	۲/۲۲	۳/۹۵	۱۰/۹۹	۲/۷۲	۲/۹۳	مساحت
۱/۲۷	۸۶۱/۸۱	۶۳۷/۶۴	۷۱۰/۲۷	۷۲۳/۱۰	۱/۴۹	۶۴۸/۹۶	۷۰۲/۰۷	۷۲۸/۰۷	۸۹۶/۷۳	۶۳۱/۴۰	۶۰۷/۵۳	رسوب
۱۰۳۱					۱۰۵۰							فرسایش
۱/۹۹	۱/۶۶	۱/۹۷	۱/۵۱	۱/۰۴	۱/۲۳	۱/۵۱	۱/۲۴	۱/۵۹	۱/۰۲	۱/۲۳	۱/۶۲	ش
۳۷۰۱	۳۰۹۳	۲۲۸۸	۲۶۸۷	۲۶۶۴	۴۰۸۵	۲۳۲۹	۲۵۲۰	۲۶۱۳	۳۳۹۳	۲۳۲۶	۲۳۶۲	



نتایج و بحث

بهترین روش مقایسه نتایج حاصل از استفاده از تکنیک های GIS و سنجش از دور با نتایج روشهای سنتی، مقایسه نتایج حاصله با داده های ایستگاههای رسوب سنجی می باشد، اما به دلیل عدم وجود ایستگاه مذکور در محدوده مورد مطالعه از شاخص آماری ضریب تغییرات مطابق فرمول زیر استفاده شد.

$$c.v = \frac{\sigma}{\bar{x}} \times 100 \quad [2]$$

که در این معادله σ انحراف معیار وزنی داده ها و \bar{x} میانگین وزنی داده ها می باشد.

- ضریب تغییرات داده های برآوردی در این تحقیق ۱۴/۲۰۴ درصد و در روشهای سنتی ۲۱/۰۴۸ درصد محاسبه شد. هرچند به علت عدم وجود داده های واقعی نمی توان از این شاخص به عنوان معیار اساسی ارزیابی دقت داده ها استفاده نمود لیکن از آنجا که این شاخص ارتباط مستقیمی با واریانس داده ها دارد، میزان کمتر آن نشان دهنده پراکندگی کمتر و دقت نسبی بالاتر داده ها می باشد.

- میانگین میزان فرسایش در روش سنتی ۲۸۳۸/۸۸ تن در کیلو متر مربع در سال برآورد شده است در حالیکه در این روش ۳۶۰۱/۹۵ تن در کیلومتر مربع در سال بدست آمده است. با توجه به افزایش چشمگیر در میزان فرسایش حوزه در این تحقیق و بررسی های زمینی و ارزیابی ضریب تغییرات داده های مورد مقایسه می توان گفت که با توجه به استفاده از تکنیک های سنجش از دور و GIS و به حداقل رسانیده شدن خطاهای انسانی (دستی)، استفاده از این تکنیک ها ضمن افزایش سرعت مطالعات، دقت آنها را نیز تا حدودی افزایش داده است.

- حداکثر تغییرات در فاکتورهای نه گانه مدل مورد استفاده در فاکتور های شیب، کاربری اراضی و پوشش زمین مشاهده شده است که مستقیماً از مدل رقمی ارتفاع و تصاویر ماهواره ای بدست آمده است به طوری که شیب پارسل های حوزه در برخی موارد بیش از ۲ برابر مقدار آن در مطالعات سنتی بدست آمده است. این موارد نشان دهنده بالا بودن خطا در روشهای سنتی می باشد.

- با توجه به تطابق بیشتر نتایج این تحقیق با واقعیت های زمینی، افزایش سرعت و کاهش هزینه ها در انجام مطالعات، جایگزینی تکنیک های مذکور با روشهای سنتی توصیه می شود.

منابع

1. Stocking M, Murnaghan N, 2001. Hand book for the Field Assessment of Land Degradation . London. Earthscan Publication, UK.
۲. عبدی، پ.، ۱۳۸۲. پهنه بندی اولویت و پتانسیل شدت فرسایش در اراضی حوزه آبخیز زنجانرود با استفاده از GIS، همایش ژئوماتیک ۱۳۸۲.
۳. زنجانی جم، م. رسولی، م.، ۱۳۸۵. ارزیابی خطر پذیری فرسایش خاک با استفاده از مدل USLE در محیط GIS، همایش ژئوماتیک ۱۳۸۵.
۴. ضیایی اسفندرانی، ح.، ۱۳۸۳. کاربرد سنجش از دور و GIS در پهنه بندی فرسایش و برآورد رسوب قسمتی از حوزه آبریز سد شهید عباسپور، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید چمران اهواز.
۵. رنرگزن، ک. مرادزاده، م.، ۱۳۸۴. برآورد میزان رسوبدهی حوضه امامزاده عبدالله شهرستان بغمک با استفاده از سنجش از رو و GIS در مدل MPSIAC و مقایسه با روشهای سنتی، همایش ژئوماتیک ۱۳۸۴.



بررسی کارایی نانو اکسید تیتانیوم در جذب مس از محلول های آبی

ابراهیم سپهر^۱ و فاطمه عزتی^۲

۱- دانشیار گروه علوم خاک دانشگاه ارومیه

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد علوم خاک دانشگاه ارومیه

مقدمه

حضور فلزات سنگین در آبهای سطحی و زیرزمینی بدلیل افزایش تحرک فلزات سنگین در محیط زیست و نیز حضور گسترده فلزات سنگین در سیستم های بیولوژیکی و تمایل آنها به تجمع در موجودات زنده و جذب آنها در زنجیره های غذایی، تبدیل به یک معضل جدی برای محیط زیست شده است. حد مجاز مس در آبهای آشامیدنی کمتر از دو میلی گرم در لیتر است و مقادیر بیش از حد مجاز، منجر به اختلال در تشکیل رنگیزه ها، ایجاد تنش اکسیداتیو و اختلال در فعالیت آنزیم ها میشود و همچنین در انسانها مشکلاتی از جمله اختلالات ژنتیکی، مشکلات تنفسی و آسیب کبد و کلیه و حتی مرگ را به دنبال دارد. بنابراین اثرات مس بر گیاهان، بسته به اسیدیته خاک و میزان مواد آلی، تهدیدی جدی برای مزارع محسوب می شود [4,9]. روش های متداول برای تیمار فاضلاب های حاوی عناصر سنگین، اکسیداسیون شیمیایی، رسوب، تبادل یونی، اسمز معکوس، فیلتراسیون و جذب سطحی است. در بین روش های مذکور، جذب سطحی به خاطر هزینه اولیه کم، عملکرد آسان و حساسیت بالا به فلزات سنگین ارجحیت دارد [2,6]. اخیرا استفاده از نانو ذرات اکسید های فلزی مانند اکسید و هیدروکسیدهای آهن و آلومینیوم و منگنز و تیتانیوم بعنوان جاذب برای حذف فلزات سنگین از آبها و فاضلاب ها، بدلیل داشتن اندازه کوچک، سطح ویژه ی بالا و شکل کریستالی و واکنش پذیری بالا اهمیت ویژه ای یافته است [1]. بنابراین با توجه به اهمیت و فراوانی معادن مس در ایران و در خطر بودن آبها و خاکهای مناطق اطراف این معادن و به تبع آن ورود این عنصر به چرخه غذایی انسان، این تحقیق به منظور بررسی کارایی نانو اکسید تیتانیوم در حذف مس از آبهای آلوده انجام گردید.

مواد و روش ها

نانو اکسید تیتانیوم مورد استفاده در این تحقیق، به شکل پودر سفید رنگ با درصد خلوص ۹۹٪، قطر ذرات ۲۰ nm و با سطح ویژه ی $200 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$ محاسبه شده است. این آزمایش بصورت بیج با سری غلظتی مس (۱۲۰-۰ میلی گرم بر لیتر) و در سه سطح pH (۴، ۶، ۸) و در قدرت یونی ثابت (۰/۰۱ مولار کلرید کلسیم) انجام گرفت. پس از شیک، محلول روئی با سانتریفیوژ به مدت یک و نیم ساعت با دور ۶۰۰۰ دور در دقیقه محلول روئی را جدا کرده و از میکرو فیلترهای سرسرنگی گذرانده شد و مقدار مس در محلول زلال حاصل با استفاده از دستگاه جذب اتمی قرائت گردید و کارایی حذف از طریق رابطه ی (۱) محاسبه گردید و داده های جذب بر معادلات لانگمویر [معادله ۲]، فروندلیچ [معادله ۳] و تمکین [معادله ۴] برازش داده شدند.

$$\%RE = (C_0 - C_e) / C_0 * 100 \quad [1]$$

$$q_e = (K_L C_e q_{max}) / (1 + K_L C_e) \quad [2]$$



$$q_e = K_F C_e^{1/n} \quad [3]$$

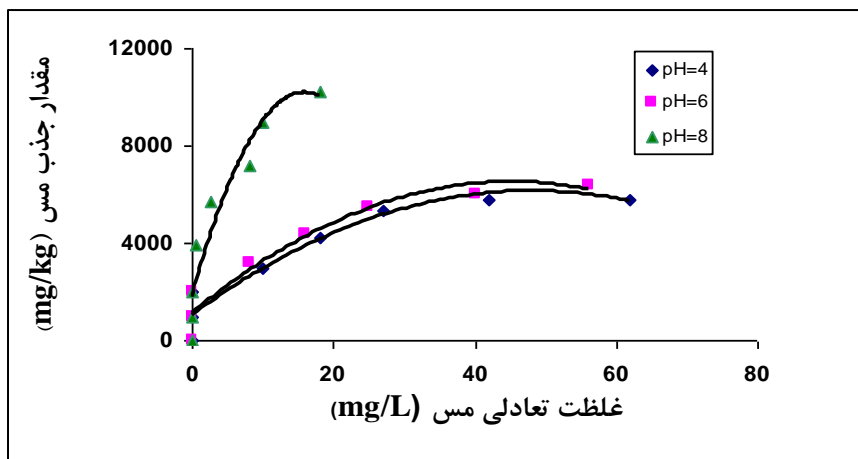
$$q_e = A + K_T \ln C_e \quad [4]$$

RE: کارایی حذف مس توسط نانواکسید، C_e : غلظت تعادلی جذب شونده (mg L^{-1})؛ q_e وزن جذب شونده در واحد وزن جذب کننده (mg kg^{-1})؛ K_L ضریب لانگمویر و نشانگر قدرت اتصال جذب شونده به ماده جاذب و q_{\max} حداکثر جذب تک لایه‌ای (mg kg^{-1})، K_F و n ضرایب معادله فروندلیچ که به ترتیب نمایانگر ظرفیت و شدت جذب می‌باشند، A و K_T ضرایب معادله تمکین که به ترتیب شیب و عرض از مبدا معادله می‌باشند در نهایت برازش داده‌ها با معادلات جذب در Sigmaplot و مقایسه میانگین جذب و واجذب با SPSS انجام گردید.

نتایج و بحث

تأثیر غلظت اولیه مس و pH بر میزان جذب

نتایج نشان داد با افزایش غلظت اولیه مس از ۱۰ به ۱۲۰ میلی گرم در لیتر، مقدار مس جذب شده توسط نانو اکسید تیتانیوم در هر ۳ سطح pH افزایش معنی داری یافت، بطوریکه میزان مس جذب شده در pH ۴ از ۱۰۰۰ تا ۵۸۰۰، در pH ۶ از ۱۰۰۰ تا ۶۴۰۰ و در pH ۸ از ۱۰۰۰ تا ۱۰۲۰۰ میلی گرم در کیلو گرم تغییر کرد و بیشترین جذب در هر ۳ سطح pH در غلظت اولیه ۱۲۰ میلی گرم در لیتر بدست آمد و حداکثر جذب به میزان ۱۰۲۰۰ میلی گرم در کیلوگرم در pH ۸ اتفاق افتاد. جذب مس توسط نانو اکسید تیتانیوم بشدت تابع pH بدست آمد و جذب مس با افزایش pH، افزایش یافت، شکل ۱ نشان می‌دهد که حداکثر مقدار جذب یون فلزی روی ماده جاذب در pH ۸ و کمترین مقدار جذب در pH ۴ می‌باشد. pH بدلیل تأثیری که روی توزیع مکان های فعال روی سطح نانو ذره تیتانیوم اکسید دارد، عامل مهمی در میزان جذب بشمار می‌رود [7]. ظرفیت جذب فلزات تحت تأثیر pH تعادلی محلول بوده و از آنجاییکه کنترل pH تعادلی کار آسانی نیست لذا از pH اولیه محلول برای بررسی اثرات pH روی جذب استفاده می‌نمایند مقادیر pH محلول از پارامترهای مهم کنترل کننده فرآیند جذب است و pH اولیه محلول خیلی بیشتر از pH نهایی در فرآیند جذب موثر است [5].



شکل ۱. تأثیر pH روی جذب مس توسط نانو اکسید تیتانیوم



pH محلول بدلیل تعیین بار سطحی ماده جذب کننده، میزان و درجه یونیزاسیون و خصوصیات ماده جاذب، عامل مهمی در جذب یون های فلزات سنگین می باشد. مقدار IEP برای نانو اکسید تیتانیوم در حدود ۶/۸ می باشد و زمانی که pH کمتر از pH_{pzc} باشد، آنوقت سطح ذرات تیتانیوم پروتونه شده و بار مثبت روی سطح ذرات ایجاد می شود و پتانسیل زتا هم مثبت می شود در این حالت نیروهای دافعه الکتروستاتیکی بین بارهای مثبت مس با بارهای مثبت روی سطح دی اکسید تیتانیوم مانع از جذب یون های مس می شود و زمانی که pH بیشتر از pH_{pzc} باشد، گروه های هیدروکسیل موجود روی سطح نانو ذرات دپروتونه شده و ایجاد بار منفی می کنند که باعث افزایش نیروهای الکتروستاتیکی بین یون های مس و سطح نانو ذره می گردد [3,8].

همدماهای جذب مس

پارامترهای بدست آمده از مدل های لانگمویر، فروندلیچ و تمکین و همچنین ضرایب همبستگی حاصل از رگرسیون های غیر خطی (R^2)، برای نانو ذره اکسید تیتانیوم در جداول شماره ۱ آورده شده است. مقایسه ضرایب رگرسیونی غیر خطی نشان داد که جذب مس روی نانو ذره اکسید تیتانیوم برازش خوبی با مدل های ایزوترم لانگمویر، فروندلیچ و تمکین دارد. حداکثر جذب لانگ مویر (q_{max}) با افزایش pH محلول، بطور معنی داری افزایش یافت و پارامترهای انرژی جذب لانگ مویر (K_L) و ظرفیت جذب فروندلیچ (K_f) هم روند مشابهی نشان دادند (جدول ۱).

جدول ۱- برازش داده های جذب با معادلات لانگمویر، فروندلیچ و تمکین

پارامتر مدلها				مدلهای جذب
R^2	K_L	$q_{max}(mg/kg)$	pH	
۰/۹۸	۰/۱۴b	۶۳۳۹b	۴	لانگمویر
۰/۹۸	۰/۱۵b	۶۷۶۵b	۶	
۰/۹۱	۰/۴۹a	۱۰۴۶۱a	۸	
R^2	1/n	K_f	pH	
۰/۸۳	۰/۳۲a	۱۶۴۰ b	۴	فروندلیچ
۰/۹۱	۰/۳۳a	۱۷۵۰ b	۶	
۰/۹۴	۰/۲۸b	۴۴۵۸ a	۸	
R^2	K_T	A	pH	
۰/۹۵	۱۱۹۷ b	۹۵۹ b	۴	تمکین
۰/۹۵	۱۲۹۶ b	۱۰۷۴ b	۶	
۰/۹۸	۱۹۸۰ a	۴۰۲۳ a	۸	



در نهایت می توان نتیجه گیری کرد که نانو اکسید تیتانیوم جاذب موثری برای حذف مس از محلول های آبی بوده و با افزایش pH، مقدار جذب مس افزایش می یابد. همچنین میانگین کارایی جذب نشان داد که غلظت اولیه مس در میزان جذب موثر بوده و با افزایش غلظت اولیه، میزان جذب افزایش ولی کارایی حذف کاهش یافت بطوریکه حداکثر کارایی حذف (۱۰۰٪) توسط نانو ذره در غلظت 10 mg/l بدست آمد. مقایسه ضرایب رگرسیون غیر خطی نشان داد که جذب مس بر روی نانو اکسید تیتانیوم برآزش خوبی با مدل های ایزوترم لانگ مویر، فروندلیچ و تمکین داشت بنابراین این معادلات می توانند برای توصیف رفتار جذب مس توسط نانو اکسید تیتانیوم مورد استفاده قرار گرفته و پارامترهایی مانند حداکثر جذب تک لایه ای و ظرفیت جذب و همچنین انرژی و شدت جذب محاسبه شوند.

منابع

- [1] Alessandro D, 2000. Factors affecting sorption of organic compounds in natural sorbent/water systems and sorption coefficients for selected pollutants, Turk Journal Chemistry, 301: 12-22.
- [2] Jae-kyu Yang, Seung-Mok Lee, Allen P. Davis, 2006. Effect of background electrolytes and pH on the adsorption of Cu (II)/EDTA onto TiO₂, Journal of Colloid and interface Science, 295: 14-20.
- [3] Jiang. J, R. Xu, S, Li, 2010. Effect of strength and mechanism of Cu adsorption by Goethite and γ -Al₂O₃, Journal of Soil Research, 55: 5547 – 5552.
- [4] Marcia C, Marlen G, Mauriciu E, Gerardo G, Antonio R, and Andrew C. 2008. Adsorption isotherms of copper, lead, nickel, and zinc in two Chilean soils in single – and multi-component systems: sewage sludge impact on the adsorption isotherms of digullin soil, Australian Journal of soil Research, 48: 53-61,
- [5] Nilanjana Das, P Karthika, R Vimala and V. Vinodhini, 2007. Use of natural products as biosorbent of heavy metals o an overview, Natural Product Radiance, 7: 133-138
- [6] Oguz I., F. Albayrak, A. Askin. 1998. Cu and Pb adsorption on some bentonitic clays, Turk Journal Chemistry, 22: 243-252.
- [7] Reyad S., A. Al-Harashsheh, A. Al-Otoom, 2004. Copper and zinc sorption by treated oil shale ash, Separation and Purification Technology, 40: 251-257.
- [8] Trivedi, P. and Axe L. 2000. Modeling Cd and Zn sorption to hydrous metal oxides, Environmental Science Technology, 34: 2215-2223.
- [9] Yan-Hua Chen , Fu-An Li, 2010. Kinetic study on removal of copper using goethite and hematite nano -photocatalysts, Journal of Colloid and Interface Science, 347: 277-281.



