محور (۱) : پویائی فضائی خاک در زمان و مکان

بررسی تاثیر مشخصات دامنه بر تشکیل آبکندها در پایش شوری خاک جنوب استان گیلان

حسین پندی[1]، علی‌رضا واعظی[2]

۱- دانشجو دکتری فیزیک و حفاظت خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، olomekhak91@gmail.com

۲- استاد گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، vaezi.alireza@znu.ac.ir

چکیده

فرسایش آبکندی، پیشرفته‌ترین نوع فرسایش آبی است. به منظور مدیریت و مقابله با این نوع فرسایش، شناسایی مناطق پرخطر از نظر وجود آبکندها در سطح حوزه‌های آبخیز اهمیت فراوانی دارد. مطالعه حاضر به‌منظور بررسی روابط بین تراکم آبکندها و تأثیر برخی مشخصات دامنه‌ها بر گسترش فرسایش آبکندی در منطقه کوهستانی به وسعت ۲۸ کیلومترمربع در غرب شهرستان رودبار، واقع در استان گیلان انجام گرفت. بر این راستا، ۸۰ آبکند در منطقه شناسایی و ویژگی‌های دامنه‌ها شامل شیب، مساحت، ضریب‌های شکل و گراولیوس تعیین شدند. نتایج نشان داد که تراکم آبکندها همبستگی مثبت معنی‌دار با برخی مشخصات دامنه شامل ضریب شکل ($r=۰/۲۹، p<۰/۰۱$) و ضریب گراولیوس ($r=۰/۳۷، p<۰/۰۱$) دارد و همبستگی منفی معنی‌دار با شیب دامنه ($r=۰/۵۲، p<۰/۰۱$) و مساحت ($r=۰/۲۸، p<۰/۰۵$) دارد. نتایج کلی نشان می‌دهد که باید در شیب‌های ملایم‌تر دامنه‌ها، روش‌های حفاظتی برای جلوگیری از گسترش آبکندها در حوضه اقدام شود.

واژگان کلیدی: تراکم آبکند، شکل شیب، شیب دامنه، فرسایش آبکندی

مقدمه

در کشوری چون ایران با توجه به نظام بارشی مدیترانه‌ای و فرسایندگی زیاد آن و پوشش گیاهی تنک، فرسایش آبکندی در بسیاری از مناطق کشور به‌عنوان عوامل طبیعی مؤثر بر فرسایش خاک در تعامل با عامل دخالت انسانی، سبب وضعیت فرسایشی شدید شده است (Arabkhedri 2014). تحقیقات کمی درباره فرسایش آبکندی صورت گرفته و کمبود اطلاعات درباره آن احساس می‌شود. این نوع فرسایش، چندین برابر فرسایش سطحی تولید رسوب دارد که برای مخازن سدهای احداث شده، هدر رفت خاک و رسوب‌گذاری رودخانه‌ها بسیار مهم است (Poesen *et al*.2003). با توجه به بررسی منابع عوامل بسیار متنوعی در گسترش فرسایش آبکندی مؤثرند و تأثیر این عوامل از منطقه‌ای به منطقه دیگر متفاوت است. بنابراین گوناگونی و تأثیر متفاوت عوامل در گسترش این نوع فرسایش در مناطق مختلف باعث شده است تا تحقیقات متفاوتی در مناطق مختلف دنیا نیاز باشد (Rafaello and Reis2016). زارع مهرجردی و همکاران (۱۳۸۴)، در بررسی ویژگی‌های آبکندها به این نتیجه رسیدند که آبکندها بیشتر در دشت‌های با شیب کم با خاک عمیق مرتعی بوجود آمده‌اند (Aleksey *et al*. 2018). پژوهش‌های پیشین عمدتا بر روی فنون سنجش از دور، به‌ویژه تفسیر عکس‌های هوایی به دلیل توان بالای آنها در راستای تهیه نقشه و پایش فرسایش آبکندی تاکید می‌کنند (Poesen *et al*.2003 ; Chaplot *et al*.2005). حیدری (۱۳۸۳) در تحقیقی نتیجه گرفت متغیرهای حوزه آبخیز مانند سطح آبخیز و شیب دامنه و ریخت‌شناسی آبکند در گسترش آبکندهای منطقه موثر بوده‌اند و همچنین عوامل موثر بر گسترش آبکندها، مساحت دامنه و شیب آبکندها می‌باشد، که دلالت بر تاثیر مهم رواناب سطحی داشته و اغلب در اثر نوع و تغییر کاربری اراضی به‌وجود آمده است. بیات و همکاران (۱۴۰۰)، در مطالعه‌ای بیان نمودند که مهمترین ویژگی‌های مؤثر بر هدررفت خاک و گسترس فرسایش آبکندی، مساحت حوضه و ضریب گردی و عامل شکل می‌باشد. اندازه‌گیری‌های صحرایی و جمع‌آوری داده مشکل و زمان‌بر است، که این احتمالاً مهمترین دلیل کمبود مطالعات بر روی فرسایش آبکندی است. فرسایش آبکندی متأثر از شرایط اقلیمی و محیطی بوده و در مناطق خشک و نیمه‌خشک تأثیر آن ملموس‌تر است. یکی از این مناطق نیمه‌خشک، منطقه رودبار در شمال کشور و جنوب استان گیلان است. از این رو، بررسی عوامل مختلف مانند مشخصات دامنه‌ها در گسترش آبکندها در منطقه رودبار دارای اهمیت بسیاری می‌باشد (شادفر ۱۳۸۶). این اراضی بستر تشکیل آبکندهای متعدد و منشأ تولید بخش اعظم رسوبات در حوزه آبخیز سفیدرود بوده و عامل اصلی در ارتباط با رسوب‌زایی و تجمع رسوبات در مخزن سد سفیدرود است (اسماعیل‌نژاد و همکاران ۱۳۹۱). با توجه به اهمیت این منطقه در استان گیلان، مطالعه روی فرسایش آبکندی برای بررسی و مهار این فرسایش و جلوگیری از ورود رسوبات به عرصه‌های

کشاورزی و پشت سدها دارای اهمیت است. از آنجا که در این زمینه، مطالعاتی در منطقه انجام نگرفته است، انجام این مطالعه می‌تواند برای اتخاذ روش‌های مهار فرسایش و حفاظت از پهنه‌های منابع طبیعی در منطقه سودمند باشد. بنابراین مطالعه حاضر به‌منظور بررسی عوامل زمینی موثر بر گسترش آبکند در منطقه رودبار انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

مطالعه موردنظر در حوضه علی‌آباد، واقع در غرب شهرستان رودبار استان گیلان انجام شده است. این شهرستان در مختصات جغرافیایی حداقل ´۱۱ °۴۹ و حداکثر ´۵ °۵۰ طول شرقی و حداقل ´۳۳ °۳۶ و حداکثر ´۷ °۳۷ عرض شمالی واقع شده است. موقعیت منطقه در شکل ۱ آورده شده است.

شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه

این منطقه از نظر آب و هوایی بر اساس روش دومارتن، دارای اقلیم نیمه‌خشک سرد تا مدیترانه‌ای است (لشنی‌زند و همکاران ۱۳۸۹). حوزه آبخیز علی‌آباد رودبار با وسعت تقریبی ۲۸ کیلومترمربع با استفاده از شبکه‌بندی در نرم‌افزار ArcMap 10.5، به ۸۰ شبکه دارای آبکند به ابعاد ۵۰۰ متر در ۵۰۰ متر تقسیم شدند. پس از شبکه‌بندی منطقه مورد مطالعه، تراکم آبکندها (حجم آبکند در هر شبکه) و ویژگی‌های ریخت‌شناسی دامنه‌های تحت گسترش آبکندها شامل درجه شیب، مساحت، ضریب شکل و ضریب گراولیوس به‌دست آمد. عامل یا ضریب شکل Horton(1932) و ضریب گراولیوس حوزه آبخیز Strahler(1964) بدست آمدند (کلانتری و سلطانی ۱۳۹۴).

نتایج و بحث

همبستگی بین تراکم آبکندها با مشخصات دامنه در منطقه مورد مطالعه در جدول ۱ ارایه شده است. همبستگی منفی معنی‌دار بین تراکم آبکند و مساحت سطح دامنه وجود دارد ($r=۰/۲۸$ ، $p<۰/۰۵$). با کاهش مساحت حوضه، حجم جریان‌های جانبی که از طرفین به آبکند راه می‌یابند، بیشتر شده و منجر به تخریب بیشتر دیواره‌های آبکند و در نتیجه گسترش عرضی آبکندها می‌شود. در عرصه‌های با مساحت کمتر دامنه که معمولاً از طول بیشتر اما از درجه شیب کمتری برخوردارند، گسترش فرسایش آبکندی بیشتر است. چنین عرصه‌هایی غالباً تحت زراعت قرار دارند اما عرصه‌های مرتعی معمولاً در شیب‌های تندتر واقع شده‌اند و از مساحت کمتری برخوردارند که با مطالعه Morgan and Mngomezula(2003) هم‌راستا است. تراکم زیاد آبکندها در منطق پایین‌دست حوضه، در مناطقی که شیب دامنه کم می‌باشد، نشان از حساسیت بالای شیب‌های ملایم به وقوع فرسایش آبکندی است. این رابطه منفی بیانگر این واقعیت است که با افزایش مساحت دامنه، به شیب دامنه افزوده می‌شود. در اراضی با شیب دامنه کم، شدت فرسایش آبکندی و تراکم آنها بسیار بیشتر از اراضی با شیب زیاد است ($r=۰/۵۲$، $p<۰/۰۵$). اراضی با شیب ملایم معمولاً از خاک عمیق‌تر با ذرات ریز (مانند رس) بیشتری برخوردارند. این شرایط زمینه را بر نگه‌داشت آب در خاک و وقوع فرسایش آبکندی فراهم می‌کند (واعظی و بخشی‌راد ۱۳۹۹). در عرصه‌هایی با شیب کم، به‌دلیل ماندگاری بیشتر آب روی زمین، خاک با جذب آب، ناپایدار می‌شود و زمینه برای انتقال ذرات و وقوع فرسایش آبکندی فراهم می‌شود که با مطالعه آرخازلو و همکاران (۱۳۹۵) هم‌خوانی دارد. از سویی می‌توان گفت که جریانات زیرسطحی حوضه، فرآیند هیدرولوژیکی غالب ایجاد آبکندهای این منطقه است. اما در شیب‌های طبقات بیشتر که جریان سطحی غالب است، تراکم آبکندها نیز کاهش

می‌یابد (Morgan and Mngomezulu2003). به‌دین منظور باید با استقرار پوشش گیاهی با سیستم ریشه‌ای عمیق، به حذف رواناب زیرسطحی پرداخته و از گسترش آبکندها جلوگیری نماییم (سلیمان‌پور و همکاران ۱۳۸۸). تراکم آبکند با ضریب شکل (r=۰/۲۹، p<۰/۰۱) و ضریب گراولیوس (r=۰/۳۷، p<۰/۰۱) دامنه‌های آبکند دارای همبستگی مثبت معنی‌داری می‌باشد. حوضه دامنه هرچقدر به‌شکل گرد و بی‌نظم خارج شود، احتمال تشکیل آبکند بیشتر است که با مطالعه اسفندیاری قله زو و همکاران (۱۳۹۵) هم‌خوانی دارد. گزارش‌ها نشان می‌دهد که، اگرچه در بسیاری از نقاط جهان ممکن است عوامل مؤثر بر فرسایش آبکندی مشابه باشند، اما رشد و گسترش آن از ناحیه‌ای به ناحیه دیگر متفاوت است (Poesen *et al*.2003).

جدول ۱- همبستگی بین تراکم آبکندها با مشخصات دامنه در منطقه مورد مطالعه

	تراکم آبکند (کیلومتر در کیلومترمربع)	مساحت دامنه (کیلومترمربع)	ضریب شکل	ضریب گراولیوس	شیب دامنه (درجه)
تراکم آبکند (کیلومتر در کیلومترمربع)	۱				
مساحت دامنه (کیلومترمربع)	۰/۲۸*	۱			
ضریب شکل	۰/۲۹**	۰/۲۵*	۱		
ضریب گراولیوس	۰/۳۷**	۰/۱۴*	۰/۶۹**	۱	
شیب دامنه (درجه)	-۰/۵۲**	-۰/۲۱*	-۰/۵۲**	-۰/۴۳**	۱

نتیجه‌گیری

نتایج بررسی ارتباط بین تراکم آبکندها و مشخصات دامنه آبکندها نشان داد که تراکم آبکندها رابطه‌ای مستقیم با مساحت دامنه، ضریب شکل و ضریب گراولیوس و رابطه‌ای منفی با درجه شیب دامنه دارد. مهمترین عامل موثر در گسترش آبکندها، شیب دامنه بوده است. آبکندها بیشتر در دامنه‌هایی با شیب ملایم و شکل گرد (ضریب شکل و گراولیوس نزدیک ۱) تشکیل می‌شوند، که نشان‌دهنده نیازمندی اجرای عملیات حفاظت خاک در شیب‌های ملایم بوده است و می‌توان با استفاده از روش‌های مختلف در جهت جلوگیری از گسترش آبکندها در این مناطق گام برداشت.

منابع

آرخازلو، ش.، امامی، ح. حق‌نیا، ا. اسمعلی، ا. (۱۳۹۵). تعیین مؤثرترین ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی خاک بر افزایش سطح مقطع آبکندها در استان اردبیل. مجله آب و خاک، ۳۰(۶)، ۲۰۷۷-۲۰۶۰.

اسفندیاری قله زو، ر.، دستورانی، م.ت. گل‌کاریان، علی. (۱۳۹۵). بررسی تاثیر پارامترهای مورفومتریک حوزه های آبخیز در شدت سیل‌خیزی (مطالعه موردی: حوزه های بالادست روستای قله زو در شهرستان کلات نادر). یازدهمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران.

اسماعیل‌نژاد، ل.، محمدی مرشت س.ج. بخشی‌پور، ر. (۱۳۹۱). تاثیر ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و کانی‌شناسی خاک بر مورفولوژی آبکندها در اراضی مارنی جنوب استان گیلان. مجله پژوهش‌های آبخیزداری (پژوهش و سازندگی).

بیات، ر.، عالی‌نژادیان، ا. بیدآبادی، م. صوفی، ع. ملکی، اکبرپور، ا.ع. (۱۴۰۰). تعیین ویژگی‌های مؤثر بر هدررفت خاک ناشی از آبکندها، مطالعه موردی: فتح‌آباد بوئین‌زهرا. مجله مهندسی و مدیریت آبخیز، ۱۳(۲)، ۴۵۹-۴۴۵.

حیدری، ف . (۱۳۸۳). بررسی مکانیزم توسعه فرسایش آبکندی استان کرمان (گزارش نهایی طرح تحقیقاتی سازمان تحقیقات و آموزش وزارت جهاد کشاورزی، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری تهران، ۱۰۵ ص.

زارع مهرجردی، م.، صوفی، م. چوپانی، س. (۱۳۸۴). بررسی ویژگی‌های آبکندهای استان هرمزگان و علل ایجاد آنها. مجله علمی ترویجی حفاظت آب و خاک، ۴۲-۳۵.

سلیمان‌پور، س.م.، صوفی، م. احمدی، ح. (۱۳۸۸). تعیین عوامل موثر بر گسترش آبکندها در منطقه کنارتخته استان فارس. مجله آب و خاک علوم و صنایع کشاورزی، ۲۳(۱)، ۱۴۱-۱۳۱.

شادفر، ص.، سلیمان‌پور، س.م. صوفی، م. صبح زاهدی، ش. نمکی س.م. شریفی، ا. (۱۳۸۶). بررسی علل توسعه فرسایش خندقی در حوزه آبخیز علی‌آباد استان گیلان. همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران.

لشنی‌زند، م.، شاه‌حسینی، م. بیرانوندزاده، م. (۱۳۸۹). پهنه‌بندی اقلیمی استان گیلان با استفاده از روش‌های کلاسیک. همایش کاربرد

جغرافیای طبیعی در برنامه ریزی محیطی، خرم آباد.
واعظی، ع.ر، بخشی‌راد، ا. (۱۳۹۹). بررسی ویژگی‌های مورفومتری آبکندها و عوامل مؤثر بر گسترش آنها در کاربری زراعت دیم در جنوب استان آذربایجان‌شرقی. مجله تحقیقات آب و خاک ایران، ۵۱(۶)، ۱۳۸۴-۱۳۷۳.
Aleksey, Y.S., Sekaluvu, L. Hutchinson, S.L. (2018). Accuracy of topographic index models at identifying ephemeral gully trajectories on agricultural fields. *Journal of Geomorphology*, 306:224- 234.
Arabkhedri, M. 2014. A review of factors effecting on water erosion in Iran. *Land management*, 2(1), 17-26.
Chaplot, V., Giboire, G. Marchand, P. Valentin, C. (2005). Dynamic modellingforlinear erosion initiation and development under climate and land-use changesin Northern Laos. *Journal of Catena*, 63:318–328.
Horton, R.E. 1932. Drainage basin characteristics, Transactions, *Journal of American Geophysical Union*, 13:350–361.
Morgan, R.P.C. and Mngomezulu, D. (2003). Threshold conditions for initiation of valley-side gullies in the middle veld of Swaziland. *Journal of Catena*, 50:401-414.
Poesen, J., Nachtergale, J. Vertstraeten, G. Valentin, C. (2003). Gully erosion and environmental change. Importance and research needs. *Journal of Catena*, 50(2–4), 91–134.
Rafaello, B. and Reis, E. (2016). Controlling factors of the size and location of large gully systems: A regression based exploration using reconstructed pre-erosion topography. *Journal of Catena*, 147:621-631.
Strahler, A.N. (1964). Quantitative geomorphology. Handbook of Applied Hydrology, New York, USA, 3:232.

Investigation effect of area specifications on the formation of Gullies in the south of Gilan province

Hosein Pandi[1], Ali Reza Vaezi[2]
1- PhD Student of Soil Physics and Conservation, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, olomekhak91@gmail.com
2- Professor, Department of Soil Science and Engineering, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, vaezi.alireza@znu.ac.ir

Abstract
Gully erosion is the most advanced type of water erosion. In order to manage and deal with this type of erosion, identifying high-risk areas in terms of the presence of gullies in the watershed is very important. The present study was conducted to investigate the relationships between gullies density and the effect of some area specifications on the development of gullies in the mountainous area of 28 km^2 west of Rudbar city, located in Gilan province. In this regard, 80 gullies were identified in the area and the area specifications including slope, area, land use area of the garden and rangeland and shape coefficient and gravilius coefficient were determined. The results showed that the density of guliies has a significant positive correlation with some area specifications including shape coefficient ($r=0.29$, $p<0.01$) and Gravelius coefficient ($r=0.37$, $p<0.01$) and a significant negative correlation. It has a slope of range ($r=0.52$, $p<0.01$) and area ($r=0.28$, $p<0.05$). The general results show that on the steeper slopes of the slopes, conservation measures should be taken to prevent the spread of gullies in the basin, and the use of satellite images to monitor gully erosion reduces the difficulties of field study at the macro level.

Keywords: Density of gully, Slope shape, Slope of the field, Gully erosion

منشایابی ذرات ریزشی گردوغبار در شهر اصفهان و محدوده پیرامونی آن

علیرضا مرجوی[1]، محسن سلیمانی[2]، نوراله میرغفاری[2]، حمیدرضا کریم‌زاده[2]

۱- دانشجوی دکتری رشته آلودگی‌های محیط زیست دانشکده منابع طبیعی دانشگاه صنعتی اصفهان،
a.marjovvi@na.iut.ac.ir

۲- اعضا هیات علمی دانشکده منابع طبیعی دانشگاه صنعتی اصفهان

چکیده

توفان‌های گردوغبار در کشور ایران طی چند سال اخیر به‌صورت بحران جدی استان‌های غرب و جنوب غرب کشور را درگیر نموده است. اصفهان نیز یکی از کلان‌شهرهای مهم ایران است که در بیش‌تر مواقع سال به‌ویژه در فصل بهار و تابستان حضور ذرات معلق را تجربه می‌کند. لذا تشخیص منابع ذرات معلق به‌ویژه برای ارزیابی آلودگی اتمسفری دارای اهمیت بالایی است. به منظور منشایابی ذرات ریزشی با استفاده از تعیین غلظت کل عناصر مختلف، نمونه‌برداری از اواخر اردیبهشت ماه تا اواخر مهر ماه ۱۳۹۶ صورت پذیرفت. نمونه‌برداری به صوت غیرفعال با استفاده از تله‌های نمونه‌بردار شیشه‌ای بر روی ساختمان‌های یک طبقه در سه منطقه شهر اصفهان و نیز مناطق سگزی، کوهپایه، شهرستان نجف‌آباد و اطراف تالاب گاوخونی انجام شد. از خاک ۸ منطقه نیز طی یک ترانسکت از شمال شرقی اصفهان تا نزدیک به شهر اصفهان نمونه‌برداری مرکب به‌منظور آنالیزهای شیمیایی صورت گرفت. نتایج نشان داد که در بازه زمانی مطالعه منشا ذرات ریزشی شهر اصفهان و ایستگاه سگزی و کوهپایه از مناطق شرقی منشا گرفته‌اند. از بین ایستگاههای مورد بررسی ایستگاه گاوخونی تنها ایستگاهی بود که متاثر از آلودگی‌های ناشی از فعالیت‌های انسانی نبود.

واژگان کلیدی: اصفهان، گاوخونی، گردوغبار، منشایابی

مقدمه

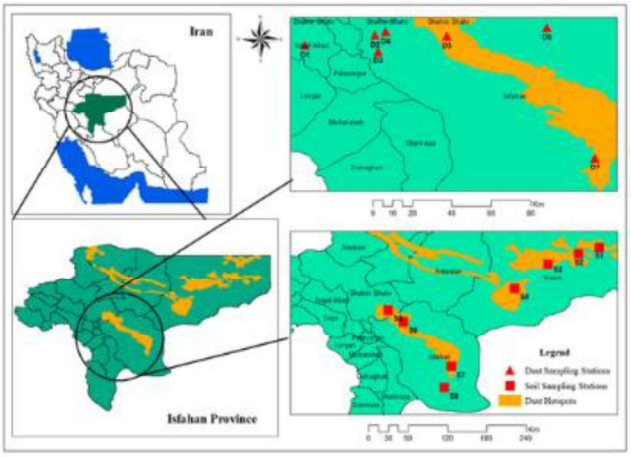
در دنیای امروز رشد جمعیت و فشار بیش‌ازحد بر زمین و بهره‌برداری غلط از خاک موجب وارد آمدن خسارات زیادی به این منبع مهم در طبیعت شده است و باعث گردیده که بیش از یک‌سوم کل اراضی دنیا در معرض فرسایش شدید بادی قرار گیرند (اکبری و همکاران ۱۳۹۱). جدایش ذرات معلق از خاک به‌عنوان نتیجه مستقیم فرسایش بادی فرآیندی طبیعی است اما فعالیت‌های اختلال‌آمیز انسان می‌تواند انتقال ذرات را در مقیاس‌های ناحیه‌ای و محلی افزایش دهد (Tegen et al. 2004). روش‌های متفاوتی برای خاستگاه گردوغبار وجود دارد. ازجمله از این روش‌ها جمع‌آوری نمونه‌های خاک و آنالیز آن‌ها جهت تعیین منبع گردوغبار است که از روش‌های غیرمستقیم جهت تعیین منشأ گردوغبار استفاده می‌شود. از روش‌های دیگر، می‌توان به استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و تعیین شاخص آئروسل (با توجه به تفاوت کنتراست اشعه UV مربوط به ماهواره و سنجنده روی زمین در دو کانال ۳۴۰ و ۳۸۰ نانومتر برای ماهواره و ۳۳۱ و ۳۶۰ نانومتر برای سنجنده روی زمین شاخص آئروسل یا شاخص آئروسل در طیف‌سنج نقشه ازن (TOMS) [1] تعیین و با نهایتاً منشأ تولید ذرات معلق مشخص می‌شود) Engelstaedter (et al. 2006). تعیین خط سیر (مسیر عبور) گردوغبار که در مناطق پایین‌دست جهت باد انجام می‌شود (Xuan 2005) و تعیین خصوصیات شیمیایی گردوغبار با خاک‌های مناطق مختلف (Escudero et al. 2007) را نام برد. هرکدام از این روش‌ها دارای مزایا و معایبی هستند. در مطالعه‌ای که در اصفهان برای تعیین منشأ گردوغبار با استفاده از روش‌های ترکیبی کانی‌شناسی، ترکیب شیمیایی، اندازه ذرات و الگوی جریان باد انجام گرفت منطقه شرق اصفهان را به‌عنوان عمده‌ترین منبع تولید گردوغبار فرونشسته معرفی کرد (محمودی و خادمی ۱۳۹۳). علاوه بر این، در این مطالعه به این اشاره‌شده که منابع محلی شامل عملیات ساخت‌وساز غیراصولی، صنایع و تخریب ساختمان‌ها و حمل‌ونقل غیراصولی نخاله‌های ساختمانی نیز می‌تواند بخشی از ذرات معلق اتمسفری را تأمین نمایند. در تحقیق دیگری که باهدف بررسی خصوصیات فیزیکوشیمیایی، کانی‌شناسی و تغییرات مقداری گردوغبار در مناطق شهری دشت سیستان انجام گرفت بیشترین مقدار گردوغبار در شهرستان هیرمند و کمترین مقدار گردوغبار در شهرستان نیمروز به دست آمد. خصوصیات فیزیکوشیمایی نمونه‌های تالاب و گردوغبار نشان داد که نمونه‌ها دارای شوری و

[1] Total Ozone Mapping Spectrometer absorbing Aerosol Index (TOMS AI)

قلیائیت زیاد، کربن آلی کم و مقدار کربنات کلسیم معادل متوسط تا زیاد بودند که بیان‌کننده شرایط اقلیمی گرم و خشک و پوشش گیاهی ضعیف در یک محیط رسوبی بودند. همچنین نتایج کانی‌شناسی نشان داد که کانی‌های غالب در نمونه‌های تالاب هامون به ترتیب کلسیت، کوارتز و فلدسپارها و کانی‌های غالب در نمونه‌های گردوغبار به ترتیب کوارتز، کلسیت و فلدسپارها بودند. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده تالاب‌های هامون به‌عنوان منشأ اصلی گردوغبار در منطقه سیستان گزارش شد اما در مواردی مانند شهرستان زهک علاوه بر این تالاب‌ها منابع دیگر نیز نقش داشتند (دانش شهرکی ۱۳۹۵). توفان‌های گردوغبار در کشور ایران طی چند سال اخیر به‌صورت بحران جدی استان‌های غرب و جنوب غرب کشور را درگیر نموده است و پیامدهای خطرناکی را در زمینه‌های زیست‌محیطی، بهداشتی و اقتصادی برای ساکنین این مناطق به بار آورده است (Zarasvandi et al. 2011). اصفهان نیز یکی از کلان‌شهرهای مهم ایران است که در بیش‌تر مواقع سال اتمسفر آن حضور ذرات معلق را تجربه می‌کند. همچنین خشکی زاینده‌رود در سال‌های متمادی گذشته سبب شده تا تالاب گاوخونی در نقطه پایانی این رودخانه به‌عنوان کانون بالقوه تولید ذرات معلق در منطقه میانی کشور مطرح شود. لذا تشخیص منابع ذرات معلق و تخمین توان انتشار آن‌ها به‌ویژه برای ارزیابی آلودگی اتمسفری ذرات معلق دارای اهمیت زیادی برخوردار هستند. هدف از این بررسی منشایابی ذرات ریزشی شهر اصفهان و چند شهرستان اطراف با استفاده از روش خوشه بندی سلسله مراتبی توسط عناصری که بطور مشخص منشا زمین ساخت دارند می‌باشد.

مواد و روش‌ها

نمونه‌برداری ذرات ریزشی گردوغبار اواخر اردیبهشت‌ماه سال ۱۳۹۶ شروع و تا اواخر مهرماه سال ۱۳۹۶ ادامه پیدا کرد. به‌طوری‌که در طول این روزها بنا به گزارش سازمان هواشناسی استان در روزهای ۲۱ و ۲۲ تیرماه ۱۳۹۶ پدیده گردوغبار در شهر اصفهان اتفاق افتاد (اداره کل هواشناسی استان اصفهان ۱۳۹۷). به‌منظور جمع‌آوری گردوغبار از تله مورداستفاده توسط Hojati et al. (2012) به‌عنوان یک نمونه‌گیر خشک استفاده شد. در هر نقطه ۲ تله قرار داده شد که هرکدام شامل یک شیشه یک مترمربعی بوده که بر روی آن یک توری پلاستیکی با مش ۲×۲ میلی‌متر پیچ گردید. همه تله‌های نمونه‌گیر در بالای پشت‌بام‌های ساختمان‌های یک طبقه کمی بالاتر از کف پشت‌بام (۱۰ سانتی‌متر) به دلیل عدم تاثیر پذیری از گردوغبارهای موجود بر پشت‌بام بر اثر وزش باد، نصب شد. در طول مدت برداشت نمونه‌های گردوغبار هیچ‌گونه بارندگی مؤثری حادث نشد، لذا همه نمونه‌های تا جایی که ممکن بود توسط کاردک به‌صورت خشک جمع‌آوری شدند. فواصل نمونه‌برداری ذرات ریزشی طی چهار مرحله و به‌صورت ماهیانه بود. میانگین مقدار گردوغبار جمع‌آوری‌شده در هر ایستگاه اندازه‌گیری شد. نمونه‌های گردوغبار جمع‌آوری‌شده بدین روش برای تعیین میزان کل نشست ذرات معلق، آنالیزهای شیمیایی مورداستفاده قرار گرفت. با توجه به کانون تولید ریزگردها که در نقشه موقعیت مناطق تحت تأثیر فرسایش بادی در استان اصفهان آمده (مهندسین مشاور تاک سبز، ۱۳۸۹) (شکل ۱) محل‌های جمع‌آوری نمونه ذرات ریزشی در محدوده شهر اصفهان (میدان آزادی، میدان جمهوری و میدان لاله) و نقاط پیرامونی سگزی، کوهپایه، شهرستان نجف‌آباد و اطراف تالاب گاوخونی (شهرستان جرقویه علیا روستای خارا) تعیین شد و از D1 تا D7 نامگذاری شد. همچنین نمونه‌برداری از خاک بصورت نمونه‌برداری مرکب و از عمق ۰-۲۰ سانتیمتری طی یک خط ترانسکت از شمال شرقی اصفهان تا اطراف اصفهان انجام گرفت و با علائم S1 تا S8 مشخص شد (شکل ۱). نمونه‌های خاک پس از انتقال به آزمایشگاه و خشک شدن در شرایط دمای اتاق، کوبیده شده و به‌منظور همسان‌سازی اندازه ذرات خاک با اندازه کل ذرات ریزشی، نمونه‌های خاک از الک ۱۴۰ مش یا ۱۰۵ میکرون از جنس فولاد ضد زنگ عبور داده شد. نمونه‌های حاصل برای اندازه‌گیری آنالیزهای شیمیایی مورداستفاده واقع شد.



شکل ۱- نقشه موقعیت مناطق تحت تأثیر فرسایش بادی در استان اصفهان (مهندسین مشاور تاک سبز، ۱۳۸۹) و محلهای نمونه برداری از ذرات ریزشی (بالا سمت راست)و شماره نمونه‌های خاک برداشت‌شده پایین سمت راست

برای اندازه‌گیری مقدار کل عناصر شامل Zn, Cu, Fe, Mn, Pb, Cd, Co, Ni, Cr, Al, Mg, Ca, Ba, As, Hg, V, Mo, Be خاک و ذرات ریزشی از روش هضم تر با محلول آکوارجیا، (نسبت ۱ به ۳ اسید نیتریک غلیظ (۶۵٪ مرک) و اسید هیدروکلریک (۳۷٪ مرک)) بر روی هات‌پلیت در دمای ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳ ساعت هضم شد و پس از خنک شدن، محتویات ظروف از فیلتر عبور داده شد و با آب مقطر به حجم ۵۰ میلی‌لیتر رسانده شد (EPA 1995). نمونه‌های مرجع GSS-24(GBW07453) و GSS-24(GBW07453) و استاندارد داخلی حاوی عنصر ایتریوم (Y) با غلظت ۱۰ میکروگرم بر لیتر استفاده شد. غلظت عناصر به‌وسیله دستگاه ICP-MS اندازه‌گیری شد.

از طریق محاسبه فاکتور غنی‌شدگی[۱] (EF) جهت مشخص کردن طبیعی و یا انسانی بودن منشأ عناصر استفاده می‌شود. در محاسبه این ضریب از یک عنصر به‌عنوان مرجع استفاده می‌گردد که دارای منشأ طبیعی باشد (Senaratne&Shooter 2004). جهت محاسبه این ضریب از معادله ۱ استفاده می‌گردد. در اکثر مطالعات فرض می‌گردد که منشأ Al به‌طور کامل از پوسته زمین است غلظت سایر عناصر نسبت به عنصر Al محاسبه می‌گردد (Kim et al. 2009).

EF= ([X]air/[Ref]air)/ ([X] source/[Ref]source) (معادله ۱)

[X]air غلظت عنصر موردنظر در ذرات ریزشی

[Ref]air غلظت عنصر رفرنس (Al) در ذرات ریزشی

[X] source غلظت عنصر موردنظر در خاک

[Ref]source غلظت عنصر رفرنس (Al) در خاک

چنانچه مقادیر EF کمتر از ۲ باشد عنصر موردنظر قطعاً دارای منبع طبیعی است چنانچه بین ۲ تا ۵ باشد بیشتر متأثر از منابع طبیعی، بین ۵ تا ۲۰ بیشتر تحت تأثیر فعالیت‌های انسانی و بیشتر از ۲۰ قطعاً در اثر فعالیت‌های انسانی بوده است (Yongming et al. 2006).

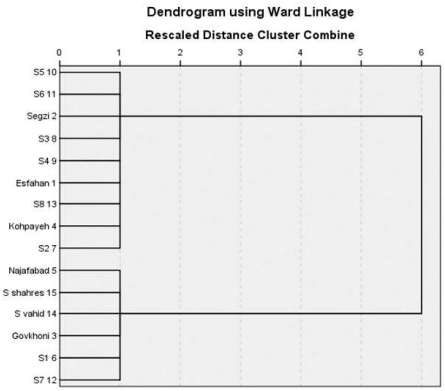
نتایج و بحث

به‌منظور مشخص کردن خاستگاه احتمالی ذرات ریزشی و اینکه مشخص شود چه خاک یا خاک‌های می‌توانند به‌عنوان منبع برای هریک از ایستگاه‌های نمونه‌برداری ذرات ریزشی قرار گیرند، عناصر Fe, Mg, Al, Ca که به‌طور مشخص منشأ زمین‌ساخت دارند را در خوشه‌بندی سلسه‌مراتبی ایستگاه‌های نمونه‌برداری ذرات ریزشی و خاک‌های نمونه‌برداری شده شرکت داده، به این صورت که برای خوشه‌بندی از روش وارد و برای اندازه‌گیری تشابه از ضریب پیرسون استفاده شد. ازآنجایی‌که در روش وارد

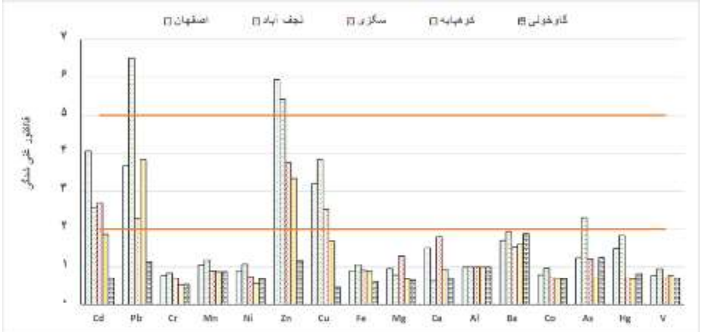
[۱] Enrichment Factor (EF)

خوشه‌بندی بین دو متغیر و یا دو خوشه بدون در نظر گرفتن مقادیر متغیرهای بر اساس کمترین میزان واریانس یا مجموعه مربعات بین متغیرهای تعریف‌شده است لذا بیشترین شباهت ممکن را می‌تواند محاسبه نماید. به‌منظور تأثیر یکسان عناصر شرکت داده‌شده در خوشه‌بندی، غلظت آنان به روش Z scores استاندار شدند. نتایج در شکل ۲ آمده است. بر اساس شکل ۲ ایستگاه‌های نمونه‌برداری ذرات ریزشی در دو خوشه بزرگ قرارگرفته‌اند که هرکدام تشابه با خاک‌های نمونه‌برداری شده معینی را دارا می‌باشند. به‌طوری‌که ایستگاه‌های اصفهان، سگزی و کوهپایه با خاک‌های شماره ۲، ۳، ۴، ۵، ۶ و ۸ تشابه دارند درحالی‌که ایستگاه‌های نجف‌آباد و گاوخونی با خاک‌های شماره ۱ و ۷ شباهت بسیار نشان دادند. لذا برای استفاده از رابطه فاکتور غنی شدگی به‌منظور تعیین این فاکتور، از میانگین خاک‌های مشابه همان ایستگاه استفاده شد.

شکل ۳ فاکتور غنی‌شدگی را در ایستگاه‌های نمونه‌برداری ذرات ریزشی نشان می‌دهد. با توجه به شکل ۳ تنها ایستگاهی که همه عناصر آن به احتمال زیاد منشأ زمین‌ساخت داشته و از هرگونه آلودگی در اثر فعالیت انسانی به دور بوده ایستگاه گاوخونی است. دو شهر اصفهان و نجف‌آباد عناصر Cd, Pb, Zn, Cu از میزان غنی‌شدگی ۲ گذر کرده که به‌طور متوسط تأثیر فعالیت انسانی را در این عناصر نشان می‌دهد لیکن در اصفهان Zn و در نجف‌آباد Pb, Zn مرز ۵ را نیز رد کرده و به‌طور قابل‌توجه فعالیت انسانی عامل این افزایش در ذرات ریزشی این مناطق بوده است. این نتیجه مشابه نتیجه به‌دست‌آمده محققین دیگر در اصفهان بوده است (محمودی و خادمی ۱۳۹۳). فاکتور غنی‌شدگی عناصر Cd, Pb, Zn, Cu در ایستگاه سگزی و عناصر Pb, Zn در ایستگاه کوهپایه از ۲ گذر کرده که نشان‌دهنده تأثیر متوسط فعالیت انسانی مربوط به این عناصر در این مناطق است. ایستگاه سگزی علاوه بر قرار گرفتن بر جاده اصلی حمل‌ونقل در شرق اصفهان، وجود شهرک صنعتی سگزی در سه کیلومتری شرق ایستگاه، و یا گروه صنعتی سپاهان و یا کارخانه استیل و آهن اصفهان، همچنین کوره‌های تولید گچ و آجر در اطراف این ایستگاه آلوده‌تر بودن این ایستگاه را توجیه می‌نماید. EF عناصر Cu, Cd, Pb, Zn در ذرات TSP در شهر دای جیون کره تحت تأثیر توفان‌های آسیایی افزایش می‌یابد (Lee et al. 2013). همچنین میزان EF عناصر Cu,Cr, Pb, Zn در شهر سونورا در شمال مکزیک بسیار زیاد بود که منشأ آن وسایل نقلیه موتوری در این شهر عنوان شد (Meza-Figueroa et al. 2007).



شکل ۲ خوشه‌بندی ایستگاه‌های نمونه‌برداری ذرات ریزشی و محل‌های نمونه‌برداری خاک



شکل ۳ فاکتور غنی‌شدگی عناصر در ذرات ریزشی برداشته‌شده از ایستگاه‌های اصفهان، سگزی، کوهپایه، نجف‌آباد و گاوخونی

فهرست منابع

۱. اداره کل هواشناسی استان اصفهان. (۱۳۹۷). گزارش کیفیت هوای ایستگاه سنجش آلاینده‌ها در هواشناسی اصفهان در سال ۱۳۹۶. مرکز تحقیقات هواشناسی کاربردی اصفهان.

۲. اکبری، ع. عظیم‌زاده، ح. اختصاصی، م. سلمان زاده، م. (۱۳۹۱). بررسی کمی غبار ریزشی (مطالعه موردی: شهر بهبهان- شهریور و مهر ۱۳۹۰). مجموعه مقالات اولین همایش ملی بیابان، ۲۸-۲۷ خرداد ۱۳۹۱، مرکز تحقیقات بین‌المللی بیابان دانشگاه تهران، ایران.

۳. دانش شهرکی، م. (۱۳۹۵). بررسی خصوصیات فیزیکوشیمیایی، کانی‌شناسی و تغییرات مقداری گرد و غبار در مناطق شهری دشت سیستان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، گروه خاکشناسی، دانشکده آب وخاک، دانشگاه زابل.

۴. محمودی، ز. خادمی. ح. (۱۳۹۳). غلظت برخی فلزات سنگین در گردوغبار اتمسفری اصفهان و برخی شهرهای مجاور. مجله علوم آب و خاک. ۱۸ (۶۷) . ۲۵۵-۲۴۳.

۵. مهندسین مشاور تاک سبز. (۱۳۸۹). طرح بازنگری کانون‌های بحرانی فرسایش بادی کشور استان اصفهان. وزارت جهاد کشاورزی ، سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور، دفتر امور بیابان. تهران، ایران. ۱۴۷ ص.

6. Engelstaedter, S., Tegen, I., & Washington, R. (2006). North African dust emissions and transport. Earth-Science Reviews, 79(1-2), 73-100.
7. EPA, S. (1995). Microwave assisted acid digestion of siliceous and organically based matrices Test Methods for Evaluating Solid Waste.
8. Escudero, M., Querol, X., Pey, J., Alastuey, A., Pérez, N., Ferreira, F., ... & Cuevas, E. (2007). A methodology for the quantification of the net African dust load in air quality monitoring networks. Atmospheric Environment, 41(26), 5516-5524.
9. Hojati, S., Khademi, H., Cano, A. F., & Landi, A. (2012). Characteristics of dust deposited along a transect between central Iran and the Zagros Mountains. Catena, 88(1), 27-36.
10. Kim, N. K., Park, H. J., & Kim, Y. P. (2009). Chemical composition change in TSP due to dust storm at Gosan, Korea: do the concentrations of anthropogenic species increase due to dust storm?. Water, air, and soil pollution, 204(1), 165-175.
11. Lee, P. K., Youm, S. J., & Jo, H. Y. (2013). Heavy metal concentrations and contamination levels from Asian dust and identification of sources: a case-study. Chemosphere, 91(7), 1018-1025.
12. Meza-Figueroa, D., De la O-Villanueva, M., & De la Parra, M. L. (2007). Heavy metal distribution in dust from elementary schools in Hermosillo, Sonora, México. Atmospheric Environment, 41(2), 276-288.
13. Senaratne, I., & Shooter, D. (2004). Elemental composition in source identification of brown haze in Auckland, New Zealand. Atmospheric Environment, 38(19), 3049-3059.
14. Tegen, I., Werner, M., Harrison, S. P., & Kohfeld, K. E. (2004). Relative importance of climate and land use in determining present and future global soil dust emission. Geophysical research letters, 31(5).
15. Xuan, J. (2005). Emission inventory of eight elements, Fe, Al, K, Mg, Mn, Na, Ca and Ti, in dust source region of East Asia. Atmospheric Environment, 39(5), 813-821.
16. Yongming, H., Peixuan, D., Junji, C., & Posmentier, E. S. (2006). Multivariate analysis of heavy metal contamination in urban dusts of Xi'an, Central China. Science of the total environment, 355(1-3), 176-186.
17. Zarasvandi, A., Carranza, E. J. M., Moore, F., & Rastmanesh, F. (2011). Spatio-temporal occurrences and mineralogical–geochemical characteristics of airborne dusts in Khuzestan Province (southwestern Iran). Journal of geochemical exploration, 111(3), 138-151.

Source identification of dusts in Isfahan and and several surrounding cities

Alireza Marjovvi[1], Mohsen Soleimani[2], Nourollah Mirghafari[2], Hamidreza Karimzadeh[2]

1- Ph.D. Student of Environmental Pollution, Isfahan University of Technology (a.marjovvi@na.iut.ac.ir)

2- Faculty Member of Department of Natural Resources, Isfahan University of Technology

Abstract:

Dust storms have severely affected the western and southwestern provinces of Iran in recent years. Isfahan as one of the most important metropolitan of Iran has been affected by suspended particles annully, especially in spring and summer. Therefore, identifying sources of suspended particles is an important issue for assessing atmospheric pollution. In order to determine the origin of precipitated particles by determining the total concentration of different elements, sampling was performed from May to October 2017. Passive sampling was performed using glass sampling traps in three areas of Isfahan city, as well as Segzi, Kuhpayeh, Najafabad and around Gavkhoni Wetland. Composite soil sampling was performed on 8 regions through a transect from the northeast of Isfahan province to near the city center. The results showed that during the study period, the particles in Isfahan city, Segzi and Kuhpayeh stations as well as Gavkhoni station were originated from the east part of the region. Among the stations studied, Gavkhoni was the only one that was not affected by anthropogenic pollution sources.

Keywords: Dust, Gavkhoni wetland, Isfahan city, Source identification

اثر کاربرد بنتونیت برای کاهش فرسایش بادی، جلوگیری از گسترش بیابان زایی در خاک لومی

یونس لیث صفار[1]، احمد جلالیان[2]، مرجان عشاقی[3]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد علوم کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان. ایران yonesls67@gmail.com

۲- استاد گروه خاک. دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان. ایران

۳-دانشجوی کارشناسی ارشد علوم کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان،ایران

چکیده

یکی از مهمترین بحران های زیست محیطی در مناطق خشک و نیمه خشک پدیده مخرب بیابان زایی و فرسایش بادی می باشد که وقوع طوفان های گرد و غبار و حرکت ریزگردها از پیامدهای آن محسوب می شود. در این پژوهش مطالعات فرسایش خاک از منطقه سجزی در شرایط آزمایشگاهی و عملیات میدانی صورت پذیرفت که با استفاده از غلظت های مختلف صفرو ۱و۲ و۳ و ۴ گرم در لیتر بنتونیت ۳۸ میکرون به صورت سوسپانسیون بر روی خاک پاشش گردید و با دستگاه سنجش فرسایش بادی با سرعت های باد ۱۰، ۱۳و۱۷و۲۵ متر بر ثانیه در شرایط آزمایشگاهی تحت آزمون قرار گرفت. در مطالعات میدانی غلظت های ۴و ۶ گرم در لیتر بنتونیت ۳۸ میکرون مورد استفاده قرار گرفت و با توجه به سرعت ۲۲/۲ متر بر ثانیه مورد آنالیز گردید .در نهایت در مطالعات آزمایشگاهی مشاهده شد که در غلظت ۴ گرم در لیتر بنتونیت۳۸ میکرون ، به میزان ۹۹/۶ درصد کاهش فرسایش صورت گرفته است و در مطالعات میدانی با غلظت ۶ گرم در لیتر بنتونیت ۳۸ میکرون ، به میزان ۹۹/۵ درصد کاهش فرسایش مشاهده گردید. از نتایج دیگر به دست آمده در مطالعات میدانی افزایش عمق سله پس از بارش باران بوده است.

واژگان کلیدی: فرسایش خاک، مناطق خشک، تونل باد، بنتونیت، ریزگرد

مقدمه

نواحی خشک و نیمه خشک، که بیش از ۴۰ درصد سطح اراضی جهان را به خود اختصاص داده اند، زیستگاه یک میلیارد نفر از مردم دنیا به شمار می‌روند (ورون و همکاران، ۲۰۰۶). یکی از مهمترین بحران‌های زیست محیطی در مناطق خشک و نیمه خشک پدیده مخرب بیابان زایی و فرسایش بادی می‌باشد که وقوع طوفان‌های گرد و غبار و حرکت ریزگردها از پیامدهای آن محسوب می‌شود. وسعت خسارات این پدیده تنها محدود به تهدید اراضی کشاورزی و مناطق صنعتی نبوده، بلکه با مختل نمودن زندگی عادی شهروندان، آشکارا تبدیل به یک تهدید جدی زیست محیطی شده و واکنش افکار عمومی را به دنبال داشته است (عبدی نژاد، ۱۳۸۹). عفونت‌های حاد تنفسی، بروز آسم و آلرژی، بیماری‌های قلبی و ریوی در هنگام وقوع این طوفان ها گسترش می‌یابد (جلالیان، ۱۳۹۰). شناخت نقاط برداشت یا منشاء تپه های شنی و رسوبات فرسایش یافته بادی مهمترین و اصولی ترین راه مبارزه با فرسایش بادی می باشد. نتایج مطالعات انجام شده با استفاده از تونل باد نشان داده است که توانایی باد در جدا کردن و انتقال ذرات خاک به ترتیب با توان دوم و سوم سرعت باد بستگی دارد (رفاهی، ۱۳۸۸؛ احمدی، ۱۳۸۷). آگاهی از توزیع اندازه خاکدانه‌های خشک برای تخمین فرسایش بادی مورد نیاز می‌باشد. زیرا میزان فرسایش بادی با اندازه و مقدار خاکدانه‌های حساس به فرسایش موجود در سطح خاک ارتباط دارد. اثر توزیع اندازه خاکدانه‌های خشک به خوبی مشخص شده است و خاکدانه‌های بزرگ تر از ۰/۸۴ میلی متر از نظر قطر، معمولا غیرقابل فرسایش توسط باد در نظر گرفته می‌شوند (کریم زاده، ۱۳۸۱).

روش‌های تثبیت شن‌های روان بسیار متنوع بوده ولی اصولا همه آنها بر پایه کاهش سرعت باد و ایجاد پوشش گیاهی استوار می‌باشد. روش‌های تثبیت شن روان شامل عملیات مکانیکی، شیمیایی و زیستی می‌باشد. بنابراین برای تثبیت شن‌های روان می‌توان از روش‌های مختلفی مانند ایجاد بادشکن، مالچ پاشی، استفاده از مالچ کاه و قیر امولیسیونه، پوشانیدن سطح زمین و استقرار پوشش گیاهی استفاده نمود. اندازه گیری فرسایش خاک و ذرات نشان داد که میزان ذرات ریز مثل سیلت و رس هدر رفت خاک در اراضی فاقد مالچ بیشترین مقدار بوده است و در صورتی که ۸۰ درصد سطح از مالچ پوشیده باشد میزان فرسایش

خاک به مقدار ۴۰ و ۶۰ درصد کاهش می‌یابد.

انواع مالچ شامل مالچ‌های نفتی و مالچ‌های غیرنفتی می باشد که منظور از مالچ‌های غیرنفتی، کلیه مواد یا پوشش‌هایی هستند که به منظور جلوگیری از تبخیر آب، رشد علف‌های هرز و به بطور کلی جهت افزایش محصول‌دهی خاک از آنها استفاده می‌شوند. مالچ‌های آلی (مثل کاه و کلش، برگ‌های گیاهان، خاک اره، کودهای حیوانی غیره) و مالچ‌های مصنوعی (مثل پشم شیشه، کاغذ، صفحات فلزی، لایه های نازک پلاستیک و غیره) و مالچ‌های سنگریزه‌ای و رس (بنتونیت) نمونه‌هایی از مالچ‌های غیرنفتی هستند (رفاهی، ۱۳۸۸). بنتونیت سنگی است که بخش اعظم آن را کانی‌های رسی (ذرات بسیار ریز با ابعاد کمتر از۲ میکرومتر) تشکیل می‌دهند.

در این پژوهش رس بنتونیت به منظور تعیین غلظت بهینه برای اسپری آن بر روی بافت‌های لومی، تست نمونه اسپری شده در تونل باد با سرعت‌های باد متفاوت در آزمایشگاه و صحرا، استفاده از بنتونیت جهت کنترل فرسایش بادی، پراکنش ریزگردها، توفان شن و بهبود محیط فیزیکی جهت رشد گیاه، استفاده از بنتونیت جهت بهبود کیفیت خاک‌ها و استفاده از بنتونیت جهت جلوگیری از بیابان زائی مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش ها

معرفی منطقه مورد مطالعه

دشت سجزی واقع در ۲۵ کیلومتری شرق اصفهان، یکی از ۱۶ کانون بحرانی بیابان زایی در استان اصفهان است. این دشت، با توجه به نزدیکی آن به مناطق شهری، تاسیسات نظامی، حمل ونقل و نیز صنایع و کارگاه‌هایی که در آن واقع شده‌اند، از جنبه جلوگیری از فرسایش بادی و بیابان زدایی در اولویت مطالعاتی و اجرایی قرار دارد. بر اساس آمار ایستگاه هواشناسی شرق اصفهان، متوسط بارش سالیانه منطقه ۱۰۶ میلیمتر و متوسط دمای سالیانه ۱۵/۲ درجه سانتیگراد است. میانگین تبخیر سالیانه در منطقه ۲۲۰۱/۵ میلی متر است. میانگین سرعت ماهانه شدیدترین بادها در طی یک دوره آماری ۲۴ساله (۵۹-۸۳) از۱۱/۷متر بر ثانیه در شهریور ماه تا ۱۹ متر بر ثانیه در فروردین ماه در نوسان است. جهت بررسی وضعیت وزش باد در منطقه مورد مطالعه از آمار مربوط به ایستگاه‌های سینوپتیک شرق اصفهان و شهید بابایی استفاده گردید که جهت باد غالب در ۹ ماه از سال غربی بوده و در ماهای مرداد و شهریور باد غالب شرقی و در تیرماه جنوب شرقی است (کریم زاده، ۱۳۸۱).

مراحل انجام روش صحرایی

ابتدا پاشش آب یا سوسپانسیون بنتونیت با غلظت ۴ گرم در لیتر، به میزان مورد نظر توسط یک پاشنده به صورت دستی بر روی نمونه‌ها و در مرحله بعد اندازگیری و کنترل سرعت باد توسط بادسنج است. پس از پاشش، نمونه‌ها باید در محیط خشک شوند و در مرحله آخر قرار دادن تونل باد برروی سطح خاک می‌باشد. ماده مورد نظر جهت تثبیت خاک و کاهش فرسایش بنتونیت می‌باشد که نوع مورد نظر به صورت امولسیون در آب بوده و با استفاده از آب در غلظت‌های مختلف تهیه گردید. غلظت‌های مورد بررسی۱، ۲، ۳ و ۴ در هزار می‌باشد. همچنین آب بدون بنتونیت به عنوان یک تیمار در نظر گرفته می‌شود.

نمونه‌هایی از خاک با بافت لومی از منطقه تونل باد سجزی جمع‌آوری و سپس نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل و پس از خشک شدن در هوا (هوا خشک) از الک دو میلیمتری عبور داده شده و برخی از خصوصیات فیزیکی آنها تعیین گردید. از فاکتورهای فیزیکی خاک، بافت خاک به روش هیدرومتری و پایداری دانه‌های خاک با الک‌های مش ۱۰، ۲۰، ۴۰، ۶۰، ۱۴۰، ۲۷۰ اندازه‌گیری شد.

در این پژوهش اثرات اصلی سرعت باد و بنتونیت و همچنین اثر متقابل آنها بر میزان فرسایش خاک به صورت طرح کاملا تصادفی تعیین گردید. در این طرح پنج غلظت بنتونیت (صفر، ۱، ۲، ۳ و ۴ گرم بر لیتر) و چهار سرعت باد (۱۰، ۱۳، ۱۷ و ۲۵ متر بر ثانیه) در سه تکرار در نظر گرفته شد. در مجموع ۶۰ سینی با ابعاد ۳۰ × ۵ سانتی‌متر و طول ۱۰۰ سانتی‌متر مورد استفاده قرار گرفت. همچنین بنونیت ۳۸ میکرون در طبیعت با غلظت ۴ و ۶ گرم بر لیتر در سرعت ۲۲/۲ متر بر ثانیه مورد آزمون قرار گرفت.

جهت مقایسه میانگین‌ها از آزمون مقایسه میانگین دانکن در سطح ۵ درصد استفاده شد. کلیه تجزیه و تحلیل‌های آماری این

طرح به کمک نرم افزارهای Excel و SPSS 19 صورت گرفت.

نتایج و بحث

بافت خاک

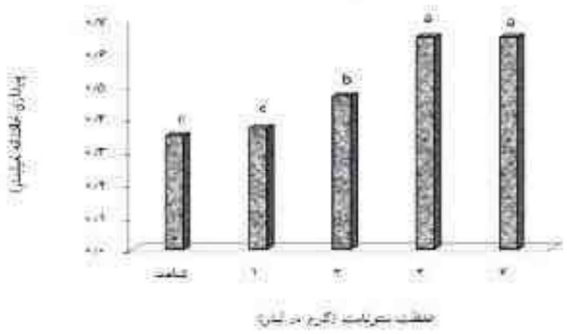
بافت خاک به روش هیدرومتری اندازه گیری شد که با توجه به میزان شن، سیلت و رس با استفاده از مثلث بافت خاک، کلاس بافت خاک تعیین شد.

جدول(۱) درصد اجزای شن، سیلت و رس

شن(درصد)	سیلت(درصد)	رس(درصد)	بافت خاک
۷۶/۷	۲۰	۳/۳	Loamy sand

دانه‌بندی خاک

درشکل (۱) میزان پایداری خاکدانه با استفاده از بنتونیت با غلظت ۳ گرم در لیتر و یا بیشتر از ۳ گرم در لیتر به صورت چشمگیری افزایش یافته است. در هرستون، میانگین‌ها با حروف یکسان، در سطح ۵ درصد آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری ندارند.



شکل(۱) نمودار پایداری خاکدانه

اثر غلظت مختلف بنتونیت ۳۸ میکرون بر فرسایش خاک در شرایط آزمایشگاه

در سرعت های ۱۰، ۱۳ و ۱۷ متر بر ثانیه در سطح ۵ درصد آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری بین نمونه شاهد و غلظت‌های یک، دو، سه و چهار گرم در لیتر وجود دارد. در سرعت ۲۵ متر بر ثانیه اختلاف معنی‌داری بین نمونه شاهد و غلظت‌های یک، دو، سه و چهار گرم در لیتر وجود دارد، همچنین اختلاف معنی‌داری بین غلظت‌های یک و دو گرم در لیتر با غلظت چهار گرم در لیتر وجود دارد. این نتایج با یافته‌های استوت و زوبک (۱۹۹۶)؛ محمودآبادی و همکاران (۱۳۹۰) و همچنین پدیدار(۱۳۹۲) هم‌خوانی دارد. نتایج مقایسه میانگین نشان داد که می‌توان از بنتونیت به منظور کنترل فرسایش بادی و جلوگیری از ریزگردها استفاده نمود. در مطالعات آزمایشگاهی تونل باد، میزان خاک فرسایش یافته در تیمار استفاده از بنتونیت به غلظت ۴ گرم بر لیتر در سرعت ۲۵ متر بر ثانیه بیش از ۹۹/۶ درصد تثبیت خاک صورت گرفته است. ضخامت لایه تشکیل شده در سطح خاک با توجه به حجم سوسپانسیون استفاده شده ۲ تا ۳ سانتی متر است. نتایج استفاده از بنتونیت در کاهش فرسایش بادی نشان داد که کاربرد بنتونیت بر سطح خاک، ظرفیت مقاومت در برابر فرسایش خاک را افزایش می‌دهد. رس باعث چسبندگی ذرات خاک به یکدیگر می‌شود (مجدی و همکاران، ۱۳۸۵).

جدول (۲) مقایسه میانگین اثر غلظت‌های مختلف بنتونیت بر میزان خاک فرسایش یافته تحت سرعت‌های مختلف باد

بنتونیت (گرم در لیتر)	سرعت باد (متر بر ثانیه)			
	۱۰متر بر ثانیه	۱۳متر بر ثانیه	۱۷متر بر ثانیه	۲۵متر بر ثانیه
شاهد	۲۱۹۸/۷ a	۱۱۰۲۰/۰ a	۵۳۷۳۳/۳ a	۱۲۳۱۶۸ a
۱	۰/۰۰ b	۱۰۲/۲۴ b	۴۰۶/۲ b	۱۸۵۰/۸ b
۲	۰/۰۰ b	۰/۰۰ b	۲۴۹/۵ b	۱۷۶۶/۸ b
۳	۰/۰۰ b	۰/۰۰ b	۰/۰۰ b	۱۰۰۳/۱ bc
۴	۰/۰۰ b	۰/۰۰ b	۰/۰۰ b	۴۳۲/۴ c

در هرستون، میانگین‌ها با حروف یکسان، در سطح ۵ درصد آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری ندارند.

اثر غلظت مختلف بنتونیت ۳۸ میکرون بر فرسایش خاک در شرایط مطالعات میدانی

در آزمایشات صحرایی بنتونیت با غلظت‌های چهار و شش گرم در لیتر پاشش شد و با توجه به سرعت ۲۲/۲ متر بر ثانیه مورد آزمون قرار گرفت. همانطور که مشاهده شد اختلاف معنی‌داری بین نمونه شاهد و غلظت‌های چهار و شش گرم در لیتر وجود دارد، همچنین بین غلظت چهار گرم در لیتر با شش گرم در لیتر نیز اختلاف در سطح ۵ درصد آزمون دانکن به وضوح قابل رویت است. شکل (۲) بیانگر اختلاف معنی‌دار بین نمونه شاهد و غلظت‌های ۴ و ۶ گرم در لیتر در عملیات صحرایی می‌باشد. نتایج حاصل از تحقیقات محمود آبادی (۱۳۹۰) و پدیدار (۱۳۹۲) نیز نشان داد که با افزایش سرعت باد؛ شدت فرسایش خاک نیز افزایش می‌یابد. منطقه مورد مطالعه به شدت از نظر پوشش گیاهی فقیر بوده به طور کلی مناطقی که از نظر پوشش گیاهی فقیر بوده‌اند به شدت در معرض فرسایش بادی قرار دارند (کاردوس و همکاران، ۲۰۰۵). استفاده از بنتونیت ۳۸ میکرون باعث کاهش معنی‌دار در فرسایش خاک شده و بیشترین میزان فرسایش خاک مربوط به تیمار شاهد بوده و با استفاده از بنتونیت ۳۸ میکرون با غلظت ۶ گرم در لیتر بیش از ۹۹/۵ درصد تثبیت خاک صورت گرفته است. اطلاعات کمی در رابطه با اثر نانو رس و بنتونیت بر فرسایش خاک موجود می‌باشد. اولسن و همکاران (۲۰۰۸) و پدیدار (۱۳۹۲) با استفاده از نانو رس به تثبیت تپه‌های شنی و کاهش فرسایش بادی دست یافتند. پاشش مالچ نفتی نیز در تثبیت ماسه‌های روان، اقدامی موقتی می‌باشد و پس از مدتی بسته به نوع میزان و نوع و چگونگی مصرف مالچ و شرایط اقلیمی اثر خود را از دست می‌دهد (واعضی، ۱۳۸۹)

مطالعات هاتفی (۱۳۹۴) نشان داده که میزان فرسایش خاک در صحرا توسط تونل باد با سرعت ۲۲/۲ متر بر ثانیه با غلظت ۴ گرم در لیتر بنتونیت ۱۰ میکرون نسبت به غلظت ۴ گرم در لیتر بنتونیت ۳۸ میکرون به طور نسبی برابری دارد. همچنین مطالعات هاتفی (۱۳۹۴) نشان داده که میزان فرسایش خاک در آزمایشگاه توسط تونل باد با سرعت ۱۷/۷ متر بر ثانیه با غلطت ۴ گرم در لیتر نانورس دارای میزان فرسایش بیشتری نسبت به غلظت ۴ گرم در لیتر بنتونیت ۳۸ میکرون در شرایط آزمایشگاهی دارد که این امر نشان می‌دهد که استفاده از بنتونیت ۳۸ میکرون نسب به نانو رس معقول‌تر خواهد بود.

شکل(۲) نمودار خاک فرسایش یافته در مطالعات میدانی

نتیجه گیری

نتایج استفاده از بنتونیت در کاهش فرسایش بادی نشان داد که کاربرد بنتونیت بر سطح خاک، ظرفیت مقاومت در برابر فرسایش خاک را افزایش داده است. افزایش غلظت بنتونیت از ۱ گرم بر لیتر به ۳ گرم بر لیتر منجر به افزایش بیشتر و بهتر

ذرات به همدیگر شده، که این امر باعث پایداری بیشتر بنتونیت در برابر جریان سایشی باد می‌گردد. بیشترین میزان فرسایش خاک مربوط به تیمار شاهد بوده و استفاده از بنتونیت ۳۸ میکرون با غلظت ۶ گرم در لیتر توانست بیش از ۹۹/۵ درصد فرسایش خاک را نسبت به شاهد کاهش دهد.

منابع

احمدی ح. (۱۳۸۷). ژئومرفولوژی کاربردی. جلد دوم- بیابان- فرسایش بادی. چاپ سوم. دانشگاه تهران: موسسه انتشارات و چاپ، ۷۰۶ صفحه.

جلالیان ا. (۱۳۹۰). تخریب خاک و پیامدهای ان در کشور.دوازدهمین کنگره علوم خاک ایران.تبریز،۱۴-۱۲ شهریور

رفاهی ح ق. (۱۳۸۸). فرسایش بادی و کنترل آن، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ پنجم.

عبدی نزاد غ ع. (۱۳۸۹). شرحی بر عوامل وقوع اثار پدیده گرد و غبار و چگونگی کنترل ان.ماهنامه سبز, سال پنجم ,شماره ۴۳.

کریم زاده ح ر.(۱۳۸۱). چگونگی تکوین ونکامل خاک ها در لندفرم های مختلف و منشا یابی رسوبات فرسایش یافته بادی در منطقه شرق اصفهان. پایان نامه دکتری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

مجدی ه، کریمیان اقبال م، کریم زاده ح، جلالیان ا. (۱۳۸۵). تاثیر انواع مالچ رسی بر میزان مواد فرسایش یافته بادی. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. ۱۰ (۳): ۱۰-۱۴.

محمود آبادی م، دهقانی ف، عظیم زاده ح.(۱۳۹۰). مطالعه اثر توزیع اندازه ذرات خاک بر شدت فرسایش بادی. مجله مدیریت خاک و تولید پایدار. جلد اول. شماره اول.

واعظی ع ر. (۱۳۸۹). کاربرد ماچ های نفتی در مهار فرسایش بادی و تثبیت شن های روان. دومین همایش ملی فرسایش بادی و طوفان های گرد و غبار، دانشگاه یزد.

Kardous M ,Bergametti G ,Marticorena B.(2005). Wind tunnel experiments of the effects of tillage ridge features on wind erosion horizontal fluxes.Annales Geophysicae ,23(10): 3195-3206.

Olesen P k.(2008). Nanoclay for revegetating desert lands,Ninth International conference on dryland development sustainable development in drylands-meeting the challenge of Global climate change 7-10 November 2008 , Alexandria,Egypt

Stout JE, Zobeck TM.(1996). Establishing the threshold condition for soil movment in wind eroding fields, P 61-75. In: Proceeding of the international Conf. on Air Pollution from Agricultural Operations. Mid West plan Service C-3, Kansar City.

Vero'n SR, Paruelo JM and Oestereld M. (2006). Assessing desertification, Journal of Arid Environments, 66, 751-763.

Abstract

One of the most important environmental crises in arid and semi-arid regions is the destructive phenomenon of desertification and wind erosion that the occurrence of dust storms and motion of dusts are its consequences. In this study, soil erosion studies were carried out in Sajzi area under laboratory conditions and field operations that using different concentrations of bile 1, 2, 3 and 4 g per liter of 38 micron bentonite, it was sprayed on the soil as a suspension and with a wind erosion measurement with wind speeds of 10, 13, 17 and 25 m / s under in laboratory conditions.

In field studies, concentrations of 4 and 6 grams per liter of 38 micron bentonite were used and analyzed with respect to the speed of 22.2 meters per second. Finally, in laboratory studies, it was observed that at a concentration of 4 grams per liter of 38 micron bentonite, the erosion was reduced 99/6 % and in the field studies with a concentration of 6 g / l bentonite 38 microns, bentonite, the reduction of erosion was observed in amount of 99/5 %. Other results obtained in field studies have been the increase in the crust depth after the precipitation.

Keywords: bentonite, fine dust, Soil erosion, arid areas, wind tunnels

مطالعه‌ی میکرومورفولوژیکی افق‌های آرجیلیک و پتروکلسیک دریک مقطع لسی–آبرفتی، غرب مشهد

بهاره بهشتی[1]، علیرضا کریمی[1*]، غلامحسین حق‌نیا[1]، امید بیات[1]

۱-گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

*. نویسنده مسئول karimi-a@um.ac.ir

چکیده

میکرومورفولوژی خاک تکنیکی جهت مطالعه فرآیندهای موثر در تشکیل و تکامل خاک‌ها و شناخت شرایط محیطی گذشته می‌باشد. در این پژوهش یک مقطع عمیق در یک آبراهه حاصل از فرسایش خندقی در اراضی تپه ماهوری غرب مشهد مورد مطالعه قرار گرفت. این مقطع از یک خاک لسی دارای افق کلسیک بر روی سه واحد خاک قدیمی تشکیل شده از افق‌های کلسیک، آرجیلیک و پتروکلسیک تشکیل شده بود. ویژگی‌های میکرومورفولوژیکی افق‌های آرجیلیک-کلسیک (Btk) و افق پتروکلسیک (Bkm) بررسی شد. وجود تناوب پوشش‌های رسی و کربنات‌ها نشان دهنده پلی ژنتیک بودن خاک‌ها است. پوشش‌های ترکیبی کربنات‌ها – رس- نودول های کربنات، نشان دهنده تناوب دورهای خشک و مرطوب طی کواترنر پایانی در منطقه مورد مطالعه است. پوسته های رسی تکه شده و تغییرشکل یافته در متن تجمع کربنات‌ها، نشانگر قدمت افق های Btk است. در افق پتروکلسیک تجمع کربنات‌ها به صورت میکریتیک و اسپاریتیک مشاهده شد.

واژگان کلیدی: اقلیم گذشته، پتروکلسیک، ، پوسته ی رسی، کربنات‌های ثانویه.

مقدمه

خاک‌های قدیمی (پالئوسول) محصول تشکیل خاک در شرایط اقلیمی گذشته و از شواهد تغییرات اقلیمی هستند (کریمی وهمکاران، ۱۳۸۹). وجود افق آرجیلیک و کلسیک و پتروکلسیک با در بر داشتن مقادیری از کربنات‌های ثانویه و تجمع رس در خود، اطلاعات مفیدی راجع به اقلیم گذشته و فرآیند تشکیل خاک فراهم می‌کند (بیات و همکاران، ۲۰۱۸؛ خرمالی و کهل، ۲۰۱۱). یکی از روش های مطالعه ی اقلیم گذشته، بررسی و مطالعات میکرومورفولوژی، به منظور تکمیل مطالعات مورفولوژیکی خاک و تکامل خاک ها می باشد (استوپس، ۲۰۰۳). بر اساس نظر استوپس (۲۰۰۳) هیچ روشی مانند میکرومورفولوژی نمی‌تواند ماهیت و پیچیدگی پلی ژنز خاک را آشکار و بیان کند و قابلیت تشریح چگونگی تشکیل خاک را داشته باشد.

افق‌های آرجیلیک، کلسیک و پتروکلسیک از افق‌های معمول در مناطق خشک و نیمه‌خشک دنیا از جمله ایران هستند که مطالعات زیادی برای روش نشدن فرایندهای تشکیل آنها و استفاده از آنها برای مطالعات اقلیم گذشته انجام شده است (بیات و همکاران، ۲۰۱۸؛ خادمی و همکاران، ۲۰۰۳؛ خرمالی و کهل، ۲۰۱۱؛ رشیدی و همکاران، ۲۰۲۰). با توجه به این که فرآیندهای مختلفی می‌توانند سبب تشکیل کلکریت ها و افق‌های پتروکلسیک در مقاطع زمین شناختی شوند (بیات و کریمی، ۱۳۹۹)، مطالعات میکرومورفولوژیکی می‌توانند در شناخت فرآیندهای فعال در ایجاد این افق‌ها مناسب باشند. هدف از پژوهش، مطالعه میکرومورفولوژیکی افق آرجیلیک و پتروکلسیک در خاک‌های متشکل از رسوبات لسی و آبرفتی در غرب مشهد بود.

مواد و روش‌ها

مقطع مورد مطالعه در غرب مشهد و کوه‌های خلج و جنوب روستای شلگرد در طول جغرافیایی "۵۵ ´۳۰ °۵۹ شرقی و عرض جغرافیایی "۱۸ ´۱۲ °۳۶ شمالی واقع شده است. این منطقه دارای میانگین بارش سالیانه ۲۶۰ میلی‌متر و میانگین دمای سالانه آن۱۳/۷ درجه سانتیگراد و دارای اقلیم خشک/نیمه خشک می باشد. مقطع مورد مطالعه در یک آبراهه حاصل از فرسایش خندقی قرار دارد که بر اساس روش رده‌بندی خاک مورد تشریح قرار گرفت (Schoeneberger, 2012). برای مطالعه میکرومورفولوژی، نمونه های دست نخورده از افق های آرجیلیک-کلسیک (2Btk ، 3Btk ، 3Btky) و افق پتروکلسیک برداشته شد. در بستر رزین و سخت کننده قرار داده شد و پس از سخت شدن، مقاطع نازک از تهیه شد. مقاطع نازک با استفاده از میکروسکوپ پلاریزان در دو حالت معمولی PPL و متقاطع XPL بر اساس راهنمای استوپس (۲۰۰۳) مورد مطالعه قرار گرفتند.

نتایج و بحث

توصیف مقطع مورد مطالعه

ترتیب و توالی افق‌ها و برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی در جدول ۱ نشان داده شده است. بر اساس شواهد صحرایی شامل بافت خاک، رنگ و تغییرات سنگریزه و همچنین فرایندهای خاک‌سازی، یک واحد رسوبات لسی در بخش سطحی و سه واحد خاک قدیمی در رسوبات آبرفتی زیر واحد لسی تشخیص داده شد که توسط انقطاع سنگی از یکدیگر جدا شده‌اند (جدول ۱).

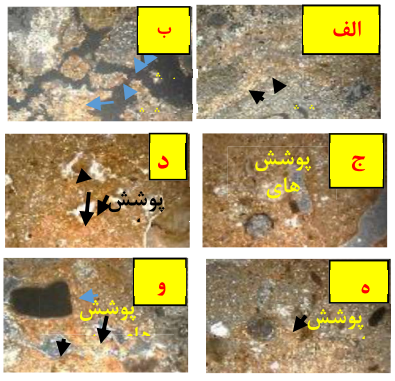
جدول ۱- برخی ویژگی های مورفولوژی، فیزیک و شیمیایی و طبقه بندی خاک مورد مطالعه

افق		عمق	pH	رس	سیلت	شن	کربنات کلسیم معادل
		سانتی متر		%			
واحد لسی	A	۰-۲۰	۷/۹	۱۶/۷	۷۰/۳	۱۳	۲۴/۸
	BC1	۲۰-۷۰	۸/۰	۲۸/۵	۶۰	۱۱/۵	۱۵/۶
	BC2	۷۰-۱۲۰	۷/۹	۲۸/۵	۶۱	۱۰/۵	۲۱/۴
	BC3	۱۲۰-۱۷۰	۸,۲	۱۸/۳	۷۱	۱۰/۷	۲۲/۶
واحدهای آبرفتی	2Bw	۱۷۰-۲۱۵	۷/۷	۳۷/۵	۵۳/۷	۸/۸	۲۰/۲
	2BK1	۲۱۵-۲۴۵	۸/۴	۴۶/۷	۱۶/۸	۳۶/۵	۲۴/۲
	2BK2	۲۴۵-۲۷۵	۸/۴	۴۶/۷	۱۵/۸	۳۷/۵	۲۳/۹
	2Btk	۲۷۵-۳۰۵	۸/۱	۱۶/۷	۴۳/۶	۳۹/۷	۲۳
	3Btky	۳۰۵-۳۴۰	۸/۰	۱۶/۷	۵۸/۳	۲۵	۲۵/۸
	3Btk	۳۴۰-۳۶۰	۷/۸	۵۱/۷	۳۳/۳	۱۵	۴۰/۴
	4Bkm	+۳۶۰	۸	-	-	-	۳۸/۷

توالی افق‌ها در مقطع مورد مطالعه (جدول ۱) نشانگر غالب شدن و جایگزینی فرآیندهای رسوبگذاری بادرفتی بجای فرآیندهای رسوبگذاری آبی و افزایش روند خشکی محیطی در منطقه مورد مطالعه طی کواترنری پایانی هست.

میکرومورفولوژی افق‌های آرجیلیک-کلسیک (Btk)

خصوصیات میکرومورفولوژیکی افق های آرجیلیک-کلسیک در مقطع مورد نظر بررسی شد. خاک‌های این منطقه به دلیل طبیعت مواد مادری و شرایط اقلیمی دارای کربنات‌های بالایی هستند و از این جهت بی فابریک آن بیشتر کلسیت کریستالی است. در افق آرجیلیک-کلسیک پوسته های رسی زیادی مشاهده می شود که بیانگر تجمع رس در این افق و تشکیل افق آرجیلیک است (شکل ۱ الف). وجود پوسته‌های رسی فراوان در همه افق‌های Btk به همراه تجمع کربنات‌های ثانویه مشاهده می شود (شکل ۱). در همه این افق‌های پوسته‌های رسی به صورت تکه‌های جدا شده در داخل حفرات (شکل ۱)، در متن خاک (شکل‌های ه، و) و همچنین تغییر شکل یافته (شکل ۱ الف) دیده می‌شوند. تکه شدن و تغییر پوشش‌های رس بیانگر سن بالا و قدیمی بودن این خاک است.در بخش‌هایی که کمتر تحت تاثیر قرار گرفته‌اند، پوشش‌های رسی بر روی کربنات‌های ثانویه قرار گرفته‌اند (شکل ۱ ب، د) که نشان‌دهنده پلی‌ژنتیک بودن خاک است. این توالی از پدوفیچرها تجمع رس و کربنات‌ها نشان از چند دوره اقلیمی در این خاک است.



شکل ۱- تصاویر مقاطع نازک الف و ب) افق 2Btk، ج و د) 3Btk، ه و و) 3Btky؛ پوسته های رس تغییر شکل یافته (الف تا و)، پوش رسی بر روی کربنات ثانویه (ب)، پوشش های رسی تکه شده در داخل حفره (ج)

در افق 2Btk در تصویر مقطع نازک، داخل پوسته رسی کربنات های ثانویه نیز مشاهده شد (شکل ۱ ب) هایپوکوتینگ رس بر روی کربنات ثانویه بیانگر شستشو و انتقال کربنات ثانویه از افق های بالایی به افق زیرین و پس از آن شستشو و انتقال رس می‌باشد. در افق 3Btk مقطع نازک نشان میدهد که کل بستر خاک این تصویر پوشیده از نودول کربنات های ثانویه است که بعضی از آن ها دارای مرز و بعضی از آن ها مرز مشخصی با اطراف ندارند البته پوسته های رسی نیز همچنان در این مقطع حضور دارند که تکه تکه شده و شکل خود را از دست داده اند که بیانگر قدیمی بودن این افق و نهایتا خاک می باشد(شکل۲ ج). وجود نودول کربنات ثانویه و پوسته ی رسی نشان دهنده ی پدوفیچر مرکب و پلی ژنتیک بودن خاک است. در افق 2Btk در تمام تصاویر مقاطع نازک آن تعداد بیشتری حفره از دو افق زیرین آن دارد. در افق 2Btk و 3Btk اکسیدآهن مشاهده شد که بیانگر شدت آزادسازی آهن است. در افق 3Btk مقدار رس و کربنات کلسیم معادل از تمام افق ها بیشتر است که بدلیل تجمع کربنات‌های شسته شده از افق های بالا و بالا بودن مقدار رس نیز در این بخش به دلیل رسوب رس از افق های بالاست.

میکرومورفولوژی افق پتروکلسیک (4Bkm)

با بررسی تصاویر مقاطع نازک افق پتروکلسیک، اشکال متفاوتی از تجمع کلسیت مشاهده شد (شکل ۲ الف-ج). در در شکل ۲ (ب) مشخص است که کل زمینه خاک توسط کربنات‌های ثانویه به صورت کامل اشباع شده است؛ همچنین، در این افق دو نوع کربنات مشاهده می شود (شکل ۲ ج). نوع اول از نوع میکریت است که در وسط شکل ۲ ج مشاهده می شود و اسپاریتیک که ذرات کربنات کلسیم هستند که مشابه یافته های رشیدی و همکاران در مطالعات مقاطع بجستان است (رشیدی و همکاران، ۲۰۲۰).

شکل ۲- تصاویر الف ، ب ، ج، افق 4Bkm (پتروکلسیک)

نتیجه‌گیری

ویژگی های مقطع مورد نشان از چند دوره خاک‌سازی را نشان می دهد. در بخش آبرفتی، سه خاک قدیمی با تکامل در حد تشکیل افق آرجیلیک و پتروکلسیک وجود دارد که نشان دهنده دوره های مناسب برای آبشویی و انتقال کربنلت ها و رس است. وجود پوسته های رسی در جهت تایید افق آرجیلیک و همراه بودن آن با کربنات کلسیم نشان دهنده ی پلی ژنتیک بودن تشکیل این افق است. وجود نودول های آهکی که تحت پوشش رس قرار دارند نشان دهنده یک دوره ی مرطوب پس از انتقال کربنات ها است. مطالعه میکرومورفولوژی این مقطع اثبات کننده منشاء پدوژنیک کلکریت مورد مطالعه می‌باشد. وجود خاک لسی با تکامل کم نشان از تعییر به شرایط خشکی در هولوسن دارد.

فهرست منابع

بیات ا. و کریمی، ع. ۱۳۹۹. مروری بر مدل‌های مفهومی و عددی تکامل کربنات‌های پدوژنیک در خاک‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک، فصلنامه کواترنری ایران، ۶(۱)، ۳۹-۸۳.

کریمی،ع.، خادمی، ح. و جلالیان، ا. ۱۳۸۹. شواهد پدولوژیکی و ژئومورفولوژیکی تغییر اقلیم در شمال شرق ایران. چهارمین کنفرانس منطقه‌ای تغییر اقلیم. ۲۰۹-۲۱۴

Bayat, O., Karimzadeh, H. R., Khademi, H., Eghbal, M. K., Karimi, A. and Amundson, R. 2018. Calcic soils as indicators of profound Quaternary climate change in an arid region, eastern Isfahan, Iran. Geoderma 315, 220-230.

Khademi, H. and Mermut, A. R. 2003. Micromorphology and classification of Argids and associated gypsiferous Aridisols from central Iran. Catena 54: 439-455.

Khormali, F. and Kehl, M. 2011. Micromorphology and development of loess-derived surface and buried soils along a precipitation gradient in Northern Iran. Quaternary International 234,109-123.

Schoeneberger, P.J., Wysocki, D.A., Benham, E.C., and Soil Survey Staff. 2012. Field Book for Describing and Sampling Soils, Version 3.0. Natural Resources Conservation Service, National Soil Survey Center, Lincoln, NE.

Stoops, G. 2003. Guidelines for the Analysis and Description of Soil and Regolith .Thin Sections. SSSA. Madison, WI.

Micromorphological study of argillic and petrocalcic horizons in a loess- alluvial section, western Mashhad

Bahareh Beheshti[1],Alireza Karimi[1], Gholamhosain Haghnia[1], Omid Bayat[1]

[1]Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

Abstract

Soil micromorphology is a technique for studying the processes responsible for soil formation and evolution as well as understanding past environmental conditions. In this study, a deep section in the the hilly lands in western of Mashhad was investigated. The section composed of a a loessial soil wuth calcic horizon on the three units of paleosols contaiing calcic-argillic (Btk) and petrocalcic (Bkm) horizons. Micromorphological charactersitics of these horizons were described. The association of clay coating and secondary carbonate indicates the polygenetic nature of the horizons. The existence of clacite nodules covered with clay coatings indicates alternation of dry and humid climate in the area. Te fragmented and deformed clat coations are the edidences of durataion of soil formation processes. Micritic and sparitic calcite were the common carbonates accumulation in the petrocalcic horizon.

Keywords: Paleoclimate, Petrocalcic, Clay coating, Secondary carbonate

پایش شوری خاک با استفاده تصاویر ماهواره‌ای و روش‌های یادگیری ماشین

ارسطو زارعی[۱]، مهدی حسنلو[۱،*]، مسعود مهدیان پری[۲]، کامران افتخاری[۳]، محمد جمشیدی[۳]

۱- دانشکده مهندسی نقشه‌برداری و اطلاعات مکانی، پردیس دانشکده‌های فنی، دانشگاه تهران (hasanlou@ut.ac.ir)

۲- دانشگاه مموریال نیوفاندلند، کانادا

۳- موسسه خاک و آب، کرج، ایران

چکیده

شوری خاک، بعنوان یک شاخص زیست محیطی قابل توجه، یکی از مهمترین دلایل تخریب زمین، به ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک محسوب می‌شود. در بسیاری از موارد، این تهدید عمده منجر به از بین رفتن زمین‌های قابل کشت، کاهش بهره‌وری محصول، از بین رفتن منابع آب زیرزمینی، افزایش هزینه‌های اقتصادی برای مدیریت خاک و در نهایت افزایش احتمال فرسایش خاک می‌شود. نظارت بر توزیع شوری خاک و درجه شوری و نقشه‌برداری از هدایت الکتریکی با استفاده از روش‌های سنجش‌ازدور برای مدیریت کاربری زمین بسیار مهم است. خاک متاثر از شوری یک پدیده غالب در رودخانه شور اشتهارد واقع در شهرستان اشتهارد است. در این مطالعه، پتانسیل تصاویر Sentinel-2 برای نقشه‌برداری و نظارت بر شوری خاک بررسی شد. با توجه به گذر ماهواره، خواص مختلف نمک برای ۱۹۷ نمونه خاک در مطالعه داده میدانی اندازه گیری شد. بنابراین چندین ویژگی طیفی، مانند بازتاب باند ماهواره‌ای، شاخص‌های شوری و شاخص‌های پوشش گیاهی، از تصاویر Sentinel-2 استخراج شدند. برای ساخت یک مدل رگرسیون یادگیری ماشین بهینه برای تخمین شوری خاک، از دو مدل مختلف رگرسیون، از جمله روش جنگل تصادفی و ماشین بردار پشتیبان استفاده شد. روش جنگل تصادفی با ضریب تعیین 0.71، خطای ریشه میانگین مربعات حدود 0.91 دسی زیمنس بر متر و خطای میانگین مربعات نرمال شده حدود 0.36 دسی زیمنس بر متر، عملکرد بهتری نسبت به مدل ماشین بردار پشتیبان داشت. نتایج نشان داد که ادغام داده‌های سنجش‌ازدور، داده‌های میدانی و استفاده از یک مدل یادگیری ماشین مناسب می‌تواند نقشه‌های شوری با دقت بالا را برای نظارت بر شوری خاک به عنوان یک مشکل زیست محیطی ارائه دهد.

واژگان کلیدی: شوری خاک، هدایت الکتریکی، یادگیری ماشین، ماهواره سنتینل-۲.

مقدمه

شور شدن خاک ناشی از فرآیندهای طبیعی و عوامل انسانی بعنوان یک خطر قابل توجه زیست محیطی در مناطق خشک و نیمه خشک می‌باشد (مترنیخت و همکاران، ۲۰۰۳؛ رن و همکاران، ۲۰۱۹). خاک تحت تاثیر شوری میزان بهره‌وری محصولات کشاورزی، سلامت زیست بوم و کیفیت آب و خاک را تحت تاثیر قرار می‌دهد و در نهایت منجر به فرسایش خاک و تخریب زمین می‌شود (خان و همکاران، ۲۰۰۵؛ ویک و همکاران، ۲۰۱۱). سازمان جهانی غذا و کشاورزی[۱] (FAO) تخمین زده است که ۳۹۷ میلیون هکتار زمین در مقیاس جهانی را خاک‌های شور پوشش داده است و مناطق آسیب دیده با سرعت دو میلیون هکتار در سال رو به گسترش است (کوه افکن، ۲۰۱۲؛ پنگ و همکاران، ۲۰۱۹). علاوه بر محتوی اصلی نمک در بسیاری از مناطق، منابع خاک در معرض تهدید شور شدن ثانویه است. این فرآیند عمدتا نتیجه عواملی از قبیل بارش کم و تبخیر زیاد، سطح آب‌های زیرزمینی کم عمق و فعالیت‌های غیرمنطقی کشاورزان می‌باشد (نیکولاس و همکاران، ۲۰۰۶؛ جیانگ و همکاران، ۲۰۱۹). بنابراین نظارت دقیق، ارزیابی و نقشه‌برداری جهت تشخیص شوری خاک می‌تواند درک کافی را از توزیع زمانی و مکانی این تهدید فرآهم کند تا امکان بازسازی موثر خاک برای مدیریت زمین ایجاد شود (بناری و همکاران، ۲۰۱۸؛ دیویس و همکاران، ۲۰۱۹).

برای بررسی میزان پویایی شوری خاک از پارامتر هدایت الکتریکی[۲] (EC) به دلیل همبستگی بالای آن با شوری خاک استفاده

[۱] Food and Agriculture Organization of the United Nations

[۲] Electrical Conductivity

می‌شود (بناری و همکاران، ۱۹۵۴). روش‌های سنتی برای تحلیل میزان EC بسیار دقیق است اما زمانبر، ناپیوسته و هزینه‌بردار است. در دو دهه گذشته سنجش‌ازدور بطور گسترده‌ای برای تعیین و نظارت بر ویژگی‌های شوری خاک در مقیاس‌های مختلف استفاده شده است (دوویدی، ۲۰۰۱؛ سانترا و همکاران، ۲۰۱۵؛ لیزاگا و همکاران، ۲۰۱۹؛ دیل و همکاران، ۱۹۸۶). داده‌های چندطیفی مانند ماهواره‌های QuickBird، IKONOS، SPOT و Landsat در زمینه شناسایی و نظارت بر شوری خاک مفید هستند (فریفته، ۲۰۰۷؛ تگی و همکاران، ۲۰۱۲؛ کوشال، ۲۰۱۲). همچنین پرتاب ماهواره Sentinel-2 مجهز به ابزار چند طیفی[۱] (MSI) در سال ۲۰۱۵ بخش اساسی از نظارت جهانی برای محیط زیست است که در چند سال گذشته بطور مداوم از این ماهواره به دلیل توان تفکیک مکانی و طیفی بالا برای تشخیص نواحی تحت تاثیر شوری استفاده شده است (مالنوفسکی و همکاران، ۲۰۱۲؛ تقدسی و همکاران، ۲۰۱۹؛ ونگ و همکاران، ۲۰۱۹).

بطور کلی، سنجش‌ازدور با استفاده از انرژی امواج الکترومغناطیس منعکس شده از اهداف در پهنای باندهای متفاوت و ترکیب باندهای مختلف طیفی برای بدست آوردن اطلاعات در مورد سطح زمین با سطوح مختلف جزئیات استفاده می‌کنند. بنابراین، بازتاب طیفی از ویژگی‌های نمک موجود در سطح خاک بطور گسترده‌ای در بسیاری از مطالعات مورد استفاده قرار گرفته و به عنوان شاخص مستقیم برای تشخیص و نظارت بر شوری خاک استفاده می‌شود. در یک مطالعه موردی در شهرستان Malheur، از تصاویر ماهواره لندست TM برای نقشه‌برداری شوری خاک استفاده شد. نتایج آنها نشان داد که مقدار زیادی نمک در خاک‌های بایر را می‌توان در باندهای ۱ الی ۴ ماهواره لندست به دلیل بازتاب طیفی بالای نمک در این محدوده شناسایی کرد (النگر و همکاران، ۲۰۰۹). در مطالعه دیگری پتانسیل داده‌های ماهواره Sentinel-2 برای بررسی شوری خاک با استفاده از ترکیب‌های مختلف طیفی بکار برده شد. نتایج حاصل از این تحقیق شاخص‌های شوری با ترکیب دو باند طیفی و سه باند طیفی را ارائه داد که همبستگی بسیار بالایی را با داده زمینی شوری داشته‌اند و نقشه‌های شوری را با دقت مطلوبی ارائه می‌دهند (ونگ و همکاران، ۲۰۱۹). علاوه بر شاخص‌های طیفی که از ترکیب باندهای تصاویر ماهواره‌ای بدست آمده‌اند، می‌توان از روش های مختلف تبدیلات تصویری[۲] برای استخراج ویژگی‌های مفید جهت ارزیابی شوری خاک استفاده کرد. در مطالعه‌ای از روش تحلیل مولفه اصلی[۳] (PCA) همراه با شاخص‌های طیفی برای نظارت بر شوری خاک استفاده شد. نتایج نشان داد که استفاده از روش PCA و همچنین شاخص‌های شوری، یک روش مناسب برای پیش‌بینی شوری از تصاویر ماهواره‌ای است و دقت مطلوبی را ارائه می‌دهد (عباس و همکاران، ۲۰۰۷).

نظارت و نقشه‌برداری از شوری خاک را می‌توان با اندازه‌گیری داده واقعیت زمینی[۴] از شوری خاک و مقادیر پیکسل استخراج شده متناظر با آن از داده‌های ماهواره‌ای را انجام داد. در سال‌های اخیر، طیف گسترده‌ای از روش‌های رگرسیون برای مدلسازی شوری خاک و برآورد مقادیر EC ایجاد شده است. عملکرد این روش‌ها باتوجه به منطقه مورد مطالعه، داده میدانی جمع‌آوری شده و روش رگرسیون اعمال شده متفاوت است هستند (فریفته و همکاران، ۲۰۰۷؛ احمد و همکاران، ۲۰۱۰؛ گرجی و همکاران، ۲۰۱۷). آقای Wang و همکاران برای بررسی تغییرات مکانی شوری خاک در رودخانه دلتا، از تجزیه و تحلیل همبستگی، روش حداقل مربع معمولی[۵] (OLS) و روش رگرسیون مکانی[۶] استفاده کردند. نتایج این مطالعه نشان داد که مدل رگرسیون مکانی دارای برآورد قابل توجه و مناسب برای منطقه مورد مطالعه است می‌دهند (ونگ و همکاران، ۲۰۰۷). آقای Qu و همکاران روش رگرسیون حداقل مربعات جزئی[۷] (PLSR) را برای ارزیابی شوری خاک با استفاده از داده‌های فراطیفی بکار بردند. نتایج نشان داد که روش PLSR کالیبره شده می‌تواند به عنوان ابزاری برای بازیابی شوری خاک با نتایج دقیق مورد

---

[۱] Multi Spectral Instrument
[۲] Transformation Based
[۳] Principle Component Analysis
[۴] Ground-truth measurement
[۵] Ordinary Least Square
[۶] Spatial Regression
[۷] Partial Least Square Regression

استفاده قرار گیرد (کیو و همکاران، ۲۰۰۸). اخیرا، با استفاده از روش‌های رگرسیون یادگیری ماشین[۱] مانند رگرسیون بردار پشتیبان[۲] (SVR) و روش جنگل تصادفی[۳] (RF) نقشه‌برداری از شوری خاک به طور دقیق انجام شده است. آقای Wu و همکاران در سال ۲۰۱۸ با استفاده از داده ماهواره لندست و روش‌های رگرسیون یادگیری ماشین مانند SVR، RF و رگرسیون خطی چندگانه[۴] (MLR) به مدلسازی و نقشه‌برداری شوری خاک پرداختند. در مقایسه روش‌های مختلف رگرسیون نتایج نشان داد که روش RF با خطای کمتر نسبت به مدلهای دیگر دقت مناسب‌تری را ارائه می‌دهد و برای نقشه‌برداری از شوری خاک توصیه می‌شود (وو و همکاران، ۲۰۱۸). در مطالعه دیگر آقای Wang و همکاران در سال ۲۰۱۹ به بررسی روش‌های مختلف رگرسیون یادگیری ماشین برای مدلسازی شوری خاک در سایت‌های مطالعاتی مختلف پرداختند. نتایج نشان داد که روش تقویت افزایش گرادیان درختی[۵] (SGT) مناسب‌ترین الگوریتم برای پیش‌بینی شوری خاک در مناطق خشک است (ونگ و همکاران، ۲۰۱۹).

براساس نتایج مطالعات قبلی، این مقاله نظارت بر شوری خاک و نقشه‌برداری از میزان EC خاک را با استفاده از تصاویر ماهواره Sentinel-2 بررسی می‌کند. اهداف اصلی این مقاله شامل: (۱) شناسایی متغیرهای مناسب برای پیش‌بینی شوری خاک در رودخانه شور واقع در اشتهارد، و (۲) ارزیابی و مقایسه دو الگوریتم SVR و RF در پیش‌بینی شوری خاک با استفاده از داده میدانی برداشت شده در منطقه مورد مطالعه می‌باشد.

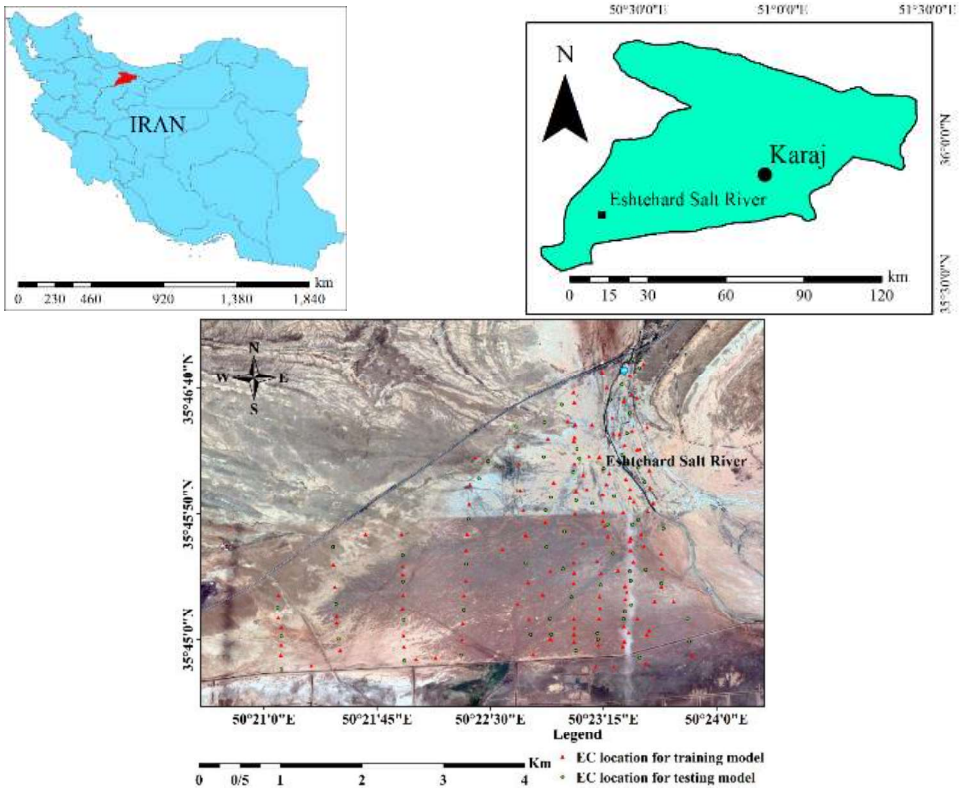
منطقه مورد مطالعه و داده

شهرستان اشتهارد به وسعت ۷۹۰ کیلومتر مربع در جنوب غربی استان البرز در حوزه رودخانه شور واقع شده است. این شهرستان به لحاظ هیدرولوژیکی و ژئوهیدرولوژیک ساختار کاملا متفاوتی دارد. منطقه مورد مطالعه در این طرح در بستر رودخانه شور اشتهارد[۶] با مساحت حدود ۲۶ کیلومتر مربع بین طول جغرافیایی $35°44'30''-35°46'30''$ شمالی و عرض جغرافیایی $50°21'00''-50°24'00''$ شرقی قرار دارد (شکل ۱).

در این بخش، دو نوع مجموعه داده مورد بحث قرار می گیرد: (۱) داده میدانی که برای آموزش رگرسیون یادگیری ماشین و ارزیابی روش پیشنهادی استفاده شده است، و (۲) مجموعه داده های ماهواره‌ای. به منظور بررسی خاک در نواحی آسیب دیده، اندازه‌گیری شوری و تهیه داده‌های واقعیت زمینی، عملیات میدانی در مجاور رودخانه شور اشتهارد صورت پذیرفت. نمونه‌برداری از خاک این منطقه با استفاده از طراحی نقاط کنترل زمینی با برداشت ۱۹۷ نمونه بصورت تصادفی از بخش‌های مختلف منطقه پیرامون رودخانه شور اشتهارد در تاریخ‌های ۱۳۹۹/۰۵/۱۶، ۱۳۹۹/۰۶/۰۳، ۱۳۹۹/۰۶/۰۹ و ۱۳۹۹/۰۶/۱۴ برداشت گردید. در تمام نقاطی که نمونه‌های زمینی برداشت شده است، از یک روش برای جمع آوری داده استفاده می‌شود. بطوری که هر نمونه مورد تجزیه و تحلیل در این، کار ترکیبی از پنج نمونه خاک است. به اینصورت که یک نمونه در مرکز محل و ۴ نمونه از ۴ گوشه مربع $10^m \times 10^m$ جمع آوری می‌شوند و سپس میانگین این پنج نقطه معرف شوری در آن قسمت می‌باشد. این مراحل برای همه نمونه‌ها اعمال می‌شود تا مقادیر نمونه‌ها در پیکسل تصاویر ماهواره‌ای بهینه شود (ونگ و همکاران، ۲۰۲۰). شکل ۱ انجام عملیات میدانی و برداشت و توزیع نقاط نمونه در منطقه رودخانه شور اشتهارد را نمایش می‌دهد.

---

۱ Machine Learning Regression
۲ Support Vector Regression
۳ Random Forest
۴ Multiple Linear Regression
۵ Stochastic Gradient Treeboost
۶ Eshtehard salt river



شکل ۱- بستر رودخانه شور اشتهارد و برداشت داده میدانی

تصاویر سطح دوم ماهواره سنتینل-۲ که تمام تصحیحات اتمسفری و هندسی روی آن انجام شده است با دوازده باند طیفی متمایز و توان تفکیک مکانی بالا در تاریخ‌های ۱۳۹۹/۰۵/۱۵، ۱۳۹۹/۰۶/۰۴، ۱۳۹۹/۰۶/۰۹ و ۱۳۹۹/۰۶/۱۴ از منطقه رودخانه شور اشتهارد اخذ گردید. استفاده از تصاویر این سنجنده با توجه به توان تفکیک طیفی و مکانی مساعد آن می‌تواند گامی مؤثر و رو به جلو در پایش شوری خاک با استفاده از توانایی تصاویر ماهواره‌ای باشد.

مواد و روش‌ها

همانطور که بحث شد، هدف اصلی این مطالعه ارزیابی پایداری الگوریتم‌های SVR و RF برای مدلسازی رابطه بین ویژگی‌های طیفی ماهواره Sentinel-2 و پارامتر شوری خاک بر روی رودخانه شور اشتهارد بود. مراحل روش پیشنهادی به اینصورت است که ابتدا ویژگی‌های مرتبط با شوری خاک را از تصاویر ماهواره‌ای استخراج می‌کنیم، در گام دوم روش‌های رگرسیون یادگیری ماشین را تشریح خواهیم کرد و در نهایت پارانترهای ارزیابی این روش‌ها ارائه خواهد شد.

برای شناسایی مناطق آسیب دیده و تعیین رابطه بین مقادیر EC نمونه‌های خاک و مقادیر پیکسل مربوطه در تصاویر ماهواره‌ای از ۱۰ باند طیفی که در آن شوری خاک دارای انعکاس می‌باشد استفاده شد (ونگ و همکاران، ۲۰۱۹). از آنجاکه منطقه مورد مطالعه عمدا زمین بایر می‌باشد و پوشش گیاهی بسیار ناچیز است، استفاده از شاخص‌های شوری که بازتاب سطوح تحت تاثیر از نمک را برجسته‌تر می‌کند بسیار موثر می‌باشد. استفاده از شاخص‌های پوشش گیاهی، که معمولا برای شناسایی مناطق گیاهی استفاده می‌شود، می‌تواند در تجزیه و تحلیل روند شوری خاک موثر باشد زیرا تاثیرات منفی شوری بر رشد گیاه بیانگر تغییرات شوری در زمین‌های با پوشش گیاهی می‌باشد (موریرا و همکاران، ۲۰۱۵). با این حال، به منظور ارزیابی ارتباط بین مقادیر EC نمونه‌های خاک و مقادیر پیکسل مربوطه حاصل از شاخص‌های شوری و پوشش گیاهی، چندین شاخص شوری و پوشش گیاهی بعنوان متغیرهای پیش بینی کننده در تحلیل رگرسیون ما انتخاب شدند. این شاخص‌ها در مطالعات قبلی بهترین عملکرد را برای تشخیص شوری نشان دادند (ونگ و همکاران، ۲۰۱۹؛ آلبد و همکاران، ۲۰۱۳؛ اسکودیرو و همگاران،

۲۰۱۴). در پردازش تصویر و یادگیری ماشین، تغییر ویژگی‌ها با تبدیل مجموعه داده‌های اندازه‌گیری شده برای تولید مجموعه داده‌ای که شامل اطلاعات مفید، آموزنده و تسهیل باشد مورد استفاده قرار می‌گیرد (ریچارد، ۱۹۹۹). این مطالعه از روش‌های PCA و ICA بعنوان ویژگی‌های تبدیلات تصویری استفاده کرد (لی و همکاران، ۲۰۰۳؛ رانچورداس و همکاران، ۲۰۱۰). بطور کلی ۴۶ ویژگی از داده ماهواره‌ای استخراج شد که در جدول ۱ قابل مشاهده است.

جدول۱- ویژگی‌های استخراج شده از تصاویر ماهواره‌ای سنتینل-۲

باندهای ماهواره سنتینل-۲ / تبدیلات تصویری		شاخص‌های شوری و پوشش گیاهی					
ویژگی		شاخص	فرمول	شاخص	فرمول	شاخص	فرمول
Blue	NIR	TBI2	$\frac{\text{RedEdge3}}{(\text{SWIR2}+\text{SWIR2})}$	SI-3	$\frac{(\text{Blue}-\text{Red})}{(\text{Blue}+\text{Red})}$		
Green	Red Edge 4	TBI3	$\frac{(\text{RedEdge2}-\text{SWIR2})}{(\text{RedEdge2}+\text{SWIR2})}$	SI-4	$\sqrt{(\text{Green}^2+\text{Red}^2)}$	RI	$\frac{\text{Red}}{\text{SWIR2}}$
Red	SWIR 1	TBI5	$\frac{(\text{SWIR1}+\text{SWIR2})}{\text{Green}}$	SI-5	$\sqrt{(\text{Green}^2+\text{Red}^2+\text{NIR}^2)}$	NDI	$\frac{(\text{SWIR2}-\text{RedEdge3})}{(\text{SWIR2}+\text{RedEdge3})}$
Red Edge 1	SWIR 2	TBI7	$(\text{SWIR1}-2'\text{SWIR2}+\text{RedEdge1})$	SI-6	$\sqrt{(\text{Blue}'\text{Red})}$	NDSI	$\frac{(\text{Red}-\text{NIR})}{(\text{Red}+\text{NIR})}$
Red Edge 2	PC1-PC10	SI-1	$\frac{(\text{Red}'\text{NIR})}{\text{Green}}$	SI-7	$\frac{\text{Blue}}{\text{Red}}$	CRSI	$\frac{(\text{Red}'\text{NIR})-(\text{Blue}'\text{Green})}{(\text{Red}'\text{NIR})+(\text{Blue}'\text{Green})}$
Red Edge 3	IC1-IC10	SI-2	$\frac{(\text{Red}'\text{Blue})}{\text{Green}}$	BI	$\sqrt{(\text{NIR}^2+\text{Red}^2)}$		

جنگل تصادفی یک الگوریتم یادگیری ماشین نظارت شده است که هم برای حل مسائل رگرسیون و هم برای طبقه بندی مورد استفاده قرار می‌گیرد و می‌تواند روابط غیرخطی بین هدف و ورودی را حل کند (بریمن و همکاران، ۲۰۰۱). بعنوان یک الگوریتم تحت نظارت، RF به داده‌های آموزش نیاز دارد. این الگوریتم جنگل را با استفاده از مجموعه‌ای از درختان تصمیم-گیری منفرد، هر درخت با زیر مجموعه‌ای از ویژگی‌های تصادفی ایجاد می‌کند (ماریانا و همکاران، ۲۰۱۶). هر درخت به زیر مجموعه‌ای تصادفی از نمونه‌های آموزشی دسترسی پیدا می‌کند و مقادیر هدف را پیش بینی می‌کند. این الگوریتم می‌تواند اهمیت نسبی هر ویژگی ورودی را تعیین کند، که در درک سهم هر ویژگی در پیش‌بینی خروجی RF مهم است (هونگ و همکاران، ۲۰۱۶).

ماشین‌های بردار پشتیبان که برای اولین بار توسط وپنیک و در سال ۱۹۹۶ معرفی شد، یک سیستم یادگیری است که ایده اصلی آن بر مبنای محاسبه تابع رگرسیون خطی در فضای بالاتری از ویژگی بنا شده است. بر این اساس برای انجام تحلیل رگرسیون داده‌های ورودی از فضای اولیه به فضایی با ابعاد بالاتر انتقال داده می‌شوند که این کار با توابع هسته انجام می‌گیرد. همچنین هسته‌های مختلفی به منظور ارزیابی مدل در روش‌های مبتنی بر هسته در نظر گرفته شده است که شامل هسته خطی، هسته چندجمله‌ای و هسته گوسی هستند. در این تحقیق از هسته گوسی $\exp\left(-\gamma\|x-y\|^2\right)$ با توجه به نتایج مطلوب آن در تحقیقات گذشته استفاده شده است. پارامترهای مربوط به این هسته شامل: ۱) C، پارامتر جریمه مربوط به میزان خطای مشاهداتی، ۲) ε، بیانگر مقدار انعطاف تابع، ۳) γ، نقش مؤثر و تعیین کننده‌ای در تعیین دقت مدل دارد (وپنیک و همکاران، ۱۹۹۶؛ مالدونادو و همکاران، ۲۰۱۱).

برای برآورد دقت مدل‌های پیش بینی تهیه شده، سه معیار متمایز: ۱) خطای جذر میانگین مربعات[۱]، ۲) ضریب

[۱] Root Mean Square Error (RMSE)

تعیین[1] و ۳) خطای جذر میانگین مربعات نرمال شده[2] بکار رفته است که به روابط آن اشـــاره می‌شـود. در هر یک از روش‌های رگرسـیونی، با توجه به تقسـیم مکعب داده به مجموعه داده‌های آموزشـی و تسـت، این سـه معیار محاسبه شده و برآورد دقت مدل‌ها با این مقادیر صورت پذیرفته است.

$$RMSE = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(y_i - \hat{y}_i)^2 \qquad (۱)$$

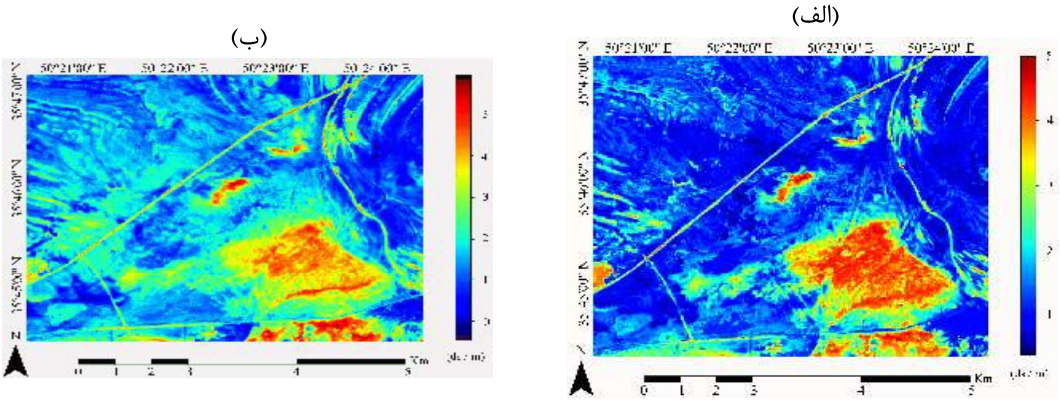
$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{n}(y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^{n}(y_i - \bar{y}_i)^2} \qquad (۲)$$

$$NRMSE = \frac{RMSE}{\bar{y}} \qquad (۳)$$

با توجه به تمامی موارد بیان شده تهیه مدل شوری با استفاده از روش‌های رگرسیونی ذکر شده صورت گرفته است و همچنین الگوریتم بهینه سازی جستجوی شبکه برای بهبود دقت مدل‌های پیش بکار برده شده است. در نهایت با توجه به نتایج به دست آمده از مدل‌های پیش بینی، نقشه شوری خاک برای منطقه رودخانه شور اشتهارد تهیه شده است که در بخش نتایج آنها را تجزیه و تحلیل خواهیم کرد.

نتایج و بحث

با توجه به موقعیت داده‌های زمینی در محل مطالعه، مقادیر پیکسل داده‌های ماهواره برای تجزیه و تحلیل استخراج شد. مطابق جدول ۱، ۴۶ ویژگی برای هر نمونه خاک در نظر گرفته شد و یک ماتریس حاوی تمام اندازه‌گیری‌های داده زمینی و ویژگی‌های ماهواره‌ای ایجاد شد تا برای ساخت مدل استفاده شود. ماتریس داده سپس به دو بخش تقسیم شد: ۷۰ درصد برای آموزش و ۳۰ درصد برای آزمایش، به ترتیب، برای توسعه مدل و اعتبار سنجی مدل. ما مدل های پیش بینی را با استفاده از SVR و RF برای تخمین شوری خاک پس از در نظر گرفتن متغیرهای مستقل ایجاد کردیم. با توجه به نتایج تجزیه و تحلیل رگرسیون، از مدل‌های ساخته شده برای ترسیم مقادیر EC برای هر پیکسل در تصویر ماهواره استفاده شد. در میان این مدل‌ها، بهترین روش رگرسیون براساس مقادیر R^2، RMSE و NRMSE برای نقشه برداری از شوری خاک در کل تصویر مقایسه شده است، که در بخش بعدی بحث خواهد شد. شکل ۲ نقشه EC پیش بینی شده برای هر روش رگرسیون را نشان میدهد.



شکل ۲- نقشه EC پیش بینی شده خاک بر اساس نتایج تجزیه و تحلیل رگرسیون، الف) روش RF، ب) روش SVR

مدل برآورد شوری خاک به ترتیب با استفاده از روش‌های SVR و RF ساخته شد و صحت مدل تخمین زده شده مقایسه و ارزیابی شد (جدول ۲). پس از بهینه سازی پارامترها در مجموعه داده‌های آموزشی هر مدل طبق نتایج جدول ۲، مدل RF دقت

[1] Coefficient of Determination (R^2)

[2] Normalized Root Mean Square Error (NRMSE)

بالایی را در پیش بینی شوری خاک نشان می‌دهد. همچنین، مدل SVR نتایج ضعیف‌تر را ارائه میدهد. دو دلیل اصلی برای بهتر بودن مدل RF نسبت به مدل SVR وجود دارد: ۱) جنگل تصادفی از یادگیری گروهی بهره میبرد که در آن چندین یادگیرنده ضعیف از یک یادگیرنده قوی بهتر عمل می‌کنند، ۲) در این روش با کاهش واریانس سعی می‌شود که از رخداد بیش برازش جلوگیری شود.