بررسی رفتار جذب فسفر بر روی نانو اکسید تیتانیوم

ابراهیم سپهر^۱، هاجر بخشایشی^۲

۱- دانشیار گروه علوم خاک دانشگاه ارومیه

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد علوم خاک دانشگاه ارومیه

مقدمه

فسفر یکی از عناصر غذایی مهم برای رشد موجودات زنده می‌باشد و سالانه بیش از ۳۰ میلیون تن بصورت کود مصرف می‌شود [FAO, 2010]، ولی این عنصر بدلیل شیمی پیچیده‌اش در خاک رسوب کرده و به همراه ذرات خاک در اثر فرسایش، وارد اکوسیستم‌های آبی شده و با تحریک رشد جلبکها پدیده یوتروفیکاسیون را موجب می‌شود (Anshup و Pradeep, ۲۰۰۹). جذب به عنوان یک روش کارآمد و مفید برای حذف فسفر از آب و خاک‌های آلوده می‌باشد و جاذب‌ها موادی هستند که ظرفیت تجمع مواد را در روی سطح خود دارند. در بین مواد جاذب، نانوجاذب‌ها به دلیل داشتن قطر کم و سطح ویژه‌ی بالا و در نتیجه جذب بیشتر آلودگی، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشند. از بین نانوجاذب‌ها می‌توان به دی‌اکسید تیتانیوم، بوهمیت، اکسید و هیدروکسیدهای آهن و منگنز اشاره کرد. مهمترین مزیت استفاده از نانوذرات بعنوان ماده جاذب، تولید آسان با هزینه کم، استفاده به مقدار کم و ظرفیت بالای جذب به دلیل سطح ویژه‌ی بالای آنها می‌باشد (Jiang و همکاران، ۲۰۱۰). در سال‌های اخیر استفاده از نانو اکسیدهای فلزی در حذف آلاینده‌ها از محلول‌های آبی و تصفیه آب و فاضلاب گسترش زیادی یافته است (Zhang و همکاران، ۲۰۱۰). نانوذره اکسید تیتانیوم علاوه بردارای بودن خصوصیات جذب‌کنندگی، بخاطر خاصیت میکرب‌کشی می‌تواند در تصفیه آب و فاضلاب مورد استفاده قرار گیرد. بنابراین در این مطالعه کارایی نانو اکسید تیتانیوم در حذف فسفر از محلول‌های آبی و تاثیر pH بر روند جذب مورد بررسی قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

نانو اکسید تیتانیوم بکار رفته در این تحقیق با اندازه قطر ذرات ۱۰ نانومتر و سطح ویژه ی ۱۵۰ متر مربع بر گرم می‌باشد. این آزمایش به صورت بچ (Batch) با نانو اکسید تیتانیوم و سری غلظتی فسفر (۰، ۲/۵، ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۶۰ میلی‌گرم بر لیتر) در ۳ سطح pH (۴، ۷ و ۱۰) انجام گرفت و قدرت یونی در ۰/۰۱ مولار تثبیت گردید. پس از یک شبانه‌روز شیک با سانتریفیوژ با دور ۶۰۰۰ دور در دقیقه محلول روئی را جدا و از فیلتر سرسنگی ۰/۲ میکرومتر عبور داده شد. مقدار فسفر در محلول زلال حاصل با استفاده از روش رنگ‌سنجی مولیبدات آمونیوم و با دستگاه اسپکتروفتومتری در طول موج ۸۸۰ نانومتر قرائت گردید. از تفاوت غلظت اولیه و نهایی، مقدار جذب فسفر بدست آمد. با استفاده از فرمول زیر کارایی نانو ذره در حذف فسفر (RE) محاسبه گردید:

$$RE = (C_i - C_f) / C_i * 100 \quad [1]$$

سپس نتایج بر روی معادلات لانگمویر (۲)، فروندلیچ (۳) و تمکین (۴) برازش داده شدند:

معادله ی لانگ‌مویر:

$$q_e = (K_L C_e q_{max}) / (1 + K_L C_e) \quad [2]$$



$$q_e = K_f C_e^{1/n} \quad [3]$$

$$q_e = A + K_T \ln C_e \quad [4]$$

که در آن C_e : غلظت تعادلی جذب شونده (mg/L)؛ q_e : وزن جذب شونده در واحد وزن جذب کننده (mg/kg)؛ K_L : ضریب لانگمویر و نشانگر قدرت اتصال جذب شونده به ماده جاذب؛ q_{max} : حداکثر جذب تک لایه ای (mg/kg)؛ K_f و n ضرایب معادله فروندلیچ که به ترتیب نمایانگر ظرفیت و شدت جذب می باشند؛ K_T و A ضرایب معادله تمکین که به ترتیب شیب و عرض از مبدا معادله می باشند. برای آنالیز آماری داده ها از نرم افزار SAS و برای برازش داده ها با مدل های جذب از نرم افزار Sigmaplot استفاده شد.

نتایج و بحث

کارایی نانو اکسید تیتانیوم در حذف فسفر در pH و غلظت اولیه های مختلف

نتایج نشان داد نانوذره اکسید تیتانیوم کارایی بالایی در جذب فسفر دارد و میزان جذب فسفر در غلظت های کمتر از ۲۰ میلی گرم در لیتر ۱۰۰ درصد بدست آمد و نانو ذره تمام فسفر افزوده شده را جذب کرد. در غلظت های ۴۰ تا ۶۰ میلی گرم در لیتر بیش از ۸۵ درصد فسفر محلول جذب نانو ذره گردید (جدول ۱). کارایی حذف فسفر توسط نانو اکسید تیتانیوم با افزایش غلظت اولیه فسفر در محلول کاهش یافت (جدول ۱) که این امر می تواند ناشی از بیشتر بودن باندهای آزاد جاذب و باندهای تبادل یونی نانو ذرات اکسید آلومینیوم در غلظت های پایین فسفر باشد. بنابراین مقدار کل مکان های فعال برای اتصال یون های فلزی در روی یک مقدار مشخص از ماده جاذب محدود بوده و در نتیجه مقدار معینی از یون های فلزی قابلیت جذب را دارا هستند. کارایی جذب تمام آنیون ها با افزایش غلظت ماده افزایش یافته است (Khezami و Capart, ۲۰۰۵).

جدول ۱- کارایی حذف (RE) فسفر توسط نانو TiO_2 در غلظت های مختلف فسفر

کارایی حذف (%)			غلظت اولیه فسفر (mg/L)
pH=۱۰	pH=۷	pH=۴	
۱۰۰a	۱۰۰a	۱۰۰a	۲/۵
۹۸b	۱۰۰a	۱۰۰a	۵
۹۷c	۹۹b	۹۹b	۱۰
۹۴d	۹۹b	۹۹ b	۱۵
۹۵e	۹۸c	۹۸c	۲۰
۹۳f	۹۵d	۹۶d	۳۰
۸۷g	۹۲e	۹۵e	۴۰
۷۸h	۸۸f	۹۱f	۶۰

حروف غیر مشابه در هر ستون، بیان کننده اختلاف معنی دار در سطح ۵ درصد است.

با افزایش غلظت اولیه فسفر از ۲/۵ به ۶۰ میلی گرم در لیتر، مقدار فسفر جذب شده توسط نانو اکسید تیتانیوم در هر ۳ سطح pH افزایش معنی داری پیدا کرد، به طوری که بیشترین جذب در هر سطح pH در غلظت اولیه ۶۰ میلی گرم در لیتر به دست آمد و در این میان حداکثر جذب در pH ۴ اتفاق افتاد. با افزایش pH نیز میزان جذب



فسفر بر روی نانو ذره کاهش یافت و کارایی جذب در $pH < 7 < 10$ بدست آمد. وقتی pH محلول کاهش می یابد بار سطوح جاذب مثبت می شود. در این شرایط نیروهای الکتروستاتیکی مسئول جذب فسفر هستند. اما با افزایش pH محلول، غلظت OH^- در محلول افزایش یافته و بار سطوح منفی می شود. بنابراین یون های فسفات با دفع الکترواستاتیک از سطوح دور می شوند. و جذب فسفات کاهش می یابد (Khezami و Capart، ۲۰۰۵). مطالعات گسترده ای بر روی جذب فسفات در سطح خاک ها، کانی های رسی و اکسیدهای فلزی انجام گرفته است و نتایج نشان داده است که جذب فسفات بر روی سطوح بار متغیر خاک ها و کانی ها با کاهش pH محلول افزایش می یابد (Arai و Sparks، ۲۰۰۷) و همچنین در مطالعه ای که Antelo و همکاران (۲۰۰۴) بر روی جذب فسفات انجام دادند به این نتیجه رسیدند که جذب فسفات در سطوح کانی ها با کاهش pH و افزایش قدرت یونی افزایش می یابد (Antelo و همکاران، ۲۰۰۴).

معادلات جذب

داده های جذب با معادلات لانگ مویر، فروندلیچ و تمکین برازش یافتند (جدول ۲) و بطور نسبی مدل فروندلیچ برازش بهتری نشان داد (۰/۹۷-۰/۹۹). حداکثر جذب تک لایه ای لانگ مویر (q_{max}) با افزایش pH از ۱۵۵۲۲ به ۱۲۹۲۱ میلی گرم در کیلوگرم کاهش یافت. کاهش K_L در pH برابر ۱۰ نیز بیانگر این واقعیت است که با افزایش pH ، یون های فسفر با قدرت کمتری جذب نانو اکسید شدند (جدول ۲).

جدول ۲ - پارامترهای معادلات جذب لانگ مویر، فروندلیچ و تمکین در pH های مختلف

	pH			پارامترهای معادلات	معادلات جذب
	۱۰	۷	۴		
	۱۲۹۲۱ b	۱۳۷۵۲ b	۱۵۵۲۲ a	q_{max} (mg/kg)	
	۰/۴۹ b	۰/۸۸ a	۰/۸۸ a	K_L	لانگ مویر
	۰/۹۷	۰/۹۰	۰/۹۴	R^2	
	۴۲۳۹ c	۶۱۰۵ b	۷۱۷۱ a	K_f	
	۰/۴۲ a	۰/۳۸ a	۰/۳۷ a	1/n	فروندلیچ
	۰/۹۶	۰/۹۲	۰/۹۶	R^2	
	۵۲۸۲ c	۷۰۳۰ b	۷۸۹۹ a	A (mg/kg)	
	۲۳۲۶ b	۲۴۸۷ b	۲۸۵۵ a	K_T	تمکین
	۰/۹۵	۰/۹۵	۰/۹۴	R^2	

همچنین ظرفیت جذب فروندلیچ (K_f) و عرض از مبدا معادله تمکین (A) نیز روند مشابهی با pH نشان دادند که همگی بر دیوتونه شدن سطوح نانو ذره در pH های بالا دلالت دارد که باعث افزایش دافعه بین یون های فسفات و سطح نانو ذره می شود و در نتیجه جذب کاهش می یابد (Arai و Spark، ۲۰۰۷). تحقیقات



بسیاری در راستای تعیین بهترین مدل برای پیش‌بینی رفتار جذبی آنیون‌ها بر روی جاذب‌ها صورت گرفته است. در تحقیقی بر روی هم‌دمای جذب یون فسفات توسط ZrO_2 داده‌های حاصل از ایزوترم لانگ‌مویر با $R^2=0/965$ بدست آمد که حداکثر ظرفیت جذب فسفر در معادله لانگ‌مویر $29/71$ میلی‌گرم بر گرم شد که نشان می‌دهد مزوپوره‌های ZrO_2 به طور مؤثر پتانسیل بالایی در جذب فسفات از فاضلاب‌ها دارند (Liu و همکاران، ۲۰۰۷).

در نتیجه گیری می‌توان گفت نانوذره اکسید تیتانیوم کارایی بالایی در جذب فسفر دارد و می‌تواند تمام فسفر محلول را در غلظت‌های کمتر از 20 میلی‌گرم در لیتر جذب کند و در غلظت‌های بالاتر از 20 میلی‌گرم در لیتر نیز بیش از 85 درصد فسفر محلول را جذب می‌کند. بنابراین نانوذره اکسید تیتانیوم می‌تواند یک جاذب قوی در تصفیه آب و فاضلاب استفاده شود. البته میزان جذب تحت تاثیر pH قرار می‌گیرد و در pH های پایین تر از pH_{zpc} میزان جذب بیشتر است. رفتار جذب فسفات روی نانو اکسی تیتانیوم برآزش مناسبی با معادلات لانگ‌مویر و فروندلیچ و تمکین نشان داد ($0/90-0/97$) و این معادلات می‌توانند برای توجیه جذب و محاسبه پارامترهای حداکثر جذب تک لایه ای (q_{max})، ظرفیت جذب نانو ذره (K_f)، انرژی و شدت جذب (K_L) و n مورد استفاده قرار گیرند.

منابع

1. Antelo J, Avena M, Fiol S, López R and Arce F, 2004. Effects of pH and ionic strength on the adsorption of phosphate and arsenate at the goethite–water interface. *Journal of Colloid and Interface Science* 285: 476–486.
2. Arai Y and Sparks DL, 2007. Phosphate reaction dynamics in soil and soil components: A multiscale approach. *Advance in agronomy* 94: 135–179.
3. Jiang X and Yu A, 2010. Low Dimensional Silver Nanostructures: Synthesis, Growth Mechanism, Properties and Applications. *Nanosci. Nanotechnology* 10: 7829-7875.
4. Khezami L and Capart R, 2005. Removal of chromium (VI) from aqueous solution by activated carbons: Kinetic and equilibrium studies. *Journal of Hazardous Materials* 123: 223–231.
5. Liu H, Sun X, Yin C and Hu C, 2007. Removal of phosphate by mesoporous ZrO_2 . *Journal of Hazardous Materials* 51: 616–622.
6. Pradeep T, Anshup H, 2009. Noble metal nanoparticles for water purification: A critical review. *Thin Solid Films* 517: 6441–6478.
7. Zhang L, Hong S, He J and Ho YS, 2010. Isotherm study of phosphorus uptake from aqueous solution using aluminum oxide. *Clean-Soil, Air, Water* 38(9): 831–836.



تأثیر گیاه جو (*Hordeum vulgare* L.) و باکتری‌های محرک رشد گیاه بر آزادسازی پتاسیم از کانی بیوتیت

روح اله دستگیر^۱، حسن رمضانپور^۲، علی اشرف سلطانی طولارود^۳ و نفیسه یغمائیان^۴

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه خاکشناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه گیلان (roudstgir@yahoo.com)

۲- دانشیار گروه خاکشناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه گیلان (hasramezanpour@yhoo.com)

۳- استادیار گروه خاکشناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی (ali_soltani_t@yahoo.com)

۴- استادیار گروه خاکشناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه گیلان (yaghmaeian_na@guilan.ac.ir)

مقدمه

گیاهان به پتاسیم برای فتوسنتز، تولید ATP، جا به جایی قندها، تولید نشاسته در دانه، تثبیت نیتروژن در لگوم‌ها و سنتز پروتئین احتیاج دارند. در غلات و سایر محصولات پتاسیم ساقه‌ها و تنه‌ها را تقویت می‌کند، بنابراین به مقابله با بیماری را کمک می‌کند [کوب و همکاران، ۲۰۰۵]. پتاسیم خاک عمدتاً در داخل کانی‌هایی از قبیل میکاها، فلدسپارها، و محصولات هوازدگی آنها قرار گرفته است. اشکال مختلف پتاسیم در خاک به ترتیب قابلیت دسترسی برای گیاهان عبارتند از: پتاسیم محلول، تبدالی، غیرتبدالی (تثبیت شده) و ساختمانی می‌باشد که با هم رابطه دینامیکی دارند. پتاسیم محلول و تبدالی (فرم‌های قابل جذب برای گیاهان) هر دو به علت جذب زیاد توسط گیاه در مجاورت ریشه و ریزوسفر تخلیه می‌شوند، در نتیجه شیب غلظت پتاسیم در ریزوسفر و توده خاک پدید می‌آید که باعث آزاد شدن پتاسیم غیرتبدالی از بین لایه‌های رس، در اطراف ریشه می‌شود [نوروزی و خادمی ۱۳۸۹]. فرآیندهای بیوشیمیایی که در هوازدگی کانی‌ها دخالت دارند به طور عمده در محیط‌های کوچک می‌تواند به علت فرآیندهای بیولوژیکی متنوع به طور چشمگیری متفاوت باشد [Ayers et al, 1947]. باکتری‌های محرک رشد گیاه می‌توانند از دو راه مستقیم و غیرمستقیم بر رشد و نمو گیاه اثر مفید داشته باشند. افزایش رشد گیاه زمانی اتفاق می‌افتد که این باکتری‌ها برخی از اثرات مضر میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا (اغلب قارچ‌ها) را با استفاده از یک یا چندین مکانیسم حذف یا تعدیل نمایند در صورتی که افزایش مستقیم رشد گیاه مستلزم تولید یک ترکیب خاص و مؤثر بر رشد گیاه یا تسهیل در جذب عناصر غذایی مورد نیاز گیاه توسط این باکتری است [Glick et al, 1995]. برای اولین بار لیفتشیتز و همکاران [Liftshitz et al, 1987] نشان دادند که PGPRها قادرند مستقیماً رشد گیاهان را افزایش دهند آنها سوبیه‌هایی از باکتری‌ها را یافتند که در محیط گلخانه و نیز در مزرعه موجب افزایش ظهور گیاهچه‌های کلزا شدند. دردی‌پور و همکاران [۲۰۱۰] در تحقیقی نشان دادند در اثر تلقیح خاک با باکتری‌های آزوسپیریولوم لیپوفروم و ازتوباکتر کروکوکوم وزن خشک گیاه، میزان پتاس در گیاه و میزان جذب پتاس توسط گیاه در مقایسه با تیمار بدون باکتری افزایش می‌یابد. با توجه به اینکه تحقیقات گسترده‌ای در ایران در خصوص تأثیر باکتری‌های محرک رشد گیاه بر رشد، نمو و عملکرد گیاهان زراعی در شرایط مختلف صورت گرفته است. اما در زمینه اثرات این باکتری‌ها بر تغییرات آزاد سازی پتاسیم در کانی‌های مختلف حاوی پتاسیم و آزاد سازی این عنصر غذایی مهم مورد نیاز گیاهان پژوهشی در کشور صورت نگرفته است. بنابراین مطالعه حاضر با هدف بررسی تأثیر گیاه جو و باکتری‌های محرک رشد گیاه بر آزاد سازی پتاسیم از کانی بیوتیت صورت گرفت.



مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال ۹۲-۱۳۹۱ در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه گیلان به اجرا درآمد. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار انجام شد. تیمارهای مورد بررسی شامل دو سطح بستر کشت (شن کوارتزی+کانی بیوتیت، شن کوارتزی به عنوان شاهد) دو سطح محلول غذایی (کامل، بدون پتاسیم)، دو سطح گیاه (جو تلقیح شده با باکتری‌های محرک رشد گیاه، جو تلقیح نشده). کانی میکای مورد نظر از معدنی در منطقه املش گیلان تهیه گردید. در این پژوهش پولک‌های کانی بیوتیت سه تا چهار بار آسیاب شده و از الک ۲۳۰ مش (با قطری کمتر از ۶۰ میکرون) عبور داده شدند. برای حذف پتاسیم محلول و تبدیلی موجود در کانی، سطوح تبدیلی آنها با محلول ۱ نرمال کلرید کلسیم اشباع گردید. سپس چندین بار با آب مقطر (برای حذف CaCl_2 مازاد) شستشو داده شد و به مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۶۵ درجه سانتی‌گراد خشک گردیدند. ذرات شن کوارتزی را از الک ۲۰۰ مش (با قطری بزرگتر از ۶۰ میکرون) عبور داده و توسط اسید کلریدریک ۰/۵ نرمال اشباع، سپس با آب مقطر شستشو داده شدند و در نهایت در آون با دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد خشک گردیدند. گلدان‌های ۱۰۰۰ گرمی با مخلوط میکا و شن کوارتزی (به نسبت ۳:۹۷) و گلدان‌های بدون میکا با ذرات شن کوارتزی پر شدند. برای تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد گیاه، ۳۰ گرم پودر باکتریایی سودوموناس اضافه گردید. تعدادی بذر جو از رقم نصرت در هر گلدان کشت شد، پس از جوانه‌زنی سه عدد بوته در هر گلدان باقی ماند. گیاهان در طول ۹۰ روز دوره کشت، با آب مقطر و محلول غذایی آبیاری و تغذیه گردیدند. از دو نوع محلول غذایی کامل و بدون پتاسیم برای تغذیه استفاده شد [Stenger, 2002]. در پایان دوره ۹۰ روزه کشت، گیاهان کف بر شدند و اندام هوایی و ریشه آنها با آب مقطر شسته شده و در آون با دمای ۶۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت خشک شدند. اندام هوایی و ریشه به دقت وزن شده و در کوره در دمای ۴۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۵ ساعت خاکستر شدند؛ سپس با ۵ میلی‌لیتر HCl ۲ نرمال حل شده و غلظت پتاسیم موجود در عصاره توسط دستگاه فلیم‌فتومتر قرائت شد. با استفاده از آزمون t دو نمونه مستقل به بررسی مقایسه میانگین دو جامعه آماری پرداخته شد و نتایج تحقیق به دست آمد.

نتایج و بحث

تحلیل نتایج آماری به شرح زیر می‌باشد.



جدول ۱- نتایج آزمون t دو نمونه مستقل

اختلاف میانگین همبستگی درجه آزادی آماره t آزمون اختلاف میانگین						
	F	Sig				
۹۰۲۲/۱۴۲۸۶	۰/۰۲۰	۹	۲/۸۰۷	۰/۳۱۱	۱/۱۵۰	بستر کشت باعث افزایش ks شده است
۵۲۳۵/۷۱۴۲۹	۰/۰۱۸	۹	۲/۸۹۵	۰/۰۷۵	۴/۰۳۶	بستر کشت باعث افزایش kr شده است
-۱/۵۴۰۷۷	۰/۰۰۸	۹	-۳/۴۱۸	۰/۰۰۰	۴۰/۸۳۹	باکتری باعث افزایش wds شده است

ks, kr, wds: به ترتیب پتاسیم محلول ساقه، پتاسیم محلول ریشه، وزن خشک ساقه

نتایج این آزمایش نشان داد که ریشه‌های گیاه جو با آزادسازی پتاسیم غیر قابل تبدالی کانی بیوتیت سبب افزایش پتاسیم محلول ریشه و ساقه شده و از لحاظ آماری معنی‌دار است. همچنین تأثیر باکتری‌های محرک رشد گیاه در افزایش وزن خشک ساقه مشاهده گردید. علت آزاد شدن پتاسیم از کانی بیوتیت مربوط به تخلیه پتاسیم محلول و تبدالی ریزوسفر توسط گیاه جو و ترشح اسیدهای آلی از ریشه به ریزوسفر می‌باشد که سبب آزاد شدن پتاسیم غیرقابل تبدالی از بین لایه‌های کانی می‌شود.

منابع

- ۱- دردی‌پور، ا.، فرشادی‌راد، ا. و ارزانش، م. ۱۳۸۹. تأثیر *Azospirillum lipoferum* و *Azotobacter chroococum* بر آزادسازی پتاسیم خاک در کشت گلدانی سویا (*Glycine max* var. Williams). نشریه بوم‌شناسی کشاورزی. جلد ۲، شماره ۴، ص ۵۹۳-۵۹۹.
- ۲- نوروزی، س. و خادمی، ح. ۱۳۸۹. ورمی‌کولیتی شدن کانی‌های میکایی در اثر جذب پتاسیم توسط یونجه. مجله علمی کشاورزی. جلد ۳۳، شماره ۲، ص ۵۳-۳۹.
3. Ayers, A.s., Takashi, M., and Kanechiro, P. 1947. Conversion of nonexchangeable potassium to exchangeable potassium to exchangeable forms in Hawaii. Soil Science Society of America Proceeding 11:157-181.
4. Glick B.R. 1995. The enhancement of plant growth by free-living bacteria. Can. J. Microbiol. 41: 109-117.
5. Korb, N., Jonens, C., and Jacobsen, J. 2005. Potassium cycling, testing, and recommendations. Nutrient Management. 5: 1-12.
6. Lifshitz R., Kloepper J.W., Kozlowski M., Simonson C., Carlson J., Tipping E.M., and Zaleska I. 1987. Growth promotion of canola (rapeseed) seedling by a strain of *Pseudomonas putida* under gnotobiotic conditions. Can. J. Microbiol. 33: 390-395.
7. Stenger, R. 2002. Plant nutrition Studies. Lamotte Company. Maryland, USA. pp:9-10



تأثیر نانوذرات غنی از روی خاکستر لاستیک بر باکتری سینوریزوبیوم ملیوتی

فرزانه جوادی^۱، مؤگان سپهری^۲، امیرحسین خوشگفتارمنش^۲، علی علینژاد علی آبادی^۱
۱-دانشجوی کارشناسی ارشد خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان
۲-استادیار و استاد خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

مقدمه

توسعه فن آوری های نوین و پیشرفت های علمی بشر، اهمیت به سلامت انسان و حفاظت از محیط زیست را دوچندان نموده است. امروزه مسائل زیست محیطی مانند آلودگی آب های سطحی و زیر زمینی، هوا و خاک و اثرات زیانبار آن ها بر سلامت و کیفیت زندگی انسان به یکی از دغدغه های اصلی بشر تبدیل شده است. لاستیک های فرسوده خودروها از منابع آلوده کننده محیط زیست می باشد، به طوریکه طبق آمار موجود در ایران سالانه نزدیک به هفت میلیون حلقه، تقریباً برابر دویست و بیست هزار تن لاستیک فرسوده و از رده خارج می شود [۲]. لاستیک از مواد پلیمری ساخته شده است که به راحتی در طبیعت تجزیه نمی شود، همچنین دفن کردن آن دارای آثار مخرب زیست محیطی است. بنابراین، بهترین راه جهت حذف این منبع آلوده کننده از محیط زیست، بازیافت تایرهای فرسوده و استفاده از پودر لاستیک حاصل از آن در صنایع مختلف از جمله خودروسازی، جاده سازی، دامداری و کشاورزی است. عملی ترین راه جهت بازیافت لاستیک، سوزاندن آن است که منجر به تولید خاکستر حاوی نانوذرات غنی از عنصر روی می شود. بنابراین بهترین کاربرد ضایعات حاصل از بازیافت لاستیک در کشاورزی، استفاده از آن به عنوان کود حاوی عنصر روی است. طاهری و همکاران (۲۰۱۱) اظهار داشتند با اتخاذ روشی مناسب می توان از تایرهای فرسوده به عنوان منبع روی سود جست و همچنین از عواقب مضر ناشی از تجمع تایرها در محیط زیست جلوگیری به عمل آورد [۱۳].

ریزجانداران خاک با گذشت زمان موجب تجزیه لاستیک می شوند، زیرا از لاستیک به عنوان یک منبع انرژی استفاده می نمایند [۱]. ذرات ریز لاستیک به دلیل درجه واکنش پذیری بالا، سبب افزایش غلظت برخی از فلزات از جمله روی با خاصیت ضد میکروبی می گردند. چنین به نظر می رسد که در اغلب موارد یون روی محلول (Zn^{2+}) آزاد شده از اکسیدروی (ZnO) عامل اصلی سمیت برای جمعیت میکروبی خاک است [۳]. اخیراً گزارش های بسیاری مبنی بر خواص ضد میکروبی ذرات نانو و اثر سوء این ذرات بر ریزجانداران وجود دارد. لاورن و همکاران (۲۰۰۶) در تحقیقی به اثرات سمی و ضد میکروبی استفاده از نانوذرات اکسیدتیتانیوم و فولرن بر میکروبها اشاره کردند [۱۰]. گزارش های بسیاری در مورد اثرات سمی نانوذرات اکسیدروی بر باکتری ها، جلبک ها، نماتدها و گیاهان ارائه شده است [۸]. همچنین جی و همکاران (۲۰۱۱) بیان کردند که نانوذرات اکسیدتیتانیوم (TiO) و اکسیدروی (ZnO) به دلیل کاهش بیومس میکروبی، برای ریزجانداران خاک سمی هستند. همچنین آن ها به این نتیجه دست یافتند که سمیت نانوذرات اکسیدروی بیشتر از اکسید تیتانیوم است [۶]. با این وجود اطلاعات در مورد اثرات نانوذرات مهندسی شده بر جوامع میکروبی خاک در حال حاضر محدود [۷] و متناقض می باشد. گزارش های چندانی مبنی بر بررسی اثر ذرات نانو بر باکتری های تثبیت کننده نیتروژن وجود ندارد. باندیپاژیا و همکاران (۲۰۱۲) طی تحقیقی بر روی اثر کاربرد نانوذرات اکسیدسیریم (CeO_2) و اکسید روی بر رشد باکتری *Sinorhizobium meliloti* همزیست با گیاه یونجه به این نتیجه دست یافتند که نانوذرات اکسید روی بیشتر از نانوذرات اکسید سریم رشد باکتری را مهار می کنند [۴]. در حال حاضر به غیر از تحقیق



باندیپاژیا و همکاران (۲۰۱۲) که اثر نانوذرات بر باکتری همزیست تثبیت کننده نیتروژن را مورد مطالعه قرار داده بودند، تحقیق دیگری در این زمینه به خصوص در زمینه تثبیت کننده‌های همزیست نیتروژن وجود ندارد. علیرغم کاربرد رو به گسترش نانوذرات به خصوص در سال‌های اخیر و بررسی اثرات آن‌ها بر گیاهان و ریزجانداران خاک، اطلاعات محدودی در مورد تأثیر ذرات نانو بر باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن وجود دارد. لذا این تحقیق با هدف بررسی اثر نانوذرات غنی از روی خاکستر لاستیک بر رشد باکتری *Sinorhizobium meliloti* انجام پذیرفت.

مواد و روشها

جهت انجام این پژوهش از جدایه A-11-8 باکتری *Sinorhizobium meliloti* متعلق به کلکسیون میکروبی گروه بیوتکنولوژی دانشگاه صنعتی اصفهان، استفاده می‌شود. دلیل اصلی استفاده از این جدایه دارا بودن ژن-های *nfe* در این باکتری است.

ابتدا باکتری بر روی محیط YMA^۱ تجدید کشت گردیده شد و پتری دیش‌های حاوی کشت تازه باکتری با دقت از نظر وجود آلودگی‌های احتمالی و کلنی‌های غیر معمول مورد بررسی قرار می‌گیرند و پس از انتخاب باکتری خالص و انجام برخی از آزمایشات بیوشیمیایی و مطالعات میکروسکوپی، یک کلنی تپیک انتخاب گردید.

جهت تهیه خاکستر لاستیک، پودر لاستیک در کوره الکتریکی با دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۰ ساعت قرار گرفت و خاکستر حاصل از آن جمع‌آوری شد.

جهت بررسی تأثیر نانوذرات خاکستر لاستیک بر باکتری *Sinorhizobium meliloti* منحنی رشد این باکتری در حضور غلظت‌های مختلف این نانوذرات رسم شد. بدین منظور حدود ۱۰۰ میلی‌لیتر محیط کشت YMB^۲ به ارلن‌های ۲۵۰ میلی‌لیتری حاوی غلظت‌های مختلف نانوذرات خاکستر لاستیک (صفر، ۱، ۵، ۲۵، ۱۲۵ میلی‌گرم برلیتر روی) اضافه و هر ارلن با یک میلی‌لیتر باکتری ریزوبیوم تلقیح شد. لازم به ذکر است که تیمارهای شاهد این آزمایش شامل محیط کشت فاقد تلقیح باکتری و نانوذرات خاکستر لاستیک و محیط کشت فاقد تلقیح باکتری و حاوی نانوذرات خاکستر لاستیک بودند. ارلن‌های تیمار شده در دمای ۲۸ درجه سانتی‌گراد بر روی شیکر با تعداد ۱۲۰ دور در دقیقه قرار گرفتند. پس از گذشت ۱۲ ساعت از کشت باکتری در محیط YMB با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۷۰ نانومتر و هر دو ساعت رشد سلول‌های باکتری مورد بررسی قرار گرفتند.

تجزیه و تحلیل آماری نتایج آزمایش با نرم‌افزار آماری SAS و انجام و نمودارهای مربوطه با نرم‌افزار EXCEL رسم گردید.

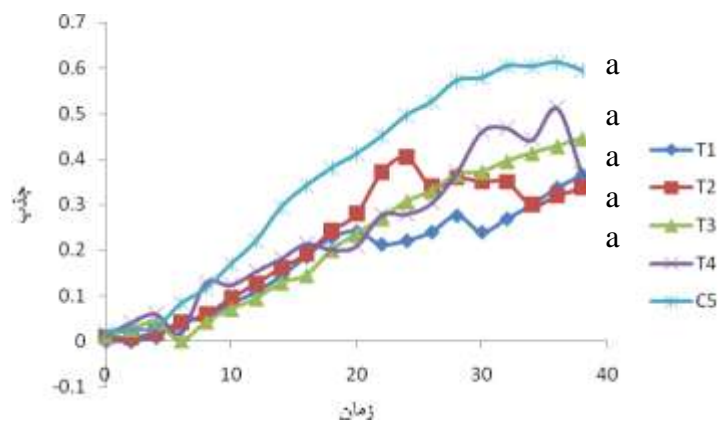
^۱ - Yeast extract Mannitol Agar

^۲ - Yeast extract Mannitol Borth



نتایج و بحث

نتایج این مطالعه نشان داد که رشد باکتری *S. meliloti* در حضور نانوذرات غنی از روی خاکستر لاستیک کاهش می‌یابد (شکل ۱). کاربرد نانوذرات خاکستر لاستیک در محیط کشت باکتری سبب کاهش معنی‌دار رشد باکتری در مقایسه با تیمار شاهد نشد. این مشاهدات با نتایج حاصل از مطالعه باندیپاژیا و همکاران (۲۰۱۲) که اثر کاربرد نانوذرات اکسیدسیریم (CeO_2) و اکسید روی بر رشد این باکتری را بررسی کردند، متفاوت است. نتایج حاصل از پژوهش این محققین نشان داد که تمام غلظت‌های ذرات اکسیدسیریم (۳۱، ۶۲/۵ و ۱۲۵ میلی گرم بر لیتر) سبب کاهش رشد باکتری *S. meliloti* شد، همچنین تمام تیمارهای نانو ذرات اکسیدروی (۳۱، ۶۲/۵ و ۱۲۵ میلی گرم بر لیتر) سبب مهار رشد باکتری مذکور گردید [۴]. بنابراین، به نظر می‌رسد که نانوذرات خاکستر لاستیک به علت تولید طی فرآیند سوختن و همچنین به دلیل طبیعی بودن بر خلاف نانوذرات سنتز شده تأثیر معنی‌داری بر رشد باکتری نداشته است.



شکل ۱- منحنی رشد باکتری *S. meliloti* در محیط YMB. T1: غلظت 1 mg/L روی. T2: غلظت 5

mg/L. T3: غلظت 25 mg/L. T4: غلظت 125mg/L. C5: تیمار شاهد.

مکانیسم تأثیر اکسیدروی بر *S. meliloti* هنوز هم به درستی شناخته نشده است. اما شاید بتوان دلیل آن را به حضور یون Zn^{2+} در محلول یا گسیختگی غشا نسبت داد [۹، ۱۴، ۱۵]. چنین به نظر می‌رسد که ذرات نانو به علت ایجاد تغییرات ساختاری در سطح سلول میکروبی منجر به مرگ سلول می‌شوند [۱۲]. تماس نزدیک بین غشا و ذرات نانو باید رخ دهد تا اختلال در غشا به وجود آید، هرچند که ذرات نانو در سیتوپلاسم تجمع یافته‌اند ولیکن بعد از گسیختگی غشا عبور از مرز سیتوپلاسم بعید به نظر می‌رسد [۱۱]. بنابراین چنین تصور می‌شود که اتصال این مواد نانو ساختار به طور عمده در منطقه پری پلاسمی است [۵]. انجام مطالعات بیشتر در مورد تأثیر نانوذرات غنی از روی خاکستر لاستیک بر باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن در محیط کشت باکتری و همچنین در محیط خاک توصیه می‌شود.



منابع

- [۱] بیدکی، س. م. ی.، م. ع. حاج عباسی، ا. ح. خوشگفتارمنش و ح. ر. عشقی زاده. ۱۳۹۱. تأثیر افزودن ذرات لاستیک فرسوده بر برخی ویژگی های شیمیایی یک خاک آهکی. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک. شماره ۵۹. صفحه ۱۱۵-۱۰۱.
- [۲] بی نام، ۱۳۸۴. خبرنامه صنعت لاستیک. شماره ۵۹، صفحه ۲۶.
- [3] Aruoja, V., Dubourguier, H.C., Kasemets, K., Kahru, A. 2009. Toxicity of nanoparticles of CuO, ZnO and TiO₂ to microalgae *Pseudokirchneriella subcapitata*. *Sci. Total. Environ.* 407:1461–1468.
- [4] Bandyopadhyay, S., Peralta-Videa, J.R., Plascencia-Villa, G., Jose Yacaman, M., Gardea-Torresdey, J.L. 2012. Comparative toxicity assessment of CeO₂ and ZnO nanoparticles towards *Sinorhizobium meliloti*, a symbiotic alfalfa associated bacterium: Use of advanced microscopic and spectroscopic techniques. *J. Hazard. Mater.* pp. 379-386.
- [5] Bayer, M.E. and Bayer, M.H. 1991. Lanthanide accumulation in the periplasmic space of *Escherichia coli* B. *J. Bacteriol.* 173: 141–149.
- [6] Ge, Y., Schimel, J.P., Holden, P.A. 2011. Evidence for negative effects of TiO₂ and ZnO nanoparticles on soil bacterial communities, *Environ. Sci. Technol.* 45: 1659–1664.
- [7] Heinlaan, M., Ivask, A., Blinova, I., Dubourguier, H.C., Kahru, A. 2008. Toxicity of nanosized and bulk ZnO, CuO and TiO₂ to bacteria *Vibrio fischeri* and crustaceans *Daphnia magna* and *Thamnocephalus platyurus*. *Chemosphere.* 71:1308–1316.
- [8] Li, M., Zhu, L., Lin, D. 2011. Toxicity of ZnO nanoparticles to *Escherichia coli*: mechanism and the influence of medium components, *Environ. Sci. Technol.* 45. 1977–1983.
- [9] Li, M., Pokhrel, S., Jin, X., Madler, L., Damoiseaux, R., Hoek, R.M.V. 2011. Stability, bioavailability, and bacterial toxicity of ZnO and iron-doped ZnO nanoparticles in aquatic media, *Environ. Sci. Technol.* 45:755–761.
- [10] Lovern, S.B. and Klaper, R. 2006. *Daphnia magna* mortality when exposed to titanium dioxide and fullerene (c60) nanoparticles. *Environ. Toxicol. Chem.* 25:1132-1137.
- [11] Neal, A.L., 2008. What can be inferred from bacterium–nanoparticle interactions about the potential consequences of environmental exposure to nanoparticles? *Ecotoxicology.* 17: 362–371.
- [12] Suresh, A.K., Pelletier, D., Wang, W., Moon, J.-W., Gu, B., Mortensen, N.P., Allison, D.P., Joy, D.C., Phelps, T.J., Doktycz, M.J., 2010. Silver nanocrystallites: biofabrication using *Shewanella oneidensis*, and an evaluation of their comparative toxicity on gram-negative and gram-positive bacteria. *Environ. Sci. Technol.* 44:5210–5215.
- [13] Taheri, S., H. Shariatmadari, A. H. Khoshgoftarmanesh and R. L. Chaney. 2011. Kinetics of zinc release from ground tire rubber and rubber ash in a calcareous soil as alternatives to Zn fertilizers. *Plant and Soil.* 341: 89-97.
- [14] Thill, A., Zeyons, O., Spalla, O., Chauvat, F., Rose, J., Auffan, M., Flank, A.M. 2006. Cytotoxicity of CeO₂ nanoparticles for *Escherichia coli*. Physico-chemical insight of the cytotoxicity mechanism, *Environ. Sci. Technol.* 40:6151–6156.
- [15] Zhang, L., Jiang, Y., Ding, Y., Povey, M., York, D.J. 2007. Investigation into the antibacterial behavior of suspensions of ZnO nanoparticles (ZnO nanofluids). *Nanopart. Res.* 9:479–489.