جدول۱- ارزیابی دقت روش‌های یادگیری ماشین

روش یادگیری ماشین	آموزش / تست	R^2	RMSE	NRMSE	تعداد ویژگی
SVR	**آموزش**	0.78	0.84	0.36	46
	تست	0.67	0.96	0.38	
RF	**آموزش**	0.94	0.55	0.23	46
	تست	0.71	0.91	0.36	

نتیجه‌گیری

در این مطالعه، ۴۶ متغیر، در چهار دسته اصلی یعنی ، داده‌های سنجش‌ازدور، ویژگی‌های زمین، شاخص‌های طیفی شوری و پوشش گیاهی و دو مدل SVR و RF برای تخمین شوری خاک در رودخانه شور اشتهارد در نظر گرفته شد. نتایج اصلی به شرح زیر است: ۱) بطور کلی، ۴۶ عامل در نظر گرفته شده قابل توجه بودند و در تخمین شوری خاک بسیار کارآمد می‌باشند. ۲) مدل RF بهترین مدل در این مطالعه بود، با عمل‌کرد و دقت مدل بهتر نسبت به مدل SVR. ۳) طبق نقشه EC بدست آمده از مدل RF، شمال و غرب منطقه مورد مطالعه شوری خاک نسبتاً کم را نشان می‌دهد. خاک شور عمدتا در جنوب شرقی و در مرکز منطقه مورد مطالعه و رودخانه شور یافت شد.

منابع

Allbed, A., & Kumar, L. (2013). Soil salinity mapping and monitoring in arid and semi-arid regions using remote sensing technology: a review. Advances in remote sensing, 2013.

Bannari, A., El-Battay, A., Bannari, R., & Rhinane, H. (2018). Sentinel-MSI VNIR and SWIR bands sensitivity analysis for soil salinity discrimination in an arid landscape. Remote Sensing, 10(6), 855.

Belgiu, M., & Drăguţ, L. (2016). Random forest in remote sensing: A review of applications and future directions. ISPRS journal of photogrammetry and remote sensing, 114, 24-31.

Breiman, L. (2001). Random forests. Machine learning, 45(1), 5-32.

Davis, E., Wang, C., & Dow, K. (2019). Comparing Sentinel-2 MSI and Landsat 8 OLI in soil salinity detection: A case study of agricultural lands in coastal North Carolina. International Journal of Remote Sensing, 40(16), 6134-6153.

Dale, P. E. R., Hulsman, K., & Chandica, A. L. (1986). Classification of reflectance on colour infrared aerial photographs and sub-tropical salt-marsh vegetation types. International Journal of Remote Sensing, 7(12), 1783-1788.

Dwivedi, R. S. (2001). Soil resources mapping: A remote sensing perspective. Remote sensing reviews, 20(2), 89-122.

Eldeiry, A. A., & Garcia, L. A. (2010). Comparison of ordinary kriging, regression kriging, and cokriging techniques to estimate soil salinity using LANDSAT images. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 136(6), 355-364.

Elnaggar, A. A., & Noller, J. S. (2010). Application of remote-sensing data and decision-tree analysis to mapping salt-affected soils over large areas. Remote Sensing, 2(1), 151-165.

Farifteh, J. (2007). Imaging spectroscopy of salt-affected soils: Model-based integrated method (Vol. 143). Utrecht University.

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

Gorji, T., Sertel, E., & Tanik, A. (2017). Monitoring soil salinity via remote sensing technology under data scarce conditions: A case study from Turkey. Ecological Indicators, 74, 384-391.

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

62-77.
Jiang, Q., Peng, J., Biswas, A., Hu, J., Zhao, R., He, K., & Shi, Z. (2019). Characterising dryland salinity in three dimensions. Science of The Total Environment, 682, 190-199.
Khan, N. M., Rastoskuev, V. V., Sato, Y., & Shiozawa, S. (2005). Assessment of hydrosaline land degradation by using a simple approach of remote sensing indicators. Agricultural Water Management, 77(1-3), 96-109.
Khan, S., & Abbas, A. (2007). Using remote sensing techniques for appraisal of irrigated soil salinity. Int. Congr. Model. Simul.(MODSIM), Model. Simul. Soc. Aust. New Zealand, Bright, (January), 2632-2638.
Koshal, A. K. (2012). Spectral characteristics of soil salinity areas in parts of South-West Punjab through remote sensing and GIS. International Journal of Remote Sensing and GIS, 1(2), 84-89.
Koohafkan, P. (2012). Water and cereals in drylands. Routledge.
Lee, S. I., & Batzoglou, S. (2003). Application of independent component analysis to microarrays. Genome biology, 4(11), 1-21.
Lizaga, I., Quijano, L., Gaspar, L., Ramos, M. C., & Navas, A. (2019). Linking land use changes to variation in soil properties in a Mediterranean mountain agroecosystem. Catena, 172, 516-527.
Malenovský, Z., Rott, H., Cihlar, J., Schaepman, M. E., García-Santos, G., Fernandes, R., & Berger, M. (2012). Sentinels for science: Potential of Sentinel-1,-2, and-3 missions for scientific observations of ocean, cryosphere, and land. Remote Sensing of environment, 120, 91-101.
Maldonado, S., Weber, R., & Basak, J. (2011). Simultaneous feature selection and classification using kernel-penalized support vector machines. Information Sciences, 181(1), 115-128.
Metternicht, G. I., & Zinck, J. A. (2003). Remote sensing of soil salinity: potentials and constraints. Remote sensing of Environment, 85(1), 1-20.
Moreira, L. C. J., Teixeira, A. D. S., & Galvão, L. S. (2015). Potential of multispectral and hyperspectral data to detect saline-exposed soils in Brazil. GIScience & Remote Sensing, 52(4), 416-436.
Nicolas, H., & Walter, C. (2006). Detecting salinity hazards within a semiarid context by means of combining soil and remote-sensing data. Geoderma, 134(1-2), 217-230.
Peng, J., Biswas, A., Jiang, Q., Zhao, R., Hu, J., Hu, B., & Shi, Z. (2019). Estimating soil salinity from remote sensing and terrain data in southern Xinjiang Province, China. Geoderma, 337, 1309-1319.
Qu, Y., Jiao, S., & Lin, X. (2008, November). A partial least square regression method to quantitatively retrieve soil salinity using hyper-spectral reflectance data. In Geoinformatics 2008 and Joint Conference on GIS and Built Environment: Classification of Remote Sensing Images (Vol. 7147, p. 71471H). International Society for Optics and Photonics.
Ranchordas, A., Pereira, J. M., Araújo, H. J., & Tavares, J. M. R. (2010). Computer Vision, Imaging and Computer Graphics: Theory and Applications-International Joint Conference, VISIGRAPP 2009, Lisboa, Portugal, February 5-8, 2009, Revised Selected Papers.
Ren, D., Wei, B., Xu, X., Engel, B., Li, G., Huang, Q., ... & Huang, G. (2019). Analyzing spatiotemporal characteristics of soil salinity in arid irrigated agro-ecosystems using integrated approaches. Geoderma, 356, 113935.
Richards, L. A. (1954). Diagnosis and improvement of saline and alkali soils (Vol. 78, No. 2, p. 154). LWW.
Richards, J. A., & Richards, J. A. (1999). Remote sensing digital image analysis (Vol. 3, pp. 10-38). Berlin: Springer.
Santra, P., Singh, R., Sarathjith, M. C., Panwar, N. R., Varghese, P., & Das, B. S. (2015). Reflectance spectroscopic approach for estimation of soil properties in hot arid western Rajasthan, India. Environmental Earth Sciences, 74(5), 4233-4245.
Scudiero, E., Skaggs, T. H., & Corwin, D. L. (2014). Regional scale soil salinity evaluation using Landsat 7, western San Joaquin Valley, California, USA. Geoderma Regional, 2, 82-90.
Taghadosi, M. M., Hasanlou, M., & Eftekhari, K. (2019). Retrieval of soil salinity from Sentinel-2 multispectral imagery. European Journal of Remote Sensing, 52(1), 138-154.
Teggi, S., Costanzini, S., Despini, F., Chiodi, P., & Immordino, F. (2012, October). SPOT5 imagery for soil salinity assessment in Iraq. In Earth Resources and Environmental Remote Sensing/GIS Applications III (Vol. 8538, p. 85380V). International Society for Optics and Photonics.
Vapnik, V., Golowich, S. E., & Smola, A. (1997). Support vector method for function approximation, regression estimation, and signal processing. Advances in neural information processing systems, 281-287.
Wang, H., Wang, J., & Liu, G. (2007, July). Spatial regression analysis on the variation of soil salinity in the Yellow River Delta. In Geoinformatics 2007: Geospatial Information Science (Vol. 6753, p. 67531U). International Society for Optics and Photonics.
Wang, J., Ding, J., Yu, D., Ma, X., Zhang, Z., Ge, X., ... & Guo, Y. (2019). Capability of Sentinel-2 MSI data for monitoring and mapping of soil salinity in dry and wet seasons in the Ebinur Lake region, Xinjiang, China. Geoderma, 353, 172-187.
Wang, F., Yang, S., Yang, W., Yang, X., & Jianli, D. (2019). Comparison of machine learning algorithms for soil salinity predictions in three dryland oases located in Xinjiang Uyghur Autonomous Region (XJUAR) of

China. European Journal of Remote Sensing, 52(1), 256-276.
Wang, J., Ding, J., Yu, D., Teng, D., He, B., Chen, X., ... & Su, F. (2020). Machine learning-based detection of soil salinity in an arid desert region, Northwest China: A comparison between Landsat-8 OLI and Sentinel-2 MSI. Science of the Total Environment, 707, 136092.
Wicke, B., Smeets, E., Dornburg, V., Vashev, B., Gaiser, T., Turkenburg, W., & Faaij, A. (2011). The global technical and economic potential of bioenergy from salt-affected soils. Energy & Environmental Science, 4(8), 2669-2681.
Wu, W., Zucca, C., Muhaimeed, A. S., Al-Shafie, W. M., Fadhil Al-Quraishi, A. M., Nangia, V., ... & Liu, G. (2018). Soil salinity prediction and mapping by machine learning regression in C entral M esopotamia, I raq. Land Degradation & Development, 29(11), 4005-4014.

Soil Salinity Mapping using Satellite Imagery and Machine Learning Methods

Arastou Zarei [1], Mahdi Hasanlou [1,*], Masoud Mahdianpari [2], Kamran Eftekhari [3], and Mohammad Jamshidi [3]
[1] School of Surveying and Geospatial Engineering, College of Engineering, University of Tehran, Tehran, Iran
[2] Department of Electrical and Computer Engineering, Memorial University of Newfoundland, Newfoundland, Canada
[3] Soil and Water Institute, Karaj, Iran

Abstract

Soil salinity, a significant environmental indicator, is considered one of the leading causes of land degradation, especially in arid and semi-arid regions. In many cases, this major threat leads to loss of arable land, reduces crop productivity, groundwater resources loss, increases economic costs for soil management, and ultimately increases the probability of soil erosion. Monitoring soil salinity distribution and degree of salinity and mapping the electrical conductivity (EC) using remote sensing techniques are crucial for land use management. Salt-effected soil is a predominant phenomenon in the Eshtehard Salt Lake located in Alborz, Iran. In this study, the potential of Sentinel-2 imagery was investigated for mapping and monitoring soil salinity. Different salt properties were measured for 197 soil samples in the field data study according to the satellite's pass. Therefore several spectral features, such as satellite band reflectance, salinity indices, and vegetation indices, were extracted from Sentinel-2 imagery. Two regression models, including Support Vector Regression (SVR) and Random Forest (RF), were used to build an optimum machine learning regression model for soil salinity estimation. The RF method outperformed with the coefficient of determination (R^2) more than 71%, Root Mean Square Error (RMSE) about 0.91 dS m^{-1}, and Normalized Root Mean Square Error (NRMSE) about 0.36 dS m^{-1}. The results demonstrated that the integration of remote sensing data, field data, and using an appropriate machine learning model could provide high-precision salinity maps to monitor soil salinity as an environmental problem.

Keywords: Soil salinity, Electrical conductivity (EC), Machine learning, Sentinel-2 satellite.

نقشه‌برداری رقومی کلاس‌های خاک در مناطق با دسترسی کم و داده محدود با استفاده از مدل جنگل تصادفی

نسیم قلی زاده[۱]، مصطفی کریمیان اقبال[۲]، کامران مروج[۳]، سید روح اله موسوی[۴]

۱-دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس n_gholizadeh@modares.ac.ir

۲- دانشیار گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس

۳- استادیار گروه علوم و مهندسی خاک دانشگاه زنجان

۴- دانشجوی دکتری گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران

چکیده

در سال‌های اخیراستفاده از نقشه برداری رقومی خاک برای کاهش هزینه‌های نمونه‌برداری در مناطق با دسترسی ضعیف توسعه یافته است. هدف از این مطالعه استفاده از مدل جنگل تصادفی برای پیش‌بینی کلاس خاک با استفاده از متغیرهای محیطی و همچنین داده‌های محدود در منطقه با دسترسی ضعیف در دامنه جنوب شرقی سبلان استان اردبیل به مساحت ۴۵۰۰ هکتار است. در این مطالعه از روش نمونه‌برداری بر مبنای نظر کارشناس استفاده شد و منطقه مورد مطالعه به دو بخش قابل دسترس و با دسترسی ضعیف تقسیم بندی شد. با استفاده از این روش ۱۲ نقطه نمونه‌برداری شد. برای انتخاب متغیرهای محیطی از روش حذف ویژگی برگشتی (RFE) استفاده شد. نتایج نشان داد که پیش‌بینی زیر گروه خاک در منطقه قابل دسترس (کاپا = ۰/۶۷) دارای صحت بیشتر نسبت به منطقه با دسترسی ضعیف (کاپا= ۰/۵۶) است. به طور کلی در مناطق کوهستانی به دلیل دشواری نمونه برداری می‌توان از این رویکرد جهت تهیه نقشه خاک و درک بیشتر توزیع مکانی خاک‌ها استفاده نمود.

واژگان کلیدی: داده محدود، دسترسی ضعیف، نقشه‌برداری رقومی خاک

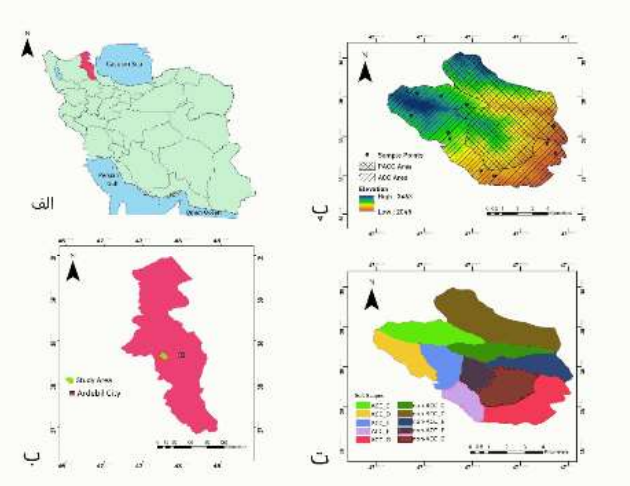
مقدمه

در مناطق با دسترسی ضعیف نمونه‌برداری دارای مشکلات و هزینه‌های فراوان می‌باشد؛ بنابراین اطلاعات خاک در این مناطق محدود خواهد بود (Minasny and McBratney, 2006). در مقایسه با داده‌های محدود خاک، داده‌های محیطی فراوان و پایدار هستند. اطلاعات مفید زیادی در داده‌های محیطی وجود دارند که اغلب به‌طور کامل مورد استفاده قرار نمی‌گیرند. مدل اسکورپن[۱] لیستی ازعوامل تشکیل دهنده خاک را نشان می دهد (MacBratney, 2003) که شامل s= شرایط خاک، c= اقلیم، o= موجودات زنده و ارگانیسم ها r= پستی و بلندی، p= مواد مادری، a= سن و n= همسایگی است. با استفاده از متغیرهای محیطی می‌توان شباهت بین مناطق را بررسی کرد (Cambule, 2013). با استفاده از شباهت متغیرهای محیطی بین دو منطقه می‌توان مدل‌های پیش بینی خصوصیات خاک استخراج شده از منطقه مرجع را در منطقه مورد نظر اعمال کرد (Du et al. 2019; Abbaszadeh Afshar, 2018). این مطالعه به بررسی استفاده از الگوهای تجمع طبیعی داده‌های محیطی برای تکمیل نمونه‌های صحرایی برای نقشه‌برداری کلاس خاک با استفاده از مدل جنگل تصادفی و براساس شباهت متغیرهای محیطی بین مناطق قابل دسترس و با دسترسی ضعیف خواهد پرداخت.

مواد و روش‌ها

ارتفاعات سبلان واقع در شمال غرب ایران، در ۳۸ درجه تا ۳۸ درجه و ۳۰ دقیقه شمالی و ۴۰ درجه و ۳۰ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۲ دقیقه شرقی قرار گرفته اس (شکل۱. الف و ب). مساحت منطقه مورد مطالعه ۴۵۰۰ هکتار است ارتفاع آن از سطح دریا بین ۲۰۴۵ و ۳۴۶۳ متر متغیر است. شیب متوسط منطقه ۱۶ درصد است. میانگین دمای سالانه و میانگین براندگی سالانه در یک دوره ۱۵ ساله (۲۰۰۳-۲۰۱۷) به ترتیب ۱۰ درجه سانتی گراد و ۳۶۴ میلی متر است (سازمان هواشناسی کشور).

[۱] scorpan



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه در الف: ایران ب: اردبیل پ: تقسیم بندی منطقه براساس دسترسی و توزیع فضایی نقاط نمونه برداری ت: تقسیم بندی منطقه بر اساس مفهوم خاک-زمین نما

برای مدل‌سازی مکانی نقشه خاک منطقه، از متغیرهای استخراج شده از مدل رقومی ارتفاع سنجنده ASTER نسخه ۲ با دقت ۳۰ متر و همچنین تصاویر ماهواره Landsat 8 در سال ۲۰۱۹ توسط نرم افزار SAGA GIS وARC GIS نسخه ۱۰,۳,۱ استفاده شد. سپس مرحله منطقه مورد مطالعه به دو بخش قابل دسترس و با دسترسی ضعیف تقسیم‌بندی شد. (شکل ۱. پ). در منطقه قابل دسترس براساس مفهوم خاک-زمین نما[۱] به چندین واحد خاک تقسیم شد و برای هر واحد در منطقه قابل دسترس یک واحد مشابه در منطقه با دسترسی ضعیف شناسایی شد(شکل ۱. ت). روش نمونه‌برداری تصادفی که در این مطالعه استفاده شده است منطقه مورد مطالعه به چندین قسمت براساس اطلاعات موجود در متغیرهای محیطی تقسیم می‌شوند و سپس چند نمونه به صورت تصادفی در هر قسمت انتخاب می‌شوند (Brus et al.2011).با استفاده از این روش ۱۲ نقطه نمونه‌برداری مشخص شد. در این مطالعه از روش حذف ویژگی برگشتی[۲] برای انتخاب متغیرهای محیطی استفاده شد. در روش RFE از الگوریتم‌های یادگیری در طی فرآیند انتخاب متغیرهای محیطی استفاده می‌شود (Granitto et al. 2006). از این رو متغیر انتخاب شده به مدل طبقه‌بندی کننده استفاده شده بستگی دارد. در انتها متغیرهای Slope, LS Factore, Tangential Curvature,TRI, Carbonate Index, TVI,NDVI برای مدل سازی زیرگروه خاک در منطقه انتخاب شدند. شباهت متغیرهای محیطی انتخاب شده بین واحدهای خاک در دو منطقه قابل دسترس و با دسترسی ضعیف توسط روش محاسبه دامنه میان چارکی (IQR) مطابق با فرمول زیر محاسبه شد.

$$IQR= Q3-Q1 \quad (۱)$$

در این معادله Q3 برابر است با چارک سوم و Q1 برابر است با چارک اول

در این مطالعه برای ارزیابی صحت از روش اعتبار سنجی براساس ماتریس خطا استفاده شد. ۷۰ درصد داده ها برای آموزش و ۳۰ درصد داده ها برای آزمون به طور تصادفی انتخاب و استفاده شدند. صحت کلی و شاخص کاپا براساس فرمول های زیر محاسبه شدند.

$$OA= \sum_{i=1}^{n} Xij/N \quad (۲)$$

در این معادله، بترتیب (OA) صحت کلی و N معرف کل پیکس‌های طبقه‌بندی شده و $\sum_{i=1}^{n} Xij$ نمایه مجموع پیکسل‌های قطر اصلی ماتریس خطا (پیکسل‌های صحیح طبقه‌بندی شده) می‌باشد.

$$Kappa = N\sum_{i=1}^{n} Xij - \sum_{i-1}^{n}(Xio - Xoi)/N^2 - \sum_{i=1}^{n}(Xio - Xoi) \quad (۳)$$

[۱] Soil Landscape

[۲] Recursive Feature Elimination

و در این معادله، (n) تعداد ردیف‌ها در ماتریس، (Xij) تعداد مشاهدات در ردیف i و ستون j (درایه‌های‌قطر اصلی)، Xio و Xoi مجموع حاشیه بترتیب ردیف r و ستون i، N تعداد کل مشاهدات.

نتایج و بحث

با توجه به واحدهای نقشه مشخص شده برروی منطقه مورد مطالعه موقعیت جغرافیایی ۱۲ پروفیل مشخص شد و مورد تجزیه و تحلیل آزمایشگاهی قرار گرفتند. پروفیل PACCE متعلق به منطقه با دسترسی ضعیف است و مابقی پروفیل‌ها در منطقه قابل دسترس نمونه‌برداری شدند. تشریح خاک‌های منطقه نشان داد که منطقه مورد نظر دارای ۲ رده خاک Andisols و Alfisols است که قسمت اعظم آن را رده Andidsols تشکیل می‌دهد. همچنین ۶ زیرگروه‌بزرگ Ultic Vitrixerands، Typic Vitrixerands، Calcic Haploxeralfs، Alfic Vitrixerands، Lithic Vitrixerands و Alfic Humic Vitrixerands در منطقه شناسایی گردیدند. با استفاده از مدل جنگل تصادفی و متغیرهای محیطی موثر تغییرپذیری مکانی زیرگروه خاک در منطقه قابل دسترس پیش‌بینی گردید. جدول ۱ ماتریس خطا و همچنین نتایج اعتبارسنجی مدل‌سازی زیرگروه‌خاک در منطقه قابل دسترس را نشان می‌دهد. مقایسه شاخص‌های کاپا به دست آمده در این مطالعه با جدول تفسیر شاخص کاپا (McHugh, 2012) نشان می‌دهد نقشه زیرگروه تهیه شده در منطقه قابل دسترس دارای توافق قوی است.

جدول ۱- نتایج اعتبارسنجی مدل‌سازی زیرگروه خاک در منطقه قابل دسترس

UA	PA	Ultic Vitrixerands	Typic Vitrixerands	Lithic Vitrixerands	Calcic Haploxeralfs	Alfic Vitrixerands	Alfic Humic Vitrixerands	Soil subgroups
NaN	NaN	۰	۰	۰	۰	۰	۰	Alfic Humic Vitrixerands
NaN	NaN	۰	۰	۰	۰	۰	۰	Alfic Vitrixerands
۱۰۰	۱۰۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	Calcic Haploxeralfs
۱۰۰	۱۰۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	Lithic Vitrixerands
۵۰	۱۰۰	۱	۱	۰	۰	۰	۰	Typic Vitrixerands
۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	Ultic Vitrixerands
			۷۵					OA
			۰/۶۷					Kappa

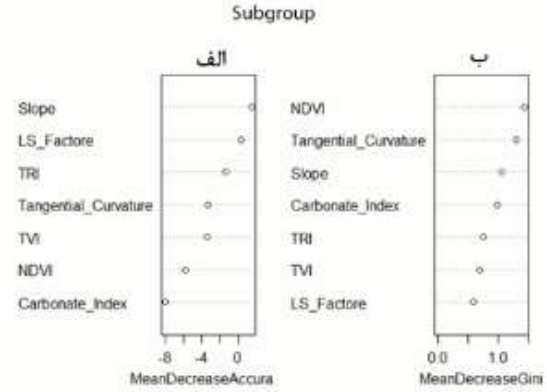
همچنین جدول ۲ ماتریس خطا و نتایج اعتبار سنجی مدل سازی زیرگروه خاک در منطقه با دسترسی ضعیف را نشان می‌دهد. براساس جدول تفسیر شاخص کاپا، نقشه تهیه شده در منطقه با دسترسی ضعیف از توافق متوسط برخوردار است.

جدول ۲- نتایج اعتبارسنجی مدل‌سازی زیرگروه خاک در منطقه با دسترسی ضعیف

UA	PA	Ultic Vitrixerands	Typic Vitrixerands	Lithic Vitrixerands	Calcic Haploxeralfs	Alfic Vitrixerands	Alfic Humic Vitrixerands	Soil subgroups
NaN	NaN	۰	۰	۰	۰	۰	۰	Alfic Humic Vitrixerands
NaN	NaN	۰	۰	۰	۰	۰	۰	Alfic Vitrixerands
۱۰۰	۱۰۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	Calcic Haploxeralfs
NaN	NaN	۰	۰	۰	۰	۰	۰	Lithic Vitrixerands
۶۷	۱۰۰	۱	۲	۰	۰	۰	۰	Typic Vitrixerands
NaN	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	Ultic Vitrixerands
			۷۵					OA
			۰/۵۶					Kappa

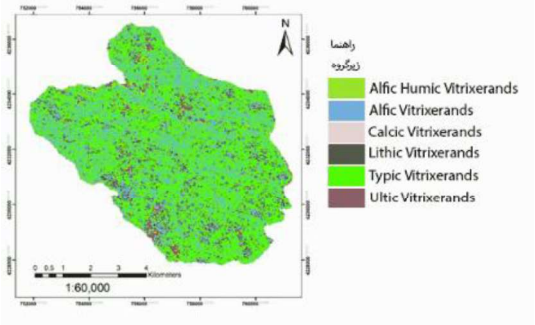
با بررسی تغییرات اعتبار سنجی و همچنین بررسی تشابهات بین دو منطقه مرجع و تعمیم داده شده می‌توان اثر داده‌های محدود بر نتایج اعتبار سنجی برای پیش‌بینی خصوصیات خاک را مشاهده کرد. تعداد نمونه، یکی از اجزای اصلی تهیه نقشه رقومی خاک می‌باشد. در حقیقت تعداد نمونه باید تنوع مکانی را پوشش دهد که نیازمند تعداد نمونه‌های بیشتر است. Hengl et al.

(2007)، Taghizadeh Mahjerdi et al.(2014) و PahlavanRad etal.(2016) تاثیر تعداد نمونه برصحت نقشه را نشان دادند تحلیل بیشتر متغیرهای محیطی می‌تواند اهمیت آن‌ها را در پیش‌بینی زیرگروه‌ها و همچنین خصوصیات خاک مشخص کند. (Hengl et al.2007). مطابق با شکل ۲الف و ب براساس کاهش میانگین جینی (Mean Decrease Gini) و کاهش میانگین صحت (Mean Decrease Accuracy) موثرترین متغیر برای پیش‌بینی زیرگروه خاک NDVI و موثرترین متغیر در افزایش صحت نقشه شیب است. Farrar و همکاران (۱۹۹۴) نقش NDVI را بر نفوذ آب‌های سطحی و درنتیجه آبشویی رس و املاح معدنی توضیح داده‌اند. در منطقه مورد مطالعه افزایش شاخص NDVI منجر به پیش‌بینی زیرگروه خاکUltic Vitrixerands شد که نشان دهنده تاثیر شاخص تفاوت پوشش گیاهی نرمال شده در آبشویی رس و درنتیجه تکامل خاک است.



شکل ۲ – الف: میانگین کاهش دقت ب: میانگین کاهش جینی

نقشه پیش‌بینی مکانی زیرگروه تهیه شده توسط مدل جنگل تصادفی در شکل ۳ نشان داده شده است. نتایج اعتبار سنجی Moonjun et al.(2010) برای پیش‌بینی زیرگروه خاک سیستم ردهبندی آمریکایی در تایلند نشان‌داد که صحت پیش‌بینی برای منطقه نمونه‌برداری شده ۹۴ درصد و برای منطقه تعمیم داده شده ۹۱/۷۵ درصد بود. Kim et al. 2012 نیز صحت کلی ۶۷/۶ و ضریب توافق (K) ۵۷/۲ برای پیش‌بینی سری خاک فلوریدا با داده‌های محدود گزارش کردند. همچنین(2018).Teng et al برای پیش‌بینی رده خاک سیستم طبقه‌بندی استرالیایی برای داده‌های محدود از مدل جنگل تصادفی استفاده کردند. صحت کلی مدل جنگل تصادفی برای رده خاک در این مطالعه ۵۵/۶ درصد گزارش شد. همچنین Abbaszadeh Afshar et al.(2018) برای دو منطقه کالیبراسیون و تعمیم داده شده در بم و زرند کرمان به ترتیب شاخص کاپا ۰/۶۵ و ۰/۴۷ گزارش کردند. نتایج مطالعه Du et al.(2019) برای رده‌بندی خاک در چین با داده‌های محدود نشان داد که صحت کلی پیش‌بینی رده خاک برای منطقه نمونه‌برداری شده ۷۹/۳۱ و برای منطقه با داده‌های محدود ۶۴/۱۲ بود.



شکل ۳- نقشه پیش‌بینی مکانی زیرگروه خاک

نتیجه‌گیری

در این مطالعه برای پیش‌بینی کلاس خاک از روش انتخاب متغیر محیطی RFE و مدل یادگیری ماشین جنگل تصادفی در منطقه قابل دسترس و غیرقابل دسترس در دامنه جنوب شرقی رشته کوه‌های سبلان واقع در استان اردبیل استفاده شد. با توجه به نقشه های زیرگروه پیش‌بینی شده، مدل جنگل تصادفی به خوبی شش زیرگروه را علی‌رغم کمبود داده پیش‌بینی نموده است.

بیشترین مساحت مربوط به زیرگروه Typic Vitrixerands می‌باشد. برای پیش‌بینی زیرگروه خاک کاپای به دست آمده در منطقه قابل دسترس بیشتر از کاپای به دست آمده در منطقه با دسترسی ضعیف است که علت آن بیشتر بودن تعداد نمونه ها در منطقه قابل دسترس می‌باشد. بنابراین مدل جنگل تصادفی برای پیش‌بینی کلاس خاک وابسته به تعداد مشاهدات است. به طور کلی در مناطق کوهستانی با دسترسی سخت و محدود که امکان دستیابی به داده‌های خاک وجود ندارد می‌توان با متدولوژی مورد استفاده در این تحقیق جهت تهیه نقشه خاک ها با بهره گیری از متغیرهای محیطی و یک الگوریتم داده‌کاوی قوی استفاده نمود.

منابع

Abbaszadeh Afshar, F., Ayoubi, S., Jafari, A. .(2018). The Extrapolation of Soil Great Groups Using Multinomial Logistic Regression at Regional Scale in Arid Regions of Iran. *Geoderma*, vol. 315, pp. 36–48

Brus, D. J., Kempen, B., Heuvelink, G.B.M.(2011). Sampling for Validation of Digital Soil Maps**.** *European Journal of Soil Science*, vol. 62, 394–407

Cambule, A. H., Rossiter, D. G., Stoorvogel, J.J. (2013). A Methodology for Digital Soil Mapping in Poorly-Accessible Areas. *Geoderma*, vol. 192, pp. 341-353.

Du, F., Zhu, A., Liu, J., Yang, L. (2019). Predictive Mapping with Small Field Sample Data Using Semi-Supervised Machine Learning. *Transactions in GIS*, vol. 0, pp. 1–17.

Granitto, P.M., Furlanello, C., Biasioli, F., Gasperi, F. (2006). Recursive feature elimination with random forest for PTR-MS analysis of agroindustrial products. *Chemometrics and Lntelligent Laboratory Systems*. V.83. 83-90

Hengl, T., Toomanian, N., Reuter, H., Malakouti, M.J. (2007). Methods to Interpolate Soil Categorical Variables from Profile Observations: Lessons from Iran. *Geoderma*, vol. 140, pp. 417–427

Kim, J., Grunwald, S., Rivero, G.R., Robbins, R. (2012). Multi-scale Modeling of Soil Series Using Remote Sensing in a Wetland Ecosystem. *Soil Science Society of America Journal*. 76:2327-2341

McHugh, L. (2012). Interrater Reliability: the Kappa Statistic. *Biochemiacal Medical*, vol. 22, pp. 276-82

Minasny, B., McBratney, A. B., M. L. (2006). A conditioned Latin Hypercube Method for Sampling in the Presence of Ancillary Information. *Computers & Geosciences,* vol. 32, pp. 1378-1388.

Moonjun, R., Farshad, A., Shrestha, D.P., Vaiphasa, C. (2010). Artificial Neural Network and Decision Tree in Predictive Soil Mapping of Hoi Num Rin Sub-Watershed, Thailand, *In: Digital Soil Mapping, Progress in Soil Science 2*

Pahlavan-Rad, M, R., Khormali, F., Toomanian, N., Ayoubi, S., Brungard, W., Kiani, F., Komaki, C.K., Bogaert,P. (2016). Legacy Soil Maps as a Covariate in Digital Soil Mapping: A case study from Northern Iran. *Geoderma*, vol. 279, 141–148

Taghizadeh-Mehrjardi, R., Sarmadian, F., Minasny, B., Triantafilis, J., Omid, M. (2014). Digital Mapping of Soil Classes Using Decision Tree and Auxiliary Data in the Ardakan Region, Iran. *Arid Land Research and Management*, vol. 28, 147–168

Teng, H., Rossel, A., Shi, Z., Behrens, T. (2018). Spatial Prediction of Soil Surface Texture in a Semi Arid Region Using Random Forest and Multiple Linear Regressions. *Catena*, vol. 164, 125–134

Digital mapping of soil classes in poorly accessible area and limited data using a random forest model

Nasim Gholizadeh[1] Mostafa Karimian Eghbal[2] Kamran Moravej[3] Sayed Ruholah Mousavi[4]

1 M. Sc. Student, Soil Science Department, Faculty of Agriculture Tarbiat Modares University, Iran

2 Associate Prof., Soil Science Department, Faculty of Agriculture Tarbiat Modares University, Iran

3 Assistant Prof., Soil Science Department, Faculty of Agriculture Zanjan University, Iran

4 PHD. Student, Soil Science Department, Faculty of Agriculture Tehran University, Iran

Abstract

In recent years, the use of digital soil mapping has been developed to reduce sampling costs in areas with poor access. The purpose of this study is to use a Random Forest model to predict soil classes using environmental variables as well as limited data in a region with poor access in the southeastern of Sabalan in Ardabil province with an area of 4500 hectares. In this study, the sampling method was used based on expert opinion and the study area was divided into two parts, accessible and poorly accessible. The RFE method was used to select the appropriate environmental variables. The results showed that the prediction of the soil subgroup in the accessible area (kappa = 0.67) is more accurate than the area with poor access (kappa = 0.56). In general, in mountainous areas, due to the difficulty of sampling, it can be used to prepare soil map and understand more of the spatial distribution of soils.

Keywords: Limited data, Poorly acceccible, Digital soil mapping

بررسی خصوصیات مورفولوژیکی، فیزیکی–شیمیایی و مینرالوژیکی خاک‌های تشکیل شده بر سنگ فیلیت در زمین نماهای مختلف شهرستان بانه

علی محمودی[1] و حسین ترابی گل سفیدی[2]

۲- نویسنده ی مسئول: استادیار گروه علوم خاک دانشگاه شاهد htorabi@shahed.ac.ir

۱- دانش آموخته ی کارشناسی ارشد گروه علوم خاک دانشگاه شاهد

چکیده

این تحقیق با هدف بررسی تاثیر ماده مادری سنگ دگرگونی فیلیت بر خصوصیات ظاهری، فیزیکی، شیمیایی و کانی‌شناسی رس خاک‌های تشکیل شده در شهرستان بانه انجام شده است. تعداد ۱۰ خاکرخ روی مواد مادری فیلیتی که در زمین نماهای مختلف قرار داشتند، حفر، تشریح و نمونه‌برداری شدند. اشکال مختلف آهن شامل آزاد و آمورف به ترتیب بوسیله سیترات بی‌کربنات دی‌تیونیت و اگسالات آمونیم، استخراج و غلظت آنها با استفاده از دستگاه جذب اتمی اندازه گیری شد. نتایج نشان داد که زمین‌نما (landscape) و شکل زمین(landform) در تشکیل و یا عدم تشکیل افق B و ضخامت سولوم خاک نقش بسیار مهمی داشتند. مقدار رس در خاک‌های متاثر از فیلیت، اغلب زیاد بود. بررسی نتایج شاخص (Fed-Feo) در چند خاکرخ خاک متاثر از فیلیت نشان داد که در بیشتر آنها، این شاخص در افق B و یا افق سطحی بیشتر از افق های Cr و R است، که نشان دهنده‌ی هوادیدگی و تکامل بیشتر خاک در افق‌های سطحی و B می‌باشد. نتایج مطالعات پراش اشعه ایکس نشان داد که کانی غالب در سنگ‌های فیلیتی شهرستان بانه، میکا، کلریت، مخلوط نامنظم، کوارتز، کائولنیت و ورمیکولیت هستند. در خاک‌های با تکامل کم که شباهت بیشتری به مواد مادری داشتند، کانی‌های آنها در بخش رس، مشابه مواد مادریشان هستند. در خاک‌های با هوادیدگی بیشتر، مقادیر بیشتری کانی‌های اسمکتیت و ورمیکولیت مشاهده گردید. با توجه به عدم وجود اسمکتیت در سنگ فیلیت، می توان تشکیل این کانی در خاک های متأثر از سنگ فیلیت را پدوژنیکی دانست.

واژگان کلیدی: تکامل خاک، خاکرخ، آهن آزاد و آمورف، کانی شناسی رس

مقدمه

سنگ فیلیت، سنگ دگرگونی دانه ریزی است که دارای شیستوزیته و تورق کامل صفحه‌ای است فاقد ساخت نواری است که در نتیجه دگرگونی شدید سنگ‌های آواری دانه ریزی مانند سنگ‌های رسی، اسلیت، میکا و پاراگنایس حاصل می‌شود. میکا و کلریت‌ها در نتیجه دگرگونی در سطح کلیواژ سنگ فیلیت، براقیت و درخشندگی خاصی به آن می دهند و در حقیقت در اکثر حالات براق بودن و سطح کلیواژ این سنگ‌ها وجه تمایز آن‌ها با سنگ‌های مشابهی مانند اسلیت است.

Kong and Miasin(2005) خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌های رسوبی تشکیل شده در منطقه شاه عالم، سلانگور نیجریه که از خاک‌های متمایز فیلیت و کوارتزیت تشکیل شده بودند را به طور جداگانه بررسی و نشان دادند که خاک‌های حاصل از فیلیت در مقایسه با خاک‌های کوارتزیت، طبیعت رسی بیشتر، پلاستیسیته بیشتر و چگالی کمتری دارند.

رمضانپور و همکاران (۱۳۸۶)، در بررسی کانی شناسی بخش رس و ژئوشیمی خاک‌های تشکیل شده از سنگ‌های مادری دگرگون و آذرین قلیایی در ناحیهٔ لاهیجان ژئوشیمی سنگ فیلیت را مورد بررسی و مطالعه قرار دادند. Koppi(1981) در مطالعه ی خاک های تشکیل شده بر روی سنگ‌های فیلیت، نشان داد که در اثر هوادیدگی، فیلیت به ورمیکولیت تبدیل شده و در ادامه هوادیدگی کائولینیت از ورمیکولیت ایجاد شده است، که در بسیاری از زمین نماهای قدیمی، کائولینیت جزء اصلی تشکیل دهنده خاک‌ها بوده است. نائل و همکاران (۱۳۸۸)، در بررسی اثر شرایط ژئوپدولوژیک بر غلظت و توزیع برخی عناصر اصلی و کمیاب در خاک‌های جنگلی منطقه فومن-ماسوله نشان دادند ترکیب کانی شناسی سنگ دگرگونی فیلیت بر اساس مطالعه مقاطع نازک شامل کوارتز (۷۸٪)، کلریت (۲۰٪) و مسکویت و اکسیدهای آهن (۲٪) است.

هدف از این مطالعه، بررسی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی، کانی شناسی رس و تحول و تکامل خاک تشکیل شده و متأثر از سنگ فیلیت در زمین نماهای مختلف است.

مواد و روش‌ها

معرفی منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه از اراضی شهر بانه از توابع شهرستان بانه انتخاب‌شده است. شهرستان بانه منطقه‌ای است کوهستانی و جنگلی جزء استان کردستان به شمار می‌آید. شهرستان بانه در غرب کشور و در شمال غربی استان کردستان و در طول جغرافیایی ۴۵ درجه و ۵۳ دقیقه از نصف النهار گرینویچ و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۵۶ دقیقه از خط استوا قرار گرفته است(شکل ۱).

واحد فیلیت کرتاسه (Kph) – این واحد گسترده ترین واحد سنگی در ورقه بانه بوده و وسعت زیادی از زمین‌های منطقه را پوشانیده است. رنگ عمومی آنها، سبز تیره است و چین خورده، شیستوزیته، شکسته و دارای درزهای فراوان و ریزچین‌های بسیار هستند. ضخامت واحد زیاد و بنظر می‌رسد بین ۱۵۰۰ تا ۲۰۰۰ متر باشد. رگه‌های سیلیسی سفید رنگ پرشمار و بسیار زیادی در نقاط مختلف، این واحد را بریده‌اند. مطالعه سنگ‌شناسی میکروسکوپی نمونه‌هایی از این واحد، مشخص می‌نماید که کانی عمده در این واحد میکا (به ویژه سریسیت، مسکویت و کلریت) همچنین کانی‌های اوپاک و شاید مواد کربن دار نیز از پراکندگی قابل ملاحظه‌ای در آنها برخوردارند(سازمان زمین شناسی ایران، ۱۹۸۶).

زمین‌نما و شکل غالب منطقه موردمطالعه شامل کوه، تپه و فلات می‌باشد. منطقه مورد مطالعه، کوهستانی و به نسبت مرتفع است و در بیشتر نقاط دارای پوشش جنگلی است. میانگین سالانه درجه حرارت در منطقه ی مورد مطالعه ۱۴/۳ درجه سانتی‌گراد، میزان بارندگی سالانه محدوده طرح معادل ۶۴۵/۹ میلی‌متر در سال است. حداکثر میانگین رطوبت نسبی ماهانه در دی ماه و معادل ۶۸/۹ درصد و حداقل میانگین ماهیانه رطوبت نسبی در اردیبهشت معادل ۲۱/۳درصد است. تعداد روزهای یخبندان معادل ۶۶/۹ روز در سال می‌باشد که از آبان تا فروردین اتفاق می‌افتد که حداکثر آن در ماه دی و معادل ۲۳ روز یخبندان می‌باشد. بر اساس میانگین دمای سالیانه منطقه مورد مطالعه و افزودن یک درجه سانتی‌گراد به آن، میانگین دمای سالیانه خاک ۱۵/۳ درجه سانتی گراد بوده و بنابراین دارای رژیم حرارتی ترمیک (thermic) و بر اساس برنامه ی نیوهال دارای رژیم رطوبتی زریک (Xeric) می‌باشد (ترابی گل سفیدی، ۱۳۹۷).

شکل ۱ – محدوده محلی، استانی و کشوری منطقه مورد مطالعه

اسیدیته خاک در گل اشباع به روش پتانسیومتری، هدایت الکتریکی در عصاره اشباع خاک با استفاده از روش هدایت سنجی، بافت خاک به روش هیدرومتری، چگالی ظاهری به روش کلوخه ، کربنات کلسیم معادل به روش تیتراسیون برگشتی اسید با سود، کربن آلی به روش تیتراسیون، کربنات بی‌کربنات به روش تیتراسیون با اسیدسولفوریک در مجاورت فنل فتالئین و متیل اورنژ به روش حجمی، کلسیم و منیزیم محلول به روش تیتراسیون،کلر به روش رسوب سنجی با نیترات نقره، ظرفیت تبادل کاتیونی به روش جانشین نمودن یون‌های سدیم قابل‌تبادل با یون آمونیوم در pH ۸/۲ ، فسفر قابل‌جذب به روش اولسن، پتاسیم قابل‌جذب به روش استخراج با استات آمونیوم و قرائت غلظت آن با استفاده از فلایم فتومتر انجام شد.. اشکال مختلف آهن و آلومینیم شامل آزاد (پدوژنیک) ، آمورف (فعال) و کلات شده با مواد آلی به ترتیب بوسیله سیترات بی‌کربنات دی‌تیونیت، اگسالات آمونیم در تاریکیو سدیم پیروفسفات، استخراج و غلظت آنها با استفاده از دستگاه جذب اتمی مدل Analytic jena contra AA300 اندازه گیری شد (Soil Survey Laboratory, 1996).

مطالعه کانی شناسی با روش Kittric and Hope(1972) انجام شد. نمونه های رس طی چهار تیمار منیزیم، منیزیم بعلاوه ی اتیلن گلیکول، پتاسیم و پتاسیم بعلاوه حرارت ۵۵۰ درجه ی سانتیگراد قرار گرفتند. از دستگاه پراش اشعه ایکس مدل D8 ADVANCE X-Ray Diffractometer (ساخت Bruker AXS) برای شناسایی کانی های رسی استفاده گردید.

نتایج و بحث

بررسی خصوصیات ظاهری پروفیل‌های خاک نشان داد که زمین نما (landscape) و شکل زمین(landform) در تشکیل و یا عدم تشکیل افق B و ضخامت سولوم خاک نقش بسیار مهمی داشتند. شیب‌های نسبتاً زیاد تا زیاد در زمین نمای تپه در خاکرخ‌های شماره ۴ ، ۶ و ۴۳ ، مانع تشکیل افق B در این خاک‌ها شده است که دلیل آن را می توان به فرسایش خاک و نفوذ کمتر خاک به لایه‌های زیرین و در نتیجه کاهش عمق موثر هوادیدگی دانست. همین عوامل از تشکیل افق مالیک در این مکان‌ها نیز جلوگیری کرده و مانع تشکیل افق مالیک در مکان پروفیل های ۴ و ۶ شده است. علیرغم تشکیل افق B در خاکرخ های ۸ ، ۹ ، ۱۴ ، ۱۶ ، ۲۳ و ۶۷ ، ضخامت سولوم خاک در پروفیل‌های شماره ۸ ، ۹ و ۲۳ کمتر از ضخامت سولوم خاک در مکان‌های ۱۴، ۱۶ و ۶۷ است که علت آن را نیز می‌توان به شیب و فرسایش و نفوذ رطوبت به داخل نیمرخ خاک نسبت داد. در زمین نماهای قدیمی‌تر و با شیب‌های اغلب ملایم‌تر، خاک‌های ورتی‌سول با و یا بدون افق کلسیک تشکیل شده است.

بررسی خصوصیات فیزیکی نشان داد که مقدار رس در خاک‌های متاثر از فیلیت، اغلب بالاست که با توجه به ریزبافتی این سنگ، قابل انتظار می باشد. به همین دلیل بیشتر خاک‌های تشکیل شده بر روی مواد مادری فیلیتی دارای کلاس بافت‌های سنگین (Clay Loam, Silty Clay Loam, Sandy Clay Loam) و خیلی سنگین (Clay, Silty Clay, Sandy Clay) هستند.

بررسی خصوصیات شیمیایی خاک‌های متاثر از فیلیت نشان داد که غالباً دارای هدایت الکتریکی بسیار کمی هستند که البته بارندگی حدود ۶۵۰ میلی متری منطقه و شستشوی خاک‌ها نیز در کم بودن ECe این خاک موثر است. pH گل اشباع در این خاک‌ها به غیر از پروفیل‌هایی که از مواد مادری آهکی اطراف خود، متاثر شده اند، غالباً بین ۶/۵ الی ۷/۵ می باشند. همه‌ی خاک‌های مورد مطالعه، فاقد گچ بوده‌اند که مواد مادری و اقلیم از مهم‌ترین عوامل عدم تشکیل گچ ثانویه یا تغییر شکل یافته در این خاک‌ها هستند. همچنین در بیشتر خاک‌های فیلیتی به علت عدم وجود آهک در این سنگ‌ها و البته شستشوی موثر در اثر بارندگی، دارای کمتر از ۲ و حتی صفر درصد آهک بوده اند. اما غنی بودن این مواد مادری از کاتیون های بازی و هوادیدگی آنها از کاهش شدید کاتیون‌های بازی و اسیدی شدن بیشتر خاک، جلوگیری کرده است.

نتایج تجزیه‌های شیمیایی فرم‌های مختلف آهن و آلومینیوم (جدول۱) نشان داد که سنگ فیلیت دارای مقادیر زیادی از آهن آزاد قابل استخراج به وسیله ی سیترات بی کربنات دی تیونیت (Fed) برخوردار است. مقدار این نوع آهن در لایه ی R در خاکرخ شماره ۱۶ تایید کننده ی همین مطلب می باشد. علیرغم زیاد بودن این نوع آهن در سنگ فیلیت، مقدار Fed در افق های A و B بیشتر است. بررسی نتایج شاخص (Fed-Feo) در چند پروفیل خاک متاثر از فیلیت نشان داد که در بیشتر پروفیل‌های خاک، این شاخص در افق B و یا افق سطحی بیشتر از افق‌های Cr و یا R است، که نشان دهنده‌ی هوادیدگی و تکامل بیشتر خاک در افق‌های سطحی و افق های B می‌باشد. بیشترین مقدار این شاخص در افق‌های Bw پروفیل‌های شماره ۹ و ۱۴ مشاهده شده است که با مشاهدات صحرایی مبنی بر تحول و تکامل بیشتر خاک در افق Bw این دو پروفیل خاک، مطابقت دارد.

رده‌بندی خاکرخ ها تا سطح فامیل در سیستم USDA Soil Taxonomy نشان داد که خاکرخ های شماره ۴ و ۶ به علت قرار گرفتن در تپه‌های با شیب‌های تند، فاقد هر گونه تکامل پروفیلی بوده و در رده‌ی خاک‌های انتی‌سولز (Entisols) قرار گرفته‌اند. در حالی که خاکرخ های ۲۳ و ۴۳ علیرغم نداشتن افق B ، به دلیل دارا بودن افق سطحی مالیک به همراه خاکرخ های ۸، ۹، ۱۴، ۱۶ و ۶۷ در رده مالی‌سولز (Mollisols) قرار گرفتند (جدول۲). مالی‌سول‌های خاکرخ‌های ۸ ، ۹، ۲۳ و ۴۳ همان طور که اشاره گردید دارای ضخامت سولوم کمتری نسبت به مالی‌سول‌های خاکرخ های ۱۴، ۱۶ و ۶۷ هستند. خاکرخ های ۴ و ۶ به دلیل قرار گیری در شیب‌های تند، فاقد افق B و افق مالیک هستند ولی به دلیل دارا بودن افق سطحی اکریک و نداشتن شرایط سایر افق‌های زیرسطحی در رده انتی‌سولز (Entisols) و همچنین در زیررده اورتنتز(Orthents) و همچنین واقع شدن در رژیم رطوبتی زریک (Xeric)، گروه بزرگ آن‌ها زراورتنتز(Xerorthents) می‌باشند.

خاکرخ های ۱۴ و ۶۷ در موقعیت شیب پشتی و خاکرخ ۸ در موقعیت پای شیب و خاکرخ ۲۳ در شیب پشتی و همچنین

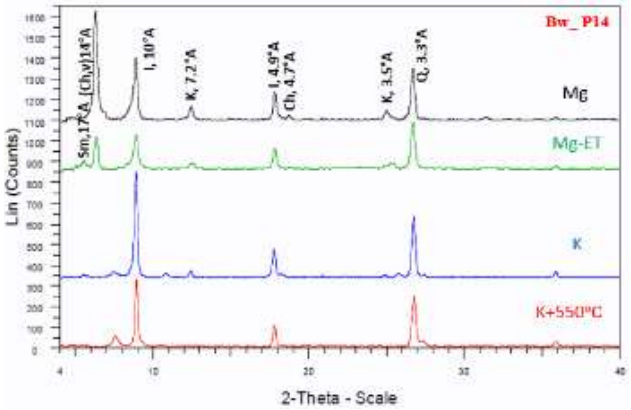
خاکرخ ۹ در موقعیت پشته‌ی شیب واقع شده‌اند در مقایسه با خاک‌هایی که روی شانه شیب (خاکرخ های ۴ و ۶) قرار دارند از تکامل بیشتری برخوردارند، در موقعیت شانه شیب(shoulder) ، فرسایش شدید سبب ایجاد یک افق A نسبتاً نازک شده که بر روی مواد مادری فیلیت خرد شده (Cr) و یا سنگ یک پارچه ی فیلیت (R) قرار گرفتند.

در خاکرخ هایی مانند ۷۲ که روی زمین نماهای قدیمی فلات با شیب های جانبی ملایم واقع شده اند به دلیل وجود خصوصیات ورتیک و پوسته‌های فشاری و شکاف‌هایی به عرض حداقل یک سانتی‌متر از عمق ۲۸ تا ۱۰۰ سانتی‌متری در رده ورتی سولز(Vertisols) قرار گرفتند. نتایج حاصل از کانی شناسی بخش رس این خاک‌ها و سنگ فیلیت نشان داد که کانی غالب در سنگ‌های فیلیتی شهرستان بانه، میکا، کلریت، مخلوط نامنظم میکا-کلریت، میکا-ورمیکولیت، کوارتز، کائولنیت و ورمیکولیت است. در خاک‌های با تکامل کم از جمله خاکرخ‌های ۴ و ۱۶ و همچنین افق‌های Cr ، Crt و R که شباهت بیشتری به مواد مادری داشتند، کانی غالب آنها، میکا (ایلیت)، مخلوط نامنظم میکا-کلریت، میکا-ورمیکولیت، کلریت، کائولنیت و کوارتز هستند. در خاک‌های با هوادیدگی بیشتر، مقادیر بیشتری کانی‌های ورمیکولیت و مخصوصاً اسمکتیت تشکیل شده است. با توجه به عدم وجود کانی اسمکتیت در مواد مادری فیلیت، می‌توان نتیجه‌گیری کرد که کانی اسمکتیت به صورت پدوژنیک (خاکزاد) در این خاک‌ها و مخصوصاً در مقادیر بیشتر در افق‌های Bw و Bss تشکیل شده است. با توجه به وجود کانی‌های کلریت، کائولنیت و ورمیکولیت در سنگ‌های فیلیت، می‌توان گفت که بخشی از کانی‌های کلریت، کائولنیت و ورمیکولیت موجود در خاک‌های منطقه توارثی هستند. هر چند تشکیل پدوژنیکی ورمیکولیت از هوادیدگی میکا در خاک‌های منطقه با توجه به بارندگی سالانه ۶۰۰ الی ۷۰۰ میلی متر به راحتی امکان پذیر است. بخشی پور (۱۳۷۲)، با بررسی چگونگی تشکیل، تحول و مینرالوژی خاک‌های منطقه لاهیجان کانی‌های موجود در اجزاء رس تفکیک شده از سنگ فیلیت را در عمق ۲۰۰ سانتی‌متری از سطح خاک را کانی‌های مختلط نامنظم کلریت-ورمیکولیت، ایلیت، کائولینیت، کوارتز و به مقدار جزئی لپیدوکروسیت و کانی‌های موجود در پودر سنگ فیلیت تازه در عمق ۲۵۰ سانتی متری از سطح خاک را کانی‌های کلریت، میکا، کائولینیت، کوارتز و لپیدوکروسیت گزارش کرد.Graham et al. (1990) ، در مطالعه سنگ‌های فیلیت متوجه شدند که کلریت در سنگ‌ها وجود دارد ولی در ساپرولیت آنها (افق C) ، کلریت به کانی های مختلط کلریت-ورمیکولیت و کلریت-اسمکتیت، تبدیل شده است.

نتیجه‌گیری

بررسی خصوصیات ظاهری پروفیل‌های خاک نشان داد که زمین‌نما (landscape) و شکل زمین(landform) در تشکیل و یا عدم تشکیل افق B و ضخامت سولوم خاک نقش بسیار مهمی داشتند. شیب‌های نسبتاً زیاد تا زیاد در زمین نمای تپه در خاکرخ‌های ۴ ، ۶ و ۴۳ ، مانع تشکیل افق B در این خاک‌ها شده است که دلیل آن را می‌توان به فرسایش خاک و نفوذ کمتر خاک به لایه‌های زیرین و در نتیجه کاهش عمق موثر هوادیدگی دانست. در زمین نماهای قدیمی‌تر و با شیب‌های اغلب ملایم‌تر، خاک‌های ورتی‌سول با و بدون افق کلسیک تشکیل شده است. نتایج خصوصیات فیزیکی نشان داد که مقدار رس در خاک‌های متاثر از فیلیت، اغلب بالاست که با توجه به ریزبافتی این سنگ، قابل انتظار می باشد. به همین دلیل بیشتر خاک‌های تشکیل شده بر روی مواد مادری فیلیتی دارای کلاس بافت‌های سنگین و خیلی سنگین هستند.

شکل۲- زمین‌نمای پروفیل شماره۴۳ (تصویر سمت چپ)، نمای نزدیک از افق Ap (تصویر میانی) که روی سنگ بستر فیلیتی قرار گرفته و نیمرخ خاک پروفیل شماره۴۳ (تصویر سمت راست)



شکل۳- دیفراکتوگرام اشعه ایکس ذرات رس در افق Bw خاکرخ ۱۴

K: Kaolinite, I: Illite, Ch: Chlorite, V: Vermiculite, Sm: Smectite , Q: Quartz

بررسی خصوصیات شیمیایی خاک‌های متاثر از فیلیت نشان داد که غالباً دارای هدایت الکتریکی بسیار کمی هستند که البته بارندگی حدود ۶۵۰ میلی متری منطقه و شستشوی خاک‌ها نیز در کم بودن ECe این خاک ها موثر است.بررسی نتایج شاخص (Fed-Feo) در چند پروفیل خاک متاثر از فیلیت نشان داد که در بیشتر خاکرخ ها، این شاخص در افق B و یا افق سطحی بیشتر از افق های Cr و R است، که نشان دهنده‌ی هوادیدگی و تکامل بیشتر خاک در افق‌های سطحی و افق‌های B می‌باشد. در خاک‌های با تکامل کم مانند افق‌های Cr ، Crt و R که شباهت بیشتری به مواد مادری داشتند، کانی غالب آنها مشابه سنگ فیلیت و شامل؛ میکا، مخلوط نامنظم میکا-کلریت، میکا-ورمیکولیت، کلریت، کائولنیت و کوارتز هستند. در خاک‌های با هوادیدگی بیشتر، مقادیر بیشتری کانی‌های ورمیکولیت و مخصوصاً اسمکتیت تشکیل شده است. با توجه به عدم وجود کانی‌های اسمکتیت در سنگ‌های فیلیت، می‌توان گفت که این کانی به صورت پدوژنیکی و از تغییر شکل کانی هایی مانند میکا و کلریت به وجود آمده است. هر چند تشکیل پدوژنیکی ورمیکولیت از هوادیدگی میکا در خاک‌های منطقه با توجه به بارندگی سالانه ۶۰۰ الی ۷۰۰ میلی متر به راحتی امکان پذیر است.

جدول۱- برخی نتایج مورفولوژیکی، فیزیکی و شیمیایی خاکرخ های تشکیل شده بر روی فیلیت

افق	عمق	درصد اجزاء			بافت	ECe	pHگل	O.C	CEC	آهک	فرم های آهن(gr/Kg)		
	(cm)	رس	سیلت	شن		(dS/m)	اشباع	%	(meq/100g)	(%)	Fed	Feo	Fed-Feo
خاکرخ شماره ۴													
Ap	۰–۱۸	۳۲	۳۸	۳۰	CL	۷/۹۰	۷/۱	۱/۴		۰	۳۴/۳	۱/۸۲	۳۲/۵
Cr	۱۸–۶۰	۴۰	۳۰	۳۰	CL	۰/۴۷	۷/۱	۰/۳۳		۰	-	-	-
R	>۶۰	-	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-
خاکرخ شماره ۸													
A	۰–۲۳	۵۴	۳۹	۷	C	۰/۶۰	۶/۹۷	۰/۹۹		۲/۵	۳۲/۹	۲/۹	۳۰/۰
Bw1	۲۳–۶۰	۵۴	۳۹	۷	C	۰/۴۴	۷/۴۴	۰/۶۴		۱/۰	۲۶/۵	۲/۴	۲۴/۱
Bw2	۶۰–۷۶	۵۶	۳۶	۸	C	۰/۳۴	۷/۴۲	۰/۴۴		۲/۵	۲۱/۵	۱/۵	۲۰/۰
R	>۷۶	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
خاکرخ شماره ۹													
A	۰–۱۸	۴۰	۴۳	۱۷	SiC	۰/۵۲	۶/۶۸	۱/۴۲		۰	۳۶/۹۵	۱/۶۱	۳۵/۳۴
Bw	۱۸–۶۰	۵۲	۲۷	۲۱	C	۰/۱۶	۶/۲۸	۰/۴۴		۱/۵	۴۱/۱۰	۰/۳۶	۴۰/۷۴
Crt	۶۰–۱۵۰	۳۶	۱۵	۴۹	SC	۰/۱۵	۶/۰۸	۰/۲۷		۰/۴	۲۲/۹۶	۱/۳۳	۲۱/۶۴
خاکرخ شماره ۱۴													
Ap	۰–۲۵	۳۵	۳۹	۲۶	CL	۰/۴۳	۶/۹۳	۲/۰۸		۴/۷	۲۹/۳۳	۱/۰۹	۲۸/۲۴
Bw	۲۵–۴۷	۴۵	۲۹	۲۶	C	۰/۳۱	۷/۰۷	۰/۶۹		۷/۰	۳۵/۱۰	۰/۵۴	۳۴/۴۵
B/C	۴۷–۹۰	۳۹	۳۱	۳۰	CL	۰/۳۰	۷/۳۱	۰/۳۶		۶/۰	۲۶/۶۶	۰	۲۶/۰۵
R	>۹۰	۲۳	۲۳	۵۴	SCL	۰/۲۵	۷/۴۷	۰/۲۶		۵/۱	۲۷/۷۲	۰/۴۳	۲۷/۰۷
خاکرخ شماره ۱۶													
Ap	۰–۲۷	۴۲	۴۳	۱۵	SiC	۰/۴۹	۶/۶۹	۰/۹۱		۰/۵	-	-	-

Bw1	۲۷-۶۵	۵۰	۳۷	۱۳	C	۰/۲۹	۶/۷۳	۰/۴۴		۰	-	-	-
Bw2	۶۵-۱۰۰	۴۲	۴۰	۱۸	C	۰/۱۵	۶/۴۶	۰/۲۷		۰	-	-	-
C	۱۰۰-۱۵۰	-	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-
					خاکرخ شماره ۴۳								
Ap	۰-۲۰	۲۶	۳۱	۴۳	L	۰/۲۷	۷/۳۸	۱/۲۲		۰/۹	-	-	-
R	>۲۰	۱۰	۲۳	۶۷	SL	۰/۲۰	۷/۲۴	۰/۰۷		۱/۴	-	-	-
					خاکرخ شماره ۶۷								
Ap	۰-۳۰	۳۲	۵۰	۱۸	SiCL	۰/۳۹	۶/۹۸	۰/۸۳		۰	-	-	-
Bw1	۳۰-۷۰	۴۰	۴۲	۱۷	SiC	۰/۳۶	۶/۷۱	۰/۱۷		۰	-	-	-
Bw2	۷۰-۹۸	۳۲	۴۸	۲۰	SiCL to CL	۰/۱۵	۶/۴۳	۰/۱۷		۰/۵	-	-	-
R	>۹۸	-	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-
					خاکرخ شماره ۷۲								
Ap	۰-۲۵	۴۲	۴۱	۱۷	SiC	۰/۳۴	۶/۹۷	۱/۱۰		۰	۲۱/۳۲	۱/۵۴	۱۹/۷۸
Bss1	۲۵-۵۰	۵۲	۳۵	۱۳	C	۰/۲۹	۶/۶۷	۰/۴۴		۰	۲۱/۳۸	۱/۲۲	۲۰/۱۶
Bss1	۵۰-۱۰۷	۵۲	۳۴	۱۴	C	۰/۱۷	۶/۷۶	۰/۳۳		۰/۵	۲۱/۸۹	۰/۸۵	۲۱/۰۴
R	>۱۰۷	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

جدول۲- رده بندی خاک در سطح فامیل در سیستم جدید آمریکایی به همراه زمین نما و شکل زمین و درصد شیب اراضی

زمین نما و شکل زمین و درصد شیب	شماره پروفیل	رده‌بندی خاک ها در USDA Soil Taxonomy, (Keys to Soil Taxonomy, 2014)		
		Order	**Sub-groups**	**Family**
Hill-Shoulder 12-25 (%)	4	Entisols	Typic Xerorthents	Fine, mixed, subactive, nonacid, thermic
Hill-Backslope 5-8 (%)	6	Entisols	Lithic Xerorthents	Loamy, mixed, subactive, nonacid, thermic
Hill-Toeslope 2-3 (%)	8	Mollisols	Typic Haploxerolls	Fine, mixed, superactive, nonacid, thermic
Hill-Summit Less than 2 (%)	9	Mollisols	Typic Haploxerolls	Clayey-skeletal, mixed, nonacid, thermic
Hill-Backslope 5-8 (%)	14	Mollisols	Typic Haploxerolls	Fine, mixed, superactive, calcareous, thermic
Platuea-Backslope 2-5 (%)	16	Mollisols	Typic Haploxerolls	Fine, mixed,superactive, nonacid, thermic
Hill-Backslope 12-25 (%)	23	Mollisols	Typic Haploxerolls	Fine-loamy, mixed, nonacid, thermic
Hill-Backslope 5-8 (%)	43	Mollisols	Lithic Haploxerolls	Fine-loamy, mixed, superactive, nonacid, thermic
Hill-Footslope 12-25 (%)	67	Mollisols	Typic Haploxerolls	Fine, mixed,superactive, nonacid, thermic
Platuea-Backslope 5-8 (%)	72	Vertisols	Leptic Haploxererts	Fine, mixed, calcareous, thermic

منابع

۱- بخشی‌پور، ر. (۱۳۷۲). چگونگی تشکیل، تحول و مینرالوژی خاک‌های منطقه لاهیجان. پایان نامه دوره کارشناسی در رشته خاکشناسی. دانشگاه صنعتی اصفهان، دانشکده کشاورزی.

۲- ترابی گل سفیدی ح. (۱۳۹۷). مطالعات نیمه تفصیلی خاکشناسی شهرستان بانه، وزارت نیرو، سازمان آب منطقه‌ای کردستان، شرکت مهندسین مشاور زیستاب، ۳۲۹ص.

۳- سازمان زمین شناسی ایران، (۱۹۸۶). نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰، ورقه آلوت، وزارت صنایع و معادن، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

۴- رمضانپور، ح. و بخشی‌پور، ر. (۱۳۸۲). شواهد تغییر شکل کانی‌های رسی خاک در بعضی از واحدهای فیزیوگرافی غرب لنگرود، گیلان. بلور شناسی و کانی شناسی ایران، ۱۱(۱)، ۵۶-۴۵.

5- Graham R.C., Diallo M.M., Lund L.J. (1990). Soil and mineral weathering on phyllite colluvium and serpantinite in northwestern California, Soil Sci. Soc. Am. J. 54 , 1862-1690.

6- Kittrik, J.A., and Hope, E.W. (1963). A procedure for the particle size separation of soil for X-ray diffraction

analysis. Soil Sci. Soc. 96: 312-325.
7- Kong, T. B. and Miasin, S. F. E. Bt. (2005). Physico-Chemical Properties of Residual Soils of the Kenny Hill Formation in the Shah Alam Area, Selangor. Geological Society of Malaysia Bulletin, 51, 13-17.
8- Koppi, A. J., 1981. A soil tiposequence on Bunya Phyllite in Brisbane, Aust. J. Soil Res., 19:1-11.
9- Soil Survey Staff. (2014). Keys to Soil Taxonomy. United States Department of Agriculture. Natural Resources Conservation Service. Eleventh Edition, 2010.
10- Soil Survey Laboratory. (1996). Soil survey laboratory methods manual. Soil Survey Investigation Report no. 42. Ver.3. USDA-NRCS. Soil Survey Laboratory Staff .U.S. Gov. Pr. Office, Washington, DC.

Morphological, Physico-Chemical and Mineralogical Soil Properties that Formed on Phyllite Rocks in Baneh Township

Ali Mahmoodi[1] and Hossein Torabi-Golsefidi[2]

2. Corresponding Author: Assistant Professor, Faculty of Agriculture, Shahed University, htorabi@shahed.ac.ir
1. MSc. Graduated of Shahed University

Abstract

The aims of this study was to investigate the morphological, physicochemical and clay mineralogical properties of soils formed on phyllite rock in Baneh Township. 10 profiles from different landscape and landforms were dug, described, and sampled. Different forms of iron, including free iron (pedogenic) and amorphous were extracted by citrate-bicarbonate dithionite (Fed) and ammonium oxalate (Feo), respectively and their concentration were measured using atomic absorption spectrophotometry. Field describing of pedons showed that the landform and landscape have a significant role in the formation or non-formation of the B horizon and thickness of soil solum. The results of soil physical properties showed that the clay content was high in all pedons, which is to be expected given the fine texture of the phyllite rock. The chemical results showed that the electrical conductivity in most of soils were less than 2 dS/m. The relatively high rainfall (650 mm) can leach and remove soluble salts and reduce electrical conductivity. The results of iron fractionation, showed that the (Fed-Feo) in B horizon and some of surface horizons was more than the Cr and R layers in most of profiles, which indicated the high weathering in soil surface horizons and more development in B horizons. The results of clay mineralogy showed that, mica, chlorite, irregular mixed mica-chlorite, mica-vermiculite, quartz, kaolinite and vermiculite were common in the phyllite rocks. The clay minerals in the soils with lower development, which were more similar to their parent material, were same to phyllite. But in the soils with high weathering and more development, smectite and vermiculite were increased compared to the non-developed soils. Due to the absence of smectite in Phyllite rock, the formation of this mineral in soils affected by phyllite can be considered as a pedogenic feature due to the transformation of mica or chlorite.

Keywords: Soil development, Soil profile, Free and amorphous iron, Clay Mineralogy

ارزیابی شدت فرسایش پذیری و تولید رسوب در اراضی کشاورزی استان خوزستان

میرناصر نویدی*[1] نسرین مرادی مجد[2]، جواد سیدمحمدی[3]، منصور چترنور[4]

۱- استادیار پژوهش، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران؛ n.navidi@areeo.ac.ir

۲- دانش‌آموخته دکتری، گروه جغرافیا، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران؛ moradymajd@yahoo.com

۳- استادیار پژوهش، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران؛ j.mohammadi@areeo.ac.ir

٤- دانش‌آموخته دکتری، گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران؛ m.chatrenor@gmail.com

چکیده

فرسایش خاک به عنوان یک مسئله جهانی سبب فقیر شدن خاک، رسوب مواد در آبراهه ها، مخازن، سدها و کاهش ظرفیت آبگیری آنها می شود. در این راستا فرسایش تشدیدی همواره یک عامل بالقوه بوده که در آن فرسایش طبیعی همراه با فعالیت های انسانی مانند تغییر مدیریت یا تغییر کاربری اراضی تشدید می شود. هدف از این پژوهش استفاده از مدل P.S.I.A.C در ارزیابی فرسایش آبی حوضه آبخیز سالند واقع در استان خوزستان است. از عوامل نقشه شیب، قابلیت اراضی، پوشش گیاهی، خاک، زمین شناسی، فرسایش رودخانه ای، وضعیت فعلی فرسایش در سطح حوضه آبخیز و رواناب و آب و هوا استفاده شد. بعد از تلفیق این نقشه ها نقشه واحدهای همگنی که دارای امتیازات مربوطه بود، به دست آمد. در نهایت پس از گرفتن میانگین وزنی از مقادیر رسوب بدست آمده از واحدهای همگن مقدار فرسایش و رسوب کل حوزه بدست آمد. نتایج به دست آمده از این روش نشان داد که ۱۸٪ از منطقه در کلاس خیلی زیاد، ۱۰٪ در کلاس زیاد و ۷۲٪ در کلاس متوسط می باشد. در میان فاکتورهای شرح داده شده فاکتور فرسایش سطحی، زمین شناسی، شیب و پوشش گیاهی به ترتیب بیشترین اثر را نشان داد. نتایج این بررسی مؤید آن است که عامل وضعیت فعلی فرسایش به عنوان مهمترین عامل در فرسایش خاک منطقه شناخته می شود.

واژه های کلیدی: رسوب‌زایی، فرسایش خاک، روشP.S.I.A.C، حوضه آبخیز سالند.

مقدمه

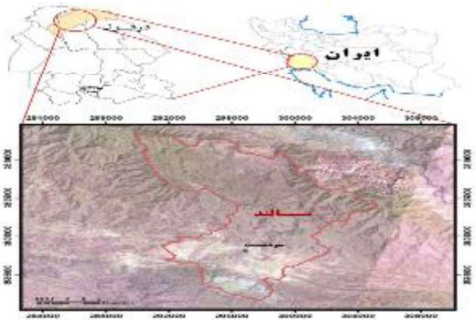
فرسایش خاک یک فرآیند طبیعی است که در مقیاسی بزرگتر از مقیاس زمین شناسی رخ می دهد. مهمترین موضوعی که در این رابطه همواره مطرح است، فرسایش تشدیدی می باشد، جایی که فرسایش طبیعی با مواردی همچون فعالیت های انسانی مانند تغییر مدیریت یا تغییر کاربری اراضی تشدید می شود (Gobin,. 2003). در مناطقی که فرسایش کنترل نمی شود خاک بتدریج حاصلخیزی خود را از دست می دهد. فرسایش نه تنها سبب فقیر شدن خاک و متروک شدن مزارع می شود و از این راه خسارات زیاد و جبران ناپذیری به جا می گذارد، بلکه از طریق رسوب مواد در آبراهه ها، مخازن، سدها، بنادر و کاهش ظرفیت آبگیری آنها نیز زیانهای فراوانی را سبب می گردد. (رفاهی و حسینقلی،۱۳۷۵). با مراجعه به سازمان های مربوطه و ارزیابی گزارش ها دریافت شد که اطلاعات دقیقی از میزان فرسایش کشور در انواعی از حوضه ها به ویژه در استان خوزستان در دسترس نیست. همچنین با توجه به انواعی از مدل های رایج استفاده شده در این مورد، که ارقام فرسایش در روش های مختلف، از دو دیدگاه مقیاس زمانی و مکانی نیز با یکدیگر تفاوت دارند (Boardman, 2006). کوتلر و ارتگا لاروسا در پژوهشی تحت عنوان اثرات آمایش بر روی فرسایش خاک در اکوسیستم های جنگل های خشک گرمسیری در مکزیک به بررسی فرسایش خاک و تبدیل جنگل های خشک استوایی به مراتع فقیر پرداخته اند. در این تحقیق پژوهشگران به بررسی دلایل فرسایش در قسمت های غربی و مرکزی مکزیک پرداختند و نتیجه گرفتند که استفاده از زمین، دانه بندی خاک، رطوبت خاک و تراکم زهکش نقش مهمی را در فرسایش منطقه داشته اند (Cotler;Ortega-Larrocea,2006). جعفر زاده و رضایی (۱۳۹۶) به برآورد فرسایش خاک درحوضه سفیدرود با تاکید بر نقش لندفرم ها انجام دادند. در این پژوهش با روش تحقیق تحلیلی-توصیفی و استفاده از

[1]. نویسنده مسئول، آدرس: کرج، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، موسسه تحقیقات خاک و آب، بخش ارزیابی اراضی،

مدلPSIAC در مطالعه فرسایش در مقایسه با سایر روشها و مدل های تجربی با مطالعه تاثیر ۹ عامل مهم و موثر در فرسایش خاک و تولید رسوب از طریق امتیازدهی عددی درون لایه ای به عوامل نه گانه موثربر فرسایش درقسمتهای مختلف حوضه سفیدرود ارزیابی گردید و مشاهده شد که مناطق کوهستانی و کوهپایه ای حساسیت بیشتری نسبت به فرسایش دارند. آذرفر و همکاران (۱۳۹۴) به مطالعه روش‌های کنترل فرسایش آبی در خاک های زراعی پرداختند. در این مقاله مهم‌ترین روش‌های ساختمانی حفاظت خاک در مقابل فرسایش آبی بررسی گردید و عواملی مانند احداث بانکت و سازه های رسوب گیر، تراس بندی زمین؛ اصلاح شیب طولی رودخانه ها، احداث شبکه های فلزی، هدایت آب رودخانه به داخل بستر (پخش سیلاب)، ایجاد بندها و سدهای خاکی، حفاظت دامنه ها، ایجاد زهکش و هدایت آب به مناطق غیر لغزنده به عنوان عوامل اثر گذا در فرسایش منطقه شناسایی شد. ابوالفتحی و کیانی (۱۳۸۶) میزان فرسایش خاک و رسوبدهی معادل با میزان سیلاب در حوضه فارسبان با استفاده ازGIS به روش PSIAC سنجیدند. در تحقیق آنها فاکتورهای مانند فرسایش سطحی و نوع خاک و پوشش گیاهی به ترتیب بیشترین اثر را نشان دادند. استان خوزستان از استان های پرآب کشور بوده که با سرازیر شدن آب خروجی از استان های مجاور سبب رونق کشاورزی در این استان شده است. در این راستا نیاز است که میزان فرسایش پذیری در بخش های مختلف استان مورد ارزیابی قرار گیرد. بنابراین هدف از این پژوهش استفاده از مدلP.S.I.A.C و توانایی سیستم GIS به عنوان روشی در جهت محاسبه شدت فرسایش و رسوبزایی در اراضی سالند واقع در استان خوزستان است.

مواد و روش ها:

حوضه آبخیز سالند دزفول واقع در شمال استان خوزستان، دارای مختصات "۳۹ ´ ۴۵ ۴۸ تا "۴۰ ´ ۵۵ ۴۸ طول شرقی و "۴۰´ ۲۶ ۳۲ تا "۱۵ ´ ۳۸ ۳۲ عرض شمالی قرار دارد. این حوضه از نظر تقسیمات کشوری از توابع شهرستان دزفول بخش سردشت است. متوسط بارندگی سالانه ۳۰۴/۸ میلیمتر و میانگین سالانه حداقل درجه حرارت منطقه ۱۷/۸۱ سانتی‌گراد است (گزارش مطالعات هواشناسی سازآب پردازان، ۱۳۸۹). محدوده مورد مطالعه دارای سه رودخانه فصلی، سردشت (به طول ۴۵ کیلومتر)، آب شور (به طول ۲۰ کیلومتر) و دره قیله (به طول ۱۸ کیلومتر) است. در منطقه ۸۱ گونه پستاندار، پرنده، خزنده و دوزیست وجود دارد از نظر پوشش گیاهی، ۵۳۷۶/۸ هکتار از عرصه حوضه سالند به‌عنوان مرتع با تیپ‌های مرتعی گون، بریش – شکر تیغال، گل گندم-لگجی و پیچک – گون می‌باشند. این حوضه از نظر پوشش جنگلی دارای سه تیپ جنگلی بادام، بادام – بنه و بلوط –بادام و همچنین دارای اراضی زراعی گندم است (گزارش مطالعات گیاهشناسی سازآب پردازان، ۱۳۸۹). گردآوری اطلاعات در این پژوهش از طریق بررسی مطالعات انجام شده در مورد شناخت حوضه آبخیز، از طریق مراجعه به مراکز تحقیقاتی مانند سازمان حفاظت محیط زیست و منابع طبیعی استان خوزستان انجام و تهیه نقشه‌های توپوگرافی، زمین‌شناسی، خاکشناسی، پوشش‌گیاهی و غیره با استفاده از سازمان‌های مربوطه صورت پذیرفت. با بازدید میدانی به‌منظور درک کلی از منطقه اقدام به تصحیح نقشه‌ها نسبت به واقعیت زمینی از طریق GPS انجام گرفت. در ادامه با تلفیق مدل P.S.I.A.C و سیستم GIS روشی برای برآورد شدت فرسایش ارائه گردید. از تلفیق این روش ها با نقشه های پایه، میزان رسوب در حوزه برآورد شد.



شکل ۱- نقشه موقعیت منطقه سالند دزفول در کشور

برای تهیه نقشه های محدوده مطالعاتی ابتدا شناسایی، تهیه و تولید منابع پایدار و ناپایدار انجام و متغیرهای مورد نظر برای ارزیابی شدت فرسایش و رسوب زایی منطقه مشخص شد. با توجه به ماهیت و فرآیند وقت گیر تولید نقشه‌ها و توان سنجی، به منظور دسترسی و تأمین برخی داده‌ها به شکل جداول و نقشه های پشتیبان از اطلاعات موجود نهادهائی چون سازمان حفاظت محیط زیست، اداره کل منابع طبیعی استان خوزستان و مرکز اطلاعات جغرافیائی وزارت جهاد کشاورزی بهره گیری شده و نقشه های رقومی منطقه تولید گردید. در ادامه نقشه‌های تولید شده در سامانه رایانه‌ای و برنامه نرم‌افزاری اتوکد رقومی شده و با قالب برداری

به محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی و نرم افزار Arc GIS 10.2 منتقل شد. در این نرم افزار روابط توپولوژیک برای هر لایه نقشه تهیه و یک پایگاه اطلاعات جغرافیایی طرح‌ریزی گردید و تمامی نقشه‌های منابع پایه منطقه به شکل هم مقیاس تهیه شد. مقیاس مورد استفاده در این تحقیق ۱:۲۵۰۰۰ انتخاب گردید.

مدلP.S.I.A.C : این مدل در سال ۱۹۶۸ توسط کمیته آب آمریکا برای برآورد رسوب دهی مناطق خشک و نیمه خشک غرب این کشور ارائه شده است. برای اولین بار مدل P.S.I.A.C توسط مهندسین مشاور D&R در حوزه آبخیز سد دز مورد استفاده شد و با توجه به نتایج خوب آن به سرعت در دیگر پروژه های فرسایش در دستگاههای اجرایی مرتبط مورد آزمون قرار گرفت. در مقایسه با سایر مدل های تجربی، P.S.I.A.C عوامل بیشتری را در فرسایش خاک در نظر می گیرد. این عوامل و حدود امتیارات مرتبط با آن در نهایت مشخص کننده شدت رسوب دهی بر اساس جدول ۳ است و با استفاده از معادله ۱ مقدار کمی رسوبدهی محاسبه می گردد (روی،۱۳۷۷، نیک کامی،۱۳۸۰).

برای استفاده از روش PSIAC در برآورد وضعیت فرسایش و تولید رسوب در هر یک از اجزای واحد اراضی یا واحد هیدرولوژیک، ۹ عامل موثر در فرسایش و رسوب زایی بر حسب شدت و ضعف نقش آنها در فرسایش خاک و تولید رسوب باید مورد بررسی و ارزیابی دقیق قرار گیرند. نهایتا نمره بدست آمده از ۹ عامل در هر یک از اجزای واحد اراضی بیانگر شدت فرسایش خاک و میزان رسوب زایی در آن واحد می باشد.

نهایتا عدد بدست آمده از جمع این ۹ فاکتور را درجه رسوب دهی آن زیر حوزه می نامند. همچنین می توانیم با توجه به درجه رسوب دهی با استفاده از فرمول زیر رسوب ویژه یا همان میزان تولید رسوب در واحد سطح آن زیر حوزه را نیز تعیین کرد.

$$Q_S = 38.77\ e^{0.0353R} \qquad (۲)$$

Q_S: رسوب ویژه $m^3/\ Km^2.Year$ ،R: درجه رسوب دهی (جمع فاکتورهای ۹ گانه)، با توجه به فرمول بالا که از طریق آن رسوب ویژه محاسبه گردید. حال برای بدست آوردن فرسایش ویژه آن حوزه از طریق رابطه ساده زیر عمل شد که در این رابطه Y میانگین رسوب سالانه در واحد سطح و E میانگین فرسایش سالانه در واحد سطح است (Richards, 1993).

$$(SDR) = \frac{Y}{E} \qquad (۳)$$

جدول۱- سامانه نمره دهی در مدل P.S.I.A.C

متغیرهای فرسایش خاک و تولید رسوب	نمرات مشخص کننده تاثیر عوامل در فرسایش خاک و تولید رسوب	توضیحات
زمین شناسی سطحی	0 -10	
خاک	0 – 10	برای تعیین نمره این فاکتور بهتر است که فاکتور K محاسبه گردد.
آب و هوا	0 – 10	براساس وضعیت و شدت بارندگی در حوزه آبخیز نمره آن تعیین می شود.
رواناب	0 – 10	نمره رواناب براساس گروه های هیدرولوژی (پتانسیل خاک برای تولید رواناب) تعیین می گردد. A : کمترین رواناب و D : بیشترین رواناب و بالاترین نمره
پستی و بلندی	0 – 20	شیب حوزه بیش از 30 % = 20 ؛ شیب حوزه کمتر از 20 % = 10 ؛ شیب کمتر از 10 % = 0
پوشش زمین	-10 - +10	هر چه پوشش حوزه بهتر باشد نمره آن کمتر می شود
استفاده از زمین	-10 - +10	این عامل و همین طور عامل بالا به علت داشتن نمره منفی تاثیر بیشتری در کاهش فرسایش و رسوب دارند
وضعیت فعلی فرسایش در سطح حوزه	0 – 25	در صورت عدم مشاهده فرسایش در سطح خاک نمره صفر و در صورتی که بیش از ۵۰ درصد سطح زمین درگیر فرسایش شیاری و خندقی باشد نمره ۲۵ می گیرد.
فرسایش رودخانه ای و حمل رسوب	0 – 25	

جدول۲- رده های شدت رسوب دهی در مدل P.S.I.A.C

کلاس رسوب دهی	شدت رسوب دهی	درجه رسوب	رسوب ویژه ton/ Km2.Year
۱	خیلی کم	۰-۲۵	کمتر از ۲۰۰
۲	کم	۲۵-۵۰	۲۰۰-۵۰۰
۳	متوسط	۵۰-۷۵	۵۰۰-۱۵۰۰
۴	زیاد	۷۵-۱۰۰	۱۵۰۰-۲۰۰۰
۵	خیلی زیاد	بیشتر از ۱۰۰	بیشتر از ۲۰۰۰

نتایج و بحث:

در ابتدا اقدام به رقومی کردن، نقشه های توپوگرافی، زمین شناسی و خاکشناسی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ در سیستم GIS گردید. با استفاده از قابلیت های این سیستم اقدام به تهیه نقشه های رقومی ارتفاعی (هیپسومتری)، شیب و جهت شده و سپس با توجه به جداول ارائه شده از مدل P.S.I.A.C اقدام به رده بندی این عوامل براساس میزان تأثیر آنها در شدت فرسایش و رسوب زایی از طریق امتیازدهی و وزن دهی مناسب و همگن گردید. در نهایت با جمع بندی امتیازات بدست آمده که از طریق تلفیق نقشه های موضوعی تهیه شده است، نقشه نهایی که نشان دهنده وضعیت فرسایش پذیری و رسوبزایی منطقه مورد مطالعه است، استخراج شد.

تهیه نقشه شیب: برای تهیه نقشه محدوده مورد مطالعه از نقشه توپوگرافی و خطوط تراز از نقشه های توپوگرافی رقومی شدند پس از رقومی نمودن خطوط تراز مدل رقومی ارتفاعی حوضه تهیه و نقشه شیب را درحوضه بدست آمد که با توجه به اهمیت آن نمره (وزن) بین ۰ تا ۲۰ داده شده است. برای مناطق با شیب تند و بیشتر از ۳۰ درصد و ارتفاع و پستی و بلندی زیاد نمره ۲۰، جهت مناطق با شیب کمتر از ۲۰ درصد و گسترش متوسط مناطق سیل گیر با واحدهای فیزیوگرافی بادبزنی شکل نمره ۱۰ و در شیب های ملایم و کمتر از ۵ درصد و دشت آبرفتی گسترده نمره ۰ لحاظ گردید.

تهیه نقشه قابلیت اراضی: برای تهیه نقشه قابلیت اراضی محدوده مورد نظر از نقشه منابع و قابلیت اراضی استفاده شده است. به دلیل اینکه کمتر از ۲۵ درصد منطقه کشت شده و کمتر از ۵۰ درصد تحت چرای متوسط است وکمتر از ۵۰ درصد پوشش گیاهی جنگلی بتازگی قطع شده باشد و وجود جاده و دیگر ابنیه این عامل نمره ۰ را دریافت کرد.

تهیه نقشه پوشش گیاهی: برای تهیه نقشه پوشش گیاهی محدوده مورد نظر از نقشه پوشش گیاهی با وزندهی پوشش گیاهی از ۱۰ تا ۱۰- استفاده شده است.

تهیه نقشه خاک: برای تهیه نقشه محدوده مورد نظر جهت مطالعه خاک ابتدا از منطقه مورد نظر بازدید صحرایی به عمل آمد و سری خاک در محدوده مورد نظر به دلیل بافت متوسط و قطعات تخته سنگی و لایه های آهکی و قلوه سنگی دارای نمره ۵ تعیین گردید.

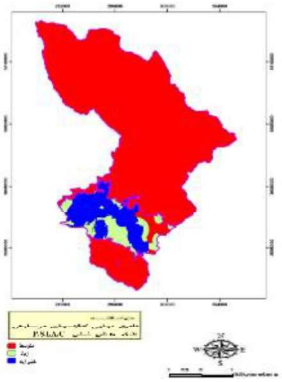
تهیه نقشه زمین شناسی: برای تهیه نقشه زمین شناسی محدوده موردنظر از نقشه زمین شناسی کلی استفاده شده است. متوسط مقدار عامل زمین شناسی سطحی که بین ۱۰ تا ۰ است و ازطریق میانگین وزنی محاسبه شد. به دلیل حساس بودن سازند زمین شناسی نمره ۱۵ را کسب کرد.

عامل فرسایش رودخانه ای: آخرین عامل موثر در فرسایش خاک و تولید رسوب در روش فرسایش رودخانه ای انتقال رسوب می باشد در این عامل دو پدیده فرسایش کناره ای و حمل رسوب توسط سیلاب مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفت . با توجه به این که در هر حوضه آبخیز، فرسایش رودخانه ای و حمل رسوب می تواند سهم زیادی از رسوب زایی ر ا به خود اختصاص دهد بنابراین عامل امتیاز از ۲۵ تا ۰ در نظر گرفته شد. این عامل نمره ۱۰ را کسب کرد.

وضعیت فعلی فرسایش در سطح حوضه آبخیز: به دلیل وجود فرسایش خندقی در بیش از ۵۰ درصد سطح اراضی نمره ۲۵ را کسب کرد.

عامل رواناب و آب و هوا (بارش جوی) : اصولاً در این روش توصیه شده است عوامل آب و هوا و هرزآب دو عامل متغیر و مرتبط باشند. بنابراین درجه رسوب دهی عامل روان آب با توجه به عامل آب و هوا تعیین و در محاسبه وارد می شود در روشPSIAC عامل روان آب بین۰ تا ۱۰ متغیر می باشد عدد صفر برای حوضه های آبخیزی است که دارای نفوذپذیری بسیارخوبی بوده و عدد ۱۰ برای حوضه های آبخیز است که نفوذپذیری آنها کم است. آبدهی در رودخانه سردشت براساس روش دبی ویژه معادل ۰/۵۹۸ مترمکعب برثانیه یا به عبارتی معادل ۴،۴۹۵۱۴ مترمکعب در روز برآورد شده است. این عامل به دلیل پتانسیل رواناب و سیلاب ناچیز و کم و بارش سالانه ۱۵۰-۲۵۰ میلیمتر، دمای متوسط سالانه ۲۵ درجه سانتیگراد نمره ۵ را بدست آورد. در این نقشه ها امتیازات مربوطه براساس شدت تأثیر عوامل در فرسایش و رسوب به هر رده از امتیازدهی با توجه به جداول شدت رسوب دهی در مدل P.S.I.A.C داده شده و هر کدام از نقشه ها از نظر نمره دهی به ۵ رده تقسیم بندی شدند تا با رده های شدت رسوب دهی در مدل P.S.I.A.Cیکسان باشند، بعد از تلفیق این نقشه ها نقشه واحدهای همگنی بدست آمد که دارای امتیازات مربوط به هر واحد همگن

بودند. در نهایت پس از گرفتن میانگین وزنی از مقادیر رسوب بدست آمده از واحدهای همگن مقدار فرسایش و رسوب کل حوزه بدست آمد و در مقایسه نمره نهایی بدست آمده با جدول رده های شدت رسوبدهی مدلP.S.I.A.C میزان رسوبدهی حوزه مشخص گردید. در شکل(۲) گستره نهایی کلاس های فرسایش طبق روش P.S.I.A.C را در منطقه نشان می دهد. نتایج به دست آمده حاکی از آن است که ۱۸٪ از منطقه در کلاس خیلی زیاد، ۱۰٪ در کلاس زیاد و ۷۲٪ در کلاس متوسط قرار دارند. در بررسی نقشه نهایی حاصله در منطقه سالند از کل مساحت ۱۵۲۰۷ هکتاری مساحت ۲۷۳۷ در کلاس خیلی زیاد، مساحتی معادل ۱۵۲۰ هکتار از کل عرصه منطقه سالند در کلاس زیاد و همچنین مساحتی برابر با ۱۰۹۵۰ هکتار در منطقه کلاس متوسط تشخیص داده شد.



شکل۲- نقشه کلاس های فرسایش طبق روش P.S.I.A.C

نتیجه گیری کلی:

در این پژوهش به بررسی فرسایش خاک و رسوب دهی در حوضه آبخیز سالند دزفول با توجه به روش P.S.I.A.C که در آن نرم افزار Arc GIS در زمینه تهیه و تفسیر نقشه های منطقه استفاده شد. برای تجزیه و تحلیل مدل P.S.I.A.C یا دامنه های آب و هوا، کاربری اراضی، پوشش گیاهی عامل فرسایش سطحی، زمین شناسی، فرسایش رودخانه ای و با توجه به پهنه بندی فرسایش نتیجه می گیریم که فرسایش خاک در این حوضه نسبتاً بالاست و نقشه فرسایش به صورت کلاس های متوسط، زیاد و خیلی زیاد طبقه بندی شده است. میزان تولید رسوب دهی سالانه برحسب کیلومتر مکعب در کیلومترمربع به دست آمده است در میان فاکتورهای شرح داده شده فاکتور فرسایش سطحی، زمین شناسی، شیب و پوشش گیاهی به ترتیب بیشترین اثر را داشته است. این روش برای اولین بار در سال ۱۳۵۲ در حوضه آبخیز استفاده شده با توجه به دقت خوب آن در مقایسه با سایر روش ها و مدل های تجربی در بعضی حوضه های داخلی مورد استفاده قرارگرفت و اخیرا مطالعات زیادی انجام گرفته است و روش مناسبی برای تخمین فرسایش و رسوب می باشد. در این مدل، بیشترین عوامل موثر در فرسایش خاک و تولید رسوب در محاسبات وارد می گردد. نتایج حاصل از بکارگیری مدل P.S.I.A.C در بررسی تولید رسوب چند حوزه آبخیز سدهای مخزنی بزرگ کشور نشان داده است که اختلاف بین بار رسوبی برآوردی از این روش با میزان مشاهده ای کم است. در مجموع نتایج حاصل در این تحقیق نشان می‌دهد که با استفاده از داده های ماهواره ای در کنار برداشت های صحرایی به خصوص در اراضی صعب العبور باعث تخمین های مناسبی از میزان فرسایش در منطقه مورد مطالعه می گردد تا این مقدار رسوب و فرسایش بدست آمده با دقت قابل قبولی در راستای برنامه ریزی و عملیات آبخیزداری مورد استفاده واقع گردد. همچنین عملیات عمرانی لازم برای کنترل فرسایش اراضی حوضه، احیای جنگل، کنترل چرا و رعایت اصول مرتعداری و شخم صحیح، جلوگیری از سوزاندن بقایای گیاهی و عملیات حفاظت خاک شامل تراس بندی در نواحی شیبدار نقش عمده ای را در جهت کنترل فرسایش در منطقه ایفا خواهد کرد.

منابع:

۱. آذرفر, ع., عیسوند چناری, ع., علی حسینی, ح. ا., و رحمانی, ط. (۱۳۹۴). مطالعه روش های کنترل فرسایش آبی در خاک های زراعی. همایش ملی بحران کم آبی و راه های برونرفت.

۲. ابوالفتحی، د. و کیانی، م. ، (۱۳۸۶). میزان فرسایش خاک و رسوبدهی معادل با میزان سیلاب در حوضه فارسبان با استفاده از GIS، نشریه علوم جغرافیایی، ۷(۱۰)، ۱۷۲-۱۵۸.

۳. جعفرزاده اسطلخ کوهی، ع. و رضائی، پ، (۱۳۹۶)، برآورد فرسایش خاک درحوضه سفیدرود با تاکید بر نقش لندفرم ها، نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، سال هفدهم، شماره ۴۴،ص ۲۰۲-۲۲۱.
۴. رفاهی، حسینقلی، (۱۳۷۵)، فرسایش آبی و کنترل آن، انتشارات دانشگاه تهران .
۵. روی، سودیپ، (۱۳۷۷)، تعیین حساسیت مناطق به فرسایش حوزه‌آبخیزدماوند، پایان‌نامه کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس.
۶. کرم، امیر و همکاران، (۱۳۸۹)، برآورد و پهنه بندی فرسایش خاک در حوضه ماملو (شرق تهران) با استفاده از روش های معادله اصلاح شده جهانی فرسایش خاک و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، پژوهش های دانش زمین، سال اول، شماره۲، ص ۸۳-۷۶.
۷. گزارش مطالعات گیاهشناسی حوضه آبخیز سالنـد دزفول ، (۱۳۸۹) ، مهندسین مشاور سازآب پردازان
۸. گزارش مطالعات هواشناسی حوضه آبخیز سالند دزفول ، (۱۳۸۹) ، مهندسین مشاور سازآب پردازان
۹. نیک کامی، داود، بازنگری در روش کاربردهای مطالعاتی و تحقیقاتی P.S.I.A.C، (۱۳۸۹)، همایش ملی مدیریت اراضی ، اراک.
10. Boardman J. (2006). Soil Erosion Science: Reflections on the Limitations of Current Approaches. Catena, 68,73-86.
11. Cotler H. and Ortega-Larrocea M.P. (2006) .Effects of land use on soil erosion in a tropical dry forest ecosystem,Chamela watershed, Mexico. *Catena*, 65,107-117.
12. Gobin A., Jones R., Kirkby M., and Kosmas C. (2003). Assessment and Reporting on Soil Erosion, Background and Workshop Report. European Environmental Agency, Printed in Denmark, 100p.
13. Richards, K. (1993). Sediment delivery and the drainage network. K. Beven, M.J. Kirkby (Eds.), Channel Network Hydrology, Wiley, Chichester (1993), pp. 221–254.

Evaluation of erosion intensity and sediment production in agricultural lands of Khuzestan province

Mir Naser Navidi[1]*, Nasrin Moradimajd[2] Javad Seyedmohammadi[3] Mansour Chatrenour[4],

1. Assistant Professor, Soil and Water Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran, E-mail: n.navidi@areeo.ac.ir

2. . PhD Graduated, Department Geomorphology & Meteorology, Faculty of Geography & Environmental Sciences, Hakim Sabzevari University, Sabzevar, Iran; E-mail: moradymajd@yahoo.com

3. Assistant Professor, Soil and Water Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran, E-mail: j.mohammadi@areeo.ac.ir

4.PhD Graduated, Department of Soil Science and Engineering, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran ; E-mail: m.chatrenor@gmail.com

Abstract

Today, soil erosion, as a global issue, always causes poor soil and sediment in waterways, reservoirs, dams and reduce their dewatering capacity. In this regard, aggravated erosion has always been a potential factor in which natural erosion is intensified along with human activities such as change of management or change of land use. The purpose of this study is to use the P.S.I.A.C model in assessing water erosion in the Saland watershed located in Khuzestan province. Slope map, land capability, vegetation, soil, geology, river erosion, current erosion status in the watershed and runoff and climate were used. After combining these maps, a map of homogeneous units with related scores was obtained. Finally, after taking the weighted average of sediment values obtained from homogeneous units, the amount of erosion and sediment of the whole basin was obtained. The results obtained from this method showed that 18% of the area is in very high class, 10% in high class and 72% in middle class. Among the described factors, surface erosion, geology, slope and vegetation showed the most effect, respectively. The results of this study confirm that the current erosion status factor is known as the most important factor in soil erosion in the region.

Keywords: Sedimentation, Soil erosion, P.S.I.A.C method, Saland watershed.

[1] Corresponding author: Soil and Water Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran

بررسی تأثیر برخی ویژگی‌های خاک بر ضریب رواناب در زیرحوضه آلانق

اولدوز بخشی‌راد[1] و علی‌رضا واعظی [2]

۱- دانشجوی دکتری گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان (نویسنده مسئول: o.bakhshi@znu.ac.ir)

۲-استاد گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان

چکیده

رواناب یکی از اجزاء چرخه هیدرولوژی است که وقوع آن منجر به هدررفت خاک از دامنه‌های شیب‌دار و تولید رسوب در حوزه‌های آبخیز می‌شود. بخشی از بارندگی در ایران از طریق رواناب به هدر می‌رود که این امر علاوه بر اتلاف آب شیرین، باعث فرسایش خاک و رسوب‌زایی می‌شود. این پژوهش با هدف بررسی اثر ویژگی‌های خاک بر ضریب رواناب در زیرحوضه آلانق به وسعت ۶۰۶۵ هکتار واقع در جنوب‌غربی شهرستان بستان‌آباد در استان آذربایجان‌شرقی انجام گرفت. برای انجام این پژوهش پس از نمونه‌برداری تصادفی از سراسر حوضه، ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک اندازه‌گیری و داده‌های ضریب رواناب اخذ شدند. نتایج نشان داد ضریب رواناب همبستگی مثبت معنی‌دار با درصد رس خاک (r=۰/۸۴) و همبستگی منفی معنی‌دار با مواد آلی (r=-۰/۹۵) و آهک خاک (r=-۰/۹)، پایداری خاکدانه (r=-۰/۸۵)، سنگریزه خاک (r=-۰/۸۳)، هدایت هیدرولیکی اشباع (r=-۰/۸۲)، درصد شن (r=-۰/۷۲) و میانگین قطر خاکدانه در حالت مرطوب (r=-۰/۷۲) دارد. این مطالعه نشان داد در میان ویژگی‌های خاک، محتوای ماده آلی خاک بیشترین تأثیر را در تولید رواناب دارد.

واژگان کلیدی: مواد آلی، آهک، میانگین قطر خاکدانه، پایداری ساختمان خاک، فرسایش خاک

مقدمه

بخشی از بارندگی که غیر از نفوذپذیری خاک و نگه‌داشت چاله‌ها یا گودی‌های سطح است و می‌تواند بر روی دامنه به حرکت درآید، رواناب[1] گفته می‌شود (واعظی، ۱۳۹۸). از کل مقدار بارندگی سالانه در تمام خشکی‌های جهان، حدود ۲۲ درصد آن به شکل رواناب سطحی جاری می‌شود (Chow, 2010). در ایران نیز حدود یک سوم بارندگی سالانه (۱۳۰ میلیارد مترمکعب) به‌صورت رواناب به هدر می‌رود. رواناب مورد انتظار یک حوضه تحت تأثیر ترکیبی از برخی خصوصیات اقلیمی و ویژگی‌های حوضه می‌باشد. در میان ویژگی‌های حوضه، نوع خاک نقش اساسی در تشکیل رواناب دارد. ویژگی‌هایی از خاک که در تشکیل رواناب نقش دارند عبارتند از نفوذپذیری، بافت، ساختمان، ماده آلی و کلوئیدهای خاک (واعظی و بهتری، ۱۳۹۶). ماده آلی با افزایش نفوذپذیری باعث کاهش رواناب می‌شود، اثر کاهشی ماده آلی در تولید رواناب را می‌توان به‌علت نقش کلوئیدهای آلی در بهبود ساختمان و افزایش نفوذپذیری دانست (Rodríguez *et al*. 2006). آهک موجب پایداری ساختمان خاک و افزایش نفوذپذیری می‌شود، در نتیجه آهک با افزایش سرعت نفوذ آب به خاک در کاهش رواناب و فرسایش مؤثر است (Eslami and Vaezi, 2016). شن درشت، ماده آلی و آهک اثر کاهشی در تولید میزان رواناب دارند. تأثیر چشمگیر ذرات شن در کاهش رواناب را می‌توان به نقش آن‌ها در افزایش نفوذپذیری خاک نسبت داد (Karamage *et al*. 2017).

مطالعات کاویان و همکاران (۱۳۸۹) در اراضی جنگلی شمال ایران نشان داد در مناطقی با مقدار ماده آلی و شن خاک زیاد، رواناب و فرسایش حداقل است که یکی از مهمترین دلایل آن بهبود ساختمان خاک و افزایش نفوذپذیری خاک است. بر اساس مطالعات واعظی و همکاران (۱۳۹۵) در حوزه آبخیز تهم چای زنجان درصد شن، پایداری خاکدانه، ساختمان خاک، ماده آلی و آهک مهمترین عوامل تعیین کننده رواناب و فرسایش خاک در عرصه‌های کشاورزی دیم است. بر اساس مطالعات Tangchuan *et al*. (2018) در کشور چین، در میان ویژگی‌های خاک، درصد رس مهمترین عامل افزایش تولید رواناب و تشدید فرسایش است. به‌طور کلی بررسی پژوهش‌های انجام شده نشان می‌دهد برخی ویژگی‌های خاک در تولید رواناب و تشدید فرسایش خاک مؤثرند. مناطق دیم یکی از عرصه‌های مهم تولید رواناب و گسترش فرسایش است. با توجه به اینکه کاربری غالب اکثر حوزه‌های آبخیز

---

۱. Run-off

شمال‌غرب کشور زراعت دیم و مرتع است، لذا بررسی راهکارهای لازم جهت کاهش تولید رواناب و ممانعت از گسترش فرسایش خاک یکی از مهمترین نکاتی است که در مدیریت حوزه‌های آبخیز مناطق نیمه خشک باید لحاظ گردد. هدف از این مطالعه بررسی تأثیر ویژگی‌های خاک بر تولید رواناب و تعیین مهم‌ترین ویژگی مؤثر در کاهش تولید رواناب به منظور کنترل تولید رواناب و حفاظت خاک در مناطق نیمه خشک است.

مواد و روش ها

زیرحوضه آلانق به مساحت ۶۰۶۵ هکتار، در بین طول‌های جغرافیایی شرقی ً۱۶ و َ۳۸ و °۴۶ تا ً۰۶ و َ۴۴ و °۴۶ و عرض‌های جغرافیایی شمالی ً۱۶ و َ ۵۷ و °۳۷ تاً ۱۴ و َ۰۴ و °۳۸ در جنوب‌غربی شهرستان بستان‌آباد واقع شده است و یکی از زیرحوضه‌های دریاچه ارومیه است. اقلیم منطقه به روش دومارتن گسترش یافته، نیمه خشک فراسرد است. ارتفاع میانه حوضه ۱۸۳۰ متر و میانگین بارندگی سالانه ۳۰۰/۷ است. کاربری غالب آن زراعت دیم است. به منظور بررسی ضریب رواناب حوضه، داده‌های بارندگی و رواناب مناطق نمونه‌برداری شده از اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری آذربایجان شرقی اخذ شد.

برای آگاهی از ویژگی‌های خاک زیرحوضه، سطح آن به‌طور منظم شبکه‌بندی شده و از هر شبکه نمونه‌های خاک از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متر به دو روش دست‌خورده (برای آزمایش‌های تعیین توزیع اندازه ذرات و آزمایش‌های شیمیایی) و دست‌نخورده (برای تعیین چگالی ظاهری و ساختمان) برداشت می‌شود. ویژگی‌های خاک شامل توزیع اندازه ذرات شن، سیلت و رس، ماده آلی، آهک، سنگریزه، سنگ، چگالی ظاهری، متوسط اندازه خاکدانه، میانگین پایداری خاکدانه و نفوذپذیری با روش‌های رایج انجام می‌گیرد. آزمایش‌های نفوذپذیری خاک پس از تهیه نقشه کاربری زیرحوضه‌ها با توجه به وسعت هر کاربری به تعداد سه تا ۳۰ نقطه تعیین و نفوذپذیری خاک اندازه‌گیری می‌گردد. بررسی نقش ویژگی‌های خاک در تولید رواناب وتعیین بارزترین ویژگی از طریق ماتریس همبستگی به کمک نرم‌افزارSPSS ویرایش 22 انجام گرفت.

نتایج و بحث

بررسی رواناب زیرحوضه آلانق نشان داد ارتفاع میانگین رواناب سالانه از ۳/۹۹ تا ۷۵/۷۹ میلی‌متر متغیر بوده و میانگین آن ۲۸/۶۵ میلی‌متر اندازه‌گیری شده است. بیشترین رواناب سالانه گزارش شده ۷/۴۵ میلی‌متر و کمترین ارتفاع رواناب گزارش شده ۰/۳۶ میلی‌متر است. مقدار ضریب رواناب از ۰/۰۲ تا ۲/۹ متغیر است و میانگین ضریب رواناب برابر ۰/۱ گزارش شده است که قسمت عمده رواناب در این زیرحوضه مربوط به عرصه‌های کشاورزی دیم و مراتع است که به‌دلیل شخم موازی شیب در اراضی دیم و تغییر کاربری و چرای خارج از فصل دام در مراتع، این اراضی مستعد فرسایش و تولید رواناب می باشند.

نتایج تجزیه خاک زیرحوضه آلانق نشان داد خاک این منطقه از نظر شوری و واکنش خاک در وضعیت مطلوبی می‌باشد (Abrol *et al.* 1988). بافت خاک لوم رسی بوده و مقدار سنگریزه در سطح خاک بین ۱۰ تا ۳۰ درصد است. میانگین چگالی ظاهری ۲/۳۰ است و ساختمان خاک دانه‌ای و اسفنجی ریز با کد ساختمان ۲ است. خاک حوضه با داشتن حدود ۱۱ تا ۲۹ درصد کربنات کلسیم معادل، جزء خاک‌های آهکی می‌باشد. میانگین نفوذپذیری خاک ۱۲/۵ سانتی‌متر در ساعت است که مطابق درجه‌بندی دفتر حفاظت خاک امریکا[۱] (رفاهی، ۱۳۹۴) در کلاس دوم با نفوذپذیری زیاد تا متوسط قرار می‌گیرد.

۱. SCS

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در زیرحوضه آلانق

ویژگی خاک	کمترین	بیشترین	میانگین
شن (%)	۲۷	۶۸	۳۹/۱۸
سیلت (%)	۱۷	۴۹	۳۳/۲۷
رس (%)	۱۰	۳۷	۲۷/۵۴
سنگریزه (%)	۱۰	۳۰	۲۰/۲۲
چگالی ظاهری (گرم بر سانتی‌متر مکعب)	۲/۰۵	۲/۷۵	۲/۳۰
آهک (%)	۱۱	۲۹	۱۸/۸۳
ماده آلی (%)	۰/۱۵	۲/۶۸	۱/۴۱
میانگین قطر خاکدانه در حالت مرطوب (میلی‌متر)	۱	۲/۷۸	۱/۴۸
میانگین قطر خاکدانه در حالت خشک (میلی‌متر)	۱/۳۵	۲/۷۶	۲/۱۰
هدایت هیدرولیکی اشباع (سانتی‌متر بر ساعت)	۰/۱۱	۰/۲۸	۰/۱۶

نتایج نشان داد تولید رواناب همبستگی مثبت معنی‌دار با درصد رس خاک (r=۰/۸۴) و همبستگی منفی معنی‌دار با ماده آلی (r=-۰/۹۵) و آهک خاک (r=-۰/۹)، سنگریزه خاک (r=-۰/۸۳)، پایداری خاکدانه (r=-۰/۸۵)، هدایت هیدرولیکی اشباع (r=-۰/۸۱)، درصد شن (r=-۰/۷۲) و میانگین قطر خاکدانه در حالت مرطوب (r=-۰/۷۲) دارد (جدول ۲). این مطالعه نشان داد در میان ویژگی‌های خاک، محتوای ماده آلی بیشترین تأثیر را در تولید رواناب دارد. ماده آلی و آهک باعث افزایش پایداری خاک، کاهش رواناب و در نتیجه کاهش فرسایش خاک می‌شوند. موسوی و همکاران (۲۰۱۸) پایداری خاک دانه، درصد مواد آلی، نفوذپذیری، مقدار کربنات کلیسم و توزیع اندازه ذرات را از عوامل تعیین کننده تولید رواناب و فرسایندگی خاک گزارش کردند که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد. پایداری ساختمان خاک تحت تأثیر محتوای ماده آلی خاک قرار می گیرد، خاک هایی که از ماده آلی بیشتری برخوردارند نفوذپذیری بیشتری دارند، لذا تولید رواناب در این خاک‌ها کمتر است. آهک با بهبود ساختمان خاک و افزایش نفوذپذیری خاک نقش مهمی در کاهش رواناب به‌ویژه در حوضه‌های مناطق خشک و نیمه خشک که اغلب دارای خاک آهکی هستند، دارد. درصد شن و سنگریزه خاک با وجود این‌که خاکدانه‌های ضعیف و ناپایداری تشکیل می‌دهند با این‌حال با افزایش تخلخل و نفوذپذیری خاک، در کاهش رواناب نقش دارند و در مقابل درصد رس خاک با افزایش چسبندگی خاکدانه‌ها و کاهش نفوذپذیری خاک در تولید رواناب نقش افزایشی دارند. تحقیقات یوسف‌وند و همکاران (۲۰۱۳) نیز نشان داد درصد شن و سنگریزه خاک باعث کاهش رواناب و فرسایش می‌شود.

جدول ۲- ماتریس همبستگی ضریب رواناب و برخی ویژگی‌های خاک در زیرحوضه آلانق

	O.M	MWD wet	MWD aggregate	Ks	Sand	Silt	Clay	Gravel	CaCo3	Runoff coefficient
O.M	۱									
MWD wet	۰/۸۱**	۱								
MWD aggregate	۰/۸**	۰/۸۳**	۱							
Ks	۰/۹*	۰/۸۳**	۰/۷۴**	۱						
Sand	۰/۸**	۰/۹۱**	۰/۷۶**	۰/۸۷**	۱					
Silt	-۰/۳	-۰/۶**	-۰/۴۴*	-۰/۴۱	-۰/۷۷**	۱				
Clay	-۰/۹۳**	-۰/۸۳**	-۰/۷۶**	-۰/۹۴**	-۰/۸**	۰/۲۵	۱			
Gravel	۰/۷۶**	۰/۶۲**	۰/۸۳**	۰/۶۴**	۰/۵۵**	-۰/۱۶	-۰/۶۹**	۱		
CaCo3	۰/۹۴**	۰/۸۵**	۰/۸۱**	۰/۹۲**	۰/۸۶**	-۰/۴۳	-۰/۹۱**	۰/۷۸**	۱	
Runoff coefficient	-۰/۹۵**	-۰/۷۲**	-۰/۸۵**	-۰/۸۲**	-۰/۷۲**	۰/۲۷	۰/۸۴**	-۰/۸۳**	-۰/۹**	۱

نتیجه‌گیری

بررسی تغییرات رواناب در زیرحوضه آلانق نشان داد در میان عوامل مؤثر در تولید رواناب، ویژگی‌های خاک نیز نقش مهمی در تولید رواناب دارند. نتایج این مطالعه نشان داد از ویژگی‌های مورد مطالعه، محتوای ماده آلی (r=-۰/۹۵) و آهک خاک (-۰/۹

r=)، بیشتر از سایر ویژگی‌های خاک در تولید رواناب مؤثر است. بافت خاک نیز نقش مهمی در تغییرات رواناب دارد، به‌طوری‌که با کاهش درصد رس خاک و افزایش درصد شن و سنگریزه، تولید رواناب به صورت معنی‌داری کاهش می‌یابد. در میان ویژگی‌های فیزیکی مورد مطالعه، افزایش قطر خاکدانه‌ها، پایداری ساختمان خاک و افزایش هدایت هیدرولیکی باعث کاهش تولید رواناب می‌شود.