تحلیل مالتی فرکتالی توزیع اندازه ذرات، کربن آلی و آهن قابل جذب خاک (مطالعه موردی استان کردستان)

روح الله تقی‌زاده مهرجردی^۱، علی اصغر ذوالفقاری^۲، کمال نبی‌الهی^۳ و محمد رضا یزدانی^۴

۱- استادیار دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه اردکان

۲و۳- استادیاران گروه بیابان‌زدایی دانشکده کویر شناسی دانشگاه سمنان

۴- استادیار گروه علوم خاک دانشگاه کردستان

مقدمه

تغییر پذیری مکانی خصوصیات هیدرولیکی خاک تحت تاثیر اثرات متقابل بین فاکتورهای خاک سازی و برخی از خصوصیات فیزیکی، شیمیایی، بیولوژیکی و مینرالوژی ایجاد می شوند. روش های زمین آماری به وفور برای توصیف تغییر پذیری مکانی خصوصیات هیدرولیکی خاک مورد استفاده قرار گرفته اند. مطالعات مختلف نشان داده‌اند که خصوصیتی از خاک که با زمان ثابت هستند (مانند توزیع اندازه ذرات خاک، و جرم ویژه ذرات خاک) و همچنین خصوصیات متغیر با زمان که تحت تاثیر مدیریت قرار می گیرند (مانند مواد آلی خاک، ظرفیت تبادل کاتیونی)، ممکن است که دارای تغییر پذیری مکانی بالایی باشند. همچنین مطالعات متعدد نشان داده که برخی از خصوصیات دینامیکی خاک از قبیل رطوبت خاک، جرم ویژه ظاهری خاک، تخلخل خاک، زیست توده میکروبی و غیر دارای تغییر پذیری مکانی بسیار وسیعی هستند. تکنیک های زمین آماری روش هایی هستند که برای مدل سازی مکانی و تولید داده‌ها در مکان هایی که نمونه برداری از آنها صورت نگرفته است مفید می باشند. اما استفاده از روش های زمین آمار با محدودیت‌هایی نیز همراه می باشد به عنوان مثال نرمال و ایستا بودن داده های اندازه‌گیری شده از این موارد می باشد. لذا روش‌های زمین آمار در داده ای غیر ایستا و غیر نرمال نتایج قابل قبولی را نشان نمی دهند (وبستر و الیور ۲۰۰۰). روش های آنالیز مقیاس از قبیل فرکتال و مالتی فرکتال، به وفور برای توصیف تغییر پذیری مکانی خصوصیات خاک در مقیاس های بزرگ مورد استفاده قرار گرفته است. هر دو روش فرکتال و مالتی فرکتال یک توزیع مرتبه‌ای جرم را در فضا فرض می کنند. در روش تک فرکتالی^۱ یک توان (بعد فرکتال) برای توصیف رفتار مقیاس^۲ یک متغیر کافی است به عبارت دیگر می توان با استفاده از یک توان تغییرات یک متغیر را در مقیاس های مختلف توصیف کرد. در حالی که روش های مالتی فرکتال دارای توان های مختلفی هستند که مربوط به درجه مختلف اختلالات داده های اندازه گیری می باشند. بنابراین مالتی فرکتال ها بسیا پیچیده‌تر از تک فراکتال ها می باشند. محققین مختلف سعی کردند که تغییر پذیر مکانی خصوصیات خاک را با استفاده از یک توان (تک فرکتال) توصیف کنند در تمامی این مطالعات سعی شده است که بعد فرکتال متغیر مورد نظر را با استفاده از نیم تغییر نما محاسبه نمایند. اما مطالعات اخیر

¹ - Monofractal

² - Scaling behavior



نشان داده است که مالتی فرکتال روش مناسبی برای توصیف تغییرات یک متغیر در یک ترنسکت^۳ می باشد. آنالیز مالتی فرکتالی به نسبت نیم تغییرنا اطلاعات بیشتری را از ساختار درونی تغییرات مکانی داده ها در اختیار قرار می دهد. لذا هدف از مطالعه حاضر بررسی رفتار مالتی فرکتالی برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک ها در یک ترنسکت می باشد. همچنین بررسی و مقایسه مالتی فرکتالی این خصوصیات از دیگر اهداف این مطالعه می باشد.

مواد و روش ها

الف) منطقه مورد مطالعه

منطقه ای با وسعت ۲۰۰۰۰ هکتار واقع در استان کردستان در نظر گرفته شد. منطقه از لحاظ سنگ شناسی شامل تراورتن، مارن، کنگلومرا، سنگ آهک رسی، شیل، سنگ های حاوی آهن زیاد، گل سنگ، سنگ آهک حاوی فسیل، تراس های قدیمی، رسوبات ابرفتی و گابرو بوده و دارای دو کاربری کشاورزی دیم و مرتع می باشد. رژیم رطوبتی و حرارتی خاک در منطقه به ترتیب زیریک و مزیک بوده و میانگین بارندگی سالانه ۳۳۳/۴ میلی متر و میانگین دمای سالیانه ۱۰/۴۸ می باشد. در منطقه مورد مطالعه نمونه برداری بر روی یک ترنسکت انجام شد. فواصل بین نمونه برداری منظم و برابر با ۱۰۰ متر انتخاب شد. سپس آزمایش های توزیع اندازه ذرات خاک، درصد کربن آلی و مقدار آهن قابل تبادل با استفاده از روش های معمول انجام شد.

ب) محاسبه ابعاد فرکتال

به طور معمول آنالیز مالتی فرکتال در مقیاس های^۴ (ε) مختلف انجام می گیرد. لذا برای تعیین این مقیاس ها می توان طول یک راستا (L) را به قسمت های مختلف که به صورت اعداد دوتایی می باشند، بر اساس معادله زیر تقسیم نمود.

$$\varepsilon = L2^{-k} \quad k = 1, 2, 3, \dots \quad (1)$$

که L طول ترنسکت و k عدد صحیح می باشد. در این مطالعه مقادیر ۱، ۲، ۳، ۴ برای k در نظر گرفته شد. بنابراین طول ترنسکت (L) به ۴ مقیاس مختلف تقسیم شد. در هر مقیاس تعداد داده های اندازه گیری ($N(\varepsilon)$) شده برابر است با

$$N(\varepsilon) = 2^k \quad (2)$$

تحقیقات نشان داده است که گشتاور q^{th} متغیر اندازه گیری و نرمال شده ($\mu(q, \varepsilon)$)، با تغییر اندازه مقیاس (ε) و بر اساس رابطه زیر تغییر می کند.

³ - Transect

⁴ - Scale



$$\mu_i(q, \varepsilon) = \frac{[p_i(\varepsilon)]^q}{\sum_i [p_i(\varepsilon)]^q} \quad (3)$$

$P_i(\varepsilon)$ احتمال وجود متغیر اندازه‌گیری شده در i^{th} اندازه‌گیری از اندازه مقیاس (ε) می‌باشد که از حاصل تقسیم مقدار متغیر در i^{th} اندازه‌گیری بر مقدار تجمعی متغیر در تمامی فاصله L (کل مقادیر اندازه‌گیری شده در ترنسکت) بدست می‌آید. q نشان دهنده گشتاور بوده که مقادیر متفاوتی را اختیار می‌کند. در این مطالعه q بین ۱۰- الی ۱۰+ و با فاصله ۵/۰ متغیر بود. سپس ابعاد فرکتال در مقادیر متفاوت q بر اساس روابط زیر برآورد شدند.

$$D(q) \approx \frac{1}{q-1} \frac{\log[\sum_{i=1}^{N(\varepsilon)} \mu_i(\varepsilon)^q]}{\log \varepsilon} \quad q \neq 1 \quad (4)$$

$$D_1 = \frac{\sum_{i=1}^{N(\varepsilon)} \mu_i(\varepsilon) \log \mu_i(\varepsilon)}{\log \varepsilon} \quad q = 1 \quad (5)$$

نتایج و بحث

جدول ۱ خلاصه‌ای از ویژگی‌های اندازه‌گیری شده خاک‌های مورد مطالعه در یک راستا را نشان می‌دهد. همان گونه که مشاهده می‌شود، ضریب تغییرات خصوصیتی مانند توزیع اندازه ذرات و کربن آلی خاک اندک می‌باشد. اما مقدار آهن قابل تبادل تغییرات مکانی بالایی را نشان می‌دهد.

جدول ۱- خلاصه آماری برخی از ویژگی‌های خاک‌های مورد مطالعه

خصوصیت	واحد	حداکثر	حداقل	میانگین	انحراف معیار	میان	ضریب تغییرات (%)
رس	%	۴۱/۸۶	۲۵/۷۷	۳۴/۸۱	۳/۹۳	۳۲/۳۲	۱۱
شن	%	۴۳/۲	۱۶/۲۴	۲۹/۳۱	۶/۶۲	۲۸/۳۹	۲۲
کربن آلی	%	۱/۷۶	۰/۷۱	۱/۰۶	۰/۲۲	۰/۹۸	۲۱
آهن	mg kg ⁻¹	۱۲۵۷۲	۱۹۲	۶۸۰۰	۴۰۰۰	۶۲۲۰	۵۹

ابعاد فرکتال در مقادیر q برابر با $q=0$ ، $q=1$ و $q=2$ به ترتیب ابعاد ظرفیت^۵ (D_0)، آنتروپی^۶ (D_1) و همبستگی^۷ (D_2) نامیده می‌شوند. مقادیر برابر این ابعاد ($D_0=D_1=D_2$) نشان دهنده رفتار تک‌فرکتالی متغیر مورد بررسی می‌باشد. اما در صورتی که این ابعاد برابر نباشند نشان دهنده رفتار مالتی فرکتالی متغیر است. نتایج نشان داد که

⁵-Capacity dimension

⁶Entropy dimension

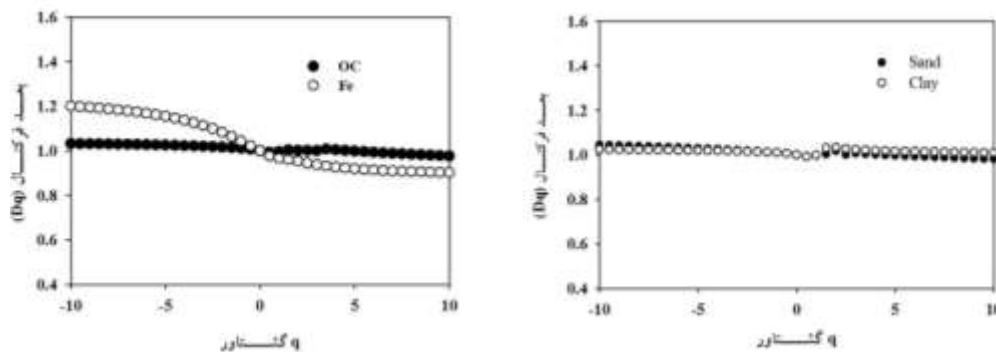
⁷-Correlation



در خاک های مورد بررسی به غیر از متغیر آهن قابل تبادل دیگر متغیرها دارای رفتار تک فرکتالی هستند. به عبارت دیگر مقایسه ابعاد فرکتال نشان داد که در متغیرهای درصد شن، رس و کربن آلی مقادیر ابعاد فرکتال در گشتاورهای صفرم، یکم و دوم با یکدیگر برابر می باشند ($D_0 = D_1 = D_2$). اما در مورد متغیر آهن قابل تبادل نتایج نشان داد که این ابعاد با یکدیگر برابر نمی باشند لذا این خصوصیت دارای رفتار مالتی فرکتالی هستند. در بسیاری از منابع از اختلاف ابعاد فرکتال ظرفیت (D_0) و همبستگی (D_2) برای بررسی درجه مالتی فرکتالی^۸ استفاده می شود (ویدال وازکوز و همکاران، ۲۰۱۳). در صورتی که این شاخص بزرگتر از صفر باشد، نشان می دهد که متغیر مورد بررسی مالتی فرکتالی است در صورتی که این شاخص برابر صفر باشد نشان دهنده رفتار تک فرکتالی متغیر مورد مطالعه می باشد. جدول (۲) مقدار این شاخص را برای متغیرهای مختلف نشان می دهد. نتایج نشان می دهد که بیشترین مقدار این شاخص به متغیر آهن قابل جذب اختصاص دارد. تفاوت این شاخص از عدد صفر نیز نشان می دهد که متغیر آهن قابل تبادل مالتی فرکتالی می باشد. شکل (۱) تغییرات ابعاد متغیرهای مورد مطالعه را در گشتاورهای مختلف نشان می دهد. نتایج نشان می دهد که شکل و روند تغییرات ابعاد فرکتال در مقادیر مختلف q تا حدودی مشابه یک تابع سیگموئیدی می باشد. نتایج مشابهی بوسیله محققین دیگر که بیان داشتند که تغییرات ابعاد فرکتال در مقادیر مختلف گشتاور سیگموئیدی می باشد، گزارش شده است.

جدول (۲): مقادیر شاخص D_0-D_1 در متغیرهای مورد مطالعه

خصوصیت	درصد شن	درصد رس	درصد کربن آلی	آهن
D_0-D_1	۰/۰۱	۰/۰۱۵	۰/۰۰۱	۰/۰۶



شکل (۱) تغییرات ابعاد فرکتال متغیرهای مورد بررسی در گشتاورهای (q) مختلف

منابع مورد استفاده

- Vidal-Vazquez, E., Camargo, O.A., Viera, S.R. Miranda, J.G.V, Menk, J.R.F., Siqueira, G.M., Miras-Avolas., J.M and Pas Gonzeles. A. 2013. Multifractal analysis of soil properties along two perpendicular transects. Vadose Zone Journal. 12(3).doi: 10.2136/vzj2012.0188.
- Webster, R., and M.A. Oliver. 2000. Geostatistics for environmental scientists. John Wiley & Sons, Chichester, UK.

⁸ - Multifractality



اثر نوع آب و سطوح کاربرد زئولیت کلسیک بر سبز شدن تربچه

عباس خاشعی سیوکی^۱، محسن احمدی^۲، علی شهیدی^۱، مریم باقری مقدم^۲

۱-استادیار گروه مهندسی آب دانشگاه بیرجند

۲-دانشجوی کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی دانشگاه بیرجند

۳-دانشجوی کارشناسی مهندسی آب دانشگاه بیرجند

مقدمه

سبز شدن یکی از مهمترین مراحل فنولوژیک گیاه است که تعیین کننده موفقیت یا شکست نسبی زراعت می‌باشد و به ظهور گیاهچه در سطح خاک گفته می‌شود (فورسلا و همکاران، ۲۰۰۰). عوامل موثری بر سبز شدن موثر می‌باشند که از جمله این موارد می‌توان به کیفیت آب آبیاری و خصوصیات خاک اشاره کرد. با توجه به اینکه در مناطق خشک و نیمه‌خشک مشکل شوری شناخته شده می‌باشد (پسرکلی، ۱۹۹۹) استفاده از منابع آب شور اثر منفی بر سبز شدن می‌تواند داشته باشند. استفاده از مواد اصلاح کننده خاک در مناطق خشک می‌تواند اثر کیفیت آب را بر سبز شدن تغییر دهد. از جمله مواد اصلاح کننده خاک می‌توان به زئولیت‌ها اشاره کرد که به منظور بهبود شرایط فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده قرار می‌گیرند (خاشعی سیوکی، ۱۳۸۵). اثر زئولیت بر سبز شدن زیره سبز (احمدی و همکاران، ۱۳۹۲ الف) و شاهی (احمدی و همکاران، ۱۳۹۲ پ) گزارش شده است. بنابراین انتظار می‌رود که استفاده از زئولیت در مناطق خشک و نیمه‌خشک که کیفیت آب آبیاری مناسب نمی‌باشد باعث بهبود شاخص‌های سبز شدن گردد. هدف از این تحقیق بررسی اثر زئولیت کلسیک به منظور تغییر شاخص‌های سبز شدن در گیاه تربچه با استفاده از دو منبع آب متفاوت می‌باشد.

مواد و روشها

این تحقیق در قالب طرح کاملاً تصادفی و به صورت فاکتوریل در سال ۱۳۹۲ در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی بیرجند انجام شد. در این تحقیق تیمار آب (در دو سطح شوری $W1=1/4 \text{ ds.m}^{-1}$ و $4/5 \text{ ds.m}^{-1}$) و تیمار زئولیت کلسیک (در سه سطح صفر، ۲ و ۶ درصد وزنی) با ۳ تکرار مورد آزمایش قرار گرفتند. برای اعمال تیمار زئولیت کلسیک بر اساس درصد وزنی، زئولیت با اندازه‌ی ۷-۰/۵ میلی‌متر با ترازوی دیجیتال به دقت ۰/۰۱ گرم وزن شد و با خاک کاملاً مخلوط گردید. مشخصات خاک در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱- نتایج آزمایش خاک

بافت خاک	رس (%)	سیلت (%)	شن (%)	هدایت الکتریکی (ds.m^{-1})	pH	کلسیم (meq.lit^{-1})	پتاسیم (meq.lit^{-1})	سدیم (meq.lit^{-1})	کربن آلی (%)	مواد آلی (%)
لومی شنی	۶	۱۸	۷۶	۰/۸۴	۷	۳/۲	۰/۲۵	۳/۴۷	۰/۰۸۹	۰/۱۵

در هر گلدان ۱۵ عدد بذر در عمق ۲ سانتی‌متری کاشته شد. ۲ سانتی‌متر از لابه‌ی گلدان‌ها به منظور آبیاری خالی نگه داشته شد. اولین آبیاری بلافاصله پس از کشت بذرها صورت گرفت به طوری‌که کل خاک از آب اشباع شد.