منابع

رفاهی، ح. (۱۳۹۴). فرسایش آبی و کنترل آن. دانشگاه تهران. چاپ هفتم. ۶۷۴ صفحه.

کاویان، ع. آزموده، ع. سلیمانی، ک. وهاب زاده، ق. (۱۳۸۹). تاثیر ویژگی های خاک بر روان آب و فرسایش خاک در اراضی جنگلی. مرتع و آبخیزداری. ۶۳(۱): ۸۹-۱۰۴.

موسوی، س.ع. موسوی، س.ح. رنجبر، ا. ساداتی نژاد، س.ج. (۱۳۹۶). بررسی توزیع فضایی عوامل مؤثر بر فرسایش پذیری خاک در منطقه خور و بیابانک. اکوهیدرولوژی. ۴(۲): ۵۶۱-۵۷۱.

واعظی، ع.ر. و بهتری، م. (۱۳۹۶). تأثیر مقدار رطوبت اولیه خاک بر تولید رواناب و هدررفت خاک در بافت های مختلف، تحت باران شبیه سازی شده. علوم و مهندسی آبخیزداری ایران. ۱۱(۳۹): ۱۱-۲۱.

واعظی، ع.ر. (۱۳۹۸). سامانه خاک و گیاه. چاپ اول. جهاد دانشگاهی. زنجان. ۲۸۵ ص.

واعظی، ع.ر. قره‌داغلی، ح. مرزوان، س. (۱۳۹۵). بررسی نقش شیب و ویژگی‌های خاک در ایجاد فرسایش شیاری در دامنه‌ها (مطالعه موردی: حوزه آبخیز تهم‌چای، شمال‌غرب زنجان). پژوهش‌های حفاظت آب و خاک. ۲۳(۴): ۸۳-۱۰۰.

یوسف‌وند، ش. حبیب نژاد، م، سلیمانی، ک. رضایی پاشا، م. (۱۳۹۲). تأثیر عوامل خاکی و زمین‌شناسی بر روی فرسایش آبکندی (مطالعه موردی: حوزه آبخیز سیف آباد- لرستان). علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. ۱۷(۶۵): ۱۳۹-۱۵۱.

Abrol, P.I., Yadav, J.S.P. Massoiud, F.I. (1988). Salt-affected soils and their management. FAO soils bultain 39. Rome, Italy.

Chow, V. T. (2010). Handbook of Applied Hydrology, McGraw Hill Book Co., New York.

Eslami, S.F. and Vaezi, A.R. (2016). Runoff and sediment production under the similar rainfall events in different aggregate size of an agricultural soil. Journal of water and soil. 29(6): 1590-1600.

Karamage, F., Zhang, C., X Fang, Nahayo, L., Kayiranga, A. Nesengiyumga, J.B. (2017). Modeling rainfall-runoff response to land use and land cover change in Rwanda (1990–2016).Water. 9(147): 1-24.

Rodriguez, M., Ohlanders, N., Pellicciotti, F., Williams, M. McPhee, J. (2016). Estimating runoff from a glacierized catchment using natural tracers in the semi-arid Andes cordillera. South American Hydrology. 30(20): 3609-3626.

Tangchuan, L. Mingan, S. Yuhua, J. Xiaoxu, J. Laiming, H. (2018). Profile distribution of soil moisture in the gully on the northern Loess Plateau, China. Catena, 171:460-468.

Investigating the Effect of some Soil Properties on Runoff coefficient in Alanagh Subbasin

Ouldouz Bakhshi Rad [1] and Ali Reza Vaezi [2]

[1.] Ph.D. Student of Soil Science, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, University of Zanjan. (Corresponding Author: o.bakhshi@znu.ac.ir)

2. Professor at Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, University of Zanjan

Abstract

Runoff is one of the components of the hydrological cycle, the occurrence of which leads to soil loss from steep slopes and sediment production in watersheds. Part of the rainfall in Iran is wasted through runoff, which in addition to wasting fresh water, causes soil erosion and sedimentation. The aim of this study was to investigate the effect of soil properties on runoff coefficient in Alanagh sub-basin with an area of 6065 hectares located in the southwest of Bostanabad city in East Azerbaijan province. For this study, after random sampling from all over the basin, physical and chemical properties of the soil were measured and runoff coefficient data were obtained. The results showed that runoff coefficient had a significant positive correlation with soil clay percentage (r = 0.84) and a significant negative correlation with organic matter (r = -0.95) and soil lime (r = -0.9), aggregate stability (r = -0.85), soil gravel (R=-0.83), saturated hydraulic conductivity (r = -0.82), sand percentage (r = -0.72) and average aggregate diameter in wet condition (r = -0.72). This study showed that among soil properties, soil organic matter content has the greatest impact on runoff coefficient.

Keywords: Organic matter, Lime, Average aggregate diameter, Soil structure stability, Soil erosion

برخی عوامل ریخت‌شناسی مؤثر بر تشکیل آب‌کندها در جنوب غرب استان همدان

حسین شمخانی [1*]، علی رضا واعظی [2]

۱- دانشجوی دکتری فیزیک و حفاظت خاک دانشکده کشاورزی. دانشگاه زنجان، ایران، hossein.shamkhani@yahoo.com

۲- استاد گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی. دانشگاه زنجان، زنجان، ایران، vaezi.alireza@znu.ac.ir

چکیده

فرسایش آب‌کندی یکی از مهم ترین انواع فرسایش آبی است که مطالعهٔ آن با توجه به ایجاد رسوب و فرسایش شدید خاک، از اهمیت ویژه‌ای در عرصه‌های کشاورزی برخوردار است. این پژوهش با هدف بررسی روابط بین مشخصات دامنه‌ها بر گسترش فرسایش آب‌کندی در اراضی مرتعی منطقهٔ کنجوران، واقع در جنوب غرب استان همدان انجام گرفت. برای انجام این پژوهش مناطق کشاورزی دیم و مرتعی که تحت تأثیر فرسایش آب‌کندی بود، انتخاب گردید و در ۲۱ نقطه، تراکم آب‌کند بر اساس اندازه‌گیری‌های صحرایی تعیین شد. کمترین و بیشترین شیب دامنه به ترتیب ۴٫۳۵ و ۱۰٫۱۳ درصد به دست آمد، کمترین و بیشترین میزان تراکم آب‌کندها در حوضه ۱۵٫۳۶ و ۴۰٫۱۹ کیلومتردرکیلومترمربع است. همبستگی معنی‌داری بین تراکم آب‌کند با ویژگی‌های دامنه وجود ندارد. بر اساس نتایج، اجرای عملیات حفاظت خاک برای مهار گسترش آب‌کندها به‌ویژه در دامنه‌های طولانی می‌تواند مفید باشد.

واژگان کلیدی: تراکم آب‌کند، حفاظت خاک، شیب دامنه، فرسایش آب‌کندی، مشخصات دامنه‌ها

مقدمه

فرسایش آب‌کندی یکی از مهم‌ترین انواع فرسایش‌آبی است که با توجه به تولید رسوب و تخریب شدید خاک، مطالعهٔ آن اهمیت ویژه‌ای دارد[۱]. فرسایش آب‌کندی یک شکل بسیار آشکار فرسایش خاک است که استفاده از زمین را محدود می‌کند و می‌تواند برای جاده‌ها، ساختمان‌ها، اراضی‌کشاورزی و ... تهدیدی جدی به شمار آید[۲]. آب‌کندها، گودی‌های عمیق و درازی هستند که توسط جریان آب در دامنه‌ها به وجود می‌آیند. آب‌کند عبارتست از آبراهه‌هایی با عمق بیش از ۳۰ سانتی‌متر و سطح مقطع بیش از ۱ فوت مربع (۹۲۵ سانتی‌مترمربع) که با عملیات کشاورزی از بین نمی‌روند[۱۰]. آب‌کندها پس از شکل‌گیری، تبدیل به گذرگاه سریع جریان و انتقال رسوب می‌شوند. سهم آب‌کندها در تولید رسوب نسبت به کل فرسایش خاک ۱۰ تا ۹۴ درصد گزارش شده است[۱۲]. آب‌کندها نقش مهمی در انتقال مواد فرسایش‌یافته از بخش‌های بالادست حوزه‌های آب‌خیز ایفا می‌کنند[۲].

از مهم‌ترین عوامل موثر در تشکیل آب‌کندها می‌توان شیب زیاد زمین و جاری شدن روان‌آب زیاد برروی اراضی مرتعی دانست. از اقدامات کنترل‌کننده این نوع فرسایش در این منطقه نیز می‌توان به افزایش میزان پوشش گیاهی به منظور کاهش میزان روان‌آب جاری شده و به تبع آن کاهش فرسایش خاک در منطقه به‌حساب آورد. از این رو، مطالعه‌ای با هدف و ضرورت شناخت عوامل مختلف محیطی و نیز عوامل انسانی فعال در ایجاد و گسترش آب‌کندها و تجزیه و تحلیل این عوامل بر روی اراضی مرتعی واقع‌شده در منطقهٔ مورد مطالعه انجام گرفت. هدف از این پژوهش آشنایی با خصوصیات آب‌کندها و ارتباط آنها با خصوصیات دامنه‌های در معرض فرسایش آب‌کندی، راه‌کارهای حفاظت از پهنه‌های منابع طبیعی جهت جلوگیری از فرسایش آب‌کندی، بررسی و نحوهٔ شناخت این آب‌کندها و اثرات آن‌ها در جهت جلوگیری از پیش‌روی و گسترش آن‌ها می‌باشد. این پژوهش به منظور بررسی و تعیین عوامل زمینی و فرآینـدهای درگیر و غالب در گـسترش آب‌کندهای حوزهٔ آب‌خیز کنجوران در جنوب غرب استان همدان انجام شده است.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در حوزهٔ آب‌خیـز کنجوران به مساحت ۴۰۵۱٫۰۳ هکتار در جنوب غرب استان همدان دارای مختصات جغرافیایی بین مدار ۳۴ درجه و ۲۰ دقیقه تا ۳۴ درجه و ۴۸ دقیقه عرض شمالی و ۴۸ درجه و ۵ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۳۸ دقیقه طول

شرقی انجام گرفت. میانگین بارندگی سالانه این منطقه ۳۷۰,۳ میلی‌متر است. با توجه به منحنی آمبروترمیک و آمارهای هواشناسی موجود، نوع اقلیم منطقه بر اساس طبقه بندی دومارتن اصلاح شده، نیمه خشک فراسرد می باشد[۳].

در سطح منطقه مطالعاتی، محدوده ای مربعی شکل با ابعاد ۳ × ۳ کیلومتر مربع انتخاب شده و به ۲۱ شبکه با ابعاد ۴۰۰ × ۳۰۰ متر تقسیم شد. پس از بازدیدهای میدانی از مناطق اولیه تعیین شده به عنوان مناطق آبکندی و با استفاده از سامانه مکان یاب جغرافیایی (GPS) و نقشه های به دست آمده از نرم افزار Google Earth موقعیت دقیق آبکندهای مشخص شده در طول دامنه ها ثبت گردید.

به منظور بررسی روابط بین تراکم آب‌کند و مشخصات دامنه ها پس از آزمون یکنواختی داده‌ها، از آنالیز واریانس یک طرفه (آزمون تی) درسطح معنی‌دار ۵٪ انجام شد. پایگاه اطلاعاتی داده‌های به‌دست آمده درمحیط نرم افزار Excel تهیه شد. سپس داده‌ها جهت بررسی‌های آماری به نرم افزار SPSS نسخهٔ ۲۶ منتقل گردید و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

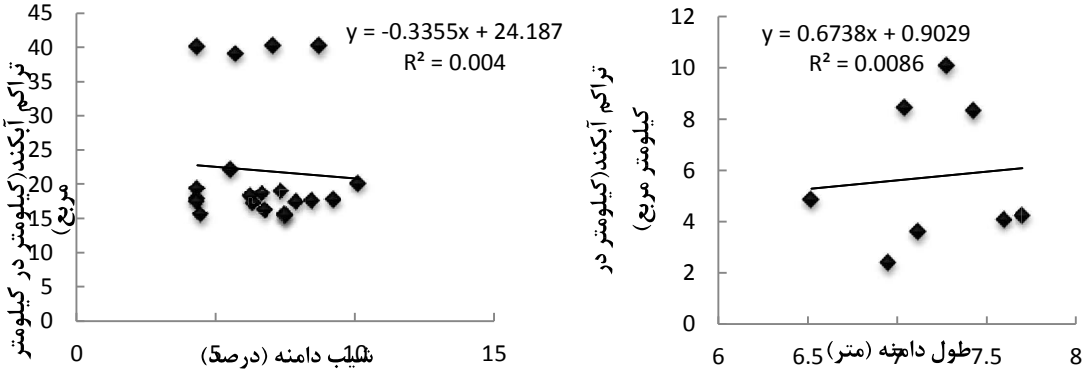
نتایج و بحث

(جدول ۱)، نتایج آماری ویژگی‌های دامنه‌ها بر گسترش فرسایش آب‌کندی را نشان می‌دهد. براساس نتایج همبستگی مثبت معنی‌دار بین تراکم آب‌کند با طول آب‌کند ($p<۰/۰۵$ و $r=۰/۰۲$)، شیب دامنه و مساحت آب‌کند وجود ندارد.

جدول ۱- نتایج آماری ویژگی‌های فیزیوگرافی دامنه‌ها

ویژگی‌های فیزیوگرافی دامنه	تعداد	کم‌ترین	بیش‌ترین	میانگین	انحراف معیار
مساحت (کیلومترمربع)	۲۱	۱,۳۷۵	۸,۵۴۰	۱۴,۱۱۱	۱۰,۱۱
محیط (متر)	۲۱	۵,۹۵	۱۹,۷۹	۲۶,۸۵	۱۸,۵۶
شیب دامنه (٪)	۲۱	۴,۳۵	۱۰,۱۳	۷,۴۹	۳,۴۹
طول دامنه (کیلومتر)	۲۱	۲,۴۰	۸,۴۴	۸,۳۴	۰,۳۴۴

نتایج این پژوهش نشان داد که همبستگی مثبت و معنی‌داری بین تراکم آب‌کند با طول دامنه ($R^2= 0.008$ و$p<0.05$)، شیب دامنه ($R^2= 0.004$ و$p<0.05$) و ضریب کشیدگی دامنه ($R^2= 0.07$ و$p<0.05$) وجود ندارد(شکل ۲). پژوهش‌گران در مطالعات خود عواملی نظیر طول، عرض و عمـق آب‌کنـد را به عنوان متغیرهای مستقل در مقابل حجم آب‌کند به عنوان متغیر وابسته، بررسی کردند اما به روابط معنی‌داری دست نیافتنـد[۲]. گزارش‌ها نشان می‌دهد که گرچه در بسیاری از نقاط جهان، ممکن است عوامل مؤثر بر فرسایش آب‌کندی مشابه باشند، اما رشد و گسترش آن از ناحیه‌ای به ناحیه دیگر متفاوت است[۱۲]. وجود رابطه عکس بین گسترش آب‌کند و درجه شیب دامنه نشان از حساسیت بالای شیب‌های ملایم به وقوع فرسایش آب‌کندی است[۱].



شکل۲- رابطهٔ بین تراکم آب‌کند با طول دامنه (الف)، شیب دامنه (ب)

در پژوهش‌های پیشین نتایج متناقضی از تأثیر درجه شیب دامنه بر گسترش فرسایش آب‌کندی گزارش شده است .بررسی‌ها نشان می‌دهد که هرچه شیب دامنه‌ها کمتر باشد، امکان افزایش عمق آب‌کندها در نتیجه انتقال رسوبات بیش‌تر می‌شود[۸].

به‌عنوان مثال یافته‌های Feiznia و همکاران (2007) نیز نشان می‌دهد در اراضی با شیب کم، شدت فرسایش آب‌کندی بیش‌تر از اراضی با شیب زیاد است[۴]. با این وجود Martinez – Casosnovas و همکاران (2004) فرآیند ریزش دیواره آب‌کندها را در اسپانیا بررسی کردند و دریافتند که درجه شیب دیواره آب‌کند متغیر اصلی تعیین‌کننده ریزش دیواره آب‌کندها بوده است. به‌طوریکه هرچه درجه شیب بیش‌تر باشد، ریزش دیواره آب‌کندها بیشتر و در نتیجه حجم آب‌کندها بیش‌تر می‌شود[۶].

نتیجه‌گیری

هدف این پژوهش بر روی فرآیند و نحوهٔ گسترش آب‌کندها با توجه به خصوصیات ریخت‌شناسی آب‌کندها متمرکز گردیده بود. به طوری که عوامل متعددی در فرآیند آب‌کند دخیل می‌باشند که در این پژوهش تنها به ویژگی‌های مورفومتری به مانند شیب دامنه، تراکم آب‌کند، طول دامنه و عرض آب‌کندها پرداخته شد. نتایج نشان داد که بین خصوصیات مورفومتری آب‌کند و مشخصات دامنه‌ها ارتباط معنی‌داری وجود ندارد به طوری که گسترش آب‌کندها در حوضه ارتباط مستقیمی با شیب دامنه و میزان روان‌آب حوضه داشت. چنین دامنه‌هایی بیش‌تر از سایر دامنه‌ها نیازمند اجرای عملیات حفاظت خاک هستند. شناخت راه حل‌های جدید و علمی به منظور حل بحران فرسایش آب‌کندی در حوزه‌های آب‌خیز مورد مطالعه می‌تواند راه‌گشای موانع موجود در گسترش و کنترل فرسایش آب‌کندی در منطقه حوزه‌ی آب‌خیز کنجوران باشد.

منابع

۱. واعظی، ع.، ر. بخشی راد، ا. ۱۳۹۹ . بررسی ویژگی‌های مورفومتری آب‌کندها و عوامل مؤثر بر گسترش آنها در کاربری زراعت دیم در جنوب استان آذربایجان شرقی. تحقیقات آب و خاک ایران، دوره ۵۱ ،شماره ۶ (ص. ۱۳۷۳-۱۳۸۴).

۲. ثروتی، م.، ج. قدوسی و م. دادخواه. ۱۳۸۷ .عوامل مؤثر در شکل‌گیری و گسترش فرسایش آب‌کندی در لس ها . مجله پژوهش و ۲۰-۳۳ سازندگی

۳. گزارش مطالعاتی حوزهٔ آب‌خیز کنجوران- شرکت مهندسی مشاور نواندیشان توسعه پایدار آسیا، کتابچه‌های منتشریافته، اداره کل آب‌خیزداری شهرستان همدان.

۴. فیض نیا، س.، حشمتی، م.، احمدی، ح. و قدوسی. ج. ۱۳۸۶ . بررسی فرسایش آبکندی سازند مارنی آغاجاری در منطقه قصرشیرین. مجله پژوهش و سازندگی. ۷۴ ، ۳۲ - ۴۰

5. Gabris, G. Y., A. Kertesz and L. Zambo. 2003. Land use change and gully formation over the last 200 years in a hilly catchment. Catena 50: 151-164.
6. Martinez-Casasnovas, J.A., Ramos, M.C. and Poesen, J. (2004) Assessment of sidewall erosion in large gully using multi-temporal DEMs and logistic regression analysis, Journal of Geomorphology, 58:305-321.
7. Morgan, R. P. C. 1996. Soil Erosion and Conservation, Second Edition, Silos College, Grandfield University. Norway.
8. Oparaku, L. A. and TerungwaIwar, R. (2018). Relationships between average gully depths and widths on geological sediments underlying the Idah-Ankpa Plateau of the North Central Nigeria. International Soil and Water Conservation Research. 6(1): 43-50.
9. Pathak, P., Wani, S.P. and Sudi, R. 2005, Gully Control in SAT Watersheds. Global Theme on Agroecosystems, Report No 15.
10. Poesen, J., Vandaele, K., van Wesemael, B., (1996). Contribution of gully erosion to sediment production in cultivated lands and rangelands. IAHS Publications. 236: 251– 266.
11. Poesen, J.W., Vandaele, K. and Wesemael, B.V., 1996, Contribution of gully erosion to sediment production on cultivated land and range lands. Erosion and sediment yield: Global and regional perspectives. In: Proceedings of the Exeter Symposium, July 1996. IAHS publ. No 23.
12. Poesen, J., Nachtergale, J., Vertstraeten, G., Valentin, C. (2003). Gully erosion and environmental change. Importance and research needs. Catena, 50 (2–4), 91– 134.

Factors Affecting the Formation of Gullies in The Southwest of Hamadan Province

Hossein Shamkhani[1], Ali reza Vaezi[2]

1- PhD Student of Soil Physics and Conservation, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Iran
hossein.shamkhani@yahoo.com

2- Full Professor, Department of Soil Science and Engineering, Faculty of Agriculture, University of Zanjan,
vaezi.alireza@znu.ac.ir

Abstract

Gully erosion is one of the most important types of water erosion, the study of which is of special importance in the field of agriculture due to the formation of sediment and severe soil erosion. The aim of this study was to investigate the relationships between slope characteristics on the spread of gully erosion in rangeland lands of Kanjouran region, located in the southwest of Hamadan province. For this study, rainfed and rangeland agricultural areas that were affected by gully erosion were selected and at 21 points, gully density was determined based on field measurements. The lowest and highest slopes were 4.35 and 10.13%, respectively, the lowest and highest gully densities in the basin are 15.36 and 40.19 km / sq. Km. There is no significant correlation between gully density and slope characteristics. Based on the results, the implementation of soil conservation operations can be useful to curb the spread of ditches, especially over long distances.

Keywords: Gully Density, Soil Protection, Hill Slope, Gully Erosion, Slope Characteristics

برآورد مقاومت برشی سطح خاک در کانون گرد و غبارجنوب شرق اهواز

بیژن خلیلی مقدم*[1]، یوسف فرج پور[2]، اشکان یوسفی[3]

۱- دانشیار گروه علوم و مهندسی خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان
khalilimoghadam@asnrukh.ac.ir

۲- دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم و مهندسی خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

۳- کارشناس آزمایشگاه، گروه علوم و مهندسی خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

چکیده

این پژوهش در اراضی محدوده کانون گرد و غبار جنوب شرق اهواز به منظور اندازه گیری و تخمین مقاومت برشی سطح خاک انجام شد. برای انجام این کار، در ۱۰۰ نقطه منطقه مورد مطالعه پارامترهای مختلف خاک مانند رطوبت اولیه، شوری، پ-هاش، پایداری خاکدانه، درصد آهک، ماده آلی، بافت، نسبت جذب سدیم و ظرفیت نگهداشت آب به عنوان متغیرهای مستقل و مقاومت برشی سطح خاک به عنوان متغیر وابسته مدنظر قرار گرفت و با استفاده از روش رگرسیون گام به گام، بهترین مدل برآورد مقاومت برشی سطح خاک بدست آمد. نتایج نشان داد که پارامتر میانگین وزنی قطر خاکدانه و درصد آهک تاثیر معنی‌دار و مثبتی بر مقاومت برشی سطح خاک دارند و نتایج معادلات رگرسیونی نشان داد که متغیرهای میانگین وزنی قطر خاکدانه، درصد شن، درصد رس، درصد ماده آلی، درصد رطوبت، درصد آهک، نسبت جذب سدیم و شوری خاک ۴۲ درصد تغییرات مقاومت برشی سطح خاک را توجیه می نمایند. بطور کلی میانگین وزنی قطر خاکدانه تاثیر بسیار زیادی بر افزایش مقاومت برشی سطح خاک داشت.

کلمات کلیدی: کانون گرد و غبار، مقاومت برشی سطح خاک، فرسایش بادی

مقدمه:

مقاومت برشی سطح خاک، یکی از ویژگی های مهم خاک است که برای پیش بینی حساسیت خاک در برابر نیروی برشی باد، مورد استفاده قرار می گیرد (Zhang et al., 2018; Wójciga et al., 2009). اما اندازه گیری دقیق مقاومت برشی سطح خاک و ارتباط آن به تنش برشی بحرانی باد، نیازمند توجه به مقیاس اندازه گیری می باشد(Wójciga et al., 2009) . بنابراین مقاومت برشی سطح خاک مانند زبری سطح خاک تابع مقیاس است. Römkens and Wang (1986)، ناهمواریها و زبری¬های سطح خاک را در ۴ کلاس طبقه بندی کردند: ۱- زبری ناشی از خاکدانه¬ها و ذرات منفرد خاک با بزرگی ۲-۰ میلی متر که در این تحقیق با توجه به تاثیر این زبری¬ها بر مقاومت برشی لایه سطحی خاک، این زبری¬های ریز مدنظر می¬باشند. ۲- زبری¬های تصادفی ناشی از کلوخه های بزرگی ۱۰۰-۰ میلی متر ۳- زبری¬های جهت دار ناشی از جوی و پشته ها با بزرگی ۳۰۰-۱۰۰ میلی متر ۴- ناهمواریهای بزرگتر ناشی از توپوگرافی منطقه، که در همه موارد نقش زبری و تاثیر آن بر فرسایش بادی مورد بحث قرار گرفته است.

با توجه به اینکه فرسایش بادی در سطح خاک بدون تنش نرمال و در وضعیت رطوبتی غیر اشباع خاک (خشک) رخ می دهد، اندازه گیری مقاومت برشی سطح خاک، باید مطابق چنین شرایطی باشد. در همین راستا دستگاه برشی(Wójciga et al., 2009) و دستگاه برشی اصلاح شده(Zhang et al., 2018) برای اندازه گیری آزمایشگاهی مقاومت برشی سطح خاک برای کاربرد فرسایش بادی ارائه شد. اما با توجه به تغییر پذیری مقاومت برشی سطح خاک، حجم نمونه و مقیاس اندازه گیری، دستگاه های قابل حمل برای بدست آوردن داده های صحرایی مقاومت خاک، کارایی بیشتری دارند.

تاثیر ویژگی های خاک بر مقاومت برشی سطح خاک در مناطق مستعد فرسایش بادی، کمتر مورد توجه قرار گرفته است. بعضی از محققین، مقاومت برشی سطح خاک، را با استفاده از توابع انتقالی خاک از دیگر داده های خاک مانند توزیع اندازه ذرات خاک، مواد آلی خاک، چگالی ظاهری خاک، درصد رطوبت خاک به روش رگرسیون چندمتغیره تخمین زدند. مقاومت برشی سطح خاک در مناطق حساس به فرسایش بادی، به طور معنی داری تحت تاثیر پارامترهایی مانند درصد کربنات کلسیم، مواد آلی،

درصد رطوبت خاک و چگالی ظاهری خاک است (Zhang et al., 2018; Wójciga et al., 2009). نتایج تحقیقات نشان داده است که درصد رطوبت خاک (Zhang et al. 2018) و کربن آلی(Wójciga et al., 2009) دو پارامتر کلیدی موثر بر مقاومت برشی سطح خاک در مناطق حساس به فرسایش بادی است. که با افزایش کربن آلی مقاومت برشی سطح خاک کاهش و برعکس با افزایش درصد رطوبت خاک، مقاومت برشی سطح خاک به صورت لگاریتمی کاهش می یابد. نتایج محققین نشان داده است که از پارامترهای مختلف موثر بر مقاومت سطح خاک می توان برای برآورد آن در مناطق حساس به فرسایش بادی استفاده نمود. با توجه به ماهیت دینامیک مقاومت برشی سطح خاک، پارامترهای مورد نیاز برای برآورد آن، در مناطق مختلف متفاوت می باشد(Zhang et al., 2018; Wójciga et al., 2009). برای تعیین حساسیت خاک به فرسایش بادی نیاز به توسعه دستگاهی قابل حمل می باشد که بتوان مقاومت برشی سطح خاک، را متناسب با شرایط منطقه به آسانی و با هزینه کم اندازه گیری کرد. اگرچه مطالعات کمی در مورد شیوه اندازه گیری مقاومت برشی سطح خاک در مناطق حساس به فرسایش بادی انجام شده است، ولی این مطالعات نیز بر اندازه گیری آزمایشگاهی متمرکز بوده است. لذا این مطالعه در خاک های کانون گرد و غبار جنوب شرق اهواز با این اهداف انجام شده است: الف) تعیین مقاومت برشی سطح خاک در شرایط صحرایی در کوچکترین مقیاس (زبری ناشی از خاکدانه¬ها و ذرات منفرد خاک با بزرگی ۲-۰ میلی متر) ب) ارائه یک مدل برای برآورد مقاومت برشی سطح خاک در خاک های شور و سدیمی کانون گرد و غبارجنوب شرق اهواز

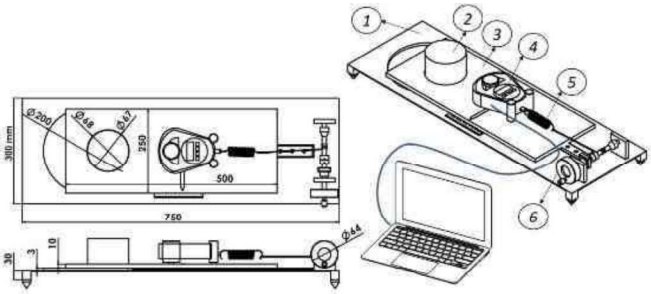
مواد و روش

کانون ریزگرد جنوب شرق اهواز فاصله حدود ۲۵ کیلومتری جنوب شرقی اهواز آغاز و در امتداد بزرگراه اهواز ماهشهر در مختصات جغرافیایی '۴۷، °۴۸، تا '۱۷، °۴۹ طول شرقی و '۴۵، °۳۰ تا '۱۵، °۳۱ عرض شمالی ادامه می یابد. منطقه مورد مطالعه بر اساس فاکتورهای کاربری اراضی، توپوگرافی، و سازندهای زمین‌شناسی به ۲۷ واحد کاری تقسیم شده است (موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، ۱۳۹۶). در هر واحدکاری به صورت تصادفی، حداقل ۳ نقطه و در مجموع، ۱۰۰ نقطه با توجه به سطح هر واحد کاری مشخص گردید. در هر نقطه نمونه های خاک در سه تکرار از سطح خاک (۰تا ۲ میلیمتری) برداشت گردید و به آزمایشگاه منتقل شد و برخی از پارامترهای خاک را اندازه گیری گردید.

برای اندازه گیری مقاومت برشی سطح خاک از دستگاه برشی اصلاح شده Wójciga (MWSD) استفاده گردید (شکل ۱). این دستگاه بر اساس دستگاه Wójciga et al.(2009)، طراحی و ساخته شد. به دلیل تغییرات مکانی و زمانی مقاومت برشی سطح خاک، نیاز به اندازه گیری این پارامتر تحت شرایط طبیعی در صحرا می باشد. MWSD، قابلیت اندازه گیری مقاومت برشی سطح خاک در صحرا در مقیاس کوچک را دارد.

این دستگاه شامل قسمتهای مختلفی می‌باشد: شاسی اصلی، صفحه متحرک، ریل جابه جا کننده صفحه متحرک، استوانه ای به قطر ۶/۸ سانتیمتر که در زیر سطح آن کاغذ سمباده(P-40) چسبانده می گردد، نیرو سنج، اهرم کشنده، کابل اتصال به نمایشگر، می‌باشد. استوانه درون جای مخصوص تعبیه شده روی صفحه متحرک قرار می‌گیرد، به طوری که کاغذ سمباده آن بر روی خاک قرار گیرد. با استفاده از اهرم مخصوص متصل به نیروسنج و صفحه متحرک با سرعت آرام و یکنواخت ۲ میلی متر بر دقیقه به صورت دستی اهرم را چرخانده و صفحه متحرک درون ریل مخصوص حرکت می‌کند و استوانه را بر روی خاک به مسافت حدود ۱۰ سانتی‌متر جابه جا می کند. کاغذ سمباده کف استوانه در تماس با سطح خاک(۲ میلی متر) و با توجه به خصوصیات خاک، اصطکاکی ایجاد می‌کند و نیرویی جهت این حرکت بکار برده می‌شود، این نیرو که همان نیروی غلبه بر اصطکاک بین خاک و کاغذ سمباده می‌باشد توسط نیرو سنج محاسبه شده و توسط یک کابل متصل به یک صفحه نمایشگر (که در این پژوهش از دستگاه لپ تاپ استفاده شد) منتقل و ثبت می‌شود. که این داده ها در فواصل زمانی۰/۰۱ ثانیه، بوسیله نمایشگر ثبت گردید.

زبری کاغذ سمباده کف استوانه بعنوان نیروی باد وارد بر سطح خاک در نظر گرفته شده است. مقاومت ناشی از ذرات خاک بوسیله این دستگاه قابل اندازه گیری است. این مقاومت ذرات خاک در برابر حرکت کاغذ سمباده را معادل تنش برشی باد در اندازه کوچکترین مقیاس در نظر گرفته می شود. به دلیل اینکه در هنگام وزش باد تنش نرمال تقریبا صفر است، بنابراین بار قائم بر استوانه اعمال نگردید.



شکل ۱- دستگاه برشی اصلاح شده Wójciga

مقاومت برشی سطح خاک، خاک های مورد آزمایش (S, kPa) با استفاده از معادله ۱ محاسبه شد.

$$S = \frac{F_c}{A} \quad (۱)$$

که در آن: Fc: حداکثر تنش برشی(نیوتن) است که بوسیله نیروسنج ثبت می گردد. A: سطح مقطع

در این پژوهش از روش رگرسیون گیری گام به گام با استفاده از نرم افزار آماری SPSS (ورژن ۱۶) برای انتخاب بهترین ترکیب از متغیرهای مستقل برای برآورد متغیر وابسته (مقاومت برشی سطح خاک) استفاده شد.

نتایج و بحث:

برای بررسی تأثیر متغیرهای مستقل بر حداکثر مقاومت برشی سطح خاک و ایجاد معادلات رگرسیونی، متغیرهای مستقل به چندین گروه تقسیم شد. جدول ۱ انواع معادلات رگرسیونی بین متغیرهای مستقل و حداکثر مقاومت برشی سطح خاک را ارائه می‌کند. نتایج این جدول نشان می‌دهد که اولین معادله که از گروه متغیری میانگین وزنی قطر خاکدانه، درصد شن و رس، رطوبت در نقطه پژمردگی دائم، رطوبت خاک، نسبت جذب سدیم، درصد ماده آلی، درصد آهک و هدایت الکتریکی خاک به دست آمده است، بیشترین ضریب همبستگی را در بین سایر معادلات دارد. مقادیر ضریب تعیین و میانگین مربعات خطا برای این معادله به ترتیب ۰/۴۲۶ و ۰/۰۰۸ می‌باشد. با کاهش تدریجی متغیرهای مستقل ورودی به مدل، ضریب تعیین مدل کاهش می‌یابد و با حذف پارامتر میانگین وزنی قطر خاکدانه کاهش شدیدی در ضریب تعیین معادلات رگرسیونی اتفاق افتاده است و مقدار این ضریب از ۰/۳۸۳ به ۰/۰۱۷ کاهش یافته است. میانگین وزنی قطر خاکدانه و درصد آهک بیشترین تأثیر مثبت را مقاومت برشی سطح خاک داشته است. در حقیقت با افزایش پایداری خاکدانه‌ها مقاومت توده خاک در برابر تنش برشی وارد شده بیشتر می‌شود و آستانه شکستگی خاکدانه‌ها افزایش پیدا می‌کند و در نتیجه فرسایش خاک نیز کاهش می‌یابد. از طرف دیگر هر چه میانگین وزنی قطر خاکدانه و پایداری خاکدانه‌ها بیشتر باشد، زبری تصادفی در سطح خاک بیشتر شده و به دلیل تأثیر زبری در کاهش سرعت باد بنابراین شدت فرسایش بادی کاهش می‌یابد. نتایج تحقیقات گذشته نیز حاکی از این است که خاکدانه‌های موجود در سطح خاک بر کنترل زبری تصادفی نقش مهمی دارند(Li et al., 2003). از آنجا که خاکدانه‌های موجود در سطح خاک سرعت باد را تا ارتفاعی از سطح زمین به مقدار قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌دهد، هر تغییری در زبری تصادفی، اختلاف قابل توجهی در شدت فرسایش بادی ایجاد می‌کند.

کربنات کلسیم نیز یک فاکتور بسیار مهم و تأثیرگذار بر مقاومت برشی و فرسایش خاک در مناطق خشک می‌باشد. به طور کلی محققان بیان کرده‌اند که کربنات کلسیم باعث افزایش تشکیل پیوند بین ذرات خاک می‌شود (Khalilimoghadam et al., 2011, 2015) که در نتیجه آن مقاومت(Al Qabany and Soga, 2013) و سختی (Mortensen et al., 2011) خاکدانه‌ها افزایش می‌یابد. همچنین رطوبت خاک با مقاومت برشی سطح خاک نسبت عکس داشت و با افزایش رطوبت، مقاومت برشی سطح خاک کاهش یافت. همچنین Zhang et al.(2018) دریافتند که با افزایش رطوبت خاک، مقاومت برشی خاک به صورت لگاریتمی کاهش می‌یابد. محققان مختلف به نتایج متفاوتی در ارتباط با تأثیر رطوبت بر مقاومت برشی خاک دست یافتند. به عنوان مثال برخی از دانشمندان اظهار داشتند که مقاومت برشی رابطه‌ای مثبت و معنی‌دار با محتوای رطوبتی خاک دارد و برخی دیگر اعتقاد دارند که رابطه‌ای منفی بین این دو پارامتر وجود دارد(Zydroń et al., 2016). به طور کلی در پژوهش‌های قبلی مشخص گردید زمانی که مقدار آب در خاک‌های مورد مطالعه کم باشد، نیروی جذب کنندگی که توسط لایه آب بین ذرات خاک ایجاد می‌شود حداکثر

می‌باشد که این عامل باعث افزایش مقاومت برشی خاک می‌گردد. ولی با افزایش میزان آب خاک، نمک‌ها و دیگر موادی که به عنوان عامل سیمانی بین ذرات خاک عمل می‌کنند شسته شده و باعث کاهش مقاومت برشی خاک می‌شود و همچنین آب به عنوان یک روان کننده عمل کرده و باعث کاهش چسبندگی بین ذرات خاک می‌شود. علاوه بر این Wójciga et al., (2009) بیان کردند که بین رطوبت خاک و میزان مقاومت برشی خاک رابطه غیر خطی وجود دارد، به طوری‌که نمونه‌های خاک هوا خشک دارای کمترین مقاومت برشی و بنابراین بیشترین حساسیت در برابر فرسایش بادی هستند و به تدریج با افزایش رطوبت خاک مقاومت برشی خاک نیز افزایش می‌یابد و در یک درصد رطوبت مشخصی به نقطه اوج رسیده و سپس با افزایش رطوبت مقاوت برشی خاک به تدریج کاهش می‌یابد. بر طبق گزارش کانون گردوغباری جنوب شرقی اهواز (فاز اول: حدفاصل اهواز-ماهشهر) با توجه به اینکه در محدوده مورد مطالعه رژیم رطوبتی خاک عمدتاً اریدیک و رژیم حرارتی خاک هایپرترمیک می‌باشد، بنابراین منطقه مورد مطالعه بسیار مستعد فرسایش بادی می‌باشد. از طرفی دیگر در برخی مناطق پس از مرطوب شدن سطح خاک و رسوبگذاری جدید پس از خشک شدن باعث تشکیل سله مقاومی در سطح خاک می‌شود که دارای مقاومت برشی بالابی است و مانعی طبیعی برای تولید ریزگرد است. چنانچه این سله شکسته شود منبع ریزگرد فعال می‌شود. برای جلوگیری از این مشکل باید تدابیری اندیشیده شود تا از ورود وسایل نقلیه و دام به این مناطق جلوگیری شود. ماده آلی نیز تأثیری مثبت بر مقاومت برشی خاک‌های مورد مطالعه داشته است. به طور کلی ماده آلی اثرات متفاوتی بر مقاومت برشی خاک دارد. برای مثال برخی از محققین بیان کردند که ماده آلی بدلیل افزایش نیروی چسبندگی بین ذرات خاک باعث افزایش مقاومت برشی خاک می‌شود(Wuddivira et al. 2013). در مقابل برخی دیگر اظهار داشتند که ماده آلی ممکن است به دلیل افزایش تخلخل خاک (کاهش چگالی ظاهری خاک) باعث کاهش مقاومت برشی خاک شود(Khalilimoghadam and Bagheri, 2020). علاوه بر این ماده آلی با افزایش ظرفیت نگهداری آب خاک باعث اتصال بیشتر ذرات خاک از طریق لایه آب و افزایش قدرت چسبندگی ذرات خاک می‌شود.

جدول۴-۴ معادلات رگرسیونی حداکثر مقاومت برشی خاک

متغیرهای ورودی	معادلات رگرسیونی حداکثر مقاومت برشی	R^2	MSE
SM, PWP, MWD, sand, clay, EC $Caco_3$, OM, SAR,	LogMSS = ۱/۵۰۶ + ۰/۵۴۸ MWD + ۰/۰۴ sand – ۰/۰۶۳ clay – ۰/۰۴۸ PWP – ۰/۰۷۱ SM + ۰/۰۰۴ SAR + ۰/۱۰۹ OM + ۰/۱۵۲ EC+۰/۰۴۶$Caco_3$	۰/۴۲۶	۰/۰۰۸
OM, SAR, SM, PWP, MWD, EC $Caco_3$,	LogMSS = ۱/۵۰۶ – ۰/۵۷ MWD – ۰/۰۴ PWP – ۰/۰۷۷ SM – ۰/۰۰۷ SAR + ۰/۱۱۸ + ۰/۱۵۴ OM + ۰/۰۴۹ $Caco_3$ EC	۰/۴۱۸	۰/۰۰۸
EC OM, SAR, SM, PWP, MWD,	LogMSS = ۱/۵۴ + ۰/۶۲۲ MWD – ۰/۰۵۶ PWP + ۰/۰۷۶ SM + ۰/۰۱۲ SAR + ۰/۱۲۵ + ۰/۰۲۴ OM EC	۰/۳۹۸	۰/۰۰۸
EC SAR, SM, PWP, MWD,	LogMSS = ۱/۵۶ + ۰/۶۱۸ MWD – ۰/۰۶۱ PWP + ۰/۰۵۷ SM + ۰/۰۳۸ SAR + ۰/۰۲۶ EC	۰/۳۸۳	۰/۰۰۸
EC SAR, SM, PWP,	LogMSS = ۱/۶۸ – ۰/۰۲۵ PWP+ ۰/۰۵ SM + ۰/۱۱۶ + SAR + ۰/۰۱۲ EC	۰/۰۱۷	۰/۰۱۳
EC SM, PWP,	LogMSS = ۱/۶۹ – ۰/۰۱۶ PWP+ ۰/۰۴۳+ SM + ۰/۰۶۴ EC	۰/۰۰۷	۰/۰۱۳
SM PWP,	LogMSS = ۱/۷۱ – ۰/۰۱۹ PWP+ ۰/۰۴۵+ SM	۰/۰۰۳	۰/۰۱۳

MSS: حداکثر مقاومت برشـــی خاک، MWD: میانگین وزنی قطر خاکدانه، Sand: شـــن، Clay: رس، PWP: رطوبت در نقطه پژمردگی دائم، SM: رطوبت هوا خشک، SAR: نسبت جذب سدیم، OM: ماده آلی، $Caco_3$، آهک، EC: هدایت الکتریکی.

نتیجه گیری

در این پژوهش تأثیر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی مختلف خاک بر مقاومت برشی سطح خاک به عنوان شاخصی از فرسایش بادی خاک در خاک‌های شور و سدیمی مورد بررسی قرار گرفت. به طور کلی با توجه به تأثیر گزاری بسیار زیاد میانگین وزنی قطر خاکدانه‌های خاک بر افزایش مقاومت برشی سطح خاک، بنابراین یکی از راهکارهای مؤثر در مهار فرسایش بادی در

کانون‌های ریزگرد استان خوزستان، استفاده از روش‌های خاکورزی مناسب و یا روش‌های بدون خاکورزی است که به دلیل تأثیر بر توزیع اندازه خاکدانه‌ها و ایجاد زبری تصادفی در سطح، باعث کاهش شدت فرسایش در کانون‌های حساس استان می‌شود. بر این اساس، پیشنهاد می‌شود در خصوص مدیریت خاک سطحی و نقش آن بر افزایش پایداری و اندازه ذرات خاکدانه برای مقابله با فرسایش بادی و تثبیت کانون‌های ریزگرد توجه ی ویژه شود.

1. Travero, j., Mihara, M. (2015). Impacts of pyroligneous acid to biological and chemical properties of depleted soil in Bohol, Philippines. International Journal of Environmental and Rural Development, 6(1), 132-137.

منابع:

1. Chu, J., Stabnikov, V., Ivanov, V.(2012). Microbially induced calcium carbonate precipitation on surface or in the bulk of soil. Geomicrobiol. J. 29, 544–549.
2. Khalilmoghadam, B., Afyuni, M., Jalalian, A., Abbaspour, K. C., Dehghani, A.(2011). Estimation surface soil shear strength by pedo-transfer functions and soil spatial prediction functions.Journal of water and soil(Agricultural sciences and technology), 25(1):187-195.
3. Khalilimoghadam, B., & Bagheri Bodaghabadi, M. (2020). Factors influencing the relative recovery rate of dunes fixed under different sandfixing measures in Southwest Iran. Catena, 194, 104706. https://doi. org/10.1016/j.catena.2020.104706.
4. Khalilimoghadam, B., Jamili, T., Nadian, H., & Shahbazi, E. (2015). The influence of sugarcane mulch on sand dune stabilization in Khuzestan, thesouthwest of Iran. Iran Agricultural Research, 34(2), 71–80. http://doi. org/10.22099/IAR.2016.3446
5. Romkens, M.J.M. and Wang, J.Y.(1986). Effect of tillage on surface roughness. Trans. Am.Soc. Agric. Eng. 29, 429–433.
6. Soane, B.(1990). The role of organic matter in soil compactibility: a review of some practical aspects. Soil Tillage Res. 16, 179–201.
7. Wójciga, A., Bolte, K., Horn, R., Stêpniewski, W., and Bajuk, E.(2009). Surface shear resistance of soils on the micro- to meso-scale. Int. Agrophysics, 23, 391–398.
8. Zhang, B., Zhao, Q. G., Horn, R., and Baumgartl, T.(20010. Shear strength of soil surface as affected by soil bulk density and soil water content. Soil Till. Res., 59, 97-106.
9. Zydroń, T., Zaleski, T., Janik, D.(2016). Influence of moisture content and shearing rate on shear strength of silty soils from the neighbourhood of Kotlina Sądecka. Acta Sci. Pol. Form. Cir. 15, 165–177.

Estimation of Surface Shear Resistance of Dust Hotspot Soils in Southeastern Ahvaz

Bijan Khalilimoghadam, Yusef Farjpoor, Ashkan Yusefi
Department of Soil Sciences, Agricultural Sciences and Natural Resources university of Khuzestan, Ahvaz, Iran;
(* Corresponding Author: khalilimoghadam@asnrukh.ac.ir)

Abstract:
This study was conducted in dust hotspot lands southeast of Ahvaz to measure and estimate surface shear resistance. To do this, at 100 points in the study area, different soil parameters such as initial soil moisture, EC, pH, MWD, CaCO3, Organic matter, soil texture, SAR and soil water retention as independent variables and surface shear resistance as dependent variables. it placed. Using stepwise regression method, the best model for estimating surface shear resistance was obtained. The results showed that MWD and CaCO3 parameters have a significant and positive effect on surface shear resistance. The results of regression equations showed that the variables initial soil moisture, EC, pH, MWD, CaCO3, Organic matter, soil texture, SAR, explain 42% of the changes in surface shear resistance. In general, MWD had a great effect on increasing surface shear resistance.
Keywords*:* Dust hotspot, surface shear resistance, Wind erosion

بررسی زمانی و مکانی نرخ فرونشست ذرات ریزشی گردوغبار در منطقه اصفهان

علیرضا مرجوی[1]، محسن سلیمانی[2]، نوراله میرغفاری[2]، حمیدرضا کریم‌زاده[3]

۱- دانشجوی دکتری رشته آلودگی‌های محیط زیست دانشکده منابع طبیعی دانشگاه صنعتی اصفهان،
a.marjovvi@na.iut.ac.ir

۲- عضو هیات علمی گروه محیط زیست دانشکده منابع طبیعی دانشگاه صنعتی اصفهان

۳- عضو هیات علمی گروه مرتع و آبخیزداری دانشکده منابع طبیعی دانشگاه صنعتی اصفهان

چکیده

اصفهان یکی از کلان‌شهرهای مهم ایران است که همچون برخی از استان‌های غربی کشور، در بیش‌تر مواقع سال اتمسفر آن حضور ذرات معلق را تجربه می‌کند. نرخ فرونشست ذرات ریزشی گردوغبار به منظور پیش‌بینی وضعیت گرد و غبار اتمسفری و اتخاذ تصمیمات مدیریتی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در همین راستا مطالعه‌ای برای تعیین نرخ فرونشست ذرات ریزشی گردوغبار با ۷ ایستگاه نمونه برداری با سه مورد در شهر اصفهان و ۴ مورد در شهرستان‌های اطراف در بازه زمانی اواخر اردیبهشت تا اواخر مهر ۱۳۹۶ به اجرا درآمد. نتایج نشان داد که بیشترین میانگین میزان فرونشست ذرات ریزشی ایستگاه‌های موردمطالعه در ماه‌های نمونه‌برداری شده مربوط به تیرماه (۵/۵۳ گرم در مترمربع در ماه) و بیشترین آن در ایستگاه میدان لاله (۱۰/۰۷ گرم بر مترمربع در ماه) اتفاق افتاده است. همچنین کمترین میزان فرونشست به‌طور معنی‌داری مربوط به مهرماه (۲/۵۶ گرم در متر مربع در ماه) و کمترین آن در ایستگاه کوهپایه (با میانگین ۰/۸ گرم بر متر مربع در ماه) بوده است که دلیل آن ممکن است وجود سنگریزه‌های زیاد بر سطح خاک منطقه باشد که به‌عنوان پوششی باعث جلوگیری از فرسایش بادی منطقه می‌شود.

کلمات کلیدی: اصفهان، گردوغبار، نرخ فرونشست

مقدمه

فرسایش خاک در اثر باد یکی از فرایندهای اصلی در ارتباط با تخریب اراضی در مناطق خشک (بیابان‌زایی) است که نتیجه آن از بین رفتن خاک و کاهش تولیدات گیاهان خواهد بود. تأثیرات اقتصادی فرسایش بادی و تولید ذرات معلق در جو زمین شامل کاهش تولیدات کشاورزی، آسیب به وسایل و تجهیزات و کاهش ذخایر نزولات برف و نهایتاً کاهش عرضه آب است. علاوه بر این، ذرات معلق می‌تواند باعث کاهش دید، اثرات منفی اجتماعی، افزایش تلفات در ترافیک و در ایجاد مجموعه‌ای از بیماری‌های تنفسی نقش داشته باشد. فرآیندهای بوم‌شناختی و فعالیت‌های انسانی که فرسایش باد و انتشار ذرات معلق را تشدید می‌کند، پیامدهای گسترده‌ای برای مناطق خشک جهان و ساکنان آن‌ها، به همراه دارد (Duniway et al. 2019).

پراکنش ذرات معلق ازنظر سلامتی بشر از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است، زیرا ذرات کوچک می‌توانند سیستم تنفسی را تحت تأثیر قرار داده و همچنین این ذرات توانایی زیادی در انتقال فلزات سمی دارند (Duong and Lee 2011). از طرفی مطالعات نشان می‌دهد که بین رخدادهای گردوغبار و مرگ ناشی از بیماری‌های قلبی و تنفسی رابطه قوی برقرار است، به حدی که می‌توان گفت بیماران تنفسی و قلبی نسبت به ذرات معلق با اندازه خیلی کوچک حساس‌تر هستند (Miri et al. 2007). کاهش حاصلخیزی خاک و خسارت به محصولات کشاورزی، کاهش تشعشعات خورشیدی، آلودگی هوا، ایجاد یا افزایش بیماری‌های تنفسی ازجمله مهم‌ترین پیامدهای وقوع توفان‌های گردوغبار هست (Hojati et al. 2012). اصفهان نیز یکی از کلان‌شهرهای مهم ایران است که در بیش‌تر مواقع سال اتمسفر آن حضور ذرات معلق را تجربه می‌کند. بررسی ماهانه پدیده گردوغبار در استان اصفهان با کد ۰۶ (گردوخاک معلق در هوا که در اثر توفان شن و خاک نقاط خارج از ایستگاه به ایستگاه آمده) و ۰۷ (گردوخاک یا شنی که به‌وسیله باد در ایستگاه یا نزدیکی آن در ساعت دیده‌بانی بلند شده) در دوره زمانی ۲۰۱۳- ۱۹۷۳ نشان می‌دهد که بیشترین فراوانی گردوغبار به ترتیب در ماه‌های اردیبهشت، خرداد و تیر به ترتیب با فراوانی ۱۰۵، ۹۴ و ۸۰ روز همراه با گردوغبار رخداده است و کمترین فراوانی گردوغبار نیز مربوط به ماه‌های دی، بهمن و آذر با فراوانی ۵، ۷ و ۴ روز همراه با گردوغبار است (جعفری و همکاران ۱۳۹۷). همچنین خشکی زاینده‌رود در سال‌های متمادی گذشته سبب شده تا تالاب گاوخونی در نقطه

پایانی این رودخانه به‌عنوان کانون بالقوه تولید ذرات معلق در منطقه میانی کشور مطرح شود. لذا تشخیص منابع ذرات معلق و تخمین توان انتشار آن‌ها به‌ویژه برای ارزیابی آلودگی اتمسفری ذرات معلق دارای اهمیت زیادی برخوردار هستند Menéndez (et al. 2007).

نرخ فرونشست گرد و غبار به طورکلی به سرعت تأمین گرد و غبار از منبع، بارندگی و تلاطمات جوی و در یک منطقه مشخص عمدتاً به شرایط اقلیمی در منطقه منبع و منطقه فرونشست بستگی دارد (Reheis and Kihl 1995).

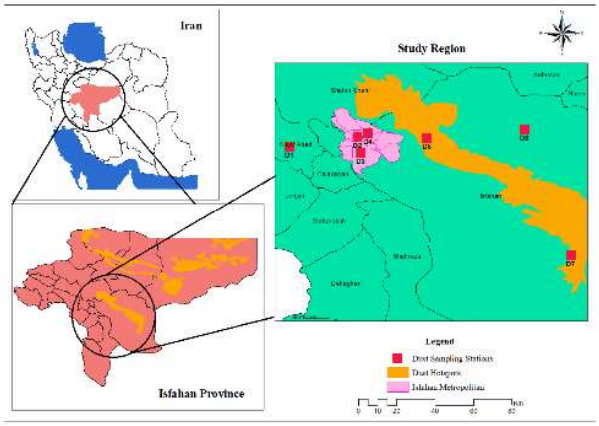
Hojati et al. (2012) شرایط اقلیمی در منطقه فرونشست، فاصله از منبع تولید گرد و غبار و اختلاف بین منابع محلی و برون مرزی تولید گرد و غبار را به عنوان عوامل اثرگذار برروی نرخ فرونشست و سایر خصوصیات گرد و غبار معرفی نمودند. طوفان های گرد و غباری عمدتاً در فصول بهار و تابستان و با فراوانی کمتری در پاییز و زمستان رخ می‌دهند (Wang et al. 2006).

در یک تحقیق در شهر اصفهان کمترین و بیشترین نرخ فرونشست گرد و غبار به ترتیب در ماه‌های آذر با ۲/۱۳ گرم بر متر مربع در ماه و تیر با ۸/۰۵ گرم بر مترمربع در ماه مشاهده شد و به طورکلی می‌توان روند کاهشی در نرخ فرونشست گرد و غبار از ماههای خشک (خرداد تا مهر) به سمت ماه‌های مرطوب (آبان تا اردیبهشت) را مشاهده کرد (نوروزی و خادمی ۱۳۹۴)، در حالی‌که محمودی (۱۳۹۰) با مطالعه نرخ فرونشست گرد و غبار در شهرهای اصفهان، خمینی‌شهر، زرین‌شهر و مبارکه طی دوره ۴ ماهه (مرداد تا آذر ۱۳۸۹) حداقل نرخ فرونشست گرد و غبار را در مهرماه با نرخ ۶/۳ و حداکثر آن را در دوره آبان-آذر با نرخ ۹/۵۷ گرم بر مترمربع در ماه و پایین‌ترین نرخ فرونشست گرد و غبار را برای شهرهای زرین‌شهر و مبارکه گزارش کرد. از آنجایی که نرخ فرونشست ذرات ریزشی گردوغبار به منظور پیش‌بینی وضعیت گرد و غبار اتمسفری و اتخاذ تصمیمات مدیریتی اهمیت ویژه‌ای دارد، این مطالعه با هدف بررسی توزیع مکانی و زمانی نرخ فرونشست گرد و غبار در شهر اصفهان و ایستگاه‌های پیرامون آن انجام شد.

مواد و روش‌ها

نمونه‌برداری ذرات ریزشی گردوغبار اواخر اردیبهشت‌ماه سال ۱۳۹۶ شروع و تا اواخر مهرماه سال ۱۳۹۶ ادامه پیدا کرد. به‌طوری‌که در طول این روزها بنا به گزارش سازمان هواشناسی استان در روزهای ۲۱ و ۲۲ تیرماه ۱۳۹۶ پدیده گردوغبار در شهر اصفهان اتفاق افتاد (اداره کل هواشناسی استان اصفهان ۱۳۹۷). به‌منظور جمع‌آوری گردوغبار از تله مورداستفاده توسط Hojati et al. (2012) به‌عنوان یک نمونه‌گیر خشک استفاده شد. در هر نقطه ۲ تله قرار داده شد که هرکدام شامل یک شیشه یک مترمربعی بوده که بر روی آن یک توری پلاستیکی با مش ۲×۲ میلی‌متر پیچ گردید. همه تله‌های نمونه‌گیر در بالای پشت‌بام‌های ساختمان‌های یک طبقه کمی بالاتر از کف پشت‌بام (۱۰سانتی‌متر) به دلیل عدم تاثیر پذیری از گردوغبارهای موجود بر پشت‌بام بر اثر وزش باد، نصب شد (شکل ۱). در طول مدت برداشت نمونه‌های گردوغبار هیچ‌گونه بارندگی مؤثری حادث نشد، لذا همه نمونه‌های تا جایی که ممکن بود توسط کاردک به‌صورت خشک جمع‌آوری شدند. فواصل نمونه‌برداری ذرات ریزشی طی چهار مرحله و به‌صورت ماهیانه بود. میانگین مقدار گردوغبار جمع‌آوری‌شده در هر ایستگاه اندازه‌گیری شد. با توجه به کانون تولید ریزگردها که در نقشه موقعیت مناطق تحت تأثیر فرسایش بادی در استان اصفهان آمده (مهندسین مشاور تاک سبز، ۱۳۸۹) محل‌های جمع‌آوری نمونه ذرات ریزشی در محدوده شهر اصفهان (میدان جمهوری، میدان آزادی و میدان لاله به ترتیب D2، D3 و D4) و نقاط پیرامونی شهرستان نجف‌آباد (D1)، سگزی (D5)، کوهپایه (D6)، و اطراف تالاب گاوخونی (شهرستان جرقویه علیا روستای خارا D7) تعیین شد (شکل ۲). به‌منظور تعیین میزان ترسیب گردوغبار، ذرات جمع‌آوری‌شده به‌وسیله ترازوی میکرو بالانس الکترونی با دقت ۱ میکروگرم (Switzerland M3, Mettle)توزین و مقادیر برحسب واحد جرم بر واحد سطح در واحد زمان بیان شد.

شکل ۱- تله نمونه‌گیری گردوغبار

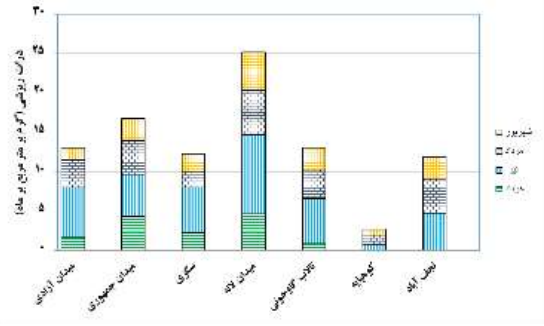


شکل ۲- موقعیت ایستگاه های پیش بینی شده شهر اصفهان و شهرستان‌های اطراف نمونه برداری از ذرات ریزشی گردوغبار

نتایج و بحث

سازمان هواشناسی جهانی[۱](WMO) پدیده گردوغبار را بر اساس میدان دید به چهار طبقه تقسیم کرده است. میدان دید کمتر از ۲۰۰ متر توفان گردوغباری بسیار شدید، میدان دید بین ۲۰۰-۱۰۰۰ متر توفان گردوغباری، میدان دید بین ۱۰۰۰-۱۰۰۰۰ متر روزهای گردوغباری معمولی و میدان دید بیشتر از ۱۰۰۰۰ متر روزهای عادی است (Sivakumar and Ndiang'Ui 2007) بر اساس همین تقسیم‌بندی با توجه به اطلاعات هواشناسی در طول دوره نمونه‌برداری (۱۴۰روز) از اواخر اردیبهشت ماه سال ۱۳۹۶ تا اواخر مهرماه ۱۳۹۶ در شهر اصفهان، ۲ روز توفان گردوغباری که در ۲۱ و ۲۲ تیرماه بوده، ۲۸ روز گردوغبار معمولی بوده که عمده آن در شهریورماه اتفاق افتاده و نهایتاً ۱۱۰ روز، روزهای عادی ثبت‌شده است.

شکل ۳ فرونشست ذرات ریزشی را در طول دوره نمونه‌برداری در ایستگاه‌های مختلف نمایش می‌دهد.



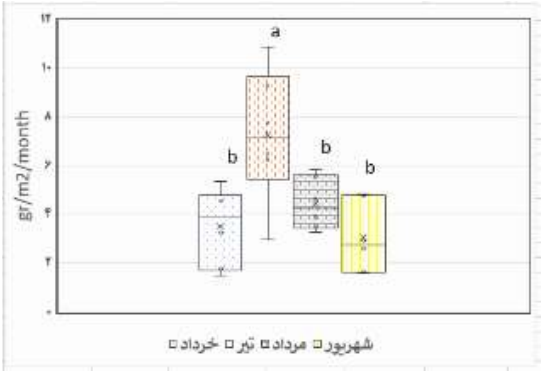
شکل ۳- فرونشست ذرات ریزشی در طول مدت و ایستگاه‌های موردمطالعه

[۱] World Meteorological Organization

بر اساس شکل ۳ بیشترین میزان فرونشست تقریباً در همه ایستگاه‌های نمونه‌برداری مربوط به تیرماه بوده است که بطور میانگین به میزان ۵/۵۳ گرم در متر مربع در ماه برآورد شد. که می‌توان آن را به علت وجود ۲ روز توفان گردوغباری در تیرماه سال ۱۳۹۶ مربوط دانست. این نتیجه با نتیجه بدست آمده با برداشت ۱۲ ماه پیوسته در اصفهان در سالهای ۱۳۹۱-۱۳۹۲ منطبق بوده است (نوروزی و خادمی ۱۳۹۴). همچنین بیشترین فرونشست ایستگاه‌ها نسبت به یکدیگر مربوط به میدان لاله بوده (با ۱۰/۰۷ گرم در متر مربع در ماه) که می‌توان دلیل آن را علاوه بر وجود انباشتی از خاک به‌طور طبیعی در این منطقه، وجود زمین‌های بایر فراوان‌تر در اطراف این ایستگاه (عمدتاً به دلیل خشک‌سالی در سال اخیر منتهی به این مطالعه)، نزدیک بودن به فرودگاه شهید بهشتی اصفهان در شرق این ایستگاه و بیشتر متأثر شدن از بادهای شرقی به دلیل شرقی‌تر قرار گرفتن این ایستگاه در شهر اصفهان نسبت به دو ایستگاه میدان جمهوری و یا میدان آزادی دانست. همچنین کمترین میزان فرونشست به‌طور معنی‌داری مربوط به شهریورماه (۲/۵۶ گرم در متر مربع در ماه) و کمترین آن در ایستگاه کوهپایه (با میانگین ۰/۸ گرم بر متر مربع در ماه) بوده است که دلیل آن ممکن است وجود سنگریزه‌های زیاد بر سطح خاک منطقه به‌عنوان پوششی باعث جلوگیری از فرسایش بادی منطقه می‌نمایند.

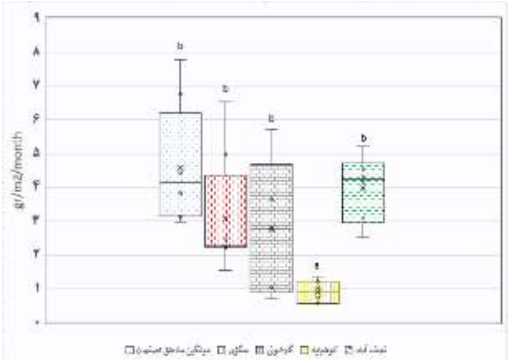
خشک‌سالی یکی از دلایلی است که می‌تواند تعداد روز گردوغباری را افزایش دهد به‌طوری‌که طی تحقیقی مشخص شد که در عراق در سال ۲۰۰۸ تعداد روزهای گردوغباری از ۱۵ روز به ۸۵ روز افزایش داشته که بیشترین تعداد روزهای گردوغباری در جولای (تیرماه) ۳۰ روز، می (اردیبهشت) ۲۰ روز و مارس (اسفند) ۱۸ روز بوده است (Crook 2009).

شکل ۴ و ۵ به ترتیب میانگین میزان فرونشست ذرات ریزشی را در اصفهان و دیگر ایستگاه‌های نمونه‌برداری را نشان می‌دهد.



شکل ۴ نمودار جعبه‌ایی میزان فرونشست ذرات ریزشی در اصفهان و در طول دوره مطالعه
(تفاوت معنی‌دار بین دو حرف غیرمشترک ۰/۰۱ درصد است)

میزان فرونشست در اصفهان در تیرماه به مقدار قابل‌توجهی زیادتر از دیگر دوره‌های موردمطالعه است. همان‌گونه که پیش‌تر گفته‌شده به دلیل حادث شدن دو روز توفان گردوغبار در این بازه زمانی بوده است. میزان فرونشست سه ماه دیگر خرداد، مرداد و شهریورماه ازلحاظ آماری یکسان می‌باشند (شکل ۴).



شکل ۵ نمودار جعبه‌ایی میزان فرونشست ذرات ریزشی در طول دوره و مناطق مختلف مورد آزمایش
(تفاوت معنی‌دار بین دو حرف غیرمشترک ۰/۰۱ درصد است)

با توجه به شکل ۵ کمترین میزان فرونشست ایستگاه‌های مختلف به‌طور معنی‌داری مربوط به کوهپایه بوده و بقیه ایستگاه‌های ازلحاظ آماری یکسان می‌باشند. منطقه کوهپایه داری خاکی با سنگ‌فرش دانه‌های شن که به‌صورت یک پوشش مانع از بلند شدن خاک منطقه می‌شود. لذا داشتن کمترین میزان فرونشست در این منطقه دور از انتظار نیست.

فهرست منابع

۱۸. اداره کل هواشناسی استان اصفهان. (۱۳۹۷). گزارش کیفیت هوای ایستگاه سنجش آلاینده‌ها در هواشناسی اصفهان در سال ۱۳۹۶. مرکز تحقیقات هواشناسی کاربردی اصفهان.

۱۹. جعفری، م. زهتابیان، غ. مصباح زاده، ط. (۱۳۹۷). واکاوی آماری پدیده گردوغبار (مطالعه موردی اصفهان). فصلنامه علمی-پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان ایران ۲۵ (۴). ۸۷۶- ۸۶۳.

۲۰. محمودی، ز. (۱۳۹۰). بررسی خصوصیات ژئوشیمیایی و کانی شناسی گرد و غبار اتمسفری اصفهان . پایان‌نامه کارشناسی ارشد خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

۲۱. مهندسین مشاور تاک سبز. (۱۳۸۹). طرح بازنگری کانون‌های بحرانی فرسایش بادی کشور استان اصفهان. وزارت جهاد کشاورزی ، سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور، دفتر امور بیابان. تهران، ایران. ۱۴۷ ص.

۲۲. نوروزی، س. خادمی ح. (۱۳۹۴). تغییرات مکانی و زمانی نرخ فرونشست گرد و غبار در شهر اصفهان و ارتباط آن با برخی پارامترهای اقلیمی. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک، سال نوزدهم ، شماره هفتادودوم. ۱۴۹-۱۶۱.

23. Crook, J. (2009). Climate analysis and long range forecasting of dust storms in Iraq. Naval Postgraduate School Monterey CA.
24. Duniway, M. C., Pfennigwerth, A. A., Fick, S. E., Nauman, T. W., Belnap, J., & Barger, N. N. (2019). Wind erosion and dust from US drylands: a review of causes, consequences, and solutions in a changing world. Ecosphere, 10(3), e02650.
25. Duong, T. T., & Lee, B. K. (2011). Determining contamination level of heavy metals in road dust from busy traffic areas with different characteristics. Journal of Environmental Management, 92(3), 554-562.
26. Hojati, S., Khademi, H., Cano, A. F., & Landi, A. (2012). Characteristics of dust deposited along a transect between central Iran and the Zagros Mountains. Catena, 88(1), 27-36.
27. Menéndez, I., Diaz-Hernandez, J. L., Mangas, J., Alonso, I., & Sánchez-Soto, P. J. (2007). Airborne dust accumulation and soil development in the North-East sector of Gran Canaria (Canary Islands, Spain). Journal of Arid Environments, 71(1), 57-81.
28. Miri, A., Ahmadi, H., Ghanbari, A., & Moghaddamnia, A. (2007). Dust storms impacts on air pollution and public health under hot and dry climate.
29. Reheis, M. C., & Kihl, R. (1995). Dust deposition in southern Nevada and California, 1984–1989: Relations to climate, source area, and source lithology. Journal of Geophysical Research: Atmospheres, 100(D5), 8893-8918.
30. Sivakumar, M. V., & Ndiang'Ui, N. (Eds.). (2007). Climate and land degradation. Springer Science & Business Media.
31. Wang, S., Yuan, W., & Shang, K. (2006). The impacts of different kinds of dust events on PM10 pollution in northern China. Atmospheric Environment, 40(40), 7975-7982.

Temporal and spatial trend of dust deposition rate in Isfahan region

Alireza Marjovvi[1], Mohsen Soleimani[2], Nourollah Mirghafari[2], Hamidreza Karimzadeh[2]

1- Ph.D. Student of Environmental Pollution, Isfahan University of Technology (a.marjovvi@na.iut.ac.ir)

2- Faculty Member of Department of Natural Resources, Isfahan University of Technology

Abstract

Isfahan is one of the most important metropolitan of Iran, which, like some western provinces of the country, is affected by the suspended particles annually. The deposition rate of dust particles is of special importance in order to predict the air quality which is consequently used to make management decisions. In this regard, this study was conducted to determine the dust deposition rate of three urban areas and four rural locations in the Isfahan region. Dust passive sampling was performed from May to October 2017. Results showed that the highest monthly dust deposition rate was in July (5.53 g m^{-2}) and the highest occurred in Laleh Square station (10.07 g m^{-2}). Besdies, the lowest dust deposition rate was occured in October (2.56 g m^{-2}) and in Kuhpayeh station (0.8 g m^{-2}). This could be due to the surface of this area which is covered by desert pavement that prevents wind erosion.

Keywords: Deposition rate, Dust, Isfahan

بررسی روند تکامل خاک در امتداد یک ترانسکت طولی در مناطق انتخابی استان کردستان

مستانه رحیمی مشکله[1]، زهره مصلح قهفرخی[2]، علیرضا ضیائی جاوید[2]

۱- دانشجوی دکتری گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان (rahimimastane65@gmail.com)

۲- هیأت علمی موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

چکیده

تشکیل خاک فرآیند پیچیده‌ای است که طی یک زمان طولانی و گذر از مراحل مختلف تحت تأثیر مجموعه به هم پیوسته‌ای از عوامل خاک‌سازی انجام می‌شود. در مناطق خشک و نیمه خشک، از میان عوامل خاک‌سازی، توپوگرافی از طریق سه جز وابسته شامل ارتفاع، زهکشی طبیعی و شیب باعث تفاوت‌های معنی‌داری در ویژگی‌های خاک در این نوع مناطق می‌شود. بر این اساس در این پژوهش چند منطقه خشک و نیمه‌خشک انتخابی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها مطالعه و علل تنوع و تکامل آن‌ها در یک ترانسکت طولی در استان کردستان مورد بررسی قرار گرفت. بر اساس نتایج به دست آمده خاک‌ها در چهار رده انتی‌سول، اینسپتی‌سول، آلفی‌سول و ورتی‌سول طبقه‌بندی شدند که نشان‌دهنده‌ی تکامل پروفیلی از یک دامنه محدود (انتی-سول‌ها) تا تکامل نسبتاً قابل توجه (آلفی‌سول‌ها و ورتی‌سول‌ها) می‌باشد. از جمله فرآیندهای مهم خاک‌ساز رخ داده در خاک‌های مورد مطالعه انتقال کربنات‌ها از سطح خاک و تجمع در افق‌های زیرین، انتقال و تجمع رس، پدوتوربیشن و ذخیره کربن‌آلی در اعماق می‌باشد. با توجه به اینکه خاک‌های مورد مطالعه دارای مواد مادری یکسان (آهکی) می‌باشند می‌توان وجود این تنوع و تغییرات نسبتاً زیاد در ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مطالعه شده را به تأثیر عوامل خاک‌ساز به‌ویژه توپوگرافی (دامنه ارتفاع و موقعیت شیب) و موقعیت فیزیوگرافیکی آن‌ها در منطقه نسبت داد.

واژگان کلیدی: انتقال رس، پایداری زمین‌نما، تکامل خاک، فاکتورهای خاک‌سازی، موادمادری

مقدمه

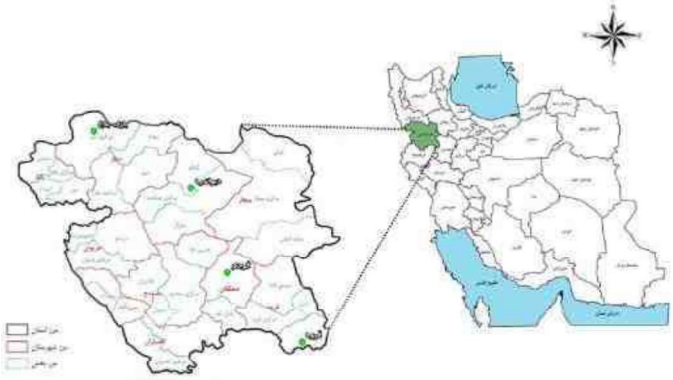
شناخت خصوصیات و توزیع انواع خاک در گستره زمین‌نما که نشان‌دهنده رفتار آن‌ها در مقابل کاربری‌های مختلف است برای استفاده مؤثر، مدیریت و حفاظت از این منبع حیاتی، ضروری است. مطالعات خاک - زمین‌نما، روابط بین فرآیندهای زمین، توپوگرافی و توسعه خاک را بررسی می‌کنند (عباس‌زاده و همکاران، ۱۳۹۴). تحولات خاک متأثر از اقلیم، مواد مادری، پستی و بلندی، موجودات زنده و زمان می‌باشد که به عنوان فاکتورهای خاک‌ساز معرفی شده‌اند و در تشکیل و تکامل انواع خاک‌ها با درجه توسعه یافتگی متفاوت ایفای نقش می‌کنند (Jenny, 2011). توزیع جغرافیایی خاک‌ها بر اساس عوامل خاک‌سازی متفاوت خواهد بود و در نتیجه آن خاک‌های مختلفی با خواص شناسای و استعداد و امکانات متفاوت و گاهی نیز با انواع محدودیت‌ها به‌وجود می‌آید (جعفری و سرمدیان، ۱۳۸۲). در موقعیت‌های زمین‌نما، خاک‌ها تحت تأثیر غیرمستقیم فاکتورهای خاک‌سازی و اثرات متقابل با فرآیندهای هیدرولوژی و ژئومرفولوژی تشکیل و توسعه می‌یابند (عباس‌زاده و همکاران، ۱۳۹۴).

هر نوع خاک در یک زمین‌نما از موقعیت و وضعیت اکولوژیکی منحصر به فردی برخوردار است، همچنین در یک ردیف پستی و بلندی، خاک‌ها دارای تغییرات سیستماتیک بوده و قسمتی از این تغییرات به عوامل اقلیم و توپوگرافی مربوط می‌شود (Markus and Merkli, 2007). توپوگرافی به عنوان یک فاکتور مستقل و یکی از مهم‌ترین عوامل در تشکیل و تکامل خاک عمل می‌کند (Mahmoodi and Hakimian, 2006 ; Chaplot et al., 2001). توپوگرافی، یکی از عوامل منطقه‌ای است که در قالب ارتفاع و شیب (موقعیت، جهت و درصد) تأثیر مستقیمی بر فرآیندهای تشکیل و تکامل خاک، زهکشی طبیعی و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک دارد (Jiang and Thelen, 2004). ارتفاع یکی از مؤلفه‌های اساسی است که با تأثیرات مستقیم و غیرمستقیم خود بر تشکیل و تکامل خاک مؤثر می‌باشد (لاهوتی و همکاران، ۱۳۹۵). همچنین موقعیت و جهت شیب می‌تواند حرکت آب و مواد را در طول شیب، کنترل و در تفاوت‌های مکانی خصوصیات خاک نقش داشته باشد (Tsui et al., 2004). از طرف دیگر توپوگرافی نقش مهمی در تغییرات ریزاقلیم و شرایط هیدرولوژی زمین‌نما ایفا کرده و حرکت آب و توزیع مجدد مواد حمل شده به وسیله جریان آب را تحت تأثیر قرار می‌دهد. در نتیجه شدت و نوع فرآیندهای زمین‌نما را کنترل می‌کند. همچنین با اثر قابل ملاحظه‌ای که بر فرآیندهای پدوژنیک و هیدرولوژی دارد، پویایی چرخه عناصر غذایی را سبب می شود (Rezaei et al., 2015).

افزایش ارتفاع در مقیاس منطقه‌ای به طور مستقیم با مقدار بارش و دما (Grytnes and Beaman, 2006) و به طور غیر مستقیم با تشکیل خاک مرتبط است (Muller and Oberlande, 1997). در مناطق کوهستانی اقلیم متأثر از تغییرات ارتفاعی است (رحمانی و همکاران،۱۳۹۲). این تغییرات به طور چشمگیری بر فرآیندهای خاک‌سازی و ویژگی‌های خاک به واسطه اثر بر نوع و شدت فرآیندهای شیمیایی، فیزیکی و بیولوژیکی خاک و همچنین نوع و ترکیب گونه‌های گیاهی تأثیر می‌گذارد (Hutchins et al., 1976). با توجه به اهمیت نقش ناهمواری‌ها در پیدایش و تکامل خاک و به منظور شناسایی بهتر و کامل‌تر خاک‌ها در جهت پیشبرد کشاورزی پایدار، پژوهش حاضر برای بررسی تنوع و تکامل خاک در امتداد یک ترانسکت طولی در برخی از اراضی شیب‌دار استان کردستان انجام پذیرفت.

مواد و روش‌ها

استان کردستان در مختصات ۴۵ درجه و ۳۲ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۱۶ دقیقه طول شرقی و ۳۴ درجه و ۴۰ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۳۰ دقیقه عرض شمالی قرار دارد. اختلاف ارتفاع بین بلندترین و پست‌ترین نقاط استان به حدود ۲۴۰۰ متر می‌رسد. میانگین نزولات جوی در استان بین۳۰۰ تا ۹۰۰ میلی‌متر در سال و دمای هوا ۹ تا ۱۵ درجه سانتی‌گراد گزارش شده است. در منطقه مورد مطالعه رژیم رطوبتی زریک و رژیم حرارتی مزیک است.



شکل ۱- موقعیت نقاط در منطقه مورد مطالعه

پس از بررسی نقشه توپوگرافی و با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی، تصاویر حاصل از گوگل ارث، و بازدیدهای صحرایی، تعداد ۴ خاک‌رخ در یک ترانسکت طولی از اراضی شیبدار استان کردستان انتخاب، حفر و نمونه‌برداری گردید. نمونه‌ها پس از هوا خشک شدن و عبور از الک دو میلی‌متری، طبق روش‌های استاندار (USDA-NRCS, 2004) تحت تجزیه‌های فیزیکی و شیمیایی قرار گرفت. این آزمایشات شامل بافت خاک، اندازه‌گیری واکنش خاک (pH)، هدایت الکتریکی (EC)، ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC)، گچ و کربنات کلسیم معادل (CCE) می‌باشند. بر اساس نتایج تشریح خاک‌رخ‌های حفرشده و نتایج آزمایشگاهی نمونه‌های خاک، رده‌بندی تمامی خاک‌رخ‌ها بر مبنای سامانه‌ی رده‌بندی آمریکایی (USDA, 2014) تعیین گردید.

جدول۱- ویژگی‌های فیزیکی - شیمیایی خاک‌رخ‌های مورد مطالعه

افق	عمق خاک (سانتی‌متر)	رنگ خاک	اجزای خاک (٪) رس	سیلت	شن	کلاس بافت خاک	PH	CEC (Me/100g)	EC_e (dS m-1)	$CaCO_3$ (%)	OC (%)
خاک‌رخ۱- رشیدآباد-دیواندره (زمین‌نما: پیدمونت، ارتفاع: ۲۰۱۵ متر، شیب: ۱۲-۸٪)، Typic Xerorthents											
Ap	۰-۲۵	7/5YR4/6	۲۵	۲۸	۴۷	L	۷/۷۴	۱۰/۴۷	۰/۴۷	۶/۶۲	۰/۶۴
C1	۲۵-۷۳	5YR4/6	۱۵	۲۶	۵۹	SL	۷/۸۴	۱۰/۷۴	۰/۳۶	۵/۶۸	۰/۹
C2	۷۳-۹۴	5YR5/6	۱۶	۲۸	۵۶	SL	۷/۸۷	۷/۸	۰/۲۹	۴/۹۲	۰/۰۶
2C3	۹۴-۱۳۵	2/5YR4/6	۸	۳۶	۵۶	SL	۷/۶۹	۷/۰	۰/۳	۴/۳۸	۰/۰۴
3C	۱۳۵-۱۹۰	5YR4/6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
خاک‌رخ۲- دهگلان- قوچم (زمین‌نما: دامنه، ارتفاع: ۱۸۲۵ متر، شیب: ۲-۰٪)، Vertic Calcixerepts											
Ap	۰-۲۰	10YR5/4	۴۴	۴۱	۱۵	SiC	۷/۷۴	۷/۵۳	۰/۶۱	۲۸/۲	۰/۲
Bkd	۲۰-۴۰	10YR5/4	۳۸	۴۱	۲۱	CL	۸/۲	۹/۰۳	۰/۵۸	۲۷/۸۲	۰/۶۲
Bkss1	۴۰-۶۵	10YR5/4	۵۰	۳۷	۱۳	C	۷/۷۸	۸/۲۸	۰/۵۷	۲۸/۳۹	۰/۲۵
Bkss2	۶۵-۱۱۵	10YR5/4	۵۰	۳۷	۱۳	C	۷/۷۷	۷/۵۳	۰/۵۲	۲۷/۴۴	۰/۲۲
Bkss3	۱۱۵-۱۳۰	10YR5/4	۴۴	۳۷	۱۹	C	۷/۷۶	۶/۹۲	۰/۶۵	۲۸/۹۶	۰/۱۷
خاک‌رخ۳- قروه- دیزج (زمین‌نما: دشت دامنه‌ای، ارتفاع: ۱۷۸۶ متر، شیب: ۲-۰٪)، Calcic Haploxerealfs											
Ap	۰-۳۰	10YR4/4	۳۲	۴۰	۲۸	CL	۷/۶۸	۱۱/۸۹	۰/۲۳	۴/۲۷	۰/۸۸
Bw	۳۰-۷۰	10YR4/4	۴۴	۳۰	۲۶	C	۸/۰۵	۹/۶۱	۰/۱۵	۱۴/۷۶	۰/۵۶
Bk1	۷۰-۹۵	10YR6/4	۳۲	۳۶	۳۲	CL	۷/۸۵	۵/۴۱	۰/۲۳	۴۷/۷۷	۰/۲۴
Bk2	۹۵-۱۳۰	10YR5/4	۲۶	۳۶	۳۸	L	۷/۷۲	۷/۴۸	۰/۱۸	۴۶/۲۱	۰/۱
Bt	۱۳۰-۱۶۵	10YR4/4	۴۰	۱۸	۴۲	C/CL	۷/۹۱	۷/۰۱	۰/۲۸	۴۲/۵	۰/۱۳
خاک‌رخ۴- سقز- یازی بلاغ (زمین‌نما: پیدمونت، ارتفاع: ۱۶۶۴ متر، شیب: ۵-۲٪)، Chromic Calcixerets											
Ap	۰-۳۰	5YR4/4	۵۰	۳۸	۱۲	C	۷/۷۲	۵/۲۷	۰/۴۲	۰/۳۸	۰/۴۶
Bss1	۳۰-۵۵	5YR4/3	۵۵	۳۴	۱۱	C	۷/۶۶	۲۴/۵۸	۰/۳۹	۰	۰/۸
Bss2	۵۵-۹۵	7/5YR4/4	۵۳	۳۱	۱۶	C	۷/۹۱	۲۰/۸۴	۰/۴۷	۵/۱۳	۰/۶۵
Bkss3	۹۵-۱۴۵	7/5YR4/6	۴۹	۳۳	۱۸	C	۷/۹۵	۲۳/۶۳	۰/۵۴	۲۸/۲۲	۰/۴۳
C	۱۴۵-۱۶۰	5YR5/6	۵۶	۳۲	۱۲	C	۷/۸۷	۲۰/۰۳	۰/۴۷	۴۵/۸	۰/۳۴

علائم اختصاری: pH- واکنش خاک ؛ CEC- ظرفیت تبادل کاتیونی؛ ECe- هدایت الکتریکی عصاره اشباع ؛ CEC- کربنات کلسیم معادل ؛ OC- کربن آلی.

نتایج و بحث

خلاصه‌ای از برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی در جدول ۱ ارائه شده است. بر اساس نتایج به دست آمده خاک‌ها در چهار رده انتی‌سول، اینسپتی‌سول، آلفی‌سول و ورتی‌سول طبقه‌بندی شدند. با توجه به اینکه خاک‌های مورد مطالعه دارای مواد مادری یکسان (آهکی) می‌باشند تغییرات pH در دامنه ۷/۶۶ تا ۸/۰۵ قابل انتظار است. وجود تغییرات نسبتاً زیاد در ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی

خاک‌ها و همچنین نوع خاک‌های مطالعه شده که دارای مواد مادری یکسان می‌باشند، بیانگر تأثیر عوامل خاک‌ساز به ویژه توپوگرافی (ارتفا ع و زهکش طبیعی) منطقه است (محمدی و همکاران ، ۱۴۰۰).

خاک‌رخ ۱ خاکی جوان، بدون تکامل پروفیلی و در رده انتی‌سول‌هاست. این خاک‌رخ نسبت به سایر خاک‌رخ‌ها دارای ذرات شن بیشتر و بافت سبکتری است. وجود این ذرات درشت نشان‌دهنده افزایش نفوذ آب در خاک و شستشوی املاح می‌باشد. در این خاک‌رخ افق A بر روی افق C قرار گرفته است. در مناطقی که تبخیر بیش از بارندگی است املاح خاک انتقال نمی‌یابد و سرعت واکنش ها نیز کاهش می‌یابد. در این مناطق طبق شرایط متعارف خاک‌های جوان و تکامل نیافته جنس سنگ مادر بر خصوصیات خاک تأثیر قابل توجهی دارد (بایبوردی، ۱۳۷۲). در این خاک‌رخ با توجه به میزان ارتفاع و شیب بیشتر نسبت به سایر خاک‌رخ‌ها نفوذ عمقی آب باران کم بوده و بر عکس میزان آبدوی و فرسایش ذرات ریز بیشتری در آن صورت می‌گیرد. همچنین به دلیل نفوذ کم آب در خاک، انتقال املاح به اعماق خاک صورت نگرفته که در نتیجه مانع از تشکیل افق‌های مشخصه و تکامل خاک شده است. خاک‌های تشکیل شده در این شرایط با افزایش ارتفاع و شیب در منطقه مطالعاتی کمتر تکامل یافته و فرصت کافی

برای تبدیل ذرات درشت به ذرات ریزتر را نداشته است (محمدی و همکاران ، ۱۴۰۰). وجود انقطاع در اعماق پایین‌تر نشان از رسوبی بودن این خاک‌رخ دارد. همچنین تغییرات نامنظم ماده‌آلی با افزایش عمق هم نشان‌دهنده عدم تکامل خاک در این منطقه است. خاک‌رخ ۲ در رده اینسپتی‌سول‌ها و مراحل آغازین تکامل است. وجود افق سطحی اکریک و افق زیرسطحی کلسیک از مشخصات اینسپتی‌سول‌هاست. در این خاک‌رخ تجمع کربنات کلسیم یالا در ضخامت زیاد نشان‌دهنده افق کلسیک است. تشکیل افق مشخصه B در این خاک‌رخ، نشان‌دهنده افزایش نفوذ آب در خاک و شروع تجمع مواد در طول خاک‌رخ می‌باشد که با افزایش نفوذ آب، شستشوی املاح نیز افزایش یافته و در اعماق پایین‌تر، تجمع کربنات کلسیم و تشکیل افق کلسیک را باعث شده است. وجود پوشش‌های رسی[1] و میزان رس بالا در این اعماق حاکی از خواص ورتیک است. قرارگیری این اراضی در زمین‌نمای دامنه و کاهش شیب موجب افزایش نفوذ آب به خاک و هوادیدگی مواد مادری و تشکیل درجای رس می‌شود. افزایش بارندگی مؤثر و آبشویی با کاهش میزان شیب منجر به انتقال رس در قسمت‌های پایین‌تر گردیده است (علیاری و منافی، ۱۳۹۸). به دلیل قرار گرفتن اراضی در شیب کم و نفوذ عمقی بیشتر آب، میزان هوازدگی و تحول خاک تا اعماق بیشتری رخ داده است. همچنین وجود پوسته‌های رسی و تجمع کربنات کلسیم بالا در این خاک‌رخ نشان از یک خاک با تکامل دارد. خاک‌رخ ۳ در رده آلفی‌سول‌ها و خاکی متکامل است. این خاک‌رخ در تیپ اراضی دشت دامنه‌ای واقع شده است. در این زمین‌نما شیب زمین تا حد زیادی کاهش یافته و تقریباً به صورت مسطح درآمده است و ضخامت زیادی دارد. به دلیل پایداری این سطح از اراضی، تکامل این خاک بالا بوده و دارای خاک عمیقی است. اراضی واقع شده در دشت دامنه‌ای با شیب کم دارای ضخامت بیشتر و سولوم ضخیم‌تری هستند (علیاری و منافی، ۱۳۹۷). یکی از مهمترین فرآیندهای خاک‌ساز در این خاک‌رخ تجمع ذرات رس در افق‌های زیرسطحی و در نتیجه تشکیل افق آرجیلیک است که به دلیل موقعیت قرارگیری این اراضی بارش بیشتری صورت گرفته و در اثر دریافت آب بیشتر فرآیند شستشو یا ایلوویشن رس رخ داده است. حضور افق آرجیلیک (Bt) که طی فرآیند خاکسازی انتقال رس[2] ایجاد گردیده است، نشان‌دهنده قدمت و تکامل خاک‌های این خاک‌رخ است اما مقادیر بالای کربنات کلسیم در این خاک‌رخ در شرایط کنونی غیرممکن است و این امر احتمالاً مربوط به دوران گذشته می‌باشد که منطقه، اقلیم مرطوب‌تری داشته است. خاک‌رخ ۴ در رده ورتی‌سول‌ها و دارای تکامل مطلوب است. حضور اپی‌پدون مالیک با افق زیر سطحی کلسیک، پوشش‌های رسی و میزان رس بالا دلیلی بر تشکیل ورتی‌سول‌هاست. در این خاک‌رخ ظرفیت تبادل کاتیونی و ماده‌آلی نسبت به سایر خاک‌رخ ها بالاتر است و این امر رابطه‌ای مستقیم با میزان رس آن دارد. نتایج تحقیقات سیبولد و همکاران (۲۰۰۵) نشان داد که ظرفیت تبادل کاتیونی خاک تحت تأثیر مقدار و نو ع رس، ماده آلی، درجه هوموسی شدن و pH خاک تغییر می‌کند. عامل فرسایش خاک بالای شیب و رسوب مواد ریز در قسمت پایین می‌تواند باعث افزایش مقدار رس شده باشد (جهانبازی و همکاران، ۱۳۹۵). میزان ذخیره کربن‌آلی در اعماق این خاک‌رخ نسبت به سایر خاک‌رخ‌ها بیشتر است و این می‌تواند به علت پدیده پدوتوربیشن (درهم آمیختگی)[3] و شکل اراضی باشد. ایجاد کمپلکس رس- هوموس قوی در ورتی‌سول‌ها سبب می‌شود میزان کربن‌آلی بیشتری را نسبت به اینسپتی‌سول‌ها در اعماق خود ذخیره نمایند (پارسامنش و همکاران ، ۱۳۹۰). از عوامل مختلف مؤثر بر مقدار کربن آلی خاک نوع مواد مادری، اقلیم، پوشش گیاهی، توپوگرافی، بافت خاک و فعالیت‌های مدیریتی می‌باشد (Boye and Albrecht, 2004). قرارگیری این خاک‌رخ در دامنه با ارتفاع کمتر شرایط را برای تجمع رسوبات ریز بافت فراهم می‌کند. بنابراین حضور افق کلسیک، درصد زیاد رس، پوشش‌های رسی نشانه‌ای از تکامل خاک می‌باشد.

نتیجه‌گیری

توجه به ماهیت خاک‌ها و بررسی عوامل مؤثر در تکامل خاک‌ها لازمه‌ی هر گونه مداخله هدفمند برای افزایش بهره‌وری در مدیریت پایدار خاک می‌باشد. نحوه تشکیل و تکامل خاک بر پایداری زمین‌نما مؤثر بوده و بررسی تکامل و تشکیل خاک‌ها به مطالعات مربوط به چگونگی تکامل زمین‌نما کمک می‌کند. بر اساس نتایج به دست آمده خاک‌ها در چهار رده انتی‌سول، اینسپتی‌سول، آلفی‌سول و ورتی‌سول طبقه‌بندی شدند که نشان‌دهنده‌ی یک تکامل پروفیلی از یک دامنه محدود (انتی‌سول‌ها) تا تکامل نسبتاً

1 Slickensides
2 Lessivage
3 Pedotorbation

قابل توجه (آلفی سول‌ها و ورتی‌سول‌ها) می‌باشد. از جمله فرآیندهای مهم خاک‌ساز رخ داده در خاک‌های مورد مطالعه انتقال کربنات‌ها از سطح خاک و تجمع در افق‌های زیرین، انتقال و تجمع رس، پدوتوربیشن و ذخیره کربن‌آلی در اعماق می‌باشد. با توجه به اینکه خاک‌های مورد مطالعه دارای مواد مادری یکسان (آهکی) می‌باشند می‌توان وجود تغییرات نسبتاً زیاد در ویژگی-های فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مطالعه شده را به تأثیر عوامل خاک‌ساز به‌ویژه توپوگرافی (دامنه ارتفاع و موقعیت شیب) نسبت داد چون افزایش ارتفاع در مقیاس منطقه‌ای به‌طور مستقیم با مقدار بارش و دما و به‌طور غیرمستقیم با تشکیل خاک مرتبط است. بنابراین دامنه ارتفاع و شیب که متأثر از موقعیت قرارگیری نقاط مطالعاتی یا موقعیت فیزیوگرافیکی آن‌ها در منطقه است و همچنین تأثیر فرآیندهای خاک‌سازی باعث ایجاد خاک‌هایی باخصوصیات متفاوت و در نهایت درجات مختلف توسعه و تکامل در یک ترانسکت طولی شده است. در نهایت پیشنهاد می‌گردد برای شناسایی بهتر فرآیندهای تشکیل دهنده خاک از تکنیک‌های دیگری همچون میکرومورفولوژی و کانی‌شناسی استفاده شود.

فهرست منابع

۱. بایبوردی، م. (۱۳۷۲). فیزیک خاک، چاپ پنجم، انتشارات دانشگاه تهران.

۲. پارسامنش، ن. زرین‌کفش، م. شاهویی، ص. (۱۳۹۰). بررسی میزان کربن آلی در ارتباط با رس و عمق خاک در دو رده خاک ورتی سول و اینسپتی سول (مطالعه موردی دشت بیله ور استان کرمانشاه). اولین کنگره ملی علوم و فناوری های نوین کشاورزی، زنجان، ایران.

۳. جعفری، م و سرمدیان، ف. (۱۳۸۲). مبانی خاکشناسی و رده بندی خاک، چاپ اول، انتشارات دانشگاه تهران.

۴. رحمانی، ش. ابراهیمی، ع. داودیان دهکردی، ع. (۱۳۹۲). تهیه نقشه پیش بینی پوشش گیاهی منطقه کوهستانی سبزکوه با استفاده از مدل رقومی ارتفاع زمین. نشریه مرتع و آبخیزداری ۶۶(۱)، ۱۰۹-۸۹.

۵. عباس زاده افشار، ف.، ایوبی، ش.، جعفری، ا.، خادمی، ح. (۱۳۹۴). بررسی شاخص های تفرق خاک و ارتباط تکامل خاک-زمین نما در اقلیم خشک جنوب شرق ایران. مجله الکترونیک مدیریت خاک و تولید پایدار، ۷۹۱-۷۱.

۶. علیاری، ل و منافی، ش. (۱۳۹۸). بررسی ویژگی های فیزیکوشیمیایی و کانی‌شناسی خاک‌ها در یک ردیف پستی و بلندی در جنوب‌غرب دریاچه ارومیه. نشریه تحقیقات کاربردی خاک ۷(۲)، ۱۶۷-۱۴۸.

۷. لاهوتی، پ. عمادی، م. بهمنیار، م. قاجارسپانلو، م. (۱۳۹۵). تأثیر ارتفاع بر برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در شرق و جنوب شرق استان کهگیلویه و بویراحمد، دومین همایش ملی مدیریت پایدار منابع خاک و محیط زیست (کیفیت، سلامت و امنیت خاک). کرمان، ایران.

۸. محمدی، ا. جعفرزاده، ع. اوستان، ش. شهبازی، ف. (۱۴۰۰). بررسی تنوع و تکامل خاک در سطوح مختلف ارتفاعی دامنه غربی کوهستان تالش. نشریه دانش آب و خاک، ۳۱(۱)، ۱۰۲-۸۹.

۹. محمودی، ش.، حکیمیان، م. (۱۳۸۶). مبانی خاکشناسی. چاپ سوم، انتشارات دانشگاه تهران.

10. Chaplot, V., Bernoux, M., Walter, C., Curmi, P. Herpin, U. (2001). Soil carbon storage prediction in temperate hydromorphic soils using a morphologic index and digital elevation model. Soil Science, 166(1), pp.48-60.
11. Grytnes, JA ., Beaman, JH. (2006). Elevation species richness patterns for vascular plants on Mount Kinabalu, Borneo. Biogeography 33: 1838–1849.
12. Hutchins, RL., Hill, JD and White EH. (1976). The influence of soil and microclimate on vegetation of forested slopes in eastern Kentucky. Soil Sci 121: 234–241.
13. Jenny H. (1941). Factors of Soils Formation. McGraw-Hill, New York.
14. Jiang, P. and Thelen, K.D. (2004). Effect of soil and topographic properties on crop yield in North Central corn–soybean cropping system. Agronomy Journal, 96(1), pp.252-258.
15. Markus E and Merkli C (2007). Weathering, mineralogical evolution and soil organic matter along a Holocene soil toposequence developed on carbonate-rich materials. Geomorphology 97: 675-696.
16. Muller RA and Oberlande TM. (1978). Physical Geography Today. A Portrait of a Planet, Random House, New York.
17. Rezaei, H., Jafarzadeh, AA., Alijanpour, A., Shahbay, F., Kamran, V. (2015). Effect of slope position on soil properties and types along an elevation gradient of Arasbaran Forest, Iran. International Journal on Advanced Science, Engineering and Information 5(6): 449-456.
18. Seybold, CA., Grossman, RB., Reinsch, TG. (2005). Preicting cation exchange capacity for soil survey

using linear models. Soil Science Society of America Journal. 69: 856-86.
19. Soil Survey Staff. (2014). Keys to Soil Taxonomy, 12th Edition. USDA - NRCS. Washington. D.C.
20. Tsui, C.C., Chen, Z.S., Hsieh, C.F. (2004). Relationships between soil properties and slope position in a lowland rain forest of southern Taiwan. Geoderma, 123:1-2. 131-142.
21. USDA-NRCS. (2004). Soil Survey Laboratory Methods Manual. Soil Survey invrstigations. Report No, 42. 693p.

Study of soil diversity and evolution's prosses in a longitudinal transect of the lands of Kurdistan province

Mastaneh Rahimi Mashkaleh[1], Zohreh mosleh Ghahfarokhi[2], Alireza Ziyaee Javid[2]
1-Ph.D Student, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Zanjan University, Iran (rahimimastane65@gmail.com)
2- Soil and Water Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran

Abstract
Soil formation is a complex process over a long time and passing through various stages, by the complex interlocking of soil forming factors can be done. In arid and semi-arid regions, topography causes significant differences in soil properties through the three factors of elevation, natural drainage and slope. In this study, several areas in a longitudinal transect of lands in Kurdistan province were selected and the physical and chemical characteristics of soils and the causes of their diversity and evolution were investigated. The results showed that The soils of study area were classified as Alfisols, Vertisols, Entisols and Inceptisols. Which indicates a profile evolution from a limited domain (Entisols) to a relatively significant evolution (Alfisols and Vertisols). In the studied soils, important soil-forming processes are Illuviation, Cumulization, Calcification and Lessivage. Because the studied soils have the same parent material (calcareous), this variability was more related to the range of height and slope, which was affected by the location of study points or their physiographic location in the area and the impact of soil-forming processes.

Keywords:Landscape stability, Lessivage, Parent material, Soil evolution, Topography

مقایسه تکامل خاک بر اساس شاخص تجمع رس در برخی از خاک‌های آهکی استان کردستان

مستانه رحیمی مشکله[1]، محمد جمشیدی[2]، محسن باقری بداغ آبادی[2]

۱- دانشجوی دکتری گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان (rahimimastane65@gmail.com)

۲- هیأت علمی موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

چکیده

مطالعه نحوه تشکیل و تکامل خاک، اطلاعات مبنائی مربوط به ویژگی‌های خاک را در اختیار ما قرار می‌دهد. در این پژوهش به منظور بررسی تکامل خاک در دو منطقه از استان کردستان از شاخص تجمع رس استفاده شد. از آنجائیکه ضخامت افق آرجیلیک به عنوان افق تجمع رس نقش مهمی در توسعه و تکامل خاک دارد، از این‌رو تشکیل این افق می‌تواند به عنوان یکی از شاخص‌های ویژه برای بررسی روند تکامل خاک‌ها به کار رود. بر اساس نتایج بدست آمده و محاسبه شاخص تجمع رس، خاک‌های واقع شده در منطقه عباس آباد نسبت به خاک‌های منطقه دیزج دارای افق آرجیلیک با ضخامت بیشتری بوده و از مدت زمان بیشتری برای تشکیل افق آرجیلیک برخوردار بوده است که در نهایت باعث تکامل بیشتر در این خاک‌رخ گردیده است. به طور کلی نحوه قرار گیری اراضی و شرایط ارتفاعی متفاوت خاک‌رخ‌ها باعث شده که در خاک‌رخ عباس آباد میزان رس بیشتر و کربنات‌ها کمتر تجمع یابد. از طرف دیگر افزایش مقدار رس در طول خاک‌رخ و تشکیل افق مشخصه آرجیلیک بیانگر پایداری زمین نما و حاکم بودن فرآیند شستشو و انتقال ذرات ریز رس از افق‌های بالائی به لایه‌های زیرین است. در خاک‌رخ دیزج میزان رس روند نامنظمی را طی کرده و تجمع ذرات رس در افق انتهایی و در نتیجه تشکیل افق آرجیلیک در اثر فرآیند شستشو یا ایلوویشن رس رخ داده اما به علت واقع شدن این اراضی در دشت دامنه‌ای، رسوبگذاری‌های مجدد مانع از تکامل خاک گردیده است.

واژگان کلیدی: افق آرجیلیک، تجمع رُس، تکامل خاک، شاخص تکامل

مقدمه

خاک محصول بر هم‌کنش عوامل خاک‌ساز بر روی مواد مادری است (Jenny, 1994). عوامل پنج‌گانه خاک‌سازی، کنترل‌کننده نحوه تشکیل خاک و به تبع آن، کنترل‌کننده خصوصیات و ویژگی‌های خاک هستند (Buol et al., 2003). به عبارتی خاک‌های مختلف تحت تأثیر فاکتورها و طی فرآیندهای مختلف تشکیل شده، توسعه و تکامل می‌یابند (Jenny, 1994). تکامل خاک نتیجه دو فرآیند شامل ۱) انتقال شیمیایی محلول خاک در طول خاک‌رخ که می‌تواند منجر به رسوب مواد معدنی و انتقال ذرات خاک به صورت فیزیکی شود یا ۲) جابه‌جایی در افق‌های زیرسطحی است (Montagne et al., 2009). مطالعه تحول و تکامل خاک‌ها به علت بررسی فرآیندهای خاکی دارای اهمیت به سزایی است و ترکیب پیچیده و ناهمگن عناصر خاکی و شرایط مختلف محیطی حاکم برآن باعث ایجاد واکنش‌های گوناگونی می‌گردد (باقری و ابطحی، ۱۳۸۲). ارائه شاخص‌های مختلف تکامل خاک حاصل برقراری ارتباط بین ویژگی معین و اجزای موجود در خاک می‌باشد (Schaetzl and Anderson, 2005).

با توجه به شمار زیاد خصوصیات خاک، تجزیه و تحلیل تمامی آن‌ها برای ارزیابی میزان تکامل خاک دشوار است. بر همین اساس، پژوهشگران علوم خاک، شاخص‌های ریاضی مختلفی را ابداع نموده‌اند تا بتوانند تکامل خاک را با استفاده از داده‌های مختلف خاک، به صورت یک مقدار عددی بیان کنند (Goodman et al., 2001). از بین ملاک‌های مختلف به کار رفته برای بررسی تکامل خاک با توجه به نقش مهم بخش رس، تحولات آن همواره مورد توجه محققین مختلف قرار گرفته و به عنوان یکی از معیارهای اصلی توسعه یافتگی و تکامل خاک شناخته شده است (Torrent et al., 2010 ; Howard et al., 2012 ; Dethier et al., 2012). لوین و کیولکوز[1] (۱۹۸۳) با معرفی شاخص تجمع رس[2] یکی از اولین گام‌ها را در استفاده از تغییرات میزان بخش رس به عنوان شاخصی از تکامل یافتگی خاک‌ها برداشتند و شریف حسینخان و همکاران (۲۰۰۵) نیز با کاربرد این شاخص ارتباط بین تکامل خاک و میزان تغییرات رس افق‌ها در نتیجه فرآیندهای خاکسازی را تأیید نمودند.

از آنجا که تفاوت بافتی افق‌های مختلف ناشی از تشکیل درجا، دگرگونی شیمیایی، حرکت و انتقال رس می‌باشد (امینی جهرمی

1 Levine and Ciolkosz

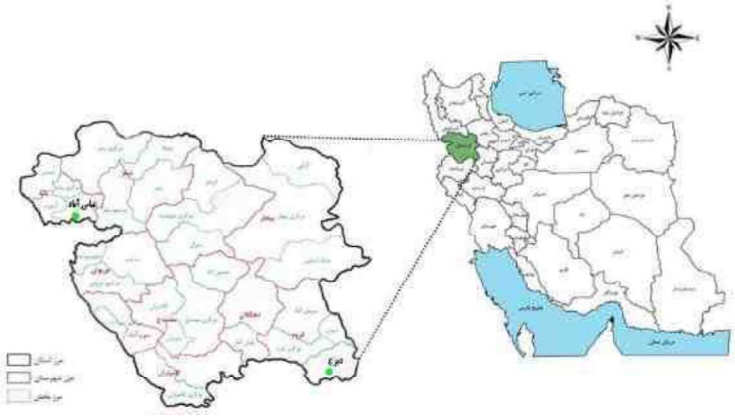
2 Clay accumulation index (CAI)

و همکاران، ۱۳۸۸) از این‌رو تشکیل افق آرجیلیک می‌تواند به عنوان یکی از شاخص‌های ویژه برای بررسی تکامل خاک‌ها مورد ارزیابی قرار گیرد. افق آرجیلیک، یک فرآیند شستشو (ایلوویال) بوده و نشان از محل تجمع و انباشته شدن ذرات رس است. در این افق رس‌های انتقال یافته از طریق آبشویی لایه فوقانی در سطح خاکدانه‌ها و در داخل منافذ (Soil Survey Staff, 2014) دیده می‌شود.

با توجه به استفاده روز افزون از منابع خاک و بهره‌برداری صحیح از آن، شناسایی خاک‌ها و نحوه تشکیل و پراکنش آن‌ها می‌تواند اطلاعات اساسی را برای استفاده صحیح از خاک‌ها مشخص نماید. بدین منظور مطالعه حاضر برای بررسی میزان تکامل خاک بر اساس شاخص تجمع رس در دو منطقه از استان کردستان انجام پذیرفت.

مواد و روش‌ها

برای انجام این پژوهش دو منطقه از استان کردستان انتخاب شامل عباس آباد با مختصات "۵۶ '۲۵ ۵۱° طول شرقی و "۵۳ '۴۴ ۳۵° عرض شمالی و دیزج با مختصات "۵۶ '۲۵ ۵۱° طول شرقی و "۵۳ '۴۴ ۳۵° عرض شمالی انتخاب شد (شکل ۱). میانگین نزولات جوی در استان بین ۳۰۰ تا ۹۰۰ میلی‌متر در سال و دمای هوا ۹ تا ۱۵ درجه سانتی‌گراد گزارش شده است. در مناطق مورد مطالعه رژیم رطوبتی زریک و رژیم حرارتی مزیک است.



شکل ۱- موقعیت نقاط در منطقه مورد مطالعه

پس از حفر، تشریح و نمونه‌برداری خاک‌رخ‌ها، تجزیه‌های مرسوم خاک‌ها طبق استاندارد مطالعات خاکشناسی (USDA-NRCS, 2004) انجام پذیرفت. آزمایش‌های فیزیکی و شیمیایی شامل بافت خاک، اندازه‌گیری واکنش خاک (pH)، هدایت الکتریکی (EC)، ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC)، گچ و کربنات کلسیم معادل (CCE) بود. با استناد به نتایج مطالعات صحرایی و آزمایشگاهی رده‌بندی خاک‌رخ‌ها بر مبنای سامانه‌ی رده‌بندی آمریکایی (USDA, 2014) تعیین گردید. برای نیل به هدف مطالعه دو خاک‌رخ از دو منطقه متفاوت از استان کردستان که طبق جدول ۱ افق آرجیلیک در آن‌ها دیده شد، انتخاب گردید.

به منظور بررسی تکامل خاک‌های مورد مطالعه از شاخص تجمع رس استفاده گردید. این شاخص (معادله ۱) اولین بار توسط لوین و کیولکوز (۱۹۸۳) برای بررسی میزان تکامل خاک‌ها به‌کار رفت.

$$CAI=(Bc-Cc)\times T \quad (۱)$$

در این رابطه :Bc مقدار رس افق B برحسب درصد، :Cc مقدار رس افق C برحسب درصد و :T ضخامت افق B برحسب سانتی‌متر می‌باشد. در صورتی که پروفیلی از چند افق B تشکیل شده باشد، مجموعه افق‌های پروفیل محاسبه می‌شود. لوین و کیولکوز (۱۹۸۳) همچنین مدلی برای تخمین زمان پدونز افق‌های آرجیلیک با استفاده از شاخ تجمع رس ارائه کردند)معادله ۲) با استفاده از این معادله می‌توان مدت زمان تشکیل افق آرجیلیک، خاک‌رخ و سن تقریبی زمین نما را محاسبه کرد.

$$\text{Log (A)}=\text{Log (CI)}+۱,۸۱+۰,۹۹۸ \quad (۲)$$

در این معادله CI شاخص تجمع رس و A سن مطلق بر حسب سال است. این معادله فرض می‌کند که افزایش سن خاک همراه با افزایش درصد رس است و در واقع مدت زمان پدوژنز را محاسبه می‌کند.

نتایج و بحث

جدول (۱) خلاصه‌ای از برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی و جدول (۲) رده‌بندی خاک تا سطح فامیل و میزان تکامل خاک‌رخ‌ها را بر مبنای شاخص تجمع رس نشان می‌دهد. بر اساس نتایج به دست آمده مقدار هدایت الکتریکی کم و بین ۰/۱۸ تا ۰/۶۵ دسی زیمنس بر متر و مقدار اسیدیته بین ۷/۳۲ تا ۸/۰۵ متغیر است. هر دو خاک‌رخ در رده آلفی‌سول‌ها و دارای افق آرجیلیک و طبق رده‌بندی تا سطح زیرگروه در کلاس Calcic Haploxeralfs طبقه‌بندی شدند. با توجه به اینکه یکی از ملاک‌های تکامل خاک تشکیل افق آرجیلیک به واسطه تجمع رس می‌باشد (Elliott and Dorhan, 2009). بنابراین بررسی علت تشکیل این افق مشخصه حائز اهمیت است. تشکیل این افق تحت شرایط محیطی و طی رخ دادن فرآیندهای خاک‌سازی متفاوت می‌تواند منجر به تشکیل انواع خاک‌های دارای این افق مشخصه گردد (منتخبی و همکاران، ۱۳۹۶).

جدول ۱ – خلاصه برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌رخ‌ها

افق	عمق خاک (سانتی‌متر)	رنگ خاک	اجزای خاک (٪)			کلاس بافت خاک	SP (%)	PH	CEC (Me/100g)	EC_e (dS m-1)	$CaCO_3$ (%)	OC (%)
			رس	سیلت	شن							
خاک‌رخ۱– عباس‌آباد (زمین‌نما: پیدمونت، ارتفاع: ۱۵۷۱ متر، شیب: ۲–۰٪)												
Ap	۰–۳۲	7/5YR4/4	۴۱	۵۷	۲	SiC	۵۲/۵۸	۷/۳۲	۲۵/۳۸	۰/۶۵	۶/۹	۱/۲۸
Bk	۳۲–۸۰	7/5YR 5/4	۳۹	۳۳	۲۸	CL	۴۶/۱	۷/۴۸	۱۶/۱۹	۰/۴۴	۱۷/۹	۰/۲۳
Btk	۸۰–۱۲۵	7/5YR5/6	۴۹	۳۳	۱۸	C	۶۰/۶۷	۷/۳۵	۲۰/۰۲	۰/۶۴	۴/۴	۰/۱۲
Bt	۱۲۵–۱۵۰	7/5YR5/6	۵۳	۲۹	۱۸	C	۵۷/۵۹	۷/۴	۱۹/۸۹	۰/۵۳	۱	۰/۰۷
خاک‌رخ۲– دیزج (زمین‌نما: دشت دامنه‌ای، ارتفاع: ۱۷۸۶ متر، شیب: ۲–۰٪)												
Ap	۰–۳۰	10YR4/4	۳۲	۴۰	۲۸	CL	۴۵/۲۹	۷/۶۸	۱۱/۸۹	۰/۲۳	۴/۲۷	۰/۸۸
Bw	۳۰–۷۰	10YR4/4	۴۴	۳۰	۲۶	C	۴۶/۷۴	۸/۰۵	۹/۶۱	۰/۱۵	۱۴/۷۶	۰/۵۶
Bk1	۷۰–۹۵	10YR6/4	۳۲	۳۶	۳۲	CL	۴۲/۲۵	۷/۸۵	۵/۴۱	۰/۲۳	۴۷/۷۷	۰/۲۴
Bk2	۹۵–۱۳۰	10YR5/4	۲۶	۳۶	۳۸	L	۴۰/۲۴	۷/۷۲	۷/۴۸	۰/۱۸	۴۶/۲۱	۰/۱
Bt	۱۳۰–۱۵۰	10YR4/4	۴۰	۱۸	۴۲	C/CL	۵۷/۳۷	۷/۹۱	۷/۰۱	۰/۲۸	۴۲/۵	۰/۱۳

علائم اختصاری:SP = درصد رطوبت اشباع خاک pH- واکنش خاک ؛ CEC- ظرفیت تبادل کاتیونی؛ ECe- هدایت الکتریکی عصاره اشباع ؛ $CaCO_3$- کربنات کلسیم ؛ OC- کربن آلی

به طور کلی حضور افق مشخصه کلسیک در کنار افق مشخصه آرجیلیک نشان‌دهنده روی دادن فرآیند آهکی شدن در کنار فرآیند تجمع رس است. با توجه به اینکه ماده مادری هر دو خاک‌رخ مورد مطالعه آهکی است وجود افق مشخصه کلسیک در این خاک‌رخ‌ها بیانگر فرآیند شستشوی آهک از افق‌های سطحی و تجمع آن در عمق پروفیل خاک است. از آنجایی که فرآیند آهک‌زدایی مستلزم وجود رطوبت کافی و دی اکسید کربن است (Haghnia and Lakzian, 1998)، خاک‌های مورد مطالعه از لحاظ رطوبتی دارای رطوبت کافی و زهکشی مناسب بوده، که شرایط مطلوبی را برای شستشو و حرکت آهک در عمق پروفیل خاک فراهم می‌کند. همچنین شستشو و انتقال ذرات رس به افق‌های زیرین و تشکیل خاک‌های آلفی‌سول به پایداری سطوح نسبت داده شده است. حضور توأم کربنات کلسیم و رس در یک افق نشان دهنده این است که بعد از شستشو و تجمع رس، اقلیم تغییر کرده و خشک شدن اقلیم انباشت مجدد کربنات کلسیم را در پی داشته است. تجمع آهک پودری بر روی ساختمان افق‌های آرجیلیک ناشی از اضافه شدن آهک پس از تشکیل افق آرجیلیک و نشا ن‌دهندهٔ پلی‌ژنتیک بودن این خاک در نتیجهٔ دوره‌های اقلیمی مختلف است (Bull, 1991). در واقع مقادیر بالای کربنات کلسیم در خاک‌های مورد مطالعه در شرایط حاکم غیرممکن است و این امر احتمالاً مربوط به دوران گذشته می‌باشد که منطقه، اقلیم مرطوب‌تری داشته است. در این راستا نتایج

تحقیقات گونل و همکاران (۲۰۰۶) و منافی (۱۳۹۴) نیز نشان می‌دهد که تشکیل افق‌های مرکب کلسیک-آرجیلیک نشانه‌ای از پلی‌ژنز بودن خاک است که نتیجه تغییر اقلیم از مرطوب به خشک می‌باشد.

جدول۲ – اطلاعات تکاملی خاک‌رخ‌ها بر اساس شاخص تجمع رس و مدت زمان پدوژنز

نام منطقه	عمق خاک (سانتی‌متر)	افق	رده‌بندی خاک‌رخ	شاخص تجمع رس	زمان پدوژنز به ازای هر سانتی متر خاک (سال)
خاک‌رخ۱- عباس آباد	۰-۳۲	Ap	Fine, Mixed, Superactive, Thermic Calcic Haploxeralfs	۵۷۹۲	۵/۵۶
	۳۲-۸۰	Bk			
	۸۰-۱۲۵	Btk			
	۱۲۵-۱۵۰	Bt			
خاک‌رخ۲- دیزج	۰-۳۰	Ap	Fine, Mixed, Subactive, Mesic Calcic Haploxerealfs	۸۰۰	۴/۷۰
	۳۰-۷۰	Bw			
	۷۰-۹۵	Bk1			
	۹۵-۱۳۰	Bk2			
	۱۳۰-۱۵۰	Bt			

بررسی تکامل خاک بر اساس شاخص تجمع رس و محاسبهٔ زمان پدوژنز افق‌های تجمع رس و تشکیل افق آرجیلیک (جدول۲) نشان می‌دهد که در خاک‌رخ شاهد اول که در منطقه عباس آباد واقع شده، برای تشکیل هر سانتی‌متر از خاک وقت بیشتری صرف شده که باعث مقدار رس بیشتر در این خاک‌رخ شده است. با وجود اینکه درصد کربنات کلسیم در این خاک‌رخ کمتر است اما میزان آن در طول خاک‌رخ با عمق کاهش می‌یابد که این امر ناشی از اضافه شدن مواد مادری کربنات به سطح است. همچنین با توجه افزایش مقدار رس در طول خاک‌رخ و همچنین ضخامت بیشتر افق آرجیلیک در این خاک‌رخ نسبت به خاک‌رخ دوم می‌توان گفت که در این خاک‌رخ تشکیل افق مشخصه آرجیلیک بیانگر پایداری افق سطحی و حاکم بودن فرآیند شستشو و انتقال ذرات ریز رس به لایه‌های زیرین است. خاک‌رخ ۲ واقع در منطقه دیزج به واسطه حضور افق مشخصه کمبیک از درجه تکامل کمتری برخوردار است. در این خاک‌رخ توزیع رس روند نامنظمی را طی می‌کند و تجمع ذرات رس در افق انتهایی و در نتیجه تشکیل افق آرجیلیک در اثر فرآیند شستشو یا ایلوویشن رس رخ داده است و این امر می‌تواند به علت موقعیت قرارگیری این زمین‌نما باشد. با توجه به نتایج به دست آمده (جدول ۱) میزان رس در خاک‌رخ اول روند افزایشی و در خاک‌رخ دوم روند نامنظمی را با افزایش عمق دارد. علت این امر عدم نفوذ رطوبت به درون خاک و تبعیت میزان رس افق ها از لایه‌بندی ماده‌مادری است که بر این اساس افزایش مقدار رس در افق B نسبت به افق سطحی و افق زیرسطحی می‌تواند به دلیل افزایش هوادیدگی و تولید رس و حفظ رطوبت باشد (Howard et al., 2012). همچنین درصد بالای شن در این خاک‌رخ نشان‌دهنده حداقل فرآیندهای پدوژنز است. بر اساس مطالعات هر چه افق آرجیلیک عمیق‌تر باشد، انتظار می‌رود مقدار رس آن بیشتر بوده و خاک دوره تکاملی بیشتری را گذرانده باشد(Hopkins and Franzen, 2003) . بنابراین خاک‌رخ منطقه عباس آباد که دارای رس بیشتر و افق آرجیلیک عمیق‌تری بوده نشان از دوره تکاملی طولانی‌تری در این منطقه است. خاک‌رخ دیزج چون بر روی تیپ اراضی دشت دامنه‌ای واقع شده و این اراضی دائماً در حال رسوبگذاری است، بنابراین رسوبگذاری‌های جدید سبب شده پایداری زمین‌نما کاهش یافته و افق آرجیلیک در اعماق پایین‌تر دیده شود. اما بر خلاف این ادعا سبب تکامل این خاک‌رخ نشده است. بر اساس نتایج بیات و همکاران (۱۳۹۲) افق‌های تجمع رس دارای آهک بسیار کمتر، اما دارای شوری و مقدار مواد آلی بیشتری هستند و این امر در مورد خاک‌رخ شاهد اول (بانه- عباس آباد) صدق می‌کند. به نظر می‌رسد کربنات کلسیم کمتر و شوری و مواد آلی بیشتر در این خاک‌رخ به علت موقعیت قرارگیری خاک‌رخ است. در واقع بافت ریزتر (رسی‌تر) این خاک‌رخ مانع از اکسیداسیون شدید لایه‌ها و در نهایت باعث تجمع ماده آلی در اعماق خاک‌رخ شده است. تجمع املاح و نمک‌ها هم در نتیجه فرآیندهای ثانویه بعد از انتقال و تجمع رس بوده و با توجه به موقعیت قرارگیری خاک‌رخ این امر قابل قبول است. در خاک‌رخ شاهد دوم (دیزج) ارتفاع بیشتر و بافت نسبتاً درشت‌تر سبب شده تا در این خاک‌رخ شستشوی بیشتری صورت گیرد و ضخامت افق آرجیلیک کمتر باشد و به دنبال آن سبب تکامل کمتر این خاک‌رخ شده است.

نتیجه‌گیری

به طور کلی با توجه نحوه قرار گیری اراضی، شرایط ارتفاعی متفاوت خاک‌رخ‌ها و تغییرات الگوی بارش خصوصیات فیزیکوشیمیایی متفاوتی مشاهده می‌شود. شاخص تجمع رس میزان تغییر رس و نقل و انتقال آن را در افق‌های مختلف مدنظر قرار می‌دهد به طوریکه هر چه میزان شاخص بالاتر باشد افق آرجیلیک ضخامت بیشتری دارد. بر اساس این شاخص خاک‌های واقع شده در منطقه عباس آباد نسبت به خاک‌های واقع در منطقه دیزج دارای افق آرجیلیک با ضخامت بیشتری بوده و مدت زمان بیشتری هم صرف تشکیل افق آرجیلیک شده است که در نهایت باعث تکامل بیشتر در این خاک‌رخ گردیده است. در انتها پیشنهاد می‌گردد در کنار استفاده از این شاخص، از شاخص‌های تکاملی دیگر و مطالعات میکرومورفولوژیک کمک گرفت تا توصیف جامع‌تری از ترتیب تکاملی خاک‌های مطالعه شده ارائه گردد.

فهرست منابع

۱. بیات، ا, کریم زاده، ح, کریمیان اقبال, م, خادمی, ح. (۱۳۹۲). تکوین پدوژئومورفیک یک مخروطه‌افکنه در مرکز ایران. نشریه مرتع و آبخیزداری. (۲)۶۶. ۲۰۶-۱۹۱.

۲. ظهیرنیا، ج . محمودی، ش. (۱۳۸۲). بررسی خصوصیات ریخیت شناسی، فیزیکوشیمیایی، کانی شناسی و رده بندی خاک های

۳. ایستگاه تحقیقات دیم و حفاظت خاک کوهین. چکیده مقالات هشتمین کنگره علوم خاک، رشت، ایران.

۴. منافی ش. (۱۳۹۴). تشکیل و مورفولوژی افق های آرژیلیک در برخی از خاک های نیمه خشک غرب دریاچه ارومیه. نشریه مدیریت خاک و تولید پایدار، (۳)۵. ۱۶۰-۱۴۵.

۵. منتخبی کلجاهی، و. جعفرزاده، ع. رضائی، ح. (۱۳۹۶). مقایسه تکامل خاک‌های مختلف براساس میزان توسعه افق آرجیلیک. مجله دانش آب و خاک. (۱)۲۷. ۲۶۵-۲۵۳.

6. Bull, W. B. (1991). Geomorphic Responses to Climatic Change. Oxford University Press.
7. Dethier, DP. Birkeland, PW. McCarth, JA. (2012). Using the accumulation of CBD-extractable iron and clay content to estimate soil age on stable surfaces and nearby slopes, Front Range, Colorado. Geomorphology 173-174: 17-29.
8. Elliott, PE. Dorhan, PJ. (2009). Clay accumulation and argillic - horizon development as influenced by aeolian vs. local parent material on quartzite and limestone-derived alluvial fans. Geoderma 151: 98-108.
9. Goodman, A.Y. Rodbell, D.T. Seltzer, G.O. (2001). Subdivision of glacial deposits in southeastern Peru based on pedogenic development and radiometric ages. Quaternery Research, 56: 31-50.
10. Gunal, H. Randsom, MD. (2006). Genesis and micromorphology of loessderived soils from centeral Kansas.
    Catena, 65: 222-236.
11. Howard , JL. Clawson, CR . Daniels, LW. (2012). A comparison of mineralogical techniques and potassium adsorption isotherm analysis for relative dating and correlation of Late Quaternary soil chronosequences. Geoderma 179-180: 81-95.
12. Jenny, H. (1994). Factors of Soil Formation-A System of Quantitative Pedology. Dover Inc, New York.
13. Levine ,ER. Ciolkosz, EJ. (1983). Soil development in till of various ages in northeast Pennsylvania. Quaternary International 19: 85-99.
14. Montagne, D. Cornu, S. Le Forestier, L. Cousin, I. (2009). Soil drainage as an active agent of recent soil evolution: A review. Pedosphere, 19: 1. 1-13.
15. Schaetzl, R.J. Anderson, Sh. (2005). Soils: genesis and geomorphology. Pub: Cambridge University, Cambridge.
16. Sharif Hossain Khan, Md. Parkash, B. Kumar, S. (2005). Soil-Landform development of fold belt along east coast of Bangladesh. Geomorphology 71: 310-327.
17. Soil Survey Staff. (2014). Keys to Soil Taxonomy, 12th Edition. USDA - NRCS. Washington. D.C.
18. Torrent, J. Liu, QS. Barron, V. (2010). Magnetic minerals in Calcic Luvisols (Chromic) developed in a warm Mediterranean region of Spain: Origin and paleoenvironmental significance. Geoderma 154: 465-472.
19. USDA-NRCS. (2004). Soil Survey Laboratory Methods Manual. Soil Survey invrstigations. Report No, 42. 693p.

Comparison of soils evolution based on clay accumulation index In some calcareous soils of Kurdestan ,Iran

Mastaneh Rahimi Mashkaleh[1], Mohamad Jamshidi[2], Mohsen Bagheri Bodaghabadi[2]

1-Ph.D Student, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Zanjan University, Iran.

2- Soil and Water Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Karaj, Iran

Abstract

The study of soil formation and evolution processes provides basic information about soil properties. In this study, clay accumulation index was used to study soil evolution in two regions of Kurdestan, Iran. The thickness of the argilic horizon as a clay accumulation horizon plays an important role in soil development and evolution, so the formation of this horizon can be used as one of the special indicators to study the evolution of soils. According to the results and calculation of clay accumulation index, Abbasabad soils have a thicker argillic horizon than Dizej soils and it has taken more time to form an argillic horizon, which has finally led to more development in this profile. The location of the lands and the different elevation conditions of the profiles have caused more clay and less carbonates to accumulate in Abbasabad profile. On the other hand, increasing the amount of clay along the profile and forming the characteristic argillic horizon indicates the landscape stability and the dominance of the washing process and the transfer of fine clay particles from the upper horizons to the lower layers. In Dizej profile, the amount of clay has an irregular trend and the accumulation of clay particles in the last horizon and the formation of argillic horizon has occurred due to the process of washing or illuvation of clay. But, due to the location of these lands in the slope plain, re-deposition has prevented soil evolution.

Keywords: Argillic horizon, Clay accumulation, Evolution index, Soil evolution

پیامدهای پدوژئومورفیک آتش سوزی جنگل‌ها و مخاطرات محیطی ناشی از آن

ندا محسنی

استادیار ژئومورفولوژی، گروه جغرافیا، دانشگاه فردوسی مشهد

Email: nedamohseni@um.ac.ir

چکیده

آتش‌سوزی جنگل‌ها و مراتع یکی از مخاطرات محیطی شایع بخصوص در مناطق اقلیمی خشک و نیمه خشک جهان بوده که همگام با گرمایش جهانی اقلیم و تبعات آن، شدت بیشتری در دهه‌های اخیر گرفته است. هدف این مقاله بررسی عمده‌ترین اثرات آتش‌سوزی‌ها بر ویژگی‌های خاک، تغییر در شرایط خاکدانه‌سازی و پایداری ساختمان خاک، محتویات کربن آلی و اثرات متعاقب آن‌ها در ظهور و تشدید فرایندهای ژئومورفیک نظیر شکل‌گیری رواناب‌های سطحی، تشدید فرسایش خاک، گسترش جریانات واریزه‌ای دامنه‌ای، توسعه فرسایش بادی و اشکال متفاوت فرسایش آبی با تاکید بر مناطق خشک و نیمه خشک می‌باشد. نتایج نشان می‌دهد از مهم‌ترین تبعات این مخاطره گسترش فرسایش ورقه‌ای و شیاری و متعاقبا افزایش قدرت فرسایندگی رواناب و کنده شدگی ذرات خاک می‌باشد. همراه با تشدید فرایندهای آلوویال و فلوویال، کاهش در پوشش گیاهی، منجر به افزایش سرعت باد در نزدیک سطح زمین و متعاقبا افزایش ریسک فرسایش بادی می‌شود. همچنین، دی اکسیدکربن متصاعد شده از سوختن پوشش گیاهی و تزریق آن به اتمسفر در حین فرایند آتش سوزی، افزایش تزریق گازهای گلخانه‌ای و افزایش گرمایش جهانی را در پی دارد. علاوه بر انتشار دی اکسید کربن، آتش سوزی منجر به انتشار قابل ملاحظه گاز متان شده که اثرات گرمایشی آن ۲۱ تا ۲۸ برابر بیشتر از دی اکسید کربن است. چنین مطالعاتی می‌توانند زمینه‌ای برای گسترش راهکارهای مدیریتی با رویکرد افزایش ارتجاع پذیری و اقدامات لازم در راستای بازسازی اکوسیستم‌های تحت این آشوب باشند.

واژگان کلیدی: تغییر اقلیم، سرویس های اکوسیستمی، فرسایش آبی، فرسایش بادی

مقدمه

جنگل‌ها و مراتع مهم‌ترین منابع برای حفاظت تنوع زیستی محسوب می‌شوند. این اکوسیستم‌ها گستره وسیعی از انواع متفاوتی از سرویس‌های اکوسیستمی شامل ذخیره کربن، کنترل بسیاری از مخاطرات ژئومورفیک مانند سیلاب و انواع لنداسلایدها، کاهش فرسایش‌پذیری خاک را در اختیار قرار می‌دهند. جنگل‌ها و بیشتر، بوته زارها و علفزارها که گستردگی مکانی زیادی در مناطق خشک و نیمه خشک دارند، آسیب پذیری بالایی در مواجهه با فشارهای آنتروپوژنیک مانند جنگل زدایی، توسعه زمین‌های کشاورزی، توسعه شهری و صنعتی دارند. این آشوب‌ها منجر به تخریب این اکوسیستم‌ها، بطور خاص از طریق تکه تکه کردن اتصال و پیوستگی مکانی ساختارهای اکولوژیک آن‌ها می‌شوند. یکی از مهم‌ترین فاکتورهایی که تنوع زیستی در این اکوسیستم‌ها را تحت تاثیر قرار می‌دهد، آتش سوزی‌های می‌باشند. اگرچه بسیاری از مطالعات، آتش‌سوزی را به عنوان یک آشوب در نظر گرفته‌اند، این پژوهش با تاکید بر جنبه‌های اکوژئومورفیک این آشوب محیطی به بررسی پیامدهای پدوژئومورفیک این آشوب و مخاطرات محیطی ناشی از آن پرداخته است. شرایط اقلیمی مانند سرعت و جهات باد، رطوبت نسبی هوا در میزان پراکنش این مخاطره بسیار موثر می‌باشد. در این رابطه ۴ محدوده از سرعت باد در نظر گرفته می‌شود: بادهای ضعیف کوچکتر از ۱۰ کیلومتر بر ساعت؛ بادهای متوسط با سرعتی بین ۱۰ تا ۲۰ کیلومتر بر ساعت؛ بادهای شدید با سرعت ۲۰ تا ۳۰ کیلومتر بر ساعت و بادهای بسیار شدید با سرعت بیش از ۳۰ کیلومتر بر ساعت (Carroll *et al*. 2017). همچنین ۴ محدوده از رطوبت نسبی و اثرات آن بر شدت این مخاطره مدنظر می‌باشد شامل رطوبت کمتر از ۱۰ درصد، بین ۱۰ تا ۲۰ درصد، رطوبت متوسط بین ۲۰ تا ۳۰ درصد و رطوبت بالای ۳۰ درصد (Polade *et al*. 2017). گرمای افزایش یافته در طول آتش‌سوزی می‌تواند منجر به شکل‌گیری مکانیزم فیدبک مثبت ناشی از خشک کردن پوشش گیاهی سطحی شده و به موجب آن منجر به گسترش و تشدید این مخاطره گردد (Parsons, 2003). علاوه بر عوامل اقلیمی، عوامل توپوگرافیک عامل مهم دیگر در گسترش این مخاطره محسوب می‌شوند. در کل ۳ محدوده توپوگرافیک موثر بر این مخاطره مد نظر می‌باشد، شیب‌های کمتر از ۱۰ درصد، بین ۱۰ تا ۳۰ درصد، و شیب‌های تند بالای ۳۰ درصد. کانال‌های خشک به عنوان کریدورهای گسترش آتش عمل می‌کنند (حتی در

جهت مخالف باد)، در حالیکه خطوط حوضه‌های آبریز گرایش به متوقف کردن توسعه آتش دارند. بنابراین ترکیب عوامل اکولوژیک، اقلیمی و ژئومورفیک مهم‌ترین عوامل کنترل کننده این مخاطره محسوب می‌شوند. این مطالعه با بحث پیرامون عمده‌ترین اثرات این مخاطره بر تغییر فرایندهای ژئومورفیک، اکولوژیک و پدولوژیک به بررسی اقدامات لازم در راستای بازسازی این اکوسیستم‌ها پرداخته است.

مواد و روش‌ها

روش این پژوهش در قالب بررسی عمده‌ترین پیامدهای پدوژئومورفیک آتش سوزی جنگل‌ها و مراتع و مخاطرات محیطی ناشی از آن‌ها در مناطق خشک و نیمه خشک از جمله ایران با رویکرد مروری و تحلیلی می‌باشد (شکل ۱).

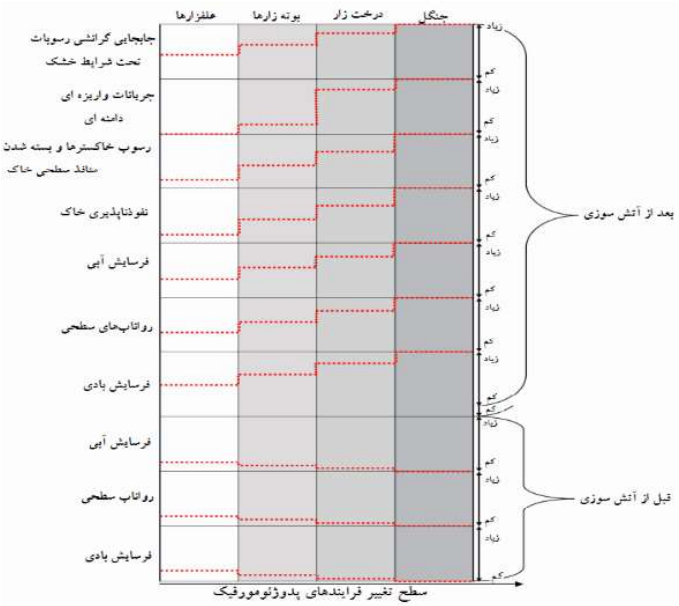
شکل ۱- الف: شماتیکی از برخی پیامدهای پدوژئومورفیک آتش سوزی‌ها. ب: اثرات آتش سوزی بر فرایندهای ژئومورفیک موثر بر تخریب خاک. ج: نمایی از جابجائی گرانشی رسوبات در شرایط خشک (انتقال و رسوبگذاری این واریزه‌ها فورا بعد از آتش سوزی‌ها بدون دخالت آب و تحت شرایط کاملا خشک اتفاق می‌افتد) (Hubbert1*et al*. 2012; Rengers and McGuire, 2020).

نتایج و بحث: اثرات آتش‌سوزی بر فرایندهای پدوژئومورفیک

آتش سوزی‌ها اثرات مستقیمی بر ویژگی‌های خاک داشته که زمینه تغییر فرایندهای ژئومورفیک را فراهم می‌آورند. ایجاد لایه‌های هیدروفوبیک از مهم‌ترین پیامدهای این آشوب می‌باشد. این تغییر خاک پیامد دمای بالای آتش می‌باشد که باعث نابودی محتویت آلی خاک شده که نقش مهمی در فرایند اتصال ذرات خاک و خاکدانه سازی دارند. این رخداد منجر به کاهش چسبندگی ذرات خاک و پیوستگی مولکول‌های آب می‌گردد (Neary, 2011; Doerr *et al*. 2003; Letey, 2001). نفوذناپذیری خاک در این شرایط با بافت خاک و بخصوص توزیع اندازه ذرات خاک ارتباط نزدیکی دارد. در مجموع، خاک‌هایی با بافت درشت‌تر (جائی که فرایند شکل‌گیری خاکدانه‌های درشت محدود است) مستعدتر به ایجاد لایه‌های هیدروفوبیک هستند (Stavi *et al*. 2017). علاوه بر این، گرادیان دما در پروفیل خاک عامل مهم دیگر در گسترش این لایه می‌باشد. گرادیان دمایی بزرگتر، اثرات بیشتری در انتقال گرما به لایه‌های عمیق‌تر دارد. بطوریکه در این شرایط، لایه‌های نفوذناپذیر ضخیم‌تر می‌شوند. بطوریکه لایه‌های هیدروفوبیک با فزایش عمق، تشدید می‌شوند. آتش، فعالیت و بیومس میکروبی خاک را بشدت تحت تاثیر قرار می‌دهد (Fultz *et al*. 2016). مطالعات نشان داده‌اند که آتش سوزی‌ها منجر به کاهش ۳۰ درصدی فراوانی میکروبی و ۴۷ درصدی فراوانی قارچ‌ها می‌شوند (Dooley and Treseder, 2012). سوختن مواد آلی منجر به کاهش ظرفیت تبادل کاتیونی و بنابراین آسیب به کیفیت فیزیکی و شیمیایی خاک می‌شود. این رخدادها تخریب اسیدهای آلی خاک را به همراه دارند (Duguy *et al*.

2013). تجمع خاکسترها روی لایه‌های سطحی خاک منجر به افزایش قلیائیت خاک می‌شود. در طول بارندگی‌هایی شدید، کاهش در بیومس سطح زمین ناشی از آتش سوزی منجر به افزایش اثرات تخریبی ضربات قطرات باران شده که زمینه ساز کنده شدگی مواد معدنی را فراهم آورده، بطوریکه این مواد به راحتی توسط رواناب‌های سطحی شسته و حمل می‌شوند. بطور همرمان، این رخداد منجر به تشکیل پوسته‌های فیزیکی در لایه‌های سطحی خاک می‌شود که مهم‌ترین تبعات آن افزایش نرخ رواناب‌های سطحی است (Machiwal *et al*. 2021). از سوی دیگر، کاهش بیومس سطحی منجر به تشدید رواناب سطحی و نهایتا افزایش قدرت فرسایندگی آب و کنده شدگی ذرات خاک بوسیله فرسایش ورقه‌ای و شیاری می‌گردد (Machiwal *et al*. 2021). علاوه برا این فرایندها، ایجاد لایه‌های هیدروفوبیک منجر به کاهش بیشتر نفوذپذیری آب و در نتیجه افزایش قدرت جریان آب و نهایتا توسعه فرسایش می‌شود (Machiwal *et al*. 2021). با این وجود، به نظر می‌رسد که اثرات شکل‌گیری لایه‌های هیدروفوبیک در مقایسه با کاهش حجم بیومس سطحی کمتر است. برای مثال در یک مطالعه ۴ ساله در علفزارهای کالیفرنیا، اثرات لایه‌های هیدروفوبیک بر رواناب و فرسایش بطور جداگانه‌ای از اثرات بیومس سطحی مطلعه شدند. نتایج نشان داد که در دامنه‌هایی با شیب زیاد، فرسایش خاک عمدتا بشدت متاثر از از کاهش بیومس سطحی ناشی از آتش سوزی است. همزمان، این مطالعه نشان داد که اهمیت لایه‌های هیدروفوبیک برای ایجاد رواناب و فرسایش بسیار جزئی است. این مطالعه همچنین نشان داد که در طول اولین زمستان بعد از آتش سوزی، با وجود نرخ بارندگی بسیار کم، حجم زیادی از رسوبات تحت تاثیر اشکال متفاوتی از فرسایش حمل و جابجا شده‌اند.

سایر فرایندهای انتقال در مناطق تحت آتش سوزی، شکل گیری جریانات واریزه‌ای است. در مطالعه‌ای در مناطق دامنه‌ای استرالیا دیده شد که حجم جریانات واریزه‌ای در جنگل‌های آتش گرفته ۳ برابر ببیشتر از جنگل‌های سالم بوده است. بیشتر، نتایج نشان داد که دامنه‌های پر شیب حدود ۶۲ درصد از کل واریزه‌ها را به خود اختصاص می‌دهند. علاوه براین چندین مطالعه دیگر نیز اهمیت جریانات واریزه‌ای را نشان داده‌اند و تاکید کرده‌اند که این فرایند در دامنه‌هایی با لیتولوژی مختلف و جوامع گیاهی متفاوت اتفاق می‌افتد. در مطالعه‌ای دیگر در استرالیا نتایج نشان داده است که این فرایند منجر به ظهور مسیرهایی روی دامنه‌ها می‌شود و وقوع‌شان بستگی به ترکیب شرایطی نظیر دامنه‌هایی با شیب‌های بسیار زیاد، توده قابل ملاحظه‌ای از گراول‌ها (۲-۶۴ میلی متر) و سنگریزه‌ها (۶۴-۲۵۶ میلی متر) دارد. علاوه بر جریانات توده‌ای، اکوسیستم‌های در معرض آتش سوزی در معرض سایر فرایندهای دامنه‌ای نیز قرار دارند. جابجایی گرانشی مواد و رسوبت کنده شده در شرایط خشکی و بدون دخالت آب (شکل ۲).



شکل ۲- نمودار مفهومی از گستره نسبی عمده‌ترین فرایندهای پدوژئومورفیک در شرایط قبل و بعد از آتش سوزی در انواع اکوسیستم‌ها.

این فرایند جابجایی شامل حرکات توده‌ای مواد به سمت پائین دست شیب بصورت غلتان و لغزش می‌باشد که عمداتا در مناطق

خشک و نیمه خشک دیده می‌شوند. در مطالعه ای در کالیفرنیا حرکات توده‌ای تحت شرایط خشکی عمده‌ترین فرایند انتقال واریزه‌ها و مواد از دامنه‌ها به سمت کانال‌ها در طول فرایند آتش‌سوزی بوده است.

همراه با فرایندهای آلوویال و فلوویال، کاهش در پوشش گیاهی، منجر به افزایش سرعت باد در نزدیک سطح زمین و متعاقبا افزایش ریسک فرسایش بادی می‌شود (Stout, 2012; Wagenbrenner *et al*. 2013). علاوه بر اثرات فرسایش بادی در کنده شدگی و انتقال رسوبات و فرسایش خاک ، این فرایند منجر به کاهش مواد مغذی و مواد آلی در سطح اکوسیستم می‌گردد. در مطالعه‌ای در علفزارهای تگزاس، آستانه سرعت باد کندگی فورا بعد از آتش سوزی از ۱۰ متر بر ثانیه به ۱۹ متر بر ثانیه افزایش یافته است. همچنین مسدود شدن منافذ خک بوسیله خاکسترها تشدید نرخ فرسایش آبی و بادی را به همراه دارد (Stavi *et al*. 2017).

نتیجه‌گیری

علاوه بر اثرات محلی آتش سوزی‌ها، مقیاس اثرگذاری این مخاطره می‌تواند در سطح منطقه‌ای و جهانی نیز باشد. تغییر در رژیم هیدرولوژیک حوضه‌های آبریز در این میان بسیار برجسته و حائز اهمیت است. اثرات منفی روی کیفیت منابع آب‌های سطحی بطور گسترده‌ای گزارش شده است. برای مثال، مطالعات بسیاری پتانسیل آتش سوزی جنگل‌ها برای آلوده کردن رودخانه‌ها، دریاچه‌ها و سیستم‌های آکیفر با رسوبات، مواد مغذی و فلزات سنگین را نشان داده‌اند. هر چند در مقایسه با آتش سوزی جنگل‌ها، وسعت نسبتا کمتر فرایندهای ژئومورفیک متاثر از آتش سوزی در بوته زارها و علفزارها منجر به کاهش سطح ریسک آلودگی منابع آب در این اکوسیستم‌ها می‌شود. تغییرات اقلیمی شامل خشکی زمین‌ها قطعا افزایش فراوانی و شدت آتش سوزی‌ها را در پی دارند. برای مثال آنالیزی از داده‌های تاریخی آتش سوزی مراتع در آمریکا نشان داده است که شرایط خشکی در ترکیب با دماهای بالا منجر به افزایش شدت و فراوانی آش سوزی‌ها شده است. بیشتر، علفزارها و بوته زارها منابع عمده‌ای از تجمع کربن محسوب می‌شوند که نقش مهمی در تنظیم سیکل جهانی کربن دارند. دی اکسیدکربن متصاعد شده از سوختن پوشش گیاهی و تزریق آن به اتمسفر در حین فرایند آتش سوزی منجر به افزایش تزریق گازهای گلخانه‌ای و افزایش گرمایش جهانی می‌شود. علاوه بر انتشار دی اکسید کربن، آتش سوزی منجر به انتشار قابل ملاحظه گاز متان شده که اثرات گرمایشی آن ۲۱ تا ۲۸ برابر بیشتر از دی اکسید کربن است.

فهرست منابع

1. Carroll, J. M., Hovick, T. J., Davis, C. A., Elmore, R. D., & Fuhlendorf, S. D. (2017). Reproductive plasticity and landscape heterogeneity benefit a ground-nesting bird in a fire-prone ecosystem. *Ecological Applications*, 27(7), 2234-2244.
2. Dooley, S. R., & Treseder, K. K. (2012). The effect of fire on microbial biomass: a meta-analysis of field studies. *Biogeochemistry*, *109*(1), 49-61.
3. Duguy, B., Paula, S., Pausas, J. G., Alloza, J. A., Gimeno, T., & Vallejo, R. V. (2013). Effects of climate and extreme events on wildfire regime and their ecological impacts. In *Regional assessment of climate change in the Mediterranean* (pp. 101-134). Springer, Dordrecht.
4. Doerr, S. H., Shakesby, R. A., & Walsh, R. (2000). Soil water repellency: its causes, characteristics and hydro-geomorphological significance. *Earth-Science Reviews*, *51*(1-4), 33-65.
5. Fultz, L. M., Moore-Kucera, J., Dathe, J., Davinic, M., Perry, G., Wester, D., ... & Rideout-Hanzak, S. (2016). Forest wildfire and grassland prescribed fire effects on soil biogeochemical processes and microbial communities: Two case studies in the semi-arid Southwest. *Applied Soil Ecology*, *99*, 118-128.
6. Letey, J. (2001). Causes and consequences of fire-induced soil water repellency. *Hydrological Processes*, *15*(15), 2867-2875.
7. Machiwal, D., Kumar, S., Islam, A., Kumar, S., Jat, S. R., Vaishnav, M., & Dayal, D. (2021). Evaluating effect of cover crops on runoff, soil loss and soil nutrients in an Indian arid region. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 1-20.
8. Neary, D. G. (2011). Impacts of wildfire severity on hydraulic conductivity in forest, woodland, and grassland soils. *Hydraulic Conductivity—Issues, Determination, and Application. InTech Publishers, Rijeka, Croatia*, 123-142.
9. Polade, S. D., Gershunov, A., Cayan, D. R., Dettinger, M. D., & Pierce, D. W. (2017). Precipitation in a warming world: Assessing projected hydro-climate changes in California and other Mediterranean

climate regions. *Scientific reports*, *7*(1), 1-10.
10. Parsons, A. (2003). Burned Area Emergency Rehabilitation (BAER) soil burn severity definitions and mapping guidelines Draft. *USDA Forest Service, Rocky Mountain Research Station, Missoula*.
11. Stout, J. E. (2012). A field study of wind erosion following a grass fire on the Llano Estacado of North America. *Journal of Arid Environments*, *82*, 165-174.
12. Stavi, I., Barkai, D., Knoll, Y. M., Glion, H. A., Katra, I., Brook, A., & Zaady, E. (2017). Fire impact on soil-water repellency and functioning of semi-arid croplands and rangelands: Implications for prescribed burnings and wildfires. *Geomorphology*, *280*, 67-75.
13. Wagenbrenner, N. S., Germino, M. J., Lamb, B. K., Robichaud, P. R., & Foltz, R. B. (2013). Wind erosion from a sagebrush steppe burned by wildfire: Measurements of PM10 and total horizontal sediment flux. *Aeolian Research*, *10*, 25-36.

Pedogeomorphic consequences of wildfires and the associated environmental hazards

Neda Mohseni
Department of Geography, Ferdowsi University of Mashhad

Abstract

The aim of this research was to review the main effects of wildfire on ecological communities, soil characteristics, including hydrophobicity, aggregation and structure stability, and contents of organic carbon and nutrients, and surface processes, including ash deposition, water runoff, soil erosion, hillslope debris flow, water and wind erosion, and dry ravel. This review focuses on drylands. Yet, it seems that because of decreased soil aggregate stability following burning, the hoof action of livestock that access burnt lands shortly after the fire increases the shearing and detachment of mineral material from the ground surface; this increases soil erodibility, with the possible risk of accelerated land degradation. Further, the reduced aboveground biomass accelerates water runoff, leading to increased water erosivity and detachment of soil particles by either rill or interrill erosion. Along with the alluvial and fluvial processes, the decrease in vegetation cover, coupled with the increase in near-surface wind velocity, strengthen the wind's shear stress and raise the risk of wind erosion In addition to CO_2, wildfires also emit considerable amounts of methane that its global warming potential is 21 to 28 times greater than that of CO_2.This review can provide a framework to increase the environmental resilience and restoration efforts.

Keywords: climatic change, ecosystem services, water erosion, wind erosion

بررسی خصوصیات و طبقه‌بندی خاک‌های تشکیل یافته بر روی خاکستر آتشفشانی دامنه شمالی سبلان و مطالعه تبدیل خاک‌های اندیسول به مالیسول

علیرضا صیامی[1]، سپیده مفیدی[2]*

۱-کارشناس ارشد پیدایش و رده‌بندی خاک، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران

۲-دکتری فیزیک و حفاظت خاک، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران.

*نویسنده مسئول مکاتبات: sepide_mofidi@yahoo.com

چکیده

از بین توده‌های آتشفشانی ایران، توده سبلان دارای خاکستر آتشفشانی قابل توجه در دامنه شمالی خود طبق نقشه‌های زمین‌شناسی و مشاهدات صحرایی می‌باشد که احتمال وجود مواد و خصوصیات اندیک در آن‌ها بالا بوده و نیاز به بررسی‌ها و مطالعات کمّی می‌باشد. هدف این مطالعه بررسی خصوصیات فیزیکوشیمیایی و مورفولوژی خاک‌های تشکیل یافته بر روی اراضی خاکستر آتشفشانی در دامنه شمالی سبلان و بررسی انتقال دو رده اندیسول به مالی سول بود. بدین منظور از میان ۱۰ خاکرخ حفر شده یک خاکرخ به‌عنوان خاکرخ شاهد انتخاب گردید. به‌منظور بررسی خصوصیات اندیک، توانایی تثبیت فسفر، آهن و آلومینیوم، بافت خاک، جرم مخصوص ظاهری، ظرفیت تبادل کاتیونی، کربن آلی، مقدار کربنات کلسیم معادل و مقدار گچ، اسیدیته عصاره اشباع، EC عصاره اشباع، کلسیم، منیزیم و بی‌کربنات اندازه‌گیری گردید. نتایج نشان داد منطقه مورد مطالعه در دامنه شمالی سبلان پس از بررسی خصوصیات موروفولوژیکی و داده‌های آزمایشگاه فاقد خصوصیات اندیک می‌باشد. خاک‌های مالیسول منطقه به سبب قرارگیری در اراضی مرتفع دارای متوسط دمای سالیانه پایین‌تر نسبت به سایر اراضی است. خاک‌های اراضی دامنه شمالی سبلان هرچند دارای توان تثبیت فسفر به اندازه مواد اندیک نمی‌باشند اما در خاکرخ شاهد تثبیت نسبتاً بالای فسفر وجود دارد.

واژگان کلیدی: مواد اندیک، خاکستر آتشفشانی، خصوصیات موروفولوژیکی.

مقدمه

اندیسول‌ها در شرایط مختلف اقلیمی تشکیل می‌شوند آن‌ها به‌ویژه تحت مواد آتشفشانی همچون تفرا یا مواد پیروکلاستیگ رخ می‌دهند (Vingiani *et al.*, 2014). اگرچه انتقال خاک‌های رده اندیسول به سایر رده‌های خاک همچون رده مالی‌سول تحت تأثیر اقلیم و پوشش گیاهی صورت می‌گیرد (Kimsey *et al.*, 2010) هرچند این انتقال هنوز به طور قطعی مستند نشده است. دو رده خاک اندیسول و مالی‌سول در برخی خصوصیات اشترک داشته مانند افق و لایه‌های سطحی تیره رنگ ضخیم، تجمع بالا مقادیر کربن آلی، تخلل بالا و غیره انتقال این دو رده طبق پیشنهاد تحت تأثیر عوامل هوازدگی می‌باشد (Klaas *et al.*, 2006).
از بین توده‌های آتشفشانی ایران، توده سبلان دارای خاکستر آتشفشانی قابل توجه در دامنه شمالی خود طبق نقشه‌های زمین‌شناسی و مشاهدات صحرایی می‌باشد که احتمال وجود مواد و خصوصیات اندیک در آن‌ها بالا بوده و نیاز به بررسی‌ها و مطالعات کمّی می‌باشد.

همچنین خاک‌های اراضی مرتفع عموماً دارای متوسط دمای سالیانه پایین‌تر نسبت به سایر مناطق می‌باشند. مجموعه‌ای از شرایط در اراضی با ارتفاع بالا از سطح دریا باعث کمک به تأمین معیارهای افق سطحی مالیک شده است (Kimsey *et al.*, 2010). این وضعیت بیانگر احتمال تبدیل خاک‌های اندیسول به مالیسول در منطقه است.

هدف این مطالعه بررسی خصوصیات فیزیکوشیمیایی و مورفولوژی خاک‌های تشکیل یافته بر روی اراضی خاکستر آتشفشانی در دامنه شمالی سبلان و بررسی انتقال دو رده اندیسول به مالی سول می‌باشد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه دامنه مشالی سبلان واقع در استان اردبیل بر روی جریان‌های خاکستر، توف و برش‌های پامیس‌دار واقع در محدوده عرض جغرافیایی ۴۶ ۲۷ ۳۸ تا ۴۲ ۲۱ ۳۸ شمالی و طول جغرافیایی ۰۹ ۴۹ ۴۷ تا ۳۵ ۴۹ ۴۷ شرقی واقع شده ارتفاع منطقه ۲۰۵۰ متر می‌باشد. منطقه مورد مطالعه با بررسی های منحنی آمبروترمیک و با استناد به نقشه‌های رژیم‌های رطوبتی

و حرارتی تهیه شده توسط مؤسسه خاک و آب (بنایی، ۱۳۷۷) دارای رژیم رطوبتی زریک و حرارتی مزیک می‌باشد.
از میان ۱۰ خاکرخ حفر شده یک خاکرخ به‌عنوان خاکرخ شاهد انتخاب گردید. به‌منظور بررسی خصوصیات اندیک، توانایی تثبیت فسفر به روش طیف‌سنج نیوزیلند در طول موج ۴۶۶ نانومتر اندازه‌گیری شد (Parafit, 1988) آهن و آلومینیوم قابل استخراج شده با اگزالات آمونیوم عصاره‌گیری و با استفاده از دستگاه جذب اتمی (Shimadzu) مدل (AA-670) اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری بافت خاک به روش هیدرومتری و جرم مخصوص ظاهری به روش استوانه انجام شد. ظرفیت تبادل کاتیونی به روش باور (۱۹۵۲) و کربن آلی به روش والکی بلاک اندازه‌گیری شد. مقدار کربنات کلسیم معادل به روش تیتراسیون و مقدار گچ به روش استون اندازه‌گیری گردید. pH عصاره اشباع خاک با استفاده از دستگاه phسنج و EC عصاره اشباع با استفاده از دستگاه EC سنج اندازه‌گیری گردید. کلسیم و منیزیم به روش تیتراسیون EDTA ۰/۰۱ نرمال و بی‌کربنات به روش تیتراسیون با اسید سولفوریک ۰/۰۱ نرمال اندازه‌گیری گردید.

جدول ۱- تجزیه خاک

Coarse_loamy, mixed, Superactive, mesic, Typic Haploxerolls

افق	%Sand (2-0.05)	%Silt (0.05-0.002)	%Clay (<0.002)	Texture	pHe	ECe	CEC meq/100 gr	%CCE	%Gypsum	%OC	BS %	P.b g/cm^3	Na^+ me/L	Ca^{+2} me/L
A	۶۲	۲۳	۱۵	SL	۸/۱	/۶۵ ۰	۱۳/۸	۰	۰	۱/۳۳	۱۰۰	۱/۱۸	۲/۰۵	۷/۶
Bw	۴۶	۲۹	۲۵	L	۷/۹	/۶۵ ۰	۲۴/۸	۰	۰	۰/۶	۹/۲ ۲	۱/۱۹	۲/۱۷	۵/۴
C	۶۵	۲۳	۱۲	SL	۷/۹	/۶۵ ۰	۱۰/۱	۰	۰	۰/۰۷	۹/۸ ۱	۱/۱۷	۲/۱۵	۵/۱

افق	ضخامت	رنگ	HCO_3^- me/L	$CO3^{2-}$ me/L	Mg^{+2} me/L
A	۰-۲۰	10YR3/3	۸/۲	۰	۱/۶
Bw	۲۰-۳۵	10YR4/2	۴/۸	۰	۱/۴
c	۳۵-۱۵۰	7/5YR5/2	۴/۵	۰	۱/۰۲

افق	%Al (Ox)	%Fe (Ox)	%P ret	Fe)Ox۰/۵(Al+	VF .Sand ۰/۰۵-۰/۱ (mm)	F.Sand ۰/۲۵- (mm)۰/۱	M.Sand ۰/۵- (mm)۰/۲۵	C.Sand (mm)۰/۵-۲
A	۰/۱	۰/۰۶	۱۵/۴۸	۰/۱۳	۱۲/۱	۲۲/۴	۱۵/۸	۱۱/۷
Bw	۰/۰۹	۰/۰۳	۱۸/۵۵	۰/۱	۸/۸	۱۴/۱	۸/۵	۱۴/۶
c	۰/۰۸	۰/۰۷	۲۲/۲۱	۰/۱	۱۲/۶	۲۶/۷	۱۴/۲	۱۱/۵

نتایج و بحث

خصوصیات موروفولوژی خاکرخ شاهد در جدول شماره ۱ ارائه شده است. رده‌بندی خاکرخ شاهد بیان‌گر خاک‌های رده مالیسول می‌باشد. افق سطحی خاکرخ واجد تمام شرایط مالیک اپی‌پدون (ساختمان، پایداری، رنگ، ضخامتف درصد اشباع بازی، کربن آلی، شاخص مالرو شدن) می‌باشد. افق زیرسطحی B با تکامل در رنگ و ساختمان واجد شرایط افق مشخصه کمبیک گردیده است. خاکرخ مورد مطالعه با داشتن افق سطحی مالیک اپی پدون و درصد اشباع بازی بیش از ۵۰ درصد طبق سامانه طبقه‌بندی خاک آمریکایی ۲۰۱۴ در رده خاک‌های مالی سول قرار گرفت. منطقه مورد مطالعه در دامنه شمالی سبلان پس از بررسی خصوصیات موروفولوژیکی و داده‌های آزمایشگاه فاقد خصوصیات اندیک می‌باشد و در رده خاک‌های اندیسول قرار نمی‌گیرد. طبقه‌بندی خاکرخ شاهد طبق سیستم طبقه‌بندی خاک آمریکایی (۲۰۱۴) در رده مالی‌سول و زیرگروه Typic Haplo Xerolls قرار می‌گیرد. پیشنهاد تبدیل خاک‌های رده اندیسول به مالی سول به سبب خصوصیات فیزیکوشیمیایی میانه بین دو رده در پراکندگی خاک‌های مالی سول در اراضی مورد مطالعه نقش می‌تواند داشته باشد. در پژوهش‌های صورت گرفته بر روی خاک‌های ولکانیک و تبدیل خاک‌های اندیسول به مالیسول در اراضی پست منطقه اباشیری در شمال ژاپن بیانگر وجود دو خاکرخ شاهد با خصوصیات متفاوت‌تر از اندیسول‌های معمول می‌باشد. در این مطالعات یک خاکرخ دارای خصوصیات انتقالی اندیسول به مالی

سول به ویژه با غالب بودن کانی هالوسیت در بخش مینرالوژی است که احتمالاً از هوادیدگی و تبدیل کانی‌های آمورف بدست آمده است هرچند چنین انتقالی به طور حتم ثابت شده است (Cuadros *et al*., 2012). خاک‌های مالیسول منطقه به سبب قرارگیری در اراضی مرتفع دارای متوسط دمای سالیانه پایین‌تر نسبت به سایر اراضی است. ارتفاع بالاتر منطقه از سطح دریا با افزایش میزان بارش سالیانه به همراه پوشش گیاهی مناسب و کاهش متوسط دمای هوا باعث افزایش قابل ملاحضه‌ای در ماده آلی خاک داشته است و از طرفی کمپلکس‌های آهن و آلومینیوم از طریق جذب سطحی مواد هوموسی به حفظ ماده آلی در خاک کمک کرده است و همچنین این عوامل در تأمین معیارهای افق سطحی مالیک نقش مهمی را ایفا کرده است. خاک‌های اراضی دامنه شمالی سبلان هرچند دارای توان تثبیت فسفر به اندازه مواد اندیک نمی‌باشند اما در خاکرخ شاهد تثبیت نسبتاً بالای فسفر وجود دارد که در صورت بهره‌برداری از این اراضی می‌تواند بر عملکرد محصولات تأثیرگذار باشد.

نتیجه‌گیری

بررسی‌ها و مطالعه خصوصیات مورفولوژیکی و فیزکوشیمیایی خاکرخ شاهد منطقه بیانگر تشکیل و وجود خاک‌های رده مالی‌سولز با درصد فسفر تثبیت شده نسبتاً بالا می‌باشد. هرچند تبدیل خاک‌هایی با مواد اندیک به مالی‌سولز ها مستند و قطعی نشده اما احتمال تکامل و تبدیل این دو رده به هم می‌تواند به سبب خصوصیات اقلیمی و اکوسیستم منطقه محتمل باشد.

فهرست منابع

بنایی، م.ح. ۱۳۷۷. نقشه رژیم رطوبتی و حرارتی خاک‌های ایران به مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ مؤسسه تحقیقات خاک و آب، تهران، ایران.

Cuadros, J., Joseph, B.A., Michalski, R., 2012, Fast, microscale-controlled weathering of rhyolitic obsidian to quartz and alunite. Earth and Planetary Science Letters.

Kimsey, M, J., Mariann, T., Lenoard, J., 2010, Characterization of Volcanic Ash-Influenced Forest Soils across a Geoclimatic Sequence, Soil Science Society of America Journal, 75: 1.

Klaas, G, J., Femke, H., Tonneijck., 2006, Organic Matter in Volcanic Ash Soils under Forest and Páramo along an Ecuadorian Altitudinal Transect, Soil Science Society of America Journal, 71 (4).

Vingiani,S., Scarciglia,F., Mileti, F.A., 2014, Occurrence and origin of soils with andic properties in Calabria (southern Italy), Geoderma, 232: 500–516.

Characterization and classification of soils formed on volcanic ash of the northern slope of Sabalan and study of conversion of andisol to malisol soils

Álireza Siami[1], Sepideh Mofidi[2]

1-MSc. Student of Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran

2-Ph.D. Student Department of Soil Science, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

E-mail: sepide_mofidi@yahoo.com

Abstract

Among the Iran's volcanic massifs, Sabalan massif has considerable volcanic ash in its northern slopes based on geological maps and field visits. Therefore, the presence probability of material and andic properties in them is high and requires quantitative assessments. The purpose of this research was to study the morphological and physicochemical of soils formed on the lands of volcanic ash in the northern slopes of Sabalan massif and also investigating the transfer from Andisol order to Mollisol order. To do this, one of the 10 excavated soil profiles was selected as a control soil profile. For studying the Andic properties, the ability of stabilizing the phosphorus, iron and aluminum, soil texture, bulk density, cation exchange capacity, organic carbon, amount of calcium carbonate equivalent and gypsum content, the acidity of saturation extract, electrical conductivity of the saturation extract, calcium, magnesium and bicarbonate were measured. After examining the morphological properties and laboratory data, the results indicated that the study area lacks andic properties. Mollisol soils of the region due to their location in highlands have lower average annual temperature than other lands. Although the soils of the northern slopes of Sabalan cannot stabilize phosphorus as much as andic materials, but in control soil profile there is a relatively high stabilization of phosphorus

Keywords: Andic Materials, Morphological Characteristics, Volcanic Ash

بررسی خصوصیات فیزیکوشیمیایی و رده‌بندی خاک‌های متأثر از چین‌خوردگی‌های رسوبی شمال کرمان

الهام سلیمانی ساردو*[۱]، محمدهادی فرپور[۲]، مجید محمودآبادی[۲]، اعظم جعفری[۳]

۱- دانشجوی دکتری علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران

۲- استاد گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران

۳- استادیار گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران

(پست الکترونیکی نویسنده مسئول:Elhamsoleimani@agr.uk.ac.ir)

چکیده

خصوصیات و ترکیب شیمیایی ماده مادری، نقش مهمی در تعیین مشخصات خاک، به خصوص درمراحل اولیه تشکیل خاک، ایفا می‌کند. مطالعه حاضر با هدف بررسی ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و رده‌بندی خاک‌های متأثر از چین‌خوردگی‌های رسوبی واقع در شمال کرمان انجام گردید. به این منظور هفت خاکرخ در منطقه مورد مطالعه حفر و تشریح شد، سپس تجزیه‌های فیزیکی و شیمیایی بر روی نمونه‌ها انجام گردید. بر اساس کلید تاکسونومی خاک و سامانه طبقه‌بندی جهانی، خاک‌ها رده‌بندی شدند. باتوجه به غالبیت سازندهای زمین‌شناسی دوران‌های ژوراسیک و کرتاسه، وجود افق‌های متأثر از گچ و آهک در خاک‌های منطقه می‌تواند به سنگ‌های آهکی و تبخیری موجود در سازندهای زمین‌شناسی منطقه مرتبط بوده باشد. روند افزایشی و کاهشی با الگوی منظم در مقادیر آهک، کربن آلی، نسبت جذبی سدیم و ظرفیت تبادل کاتیونی خاکرخ‌ها با افزایش عمق مشاهده نگردید. بیشترین مقادیر شوری و گچ در افق‌های سطحی و میانی خاکرخ‌ها رویت شد. نتایج تحقیق حاکی از آن است که سامانه طبقه‌بندی جهانی، به‌دلیل پرداختن به جزئیات خاک‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک دارای آهک، گچ و شوری، در گروه‌های مرجع بالاتر، در نام‌گذاری و تعریف خاک‌رخ‌های مورد مطالعه کارایی بیشتری در مقایسه با سامانه طبقه‌بندی آمریکایی دارا می‌باشد.

واژگان کلیدی: راور، ژوراسیک، سنگ شناسی، کرتاسه، ماده مادری

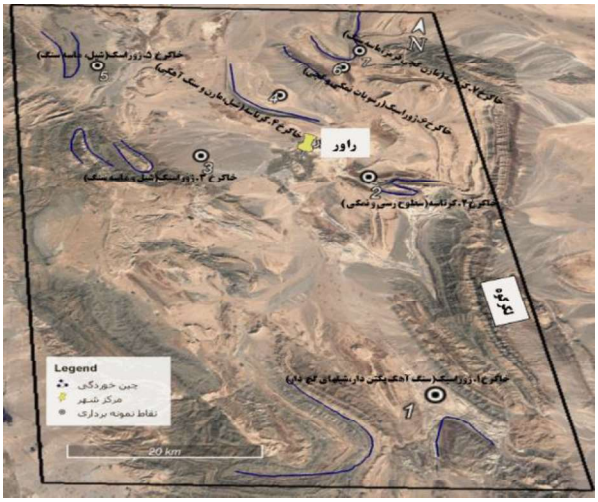
مقدمه

گذشته تا به امروز در کشورهای مختلف، سامانه‌های رده‌بندی خاک مختلفی مورد استفاده قرار گرفته‌اند. برخی از این سامانه‌ها، محلی بوده و برای کشور خاصی با توجه به شرایط خاک‌های آن کشور تهیه و تدوین شده‌اند، ولی دو سامانه جهانی و آمریکایی در اکثر کشورهای جهان مورد توجه هستند و به صورت فراگیر به کار می‌روند. از اهداف طبقه‌بندی خاک، ایجاد کلاس‌های کم و بیش یکنواخت می‌باشد که به موجب آن، تفاوت‌های اساسی موجود در ویژگی‌های خاک آشکار می‌شود (Cline, 1949). طبقه‌بندی خاک‌ها بر اساس یک سیستم رده‌بندی استاندارد، ترسیم محدوده تغییرات خاک‌ها بر روی واحدهای نقشه، ذخیره اطلاعات حاصل از اندازه‌گیری خصوصیات خاک‌ها در یک پایگاه داده و فراهم نمودن شرایط لازم برای پیش‌بینی مناسب بودن یا محدودیت‌های آنها برای کاربری‌های چندگانه با تاکید بر پاسخ‌گویی به استفاده از آنها در سیستم‌های مدیریتی تعریف می‌گردد (SoilScienceDivisionStaff, 2017). رده‌بندی خاک‌های مختلف در سطح گروه بزرگ و سری مرتبط با مواد مادری خاک و توپوگرافی می‌باشد (Schaferand McGarity, 1980). تشکیل خاک، به خصوص مقدار رس خاک‌های تحت الارض که تعیین کننده‌ی فامیل خاک در سیستم رده‌بندی آمریکایی می‌باشد، کاملاً تحت کنترل ماده مادری است (Shawetal, 2004). افشاری و همکاران (۱۳۹۸) مطالعه‌ای به منظور ارزیابی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی و توزیع عناصر سنگین در خاک‌های با مواد مادری متفاوت در استان زنجان انجام دادند. نتایج نشان داد که تنوع در مواد مادری می‌تواند بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی و غلظت و توزیع عناصر در طول خاکرخ خاک تأثیر بگذارد (افشاری و همکاران، ۱۳۹۸). نوروزی‌فرد و همکاران تأثیر مواد مادری آذرین، دگرگونی و رسوبی بر روی برخی از ویژگی‌های فزیکی، شیمیایی، کانی‌شناسی و رده‌بندی خاک‌ها در شمال استان چهارمحال و بختیاری را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد ویژگی‌های مذکور به میزان قابل ملاحظه‌ای توسط مواد مادری کنترل می‌شود (نوروزی‌فرد و همکاران، ۱۳۸۹). بیشتر اراضی ایران در آب و هوای خشک و نیمه‌خشک واقع شده است. با توجه

به این نکته که ماده مادری مؤثرترین عامل خاکساز در مناطق دارای این آب و هوا می‌باشد، و با در نظر گرفتن ارتباط تنگاتنگ خصوصیات مختلف خاک با مواد مادری، می‌توان ویژگی‌های خاک را با ماده مادری آن مقایسه نمود. دو نوع سنگ آواری ماسه سنگ و شیل به همراه سنگ آهک، قسمت اعظم سنگ‌های رسوبی را تشکیل می‌دهند. با در نظر گرفتن فراوانی این سنگ‌ها در سطح ایران و فراوانی خاک‌های مشتق شده از آنها با خصوصیات متنوع، که می‌تواند مرتبط با نوع سنگ آهک و درجات متفاوت تکامل این خاک‌ها باشد، ضرورت مطالعه دقیق‌تر آنها احساس می‌گردد. مطالعه حاضر با هدف بررسی خصوصیات فیزیکوشیمیایی و رده‌بندی خاک‌های متاثر از چین‌خوردگی‌های رسوبی شمال کرمان و با توجه به تنوع ساختارهای زمین شناسی منطقه، انجام گردید.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه در مختصات جغرافیایی ۵۶ درجه و ۴۸ دقیقه طول شرقی و ۳۱ درجه و ۱۸ دقیقه عرض شمالی شهرستان راور در شمال غرب استان کرمان قرار گرفته است. تعداد روزهای یخبندان منطقه ۶۶/۷ روز در سال، میزان متوسط رطوبت نسبی ۳۹/۶ و حداقل رطوبت ۳۲ و حداکثر ۴۷ درصد می‌باشد. تعداد روزهای بارانی در سال برابر ۱۲۹/۶ روز، درجه حرارت متوسط روزانه ۱۷، حداقل مطلق ۱۳/۵ تا حداکثر به ۴۴/۴، متوسط حداقل ۸/۵ و متوسط حداکثر ۲۵ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. میانگین بارندگی سالانه این منطقه ۲۸/۲ میلی‌متر است (سازمان جغرافیایی وزارت دفاع و پشتیبانی نیروهای مسلح، ۱۳۸۲).



شکل ۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه و خاکرخ‌های حفر شده (مستخرج از گوگل ارث)

این منطقه دارای رژیم رطوبتی اریدیک و رژیم حرارتی ترمیک می‌باشد (بنایی، ۱۳۷۸). از مهمترین ساختارهای تکتونیکی موجود در منطقه می‌توان به ساختارهای گسلی، چین‌خوردگی‌ها و راندگی‌ها اشاره کرد. واحدهای سنگ‌شناسی عمده موجود در منطقه شامل ماسه‌سنگ‌های قرمز، ماسه‌سنگ، شیل آهکی و رسوبات نمکی و گچی مربوط به ژوراسیک و آهک‌های مقاوم کرتاسه می‌باشد (نقشه زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰) (شکل ۱).

پس از بررسی منطقه مورد مطالعه روی گوگل ارث و نقشه‌های زمین‌شناسی تعداد هفت خاکرخ در حاشیه چین‌خوردگی‌های منطقه حفر گردید و هر کدام از خاکرخ‌ها بر مبنای راهنمای تشریح و نمونه‌برداری خاکرخ مرکز ملی حفاظت خاک تشریح شد (Schoeneberger et al, 2012). نمونه‌ها بر اساس کارت تشریح هر خاکرخ و نتایج آزمایشگاهی، طبق کلید تاکسونومی خاک (۲۰۱۴) تا سطح زیرگروه و با استفاده از سامانه طبقه‌بندی جهانی (۲۰۱۵) طبقه‌بندی شدند. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک شامل pH در خمیر اشباع، قابلیت هدایت الکتریکی خاک در عصاره اشباع و با استفاده از هدایت‌سنج الکتریکی، بافت خاک به روش پیپت (Gee and Bauder, 1986)، کربنات کلسیم معادل به روش تیتراسیون برگشتی (Page et al, 1982)، ظرفیت تبادل کاتیونی به روش جانشینی کاتیون‌ها با استات سدیم (Summer and Miller, 1996)، کربن آلی به روش سوزاندن تر با بی‌کرومات پتاسیم باقی‌مانده توسط فروآمونیوم سولفات (Nelson andSommers,1996) و گچ به روش استون (Richards, 1954)

اندازه‌گیری شد.

نتایج و بحث

به‌دلیل حفر خاکرخ‌های مورد مطالعه در مجاورت تاقدیس‌ها و ناودیس‌های رسوبی، نتایج خصوصیات فیزیکی و شیمیایی این خاکرخ‌ها تا حد زیادی می‌تواند متأثر از سازندها و زمین‌شناسی چین‌خوردگی‌های منطقه باشد. سازندهای زمین‌شناسی منطقه به دوران‌های ژوراسیک و کرتاسه برمی‌گردند. وجود آهک و گچ در افق‌های مورد مطالعه نیز می‌تواند متاثر از سازندهای با سنگ‌شناسی آهکی و تبخیری متعلق به این دوران‌ها باشد. بخش تبخیری واحدهای کرتاسه از ترکیبات گچ و نمک تشکیل شده است. واحد کربناتی بر روی بخش تبخیری قرار دارد و شامل آهک‌های کرتاسه می‌باشد. رسوبات ژوراسیک نیز نهشته‌های به نسبت ضخیمی هستند که از سازندهای شمشک، هجدک، بیدو، رخساره‌های گچ و آهک پکتن‌دار و در پایان شیل و ماسه‌سنگ قرمزرنگ پدیدار شده است. این رسوبات در یک حوضه کم عمق ولی پرجنبش بر جای گذاشته شده‌اند.

بررسی نتایج تجزیه‌های آزمایشگاهی بیانگر تجمع رس در توالی با افق‌های کربناتی می‌باشد. وجود ساختمان قوی و درصد بالای ذرات در اندازه‌ی رس، تأکید بر شدت فرایندهای خاکساز در گذشته دارد. در خاکرخ ۲ تمایز بافتی و انقطاع مشاهده گردید. خاکرخ‌های ۳ و ۴ نسبت به سایر خاکرخ‌ها از تکامل کمتری برخوردار هستند (جدول ۱). در کلیه خاکرخ‌ها بیشترین مقدار آهک، گچ، کربن آلی، نسبت جذبی سدیم و ظرفیت تبادل کاتیونی در افق‌های میانی خاکرخ‌ها وجود دارد. این موضوع می‌تواند به دلیل همزمانی فعالیت‌های آبشویی در سطح و اضافه شدن گچ، کربنات و شوری از منابع مواد مادری باشد. میزان شوری از افق‌های سطحی به طرف عمق رو به کاهش می‌باشد. pH خاک‌ها در محدوده خنثی و بازی ضعیف قرار داشت. مقادیر زیاد کربنات‌کلسیم معادل در خاک‌های مورد مطالعه نشان از آهکی بودن آنها دارد که حداقل مقدار آن در خاکرخ‌های ۵ و ۷ و حداکثر آن در خاکرخ ۴ مشاهده شد. میزان کربنات کلسیم در خاک نشان‌دهنده درجه تکامل خاک، نوع افق کلسیک و وضعیت عناصر غذایی در خاک است (ملکوتی و همایی، ۱۳۸۳). میانگین کربن آلی همه خاک‌ها سطحی و زیرسطحی ۰/۹ درصد به دست آمد. یکی از مهم‌ترین فاکتورهای کیفیت خاک درصد کربن آلی خاک می‌باشد. تفاوت در مقدار کربن آلی می‌تواند در گردش عناصر غذایی تاثیر بسزایی داشته باشد. میزان رس از حداقل ۵/۶ درصد در افق‌های عمقی خاکرخ ۳ تا حداکثر ۴۶ درصد در خاکرخ ۷ می‌باشد. میزان ظرفیت تبادل کاتیونی خاک‌ها از ۱/۳ تا ۱۰/۳ سانتی‌مول بار مثبت بر کیلوگرم رس متغیر می‌باشد. حداکثر میزان گچ در خاکرخ ۳ مشاهده شد. منبع اصلی برای تشکیل گچ در خاک، کلسیم و سولفات می‌باشد. تشکیل گچ در خاک‌ها به فاکتورهای زیادی مانند اختلاف بارش و تبخیر سالانه، وجود منابع گچ در مواد مادری، تخلل خاک و نوسانات تراز آب زیرزمینی وابسته است (Hosen, 2002 Van Buckand). رده‌بندی خاکرخ‌های مورد مطالعه بیان‌گر غالبیت افق‌های کلسیک، ژیپسیک، سالیک، آرجیلیک و ناتریک و به میزان کمتر افق کمبیک می‌باشد. خاک‌ها بر اساس سیستم تاکسونومی و WRB به ترتیب در رده اریدی‌سول و گروه‌های مرجع سولونچاک، سولونتز، کلسی‌سول و ژیپسی‌سول قرار گرفتند.

جدول ۱. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاکرخ‌های مورد مطالعه

شماره خاکرخ	افق‌ها	عمق (cm)	pH	EC (dS/m)	CCE %	٪گچ	درصد کربن آلی	SAR (mmol $L^{-1})^{0.5}$	بافت خاک	CEC ($cmol_{(+)}$ kg^{-1})	Sand %	Silt%	Clay %
۱	A	۳۰-۰	۷/۷	۸/۱	۱۸/۵	۳/۵	**۰/۸**	۷/۷	SCL	۶/۹	۶۱/۶	۱۰/۸	۲۷/۶
	Bk	۴۵-۳۰	۷/۳	۲۷/۷	۲۶/۲	۵/۱	**۰/۸**	۰/۳	SL	۷/۸	۵۷	۳۲/۶	۱۰/۴
	Bkyz	۷۵-۴۵	۷/۷	۴۲	۲۲/۵	۵	**۱/۱**	۶/۵	SL	۸/۷	۶۲	۲۵/۴	۱۲/۶
	Bkn1	۱۰۵-۷۵	۸/۲	۲۵/۸	۱۸/۲	۲/۳	**۱**	۳۸/۸	SL	۷/۱	۷۷/۶	۱۲/۸	۹/۶
	Bkn2	۱۳۰-۱۰۵	۸/۲	۱۱/۱	۲۳/۲	۱/۲	**۱**	۱۹/۹	LS	۵/۸	۷۱	۱۵/۴	۱۳/۶
	C	۱۵۰-۱۳۰	۸	۱۳/۳	۱۹/۵	۱/۴	**۰/۶**	۲۳/۹	SL	۷/۶	۵۹	۳۳/۴	۷/۶
Gypsic Haplosalids Katocalcic Amphigypsic Endosodic Solonchacks (Amphihypersalic, Katoloamic)													
۲	Ak	۲۵-۰	۷/۵	۶۸	۲۴/۲	۵/۲	**۰/۸**	۲۷۵	SL	۵/۳	۶۹	۱۷/۴	۱۳/۶
	Btnky	۵۵-۲۵	۷/۶	۹۶	۲۹/۵	۹/۵	**۱/۱**	۴۲۴	SCL	۵/۱	۵۳/۸	۲۴/۶	۲۱/۶

شماره خاکرخ	افق‌ها	عمق (cm)	pH	EC (dS/m)	CCE %	گچ%	درصد کربن آلی	SAR (mmol $L^{-1})^{0.5}$	بافت خاک	CEC ($cmol_{(+)}$ kg^{-1})	Sand %	Silt%	Clay %
	z												
	2Ck	۷۰-۵۵	۸/۲	۴۳/۳	۲۹/۷	۸/۷	۱	۱۶۸	SL	۴	۶۹/۶	۱۷/۸	۱۲/۶
	2Btnky	۹۰-۷۰	۸	۴۴/۴	۱۳/۷	۸/۲	۱/۱	۱۱۴	SCL	۵/۸	۵۵/۶	۲۲/۸	۲۱/۶
	2Btnk	۱۳۵-۹۰	۷/۹	۲۲	۲۵	۴	۰/۶	۵۶/۲	L	۶/۱	۵۱/۶	۳۱/۸	۱۶/۶
	3C	۱۴۵-۱۳۵	۸/۱	۲/۷	۲۳/۷	۲/۵	۱/۱	۳/۹	SL	۱/۳	۶۵	۲۰/۴	۱۴/۶
	3Bk	۱۶۵-۱۴۵	۷/۶	۶	۳۰	۱/۵	۰/۹	۷/۷	SL	۴/۴	۵۴/۶	۲۸/۸	۱۶/۶
Gypsic Haplosalids Pantocalcic Amphigypsic Pantosalic Geoabruptic Solonetz (Cutanic, Pantoloamic, Raptic)													
۳	A	۱۵-۰	۷/۸	۱۱	۴۳/۷	۰	۰/۷	۵۳	LS	۳/۵	۷۵/۶	۱۰/۸	۱۳/۶
	Bkn1	۴۰-۱۵	۷/۸	۸/۵	۳۷/۵	۰	۰/۷	۲۶/۴	LS	۷/۱	۷۱/۶	۱۴/۸	۱۳/۶
	Bkn2	۷۰-۴۰	۸/۲	۱۰/۴	۴۲/۷	۰	۰/۸	۲۴/۵	SL	۵/۳	۹۶/۶	۱۴/۸	۱۵/۶
	Bkn3	۱۲۵-۷۰	۷/۹	۷/۸	۴۳/۹	۰	۰/۵	۱۴/۶	LS	۲/۳	۷۸	۱۶/۴	۵/۶
	Ck	۱۶۵-۱۲۵	۷/۸	۴/۵	۴۵	۲/۵	۰/۹	۳/۹	LS	۴	۷۵	۱۹/۴	۵/۶
	C	۲۰۰-۱۶۵	۷/۸	۵/۳	۴۵/۲	۱/۷	۰/۷	۸/۷	LS	۳/۵	۷۷	۱۷/۴	۵/۶
Sodic Haplocalcids Haplic Calcisols (Amphiloamic, Anosodic)													
۴	A	۳۰-۰	۷/۹	۳/۷	۴۸/۷	۳/۴	۱/۱	۴/۱	SL	۷/۱	۶۱	۲۴/۶	۱۸/۴
	Bky1	۶۰-۳۰	۷/۸	۷/۱	۴۸/۷	۵	۰/۷	۵/۹	SL	۶/۲	۷۱	۱۹	۱۰
	Bky2	۱۱۵-۶۰	۷/۹	۱۱	۴۸/۵	۵	۰/۷	۱۲/۷	SL	۷/۶	۷۱	۲۰/۶	۸/۴
	C1	۱۵۰-۱۱۵	۷/۸	۱۵/۴	۴۷/۷	۴/۱	۱/۲	۱۹/۸	LS	۷/۱	۷۵/۶	۱۸	۶/۴
	C2	۲۰۰-۱۵۰	۸/۲	۴۵	۴۹/۲	۴/۳	۱	۱۱۸	SL	۴/۹	۶۳	۲۸/۶	۸/۴
Typic Calcigypsids Skeletic Katocalcic Gypsisols (Katogypsic , Pantoloamic)													
۵	A	۱۰-۰	۸/۵	۶۶/۹	۷/۷	۳/۷	۰/۴	۲۵۰	SL	۸/۵	۶۳/۶	۲۰	۱۶/۴
	Bzn1	۴۵-۱۰	۸/۴	۴۴/۲	۱۳/۵	۲/۹	۱	۱۴۱	L	۹/۴	۴۳/۶	۳۸/۴	۱۸
	Bzn2	۸۰-۴۵	۸/۳	۱۸/۵	۱۱/۵	۲/۱	۱	۱۸	SL	۸/۵	۵۷/۶	۲۶	۱۶/۴
	Bw	۹۰-۸۰	۸/۳	۱۷/۴	۱۶/۵	۳/۱	۱/۶	۲۹/۷	SL	۱۰/۳	۵۵/۶	۳۰/۴	۱۴
	Bk	۱۳۵-۹۰	۸	۱۷/۷	۱۴/۲	۱/۳	۱/۲	۳۰/۸	L	۹/۸	۵۱	۳۸/۶	۱۰/۴
Typic Haplosalids Amphisodic Solonchaks (Epihypersalic, Pantoloamic)													
۶	A	۱۰-۰	۶/۸	۸۲/۴	۲۲/۷	۵/۱	۰/۸	۱۵۶	SL	۷/۱	۶۹	۲۰/۶	۱۰/۴
	Bkyzn	۴۰-۱۰	۶/۶	۱۳۰	۲۳	۹/۵	۰/۲	۸۸۱	SL	۵/۳	۶۴	۲۱/۶	۱۴/۴
	Btnkyz	۷۰-۴۰	۷/۸	۶۸/۷	۴۹	۸/۴	۰/۷	۱۲۶	SCL	۲/۶	۵۲/۶	۲۵	۲۲/۴
	Btnkz1	۱۰۰-۷۰	۷/۸	۵۱/۳	۴۶/۷	۴/۱	۰/۹	۱۱۹	SL	۲/۲	۶۱	۲۰/۶	۱۸/۴
	Btnkz2	۱۵۵-۱۰۰	۷/۸	۵۷/۶	۴۵/۲	۲/۱	۰/۹	۱۱۸	SCL	۳/۱	۵۳	۲۴/۶	۲۲/۴
Gypsic Haplosalids Katocalcic Epigypsic Katosalic Solonetz (Cutanic, Differentic, Pantoloamic)													
۷	A	۱۰-۰	۷/۲	۱۰۹	۰/۵	۳/۸	۰/۷	۲۸۳	L	۶/۷	۴۵/۶	۲۸/۸	۲۵/۶
	Bkzn	۴۰-۱۰	۷/۳	۱۱۵	۱۸	۱/۳	۱/۲	۳۰۷	SL	۶/۷	۵۷	۲۹/۴	۱۳/۶
	Btnz1	۷۰-۴۰	۷/۲	۶۵	۰/۲	۱/۲	۱/۲	۱۱۲	C	۸/۹	۲۵/۶	۳۰/۸	۴۳/۶
	Btnz2	۱۱۵-۷۰	۷/۱	۷۴/۲	۱۰/۵	۰/۸	۰/۹	۱۸۲	C	۸/۹	۱۹/۶	۳۸/۴	۴۲
	Btnz3	۱۴۵-۱۱۵	۷/۱	۶۲/۵	۰/۷	۱	۰/۸	۱۵۷	CL	۸/۹	۲۵	۳۹/۴	۳۵/۶
	Btnz4	۱۸۰-۱۴۵	۷/۳	۶۶/۳	۹	۰/۷	۱/۱	۱۶۴	C	۸/۵	۱۸	۳۶	۴۶
	C	۲۱۵-۱۸۰	۷/۴	۷۲/۵	۰/۷	۱/۱	۱/۳	۴۷/۹	CL	۸/۹	۲۵/۶	۳۶/۸	۳۷/۶
Calcic Haplosalids Epicalcic Katosalic Solonetz (Katocleyic, Cutanic, Differentic)													

نتیجه‌گیری

خاکرخ‌های مورد مطالعه، در خاک‌های متأثر از چین‌خوردگی‌های رسوبی شمال کرمان، در واحدهای سنگ شناسی سنگ آهک پکتن‌دار، شیل‌های گچی، سطوح رسی و نمکی، مارن‌های ژیپس‌دار، شیل، رسوبات نمکی، ماسه‌سنگ‌ها و مارن‌های قرمز گچی قرار دارند. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که سنگ مادر و مواد مادری حاصله از آن نقش مهمی در بسیاری از ویژگی‌های شیمیایی، فیزیکی و تکاملی خاک دارند. خاکرخ‌های مورد مطالعه بر طبق کلید تاکسونومی در رده اریدی‌سول و زیررده‌های متفاوت می‌باشند. قرار گرفتن گروه‌های مرجع مربوط به خاک‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک در سطوح بالاتر و تنوع نام‌گذاری خاکرخ‌های مورد مطالعه در سیستم WRB، بیانگر کارایی بیشتر این سیستم طبقه‌بندی نسبت به تاکسونومی برای خاک‌های منطقه می‌باشد.

فهرست منابع

افشاری، ع، مروج، ک، علمداری، پ. (۱۳۹۸). تأثیر عامل وراثت و فرآیندهای تشکیل خاک بر توزیع عناصر سنگین و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها. علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره بیست و یکم، شماره نه.

بنائی، ح، م. (۱۳۷۸). نقشه‌ی رژیم‌های حرارتی و رطوبتی خاک‌های ایران موسسه تحقیقات آب و خاک وزارت کشاورزی.

سازمان جغرافیایی وزارت دفاع و پشتیبانی نیرو های مسلح. (۱۳۸۲). فرهنگ جغرافیای آبادی‌های استان کرمان. جلد اول. صفحات ۷ – ۸.

سازمان زمین‌شناسی کشور، نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰.

ملکوتی، م، ج.، همایی. م. (۱۳۸۳). حاصلخیزی خاک‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک، مشکلات و راه‌حل‌ها. انتشارات دانشگاه تربیت مدرس، تهران.

نوروزی‌فرد، ف، صالحی، م، ح، خادمی، ح، داوودیان دهکردی، ع، ر. (۱۳۸۹). تشکیل، طبقه‌بندی و کانی‌شناسی خاک‌های تشکیل شده از مواد مادری گوناگون در شمال استان چهارمحال و بختیاری. نشریه آب و خاک. جلد ۲۴، شماره ۴. ص. ۶۵۸-۶۴۷.

Buck, B, J., Van Hoesen, J, G. (2002). Snowball morphology and SEM analysis of pedogenic gypsum, southern New Mexico, USA. *Journal of Arid Environments*, 51(4):469-487.

Cline, M, G. (1949). Basic principles of soil classification. *Soil Sci*. 67 (2): 81–91.

Gee G.W. Bauder J.W. 1986. Particle size analysis. In: Klute, A. (Ed.), Methods of Soil Analysis. Agron. Monger. vol. 9. ASA and SSSA, Madison, WI, pp. 388-409.

Nelson, D.W. and L.E. Sommers. (1996). Total carbon, organic carbon, and organic matter. PP. 961-1010. Methods of Soil Analysis part 3-Chemical Methods.

Page A.L. Miller R.H. and Keeney D.R. (1982). Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties, the Second edition. Agronomy Monographs, 9. ASA-SSA, Madison. Parton, WI, 184p.

Richards L.A. (1954). Diagnosis and Improvement of Saline and Alkaline Soils. United States Department of Agriculture Handbook No. 60. United States Government Printing Office, Washington DC.

Schafer, B, M.,McGarity, J, W. (1980). Genesis of red and dark brown soils on basaltic parent materials near Armidale, Australia. *Geoderma*, 23: 172-194.

Schoeneberger P.J. Wysocki D.A. Benham E.C. and Soil Survey Staff. (2012). Field Book for Describing and Sampling Soils. Natural Resources Conservation Service. National Soil Survey Center, Lincoln, NE.

Shaw, J, N., West, L, T., Bosch, D, D., Truman, C, C., Leigh, D, S. (2004). Parent material influence on soil distribution and genesis in a Paleudult and Kandiudult complex, southeastern USA. *Catena*, 57: 157–174.

Soil Science Division Staff. (2017). Soil survey manual. USDA handbook 18, 120-131.

Sumner M.E. and MillerW.P. (1996). Cation exchange capacity and exchange coefficients. PP. 1201- 1229, Methods of Soil Analysis Part 3, Chemical Methods.

Physico-chemical characteristics and soil classification affectad by sedimentary tectonics, northern Kerman

ElhamSoleimaniSardoo[*1], Mohammad Hady Farpoor[2], Majid Mahmoodabadi[2], Azam Jafari[3]
1. Ph.D. Student, Department of soil Science, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran.
2. Professor, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, ShahidBahonar University of Kerman, Kerman, Iran.
3. Assist. Prof., Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, ShahidBahonar University of Kerman, Kerman, Iran.
(*- Corresponding Author Email: Elhamsoleimani@agr.uk.ac.ir)

Abstract
Parent material characteristics and chemical composition play an important role on soil properties specially in the early stages of soil formation. The present study was conducted to explore physical and chemical properties and classification of soils affected by sedimentary tectonics, northern Kerman. Seven pedons in the area were selected and chemical and physical properties in samples were analyzed. The soils were classified using Soil Taxonomy (2014) and WRB systems. The presence of gypsum and calcium carbonate in soils of the area could be attributed to calcareous and evaporitic lithology orginated from Jurassic and Cretaceous Formations dominated in the region. No regular increasing or decreasing trends of calcium carbonate, sodium adsorption ratio, and cation exchange capasity of soils with depth was observed. The highest salinity and gypsum contents were found in the surface and mid-surface horizons. Results of the study showed more efficiency of WRB system compared to Soil Taxonomy for classification of soil located in arid and semiarid areas that primarily contained calcium carbonate, gypsum, and more soluble salts.

Keywords: Ravar, Jurassic, Lithology, Cretaceous, Parent material

تأثیر مقدار ثابت K در شاخص رنگ الکساندر برای تعیین تکامل خاک

محسن باقری بداغ‌آبادی[1]، محمد جمشیدی[2]، مستانه رحیمی مشکله[3]
۱- موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران m.baghery@areeo.ac.ir
۲- موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
۳- دانشجوی دکتری گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان

چکیده

رنگ خاک از نخستین ویژگی‌های بارز خاک‌ها می‌باشد که با بسیاری از ویژگی‌های دیگر خاک رابطه دارد. شاخص‌های رنگ خاک از جمله معیارهایی هستند که به طور گسترده برای بررسی تکامل خاک مورد کاربرد قرار گرفته‌اند. در این پژوهش تأثیر تغییرات مقدار ثابت K در شاخص رنگ الکساندر و نیز روند تکامل خاک‌ها بر اساس این شاخص بررسی گردید. برای این منظور شاخص رنگ الکساندر در نه خاکرخ برای مقادیر K شامل ۵، ۱۰ تا ۴۰ محاسبه گردید. نتایج نشان دادند در مقادیر کم K تمایز چندانی بین تکامل خاک‌ها دیده نمی‌شود و با افزایش آن، تفکیک خاک‌های مختلف بهتر انجام می‌شود لیکن پس از عددی خاص دوباره تمایز بین خاک‌ها کاهش می‌یابد. عدد بهینه برای مقدار K در منطقه مطالعاتی برابر ۲۵ تعیین گردید. همچنین شاخص الکساندر با تکامل خاک‌ها هم‌خوانی خوبی نشان داد و با افزایش تکامل خاک، شاخص رنگ نیز افزایش داشت.

واژگان کلیدی: شاخص‌های تکامل خاک، ریخت‌شناسی خاک، رده‌بندی خاک.

مقدمه

براساس نظریه ینی[1]، خاک حاصل پنج عامل خاک‌ساز شامل آب و هوا، موجودات زنده، پستی و بلندی، مواد مادری و زمان می‌باشد. به بیان دیگر این عوامل در سیر تکاملی هر خاک مهم و تأثیرگذار می‌باشند. تکامل خاک، بیانگر فرآیندهایی است که با محیط پویایی[2] که خاک در آن‌جا پدید آمده است، ارتباط دارند. شناخت این ارتباط‌ها می‌توانند روند تکاملی خاک‌ها را نمایان سازند. با توجه به اینکه خاک دارای ویژگی‌های گوناگون بسیاری می‌باشد (مانند ریخت‌شناسی خاک[3]، کانی‌شناسی خاک، فیزیک خاک و غیره)، بررسی روند تغییرات برخی از این ویژگی‌های می‌تواند به درک ما از تکامل خاک کمک کند. بدیهی است که در این راستا ویژگی‌هایی که کمتر دچار تغییرات زودگذر می‌شوند از اهمیت بیشتری برخوردار می‌باشند. برای نمونه ویژگی‌ای مانند شوری خاک که با یک بارندگی به شدت تغییر می‌کند اطلاعات چندانی را از تکامل خاک به دست نمی‌دهد. از طرف دیگر هر چه ویژگی‌های مورد نظر ساده‌تر، کم هزینه‌تر و زودتر به دست آیند، اهمیت بیشتری خواهند داشت. البته باید از چنین ویژگی‌هایی انتظار اطلاعات بسیار دقیق را نداشت.

ریخت‌شناسی خاک از جمله نخستین ویژگی‌هایی است که در بررسی تکامل خاک‌ها و مقایسه‌ی آن‌ها با یکدیگر به طور گسترده‌ای توسط خاک‌شناسان مورد استفاده قرار گرفته؛ چون ریخت‌شناسی خاک نشان‌دهنده تغییرات گوناگونی می‌باشد که بر روی مواد مادری رخ داده است. در این راستا، رنگ خاک از جمله ویژگی‌های ریخت شناسی بسیار ساده، کم هزینه و زودیافت است که برای تکامل خاک بسیار کارآمد می‌باشد، چرا که رنگ با ویژگی‌های مختلف خاک مرتبط می‌باشد و از عواملی مانند نوع کانی‌ها، ماده‌ی آلی، زهکشی و اقلیم متأثر می‌شود و به همین دلیل می‌تواند نشانه‌ای برای تغییر و تحول چنین عواملی باشد.

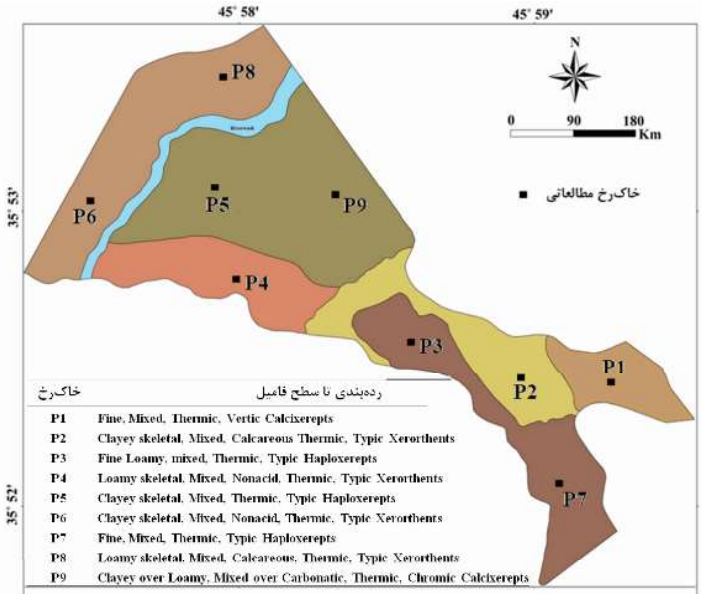
در پژوهش‌های متعددی تکامل خاک با بکارگیری ویژگی رنگ مورد بررسی قرار گرفته است (مانند: معینی و صیامی، ۱۳۹۶؛ حسینی و همکاران، ۱۳۹۴ و Koop et al., 2020). در این راستا شاخص‌های گوناگونی ارائه شده است تا درجه تکامل خاک را به‌صورت یک مقدار عددی نشان دهند. شاخص‌هایی که در ارتباط با رنگ خاک می‌باشند، با عنوان شاخص رنگ خاک شناخته می‌شوند و نخستین بار توسط بانتلی- وستین معرفی شد (Buntley and Westin, 1965). لیکن معروفترین شاخص رنگ،

[1] Jenny
[2] dynamic environment
[3] Soil morphology

شاخص‌هارست (Hurst, 1977) است که توسط الکساندر (Alexander, 1985) اصلاح گردید و با نام شاخص الکساندر شناخته می‌شود. در پژوهش کنونی این شاخص مورد بررسی قرار گرفته و از آن برای درجه‌بندی تکامل خاک‌ها استفاده شده است.

مواد و روش‌ها

محدوده مورد مطالعه، منطقه عباس‌آباد با وسعت ۳۳۳ هکتار در شهرستان بانه می‌باشد. نقشه خاک این منطقه با روش ژئوپدولوژی در سطح مقیاس نیمه تفصیلی دقیق، با حفرو تشریح نه خاک‌رخ تهیه گردید (شکل ۱). از همه افق‌ها و لایه‌های خاک نمونه‌برداری گردید و آزمایش‌های لازم روی تعداد ۳۴ نمونه خاک با روش‌های استاندارد انجام گرفت. شکل یک موقعیت این منطقه و مکان خاک‌رخ‌های مربوطه به همراه رده‌بندی آن‌ها را نشان می‌دهد. رژیم‌های رطوبتی و حرارتی خاک در این منطقه به ترتیب زریک و ترمیک می‌باشند.



شکل ۱- منطقه مطالعاتی، خاک‌رخ‌های مطالعاتی و رده‌بندی آن‌ها

شاخص الکساندر

الکساندر[1] (۱۹۸۵) شاخص رنگ هارست را به‌صورت زیر تغییر داد:

$$Rr = (K - H^*) \times \frac{C}{V} \qquad (۱)$$

که در این معادله، *H، V، C و K، به‌ترتیب، هیوی تبدیل‌شده (یعنی: عدد صفر برای جمع با عدد هیوی R، عدد ۱۰ برای جمع با عدد هیوی YR و عدد ۲۰ برای جمع با عدد هیوی Y)، ولیو، کروما و عدد ثابت می‌باشند که الکساندر (۱۹۸۵) مقدار عددی ۲۵ را برای K پیشنهاد نمود. در این پژوهش به منظور بررسی تأثیر مقدار ثابت K روی شاخص رنگ، مقادیر K شامل ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵ و ۴۰ در نظر گرفته شدند و با استفاده از نرم افزار اکسل محاسبات مربوطه انجام و نمودارهای لازم رسم شدند. شایان ذکر است که این مقادیر تا عمق ۱۵۰ سانتی‌متر و به صورت مجموع وزنی برای خاک‌رخ‌های مورد مطالعه محاسبه شده‌اند.

نتایج و بحث

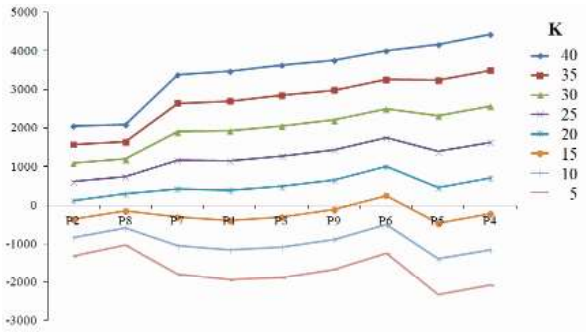
در شکل ۱ رده‌بندی خاک‌های منطقه مطالعاتی تا سطح فامیل نشان داده شده است. خاک‌های این منطقه در سه گروه بزرگ شامل Calcixerepts، Haploxerepts و Xerorthents قرار دارند. کلسی‌زرپت‌ها در دو زیرگروه ورتیک و کرومیک و دو گروه

[1] **Alexander**

بزرگ دیگر تنها دارای یک زیرگروه تیپیک هستند. جدول ۱ مقدار شاخص الکساندر را برای نه خاکرخ مطالعاتی براساس مقادیر مختلف K نشان می‌دهد. براساس نتایج، با افزایش مقدار K، شاخص رنگ نیز افزایش پیدا می‌کند. به منظور درک بهتر این تغییرات، نمودار مربوط به تغییرات شاخص رنگ در مقادیر مختلف K در شکل ۲ نشان داده شده است. همانطور که دیده می‌شود در مقادیر K<۲۰ جدا از منفی شده شاخص رنگ، روند مشخصی بین خاکرخ‌ها بوجود نمی‌آید، لیکن از مقدار K برابر ۲۰ تفاوت‌ها بیشتر نمایان می‌شوند ولی در K = ۴۰ به طور بارزی تفاوت مقادیر شاخص رنگ کم شده‌اند.

جدول ۱ – مقدار شاخص الکساندر برای مقادیر مختلف ثابت K

شماره	رده‌بندی	5	10	15	20	25	30	35	40
P1	Vertic Calcixerepts	-1930	-1158	-386	386	1158	1930	2702	3474
P2	Typic Xerorthents	-1320	-838	-355	128	610	1093	1575	2058
P3	Typic Haploxerepts	-1875	-1088	-300	488	1275	2063	2850	3638
P4	Typic Xerorthents	-2078	-1149	-221	708	1637	2566	3494	4423
P5	Typic Haploxerepts	-2318	-1391	-464	464	1391	2318	3245	4172
P6	Typic Xerorthents	-1245	-495	255	1005	1755	2505	3255	4005
P7	Typic Haploxerepts	-1787	-1048	-309	429	1168	1907	2646	3384
P8	Typic Xerorthents	-1030	-585	-139	306	751	1197	1642	2088
P9	Chromic Calcixererts	-1660	-886	-113	661	1435	2209	2983	3756



شکل ۲- تغییرات شاخص رنگ الکساندر در مقادیر مختلف K

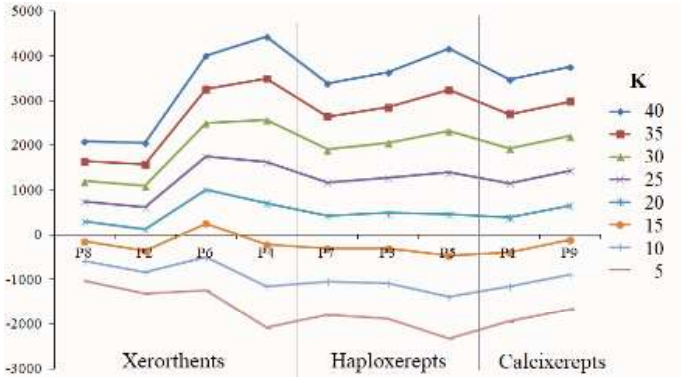
الکساندر (۱۹۸۵) اعتقاد داشت که اعداد بزرگتر از ۲۰ برای K می‌توانند مناسب‌تر باشند، زیرا برای نمونه‌های خاک با هیوی ۱۰YR، منجر به ایجاد اعداد مثبت خواهد شد و مفهوم درجه‌بندی قرمزی را بهتر نشان خواهد داد. در این منطقه مطالعاتی نیز بیشتر نمونه‌ها دارای هیوی ۱۰YR می‌باشند. بر این اساس به نظر می‌رسد تا عدد خاصی، هرچه مقدار K بزرگتر گردد شاخص تکامل، بهتر خاک‌های مختلف را جداسازی می‌کند. برای این منظور نسبت تغییر شاخص رنگ الکساندر به ازای افزایش مقدار K محاسبه گردید (جدول ۲). همانطور که در جدول ۲ آمده است نسبت تغییرات برای K = ۲۰ به طور چشم‌گیری افزایش یافته و در مقدار K = ۲۵ بیشترین مقدار می‌شود و پس از آن روند کاهشی نشان می‌دهد.

جدول ۲ – نسبت تغییرات شاخص رنگ الکساندر در مقدارهای مختلف K

K10/K5	K15/K10	K20/K15	K25/K20	K30/K25	K35/K30	K40/K35	
0.30	0.56	2.29	2.76	1.61	1.38	1.27	**نسبت تغییرات**

بر اساس این نتایج می‌توان گفت بهترین مقدار K در این منطقه بین ۲۰ تا ۲۵ می‌باشد. البته چون در این پژوهش مقدارهای K با فواصل پنج تایی در نظر گرفته شد چنین نتیجه‌ای به دست آمد و ممکن است با مقادیر دیگر این نتیجه تغییر کند. بنابراین بهتر است بر اساس یک معیار عددی مشخص بهترین مقدار K تعیین شود. الکساندر (۱۹۸۵) همبستگی بین شاخص رنگ را با مقدار آهن دی‌تیونات و آهن دی‌تیونات منهای اگزالات برای مقادیر مختلف K محاسبه نمود و بهترین همبستگی‌ها به ترتیب برابر r=۰/۹۵۸ و r=۰/۹۶۴ و در K = ۲۵ به دست آمد. لیکن در پژوهش حسینی و همکاران (۱۳۹۴) بالاترین ضرایب همبستگی بین شاخص رنگ با آهن دی‌تیونات منهای اگزالات برای K=۳۵ رخ داد.

شکل ۳ تغییرات مقدار شاخص رنگ برای سه گروه بزرگ موجود در منطقه، یعنی کلسی‌زرپت‌ها، هاپلوزرپت‌ها و زرارتنت‌ها، را نشان می‌دهد. همانطور که دیده می‌شود برای K = ۲۵ نسبت به دیگر مقدارهای K روند تغییرات بهترین هم‌خوانی را با تکامل خاک نشان می‌دهد. که این موضوع با نتایج جدول ۲ نیز هم‌راستا می‌باشد.



شکل ۲- شاخص رنگ الکساندر براساس رده‌بندی خاک‌ها در مقادیر مختلف K

جدول ۳ مقدار میانگین شاخص الکساندر را برای مقدارهای گوناگون K نشان می‌دهد. برای K = ۲۵ میانگین شاخص رنگ برای سه گروه بزرگ زرارنتت‌ها، هاپلوزرپت‌ها و کلسی‌زرپت‌ها به ترتیب برابر ۱۱۸۸، ۱۲۷۸ و ۱۲۹۷ است که به خوبی روند تکاملی این گروه‌های بزرگ را نشان می‌دهد. البته در گروه بزرگ رزارتنت‌ها برای دو خاکرخ P4 و P6 یک افزایش ناگهانی دیده می‌شود. دلیل اصلی افزایش ناگهانی شاخص الکساندر، رنگ ذاتی مواد مادری است که به شدت بر مقدار شاخص رنگ برای این دو خاکرخ افزوده است. در حالی که رنگ غالب خاک در منطقه ۱۰YR است در این دو خاکرخ رنگ غالب ۵YR و ۲/۵YR شده است که بسیار متأثر از مواد مادری است. شاخص رنگ دو گروه بزرگ هاپلوزرپت‌ها و کلسی‌زرپت‌ها، که تفاوت آنها در وجود افق کلسیک است، به ترتیب با میانگین ۱۲۷۸ و ۱۲۹۷ نزدیک بودن این دو گروه بزرگ را هم نشان می‌دهد. همانطور که انتظار می‌رود گروه بزرگ کلسی‌زرپت‌ها تکامل بیشتری نسبت به هاپلوزرپت‌ها دارند و شاخص رنگ هم بیانگر این موضوع می‌باشد. به بیان دیگر برای زیررده زرپت‌ها، شاخص رنگ توانسته است بودن افق کلسیک که نشانه متکاملتر بودن خاک و پیدایش گروه بزرگ کلسی‌زرپت‌ها می‌باشد را نشان دهد و این خاک‌ها را از هاپلوزرپت‌ها که دارای افق کلسیک نیستند جدا کند. از طرفی هر دوی این گروه‌های بزرگ نسبت به گروه بزرگ زرارتنت‌ها که خاکی جوان است تفاوت قابل توجهی در مقدار شاخص رنگ دارند. چنانچه دو خاکرخ P4 و P6 در نظر گفته نشوند، میانگین شاخص رنگ برای رزارتنت‌ها برابر ۶۸۱ خواهد شد که به خوبی و با اختلاف بسیار زیاد نسبت به دو گروه بزرگ دیگر، تکامل نیافته بودن این خاک‌ها را نشان می‌دهد.این نتایج با موارد ذکر شده برای شکل ۳ و جدول ۲ نیز هم‌خوانی دارد و همه حاکی از آن هستند که در این منطقه مطالعاتی مقدار بهینه برای ثابتKبرابر ۲۵ می‌باشد.

جدول ۲ – میانگین مجموع شاخص رنگ الکساندر در مقدارهای مختلف K برای گرو های بزرگ خاک منطقه

گروه بزرگ خاک	40	35	30	25	20	15	10	5
Xerorthents*	3143	2492	1840	1188	537	-115	-767	-1418
Xerorthents**	2073	1609	1145	681	217	-247	-711	-1175
Haploxerepts	3731	2913	2096	1278	460	-358	-1175	-1993
Calcixerepts	3615	2842	2069	1297	524	-249	-1022	-1795

*: همه خاکرخ‌های زرارتنت‌ها

**: زرارتنت‌ها بدون خاکرخ‌های P4 و P6

نتیجه‌گیری

این پژوهش نشان داد بین شاخص الکساندر و تکامل خاک رابطه خوبی برقرار است، لیکن به منظور دست یافتن به نتیجه مناسب

بایستی برآورد خوبی از مقدار ثابت K در شاخص الکساندر داشت. نتایج به دست آمده برای K = ۲۵ در این منطقه مطالعاتی همخوانی خوبی را برای ارتباط تکامل خاک و شاخص الکساندر نشان دادند به طوری که حتی دارا بودن افق کلسیک نسبت به نبودن این افق برای زیررده زرپت‌ها به خوبی مشخص گردید و گروه بزرگ کلسی‌زرپت‌ها از هاپلوزرپت‌ها جدا شدند. در این راستا ممکن است رنگ مواد مادری بویژه برای خاک‌های جوان که به شدت تحت تأثیر مواد مادری هستند ابهام‌آمیز باشد که باید با پژوهش‌های بیشتر این اثرات را بررسی نمود.

تشکر و قدردانی

این پژوهش منتج از پروژه "مطالعات نیمه تفصیلی خاک‌شناسی در سه شهرستان بانه، سقز و دیواندره" می‌باشد که بدین وسیله از سازمان جهاد کشاورزی استان کردستان، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کردستان و موسسه تحقیقات خاک و آب که در انجام این پروژه نهایت همکاری را داشته‌اند کمال سپاسگزاری به عمل می‌آید.

فهرست منابع

حسینی, سمیه السادات, اسفندیارپور بروجنی, عیسی, فرپور, محمدهادی, کریمی, علیرضا. (۱۳۹۴). مقایسه‌ی شاخص‌های مختلف تکامل خاک در برش طولی کرمان- بافت .مجله مدیریت خاک و تولید پایدار۵ (۲) ۱-۲۳.

معینی, ابوالفضل, صیامی, علیرضا. (۱۳۹۶). رنگ خاک و بررسی رابطه آن با سن خاک‌ها در پادگانه‌های حوزه آبخیز طالقان .پژوهش‌های خاک ۳۱ (۳) ۴۵۲- ۵۲۱ doi: 10.22092/ijsr.2017.113752

Alexander, E.B. 1985. Estimating relative ages from iron-oxide/total-iron ratios of soils in the western Po Valley, Italy: a discussion, Geoderma, 35: 257-259.

Buntley, G.J., and Westin, F.C. 1965. A comparative study of developmental color in a Chestnut–Chernozem–Brunizem soil climosequence. Soil Sci. Soc. Amer. J. 29: 579-582.

Hurst, V.J. 1977. Visual estimation of iron in saprolite. Geology Society of America Bulletin, 88: 174-176

Koop, A. N., Hirmas, D. R., Sullivan, P. L., & Mohammed, A. K. (2020). A generalizable index of soil development. Geoderma, 360, 113898.

Influence of different constant K values on Alexander index to determine soil development

Mohsen Bagheri Bodaghabadi1, Mohamad Jamshidi2, Mastaneh Rahimi Mashkaleh3

1- Soil and Water Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Karaj, Iran
m.baghery@areeo.ac.ir

2- Soil and Water Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Karaj, Iran

3- Ph.D Student, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Zanjan University, Iran

Abstract

Soil color is one of the main features of soils that is related to many other soil properties. Soil color indices are among the criteria that have been widely used to study soil development. In this study, the effect of changes in the constant value of K in Alexander color index and based on this index, the development of soils were investigated. Therefore, Alexander index in nine soils was calculated for different K values including 5, 10 up to 40. The results showed, at low K values, there is not much difference between soils and while it increases, the differentiation of soils is better accomplished, but after a certain value, the distinction between soils decreases again. In the study area, the optimal value for K was obtained about 25. Also, Alexander index showed good agreement with soil development and color index increased with increasing soil development.

Keywords: Soil development indices, Soil morphology, Soil classification.

بررسی عددی رابطه برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک با رده‌بندی خاک‌ها

محسن باقری بداغ‌آبادی[1]، محمد جمشیدی[2]، علیرضا ضیایی جاوید[2]، فاطمه ابراهیمی میمند[2]، سارا مرادی ثانی[2]، مستانه رحیمی مشکله[2]، مجید عباسپور[2]، پریوش فرد صادق[2] و سمیه شامی[2]

۱- موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران m.baghery@areeo.ac.ir

۲- موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

چکیده

در رده‌بندی خاک‌ها، نخست ویژگی‌های ریخت‌شناختی خاک که در تشریح خاک‌رخ به دست می‌آیند و سپس ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک اهمیت دارند. این موضوع که بدون در نظر گرفتن ویژگی‌های ریخت‌شناختی خاک‌رخ، ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک چقدر می‌توانند بیانگر رده‌بندی خاک باشند جای بررسی دارد، چرا که در بسیاری از موارد اطلاعاتی از تشریح خاک‌رخ در دست نیست و تنها نتایج آزمایشگاهی موجود می‌باشد. در این پژوهش تعداد نه خاک‌رخ شامل ۳۴ نمونه خاک از افق‌های ژنتیکی در زمین نماهای متفاوت با روش عددی تحلیل خوشه‌بندی سلسله مراتبی مورد مطالعه قرار گرفتند. نتایج نشان دادند هرچند بین ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی خاک‌ها و رده‌بندی آنها در برخی موارد رابطه‌ای وجود دارد اما تنها با وجود این ویژگی‌ها نمی‌توان برآورد قابل قبولی از رده‌بندی خاک‌ها داشت. بنابراین در فرآیند نقشه‌برداری خاک انجام عملیات حفر و تشریح خاک‌رخ الزامی می‌باشد و روش‌های نمونه‌برداری خاک که ساختار ژنتیکی خاک را به هم می‌زند (مانند استفاده از مته) نباید جایگزین خاک‌رخ گردند.

واژگان کلیدی: خوشه‌بندی سلسله مراتبی، نقشه‌برداری خاک، ریخت‌شناختی خاک

مقدمه

در برخی مطالعات خاکشناسی برای کاهش هزینه‌ها به جای حفر و تشریح خاک‌رخ، از مته برای نمونه‌برداری خاک استفاده می‌شود و به طور مرسوم نیمی از خاک‌رخ‌ها با مته جایگزین می‌شوند. چنانچه هدف از نمونه‌برداری با مته بررسی برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی باشد مشکل چندانی بروز نخواهد کرد اما اگر هدف تعیین رده‌بندی خاک باشد، به دلیل به هم خوردن و تخریب ساختار ژنتیکی افق‌های خاک، ممکن است مشکل پیش آید. مطالعات فراوانی نشان داده‌اند که بین برخی ویژگی‌های مورفولوژیکی، فیزیکی و شیمیایی خاک رابطه وجود دارد. برای نمونه ساختمان خاک از ویژگی‌های فیزیکی و ریخت‌شناختی خاک است که ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک و نیز عوامل اکولوژیکی و انسانی بر آن اثر می‌گذارند (Rabot et al., 2018). اسفندیارپور و همکاران (۱۳۹۹) نیز وجود رابطه بین شکل‌های آهن (دیتیوناتی و اگزالاتی) با پایداری خاکدانه‌ها و رابطه بین پذیرفتاری مغناطیسی با قابلیت هدایت الکتریکی، ماده آلی و کربنات کلسیم معادل را نشان دادند. از طرف دیگر پژوهش‌های متعددی به وجود رابطه بین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک با ویژگی‌هایی مانند فرسایش پذیری خاک (واعظی و همکاران، ۱۳۸۷)، زمین لغزش (امامی و همکاران، ۱۳۹۵)، ذخیره کربن (پاتو و همکاران، ۱۳۹۵)، فرسایش خندقی (رستمی زاد و همکاران، ۱۳۹۸)، پراکنش جوامع گیاهی (ایمنی و همکاران، ۱۳۹۹)، فلزات سنگین در خاک (قزاق و همکاران، ۱۳۹۸؛ حسینی فرد و همکاران، ۱۳۹۸) را نشان داده‌اند. با توجه به بررسی منابع انجام شده، ارتباط بین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک با ویژگی‌های ریخت‌شناختی خاک که در رده‌بندی خاک حایز اهمیت هستند مشاهده نگردید. این در حالی است که در تعاریف مربوط به برخی از افق‌های مشخصه به طور بارز و آشکار از ویژگی‌های فیزیکی و یا شیمیایی استفاده می‌شود. برای نمونه در تعریف افق تجمع نمک یا افق سالیک و افق تجمع رس یا آرجیلیک به ترتیب ویژگی‌های قابلیت هدایت الکتریکی و درصد رس خاک حتماً باید اندازه گیری شوند.

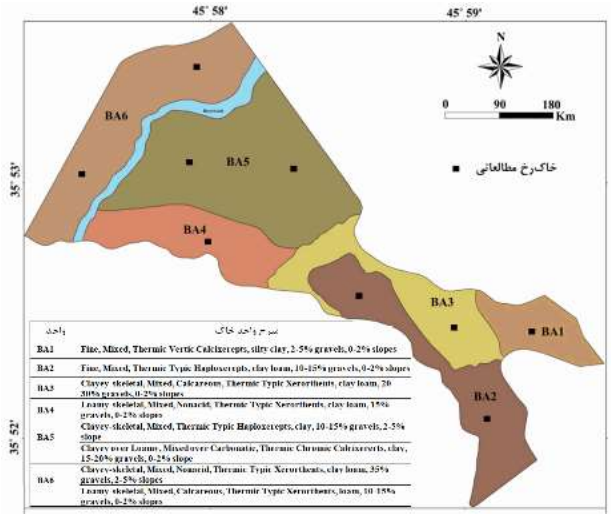
در فرآیند رده‌بندی خاک، با توجه به برخی معیارها و تعاریف، خاک‌های مشابه در یک گروه قرار می‌گیرند. بنابراین می‌توان انتظار داشت که روش‌های عددی و یا ریاضی که برای خوشه‌بندی متغیرها پیشنهاد و یا ابداع شده‌اند نیز بتوانند خاک‌ها را به عنوان متغیرهایی که دارای ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و یا ریخت‌شناختی متفاوتی هستند، از نظر عددی گروه‌بندی نمایند. پژوهش‌های متعددی با بکارگیری روش‌های خوشه‌بندی برای گروه‌بندی ویژگی‌های خاک انجام شده است (مانند: دلاور و نادری،

۱۳۹۷؛ صالح و همکاران، ۱۳۹۵). یکی از روش‌های بسیار مرسوم در خوشه‌بندی، روش خوشه‌بندی سلسله مراتبی است که به طور گسترده در زمینه‌های گوناگون مورد استفاده قرار گرفته است. هدف از این پژوهش بررسی رابطه برخی ویژگی‌های خاک با رده‌بندی آن با بکارگیری روش خوشه‌بندی سلسله مراتبی است.

مواد و روش‌ها

محدوده مورد مطالعه، منطقه عباس‌آباد با وسعت ۳۳۳ هکتار در شهرستان بانه استان کردستان می‌باشد. نقشه خاک این منطقه با روش ژئوپدولوژی در سطح مقیاس نیمه تفصیلی دقیق، با حفرو تشریح نه خاک‌رخ تهیه گردید. از همه افق‌ها و لایه‌های خاک نمونه‌برداری گردید و آزمایش‌های لازم روی تعداد ۳۴ نمونه خاک با روش‌های استاندارد انجام گرفت. شکل یک موقعیت این منطقه و نقشه خاک مربوطه را نشان می‌دهد. رژیم‌های رطوبتی و حرارتی خاک در این منطقه به ترتیب زریک و ترمیک می‌باشند.