به منظور اعمال تیمار آب، از دو چاه با میزان شوری متفاوت در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند استفاده شد. مشخصات آب آبیاری مورد استفاد در جدول‌های ۲ و ۳ نشان داده شده است.

جدول ۲- نتایج آزمایش آب چاه شماره ۱ مزرعه دانشکده کشاورزی

SO ₄ ²⁻	CO ₃ ⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	K ⁺	Na ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	SAR	pH	EC
Mg.lit ⁻¹								-	-	dS.m ⁻¹
۴/۱	۰	۳/۱	۷/۲	۰/۰۵	۱۰/۲	۱/۷	۲/۲	۷/۴	۸/۰	۱/۴

جدول ۳- نتایج آزمایش آب چاه شماره ۲ مزرعه دانشکده کشاورزی

SO ₄ ²⁻	CO ₃ ⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	K ⁺	Na ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	SAR	pH	EC
Mg.lit ⁻¹								-	-	dS.m ⁻¹
۱۶/۵	۰	۸/۳	۲۱/۲	۰/۳	۲۶/۵	۴/۸	۱۴/۰	۸/۶	۷/۸	۴/۵

گلدان‌ها هر روز مورد بازدید قرار می‌گرفتند و زمان سبز شدن یادداشت می‌گردید. این کار تا زمانی که تمام بذرها سبز شده و یا قادر به سبز شدن نبودند ادامه یافت. برای محاسبه سرعت و یکنواختی سبز شدن ابتدا نمودار سبز شدن در مقابل زمان بر حسب ساعت رسم شد سپس با استفاده از روش درونیابی خطی مدت زمان از کاشت تا زمانی که ۵، ۱۰، ۵۰، ۹۰ و ۹۵ درصد سبز شدن اتفاق افتد، محاسبه شد. این زمان‌ها به صورت D10، D5، D90، D50 و D95 نشان داده می‌شود. سرعت سبز شدن (R50) به صورت عکس زمان تا رسیدن به ۵۰ درصد سبز شدن و یکنواختی سبز شدن (GU) به صورت تکامل زمان برای رسیدن از ۱۰ درصد سبز شدن به ۹۰ درصد سبز شدن محاسبه گردید. نتایج به دست آمده با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1.3 و آزمون توکی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که نوع آب در سطح احتمال ۵ درصد بر D10 و R50 اثر معنی‌داری داشت (جدول ۴) که این نتایج با مشاهدات قربانی و پورفرید (۱۳۸۶) مطابقت دارد. ایشان گزارش کردند که شوری اثر منفی معنی‌داری بر R50 در گیاه گندم نشان می‌دهد. نوع آب بر سایر پارامترها اثر معنی‌داری نشان نداد.

جدول ۴- نتایج جدول تجزیه واریانس (آماره F). برای خطا مقادیر میانگین مربعات آورده شده است.

EP	DU	R50	D95	D90	D50	D10	D05	منابع تغییرات
۴/۶۹ ^{ns}	۴/۰۴ ^{ns}	۵/۳۹*	۰/۰۳ ^{ns}	۰/۱۵ ^{ns}	۴/۲۹ ^{ns}	۴/۹۱*	۳/۷۵ ^{ns}	نوع آب
۳/۲۱ ^{ns}	۶/۳۵*	۳/۲۷ ^{ns}	۰/۰۵ ^{ns}	۰/۰۰ ^{ns}	۳/۸۵ ^{ns}	۹/۳۱**	۹/۱۴**	مقدار زئولیت
۰/۱۷ ^{ns}	۰/۶۹ ^{ns}	۳/۲۷ ^{ns}	۱/۶۷ ^{ns}	۱/۷۱ ^{ns}	۳/۷۰ ^{ns}	۱/۲۹ ^{ns}	۱/۲۵ ^{ns}	نوع آب × مقدار زئولیت
۴/۲۷	۶۳۲/۳۱	۰/۰۰۰۰	۱۵۰/۳۲	۱۲۷/۶۸	۱۳۱/۴۸	۴۳۲/۳۷	۵۵۶/۰۹	خطا

ns، * و ** به ترتیب نشان دهنده بدون اثر معنی‌دار، تأثیر معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و تأثیر معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد می‌باشند.



مقدار ژئولیت در سطح احتمال ۱ درصد بر D05 و D10 و در سطح احتمال ۵ درصد بر DU اثر معنی‌داری نشان داد. این نتایج با مشاهدات احمدی و همکاران (۱۳۹۲) در گیاه زیره مطابقت دارد. ایشان اثر سطوح مختلف ژئولیت را بر D05 و D10 در گیاه شاهی گزارش کردند. اثر متقابل نوع آب×مقدار ژئولیت بر هیچکدام از پارامترها تأثیر معنی‌داری نداشت. مقایسه‌ی میانگین‌ها براساس نوع آب نشان داد که این تیمار بر درصد سبز شدن اثر معنی‌داری ندارد (جدول ۵) گرچه استفاده از آب شور میزان جوانه‌زنی را ۲/۱۲ درصد افزایش داد. همچنین نوع آب اثر معنی‌داری بر DU، D05، D50، D90 و D95 نداشت و این نتایج نشان می‌دهد که استفاده از این دو منبع آب در مزرعه اثر منفی بر سبز شدن تربچه ندارند. تنها اثر معنی‌دار نوع آب در پارامترهای D10 و R50 مشاهده شد که استفاده از آب شور زمان تا ۱۰ درصد سبز شدن را افزایش و سرعت سبز شدن را کاهش داد. میزان کاهش سرعت سبز شدن در تیمار W2 نسبت به W1، ۱۸/۳۶ درصد بود.

جدول ۵- جدول مقایسه میانگین‌ها بر اساس نوع آب.

نوع آب	D05 (ساعت)	D10 (ساعت)	D50 (ساعت)	D90 (ساعت)	D95 (ساعت)	R50 (بذر در ساعت)	DU (ساعت)	EP (درصد)
W1	۲۴/۵۸ ^a	۳۰/۵۰ ^a	۷۳/۴۲ ^a	۱۰۶/۶۶ ^a	۱۱۰/۶۷ ^a	۰/۰۱۴۷ ^a	۷۶/۱۶ ^a	۳۰/۳۳ ^a
W2	۴۶/۱۱ ^a	۵۲/۲۳ ^b	۸۴/۶۲ ^a	۱۰۴/۵۷ ^a	۱۰۹/۶۲ ^a	۰/۰۱۲۰ ^b	۵۲/۳۴ ^a	۴۴/۴۶ ^a

میانگین‌های دارای یک حرف مشترک بر اساس آزمون توکی در سطح ۵ درصد با یکدیگر تفاوت معنی‌داری ندارند. W1 و W2 به ترتیب آب با شوری ۴/۵ و ۱/۴ دسی زیمنس بر متر می‌باشند.

کاربرد ۶ درصد وزنی ژئولیت کلسیک اثر منفی معنی‌داری بر D05 و D10 نشان داد (جدول ۶). افزایش زمان تا ۵ درصد سبز شدن در تیمار ۶ درصد وزنی نسبت به شاهد و تیمار ۲ درصد وزنی به ترتیب ۵۷/۵ و ۳۶/۶۷ ساعت مشاهده شد در حالیکه این اختلاف زمانی در D10 به ترتیب ۵۵ و ۳۳/۴۴ ساعت به دست آمد. عدم استفاده از ژئولیت باعث کاهش یکنواختی سبز شدن در شاهد گردید. سطوح مختلف ژئولیت اثر معنی‌داری بر سایر پارامترها نشان ندادند.

جدول ۶- جدول مقایسه میانگین‌ها بر اساس مقدار ژئولیت.

مقدار ژئولیت	D05 (ساعت)	D10 (ساعت)	D50 (ساعت)	D90 (ساعت)	D95 (ساعت)	R50 (بذر در ساعت)	DU (ساعت)	EP (درصد)
Z0	۹/۲۴ ^a	۱۴/۴۸ ^a	۷۱/۹۳ ^a	۱۰۵/۴۶ ^a	۱۱۰/۷۳ ^a	۰/۰۱۵ ^a	۸۶/۹۸ ^b	۴۶/۶۶ ^a
Z1	۳۰/۰۷ ^a	۳۶/۱۴ ^a	۷۵/۷۳ ^a	۱۰۵/۸۰ ^a	۱۱۰/۹۰ ^a	۰/۰۱۳ ^a	۶۹/۶۵ ^{ab}	۳۸/۸۶ ^a
Z2	۶۶/۷۴ ^b	۶۹/۴۸ ^b	۸۹/۴۰ ^a	۱۰۵/۶۰ ^a	۱۰۸/۸۰ ^a	۰/۰۱۱ ^a	۳۶/۱۲ ^a	۲۶/۶۶ ^a

میانگین‌های دارای یک حرف مشترک بر اساس آزمون توکی در سطح ۵ درصد با یکدیگر تفاوت معنی‌داری ندارند. Z0، Z1 و Z2 به ترتیب تیمار ژئولیت کلسیک با مقدار صفر، ۲ و ۶ درصد وزنی می‌باشد.

اثرات متقابل نوع آب و مقدار ژئولیت اثر معنی‌داری بر پارامترهای D90، D95، DU و EP نشان نداد (جدول ۷). کمترین مقدار D90 و D95 در تیمار W2Z2 مشاهده شد گرچه استفاده از آب با شوری بیشتر D90 را کاهش داد ولی تفاوت آماری معنی‌داری بین دو تیمار W2Z2 و W1Z2 مشاهده نشد. بیشترین یکنواختی سبز شدن (DU) در تیمار W2Z2 مشاهده شد. بنابراین استفاده از ژئولیت در سطح بالاتر در آب شور سبب کوتاه



شدن اختلاف زمان سبز شدن بین جوانه‌ها می‌گردد. تفاوت آماری معنی‌داری در R50 و D50 با کاربرد مقدار ۶ درصد وزنی زئولیت در تیمار آب شیرین مشاهده شد به طوری که پایین‌ترین مقدار در این تیمار مشاهده شد. با کاربرد آب شور اثر منفی این سطح زئولیت کاهش یافت و با شاهد و زئولیت در سطح ۲ درصد وزنی تفاوت آماری معنی‌داری نشان نداد. بنابراین استفاده از زئولیت بدون کاربرد آب شور اثر منفی بر سرعت رشد خواهد داشت. در هر سطح زئولیت کاربرد آب شور اثر منفی بر D05 و D10 نشان داد و کاهش منفی معنی‌داری در تیمار W2Z2 مشاهده شد. اگر چه زئولیت می‌تواند اثرات شوری آب را کاهش دهد، سبب افزایش حاصلخیزی خاک شده و در رشد و عملکرد محصول نیز موثر باشد (خاشعی سیوکی، ۱۳۸۵؛ احمدی و همکاران، ۱۳۹۲ ب) ولی با توجه به نتایج به دست آمده کاربرد آن به منظور افزایش سرعت و درصد سبز شدن در ترپچه پیشنهاد نمی‌شود.

جدول ۷- جدول مقایسه میانگین‌های اثرات متقابل نوع آب و مقدار زئولیت.

EP	DU	R50 (بذر در ساعت)	D95 (ساعت)	D90 (ساعت)	D50 (ساعت)	D10 (ساعت)	D05 (ساعت)	مقدار زئولیت
۴۲/۳۰ ^a	۸۹/۸۴ ^a	۰/۰۱۸ ^a	۱۰۷/۴۰ ^a	۱۰۲/۸۰ ^a	۵۹/۴۶ ^a	۱۲/۹۶ ^a	۶/۴۸ ^a	W1Z0
۳۱/۰۶ ^a	۸۹/۴۴ ^a	۰/۰۱۵ ^{ab}	۱۰۷/۸۰ ^a	۱۰۳/۶۰ ^a	۶۶/۸۰ ^a	۱۴/۱۶ ^a	۷/۰۸ ^a	W1Z1
۱۷/۷۳ ^a	۴۹/۲۰ ^a	۰/۰۱۰ ^b	۱۱۶/۸۰ ^a	۱۱۳/۶۰ ^a	۹۴/۰۰ ^b	۶۴/۴۰ ^{ab}	۶۰/۲۰ ^{ab}	W1Z2
۵۱/۰۶ ^a	۸۴/۱۳ ^a	۰/۰۱۲ ^{ab}	۱۱۴/۰۶ ^a	۱۰۸/۱۳ ^a	۸۴/۴۰ ^a	۲۴/۰۰ ^{ab}	۱۲/۰۰ ^{ab}	W2Z0
۴۶/۶۶ ^a	۸۶/۸۹ ^a	۰/۰۱۲ ^{ab}	۱۱۴/۰۰ ^a	۱۰۸/۰۰ ^a	۸۴/۶۶ ^a	۵۸/۱۳ ^{ab}	۵۳/۰۶ ^{ab}	W2Z1
۳۵/۵۳ ^a	۲۳/۰۴ ^a	۰/۰۱۲ ^{ab}	۱۰۰/۸۰ ^a	۹۷/۶۰ ^a	۸۴/۸۰ ^a	۷۴/۵۶ ^b	۷۳/۲۸ ^b	W2Z2

میانگین‌های دارای یک حرف مشترک بر اساس آزمون توکی در سطح ۵ درصد با یکدیگر تفاوت معنی‌داری ندارند.

W1 و W2 به ترتیب آب با شوری ۴/۵ و ۱/۴ دسی زیمنس بر متر و Z0، Z1 و Z2 به ترتیب تیمار زئولیت کلسیک با مقدار صفر، ۲ و ۶ درصد وزنی می‌باشند.

منابع

- احمدی، م.، خاشعی سیوکی، ع.، باقری مقدم، م. ۱۳۹۲ الف. ارزیابی تاثیر زئولیت پتاسیک بر زمان و درصد سبز شدن زبره سبز. مجموعه مقالات دوازدهمین همایش آبیاری و کاهش تبخیر. کرمان. دانشگاه شهید باهنر.
- احمدی، م.، خاشعی سیوکی، ع.، شهیدی، ع. ۱۳۹۲ ب. بررسی تاثیر زئولیت طبیعی بر شاخص‌های رشد گیاه دارویی بادرنجبویه (*Melissa officinalis* L.). اولین همایش ملی گیاهان دارویی و کشاورزی پایدار. همدان. دانشگاه شهید مفتح.
- احمدی، م.، خاشعی سیوکی، ع.، شهیدی، ع.، باقری مقدم، م. ۱۳۹۲ پ. بررسی اثر کاربرد زئولیت کلسیک و پتاسیک بر سبز شدن شاهی. مجموعه مقالات دومین همایش ملی توسعه پایدار کشاورزی و محیط زیست سالم. همدان. دانشگاه شهید مفتح.
- خاشعی سیوکی، ع. ۱۳۸۵. تاثیر زئولیت طبیعی بر برنامه‌ریزی آبیاری و عملکرد گیاه ذرت. پایان نامه کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی. دانشکده کشاورزی. دانشگاه تربیت مدرس.
- قربانی، م. ح.، پورفرید، آ. ۱۳۸۶. تاثیر شوری و عمق کشت بر سبز شدن بذر گندم. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی. ۱۴(۵): ۸-۱.



5. Forcella, F., Benech Arnold, R.L., Sanchez, R., and Ghera, C.M. 2000. Modeling seedling emergence. *Field Crop Res.* 67:123-139.

Pesarakli, M. 1999. *Handbook of Plant and Crop Stress*. Marcel Decker Inc. New York.



پهنه بندی و مطالعه ازت کل خاک توسط سامانه ArcGIS در دشت آبرسد، استان تهران

امیر منصور شهسوار^۱، مریم دادگر^۲

۱-۲- اعضای هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد رودهن

shahsavar@riau.ac.ir

مقدمه

از آنجا که ازت از عناصر ضروری مورد نیاز گیاه بوده و در کشاورزی متمرکز از سهم بالایی در بین عناصر مصرفی بر خوردار است لذا در کشاورزی پایدار، حصول اطلاع کافی از موجودیت این عنصر غذایی خاک و پایش دقیق، مستمر و متناوب آن ضرورتی اجتناب ناپذیر است. در این راستا وجود اطلاعات پایه ای، کاربران را در اتخاذ تصمیم گیری در خصوص موجودیت این عنصر و مدیریت حاصلخیزی خاک به نحو شایسته ای کمک خواهد نمود. این پژوهش در راستای پایشهای دایمی عنصر ازت کل و پهنه بندی آن در سامانه GIS با هدف بهنگام سازی آتی آن به انجام رسیده است. عرصه مذکور با وسعتی معادل ۴۰۰۰ هکتار در تقسیم بندی هیدرولوژیک در حوزه آبریز دریاچه نمک و زیر حوزه دماوند قرار دارد. منطقه مورد نظر در سیستم رده بندی آمریکایی (Soil Taxonomy) شامل دو رده انتی سول و اینسپتی سول است و در مجموع مشتمل بر هشت سری خاک می باشد. کاربری اراضی در منطقه مذکور شامل اراضی زراعی، باغی (شامل صیفی و درخت میوه) و مرتعی است.

در این طرح سعی بر آن است تا با بررسی کمی عنصر ازت حدود کفایت آن تعیین و در گام بعد پس از آنالیزهای آماری در سامانه GIS نقشه پراکندگی این عنصر رسم شود. به گونه ای که در درازمدت با داشتن این اطلاعات مدیریت حاصلخیزی خاکها را اصلاح و جنبه های فنی و اقتصادی در مصرف کودهای شیمیایی را رعایت کرد. این طرح در راستای بهینه کردن استفاده از کودهای شیمیایی جهت نیل به کشاورزی پایدار، تولید مستمر با داشتن حد اکثر عملکرد، حفظ جنبه های زیست محیطی، کاهش هزینه های تولید و حفظ منابع خاک و آب کشور پیشنهاد می گردد.

مواد و روشها

در گام نخست سعی بر آن شد، تا با کمک اطلاعات پایه ای حاصل از نقشه های توپوگرافی و خاکشناسی به همراه عکسهای هوایی، نمایی جامع از منطقه مورد نظر بدست آید. سپس در شبکه ای طراحی شده در محیط نرم افزاری GIS نقاط گمانه زنی تعیین شدند که با کثر نقاط غیر قابل نمونه برداری مانند مناطق شهری و مسکونی و نقاط با کاربری غیر زراعی، در مجموع یکصد و چهل نقطه نمونه برداری حاصل گردید. در مرحله بعد مختصات نقاط حاصله شامل طول، عرض و ارتفاع جغرافیایی نقاط در قالب فایل اطلاعاتی در سیستم GIS کد گذاری و تعریف شد. در مرحله بعد اطلاعات به دستگاه GPS انتقال داده شد.