تحلیل خوشه‌بندی، یک تحلیل اکتشافی است که می‌تواند با تجزیه و تحلیل ساختار داده‌ها و انجام گروه‌بندی، داده‌های همانند یا متجانس را در یک دسته قرار دهد. بنابراین در درون هر گروه یا دسته بیشترین شباهت یا همانندی و بین دسته‌ها، کمترین همانندی وجود دارد. یکی از مرسومترین روش‌ها در دسته‌بندی داده‌ها خوشه‌بندی سلسله مراتبی (Hierarchical Clustering) است. در این پژوهش برخی از نتایج فیزیکی و شیمیایی آزمایشگاهی به همراه اطلاعات مربوط به کارت تشریح خاک‌رخ وارد نرم افزار اس پی اس اس (SPSS, V 24) شدند و تحلیل خوشه‌بندی سلسله مراتبی روی آنها انجام شد. برای این منظور دو حالت برای انجام تحلیل خوشه‌بندی در نظر گرفته شد که عبارت هستند از: ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی نمونه‌های خاک خاک‌رخ‌ها و ۲- وجود یا عدم وجود افق مشخصه کمبیک و یا کلسیک.



واحد	نام واحد خاک
BA1	Fine, Mixed, Thermic Vertic Calcixerepts, silty clay, 2-5% gravels, 0-2% slopes
BA2	Fine, Mixed, Thermic Typic Haploxerepts, clay loam, 10-15% gravels, 0-2% slopes
BA3	Clayey skeletal, Mixed, Calcareous, Thermic Typic Xerorthents, clay loam, 20-30% gravels, 0-2% slopes
BA4	Loamy skeletal, Mixed, Nonacid, Thermic Typic Xerorthents, clay loam, 15% gravels, 0-2% slopes
BA5	Clayey skeletal, Mixed, Thermic Typic Haploxerepts, clay, 10-15% gravels, 2-5% slope
	Clayey over Loamy, Mixedover Carbonatic, Thermic Chromic Calcixerepts, clay, 15-20% gravels, 0-2% slope
BA6	Clayey-skeletal, Mixed, Nonacid, Thermic Typic Xerorthents, clay loam, 35% gravels, 2-5% slopes
	Loamy skeletal, Mixed, Calcareous, Thermic Typic Xerorthents, loam, 10-15% gravels, 0-2% slopes

شکل ۱- منطقه مطالعاتی و واحدهای خاک آن

نتایج و بحث

جدول ۱ رده‌بندی خاک‌های منطقه مطالعاتی تا سطح فامیل را نشان می‌دهد. خاک‌های این منطقه در سه گروه بزرگ شامل Calcixerepts، Haploxerepts و Xerorthents قرار دارند. کلسی‌زرپت‌ها در دو زیرگروه ورتیک و کرومیک و دو گروه بزرگ دیگر تنها دارای یک زیرگروه تیپیک هستند.

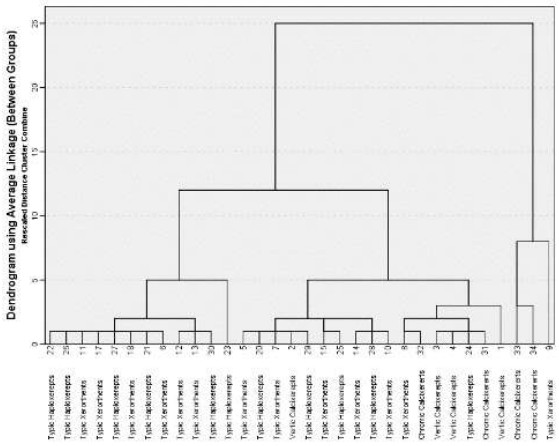
جدول ۱ – رده‌بندی خاک‌های منطقه مطالعاتی تا سطح فامیل

خاک‌رخ	رده‌بندی تا سطح فامیل
P1	Fine, Mixed, Thermic, Vertic Calcixerepts
P2	Clayey skeletal, Mixed, Calcareous Thermic, Typic Xerorthents
P3	Fine Loamy, mixed, Thermic, Typic Haploxerepts
P4	Loamy skeletal, Mixed, Nonacid, Thermic, Typic Xerorthents
P5	Clayey skeletal, Mixed, Thermic, Typic Haploxerepts
P6	Clayey skeletal, Mixed, Nonacid, Thermic, Typic Xerorthents
P7	Fine, Mixed, Thermic, Typic Haploxerepts
P8	Loamy skeletal, Mixed, Calcareous, Thermic, Typic Xerorthents
P9	Clayey over Loamy, Mixed over Carbonatic, Thermic, Chromic Calcixerepts

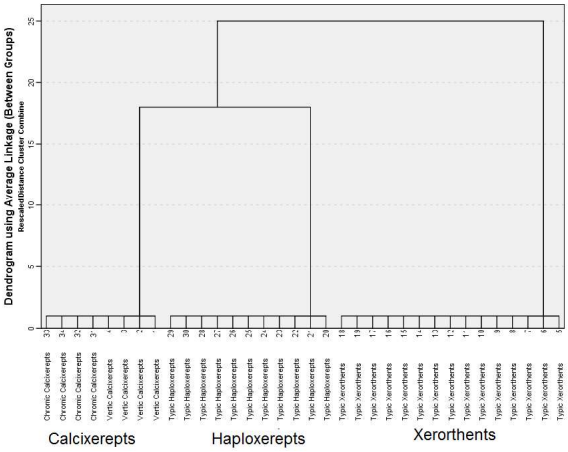
نتایج تحلیل خوشه‌بندی به صورت نمودار درخت‌واره‌ای برای حالت ۱ (بر اساس ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی) در شکل ۲ نشان داده شده است. با توجه به رده‌بندی خاک‌ها به نظر می‌رسد که خوشه‌های بوجود آمده از نظم و یا روند مشخصی پیروی نمی‌کنند. لیکن در واقع این خوشه‌ها همانندترین نمونه‌های خاک را نشان می‌دهند. برای نمونه، خوشه دوم که شامل نمونه‌های ۱۲، ۱۳ و ۳۰ می‌شود، خاک‌هایی را نشان می‌دهد که بدون آهک، مقدار شن حدود ۴۰ درصد، ماده آلی حدود ۱/۷ و اسیدیته حدود ۷/۳ دارند. بنابراین، هرچند این نمونه‌ها از دو خاک مختلف یعنی تیپیک زرارتنت‌ها و تیپیک هاپلوزرت‌ها می‌باشند اما از نظر برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک بسیار با یکدیگر یکسان می‌باشند. شایان ذکر است در نمودار درخت‌واره‌ای آنچه اهمیت دارد ارتفاع است، به طوری که هر چه نمونه‌ها یا مشاهدات دارای همانندی یا شباهت بیشتری با هم باشند، ارتفاع پایین‌تری ایجاد می‌شود و بالعکس. برای نمونه، در خوشه دوم نمونه‌های ۱۲، ۱۳ و ۳۰ در کمترین ارتفاع قرار دارند و به عبارتی این سه نمونه بیشترین همانندی را به هم دارند. در گام بعد این سه نمونه با خوشه اول (نمونه‌های ۲۲، ۲۶، تا ۶) ارتفاع کمتری دارند؛ یعنی همانندی بین این نمونه‌ها نسبت به سایر نمونه‌ها بیشتر است. از سوی دیگر، نمونه‌های ۳۳، ۳۴ و ۹ با هیچ نمونه‌ای تشکیل خوشه نداده‌اند چرا که مقدار آهک در این سه نمونه بسیار زیاد و به ترتیب حدود ۷۰، ۵۸ و ۳۸ درصد است. بنابراین به شدت نسبت به دیگر نمونه‌ها که در بیشترین حالت حدود ۱۷ درصد آهک دارند، متمایز هستند.

نتایج تحلیل خوشه‌بندی به صورت نمودار درخت‌واره‌ای برای حالت ۲ در شکل ۳ نشان داده شده است. همانطور که در شکل ۲ دیده می‌شود فقط با در نظر گرفتن بودن یا نبودن افق‌های مشخصه کلسیک و کمبیک، تحلیل خوشه‌بندی در سطح گروه بزرگ به خوبی خاک‌رخ‌ها را در سه گروه دسته‌بندی کرده است. لیکن در گروه بزرگ کلسی‌زرپ‌ها و برای سطح زیرگروه تمایزی بین دو زیرگروه موجود یعنی ورتیک و کرومیک ایجاد نشده است. یک دلیل این موضوع به ساختار سلسله مراتبی سامانه رده‌بندی آمریکایی مربوط می‌شود که به طور معمول هر زیررده براساس یکسری از افق‌های مشخصه به چند گروه بزرگ تقسیم می‌گردد. به بیان دیگر، معمولاً هر زیررده براساس لایه‌هایی که حضور آهن، رس، هوموس، گچ و آهک را نشان می‌دهند یا گاهی اوقات بر مبنای سخت‌شدن و فشرده‌شدن یک افق می‌تواند به چند گروه بزرگ طبقه‌بندی شود. به عبارت دیگر برای تفکیک زیرگروه به داده‌های بیشتری نیاز است.

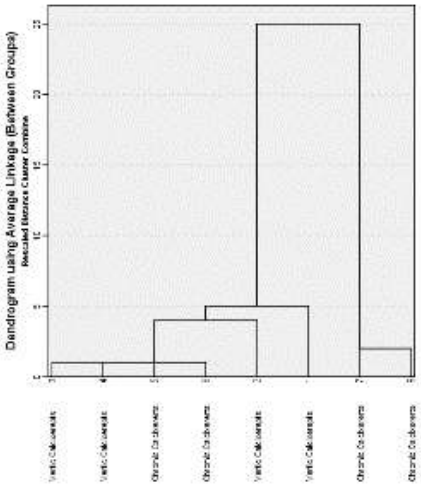
شکل ۴ نمودار درخت‌واره برای گروه بزرگ کلسی‌زرپ‌ها را نشان می‌دهد. بدون در نظر گرفتن معیارهای رده‌بندی خاک و تنها بر اساس مقادیر عددی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک تحلیل خوشه‌بندی، دو خوشه اصلی را جداسازی کرده است. در این دو خوشه، زیرگروه کرومیک تا حدی به خوبی مشخص شده‌اند اما در خوشه دیگر، زیرگروه ورتیک با کرومیک دیگر دیده می‌شود. بنابراین از نظر عددی جداسازی انجام شده هنوز نیازمند اطلاعات بیشتری است که در اینجا در نظر گرفته نشده‌اند. برای نمونه، مهمترین ویژگی برای زیرگروه ورتیک، وجود درز و شکاف و یا ضریب انبساط خطی می‌باشد که وارد این تجزیه و تحلیل نشده است.



شکل ۲- نمودار درخت‌واره‌ای بر اساس برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک



شکل ۳- نمودار درخت‌واره‌ای بر اساس بودن یا نبودن افق‌های مشخصه کلسیک و کمبیک



شکل ۴- نمودار درخت‌واره‌ای برای گروه بزرگ کلسی‌زرپ‌ها و برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج این پژوهش می‌توان گفت، روش‌های ریاضی امکان گروه‌بندی خاک‌ها بر اساس ویژگی‌های مختلف را فراهم می‌کنند، لیکن ممکن است در ظاهر درکی از گروه‌های جداشده برای کاربران ارایه نکنند؛ و برای مثال، خاک‌های با رده‌بندی متفاوت را در یک خوشه قرار دهد. این بدان علت است که ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی خاک‌ها دارای ارتباط با ویژگی‌های

ریخت‌شناختی خاک می‌باشند، اما در انجام مطالعات خاکشناسی و برای رده‌بندی خاک باید تمام معیارهای تعریف شده را در نظر گرفت. به عبارت دیگر، هرچند بین برخی ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی، ویژگی‌های ریخت‌شناختی و رده‌بندی خاک‌ها رابطه وجود دارد، اما تنها بر اساس برخی ویژگی‌ها نمی‌توان برآورد قابل قبولی از رده‌بندی خاک‌ها داشت. این موضوع، لزوم انجام مطالعات میدانی از جمله حفر و تشریح خاک‌رخ را جزء جدانشدنی از مطالعات خاکشناسی می‌کند. با این حال در کنار روش مرسوم برای رده‌بندی خاک‌ها، استفاده از روش‌های عددی و ریاضی اطلاعات بیشتری را نمایان می‌سازد که می‌تواند در تفسیر اطلاعات بسیار سودمند باشند.

تشکر و قدردانی

این پژوهش منتج از پروژه "مطالعات نیمه تفصیلی خاک‌شناسی در سه شهرستان بانه، سقز و دیواندره" می‌باشد که بدین وسیله از سازمان جهاد کشاورزی استان کردستان، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کردستان و موسسه تحقیقات خاک و آب که در انجام این پروژه نهایت همکاری را داشته‌اند کمال سپاسگزاری به عمل می‌آید.

فهرست منابع

امامی سیدنعیم, جلالیان احمد, خسروی عباس ۱۳۹۵. نقش ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در وقوع زمین لغزش (مطالعه موردی: منطقه افسرآباد چهارمحال و بختیاری). پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز ۷ (۱۳): ۱۸۲-۱۹۵

ایمنی, سپیده, صدوق, سید حسن, بهرامی, شهرام, محرابیان, احمدرضا, نصرتی, کاظم. (۱۳۹۹). بررسی رابطه پراکنش جوامع گیاهی با ویژگیهای فیزیکی و شیمیایی خاک در لندفرم‌های سطح مخروط افکنه‌ها (مطالعه موردی: مخروط افکنه‌های جنوب غرب میامی). پژوهشهای ژئومورفولوژی کمّی, ۹(۲), ۲۱-۴۳.doi: 10.22034/gmpj.2020.118223 .

پاتو, مجید, صالحی, علی, زاهدی امیری, قوام الدین, بانج شفیعی, عباس. (۱۳۹۵). ذخیرهٔ کربن و رابطهٔ آن با ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی در خاک کاربری‌های مختلف در منطقهٔ زاگرس شمالی. نشریه جنگل و فرآورده‌های چوب, ۶۹(۴), ۷۴۷-۷۵۶ . doi: 10.22059/jfwp.2017.60611

حسینی فرد, سیدجواد, شیرانی, حسین, صدر, سمیه,هاشمی پور, حکیمه. (۱۳۹۸). مدل سازی ارتباط کادمیم با برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در باغ‌های پسته با استفاده از رگرسیون و شبکه عصبی مصنوعی. فصلنامه علوم محیطی, ۱۷(۳), ۱۷۷-۱۸۸. doi: 10.29252/envs.17.3.177 .

دلاور, محمد امیر, نادری, آرمان. (۱۳۹۷). استفاده از روش خوشه‌بندی فازی در طبقه‌بندی غلظت فلزات سنگین و برخی ویژگی‌های خاک در مناطق اطراف شهرک تخصصی روی زنجان. فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط زیست :doi .-. (), 10.22034/jest.2018.11371.1999

رستمی زاد قباد، خانبابایی زهرا. ارزیابی تاثیر ویژگی‌های فیزیکی - شیمیایی خاک بر میزان گسترش فرسایش خندقی. فصل‌نامه علمی- پژوهشی پژوهش‌های فرسایش محیطی. ۱۳۹۸; ۹ (۴) :۳۵-۵۱

صالح, ایمان, کاویان, عطاءاله, جعفریان, زینب, احمدی, رضا. (۱۳۹۵). برآورد سرعت نفوذ نهایی خاک با استفاده از الگوریتم خوشه‌بندی فازی، روش نرو-فازی (ANFIS) و نظام استنتاج فازی .(FIS) تحقیقات کاربردی خاک, ۴(۲), ۴۷-۵۹.

قزاق, نازنین, یگانه, حسن, عسگری, حمیدرضا. (۱۳۹۸). بررسی ارتباط بین انباشت فلز سرب ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در آق‌قلا، گلستان. مدیریت بیابان, ۷(۱۳), ۷۷-۸۸.

واعظی علیرضا, بهرامی حسینعلی, صادقی سیدحمیدرضا, مهدیان محمدحسین. ۱۳۸۷. اثر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی بر فرسایش پذیری در خاک‌های آهکیعلوم خاک و آب ۲۲ (۱) ۵۹-۶۸.

Rabot E., Wiesmeier M., Schlüter S., and Vogel H.J. 2018. Soil structure as an indicator of soil functions: A review. Geoderma, 314: 122-137 .

Numerical assessment of the relationship between some physical and chemical properties of soil and soil classification

Mohsen Bagheri-Bodaghabadi[1], Mohamad Jamshidi[2], Alireza Ziaei Javid[2], Fatemeh Ebrahimi Meymand[2], Sarah Moradi Sani[2], Mastaneh Rahimi[2], Majid Abbaspour[2], Parivash Fard Sadegh[2] and Somayeh Shami[2]

1- Soil and Water Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Karaj, Iran
m.baghery@areeo.ac.ir

2- Soil and Water Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Karaj, Iran

Abstract

In the soil classification, first the morphological characteristics of the soil, obtained in the description of soil, and then the physical and chemical properties of the soil are important. Regardless of the morphological characteristics of the soil, an initial question arises as to how much the physical and chemical properties of the soil can indicate soil classification, because, in many cases there are no information of soil profile description while there are of a lot of laboratory data. In this study, nine soil profiles including 34 soil samples from genetic horizons in different geopedoogic units were studied by the method of hierarchical clustering. The results showed that although there is a relationship between the chemical and physical properties of soils, and their classification, but with these properties it can not be estimated soil classification acceptably . Therefore, in the soil mapping, soil profile description is necessary and soil sampling itself should not replace soil profile description.

Keywords: Hierarchical clustering, soil mapping, soil morphology

تاثیر سدیم بر نفوذپذیری سری های غالب خاک‌های منطقه درودزن استان فارس

سیروس شاکری[1]، ابوالفضل آزادی[2]، زهرا عمادی[3] غلامرضا زارعیان[4]

۱- نویسنده مسئول: گروه کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران Shakeri@pnu.ac.ir

۲- بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران

۳- گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شهرکرد

۴- بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران

چکیده

این پژوهش به منظور بررسی تاثیر سدیم بر تشکیل و همچنین بعضی از خصوصیات خاک‌های منطقه درودزن مرودشت انجام شد. موقعیت مکانی ده خاکرخ بر اساس مطالعات پیشین نقشه خاک‌شناسی و از واحدهای مختلف فیزیوگرافی شامل اراضی پست، تراس پایینی رودخانه، دشت دامنه‌ای و دشت آبرفتی انتخاب و حفر شد که در نهایت پنج خاکرخ به عنوان شاهد انتخاب شدند. نتایج نشان داد که خاک‌های منطقه مورد مطالعه در سه راسته آلفی‌سولز، اینسپتی‌سولز و انتی‌سولز قرار دارند. نتایج حاصل از اندازه‌گیری نفوذ آب در صحرا نشان داد که در سری‌های خاک عمادآباد و ساروئی هر کدام به دلیل بالاتر بودن مقدار سدیم و رس مقدار نفوذ آب در آنها کمتر از سایر سری‌های خاک است. در پایان با استفاده از معادلات ریاضی تابع خطی، لگاریتمی، نمایی و توانی، بر اساس بالاترین مقدار R^2 مناسب‌ترین معادله میان نفوذ نهایی،SAR و EC با مقدار سدیم خاک تعیین گردید. بر اساس این معادلات مقدار سدیم با نفوذ نهایی بالاترین هم‌بستگی را در حالت رابطه نمایی با R^2=۰/۹۳۰۵ نشان داد.

واژگان کلیدی: درودزن، سدیم، نفوذپذیری، سری خاک.

مقدمه

در قاره آسیا بعد از کشورهای اتحاد جماهیر شوروی سابق، چین، هندوستان و پاکستان، بیشترین گسترش سطوح خاک‌های شور و سدیمی و شور در ایران گزارش شده است (Szabolcs, 1989). خاکهای سدیمی دراثر افزایش غلظت سدیم محلول و افزایش میزان جذب سدیم بیش از ۱۳ و پایین رفتن مقدارهدایت الکتریکی کمتر از ۴ دسی‌زیمنس بر متر پدید می‌آیند، در این خاکها به سبب هیدرولیز سدیم و تولید هیدروکسید سدیم محلول و واکنش با دی‌اکسیدکربن سرانجام کربنات‌سدیم حاصل می‌شود که این امراسیدیته خاک را حتی تا حدود ۱۰ افزایش می‌دهد. در یک تعریف علمی می‌توان گفت خاکی‌که در افق B دارای ساختار ستونی بوده و بیش از ۱۵ درصد ظرفیت تبادل کاتیونی آن توسط سدیم اشباع شده است و اسیدیته بالاتر از۸/۵ دارد خاک سدیمی است. در این شرایط سدیم یون غالب در محلول خاک را تشکیل می‌دهد و ظرفیت تبادل کاتیونی خاک با یونهای سدیم تکمیل می‌گردد (افیونی و همکاران، ۱۳۷۶). هم‌چنین تشکیل افق ناتریک به علت بالا بودن سدیم تبادلی می‌باشد بدین مفهوم که سدیم بالا در این افق باعث دیسپرس شدن رس و تشکیل افق ناتریک گردیده است (Khormali, et al 2003). غفاری و نیشابوری (۱۳۹۱)، در بررسی اثرات شوری و سدیمی‌بودن آب آبیاری بر روی خواص فیزیکی خاک به این نتیجه دست یافتند که افزایش یون سدیم سبب پراکندگی ذرات خاک و تبدیل منافذ درشت به منافذ ریزتر و مسدودشدن برخی منافذ می‌گردد و هم‌چنین کاهش پایداری خاکدانه‌ها و افزایش غلظت رس معلق در محلول و کاهش هدایت هیدرولیکی خاک شد. پراکنده‌شدن ذرات رس موجب بسته‌شدن منافذ خاک، کاهش نفوذ آب، افزایش رواناب و فرسایش می‌شود (Dhaliwal et al., 2000). Jafarpoor et al.(2021) اعتقاد د ارند که مقادیر بالای سدیم تبادلی باعث فروپاشی ساختاری، پراکنش و انتقال سیلت و رس به پایین خاکرخ خاک می شود. تراکم بیش از حد نمکها در خاک با ایجاد فشار اسمزی بالا موجب محدود کردن جذب آب و مواد غذایی در ریشه گردیده و در نتیجه تعادل تغذیه را دگرگون و گسترش ریشه و رشد گیاه را با مشکل مواجه می‌کند (خوش‌گفتارمنش و سیادت، ۱۳۸۱). پدیده شورشدن اراضی افزون بر نابود کردن پوشش گیاهی و کاهش تولید گیاه، عامل مهم

تخریب منابع طبیعی و فرایند بیابان زایی است. با توجه به اهمیت شناخت خاک‌های شور و سدیمی برای اصلاح، این پژوهش به منظور بررسی تاثیر سدیم بر تشکیل و همچنین بعضی از خصوصیات خاک‌های منطقه درودزن مرودشت انجام شد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه در ۵۵ کیلومتری شمال غرب شهرستان مرودشت در استان فارس واقع شده است. مساحت منطقه ۱۰۵۴ کیلومتر مربع، رژیم رطوبتی آن زریک و رژیم حرارتی آن مزیک می‌باشد. متوسط میزان بارندگی سالیانه ۴۷۴ میلی‌متر و میانگین دمای سالیانه ۱۷/۸ درجه سانتی‌گراد است. موقعیت مکانی ده خاکرخ بر اساس مطالعات پیشین نقشه خاک‌شناسی و از واحدهای مختلف فیزیوگرافی شامل اراضی مسطح، اراضی گود، تراس پایینی رودخانه، دشت دامنه‌ای و دشت آبرفتی انتخاب و حفر شد. و در نهایت پنج خاکرخ به عنوان شاهد انتخاب شدند. این خاک‌ها در سه راسته آلفی‌سولز، اینسپتی‌سولز و انتی‌سولز قرار گرفتند که شامل گروه‌های بزرگ Typic Natrixealfs، Aquic Haploxerepts، Typic Fluvaquents، Typic Calcixerepts، Aquic Xerorthents می‌باشند. نمونه‌برداری به صورت جداگانه از افق‌های پنج خاکرخ انجام شد و نمونه‌ها بعد از خشک شدن در هوا و عبور از الک ۲ میلی‌متری به آزمایشگاه منتقل و آزمایش‌های فیزیکوشیمیایی طبق روش‌های استاندارد موسسه تحقیقات خاک و آب بر روی نمونه‌ها انجام شد.

نتایج و بحث

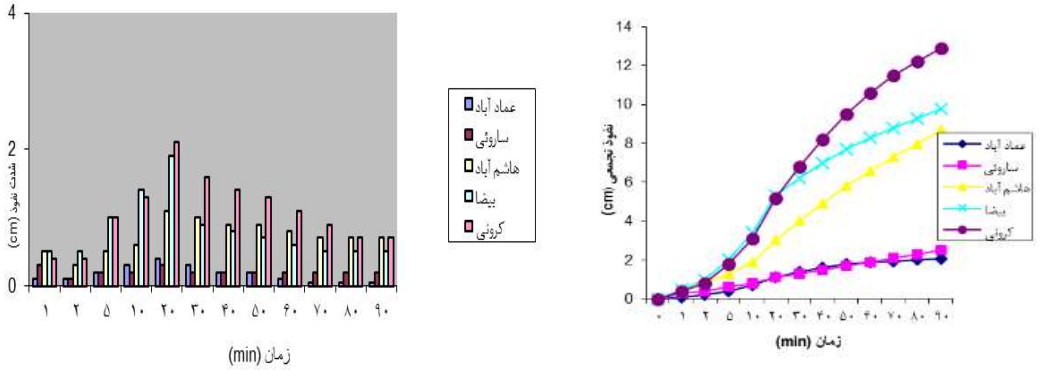
تشریح نیمرخ‌های خاک و برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن‌ها در جدول ۱ نشان داده شده است. خاک‌های مورد مطالعه همگی آهکی بوده و مقدار رس زیادی دارند و در سه راسته آلفی‌سولز، اینسپتی‌سولز و انتی‌سولز قرار گرفتند. خاک‌های منطقه دارای مقادیر متفاوتی از ذرات شن، سیلت و رس هستند. دامنه تغییرات شن خاک‌ها از ۱۱/۳۶ تا ۴۷/۳۶ درصد (با میانگین ۲۴/۱۱ درصد)، سیلت خاک‌ها از ۲۴ تا ۴۶ درصد (با میانگین ۳۳/۷۷ درصد) و رس خاک‌ها بین ۱۴/۲۸ تا ۶۱/۵۶ درصد (با میانگین ۴۲/۱۱ درصد) می‌باشد. بافت خاک‌ها از لومی (L) تا رسی (C) متغیر است. حدود تغییرات pH خاک‌ها بین ۷/۴۹ تا ۹/۳۷ می‌باشد و در محدوده قلیایی می‌باشند. خاک‌های مورد مطالعه به جز سری عمادآباد، ساروئی و کرونی همگی در محدوده غیرشور قرار دارند و ظرفیت تبادل کاتیونی بین ۱۱/۹۱ تا ۲۶/۹۴ سانتی‌مول بار بر کیلوگرم متغیر است. مقادیر مختلف سدیم در پروفیل‌های مختلف با استفاده از دستگاه فلیم فوتومتر اندازه گیری شد. و در نهایت پارامترهای تحت تاثیر آن نیز در خاکهای مورد نظر بررسی شد.

نفوذ

نفوذ آب به خاک فرایند اولیه ورود آب از سطح خاک به داخل ناحیه غیر اشباع خاک می‌باشد. این فرایند یکی از اجزای اصلی چرخه هیدرولوژی است. کمی کردن پدیده نفوذ آب به خاک در مدیریت حوزه‌های آبخیز از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است. پیش‌بینی سیل خیزی، فرسایش خاک و انتقال آلاینده‌ها همگی به میزان رواناب ایجاد شده بستگی دارد که به طور مستقیم به پدیده نفوذ آب به خاک وابسته می‌باشد. هم‌چنین کمی کردن نفوذ به منظور تعیین مقدار آب قابل دسترس برای رشد گیاه و تخمین مقدار آب اضافی مورد نیاز که باید از طریق آبیاری تامین شود و نیز طراحی سیستم‌های آبیاری دارای اهمیت می‌باشد (Philip and De Vries, 1957). نتایج حاصل از اندازه‌گیری نفوذ آب در صحرا نشان داد که در سری‌های خاک عمادآباد و ساروئی هر کدام به دلیل بالاتر بودن مقدار سدیم و رس مقدار نفوذ آب در آنها کمتر از سایر سری‌های خاک است. که برای درک بهتر میزان نفوذ آب در خاک منحنی مقدار نفوذ تجمعی آب در خاک و شدت نفوذ آب در خاک در سری‌های مختلف در شکل ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مورد مطالعه

سری خاک	افق	pH	ماده آلی (٪)	آهک (٪)	رس	سیلت ٪	شن	ظرفیت تبادل کاتیونی $Cmol_{(+)}.Kg^{-1}$	EC ($dS.m^{-1}$)	SAR	رده‌بندی آمریکایی
عمادآباد	A	۸/۳۳	۰/۳۲	۳۸	۲۵/۶	۴۶	۲۸/۴	۱۵/۸	۲۲/۴	۱۹۰/۱	Typic Natrixeralfs (اراضی پست)
	Btn_1	۹/۱۸	۰/۲۵	۳۶	۴۷/۶	۳۴	۱۸/۴	۲۵/۲۷	۳/۵۸	۳۰/۱۱	
	Btn_2	۹/۳۷	۰/۲۲	۲۷	۳۳/۶	۳۸/۷	۲۷/۷	۱۸/۴	۱/۵۳	۱۵/۲۵	
	Btn_3	۹/۳۰	۰/۰۱۷	۲۶/۵	۴۱/۶	۳۶/۷	۲۱/۷	۲۰/۰۵	۱/۰۸	۱۳/۹۵	
ساروئی	A	۸/۳۱	۱/۲۲	۲۹/۵	۵۵/۶	۲۶/۷	۱۷/۷	۲۴/۳۷	۰/۸	۳/۷۶	Aqiuc Haploxerepts (اراضی پست)
	Bg_1	۸/۳۳	۰/۷۴	۳۳	۶۰/۳	۲۴/۳	۱۵/۴	۲۲/۸	۲/۹۳	۸/۲۳	
	Bg_2	۸/۱۶	۰/۶۸	۳۶/۵	۶۱/۶	۲۷	۱۱/۴	۲۰/۴۸	۴/۵	۵/۰۶	
هاشم‌آباد	Ap	۷/۷۹	۱/۱۹	۴۰	۵۳/۶	۳۰/۷	۱۵/۷	۲۳/۳۷	۰/۵۷	۰/۹۷	Typic Fluvaqents (تراس پایینی رودخانه)
	C_1	۷/۸۲	۰/۴۷	۳۹	۵۵/۹	۳۰/۷	۱۳/۴	۲۴/۳۷	۱/۱۱	۰/۱۸	
	Cg_2	۷/۹۳	۰/۲۷	۳۷	۶۱/۲	۲۵/۵	۱۳/۳	۲۶/۹۴	۱/۱۳	۱/۰۴	
	Cg_3	۸/۰۵	۰/۳	۳۶/۵	۵۸/۶	۲۴	۱۷/۴	۲۴/۸۸	۰/۷۹	۱/۲۵	
بیضا	Ap	۷/۶۸	۱/۴۶	۴۴	۲۸/۳	۴۴	۲۷/۷	۲۵/۳۹	۰/۵۵	۱/۵۶	Typic Calcixerepts (دشت دامنه‌ای)
	Bw_1	۷/۹۶	۰/۶۸	۴۵/۵	۲۶/۳	۴۰	۳۳/۷	۲۴/۸	۰/۴۸	۰/۷۸	
	Bw_2	۷/۸۰	۰/۳۴	۴۹/۵	۳۸/۳	۳۴	۲۷/۷	۲۶/۴۲	۰/۴۴	۰/۶۵	
	Bk	۷/۸۴	۰/۰۵	۵۴	۳۹	۳۸/۷	۲۲/۳	۲۶/۹۴	۰/۶۳	۰/۸۴	
کرونی	Ap	۷/۴۹	۱/۳۲	۵۵	۱۴/۳	۳۸/۳	۴۷/۴	۱۸/۶۳	۱/۷۶	۰/۶۳	Aquic Xerorthents (دشت آبرفتی)
	C_1	۷/۹۳	۰/۳۷	۵۲	۲۲/۶	۳۰/۴	۴۷	۱۲/۲۹	۲/۲۸	۱/۱۷	
	Cg_2	۷/۹۳	۰/۲۰	۴۹	۳۴/۳	۳۸	۲۷/۷	۱۱/۹۱	۲/۵۵	۰/۷۶	



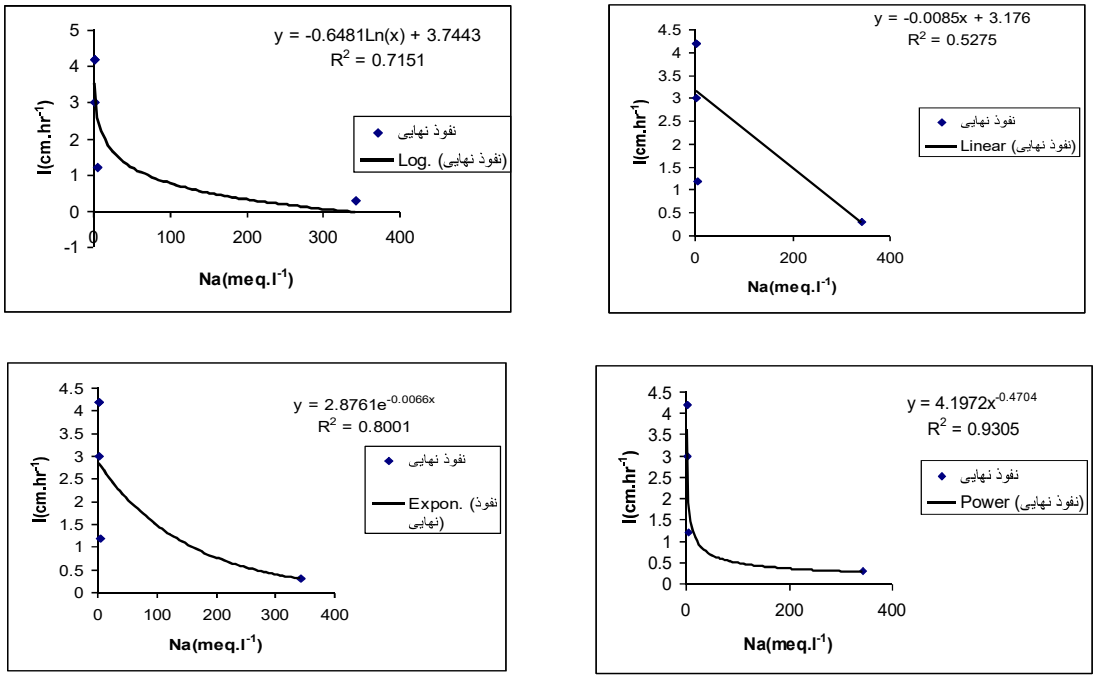
شکل ۱- نفوذ تجمعی و شدت نفوذ آب در بازه‌های زمانی متفاوت در خاکهای مورد مطالعه

منحنی‌های نفوذ تجمعی و شدت نفوذ به خوبی بیانگر کاهش میزان نفوذ آب در خاک‌های سری عمادآباد و ساروئی می‌باشد. کاهش هدایت هیدرولیکی در خاک با افزایش سدیم تبادلی و غلظت الکترولیت همراه است. که در درجه اول باعث افزایش تورم (انبساط) تاکتوئیدهای رسی می‌شود. که در این خاک‌ها افزایش تورم رس‌ها باعث کاهش قطر منافذ هدایت کننده‌ی آب و افزایش مقاومت در برابر جریان و نفوذ آب می‌شود. سرعت نفوذ نهایی براساس تعریف کاهش سرعت تغییرات سرعت متوسط نفوذ به کمتر از ۵ درصد در بازه‌های زمانی متوالی، برآورد و ثبت گردید. خاک‌های سدیمی با تخریب ساختمان خاک که به دلیل فرآیندهای فیزیکی خاص (انبساط و پراکنده شدن رس‌ها) رخ می‌دهد روبرو هستند (Quirk, 2001). انبساط، مسدود شدن منافذ درشت و کاهش شدید و غیر قابل برگشت هدایت آبی از تبعات سدیمی شدن است (Van der zee *et al.*, 2010).

در پایان با استفاده از معادلات ریاضی تابع خطی، لگاریتمی، نمایی و توانی، بر اساس بالاترین مقدار R^2 مناسب‌ترین معادله میان نفوذ نهایی،SAR و EC با مقدار سدیم خاک تعیین گردید. بر اساس این معادلات مقدار سدیم با نفوذ نهایی بالاترین هم‌بستگی را در حالت رابطه نمایی با R^2=۰/۹۳۰۵ نشان می‌دهد. (جدول ۲). نمودارهای مربوط به معادلات ریاضی رابطه میان سدیم با نفوذ نهایی در شکل ۲ نشان داده شده است.

جدول ۲- معادلات ریاضی مربوط به تعیین رابطه میان سدیم و پارامترهای تحت تاثیر آن

	رابطه خطی	R^2	رابطه لگاریتمی	R^2	رابطه نمایی	R^2	رابطه توانی	R^2
Na-I_f	Y= -0.0085x + 3.176	0.5275	Y= -0.6481Ln(x) + 3.7443	0.7151	$Y=4.1972x^{-0.4704}$	0.9305	$Y=2.8761e^{-0.0066x}$	0.8001
Na-SAR	Y= 0.5592x	0.9908	Y= 22.861Ln(x) - 20.018	0.6231	$Y= 0.5611x^{1.0224}$	0.9229	$Y= 1.8741e^{0.0147x}$	0.5175
Na-EC	Y= 0.067x	0.9253	Y= 2.6614 Ln(x)- 1.3932	0.6502	$Y= 0.5893x^{0.5704}$	0.7724	$Y= 1.1236e^{0.0093x}$	0.5536



شکل ۲- نمودارهای رابطه میان نفوذ نهایی با مقدار سدیم

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد خاک‌های منطقه مطالعه شده در سه راسته آلفی‌سولز، اینسپتی‌سولز و انتی‌سولز قرار گرفتند که شامل گروه‌های بزرگTypic Natrixealfs، Aquic Haploxerepts، Typic Fluvaquents، Typic Calcixerepts، Aquic Xerorthents می‌باشند. همچنین خاک‌های دارای سدیم تبادلی بیشتر (سری‌های عمادآباد و سارویی) نفوذپذیری کمتری نسبت به سایر خاک‌ها داشتند.

فهرست منابع

۱. افیونی ، م، مجتبی پور، ر. نوربخش، ف . (۱۳۷۶). خاکهای شور، سدیمی واصلاح آنها. انتشارات ارکان اصفهان. ۲۱۸ص.

۲. خوشگفتارمنش، ا.، سیادت، ح. (۱۳۸۱). تغذیه معدنی سبزیجات و محصولات باغی در شرایط شور. معاونت امور باغبانی وزارت جهاد کشاورزی، انتشارات نشر آموزش کشاورزی، ۸۶ ص.

۳. غفاری، ح، نیشابوری، م.ر. (۱۳۹۱). اثرات شوری و سدیمی بودن آب آبیاری بر شاخص های کیفیت فیزیکی خاک. نشریه آب و خاک ۲۶ (۱). ۷۴-۶۵.

4. Dhaliwal, G.S., Sangha, G.S. & Ralhan, P.K. (2000). Fundamentals of Environmental Science, Kalyani Publisher., New Delhi.
5. Jafarpoor, F., Manafi, S., & Poch, R. M. (2021). Textural features of saline-sodic soils affected by Urmia Lake in the Northwest of Iran. Geoderma, 392, 115007.
6. Khormali, F., Abtahi, A., Mahmoodi, S., & Stoops, G. (2003). Argillic horizon development in calcareous soils of arid and semiarid regions of southern Iran. Catena, 53(3), 273-301.
7. Philip, J. R., & De Vries, D. A. (1957). Moisture movement in porous materials under temperature

gradients. Eos, Transactions American Geophysical Union, 38(2), 222-232.
8. Qadir, M., & Oster, J. D. (2004). Crop and irrigation management strategies for saline-sodic soils and waters aimed at environmentally sustainable agriculture. Science of the total environment, 323(1-3), 1-19.
9. Szabolcs, I. (1989). Salt-affected soils, Boca Raton, Florida, CRC Press
10. Van der Zee, S. E. A. T. M., Shah, S. H. H., Van Uffelen, C. G. R., Raats, P. A., & Dal Ferro, N. (2010). Soil sodicity as a result of periodical drought. Agricultural Water Management, 97(1), 41-49.

The effect of sodium on the permeability of dominant soil series in Dorodzan region of Fars province

Sirous Shakeri[1*], Abolfazl Azadi[2], Zahra Emadi[3], Gholam Reza Zareaian[4]
[1*]Department of Agriculture, Payame Noor University, Tehran, Iran. Email: Shakeri@pnu.ac.ir
[2]Department of Soil and Water Research, Khuzestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Ahvaz, Iran
[3]Department of Environmental Health Engineering, School of Health, Shahrekord University of Medical Sciences
[4]Department of Soil and Water Research, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Shiraz, Iran

Abstract

This research was conducted to investigate the effect of sodium on the formation as well as some characteristics of soils in Dorodzan region of Marvdasht. The location of 10 profils was selected and excavated based on previous studies of the pedological map and from different physiographic units including low land, lower river terrace, piedmont plain and alluvial plain, and finally five excavations were selected as controls. The results showed that the soils of the study area are in three orders: Alfisols, Inceptisols and Entisols. The results of measuring water infiltration in the field showed that in Emadabad and Saroei soil series, each of them is less than other soil series, due to the higher amount of sodium and clay. Finally, using the mathematical equations of linear, logarithmic, exponential and power functions, based on the highest value of R^2, the most appropriate equation between final infiltration, SAR and EC with the amount of soil sodium was determined. Based on these equations, the amount of sodium with the final infiltration showed the highest correlation in the exponential relationship with R^2 = 0.9305.

Keywords: Dorodzan, Sodium, Infiltration, Soil series

مدلسازی و پیش‌بینی مکانی تغییرات سطحی و عمقی کربنات کلسیم معادل در دشت قزوین

سید روح اله موسوی[1]، فریدون سرمدیان[2]، محمود امید[3]، پاتریک بوگارت[4]

۱- دانشجوی دکتری علوم و مهندسی خاک دانشگاه تهران

۲- استاد علوم و مهندسی خاک دانشگاه تهران

۳- استاد گروه مهندسی ماشینهای کشاورزی دانشگاه تهران

۴- استاد دانشکده محیط زیست و علوم زمین دانشگاه کاتولیک دی لوون بلژیک

چکیده

امروزه در اغلب مطالعات نقشه‌برداری رقومی خاک، به‌طور قابل توجهی محققین به مطالعه و مدلسازی تغییرات مکانی کربن آلی خاک می‌پردازند، در حالیکه اشکال معدنی کربن بویژه در مناطق خشک و نیمه خشک از قبیل دشت قزوین که اغلب به شکل کربنات‌ها وجود دارد کمتر مورد توجه قرار گرفته‌اند. پژوهش حاضر با هدف مدلسازی و پهنه‌بندی تغییرات عمقی درصد کربنات کلسیم معادل خاک (CCE%) در پنج عمق استاندارد پروژه جهانی نقشه خاک بر مبنای دو سناریو مدلسازی از مجموعه داده‌های متغیرهای کمکی و با استفاده از مدل جنگل تصادفی (RF) صورت پذیرفت. از روش تجزیه مولفه‌های اصلی (PCA) برای انتخاب مناسبترین متغیرهای کمکی استفاده گردید. نتایج نشان داد که در نهایت پنج متغیر کمکی مدل رقومی ارتفاع، سبزینگی (تبدیل تسلدکپ)، اثر باد، میانگین دمای سالانه و احتمال افق کلسیک (Cal.hr) انتخاب گردیدند. نتایج مدلسازی موید کارائی مناسب مدل RF در پیش‌بینی مکانی تغییرات عمودی CCE% بود، به‌نحویکه در سناریو S1 و S2 به‌ترتیب بالاترین صحت در دو لایه سطحی و سپس سه لایه زیر سطحی ارائه نماید (R^2>۰/۷۰). بطورکلی در شرایطی که مدل RF با متغیرهای محیطی مناسب مثل ویژگی‌هایی منتخب از خود خاک (*Cal.hr*) واسنجی گردد قادر است، کارائی بالایی را در پیش‌بینی ویژگی‌های خاک ارائه نماید.

کلمات کلیدی: عمق استاندارد، کربن معدنی خاک، متغیرهای محیطی کمکی، نقشه برداری رقومی

مقدمه

در بیشتر مطالعات مربوط به توزیع کربن خاک، به توزیع سه‌بعدی کربن معدنی کمتر مورد توجه قرار گرفته است. کربنات کلسیم شکل غالب کربنات‌ها در خاک‌های مناطق خشک و نیمه خشک است که دانشتن توزیع سه‌بعدی آن برای شناسایی عوامل موثربر توزیع آن، پیش‌بینی برخی رفتارهای مهم و مدیریت بهتر خاک اهمیت دارد (امیریان چکان و همکاران، ۱۳۹۶). نقشه‌برداری رقومی خاک برای پیش‌بینی الگوی مکانی تغییرات خاک‌ها در سرایر زمین‌نما، میان اطلاعات مربوط ویژگی‌ها ی کلاس‌های خاک با داده‌های محیطی بر اساس یکسری روش‌های ریاضیاتی و آماری ارتباط برقرار می‌کند (Witten et al. 2011). در مطالعات متعددی محققین به مدلسازی و پهنه‌بندی شکل آلی خاک پرداخته‌اند (Silatsa et al. 2020; Matinfar et al. 2021) اما در مورد مهمترین پیشران‌های محیطی و تغییرات سطحی و عمقی فرم معدنی کربن در خاک‌های ایران مطالعات محدودی گزارش شده است بنابراین تحقیق حاضر با هدف ارزیابی استفاد از دو دسته داده از متغیرهای محیطی (سناریو *S1* و *S2*) به مدلسازی تغییرات *CCE%* در پنج عمق استاندارد پروژه جهانی خاک در بخشی از اراضی دشت قزوین با استفاده از مدل *RF* می‌پردازد.

مواد و روش‌ها

تحقیق حاضر در بخشی از اراضی دشت قزوین در حدواسط شهرستان‌های آبیک در استان قزوین و نظر آباد در استان البرز (″۳۵/۰۶ ′۱۵ °۵۰ تا ″۲۵/۵۳ ′۲۹ °۵۰ طول شرقی و ″ ۳۰/۳۸ ′۵۴ °۳۵ تا ″۳۸/۸۳ ′۵۴ °۳۶ عرض شمالی) صورت پذیرفت. متوسط ارتفاع منطقه ۱۴۴۰ متر از سطح دریای آزاد می‌باشد و به‌ترتیب دارای متوسط بارندگی ۲۸۵ میلی‌متر و دما ۱۴ /۳۵ درجه سانتی‌گراد است که رژیم طوبتی و حرارتی خاک‌ها بر اساس داده‌های هواشناسی بلند مدت (۴۹ ساله- ایستگاه

هواشناسی قزوین ۱۳۹۸-۱۳۴۹) بترتیب زریک خشک، اردیک ضعیف، آکوییک و ترمیک می‌باشد. مطالعات میدانی شامل تعیین موقعیت، حفر و تشریح ۲۸۷ خاکرخ مشاهداتی (شکل ۱) بر اساس روش طبقه‌بندی تصادفی و نظر کارشناس با متوسط فاصله ۷۵۰ متر در محدوده‌ای با مساحت ۶۰۰۰۰ هکتار و نمونه‌برداری از کلیه افق‌های ژنتیکی آن‌ها انجام گردید. پس از انتقال نمونه‌های خاک به آزمایشگاه، درصد کربنات کلسیم معادل به روش تیتراسیون اندازه‌گیری گردید.

استاندارد سازی تغییرات عمقی

با توجه به اینکه یکی از اهداف این تحقیق بررسی تغییرات سطحی و عمقی *CCE%* در اعماق استاندارد معادل با پروژه جهانی تهیه نقشه خاک می‌باشد. مقادیر سطحی و عمقی *CCE%* بر اساس روش تابع عمقی اسپیلاین با مساحت برابر در پنج عمق استاندارد ۰-۵، ۵-۱۵، ۱۵-۳۰، ۳۰-۶۰ و ۶۰-۱۰۰ سانتی‌متر همسان‌سازی و برآورد گردیدند.

متغیرهای محیطی کمکی و انتخاب آنها

متغیرهای محیطی کمکی مورد استفاده در این تحقیق شامل مشتقات اولیه و ثانویه مدل رقومی ارتفاع با وضوح مکانی ۱۲/۵ متر برگرفته از ماهواره آلوس پالسار، تصاویر سنجنده‌های لندست (*PLI/TIRS*) ماهواره لندست ۸ با وضوح مکانی ۳۰ متر، اطلاعات اقلیمی شامل میانگین بارش و دما و نقشه احتمال افق ژنتیکی کلسیک (*Cal.hr*) (روش کریجینگ بیزین) به‌عنوان نمایندگان فاکتورهای خاک‌سازی تهیه گردیده و سپس وضوح مکانی همه آنها با اندازه ۱۵ متر در نرم افزار *Arc GIG 10.6.1* یکسان گردید. در این تحقیق برای انتخاب دسته داده مناسب از میان متغیرهای محیطی از روش نیمه خودکار نظارت نشده PCA استفاده گردید (Levi and Rasmussen, 2014).

مدلسازی مکانی

پیش‌بینی مکانی مقادیر *CCE%* در هر یک از لایه‌های استاندارد مورد نظر با استفاده از مدل *RF* به عنوان یکی از مدل‌های یادگیری ماشین توامند در فرآیند مدلسازی روابط خاک –زمین‌نما (Liaw and Wiener, 2002) در قالب دو سناریو از مجموعه متغیرهای محیطی منتخب شامل سناریو S1 مدلسازی *CCE%* با استفاده از متغیرهای محیطی بدون حضور *Cal.hr* و سناریو S2 مدلسازی *CCE%* با استفاده از نقشه Cal.hr و سایر متغیرهای کمکی منتخب صورت پذیرفت. تمامی فرآیند مدلسازی در نرم افزار آماری *R* و با استفاده از بسته‌های تخصصی "*caret*" و "*random forest*" انجام گردید.

اعتبار سنجی

ارزیابی کارائی مدل *RF* بر اساس دو شاخص آماری ضریب تبیین (R^2) و ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE) صورت پذیرفت (روابط ۱ و ۲).

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{n}(Y_i - P_i)^2}{\sum_{i=1}^{n}(Y_i - \overline{Y})^2} \quad (1) \qquad RMSE = \sqrt{1/n \sum_{i=1}^{n}(Y_i - P_i)^2} \quad (2)$$

در معادلات فوق Y_i: مقادیر اندازه‌گیری شده، P_i: مقادیر پیش‌بینی‌شده شوری خاک، $\overline{Y}$ میانگین مقادیر اندازه‌گیری شده و n: تعداد مشاهدات است.

نتایج و بحث

توصیف آماری تغییرات سطحی و عمقی درصد *CCE%*

نتایج خلاصه آماری تغییرات سطحی و عمقی *CCE%* در اعماق استاندارد مورد مطالعه طبق جدول ۱ بیانگر این است که حداقل و حداکثر مقدار آن در عمق ۰-۵ و ۶۰-۱۰۰ سانتی‌متری به ترتیب با مقادیر ۰/۲ تا ۷۰/۱ درصد مشاهده گردید. میانگین مقادیر CCE% از سطح به عمق به ترتیب برابر ۱۱/۹، ۱۲/۱، ۱۵/۱، ۱۵/۱ و ۱۶/۹۰ درصد بود که بیانگر افزایش میزان میانگین آهک از سطح به عمق در خاک‌های مورد مطالعه می‌باشد که در همین راستا روند مشاهی توسط (Tan et al. 2014) در بررسی خاک‌های لسی چین نیز مشاهده گردید. تغییرات عمودی *CCE%* بر اساس طبقه‌بندی ارئه شده توسط (Wilding,

1945) دارای تغییرات بسیار زیاد (بیش از ۳۵ درصد) در همه اعماق می‌باشد. میزان ضریب تغییرات *CCE%* جز در عمق پنجم، در چهار عمق اول با اختلاف ناچیزی از سطح به عمق دارای یک روند کاهشی می‌باشد که این تغییرات با توجه به اینکه بخش غالب منطقه دارای کاربری کشاورزی با زراعت‌های آبی و دیم می‌باشد و متاثر از عملیات شخم می‌باشند که باعث همگن شدن لایه‌های خاک می‌گردد که در ادامه نتایج مشاهبهی توسط امیریان چکان و همکاران (۱۳۹۶) در خاک‌های خوزستان نیز گزارش گردید.

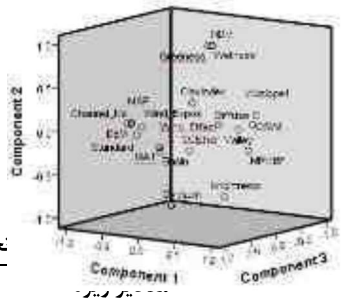
جدول ۱: توصیف آماری تغییرات *CCE%* در اعماق استاندارد

شاخص آماری	عمق خاک (سانتی‌متر)				
	۰-۵	۵-۱۵	۱۵-۳۰	۳۰-۶۰	۶۰-۱۰۰
حداقل	۰/۲۰	۰/۴۷	۰/۴۶	۰/۳۴	۰/۴۳
حداکثر	۵۹/۴	۵۶/۱	۶۵/۴۴	۵۵/۲	۷۰/۱
میانگین	۱۱/۹	۱۲/۱	۱۳/۲۹	۱۵/۱	۱۶/۹
انحراف معیار	۸/۱۲	۷/۹۰	۸/۳۶	۹/۲۲	۱۰/۷
ضریب تغییرات	۶۷/۸	۶۴/۶	۶۲/۹۶	۶۰/۶	۶۳/۴

٪

متغیرهای محیطی منتخب

همانگونه که اشاره گردید از روش PCA برای انتخاب مناسبترین متغیرهای محیطی کمکی استفاده گردید که در نهایت از مجموع ۲۰ متغیر محیطی، پنج متغیر شامل ارتفاع (*DEM*)، اثر باد (*Wind effec*t)، سبزینگی (*Gerriness*)، میانگین دمای سالیانه (*MAT*) و احتمال افق کلسیک (*Cal.hr*) انتخاب گردیدند (شکل ۱). نتایج PCA نشان داد (جدول ۲) به ترتیب از PC1 تا PC5 هر یک از متغیرهای منتخب ۲۶، ۲۰/۵، ۱۵، ۱۰ و ۹ درصد از کل واریانس تجمعی (۸۰/۵) را شامل می‌شوند.



شکل ۱: نمای سه بعدی از نتایج روش *PCA*

جدول ۲: نتایج مقدار د تجزیه مولفه‌های اصلی

متغیر محیطی منتخب	درصد واریانس تجمعی	درصد واریانس	مولفه‌های اصلی
DEM	۲۶	۲۶	PC1
MAT	۴۶/۵	۲۰/۵	PC2
Greenness	۶۱/۵	۱۵	PC3
Cal.hr	۷۱/۵	۱۰	PC4
Wind effect	۸۰/۵	۹	PC5

مدلسازی و پیش‌بینی مکانی *CCE%*

در شکل ۲ نقشه‌های پیش‌بینی مکانی *CCE%* در اعماق استاندارد بر اساس دو سناریو S1 و S2 و متغیرهای پیش‌ران محیطی مربوط به آنها ارائه شده است. الگوی کلی نقشه بیانگر وجود یک پراکنش مشابه از سطح تا عمق می‌باشد. بیشترین مقدار *CCE%* مربوط به بخش‌های مرکزی منطقه صورت یک نوار طولی از شرق به غرب دراعماق سطحی تا اضافه شدن بخش‌های شمالی و شمال شرقی منطقه در لایه‌های زیر سطحی می‌باشد. بر اساس هر دو سناریو در عمق اول نتایج پراکنش مکانی *CCE%* دارای تفاوت چندانی با یکدیگر نمی‌باشند در حالیه در اعمال سوم تا پنجم بر اساس جدول ۲ (اهمیت نسبی

متغیرهای محیطی) و به دلیل اینکه افق کلسیک یک افق ژنتیکی زیر سطحی می‌باشد اثر لایه محیطی *Cal.hr* بیشتر از سایر متغیرهای کمکی دیگر بویژه *DEM* بوده که در ادامه ضمن ارائه صحت پیش‌بینی بالاتر الگوی مشابهتری از میزان *CCE%* بر اساس مشاهدات میدانی نشان داده است. با توجه به اینکه از سطح به عمق میانگین *CCE%* افزایش می‌یابد به نظر می‌رسد انتقال آهک از سطح به عمق و طی فرآیند آبشویی و زهکشی مناسب خاک‌ها در منطقه مورد مطالعه صورت پذیرفته است و انتقال املاح به لایه‌های عمقی بخوبی صورت پذیرفته است (Egli & Fitz, 2001). در سناریو S1 متغیر *DEM* به عنوان نماینده فاکتور خاکسازی توپوگرافی در همه اعماق و سپس *Wind effect* در دو لایه اول و *MAT* در سه لایه زیرین دارای بیشترین تاثیر در پیش‌بینی *CCE%* برخوردار بودند. در سناریو S2 مشابه سناریو S1 در دو عمق اول *DEM* و سپس در سه لایه زیرین برخلاف سناریو S1، متغیر کمکی *Cal.hr* بالاترین اهمیت را در توجیه تغییرات مکانی آهک ارائه نمودند (جدول ۳). موسوی و همکارن (۱۳۹۹) در مدلسازی مکانی تغییرات سطحی *CCE%* در اراضی قروه- دهگلان کردستان نتیجه گرفتند که شاخص موقعیت توپوگرافی نسبت به سایر متغیرهای کمکی مورد استفاده بالاترین اهمیت را بر روی پیش‌بینی مکانی *CCE%* در عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری خاک اراده نمود. همچنین در مطالعه دیگری رحمانی و همکاران (۱۳۹۹) نیز سه نماینده توپوگرافی شامل شاخص موقعیت توپوگرافی، لندفرم و *DEM* را موثرترین پارامترها را بر روی پیش‌بینی اهک خاک سطحی در اراضی تحت کشت دیم کوهین در قزوین گزارش نمودند. در همین راستا (Adhikari et al. 2018) بیان نمودند مدل رقومی ارتفاع و پارامترهای مشتق شده از آن نقش اساسی را در نقشه‌برداری رقومی منطقه آرکانساس داشتند.

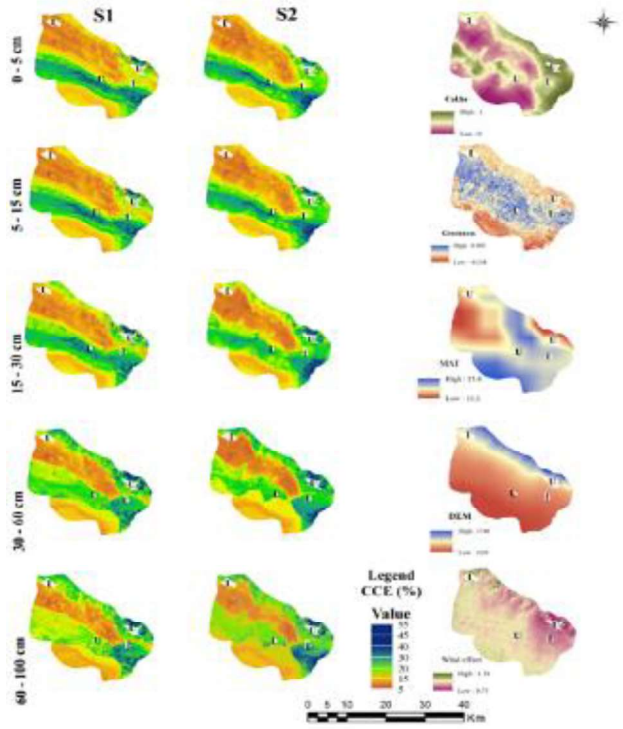
جدول ۳: اهمیت نسبی متغیرهای محیطی پیش بینی کننده درصد کربنات کلسیم معادل با مدل *RF*

سناریو (S1)	سناریو (S2)
0-5 cm	0-5 cm
Dem> Cal.hr> Greenness> MAT> Wind effect	Dem> Wind effect> MAT>Greenness
5- 15 cm	5 -15 cm
Dem> Cal.hr> MAT> Wind effect> Greenness	Dem> Wind effect> MAT> Greenness
15-30 cm	15 -30 cm
Cal.hr>Dem>MAT> Wind effect> Greenness	Dem> MAT> Greenness > Wind effect
30 -60 cm	30 -60 cm
Cal.hr>Dem>MAT> Wind effect> Greenness	Dem> MAT> Greenness > Wind effect
60 -100 cm	60 -100 cm
Cal.hr>Dem>MAT> Wind effect> Greenness	Dem> MAT> Wind effect> Greenness

نتایج کارکرد مدل *RF* در دو سناریو مورد نظر در پیش‌بینی تغییرات عمقی CCE% در جدول ۴ ارائه شده است. طبق جدول ... در سناریو ۱ کارائی مدل *RF* از لایه سطحی به عمقی دارای یک روند نزولی و به‌ترتیب بر اساس آماره R^2 با مقادیر ۰/۸۱، ۰/۷۹، ۰/۷۶، ۰/۷۵ و ۰/۷۳ حاصل گردید. در سناریو S2 نیز در دو عمق اول مقادیر R^2 برابر ۰/۷۸ و ۰/۷۷ برای دو عمق ۵-۰ و ۱۵-۵ سانتی‌متر مشاهده گردید که در مقایسه با دو عمق اول سناریو ۱ صحت کمتری را ارائه نمودند. در حالیکه در سناریو S2 نتایج مدلسازی موید این است که بر خلاف سناریو S1 با افزایش عمق صحت نقشه پیش‌بینی تغییرات مکانی CCE% افزایش می‌یابد که می‌توان دلیل این امر را وجود یک متغیر محیطی از جنس خاک (*Cal. hr*) و نقش مهم دخیل نمودن فاکتور (*s*) از معادله *scorpan* بر روی افزایش دقت نتایج نقشه‌برداری خاک دانست که علی رغم سایر مطالعات پیشین (امیریان چکان و همکاران، ۱۳۹۶ و Mulder et al. 2016) که نتیجه گرفتند با افزایش عمق صحت پیش‌بینی مدلسازی کاهش یافت در سناریو S2 موجب افزایش صحت پیش‌بینی CCE% در لایه‌های زیرین خاک گردیده است.

جدول ۴: نتایج اعتبارسنجی مدل RF در پیش‌بینی تغییرات CCE در اعماق استاندارد

سناریو S1		عمق خاک	سناریو S2	
شاخص اعتبارسنجی			شاخص اعتبارسنجی	
عمق خاک	RMSE%	R^2	RMSE%	R^2
۵-۰	۲/۷۱	۰/۸۱	۴/۲۱	۰/۷۸
۱۵-۵	۲/۶۹	۰/۷۹	۳/۵۳	۰/۷۷
۳۰-۱۵	۳/۴۰	۰/۷۶	۳/۲۳	۰/۷۹
۶۰-۳۰	۳/۶۳	۰/۷۵	۲/۶۳	۰/۸۱
۱۰۰-۶۰	۳/۸۶	۰/۷۳	۲/۴۴	۰/۸۳



شکل ۲: نقشه پیش‌بینی مکانی CCE% در اعماق استاندارد و متغیرهای محیطی کمکی در منطقه مورد مطالعه

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که مدل *RF* بخوبی توانست در با استفاده از مجموعه متغیرهای کمکی محیطی که توسط روش انتخاب متغیر نظارت نشده *PCA* تعیین شده بودند، با صحت قابل قبولی قادر بود تا نقشه پیش‌بینی مکانی تغییرات عمودی *CCE%* خاک را در پنج عمق استاندارد پروژه جهانی نقشه‌برداری خاک پیش‌بینی نماید. از میان دو سناریو (*S1* و *S2*) طراحی شده برای ارزیابی دقت مدلسازی مدل *RF* سناریو S1 قارد بود تا دقت‌های بالاتری در مورد پیش‌بینی تغییرات عمقی *CCE%* در دو لایه سطحی (۵-۰ و ۱۵- ۵ سانتی‌متر) ارائه نماید، درحالیکه نتایج حاصل از سناریو S2 نشان‌دهنده ارتقاء صحت نتایج مدلسازی در لایه‌های زیر سطحی در منطقه مورد مطالعه بود. دو متغیر کمکی محیطی *DEM* و *Cal.hr* در سناریوهای مدلسازی مورد نظر بیشترین تاثیر را بر روی توجیه تغییرات مکانی *CCE%* در لایه‌های سطحی و زیر سطحی خاک ارائه نمودند.

فهرست منابع

امیریان چکان، ع. تقی زاده مهرجردی, ر. سرمدیان، ف. حیدری، ا. (۱۳۹۶). تهیه نقشه‌های سه بعدی توزیع اندازه ذرات نهایی سازنده خاک (بافت خاک) با استفاده از معادلات عمق و شبکه‌های عصبی مصنوعی. تحقیقات آب و خاک ایران, ۴۸(۱), ۱۱۳-۱۲۳

رحمانی، ا. سرمدیان، ف. موسوی، س ر. خاموشی، س ع. (۱۳۹۹). کاربرد ویژگی‌های ژئومورفومتری در نقشه‌برداری رقومی خاک با استفاده از منطق فازی و یادگیری ماشین. مرتع و آبخیزداری, ۷۳(۱), ۱۰۵-۱۲۴.

موسوی, س ر. پارسایی، ف. رحمانی، ا. سدری، م ح. کوهسار بستانی، م. (۱۳۹۹). پیش‌بینی مکانی برخی از ویژگی‌های خاک سطحی با استفاده از مدل‌های درون‌یابی و یادگیری ماشین. مجله مدیریت خاک و تولید پایدار, ۱۰(۳), ۲۷-۴۹.

Adhikari, K., Owens, P. R., Ashworth, A. J., Sauer, T. J., Libohova, Z., Richter, J. L., & Miller, D. M. (2018). Topographic controls on soil nutrient variations in a silvopasture system. Agrosystems, *Geosciences & Environment*, 1(1), 1-15.

Egli, M., & Fitze, P. (2001). Quantitative aspects of carbonate leaching of soils with differing ages and climates. Catena, 46(1), 35-62.

Levi, M. R., & Rasmussen, C. (2014). Covariate selection with iterative principal component analysis for predicting physical soil properties. *Geoderma*, 219, 46-57.

Liaw, A., & Wiener, M. (2002). Classification and regression by randomForest. R news, 2(3), 18-22.

Matinfar, H. R., Maghsodi, Z., Mousavi, S. R., & Rahmani, A. (2021). Evaluation and Prediction of Topsoil organic carbon using Machine learning and hybrid models at a Field-scale. *CATENA*, 202, 105258.

Mulder, V. L., Lacoste, M., Richer-de-Forges, A. C., Martin, M. P., & Arrouays, D. (2016). National versus global modelling the 3D distribution of soil organic carbon in mainland France. *Geoderma*, 263, 16-34.

Silatsa, F. B., Yemefack, M., Tabi, F. O., Heuvelink, G. B., & Leenaars, J. G. (2020). Assessing countrywide soil organic carbon stock using hybrid machine learning modelling and legacy soil data in Cameroon. *Geoderma*, 367, 114260.

Tan, W. F., Zhang, R., Cao, H., Huang, C. Q., Yang, Q. K., Wang, M. K., & Koopal, L. K. (2014). Soil inorganic carbon stock under different soil types and land uses on the Loess Plateau region of China. Catena, 121, 22-30.

Wilding, L. P. (1985). Spatial variability: its documentation, accommodation and implication to soil surveys.

Witten, I.H., Frank, E., & Hall, M.A. (2011). Data Mining: Practical machine learning tools and techniques: Morgan Kaufmann. pp. 1-525.

Spatial prediction and modeling of surface and subsurface of calcium carbonateequivalent in Qazvin plain

Abstract

Nowadays, in most digital soil mapping studies, researchers have conducted in-depth studies and modeling of the spatial changes of soil organic carbon, while the dominant form of carbon minerals, especially in arid and semi-arid regions (such as the Qazvin Plain), are carbonates. There is little information about their spatial variation. The aim of this study was to model and prediction the vertical variation of *calcium equivalent carbonate* content (*CCE%*) in the five standard depths of the *Global Soil Map Project* based on two modeling scenarios from environmental covariates data set using a *random forest* (*RF*) model. The *principal component analysis* (*PCA*) was applied to select the most appropriate covariates. The results showed that finally the five environmental covariates of the *DEM, Greenness(tasseled cap transformation), Wind effect, MAT*, and the presence of *Calcic horizon* (*Cal. hr*) were selected. So that in scenario S1 and S2 the highest accuracy *of CCE%* prediction was observed in two surface layers (0-5, 5-10cm) and then three subsurface (15-30, 30-60, 60-100 cm) layers (R^2> 0.70), respectively. Generally, when the *RF* model is calibrated with appropriate environmental variables such as self-selected soil properties such as (*Cal. hr*), it is able to provide high efficiency in predicting soil properties.

Keywords: Digital mapping , environmental covariates, soil inorganic carbon, standard depth

تشکیل و تکامل خاک‌های منطقه قطرویه در ارتباط با سطوح ژئومورفیک

سحر طاقدیس[1*]، محمدهادی فرپور[2]، مجید فکری[2]، مجید محمودآبادی[2]

۱- دانشجوی دکتری گروه علوم و مهندسی خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان staghdis@gmail.com

۲-استاد گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان

چکیده

تغییر هر یک از عوامل پنج‌گانه خاکساز موثر بر تشکیل خاک باعث ایجاد دگرگونی در خصوصیات خاک می‌گردد. مطالعه حاضر به منظور بررسی تاثیر عوامل خاکساز بر تشکیل و تکامل خاک‌های منطقه بیابانی قطرویه در ۵۰ کیلومتری شرق نیریز، در جنوب شرق استان فارس انجام شد. رژیم رطوبتی و حرارتی منطقه به ترتیب اریدیک و ترمیک می‌باشد. پس از انجام عملیات صحرایی و آزمایشگاهی سه سطح ژئومورفیک شامل (پدیمنت پوشیده، دشت دامنه‌ای، اراضی سیلابی) در منطقه تشخیص داده شد. سپس تعداد ۴ پروفیل شاهد در هریک از سطوح ژئومورفیک حفر گردید. سپس خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها مورد مطالعه قرار گرفت. با توجه به رژیم رطوبتی و حرارتی حاکم می‌توان مهمترین عوامل موثر در خاکسازی را توپوگرافی و مواد مادری در نظر گرفت. آب و املاح محلول از نقاط با ارتفاع بیشتر به نقاط پست سرازیر شده و سبب تنوع بافت، شوری و افق‌های مشخصه در این اراضی شده‌است. در طول ردیف توپوگرافی از اراضی مرتفع (پدیمنت) به سمت اراضی سیلابی با زهکشی ضعیف مقدار هدایت الکتریکی و نسبت جذب سطحی سدیم افزایش قابل ملاحظه‌ای نشان داد و در مقابل کربنات کلسیم معادل کاهش یافت. همچنین بافت خاک با پیشروی از سمت اراضی مرتفع به سمت اراضی سیلابی سنگین‌تر گزارش شد. کانی‌شناسی رسی نشان از وجود کانی‌های ایلایت، کلرایت، اسمکتیت و پالیگورسکایت در منطقه مورد مطالعه دارد. بالا بودن شوری و شرایط نامناسب رطوبتی از عمده‌ترین محدودیت‌های خاک برای استفاده از اراضی منطقه می‌باشد. همچنین بررسی خصوصیات خاک نشان از تکامل نسبتاً ضعیف خاک در اراضی مورد مطالعه داشت.

کلمات کلیدی: کانی شناسی رس، توپوگرافی، شوری، دشت دامنه‌ای

مقدمه

خاک به عنوان یکی از مهمترین منابع طبیعی، جایگاه ویژه‌ای را در اکوسیستم کره زمین بر عهده دارد. خاک پیچیده‌ترین ترکیب بیوشیمیایی موجود در طبیعت است که مجموعه‌ای از مواد ریز و درشت با ترکیب شیمیایی مختلف و شبکه ساختمانی پیچیده است که دارای حالات متفاوتی در شرایط حرارت، رطوبت، تغییر ترکیب و موجودات زنده می‌باشد. لذا شناسایی اجزای تشکیل دهنده خاک مهمترین راه‌گشای تعیین نیازهای فیزیکی، شیمیایی و مدیریتی می‌باشد که توسط آن تفسیر فرآیندهای فیزیکی و شیمیایی و پایدار نگه داشتن پتانسیل تولید خاک ممکن می‌گردد. بررسی چگونگی پیدایش، تکوین و تکامل خاک‌ها به عنوان مطالعه‌ای بنیادین و پایه‌ای مطرح می‌باشد(رحمان و همکاران، ۱۹۹۶). تغییر هر یک از عوامل پنج‌گانه خاکساز موثر بر تشکیل خاک باعث ایجاد دگرگونی در خصوصیات خاک می‌گردد. اقلیم و توپوگرافی، دو عامل مهم خاکساز هستند که پیدایش و تکامل خاک را تحت تاثیر قرار می‌دهند. اقلیم نقش مهمی در فرآیندهای خاکسازی و تسریع آن دارد که از طریق عواملی مانند بارندگی، دما، تبخیر و تعرق، یخبندان، باد و تشعشع به طور مستقیم بر برخی از فرآیندهای خاکسازی تاثیرگذار است. عامل پستی و بلندی، تاثیر قابل توجهی روی مشخصات خاک‌های هر منطقه دارد. این عامل به وسیله شیب، جهت شیب، شکل و ارتفاع از سطح دریا بر روی مشخصات خاک‌ها تاثیرگذار است و از طرف دیگر اقلیم و پوشش گیاهی را نیز متاثر می‌سازد(Ritcher et al, 2007).

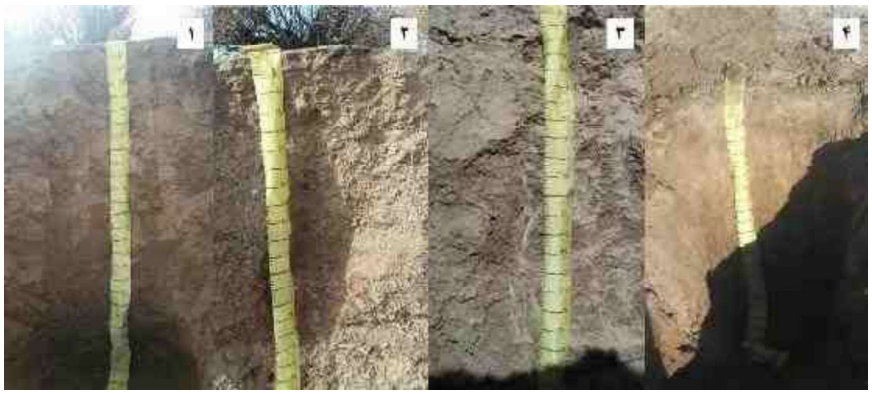
راهب و همکاران (۱۳۹۶) با مطالعه یک ردیف اقلیمی خشک تا نیمه مرطوب گزارش کردند که با افزایش رطوبت، خاک‌های با ذرات ریزتر به علت وجود سطح ویژه بالاتر، توانایی بیشتری برای ذخیره کربن خاک دارند. عامل پستی و بلندی تاثیر قابل توجهی روی مشخصات خاکهای هر منطقه دارد. به طوری‌که روی شیب‌های تند، خاکهای با تحول کمتر، روی شیب‌های متوسط،

خاک‌های با تحول نسبی متوسط و روی شیب‌های کم و اراضی مسطح، خاک‌های تحول‌یافته‌تر به وجود می‌آیند. همچنین جذب و نفوذ آب به داخل خاک نیز رابطه زیادی با پستی و بلندی دارد (جعفری و سرمدیان، ۱۳۸۲). از طرفی شناخت و مطالعه انواع کانی‌های خاک و روند تکامل آنها به دستیابی چگونگی پیدایش، تغییر، تحول و تکامل خاک کمک زیادی می‌کند. از آنجا که برای تشکیل کانی‌ها به شرایط اقلیمی و فیزیکی و شیمیایی ویژه‌ای نیاز است، بنابراین با اطلاع از نوع کانی‌ها می‌توان به شرایط اقلیمی گذشته نیز پی برد. با این وجود تشکیل و پایداری کانی‌های ایجاد شده تحت تاثیر کانی اولیه، مواد مادری و شرایط محیطی می‌باشد (Velde, 1995). با توجه به مطالب ذکر شده هدف از این مطالعه بررسی عوامل موثر خاکساز در تشکیل و تکامل خاک‌های منطقه بیابانی قطرویه و تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی و کانی‌شناسی خاک‌های منطقه مورد مطالعه می‌باشد.

مواد و روش‌ها

موقعیت منطقه مورد مطالعه

دشت قطرویه با وسعت ۲۸۵ کیلومترمربع در جنوب شرق استان فارس واقع شده است. این منطقه از هر سو محدود به ارتفاعات بوده و محیط تقریباً بسته و تبخیری را تشکیل می‌دهد که در نتیجه موجب پیدایش میدان نمکزار و حاشیه کویری اطراف آن شده است. ارتفاع دهستان قطرویه در مرکز ۱۵۵۰ و ارتفاع متوسط دشت ۱۷۲۰ و مناطق کوهستانی حدود ۲۵۰۰ متر از سطح دریای آزاد می‌باشد. این منطقه دارای آب و هوای کویری بوده و دارای رژیم رطوبتی اریدیک و رژیم حرارتی ترمیک می‌باشد. به منظور بررسی عوامل خاکساز از جمله توپوگرافی و نوسانات آب زیرزمینی در تشکیل و تکامل خاک‌های این منطقه و پس از بررسی نقشه توپوگرافی و عکس‌های هوایی تعداد ۴ پروفیل شاهد در سطوح ژئومورفیک مختلف در این منطقه حفر و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن‌ها مورد مطالعه قرار گرفت (شکل۱).



شکل۱. نمایی از پروفیل‌های شاهد در منطقه مطالعاتی

مطالعات آزمایشگاهی

ابتدا نمونه خاک‌ها هوا خشک، کوبیده و از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شدند. سپس خصوصیات فیزیکی و شیمیایی نمونه‌ها اندازه‌گیری شد. پ‌هاش و هدایت الکتریکی خاک به ترتیب در گل و عصاره اشباع توسط دستگاه‌های pH و EC متر اندازه‌گیری گردید. درصد کربنات کلسیم معادل به روش تیتراسیون برگشتی (Page, 1982)، کربن آلی به روش والکی و بلک (1934)، گچ به روش استون (Nelson, 1982)، بافت خاک به روش هیدرومتر (Gee, 2000) و ظرفیت تبادل کاتیونی خاک به روش Chapman (1966) اندازه‌گیری شد. همچنین بخش رس خاک نمونه‌های انتخابی جداسازی و برای مطالعات کانی‌شناسی مورد استفاده قرار گرفت (Kittrick and hope, 1963).

نتایج و بحث

منطقه مورد مطالعه دارای سه سطح ژئومورفیک شامل: پدیمنت پوشیده، اراضی دامنه‌ای و دشت‌های سیلابی می‌باشد. با توجه

به اینکه در این منطقه پستی و بلندی از مهمترین عوامل تشکیل دهنده خاک به شمار می‌رود سعی شد در کلیه واحدها پروفیل شاهد حفر گردد. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی اندازه‌گیری شده پروفیل‌ها به طور خلاصه در جدول ۱ آورده شده است.

پروفیل ۱ واقع در پدیمنت می‌باشد. این اراضی دارای شیب ملایم و بدون پستی و بلندی هستند. مواد مادری در این منطقه از نوع رسوبات آبرفتی دگرگونی می‌باشد. معمولاً این خاک‌ها از منابع آهکی به وجود آمده‌اند و دارای بافت لوم شنی، تکامل نیم رخی نسبتاً خوب و افق کلسیک (Bk) می‌باشند. در لایه‌های مختلف پروفیل کربنات کلسیم ثانویه به شکل سخت دانه و ماتل‌های سفید رنگ مشاهده می‌گردد و مقدار آهک از سطح به عمق به طور منظم افزایش می‌یابد. بیشترین مقدار کربنات کلسیم معادل (۴۳٪) در این پروفیل اندازه‌گیری شد. مقدار هدایت الکتریکی در این پروفیل پایین بوده و بیشترین مقدار آن به ۲/۹ دسی زیمنس بر متر می‌رسد.

پروفیل ۲ نیز در اراضی دامنه‌ای حفر گردید. این نیم رخ خاک دارای شیب ملایم بوده و منبع آن رسوبات آهکی می‌باشد. تکامل پروفیلی نسبتاً ضعیف در لایه‌های مختلف مشاهده می‌شود و در لایه (۱۲۰- ۸۵ سانتی‌متری) افق سالیک مشاهده می‌گردد که در این لایه افزایش مقدار شوری تا ۱۲۲ دسی زیمنس بر متر اندازه‌گیری شد. بافت خاک لوم شنی تا شن بدست آمده و مقدار کربنات کلسیم از سطح (۲۲/۵٪) به عمق (۹/۵٪) کاهش نشان داده است.

پروفیل ۳ در انتهای دشت دامنه‌ای و ابتدای دشت سیلابی حفر گردیده‌است. از این اراضی در حال حاضر به عنوان اراضی کشاورزی استفاده می‌شود منتها خاک این اراضی شور بوده و تنها گیاهان زراعی با تحمل شوری متوسط تا زیاد می‌توانند در آن کشت شوند. مقدار شوری در خاک با افزایش عمق افزایش می‌یابد. این پروفیل دارای تکامل متوسط بوده و افق مشخصه سالیک (Bz) در آن مشاهده می‌گردد. مقادیر SAR با افزایش مقدار املاح و نمک‌های سدیمی به مقدار قابل توجهی افزایش یافته است. مقدار کربنات کلسیم در این پروفیل به طور نامنظم از سطح به عمق تغییر می‌کند. کربن آلی در این نیم‌رخ در مقایسه با سایر پروفیل‌های مورد مطالعه افزایش نشان داد و در محدوده (۰/۷ – ۰/۲ درصد) اندازه‌گیری شد. بافت خاک لوم سیلتی تا سیلت اندازه‌گیری شد که در مقایسه با پروفیل‌های مورد مطالعه تاکنون از مقدار شن خاک کاسته و بافت خاک سنگین‌تر شده‌است.

پروفیل ۴ واقع در اراضی سیلابی می‌باشد. رسوبات در این منطقه عمدتاً از نوع آبرفتی شور هستند. این واحد دارای خاک‌هایی با بافت نسبتاً سنگین بوده که در محدوده لوم رسی سیلتی تا لوم سیلتی متغیر است و افق مشخصه سالیک (Bz) در آنها دیده می‌شود. این اراضی به دلیل زهکشی ضعیف دارای رژیم رطوبتی اکوییک می‌باشند و به علت شوری بالا و بالا بودن سفره آب زیرزمینی در حال حاضر غیر قابل استفاده هستند. این اراضی به شدت شور و سدیمی هستند و قابلیت هدایت الکتریکی با افزایش عمق در آنها کاهش می‌یابد. علیرغم بالا بودن مقدار SAR میزان pH در خاک‌ها بالا نیست که این مسئله به علت زیاد بودن املاح نمکی و عدم وجود کربنات در عصاره خاک است. مقدار کربنات کلسیم از سطح به عمق در حال افزایش است. بیشترین مقدار کربن آلی در این نیم رخ مشاهده می‌گردد. وجود مقادیر بالای کربن آلی در این منطقه را می‌توان ناشی از تجمع بقایای آلی در طول زمان و همچنین تجمع ناشی از حمل این مواد توسط رسوبات از مناطق اطراف و عدم تجزیه این مواد در طول زمان به دلیل شرایط اکوییک و شوری زیاد خاک دانست که این شرایط منجر به کاهش تنفس میکروبی و فعالیت موجودات خاکزی و در نتیجه تجمع این مواد در طول زمان می‌گردد(Kaida et al., 2017).

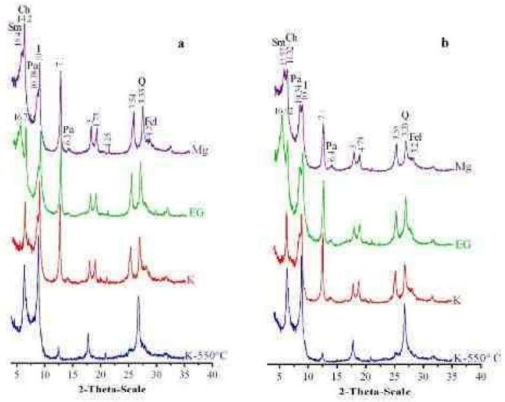
جدول۱. برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی پروفیل‌های شاهد

نوع سطح ژئومورفیک	افق خاک	عمق	pH	EC dS/m	گچ ٪	کربنات کلسیم معادل ٪	کربن آلی٪	شن ٪	سیلت ٪	رس ٪	CEC meq/100gr	SAR $(meq/l)^{0.5}$
پروفیل ۱	A	۱۵-۰	۸	۰/۷	–	۲۴/۵	۰/۰۴	۷۴/۴	۱۶	۹/۶	۱۱/۲	۰/۵۴
(پدیمنت پوشیده)	Bk1	۴۰-۱۵	۸/۲	۰/۷	–	۲۷	۰/۱۱	۷۶/۴	۱۴	۹/۶	۹/۴	۱/۸۸
	Bk2	۵۵-۴۰	۷/۹	۲/۹	–	۲۶	۰/۱۹	۶۶/۴	۲۰	۱۳/۶	۱۱/۲	۷/۳
	Bk3	۸۰-۵۵	۸	۱/۶	–	۲۸/۵	۰/۰۸	۶۶/۴	۲۰	۱۳/۶	۱۱/۲	۵
	Bk4	۹۵-۸۰	۸/۳	۰/۶	–	۳۱/۵	–	۶۸/۴	۱۲	۱۹/۶	۱۱/۲	۲/۱۳
	Ck	۱۴۰-۹۵	۸/۲	۰/۶۲	–	۴۳	۰/۰۴	۸۴/۴	۴	۱۱/۶	۷/۷	۱/۶۶
پروفیل ۲	A	۳۰-۰	۷/۸	۲	–	۲۲/۵	۰/۱۹	۷۴/۴	۱۶	۹/۶	۸/۵	۱/۵۳
(دشت دامنه‌ای)	Bw1	۶۰-۳۰	۸/۳	۱/۵	–	۱۸/۵	۰/۱۱	۹۰/۴	۲	۷/۶	۴/۲	۴/۲۳
	Bw2	۸۵-۶۰	۷/۷	۱۰/۳	–	۱۸/۵	۰/۱۵	۷۰/۴	۸	۲۱/۶	۱۰/۳	۱۷/۱۷

نوع سطح ژئومورفیک	افق خاک	عمق	pH	EC dS/m	گچ ٪	کربنات کلسیم معادل ٪	کربن آلی٪	شن ٪	سیلت ٪	رس ٪	CEC meq/100gr	SAR $(meq/l)^{0.5}$
	Bz	۱۲۰-۸۵	۷/۸	۱۲۲	-	۱۶	۰/۳	۴۸/۴	۳۴	۱۷/۶	۱۵/۵	۱۰۴/۷
	C	۱۶۰-۱۲۰	۷/۷	۶/۳	-	۹/۵	-	۵۶/۴	۲۶	۱۷/۶	۱۸/۲	۷/۹۴
پروفیل ۳	A	۰-۴۰	۷/۸	۱۳/۴	۵/۹	۲۹	۰/۴۱	۴۵/۶	۳۸/۸	۶/۸	۱۲/۹	۹/۹
(اراضی سیلابی)	Bz	۷۵-۴۰	۷/۴	۸۷/۴	-	۳۳/۵	۰/۲۳	۶۱/۶	۲۵/۶	۱۲/۸	۸	۳/۸۲
	Byz1	۱۱۰-۷۵	۷/۲	۴۵۰	۷/۳	۲۴/۵	۰/۷	۳۸/۴	۵۰/۸	۱۰/۸	۱۰/۶	۱۱۹/۵۴
	Byz2	۱۴۰-۱۱۰	۷/۶	۴۰۸	۷	۳۲/۵	۰/۴۲	۶۷/۶	۲۱/۶	۱۰/۸	۶/۲	۱۹۲/۷۴
	Byz3	۱۹۰-۱۴۰	۷/۲	۵۳۰	۶/۱	۳۰/۵	۰/۴۲	۴۱/۶	۴۵/۶	۱۲/۸	۷	۹۵/۳
	Cz	۲۲۰-۱۹۰	۷/۶	۳۴/۵	۴/۱	۲۶	۰/۲	۶۹	۲۱/۲	۹/۸	۱۳/۳	۲۳/۹۳
پروفیل ۴	Az	۰-۲۰	۶/۸	۳۱۵	-	۱۴	۰/۹۷	۱	۶۳/۶	۳۶/۴	۱۳/۳	۴۷۳/۷
(اراضی سیلابی)	Bz1	۵۰-۲۰	۷	۱۰۴	۱/۴	۱۵/۵	۰/۴۳	۰/۸	۶۵/۶	۳۳/۶	۱۶	۳۰۰/۲۵
	Bz2	۹۰-۵۰	۷	۹۵	۱/۲	۲۰/۵	۰/۱۱	۰	۷۹/۲	۲۰/۸	۱۴/۲	۵۰/۱۸

کانی شناسی رس

در ایران به علت منشا رسوبی، خاک‌ها اغلب لایه لایه بوده و از نظر کانی‌شناسی مشابه هستند. کانی‌های غالب در مناطق خشک و نیمه خشک عمدتاً شامل اسمکتیت، ایلایت، کلرایت، پالیگورسکایت و کائولینیت هستند (Baghernejad, 2000). با توجه به شکل ۲ مشاهده می‌گردد که خاک‌های مورد مطالعه حاوی کانی‌های کلرایت، ایلایت، پالیگورسکایت و اسمکتیت می‌باشند. حضور قابل توجه کانی‌های ایلایت و کلرایت در بخش رس وابسته به منشا موروثی این کانی‌ها می‌باشد. این دو کانی می‌توانند در اثر هوادیدگی به کانی‌هایی همچون اسمکتیت تبدیل شوند. حضور اسمکتیت می‌تواند ناشی از تغییر شکل کانی‌های کلرایت و ایلایت، به ارث رسیده و یا نوتشکیل باشد. از آنجا که بعد از رسوب گچ، قلیائیت، نسبت منیزیم به کلسیم و همچنین میزان سیلسیم افزایش می‌یابد، شرایط مطلوبی را برای تشکیل کانی‌های فیبری پالیگورسکایت فراهم نماید. پالیگورسکایت در مناطق با افق کلسیک و جیپسیک منشا پدوژنیک داشته اما منشا موروثی نیز در برخی نقاط گزارش شده است.



شکل۲. پراش نگار نمونه رس a: افق Bz پروفیل ۳ و b: افق Byz3 پروفیل ۳ (Sm: اسمکتیت، Ch: کلرایت، I: ایلایت، Pa: پالیگورسکایت)

نتیجه گیری

در منطقه مورد مطالعه با توجه به رژیم رطوبتی و حرارتی حاکم می‌توان مهمترین عوامل موثر در خاکسازی را توپوگرافی و مواد مادری در نظر گرفت. تاثیر توپوگرافی در تشکیل و تکامل خاک در منطقه عمدتاً از طریق رواناب و زهکشی در زمان‌های گذشته می‌باشد. کانی‌های غالب در خاک‌های منطقه شامل ایلایت، کلرایت، اسمکتیت و پالیگورسکایت تشخیص داده شد. آب و املاح محلول از نقاط مرتفع‌تر به نقاط پست سرازیر شده و سبب تنوع بافت، شوری و افق‌های مشخصه در این اراضی شده‌است. در طول ردیف توپوگرافی در منطقه مورد مطالعه از سمت پدیمنت به سمت اراضی سیلابی با زهکشی ضعیف مقدار EC و SAR افزایش قابل ملاحظه‌ای نشان داد. همچنین از سمت اراضی با ارتفاع بیشتر (پدیمنت) به سمت اراضی سیلابی بافت خاک سنگین‌تر گزارش شد و از مقدار شن خاک کاسته و به مقدار سیلت و رس افزوده می‌گردد. وجود افق سالیک و شرایط نامناسب

رطوبتی از عمده‌ترین محدودیت‌های خاکی برای استفاده از اراضی منطقه می‌باشد. بررسی خصوصیات خاکی در این منطقه نشان از تکامل نسبتاً ضعیف خاک در اراضی مورد مطالعه داشت.

منابع

۱. جعفری، م.، سرمدیان، ف. (۱۳۸۲). مبانی خاکشناسی و رده‌بندی خاک. انتشارات دانشگاه تهران.

۲. راهب، ع، ر . حیدری، ا. محمودی، ش. (۱۳۹۶). تغییرات کربن آلی و غیرآلی در اجزاء اندازه‌ای ذرات خاک‌های تشکیل شده در ردیف اقلیمی خشک تا نیمه مرطوب. مجله تحقیقات آب و خاک ایران. ۴۸(۱): ۱۳۵-۱۲۵

3.Baghernejad, M. (2000). Variation in soil clay minerals of semi-arid regions of Fars province, Iran. *Agriculture Resources*, 19,165- 180.

4. Chapman, H. (1965). "Cation-exchange capacity." Methods of Soil Analysis: Part 2 Chemical and Microbiological Properties, **9**, 891-901.

5.Gee, G.W. (2002). Particle size analysis. In: Jacobe H. D. and Clarke GT(ed), Metohds of Soil Analysis. Part 4. Physical Methods. SSSA. Madison, WI. Pp: 201-214.

6. Kiada, M., Tomotsune , M., limura, Y., (2017). High salinity leads to accumulation of soil organic carbon in mangrove soil. 2017.*Chemosphere,* 177,51-55.

7. Kittric, J. A., and Hope, E. W. (1963). A proceedure for the particle size separation of soil for X-ray diffraction analysis. *Soil Science Society*, 96, 312-325.

8. Nelson, R.E.(1982). Carbonate and gypsum. In: Page, A.L. (Ed.), Methods of Soil Analysis. Agron. Monger. vol. 9. ASA and SSSA, Madison, WI, pp. 181–196.

9. Page, A.L., Miller R.H., and Keeney D.R. (1982). Methods of Soil Analysis, S econd edition. Part2: Chemical and Biological Properties. *Soil Science Society of America Journal*. Inc. Publisher.

10. Rahman, S., L. C. Munn, R. Zhang and G. F. Vance. (1996). Rocky mountain forest soils. Evaluating spatial variability using conventional statistic and geostatics. *Canadian. Ournal of Soil Science*, 97, 501-507

11.Richter, D.D., Hofmockel, M., Callaham, M.A., Powlson, D.S. and Smith, P. (2007). Long-term soil experiments: keys to managing Earth's rapidly changing ecosystem. *Soil Science Society of America Journal* 71: 266–279.

12.Velde, B. (1995). Origin and mineralogy of clays. Clay and the Environment: Springerverlag, Berlin Heidelberg, Germany.

13.Walkey, 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 Science, 37, 29-38.

Soil Genesis and Evolution in Relation to Geomorphic surfaces in Ghatrooye Region

S. Taghdis[1], M. H. Farpoor[2], M. Fekri[2], M. Mahmoodabadi[2]

Ph.D. Student, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman

Professor, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman

Abstract

Any change in soil forming factors results in change in soil properties. This study was aimed to investigate the effects of soil forming factors on soil genesis and evolution in Ghatrooye region. The study area was located on the southeast of Fars province with an aridic and thermic moisture and temperature regimes, respectively. Three geomorphic surfaces including mantled pediment, piedmont plain and flood plain were identified after field investigations. Four soil profiles were excavated on each unit and after description, soil sampling was carried out from different depths. Soil physicochemical properties were determined in lab using standard methods. The results showed that topography and parent materials are the most important soil forming factors on the study area. Water and soluble salts flow from highlands (pediment) to lowlands causing to diversity in soil texture, salinity and diagnostic horizons. Along with the studied toposequence, from highland to weak drained lowlands the electrical conductivity (EC) and sodium adsorptive ratio (SAR) showed a significant increase while the equivalent calcium carbonate was decreased. Also, the soil texture became heavier along with this transect. Illite, chlorite, smectite and palygorskite were detected in this region. The high salinity and unsuitable moisture conditions were the major soil constrains for land use applications in this region. Analysis of soil properties showed that the soils located on the study area have a poor evolution.

Keywords: Clay mineralogy, Piedmont plain, Salinity, Topography.

تشکیل کانی های رسی در خاکهای درجای تشکیل یافته از بازالت در مناطق خشک و نیمه-خشک البرز میانی

علیرضا راهب*[1] و احمد حیدری[2]

۱- استادیار گروه علوم و مهندسی خاک پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران (نویسنده مسئول) (araheb@ut.ac.ir)

۲- استاد گروه علوم و مهندسی خاک پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران (ahaidari@ut.ac.ir)

چکیده

خاک‌های تشکیل شده از سنگ مادر بازالت دارای خصوصیات متمایز بسیاری هستند که بندرت در سایر خاک‌ها یافت می‌شوند. شناسایی و تعیین مقدار کانیهای رسی خاک در مدیریت خاکها بسیار با اهمیت است. بنابراین هدف از این مطالعه بررسی تشکیل کانی های رسی در خاکهای درجای تشکیل یافته از بازالت در دو اقلیم مختلف بود. در این تحقیق ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک‌های تشکیل شده بر روی سنگ مادر بازالت در ۱۸ خاکرخ در دو منطقه خشک و نیمه‌خشک البرز میانی مورد مطالعه قرار گرفت و سپس خصوصیات کانی شناسی در شش خاکرخ مطالعه شد. تحلیل پراش نگاشت‌های اشعه x گویای غالبیت ایلایت و اسمکتایت به ترتیب در خاک‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک بود. نتایج نشان داد که مکانیسم نوتشکیلی و فرآیند تغییر شکل کانی‌های دیگر (به ویژه ایلایت) تشکیل خاک‌ساخت اسمکتایت را در منطقه نیمه‌خشک توجیه می‌کند. در خصوص ایلایت نیز، شواهد گویای منشا پدوژنیک آن در خاکهای مورد مطالعه می‌باشد. منشا ورمی‌کولایت در دو منطقه مورد مطالعه نیز به احتمال زیاد تحت تاثیر هوادیدگی میکا و کلرایت بوده است.

واژگان کلیدی: بازالت، خشک و نیمه خشک، مکانیسم نوتشکیلی، کانی شناسی.

مقدمه

بازالت از جمله سنگ‌های آذرین ریزدانه و بازی بوده که حاوی کانی‌های حساس به هوازدگی هستند و سریع‌تر از سایر سنگ‌های اسیدی هوازده می‌شوند (Caner *et al*., 2014). محصولات هوازدگی آنها به صورت کانی‌های ثانویه و کاتیون‌های مختلف در خاک انباشته می‌شوند و مصرف این محصولات طی فرآیندهای مختلف به تشدید هوازدگی و تشکیل و تکامل خاک خواهد انجامید (Buol *et al*, 2011). از هوازدگی بازالت مقدار زیادی کاتیون‌های کلسیم، منیزیم و آهن و مقدار کمتری یون‌های سدیم و پتاسیم آزاد می‌شود که این کاتیون‌ها باعث تغییرات زیادی در کانی‌شناسی خاک‌ها می‌شوند (Chen *et al*, 2020).

وجود کانی‌های رس و فراوانی نسبی آن‌ها در خاک‌ها اطلاعاتی را در زمینه شرایط تغذیه گیاه، شرایط آب و هوایی گذشته زمین و تغییرات آن، فرآیندهای خاک‌سازی، تغییر و تحولات خاک و پدیده‌های دیاژنز فراهم می‌کند (ترابی گلسفیدی و همکاران، ۱۳۸۰). علاوه بر این شناسایی کمی، کیفی و ترکیب ساختمانی کانی‌های رسی اطلاعات ارزشمندی از وضعیت جذب، تثبیت و رهاسازی کاتیون‌ها در اختیار قرار می‌دهد و یکی از مهمترین روش‌های تعیین توانایی ذاتی خاک است (حسن نژاد و همکاران، ۱۳۸۶). با دانستن نوع کانیهای خاک، تفسیر فرآیندهای فیزیکی و شیمیایی و پایدار نگاه داشتن پتانسیل تولید خاک و اراضی ممکن می‌گردد (Churchman and Lowe, 2012). لذا شناخت انواع کانی‌های رسی و درک نحوه شکل‌گیری آن‌ها جهت درک مرحله هوادیدگی خاک و بسیاری از خصوصیات خاک که در رشد و نمو گیاه موثرند و همچنین در سایر کاربردهای اراضی تأثیر دارند، حائز اهمیت است (کیانی و همکاران، ۱۳۸۵).

نوع کانی تشکیل شده در خاک تحت تأثیر سه عامل اقلیم، شرایط محیطی و مواد مادری است. کانیهای رسی تحت تأثیر عوامل هوادیدگی فیزیکی، شیمیایی و زیستی در خاک تشکیل می‌شوند (شاکری و ابطحی، ۱۳۹۷). بر این اساس کانی‌های رسی به سه گروه کانی‌های رسی موروثی (افزوده شدن به خاک به طور مستقیم به صورت دست نخورده و بدون هیچگونه تغییر ساختاری از مواد مادری)، کانی های رسی تغییر یافته (تغییر شکل یافته در اثر هوادیدگی ملایم و دگرگونی) و کانیهای رسی نوتشکیل (تشکیل یافته در اثر سنتز مواد تخریب شده از کانی‌های اولیه مختلف) تقسیم می‌گردند (نجفی نیا و همکاران، ۱۳۹۸). مطالعات کانی‌شناسی در خاک‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک حاکی از این است که علیرغم رطوبت کم و هوادیدگی جزئی خاک‌های

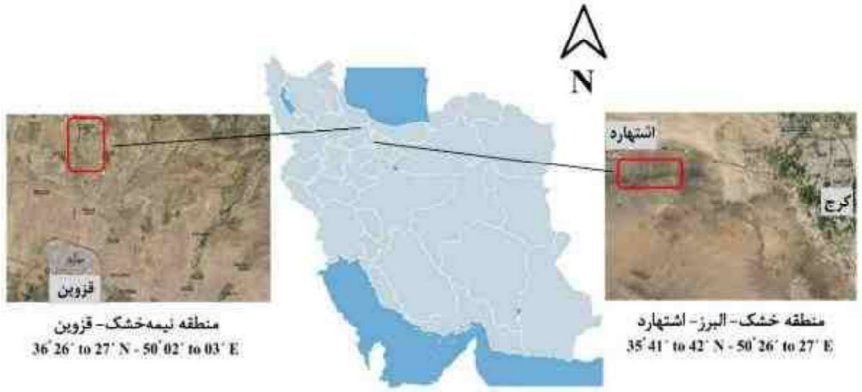
این مناطق، کانی‌های رسی موجود در آن‌ها دارای تنوع کمی و کیفی می‌باشند. باقرنژاد (۱۳۷۹) گزارش داد که مهمترین مکانیسم تشکیل کانی‌های رسی در خاک‌های مناطق خشک به ارث رسیدن آن‌ها از مواد مادری و در مناطق نیمه‌خشک به ارث رسیدن و تبدیل کانی‌های اولیه به ثانویه می‌باشد.

کانیهای رسی به عنوان یکی از اجزای بنیادی خاک، نقش مهمی در چرخه های بیوشیمیایی ایفا نموده و با ایجاد واکنش با محیط بر فرآیندهای خاکسازی نظیر هوادیدگی و تشکیل خاک ها تاثیر بسزایی دارند. بنابراین، تهیه اطلاعات دقیق از کانیهای رسی خاک در شرایط مختلف برای استفاده حداکثری از پتانسیل ویژه کانیها در حاصلخیزی خاک و مدیریت دقیق مزرعه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (خیامیم و همکاران، ۱۳۹۷). به همین دلیل هدف این تحقیق شناسایی کانی‌های رسی خاک در دو زیست اقلیم متفاوت در خاک‌های درجای تشکیل یافته از سنگ مادر بازالت می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این مطالعه در دو منطقه با کاربری مرتعی از یک ردیف اقلیمی واقع در دو زیست‌اقلیم متفاوت در تشکیلات زمین‌شناسی بازالتی دوره ائوسن صورت گرفت. منطقه خشک واقع در شهرستان اشتهارد استان البرز با بارندگی متوسط سالیانه حدود ۱۵۰ میلی‌متر دارای رژیم رطوبتی اریدیک و رژیم حرارتی ترمیک بوده و منطقه نیمه‌خشک دارای رژیم رطوبتی زریک و رژیم حرارتی مزیک در شهرستان قزوین با بارندگی متوسط سالیانه حدود ۲۵۰ میلی‌متر واقع می‌باشد(شکل ۱). پس از تعیین محدوده و بررسی نقشه‌های شیب، جهت، ارتفاع و زمین‌شناسی منطقه، تعداد ۱۸ خاکرخ (۹ خاکرخ در هرمنطقه) انتخاب، حفر، تشریح و نمونه-برداری گردید.

تشریح خاکرخ‌ها براساس روش‌های استاندارد (USDA-NRCS, 2012) و رده‌بندی خاک‌ها نیز براساس رده‌بندی آمریکایی (Soil Survey Staff, 2014) صورت گرفت. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی نمونه‌های دست خورده پس از هواخشک کردن و عبور دادن نمونه‌ها از الک ۲ میلی‌متری تعیین شدند. بافت به روش هیدرومتر، pHe و ECe در عصاره اشباع (Carter and Gregorich, 2008)، کربن آلی بر مبنای روش والکلی-بلاک و درصد کربنات کلسیم معادل با استفاده از روش کلسیمتری انجام گردیدند (Sparks, 1996). برای بررسی ویژگی‌های کانی‌شناسی پس از حذف املاح محلول، آهک، کربن آلی و اکسیدهای آهن آزاد به ترتیب توسط آب مقطر، استات سدیم (pH=۵/۲)، آب اکسیژنه ۳۰ درصد و سیترات دی‌تیونات بی‌کربنات (CDB) (Kunze and Dixon, 1986) از دستگاه تفرق اشعه ایکس زیمنس مدل D۵۰۰۰ با اشعه (λ =۱/۵۴۰۹ آنگستروم) CuKα در ولتاژ ۳۰ کیلو ولت و شدت جریان ۳۰ میلی‌آمپر استفاده شد.



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه بر روی نقشه ایران و محدوده نقاط نمونه برداری

نتایج و بحث

خصوصیات فیزیکی و شیمیایی

جدول ۱ برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاکرخ‌های مورد مطالعه را نشان می‌دهد. خاکرخ‌های مورد مطالعه در رده‌های مالی‌سول، اینسپتی‌سول و آلفی‌سول طبقه‌بندی شده و به صورت درجا در اثر هوازدگی سنگ مادر بازالت تشکیل شدند. در منطقه خشک به لحاظ دمای بیشتر، بارندگی کمتر و وجود پوشش گیاهی با ریشه‌های کوچک و خیلی کوچک به مقدار کمتر از منطقه دیگر، خاک‌ها دارای عمق توسعه کم بوده (حداکثر ۱۰۰ سانتیمتر) و مقدار سنگریزه در آن‌ها بیشتر است و به عبارت دیگر خاک‌های مورد مطالعه منطقه خشک دارای تحول و تکامل بالا نبوده‌اند. در حالیکه در مناطق نیمه‌خشک نسبت به مناطق خشک‌تر، تبخیر و تعرق کمتر، میانگین بارندگی بالاتر و پوشش گیاهی با ریشه‌های در ابعاد مختلف به مقدار متوسط تا زیاد و میزان ماده آلی بیشتر و در نتیجه افزایش فعالیت ریزجانداران، موجب تشدید فرآیندهای خاکسازی و تکامل بیشتر آن‌ها می‌شود (حداکثر ۱۳۰ سانتیمتر).

pH اندازه‌گیری شده در عصاره اشباع در تمام نمونه‌های مورد مطالعه قلیایی بوده و مقادیر EC عصاره اشباع نیز از حداقل ۰/۲۷ dSm^{-1} تا ۳/۳۸ dSm^{-1} در منطقه نیمه‌خشک متغیر است. مقدار کربن آلی در هر دو منطقه مورد مطالعه در افق‌های سطحی بیشتر از افق‌های زیرین بوده و با افزایش عمق کاهش می‌یابد و دامنه تغییرات آن در نمونه‌های مورد مطالعه بین حداقل ۰/۰۲ تا ۱/۹۳ درصد است و حداکثر مقدار آن در افق سطحی خاکرخ های منطقه نیمه‌خشک با رده مالی‌سول و حداقل آن در افق‌های تحت‌الارضی خاکرخ‌های منطقه خشک با رده اریدی‌سول مشاهده شد. مقدار کربنات کلسیم معادل در هر دو منطقه مورد مطالعه برخلاف تغییرات کربن آلی در افق‌های سطحی کمتر از افق‌های زیرین بوده و با افزایش عمق افزایش می‌یابد و دامنه تغییرات آن در نمونه‌های مورد مطالعه بین مقادیر ناچیز (صفر) تا ۴۸ درصد متغیر است (جدول ۱).

جدول۱- حداقل (Min)، حداکثر (Max) و میانگین (Mean) برخی خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک‌های مناطق مورد مطالعه

منطقه		سنگریزه	شن	سیلت	رس	EC	pH	کربن آلی	کربنات کلسیم معادل
		%		%		dSm^{-1}			%
خشک	Min	۲۹	۳۴	۸	۸	۰/۳۵	۸	۰/۰۲	Trace
	Max	۵۱	۷۷	۳۳	۴۲	۱/۷۹	۸/۵	۰/۵۳	۱۸/۶
	Mean	۳۹/۵	۵۰/۵	۲۲	۲۵/۵	۰/۶۶	۸/۴	۰/۱۷	۷/۸
نیمه‌خشک	Min	۲	۱۷	۲۲	۱۷	۰/۲۷	۸	۰/۳۳	Trace
	Max	۲۸	۵۴	۳۴	۵۸	۳/۳۸	۸/۶	۱/۹۳	۴۸
	Mean	۱۵	۲۸	۲۹	۴۴	۰/۵۸	۸/۳	۰/۸۲	۱/۶

خصوصیات کانی شناسی

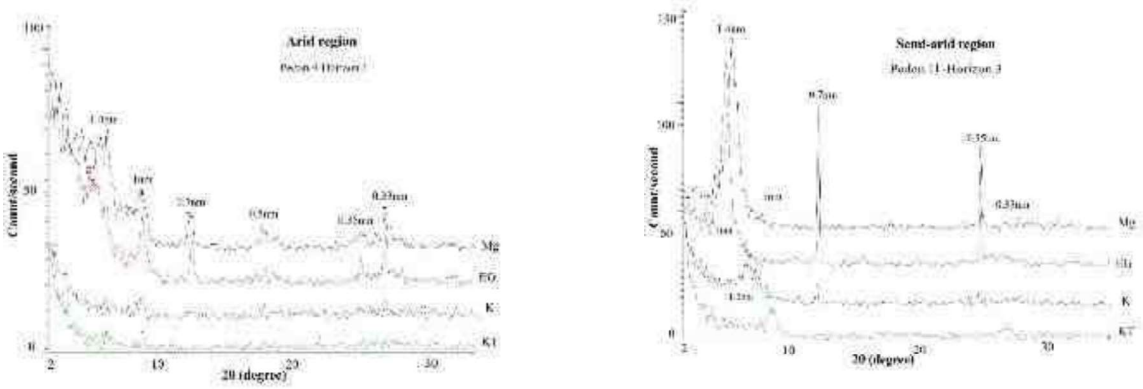
بر طبق نتایج کانی شناسی حاصله در برخی نمونه های مورد مطالعه و همچنین در نظرگرفتن مقادیر CEC اندازه‌گیری شده در نمونه‌های خاک و محاسبه CEC ظاهری، کانی‌های اسمکتایت، ایلایت، کانی‌های مخلوط (احتمالاً اسمکتایت-ایلایت)، ورمی‌کولایت، کائولینایت و کلرایت کانی‌های رسی غالب مناطق مورد مطالعه بودند. در خاک‌های مناطق با رژیم رطوبتی اریدیک، کانی ایلایت کانی غالب بوده و بسیار بیشتر از مقدار آن در خاک‌های با رژیم رطوبتی زریک است. در حالیکه اسمکتایت فراوانترین کانی رسی خاک‌های با رژیم رطوبتی زریک (نیمه‌خشک) بوده و حدوداً بیش از دو برابر مقداری است که در خاک‌های با رژیم رطوبتی اریدیک تعیین شده است (جدول ۲). ایلایت در منطقه خشک در سطح خاک، بیشترین مقدار بوده و با افزایش عمق اندکی از میزان آن کاسته می‌گردد. با وجود این ایلایت در اعماق زیرین خاک منطقه نیمه خشک تغییرات کمی نشان می‌دهد و جزو کانیهای مغلوب است. به طور کلی جرارد (۲۰۰۰) در ارتباط با نقش اقلیم در هوادیدگی شیمیایی، به ویژه رابطه بین اقلیم و انواع خاص کانیهای رسی تولید شده در خاک، اظهار می‌دارد که رسهای منبسط شونده نظیر اسمکتایت معمولاً به اقالیم خشک و نیمه خشک مربوط می شوند (Gerrard, 2000).

جدول ۲- نتایج نیمه‌کمی کانی‌شناسی رس و سنگ مادر برخی خاکرخ‌های مطالعه شده

شماره خاکرخ /اقلیم	افق	فراوانی کانی‌ها	کانی‌های رسی					
			اسمکتایت	ایلایت	ورمیکولایت	کلرایت	کائولینایت	مخلوط
خاکرخ ۴	A	Smc.> Illi. = Ver. > Kao. > Chl.	***	**	**	*	**	-
خشک	Bw	Smc. = Illi. >Ver. > Kao. > Chl.	***	***	**	*	*	-
خاکرخ ۶	A	Illi. = Mix. > Ver. > Smc > Kao. = Chl.	**	***	**	*	*	***
خشک	Bk1	Illi. = Mix. > Ver. = Smc = Kao. > Chl.	**	***	**	*	**	***
	Bk2	Illi. = Mix. > Smc > Kao. > Ver. = Chl.	**	***	*	*	**	***
خاکرخ ۱۱	A	Smc. >> Kao > Mix. > Illi.	******	*	-	–	*	*
نیمه خشک	Bk	Smc. >> Kao > Ver. = Mix. = Illi.	******	*	*	–	*	*
	Cr	Smc. >> Kao > Ver. = Mix. = Illi.	******	*	*	–	*	*
خاکرخ ۱۶	A	Smc. = Mix. > Illi. > Kao. > Chl.	***	**	-	*	**	***
نیمه خشک	Bt	Smc. = Mix. > Ver. > Kao. > Illi. > Chl.	***	*	**	*	**	***
	Btk	Smc. = Mix. > Kao. > Ver. > Illi. > Chl.	***	*	**	*	**	***
	Bk	Smc. = Mix. > Kao. > Illi. > Chl. = Ver.	***	*	*	*	**	***

Illi.: Illite, Mix.: Mixed Minerals, Smc.: Smectite, Kao.: Kaolinite, Ver.: Vermiculite, Chl.: Chlorite

****** >۷۰ ***** ۵۰-۷۰ **** ۳۰-۵۰ *** ۲۰-۳۰ ** ۱۰-۲۰ * < ۱۰



شکل۲- پراش‌نگاشت اشعه X برخی از نمونه های خاک مورد مطالعه در مناطق خشک و نیمه خشک

نتیجه‌گیری

در اکثر خاکرخ‌های مناطق نیمه‌خشک، با افزایش رطوبت، مقدار کانی اسمکتایت با فراوانی قابل توجه (به ویژه در خاکرخ شماره ۱۱) غالبیت دارد و سایر کانی‌ها به مقدار ناچیز جزو کانی‌های مغلوب می‌باشند. افزایش رطوبت قابل دسترس خاک و به دنبال آن محیطی با آبشویی نسبی بیشتر برای آزادسازی پتاسیم از کانی‌های میکایی، مشخصاً ایلایت، در محیط با منیزیم بالا و تحرک سیلیس بالا ممکن است شرایط مطلوبی برای تشکیل اسمکتایت از طریق تغییر شکل کانی‌های رسی را فراهم کند. به احتمال زیاد مکانیسم نوتشکیلی در اثر وجود pH بالا، فراوانی عنصر منیزیم و فراوانی نسبت عنصر سیلیس نسبت به آلومینیوم شرایط را برای تشکیل خاک‌ساخت اسمکتایت فراهم و مساعد می‌نماید. از طرف دیگر سنگ مادر بازالت دارای کاتیون‌های بازی فراوان بوده و در نتیجه آن خاک‌های تشکیل شده بر روی آن دارای pH بالا هستند که شرایط را برای تشکیل خاک‌ساخت اسمکتایت فراهم و مساعد می‌نماید. علاوه بر این مکانیسم، تشکیل اسمکتایت از طریق تغییر شکل کانی‌های دیگر به ویژه ایلایت در این مطالعه بسیار مهم است. زیرا فرآیند نوتشکیلی نمی‌تواند به تنهایی افزایش مقدار این کانی بویژه با افزایش رطوبت در شرایط مرطوبتر (رژیم رطوبتی زریک در مقایسه با اریدیک) را توجیه کند. زیرا که در مقایسه خاکرخ‌های تشکیل شده در شرایط مرطوبتر (رژیم رطوبتی زریک در مقایسه با اریدیک) نه شرایط توپوگرافی و نه شرایط زهکشی نمی‌توانند دلیل فراوانی اسمکتایت-ها در این خاک‌ها باشند و لذا بایستی فرآیند تغییر شکل ایلایت به اسمکتایت را عامل اصلی تشکیل این کانی مد نظر قرار داد.

حضورکانی مختلط ایلایت-اسمکتایت در اکثر خاکرخ‌های مناطق نیمه‌خشک می‌تواند نشان دهنده مرحله واسطه تغییر شکل ایلایت به اسمکتایت باشد. تشکیل خاک‌ساخت کانی اسمکتایت و کانی‌های مخلوط اسمکتایت-کائولینایت در خاک‌های مشتق شده از سنگ مادر بازالت در اقلیم‌های مختلف (به ویژه نیمه‌خشک و حاره‌ای) توسط محققان بسیاری گزارش شده است (Vingiani *et al.*, 2004).

نتایج نیمه‌کمی کانی‌شناسی خاکرخ‌های مورد مطالعه موید غالبیت کانی‌های ایلایت در خاک‌های منطقه خشک می‌باشد. در مناطق نیمه‌خشک از فراوانی آن کاسته شده و جزو کانی‌های مغلوب می‌باشد. نتایج کانی‌شناسی سنگ مادر در تمام نمونه‌های مورد مطالعه عدم وجود کانی‌های میکایی را نشان می‌دهد. از طرف دیگر نیز نتایج اسویندال و یوهارا (۱۹۶۶) و جوانگ و یوهارا (۱۹۶۸) به نقل از منافی (۱۳۸۷) نیز گزارش دادند که میکا در مواد مادری بازالتی خاک‌ها وجود ندارد. در نتیجه موروثی بودن میکا در خاک‌های مناطق مورد مطالعه مطرح نبوده و به احتمال زیاد دارای منشا خاک‌ساخت هستند. همچنین مقدار ایلایت در خاکرخ‌های واقع در رژیم رطوبتی اریدیک، بطور نسبی از خاکرخ‌های واقع در منطقه زریک بیشتر است. احتمالاً دلیل این امر هوادیدگی کمتر ایلایت در سطح خاک‌های مناطق با رژیم رطوبتی اریدیک می‌باشد. در حالی‌که در خاک‌های واقع در رژیم رطوبتی زریک (به واسطه شرایط رطوبتی مطلوب‌تر در مقایسه با منطقه اریدیک) ایلایت به کانی اسمکتایت تبدیل شده است و در نتیجه مقدار آن در خاک‌های مناطق زریک در مقایسه با خاک‌های منطقه اریدیک کمتر می‌باشد.

در خاک‌های مورد مطالعه در هر دو منطقه ورمی‌کولایت جزو کانی‌های مغلوب بوده و فراوانی کمی دارد. از طرف دیگر وجود و پایداری ورمی‌کولایت در خاک‌های غنی از سیلیکات (سنگ‌های آذرین مانند بازالت) چندان قابل قبول نیست (Khormali and Abtahi, 2003). در منطقه خشک فراوانی ورمی‌کولایت به طور نسبی بیشتر از دو منطقه دیگر می‌باشد که با توجه به فراوانی بیشتر میکا در خاک‌های منطقه خشک نسبت به دو منطقه دیگر می‌تواند به احتمال زیاد تحت تاثیر هوادیدگی میکا و کلرایت باشد.

فهرست منابع

باقرنژاد، م. (۱۳۷۹). دگرگونی کانی های رسی خاک های مناطق نیمه خشک استان فارس، ایران. تحقیقات کشاورزی ایران. ۱۹ (۲): ۱۸۰-۱۶۵.

ترابی گل‌سفیدی، ح، کریمیان اقبال، م، گیوی، ج، خادمی، ح. (۱۳۸۰). مطالعه کانی‌های رسی در اراضی شالیکاری روی لندفرم های مختلف شرق گیلان. مجله علوم آب و خاک. ۱۵(۱): ۱۳۹-۱۲۲.

حسن نژاد، ه، پاشایی، ع، خرمالی، ف، محمدیان، م. (۱۳۸۶). اثر عمق سفره آب زیرزمینی بر خصوصیات مورفولوژی و میکرومورفولوژی اراضی شالیزاری منطقه آمل استان مازندران. مجموعه مقالات دهمین کنگره علوم خاک ایران، کرج.

خیامیم، ف، خادمی، ح، ایوبی، ش. (۱۳۹۷). توانمندی و محدودیتهای روش طیفسنجی مرئی-مادون قرمز نزدیک در پیش بینی مقدار کانیهای رسی غالب در خاکهای سطحی استان اصفهان. نشریه پژوهشهای خاک (علوم خاک و آب). ۳۲ (۱): ۱۴۰-۱۲۹.

شاکری، س، ابطحی، ع. (۱۳۹۷). منشأ و ویژگیهای کانیهای رسی و ارتباط آنها با شکلهای مختلف پتاسیم در خاکهای آهکی دشت کاکان، شرق استان کهگیلویه و بویراحمد. نشریه علوم آب و خاک (علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی). ۲۲ (۴):۱۸۸-۱۷۳.

کیانی، ف، جلالیان، ا، پاشایی، ع، خادمی، ح. (۱۳۸۵). بررسی کانی‌های رسی در دنباله پارینه خاک - بادرفت منطقه پاسنگ استان گلستان. مجله بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران. شماره ۱۴ (۲): ۴۱۲-۳۹۵.

منافی، ش. (۱۳۸۷). مطالعه مینرالوژی و میکرومورفولوژی خاک‌های خشک و نیمه خشک و امکان استفاده از آن‌ها برای بازسازی اقلیم دیرین در بخشی از البرز جنوبی (منطقه قزوین). رساله مقطع دکتری تخصصی. دانشگاه تهران.

نجفی نیا، م، خرمالی، ف، کیانی، ف، بارانی مطلق، م. (۱۳۹۸). کانی‌شناسی رسی پالئوسولهای لسی اوایل پلیستوسن و مقایسه آن با خاکهای لسی مدرن. مهندسی زراعی (مجله علمی کشاورزی). ۴۱ (۱): ۱۴۱-۱۲۷.

Buol, S. W., Southard, R. J., Graham, R. C., & McDaniel, P. A. (2011). *Soil genesis and classification*. John Wiley & Sons.

Caner, L., Radtke, L. M., Vignol-Lelarge, M. L., Inda, A. V., Bortoluzzi, E. C., & Mexias, A. S. (2014). Basalt and rhyo-dacite weathering and soil clay formation under subtropical climate in southern Brazil. *Geoderma*, *235*, 100-112.

Carter, M. R., and Gregorich, E. G. (2008) *Soil Sampling and Methods of Analysis* (2nd ed.). Canadian Society of

Soil Science.
Chen, H., Liu, X. M., & Wang, K. (2020). Potassium isotope fractionation during chemical weathering of basalts. *Earth and Planetary Science Letters*, *539*, 116192.
Churchman, G. J., & Lowe, D. J. (2012). *Alteration, formation, and occurrence of minerals in soils* (pp. 1-72). CRC press.
Gerrard, J. (2000). *Fundamentals of soils*. Psychology Press. Routedge fundamentals of physical Geography. Taylor and Francis.
Khormali, F., & Abtahi, A. (2003). Origin and distribution of clay minerals in calcareous arid and semi-arid soils of Fars Province, southern Iran. *Clay minerals*, *38*(4), 511-527.
Kunze, G. W., & Dixon, J. (1986). Pretreatment for mineralogical analysis. *Methods of Soil Analysis: Part 1 Physical and Mineralogical Methods*, *5*, 91-100
Soil Survey Staff. (2014) *Keys to Soil Taxonomy* (12nd ed.). United States Department of Agriculture. NRCS.
Sparks, D. L. (1996) *Method of Soil Analysis*. Part 3. Chemical Methods. American Society of Agronomy.
Vingiani, S., Righi, O., Petit, S., & Terribile, F. (2004). Mixed-layer kaolinite-smectite minerals in a red-black soil sequence from basalt in Sardinia (Italy). *Clays and Clay Minerals*, *52*(4), 473-483.
USDA-NRCS. (2012) *Field Book for Describing and Sampling Soils*. Version 3.0, National Soil Survey Center.

Clay minerals formation of in situ soil derived from basalt in arid and semi-arid regions of middle Alborz

Alireza Raheb[1*], Ahmad Heidari
[1]Assistant Professor, and [2] Professor, Department of Soil Science, Campus of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran.
* Corresponding Author: Alireza Raheb, Email: araheb@ut.ac.ir

Abstract
Soils derived from basalt bedrock have many distinctive properties that are rarely found in other soils. Identifying and determining the amount of soil clay minerals are very important in the soil management. Therefore, the objective of the current study was to evaluate clay minerals formation of *in situ* soil derived from basalt in two different climate conditions. In the present study, physicochemical properties of 18 soil profiles formed on basalt rocks were investigated in the arid and semi-arid regions of middle Alborz and also mineralogical properties were studied in six profiles. X-ray diffraction analysis indicated that illite and smectite were the dominant minerals in the arid and semi-arid soils, respectively. Results revealed that the neosynthesis mechanism and deformation process of other minerals (especially illite) confirm the pedogenic formation of smectite soils in semi-arid region. Evidence suggested that the illite in the studied soils had the pedogenic origin. Also, the vermiculite origin was likely to affect by the weathering of mica and chlorite within the two study areas.

Keywords: *basalt, arid and semi-arid, neosynthesis mechanism, mineralogy.*

بررسی حضور کانی پالی‌گورسکایت در مارن‌های گچی – نمکی جنوب استان گیلان

مستانه رحیمی مشکله[1]، حسن رمضانپور[2]

۱- دانشجوی دکتری گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان (rahimimastane65@gmail.com)

۲- دانشیار گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه گیلان

چکیده

یکی از روش‌های مفید و مؤثر در مطالعه گذشته خاک‌ها، کانی‌شناسی خاک‌ها است. کانی‌های رسی موجود در خاک از جمله کانی‌های الیافی تأثیر شگرفی بر تمامی ویژگی‌های آن و نیز شیوه تشکیل و تکوین خاک دارد. زیرا وجود یک کانی مشخص در خاک بازگوکننده شرایط محیطی گذشته منطقه است. این پژوهش با هدف بررسی حضور کانی پالی‌گورسکایت در مارن‌های گچی - نمکی جنوب استان گیلان انجام پذیرفت. بدین منظور با توجه به تغییرات شیب، نمونه‌برداری در دو موقعیت شیب پشتی و پای شیب و در دو عمق سطحی و زیر سطحی انجام پذیرفت و ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و کانی‌شناسی آن‌ها تعیین شد. نتایج پراش پرتو ایکس (XRD) و میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM) مؤید حضور کانی پالی‌گورسکایت در خاک‌های مورد مطالعه بود. شواهد بیانگر اینست که کانی‌های رسی در خاک‌های مناطق خشک و نیمه خشک بیشتر به وسیله ماده‌مادری کنترل می‌شود و بسیاری از ویژگی‌های کانی‌شناسی خاک‌های مورد مطالعه تحت تأثیر گچ است. بنابراین با توجه شرایط منطقه حضور کانی پالی‌گورسکایت در مارن‌های گچی- نمکی جنوب استان گیلان را می‌توان به نوع ماده مادری ارتباط داد.

واژگان کلیدی: پراش پرتو ایکس، رس‌های الیافی، کانی‌های‌رسی، ماده‌مادری، میکروسکوپ الکترونی

مقدمه

اطلاعات کانی‌شناسی خاک برای فهم چگونگی تشکیل خاک‌ها امری ضروری است که می‌تواند به خوبی ارتباط آن را با خصوصیات مختلف مشخص کند علی اولاد و همکاران (۱۳۸۶). نتایج حاصل از ترکیب کانی‌شناسی رس‌ها در مطالعه فرآیندهای پیدایش و رده‌بندی خاک‌ها، منشأ و سنگ مادر اولیه خاک‌ها، وضعیت آب و هوایی منطقه، نوع هوادیدگی، شرایط جابه‌جایی ذرات تشکیل دهنده خاک و ... کاربرد دارد و در نتیجه قابلیت و استعداد خاک را برای کاربری‌های مختلف مشخص می‌سازد الماسی و همکاران (۱۳۸۵). کانی‌های رسی، جزء اصلی و بنیادی خاک هستند که در محیط‌های گوناگون تحت فشار و در درجه حرارت‌های مختلف تشکیل می‌شوند و به عنوان بخشی از سطح کره زمین می‌توانند اطلاعاتی را درباره فرآیندهای تشکیل خاک از ماده مادری فراهم نماید Viscarra Rossel (2011) ; Bergaya and Lagaly (2006). نوع کانی‌های رسی ایجاد شده در خاک تابع عواملی مثل اقلیم، شرایط و خصوصیات خاک و نوع مواد مادری است Al- Farraj and Harvey (2000). پالی‌گورسکایت از گروه رس‌های الیافی، کانی غالب بخش رس بسیاری از خاک‌ها و ته نشست‌های مناطق خشک است کریمی و همکاران (۱۳۸۷). بررسی‌های کانی‌شناسی رسی در خاک‌های مناطق خشک کشور طی نزدیک به سه دهه اخیر حاکی از آنست که کانی پالی-گورسکایت در اکثر این خاک‌ها وجود داشته و در عمده موارد کانی رسی غالب در این خاک‌ها است فرپور و همکاران (۱۳۸۰) ؛ Abtahi (1980) ؛ Khademi and Mermut (1998). نتایج بررسی‌های انجام شده سه فرضیه برای توجیه وجود کانی پالی-گورسکایت در خاک را به اثبات رسانده است: ۱- به ارث رسیده از مواد مادری ۲- خاستگاه آواری: به وسیله باد یا ته نشست‌های آبرفتی و ۳- تشکیل در خاک Khademi and Mermut (1998).

مارن‌ها یک لایه رسوبی هستند که اساساً از رس و کربنات‌کلسیم تشکیل شده‌اند Chesworth (2008). از دیدگاه کانی‌شناسی تفاوت در میزان کربنات، درصد کانی‌های رسی، نسبت کربنات به کانی‌های رسی و نیز نوع کانی‌های رسی می‌تواند ویژگی‌های فیزیکی، خواص خمیری، قابلیت تورم، مقاومت، دوام و شکفتگی را در این سنگ‌ها تحت تأثیر قرار دهد قبادی و همکاران (۱۳۸۴). در اراضی مارنی خصوصیات فیزیکی و کانی‌های رس از عوامل با اهمیت کنترل‌کننده فرسایش بوده و فرآیندهای فرسایش در این اراضی به‌دلیل کمبود پوشش گیاهی و ناچیز بودن نفوذپذیری بسیار فعال می‌باشد Roswell et al.(2002) ; Maquaire et al.(2003).

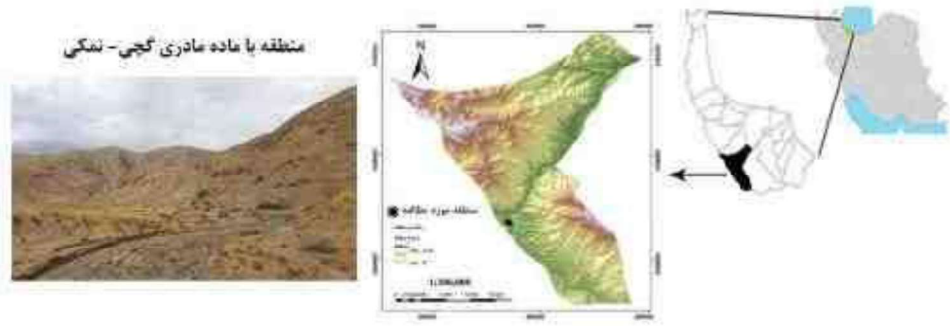
ماده مادری از مهمترین فاکتورهای خاک‌سازی در مناطق خشک و نیمه خشک محسوب می‌گردد Boul et al. (2003). آکیهیرو و همکاران (۲۰۰۲) گزارش کردند که مواد مادری بـر روی مقدار رس، ظرفیت تبادل کاتیونی، اشباع بازی و اسیدیته

خـاک‌هـای مطالعه شده تأثیر دارد. در مناطق خشک و نیمه خشک به علت نبود آبشویی، تجمع زیاد کربنات‌ها، گچ و نمک محلول در خاک اتفاق می‌افتد نریمانی و منافی (۱۳۹۱). حضور این تجمع‌ها در این مناطق منجر به تشکیل انواع مختلفی از خاک‌ها مانند خاک‌های آهکی، گچی، شور، سدیمی و شور- سدیمی می‌شوند ولیپور و همکاران (۱۳۸۷). تشکیل کانی پالی-گورسکایت در خاک‌های مناطق خشک رابطه نزدیکی با تشکیل افق‌های تجمع آهک (افق کلسیک)، انبوه گچ (افق ژیپسیک) و کالکریت دارد کریمی و همکاران (۱۳۸۷). نیستانی و فرپور (۱۳۹۳) در مطالعه بررسی نحوه تشکیل، کانی‌شناسی رس خاک‌های گچی- نمکی پلایای خیرآباد سیرجان به این نتیجه رسیدند که کانی‌های رسی موجود در منطقه اسمکتیت، ایلیت، پالی-گورسکایت و کائولینیت می‌باشند.

با توجه به اینکه جنوب استان گیلان آب و هوای خشک‌تری نسبت به سایر بخش های استان دارد و با در نظر گرفتن این نکته که ماده مادری مؤثرترین عامل خاک‌ساز در مناطق دارای آب و هوای خشک و نیمه خشک می‌باشد، این پژوهش به منظور بررسی حضور و نحوه تشکیل کانی پالی‌گورسکایت در یک سازند گچی - نمکی در منطقه علی آباد استان گیلان انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر در لندفرمی مجزا در منطقه علی‌آباد و اطراف سد سپیدرود واقع در جنوب استان گیلان انجام گرفت. منطقه مورد مطالعه در دو رأس عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۳۲ دقیقه تا ۳۷ درجه و ۷ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۹ درجه و ۱۱ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۵ دقیقه شرقی واقع شده است (شکل ۱). وضعیت فیزیوگرافی منطقه تپه ماهوری و میانگین بارندگی ماهیانه منطقه ۱۹/۹۸ میلیمتر و میانگین دما ۱۸/۶ درجه سانتی‌گراد است. رژیم رطوبتی منطقه اریدیك و رژیم حرارتی منطقه ترمیك می‌باشد سالنامه آماری استان گیلان (۱۳۹۳).



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه با سازند گچی – نمکی

نمونه‌ها پس از خشک شدن در هوا از الک ۲ میلیمتری گذرانده و جهت انجام تجزیه‌های فیزیکوشیمیایی به آزمایشگاه منتقل شدند. آزمایشات فیزیکی و شیمیایی بر اساس روش‌های استاندارد USDA-NRCS (2004) انجام شد و شامل تعیین بافت خاک، اندازه‌گیری واکنش خاک (pH)، هدایت الکتریکی(EC)، ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC)، گچ و کربنات کلسیم معادل (CCE) می‌باشند. جهت انجام مطالعات کانی‌شناسی، نمونه‌های سطحی برای آزمایشات تفرق اشعه X آماده گردیدند. بدین منظور پس از حذف کربنات‌ها، نمک‌های محلول، مواد آلی، پوشش‌ها یا اکسیدهای آهن و تفکیک اجزاء و تهیه تیمارهای اشباع با پتاسیم (تیمار K)، اشباع با پتاسیم درحرارت ۵۵۰ درجه سانتیگراد (تیمار Kt)، اشباع با منیزیم (تیمار Mg) و اشباع با منیزیم و بخار اتیلن گلیکول (تیمار Mge)، آنالیز نمونه‌ها در عمق‌های سطحی با دستگاه تفرق اشعه X (XRD) مدل Siemens D5000 انجام شد Kittrick and Hope (1971) و دیفراکتوگرام‌ها تفسیر گردیدند. سپس برای بررسی ریخت شناختی کانی پالی‌گورسکایت در حالت طبیعی نمونه‌ها با میکروسکوپ الکترونی عبوری TEM [1] در موسسه انیستیتو پاستور ایران بررسی شدند.

1 Transmission Electron Microscopy

نتایج و بحث

برخی از خصوصیات فیزیکو- شیمیایی خاک‌های مورد مطالعه در جدول ۱ آمده است. نتایج نشان داد که خاک‌های با ماده مادری گچی- نمکی دارای رس بالا می‌باشند. در اراضی مارنی، کانی‌های رسی خاک و ویژگی‌های فیزیکی از جمله بافت، تأثیر اساسی بر پایداری خاکدانه‌ها دارند اسماعیل‌نژاد و همکاران (۱۳۹۴). تازیکه و همکاران (۱۳۹۶) گزارش کردند خاک‌های مارنی Typic Haplogypsids دارای مقادیر رس زیادی هستند. مقدار بالای EC، CEC و گچ در منطقه نیز مشهود است. خادمی و همکاران (۱۹۹۸) گزارش کردند که ته نشینی گچ، باعث افزایش نسبت Mg/Ca و pH شده و شرایط مناسب برای تشکیل پالی‌گورسکایت ایجاد می‌شود. بوما و ایمسون (۲۰۰۰) عواملی چون هدایت الکتریکی، نسبت جذب سدیم، درصد کربنات کلسیم و نوع کانی رسی در نمونه‌های مارن سفید، قهوه‌ای و خاکستری منطقه‌ی پتـر در اسپانیا را بررسی کرده و نتیجه گرفته‌اند که کربنات‌کلسیم در مارن‌های سفید سبب پایداری این نـوع مارن‌ها در برابـر فرسایش نسبت به انواع خاکستری و قهوه‌ای شده است.

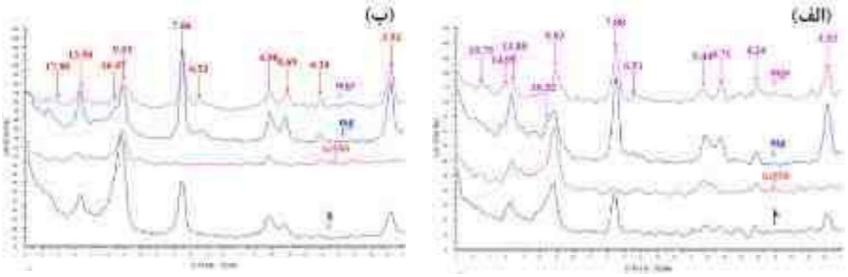
جدول ۱- برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی در خاک‌های مورد مطالعه

ماده مادری	موقعیت شیب	عمق	توزیع اندازه ذرات(٪)			[۱]pH	[۲]EC ($dS.m^{-1}$)	[۳]CEC ($Cmol^{+}.kg^{-1}$)	Gypsum (٪)	[۴]CCE
			رس	سیلت	شن					
گچی - نمکی	شیب پشتی	سطحی	37.8a	50a	12.2c	7.25a	22.7a	18.09a	22.7a	4.7c
		زیر سطحی	36.7a	48.3ab	15.1c	7.34a	24.8a	17.8a	24.8a	2.8c
	پای شیب	سطحی	37.8a	55.1a	7.2d	7.24a	23.8a	19.5a	23.8a	2.8c
		زیر سطحی	35.6a	55.6a	8.8cd	7.34a	27.7a	19.5a	27.7a	3.6c

علائم اختصاری: ۱- pH- واکنش خاک در عصاره گل اشباع خاک، ۲- EC- قابلیت هدایت الکتریکی خاک در عصاره گل اشباع، ۳- CEC - ظرفیت تبادل کاتیونی خاک ، ۴ -CCE- کربنات کلسیم معادل، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، فاقد اختلاف آماری معنی‌دار می‌باشند.

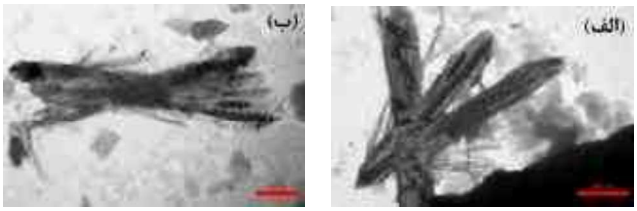
در موقعیت شیب پشتی حضور قله °۹/۹۳A در تیمار Mg (اشباع با منیزیم) و پایداری آن در تیمار Mge (اشباع با اتیلن گلیکول)، تیمار K (اشباع با پتاسیم) و تیمار Kt (اشباع با پتاسیم در حرارت ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد) می‌تواند مبین حضور میکا باشد. حضور قله °۱۰/۵A در تیمار Mg و ناپدید شدن آن در تیمار Kt احتمالاً نشان‌دهنده مقداری پالی‌گورسکایت است. حضور قله حدود °۱۴A در تیمار Mg و پایداری آن در تمام تیمارها نشان‌دهنده کلریت بوده ولی حضور قله °۱۴/۹۵A در تیمار Mg و تغییر آن به °۱۰A در تیمار Kt و افزایش شدت آن نشان‌دهنده مقداری کم از ورمیکولایت است. حضور قله °۷A در تیمار Mg و تخریب آن در تیمار K550 نشان‌دهنده حضور کائولینایت است (شکل۲- الف). در موقعیت پای‌شیب حضور قله °۱۰/۵A در تیمار Mg و تخریب آن در تیمار K550 نشان‌دهنده حضور احتمالی پالی‌گورسکایت است. کاهش شدت قله °۱۴A در تیمار Mg و تغییر آن به °۱۷/۸A نشان‌دهنده حضور اسمکتیت (به مقدارکم) است. همچنین مقداری کم از کائولینیت، کلریت و نیز مقداری از کانی‌های مخلوط منظم و نامنظم میکا-ورمیکولیت و میکا-کلریت وجود دارد (شکل۲- ب). به طور کلی، مقایسه ویژگی‌های کانی‌شناسی در مارن‌های گچی- نمکی نشان داد که ترتیب حضور کانی‌های رسی در شیب پشتی به صورت ایلیت - کلریت > ورمیکولیت > پالی‌گورسکایت > اسمکتیت و در پای شیب به صورت ورمیکولیت > ایلیت > کلریت > پالی‌گورسکایت > اسمکتیت می‌باشد که احتمالاً بخشی از کلریت در پایین دست به اسمکتیت و پالی‌گورسکایت تبدیل شده است. افزایش اسمکتیت، کاهش کلریت و پالی‌گورسکایت در سطح خاک، احتمالاً به آثار موضعی اسیدهای آلی، تناوب اکسید و احیا و یا شدت هیدرولیز در اقلیم گذشته مرطوب‌تر مربوط می‌شود رمضانپور و جلالیان (۱۳۸۲). با افزایش مقدار گچ و کلسیت و نسبت در خاک، مقدار این کانی نیز افزایش می‌یابد. بنابراین کانی پالی‌گورسکایت نیز هم توارثی است و هم پدوژنیک رسائی و گیوی (۱۳۹۰). پاشایی و منافی (۱۳۹۵) در خاک‌های گچی شمال ارومیه دریافتند که حضور فراوان گچ و حلالیت بالای آن باعث نوتشکیلی پالی‌گورسکایت از محلول‌های خاک و مقادیر بیشتر این کانی در خاک‌های گچی می‌شود. کریم زاده و همکاران (۱۳۸۳) نیز بیان کردند تحت شرایط تبخیری خودتشکیلی پالی‌گورسکایت صورت گرفته و این کانی همانند گچ منشأ پدوژنیک دارد. علیاری و

منافی (۱۳۹۸) در بررسی خاک‌های جنوب غرب دریاچه ارومیه حضور کانی پالی‌گورسکایت را به مقادیر زیاد گچ در این خاک‌ها نسبت دادند.



شکل ۲- پراش نگاشت اشعه x خاک‌های گچی-نمکی، الف- موقعیت شیب پشتی ، ب- موقعیت پای شیب

نتایج حاصل از تصاویر ریز نگاشت میکروسکوپ الکترونی عبوری (شکل ۳- الف و ب) حاکی از وجود پالی‌گورسکایت در منطقه مورد مطالعه است. حضور کانی پالی‌گورسکایت در خاک‌های مناطق خشک ایران در بعضی موارد به فرآیند خاکسازی Abtahi (1980) و در بعضی موارد به مواد مادری Khademi and Mermut (1998) نسبت داده شده است. در مارن‌ها و خاک‌های تشکیل شده روی آن‌ها نیز پالی‌گورسکایت به مقدار زیاد وجود دارد و الیاف آن در تصاویر ریزنگاشت میکروسکوپ الکترونی عبوری دیده می‌شود کریمی و همکاران (۱۳۸۷). شاهرخ و خادمی (۱۳۹۷) با بررسی تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) دریافتند که حضور پالی‌گورسکایت همراه با افق کلسیک نشان‌دهنده تشکیل کانی در محیط تبخیری و تشکیل درجای آن در مواد مادری و خاک است. صالحی و همکاران (۱۳۸۲) در بررسی های کانی‌شناسی با میکروسکوپ الکترونی روبشی کانی پالی‌گورسکایت را مشاهده کردند و بیان داشتند حضور کانی پالی‌گورسکایت در خاک‌های حد واسط مناطق خشک و نیمه خشک منشأ پدوژنیک دارد. خیامیم و خادمی (۱۳۹۸) در بررسی مقادیر نیمه‌کمّی کانی پالی‌گورسکایت در اقلیم‌های متفاوت استان اصفهان با استفاده از میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM) بیان کردند که حضور کانی پالی‌گورسکایت مرتبط با میزان بارش در منطقه است. در مقدار بارش (بیشتر از ۴۰۰ میلیمتر) این کانی در خاک مشاهده نمی‌شود و بالعکس هرچه میزان بارش کمتر باشد حضور این کانی پررنگ‌تر است. نورمندی‌پور و همکاران (۱۳۹۳) با مقایسه ریزنگاشت‌های میکروسکوپ الکترونی عبوری در منطقه انار کرمان نتیجه گرفتند با افزایش عمق بر طول دسته‌های بلور پالی‌گورسکایت افزوده شده و حالت دسته جارویی یافتند که می‌تواند دلیلی بر نقش ماده‌مادری بر افزودن پالی‌گورسکایت به خاک و موروثی بودن این کانی باشد.



شکل ۳- ریزنگاشت میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM) الف- موقعیت شیب پشتی، ب- موقعیت پای شیب

نتیجه‌گیری

جنوب استان گیلان رژیم حرارتی و رطوبتی متفاوت‌تری نسبت به سایر مناطق استان دارد و دارای وسعت زیادی از خاک‌های گچی- نمکی است که تاکنون کمتر مورد توجه قرار گرفته است، از این رو شناسایی ویژگی‌های این خاک‌ها جهت بهره‌برداری آینده یک نیاز اساسی است. نوع ماده‌مادری، اقلیم منطقه، مقدار نمک، عمق خاک، مقدار و نوع رس در تشکیل کانی پالی-گورسکایت موثر است. به دلیل حاکمیت رژیم رطوبتی اریدیک و هوادیدگی کم انتظار می‌رود که ویژگی‌های خاک‌های این منطقه متأثر از ویژگی‌های مواد مواد مادری خود باشد. شواهد بیانگر اینست که کانی‌های رسی در خاک‌های مناطق خشک و نیمه خشک بیشتر به وسیله ماده‌مادری کنترل می‌شود و بسیاری از ویژگی‌های کانی‌شناسی خاک‌های مورد مطالعه تحت تأثیر گچ است. با توجه به نتایج ارائه شده حضور کانی پالی‌گورسکایت در خاک‌های مارنی گچی- نمکی جنوب استان گیلان را می‌توان

به نوع ماده مادری ارتباط داد.

فهرست منابع

اسماعیل‌نژاد، ل. رمضانپور، ح. سیدمحمدی، ج. (۱۳۹۴). گسترش انواع مختلف فرسایش در اثر تغییر ویژگی‌های فیزیکی خاک و نوع کانی های رسی در اراضی مارنی جنوب استان گیلان. نشریه علمی-پژوهشی مهندسی و مدیریت آبخیز. (۴)۷. ۵۳۵-۵۲۳.

الماسی، ع. پاشایی اول، ع. جلالیان، ا. ایوبی، ش. (۱۳۸۵). بررسی ترکیب کانی‌های رسی و تحول آن‌ها در رسوبات لسی و پارینه خاک‌های منطقه قپان استان گلستان، مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی. (۳)۱۳.

پاشایی، ل. منافی، ش. (۱۳۹۵). بررسی ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و کانی‌شناسی خاک‌های گچی شمال ارومیه. نشریه تحقیقات کاربردی خاک. (۲)۴. ۹۰-۷۲.

تازیکه، ح. خرمالی، ف. امینی، آ. بارانی مطلق، م. (۱۳۹۶). تغییر و تحول خاک‌های تشکیل شده از مواد مادری رسوبی مختلف در ناودیس شیخ، شمال شرق بجنورد. مجله مهندسی زراعی (مجله علمی کشاورزی). (۵)۴. ۳۴-۱۵.

خیامیم، ف. خادمی، ح. (۱۳۹۸). بررسی ارتباط کلاسهای بارش با مقادیر نیمهکمّی کانی پالیگورسکیت در خاکهای سطحی استان اصفهان. شانزدهمین کنگره علوم خاک، زنجان، ایران.

رسائی، ز. گیوی، ج. داوودیان دهکردی، ع. (۱۳۹۰). بررسی منشأ گچ در منطقه نیمه خشک شمال استان چهارمحال و بختیاری. دوازدهمین کنگره علوم خاک، تبریز، ایران.

رمضانپور، ح. جلالیان، ا. کریمیان اقبال، م. محمودی، ش. (۱۳۸۲). مطالعه میکرومرفولوژی برخی خصوصیات افق های مختلف خاک در یک ردیف اراضی-زمانی ناحیه شهرکرد. مجموعه مقالات هشتمین کنگره علوم خاک ایران. ۱۳۲-۱۳۰.

سالنامه آماری استان گیلان. (۱۳۹۳). ۱- سرزمین و آب و هوا، سازمان آمار کشور.

شاهرخ، و. خادمی، ح. (۱۳۹۷). عوامل موثر بر تشکیل و توزیع پالی گورسکایت در رسوبات ترشیاری اطراف شهرستان داراب استان فارس و خاک‌های شکل گرفته از آن‌ها. مجله بلورشناسی و کانی شناسی ایران. (۲)۲۶. ۴۲۳-۴۳۶.

قبادی، م. رسولی فرحی، م . خانلری، غ. (۱۳۸۴). اهمیت شناخت ویژگی‌های ژئومکانیکی مارن در عملیات آب بندی محل سدها، بیست و چهارمین گردهمایی علوم زمین، اسفند ماه، تهران، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

علی اولاد، ج. محمودی، ش. زرینکفش، م. ابطحی، ع. (۱۳۸۴). بررسی و مطالعه خصوصیات کانی‌شناسی خاک‌های جنگلی خیرودکنار نوشهر (استان مازندران). نهمین کنگره علوم خاک ایران، تهران.

علیاری، ل و منافی، ش. (۱۳۹۸). بررسی ویژگی های فیزیکوشیمیایی و کانی‌شناسی خاک‌ها در یک ردیف پستی و بلندی در جنوب‌غرب دریاچه ارومیه. نشریه تحقیقات کاربردی خاک. ۷(۲)، ۱۶۷-۱۴۸.

فرپور، م. خادمی. ح. کریمیان اقبال، م. (۱۳۸۰). تشکیل پالی‌گورسکایت و کانی‌های رسی همراه در خاک‌های سطوح مختلف ژئومرفولوژی حوالی رفسنجان، مجموعه مقالات هفتمین کنگره علوم خاک ایران، دانشگاه شهرکرد، ۱۹۸-۱۹۹.

کریم زاده، ح. جلالیان، ا. خادمی، ح. (۱۳۸۳). مطالعه کانی های رسی خاک های گچی زمین ریخت های مختلف در منطقه شرق اصفهان. علوم آب و خاک (علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی)، ۸(۱)، ۷۳-۹۴.

کریمی، ع. جلالیان، ا . خادمی، ح. (۱۳۸۷). تشکیل و توزیع پالیگوریسکایت و کانی‌های رسی همراه در در خاک‌ها و ته‌نشست‌های جنوب مشهد، مجله بلورشناسی و کانی شناسی ایران، (۴)۱۶- ۵۵۸-۵۴۵.

نریمانی، ز. منافی، ش. (۱۳۹۱). بررسی اثرات شوری و قلیاییت ناشی از دریاچه ارومیه بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک در بخشی اراضی غرب دریاچه ارومیه، همایش ملی خاک، کشاورزی پایدار، دانشگاه ملایر.

نورمندی پور، ف. فرپور، م. سرچشمه پور، م. (۱۳۹۳). چگونگی تشکیل، رده بندی و کانی شناسی رسی خاک های گچی نمکی منطقه کشکوئیه- انار کرمان. بلورشناسی و کانی شناسی ایران. (۲)۲۲ . ۲۶۹-۲۸۰.

نیستانی، م. فرپور، م. (۱۳۹۳). بررسی نحوه تشکیل، کانی‌شناسی رس و میکرومورفولوژی خاک‌های گچی- نمکی پلایای خیر آباد سیرجان، دو فصلنامه علمی-پژوهشی خشک بوم، (۱)۴.

ولیپور، م. کریمیان اقبال، م. ملکوتی، م. خوشگفتارمنش، ا. (۱۳۸۷). روند توسعه‌ی شوری و تخریب اراضی کشور در منطقه‌ی

شمس آباد استان قم، مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، (۴۶)۱۲. ۶۹۱-۶۸۳.
Abtahi, A. (1980). Soil genesis as effected by topography and time in highly calcareous parent material under semarid condition in Iran, *Soil Science Society of America Journal,* Vol. 44, pp 329-336.
Akihiro I., Kazahito M., Seiichi O. (2002). Chemical properties and classification of Japanese brown forest soils derived from various parent materials. In: Proceeding of the 17th Congress of Soil Science. 2002: August 14-21, Bangkok, Thailand. Symposium, No. 40, Paper No. 468.
Al-Farraj, A., Harvey, A. M. (2000). Desert pavement characteristics on wadi terrace and alluvial fan surfaces: Wadi Al-Bih, UAE and Oman, Geomorphology, Vol. 35, No. 3, pp 279-297.
Bergaya, F., Lagaly, G. (2006). General introduction: clays, clay minerals, and clay science. Developments in clay science, 1, 1-18.
Boul S.W., Southard R.J., Graham R.C., McDaniel P.A. (2003). Soil Genesis and Classification, 5nd ed., Iowa State Press.
Bouma, N. A., Imeson, A. C. (2000). Investigation of relationships between measured field indicators and erosion processes on badland surfaces at Petrer, Spain, Catena, Vol. 40, No. 2, pp 147-171.
Chesworth, W. ed. (2007). Encyclopedia of soil science. Springer Science & Business Media.
Kittrick, J.A., E.W. Hope. (1971). A procedure for the particle–size separation on soils for X-ray diffraction analysis. Soil Science Society of America Journal, 12: 383-409.
Khademi, H., Mermut, A. R. (1998). Source of palygorskite in gypsiferous Aridisols and associated sediments from central Iran, Clay minerals, Vol. 33, No. 4, pp 561-578.
Maquaire, O., J.P. Malet, A. Remaitre, J. Locat, S. Klotz and J. Guillon. (2003). Instability conditions of Marly hillslopes: towards landsliding or gullying? The case of the Barcelonnette Basin, South East France. Engineering Geology, 70: 109-130.
Roswell, C.G. (2002). Potential sources of sediments and nutrients: sheet and rill erosion and phosphorous sources, state of the environmental, technical paper series, Australia.
USDA-NRCS. (2004). Soil Survey Laboratory Methods Manual. Soil Survey invrstigations. Report No, 42. 693p.
Viscarra Rossel, R.A. (2011). Fine-resolution multiscale mapping of clay minerals in Australian soils measured with near infrared spectra. *Journal of Geophysical Research: Earth Surface*, *116*(F4).

Investigation of the presence of Palygorskite in gypsum-saline marls in the south of Guilan province

Mastaneh Rahimi Mashkaleh[1], Hasan Ramezanpour[2]
1-Ph.D Student, Soil Science Department, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Iran
2-Associate Prof., , Faculty of Agriculture University of Gillan, Iran

Abstract

Mineralogy is one of the useful and effective methods in the past study of soils. Soil clay minerals such as fibrous minerals have a special effect on all soil properties and how it is formed and developed. Because the presence of a specific mineral in the soil indicates the environmental conditions in the past of that area. The aim of this study was to investigate the presence of Palygorskite mineral in gypsum-saline marl soils in the south of Guilan province. Sampling was performed in two positions of backslope and footslope and in two surface and subsurface depths and their physical, chemical and mineralogical properties were determined. The results of X-ray diffraction (XRD) and transmission electron microscopy (TEM) showed that there were polygorskite in the studied soils. Evidence shows that in arid and semi-arid regions, clay minerals are mostly controlled by the parent material and many mineralogical properties of the studied soils are influenced by gypsum. Therefore, according to the conditions of the region, the presence of Palygorskite mineral in gypsum-saline marl soils in the south of Gilan province can be related to the type of parent material.

Keywords: Fibrous minerals, Marls, Mineralogy, Parent material, X-Ray Diffraction

مطالعه ویژگی‌های کانی‌شناسی، میکرومورفولوژی و تغییر و تحول خاک‌های پلایای بجستان

محمد قاسم زاده گنجه ای

عضو هیات علمی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی
Email: farshidganjehie@yahoo.com

چکیده

پلایا از جمله شکل‌های اراضی مهم در مناطق بیابانی می‌باشد. هدف از این پژوهش بررسی ویژگی‌ها، تغییر و تحول، خاک‌های پلایای بجستان است. برای این منظور پس از شناسایی لندفرم‌ها، در امتداد یک برش، ۱۱ خاکرخ در سطوح ژئومورفیک مخروط افکنه، اراضی حد واسط مخروط افکنه و کفه رسی و همچنین کفه رسی مطالعه شد. هدایت الکتریکی خاک‌ها از ۰/۸۸در مخروط افکنه تا ۳۶/۶۸ دسی‌زیمنس بر متر در حاشیه کفه نمکی متغیر بود. بافت خاک در کفه رسی، لوم رسی با غالبیت سیلت بود. کانی‌های رسی خاک‌های مورد مطالعه به ترتیب فراوانی شامل اسمکتیت، ایلیت، کلریت و پالی‌گورسکیت بودند. افق Btk قرمز رنگ، متکامل‌ترین افق کل منطقه در مخروط افکنه می‌باشد که در زیر لایه‌های سنگریزه‌دار مدفون شده‌است. تجمع رس به صورت پوشش ذرات شن در مقطع نازک مشاهده شد. افق Bk، حداکثر تکامل در کفه رسی بود. اشکال پوشش رسی،کربنات‌های ثانویه اغلب به شکل نودول همراه با فرم‌های عدسی شکل گچ، پدوفیچرهای غالب خاک را تشکیل می‌دهند. وجود افق Bk در خاک‌های رویی و افق Btk مدفون در بین توالی لایه‌های رسوب، نشان‌دهنده فرایندهای پدوژنیک پیش‌رونده و پس‌رونده است. افق Btk نشان‌هنده یک دوره گرم و مرطوب‌تر و افق Bk نشان‌دهنده یک دوره نسبتا مرطوب‌تر نسبت به حال است.

واژه‌های کلیدی: تغییر و تحول لندفرم، پلایا، پوسته‌های رسی، ژئومورفولوژی، کانی‌شناسی رس

مقدمه

پلایایکی از زمین‌نماهای مهم مناطق خشک است که حدود یک درصد کل خشکی‌ها را پوشش می‌دهند و مورد علاقه و پژوهش خاک‌شناس‌هاوژئومورفولوژیست‌ها می‌باشد. پلایا نواحی مسطح و بسته‌ای در پست ترین قسمت یک حوزه آبریز در مناطق خشک هستند که میزان تبخیر و تعرق در آنها از میزان نزولات جوی بیشتر است و لندفرم‌های منحصربه‌فردی مانندکفه رسی، زون مرطوب وپوسته نمکی در آن تشکیل شده‌اند که تحت تاثیر فرایندهای مختلف در گذشته قرار گرفته‌اند؛ به همین دلیل دوره‌های مختلف تغییرات محیطی و اقلیمی را در خود ذخیره کرده‌اند. ویژگی‌های خاک به موقعیت ژئومورفیک بسیار وابسته است و اگر در بررسی‌های تشکیل و طبقه‌بندی زمین‌نما مفاهیم ژئومورفولوژی لحاظ شود فرایندهای تشکیل خاک بهتر درک می‌شوند. تغییر و تحول خاک و لندفرم‌ها با یکدیگر در ارتباط هستند، زیرا خاک در این لندفرم‌ها تشکیل می‌شودو عوامل مشترکی بر تغییرات آنهاموثر هستند. علاوه بر اینکه مطالعه ژئومورفولوژی به درک فرایندهای خاک‌سازی کمک می‌کند، خاک-شناسی نیز در بررسی فرایندهای تشکیل و تکامل اشکال زمین مهم است. مورفولوژی،میکرومورفولوژی و کانی‌شناسی خاک‌ها و تناوب رسوبگذاری در لندفرم‌ها، از ویژگی‌هایی هستند که به‌خوبی بیان‌گر تغییر و تحولات خاک‌ها و در نتیجه لندفرم‌ها هستند.نه تنها پستی و بلندی توسط اثرگذاری بر روی پایداری ذرات یا توزیع آب سطحی به‌طور مستقیم بر روی فرایندهای خاک‌سازی اثر می‌گذارند، بلکه تغییر در نوع سطح زمین، تغییرات در مواد مادری و تفاوت در سن خاک را می‌توانند نشان دهند.نقش توپوگرافی در پیدایش و تحول خاک اهمیت داردو گاهی مجموعه شرایط ناشی از ویژگی‌ها و موقعیت زمین نما می‌تواند زمینه مناسب را برای تشکیل و تحول خاک‌ها فراهم آورد.در مناطق خشک و نیمه خشک انواع ویژگی‌هایخاکساخت آهکی و گچی در مطالعات میکروسکوپی مشاهده می‌شود. کربنات کلسیم خاکساخت در نتیجه فرآیندهای پیچیده‌ای از انحلال، انتقال، رسوب و تجمع مجدد کربنات‌هایی که یا در مواد مادری خاک‌ها حضور دارند و یا از منابع خارجی به خاک اضافه شده‌اند، در خاک به وجود می‌آیند. در ایران بخش زیادی از مناطق خشک را پلایاها تشکیل می‌دهند. یکی از پلایاهای مهم ایران پلایای بجستان در شمال شرق ایران واقع شده است و بزرگ‌ترین کفه رسی در بین پلایاهای ایران را دارد. که اطلاعاتی از خاک‌ها و تغییر و تحول آنها موجود نیست. هدف از این پژوهششناسایی خاک‌های غالب درلندفرم‌هایپلایا و حاشیه پلایای بجستان و تعیین ویژگی‌های

مورفولوژیکی، میکرومورفولوژیکی وکانی‌شناسی خاک‌های مورد مطالعه، برای ۱) تعیین دوره‌های تغییر و تحول خاک‌ها و لندفرم‌های پلایا و حاشیه آنو ۲)مقایسه تغییر و تحول خاک‌های منطقه با مناطق مشابه در ایران بود.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه در جنوب غرب استان خراسان رضوی در محدوده ´۳۳ °۵۸ تا ´۴۶ °۵۸ طول شرقی و ´۵۸ °۳۴ تا ´۱ °۳۵ عرض شمالی واقع شده است. وسعت منطقه مورد مطالعه ۲۰ هزار هکتار است. شهر فیض‌آباد، داخل منطقه در جنوب‌شرقی آن قرار دارد. بر اساس تصاویر گوگل ارث و بازدیدهای صحرائی لندفرم‌ها و سطوح ژئومورفیک منطقه شناسایی شدند. سطوح ژئومورفیک شناسایی شده از شرق به غرب منطقه شامل انتهای مخروط افکنه،اراضی حدواسط مخروط افکنه-کفه رسی و کفه رسی محدود می‌شود. انتهای مخروط افکنه شامل دو سطح ژئومورفیک است. سطح اول(Af1) توسط رسوبات با سنگریزه کم پوشیده شده است و سطح دوم(Af2) که خاک رویی آناز بین رفته و رسوبات درشت در سطح برجای مانده است. اراضی حد واسط مخروط افکنه-کفه رسی (Af-Cf) شامل تناوبی از لایه های آبرفتی سنگریزه‌دار و لایه های رسی سیلتی است. کفه رسی با توجه به میزان هدایت الکتریکی و تکامل خاکرخ(مشاهده افق کلسیک، ژیپسیک و سالیک)، به دو سطح کفه رسی غیرشور(Cf1) و کفه رسی شور (Cf2) تقسیم گردید. کفه رسی غیرشور شامل خاک‌های تکامل یافته عمیق و بدون سنگریزه است که به دلیل شیب کم، رسوبات درشت به این سطوح نمی‌رسد و تنها رسوبات ریز بافت به این منطقه منتقل شده‌اند. کفه رسی شور به دلیل حرکت مویینگی به طرف سطح خاک، شورتر می‌باشد. به طور معمول در یک توالی عمودی، تناوبی از انباشته های رسوبات رودخانه ای و بادی در محدوده کفه رسی شور قابل رویت می‌باشد. بر اساس واحدهای مختلف ژئومورفیک شناسایی شده،تعداد ۱۱ خاکرخ انتخاب شد. پس از تشریح خاکرخ ها از لایه‌های مختلف خاکرخ‌ها نمونه‌برداری گردید. همچنین تعدادی نمونه دست نخورده به صورت کلوخه جهت مشاهدات میکرومورفولوژی برداشته شد و نمونه‌ها برای آزمایش‌های فیزیکی و شیمیایی و نیز کانی شناسی رسی به آزمایشگاه منتقل گردید.

نتایج و بحث

جدول۱برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاکرخ‌های مورد مطالعه را نشان می‌دهد. خاکرخ‌های شماره ۱ و ۲ به‌ترتیب برروی سطوح ژئومورفیک Af1 و Af2 مخروط افکنه قرار گرفته‌اند. در این دو خاکرخ تناوبی از رسوبات آبرفتی با مقادیر متفاوت سنگریزه از ۵ تا ۷۰ درصد وجود دارد. وجود توالی از لایه‌های با مقدار سنگریزه‌های متفاوت و افق‌های مشخصه، نشان‌دهنده توالی‌های رسوبگذاری و تشکیل خاک است. در هر دو خاکرخ یک افق آرجیلیک-کلسیک (3Btk)وجود دارد که رنگ آن قرمز است. وجود افق ترکیبی کلسیک و آرجیلیک نشان‌دهنده پلی‌ژنتیک بودن آن است.در مناطق خشک جهان، وجود افق ارجیلیک نشان‌دهنده فرایند تجمع رس در مناطق خشک دردوره‌های مرطوب‌تر گذشته و در نتیجه تشکیل افق آرجیلیک است. در خاک روئی خاکرخ شماره ۱ یک افق Bkوجود دارد. این افق تکامل کمتری نسبت به افق Btk دارد. برای تشکیل افق کلسیک، حداقل ۴۰۰ میلی‌متر بارندگی سالانه لازم است. با توجه به بارندگی حال حاضر (۱۹۳ میلی‌متر) افق Bk در دوره‌های مرطوب‌تر گذشته تشکیل شده‌اند. در خاکرخ شماره ۲ اثری از افق Bk دیده نمی‌شود که با توجه به مورفولوژی خاکرخ، و شواهد صحرایی، به نظر می‌رسد خاک روئی توسط فرسایش از بین رفته است.خاکرخ‌های شماره ۳ و ۴ که بر روی اراضی حد واسط مخروط افکنه و کفه رسی با شیب کمتر حفر شده‌اند وحد اکثر دارای افق کمبیک (Bw) می‌باشند. خاکرخ ۳ نزدیک مخروط افکنه و خاکرخ ۴ نزدیک کفه رسی قرار دارد که از خاکرخ ۳ به خاکرخ ۴، مقدار سنگریزه و شن کاهش و مقدار سیلت افزایش پیدا می‌کند. در این خاکرخ‌ها به‌ویژه در خاکرخ ۴، رسوبات به صورت لایه لایه با مرزبندی مشخص روی همدیگر قرار گرفته‌اندکه نشان‌دهنده تغییرات متناوب دردوره‌های رسوبگذاری است. خاکرخ‌های ۵ و ۶در انتهای پدیمنت حفر شده‌اند و تکامل کمی دارند. حداکثر تکامل خاک تشکیل یک افق ژیپسیک در این سطح است که در خاکرخ ۵ دیده شد. خاکرخ شماره ۶ حاوی رسوبات درشت و دارای یک افق سطحی اکریک به ضخامت۲۰ سانتیمتر بر روی افق C است.وجود گچ به‌صورت پندانت در خاک‌های با سنگریزه زیاد، نشان‌دهنده حرکت آب حاوی گچ از بالا به سمت پائین خاکرخ است. عمق و ضخامت زیاد افق تجمع گچ خاکرخ ۵ دلیل

دیگری بر تجمع گچ در شرایط مرطوب‌تر از زمان حاضر است.

جدول ۱- برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاکرخ‌های مورد مطالعه

Table 1- Some physiochemical properties of representative pedons

نسبت جذب سدیم SAR	کربن‌آلی O.C (٪)	کربنات کلسیم معادل CE (٪)	گچ Gypsum (٪)	EC (dSm^{-1})	اسیدیته pH	بافت Texture	سنگریزه Gravel (٪)	شن Sand (٪)	سیلت Silt (٪)	رس Clay (٪)	عمق Depth (Cm)	افق Horizon
خاکرخ شماره ۱ (انتهای مخروط افکنه) Fine Loamy, mixed, thermic, Typic Calciargids												
6.26	0.23	14.6	-	2.85	7.7	SL	5	47	34	19	0-35	A
6.57	0.18	20.8	-	3.12	7.8	SL	8	44	36	20	35-80	Bk
5.67	0.09	22.0	-	1.29	7.6	LS	65	49	38	13	80-110	2C
4.54	0.11	25.2	-	2.18	7.7	SL	5	39	40	21	110-150	3Btk
خاکرخ شماره ۲ (انتهای مخروط افکنه) Coarse Loamy, mixed, thermic, Typic Calciargids												
4.86	0.21	14.2	-	1.32	7.6	L	10	52	31	17	0-30	A
5.62	0.09	18.0	-	2.17	7.9	LS	60	61	29	10	30-70	2C
5.42	0.08	19.4	-	1.89	7.8	SiL	30	57	24	19	70-100	3Btk
6.43	0.09	16.2	-	1.11	7.7	LS	70	71	19	10	100-150	4C
خاکرخ شماره ۳ (حد واسط مخروط افکنه و کفه رسی) Coarse Loamy, mixed, thermic, Xeric Haplocambids												
5.85	0.73	18.7	-	3.12	7.9	L	10	49	29	22	0-35	A
6.02	0.59	16.5	-	2.87	7.8	L	5	43	33	24	35-75	Bw
5.63	0.45	15.3	-	2.45	7.8	SL	10	48	29	23	75-150	C
خاکرخ شماره ۴ (حد واسط مخروط افکنه و کفه رسی) Fine Loamy, mixed,thermic, Xeric Haplocambids												
9.1	0.40	15.6	-	4.27	8.0	SiCL	-	43	40	17	0-30	A
8.83	0.13	14.1	-	3.36	8.1	SCL	5	49	32	19	30-70	Bw1
7.69	0.11	14.6	-	2.72	8.0	SCL	-	48	34	21	70-150	Bw2
خاکرخ شماره ۵ (پدیمنت) Coarse Loamy, mixed, thermic, Xeric Haplogypsids												
10.5	0.19	16.3	2.45	3.07	7.8	SL	10	49	40	11	0-30	A
9.91	0.17	19.3	6.36	4.33	7.6	SiL	5	45	42	13	30-80	By
8.51	0.21	20.5	2.18	3.53	7.9	SL	20	50	36	14	80-150	C
خاکرخ شماره ۶ (پدیمنت) Coarse Loamy Over Sandy Skeletal, mixed, thermic, Xerric Torriorthents												
12.40	0.12	16.0	-	2.30	7.8	LS	70	68	22	10	0-20	A
8.86	0.06	11.9	-	3.42	7.8	S	85	78	14	8	20-150	C
خاکرخ شماره ۷ (کفه رسی غیر شور) Coarse Loamy, mixed, thermic, Xeric Haplocalsids												
9.1	0.40	15.6	-	4.27	8.0	SiCL	-	43	40	17	0-30	A
8.83	0.13	14.1	-	3.36	8.1	SCL	5	49	32	19	30-70	Bw1
7.69	0.11	14.6	-	2.72	8.0	SCL	-	48	34	21	70-150	Bw2
خاکرخ شماره ۵ (پدیمنت) Coarse Loamy, mixed, thermic, Xeric Haplogypsids												
10.5	0.19	16.3	2.45	3.07	7.8	SL	10	49	40	11	0-30	A
9.91	0.17	19.3	6.36	4.33	7.6	SiL	5	45	42	13	30-80	By
8.51	0.21	20.5	2.18	3.53	7.9	SL	20	50	36	14	80-150	C
خاکرخ شماره ۶ (پدیمنت) Coarse Loamy Over Sandy Skeletal, mixed, thermic, Xerric Torriorthents												
12.40	0.12	16.0	-	2.30	7.8	LS	70	68	22	10	0-20	A
8.86	0.06	11.9	-	3.42	7.8	S	85	78	14	8	20-150	C
خاکرخ شماره ۷ (کفه رسی غیر شور) Coarse Loamy, mixed, thermic, Xeric Haplocalsids												
12.70	0.36	17.0	-	3.35	7.7	SCL	-	38	41	21	0-40	A
8.50	0.19	23.6	-	4.26	7.8	SL	-	44	39	17	40-90	Bk
3.80	0.11	18.7	-	5.50	7.5	SL	-	49	40	11	90-150	Bw
خاکرخ شماره ۸ (کفه رسی غیر شور) Fine Loamy, mixed, thermic, Xeric Haplocalsids												
11.18	0.41	23.0	-	0.88	8.2	L	-	46	35	19	0-35	A
12.98	0.37	22.2	-	2.88	7.9	L	-	40	40	20	35-55	Bk1
12.29	0.21	24.9	-	3.55	7.8	SL	-	47	32	21	55-80	Bk2
11.47	0.17	25.1	-	4.79	7.7	L	-	41	37	22	80-150	C
خاکرخ شماره ۹ (کفه رسی غیر شور) Fine, mixed, thermic, Xeric Haplocalsids												

خاکرخ شماره ۹ (کفه رسی غیر شور) Fine, mixed, thermic, Xeric Haplocalsids												
10.29	0.27	14.9	-	5.96	7.7	SL	-	43	34	23	0-30	A
11.39	0.43	21.6	-	4.70	7.8	CL	-	39	36	25	30-60	Bk
10.64	0.14	14.2	-	2.56	7.9	CL	-	37	37	26	60-110	Bw
12.33	0.23	13.1	-	2.45	7.7	SL	-	42	36	22	110-150	C
خاکرخ شماره۱۰ (کفه رسی شور)Fine Silty, mixed, thermic, Xeric Haplogypsids												
12.18	0.25	17.1	3.54	8.46	7.8	SL	-	37	48	15	0-35	A
11.72	0.08	18.8	8.55	6.58	7.6	SiCL	-	29	54	17	35-65	By
12.21	0.11	18.0	6.12	5.71	7.7	L	-	32	49	19	65-150	C
خاکرخ شماره۱۱ (کفه رسی شور)Fine Loamy, mixed, thermic, Xeric Haplosalids												
20.76	0.56	15.4	2.54	36.68	8.1	SiL	-	36	43	21	0-30	A
16.28	0.33	17.7	1.17	34.55	8.0	L	-	37	42	21	30-70	Bz1
13.07	0.10	18.2	0.65	31.20	7.9	CL	-	35	43	22	70-150	Bz2

خاکرخ‌های۷، ۸ و ۹ بر روی سطح ژئومورفیک کفه رسی غیرشور (Cf1) دارند و همه این خاکرخ‌ها دارای افقBk هستند.خاکرخ ۸ دارای بیشترین تجمع کربنات کلسیمی‌باشد و در ۸۰ سانتیمتری به حداکثر مقدار خود یعنی۲۵ درصد می‌رسد. وجود افق Bk در کفه رسی که مسطح است نشان می‌دهد که این افق پس از تشکیل در دوره مرطوب‌تر، توسط رسوبات جوان‌تر، مدفون نشده است. خاکرخ‌های شماره ۱۰ و ۱۱بر روی سطح ژئومورفیک کفه رسی شور (Cf2) قرار دارند. در این خاکرخ‌ها اثری از افق کلسیک نیست و افق By در خاکرخ ۱۰، افق Bz در خاکرخ ۱۱ مشاهده می‌شود. این سطح ژئومورفیک به‌دلیل قرار گرفتن در نزدیکی کفه نمکی که پست‌ترین بخش پلایا است، سفره آب زیرزمینی نزدیک به سطح است و املاح وارده شده از بخش‌ها بالایی، در اثر حرکت موئینگی باعث تشکل افق‌های سالیک و ژیپسیک می‌شوند. رده‌بندی خاک‌های محدوده مورد مطالعه در جدول ۱ نشان داده شده است. هرچه از سمت مخروط افکنه به سمت کفه رسی پلایا نزدیک می‌شویم با کاهش شیب، بافت خاک سنگین‌ترمی‌شود به نحوی که بافت از لوم شنی در خاکرخ ۱ به لوم رسی در خاکرخ ۱۱ می‌رسد.در همین امتداد،میزان سنگریزه سطحی نیز کاهش پیدا می‌کند و در کفه رسی مقدار سنگریزه به صفر می‌رسد. میزان کربنات کلسیم معادل در منطقه مورد مطالعه روند خاصی ندارد و از ۱۱/۲ تا ۲۵/۲درصد متغیراست. دلیل تغییرات کم این کانی، از یک سو، وجود مواد مادری آهکی و از سوی دیگر حلالیت کم آن است که باعث می‌شوند انتقال به‌صورت محلول در منطقه کم باشد. در مقابل، گچ و املاح محلول، به دلیل حلالیت بیشتر به سادگی در منطقه منتقل می‌شوند و از سمت مخروط افکنه به سمت کفه رسی شور، به تدریج مقدار گچ و املاح محلولافزایش می‌کند. مقدار گچ در سطوح مختلف منطقه مورد مطالعه کمتر از مناطق مشابه است.. قابلیت هدایت الکتریکی در این خاک‌ها از ۰/۹ در مخروط افکنه تا ۳۶/۷دسی زیمنس بر متر در کفه رسی شور متغیر است که بستگی به موقعیت منطقه افزایش یا کاهش پیدا کرده است. در خاک‌های روی کفه رسی مقدار هدایت الکتریکی لایه سطحی بیشتر از بقیه لایه هاست که دلیل آن صعود مویینگی املاح به سمت بالا است. خاک‌های تشکیل شده در کفه نمکی پلایا دارای بیشترین میزان شوری و نسبت جذب سدیم می‌باشد. تغییرات SAR در طول ترانسکت روندی شبیه به آنچه EC دارد از خود نشان داد. مطالعه مقطع نازک در خاکرخ شماره ۱ از افق Btk در عمق ۱۵۰-۱۱۰ وجود پوشش های رسی به همراه پرشدگی و نودول‌های کربنات کلسیم را نشان می‌دهد. نودول‌های اکسید آهن در افق Btkخاکرخ شماره ۱ نشان می‌دهد که اکسیدهای آهن زمینه خاک را اشباع کرده است و به همین دلیل از نوع ماتریکس نودول هستند که می‌تواند نشانگر در زمان تشکیل این افق، شرایط هوادیدگی مناسب بوده است و باعث آزاد شدن آهن از کانی‌ها و اکسید شدن آنها و تجمع در زمینه خاک شده است. همین امر سبب رنگ قرمز در افق Btk نیز شده است. انتقال رس و کربنات‌ها می‌تواند همزمان رخ دهد.وجود نودول‌های کربنات‌های ثانویه به همراه پوسته‌های رسی نشان‌دهنده پدوفیچرهای مرکب و پلی‌ژنتیک بودن خاک است وبیانگر ان است که چند دوره اقلیمی را پشت سر گذاشته است. نتایج حاصل از دستگاه پراش پرتو ایکس نشان دهنده‌وجود کانی‌های اسمکتیت، ایلیت،کلریت، کائولینیت و پالیگورسکیت می‌باشد. در منطقه مورد مطالعه نیز پالیگورسکیت در افق‌های کلسیک، ژیپسیک و کلسیک وجود دارد که می‌تواند نشانه‌ای از نوتشکیلی این کانی باشد. با توجه به عدم حضور پالیگورسکیت در افق Bw خاکرخ ۴ می‌توان گفت که منشا مواد مادری در این خاک‌ها اهمیت کمتری دارد. به نظر می‌رسد که منشا کانی اسمکتیت در خاک‌های منطقه‌ی مورد

مطالعه، پدوژنیک باشد و این سطح ژئومورفیک، در نتیجه‌ی هوادیدگی کانی‌های ایلیت و کلریت تشکیل شده است. مقادیر زیاد اسمکتیت در این خاک به احتمال فراوان می‌تواند ناشی از هوادیدگی ایلیت و همچنین به ارث رسیده از مواد مادری باشد.

نتیجه‌گیری

منطقه مورد مطالعه در حال حاضر یکی از خشک ترین مناطق در ایران است که در حاشیه دشت کویر قرار گرفته است. پوسته‌های رسی و رنگ قرمز در افق آرجیلیک نشان‌دهنده شرایط گرم و مرطوب در گذشته است. همچنین، وجود نودول‌های کربنات‌ها که توسط پوسته‌های رسی پوشش داده شده‌اند نشان دهنده یک دوره مرطوب پس از یک دوره خشک است.از سوی دیگر، حضور پدوفیچرهای مرکب در سطح پوسته‌های رسی پلایا نشان‌دهنده پلی‌ژنتیک بودن این خاک‌ها و پشت سر گذاردن چندین دوره تکامل در نتیجه تغییر شرایط آب و هوایی می‌باشد. مدفون شدن افق Btk در زیر لایه‌های آبرفتی در مخروط افکنه نشان می‌دهد که پس از یک دوره خاک‌سازی، رسوب‌گذاری مجدد باعث مدفون شدن این افق شده است. افق Bk در خاک رویی مخروط افکنه نشانه‌ای بر شرایط خاک‌سازی با شدت کمتر دارد. این شواهد نشان‌دهنده تناوب شرایط خاک‌سازی و رسوب در منطقه مورد مطالعه است. توالی خاک‌سازی و رسوبگذاری با شدت‌های متفاوت در مناطق خشک ایران، بر شرایط مشابه این مناطق در گذشته دلالت دارد.

فهرست منابع

1-Bonifacio E., Falsone G., Simonov G., Sokolova T., and Tolpeshta I. 2009. Pedogenic processes and clay transformations in bisequal soils of the Southern Taiga zone.Geoderma, 149: 66-75.

2-Bouza P.J., Simon M., Aguilar J., Del Valle H., and Rostagno M. 2007. Fibrous- clay mineral formation and soil evolution in Aridisols of northeastern Patagonia, Argentina. Geoderma, 139: 38-50.

3-Briere P.R. 2000. Playa, playa lake, sabkha: Proposed definitions for old terms. Journal of Arid Environment, 45:1-7.

4-Canton Y., Sole-Benet A.,and Lazaro R. 2003. Soil-geomorphology relations in gypsiferous materials of the Teberans Desert(Almaria, SE Spain). Geoderma, 115: 193-222.

5-Deckers J., Spaargaren O., and Nachtergaele F. 2001. Vertisols: genesis, properties and soils cape management for sustainable development. In: J.K. Syers, F.W.T. Penning de Vries and Phibion Nyamudeza. The sustainable management of Bertisols.CABIPublishing.

6- Khresat S. A., and Qudah E.A. 2006. Formation and properties of aridic soils Azraq Basin in northeastern Jordan. Journal of Arid Environment, 64:116-136.

7- Peter M.J., Konen M.E., and Curry B.B. 2009. Pedogenesis of a catena of the Farmdale Sangamon geosol complex in the north central united states. Palaeogeography, 282:119-132.

8- Shaetzel R., and Anderson P. 2005. Soils genesis and geomorphology, Cambridge University Press, New York.

9- Shankar N., and Achyuthan H. 2007. Genesis of calcic and petrocalcic horizons from Combatore, Tamil Nadu: Micromorphology and geochemical studies, Qauaternary International, 175, 140-154.

10- Tsubo M., Basnayak J., Fukai S., Sihathep V., Siyavong P., and Sipaseuth M.C. 2006. Toposequential effects on water balance and productivity in rainfed lowland rice ecosystem in Southern Laos. Field Crops Resarch, 97: 209-220.

Investigation Clay Mineralogy, Micromorphology and Evolution Soils of Bajestan Playa

Mohamad Ghasemzadeh Ganjehie
Academic Member of Soil and Water Department, KhorassanRazavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Mashhad, Iran.

Abstract:
Study of playas is important from different point of view especially pedology, sedimentology, mineralogy, environmentalgeology, groundwater and surface waterchemistry. There is noinformationonthe soils andtheir evolution in Bajestan playa.The aim ofthisstudy was to identifythe soilsofclay flatand surrounding landforms of Bajestanplaya and determinetheirmorphological, micromorphological and mineralogicalcharacteristics for 1)to determine theperiods ofsoil and landform evolutionand 2)comparison of soil evolution of the study area to other arid regions of Iran. The landforms from north to the south of the study area were alluvial fan,intermediate alluvial fan- clay flat, and clay flat. Considering the diversity of geomorphicunits,11 soil profiles were described and diffrenet soil layers and horizons were sampled. Undisturbed soil samples were taken micromorphological studies. Some horizons were selected for clay mineralogy analysis. Th Bk horizon was the maximum soil development in the clay flat andintermediatealluvial fan-clay flat landforms. Clay coating on sand in thin section was the evidence of clay illuviation in Btk horizon. Carbonate nodules associated with clay coating are the compound pedofeature in Btk horizon. There Bk horizon in ovelying soils, buried Btk horizon, removal of surface horizon in alluvial fan are the evidences of regressive and progressive of pedogenic processes in the study area. Btk horizonrepresentsawarmand wetter and Bkhorizonrepresents arelativelywetterperiodin comparison to present time. Bk horizon in overlying soil of all landformsrepresents a less intense period of soil formation. These are the evidencesof soil formation and alluvial deposition.The sequence of Bk and Btk horizon in the study area and the occurrence of these soils in central, eastern and northeastern Iran imply the similar conditions in arid regions of Iran.

Keywords: Clay mineralogy, Geomorphology, Landform evolution, Playa

بررسی تکامل خاک با استفاده از شاخص‌های رنگ، مطالعه موردی: منطقه دهگلان استان کردستان

سارا مرادی ثانی[1]، محمد جمشیدی[2]، محسن باقری بداغ‌آبادی[2]

۱- موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران sarah.sani@ut.ac.ir

۲- موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

چکیده

بر اساس مفاهیم ژنتیکی خاک، دامنه تغییر و تحول مواد مادری به عنوان شاخص مستقیم تکامل خاک‌ها در طول زمان شناخته شده است. برای بررسی درجه تکامل خاک خصوصیت‌های مختلفی از جمله مورفولوژی، میکرومورفولوژی خاک و سایر ویژگی های بدست آمده مورد توجه قرار می گیرند. یکی از نشانه های قابل مشاهده در تغییر مواد مادری، ارزیابی تغییر رنگ این مواد در تبدیل به خاک است. بر این اساس این پژوهش با هدف اصلی مقایسه شاخص‌های مختلف رنگ شامل شاخص هارست[1]، شاخص تورنت[2] و شاخص الکساندر[3] برای ارزیابی درجه تکامل نسبی خاک‌های منطقه دهگلان در استان کردستان انجام گرفت. نتایج نشان داد شاخص های رنگ به خوبی می‌تواند روند تکامل خاک‌ها را در هر سطح از رده بندی خاک نشان دهند و افزایش تکامل خاک منجر به افزایش شاخص رنگ گردد.

واژگان کلیدی: تکامل خاک، مواد مادری، شاخص رنگ

مقدمه

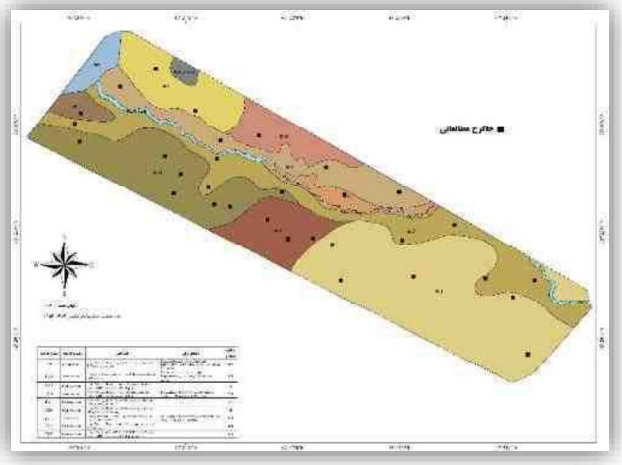
ریخت‌شناسی خاک جزو مهمترین ویژگی‌های خاک است که تا کنون در مطالعات بی‌شماری برای بررسی درجه تکامل خاک و مقایسه آن‌ها مورد استفاده قرار گرفته است. یکی از شاخص‌های کاربردی ریخت شناسی، شاخص رنگ است که نشان دهنده بسیاری از خصوصیات شیمیایی مانند میزان آهک، ماده آلی، فرایندهای اکسیداسیون و احیا و کانی های تشکیل دهنده خاک بوده و تابع عوامل متعددی از جمله اقلیم منطقه، نوع مواد مادری و کانی های موجود در آن، مقدار مواد آلی و توپوگرافی منطقه مورد مطالعه است. اولین موفقیت در طراحی شاخص رنگ خاک توسط زمین شناسی به نام هارست تحت عنوان"شاخص هارست" برای استفاده در ساپرولیت بدست آمد (Hurst,1977). این شاخص متاثر از رابطه رنگ خاک و مقدار کانی‌های آهن توسعه یافته در آن می‌باشد. مقدار عددی این شاخص برای هیو با افزایش مقدار آهن کاهش می‌یابد. پس از هارست، "شاخص تورنت" توسط تورنت و همکاران (۱۹۸۳) و "شاخص الکساندر" توسط الکساندر (۱۹۸۵) برای اصلاح شاخص هارست معرفی شدند و نشان دادند که با افزایش مقدار اکسید آهن مقادیر شاخص‌های اصلاح شده نیز افزایش می‌یابد. خرمالی و همکاران (۱۳۹۸)از شاخص‌های رنگ برای میکروموفولوژی خاک‌های جنگلی توسعه یافته بر روی لس در یک گرادیان بارش در شمال ایران استفاده کردند. حسینی و همکاران (۱۳۹۴) نشان دادند شاخص رنگ الکساندر با روند تکامل خاک ها در برش طولی کرمان – بافت هم خوانی دارد. همچنین معینی و صیامی (۱۳۹۶) با استفاده از شاخص رنگ معیار رابطه قوی و معنی دار با سن خاک به دست آوردند و نشان دادند با افزایش سن خاک، شاخص رنگ نیز افزایش می یابد.

مواد و روش‌ها

محدوده مورد مطالعه، منطقه قوچم با وسعت ۱۰۰۰ هکتار در شهرستان دهگلان استان کردستان می‌باشد. این مطالعه بین مختصات ۴۷ درجه و ۲۲ دقیقه تا ۲۴ دقیقه طول شرقی و ۳۵ درجه و ۲۳ دقیقه تا ۲۴ دقیقه عرض شمالی قرار دارد. میزان بارندگی سالانه ۳۳۶/۶ میلی‌متر و متوسط دمای سالانه ۱۱/۸ درجه سلسیوس است. رژیم رطوبتی و حرارتی خاک این منطقه به ترتیب زریک و مزیک می‌باشد. نقشه خاک این منطقه با روش ژئوپدولوژی در سطح مقیاس نیمه تفصیلی دقیق، با حفرو

[1]Hurst
[2]Torrent
[3]Alexander

تشریح ۳۱ خاک‌رخ تهیه گردید. از همه افق‌ها و لایه‌های خاک نمونه‌برداری و آزمایش‌های لازم روی تعداد ۱۳۹ نمونه خاک با روش‌های استاندارد انجام گرفت. شکل یک موقعیت این منطقه و نقشه خاک مربوطه را نشان می‌دهد.



شکل۱- منطقه مطالعاتی و واحدهای خاک آن

در این پژوهش برای ارزیابی درجه تکامل نسبی خاک‌ها از شاخص‌های رنگ مختلف شامل شاخص هارست[1]، شاخص تورنت[2] و شاخص الکساندر[3] استفاده شد.

شاخص رنگ هارست بصورت معادله (۱) در زیر بیان شده است (Hurst, 1977):

$$Hurst = H^{*} \times \frac{V}{C} \quad (۱)$$

در معادله فوق *H بیانگر عدد هیوی تبدیل شده، V بیانگر عدد ولیو و به همین ترتیب C بیانگر عدد کروما می باشد. برای تبدیل هیو، با هیوی R عدد صفر، هیوی YR عدد ده و هیوی Y عدد بیست جمع می‌گردد.

شاخص تورنت که توسط تورنت و همکاران (۱۹۸۳) شاخص درجه بندی قرمزی نام گرفت با افزایش میزان کانی‌های آهن افزایش می‌یابد. معادله تورنت (۲) بصورت زیر است:

$$Rr = (10 - H) \times \frac{C}{V} \quad (۲)$$

در رابطه فوق Hبیانگر عدد هیو، C کروما و V ولیو می باشد.

الکساندر (۱۹۸۵) شاخص رنگ را بصورت معادله (۳) بیان کرد:

$$Rr = (K - H^{*}) \times \frac{C}{V} \quad (۳)$$

در این معادله *H برابر با هیوی تبدیل شده (جمع با عدد صفر برای هیوی R، جمع با عدد ده برای هیوی YR و جمع با عدد بیست برای هیوی Y)، C برابر با عدد کروما و v برابر با عدد ولیو می باشد. K در رابطه فوق عدد ثابتی است که الکساندر با توجه به ایجاد عدد مثبت در هیو 10YR و نمایش بهتر درجه قرمزی، اعداد بزرگتر از ۲۰ را برای K مناسب تر می دانست و در نهایت

[1]Hurst
[2]Torrent
[3]Alexander

عدد ثابت ۲۵ را برای مقدار K پیشنهاد داد. در محاسبات این مطالعه نیز از عدد ۲۵ برای K استفاده شده است.
شایان ذکر است که مقادیر شاخص های رنگ با توجه به عمق خاکرخ های حفر شده برای همه موارد تا عمق ۱۳۰ سانتی‌متر و به صورت وزنی بدست آمده اند. محاسبات هر سه شاخص ذکر شده در بالا، درمحیط اکسل انجام شده اند.

نتایج و بحث

رده بندی خاک‌ها در منطقه مطالعاتی تا سطح فامیلدر جدول ۱ ارایه شده است. خاک‌ها در دو گروه بزرگ کلسی زرپتز[1] و هاپلوزرپتز[2]طبقه بندی شده‌اند. تغییرات قابل توجه در بخش فامیل خاک مربوط به کانی شناسی خاک می‌باشد که به دو صورت کربناتیک و مخلوط (Mixed) وجود دارد. با توجه به رده بندی خاک‌ها می‌توان گفت خاک‌های منطقه در مراحل نخستین تکامل خاک یعنی پیدایش افق کمبیک (که تنها بیانگر وجود ساختمان خاک است) و افق کلسیک (تجمع کربنات ها در خاک) می باشند.

جدول۱- رده بندی خاک های منطقه مطالعاتی

گروه بزرگ	زیرگروه	فامیل
Calcixerepts	Typic Calcixerepts	Fine, Carbonatic Mesic
		Fine, Mixed, Mesic
		Fine-silty, Mixed, Mesic
	Calcixerepts Vertic	Fine, Mixed, Mesic
Haploxerepts	Fluventic Haploxerepts	Fine, Carbonatic, Mesic
		Fine, Mixed, Mesic
	Typic Haploxerepts	Fine-silty, Mixed, Mesic

از آنجا که رنگ غالب خاک ها در محدوده ۱۰YR قرار داشت، شاخص رنگ تورنت در بیشتر موارد برابر صفر شد و بنابراین از روند محاسبات کنار گذاشته شد و بر اساس شاخص های هارست و الکساندر وضعیت تکامل خاک ها مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. مقدار میانگین شاخص‌های رنگ برای سطوح مختلف رده‌بندی خاک در جدول ۲ ارایه شده است. هر دو شاخص رنگ هارست و الکساندر تقریباً روند همانندی را برای خاک های مختلف نشان می دهند و به طور کلی هرچه ویژگی های تکاملی خاک بیشتر شده است، مقدار این شاخص ها افزایش یافته اند، اما شاخص الکساندر در برخی موارد برعکس بود که نیاز به بررسی بیشتر دارد. از آنجا که شاخص هارست تغییرات تکاملی را با روند بهتر و بارزتر نشان داد، توضیحات تکمیلی براساس شاخص هارست ارایه خواهند شد.

چون در منطقه تنها یک زیررده زرپتز وجود دارد، لذا امکان مقایسه شاخص رنگ برای این سطح مفهومی ندارد. اما شاخص رنگ به خوبی دو گروه بزرگ این زیررده را از هم جدا کرده است، به طوری که شاخص رنگ برای گروه بزرگ کلسی زرپتز و گروه بزرگ هاپلوزرپتز به ترتیب برابر ۳۷۱۰ و ۳۲۳۶ می باشد که بیانگر تکامل بیشتری گروه بزرگ کلسی زرپتز نسبت به گروه بزرگ هاپلوزرپتز است. این موضوع به خوبی پیدایش افق تجمع کربنات‌ها که در مرحله متکامل‌تری از افق کمبیک می‌باشد را نشان می‌دهد. در سطح بعد یعنی سطح زیرگروه نیز همین روند دیده می شود و به طور کلی زیرگروه‌های متکامل‌تر دارای شاخص بزرگ تری هستند. برای نمونه در گروه بزرگ کلسی‌زرپتز، زیرگروه ورتیک، که نشانه وجود برخی ویژگی‌های خاک های ورتی‌سول است، نسبت به زیرگروه تیپیک، که تنها همان ویژگی افق کلسیک را دارد، شاخص بزرگتری را به خود اختصاص داده است (۴۰۵۶ برای ورتیک کلسی زرپتز در برابر ۳۵۳۷ برای تیپیک کلسی زرپتز). برای گروه بزرگ هاپلوزرپتز نیز همین روند وجود دارد و زیرگروه فلوونتیک که حاکی از رسوبگذاری های متعدد است و بنابراین نسبت به زیرگروه تیپیک جوان‌تر می باشد، عدد شاخص رنگ کوچکتری دارد.

برای هر زیرگروه نیز کانی شناسی کربناتیک نسبت به کانی شناسی مخلوط شاخص رنگ بزرگتری را به خود اختصاص داده است. به طور کلی انتظار می رود کانی شناسی کربناتیک صرف نظر از اینکه مواد مادری چقدر آهکی باشند، بیانگر کنش و

[1]Calcixerepts
[2]Haploxerepts

واکنش‌های بیشتری نسبت به کانی شناسی مخلوط باشد. این موضوع می تواند به شستشوی املاح محلول‌تر از آهک و پیرو آن غالب شدن کربنات ها و یا به افزایش کربنات ها به وسیله کنش و واکنش های شیمیایی ویا بیولوژیکی مرتبط شود.
همانطور که مشاهده شد شاخص رنگ در هر سطح رده بندی به خوبی تکامل خاک ها را در آن سطح نشان می دهد و افزایش شاخص رنگ بیانگر تکامل بیشتر خاک می باشد. در همین راستا حسینی و همکاران (۱۳۹۴) نشان دادند شاخص رنگ الکساندر با روند تکامل خاک ها در برش طولی کرمان – بافت هم خوانی دارد. همچنین معینی و صیامی (۱۳۹۶) با استفاده از شاخص رنگ معیار رابطه قوی و معنی دار با سن خاک به دست آوردند و نشان دادند با افزایش سن خاک، شاخص رنگ نیز افزایش می یابد.

جدول۲- میانگین مجموع شاخص های رنگ در سطوح مختلف رده بندی خاک

زیررده	شاخص		گروه بزرگ	شاخص		زیرگروه	شاخص		کانی شناسی	شاخص	
	الکساندر	هارست		الکساندر	هارست		الکساندر	هارست		الکساندر	هارست
Xerepts	۳۶۲۶	۵۰۵	Calcixerepts	۳۷۱۰	۵۰۸	Typic	۳۵۳۷	۵۳۹	Carbonatic	۳۶۷۸	۵۲۷
									Mixed	۳۴۸۴	۵۵۸
						Vertic	۴۰۵۶	۴۴۷	Mixed	۴۰۵۶	۴۴۷
			Haploxerepts	۳۲۳۶	۵۰۶	Fluventic	۳۲۷۷	۵۳۸	Carbonatic	۳۱۲۵	۵۶۵
									Mixed	۳۰۹۷	۵۵۶
						Typic	۳۳۲۵	۴۰۰	Mixed	۳۳۲۵	۴۰۰

نتیجه‌گیری

این پژوهش نشان داد شاخص‌های رنگ هارست و الکساندر به خوبی می‌توانند روند تکامل خاک‌ها را نشان دهند. بر این اساس در هر سطح رده بندی خاک با افزایش تکامل خاک شاخص رنگ عدد بیشتری را دریافت می کند. هرچند هر دو شاخص رنگ هارست و الکساندر روند تقریباً همانندی را نشان دادند اما شاخص هارست روند تکامل را بهتر نشان داد، به طوری که حتی دارا بودن افق کلسیک نسبت به نبودن این افق برای سطح زیررده زرپت‌ها به خوبی مشخص گردید و در سطح گروه بزرگ، کلسی‌زرپت‌ها از هاپلوزرپت‌ها جدا شدند. همچنین در سطح فامیل و برای کانی شناسی جداسازی کانی شناسی کربناتیک از مخلوط به خوبی انجام شد.

تشکر و قدردانی

این پژوهش منتج از پروژه "مطالعات نیمه تفصیلی خاک‌شناسی در شهرستان دهگلان استان کردستان" می‌باشد که بدین وسیله از موسسه تحقیقات خاک و آب به عنوان مجری پروژه و سازمان جهاد کشاورزی استان کردستان به عنوان کارفرما و همچنین مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کردستان کمال سپاسگزاری به عمل می‌آید.

فهرست منابع

حسینی, سمیه السادات, اسفندیارپور بروجنی, عیسی, فرپور, محمدهادی, کریمی, علیرضا. (۱۳۹۴). مقایسه‌ی شاخص‌های مختلف تکامل خاک در برش طولی کرمان- بافت .مجله مدیریت خاک و تولید پایدار۵ (۲) ۱-۲۳.

پورمعصومی پرشکوه، م.، و خرمالی، ف.، و ایوبی، ش.، و کیانی، ف.، و کهل، م.، و لهندورف، ا. (۱۳۹۸). میکرومورفولوژی خاک های جنگلی توسعه یافته بر روی لس در یک گرادیان بارش در شمال ایران. مهندسی زراعی (مجله علمی کشاورزی), ۴۲(۲), ۱-۲۰.

معینی, ابوالفضل, صیامی, علیرضا. (۱۳۹۶). رنگ خاک و بررسی رابطه آن با سن خاک‌ها در پادگانه‌های حوزه آبخیز طالقان .پژوهش‌های خاک ۳۱ (۳) ۴۵۲- ۵۲۱ doi: 10.22092/ijsr.2017.113752

Alexander, E.B. 1985. Estimating relative ages from iron-oxide/total-iron ratios of soils in the western Po Valley, Italy: a discussion, Geoderma, 35: 257-259.

Buntley, G.J., and Westin, F.C. 1965. A comparative study of developmental color in a Chestnut–Chernozem–Brunizem soil climosequence. Soil Sci. Soc. Amer. J. 29: 579-582.

Hurst, V.J. 1977. Visual estimation of iron in saprolite. Geology Society of America Bulletin, 88: 174-176

Koop, A. N., Hirmas, D. R., Sullivan, P. L., & Mohammed, A. K. (2020). A generalizable index of soil development. Geoderma, 360, 11389

Investigation of soil development using color indices, a case study: Dehgolan region of Kurdistan province

Abstract

Based on soil genetic concepts, the range of change and evolution of parent materials is recognized as a direct indicator of soil development over time. To evaluate the degree of soil development, various properties such as morphology, soil micromorphology and other obtained characteristics are considered. One of the visible signs of a change in parent material is the evaluation of its discoloration when it turns into soil. Based on this, the main purpose of this study was to compare different color indices including Hurst index, Torrent index and Alexander index to evaluate the degree of relative development of soils in Dehgolan region in Kurdistan province. The results showed that color indices can well show the evolution of soils at any level of soil classification and increasing soil evolution leads to an increase in color index.

Keywords: Soil development, parent material, color indices

مدل‌سازی و نقشه‌برداری رقومی پتاسیم سطحی خاک

فرزانه پارسائی[۱]، احمد فرخیان فیروزی[۲*]، سید روح اله موسوی[۳]، اصغر رحمانی[۳]، محمد حسین سدری[۴]، مهدی همائی[۵]

۱- دانشجوی دکتری مدیریت منابع خاک، دانشگاه شهید چمران اهواز۲*- دانشیارگروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهیدچمران اهواز a.farrokhian@scu.ac.ir ۳- دانشجویان دکتری مدیریت منابع خاک، دانشگاه تهران۴- استادیار بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کردستان، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، سنندج، ایران ۵- استاد گروه معدن، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه تربیت مدرس و هسته پژوهشی اگروهیدرولوژی، دانشگاه تربیت مدرس و تهران، ایران.

چکیده

پیش‌بینی و بررسی تغییرپذیری مکانی ویژگی‌های فیزیکو شیمیایی خاک در مدیریت و بهره‌برداری پایدار از اراضی ضروری می‌باشد. پژوهش حاضر با هدف مدل‌سازی و نقشه‌برداری رقومی پتاسیم تبادلی در خاک سطحی با استفاده از سه مدل رگرسیونی جنگل تصادفی، k-نزدیکترین همسایه و رگرسیون خطی چند متغیره در بخشی از اراضی قروه-دهگلان در استان کردستان صورت پذیرفت. در مجموع ۱۳۰ نقطه مشاهداتی بر اساس الگوی تصادفی طراحی و از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متر نمونه‌برداری گردید. سپس ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک اندازه‌گیری شد. تعداد ۴۰متغیر محیطی شامل طیف گسترده‌ای از ویژگی‌های خاک، توپوگرافی و سنجش از دور برای تهیه نقشه رقومی پتاسیم خاک استفاده شد؛ مناسب‌ترین آنها با استفاده از روش تجزیه مولفه‌های اصلی انتخاب گردیدند. نتایج انتخاب متغیر نشان داد ۱۲ متغیر دارای بالاترین میزان تغییرپذیری و حداقل همبستگی با سایر متغیرها بودند. مدل RF نسبت به دو مدل k-NN و MLR با مقادیر R^2 برابر ۰/۸ و RMSE برابر ۰/۲۵ بالاترین میزان صحت را ارائه نمود. بطور کلی مدل RF قادر بود با استفاده از متغیرهای محیطی بهینه و تراکم مناسب داده‌های خاک مقادیر متغیر هدف را در مناطق فاقد مشاهده با دقت بالائی پیش‌بینی نماید.

واژگان کلیدی: پتاسیم تبادلی، جنگل تصادفی، متغیرهای محیطی، مدلسازی مکانی

مقدمه

نقش پتاسیم به عنوان یک عنصر کلیدی پرنیاز و ضروری بـرای رشد گیاه درکشاورزی به خوبی شناخته شده است. پیش‌بینی و بررسی تغییرپذیری مکانی ویژگی‌های فیزیکو شیمیایی خاک در مدیریت و بهره‌برداری پایدار از اراضی ضروری می‌باشد Menezes(2018). همبستگی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک، زمینه‌های به کارگیری روش‌های مختلف را برای تفسیر و بررسی تغییرپذیری خاک‌ها فراهم آورده است. از جمله این روش‌ها، روش‌های چند متغیره است. یکی از اهداف آمار چند متغیره، بررسی وابستگی‌ها بین متغیرهای مشاهده شده می‌باشد. روش‌های چند متغیره ابزاری مناسب برای تجزیه و تحلیل داده‌های خاک می‌باشند. یکی از روش‌های چند متغیره پرکاربرد در علوم خاک، روش تحلیل مؤلفه‌های اصلی[۱](PCA) است. به بیان دیگر هدف PCA، مانند سایر انواع تحلیل‌های عاملی، کاهش مجموعه بزرگی از داده‌ها به تعداد کمتری عامل است که در PCA به این عامل‌ها مؤلفه (PC) گفته می‌شود Biabangard (2010). این مؤلفه‌های اصلی بیشتر تغییرات موجود در داده‌ها (بیشترین واریانس مجموعه داده‌ها) را توجیه می‌کنند و به راحتی در تحلیل‌های بعد، از جمله رگرسیون خطی چند متغیره[۲] استفاده می‌گردند. جایور و همکاران (2011) به‌منظور ارزیابی تأثیر خصوصیات شیمیایی خاک بر روی عملکرد محصول ذرت در راستای توصیه‌های مدیریتی و حاصلخیزی در مکان‌های خاص، تغییرپذیری مکانی ویژگی‌های شیمیایی خاک از جمله (نیتروژن، پتاسیم و فسفر) را در منطقه‌ای از کشور کلمبیا مورد مطالعه قرار دادند. تجزیه و تحلیل نتایج به‌دست آمده از مطالعه این متغیرها توسط تکنیک زمین آمار نشان داد که توزیع مکانی و همبستگی این ویژگی‌ها با عملکرد محصول رابطه مستقیم دارد. دلسوز

[1] Principal component analysis
[2] multiple linear regressions

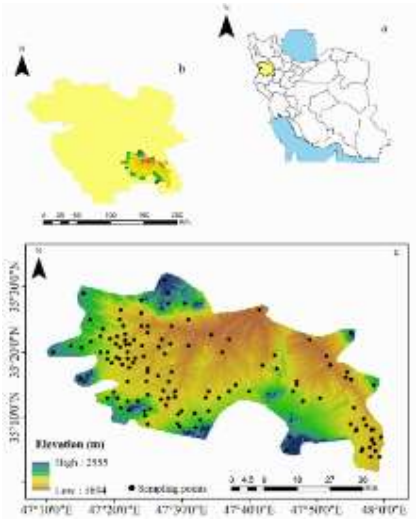
خاکی و همکاران (۱۳۹۸) با هدف شناسایی مهمترین ویژگی‌های حاصلخیزی اراضی شالیزاری، با استفاده از تحلیل مؤلفه‌های اصلی و رگرسیون چند متغیره نتایج نشان داد سه مؤلفه اصلی با مقادیر ویژه بیشتر از یک مانند (پتاسیم و عوامل مؤثردر نگهداری آن)، (نیتروژن کل و عوامل مؤثر بر تأمین آن) و (فسفر قابل استفاده و ضخامت افق سطحی خاک)، بیشتر از ۴/۶۷ درصد از تغییرپذیری در ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک و ۵۵ درصد از تغییرپذیری محصول برنج و همچنین ویژگی‌های مرتبط با این مولفه‌ها ۸۰ درصد از تغییرپذیری محصول را توصیف نمودند.

با توجه به اهمیت شناخت عوامل محیطی مؤثر در پیش‌بینی پتاسیم تبادلی در خاک سطحی، این مطالعه در راستای گروه‌بندی ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی اندازه‌گیری شده خاک برای شناسایی مهمترین ویژگی‌های مؤثر، بر اساس مهمترین ویژگی‌های خاک، با استفاده از تحلیل مؤلفه‌های اصلی و رگرسیون چند متغیره، در عمق ۳۰ سانتی‌متری از خاک سطحی در بخشی از اراضی دشت قروه- دهگلان در استان کردستان انجام شد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه با مساحت ۲۲۰ هزار هکتار بخشی از اراضی دشت قروه‌دهگلان واقع در استان کردستان می‌باشد، که بین طول‌های ۴۷ درجه و ۳۲ دقیقه تا ۴۷ درجه و ۹۷ دقیقهٔ شرقی و عرض‌های ۳۵ درجه و ۱ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۴۶ دقیقهٔ شمالی قرار دارد (شکل ۱). کاربری غالب اراضی منطقه شامل مراتع و اراضی کشاورزی بصورت زراعت آبی ودیم است. این منطقه با متوسط درجه حرارت هوا ۱۲ درجه‌سانتی‌گراد و میانگین بارندگی سالیانهٔ ۳۴۸ میلیمتر در دوره آماری ۲۰ ساله (۱۳۷۷-۱۳۹۷) و همچنین بر اساس نقشه رژیم‌های رطوبتی و حرارتی خاک‌های ایران (موسسه تحقیقات خاک وآب، ۱۳۷۸) بترتیب دارای رژیم رطوبتی زریک[1] و رژیم حرارتی مزیک[2]می‌باشد.



شکل۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه و پراکنش نقاط نمونه‌برداری (c) در استان کردستان (b) و کشور ایران (a).

مطالعات میدانی و تجزیه آزمایشگاهی

در مجموع ۱۳۰ نمونه خاک سطحی از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری بر اساس روش نمونه‌برداری تصادفی در نرم افزار ArcGIS10.6.1 طراحی و سپس با استفاده از سیستم موقعیت یاب جهانی[3] برداشت شدند (شکل۱). پس از هوا خشک‌کردن نمونه‌ها، کوبیدن و

[1]-Xeric
[2]-Thermic
[7]-Global Position System

عبور از الک ۲ میلی‌متری، تجزیه‌های فیزیکو شیمیایی بر روی آن‌ها درآزمایشگاه انجام گردید. در این تحقیق بافت خاک به روش هیدرومتری Gee and Bauder(1986)، درصد کربن آلی به روش والکلی-بلک یا اکسیداسیون‌تر (Walkley and Black(1934 و پتاسیم قابل جذب با استفاده از دستگاه فلیم فتومتر در عصاره بدست آمده با استات آمونیوم ۱ نرمال (1987) Sadusky et al. اندازه‌گیری شد. آنالیز مؤلفه‌های اصلی توسط نرم‌افزار SPSS (نسخه ۲۱) انجام شد. برای انتخاب تعداد مؤلفه های مؤثر، مؤلفه‌هایی انتخاب شدند که مقدار ارزش ویژه[1] آن‌ها بیشتر از یک باشد.

مدلسازی مکانی

جهت مدلسازی مکانی تغییرات سطحی (۰-۳۰ سانتی‌متر) پتاسیم خاک از سه مدل رگرسیونی شامل جنگل تصادفی(RF) Breiman (2001)، k نزدیکترین همسایگی (k-NN) و رگرسیون خطی چند متغیره (MLR) استفاده گردید. کلیه مراحل مدلسازی در محیط نرم افزار آماری R نسخه 3.5.3 و با استفاده از بسته‌های[2] تخصصی "randomforest" "caret" صورت پذیرفت.

اعتبارسنجی پیش‌بینی مکانی

روش ارزیابی مورد استفاده دراین تحقیق، ارزیابی متقابل[3] اعتبارسنجی نتایج بر اساس شاخص آماری ضریب همبستگی تطابق[4] (LCCC) و ریشه میانگین مربعات خطا[5] (RMSE) صورت پذیرفت.

رابطه ۱

$$LCCC = \frac{2r\partial_a\partial_b}{\partial_a^2 + \partial_b^2 + (\bar{a}+\bar{b})^2}$$

رابطه ۲

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(a_i - b_i)^2}$$

نتایج و بحث

خلاصه آماری مقادیر پتاسیم تبادلی خاک سطحی در عمق ۳۰-۰ سانتیمتری در جدول ۱ ارائه شده است. حداقل، حداکثر و میانگین مقادیر پتاسیم تبادلی در خاک‌های منطقه به ترتیب ۲۰، ۸۵۰ و ۲۷۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم می‌باشد. بر اساس (جدول ۱) مقادیر پتاسیم تبادلی خاک سطحی نشان‌دهنده وجود یک چولگی مثبت با مقدار ۱/۲۷ و متمایل به راست با ضریب تغییرات بالا بیش از ۳۵درصد می‌باشد Wilding (1985). با توجه به اینکه مقدار چولگی خارج از محدوده‌ی نرمال هست، برای مدلسازی مکانی داده‌ها با استفاده از رگرسیون خطی چند متغیره (MLR) تبدیل ریشه دوم اعمال گردید.

جدول۱- خلاصه آماری مقادیر پتاسیم تبادلی خاک

ویژگی خاک	حداقل	حداکثر	میانگین	انحراف معیار	ضریب تغییرات (٪)	چولگی	افراشتگی
K (mg/kg)	۲۰	۸۵۰	۲۷۸	۱۴۸	۵۴	۱/۲۷	۲/۸

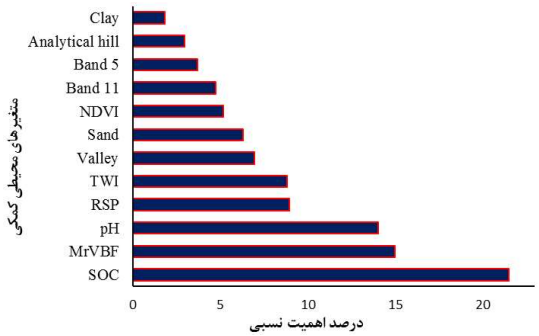
انتخاب متغیرهای کمکی محیطی

بر اساس مقدار ارزش ویژه بالاتر از یک، ۹ مؤلفه اصلی، ۸۱/۷ درصد واریانس موجود در ویژگی‌های ژئومرفومتری را توجیه می‌نمایند (جدول ۲). نتایج انتخاب متغیرهای کمکی محیطی در هر یک از مؤلفه‌های اصلی با ارزش ویژه بالای یک نشان داد که در مؤلفه‌های اول تا نهم، پارامترهای شاخص تفاضل پوشش گیاهی نرمال شده[6]، TWI، باند ۵، درصد شن، عمق دره، RSP, MRVBF، باند ۱۱، درصد رس، PH، SOC، Analytical Hillshading به ترتیب بالاترین تغییرات را به خود اختصاص دادند.

[1] . Eigen Value
[2] . Packages
[3]. Cross validation
[4] . Concordance correlation coefficient
[5] . Root mean square error
[6]. NDVI

اهمیت نسبی متغیرهای محیطی

نتایج آنالیز اهمیت نسبی متغیرهای ژئومورفومتری بر اساس شکل۲ نشان می‌دهد که به ترتیب: کربن آلی خاک، شاخص همواری دره با درجه تفکیک بالا، واکنش خاک، موقعیت نسبی شیب، شاخص خیسی توپوگرافی، عمق دره، درصد شن، شاخص تفاضلی پوشش گیاهی نرمال شده، باند۱۱، باند ۵، تجزیه و تحلیل سایه‌اندازی تپه‌ها مستخرج از مدل رقومی ارتفاع، درصد رس در پیش‌بینی پتاسیم تبادلی در خاک سطحی بیشترین تأثیر را داشته‌اند. مقادیر پنج متغیر کربن آلی خاک، شاخص همواری دره با درجه تفکیک بالا، واکنش خاک، موقعیت نسبی شیب و شاخص خیسی توپوگرافی حدود ۶۷ درصد از تغییرات مکانی پتاسیم تبادلی خاک سطحی را توجیه می‌نمایند.



شکل ۲- اهمیت نسبی متغیرهای محیطی در پیش‌بینی پتاسیم تبادلی در خاک سطحی

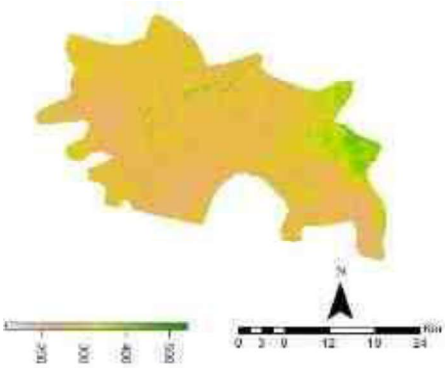
نتایج اعتبارسنجی ارائه شده در (جدول ۳) نشان می‌دهد که پتاسیم تبادلی خاک سطحی در مدل جنگل تصادفی دارای بیشترین میزان ضریب همبستگی تطابق که ۰/۸ و ریشه میانگین مربعات خطا(mg/kg) ۰/۲۵ می‌باشد که با توجه به بیشترین میزان ضریب همبستگی تطابق و کمترین میزان خطا به عنوان بهترین مدل در پهنه‌بندی پتاسیم تبادلی سطحی خاک تعیین شد. در مطالعات متعددی توسط سایر پژوهشگران (Akpa et al., 2016 و Kouadio et al., 2018) مدل جنگل تصادفی را به عنوان مناسب‌ترین روش در مدل‌سازی و نقشه‌برداری رقومی پتاسیم تبادلی، کربن آلی خاک و سایر ویژگی‌های سطحی خاک مشابه با نتایج این تحقیق گزارش شده است (موسوی و همکاران، ۱۳۹۹؛ رحمانی و همکاران، ۱۳۹۹). مدل جنگل تصادفی یک ارتباط غیرخطی بین ویژگی‌های خاک و پارامترهای محیطی ایجاد می‌نماید و منجر به ارایه نتایج مناسب‌تر نسبت به سایر مدل‌ها می‌گردد Khamoshi et al.(2018).

جدول ۳- نتایج اعتبارسنجی مدل‌های مورد استفاده در پیش‌بینی مکانی پتاسیم تبادلی در خاک سطحی (۳۰-۰ سانتی‌متر)

شاخص آماری	RF	k-NN	MLR
LCCC	۰/۸۰	۰/۳۵	۰/۲۷
RMSE(mg/kg)	۰/۲۵	۰/۵۱	۰/۵۳

پراکنش مکانی

نتایج پهنه‌بندی مکانی پتاسیم تبادلی خاک بر اساس مدل جنگل تصادفی به‌دلیل ارائه بالاترین صحت در شکل ۳ ارائه شده است. نقشه پهنه‌بندی مقدار پتاسیم تبادلی خاک گویای آن است که در خاک‌های نواحی جنوب شرقی منطقه مورد مطالعه، مقدار پتاسیم حداکثر است و با افزایش فاصله به سمت شمال و شمال غربی منطقه مورد مطالعه از میزان آن کاسته می‌شود. بهرام‌پور و همکاران (۱۳۹۴) حد بحرانی پتاسیم برای خاک‌های زیر کشت گندم در اردبیل را ۲۸۰-۲۵۰ و برای خاک‌های زیر کشت ذرت ۳۰۰-۲۷۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک گزارش کردند. خزائی و همکاران (۱۳۹۶) علت بالا بودن پتاسیم بویژه در بخش‌های جنوب و جنوب غربی منطقه مطالعاتی را علاوه بر مصرف زیاد کودهای پتاسه، مقدار رس بالای خاک‌های محدوده گزارش نمودند. ماده آلی خاک با ظرفیت تبادل کاتیونی بالا جایگاه خوبی برای جذب سطحی کاتیون‌هایی چون پتاسیم است.



شکل۳- نقشه پراکنش مکانی پتاسیم قابل جذب خاک سطحی(mg/Kg)

نتیجه گیری کلی

در این تحقیق پتاسیم تبادلی در خاک سطحی در بخشی از اراضی تحت کشت منطقه قروه-دهگلان با استفاده از سه مدل رگرسیونی RF، k-NN و MLR مدل‌سازی مکانی و پیش‌بینی گردیدند. نتایج مدلسازی بیانگر کارائی بالای مدل RF در پیش‌بینی مکانی پتاسیم تبادلی خاک بود و در ادامه مدل k-NN صحت بالاتری را نسبت به روش MLR ارائه نمود. نتایج تجزیه مولفه‌های اصلی نیز نشان داد که از مجموع مولفه‌های مورد بررسی تنها نه مولفه دارای ارزش ویژه بالاتر از یک بودند که از میان آنها در نهایت ۱۲ متغیر محیطی که نماینده فاکتورهای خاک (s)، پستی و بلندی (r) و ارگانسیم (o) از مدل اسکورپن بودند انتخاب گردیدند. پنج متغیر کربن آلی خاک، شاخص همواری دره با درجه تفکیک بالا، واکنش خاک، موقعیت نسبی شیب و شاخص خیسی توپوگرافی بیشترین تاثیر را در توجیه تغییرات مکانی پتاسیم تبادلی در خاک سطحی را در منطقه ارائه نمودند. بطور کلی مدل جنگل تصادفی قادر بود با استفاده از متغیرهای محیطی بهینه مقادیر متغیر هدف را در مناطق فاقد مشاهده با دقت بالائی پیش‌بینی نماید که استفاده از رویکرد مورد استفاده در این پژوهش برای سایر مناطق مشابه توصیه می‌گردد.

منابع:

بهرام‌پور، ت، اخوان، ک. (۱۳۹۴). نحوه نمونه‌برداری خاک، آب و گیاه و توصیه صحیح کودی. نشریه فنی، شماره.۵۱. ۱-۳۹.

خزائی، ا، بستانی، ع. دواتگر، ن. (۱۳۹۶). تغییرات مکانی نیتروژن، فسفر و پتاسیم و ظرفیت تبادل کاتیونی خاک در اراضی شرکت کشت و صنعت شریف آباد قزوین. نشریه پژوهش‌های خاک. الف، جلد ۳۱، شماره ۲.

دلسوز خاکی، ب، دواتگر، ن. هنرجو، ن. جلالیان، ا. ترابی گل سفیدی، ح. (۱۳۹۸). تعیین مهمترین ویژگی‌های حاصلخیزی خاک مؤثر بر محصول برنج در اراضی شالیزاری با استفاده از تحلیل مؤلفه‌های اصلی. تحقیقات آب و خاک ایران. دوره ۵۰، شماره ۱.

رحمانی، ا، سرمدیان، ف. موسوی، س،ر. خاموشی، س،ع. (۱۳۹۹). کاربرد ویژگی‌های ژئومورفومتری در نقشه‌برداری رقومی خاک با استفاده از منطق فازی و یادگیری ماشین. مرتع و آبخیزداری، مجله منابع طبیعی ایران، دوره ۷۳، شماره ۱.

موسوی، س،ر،. پارسائی، ف. رحمانی، ا. سدری، م،ح. بستانی، م.ک. (۱۳۹۹). پیش‌بینی مکانی برخی از ویژگی‌های خاک سطحی با استفاده از مدل‌های درون‌یابی و یادگیری ماشین. نشریه مدیریت خاک و تولید پایدار. جلد دهم، شماره سوم.۴۹-۲۷.

Akpa, S.I.C., Odeh, I.O.A., Bishop, T.F.A., Hartemink, A.E. and Amapu, I, Y. (2016). Total soil organic carbon and carbon sequestration potential in Nigeria. Geoderma, 271, 202–215.

Breiman, L. (2001). Random forests. Machine learning. 45: 1. 5-32.

Biabangard, E. (2010). Research methods in psychology and education. Tehran:Doran. (In Farsi)

Gee, G.W., Bauder J.W. (1986). Particle-size analysis. p. 383-411. In a Klute. (ed.) Method of soil analysis. Part1. 2nd ed. Agron. Monogr. 9. ASA and SSSA, Madison, WI.

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

Jaiver, D., Sanchez, T., Gustavo, A., Ligarreto, M. and Fabio, R. L. (2011). Spatial variability of soil chemical properties and its effect on crop yield. a case study in maize (zea mays L.) on the Bogota plateau. Journal of Agronomia colombiana. 29: 265- 274.

Kouadio, L., Deo, RC., Byrareddy, V., Adamowski, J.F., Mushtaq, S. and Nguyen, VP. (2018) Artificial intelligence approach for the prediction of Robusta coffee yield using soil fertility properties. Comput Electron Agr 155, 324–338.
Khamoshi, S. E., Sarmadian, F. and Keshavarzi, A. (2018). Digital Soil Mapping Using Random Forests Model and Land Suitability Assessment for a Part of Abyek Region, Qazvin Province., 71(4), 885-899.
Menezes, M. D. D., Silva, S. H. G., Mello, C. R. D., Owens, P. R. and Curi, N. (2018). Knowledge-based digital soil mapping for predicting soil properties in two representative watersheds. Scientia Agricola, 75(2), 144-153.
Sadusky, M. C., Sparks, D. L. Noll, M. R. and Hendricks, G. J. (1987). Kinetics and mechanisms of potassium release from sandy middle Atlantic Coastal plain soils. (pp.1460- 1465). Soil Science Society of America Journa. 51.
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 Science, 37: 29-38.
Wilding, L.G. (1985). Soil spatial variability: Its documentation, accommodation and implication to soil surveys. pp. 166-187.

Modeling and digital mapping of surface soil potassium

Farzaneh Parsaiea, Ahmad Farrokhian Firouzi*a, Sayed Rohollah Mousavib, Asghar Rahmanib, Mohammad Hossein Sedric, Mehdi Homaeed, e

aDepartment of Soil Science and Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran.
bDepartment of Soil Science and Engineering, Faculty of Agricultural Engineering and Technology, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran
cSoil and Water Research Department, Kurdistan Agricultural and Natural Resource Research and Education Center (AREEO), Sanandaj, Iran.
dAgrohydrology Research Group, College of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.
eDepartment of Mining Engineering, Faculty of Engineering, Tarbiat Modares University, 14115 Tehran, Iran.

Abstract

Prediction and spatial variability of soil physio-chemical properties is an important process in land utilization and management. The current study was conducted with the aim of modeling and digital mapping of soil surface potassium using three regression models i.e., random forest (RF), k-nearest neighbor (k-NN) and multilinear regression (MLR) in some part of Kurdistan province. Totally 130 observation points were design based on random sampling methods. Then the soil physicochemical propertieswere measured.