شکل ۱: نمایی از تصویر ماهواره ای منطقه مورد مطالعه

با انتقال مختصات نقاط گمانه زنی به دستگاه GPS و با حضور در عرصه، نمونه برداری از عمق ۰-۳۰ سانتی متری به انجام رسید. پس از آماده سازی نمونه ها که شامل پهن کردن به منظور هواخشک شدن، کوبیدن در هاون چینی و عبور از الک ۲ میلیمتری است، کلیه مولفه های عمومی فیزیکی و شیمیایی نمونه ها (TNV, % OM, EC, P^H و بافت خاک) تعیین و سپس مقدار پتاسیم قابل تبادل نمونه ها، به کمک دستگاه فلام فوتومتر تعیین و کمیت پتاسیم قابل دسترس به دست آمد. مقدار پتاسیم بدست آمده در منطقه به تفکیک رده و سری خاکهای منطقه، مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. اطلاعات آزمایشگاهی بدست آمده بصورت داده های ورودی (INPUT) به سامانه ArcGIS وارد شد، به صورتی که هر مولفه در قالب یک لایه اطلاعاتی برای سیستم تعریف شد.

گام بعد شامل یافتن نقاط در عرصه به کمک دستگاه GPS و انجام نمونه برداری از عمق ۰-۳۰ سانتی متری خاک زراعی بود. سپس نمونه ها هوا خشک، کوبیده و از الک ۲ میلیمتری عبور داده و آماده انجام آزمایش شدند. پس از آماده سازی نمونه ها، کلیه مولفه های عمومی فیزیکی و شیمیایی نمونه ها تعیین و سپس مقدار ازت کل نمونه ها، به کمک دستگاه جذب اتمی تعیین شد. کمیت ازت حاصله در خاکهای منطقه، توسط نرم افزار SPSS مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت.

نتایج و بحث

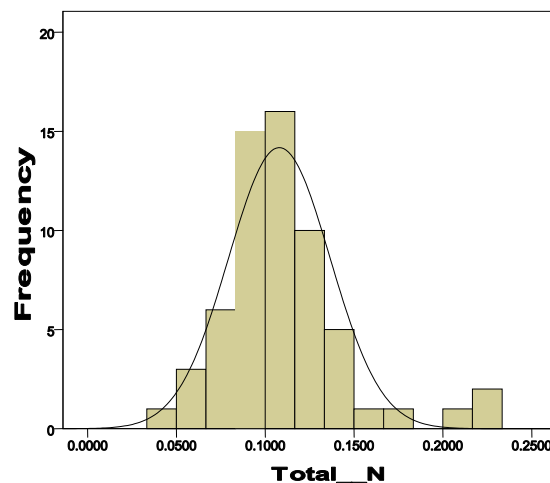
رژیم های متفاوت مصرف کودهای ازته به دلیل کوچک بودن قطعاتی که در تملک زارعین می باشد و از طرفی وجود تنوع در عوامل محیطی موثر بر فراوانی عناصر، از قبیل تنوع در واحد های فیزیوگرافی، شیب و توپوگرافی، کاربری زراعی و تنوع در مدیریت زراعی منجر به تنوع نسبتا بالایی از ازت کل در نمونه ها شد.



میانگین غلظت ازت کل در یکصد و چهل نقطه مطالعاتی به طور معنی داری بالا بود، به طوریکه بیشینه آن به میزان ۰/۲۲۷ و کمینه آن به میزان ۰/۰۳۹ درصد تعلق داشت و میانگین آن ۰/۱۱۰۱ درصد بود که بیشتر از مقادیر اندازه گیری مشایخی در سال ۱۳۷۲ است که بخش عمده آنرا میتوان به مصرف بیش از حد کود های ازت نسبت داد. در حقیقت با رشد کشاورزی متمرکز در اراضی زراعی و باغی و استفاده بی رویه مصرف کود منجر به تجمع عناصر غذایی از یکسو و خروج نا خواسته آنها از نیمرخ خاکها طی فرآیند آبشویی می شود. در این پژوهش از روش آماری توصیفی جهت‌آنالیز آماری نمونه ها استفاده شد.

جدول ۱- پاره ای از شاخص های آماری ازت کل منطقه

تعداد نمونه	میانگین	میانه	چولگی	کشیدگی	حداقل	حد اکثر	انحراف معیار
۱۴۰	۰/۱۱۰۱	۰/۱۰۳۳	۰/۲۸۹	۲/۴۸۳	۰/۰۴	۰/۲۳	۰/۰۳۶۵۷



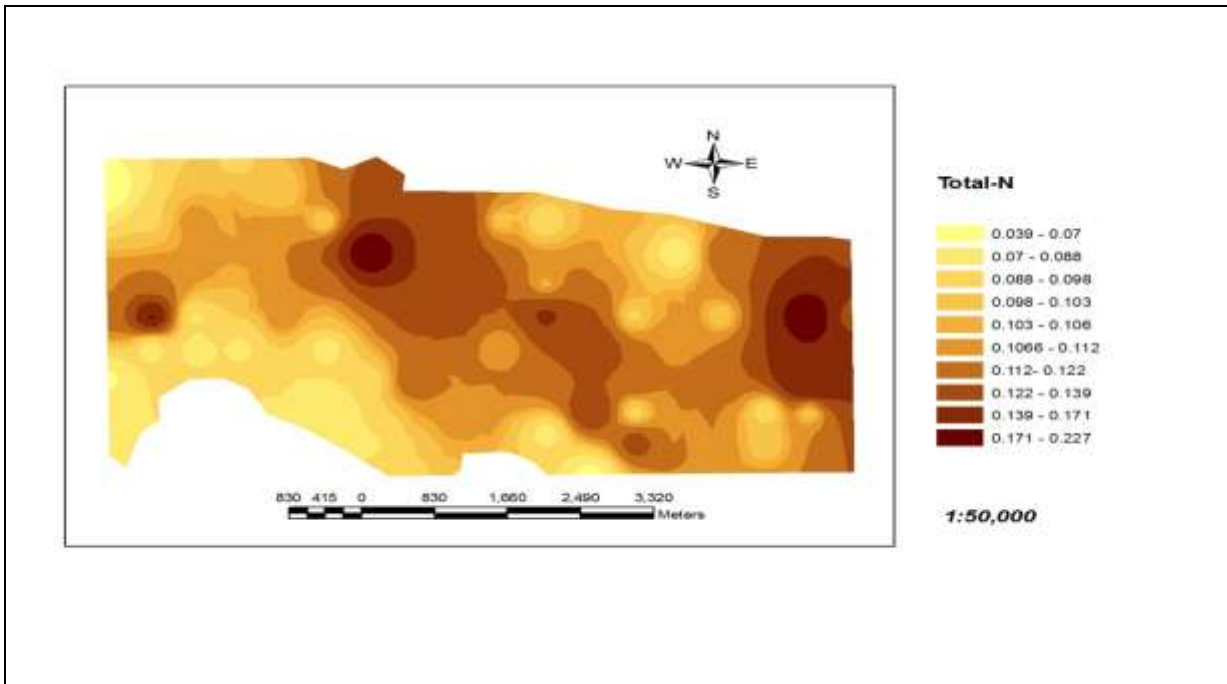
شکل ۲- نمودار توزیع فراوانی ازت کل در نقاط نمونه برداری

بافت خاکهای منطقه بیشتر متوسط تا سنگین و قابلیت هدایت الکتریکی خاک اغلب نمونه ها پایینتر از حد آستانه طبیعی (۴ دسی زیمنس بر متر) بود. اسیدیته خاک در کلیه نمونه ها باستانای یک نمونه در حد متعارف بوده و در دامنه مناسب برای اغلب محصولات زراعی و باغی قرار داشت. مقدار ماده آلی از حدود ۰/۳ درصد تا حدود ۳/۵ درصد در نوسان بود. نقشه پهنه بندی فوق وجود سه ناحیه با تمرکز بالا از ازت را نمایش میدهد که شامل حاشیه شرقی و تا حدودی شمال شرقی منطقه، حاشیه شمالی همچنین تا حدودی حاشیه غربی منطقه را در بر می گیرد، همچنین درصد بالایی از اراضی (۸۸ درصد) محتوایی از ازت کل معادل ۰/۰۵ تا ۰/۱۵ درصد را در بر داشتند.

استفاده از مطالعات اولیه و آزمایشگاهی جهت توصیه کودی از ضرورت‌های مدیریت حاصلخیزی و باروری خاکها بوده و از سویی دیگر منجر به حفظ منابع مالی و صرفه جویی در سرمایه خواهد شد. در راستای تکمیل این



پژوهش، بررسی تاثیر کاربری اراضی و کاربری زراعی بر محتوای ازت کل، کمک شایان توجهی به محققین و کاربران در حوزه های پژوهشی و کاربری از این اراضی خواهد نمود.



شکل ۳- نقشه توزیع مکانی ازت کل در منطقه آبسرد دماوند (مقادیر بر حسب درصد)

همانگونه که در شکل مشاهده می شود، توزیع ازت در منطقه دارای تغییرات عمده ای است، تراکم ازت در بخش شمال، ناحیه کوچکی از غرب و منطقه وسیعی از شمال شرقی منطقه، غلظت این عنصر بالاست به گونه ای که دامنه غلظت این ترکیب به ۰/۲۲۷ درصد نیز بالغ می شود. این مناطق به لحاظ کاربری از تراکم پوششی مناسب برخوردار بوده و از نظر فیزیوگرافی جزء مناطق با درصد کم شیب هستند. در نقطه مقابل حاشیه جنوبی و جنوب غربی و گوشه شمال غربی منطقه از وضعیت مطلوبی برخوردار نیست. به لحاظ کاربری منطقه از شرایط دیم با رهاشده زراعی هستند و از نظر فیزیوگرافی دارای شیب نسبتاً زیاد متعلق به واحدهای تپه و واریزه های آلوویالی و کلوویالی است.

منابع

۱- بقایی، ا. ح.، خادمی و محمدی، ج. ۱۳۸۶. تجزیه و تحلیل زمین آماری تغییرات مکانی سرب و نیکل قابل جذب در اطراف دو قطب صنعتی منطقه اصفهان. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ج ۱۴۴، شماره دوم.

- Huilim.li.y.han.and z.cai.2003.nitrogen mineralization in paddy soils of the taihu region of china under anaerobic cond itions: dynamics and model fitting .geoderma.vol.115
- Myers, D.B., N. R Kitchen, and K. A. Sudduth.2003.Assessing Spatial and Temporal Nutrient Dynamic with a Proposed Nutrient Buffering Index. Proceeding North Central Extension Industry Soil Fertility Conference, 2003. P. 190-199.



ارزیابی روش‌های مختلف داده‌افزایی جهت تهیه بانک اطلاعاتی خاک (مطالعه موردی : حوزه آبخیز چهرآباد استان زنجان)

خلیل آقاجانلو^۱ هادی رحیمی^۲ کریم سلیمانی^۳

- ۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد آبخیزداری دانشگاه مازندران و معاون فنی اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان زنجان (نویسنده مسئول مکاتبات : kaghajanloo@yahoo.com)
- ۲- دانش آموخته کارشناسی ارشد خاکشناسی دانشگاه گیلان
- ۳- دکترای تخصصی ماهواره در علوم محیطی دانشگاه گلاسکو و استاد دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

مقدمه

بهره برداری انسان از زمین امری اجتناب ناپذیر است. مدیریت اراضی و بهره برداری پایدار منوط به داشتن اطلاعات صحیح و دقیق از خصوصیات، قابلیت‌ها و تناسب آن‌ها برای بهره‌برداری‌های مختلف است. مدیریت بهینه و تخصیص اراضی به بهره‌برداری‌های مختلف بر مبنای ویژگی‌های شناخته شده‌ای از اراضی می‌باشد. تعیین کاربری اراضی یکی از مراحل اصلی در مطالعات آمایش سرزمین، مدیریت منابع طبیعی، شناخت توان و استعداد اراضی می‌باشد. در این راستا یکی از پایه‌ای‌ترین اطلاعات منابع اراضی، نقشه خصوصیات خاک می‌باشد. امروزه مشخص شده که دقت روش‌های زمین آماری در برآورد توزیع مکانی داده‌های اندازه‌گیری شده به علت در نظر گرفتن پیوستگی مکانی داده‌ها نسبت به روش‌های معمول آماری بیشتر است (McBratney et al, 2003). حسینی و همکاران با بررسی تغییرات مکانی شوری خاک و سدیمی بودن خاک در منطقه آبرتا، نشان دادند که کریجینگ جهت برآورد مقدار شوری خاک (EC) و روش کوکریجینگ جهت برآورد نسبت سدیم قابل جذب (SAR) مناسب می‌باشد (Hosseini, E. et al, 1994). سکوتی و همکاران به منظور پیش‌بینی پراکنش شوری خاک در دشت ارومیه از روش‌های زمین آماری استفاده کردند. نتایج نشان داد که روش کریجینگ با مدل گوسی از دقت بالایی برای برآورد مقادیر شوری در نقاط فاقد اطلاعات برخوردار است (Sokooti- et al, 2005). مک براتی و همکاران نقشه‌های جامع خصوصیات فیزیکی شیمیایی و زیستی خاک را با استفاده از روش‌های زمین‌آمار و سنجش از دور برای مناطقی از استرالیا تعیین کردند (McBratney et al, 2003). میول و وان میرون، روش‌های کریجینگ معمولی، کریجینگ جامع، کریجینگ ساده و کوکریجینگ را برای برآورد میزان سیلت در بلژیک استفاده نمودند. همچنین آنها از مدل رقومی ارتفاع (Digital elevation model) به عنوان متغیر ثانویه استفاده کردند. نتایج نشان داد که روش کریجینگ جامع دارای کمترین خطای برآورد می‌باشد (Meul, M. et al, 2003). رابینسون و مترنیچ در تحقیقی با عنوان "استفاده از روش‌های درون‌یابی برای تهیه نقشه خصوصیات خاک" در جنوب غربی استرالیا، سه روش IDW، کریجینگ و اسپیلاین را برای برآورد مقادیر شوری خاک، pH و مواد آلی مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها روش کریجینگ و اسپیلاین را برای شوری خاک و مواد آلی و روش IDW را برای برآورد مقادیر pH مناسب تشخیص دادند (Robinson, T.P et-al 2006). هدف از این مطالعه بررسی کارایی روش‌های زمین آماری نظیر کریجینگ و IDW در ارزیابی تغییرات مکانی



برخی از ویژگی‌های خاک‌های منطقه چهرآباد از قبیل درصد رس، شن، ماده آلی، سیلت، آهک و میزان شوری می باشد.

مواد و روشها

الف) معرفی منطقه:

حوزه آبخیز چهرآباد در فاصله ۹۰ کیلومتری شهر زنجان، در غرب استان زنجان واقع شده که در محدوده جغرافیایی: $36^{\circ} 55' 30''/9$ تا $36^{\circ} 43' 9''/96$ درجه طول جغرافیایی، $47^{\circ} 57' 29''/3$ تا $47^{\circ} 49' 53''/02$ درجه عرض جغرافیایی و در زون ۳۸ قرار گرفته است. مساحت این حوزه $11202/4$ هکتار می باشد.

ب) نمونه برداری:

برای تهیه نمونه‌ها از نقشه واحدهای شکل زمین، نقشه واحدهای زمین شناسی و نقشه کاربری اراضی استفاده شد. این سه نقشه در محیط ArcGIS با هم تلفیق و واحدهای همگن ایجاد گردید. سپس در هر واحد یک نقطه برای نمونه برداری انتخاب و مختصات آن از محیط ArcGIS یادداشت شد. به منظور دسترسی به نقاط مورد نظر این واحدها روی نقشه توپوگرافی منطقه مشخص و با استفاده از GPS به محل‌های مورد نظر رفته و ۴۴ نمونه سطحی خاک (عمق ۰-۳۰ سانتی متر) به منظور تجزیه آزمایشگاهی برداشته شد.

ج) نرمال سازی داده‌ها:

اولین گام در استفاده از روش‌های زمین آماری بررسی وجود ساختار مکانی در بین داده‌ها توسط آنالیز واریوگرام و نرمال بودن داده‌هاست. یکی از روش‌های ارزیابی نرمال بودن داده‌ها استفاده از ضریب چولگی می باشد، اگر این ضریب کمتر از $0/5$ باشد، داده‌ها احتیاجی به تبدیل ندارند ولی اگر بین $0/5$ تا 1 و بیشتر از 1 باشد بایستی به ترتیب از ریشه دوم و لگاریتم جهت نرمال سازی داده‌ها استفاده گردد (Robinson, T.P. et-al 2006).

د) تجزیه و تحلیل واریوگرام:

به منظور تشریح پیوستگی مکانی یک متغیر لازم است واریوگرام آن ترسیم گردد. محاسبه منحنی واریوگرام از مهمترین عملیات زمین آماری است. واریوگرامی که از طریق نمونه‌های اندازه‌گیری شده بدست می آید، واریوگرام تجربی گفته می شود. این واریوگرام یک کمیت برداری است و معمولاً با متغیر فاصله و جهت تغییر کرده که با توجه به آن می توان درجه همسانگردی (Isotropy) و ناهمسانگردی (Anisotropy) واریوگرام را مشخص نمود (Hasani-Pak, A.A. 1998). یک واریوگرام دارای مشخصاتی شامل آستانه (Sill)، فاصله موثر (Range Effect) و اثر قطعه‌ای (Nugget effect) است. مقدار آستانه، بیشترین مقدار واریوگرام است که در واقع همان واریانس مکانی متغیر مورد نظر می باشد. کمترین نقطه واریوگرام اثر قطعه‌ای بوده و بیانگر واریانس خطای اندازه‌گیری است و فاصله موثر نیز بیانگر فاصله‌ای است که در آن واریوگرام دارای بیشترین مقدار می گردد (Mohammadi, J. 2006). نسبت اثر قطعه‌ای به آستانه را می توان برای ارزیابی ساختار مکانی داده‌ها مورد بررسی قرار داد. وقتی



این نسبت کمتر از ۰/۲۵ باشد متغیر مورد نظر دارای ساختار مکانی قوی می‌باشد، بین ۰/۲۵-۰/۷۵ ساختار مکانی متوسط بوده و هنگامیکه بزرگتر از ۰/۷۵ باشد ساختار مکانی ضعیف می‌باشد (Shi, J. et-al C. 2007).

ه) روش‌های میان‌یابی:

در روش IDW برای هر یک از نقاط اندازه‌گیری، وزنی بر اساس فاصله بین آن نقطه تا نقطه مجهول در نظر می‌گیرد. سپس این اوزان توسط توان وزن‌دهی کنترل می‌شود، بطوریکه توان‌های بزرگتر اثر نقاط دورتر از نقطه مورد تخمین را کاهش داده و توان‌های کوچکتر وزن‌ها را به طور یکنواخت‌تری بین نقاط همجوار توزیع می‌کنند. باید توجه داشت که این روش بدون توجه به آرایش نقاط، فقط فاصله آنها را در نظر می‌گیرد، یعنی نقاطی که فاصله یکسانی از نقطه تخمین دارند دارای وزن یکسانی هستند (Hasani-Pak, A.A. 1998).

ر) تعیین مناسبترین روش میان‌یابی:

پس از رسم واریوگرام و برازش مدل مناسب، عملیات میان‌یابی بوسیله روش کریجینگ و تابع معکوس فاصله با توان‌های مختلف بررسی شد. برای این کار از روشهای مختلفی استفاده می‌شود که یکی از مناسبترین آنها استفاده از ارزشیابی متقابل می‌باشد (Davis, B.M. 1987). در این تحقیق به منظور آزمون برازندگی روشهای میان‌یابی، از روش میانگین مربعات باقیمانده (Root mean square error) یا RMSE استفاده شد (Diadato, N. 2005).

نتایج و بحث

اولین گام در استفاده از روشهای زمین آماری بررسی وجود ساختار مکانی در بین داده‌ها توسط آنالیز واریوگرام می‌باشد. شرط استفاده از این آنالیز نرمال بودن داده‌ها است. به این منظور آزمون نرمال بودن برای داده‌ها انجام شد و سری داده‌هایی غیرنرمال با استفاده از روشهای نرمال سازی نرمال گردیدند. خلاصه آماری داده‌های ۶ ویژگی خاک در جدول (۱) آورده شده است. استفاده از روش کریجینگ بررسی وجود ساختار مکانی در بین داده‌ها توسط آنالیز واریوگرام می‌باشد، بدین منظور اقدام به ترسیم واریوگرام با استفاده از داده‌های نرمال گردید. از مقادیر RMSE کمتر برای انتخاب مناسبترین مدل جهت برازش بر روی واریوگرام تجربی استفاده شد. نسبت اثر قطعه‌ای به آستانه را می‌توان برای ارزیابی ساختار مکانی داده‌ها مورد بررسی قرار داد. وقتی این نسبت کمتر از ۰/۲۵ است متغیر مورد نظر دارای ساختار مکانی قوی می‌باشد، بین ۰/۲۵-۰/۷۵ ساختار مکانی متوسط بوده و هنگامیکه بزرگتر از ۰/۷۵ باشد ساختار مکانی ضعیف می‌باشد (Shi, J. et-al, C. 2007). با توجه به اینکه نسبت اثر قطعه‌ای برآستانه (C_0/C_0+C) برای خصوصیات مذکور بین ۰/۲۵-۰/۷۵ می‌باشد، این پارامترها دارای پیوستگی مکانی متوسط می‌باشند. پس از مدل‌سازی واریوگرام، از دو روش IDW و کریجینگ برای پیش‌بینی تغییرات مکانی خصوصیات خاک استفاده شد. برای ارزیابی دو روش مذکور از پارامتر RMSE استفاده گردید. به منظور تخمین اکثر خصوصیات خاک روش کریجینگ بر روش IDW ارجحیت داشت. پس از انتخاب مناسبترین روش میان‌یابی برای هر خصوصیت خاک اقدام به میان‌یابی و در نهایت نقشه پهنه بندی خصوصیات خاک تهیه گردید.



جدول ۱- نتایج تجزیه آماری خصوصیات خاک

Soil properties	Minimum	Maximum	Mean	Standard deviation	Kurtosis	Skewness
EC	0.55	118.6	5.95	20.80	4.96	23.9
EC**	0.60	4.78	0.40	1.13	2.38	5.91
OM	0.24	9.24	2.10	2.29	2.03	3.33
OM**	1.43	2.22	0.31	0.91	0.32	0.40
CaCO ₃	0.01	15.00	4.49	4.04	0.77	0.29
CaCO ₃ **	-4.60	2.71	0.33	2.45	1.32	0.10
Clay	8.56	52.3	21.19	9.6	1.02	1.43
Clay**	2.15	3.96	2.95	0.45	0.07	0.66
Sand	15.2	87.44	56.9	15.05	0.59	0.63
Sand**	2.72	4.47	3.90	0.33	0.01	0.05
Silt	3.64	42.25	22.08	9.62	0.98	2.02
Silt**	1.29	3.74	2.98	0.50	0.47	0.48

نتایج نشان داد که اکثر خصوصیات مورد مطالعه دارای چولگی بالایی هستند که دلیل آن می‌تواند کم بودن تعداد نمونه‌ها و عدم پراکنش مناسب باشد. البته استفاده از ریشه دوم و لگاریتم، داده‌ها را تا حد زیادی نرمال ساخت. در مواقعی که توزیع داده‌ها پیچیده بوده و برازش آنها توسط توزیع‌های معمول آماری دشوار می‌باشد می‌توان از کریجینگ گسسته نیز استفاده نمود. پس از ترسیم واریوگرام و برازش مدل مناسب بر آن، پارامترهای مربوطه استخراج شد، نتایج نشان داد که شعاع تأثیر خصوصیات مورد بررسی بسیار به هم نزدیک می‌باشد. استحکام ساختار فضایی در اکثر خصوصیات خاک مورد مطالعه بسیار قوی می‌باشد که نشان دهنده پیوستگی مکانی و دقت بالای مدل‌های برازش داده شده می‌باشد که خود نقش مهمی در افزایش دقت تخمین دارد. برای تخمین خصوصیات خاک روش کریجینگ بر روش IDW ارجحیت داشت که با نتایج محمدی و سکوتی و همکاران منطبق می‌باشد (Mohammadi, J. 2000) و (Sokooti-Oskooei, R., et-al 2007). همچنین با نتایج میول و وان میرون منطبق بوده و آنها نیز برای تخمین سیلت خاک روش کریجینگ جامع را روشی مناسب تشخیص دادند (Meul, M. Et-al, 2003). سکوتی و همکاران روش کریجینگ را برای برآورد درصد شن، رس و درصد رطوبت اشباع مناسب تشخیص دادند که با نتایج این تحقیق همخوانی دارد. (Sokooti-Oskooei, R, et-al. 2005). هدف از ایجاد این پایگاه داده در دسترس قرار دادن برخی از اطلاعات مربوط به منطقه مورد مطالعه می‌باشد. بسیاری از کشورهای پیشرفته مانند کانادا، آمریکا و استرالیا دارای بانک اطلاعات خاک به صورت الکترونیکی هستند و برخی کشورها هم در حال تدوین این اطلاعات می‌باشند و لازم است مقدمات این کار در ایران هم فراهم گردد. این بانک اطلاعاتی برای خاکشناسان، آگرونومیست‌ها و طراحان کاربری اراضی، مدیریت محیط زیست و تهیه کنندگان مدل‌های منطقه‌ای بسیار مناسب می‌باشد. در کلیه فعالیت‌های اقتصادی اعم از صنعتی، کشاورزی و ... اطلاعات آب و خاک منطقه نقش کلیدی دارند. فناوری بانک اطلاعات امروزه داده‌هایی را مورد پردازش قرار می‌دهد که به صورت یکپارچه باشند. این کار فایل‌های جداگانه برای کاربردهای مختلفی که در گذشته تهیه شده کاهش داده و اجازه می‌دهد که داده‌ها با روال عادی در دسترس قرار گیرد. در این راستا می‌توان از روش‌های مختلف استفاده کرد اما انتخاب روش مناسب می‌تواند دقت و کارایی بانک اطلاعاتی را بالا ببرد. نتایج این تحقیق نشان داد که روش‌های زمین‌آماري از کارائی خوبی برای پهنه‌بندی خصوصیات خاک برخوردار هستند، لذا پیشنهاد می‌گردد در چنین مطالعاتی از روش‌های زمین‌آماري استفاده گردد.



منابع

- 1- Davis, B.M. 1987. Uses and abuses of cross-validation in geostatistics. *Mathematical Geology*, 19: 241–248
- 2- Diadato, N. 2005. The influence of topographic Co-variables on the spatial variability of precipitation over small regions of complex terrain. *International Journal of Climatology*, 25: 351–363.
- 3- Ersahin, S. 2003. Comparing ordinary kriging and cokriging to estimate infiltration rate. *Soil Science*, 67: 1848–1855.
- 4- Hasani-Pak, A.A. 1998. *Geostatistics*. Tehran University Press, 314 p. (In Persian)
- 5- Hosseini, E., Gallichand, A. and Marcotte, D. 1994. Theoretical and experimental performance of spatial interpolation methods for soil salinity analysis. *Transactions of the ASAE*, 37(6): 1799–1807.
- 6- McBratney, A.B., Mendonca, M.L. and Minasny, B. 2003. On digital soil mapping. *Geoderma*, 117: 39–52.
- 7- Meul, M. and Van Meirvenne, M. 2003. Kriging soil texture under different types of nonstationarity. *Geoderma*, 112: 217–233.
- 8- Mohammadi, J. 2000. Evaluation and mapping of soil salinity hazard in Ramhormoz area (Khuzestan) using disjunctive kriging. *Journal of Agricultural Research*, 25(6): 45–57.
- 9- Mohammadi, J. 2006. *Pedometry. Spatial statistics*. Pelk Press. 453 p. (In Persian)
- 10- Robinson, T.P. and Metternicht, G. 2006. Testing the performance of spatial interpolation techniques for mapping soil properties. *Computer and Electronics in Agriculture*, 50: 97–108.
- 11- Shao, W.H., Ji, Y.J., Li, P.Y. and You, L.B. 2006. Spatial variability of soil nutrients and influencing factors in a vegetable production area of Hebei province in China. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 75: 201–212.
- 12- Shi, J., Wang, H., Xu, J., Wu, J., Liu, X., Zhu, H. and Yu, C. 2007. Spatial distribution of heavy metals in soils: A case study of Changxing, China. *Environmental Geology*, 52: 1–10.
- 13- Shi, Z., Li, Y., Makeschine, F. and Wang, R.C. 2005. Assessment of temporal and spatial variability of soil salinity in a coastal saline field. *Environmental Geology*, 48: 171–178.
- 14- Sokooti-Oskoei, R., Mahdian, M., Mahmoodi, Sh. and Ghahramani, A. 2007. Comparing the efficiency of some of the geostatistical methods for predicting soil salinity distribution. Case study in Urumiyeh plain. *Journal of Pajouhesh and Sazandegi*, 74: 90–98. (In Persian)
- 15- Sokooti-Oskoei, R., Mahdian, M., Mahmoodi, Sh., Ghayoumian, J. and Masihabadi, M.H. 2005. Comparing application of geostatistical methods in studding of spatial distribution of some soil properties in Urumiyeh plain. 9th Congress of Soil Science. Tehran University, 663–666. (In Persian)
- 16- Sparks, D.L., Page, A.L., Helmke, P.A., Leoppert, R.H., Soltanpour, P.N., Tabatabai, M.A., Johnston, G.T. and Summer, M.E. 1996. *Methods of soil analysis*, Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin.
- 17- Webster, R. and Oliver, M.A. 2001. *Geostatistics for environmental scientists*. John Wiley and Sons, Brisbane, Australia, 271 p.
- 18- Wei, J.B., Xiao, D.N., Zhang, X.Y., Li, X.Z. and Li, X.Y. 2006. Spatial variability of soil organic carbon in relation to environmental factors of a typical small watershed in the black soil region, Northeast China. *Environmental Monitoring and Assessment*, 121: 597–613.
- 19- Xiaopeng, Y. and Lingqing, W. 2008. Spatial analysis and hazard assessment of mercury in soil around the coal-fired power plant: A case study from the city of Baoji, China. *Environmental Geology*, 53: 1381–1388.



اثر فرایند پیرولیز آهسته بر کیفیت بیوچار تولید شده از مواد آلی مختلف

۱-مژگان لطفی، ۲-مهدی بهشتی، ۳-حسینعلی علیخانی

او ۲- دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه تهران

۳- دانشیار علمی گروه مهندسی علوم خاک دانشگاه تهران

مقدمه:

بیوچار به عنوان ماده‌ای که باعث ترسیب کربن می‌شود و همچنین یک راهکار ارزشمند برای بهبود حاصلخیزی خاک است، ایم ماده با منشاء آلی موجب کاهش سطح و میزان آلودگی آب های سطحی و زیرزمینی می شود که کمک شایانی به تولید پایدار بوده و لذا اخیراً مورد توجه بسیار قرار گرفته است. بیوچار به عبارت ساده محصولی غنی از کربن است که از زیست توده هایی مانند چوب، کود، برگ، کاه و کلش و پسماند های کشاورزی میگردد، به دست می آید. برای تولید بیوچار مواد آلی مختلف را درون محفظه ای بدون حضور اکسیژن یا در شرایط کمبود اکسیژن در دماهای بالا حرارت می دهند که این فرایند را پیرولیز (pyrolysis) می‌گویند. در اصطلاح فنی تر بیوچار حاصل تجزیه ی حرارتی مواد آلی در شرایط کمبود اکسیژن است. با این حال بیوچار متمایز از زغال چوب یا هر ماده ی مشابه ای است. زیرا این واقعیت مورد بحث است که بیوچار به قصد تولید به عنوان ماده ای برای بهبود حاصلخیزی پایدار خاک است. سوختن زیست توده در آتش ایجاد خاکستر (Ash) می کند. به طور عمده حاوی مواد معدنی مانند کلسیم، منیزیم و همچنین کربناتهای معدنی است (Lehmann 2007). در تعریف خصوصیات بیوچار این است که مقدار بسیار زیادی از کربن آلی به صورت ترکیبات آروماتیک که شامل حلقه هایی با ۶ اتم کربن که بدون اکسیژن و هیدروژن به هم متصل شده اند است اگر حلقه های آروماتیک کاملاً روی هم چیده و مرتب شوند می توان این ماده را گرافیت نامید (Schmidt and Noack 2000). در این تحقیق با اعمال زمان های مختلف حرارت دهی در ساخت دو نوع بیوچار مختلف تاثیر زمان را بر روی برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی بیوچار بررسی گردید.

مواد و روش‌ها:

تهیه و آماده سازی نمونه‌ها

برای آماده سازی مواد اولیه ی بیوچار که شامل کلش گندم و ورمی کمپوست بود آنها را به منظور همگن سازی به وسیله ی آسیاب خرد شده و از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شد.

تهیه بیوچار

برای تهیه بیوچار نمونه‌ها را در داخل کوره الکتریکی فاقد اکسیژن (با استفاده از شمع) در دمای ۴۸۰ درجه سانتی‌گراد قرارداد شده. برای این کار نمونه‌ها را ابتدا در داخل ظروف که درب دار ریخته و به دقت توزین شد. سپس به منظور ایجاد شرایط بیهواری در داخل کوره و همچنین ظروف درب دار چندین شمع روشن



کرده تا اکسیژن باقی مانده در محیط درون کوره و همچنین ظروف حاوی مواد اولیه مصرف شود تا مقدار آن به حداقل رسیده و شرایط برای انجام فرایند پیرولایزیز فراهم شود. درب کوره با گریس نسوز کاملاً درز گیری شد تا نمونه های ماده آلی کلش گندم و ورمی کمپوست را به مدت زمان های صفر، ۱، ۳ و ۶ ساعت در داخل کوره قرار داده شد (روش اصلاح شده کیم و همکاران، ۲۰۱۲) (Kim, Kim *et al.* 2012).

آنالیز بیوچار

برخی خصوصیات فیزیکوشیمیایی قابل اندازه گیری بیوچارهای حاصله با روش های استاندارد اندازه گیری شد. که شامل درصد کربن آلی، درصد خاکستر (Ash)، pH، EC، گروه های عاملی و درصد محصول بیوچار اندازه گیری (جدول ۱). عملکرد بیوچار از فرمول زیر محاسبه گردید شد (Song and Guo 2012).

$$\text{عملکرد بیوچار (\%)} = \frac{\text{وزن بیوچار (g)}}{\text{وزن آون خشک ماده آلی خام (g)}} \times 100$$

و محتوای خاکستر بیوچار از فرمول زیر محاسبه گردید شد (Song and Guo 2012).

$$\text{محتوای خاکستر (\%)} = \frac{\text{وزن خاکستر (g)}}{\text{وزن خشک بیوچار (g)}} \times 100$$

گروه های عاملی: اسیدیته کل و گروه های کربوکسیل طبق روش پیشنهادی پیچ، (۱۹۸۲) اندازه گیری شد و همچنین گروه های عاملی OH- فنولی نیز از تفاضل بین اسیدیته کل و گروه های کربوکسیلی محاسبه گردید (جدول ۲) (پیچ، ۱۹۸۲).

جدول ۱. برخی از خصوصیات بیوچارهای تولید شده (B_s بیوچار کاه و کلش، B_v بیوچار ورمی کمپوست)

نوع بیوچار	pH	EC	%OC	%C
B _{s0}	5.95	6.47	92	46
B _{s1}	10.04	14.05	97	38.5
B _{s3}	10.26	12.78	76	38
B _{s6}	10.67	14.32	75.33	37.65
B _{v0}	8.45	55.66	۵۵.۶۶	27.83
B _{v1}	11.33	5.88	31.33	15.66
B _{v3}	11.27	4.86	29.66	14.83
B _{v6}	11.17	3.23	27.65	13.83

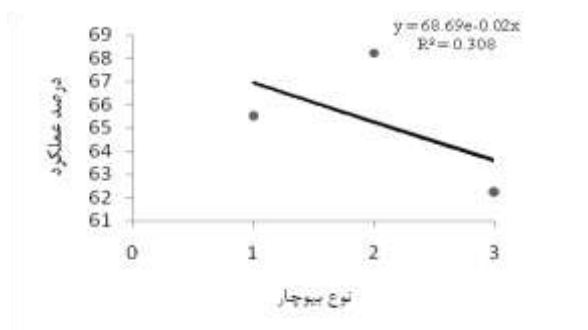
B_s: بیوچار کلش گندم و B_v: بیوچار ورمی کمپوست در زمان های صفر، یک، سه و شش ساعت پیرولایزیز



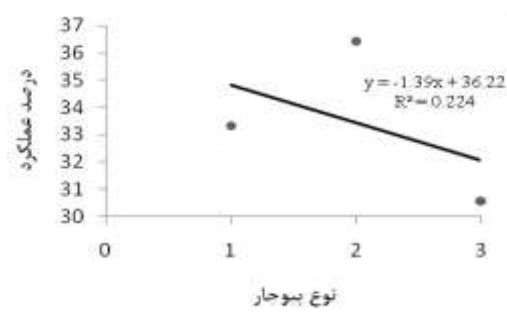
نتایج و بحث:

عملکرد بیوچار

عملکرد بیوچار در کاه و کلش گندم در تیمار سه ساعت ۳۶.۴۲ درصد و از مابقی تیمارها بطور معنی داری بیشتر بود (نمودار ۱). در ورمی کمپوست هم عملکرد بیوچار در تیمار سه ساعت از همه بیشتر و در سطح ۶۸.۲۲ درصد قرار داشت. (نمودار ۲).