A number of 40 environmental covariates were used for digital mapping of soil potassium including wide range of soil properties, topography and remote sensing; the most suitable of which were selected using the principal component analysis (PCA) method. The results of feature selection demonstrated that 12 covariates had higher variation and lower correlation among other covariates.

The results also revealed that the RF model (R2 = 0.81, RMSE = 71 mg/kg,) had the highest prediction accuracy compared with the k-NN and MLR models. Totally, the RF model was able to predict the values of the target variable in unobserved areas with high accuracy using optimal environmental variables and appropriate density of soil data.

Keywords: Environmental covariates, Random forest, Exchangeable potassium, Spatial modeling

بررسی ارتباط میان شاخص موقعیت توپوگرافی و لندفرم‌های تفکیک شده به روش ژئوپدولوژی

فاطمه ابراهیمی میمند[1]، زهره مصلح قهفرخی[2]، سارا مرادی ثانی[2]

۱- موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران meymand1949@gmail.com

۲- موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

چکیده

شناسایی عوارض سطح زمین و طبقه‌بندی آن به لندفرم‌های همگن امکان برنامه‌ریزی و مدیریت مؤثر برای این واحدهارا فراهم کرده و در موارد زیادی از جمله تهیه نقشه‌ی خصوصیات خاک کاربردهای گسترده‌ای دارد. در این مطالعه لندفرم‌های منطقه مطالعاتی به روش ژئوپدولوژی تفکیک و سپس شاخص موقعیت توپوگرافی (TPI) منطقه با استفاده از نقشه مدل رقومی ارتفاع تهیه و مقادیر این شاخص در لندفرم‌های تفکیک شده مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان دهنده انطباق مقادیر میانگین شاخص TPI در لندفرم‌های تفکیک شده به روش ژئوپدولوژی با مقادیر ارائه شده توسط وایز (2001) جهت طبقه بندی لندفرم‌ها می‌باشد. به طوری که در لندفرم‌های واقع شده در سیمای اراضی تپه ماهوری در پستی و بلندی تپه‌های کم ارتفاع و شکل اراضی Steep Slope (Hi111) که دارای مقادیر ارتفاعی بیشتری نسبت به نقاط اطرافشان می باشند، میانگین این شاخص نسبت به سایر لندفرم‌ها بیشتر بوده (۱/۶۸) و کمترین مقادیر این شاخص (۰/۹۰-) مربوط به لندفرم‌های واقع شده در سیمای اراضی دامنه‌ای دارای شکل اراضی Swale-Cultivated (Pi411) بوده که به علت واقع شدن این لندفرم در اراضی با ارتفاع کمتر نسبت به اراضی اطراف (گودی‌ها) می‌باشد. این ارتباط نشان می‌دهد با استفاده از شاخص موقعیت توپوگرافی و تعریف مقادیر آستانه برای لندفرم‌های مختلف در مناطقی که دارای توپوگرافی و ژئومورفولوژی مشابه هستند، می‌توان یک رویکرد جدید برای طبقه‌بندی خودکار لندفرم‌ها ارائه نمود و زمینهٔ انجام مطالعات به منظور شناسایی و طبقه بندی خودکار لندفرم ها در مطالعات خاکشناسی را فراهم آورد.

واژگان کلیدی: طبقه‌بندی لندفرم، مورفومتری، توپوگرافی

مقدمه

به دلیل پیچیدگی سطح زمین، ابداع روش‌هایی کمی برای تقسیم بندی این سطح پیچیده به چند واحد کوچک تر و یکنواخت تر، ضرورت دارد. طبقه بندی سطح زمین به لندفرم ها، افزون بر بیان سریع خصوصیات سطح زمین، اطلاعات سودمندی برای متخصصان فراهم می‌کند (Gercek, 2017). به دلیل همگنی لندفرم‌ها، نتیجهٔ نهایی شناسایی و طبقه بندی آن‌ها فراهم شدن امکان برنامه‌ریزی و مدیریت مؤثر و کارا برای این واحدها خواهد بود. به همین دلیل طبقه بندی لندفرم ها در موارد زیادی از جمله تهیهٔ نقشهٔ خصوصیات خاک کاربردهای گسترده‌ای دارد. طبقه‌بندی لندفرم‌ها با استفاده از ویژگی‌های مورفومتریک با استفاده از سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی[1] در مطالعات زیادی مورد بررسی قرار گرفته است. در این مطالعات بیشتر از پارامترهای هندسی از جمله ارتفاع، شیب، جهت، انحنای شیب و .... استخراج شده از مدل رقومی ارتفاع جهت طبقه‌بندی لندفرم‌ها استفاده شده است (Mousavi et al.,2007 ; Jones et al.,2000). علیجانی و همکاران (2015) طبقه‌بندی و تفکیک لندفرم‌ها را با استفاده از شاخص موقعیت توپوگرافی[2]، بر اساس مدل رقومی ارتفاع انجام دادند. در این مطالعه شاخص موقعیت توپوگرافی ارتفاع هر نقطه در مدل رقومی ارتفاع را با متوسط نقاط اطراف مقایسه کرده و برای هر منطقه مقادیر کمی ارائه می‌دهد. بر این اساس تعداد هشت لندفرم در منطقه شناسائی شد. گروبر و همکاران(2017) در مطالعه ای به مقایسه روش‌های خودکار طبقه‌بندی لندفرم‌ها و لندفرم‌های جداشده توسط نقشه برداران خاک با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی پرداختند. نتایج حاصل از این

[1] Geographic Information System (GIS)
[2] Topographic Position Index (TPI)

مطالعه نشان داد استفاده از شاخص موقعیت توپوگرافی و درجه شیب در جهت جداسازی لندفرم‌ها در مطالعات خاکشناسی کوچک مقیاس می‌تواند مفید باشد. لی و همکاران (2020) در مطالعه ای با هدف استفاده از مدل‌های توپوگرافی برای نقشه برداری خصوصیات و فرایندهای خاک از شاخص‌های مختلف توپوگرافی از جمله شاخص موقعیت توپوگرافی استفاده کردند. نتایج نشان داد در مناطق با تراکم نقاط مشاهداتی کم، استفاده از شاخص‌های توپوگرافی می‌تواند واریانس تخمین را کاهش دهد و دقت پیش‌بینی‌ها را زیاد کند.

در حال حاضر، در بسیاری از مطالعات خاکشناسی از روش ژئوپدولوژی، به منظور جداسازی لندفرم‌ها به عنوان کوچک‌ترین واحد نقشه که دارای بالاترین مراتب همگنی و یکنواختی است، استفاده می‌شود. در این روش تفکیک و ترسیم واحدهای لندفرم طبق ساختار پیشنهای زینک (Zinck, 1998) می‌باشد. هدف از انجام این مطالعه تهیه نقشه شاخص موقعیت توپوگرافی و بررسی رابطه آن با لندفرم‌های جدا شده به روش ژئوپدولوژی در منطقه مطالعاتی می‌باشد. تا بدین وسیله رهیافتی برای طبقه بندی اتوماتیک لندفرم ها و درنتیجه افزایش سرعت و دقت در تدوین مطالعات خاکشناسی ارائه کرده و زمینهٔ تحقیقات بیشتری را فراهم آورد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در بخشی از اراضی شهرستان دهگلان استان کردستان، بین طول جغرافیایی ۴۷ درجه و ۱۵ دقیقه تا ۴۷ درجه و ۱۸ دقیقه شرقی و عرض ۳۵ درجه و ۹ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۱۲ دقیقه شمالی در مساحتی در حدود ۱۰۰۰ هکتار، انجام شد(شکل ۱).

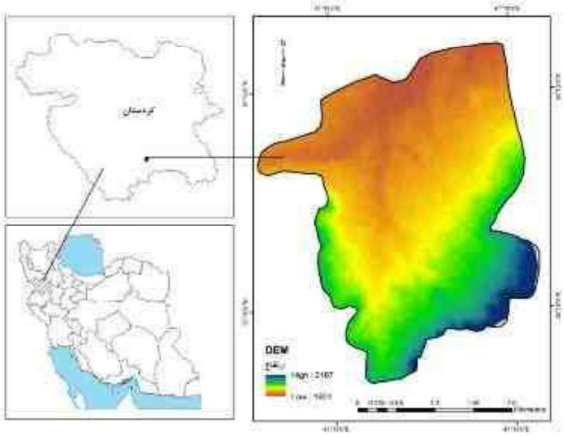
در این مطالعه، از روش ژئوپدولوژی، به منظور جداسازی لندفرم‌ها استفاده شد. در این روش تفکیک و ترسیم واحدهای لندفرم طبق ساختار پیشنهای زینک (Zinck, 1998) و با استفاده از لایه‌های اطلاعاتی نظیر عکس‌های هوایی منطقه مطالعاتی، نقشه‌های توپوگرافی، نقشه‌های زمین‌شناسی، مدل رقومی ارتفاع انجام شد و با تجزیه و تحلیل داده‌ها نسبت به تعیین لندفرم‌ها اقدام شد (Zinck, 2016). افزون بر اطلاعات فوق از محیط نرم افزار گوگل ارت[1] برای دقیق کردن مرز واحدهای تفکیک شده استفاده شد و نقشه‌های نهایی در محیط نرم افزار آرک جی ای اس تهیه گردید.

به دلیل پیچیدگی سطح زمین، ابداع روش‌هایی کمی و خودکار برای تقسیم بندی این سطح پیچیده به چند واحد کوچک‌تر و یکنواخت تر، ضروری به نظر می‌رسد. با استفاده از نقشه مدل رقومی ارتفاع، می‌توان لندفرم‌ها را به‌صورت عناصر پستی و بلندی ساده توصیف و کمی کرد. برای طبقه‌بندی لندفرم‌ها روش‌های زیادی وجود دارد. از جمله می‌توان روش استفاده از شاخص موقعیت توپوگرافی (Tagil and Jenness, 2008; Liu et al, 2009; Reu et al, 2013; Mokarram and Seif, 2014) را نام برد.

شاخص TPI شاخصی از وضعیت چشم‌انداز زمین است. این شاخص را زوبل و فلز در سال ۱۹۹۵ ارائه کردند و سپس ویس آن را در سال ۲۰۰۱ توسعه داد. شاخص TPIعبارت است از اختلاف ارتفاع هر سلول نسبت به ارتفاع متوسط سلول‌های همسایه. مقادیر مثبت TPI نشان دهنده مناطقی است که بالاتر از نقاط اطراف قرار گرفته (تپه‌ها) و مقادیر منفی مناطقی است که پایین‌تر از اطرافشان هستند (دره‌ها). مقادیر صفر و نزدیک صفر نیز نشان دهنده مناطق مسطح (جایی که شیب نزدیک صفر است) یا مناطقی با شیب ثابت هستند (Jenness, 2005).

در این مطالعه از نقشه DEM با اندازه پیکسل برابر با ۱۲/۵ برای تولید نقشه TPI استفاده شد. برای این منظور ابتدا، یک حریم[2] صد متری برای مرز منطقه مطالعاتی در نظر گرفته شد. ایجاد این حریم ۱۰۰ متری به دلیل مشکل عمومی در پردازش های رستری است؛ زیرا توابع مخصوص این نوع پردازش، بر اساس اطلاعات سلول‌های همسایه است؛ بنابراین وقتی پردازش به مرز واقعی ختم شود، آنالیز خصوصیات سلول‌های واقع بر مرز حوضه با اشکال و خطا همراه خواهد شد (Saadat et al, 2008).

[1] Google Earth
[2] Buffer



شکل۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

پس از انجام پیش‌پردازش‌های لازم بر روی مدل رقومی ارتفاع، TPI به وسیله افزونه Land Facet Corridor Designer در محیط نرم‌افزار GIS محاسبه شد (Jenness et al, 2013). سپس، ارتباط آماری بین لندفرم‌های جداشده به روش ژئوپدولوژی و شاخص TPI محاسبه شده با استفاده از تابع آمار منطقه‌ای[1] در نرم‌افزارGIS تعیین شد (Tagil and Jenness, 2008).

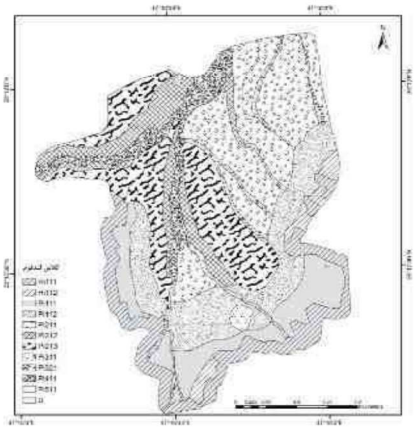
نتایج و بحث

شکل ۲ نقشه‌کلاس‌های لندفرم منطقه مطالعاتی که با استفاده از روش ژئوپدولوژی تهیه شده است، را نشان می‌دهد. راهنمای شکل ۲ در جدول شماره ۱ آورده شده است. در منطقه مورد مطالعه یازده کلاس لندفرم شناسائی شده است. لندفرم Complex Slope_Terred بیشترین بخش منطقه را تشکیل داده و لندفرم غالب این منطقه محسوب می‌شود. لندفرم Rocky با حداقل مساحت بخش محدودی از منطقه مورد مطالعه را تشکیل می‌دهد. هر دوی این لندفرم‌ها در سیمای اراضی[2] دامنه‌ای واقع شده‌اند.

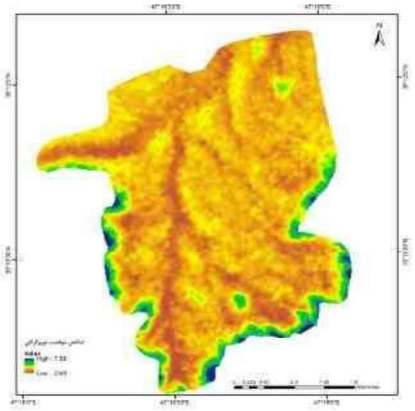
شکل ۳ نقشه TPI محاسبه شده برای منطقه مطالعاتی را نشان می‌دهد. به طور کلی، نتایج حاصل از بررسی TPI نشان می‌دهد مقدار این شاخص در منطقه مورد مطالعه از ۲/۶۳- تا ۷/۵۸ متغیر بوده و مناطق مرتفع دارای مقادیر بالای TPI، مناطق مسطح و مناطق با تغییرات شیب کم دارای مقادیر نزدیک به یک و دره‌ها و آبراهه‌ها دارای مقادیر منفی TPI می‌باشند.

در بررسی ارتباط بین لندفرم‌های جداشده به روش ژئوپدولوژی و شاخص TPI، از تابع آمار منطقه‌ای استفاده شد. نتایج حاصل در جدول ۲ ارائه شده است. نتایج نشان دهنده تطابق مقادیر میانگین شاخص TPI در لندفرم‌های تفکیک شده به روش ژئوپدولوژی با مقادیر ارائه شده توسط وایز (2001) جهت طبقه بندی لندفرم‌ها می‌باشد.

[1] Zonal Statistics
2 Land Scape



شکل ۲- نقشه ژئومورفولوژی منطقه مورد مطالعه در سطح لند فرم



شکل۳- نقشه TPI منطقه مورد مطالعه

جدول ۱- راهنمای واحدهای جداشده در سطح شکل اراضی

سیمای اراضی	پستی و بلندی	شکل اراضی
دامنه (Pi)	High Glacis (Pi1)	Complex Moderate Slope (Pi111)
		Complex Slope (Pi111)
	Low Glacis (Pi2)	Complex Slope (Pi211)
		Complex Slope_Riser (Pi212)
		Complex Slope_Terred(Pi213)
	Incision (Pi3)	Complex Slope (Pi311)
	Incision (Pi3)	Complex Slope (Pi321)
	Flat (Pi4)	Swale-Cultivated (Pi411)
	Hill (Pi5)	Rocky (Pi511)
اراضی تپه ماهوری (Hi)	Low Hill (Hi1)	Steep Slope (Hi111)
		Modrate Slope_Cultivated (Hi112)

به طوری که در لندفرم‌های واقع شده در سیمای اراضی تپه ماهوری (Hi111) که دارای مقادیر ارتفاعی بیشتری نسبت به نقاط اطرافشان می باشند، میانگین این شاخص نسبت به سایر لندفرم‌ها بیشتر بوده (۱/۶۸) و بعد از آن بیشترین میانگین مربوط به لندفرم Pi511 واقع در سیمای اراضی دامنه‌ای و شکل اراضی صخره‌ای می‌باشد.

جدول۲ -بررسی آماری شاخص TPI محاسبه شده برای کلاس‌های لندفرم تفکیک شده به روش ژئوپدولوژی

Landf class	MIN	MAX	RANGE	MEAN	STD
Pi211	-۱/٦٤	۱/٦۳	۳/۲۸	-۰/۱۱	۰/٤٥
Pi213	-۱/٦٤	۲/٤۱	٤/۰٥	۰/۰۸	۰/٤۷
Pi411	-۱/۹۱	۰/۸۲	۲/۷۳	-۰/۹۰	۰/۳۸
Pi112	-۲/٤٤	۱/۳٦	۳/۸۰	-۰/۳۳	۰/٥۲
Pi311	-۲/٦٤	۰/۲٦	۲/۸۹	-۰/۸۱	۰/٥۲
Pi212	-۱/۹۰	۱/۳۱	۳/۲۱	-۰/۳۲	۰/٥۰
Pi511	-۰/٦۹	۳/۰۷	۳/۷٦	۱/۰۱	۰/۹۲
Pi111	-۲/٥۸	۳/۰۲	٥/٦۰	-۰/٤۹	۰/٦٥
Pi321	-۰/۸٥	۰/٤۱	۱/۲۷	-۰/۲۰	۰/۲٥
Hi111	-۱/٦۲	۷/٥۸	۹/۲۰	۱/٦۸	۱/٥٤
Hi112	-۱/۱٦	۳/٥۱	٤/٦۷	۰/۸۰	۰/۸۲

میانگین شاخص محاسبه شده برای لندفرم Hi112 علیرغم قرار گرفتن در سیمای اراضی تپه ماهوری کمتر از Pi511 بوده که به علت تحت کشت بودن بخشی از این اراضی و مسطح بودن آن‌ها می‌باشد. لندفرم‌های Pi411، Pi311 دارای کمترین میانگین شاخص tpi بوده که به علت واقع شدن این دو لندفرم در اراضی با ارتفاع کمتر نسبت به اراضی اطراف می‌باشد. در لندفرم Pi213 واقع شده در سیمای اراضی دامنه‌ای، پستی و بلندی Low Glacis ، میانگین شاخص محاسبه شده نزدیک به صفر می‌باشد که به علت شکل تقریبا مسطح این لندفرم است. اما در سایر لندفرم‌ها به دلیل وجود پستی و بلندی‌های متناوب در سایر کلاس‌های لندفرم، مقادیر میانگین شاخص TPI به تنهایی نمی‌تواند برای جداسازی لندفرم‌ها مورد استفاده قرار بگیرد و استفاده از سایر پارامترهای مورفومتری جهت تفکیک کلاس‌های لندفرم در این اراضی در این لندفرم‌ها توصیه می شود.

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از بررسی ارتباط میان شاخص موقعیت توپوگرافی و لندفرم‌های تفکیک شده در منطقه مطالعاتی نشان داد که مقادیر این شاخص در برخی از لندفرم‌ها که در مقیاس تفکیک دارای یکنواختی بیشتری بوده‌اند، ارتباط زیادی با مقادیر مورد انتظار از این شاخص جهت طبقه‌بندی خودکار لندفرم‌ها دارد. این ارتباط نشان می‌دهد با استفاده از این شاخص و تعریف مقادیر آستانه برای لندفرم‌های مختلف در مناطقی که دارای توپوگرافی و ژئومورفولوژی مشابه هستند، می‌توان یک رویکرد جدید برای طبقه‌بندی خودکار لندفرم‌ها ارائه نمود و زمینهٔ انجام مطالعات جامع برای روش‌های کمی و دقیق، به منظور شناسایی و طبقه بندی خودکار لندفرم ها در مطالعات خاکشناسی را فراهم آورد. البته باید توجه داشت که تفکیک لندفرم‌ها در مطالعات خاکشناسی کاملاً وابسته به مقیاس است، بنابراین در این پژوهش در لندفرم‌های دارای پستی و بلندی‌های متناوب که در مقیاس نیمه تفصیلی تفکیک نشده‌اند، ارتباط خوبی میان مقادیر شاخص موقعیت توپوگرافی و نوع لندفرها وجود ندارد. انتظار می‌رود با تفصیلی‌تر شدن سطح تفکیک لندفرم‌ها و همچنین انتخاب مقیاس مناسب در استخراج شاخص موقعیت توپوگرافی و همچنین استفاده از سایر پارامترهای مورفومتری بتوان در مناطق دارای توپوگرافی و ژئومورفولوژی یکسان با تعریف حدود آستانه برای لندفرم‌های مختلف نسبت به تفکیک خودکار لندفرم‌ها اقدام نمود.

تشکر و قدردانی

این پژوهش منتج از پروژه "مطالعات نیمه تفصیلی خاک‌شناسی در شهرستان دهگلان استان کردستان" می‌باشد که بدین وسیله از موسسه تحقیقات خاک و آب به عنوان مجری پروژه و سازمان جهاد کشاورزی استان کردستان به عنوان کارفرما و همچنین مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کردستان کمال سپاسگزاری به عمل می‌آید.

فهرست منابع

1. Alijani, Z and F, Sarmadian. 2015. The role of slope and parent material in the formation of landform, African Journal of Agricultural Research, Vol. 10(30): 2989-2994.
2. Gruber, F., Baruck, J., Geitner,C.2017. Algorithms vs surveyors: A comparison of automated landform delineations and surveyed topographic positions from soil mapping in an Alpine environment. Geoderma.9–25.
3. Gerçek, D.D., 2017. A Conceptual Model for Delineating Land Management Units (LMUs) Using Geographical Object-Based Image Analysis. Int. J. Geogr. Inf. Sci. 6.
4. Gerçek, D.D., Toprak, V.V., Strobl, J.J., 2011. Object-based classification of landforms based on their local geometry and geomorphometric context. Int. J. Geogr. Inf. Sci. 25 (6), 1011–1023.
5. Jenness, J., Brost, B. and Beier, P., 2013. Land Facet Corridor Designer, Produced with the generous support of USDA Forest Service Rocky Mountain Research Station and McIntire-Stennis Cooperative Forestry Program and Arizona Board of Forest Research, 110 p.
6. Liu, M., Hu, Y., Chang, Y., He, X. and Zhang, W., 2009. Land use and land cover change analysis and prediction in the upper reaches of the Minjiang River, China. Environmental Management, v. 43, p. 899-907.
7. Tagil, S. and Jenness, J., 2008. GIS-based automated landform classification and Topographic, Land cover and Geologic attributes of landforms around the Yazoren Polje, Turkey, Journal of Applied Sciences, v. 8(6), p. 910-921.

8. Weiss, A.D., 2001. Topographic position and landforms analysis, Poster Presentation, ESRI Users Conference, San Diego, CA.
9. Li, X., McCarty, G., Du, L., Lee, D.2020. Use of Topographic Models for Mapping Soil Properties and Processes. Soil Syst. 4, 32.

Investigating the relationship between topographic position index and landforms delineated by geopedology approach

Fatemeh Ebrahimi Meymand[1], Zohreh Mosleh Ghahfarokhi[2], Sara Moradi Sani[2]
1- Soil and Water Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Karaj, Iran
meymand1949@gmail.com
2- Soil and Water Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Karaj, Iran

Identification of land surface features and its classification into homogeneous landforms provides the possibility of effective planning and management for these units and has a wide range of applications in many cases such as soil mapping. In this study, the landforms of the study area were delineated by geopedology approach and then the topographic position index (TPI) of the area was prepared using a digital elevation model map and the values of this index were Checked in landform delineations. . The results show that the mean values of TPI index in landforms separated by geopedology method are consistent with the values provided by Wise (2001) for landform classification. So that in landforms located in the hill land landscape, relief of low hills and the land form of Steep Slope lands (Hi111) which have higher altitude values than the surrounding areas, the average of this index is higher than other landforms (1.68) and the lowest values of this index (-0.90) are related to Swale cultivated landforms located in piedmont landscape (Pi411), which is due to the location of this landform in lands with lower height than the surrounding . result shows that by using the topographic position index and defining threshold values for different landforms in areas with similar topography and geomorphology, a new approach to the automatic classification of landforms can be proposed and pave the way for automatically landform identification and classification in soil survey studies.

Keywords: land form classification, morphometry, topography

کمّی‌سازی رابطه خاک– زمین‌نما با استفاده از شاخص‌های تفرق در استان کردستان

زهره مصلح قهفرخی[1]، محمد جمشیدی[2]، فاطمه ابراهیمی میمند[2]، علیرضا ضیائی جاوید[2]، مستانه رحیمی[2]، سارا مرادی ثانی[2]، مجید عباسپور[2]، سمیه شامی[2]، پریوش فردصادق[2]

۱- موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران z.mosleh@areeo.ac.ir

۲- موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

چکیده

در این پژوهش کارایی و قابلیت روش ژئوپدولوژی در تفکیک واحدهای نقشه و بیان تغییرات کلاس‌های خاک در منطقه بانه استان کردستان مورد ارزیابی قرار گرفته است. برای این منظور، نقشه ژئومرفولوژی بر اساس ساختار ارایه شده توسط زینک تا سطح شکل اراضی تهیه گردید. بر اساس مطالعات نیمه‌تفصیلی دقیق، ۱۷ خاک‌رخ در کل منطقه حفر گردید. پس از تشریح و نمونه‌برداری، آزمایش‌های فیزیکی و شیمیایی لازم بر روی نمونه‌ها انجام و رده‌بندی خاک‌ها بر مبنای سامانه‌ی رده‌بندی آمریکایی تا سطح زیرگروه انجام شد. شاخص‌های تفرق شامل غنا، یکنواختی و شانن در هر سطح از سطوح طبقه‌بندی ژئومرفولوژی برای توالی سلسله مراتبی سطوح رده‌بندی خاک محاسبه شد. نتایج نشان داد علاوه بر آن که غنای گونه ها در زمین‌نمای پیدمونت نسبت به اراضی تپه ماهوری افزایش دارد نوع خاک‌ها نیز متفاوت است. به‌گونه‌ای که در زمین‌نمای پیدمونت خاک‌های زراورتنتز، کلسی‌زرپتز، هاپلوزرپتز و کلسی‌زرتز حضور دارند در صورتی که در سیمای اراضی تپه ماهوری خاک‌های زراورتنتز، هاپلوزرپتز و هاپلوزررتز وجود دارند. همچنین، نتایج گویای آن است که واگرایی و همگرایی خاک‌ها چندان متأثر از سطوح مختلف ژئوپدولوژی نیست و الزاما در هر سطح ژئوپدولوژی از سطح رده به سمت سطح زیرگروه مقدار تفرق خاک‌ها دارای روند افزایشی نیست.

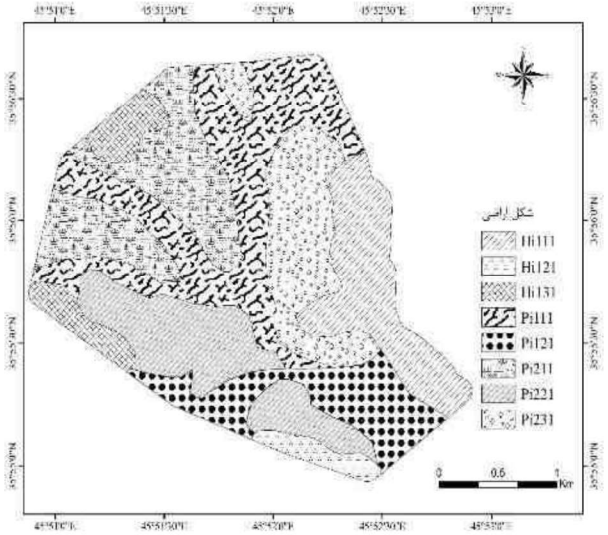
واژگان کلیدی: کلاس‌های خاک، تغییرپذیری، واحدهای نقشه.

مقدمه

استفاده مؤثر و مدیریت صحیح خاک‌ها نیازمند درک صحیح از نوع خاک‌های قابل‌انتظار در گستره زمین‌نما و آگاهی از میزان تغییرات آن‌ها است. تغییرپذیری خاک‌ها متأثر از فاکتورها و فرآیندهای خاکسازی می‌باشد و برآیند این عوامل بر میزان تنوع آن‌ها تأثیر می‌گذارد. مرزبندی و تفکیک واحدهای نقشه خاک باید به گونه‌ای انجام شود که تفاوت میان آن‌ها حداکثر و تغییرپذیری درون آن‌ها حداقل باشد (Udomsri, 2006). استفاده از داده‌های ژئومورفولوژی یکی از روش‌های تفکیک واحدهای نقشه می‌باشد که تحت عنوان روش ژئوپدولوژی نامیده می‌شود. روش ژئوپدولوژی یک روش سلسله مراتبی برای طبقه‌بندی سیمای زمین می‌باشد (Rossiter, 2000). تفرق خاک مفهومی برای کمّی‌کردن میزان تغییرپذیری خاک می‌باشد که توسط شاخص‌هایی مانند غنی‌شدگی، هموار و تفرق بیان می‌گردد. درک مفاهیمی مانند پراکنش خاک‌ها و توصیف تغییرپذیری مکانی خاک‌ها با استفاده از بررسی ارتباط خاک با زمین ریخت‌شناسی بسیار راهگشا می‌باشد. رشیدی کوچی و همکاران (۱۳۹۱) بیان نمودند که کارایی روش ژئوپدولوژی محدود به مقیاس‌های نیمه‌تفصیلی یا اجمالی می‌باشد و در مقیاس نیمه‌تفصیلی این روش تنها تا سطح زیرگروه می‌تواند شباهت قابل قبولی را بین واحدهای مشابه ارایه دهد. باقری بداغ‌آبادی و تومانیان (۱۳۹۸) با استفاده از احتمالات شرطی رابطه خاک- زمین‌نما را به‌صورت کمّی در شرق اصفهان بررسی نمودند و بیان نمودند که سطح زمین‌ریخت دقت کافی برای جداسازی فامیل خاک را ندارد و در بهترین حالت این سطح برای جداسازی خاک‌ها در سطح زیرگروه مناسب است. بنابراین، اگرچه در سال‌های اخیر روش ژئوپدولوژی به‌طور گسترده‌ای در کشور برای انجام مطالعات خاکشناسی استفاده می‌گردد اما همچنان کارایی آن در تفکیک صحیح و همگن واحدهای نقشه‌ی خاک در هاله‌ای از ابهام است. از این‌رو، بررسی میزان کارایی و قابلیت روش ژئوپدولوژی در تفکیک واحدهای نقشه و بیان تغییرات کلاس‌های خاک در مناطق مختلف بسیار حائز اهمیت است. در این پژوهش، رابطه خاک- زمین‌نما با استفاده از شاخص‌های تفرق در منطقه بانه‌ی استان کردستان به‌صورت کمی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه به مساحت ۵۰۰ هکتار در شهرستان بانه استان کردستان بین طول‌های جغرافیایی ۴۵ درجه و ۵۰ دقیقه و ۵۳ ثانیه تا ۴۵ درجه و ۵۳ دقیقه و ۱۸ ثانیه شرقی و عرض‌های جغرافیایی ۳۵ درجه و ۵۴ دقیقه و ۵۱ ثانیه تا ۳۵ درجه و ۵۶ دقیقه و ۵۷ ثانیه شمالی قرار گرفته است. ارتفاع این منطقه از ۱۴۸۰ تا ۱۶۱۰ متر متغیر است. رژیم رطوبتی حرارتی خاک‌های منطقه مورد مطالعه به‌ترتیب زریک و ترمیک می‌باشد. در این پژوهش با استفاده از تصاویر گوگل ارث، عکس‌های هوایی و نقشه‌های زمین‌شناسی بر اساس ساختار ارایه شده توسط زینک (۱۹۸۹)، چهار سطح شامل زمین‌نما (Landscape)، ناهمواری (Relief)، سنگ‌شناسی (Lithology) و شکل سرزمین (Landform) تفکیک گردید. سپس در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی آرک جی آی اس، نقشه ژئومرفولوژی تهیه گردید (شکل ۱). راهنمای شکل ۱ در جدول شماره ۱ آورده شده است. در این پژوهش، پس از کنترل و تصحیح صحرایی مرز واحدهای تفکیک‌شده در نقشه تتفسیری اولیه، بر اساس مطالعات نیمه‌تفصیلی ۱۷ خاک‌رخ در کل منطقه حفر گردید. تمامی خاک‌رخ‌های حفرشده بر اساس راهنمای تشریح و نمونه‌برداری خاک‌ها در صحرا (Schoeneberger *et al*., 2012) تشریح گردیدند و از تمامی افق‌های آن‌ها نمونه‌برداری صورت گرفت. سپس، ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی نمونه‌های خاک بر اساس روش‌های استاندارد اندازه‌گیری شدند. بر اساس مشاهدات صحرایی و نتایج آزمایشگاهی رده‌بندی خاک‌ها بر مبنای سامانه‌ی رده‌بندی آمریکایی (Soil Survey Staff, 2014) تعیین گردید.



شکل ۱- نقشه ژئومورفولوژی منطقه مورد مطالعه در سطح شکل اراضی

جدول ۱- راهنمای واحدهای جداشده در سطح شکل اراضی

سیمای اراضی	پستی و بلندی	لیتولوژی	شکل اراضی
دامنه (Pi)	Low Glacis (Pi1)	Kph-Qal (Pi11)	Complex Slope (Pi111)
		Qal (Pi12)	Complex Slope (Pi121)
	High Glacis (Pi2)	Kph-Qal (Pi21)	Complex Slope (Pi211)
		Qal (Pi22)	Complex Slope (Pi221)
		Kph (Pi23)	Complex Slope (Pi231)
اراضی تپه ماهوری (Hi)	Low Hill (Hi1)	Kph-Qal (Hi11)	Steep Slope (Hi111)
		Qal (Hi12)	Steep Slope (Hi121)
		Kph (Hi13)	Steep Slope (Hi131)

برای تعیین میزان تغییرپذیری کلاس‌های خاک در سطوح مختلف نقشه ژئومورفولوژی از شاخص‌های غنی‌شدگی (S)، شانن (H′) و همواری (E) استفاده شد که با استفاده از روابط ۱ و ۲ محاسبه گردیدند:

$$H' = -\sum_{i=1}^{n} p_i \,.\, \ln p_i \qquad (۱)$$

در این رابطه، p_i، نسبت اجزای موجود در واحد iام است. از آنجا که مقدار واقعی p_i نامعلوم می‌باشد به جای آن از $\frac{n_i}{N}$ استفاده می‌شود. n_i، بیان‌گر تعداد اجزای متعلق به واحد iام و N، تعداد کل اجزای مورد مطالعه می‌باشد.

$$E = {H'}/{\ln S} \qquad (۲)$$

در این رابطه، S، غنای گونه‌ها یعنی تعداد کلاس‌های خاک در هر سطح نقشه ژئومورفولوژی می‌باشد.

اگر شاخص تفرق شانن برای جوامع مختلف محاسبه شود، شاخص‌های محاسبه‌شده از توزیع نرمال تبعیت خواهند نمود (تیلور، ۱۹۷۸). بنابراین، برای بررسی وجود یا عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین میانگین تفرق در سطوح و واحدهای مختلف نقشه ژئومورفولوژی از روابط شماره ۳ تا ۵ استفاده شد:

$$t = (H_1' - H_2')/(\mathrm{Var}\, H_1' + \mathrm{Var}\, H_2')^{1/2} \qquad (۳)$$

در این رابطه، H_i' و $\mathrm{Var}\, H_i'$، به‌ترتیب، شاخص تفرق محاسبه‌شده و واریانس تفرق محاسبه‌شده برای واحد iأم درواحدهای مختلف می‌باشند. مقدار واریانس تفرق از رابطه‌ی زیر محاسبه گردید:

$$\mathrm{Var}\, H_i' = \{[\sum_{i=1}^{n} p_i(\ln p_i)^2 - (\sum_{i=1}^{n} p_i \ln p_i)^2]/N\} + \{(S-1)/2N^2\} \qquad (۴)$$

همچنین، درجه‌ی آزادی لازم برای قرائت tی جدول، با استفاده از معادله‌ی ۵ مشخص شد:

$$d.f = \left(\mathrm{Var}\, H_1' + \mathrm{Var}\, H_2'\right)^2 / \left\{\left[\frac{(\mathrm{Var}\, H_1')^2}{N_1}\right] + \left[\frac{(\mathrm{Var}\, H_2')^2}{N_2}\right]\right\} \qquad (۵)$$

در صورتی که مقدار tی محاسبه شده، بزرگتر از tی جدول باشد؛ فرض صفر مبنی بر یکسان بودن میانگین تفرق در واحدهای مختلف نقشه ژئومورفولوژی، رد می‌شود.

نتایج و بحث

نتایج رده‌بندی خاک‌ها حاکی از وجود خاک‌های متنوع در منطقه‌ی مورد مطالعه می‌باشد به‌گونه‌ای که سه رده انتی‌سولز، اینسپتی‌سولز و ورتی‌سولز وجود دارند. شاخص‌های تفرق خاک برای سطوح مختلف رده‌بندی خاک در سطح سیمای اراضی در جدول ۲ ارایه شده است. نتایج گویای آن است که در هردو سیمای اراضی پیدمونت و اراضی تپه ماهوری، با افزایش سطح رده‌بندی خاک، غنای گونه‌ها، شاخص شانن و همواری افزایش می‌یابد. از سوی دیگر، نتایج گویای آن است که در سطوح رده‌بندی رده، زیررده و زیرگروه از منظر شاخص‌های تفرق اختلاف معنی‌داری بین خاک‌های موجود در سیمای اراضی پیدمونت با خاک‌های موجود در اراضی تپه ماهوری وجود ندارد اما در سطح گروه بزرگ شرایط متفاوت است (جدول ۳). در این سطح، اگرچه اختلاف شاخص شانن بین دو سیمای اراضی معنی‌دار نیست اما علاوه بر آن که غنای گونه ها در سیمای اراضی پیدمونت افزایش دارد نوع خاک‌ها نیز متفاوت است. به‌گونه‌ای که در سیمای اراضی پیدمونت خاک‌های زراورتنتز، کلسی‌زرپتز، هاپلوزرپتز و کلسی‌زرتز حضور دارند در صورتی که در سیمای اراضی تپه ماهوری خاک‌های زراورتنتز، هاپلوزرپتز و هاپلوزررتز وجود دارند.

جدول ۲- شاخص‌های تفرق خاک برای سطوح مختلف رده‌بندی خاک در سطح سیمای اراضی

سیمای اراضی	تعداد خاک‌رخ	سطوح رده‌بندی خاک	S	H'	E
پیدمونت	۱۲	رده	۳	۱/۰۲	۰/۹۲
		زیررده	۳	۱/۰۲	۰/۹۲
		گروه بزرگ	۴	۱/۳	۰/۹۳
		زیرگروه	۴	۱/۳	۰/۹۳
تپه ماهوری	۵	رده	۳	۱/۰۵	۰/۹۵
		زیررده	۳	۱/۰۵	۰/۹۵
		گروه بزرگ	۳	۱/۰۵	۰/۹۵
		زیرگروه	۴	۱/۳	۰/۹۳

S: غنا، H': تفرق شانن، E: همواری

جدول ۳- مقایسه‌ی آماری شاخص تفرق شانن در سطوح مختلف رده‌بندی در سطح سیمای اراضی

سطح رده‌بندی	تفرق شانن		واریانس تفرق شانن		درجه‌ی آزادی	آماره‌ی t
	پیدمونت	تپه ماهوری	پیدمونت	تپه ماهوری		
رده	۱/۰۲	۱/۰۵	۰/۰۱۶	۰/۰۵۵	۸	۰/۱۱
زیررده	۱/۰۲	۱/۰۵	۰/۰۱۶	۰/۰۵۵	۸	۰/۱۱
گروه بزرگ	۱/۳	۱/۰۵	۰	۰/۰۵۵	۵	۱
زیرگروه	۱/۳	۱/۳	۰	۰/۰۷۷	۵	۰

جدول ۴ شاخص‌های تفرق خاک برای سطوح مختلف رده‌بندی خاک در سطح شکل اراضی را نشان می‌دهد. نتایج نشان دهنده‌ی آن است که در سطح شکل اراضی، به غیر از واحد Pi111 که سطح بزرگی از منطقه را پوشش می‌دهد در سایر واحدها، از سطح رده به سمت زیرگروه خاک روند افزایشی در شاخص‌های تنوع خاک مشاهده نمی‌گردد. واحد Pi111 مساحت نسبتا زیادی از منطقه مورد مطالعه را به خود اختصاص می‌دهد و شاید یکی از دلایل تنوع زیاد در این واحد رابطه سطح و تنوع می‌باشد. بنابراین، نتایج گویای آن است که واگرایی و همگرایی خاک‌ها خیلی متأثر از سطوح مختلف ژئوپدولوژی نیست و الزاما در هر سطح ژئوپدولوژی از سطح رده به سمت سطح زیرگروه روند مقدار تفرق خاک‌ها افزایشی نیست.

همچنین، نتایج حاکی از آن است که اگرچه سطح شکل اراضی به‌عنوان همگن‌ترین سطحی در نظر گرفته می‌شود که در آن فرایندهای یکسانی صورت پذیرفته است اما تنوع خاک‌ها در این سطح و مقادیر بالای شاخص‌های تفرق در اکثر واحدهای تفکیک‌شده در این سطح حاکی از آن است که علی‌رغم انتظار، فرایندها و فاکتورهای خاکسازی مختلفی در این واحدها رخ داده است. بنابراین، می‌توان بیان نمود که کارایی و قابلیت روش ژئوپدولوژی برای تفکیک کلاس‌های خاک بسیار مناسب نیست و حتی در شرایطی که این روش شرایطی را مشابه تفکیک می‌کند همچنان تغییرپذیری کلاس‌های خاک وجود دارد. پژوهشگران دیگر نیز ضمن مطالعات خود بسیاری از محدودیت‌ها و مشکلات این روش از جمله وابسته بودن آن به مقیاس مطالعه، متأثر بودن از نوع سامانه‌ی مورد استفاده برای رده‌بندی خاک‌ها و عدم داشتن دقت برای تفکیک خاک‌ها در سطح فامیل اشاره کرده‌اند (رشیدی کوچی و همکاران، ۱۳۹۱؛ باقری بداغ‌آبادی و همکاران، ۱۳۹۸).

جدول ۴- شاخص‌های تفرق خاک برای سطوح مختلف رده‌بندی خاک در سطح شکل اراضی

شکل اراضی	تعداد خاک رخ	رده			زیررده			گروه بزرگ			زیرگروه		
		S	H'	E	S	H'	E	S	H'	E	S	H'	E
Pi111	۳	۲	۰/۶۳	۰/۹	۲	۰/۶۳	۰/۹	۳	۱/۰۹	۰/۹۹	۳	۱/۰۹	۰/۹۹
Pi121	۱	۱	۰	-	۱	۰	-	۱	۰	-	۱	۰	-
Pi211	۳	۱	۰	-	۱	۰	-	۱	۰	-	۱	۰	-
Pi221	۳	۲	۰/۶۳	۰/۹	۲	۰/۶۳	۰/۹	۲	۰/۶۳	۰/۹	۲	۰/۶۳	۰/۹
Pi231	۲	۲	۰/۶۳	۰/۹	۲	۰/۶۳	۰/۹	۲	۰/۶۳	۰/۹	۲	۰/۶۳	۰/۹
Hi111	۲	۲	۰/۶۳	۰/۹	۲	۰/۶۳	۰/۹	۲	۰/۶۳	۰/۹	۲	۰/۶۳	۰/۹
Hi121	۱	۱	۰	-	۱	۰	-	۱	۰	-	۱	۰	-
Hi131	۲	۲	۰/۶۳	۰/۹	۲	۰/۶۳	۰/۹	۲	۰/۶۳	۰/۹	۲	۰/۶۳	۰/۹

S: غنا، H': تفرق شانن، E: هموار‌ی

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش حاکی از آن است که عدم دستیابی به خاک‌های یکسان حتی در سطح زیرگروه برای شکل‌های اراضی مشابه بیانگر آن است که روش ژئوپدولوژی از قابلیت بالایی برای بیان تغییرات کلاس‌های خاک برخوردار نیست. همچنین نتایج گویای آن است که انطباق کاملی بین ساختار روش ژئوپدولوژی با ساختار سامانه‌ی رده‌بندی آمریکایی وجود ندارد و الزاما در هر سطح ژئوپدولوژی از سطح رده به سمت سطح زیرگروه روند مقدار تفرق خاک‌ها افزایشی نیست.

تشکر و قدردانی

این پژوهش منتج از پروژه "مطالعات نیمه تفصیلی خاک‌شناسی در سه شهرستان بانه، سقز و دیواندره" می‌باشد که بدین وسیله از سازمان جهاد کشاورزی استان کردستان، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کردستان و موسسه تحقیقات خاک و آب که در انجام این پروژه نهایت همکاری را داشته‌اند کمال سپاسگزاری به عمل می‌آید.

فهرست منابع

۱. باقری بداغ‌آبادی، م. تومانیان، ن. (۱۳۹۸). بررسی انطباق ساختار روش زمین خاکشناسی با سامانه‌ی رده‌بندی خاک در مدل‌های خاک-نمای سرزمین با استفاده از احتمالات شرطی. نشریه تحقیقات آب و خاک ایران. ۵۰ (۵). ۱۱۶۸-۱۱۵۲.

۲. رشیدی کوچی، ز. اسفندیارپور بروجنی، ع. عباس‌پور، ع. کمالی، ا. نادری، ع.ا. (۱۳۹۱). اثر مقیاس و نوع سامانه طبقه‌بندی بر نتایج نقشه‌برداری خاک به روش ژئوپدولوژی (مطالعه موردی: منطقه‌ی دماوند، استان تهران). نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی). ۲۶ (۵). ۱۲۵۶-۱۲۴۷.

3. Rossiter D. G. (2001). Principles of Soil Classification. Lecture Notes, International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences (ITC), Enschede, the Netherlands.
4. Schoeneberger P.J, Wysocki D.A, Benham E.C, and Soil Survey Staff. (2012). Field book for describing and sampling soils, Version 3.0. Natural Resources Conservation Service, National Soil Survey Center, Lincoln, NE. 300p.
5. Soil Survey Staff. (2014). Soil Taxonomy: A basic systems of soil classification for making and interpreting soil surveys. Twelfth Edition. NRCS. USDA.
6. Udomsri S. (2006). Application of computer assisted geopedology to predictive soil mapping and its use in assessing soil erosion prone areas: a case study of DoiAngKhang, AngKhang Royal Agricultural Station, Thailand. MSc. Thesis, International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation (ITC), Enschede, The Netherlands.
7. Zinck J. A. (1989). Physiography and soils. Lecture-notes for soil students. Soil Science Division. Soil survey courses subject matter: K6 ITC, Enschede, The Netherlands.

Quantification of soil-landscape relationship using pedodiversity indices in Kurdistan Province

Zohreh Mosleh Ghahfarokhi[1], Mohamad Jamshidi[2], Fatemeh Ebrahimi Meymand[2], Alireza Ziaei Javid[2], Mastaneh Rahimi[2], Sarah Moradi Sani[2], Majid Abbaspour[2], Somayeh Shami[2] and ParivashFard Sadegh[2]

1- Soil and Water Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Karaj, Iran
z.mosleh@areeo.ac.ir

2- Soil and Water Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Karaj, Iran

Abstract

In this study the capability and reliability of geopedology approach to separate unit's map and to explain the variability of soil classes in Baneh region of Kurdistan Province was investigated. For this aim, geomorphology map was prepared based on the Zinck up to landform level. According to semidetailed studies, 17 pedons were excavated and described. Soil samples were taken from different genetic horizons and soil physicochemical properties were determined. Based on the pedons description and soil analytical data, pedons were classified according to the Soil Taxonomy up to subgroup level. The pedodiversity indices such as Richness, Evenness and Shannon's diversity at each geopedologic category for different taxonomic levels were calculated. The results showed that although the difference in Shannon index between the two landscapes is not significant, but in addition to the richness of soil classes in the piedmont landscapes, the type of soils is also different. As in the piedmont landscape, soils such as Xerorthents, Calcixerepts, Haploxerepts and Calcixererts are present while in the hilland landscape, there are Xerorthents, Haploxerepts and Haploxererts. Moreover, results confirmed that the divergence and convergence of soils are not very much affected by different levels of geopedology and not necessarily in each level of geopedology, diversity indices increaing with taxonomic levels.

Keywords: Soil classes, variability, map units.

تهیه نقشه های سه بُعدی اندازه ذارت خاک در دشت سیلابی سیستان

یونس جمال‌زئی ثمره[1]، علی شهریاری[2]، محمدرضا پهلوان‌راد[3]، علیرضا ضیائی جاوید[4]، ابوالفضل بامری[5]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده آب و خاک، دانشگاه زابل، زابل، ایران: younessamareh@gmail.com

۲- استادیار، گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده آب و خاک، دانشگاه زابل، زابل، ایران

۳- استادیار، بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران

۴- محقق، بخش تحقیقات تشکیل، طبقه- بندی و شناسایی خاک، موسسه تحقیقات آب و خاک کشور، کرج، ایران

۵- مربی، گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده آب و خاک، دانشگاه زابل، زابل، ایران

چکیده

خاک یکی از مهم‌ترین اجزاء اکوسیستم‌ها محسوب می‌شود. از این رو برنامه‌ریزی استفاده از اراضی، بهره‌برداری از زمین را به جهتی سوق می‌دهد که ضمن تأمین درآمد بیش‌تر، این منابع برای استفاده آیندگان نیز حفاظت شوند. لذا هدف این مطالعه تهیه نقشه‌های سه بُعدی انـدازه ذرات خاک با استفاده از روش‌های زمین آمار به‌عنوان یکی از روش‌های نقشه‌برداری رقومی خاک، در دشت سیستان بود. برای این منظور اطلاعات ۶۹۳ خاکرخ در مساحت حدود ۲۱۸ هزار هکتار مورد استفاده قرار گرفت و مقدار هر جزء (شن، سیلت و رس) در عمق‌های ۲۰-۰، ۴۰-۲۰، ۶۰-۴۰، ۸۰-۶۰ و ۱۰۰-۸۰ سانتیمتری برای هر خاکرخ محاسبه شد. سپس با روش‌های زمین آماری معمول مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که تغییرات مقادیر ذرات معدنی خاک وابسته به ماهیت ژئومورفیک منطقه (دشت سیلابی) بوده و همراستا با تغییرات رژیم رسوبگذاری رودخانه هیرمند و همچنین فرایند فرسایش بادی و رسوبگذاری آن در منطقه تغییر می‌کنند. بهترین مدل تغییرنما برای عمده متغیرها و در عمده اعماق مدل نمایی بود. همچنین روش کریجینگ برای عمده متغیرها و در عمده اعماق بهترین روش بود. نتایج نشان داد روش‌های زمین آماری که یکی از روش‌های نقشه‌برداری رقومی هستند می‌توانند در مطالعه تغییرات عمودی و افقی اندازه ذرات خاک بسیار کارا باشند.

واژگان کلیدی: بافت خاک، خاک‌های دلتایی، خاک‌های مناطق خشک، زمین آمار

مقدمه

خاک یکی از منابع مهم و حساس کره زمین که دارای نقش های مهمی مانند محیط رشد و نمو گیاهان، ذخیره آب، فعالیت موجودات زنده و منبع تامین غذای انسان و حیوانات می باشد (Akumu *et al.* 2015). به دیگر سخن، خاک به‌عنوان مهم‌ترین جزء ارزیابی اراضی محسوب می‌شود. برنامه‌ریزی استفاده از اراضی، بهره‌برداری از زمین را به جهتی سوق می‌دهد که ضمن تأمین درآمد بیش‌تر، این منابع برای استفاده آیندگان نیز حفاظت شوند (Sys *et al.* 1991). یکی از مهمترین ویژگی های خاک، بافت خاک می‌باشد (Akpa *et al.* 2014) و نسبت اندازه ذرات سیلت، شن و رس در یک نمونه خاک است. نوع بافت خاک در پدیده آب شویی، زهکشی، نفوذ پذیری، تهویه، ظرفیت نگهداری آب، جذب عناصرغذایی، مقدارکربن آلی و بسیاری از خصوصیات مکانیکی دیگر خاک را تحت تأثیر قرار می دهد (جعفری و سرمدیان، ۱۳۸۲؛ جعفری، ۱۳۸۵). همچنـین عاملی مؤثر در فرسایش‌پذیری خـاک می‌باشد (Warrington *et al.* 2009). بافت خاک در همه سطوح در سیستم رده‌بنـدی خاک تاکسونومی، برای شناسایی رده‌ها و همچنین برای طبقه‌بنـدی خـاک‌هـا در سطح فامیل و برای شناسایی افق‌های آرجلیک، کندیک و ناتریک استفاده می‌شود (Soil Survey Staff, 2014).

نقشه‌برداری رقومی خاک[1] یکی از روش‌های نوین در چند دهه اخیر می‌باشد که این روش را می‌توان به‌عنوان مولد سیستم‌های اطلاعات مکانی خاک توسط مدل‌های عددی قابل استنباط از تغییرات مکانی و زمانی انواع خاک، خصوصیات خاک حاصل از

[1] Digital Soil Mapping (DSM)

مشاهدات و دانش خاک و متغیرهای محیطی تعریف کرد (Hartemink *et al.* 2008). نقشه برداری رقومی-سه بُعدی خاک (DSM-3D) به دلیل پتانسیل آن در تعیین تنوع خصوصیات عمودی و افقی خاک مورد توجه محققین قرارگرفته و مطالعات کنونی نقشه‌های سه بعدی خاک با تلفیق توابع رگرسیونی عمق برای تغییرات عمودی و یا روش‌های درونیابی برای تغییرات افقی خصوصیات خاک متمرکز شده‌اند (Veronsi *et al.* 2012).

داده‌های مربوط به توزیع اندازه ذرات خاک، جزء اطلاعات ورودی به اغلب مدل‌های هیدرولوژیکی، اکولوژیکی، اقلیمی و زیست محیطی هستند. افزون بر این، برای تخمین خواصی از خاک مانند قابلیت هدایت آبی و نگهداری آب خاک، از بافت خاک استفاده می‌شود (Minasny and Hartemink, 2011). بنابراین تهیه نقشه بافت خاک با دقت بالا به صورت سه بُعدی برای مدلسازی هیدرولوژیکی و زیست محیطی و همچنین سایر فعالیت‌های مدیریتی کشاورزی و حفاظت محیطی ضروری است. لذا این مطالعه با هدف تهیه نقشه‌های سه بُعدی اندازه ذرات خاک با استفاده از روش‌های زمین آمار به‌عنوان یکی از روش‌های نقشه‌برداری رقومی خاک، در دشت سیستان انجام شد.

مواد و روش‌ها

منطقه سیستان در جنوب غرب آسیا و جنوب شرق کشور ایران و در شمال استان سیستان و بلوچستان بر روی دلتای رودخانه هیرمند واقع شده است. ارتفاع متوسط این منطقه از سطح دریا ۴۸۵ متر، متوسط بارندگی سالیانه ۵۵ میلی متر و تبخیر و تعرق سالانه در این منطقه ۴۵۰۰ الی ۵۰۰۰ میلی‌متر می‌باشد که بسیار بالا است. بادهای نیرومند ۱۲۰ روزه در این منطقه منحصر به فرد بوده و یکی از مهمترین عوامل دخیل در مقدار بالای تبخیر و تعرق علاوه بر دمای بالای منطقه، است. رژیم رطوبتی و دمایی خاک منطقه به ترتیب اریدیک و هایپرترمیک می‌باشد (Mirakzehi *et al.* 2018). کاربری زمین‌های منطقه شامل کشاورزی، مرتع و همچنین زمین‌های غیرقابل استفاده می‌باشند. منطقه مسطح (دشت سیلابی) با شیب کم، حدود ۲-۱ درصد می‌باشد.

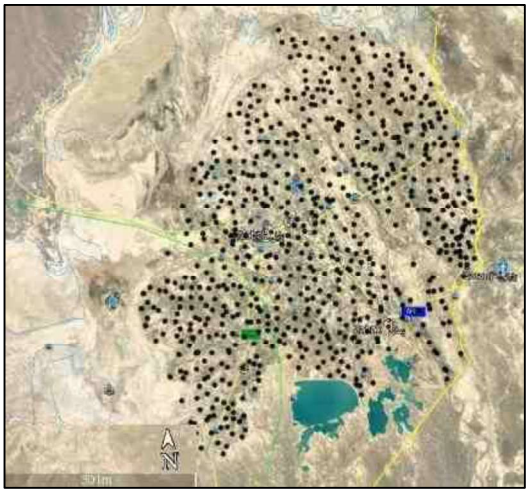
مساحت منطقه مورد مطالعه حدود ۲۱۸ هزار هکتار بود و اطلاعات اندازه ذرات خاک مورد استفاده در این پژوهش از تعداد ۶۹۳ خاکرخ مورد مطالعه قرار گرفته توسط پهلوان‌راد (۱۳۹۵) و ضیائی جاوید (۱۳۹۹) بدست آمد (شکل ۱). شایان ذکر است اندازه ذرات خاک در هر دو مطالعه به روش هیدرومتری انجام شده است. سپس به روش میانگین وزنی مقدار هر جزء (شن، سیلت و رس) در عمق‌های ۲۰-۰، ۴۰-۲۰، ۶۰-۴۰، ۸۰-۶۰ و ۱۰۰-۸۰ سانتیمتری برای هر خاکرخ محاسبه شد. به دلیل محدودیت اطلاعات برخی خاکرخ‌ها برای عمق آخر (۸۰-۱۰۰ سانتیمتر) تعداد ۶۸۵ خاکرخ مورد استفاده قرار گرفت. جهت بررسی خصوصیات آماری داده‌ها از نرم افزار SPSS نسخه ۲۰، مدل سازی مکانی (روش کوکریجینگ معمولی) خصوصیات مورد ارزیابی نرم‌افزارهای GS^+ و ArcGIS نسخه ۱۰,۴ استفاده گردید و نرم افزار Excel نسخه ۲۰۱۹ به منظور مدیریت داده ها به کار برده شد. شایان ذکر است که مدل رقومی ارتفاع[1] استفاده شده در مدل‌سازی زمین آماری اجزاء بافت خاک، از اطلاعات ماهواره ALOS[2] PALSAR با دقت ۱۲/۵ متر بدست آمد.

نتایج و بحث

نتایج بررسی برخی خصوصیات آماری اجزای بافت خاک در منطقه مورد مطالعه در اعماق مختلف در جدول ۱ ارائه شده است. خصوصیاتی چون چولگی و کشیدگی داده‌ها نشان می‌دهد که در همه اعماق داده‌ها میزان رس، سیلت و شن به لحاظ آماری نرمال هستند. مقادیر سیلت در همه اعماق دارای کمترین ضریب تغییرات بوده و به نظر می‌رسد این اندازه ذره در منطقه مورد مطالعه که دشتی سیلابی هست، به دلیل ماهیت ژئومورفیک منطقه عمدتا ذره غالب نیز بوده است. باید توجه داشت که دشت سیستان در انتهای رودخانه هیرمند قرار دارد و ماهیتی کاملا آبرفتی دارد و ذرات شن و رس همراستا با تغییرات رژیم رسوبگذاری این رودخانه در منطقه تغییر می‌کنند. البته فرایند فرسایش بادی و رسوبگذاری آن نیز در تغییرات اندازه ذره شن در منطقه

[1] Digital Elevation Model (DEM)
[2] Advanced Land Observing Satellite

بسیار موثر است (Mirakzehi *et al.* 2018). به عبارت دیگر تلفیق فعالیت‌های آبی[1] و بادی[2] کنترل کننده تغییرات اندازه ذرات خاک در طول زمان و مکان در دشت سیستان می‌باشد.



شکل ۱- موقعیت خاکرخ‌های مورد مطالعه در دشت سیستان

عمده مطالعات انجام شده در منطقه متمرکز بر بافت خاک سطحی بوده است. پژوهش‌های متعدد نشان داده بافت خاک سطحی در دشت سیستان عمدتا متوسط (لومی) تا متوسط درشت (لومی شنی) و مناسب است و توزیع اندازه ذرات خاک در مناطق جنوب و بخصوص جنوب شرق (محل ورود رودخانه هیرمند) عموما بافت خاک شنی و سیلتی (درشت‌تر) است ولی در بخش های شمالی دشت و حاشیه تالاب‌های هامون بافت خاک رسی‌تر (سنگین‌تر) می‌شود. در نزدیکی فعالیت بستر رودخانه هیرمند نیز بافت‌های درشت‌تر را داشته و با فاصله از این رودخانه بافت‌ها ریزتر می‌شود (Mirakzehi *et al.* 2018؛ Pahlavan-rad and Akbarimoghaddam, 2018، Shahriari *et al.* 2019).

نتایج بررسی برخی پارامترهای تغییرنما و معیارهای انتخاب مدل و کنترل اعتبار تغییرنما در جدول ۲ ارائه شده است. تغییر نمای مناسب از بین مدل‌های نمایی، کروی،گوسی، خطی و خطی برازش گردید و بهترین مدل تغییر نما بر اساس حداکثر مقدار R^2 و حداقل مجموع مربعات (RSS) انتخاب شد.

جدول۱- برخی خصوصیات آماری اجزای بافت خاک در منطقه مورد مطالعه

عمق	متغیر	میانگین	میانه	حداقل	حداکثر	واریانس	چولگی	کشیدگی	انحراف معیار	ضریب تغییرات
۰-۲۰	رس	۱۷,۷۰۱	۱۶	۰	۵۰	۸۳,۶۴۶	۰,۸۱۳	۰,۳۱۴	۱۲,۸۶۳۶۹	۵۱,۶۶۷
	سیلت	۴۲,۲۲۷	۴۳,۹۵	۱	۸۴	۲۲۳,۴۰۳	-۰,۲۴۷	-۰,۱۸۷	۱۶,۹۴۲۶۴	۳۵,۴۰
	شن	۳۹,۹۹۶	۳۸	۴,۶۵	۹۹	۴۰۹,۵۰۲	۰,۵۰۱	-۰,۵۷۹	۲۳,۴۲۱۹۷	۵۰,۶۰
۲۰-۴۰	رس	۱۹,۴۵۰	۱۵,۳۰	۰	۶۰	۱۶۵,۴۷۵	۰,۹۰۸	-۰,۳۹	۱۲,۸۶۳۶۹	۶۶,۱۴
	سیلت	۴۳,۷۱۷۰	۴۴,۵۰	۱	۸۵	۲۸۷,۰۵۳	-۰,۲۲۰	-۰,۳۵۷	۱۶,۹۴۲۶۴	۳۸,۷۵۵
	شن	۳۶,۷۵۷۴	۳۲,۱۵	۲	۹۹	۵۴۸,۵۸۹	۰,۵۸۴	-۰,۶۳۸	۲۳,۴۲۱۹۷	۶۳,۷۲۰
۴۰-۶۰	رس	۱۹,۷۲۹۵	۱۵,۵۰	۰	۶۵	۲۰۴,۰۶۴	۰,۸۰۷	-۰,۲۴۷	۱۴,۲۸۵۱۰	۷۲,۴۰
	سیلت	۴۶,۱۲۷۵	۴۸,۵۰	۰	۹۱	۳۷۳,۷۹۷	-۰,۴۷۵	-۰,۴۱۰	۱۹,۳۳۳۸۲	۴۱,۹۱
	شن	۳۴,۱۵۵۳	۲۶,۰۰	۰	۱۰۰	۶۸۳,۴۲۴	۰,۸۵۲	-۰,۳۸۹	۲۶,۱۴۲۳۸	۷۶,۵۴
۶۰-۸۰	رس	۱۹,۴۲۹۷	۱۵	۰,۵	۶۲	۲۲۹,۵۸۷	۰,۷۶۸	-۰,۴۳۶	۱۵,۱۵۲۱۳	۷۷,۹۸
	سیلت	۴۶,۰۹۸۰	۴۹	۰	۸۶	۴۳۰,۲۵۳	-۰,۴۸۲	-۰,۵۲۳	۲۰,۷۴۲۵۳	۴۴,۹۹

[1] Fluvial activities
[2] Aeolian activities

عمق	متغیر	میانگین	میانه	حداقل	حداکثر	واریانس	چولگی	کشیدگی	انحراف معیار	ضریب تغییرات
	شن	۳۴,۳۴۵۷	۲۴,۴۰	۰	۹۸	۷۷۸,۸۴۷	۰,۸۴۲	-۰,۵۱۲	۲۷,۹۰۷۸۳	۸۱,۲۵
	رس	۱۹,۳۵۴۴	۱۴,۵	۰	۶۷	۲۳۷,۵۹۸	۰,۷۲۲	-۰,۵۳۸	۱۵,۴۱۴۲۰	۷۹,۶۴
۸۰-۱۰۰	سیلت	۴۵,۹۵۱۴	۴۹,۵۰	۰	۸۶	۴۷۲,۴۶۹	-۰,۵۳۷	-۰,۶۰۵	۲۱,۷۳۶۳۴	۴۷,۳۰
	شن	۳۴,۷۲۹۸	۲۵	۰	۹۹	۸۵۰,۱۰۸	۰,۸۷۶	-۰,۵۳۶	۲۹,۱۵۶۶۱	۸۳,۹۵

جدول۲- پارامترهای تغییرنما و معیارهای انتخاب مدل و کنترل اعتبار تغییرنما

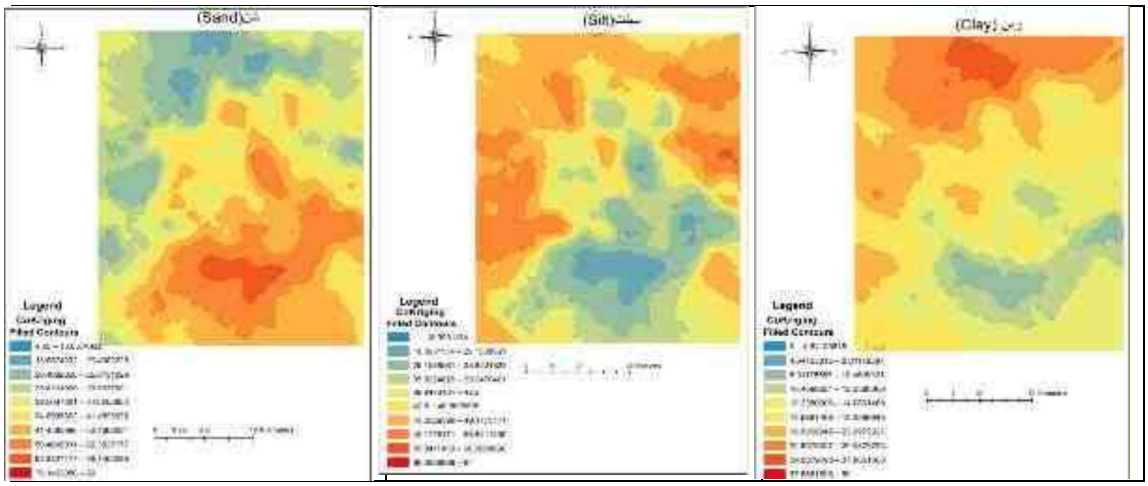
عمق	متغیر	مدل	اثرقطعه ای C_0	آستانه C_0+C	شعاع تأثیر A_0	تناسب مکانی $C/(C_0+C)$	RSS	R^2
	رس	کروی	۵۵/۸	۱۲۳/۰	۸۵۸۰۰	۰/۵۴۶	۲۴۰	۰/۹۴۷
۰-۲۰	سیلت	نمایی	۷۳/۲	۱۹۸/۲	۱۴۵۰	۰/۶۳۱	۱۴۰۷	۰/۹۱۵
	شن	نمایی	۱۴۷/۶	۳۴۷/۲	۱۵۱۰	۰/۵۷۵	۶۲۵۲	۰/۸۶۴
	رس	نمایی	۵۷/۷	۱۲۸/۵	۱۶۱۰	۰/۵۵۱	۷۰۳	۰/۸۵۷
۲۰-۴۰	سیلت	نمایی	۱۰۴/۷	۲۴۹/۹	۱۰۰۰	۰/۵۸۱	۲۳۸۰	۰/۸۵۱
	شن	نمایی	۲۱۳/۷	۴۷۴/۱	۱۵۳۰	۰/۵۴۹	۲۹۰۹	۰/۹۵
	رس	نمایی	۶۹/۴	۱۶۵/۵	۱۵۱۰	۰/۵۸۱	۱۲۹۱	۰/۸۷۸
۴۰-۶۰	سیلت	نمایی	۱	۳۵۲/۲	۴۷۰	۰/۹۹۷	۳۱۸۶	۰/۹۲۸
	شن	نمایی	۱	۶۰۸/۱	۴۴۰	۰/۹۹۸	۱۲۸۱۱	۰/۸۹۲
	رس	کروی	۱۶۴/۷	۴۲۰/۸	۱۴۲۹۰۰	۰/۶۰۹	۱۰۸۲	۰/۹۶۸
۶۰-۸۰	سیلت	نمایی	۴۶	۴۰۸/۳	۴۷۴	۰/۸۸۷	۷۲۷۸	۰/۸۸۷
	شن	نمایی	۲۰۶	۶۹۴/۲	۴۷۷	۰/۷۰۳	۴۹۳۷۱	۰/۶۷۶
	رس	نمایی	۱۹۲/۳	۳۸۴/۷	۹۲۷۰۰	۰/۵	۳۴۴	۰/۹۶۱
۸۰-۱۰۰	سیلت	نمایی	۱۴۲	۴۵۹/۲	۴۵۰	۰/۶۹۱	۳۴۸	۰/۹۸۹
	شن	نمایی	۲۹۶	۷۴۱/۱	۲۹۲	۰/۶۰۱	۶۳۸۹	۰/۹۱۵

بهترین مدل تغییرنما برای همه متغیرها و در همه اعماق مدل نمایی بود، بجز برای رس در عمق ۲۰-۰ و ۸۰-۶۰ سانتیمتر که مدل کروی مدل مناسب‌تر بود. تناسب مکانی برای سیلت در عمق‌های ۶۰-۴۰ و ۸۰-۶۰ سانتیمتری و برای شن در عمق ۶۰-۴۰ سانتیمتری در کلاس تناسب مکانی قوی قرار گرفت و برای سایر عمق‌ها متغیرها کلاس تناسب مکانی متوسط نشان دادند. پژوهش‌های متعددی نشان دادند که بهترین مدل تغییرنما برای اندازه ذرات خاک مدل‌های کروی و نمایی هستند (پیری صحراگرد و پیری، ۱۳۹۵؛ اسدزاده و همکاران، ۱۳۹۷؛ آقایی پور و همکاران، ۱۳۹۷؛ بهنام و همکاران، ۱۳۹۸). مدل نمایی از مبدأ مختصات شروع شده و در نزدیکی مبدأ رفتار خطی دارد، ولی آهنگ صعود آن آرامتر از مدل کروی است و عملاً به حد آستانه یا سقف معینی نمی‌رسد، به همین دلیل دامنه تأثیر این مدل نامعلوم است. علت پیدایش داده‌هایی با چنین مدل‌هایی، می‌تواند به دلیل وجود روند در محدوده مورد بررسی و یا بزرگی قابل ملاحظه دامنه تأثیر نسبت به ابعاد محدوده تحت پوشش نمونه برداری باشد (Vieira and Paz Gonzalez, 2003).

نتایج مقایسه روش‌های زمین آماری در پهنه‌بندی اجزای بافت خاک در منطقه مورد مطالعه در جدول ۳ ارائه شده است. بر اساس مجذور میانگین مربعات خطا (RMSE)، روش کریجینگ (همراستا با افصلی و همکاران، ۱۳۹۷؛ متغیر شن همراستا با بهنام و همکاران، ۱۳۹۸) برای همه متغیرها و در همه اعماق بهترین روش بود، بجز رس در اعماق ۲۰-۰، ۶۰-۴۰ و ۸۰-۶۰ سانتیمتری که روش کوکریجینگ (همراستا با اسدزاده و همکاران، ۱۳۹۷) با متغیر DEM بهترین و دقیقترین روش بود. بر این اساس نقشه‌های اندازه ذرات خاک در اعماق مختلف در دشت سیستان می‌تواند تهیه شود (شکل ۲).

جدول۳- مقایسه روش‌های زمین آماری در پهنه‌بندی اجزای بافت خاک در منطقه مورد مطالعه

متغیر	عمق	روش	متغیر کمکی	RMSE	ME
رس	۲۰-۰	کریجینگ	-	۸/۰۲۱	۰/۰۷۵
		IDW	-	۷/۹۸۹	-۰/۰۱۸
		کوکریجینگ	DEM	۷/۹۷۱	۰/۰۱۸
	۴۰-۲۰	کریجینگ	-	۱۰/۷۶۵	۰/۰۱۶
		IDW	-	۱۰/۹۴	-۰/۰۶
		کوکریجینگ	DEM	۱۰/۸۳۱	۰/۰۲۳
	۶۰-۴۰	کریجینگ	-	۱۲/۵۴۸	۰/۱۴۳
		IDW	-	۱۲/۵۳۷	-۰/۱۶۴
		کوکریجینگ	DEM	۱۲/۲۳۵	۰
	۸۰-۶۰	کریجینگ	-	۱۳/۵۱۷	-۰/۰۴۱
		IDW	-	۱۳/۹۹۵	-۰/۱۴۱
		کوکریجینگ	DEM	۱۳/۴۹۱	-۰/۰۱۳
	۱۰۰-۸۰	کریجینگ	-	۱۴/۳۲۶	-۰/۰۳۳
		IDW	-	۱۵/۰۰۳	-۰/۱۰۱
		کوکریجینگ	DEM	۱۴/۶۷۱	-۰/۰۸۷
سیلت	۲۰-۰	کریجینگ	-	۱۳/۱۰۶	-۰/۰۴۳
		IDW	-	۱۳/۱۹۱	۰/۲۵۴
		کوکریجینگ	DEM	۱۳/۲۱۶	-۰/۰۶۸
	۴۰-۲۰	کریجینگ	-	۱۵/۳۹۹	-۰/۰۴۹
		IDW	-	۱۵/۷۸۴	۰/۲۳
		کوکریجینگ	DEM	۱۵/۵۴۳	-۰/۱۲۱
	۶۰-۴۰	کریجینگ	-	۱۸/۵۹	۰/۰۵۹
		IDW	-	۱۸/۶۶۱	۰/۳۳۸
		کوکریجینگ	DEM	۱۸/۷۹	۰/۰۹۳
	۸۰-۶۰	کریجینگ	-	۱۹/۷۲	۰/۱۷۴
		IDW	-	۱۹/۹۱۴	۰/۴۶۷
		کوکریجینگ	DEM	۲۰/۲۲۷	۰/۱۲۳
	۱۰۰-۸۰	کریجینگ	-	۲۱/۴۲	-۰/۲۳۴
		IDW	-	۲۱/۹۹۸	۰/۲۸۹
		کوکریجینگ	DEM	۲۲/۶۴۱	-۰/۰۱۳
شن	۲۰-۰	کریجینگ	-	۱۷/۳۳۶	۰/۰۳۹
		IDW	-	۱۷/۴۴۹	-۰/۲۴۵
		کوکریجینگ	DEM	۱۷/۴۸	۰/۰۶۱
	۴۰-۲۰	کریجینگ	-	۲۰/۸۵۵	-۰/۱۲۵
		IDW	-	۲۰/۸۶۲	۰/۲۳۹
		کوکریجینگ	DEM	۲۵/۹۵۲	-۰/۳۲۵
	۶۰-۴۰	کریجینگ	-	۲۴/۶۲	-۰/۱۱۱
		IDW	-	۲۴/۹۰۶	-۰/۱۷۶
		کوکریجینگ	DEM	۲۹/۸۹۶	-۰/۵۲
	۸۰-۶۰	کریجینگ	-	۲۶/۵۴۱	-۰/۱۶۴
		IDW	-	۲۶/۹۸۸	-۰/۰۳۷
		کوکریجینگ	DEM	۳۱/۷۶۷	-۰/۴۷۷
	۱۰۰-۸۰	کریجینگ	-	۲۸/۴۳۳	۰/۲۰۹
		IDW	-	۲۹/۴۹۴	-۰/۱۷۹
		کوکریجینگ	DEM	۳۴/۴۷۶	-۰/۲۵۸



شکل ۲-نمونه نقشه میانیابی شده رس، سیلت، و شن در عمق ۲۰-۰ سانتی متر

نتیجه‌گیری

در این پژوهش اقدام به تهیه نقشه‌های سه بُعدی انـدازه ذرات خاک با استفاده از روش‌های زمین آمار در دشت شد. نتایج نشان داد که تغییرات مقادیر ذرات معدنی خاک وابسته به ماهیت ژئومورفیک منطقه (دشت سیلابی) بوده و همراستا با تغییرات رژیم رسوبگذاری رودخانه هیرمند و همچنین فرایند فرسایش بادی و رسوبگذاری آن در منطقه تغییر می‌کنند. بهترین مدل تغییرنما برای عمده متغیرها و در عمده اعماق مدل نمایی بود. همچنین روش کریجینگ برای عمده متغیرها و در عمده اعماق بهترین روش بود. نتایج نشان داد روش‌های زمین آماری که یکی از روش‌های نقشه‌برداری رقومی هستند می‌توانند در مطالعه تغییرات عمودی و افقی اندازه ذرات خاک بسیار کارا باشند، لذا توصیه می‌شود از روش‌های جدید زمین آماری همچون روش‌های هیبریدی در پژوهش‌های آینده برای دستیابی به دقت بالاتر و نقشه‌های دقیقتر استفاده شود.

منابع

اسدزاده، ف.، خسروی اقدم، ک.، زواره، م.، یغمائیان مهابادی، ن.، رمضان پور، ح. (۱۳۹۷). تغییرات مکانی ذرات معدنی خاک با استفاده از زمین آمار و سنجش از دور جهت پهنه بندی بافت خاک. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، جلد ۳۲ - شماره ۷: ۱۲۲۲-۱۲۰۷.

افضلی، ع.، وروانی، ج. و جعفری نیا، ر. ۱۳۹۷. کاربرد تکنیک زمین آمار در پیش بینی تغییرات مکانی بافت خاک (مطالعه موردی: دشت فراهان استان مرکزی). فصلنامه جغرافیایی سرزمین، علمی – پژوهشی، سال پانزدهم، شماره ۵: ۱۶-۱.

آقایی پور، ن.، پیردشتی، ه.، زواره، م.، اسدی، ح.، بهمنیار، م. ع. (۱۳۹۷). ارزیابی تغییرپذیری مکانی برخی از خصوصیات شیمیایی و فیزیکی خاک در شالیزار های دشت فومنات با استفاده از زمین آمار. نشریه پژوهش های کاربردی زراعی، دوره ۳۱ - شماره ۴: ۷۱-۵۰.

بهنام و.، غلامعلی‌زاده آهنگر ا.، رحمانیان م. و بامری ا. (۱۳۹۸). بررسی توزیع مکانی برخی از ویژگیهای فیزیکی و شیمیایی خاک با استفاده از روشهای زمین آمار (مطالعه موردی: مسیر زابل به زاهدان). مجله محیط زیست و مهندسی آب، دوره ۵، شماره ۳: ۲۶۳-۲۵۱.

پهلوان‌راد، م، (۱۳۹۵). شناسایی و تهیه نقشه‌های خاک اراضی دشت سیستان، گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی، موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات جهاد کشاورزی، وزارت جهاد کشاورزی.

پیری صحراگرد،ح و پیری، ج. (۱۳۹۵). تحلیل مکانی برخی از خصوصیات خاک با استفاده از روش زمین آمار(مطالعه موردی: مناطق غرب تفتان، شهرستان خاش).نشریه علمی پژوهشی مرتع. ۲: ۲۳۶-۲۲۴.

جعفری، م.، (۱۳۸۵). احیای مناطق خشک و بیابانی. انتشارات دانشگاه تهران، چاپ اول.

جعفری، م. و سرمدیان. ف.، (۱۳۸۲). مبانی خاکشناسی و رده بندی خاک. انتشارات دانشگاه تهران، چاپ اول

ضیائی جاوید، ع، (۱۳۹۹). یکپارچه‌سازی و هماهنگی سری‌های خاک و به روز رسانی مطالعات نیمه‌تفصیلی دقیق خاک‌شناسی در دشت سیستان. گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی، موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات جهاد کشاورزی، وزارت جهاد کشاورزی.

Akpa, S.I.C., Odeh, I.O.A., Bishop, T.F.A., Hartemink, A.E., (2014). Digital mapping of soil particle-size fractions for Nigeria. Soil Sci. Soc. Am. J. 78, 1953–1966.

Akumu, C. E., Johnson, J. A., Etheridge, D., Uhlig, P., Woods, M., Pitt, D. G. and McMurray, S. (2015). GIS-fuzzy logic based approach in modeling soil texture: Using parts of the Clay Belt and Hornepayne region in Ontario Canada as a case study. Geoderma, 239-240, 13-24.

Hartemink, A. E., McBratney, A. and Mendonca-Santos, M. d. L. 2008. Digital soil mapping with limited data. Springer.

Minasny, B. and Hartemink, A. E. 2011. Predicting soil properties in the tropics. Earth-Science Reviews, 106(1-2): 52-62

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

Pahlavan-Rad, M., and Akbarimoghaddam, A. Spatial variability of soil texture fractions and pH in a flood plain (case study from eastern Iran). Catena, 2018, 160: 275-281.

Shahriari, M., Delbari, M., Afrasiab, P. and Pahlavan-Rad, M. Predicting regional spatial distribution of soil texture in floodplains using remote sensing data: A case of southeastern Iran. Catena, 2019, 182: 104149. https://doi.org/10.1016/j.catena.2019.104149.

Soil Survey Staff. 2014. Keys to soil taxonomy (11th ed). Washington: USDA-NRCS.

Sys, C., Van Ranst, E. and Debaveye, J. (1991). Land evaluation, Part 2: methods in land Evaluation. General Administration for Development Cooperation. Brussels, Belgium, 247 p.

Veronesi, F., Corstanje, R.,Mayr, T., (2012). Mapping soil compaction in 3dwith depth functions. Soil and Tillage Research 124, 111–118.

Vieira S.R., and Paz Gonzalez A. (2003). Analysis of the spatial variability of crop yield and soil properties in small agricultural plots. Bragantia 62(1), (127-138).

Warrington, D., Mamedov, A., Bhardwaj, A. and Levy, G. (2009). Primary particle size distribution of eroded material affected by degree of aggregate slaking and seal development. The European Journal of Soil Science, 60: 84–93

Preparation of three-dimensional maps of soil particle size in the flood plain of Sistan

Younes Jamalzehi Samareh1, Ali Shahriari2, Mohammad Reza Pahlavan-Rad3, Alireza Ziaee Javid4, Abolfazl Bameri5

1MSc Student, Dep. of Soil Science and Engineering, Faculty of Water and Soil, University of Zabol, Zabol, Iran

2Assistant Prof., Dep. of Soil Science and Engineering, Faculty of Water and Soil, University of Zabol, Zabol, Iran

3Assistant Professor, Soil and Water Research Department, Golestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Gorgan, Iran

4Researcher, Devision of Soil Formation, Classification and Survey Researches, Soil and Water Research Institute, Karaj, Iran

5Academic Staff, Dep. of Soil Science and Engineering, Faculty of Water and Soil, University of Zabol, Zabol, Iran

Abstract

Soil is one of the most important components of ecosystems. Therefore, land use planning leads to land use in a way that, while providing more income, these resources are also protected for future use. Therefore, the aim of this study was to prepare three-dimensional maps of soil particle size using geostatistical methods as one of the digital soil mapping methods in Sistan plain. For this purpose, data of 693 soil profiles were used in an area of about 218000 hectares and the amount of each component (sand, silt and clay) was calculated for each soil profile in the depths of 0-20, 20-20, 60-40, 80-60 and 100-80 cm. Then they were analyzed by conventional geostatistical methods. The results showed that the changes in the amount of soil mineral particles depend on the geomorphic condition of the region (flood plain) and change in line with changes in the sedimentation regime of the Hirmand river and also the wind erosion process and its sedimentation in the region. The best variogram model was the exponential model for the major variables and at most depths. Kriging method was also the best geostatistical method for major variables and at major depths. The results showed that geostatistical methods, which are one of the digital soil mapping methods, can be very effective in studying vertical and horizontal changes in soil particle size.

Keywords: Soil texture, Deltaic soils, Arid regions soils, Geostatistics

جایابی ویژگی‌های شیمیایی خاک در کلاس‌های فازی توسط شبکه عصبی مصنوعی

سمیرا مرادی[1]، پرویز شکاری[2]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران
samiramoradi7135@gmail.com

۲- استادیار گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران
pshekaari@gmail.com

چکیده

مدیریت سرزمین بر پایه اطلاعات مکانی ویژگی‌های خاک از پایه‌های اصلی کشاورزی پایدار است. در این مطالعه کارآیی یک شبکه عصبی مصنوعی[1] (ANN) با معماری پرسپترون چند لایه[2] (MLP) برای جایابی نمونه‌ها در کلاس‌های فازی ویژگی‌های شیمیایی خاک بررسی شد. نخست تغییرات مکانی ۱۷ ویژگی شیمیایی ۱۲۰ نمونه خاک سطحی (۲۰-۰ سانتی‌متر) با الگوریتم خوشه‌بندی فازی[3] (FCM) در ۶ کلاس بهینه با کاربست الگوریتم خوشه‌بندی فازی، رده‌بندی گردید. سپس ویژگی‌های شیمیایی و کلاس‌های فازی به ترتیب به عنوان متغیرهای پیش‌بین و هدف، تعریف و عملکرد شبکه در جایابی نمونه‌ها در کلاس‌های شش‌گانه ارزیابی گردید. زیرمجموعه‌های تصادفی ۶۵، ۱۵ و ۲۰٪ در آموزش، اعتبار سنجی و آزمون به‌کار رفت. پس از ۲۰ دوره محاسبات تکراری، حل شبکه همگرا شد. بر پایه ماتریس‌های پراکندگی، عملکرد MLP در دو مرحله نخست، کامل (۱۰۰٪) بود. اما، در آخرین مرحله (آزمون) به دلیل یک مورد خطا در جایابی، صحت پیش‌بینی ۹۵/۸٪ به دست آمد. اگرچه منطقا با یک مجموعه داده بزرگتر و ناهمگن‌تر احتمال خطا بیشتر خواهد بود، عملکرد MLP فرای انتظار بود و در کار پیش‌بینی بسیار خوب ارزیابی گردید. در گام‌های آتی می‌توان عملکرد ANN را در پیش‌بینی مکانی مورد بررسی قرار داد.

کلید واژه‌ها: فازی، MLP، جایابی، پایدار.

مقدمه

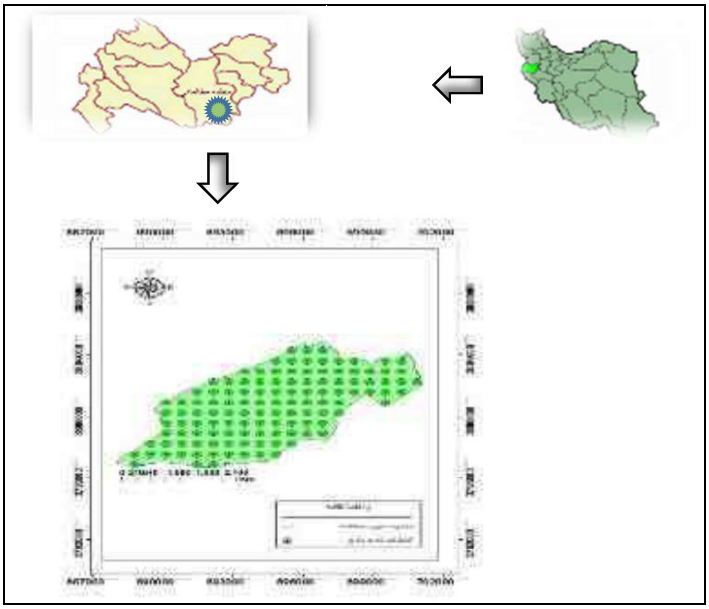
مدیریت پایدار به معنی تصمیم‌های درست در زمان مناسب است و نیازمند آگاهی از الگوی تغییرات مکانی (و زمانی) خاک در مقیاس بزرگ برای کاربست این اطلاعات در سطح مزرعه است. امروزه آشکار شده که جز با کاربست روش‌های نوین عددی نمی‌توان به این هدف دست یافت. بنا براین، بهره‌گیری از توان روش‌های نوین عددی (رقومی) نیاز بنیادین برنامه‌ریزی‌های کاربردی بزرگ‌مقیاس (در سطح مزرعه) برای دستیابی به مدیریت پایدار منابع خاک است. در چند دهه گذشته کاربست روش‌های نوین پردازش داده مانند ANN در خاکشناسی نیز متداول شده است. ANN الگوریتم‌های کامپیوتری هستند که می‌توانند روابط مهم مابین تعداد زیادی از پارامترهای خطی و غیرخطی را از یک بانک داده استخراج نموده و همچون یک سیستم خبره، این دانش را به منظور پیش‌بینی یا رده‌بندی یک مورد جدید به کار بندند. به رغم مدت کوتاه به‌کارگیری روش‌های ANN ، این شبکه‌ها به دلیل توان پردازش موازی، هوشمندی و انعطاف‌پذیری جایگاه چشم‌گیری در مسائل پیچیده از قبیل شناخت الگو، خوشه‌بندی، مدل‌سازی و برآورد دارد (حیدری، ۱۳۹۳). یکی از متداول‌ترین گونه‌های ANN در مدل‌سازی‌های مسائل محیط زیست، MLP است. این گونه شبکه از یک لایه ورودی، یک لایه خروجی و یک یا چند لایه میان آنها تشکیل یافته است (کاشی و همکاران، ۱۳۹۲) از برتری‌های MLP که این است که با مقایسه خروجی واقعی و خروجی مطلوب باعث تغییر ضرایب وزنی شبکه شده و در نهایت خروجی صحیح‌تری بدست می‌آورد (میر، ۱۳۹۳). محسنی شوشتری و همکاران (۲۰۱۲) به منظور برآورد غلظت عناصر فسفر و پتاسیم در خاک‌های استان خوزستان به مقایسه مدل‌های ANN و زمین آمار پرداخته و ANN را روش برتر دریافتند.آنان این نتایج را ناشی از فرآیند قاعده‌ی پس انتشار خطا در هنگام آموزش ANN دانستند. در راستای امکان‌سنجی کاربست روش‌های نوین پردازش داده‌های متداول آزمایشگاه خاک‌شناسی و در گام‌های بعدی بهره‌گیری از نتایج در جانمایی

[1] . Artificial Neural Networks
[2] . Multi-layer Perceptron
[3] .Fuzzy c-means algorithm

مکانی تغییرات داده‌ها، این پژوهش با هدف ارزیابی توان مدل MLP در پیش‌بینی کلاس‌های فازی برخی از ویژگی‌های شیمیایی خاک در منطقه مطالعاتی انجام شد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه، مزرعه پردیس کشاورزی دانشگاه رازی به مختصات جغرافیایی ″۳۰,۱۵ ′۰۵ °۴۷ تا ″۴۸,۷۵ ′۰۷ °۴۷ طول شرقی و ″۱۷,۸۱ ′۱۹ °۳۴ تا ″۴۰,۰۶ ′۱۹ °۳۴ عرض شمالی در کرانه شرقی شهر کرمانشاه قرار دارد (شکل ۱).



شکل ۱. موقعیت و طرح نمونه‌برداری منطقه مطالعاتی در استان کرمانشاه

نمونه‌برداری

الگوی نمونه‌گیری یک شبکه سیستماتیک منظم با ۱۲۰ نقطه تقاطع در محیط بسته نرم‌افزاری SDrawNPS (استارسویچ و همکاران، ۲۰۱۶) که محیط R (تیم هسته R، ۲۰۱۹) پشتیبانی می شود طراحی گردید. در هر یک از نقاط تقاطع خطوط شبکه از لایه ۲۰-۰ سانتی‌متری خاک نمونه گرفته شد.

تجزیه‌های آزمایشگاهی

نمونه‌ها پس از انتقال به آزمایشگاه، در هوای آزاد خشک و از الک دو میلی متر عبور داده شدند. سپس برخی از ویژگی‌های شیمیایی خاک، شامل؛ هدایت الکتریکی (EC) در عصاره ۱:۲/۵ (پیج و همکاران، ۱۹۹۲)، واکنش شیمیایی خاک (pH) گل اشباع (مک‌لین، ۱۹۸۲)، کربن آلی به روش اصلاح شده‌ی والکی - بلک (نلسون و همکاران، ۱۹۹۶)، کربنات کلسیم معادل به روش ریچاردز (ریچاردز، ۱۹۵۴)، مقادیر کاتیون‌های تبادلی و محلول کلسیم و منیزیم، سدیم و پتاسیم به روش‌های استاندارد موسسه تحقیقات خاک و آب (۱۳۷۲ و۱۳۷۶) و فسفر قابل جذب خاک به روش اولسن (نلسن و سامرز، ۱۹۹۰) اندازه‌گیری شدند.

کلاس‌بندی فازی داده‌ها

کلاس‌بندی مجموعه داده‌ها به کمک الگوریتم FCM [۲۲] (میناسنی و مک‌برتنی، ۲۰۰۲) انجام شد. در واقع FCM یک روش رایان‌آموختی نظارت نشده[1] است که در این پژوهش برای کمینه‌سازی تابع هدف در محیط FuzME 3.5b [۲۳] از آن بهره برده شد.

[1] .Unsupervised machine learning

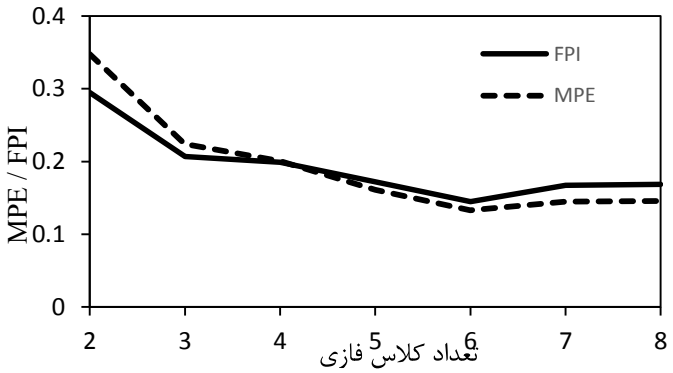
طراحی و اجرای شبکه

برای آموزش MLP، از الگوریتم پس‌انتشار شیب توام مقیاس‌شده[1] (SCGB) استفاده شد. به طور تصادفی از ۶۵٪ داده‌ها برای آموزش و ۱۵٪ داده‌ها برای اعتبارسنجی و از ۲۰٪ داده‌های باقی مانده برای آزمون عملکرد الگوریتم و افزون بر آن، از تابع سیگموئیدی به عنوان تابع انتقالی بین داده‌های ورودی و خروجی استفاده شد. انتخاب بهترین شبکه برای پیش‌بینی ویژگی‌های شیمیایی خاک نیز براساس نمودار و ماتریس پراکندگی[2] ارزیابی گردید.

نتایج و بحث

خوشه‌بندی فازی

FCM با گستره‌ای از دو تا هشت کلاس و با در نظر گرفتن نمای فازی[3] (φ) در دامنه ۱/۳-۱/۱ انجام و الگوریتم در نمای ۱/۱۶ همگرا شد. تابع قطری[4] فاصله بهترین نتایج را به دست داد. در پایان، هفت مجموعه کلاس فازی قابل پذیرش که از دو تا هشت کلاس را در بر داشتند به دست آمد. تعیین شمار بهینه کلاس‌ها بر پایه نتایج دو تابع "نمایه عملکرد فازی‌بودن"[5] (FPI) و "میانگین آنتروپی خوشه‌ها"[6] (MPE) (شکل ۲) انجام و به عنوان نتیجه نهایی خوشه‌بندی داده‌ها پذیرفته شد.



شکل ۲: تغییرات دو تابع MPE و FPI به ازاء تعداد کلاس‌ها در آنالیز FCM.

اساس این روش توسط مک‌برتنی و دی‌گرویتر (۱۹۹۷) برای کلاس‌بندی پیوسته داده‌های خاک پیشنهاد شد.

طراحی و اجرای ANN

ویژگی‌های شیمیایی خاک به عنوان داده‌های ورودی و کلاس‌های شش‌گانه فازی به عنوان کلاس‌های خروجی به MLP معرفی گردید. برای یافتن تعداد بهینه نورون‌ها در لایه پنهان روش تجربی (حیدری، ۱۳۹۳) به کار رفت و ۹ نورون برگزیده شد. در شکل ۳ روند خطا در برابر تکرار محاسبات شبکه روی زیرمجموعه‌های مراحل آموزش، ارزیابی و آزمون عملکرد شبکه دیده می‌شود. پس از ۲۰ تکرار، خطای آموش کمینه (۰/۸ درصد) و حل شبکه همگرا گردید. اما مطابق انتظار، خطا در آزمون اگرچه کم، اما به ۴/۲ درصد افزایش یافت. افزایش خطا در این مرحله توسط بسیاری پژوهشگران (محسنی‌شوشتری و همکاران، ۲۰۱۲؛ میر، ۱۳۹۳) گزارش شده است. جدول ۲ ماتریس پراکندگی فرآیند جایابی نمونه‌های آزمون (۲۰٪ داده‌ها)

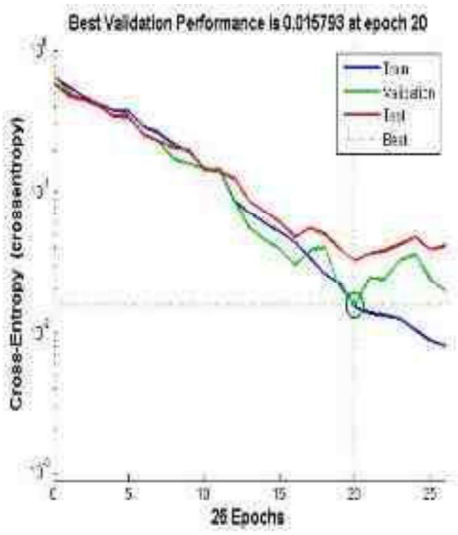
---

[1] .Scaled conjugate gradient backpropagation
[2] Confusion matrix
[3] Fuzziness exponent
[4]. Diagonal norm of distance
[5] .Fuzziness performance index
[6]. Mean partition entropy

جدول ۲: ماتریس پراکندگی مرحله آزمون شبکه

کلاس‌های پیش‌بینی شده	۱	۲	۳	۴	۵	۶
۱	۳ ٪۲/۵	۰ ٪۰	۰ ٪۰	۰ ٪۰	۰ ٪۰	۰ ٪۰
۲	۰ ٪۰	۱ ٪۴/۲	۰ ٪۰	۰ ٪۰	۰ ٪۰	۰ ٪۰
۳	۰ ٪۰	۰ ٪۰	۰ ٪۰	۰ ٪۰	۰ ٪۰	۰ ٪۰
۴	۰ ٪۰	۰ ٪۰	۰ ٪۰	۶ ٪۲۵	۰ ٪۰	۰ ٪۰
۵	۰ ٪۰	۱ ٪۴/۲	۰ ٪۰	۰ ٪۰	۸ ٪۳۳/۳	۰ ٪۰
۶	۰ ٪۰	۰ ٪۰	۰ ٪۰	۰ ٪۰	۰ ٪۰	۵ ٪۲۰/۸

کلاس‌های هدف



شکل۳. تغییرات نمودار خطای زیرمجموعه‌های آموزش، اعتبارسنجی و آزمون.

را توسط شبکه نشان می‌دهد. از این جدول پیداست که الگوریتم در جایابی درست یک مورد از ۲۴ نمونه موجود در زیرمجموعه آزمون که بیشترین درجه عضویت آن در کلاس ۲ بوده دچار اشتباه گردیده و آن را در کلاس ۵ جایابی نموده است. همچنین به دلیل جداسازی تصادفی داده‌ها، هیچیک از ۲۴ نمونه زیرمجموعه داده‌های آزمون، در کلاس ۳ قرار نگرفته‌اند. بطور کلی نتایج توان بالای شبکه را در پیش‌بینی نشان داد و باید با مجموعه داده های بزرگتر به چالش بیشتری کشیده شود. کاشی و همکاران (۱۳۹۲) نیز بر این نکته تاکید دارند. گرچه دستیابی به مجموعه داده‌های بزرگ و پرتغییر در خاک‌شناسی کاری دشوار، زمان‌بر و پرهزینه است، اما در جایی که آرشیوی از مطالعات در سالیان گذشته در اختیار باشد بویژه به کمک گوناگونی موجود در مجموعه داده‌های ردیف‌های اقلیمی، می‌توان توان‌آزمایی شبکه‌های عصبی را بهتر انجام داد. پیش‌بینی مکانی با ANN عمدتا با متغیرهای گسسته مانند کلاس‌های رده‌بندی (ویسی و شکاری، ۱۳۹۷) یا افق‌های مشخصه بوده و به رغم کاربست این روش در متغیرهای پیوسته خاک (صفاری و همکاران، ۱۳۸۸؛ کاشی و همکاران، ۱۳۹۲)، تهیه نقشه‌های پیوسته کمتر در خاکشناسی مورد توجه بوده، لذا شایسته است دراین راستا نیز کارهای مناسبی انجام گیرد.

نتیجه‌گیری

در این پژوهش کارایی روش ANN در برآورد برخی از ویژگی‌های شیمیایی خاک بررسی شد. نتایج نشان داد که عملکرد MLP در جایابی نمونه‌ها در کلاس‌های فازی ویژگی‌های شیمیایی خاک منطقه مورد مطالعه بخوبی با ماهیت غیرخطی داده‌ها هماهنگ شده و به همین دلیل پیش‌بینی‌های آن از صحت بسیار بالایی برخوردار بود. با توجه به گنجایش و توان بالای این روش، کاربست آن در مجموعه دادهای بزرگتر و پیش‌بینی‌های مکانی متغیرهای پیوسته پیشنهاد گردید.

منابع

حیدری، م. ۱۳۹۳. بررسی پوشش گیاهی تالاب با استفاده از طبقه بندی ترکیبی تصاویر سنجش از دور. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، مهندسی عمران-نقشه‌برداری (گرایش سنجش از دور)، دانشکده مهندسی نقشه‌برداری (ژئودزی و ژئوماتیک)، دانشگاه صنعتی خواجه نصرالدین طوسی.

صفاری، م.، یثربی، ج.، معاذالهی، م.، فتحی، ح. و م. عمادی. ۱۳۸۸. ارزیابی و مقایسه روش‌های میان‌یابی کریجینگ و شبکه عصبی مصنوعی برای پیش‌بینی تغییرات مکانی بعضی از خصوصیات شیمیایی خاک. یازدهمین کنگره علوم خاک ایران (مدیریت خاک و امنیت غذایی)، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

کاشی، ح.، امامقلی زاده، ص.، قربانی، ه. و س. ع. ا. هاشمی.۱۳۹۲. برآورد نفوذپذیری خاک توسط شبکه عصبی مصنوعی و رگرسیون خطی در اراضی کشاورزی و بکر. فصلنامه علمی- پژوهشی، (۹): ۱۹-۳۴.

مؤسسه تحقیقات خاک و آب. ۱۳۷۲. شرح روش‌های تجزیه شیمیایی خاک (جلد اول). نشریه شماره ۸۹۳. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. وزارت کشاورزی.

مؤسسه تحقیقات خاک و آب. ۱۳۷۶. شرح روش‌های تجزیه شیمیایی خاک (جلد دوم). مؤسسه تحقیقات خاک و آب. نشریه شماره ۱۰۲۴. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. وزارت کشاورزی.

میر، ح. ۱۳۹۳. بررسی تغییرات مکانی فسفر و پتاسیم خاک در دشت سیستان با استفاده از روش‌های زمین آمار و هوش مصنوعی، پایان نامه کارشناسی ارشد خاکشناسی، دانشکده آب و خاک، دانشگاه زابل.

ویسی، م. و پ. شکاری. ۱۳۹۷. پیش‌بینی پراکنش رده‌های خاک در یک پهنه آبرفتی به کمک شبکه عصبی مصنوعی. مجموعه مقالات دومین کنفرانس ملی توسعه پایدار در علوم کشاورزی و منابع طبیعی ایران. ۲۹ اسفند ۱۳۹۷. تهران، ایران.

Mclean, E. O. 1982. Soil pH and lime requirement. Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological Properties, (methods of Soil an2), 199-224.

McBratney, A. . B. and J. J. DeGruijter. 1992. A continuous approach to soil classification by modified fuzzy k-means with extragrades. J. Soil Sci., vol. 43: 159-175.

Minasny, B., McBratney, A. B. 2002. FuzMe version 3.5b. Australian Centre for Precision Agriculture. TheUniversity of Sydney, Australia.

Mohseni shushtari, M., Sayyad, Gh., Jafarnejadi, A., Gholami, A., and M. Sheleiby. 2012. Comparison of Artifical Neural Networks and Geostatistics Efficiency in Estimation of Phosphorous and Potassium Concentrations in the Soils of North Khuzestan Province. Advances in Environmental Biology, 6(3): 1082-1090.

Nelson, D, W., Sommers, L. E., Sparks, D. L., Page, A. L., Helmke, P, A., Loeppert, R. H., and M. E. Sumner. 1996. Total carbon, organic carbon, and organic matter. . Methods of soil analysis. Part 3. Chemical methods, 961-1010.

Olsen, S. R. and L. E. Sommers. 1990. Phosphorus. In: PP, A. L., R. H. Miller and D. R. Keeney (eds). Methods of Soil Analysis, Part2, Chemical and Microbiological Properties Methods, Agronomy Monograph 9, ASA, Madison, WI, U.S.A. 18.

Page, A. L., Miller, R. H., and D. R. Keeney. 1992. Method of soil analysis. Part II: Chemical and Mineralogical Properties. 2nd. SSSA pub, Madison, Wis.

Richards, L. A. 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Soil Science, 78(2): 154.

R Core Team (2019). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.

Starcevich L. A., DiDonato G., McDonald T., Mitchell, J. 2016. A GRTS User's Manual for the SDrawNPS Package: A graphical user interface for Generalized Random Tessellation Stratified (GRTS) sampling and estimation. National Park Service, U.S. Department of the Interior. Natural Resource Report NPS.

Allocation of soil chemical properties in fuzzy classes using artificial neural networks

Moradi, S. and P. Shekaari

MSc student (samiramoradi7135@gmail.com) and assistant professor (pshekaari@gmail.com) of Razi University, Kermanshah, Iran.

Abstract

Sustainable land management based on spatial information of soil features is one of the main bases of sustainable agriculture. In this work, efficiency of a multilayer perceptron (MLP) artificial neural network (ANN) in allocating soil samples into predefined fuzzy classes of soil chemical features (SCF) was evaluated. Firstly, spatial variability of 17 chemical features from 120 surface (0-20cm) soil samples were optimally classified in 6 fuzzy classes through fuzzy c-means (FCM) analysis. Secondly, SCF classes and data introduced to the MLP as target and predictor variables, respectively. The MLP ran through the Scaled conjugate gradient backpropagation (SCGB) algorithm. Randomly-selected 65, 15 and 20% data subsets used in train, evaluation and test steps. After 20 epochs of iteration solution converged and based on corresponding confusion matrices, MLP succeeded perfectly (100%) in the first two. However, at the last step (test) or prediction due to just one case of misclassification, accuracy of 95.8% obtained. Though with a bigger and more heterogeneous dataset error probability would be higher logically, MLP was performed beyond expectations and evaluated excellent in the prediction job. Spatial evaluation of ANN prediction capability should be assessed in future steps.

Keywords: Fuzzy, MLP, allocation, sustainable.

تغییرپذیری و همبستگی برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌های شمال کرمان

الهام سلیمانی‌ساردو*[۱]، محمدهادی فرپور[۲]، مجید محمودآبادی[۲]، اعظم جعفری[۳]

۱- دانشجوی دکتری علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران

۲- استاد گروه علوم و مهندسی خاک،دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران

۳- استادیار گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران

پست الکترونیکی نویسنده مسئول: Elhamsoleimani@agr.uk.ac.ir

چکیده

خاک‌ها دارای ماهیت تغییرپذیری مکانی می‌باشند. وجود یا عدم وجود رابطه همبستگی بین ویژگی‌های خاک می‌تواند در درک اهمیت هر یک از خصوصیات در بررسی شاخص‌های تکامل خاک‌ها حائظ اهمیت باشد. مطالعه حاضر با هدف تعیین رابطه همبستگی برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها انجام گرفت. تعداد ۵ خاکرخ در شمال کرمان حفر گردید. برخی خصوصیات خاک شامل میزان گچ، اسیدیته، هدایت الکتریکی، ظرفیت تبادل کاتیونی، آهک و درصد ماسه، سیلت و رس مورد تجزیه قرار گرفت. نتایج بیانگر پیوستگی منفی و معنادار هدایت الکتریکی، ظرفیت تبادل کاتیونی و درصد سیلت و رس با میزان آهک خاک می‌باشد. اسیدیته، میزان آهک و درصد ماسه نیز با شوری خاک ارتباط منفی دارند. لازم به ذکر است بالاترین ضریب همبستگی بین درصد سیلت و رس با درصد ماسه مشاهده گردید. وجود یا عدم وجود رابطه همبستگی بین ویژگی‌های خاک می‌تواند در درک اهمیت هر یک از خصوصیات در بررسی شاخص‌های تکامل خاک‌ها حائز اهمیت باشد.

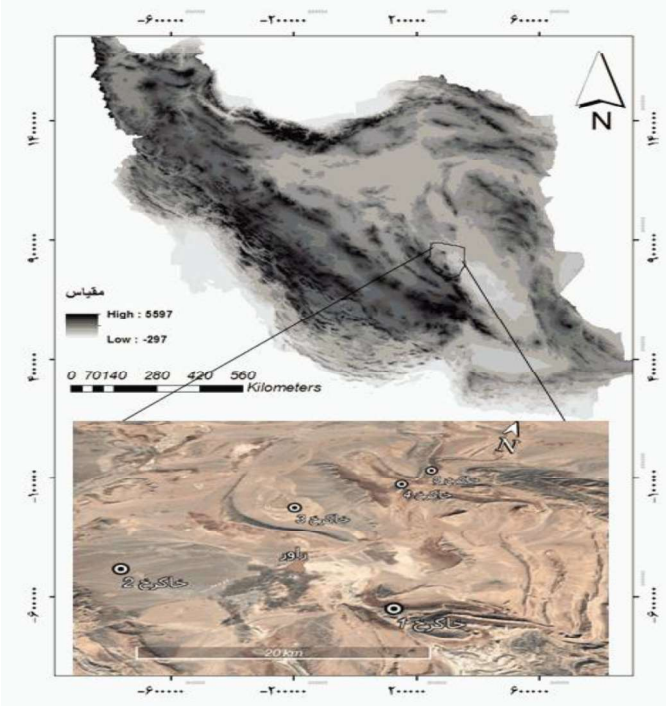
واژگان کلیدی: پیرسون، توزیع نرمال، راور، سطح معناداری

مقدمه

تغییر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی در اعماق مختلف خاکرخ، در اثر توسعه و تکامل خاکرخ با گذشت زمان و فرایندهای مختلف خاکسازی صورت می‌پذیرد. خسروانی و همکاران (۱۳۹۸) در منطقه داراب در امتداد یک ردیف پستی و بلندی، مطالعه‌ای جهت بررسی تغییرات برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی با مقدار شیب انجام دادند. نتایج نشان داد از میان مقادیر سطحی و متوسط وزنی ویژگی‌های مورد مطالعه، تغییرپذیری درصد رس، سیلت، کربنات کلسیم معادل و ظرفیت تبادل کاتیونی از بخش‌های فوقانی به سمت میانی و تحتانی شیب دارای روند افزایشی بود، در حالی که تغییرات درصد کربن آلی یک الگوی نامنظم در ردیف پستی و بلندی داشت (خسروانی و همکاران، ۱۳۹۸). باقری بداغ‌آبادی و همکاران (۱۳۹۸) پژوهشی با هدف بررسی ارتباط همبستگی برخی عناصر سنگین با ویژگی‌های خاک با در نظر گرفتن واحدهای نقشه خاک انجام دادند. نتایج نشان داد تغییرپذیری مکانی ویژگی‌های خاک در مکان‌های مختلف متفاوت و تابعی از موقعیت آنها می‌باشند. به عبارت دیگر وجود و یا عدم وجود یک رابطه در یک موقعیت جغرافیایی همواره نمی‌تواند در سایر نقاط هم صادق باشد. شاکری و همکاران (۱۳۹۹) طی مطالعه‌ای به بررسی همبستگی شکل‌های شیمیایی عناصر کم مصرف روی، مس، آهن و منگنز با خصوصیات فیزیکی و شیمیایی در تعدادی از خاک‌های سطحی و زیرسطحی استان کهگیلویه و بویراحمد پرداختند. نتایج بیانگر تأثیرات محسوس تغییرات عوامل خاکسازی از جمله اقلیم، **بر مقادیر کل عناصر و شکل‌های شیمیایی عناصر غذایی کم‌مصرف، به‌ویژه منگنز و آهن بود.** (Camara et al.(1992 جهت تحلیل تغییرپذیری برخی ویژگی‌های خاک از روش‌های آمار کلاسیک و زمین‌آمار استفاده کردند. نتایج تحلیل زمین‌آماری حاکی از آن بود که برخی ویژگی‌ها دارای ساختار مکانی می‌باشند و برخی خیر (Camara et al, 1992). همبستگی و رگرسیون به درک تاثیرگذاری و ارتباط متغیرها کمک می‌کند. لذا در این تحقیق تلاش شد به تغییرپذیری و اثر متقابل خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاکرخ‌های شمال کرمان، با اعمال هبستگی پیرسون پرداخته شود تا نوع و میزان رابطه کلیه متغیرها بر یکدیگر مشخص گردد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه در مختصات جغرافیایی ۵۶ درجه و ۴۸ دقیقه طول شرقی و ۳۱ درجه و ۱۸ دقیقه عرض شمالی شهرستان راور در شمال غرب استان کرمان قرار گرفته است. تعداد روزهای یخبندان و بارانی در منطقه به‌ترتیب برابر با ۶۶/۷ و ۱۲۹/۶ روز در سال، میزان متوسط، حداقل و حداکثر رطوبت نسبی نیز ۳۹/۶، ۳۲ و ۴۷ درصد می‌باشد. درجه حرارت متوسط منطقه ۱۷، حداقل مطلق ۱۳/۵ تا حداکثر به ۴۴/۴، متوسط حداقل ۸/۵ و متوسط حداکثر ۲۵ درجه سانتی‌گراد به‌صورت روزانه می‌باشد. میانگین بارندگی سالانه این منطقه ۲۸/۲ میلی‌متر است (سازمان جغرافیایی وزارت دفاع و پشتیبانی نیروهای مسلح، ۱۳۸۲). این منطقه دارای رژیم رطوبتی اریدیک و رژیم حرارتی ترمیک می‌باشد (بنایی، ۱۳۷۸). از لحاظ زمین‌شناسی منطقه دارای واحدهای سنگ‌شناسی ماسه سنگ‌های قرمز، شیل‌های گچی و آهکی، رسوبات نمکی و گچی می‌باشد (نقشه زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰). با توجه به بررسی نقشه‌های گوگل ارث و زمین‌شناسی، پنج خاکرخ در منطقه حفر و نمونه‌برداری از افق‌ها انجام گرفت (شکل ۱).