نمودار ۲. تغییرات عملکرد بیوچار ورمی کمپوست *

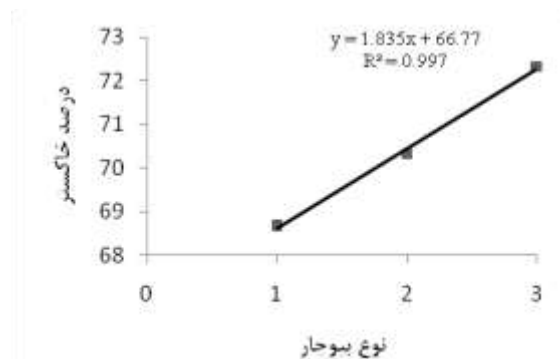


نمودار ۱. تغییرات عملکرد بیوچار کاه و کلش *

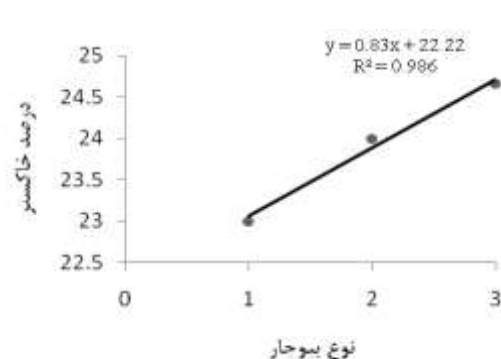
(* در این نمودارها ۱، ۲، ۳، به ترتیب مربوط به بیوچارهای یک، سه و شش ساعت است).

محتوای خاکستر بیوچار (Ash)

محتوای خاکستر بیوچار با افزایش زمان فرایند پیرولیز در هر دو نوع ماده آلی روند افزایش نشان داد. در بیوچار کاه و کلش از ۲۲ درصد در تیمار یک ساعت تا ۲۴.۸۶ درصد در تیمار ۶ ساعت افزایش یافت. در ورمی کمپوست نیز این افزایش از ۶۸.۶۶ درصد در تیمار ۱ ساعت به ۷۲.۳۳ درصد در تیمار شش ساعت، با افزایش معنی دار بود.



نمودار ۴. تغییرات درصد خاکستر بیوچار ورمی کمپوست



نمودار ۳. تغییرات درصد خاکستر بیوچار کاه و کلش

گروه‌های عاملی بیوچار:

شواهد تجربی نشان می‌دهد که طیف گسترده‌ای از گروه‌های عاملی در سطوح ورقه گرافن بیوچار وجود دارد. نتایج این پژوهش نیز موید وجود هیدروژن، اکسیژن، نیتروژن، فسفر، گوگرد در ترکیبات آروماتیک



حلقوی هتروآرومات میباشند که با یافته های برمنان و همکاران همخوانی دارد (Brennan, *et al.* 2001).

جدول ۲- برخی از گروههای عاملی بیوچار

نوع بیوچار	اسیدیتته کل	گروههای کربوکسیلی	گروههای OH-فنولی
B _S ۰	۱۴	۰.۳۹	۱۳.۶۱
B _S ۱	۵	۰.۱۹	۴.۸۱
B _S ۳	۱۰.۵۵	۰.۲۲	۱۰.۲۳
B _S ۶	۲۰.۵	۰.۴۴	۲۰.۰۶
B _V ۰	۱۴.۶	۰.۰۲	۱۴.۵۸
B _V ۱	۷.۵	۰.۳۸	۷.۱۲
B _V ۳	۱۶	۰.۲۳	۱۵.۷۷
B _V ۶	۶	۰.۲۱	۵.۷۹

تغییرات گروههای کربوکسیل در هر دو نوع بیوچار با تغییر زمان فرایند پیرولیز روند مشخصی ندارد. گروههای عاملی OH-فنولی در بیوچار کاه و کلش در تیمار شش ساعت و در بیوچار ورمی کمپوست در تیمار سه ساعت از همه بیشتر است.

بحث:

زمان فرایند پیرولیز آهسته (۴۸۰ درجه سانتی گراد) عامل مهمی در کیفیت بیوچارهای تولید شده از مواد آلی مختلف دارد. نمونه‌هایی که معمولاً بیش از سه ساعت حرارت داده می‌شوند کیفیت نسبتاً پایین تری از تیمارهایی که کمتر از این حرارت داده شده‌اند داشتند.

منابع:

- Brennan, J. K., T. J. Bandosz, *et al.* (2001). "Water in porous carbons." *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects* 187: 539-568.
- Harris, P. (1999). "On charcoal." *Interdisciplinary Science Reviews* 24(4): 301-306.
- Kim, K. H., J.-Y. Kim, *et al.* (2012). "Influence of pyrolysis temperature on physicochemical properties of biochar obtained from the fast pyrolysis of pitch pine (< i> Pinus rigida</i>)." *Bioresource Technology* 118: 158-162.
- Lehmann, J. (2007). "Bio-energy in the black." *Frontiers in Ecology and the Environment* 5(7): 381-387.
- Schmidt, M. W. and A. G. Noack (2000). "Black carbon in soils and sediments: analysis, distribution, implications, and current challenges." *Global biogeochemical cycles* 14(3): 777-793.
- Song, W. and M. Guo (2012). "Quality variations of poultry litter biochar generated at different pyrolysis temperatures." *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis* 94: 138-145.



بررسی روشهای نوین زیست پالایی در حذف آلودگی های خاک

فخرالسادات حسینی نسب^{۱*}، هدا کریمی^۲، رضوان سروش نیا^۳

۱- کارشناس ارشد علوم محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات خوزستان

S_hoseini.nasab@yahoo.com

۲ و ۳- کارشناسی ارشد آلودگی های محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات خوزستان، باشگاه

پژوهشگران جوان، اهواز، ایران

مقدمه

از دیدگاه جهانی پس از آب و هوا، پوسته خاک سومین جز عمده محیط زیست و از منابع مهم و ارزشمند طبیعت است. فرایندهای فیزیکی و شیمیایی مختلفی در تشکیل انواع خاک نقش دارند فرایندهای شیمیایی باعث تغییر و تجزیه مواد آلی و معدنی در خاک می شوند و فرایندهای فیزیکی در انتقال مواد و تشکیل افقهای خاک نقش دارند. ۹۵٪ از غذای بشر از زمین تامین می گردد بنابراین بدون خاک سالم زندگی بر روی زمین غیر ممکن خواهد بود. (مهدلویی و همکاران، ۲۰۱۲). امروزه مصرف سوخت های فسیلی (آلودگی های نفتی)، فعالیت های معدنی، مصرف سموم و کودهای شیمیایی مهمترین عامل ورود آلاینده ها به درون خاک می باشند. آلاینده های موجود در خاک از طریق ورود به زنجیره غذایی می توانند محیط زیست و سلامت انسانی را با خطر جدی مواجه سازند (خان، ۲۰۰۵).

روش های مکانیکی و فیزیکی - شیمیایی مختلفی جهت بهبود خاک های آلوده مورد استفاده قرار می گیرند. با پیشرفت علم زیست شناسی (بیولوژی) روش های جدید زیست پالایی در بهبود خاک کشف شدند. زیست پالایی روشی است که از میکروارگانیسم ها یا گیاهان جهت کاهش یا حذف ترکیبات آلاینده خاک استفاده می گردد (پرلو، ۲۰۱۰). زیست پالایی یا به عبارتی حذف بیولوژیکی آلاینده ها به عنوان یک تکنولوژی سبز و مقرون به صرفه، بسیار موثرتر و اطمینان بخش تر از سایر فناوری های پاکسازی است. لذا هدف از این مقاله بررسی و معرفی روش هایی جدید و با عملکرد بهینه در زمینه زیست پالایی می باشد.

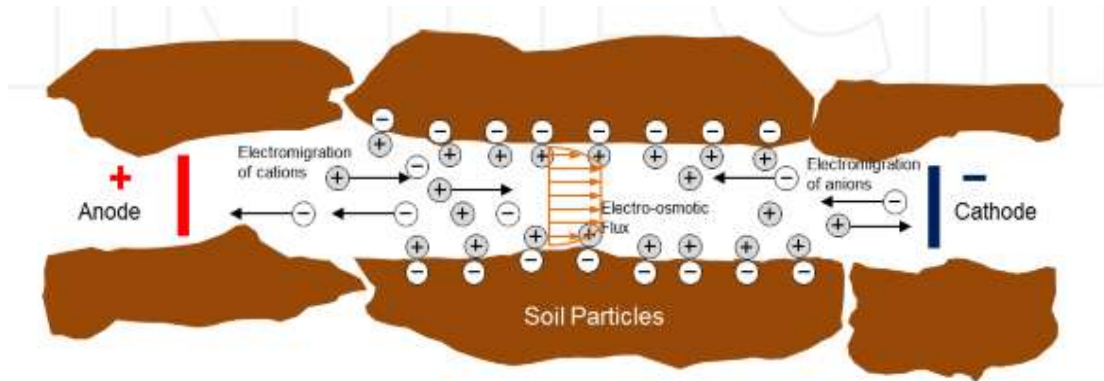
زیست پالایی الکتریکی^۱

در سالهای اخیر توجه به روش زیست پالایی الکتریکی افزایش یافته است. روشی مرکب از زیست پالایی و الکتروسینتیک می باشد که برای حذف آلاینده های آلی آبگریز توسط جریان الکتریکی کاربرد دارد (هانگ و همکاران، ۲۰۱۲). این روش در هر دو حالت در محل و خارج محل و بخصوص در مورد خاک هایی که قابلیت هدایت هیدرولیکی کمی دارند و تصفیه آنها توسط سایر روش ها دشوار می باشد موثر است. در این روش، الکتروسینتیک استفاده از میدان الکتریکی ضعیف ($2\text{Vcm}^{-1} - 0/2$) در خاک می باشد. میدان الکتریکی بر روی بر هم کنش های میکروارگانیسم، خاک و آلودگی اثر گذاشته و از طریق تخریب آلاینده ها توسط پدیده

¹ - electro-remediation

میکروبیولوژیکی و شتاب و انتقال آلاینده ها توسط پدیده الکتروسینتیک باعث تحریک زیست پالایی می شود (نایدو و همکاران، ۲۰۱۱).

اگر چه از نتایج تجربی به نظر می رسد که زیست پالایی الکتریکی در مقایسه با سایر روش های پاکسازی خاک روش ایمن و موثری می باشد، اما برای بکار بستن کامل این روش، نیاز است که فرایندهای مولکولی تاثیر گذار بر آزاد شدن و انتقال ترکیبات آلی آبریز از خاک از حیث مکانیسم بررسی شود. شکل زیر مکانیسم های انتقال را در روش زیست پالایی الکتریکی نشان می دهد.



شکل ۱- مکانیسم انتقال در زیست پالایی الکتریکی

استفاده از کرم خاکی

کرم های خاکی دارای مکانیسم هایی جهت جذب، تثبیت و دفع آلاینده های خاک هستند. و به دلیل رابطه نسبی بین غلظت آلاینده ها در کرم خاکی و خاک به عنوان شاخص بیولوژیکی مناسبی در رابطه با آلودگی خاک هستند (لرداک و برزا، ۲۰۱۲). استفاده از کرم های خاکی روشی مقرون به صرفه و سازگار با محیط زیست است که قادر به پالایش خاک های آلوده به هیدروکربن ها تنها در چند هفته می باشند و از طریق سه مکانیسم زیر سرعت تخریب هیدروکربن های نفتی را بالا می برند.

۱- افزایش فرایندهای اکسیداسیون بواسطه هوادهی به خاک در اثر حرکت در خاک

۲- افزایش فعالیت میکروبی

۳- افزایش دسترس پذیری آلودگی ها برای میکروارگانیسم ها

مایک چافر و همکاران در سال ۲۰۰۷ اثر افزودن سه گونه کرم خاکی را به خاکهای آلوده به ترکیبات نفتی بررسی کردند که مشاهده شد با حضور کرم های خاکی تصفیه خاک های آلوده نسبت به حالت بدون کرم خاکی افزایش می یابد. بازدهی تخریب خاک وابسته به نوع کرم خاکی بود به طوری که طی یک دوره ۲۸ روزه کرم خاکی ترستریس^۱ ۳۰ تا ۴۲ درصد، کرم خاکی فتیدا^۲ ۳۱ تا ۳۷ درصد و کرم خاکی کلروتیکا^۳ ۱۷ تا ۱۸ درصد کل آلودگی های هیدروکربن را کاهش داد. در صورتیکه نمونه های بدون کرم خاکی تخریب قابل ملاحظه ای را نشان ندادند (تنها حدود ۹ تا ۱۷ درصد). همچنین در این تحقیق غلظت مناسب و غیر کشنده برای کرم های

¹ - L- terrestris

² - E- fetida

³ - A- chlorotica



خاکی در رابطه با هیدروکربن ها غلظت متوسط (کمتر از ۴۰۰۰ mg/kg) تعیین گردید. برای خاک های آلوده به غلظت بالای هیدروکربن های نفتی می توان در مراحل بعدی زیست پالایی یعنی زمانی که غلظت و سمیت آلودگی ها به مقدار قابل تحمل برای کرم های خاکی پایین بیاید از کرم خاکی استفاده کرد.

سیستم گیاه پالایی چند فرایندی^۱ (MPPS)

با توجه به اینکه روش های زیست پالایی روش های آرامی می باشند و در ضمن عموماً توانایی تخریب آلودگی ها با وزن مولکولی بالا را ندارند، ترکیب چندین روش برای پالایش آلودگی های موجود می تواند بر بسیاری از محدودیت هایی که برای فناوری های مجزا وجود دارد غلبه کند. برای مثال در گیاه پالایی بسیاری از گونه های گیاهی حساس به آلودگی ها از جمله آلودگی های هیدروکربنی می باشند بنابراین گیاهان در این محیط ها یا رشد نمی کنند یا به آهستگی رشد می کنند. در رشد آرام گیاهان قادر به تولید توده زیستی کافی جهت تحقق سرعت مناسب پالایش نیستند. برای پالایش موثر و عملی آلودگی های متنوع زیست محیطی استفاده از چندین روش یا فرایند برای تشدید پالایش و افزایش رشد گیاه و توده زیستی میکروبی مفید است. در روش MMPS که اخیراً توسعه یافته است مشخص شد که استفاده از هر دو ریزوباکتری های محرک رشد گیاه (PGPR)^۲ و باکتری های مخرب آلودگی برای پالایش موفق حیاتی است. PGPRها تحمل گیاه را به آلودگی های نفتی و سایر تنش ها زیاد کرده و به طور شدید رشد گیاه را پیش می برند و منجر به تجمع سریع و بیشتر توده زیستی می شوند (هانگ و همکاران، ۲۰۰۴).

در نتیجه در این روش سه فرایند زیست پالایی زیر باهم صورت می گیرد:

۱- روش تقویت زیستی که در آن باکتری های تخریب کننده آلودگی به خاک تلقیح می شود.

۲- روش تحریک زیستی یا کشاورزی (شخم زدن، آبیاری ...)

۳- روش گیاه پالایی (سوبا، ۲۰۱۲)

در مطالعه ای که توسط هونگ و همکاران در سال ۲۰۰۵ در این زمینه صورت گرفت ابتدا خاک ها دو هفته توسط روش کشاورزی تصفیه شدند. سپس مایه تلقیح باکتری تخریب کننده آلودگی تزریق شد و اجازه داده شد پالایش ۵ روز به این منوال ادامه یابد و در مرحله بعد دانه های گیاه کاشته شد و به آن اجازه داده شد که به مدت ۱۰۰ روز رشد کند. (کل عملیات ۱۲۰ روز به طول کشید). این عملیات برای یک دوره ۱۲۰ روزه دیگر تکرار گردید. هر کدام از روش های مجزا نیز به موازات روش MMPS برای ارزیابی نتایج هر کدام از روش ها انجام شد.

نتایج نشان داد که در پایان دوره چهار ماهه اول هر کدام از روش های مجزا حدوداً ۲۵٪ از آلودگی ها را کاهش دادند. در حالیکه روش MMPS بیش از ۵۱٪ آلودگی را کاهش داد و در پایان دوره چهار ماهه دوم روش های کشاورزی، تقویت زیستی، گیاه پالایی و MMPS به ترتیب ۱۰٪، ۲۰٪، ۳۰٪ و ۴۰٪ آلودگی ها را از بین بردند. یعنی روش MMPS در یک دوره هشت ماهه حدود ۹۲٪ آلودگی های هیدروکربنی را از بین برد. روش های مجزا تنها آلودگی ها با وزن مولکولی پایین را از بین بردند در حالیکه روش MMPS حدود ۸۰ تا ۹۰ درصد آلودگی ها با وزن مولکولی بالا را نیز تخریب کردند.

¹ - multi- process phytoremediation system

² - Plant growth-promoting rhizobacteria



نتایج و بحث

روش زیست پالایی استفاده از موجودات زنده در کاهش یا حذف خطرات زیست محیطی ناشی از تجمع هر گونه مواد شیمیایی سمی یا پسماندهای خطرناک است. امروزه این فناوری به علت هزینه کم نسبت به روش های فیزیکی و شیمیایی و خاصیت زیست محیطی آن در تبدیل و تجزیه آلودگی ها بویژه هیدروکربن ها به عناصر بی ضرر بسیار مورد توجه قرار گرفته است. نیاز به مدت زمان بیشتر برای پاکسازی و نظارت طولانی مدت جهت تعیین وضعیت آلودگی در طی مدت زیست پالایی از نقطه ضعف های این روش می باشد.

منابع

- 1-Huang DQ, Cheng J, Zhang H, 2012. Electrokinetic remediation and its combined technologies for removal of organic pollutants from contaminated soils. *Int. J. Electrochem. Sci.* 7(5), 4528-4544
- 2- Huang XD, El-Alawi Y, Gurska J, Glick BR, Greenberg BM, 2005. A multi-process phytoremediation system for decontamination of persistent total petroleum hydrocarbons (TPHs) from soils. *Microchemical Journal* 81 : 139–147
- 3- Huang XD, El-Alawi Y, Penrose DM, Glick BR, Greenberg BM, 2004. A multi-process phytoremediation system for removal of polycyclic aromatic hydrocarbons from contaminated soils. *Environmental Pollution* 130 : 465-476
- 4- Khan AG, 2005. Role of soil microbes in the rhizospheres of plants growing on trace metal contaminated soils in phytoremediation. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology* 18:355-364
- 5-Naidu R, Megharaj M, Ramakrishnan B, Venkateswarlu K , Sethunathan N ,2011. Bioremediation approaches for organic pollutants: A critical perspective. *Environment International* 37 : 1362–1375
- Perelo L W, 2010. Review: In situ and bioremediation of organic pollutants in aquatic sediments. *Journal of Hazardous Materials* 177: 81 – 89.
- 6- Saeid Mahdeloei S, heidari A, Pour-Nasr Khakbaz P, 2012. Soil Pollution Control Management Techniques and Methods . *Annals of Biological Research* 3 (7):3101-3109
- 7- Schaefer M, Juliane F, 2007. The influence of earthworms and organic additives on the biodegradation of oil contaminated soil.
- 8- Subba M, Pokethitiyook P, Kruatrachue M, Meetam M, 2012. multi-process phytoremediation system for enhancing petroleum biodegradation in contaminated soil. 38th Congress on Science and Technology of Thailand