شکل ۲. موقعیت خاکرخ‌های مورد مطالعه

در ابتدا نمونه‌های خاک در هوای آزاد، خشک گردید و پس از کوبیدن، از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شدند. بافت خاک پس از اکسایش مواد آلی، به روش پیپت (Gee and Bauder, 1986) اندازه‌گیری و تعیین گردید. اندازه‌گیری pH خاک در گل اشباع و هدایت الکتریکی در عصاره اشباع انجام شد (Page et al, 1982). تعیین میزان آهک به روش خنثی کردن با اسیدکلریدریک و تیتراسیون اسید اضافی با سود (Page et al, 1982) و گچ به روش استون (Richards, 1954) صورت پذیرفت. ظرفیت تبادل کاتیونی (Summer and Miller, 1996) از روش جانشینی با استفاده از محلول استات سدیم و آمونیوم تعیین گردید. جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها، پس از بررسی نرمالیتی، آنالیز همبستگی پیرسون در نرم افزار SPSS انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج آزمایش‌های فیزیکی و شیمیایی در جدول ۱ نشان داده شده است. کلیه خاکرخ‌ها در راسته اریدی‌سول طبقه‌بندی شدند، اما در سطح گروه بزرگ و زیرگروه تفاوت‌هایی در نام‌گذاری آنها مشاهده شد. رده‌بندی خاکرخ‌های مورد مطالعه بیان‌گر غالبیت افق‌های کلسیک، ژیپسیک، سالیک، آرجیلیک، ناتریک و به میزان کمتر افق کمبیک می‌باشد. اسیدیته خاک‌های مورد مطالعه در محدوده خنثی تا قلیایی ضعیف قرار گرفتند. بافت خاک عموما در کلاس‌های لوم شنی، شن لومی، شنی، لومی، لوم رسی و

رسی می‌باشد. بطور کلی روند افزایشی و کاهشی با الگوی نامنظم در مقادیر آهک و ظرفیت تبادل کاتیونی خاکرخ‌ها با افزایش عمق مشاهده می‌گردد. بیشترین مقادیر شوری و گچ در افق‌های سطحی و میانی خاکرخ‌ها رویت شد و حداقل میزان شوری در خاکرخ‌های ۲ و ۳ مشاهده گردید. میزان ظرفیت تبادل کاتیونی خاک‌ها از ۱/۳ تا ۸/۹ سانتی‌مول بار مثبت بر کیلوگرم رس متغیر می‌باشد.

جدول ۱. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاکرخ‌های مورد مطالعه

شماره	عمق (cm)	افق‌ها	pH	EC (dS/m)	CCE%	گچ%	بافت خاک	CEC ($cmol_{(+)}kg^{-1}$)	Sand%	Silt%	Clay%
۱	۲۵-۰	Ak	۷/۵	۶۸	۲۴/۲	۵/۲	SL	۵/۳	۶۹	۱۷/۴	۱۳/۶
	۵۵-۲۵	Btnkyz	۷/۶	۹۶	۲۹/۵	۹/۵	SCL	۵/۱	۵۳/۸	۲۴/۶	۲۱/۶
	۷۰-۵۵	2Ck	۸/۲	۴۳/۳	۲۹/۷	۸/۷	SL	۴	۶۹/۶	۱۷/۸	۱۲/۶
	۹۰-۷۰	2Btnky	۸	۴۴/۴	۱۳/۷	۸/۲	SCL	۵/۸	۵۵/۶	۲۲/۸	۲۱/۶
	۱۳۵-۹۰	2Btnk	۷/۹	۲۲	۲۵	۴	L	۶/۱	۵۱/۶	۳۱/۸	۱۶/۶
	۱۴۵-۱۳۵	3C	۸/۱	۲/۷	۲۳/۷	۲/۵	SL	۱/۳	۶۵	۲۰/۴	۱۴/۶
	۱۶۵-۱۴۵	3Bk	۷/۶	۶	۳۰	۱/۵	SL	۴/۴	۵۴/۶	۲۸/۸	۱۶/۶
Gypsic Haplosalids											
۲	۱۵-۰	A	۷/۸	۱۱	۴۳/۷	۰	LS	۳/۵	۷۵/۶	۱۰/۸	۱۳/۶
	۴۰-۱۵	Bkn1	۷/۸	۸/۵	۳۷/۵	۰	LS	۷/۱	۷۱/۶	۱۴/۸	۱۳/۶
	۷۰-۴۰	Bkn2	۸/۲	۱۰/۴	۴۲/۷	۰	SL	۵/۳	۹۶/۶	۱۴/۸	۱۵/۶
	۱۲۵-۷۰	Bkn3	۷/۹	۷/۸	۴۳/۹	۰	LS	۲/۳	۷۸	۱۶/۴	۵/۶
	۱۶۵-۱۲۵	Ck	۷/۸	۴/۵	۴۵	۲/۵	LS	۴	۷۵	۱۹/۴	۵/۶
	۲۰۰-۱۶۵	C	۷/۸	۵/۳	۴۵/۲	۱/۷	LS	۳/۵	۷۷	۱۷/۴	۵/۶
Sodic Haplocalcids											
۳	۳۰-۰	A	۷/۹	۳/۷	۴۸/۷	۳/۴	SL	۷/۱	۶۱	۲۴/۶	۱۸/۴
	۶۰-۳۰	Bky1	۷/۸	۷/۱	۴۸/۷	۵	SL	۶/۲	۷۱	۱۹	۱۰
	۱۱۵-۶۰	Bky2	۷/۹	۱۱	۴۸/۵	۵	SL	۷/۶	۷۱	۲۰/۶	۸/۴
	۱۵۰-۱۱۵	C1	۷/۸	۱۵/۴	۴۷/۷	۴/۱	LS	۷/۱	۷۵/۶	۱۸	۶/۴
	۲۰۰-۱۵۰	C2	۸/۲	۴۵	۴۹/۲	۴/۳	SL	۴/۹	۶۳	۲۸/۶	۸/۴
Typic Calcigypsids											
۴	۱۰-۰	A	۶/۸	۸۲/۴	۲۲/۷	۵/۱	SL	۷/۱	۶۹	۲۰/۶	۱۰/۴
	۴۰-۱۰	Bkyzn	۶/۶	۱۳۰	۲۳	۹/۵	SL	۵/۳	۶۴	۲۱/۶	۱۴/۴
	۷۰-۴۰	Btnkyz	۷/۸	۶۸/۷	۴۹	۸/۴	SCL	۲/۶	۵۲/۶	۲۵	۲۲/۴
	۱۰۰-۷۰	Btnkz1	۷/۸	۵۱/۳	۴۶/۷	۴/۱	SL	۲/۲	۶۱	۲۰/۶	۱۸/۴
	۱۵۵-۱۰۰	Btnkz2	۷/۸	۵۷/۶	۴۵/۲	۲/۱	SCL	۳/۱	۵۳	۲۴/۶	۲۲/۴
Gypsic Haplosalids											
۵	۱۰-۰	A	۷/۲	۱۰۹	۰/۵	۳/۸	L	۶/۷	۴۵/۶	۲۸/۸	۲۵/۶
	۴۰-۱۰	Bkzn	۷/۳	۱۱۵	۱۸	۱/۳	SL	۶/۷	۵۷	۲۹/۴	۱۳/۶
	۷۰-۴۰	Btnz1	۷/۲	۶۵	۰/۲	۱/۲	C	۸/۹	۲۵/۶	۳۰/۸	۴۳/۶
	۱۱۵-۷۰	Btnz2	۷/۱	۷۴/۲	۱۰/۵	۰/۸	C	۸/۹	۱۹/۶	۳۸/۴	۴۲
	۱۴۵-۱۱۵	Btnz3	۷/۱	۶۲/۵	۰/۷	۱	CL	۸/۹	۲۵	۳۹/۴	۳۵/۶
	۱۸۰-۱۴۵	Btnz4	۷/۳	۶۶/۳	۹	۰/۷	C	۸/۵	۱۸	۳۶	۴۶
	۲۱۵-۱۸۰	C	۷/۴	۷۲/۵	۰/۷	۱/۱	CL	۸/۹	۲۵/۶	۳۶/۸	۳۷/۶
Calcic Haplosalids											

با توجه به قرار گرفتن چولگی و کشیدگی داده‌ها در محدوده ۲ تا ۲-، متغیرها دارای توزیع نرمال می‌باشند (جدول ۲). به همین منظور برای تعیین همبستگی بین متغیرها می‌توان از آزمون‌های پارامتریک استفاده کرد، بنابراین آزمون همبستگی پیرسون انتخاب گردید، که نتایج آن در جدول ۳ ارائه می‌شود.

جدول ۲. آزمون کشیدگی-چولگی برای بررسی نرمال بودن متغیرها

متغیر	میانگین	انحراف استاندارد	کشیدگی	چولگی
CCE	۳۰/۰۹	۱۷/۱	-۱/۱	-۰/۴
pH	۷/۶	۰/۴	۰/۱	-۰/۸
EC	۴۵/۵	۳۷/۸	-۰/۷	۰/۵
Gypsum	۳/۴	۲/۹	-۰/۴	۰/۷
CEC	۵/۶	۲/۲	-۰/۸	-۰/۱
Sand	۵۸/۳	۱۹/۲	۰/۱	-۰/۷
Silt	۲۴	۷/۴	-۰/۴	۰/۵
Clay	۱۸/۶	۱۱/۵	۰/۴	۱/۱

نتایج همبستگی پیرسون در خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاکرخ‌های مورد مطالعه بیانگر همبستگی معنادار در سطح ۹۹ درصد کلیه متغیرها به جز گچ، با مقدار آهک می‌باشد. به‌طوری‌که همبستگی مقدار آهک با متغیرهای pH، میزان گچ و درصد شن مثبت و برای متغیرهای هدایت الکتریکی، ظرفیت تبادل کاتیونی و درصد سیلت و رس منفی می‌باشد. به عبارتی با افزایش هدایت الکتریکی، ظرفیت تبادل کاتیونی و درصد سیلت و رس، میزان آهک کاهش می‌یابد. در خاک‌های با تکامل بالاتر، بافت ریزتر و درصد کربنات کلسیم، به‌دلیل شستشوی بیشتر کاهش می‌یابد. به‌طور کلی با تغییر رژیم رطوبتی خاک از مرطوب به سمت رژیم‌های رطوبتی خشک‌تر، pH و مقدار کربنات کلسیم زیاد می‌شود، در حالی‌که مقدار رس کاهش می‌یابد. ضریب همبستگی محاسبه شده برای مقدار گچ، فقط با متغیر هدایت الکتریکی در سطح ۹۵ درصد معنادار و مثبت گزارش شد، علاوه بر این، برای درصد آهک و درصد شن همبستگی مثبت و برای سایر متغیرها منفی مشاهده گردید. هدایت الکتریکی با مقدار آهک، pH و درصد شن همبستگی منفی و معنادار در سطح ۹۹ درصد دارد. همبستگی درصد رس و pH با کلیه فاکتورها به غیر از میزان گچ، معنادار گزارش شد. ظرفیت تبادل کاتیونی با گچ و هدایت الکتریکی همبستگی ندارد، در حالی که برای سایر متغیرها در سطح ۹۹ درصد این همبستگی مشاهده شد. هر چه میزان رس بیشتر باشد، ظرفیت تبادل کاتیونی به دلیل افزایش مکان‌های تبادلی روی کلوئیدهای خاک، افزایش می‌یابد. هو و همکاران (۲۰۱۴) گزارش نمودند که هدایت الکتریکی همبستگی مثبت معنی‌داری با درصد رس (<۰/۰۰۱) نشان داد (Hu et al, 2014). همبستگی pH با کلیه متغیرها، به جز گچ که قبلا نیز به آن اشاره شد، در سطح ۹۹ درصد و برای درصد سیلت و رس در سطح ۹۵ درصد معنادار می‌باشد. لازم به ذکر است بیشترین میزان همبستگی بین درصد شن با درصد سیلت و رس بصورت منفی و معنادار در سطح ۹۹ درصد گزارش شد، حداقل ضریب نیز در همبستگی میزان گچ با سایر متغیرها مشاهده گردید (جدول ۳). به‌طور کلی توزیع فراوانی ویژگی‌های خاک به محیط رسوب‌گذاری، شکل اراضی و مراحل خاک‌سازی وابسته است (Momtaz et al, 2009).

جدول ۳. نتایج ضرایب همبستگی پیرسون در خصوصیات فیزیکی و شیمیایی

	CCE	pH	EC	Gypsum	CEC	Sand	Silt	Clay
CCE	۱	۰/۶**	-۰/۵**	۰/۱	-۰/۵**	۰/۷**	-۰/۶**	-۰/۷**
pH	۰/۶**	۱	-۰/۷**	-۰/۰۱	-۰/۵**	۰/۵**	-۰/۴*	-۰/۴*
EC	-۰/۵**	-۰/۷**	۱	۰/۳*	۰/۲	-۰/۴**	۰/۴*	۰/۴*
Gypsum	۰/۱	-۰/۰۱	۰/۳*	۱	-۰/۱	۰/۱	-۰/۱	-۰/۲
CEC	-۰/۵**	-۰/۵**	۰/۲	-۰/۱	۱	-۰/۵**	۰/۵**	۰/۵**
Sand	۰/۷**	۰/۵**	-۰/۴**	۰/۱	-۰/۵**	۱	-۰/۹**	-۰/۹**
Silt	-۰/۶**	-۰/۴*	۰/۴*	-۰/۱	۰/۵**	-۰/۹**	۱	۰/۷**
Clay	-۰/۷**	-۰/۴*	۰/۴*	-۰/۲	۰/۵**	-۰/۹**	۰/۷**	۱

**.همبستگی معنادار در سطح ۹۹ درصد

*.همبستگی معنادار در سطح ۹۵ درصد

نتیجه‌گیری

وجود یا عدم وجود رابطه همبستگی بین ویژگی‌های خاک می‌تواند به درک اهمیت هر یک از خصوصیات در بررسی شاخص‌های تکامل خاک‌ها حائز اهمیت باشد. به همین منظور مطالعه حاضر با هدف بررسی همبستگی متغیرهای فیزیکی و شیمیایی خاک انجام گرفت. وجود همبستگی و تغییرپذیری در خاک‌ها به درک پیش بینی رفتارهای فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها کمک می‌کند. بنابراین می‌تواند برای انجام مطالعات آینده و امور مدیریتی مفید باشد. وابستگی مکانی قوی ممکن است به‌وسیله تغییرات ذاتی خاک و وابستگی مکانی ضعیف‌تر به‌وسیله تغییرات غیرذاتی خاک کنترل شود. بنابراین می‌توان گفت تفاوت در تغییرپذیری ویژگی‌های خاک و محصول گیاه به تأثیر فرایندهای خاکسازی و مدیریت اراضی در هر منطقه برمی‌گردد.

فهرست منابع

خسروانی، پ، باقرنژاد، م، ابطحی، ع، قاسمی، ر. (۱۳۹۸). بررسی تغییرات برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها در امتداد یک ردیف پستی و بلندی (مطالعه موردی فسارود: داراب). شانزدهمین کنگره علوم خاک ایران، دانشگاه زنجان، زنجان.

باقری بداغ‌آبادی، م، مهاجر، ر، عباسپور، م. (۱۳۹۸). ارتباط همبستگی برخی عناصر سنگین با ویژگی‌های خاک و تغییرپذیری آنها در واحدهای نقشه خاک. شانزدهمین کنگره علوم خاک ایران، دانشگاه زنجان، زنجان.

بنائی، ح، م. (۱۳۷۸). نقشه‌ی رژیم‌های حرارتی و رطوبتی خاک‌های ایران موسسه تحقیقات آب و خاک وزارت کشاورزی.

سازمان جغرافیایی وزارت دفاع و پشتیبانی نیرو های مسلح. (۱۳۸۲). فرهنگ جغرافیای آبادی‌های استان کرمان. جلد اول. صفحات ۷ – ۸

شاکری، س، آزادی، ا، صفاری، م. (۱۳۹۹). تأثیر اقلیم و تکامل خاک بر مقدار و توزیع شکل‌های شیمیایی عناصر غذایی کم‌مصرف آهن، مس، روی و منگنز در سری‌های غالب خاک‌های استان کهگیلویه و بویراحمد. نشریه علوم آب و خاک، سال ۲۴، شماره ۴.

Camara, D, O, A., Cluis, D. (1992). Spatial Variability of physiochemical properties of field affected by salinity in north-west Mexico. *Pedologie*, 42,183-203.

Gee G.W. Bauder J.W. (1986). Particle size analysis. In: Klute, A. (Ed.), Methods of Soil Analysis. Agron. Monger. vol. 9. ASA and SSSA, Madison, WI, pp. 388-409.

Hu, W., Shao, M, A., Wan, L., Cheng, Si, B. (2014). Spatial variability of soil electrical conductivity in a small watershed on the Loess Plateau of China. *Geoderma*. 230-231: 212-220.

Momtaz, H, R., Jafarzadah, A, A., Torabi, H., Oustan, Sh., Samadi, A., Davatgar, N., Gilkes, R, J. (2009). An assessment of the variation in soil properties within and between landforms in Amol region, Iran. *Geoderma*. 149:10-18.

Page A.L. Miller R.H. and Keeney D.R. (1982). Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties, the Second edition. Agronomy Monographs, 9. ASA-SSA, Madison. Parton, WI, 184p.

Page A.L. Miller R.H. andKeeney D.R. (1982). Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties, the Second edition. Agronomy Monographs, 9. ASA-SSA, Madison. Parton, WI, 184p.

Richards L.A. (1954). Diagnosis and Improvement of Saline and Alkaline Soils. United States Department of Agriculture Handbook No. 60. United States Government Printing Office, Washington DC.

Sumner M.E. and Miller W.P. (1996). Cation exchange capacity and exchange coefficients. PP. 1201- 1229, Methods of Soil Analysis Part 3—Chemical Methods.

Variability and Correlation among Selected Chemical and Physical Properties of Soils, Northern Kerman

Elham Soleimani Sardoo[*1], Mohammad Hady Farpoor[2], Majid Mahmoodabadi[2], Azam Jafari[3]
1. Ph.D. Student, Department of soil Science, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran.
2. Professor, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran.
3. Asist. Prof, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, ShahidBahonar University of Kerman, Kerman, Iran.
(*- Corresponding Author Email: Elhamsoleimani@agr.uk.ac.ir)

Abstract
Soils have spatial variability. The existence or absence of correlation among soil properties can greatly help understanding importance of soil properties related to development indices. The present study was conducted to determine the correlation among selected soil chemical and physical properties. Five pedons were selected in north of Kerman. Soil characteristics including gypsum, pH, electrical conductivity, cation exchange capacity, equivalent calcium carbonate content, sand, silt, and clay percentages were investigated. Results of the study showed a negative significant correlation among electrical conductivity, cation exchange capacity and silt and clay percentages and soil equivalent calcium carbonate. Acidity, equivalent calcium carbonate and sand percentage also showed a negative relation with soil salinity. The highest correlation between silt and clay percentages and sand content was also found. Presence or absence of correlation among soil characteristcs could be useful to understand the importance of each soil properties in soil development index studies.

Keywords : Pearson, Normal Distribution, Ravar, Significant Level

پیش‌بینی میزان گچ با استفاده از معادلات ساختاری و مدلسازی شبکه عصبی مصنوعی

بهزاد سبحانی[1]، علی عباسپور[2]، صمد امامقلی زاده[2]، پدیده جوادی[3]

۱- فارغ التحصیل کارشناسی ارشد رشته مهندسی علوم خاک دانشگاه صنعتی شاهرود behzadsobhani1368@gmail.com

۲-استادیار گروه مهندسی آب و خاک دانشگاه صنعتی شاهرود

۳-دانشجوی دکتری دانشگاه تهران

چکیده

مقاله حاضر با هدف، برآوردمیزان گچ با مولفه های شن، رس، سیلت، pH و EC و دستیابی به مدل مناسب است که مباحث و نرم افزارهایی که به منظور مدل‌سازی در این تحقیق استفاده گردید، معادلات ساختاری در نرم افزار Amos که مدل های پیشنهادی با با معیار های Chi-squar، P value ، RMSEA[1]،NFI[2]، GFI[3]، CFI[4] وAGFI[5] بررسی می شود و سیستم شبکه عصبی در نرم افزار Qnet 2000 می‌باشد که دارای چهار تابع انتقال سیگموئید[6]، گوسین[7]، تانژانت هایپربولیک[8] و سکانت هایپربولیک[9]هست. که از دو تابع انتقال سیگموئید، گوسین، استفاده گردید و برای دو تابع سیگموئید و گوسین، ضریب تبیین، مجذور میانگین مربعات خطا، انحراف معیار و صحت‌یابی اندازه گیری شد. به منظور مدل‌سازی در این تحقیق استفاده گردید ریشه میانگین مربعات خطای برآورد، دربهترین مدل در مقایسه باسایر مدل های موجود حاصل از معادلات ساختاری که مقدارقابل قبولی را دارا نبود در نهایت تابع محرک گاوسین با داشتن ضریب تبیین (۰/۷۶، ۰/۷۴) به ترتیب برای مراحل آموزش و صحت یابی دارای نتایج بهتری نسبت به سایر توابع می‌باشد .

کلمات کلیدی: خاکهای گچی، شبکه عصبی مصنوعی (ANN)Qnet 2000 ، مدلسازی ، معادلات ساختاری Amos

مقدمه

وجود نقشه‌های خاک با دقت بالا برای طرح‌های کشاورزی، منابع طبیعی و محیط زیست ضروری هستند. آنالیزهای آماری نشان داده که همبستگی معنی داری بین بافت خاک و مقدار نمک و رطوبت خاک در عمق ۲۰-۰ سانتیمتری خاک وجود داشته است(Zho et al., 2010). شبکه‌های عصبی مصنوعی(ANNs) در علوم خاک در زمینه‌های گوناگون مانند شیمی خاک، فیزیک خاک و... مورد استفاده قرار گرفته است. شبکه عصبی مصنوعی یکی از روشهای محاسباتی است که به کمک فرآیند یادگیری و با استفاده از پردازشگرهایی بنام نرون تلاش می‌کند با شناخت روابط ذاتی بین داده‌ها، نگاشتی میان فضای ورودی(لایه ورودی) و فضای مطلوب (لایه خروجی) ارائه دهد(Khana,1989). مدلسازی روابط ساختاری یک راهکارتحلیل چندمتغیره از خانواده رگرسیون است که به پژوهشگر امکان میدهد مجموعه ای از روابط رگرسیونی را به صورت همزمان مورد آزمون قرار دهدو به بررسی همزمان روابط بین متغیرهای مختلف بپردازد.(Hoyle, 2012) اهمیت این راه کارهادر پژوهشهای گوناگون،آن است که پژوهشگران قادر خواهند بود به بررسی روابط بین متغیرهای مختلف در قالب مدل یا شبکه ای ازروابط بپردازند

مواد و روش‌ها

دشت ارایض شوش به وسعت ۵۱۷۲,۵۱ هکتار بین عرض جغرافیایی ´۰۱-۳۲o تا ´۰۳-۳۲o شمالی و طول جغرافیایی ´۰۶-

1 Root Mean Square Error of Approximation (RMSEA)
2 Normed Fit Index (NFI)
3 Goodness-of-Fit-Index (GFI)
4 Comparative Fit Index
5 Adjusted Goodness-of-Fit-Index (AGFI)
6 Sigmoid
7Gaussian
8Hyperbolic Tangent
9 Hyperbolic Secant

۴۸o تا ۲۶´-۴۸o شرقی قرار دارد. دشت ارایض در جنوب غربی ایران واقع در دشت خوزستان می‌باشد. این دشت از شمال به دشت دوسالق، از طرف جنوب به دشت باغه، از طرف شرق به رودخانه کرخه، از طرف غرب به کانال اصلی دشت‌های پای‌پل محدود می‌باشد. این دشت در غرب رودخانه کرخه و در جلگه وسیع خوزستان واقع شده است.

در این مطالعه تعداد ۱۸۱ پروفیل و ۱۸۱ مته حفاری، تشریح و نمونه‌برداری شده است نمونه خاک پس از انتقال به آزمایشگاه و هواخشک شدن از الک ۲میلیمتری عبور داده شد، بافت خاک به روش هیدرومتری، کلسیم و منیزیم با روش کمپلکسومتری با قابلیت هدایت الکتریکی با استفاده از دستگاه الکتروکنداکتومتر بر روی عصاره گل اشباع، کربن آلی به روش والکی بلاک به روش تیتراسیون آنالیز شد. داده‌های مورداستفاده برآورد میزان گچ در روش معادلات ساختاری به علت نرمال نبودن از روش آزاد توزیع [1]در نرم افزارAmos استفاده میکنیم . چند مدل برای براورد گچ ارائه شد و مدل ها درنهایت با معیار های Chi-square,P value ,CFI ,RMSEA,NFI ,GFI و AGFI با یکدیگر مقایسه شدند وبهترین مدل بیشنهادی (به نسبت دیگر مدل های موجود و ممکن) جهت بررسی صلاحیت مدل در مقاله قرار گرفت. نرم افزار دیگری که به منظور مدل‌سازی در این تحقیق استفاده گردید Qnet2000 می‌باشد و دارای چهار تابع انتقال سیگموئید، گوسین، تانژانت هایپربولیک و سکانت هایپربولیک می‌باشد.که از دوتابع سیگموئید و کوسین استفاده شده است

نتایج و بحث

ارزیابی مدل در روش معادلات ساختاری

از آنجا که هیچ آزمون معناداری آماری منفردی وجود ندارد که با توجه به داده های نمونه ، مدلی صحیح را شناسایی کند ، لازم است چندین معیار را در نظر گرفته و برازش مدل را بر اساس معیارهای مختلف همزمان ارزیابی کنیم. برای هر روش تخمین ، تعداد زیادی از شاخص های خوب بودن مناسب برای قضاوت در مورد انطباق مدل با داده های تجربی ارائه شده است.

جدول۱-خلاصه آماری متغیرها

		clay	gypsic	ph	ec	silt	sand
N	valid	۷۳	۷۳	۷۳	۷۳	۷۳	۷۳
	Missing	۰	۰	۰	۰	۰	۰
Mean		۴۹/۲۵	۱۰/۹۴	۷/۸	۱۰/۶	۱۸/۱۲	۳۲/۰۱
Std. Deviation		۲۳/۳۵	۱۶/۹۲	۰/۲۲	۱۴/۰۲	۱۱/۰۵	۱۵/۸۵
Minimum		۶	۰/۶۲	۷/۱	۰	۱	۱
Maximum		۹۵/۴	۹۴/۹۴	۸/۲۲	۵۴	۴۶	۶۴

مجذور کای χ^2

نخست شاخص کای دو برای آزمون این فرضیه صفر که مدل مورد نظر در جامعه موجه است، محاسبه میشود .کای دو معنی دار دلالت بر رد فرضیه صفر دارد که بیان میکند آن مدل در جامعه موجود نیست. وقتی حجم گروه نمونه برابر با ۷۰ تا ۲۰۰ باشد، مقدار مجذور کای یک اندازه معقول برای برازندگی است. اما برای مدلهای با nبزرگتر، مجذور کای (همانند همه آزمونهای معنادار بودن) تقریبا همیشه از لحاظ آماری معنادار است. این مساله، با توجه به این مطلب که برای روش مدلیابی معادلات ساختاری گروههای نمونه با حجم زیاد توصیه میشود، تناقض دارد. علاوه بر این، مجذور کای تحت تاثیر مقدار همبستگیهای موجود در مدل نیز هست، هر چه این همبستگیها زیادتر باشد، برازش ضعیفتر است. به همین دلیل برای برازش مدلها، اندازههای دیگری توسعه یافته است

[1] asymptotically distribution-free

نسبت $\frac{\chi^2}{df}$

یکی از شاخصهای عمومی برای به حساب آوردن پارامترهای آزاد در محاسبه شاخص برازش، کای اسکوئر بهنجار یا نسبی است که از تقسیم ساده مقدار کای اسکوئر بر درجه آزادی مدل محاسبه میشود. اغلب مقادیر بین ۲ تا ۳ را برای این شاخص قابل قبول میدانند

شاخص برازندگی تطبیقی[1] (CFI)

این شاخص، به واقع برازندگی مدل موجود را با صفرکه در آن فرض می شود متغیرهای مکنون موجود در مدل ناهمبسته اند(یعنی مدل استقلال)مورد مقایسه قرار می دهد. بدین معنا که ماتریس کوواریانس پیش بینی شده به وسیله مدل و نیز مدل صفر (ماتریس کوواریانس های صفر) را با ماتریس کوواریانس مشاهده شده مقایسه می کند .مقدار آن، بر پایه قرارداد، باید دست کم ۰,۹ باشد، تا مدل مورد نظر پذیرفته شود

ریشه دوم میانگین مربعات باقیمانده[2] (RMR)

ماتریس باقیمانده یکی از ماتریس های مهمی است که هم می تواند برای ارزیابی برازش کلی (مدل تدوین شده) و هم برازش جزئی (پارامتر تعریف شده بین دو متغیر) مورد استفاده قرار گیرد. این شاخص یکی از شاخصهای برازش است که از آن برای مقایسه دو مدل متفاوت با داده های یکسان استفاده می شود. حداقل مقدار این شاخص صفر است یعنی حالتی که برازش کامل و ماتریس باقیمانده یک صفر است. اما حداکثر آن با توجه به مقادیر کووارایانسها در ماتریس باقیمانده می یتواند عددی کوچک یا بزرگ باشد در هر حال کوچکتر بودن مقدار RMR برای یک مدل در مقایسه با مدل دیگر می تواند به عنوان یکی از معیارهای بهتر بودن آن مدل تلقی شود

جذر برآورد واریانس خطای تقریب[3](RMSEA)

همچونRMR این شاخص نیز بر مبنای تحلیل ماتریس باقیمانده قرار دارد با این حال خصایص مهمتری در مقایسه با آن نیز داراست .بر خلاف بسیاری از شاخص های برازش دیگر در مدل سازی که تنها دارای برآورد نقطه ای هستند این شاخص برای فواصل اطمینان مختلف نیز قابل محاسبه است این شاخص برای مدل های خوب برابر با ۰,۰۵ یا کمتر است. مدل هایی که RMSEA آن ها ۰. ۱ یا بیشتر باشد، برازش ضعیفی دارند.

شاخص بنتلر – بونت یا شاخص نرمال شده برازندگی [4](NFI)

شاخص نرم شده برازندگی مدل صفر را به عنوان مدلی که در آن همه همبستگیها صفر است تعریف میکند، چنان چه مقدار آن بین ۰,۹ تا ۰,۹۵ باشد قابل قبول و مقادیر بالا تر از ۰,۹۵ عالی است .

شاخص نیکویی برازش GFI[5]

بستگی به حجم نمونه دارد و نشان میدهد که مدل تا چه حد نسبت به عدم وجود آن برآزندگی بهتری دارد، چون GFI نسبت به سایر مشخصه های برآزندگی اغلب مقدار بزرگتری دارد، برخی پژوهشگران نقطه برش۰,۹۵ را برای آن پیشنهاد کردهاند.

شاخص اصلاح شده نیکویی برازش [6](AGFI)

شاخص های برازندگی به گونه کلی در دامنه بین صفر و یک قرار میگیرند .ضرایبی که بالاتر از ۹۰٪ باشد قابل قبول در نظر گرفته می شوند، است. به طور کلی مقادیر شاخص های AGFI, GFI با نزدیکتر شدن به عدد 1 برازندگی خوب مدل را نشان می دهد .

[1] Comparative Fit Index
[2] Root Mean Square Residual (RMR)
3 Root Mean Square Error of Approximation (RMSEA)
[4] Normed Fit Index (NFI)
[5] Goodness-of-Fit-Index (GFI)
[6] Adjusted Goodness-of-Fit-Index (AGFI)

جدول۲- شاخصهای برازندگی مدل اصلاح شده تحلیل مسیر پیشبینی گچ بر اساس متغیرهای مورد مطالعه

شاخص برازش	MACRO	Good fit	Acceptable Fit	مقادیر براورد شده
کای اسکوئر	Chi-square	$0 \le \chi^2 \le 2df$	$2df \le \chi^2 \le 3df$	۱۴/۴۳۵
درجه آزادی	df	-	-	۹
معناداری	P value	$0.05 \le p \le 1$	$0.01 \le p \le 0.05$	۰/۱۰۸
نسبت کای دو به درجه آزادی	$\frac{\chi^2}{df}$	$0 \le \chi^2/df \le 2$	$2 \le \chi^2/df \le 3$	۱/۶۰۴
ریشه میانگین مربعات خطای برآورد	RMSEA	$0 \le RMSEA \le 0.05$	$0.05 \le RMSEA \le 0.08$	۰/۰۹۲
شاخص برازش نرمال شده	NFI	$0.95 \le NFI \le 1$	$0.90 \le NFI \le 0.95$	۰/۹۱۹
شاخص برازش مقایسه ای	CFI	$0.97 \le CFI \le 1$	$0.95 \le CFI \le 0.97$	۰/۹۶۷
نیکویی برازش	GFI	$0.95 \le GFI \le 1$	$0.90 \le GFI \le 0.95$	۰/۹۶۹
نیکویی برازش اصلاح شده	AGFI	$0.90 \le AGFI \le 1$ نزدیک به GFI	$0.85 \le AGFI \le 0.90$ نزدیک به GFI	۰/۹۲۸

معیارهای Chi-squareوP value و NFIو CFI وGFI وAGFI داری مقادیر مناسب و قابل قبول هستند ولی مقدار RMSEA که معیار بسیار مهمی نیز میباشد از حدود قابل قبول ۰,۰۱ بیشتر می باشد و این مناسب بودن مدل را تحت تاثیر قرار می دهد و کاهش میدهد . در ادامه به مدلسازی و مقایسه برآورد میزان گچ در دو تابع سیگموئید، گوسین می پردازیم و بهترین مدل را انتخاب می کنیم . در این مرحله برای اجرای مدل از یک ساختار یا چهارچوب که دارای یک‌لایه ورودی به تعداد مشخص پارامتر ورودی یک‌لایه خروجی و تعداد متفاوت از لایه میانی یا لایه پنهان (از ۱ الی ۱۰) و از توابع انتقال سیگموئید، گاوسین استفاده گردید. برای اجرای مدل داده‌ها به‌صورت تصادفی به ۲ دسته ۷۵٪ و ۲۵٪ به ترتیب برای داده‌های مرحله‌ی آموزش و صحت سنجی تفکیک شدند. همچنین به‌منظور محاسبه‌ی ضریب تبیین (R^2) (رابطه ۱) ، مجذور میانگین مربعات خطا (RMSE) (رابطه۲) و انحراف معیار (Standard deviation)(رابطه ۳) که از روابط زیر قابل‌محاسبه می‌باشند، استفاده گردید.

$$R^2 = \frac{\left[\sum_{i=1}^{n}(\hat{y}_i - \hat{y})(y_i - \bar{y})\right]^2}{\sum_{i=1}^{n}(\hat{y}_i - \hat{y})^2 \sum_{i=1}^{n}(y_i - \bar{y})^2} \quad (1)$$

$$RMSE = \left[\frac{\sum_{i=1}^{n}(\hat{y}_j - y_j)^2}{n}\right]^{\frac{1}{2}} \quad (2)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}(x_i - \mu)^2} \quad (3)$$

کـه در آن‌ها: y_i و $\hat{y}_i$ مقـادیر پیش‌بینی‌شده و y_i و $\hat{y}_i$ مقادیر مشاهداتی، $\bar{y}$ متوسط مقادیر مشـاهداتی و n تعـداد داده‌ها μ میانگین است. نتایج نشان می‌دهد که تابع محرک گاوسین با داشتن ضریب همبستگی (۰/۷۶، ۰/۷۴) به ترتیب برای مراحل آموزش و صحت یابی دارای نتایج بهتری نسبت به سایر توابع می‌باشد. جدول ۲ نتایج حاصل از اجرای مدل MLP و توابع سیگموئید و گاوسین را برای تخمین میزان گچ خاک را نشان می‌دهد. نتایج در اکثر موارد بیشترین میزان دقت و کمترین میزان خطا را در توابعی با تعداد ۳ لایه‌ی پنهان نشان می‌دهد. علاوه بر پارامتر ضریب تبیین (R^2) که بیشترین مقدار را دارد، پارامتر RMSE و نیز مقادیر کمتری را در تابع گوسین نشان می‌دهند که نشان از کارایی بالای این تابع دارد؛ زیرا اتکا به پارامتر ضریب تبیین برای بررسی قابلیت‌های مختلف هر شبکه و تابع کافی نبوده و نیاز به مطالعات گسترده‌تر آماری وجود دارد.

جدول ۳ نتایج حاصل از اجرای بهترین تابع شبکه MLP برای تخمین میزان گچ خاک

تابع عضویت	R^2 آموزش	RMSE	R^2صحت سنجی	Std.D
سیگموئید	۰/۳۴	۱۲/۰۱	۰/۰۷	۶/۱۲
گوسین	۰/۷۶	۵/۱۹	۰/۷۴	۱۲/۳۹

نتیجه‌گیری

با داده های موجود از دشت اراضی شوش و ازمیان مدل های پیشنهادی در معادلات ساختاری مدلی که شاخص های بهتری نسبت به دیگر مدل ها داشت انتخاب گردید و با توابع موجود در سیستم شبکه عصبی(سیگموئیدو گوسین) مورد مقایسه قرارگرفت.

مدل پیشنهادی معادلات ساختاری در تمامی شاخص ها مورد پذیرش قرار گرفت بجز شاخص RMSEA که مقادیر قابل قبول را در بر نگرفت و مناسبت مدل تحت تاثیر قرار گرفت از میان دو تابع سیگموئید، گوسین در سیستم شبکه عصبی برای براورد بهترین مدل براورد گچ موجود در خاک نهایتا تابع محرک گاوسین با داشتن ضریب R^2 (۰/۷۶، ۰/۷۴) به ترتیب برای مراحل آموزش و صحت یابی دارای نتایج بهتری نسبت به سیگموئید می‌باشد . و به عنوان مدل نهایی برآورد میزان گچ موجود در خاک انتخاب گردید .

فهرست منابع

کاشی ح، قربانی ه.، امامقلی زاده ص.، هاشمی ع.ا.۱۳۹۲. تخمین ظرفیت تبادل کاتیونی در دو خاک بکر و کشاورزی توسط شبکه عصبی مصنوعی و رگرسیون خطی . نشریه آب‌وخاک(علوم و صنایع کشاورزی). ۲۷-۴۸۴-۴۷۲

Khanna, T. ۱۹۸۹. Foundation of neural networks. Addison-Wesley Publishing Company, U.S.

Sarmadian, F., Taghizadeh Mehrjardi, R, (2008). Modeling of some soil properties using artificial neural network and multivariate regression in Gorgan Province, North of Iran. Global Journal of Environmental Research, 2 (1): 30–35.

Tiktak, A., Alkemade, J.R.M., Van Grinsven, J.J.M., Makaske, G.B, (1998). Modeling cadmium accumulation at a regional scale in the Netherlands. Nutrient Cycling in Agro ecosystems, 50: 209–222.

Abdelgavad G.M., 1992. Gypsiferous soil properties and management. The Arab center for the studies of arid zones and dry lands. Damascus, Syrian Arab Republic, 68p.

Predicting the amount of gypsum using structural equations and artificial neural network modeling

Behzad sobhani, Ali Abbaspour, Samad Emamfholizadeh, Padideh Javadi

Abstract

This article aims to, Estimating the amount of gypsum with sand, clay, silt, pH and EC components and achieving a suitable model, The topics and software used for modeling in this study, Structural equations in Amos software that the proposed models are tested with P value, Chi-squar, RMSEA, NFI, GFI, CFI and AGFI criteria And the neural network system in Qnet 2000 software, which has four functions: sigmoid transmission, Gaussian, hyperbolic tangent, and hyperbolic sequence. Which used two sigmoid transfer functions, Gaussian And for Sigmoid and Gaussian functions, coefficient of determination, mean squared error squares, standard deviation and correction were measured. It was used for modeling in this study, The root mean square of the estimation error, in the best model compared to other existing models of structural equations that did not have an acceptable value, Finally, Gaussian stimulus function with explanation coefficient (0.76, 0.74) for training and validation steps, respectively, has better results than other functions

Keywords: Gypsum soils, Artificial Neural Network (ANN) Qnet 2000, modeling, Structural equations Amos

مدل‌سازی مکانی قابلیت هدایت الکتریکی و واکنش خاک با استفاده از مدل جنگل تصادفی

پگاه خسروانی[1]، سید علی اکبر موسوی[2]، مجید باقرنژاد[3]

۱- دانشجوی دکتری بخش علوم و مهندسی خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز (P.khosravani@shirazu.ac.ir)

۲- دانشیار بخش علوم و مهندسی خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز (aamousavi@gmail.com)

۳-استاد بخش علوم و مهندسی خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز (majidbaghernejad@yahoo.co.uk)

چکیده

بررسی تغییرپذیری مکانی ویژگی‌های خاک از جمله قابلیت هدایت الکتریکی و واکنش خاک در خاک‌های کشاورزی از اهمیت ویژه‌ای برای مدیریت و بهبود حاصلخیزی خاک‌ها در راستای تولید پایدار محصولات برخوردار می‌باشد. بنابراین تحقیق حاضر با هدف مدلسازی و پیش‌بینی مکانی دو ویژگی مهم مدیریتی خاک شامل واکنش خاک و قابلیت هدایت الکتریکی (معرف وضعیت شوری خاک) در بخشی از اراضی دشت لپویی در استان فارس با استفاده از مدل جنگل تصادفی (RF) انجام شد. متغیرهای محیطی منتخب بر اساس روش آماری تورم واریانس با مقادیر کمتر از ۱۰ انجام شد. نتایج کارائی مدل RF برای دو ویژگی قابلیت هدایت الکتریکی و واکنش خاک به‌ترتیب بر مبنای دو آماره ضریب تعیین (R^2) با مقادیر ۰/۴۲ و ۰/۵ و ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE) به ترتیب با مقادیر ۰/۳۸ و ۰/۲۹ نشان دهنده صحت بیشتر و خطای کمتر این روش برای پیش‌بینی مکانی واکنش خاک بود. همچنین سه ویژگی توپوگرافی ارتفاعات نرمال شده، موقعیت نسبی شیب و ارتفاعات شیبدار بیشترین اهمیت نسبی را در مقایسه با سایر متغیرهای محیطی (حوضه‌ی آبخیز اصلاح شده، ارتفاع استاندارد شده، مدل رقومی ارتفاع، شاخص بافت سطحی) در پیش‌بینی دو متغیر مورد بررسی داشتند.

واژگان کلیدی: توپوگرافی، جنگل تصادفی، مدل‌سازی مکانی، یادگیری ماشین

مقدمه

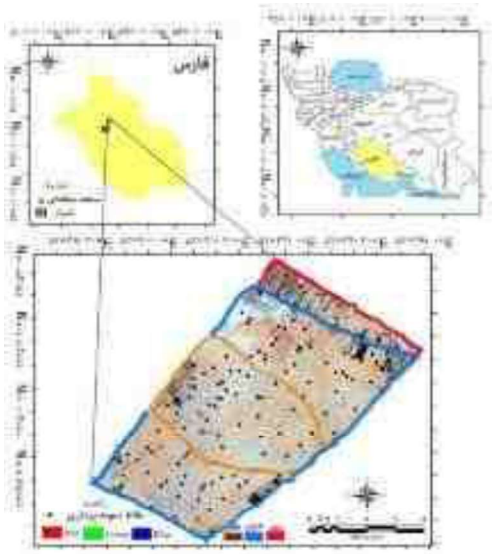
کاربری اراضی از مهمترین روش‌های دخالت انسان در فرآیندهای طبیعی است که از طریق آن سبب افزایش یا کاهش تخریب خاک می‌شود (Abdollahi, 2013). مدیریت خاک نیز نقش مهمی در کشاورزی پایدار و محیط زیست ایفا می‌کند. اعمال مدیریت زراعی شامل مدیریت خاک‌ورزی، کوددهی و روش‌های آبیاری اثرات متعددی بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک می‌گذارند (Mozafari *et al.*, 2019). در سطح جهانی شوری خاک تقریبا بر روی ۸۳۱ میلیون هکتار زمین تاثیر گذاشته است. ۲۳/۳۲ درصد از این مقدار در آسیا رخ داده است (FAO, 2015). همچنین پیش‌بینی می‌شود تا سال ۲۰۵۰ شوری خاک ۵۰ درصد اراضی قابل کشت را تحت تاثیر قرار دهد (Machado and Serralheiro, 2017).

گونه‌بندی و فراهمی عناصر در خاک به ویژگی‌های خاک، از جمله pH خاک بستگی دارد، بنابراین واکنش خاک بر روی غالبیت کانی‌های خاک و شرایط فیزیکی و شیمیایی ایجاد شده در خاک اثر قابل توجهی دارد (Tziachris *et al*.. 2020). با توجه به جایگاه خاک در طبیعت، آگاهی از پراکنش مکانی و مدیریت درست خاک‌ها برای پایداری تولید محصولات ضروری است. در این راستا، دسترسی به نقشه‌هایی با قدرت تفکیک مکانی بالا برای برنامه‌ریزی کاربری زمین و دیگر فعالیت‌ها اصلی هم‌چون جنگل‌داری، کشاورزی و حفاظت محیط زیست اهمیت بنیادین دارند. بررسی تغییرپذیری مکانی ویژگی‌های خاک از جمله قابلیت هدایت الکتریکی و واکنش خاک در خاک‌های کشاورزی از اهمیت ویژه‌ای برای مدیریت و بهبود حاصلخیزی خاک‌ها در راستای تولید پایدار محصولات برخوردار می‌باشد. یک رویکرد مفید برای نقشه‌برداری خاک‌ها در سطح وسیعی از اراضی که با روش‌های معمول عمدتا فعالیتی زمان‌بر است، استفاده از نقشه‌برداری رقومی خاک است (Minasny *et al*., 2008). مدل‌های مختلفی در نقشه‌برداری رقومی خاک هم‌چون جنگل تصادفی، روش فازی، شبکه‌های عصبی مصنوعی، رگرسیون درختی و رگرسیون لاجستیک به کار برده می‌شوند (Grunwald, 2009). الگوریتم جنگل تصادفی یک مدل توسعه یافته از مدل طبقه‌بندی و رگرسیون درختی است که داده‌های مشاهداتی و متغیر کمکی را به‌طور تکراری برای به‌دست آوردن ارتباط بهینه بین متغیر پاسخ و متغیرهای مستقل و انجامتخمین جداسازی می‌کند(Taghizadeh-Mehrjardi, 2016). روش

جنگل تصادفی با ایجاد الگوهای غیرخطی بین داده‌ها می‌تواند روابط پیچیده بین متغیرهای وابسته و مستقل را مدلسازی نماید و موجب افزایش دقت پیش‌بینی ویژگی‌های خاک در مناطق نمونه‌برداری نشده شود (موسوی و همکاران، ۱۳۹۹؛ رحمانی و همکاران، ۱۳۹۹). بنابراین مطالعه حاضر با هدف پیش‌بینی مکانی ویژگی‌های قابلیت هدایت الکتریکی و واکنش خاک سطحی با استفاده از روش‌های مبتنی بر یادگیری ماشین و متغیرهای کمکی ژئومورفومتری در بخشی از اراضی دشت لپویی استان فارس انجام شود.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه با مساحت حدود ۵ هزار هکتار بخشی از اراضی دشت لپویی در استان فارس می‌باشد که در موقعیت عرض‌های جغرافیایی ´۷۸ °۲۹ تا ´۸۸ °۲۹ شمالی و طول‌های جغرافیایی ´۶۸ °۵۲ تا ´۷۱ °۵۲ شرقی واقع شده است (شکل ۱). از نظر فیزیوگرافی منطقه مورد مطالعه، بر روی واحدهای تپه، دشت‌های دامنه‌ای و دشت با شیب ۱ تا ۱۲ درصد قرار دارد. دامنه تغییرات ارتفاع برابر ۱۵۹۱ تا ۱۶۰۶ متر از سطح دریا و بر اساس اطلاعات اقلیمی ۲۰ ساله ایستگاه هواشناسی زرقان (۱۳۷۹-۱۳۹۹)، میانگین بارندگی سالیانه آن ۴۴۶ میلی‌متر و متوسط درجه حرارت ۱۷ درجه سانتی‌گراد است (اداره کل هواشناسی استان فارس). مواد مادری خاک‌های منطقه بر اساس نقشه زمین‌شناسی منطقه با مقیاس ۱/۱۰۰۰۰۰، شامل مواد مادری با منشأ آهک و شیل در ارتفاعات تا مواد آبرفتی و واریزه‌ها در مناطق کم ارتفاع و دشت‌ها می‌باشند. با توجه به نقشه رژیم‌های رطوبتی و حرارتی خاک‌های ایران، منطقه مورد مطالعه دارای رژیم رطوبتی زریک[1] و رژیم حرارتی ترمیک[2] است و خاک‌های منطقه بر اساس سامانه رده‌بندی خاک آمریکایی (۲۰۱۴) در دو رده اینسپتی‌سول و انتی‌سول قرار دارند. کاربری غالب اراضی مورد بررسی شامل مرتع و زراعت آبی شامل کشت گندم، جو، کلزا و صیفی‌جات می‌باشند.



شکل۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه و محل نقاط نمونه‌برداری شده (مرزهای رنگی بیانگر تیپ‌های اراضی موجود در منطقه می‌باشد)

نمونه‌برداری و تجزیه و تحلیل آزمایشگاهی

مطالعات صحرایی و اندازه‌گیری قابلیت هدایت الکتریکی و واکنش خاک

ابتدا با استفاده از تصویر Google Earth مربوط به منطقه مورد مطالعه، بررسی‌های اولیه انجام شد تا در شناسایی هر چه بهتر موقعیت مشاهدات، دقت کافی به عمل آید. سپس بر اساس بازدیدهای صحرایی، در نهایت موقعیت ۱۳۰ نقطه مشاهداتی با متوسط فاصله حدود ۵۰۰ متر بر اساس الگوی نمونه‌برداری طبقه‌بندی تصادفی نهایی شد. طی عملیات میدانی با استفاده از دستگاه موقعیت‌یاب جهانی

1_Xeric
2_Thermic

(GPS) مختصات جغرافیایی نتایج ثبت شد. سپس نمونه‌ها از عمق سطحی (۰-۲۰ سانتی‌متر) برداشت و برای انجام آنالیز به آزمایشگاه خاکشناسی منتقل شدند. مقادیر قابلیت هدایت الکتریکی در عصاره اشباع و واکنش خاک در خمیر اشباع برای هر نمونه به ترتیب به وسیله دستگاه‌های هدایت سنج الکتریکی و pH متر اندازه‌گیری شدند. انتخاب مناسبترین متغیرهای محیطی با استفاده از کدنویسی در محیط نرم افزار RStudio نسخه 1.0.136 و بسته (VIF) و روش شاخص تورم واریانس انجام شد.

متغیرهای کمکی

در نقشه‌برداری رقومی خاک برای مدل‌سازی تغییرات ویژگی‌ها یا کلاس‌های خاک علاوه بر داده‌های مشاهداتی، داده‌های کمکی نیز نیاز است. با توجه به اینکه توپوگرافی یکی از مهمترین پارامترهای خاکساز در مناطق خشک و نیمه خشک است. متغییرهای کمکی مورد استفاده در این مطالعه شامل مشتقات اولیه و ثانویه مدل رقومی ارتفاع با وضوح مکانی ۱۲/۵ متر می‌باشد.

مدل‌سازی مکانی با استفاده از مدل جنگل تصادفی

در این پژوهش از الگوریتم غیرخطی یادگیرنده ماشینی جنگل تصادفی (RF) به عنوان یکی از روش‌های داده‌کاوی (Beriman, 2001) برای مدل‌سازی مکانی قابلیت هدایت الکتریکی و واکنش خاک استفاده شد. تمامی مراحل پیش‌بینی مکانی ویژگی‌های خاک بر اساس رویکرد داده‌کاوی جنگل تصادفی از بسته RandomForest در نرم افزارRStudio استفاده شد.

ارزیابی صحت، واسنجی و اعتبارسنجی

به‌منظور مدل‌سازی مکانی ویژگی‌های خاک از مجموع داده‌ها (۱۳۰ نمونه)، ۸۰ درصد آنها (۱۰۳ نمونه) برای واسنجی یا آموزش مدل و ۲۰ درصد داده‌ها (۲۷ نمونه) به‌عنوان داده‌های آزمون مدل انتخاب شدند. تمام مراحل مدل‌سازی به روش جنگل تصادفی در نرم افزار Rstudio انجام شد. در مدل جنگل تصادفی برای انتخاب بهینه دسته داده‌های مرحله واسنجی و آزمون مدل، از روش استراپت استفاده می‌شود. دو شاخص آماری ضریب تعیین و ریشه میانگین مربعات خطا برای ارزیابی صحت پیش‌بینی مدل جنگل تصادفی مورد استفاده قرار گرفتند.

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n}(P_i - \bar{Q}_i)}{\sum_{i=1}^{n}(Q_i - \bar{Q}_i)} \quad (۱)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n}(\sum_{i=1}^{n}(Q_i - \widehat{Q}_i)^2} \quad (۲)$$

که در آن‌ها n تعداد نقاط نمونه‌برداری، Q_i مقدار اندازه‌گیری شده، P_i مقدار پیش‌بینی‌شده، $\widehat{Q}_i$: میانگین اندازه‌گیری شده

نتایج و بحث

خلاصه آماری

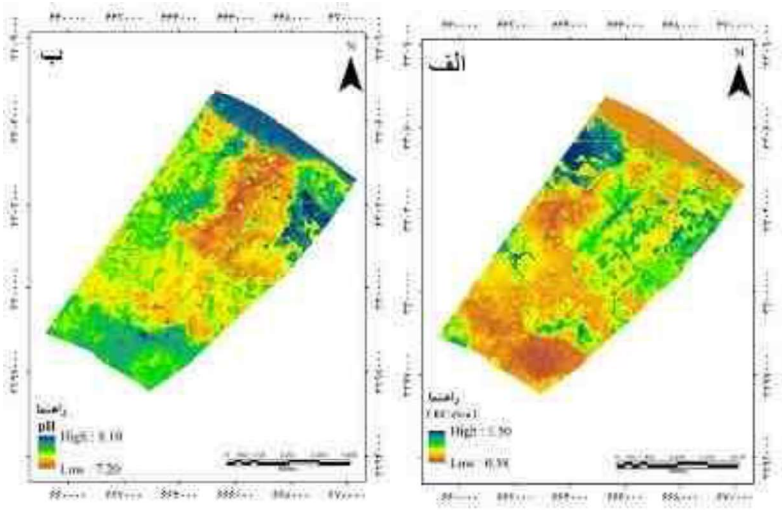
خلاصه آماری ویژگی‌های خاک سطحی در عمق ۲۰ سانتی متری در جدول ۱ ارائه شده است. مقادیر حداقل و حداکثر قابلیت هدایت الکتریکی خاک در منطقه از ۰/۳۴۵ تا ۲/۰۶ دسی زیمنس بر متر متغیر است. میانگین آن در منطقه با ۰/۹۱ نشان دهنده‌ی عدم محدودیت تا محدودیت بسیار کم شوری در خاک‌های منطقه می‌باشد. حداقل و حداکثر درصد pH به‌ترتیب ۷/۰۰ و ۸/۳۱ و میانگین آن ۷/۶۲ است. مقادیر ضریب تغییرات دو ویژگی قابلیت هدایت الکتریکی و واکنش خاک به ترتیب ۴۵٪ و ۵/۶۵٪ است که به ترتیب بیان‌گر تغییرپذیری زیاد و کم این دو ویژگی در منطقه مورد مطالعه می‌باشد (Wilding, 1945).

جدول ۱ – خلاصه آمار توصیفی ویژگی‌های خاک در منطقه مورد مطالعه

متغیر	حداقل	حداکثر	میانگین	انحراف معیار	ضریب تغییرات (٪)
قابلیت هدایت الکتریکی (dS/m)	۰/۳۴۵	۲/۰۶	۰/۹۱	۰/۴۱	۴۵
واکنش خاک (%)	۷/۰۰	۸/۳۱	۷/۶۲	۰/۴۳	۵/۶۵

پهنه‌بندی مکانی و کارائی مدل جنگل تصادفی

نقشه پهنه‌بندی ویژگی‌های خاک بر اساس مدل رگرسیونی مورد استفاده در شکل ۲ ارائه شده است. نقشه پیش‌بینی قابلیت هدایت الکتریکی (شکل۲ الف) نشان داد که بیشترین میزان قابلیت هدایت الکتریکی در بخش‌های شمال غربی و شمال شرقی به صورت محدود وجود دارد و بخش جنوب شرقی و شمال منطقه که در نواحی دامنه‌های کوهستان قرار دارند و فعالیت‌های کشاورزی در آن نواحی حداقل است، کمترین میزان قابلیت هدایت الکتریکی مشاهده شد. روند تغییرات واکنش خاک شکل (۲ ب) روند معکوسی را با نقشه پهنه‌بندی مکانی شوری خاک به‌ویژه در بخش‌های شمالی و جنوبی منطقه نشان داد.

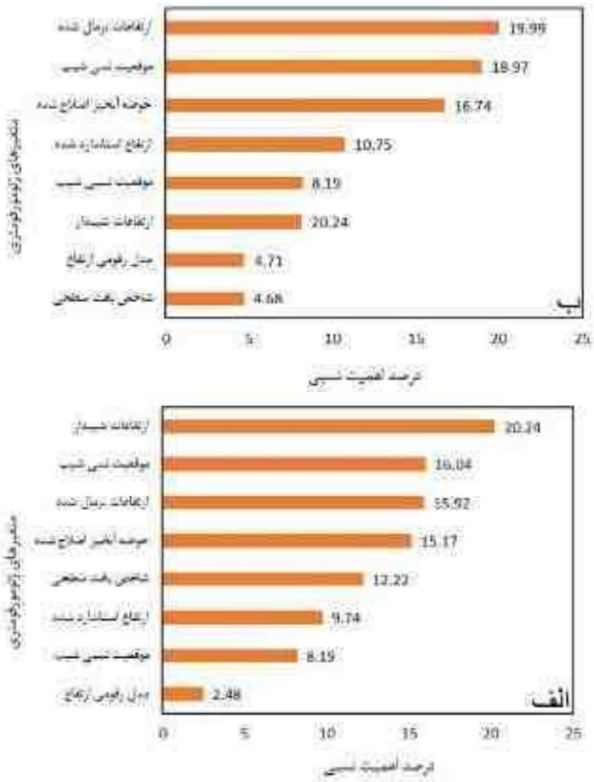


شکل ۲- پهنه‌بندی ویژگی‌های خاک بر اساس مدل جنگل تصادفی به‌ترتیب الف) قابلیت هدایت الکتریکی خاک و ب) واکنش خاک

نتایج کارائی مدل RF برای دو ویژگی قابلیت هدایت الکتریکی و واکنش خاک به‌ترتیب بر مبنای دو آماره ضریب تعیین (R^2) با مقادیر ۰/۴۲ و ۰/۵ و ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE) به ترتیب با مقادیر ۰/۳۸ و ۰/۲۹ نشان دهنده صحت بیشتر و خطای کمتر این روش در پیش‌بینی مکانی واکنش خاک می‌باشد.

اهمیت نسبی متغیر محیطی با مدل جنگل تصادفی

در این مطالعه طبق روش انتخاب متغیر ژئومورفومتری از بین ۳۰ متغیر محیطی تهیه شده در نهایت هشت متغیر به‌عنوان مهمترین پارامترهای پیش‌بینی‌کننده رقومی که بیشترین واریانس تغییرات فاکتورهای خاکسازی را می‌توانند در ارتباط با پراکنش مکانی خاک‌های منطقه ارائه نمایند، انتخاب شدند. موثرترین عوامل در پیش‌بینی قابلیت هدایت الکتریکی خاک شاخص‌های، ارتفاعات شیبدار، موقعیت نسبی شیب و ارتفاعات نرمال شده بودند (شکل۳ الف) و در نهایت برای پیش‌بینی مکانی واکنش خاک شاخص‌های ارتفاعات نرمال شده، موقعیت نسبی شیب و حوضه آبخیز اصلاح شده بالاترین درجه اهمیت را درفرآیند مدل‌سازی داشتند (شکل۳ ب).



شکل ۳- اهمیت نسبی متغیرهای محیطی (٪). (الف) شوری خاک، (ب) pH با استفاده از مدل جنگل تصادفی (RF)

نتیجه‌گیری

این پژوهش با هدف مدل‌سازی مکانی تغییرات قابلیت هدایت الکتریکی و واکنش خاک به عنوان دو ویژگی موثر بر تعیین وضعیت کیفیت و حاصلخیزی در عمق سطحی (۰-۲۰ سانتی‌متر) خاک‌های منطقه با استفاده از مدل RF و پارامترهای مستخرج از مدل رقومی ارتفاع انجام شد. بر اساس نتایج صحت‌سنجی، مدل RF قادر بود تا به ترتیب ۵۰ و ۴۲ درصد از تغییرات دو ویژگی واکنش خاک و قابلیت هدایت الکتریکی خاک را در منطقه توجیه نماید. از بین متغیرهای محیطی پیش‌بینی‌کننده در نهایت بر اساس روش نظارت نشده کاهش تعداد متغیر تورم واریانس در نهایت از مجموع ۳۰ متغیر توپوگرافی، هشت ویژگی دارای حداقل همبستگی با سایر ویژگی‌ها و حداکثر تغییرپذیری را دارا بودند. از میان فاکتورهای منتخب برای هر دو ویژگی، سه پارامتر ارتفاعات شیبدار، ارتفاعات نرمال شده و موقعیت نسبی شیب بیشترین تاثیر را در پیش‌بینی pH و EC در مناطق فاقد مشاهده داشتند. توصیه می‌شود در مطالعات آتی از سایر متغیرهای محیطی که نماینده فاکتورهای خاکسازی در منطقه می‌باشند در کنار ویژگی‌های مستخرج از مدل رقومی ارتفاع برای مدل‌سازی مکانی ویژگی‌های خاک با هدف ارتقا صحت نقشه‌ی ویژگی‌های خاک استفاده شود.

فهرست منابع

موسوی، س، پارسایی، ف، رحمانی، ا، سدری، م، کوهسار بستانی، م. (۱۳۹۹). پیش‌بینی مکانی برخی از ویژگی‌های خاک سطحی با استفاده از مدل‌های درون‌یابی و یادگیری ماشین. مجله مدیریت خاک و تولید پایدار، ۱۰(۳)، ۲۷-۴۹.

رحمانی، ا، سرمدیان، ف، موسوی، س، خاموشی، س. (۱۳۹۹). کاربرد ویژگی‌های ژئومورفومتری در نقشه‌برداری رقومی خاک با استفاده از منطق فازی و یادگیری ماشین. مرتع و آبخیزداری، ۷۳(۱)، ۱۰۵-۱۲۴.

Abdollahi, S., Delavar, M. A., & Shekari, P. (2013). Spatial distribution mapping of Pb, Zn and Cd and soil pollution assessment in Anguran area of Zanjan province, 1410-1420.

Grunwald, S. (2009). Multi-criteria characterization of recent digital soil mapping and modeling approaches. *Geoderma*, 152(3-4), 195-207.

Machado, R. M. A., & Serralheiro, R. P. (2017). Soil salinity: effect on vegetable crop growth. Management practices to prevent and mitigate soil salinization. *Horticulturae*, 3(2), 30.

Minasny, B., McBratney, A. B., & Lark, R. M. (2008). Digital soil mapping technologies for countries with sparse data infrastructures. *Digital soil mapping with limited data*, 15-30.

Mozaffari, H., Moosavi, A. A., & Ahmadi, F. (2021). Improving the Estimation of Soil Cation Exchange Capacity Using Fractal Dimensions. *Iranian Journal of Soil and Water Research*, 51(12), 3102-3087.

Taghizadeh-Mehrjardi, R.(2016). Modern concepts in Soil Science (Pedometric). Ardakan Univ. Press. 311p. (In Persian)

Tziachris, P., Aschonitis, V., Chatzistathis, T., Papadopoulou, M., & Doukas, I. J. D. (2020). Comparing machine learning models and hybrid geostatistical methods using environmental and soil covariates for soil pH prediction. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, *9*(4), 276.

Wilding, L. (1985). Spatial variability: its documentation, accommodation and implication to soil surveys. In: Soil Spatial Variability. Workshop, pp. 166–194.

Spatial modeling of electrical conductivity and soil pH using a random forest model

Pegah Khosravani [1] Ali Akbar Moosavi [2] Majid Baghernejad [3]

[1] P.h.D student of Department of Soil Science, College of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran

[2] Associate Pofessor of Department of Soil Science, College of Agriculture, Shiraz University, Shiraz

[3] Professor of Department of Soil Science, College of Agriculture, Shiraz University, Shiraz

Abstract

The study of spatial variability of soil properties such as electrical conductivity (EC) and pH in agricultural soils is of particular importance for the management and improvement of soil fertility in order to produce sustainable crops. Therefore, the present study was conducted with the aim of modeling and spatial prediction of two soil management properties of pH and EC in part of Lapui plain lands in Fars province using a random forest (RF) model. The selected environmental variables were based on the statistical method of variance inflation factor with values less than 10. The performance of the RF model for EC and pH were obtained based on two statistics indices i.e, coefficient of determination (R^2) of 0.42 and 0.5, and root means square error (RMSE) values of 0.38 and 0.29, respectively. Soil pH showed higher accuracy and less error prediction by the RF model. Also, the three topographic parameters of normalized heights, relative slope position, and slope heights were of the greatest relative importance compared to other environmental variables in predicting the two soil properties.

Keywords: , Machine learning, Random forest, Spatial modeling, Topography

ارزیابی تغییرات مکانی ظرفیت تبادل کاتیونی خاک با استفاده از روش های زمین آمار، مطالعه موردی مسیر خرم آباد به بروجرد

احمد یارمحمدیان مقدم[۱]، ولی بهنام[۲]، محمد فیضیان[۳]، اکبر سهرابی[۴]

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد علوم خاک، دانشگاه لرستان، دانشکده کشاورزی

۲- دانشجوی دکتری علوم خاک، دانشگاه شیراز، دانشکده کشاورزی

۳ و۴ استادیار گروه علوم خاک، دانشگاه لرستان، دانشکده کشاورزی

Vali_behnam2012@yahoo.com

چکیده

ظرفیت تبادل کاتیونی(CEC) شاخصی مهم در حاصلخیزی خاک و ظرفیت نگهداری عناصر غذایی. این تحقیق با هدف بررسی پهنه بندی ظرفیت تبادل کاتیونی خاک در مسیر بروجرد به خرم آباد با استفاده از روش های زمین آماری انجام شد. به این منظور تعداد ۶۰ نمونه خاک به صورت سیستماتیک و منظم از منطقه مورد نظر تهیه شد و پارامترهای کربن آلی خاک، ظرفیت تبادل کاتیونی و مقدار شن، رس و سیلت خاک اندازه‌گیری شد. برای ارزیابی روش‌های زمین آمار از میانگین خطا و مجذور میانگین مربعات خطا به روش اعتبارسنجی متقابل استفاده شد. نتایج نشان داد که مدل کروی مدلی مناسبی برای نیم تغییرنمای ظرفیت تبادل کاتیونی است. فاصله تاثیر این نیم تغییرنما ۴۷۵۷ متر، اثر قطعه‌ای برابر۱۷/۴۳ و حد آستانه برابر ۴۲/۲۷ درصد می باشد. نتایج بدست آمده نشان می‌دهد، روش کوکریجینگ از خطای کمتری نسبت به دو روش دیگر برخوردار است.

کلمات کلیدی: ظرفیت تبادل کاتیونی، روش های زمین آمار، نیم تغییرنما

مقدمه

ظرفیت تبادل کاتیونی خاک شاخصی مهم در حاصلخیزی خاک و ظرفیت نگهداری عناصر غذایی و ظرفیت حفاظت آب های زیرزمینی از آلاینده های فلزی و تثبیت فلزات سنگین و ممانعت از جذب آنها توسط گیاه است(Keshavarzi et al. 2012). است. بدیهی است ظرفیت تبادل کاتیونی خاک شاخصی مهم از کیفیت خاک و پتانسیل آلاینده ها در محیط زیست است (Tang *et al.*,۲۰۰۹) در دهه های اخیر، با پیشرفت نرم افزارها و سخت افزارهای کامپیوتری و سیستم اطلاعات جغرافیایی، پردازش و مدل سازی داده های مکانی افزایش یافته است. زمین آمار روشی مناسب برای توصیف متغیرهای منطقه ای با ملاحظهٔ پیچیدگی های آمار مکانی ارائه می کند. در زمین آمار می توان یک رابطه را بین ارزش های کمّی در جامعهٔ نمونه، فواصل، و جهت مکانی نمونه ها در ارتباط با یکدیگر توسعه داد. بنابراین، زمین آمار روشی است که خصوصیات خاک را در نقاط نمونه برداری نشده، با استفاده از اطلاعات نقاط نمونه برداری شدهٔ مجاور، برآورد می کند (Asadzadeh *et al.*, 2012)

کریجینگ یک روش زمین آماری است که بهترین تخمین خطی ناریب را برای متغیرهای با وابستگی مکانی فراهم می آورد. روش دیگر کوکریجینگ است که متغیر اصلی را به کمک متغیر کمکی، بر اساس همبستگی آنها، برآورد می کند. پژوهش ها نشان داده است زمانی که بین متغیر کمکی و متغیر اصلی(وابسته) همبستگی زیادی باشد، کوکریجینگ بهتر از کریجینگ واریانس تخمین را کاهش می دهد (Wu *et al.*,۲۰۰۹). متغیرهای کمکی در روش کوکریجینگ در پژوهش های انجام شده برای تخمین ظرفیت تبادل کاتیونی خاک عمدتاً از ویژگی های منفرد خاک، مانند مقدار مادهٔ آلی (Yong -dong et al, 2008) و درصد رس(Asadzadeh *et al.*, ۲۰۱۲) و هدایت الکتریکی(Jung *et al, 2006*) بوده است . نوربخش و همکاران (۲۰۰۳) طی پژوهشی بر روی خاک های با افق های مختلف، ظرفیت تبادل کاتیونی خاک را با استفاده از درصد اندازه ذرات، درصد مواد آلی و واکنش خاک(pH) برآورد نمودند. امینی و همکاران (۲۰۰۵) نیز رابطه بین ظرفیت تبادل کاتیونی با مقدار رس و ماده آلی خاک را در منطقه اصفهان بررسی کردند. در تحقیقی دیگر در دانمارک برای برآورد ظرفیت تبادل کاتیونی از متغیرهای مستقل مقدار رس، سیلت، مواد آلی و pH خاک استفاده گردید(Krogh و همکاران۲۰۰۰). بهنام و همکاران(۱۳۹۸) در خاک های مسیر زابل به زاهدان به ارزیابی روش های زمین آمار جهت تخمین طرفیت تبادل کاتیونی پرداختند نتایج آنها نشان داد که

مدل خطی مدل مناسبی برای نیم تغییرنمای ظرفیت تبادل کاتیونی است و روش کریجینگ از خطای کمتری نسبت به روش های کوکریجینگ و روش وزن دهی معکوس برخوردار است. این تحقیق با هدف ارزیابی و تحلیل ساختار مکانی ظرفیت تبادل کاتیونی ، مقایسه روش‌های مختلف زمین‌آمار در برآورد آن انجام شده است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

استان لرستان یکی از استان‌های غربی کشور است. بروجرد و خرم آباد از شهرستان‌های استان لرستان می باشند این منطقه بین عرض‌های جغرافیایی ″۳۵ ′۲۸ °۳۳ و ″۴۵ ′۳۳ °۳۳ و طول‌های جغرافیایی ″ ۳۱ ′۲۶ °۴۸ و ″۶۴ ′۵۳ °۴۸ می‌باشد. متوسط بارش سالانه ۴۷۹ میلیمتر و حداکثر و حداقل سالانه دما به ترتیب ۳۴/۴ و ۸/۴ درجه سانتی‌گراد است. میزان تبخیر سالیانه ۴۵۰۰ تا ۵۰۰۰ میلیمتر و ارتفاع از سطح دریا ۴۸۹/۲ می‌باشد زراعت عمده منطقه و مناطق اطراف گندم و سورگوم می‌باشد.

در این پژوهش به منظور نمونه برداری خاک از روش شبکه‌ای منظم استفاده شد تعداد ۶۰ نمونه خاک از فاصله ۰-۲۰، ۲۰-۴۰ و ۴۰-۶۰ متری از دو طرف جاده برداشت شد. عمق نمونه‌برداری ۰-۳۰ سانتی متر می‌باشد. پس از عملیات نمونه برداری، نمونه‌ها به آزمایشگاه انتقال یافت و پس از هوا خشک شدن، از الک ۲ میلیمتری عبور داده شد. کربن آلی با اکسیداسیون توسط دی‌کرومات پتاسیم (Nielsen, 1985) و بافت خاک با روش هیدرومتری (Klute, 1986) و ظرفیت تبادل کاتیونی با روش استات آمونیوم اندازه‌گیری گردیدند.. برای تهیه نقشه ظرفیت تبادل کاتیونی خاک به روش زمین آمار، با استفاده از نرم افزار *SPSS19* اطلاعات اولیه نمونه‌ها، توزیع فراوانی داده‌ها و شاخص‌های آماری مانند میانگین، میانه، واریانس، چولگی و کشیدگی محاسبه گردید پس از بررسی نرمال بودن داده‌ها و تبدیل داده‌های غیر نرمال به نرمال، الگوهای تغییرنما با استفاده از نرم افزار GS^+ رسم و بهترین الگوی تغییرنما انتخاب گردید. برای بررسی تغییرات مکانی و برآورد ظرفیت تبادل کاتیونی خاک از روش‌های زمین آماری کریجینگ، کوکریجینگ، وزن‌دهی معکوس فاصله و نرم افزار GS^+ استفاده شده است.

به منظور ارزیابی روش های میان یابی از تکنیک ارزیابی متقابل[1] و پارامتر آماری *MAE*[2] و *MBE*[3] استفاده شده است *MAE* مشخص کننده خطای نتایج و *MBE* انحراف نتایج روش استفاده شده را نشان می دهد. در شرایطی که MAE و MBE برابر صفر یا نزدیک صفر هستند، نشان دهنده این است که روش استفاده شده واقعیت را خوب شبیه سازی می کند. پارامترهای MAE و MBE و با استفاده از روش های زیر محاسبه می‌شوند

$$MAE=\frac{\sum_{i=1}^{n}|R_s-R_0|}{n} \quad (۱)$$

$$MBE=\frac{\sum_{i=1}^{n}(R_s-R_0)}{n} \quad (۲)$$

R_s :مقدار برآورد شده

R_0 : مقدار اندازه گیری شده

n : تعداد داده‌ها

نتایج و بحث

شاخص های آماری نظیر حداقل، حداکثر، میانگین، واریانس، انحراف معیار، ضریب تغییرات، چولگی و کشیدگی برای ظرفیت تبادل کاتیونی در جدول ۱ آمده است. میانگین ظرفیت تبادل کاتیونی در منطقه مورد نظر۲۲/۴۹سانتی مول بر کیلوگرم و حداقل و حداکثر آن به ترتیب ۱۲/۱۷ و ۳۶/۶۵ سانتی مول بر کیلوگرم است ضریب تغییرات ظرفیت تبادل کاتیونی کمتر از

[1]- CrossValidation
2-Mean Absolute Error
3- Mean Bias Error

۵۰ درصد می باشد که بیانگرعدم وجود تغییرات خیلی زیاد در منطقه مورد مطالعه است.

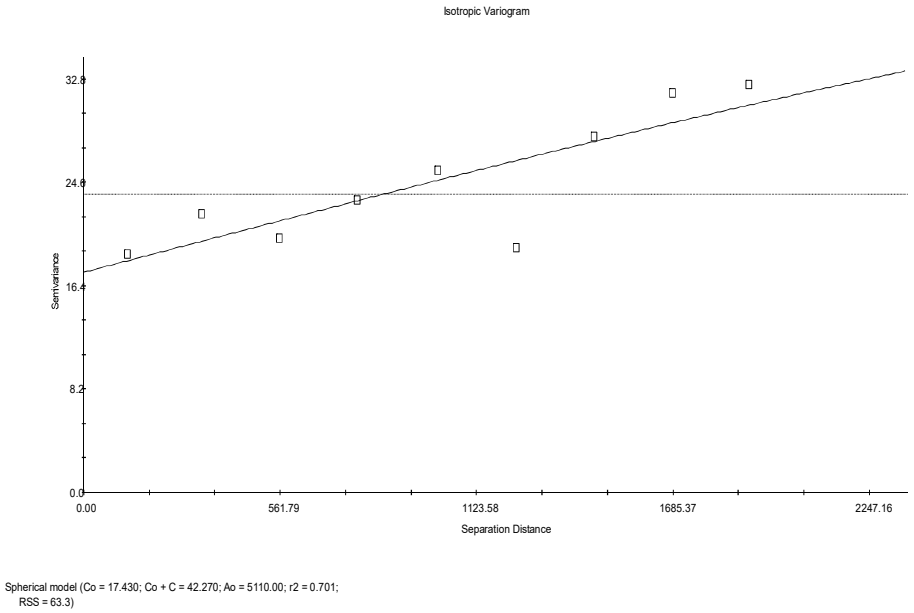
جدول۱ برخی شاخص‌های آماری ظرفیت تبادل کاتیونی خاک در منطقه مورد مطالعه

متغیر	حداقل	حداکثر	میانگین	کشیدگی		انحراف معیار	ضریب تغییرات(٪)
ظرفیت تبادل کاتیونی	۱۲/۱۷	۳۶/۶۵	۲۲/۴۹	-۰/۲۱	۰/۵۳	۴/۸۵	۲۱/۵۶

تغییرنما ابزار اساسی برای تخمین به وسیله کریجینگ و کوکریجینگ است بنابراین انتخاب مدل مناسب و تعیین پارامترهای دقیق آن از اهمیت فوق العاده‌ای برخوردار بوده و باید درستی مدل‌های تغییرنما به نحو بهینه‌ای کنترل گردد. به منظور انتخاب مناسب‌ترین مدل تغییرنما، از تکنیک اعتبارسنجی متقابل و پارامترهای میانگین خطا و میانگین انحراف استفاده شد شکل ۱ نیم تغییرنمای ظرفیت تبادل کاتیونی را نشان می دهد. مدل برازش شده بر آن کروی است و خصوصیات آن در جدول ۲ می آید. مدل یاد شده ضریب تبیین بالا (۷۰ درصد) دارد اثر قطعه ای آن ۱۷/۴۳، حد آستانه ۴۲/۲۷ و دامنه تاثیر ۴۷۵۴ متر است.

جدول ۲- پارامترهای تغییرنمای ظرفیت تبادل کاتیونی خاک در مدل های انتخابی

متغیر	مدل	اثر قطعه‌ای(C0)	دامنه تاثیر(A1)	حدآستانه (C0+C)	ضریب همبستگی
ظرفیت تبادل کاتیونی	کروی	۱۷/۴۳	۴۷۵۷	۴۲/۲۷	۰/۷۰



شکل۱. واریوگرام داده های ظرفیت تبادل کاتیونی خاک

پس از تجزیه و تحلیل تغییرنما درون یابی داده‌ها به کمک نرم افزار GS^+ به وسیله روش‌های زمین آماری کریجینگ و کوکریجینگ و روش معین وزن‌دهی معکوس فاصله انجام گرفت. در روش کوکریجینگ نیازمند استفاده از متغیر کمکی هستیم بررسی‌های به عمل آمده نشان داد که بین ظرفیت تبادل کاتیونی خاک و درصد رس همبستگی مثبت وجود دارد(r=۰/۷۰).همبستگی مثبت CEC با رس به دلیل مشارکت آن در ایجاد بارهای منفی و پدیده تبادل کاتیونی است(نوربخش و همکاران، ۱۳۸۲) لذا در روش کوکریجینگ از درصد رس به عنوان متغیرکمکی استفاده شد

در جدول ۳ مقادیر دقت و انحراف روش‌های زمین آماری کریجینگ؛ کوکریجینگ و وزن دهی معکوس فاصله ارائه شده است. بر اساس این جدول ملاحظه می شود که روش کوکریجینگ از دقت بیشتری برای برآورد ظرفیت تبادل کاتیونی خاک برخوردار است.

جدول۳ – نتایج ارزیابی روش های زمین آمار در برآورد ظرفیت تبادل کاتیونی خاک

روش ارزیابی	کریجینگ	کوکریجینگ	وزن دهی معکوس
MAE	۰/۲۴۷	۰/۲۴۰	۰/۲۵۹
MBE	۹/۴۱	۵/۱۰	۱۰/۵۲
ضریب تبیین	۰/۰۸۹	۰/۱۴۹	۰/۰۶۷

نتیجه گیری

ظرفیت تبادل کاتیونی خاک با درصد رس خاک یک همبستگی مثبت و معنادار در سطح ۱ درصد داشت(r=۷۰) بنابراین درصد رس به عنوان متغیر کمکی در روش کوکریجینگ برای تخمین ظرفیت تبادل کاتیونی خاک استفاده شد. بر اساس معیارهای ارزیابی میانگین خطا(MAE) و میانگین انحراف (MBE) مدل کروی به عنوان مدل مناسب و روش کوکریجینگ نتایج دقیق تری از کریجینگ ارائه کرد انتخاب گردید. بنابراین، با این روش نقشه معتبری از ظرفیت تبادل کاتیونی خاک تهیه می شود که نسبت به روش های سنتی، صرفه جویی در زمان و هزینه ها را به دنبال دارد و در مدیریت دقیق تر و مناسب تر خاک کاربرد خواهد داشت.

منابع

بهنام، و. غلامعلی زاده آهنگر، م. رحمانیان، ا. بامری. ا. یارمحمدیان مقدم، ۱۳۹۸ ارزیابی روش های زمین آمار جهت تخمین ظرفیت تبادل کاتیونی، مطالعه موردی مسیر زابل به زاهدان شانزدهمین کنگره علوم خاک. دانشگاه زنجان

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. Europ. J. Soil Sci. 56: 551- 559.

Asadzadeh, F., Akbarzadeh, A., Zolfaghari, A. A., Taghizadeh Mehrjardi, R., Mehrabanian, M., Rahimi Lake, H., and Sabeti, M. A. (2012). Study and comparison of some geostatistical methods for mapping cation exchange capacity in soils of northern Iran. *Annals of Faculty Engineering Hunedoara*, 1584-2665.

Jung, W. K., Kitchen, N. R., Sudduth, K. A., and Anderson, S. H. (2006). Spatial characteristics of clay pan soil properties in an agricultural field. *Soil Science Society of America Journal*, 70, 1387-1397.

Klute, A., 1986. Methods of soil analysis, part I, physical and mineralogical methods, 2nd Ed, Soil Science Society of America INC., Wisconsin, USA, 1170 pp.

Keshavarzi1, A., Sarmadian, F., Rahmani, A., Ahmadi, A., Labbafi, R., and Iqbal, M. A. (2012). Fuzzy clustering analysis for modeling of soil cation exchange capacity. *Australian Journal of Agricultural Engineering*, 3(1), 27-33.

Krogh, L., Breuning-Madsen, M., and Greve, MH. 2000. Cation exchange capacity pedotransfer function for Danish soil. Soil and Plant. Sci. 50:1-12.

Nourbakhsh, F., Jalalian, A., and Shariatmadari, H. 2003. Estimation of cation exchange capacity from some soil physical and chemical properties. Isfahan, J. Sci. Technol. Agric. Natur. Resour. 7(3):107-118.

Nielsen, D. R., and Bouma, J. (eds.). 1985. Soil Spatial Variability. In: Proceedings of a Workshop of the ISSS and the SSSA. Pudoc, Wageningen. Las Vegas, USA.

Tang, L., Zeng, G. M., Nourbakhsh, F., and Shen, G. L. (2009). Artificial neural network approach for predicting cation exchange capacity in soil based on physico-chemical properties. *Environmental Engineering Science*, 26, 137-146.

Yong-dong, W., Na-na, F., Ting-xuan, L., Xi-zhou, Z., and Gui-tang, L. (2008). Spatial Variability of Soil Cation Exchange Capacity in Hilly Tea Plantation Soils Under Different Sampling Scales. *Agricultural Sciences in China*, 7(1), 96-

103.

بررسی و مقایسه روشهای مختلف کریجینگ در تهیه نقشه رقومی شوری خاک(دهلران استان ایلام)

فوزیه کوهنی[1] ، حمید رضا متین فر[2]

۱- دانشجوی دکتری گروه علوم ومهندسی خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان kohani.f@fa.lu.ac.ir

۲-دانشیار گروه علوم ومهندسی خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان Matinfar.h@lu.ac.ir

چکیده

پراکنش مکانی و زمانی نمک ها در خاک، تعیین دقیق این پارامترها را در مطالعات میدانی با مشکل مواجه کرده است. از طرف دیگر روشهای سنتی پر هزینه و وقت گیر میباشند. روشهای زمین اماری ضمن کاهش هزینه ها امکان براورد مقادیر شوری را در نقاط نمونه برداری نشده را هم فراهم می نمایند.این تحقیق با هدف ارزیابی تغییرات شوری خاک با استفاده از روش‌های مختلف زمین‌آماری در شهرستان دهلران انجام گرفته است. برای این منظور تعداد ۲۱۸ نمونه خاک از عمق صفر تا ۱۰ سانتیمتری سطح خاک برداشت شد و مقادیر هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک در نمونه‌ها اندازه‌گیری گردید. در این پژوهش از ۹ روش زمین‌آماری کریجینگ معمولی(نمایی، گوسی، کروی) ،کریجینگ جهانی(نمایی، گوسی، کروی) و کریجینگ ساده (نمایی، گوسی، کروی) برای تهیه نقشه شوری خاک استفاده گردید. به‌منظور ارزیابی دقت این روش‌ها از پارامترهای آماری مجذور میانگین مربعات خطا و ضریب تبیین استفاده شد. نتایج نشان داد که مدل های گوسی با داشتن حداقل مجذور میانگین مربعات خطا برای ارزیابی شوری خاک، مناسبتر و دقیقتر هستند. طبقه‌بندی منطقه بر اساس آستانه‌های شوری تعریف شده، در ۵ کلاس مشخص شده است. نتایج حاصل از نقشه‌های نهایی شوری خاک نشان داد که بیشترین مقدار تجمع نمک مربوط به شرق و مرکز منطقه و کمترین مقدار تجمع در بخش‌های غربی می‌باشد.

کلمات کلیدی: زمین‌آمار، شوری، کریجینگ، دهلران

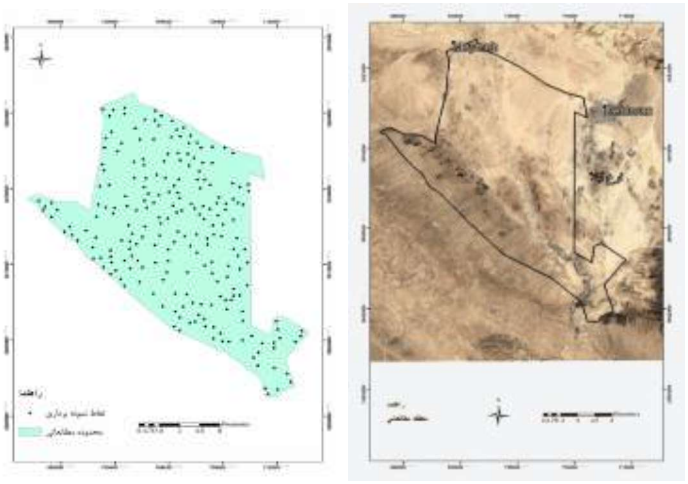
مقدمه

خاک‌های مناطق خشک و نیمه خشک بطور معمول دارای غلظت زیادی از املاح محلول هستند که روی بسیاری از خصوصیات فیزیکی خاک از جمله پایداری خاکدانه‌ها و ساختمان خاک، هدایت هیدرولیکی، شدت نفوذ آب به خاک و فرسایش خاک تأثیر می‌گذارد، جردن و همکاران (۲۰۰۴). پراکنش مکانی و زمانی املاح و نمک ها در خاک، تعیین دقیق این پارامترها را در مطالعات میدانی با مشکل مواجه کرده است. اکثر مطالعات انجام شده در ارزیابی شوری، براساس مطالعات غیرمستقیم، در مقیاس کوچک و در دوره‌های زمانی کوتاه انجام گرفته است Lesch (2005) . مشخص کردن تغییرات زمانی و مکانی خصوصیات خاک در حوزه‌های بزرگتر اهمیت بسیاری در رفع مشکلات کشاورزی، زیست محیطی و برنامه‌های توسعه پایدار دارد Wang and Li (2013). استفاده از روش‌های آزمایشگاهی برای برآورد شوری، عموماً وقتگیر و پرهزینه است همچنین به علت زیاد بودن تغییرات مکانی شوری خاک، Akramkhanov et al (2011) بهتر است برای تعیین و پایش خاک‌های شور از روش‌های زمین‌آماری و داده‌های سنجش از دور استفاده کرد(2014) Said et al . این فناوری اغلب موجب کاهش هزینه و افزایش دقت و سرعت در انجام پروژه‌ها می‌گردد. در چند دهه گذشته استفاده از روش‌های زمین‌آمار و سنجش از دور برای تهیه نقشه شوری خاک و پایش تغییرات آن توسعه پیدا کرده است Fan et al , (2016) Hamzehpour and Bogaert (2017) و Ninerola et al (2017) .از روش‌های زمین‌آمار نیز برای بررسی ساختارهای مکانی استفاده میشود؛ بنابراین، تلفیق اطلاعات زمینی و باندی برای ارزیابی مشکل شوری مفید خواهد بود Mushtak and Zhou,(2012) . سنجش از دور و زمین‌آمار، فن‌های مرتبط با زمین هستند و در بررسی اجزای آن کاربردهای مهمی دارند Matinfar et al (2011). هدایت الکتریکی (EC) پارامتری ارجح در ارزیابی شوری خاک می‌باشد. اندازه‌گیری این پارامتر قابل اعتماد، ارزان و سریع است. لذا اندازه‌گیری EC عصاره گل اشباع خاک روش متداول برای سنجش شوری خاک است Sparks (1995). دماوندی و درویش‌صفت (۱۳۸۷) با استفاده از داده های سنجنده TM در منطقه حوض سلطان قم، رابطه بین EC و داده‌های رقومی را بررسی نمودند و از طریق تجزیه رگرسیون رابطه معنی‌داری بین

داده‌های رقومی و EC پیدا کردند، ولی به دلیل پایین بودن ضریب همبستگی، از طریق طبقه‌بندی با الگوریتم حداکثر درست نمایی نقشه شوری منطقه را تهیه کردند. کریجینگ یکی از روش‌های پرکاربرد در زمینه درونیابی است. کریجینگ یک روش و تخمین گر محلی و تصادفی برای برآورد مقادیر یک متغیر در نقاط نمونه بردار ی نشده، با استفاده از مقادیر آن متغیر در نقاط نمونه‌برداری شده است. امروزه شاخه‌های مختلفی از روش کریجینگ گسترش یافته‌اند که هر کدام با توجه به ویژگی ها و اهداف خاص درونیابی، می‌توانند دقت این روش را بهبود بخشند. در این روش‌ها که برای پهنه‌بندی متغیرهای کمی استفاده میشود فرض بر این است که داده‌های مشاهده ای دارای توزیع نرمال هستند Jordán et al (2004). سکوتی اسکویی و همکاران (۱۳۸۶) برای برآورد شوری خاک در نقاط نمونه برداری نشده، از روش کریجینگ، کوکریجینگ و میانگین متحرک وزن‌دار در محیط سامانه‌های اطلاعات مکانی استفاده نمودند. نتایج ایشان نشان داد که در مقایسه با سایر روش‌های اشاره شده روش کریجینگ از دقت بیشتری برای برآورد میزان شوری در نقاط فاقد اطلاعات برخوردار است. با توجه به این که در مناطق جنوب استان ایلام یکی از مهمترین مشکلات کشاورزی مسئله شور و سدیمی بودن خاک است، بنابراین مدیریت اراضی و شناسایی مکانهای دارای محدودیت بالای شوری از اولویت‌های مهم است. از طرفی به کار بردن روش‌های زمین آماری بررسی تغییرپذیری خصوصیات خاک می‌تواند در اصلاح این خاک‌ها کاربردی باشد. این تحقیق با هدف پهنه‌بندی شوری خاک و شناسایی مناطق دارای شوری زیاد، و بررسی خطر احتمال شوری براساس آستانه‌های مشخص شوری درشهرستان دهلران انجام گرفت. در مطالعات پیشین بیشتر به مقایسه کلی روش‌های کریجینگ و سایر روش‌های میانیابی پرداخته شده است در این پژوهش هدف مقایسه نیم پراش نگاره‌های(کروی، نمایی، گوسی)در سه روش کریجینگ (جهانی، ساده، معمولی) است تا بهترین مدل متناسب با منطقه در هر سه حالت کریجینگ مشخص شود.

مواد و روش‌ها

منطقه‌ی مورد مطالعه به وسعت ۲۱۰۰۰ هکتار بخشی از دشت دهلران واقع در استان ایلام است که بین ۶۹۳۵۰۰ تا ۷۱۴۵۰۰ متر طول شرقی و ۳۶۰۱۵۰۰ تا ۳۶۲۵۲۵۰ متر عرض شمالی قرار گرفته است. محدوده مطالعاتی در بخشی از شهرستان دهلران به اسامی دهلران و تم تمو قرار دارد. بارش سالیانه در این شهرستان عموما به صورت باران و در حدود ۲۷۵/۴ میلیمتر و متوسط درجه حرارت ۲۵/۹ سانتی‌گراد است خاک‌های منطقه مورد مطالعه دارای رژیم رطوبتی اریدیک و رژیم حرارتی هایپرترمیک است. از جمله گیاهان بومی منطقه می‌توان به خارشتر، خارزرد، کهورک، سلمک، کنگر، اسپند و همچنین درختان گز، کنار و کهور و در اراضی شور به گیاهان شورپسند از جمله سالیکورنیا سالسولا اشاره نمود. موقعیت پروفیل‌ها با هدف دستیابی به غالب خاک‌های منطقه و با توجه به واحدهای فیزیوگرافی مشخص شد. تفکیک واحدهای فیزیو گرافی مستند به تصویر ماهواره‌ای سال ۲۰۱۳، مطالعه پروفیل‌های خاک و با رعایت اصول مشروحه در کتاب طبقه‌بندی جامع خاک دپارتمان کشاورزی ایالات متحده (۱۹۹۹) و راهنمای جدید آن (۲۰۱۰) انجام شد. نمونه برداری از عمق ۰- ۷۵ سانتی‌متر از تعداد ۲۱۸ نقطه با مختصات معلوم برداشت گردید. نمونه‌ها پس از هوا خشک شدن، از الک ۲ میلیمتری عبور داده شدند و پس از عصاره گیری از گل اشباع مقدار هدایت الکتریکی عصاره اشباع توسط دستگاه الکتروکانداکتیومتر اندازه‌گیری شد. (Rhoades, 1982). در شکل (۱) موقعیت منطقه و نقاط نمونه‌برداری نمایش داده شده است.



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه و نقاط نمونه‌برداری

نتایج

با استفاده از نرم افزار SPSS داده‌ها بررسی و توصیف آماری آنها انجام گردید در محاسبات و تخمین های زمین آماری شرط نرمال بودن داده ها بسیار مهم است. لذا لازم است که ابتدا وضعیت نرمال بودن داده ها بررسی شده و در صورت نرمال نبودن آن ها از روش مناسب تبدیل نرمال استفاده شود. به‌منظور بررسی نرمال بودن داده‌های هدایت الکتریکی از آزمون کولموگروف – اسمیرونوف استفاده گردید. چنانچه سطح معنی‌داری در این آزمون بیشتر از ۵ درصد باشد می‌توان داده‌ها را با اطمینان بالا نرمال فرض نمود. مقدار sigg برای داده‌ها برابر ۰/۰۰۰ بدست امد که معنی‌دلر نبود و نیاز به نرمال سازی داشتند، دادههای آزمایشی با استفاده از روش تبدیل داده‌ها (لگاریتم‌گیری در مبنای ۱۰) نرمال شدند و مقدار sigg به ۰/۰۵۶ افزایش یافت. خلاصه آماری داده‌های اولیه و داده‌های تبدیل شده شوری خاک در جدول (۱) ارائه شده است. همانگونه که مشاهده می‌شود تبدیل لگاریتمی توانسته است توزیع داده‌ها را به حالت نرمال درآورده و مقادیر میانه و میانگین به هم نزدیک شده است. همچنین Walter and McBratney (2001) و Jordan et al (2004) نرمال سازی داده‌های هدایت الکتریکی را با روش لگاریتمی پیشنهاد نموده‌اند.

جدول ۱- توصیف آماری داده‌های شوری خاک منطقه

توزیع داده‌ها	داده‌های خام EC	داده‌های تبدیل شده EC
تعداد	۲۱۸	۲۱۸
حداقل	۱/۵۰	۰
حداکثر	۳۷/۵۰	۳/۶۲
میانگین	۸/۵۷	۱/۹۳
میانه	۶/۲۰	۱/۸۲
چولگی	۱/۸۰	۰/۳۵
کشیدگی	۳/۳۱	-۰/۲۵
واریانس	۴۰/۳۴	۴۰/۳۴
انحراف معیار	۶/۳۵	۰
Kolmogorov-S mirnov Z	۳/۰۸	۱/۳۳
Asymp. Sig	۰/۰۰	۰/۵۶

جدول (۲) مشخصات مدلهای تئوری مختلف برازش داده شده بر داده‌های آزمایشی را جهت تعیین مؤلفه‌های مختلف تغییرنما نشان می‌دهد. بر این اساس از بین سه مدل کروی، نمایی و گوسی، مدل گوسی با داشتن کمترین مقدار مجذور مجموع مربعات

و بیشترین مقدار ضریب تبیین به عنوان مدل مناسب جهت تخمین‌های صورت گرفته به روش کریجینگ انتخاب گردید .

جدول ۲- مقایسه پارامترهای واریوگرامهای مختلف

مدل واریوگرام	شعاع تاثیر (M)	اثر قطه‌ای (C_0)	آستانه ($C+C_0$)	C/C_0+C	R^2	RSS
Spherical	۱۴۲۵۰	۰/۵۳	۱/۲۰	۰/۵۶۲	۰/۹۱۶	۵۶
Exponential	۶۸۹۰	۰/۴۶	۱/۳۰	۰/۶۴۷	۰/۹۰۸	۶۱/۷
Linear	۱۷۳۴۹	۰/۶۷	۱/۳۱	۰/۴۸۶	۰/۸۰۶	۲۳۵
Linear to sill	۳۹۵۱۰	۰/۶۷	۲/۱۲	۰/۶۸۱	۰/۸۰۶	۱۳۰
Geussian	۶۷۹۰	۰/۶۰	۱/۲۱	۰/۵۰۰	۰/۹۱۸	۵۵/۲

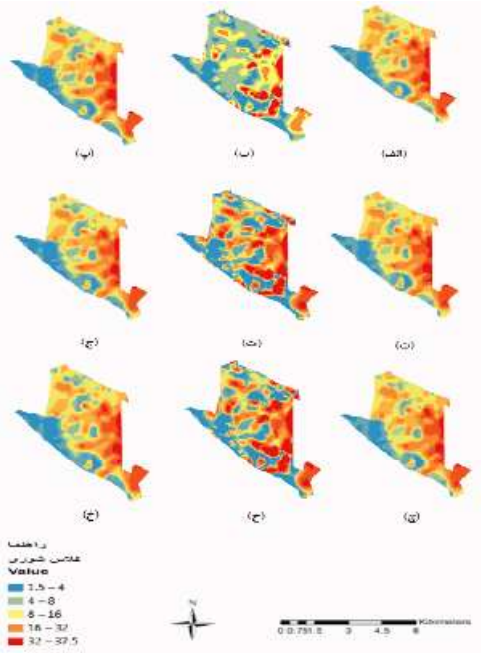
به منظور تهیه نقشه شوری خاک منطقه مورد مطالعه و تبدیل اطلاعات نقطه‌ای به ناحیه‌ای روش‌های مختلف زمین آماری کریجینگ معمولی، کریجینگ ساده و جهانی با نیم پراش نگارهای، کروی، گاوسی و نمایی استفاده شده است. از نرم‌افزارهای ARCGIS10 و GS+ برای تهیه نقشه‌های مختلف استفاده شد. در تکنیک‌های زمین‌آمار از خصوصیات آماری نقاط اندازه‌گیری شده استفاده می‌گردد و بر اساس همبستگی مکانی بین نقاط اندازه‌گیری شده، نحوه پراکندگی نقاط حول نقطه تخمین و ساختار مکانی، نقاط مجهول برآورد می‌شوند. برای انتخاب روش مناسب میان‌یابی برای تبدیل اطلاعات نقطه‌ای به ناحیه‌ای از تکنیک ارزیابی متقابل(cross- Validation) استفاده شده است. در این روش، در هر مرحله یک نقطه مشاهده‌ای حذف شده و با استفاده از بقیه نقاط مشاهده‌ای، آن نقطه برآورد می‌شود. این کار برای کلیه نقاط مشاهده‌ای تکرار می‌شود، به‌طوریکه در آخر به تعداد نقاط مشاهده‌ای برآورد وجود خواهد داشت. نتایج این برازش‌ها با آماره های تشخیصی شامل ریشه دوم مربعات خطا (RMS) و مقدار استاندارد شده آن (SRMS) میانگین استاندارد (Ms) میانگین (Mean) و متوسط مربعات خطا (ASE) ارزیابی شده است که در جدول (۳) نمایش داده شده است. نتایج صحت سنجی آشکار ساخت که روش درونیابی کریجینگ معمولی با مدل نیم پراش نگارگاوسی به بهترین شکل الگوی توزیع فضایی را تبیین می کند. به منظور مقایسه مقدار پیش‌بینی شده و مقدار واقعی از پارامتر RMSE استفاده شده است. بنابر این مدل‌های گوسی در هر سه حالت مناسب ترین الگوریتم‌ها در تخمین پارامتر EC می‌باشند.

جدول ۳- نتایج ارزیابی روش‌های مختلف کریجینگ

واریوگرام	مدل	Mean	MSE	ASE	RMSES	RMSE
Ordinary	Expontial	-۰/۰۲۶	-۰/۱۵۷	۴/۴۷۶	۱/۵۴۸	۵/۵۷۷
	Gosian	۷/۴۴۷	-۰/۹۸	۵/۰۱۷	۱/۷۳	۱/۰۹۹
	Spherical	-۰/۵۵۴	-۰/۷۴۳	۱/۸۹۶	۳/۷۶۴	۵/۶۱۵
Simple	Expontial	-۰/۰۳۳	-۰/۱۵۲	۴/۴۱۸	۱/۵۵۵	۵/۵۷۳
	Gosian	۷/۱۹۲	-۰/۶۵۵	۴/۸۰۰	۱/۱۲	۱/۰۶۲
	Spherical	-۰/۵۶۲	-۰/۷۴۷	۱/۸۹۵	۳/۷۶۶	۵/۶۰۷
Universal	Expontial	-۰/۰۲۶	-۰/۰۱۳	۰/۷۸۸	۷/۲۱۴	۵/۵۷۷
	Gosian	۷/۴۴۵	۹/۸۸۳	۰/۰۱۱	۱/۴۵۹	۱/۰۹۹
	Spherical	-۰/۵۵۴	-۱/۵۳۳	۰/۳۵۱	۱۶/۳۴۴	۵/۶۱۵

تصاویر ماهواره‌ای با استفاده از سایت earth explorer تهیه شدند. پس از گردآوری تصاویر، در طی دو مرحله پیش پردازش تصاویر، تصحیحات هندسی، تصحیحات رادیومتریکی و تصحیحات اتمسفری انجام شد. محدوده مورد مطالعه از فریم تصویر کامل ماهواره‌ای جدا شده و یک وکتور نقطه ای در محیط GIS بر اساس مختصات جغرافیایی نقاط نمونه برداری تهیه شد. شکل (۲) نقشه شوری خاک سطحی منطقه را که با استفاده از روشهای مختلف کریجینگ معمولی، ساده و جهانی تهیه شده است، نشان می‌دهد. بر این اساس در هر سه روش مورد استفاده کمترین مقدارشوری خاک در غرب و بیشترین مقدار آن در شرق و مرکز منطقه مشاهده می‌شود. در این رابطه قابل توضیح است که با توجه به توپوگرافی منطقه قسمت اعظم منطقه دارای ارتفاع پایین

است، بنابراین با توجه به بالا بودن آب زیرزمینی در قسمت‌های مرکزی و غربی منطقه و همچنین حرکت مویینگی آب در این مناطق و تبخیر بیشتر آب از سطح خاک، املاح محلول در سطح خاک تجمع پیدا کرده و در نتیجه میزان شوری خاک سطحی را در این نواحی افزایش یافته است.



شکل ۲- نقشه شوری حاصل از اعمال مدل‌های کریجینگ. (الف) Ordinary Expontial **(ب)** Ordinary Gosian **(پ)** Ordinary Spherical **(ت)** Simple Expontial **(ث)** Simple Gosian **(ج)** Simple Spherical **(چ)** Universal Spherical **(ح)** Universal Gosian **(خ)** Universal Spherical

بحث و نتیجه‌گیری

تغییرپذیری خصوصیات خاک با این فرض که توزیع خصوصیات خاک در طبیعت بصورت تصادفی است، اغلب توسط روش‌های آمار کلاسیک بیان می شود. در این روش ها نتایج بدست آمده از اندازه گیری نمونه ها مستقل از موقعیت مکانی آنها مورد بررسی قرار می‌گیرد. بنابراین مقدار یک کمیت در یک نمونه برداری هیچگاه اطلاعاتی درباره تغییرات مقادیر آن کمیت در سایر مناطق نمونه برداری شده ارائه نمی‌کند حسنی پاک (۱۳۹۲). بهتر است برای بررسی تغییرپذیری مکانی شوری از روش های زمین آماری که قادر به تحلیل جزء وابسته به مکان متغییرهای مکانی است، استفاده شود. مفهوم تغییرپذیری مکانی خاکها این است که مقادیر برخی ویژگی‌های خاک در نقاط مجاور در مقایسه با نقاطی که فاصله آنها بیشتر است، شباهت بیشتری دارند Foroughifar et al (2013) . در این تحقیق مدل‌های مختلف کریجینگ ساده ، معمولی و جهانی در سه حالت، کروی ، نمایی و گوسی مورد ارزیابی قرار گرفت و در هر سه حالت مدل گوسی بهترین نتیجه با کمترین درصد خطا را داشته است.

منابع

حسنی پاک، علی اصغر. (۱۳۹۲). زمین آمار (ژئواستاتیستیک). چاپ چهارم. تهران. انتشارات دانشگاه تهران. ۳۲۸ ص.

دماوندی ع ا.، ع ا درویش صفت، ۱۳۷۸، بررسی امکان کاربرد داده های ماهواره ای در شناسایی و طبقه بندی اراضی شور، به روش رقومی، همایش نقشه برداری.

سکوتی اسکوئی، ر. مهدیان، ش. محمودی، و. قهرمانی، ا. (۱۳۸۶). مقایسهٔ کارآیی برخی روش‌های زمین‌آماری برای پیش‌بینی پراکنش مکانی شوری خاک (مطالعه موردی: دشت ارومیه). مجلهٔ پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی: ۹۰-۹۸

Akramkhanov, A.; Martius, C.; Park, S. J.; & J. M. H. Hendrickx. (2011). Environmental factors of spatial distribution of soil salinity on flat irrigated terrain , Geoderma , 163, 55–62.

Fan, X., Weng, Y., and Tao, J.(2016). Towards decadal soil salinity mapping using Landsat time series data.

International Journal of Applied Earth Observation and Geo information, 52, 32-41.
Hamzehpour, N. and Bogaert, P.(2017). Improved spatiotemporal monitoring of soil salinity using filtered kriging with measurement errors: An application to the West Urmia Lake, Iran. Journal of Geoderma, 295, 22-33
Jordán, M.M., J. Navarro–Pedreño, E. García – sánchez, J. Mateu, and P. Juan. (2004). Spatial dynamics of soil salinity under arid and semi-arid conditions: geological and environmental. Environmental Geology. 45:448–456.
Lesch, S. M. (2005). Sensor-directed response surface sampling designs for characterizing spatial variation in soil properties. Computers, and Electronics in Agriculture 46 (1-3): 153-179.
Matinfar, H. R., Alavi Panah, S. K., Zand, F., K. Khodaei. (2011). Detection of soil salinity changes and mapping land cover types based upon remotely sensed data, Arab J Geosci, 6, 913–919. (in Persian)
MirMousavi, S.H., A. Mazidy and Y. Khosravi. (2010). Determine the best methods of geostatistics to estimate rainfall distribution using GIS (Case Study: Isfahan Province). Journal of Geography Space, 30: 105-120.
Mushtak, T. J., & J. Zhou. (2012). Assessment of soil salinity risk on the agricultural area in Basrah Province, Iraq: using remote rensing and GIS techniques. Journal of Earth Science. Vol. 23, 6, 881–891.
Ninerola, V.B., Navarro-Pedreno, J., Gomez Lucas, I., Melendez Pastor, I. and Jordan Vida, M.(2017). Geostatistical assessment of soil salinity and cropping systems used as soil phytoremediation strategy. Journal of Geochemical Exploration, 174, 53-58.
Reza, S.K., Nayak, D.C., Mukhopadhyay, S., Chattopadhyay, T., and Singh, S.K.. (2017). Characterizing spatial variability of soil propertiesin alluvial soils of India using geostatistics and geographical information system, Archives of Agronomy and Soil Science, DOI:10.1080/03650340.2017.1296134.
Said, N., Henning, B., and H, Joachim. (2014). Estimation of soil salinity using three quantitative methods basedon visible and near-infrared reflectance spectroscopy: a case study from Egypt, Arab J Geosci. 8 (7), 5127–5140.
Sparks, D.L. (1995). Environmental Soil Chemistry. Academic Press, INC.
Walter, C. and B. McBratney. (2001). Spatial prediction of topsoil salinity in the Chelif valley, Algeria, using local kriging with local variograms versus local kriging with whole area variogram. Aust. J. Soil Res. 39: 259-272.
Wang, G., Gertner, G., Parysow, P., Anderson, A.B. (2000). Spatial Prediction and uncertainty analysis of topographic factors for the revised universal soil loss equation (RUSLE). Journal of Soil and Water Conservation. 55(3): 114 – 123.
Wang, Y., Y. Li and D. Xiao. (2008). Catchment scale spatial variability of soil salt content in agricultural oasis, Northwest China. Environmental Geology 56 (2): 439-446.
Wang, Y. and Y. Li. (2013). Land exploitation resulting in soil salinization in a desert oasis ecotone. Catena 100: 50- 56.
Uyan, M. (2016). Determination of agricultural soil index using geostatistical analysis and GIS on land consolidation projects: A case study in Konya/Turkey, Computers and Electronics in Agriculture, 123: 402-409.

Investigation and comparison of different kriging methods in preparing soil salinity map of Dehloran, Ilam province

Foziyeh Kohani[1], Hamidreza Matinfar[2]*
1. Department of Soil Science, College of Agriculture, Lorestan University, Lorestan, Iran. Email: kohani.f@fa.lu.ac.ir
2. Department of Soil Science, College of Agriculture, Lorestan University, Lorestan, Iran. Email: Matinfar.h@lu.ac.ir

Abstract
The aim of this study was to evaluate the changes in soil salinity using different statistical methods in Dehloran. For this purpose, 218 soil samples were taken from a depth of 0 to 10 cm above the soil surface and the electrical conductivity of the saturated soil extract in the samples was measured. In this study, 9 statistical methods of ordinary kriging (exponential, Gaussian, spherical), universal kriging (exponential, Gaussian, spherical) and simple kriging (exponential, Gaussian, spherical) were used to prepare the soil salinity map. In order to evaluate the accuracy of these methods, the statistical parameters of squared mean mean error and coefficient of explanation were used. The results showed that Gaussian models with minimum squared mean squares error are more suitable and accurate for assessing soil salinity. The classification of the area is defined in 5 classes based on the defined salinity thresholds. The results of the final soil salinity maps showed that the highest amount of salt accumulation is related to the east and center of the region and the lowest amount of accumulation is in the western parts.
Keywords: Geostatistics, Salinity, Kriging, Dehloran

نقشه‌برداری رقومی فامیل‌های خاک با استفاده از مدل جنگل تصادفی در مقیاس مزرعه

رضا ابراهیمی*[۱]، احمد حیدری[۲]، علی کشاورزی[۳]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد منابع خاک و ارزیابی اراضی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران
Rezaebrahimi@ut.ac.ir

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

۳- استادیار گروه علوم و مهندسی خاک، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشکاه تهران

چکیده

نقشه‌برداری ویژگی‌ها و کلاس‌های خاک با استفاده از رویکرد نقشه‌برداری رقومی خاک (DSM) یک نیاز ضروری در مدیریت دقیق خاک و نیز کشاورزی دقیق است. با این وجود، بسیاری از نقشه‌های فعلی خاک (سنتی و رقومی) در ایران به صورت کوچک مقیاس (مقیاس منطقه‌ای و زمین نما) تهیه شده‌اند که برای اعمال مدیریت در مقیاس مزرعه مناسب نمی‌باشند. نقشه‌برداری کلاس‌ها و خصوصیات خاک در مقیاس مزرعه، به ویژه خاک‌هایی که در دشت‌های رسوبی شکل گرفته‌اند، بدون در نظر گرفتن تغییرات کوتاه دامنه افق‌ها و خصوصیات خاک ، امکان پذیر نیست. در مطالعه حاضر، کلاس‌های خاک در مقیاس مزرعه (۱:۱۰۰۰۰) براساس ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک به عنوان ورودی در مدل‌سازی در کنار متغیرهای محیطی ارزیابی شد. ۵۳ پروفیل خاک در مزرعه‌ای به مساحت ۲۲۰ هکتار حفر و تشریح شد. خصوصیات توپوگرافی، اطلاعات مستخرج از تصاویر ماهواره‌ای و خصوصیات خاک برای مدل‌سازی به عنوان داده‌های کمکی فامیل‌های خاک، مورد استفاده قرار گرفتند. نتایج نشان داد که استفاده از خصوصیات خاک مانند کلاس‌های اندازه ذرات خاک و ظرفیت تبادل کاتیونی به عنوان متغیرهای کمکی در پیش‌بینی فامیل‌های خاک می‌تواند در افزایش دقت پیش‌بینی کلاس‌های فامیل خاک بسیار موثر باشد.

کلمات کلیدی: یادگیری ماشین، متغیرهای خاک، مقیاس مزرعه، کرج

مقدمه

کسب اطلاعات دقیق از خاک برای مدیریت پایدار اکوسیستم‌ها ضروری است. مدیریت صحیح منابع خاک به میزان شناخت ما از توزیع مکانی خاک و ویژگی‌های آن بستگی دارد و نقشه‌های خاک از جمله مهم‌ترین منابع اطلاعاتی هستند که در این زمینه به‌کار برده می‌شوند Ziadat (2007). با توجه به این مهم که در اکثر نقاط ایران اطلاعات دقیق جهت اعمال مدیریت صحیح در اراضی در دسترس نمی‌باشد، روش‌های نقشه‌برداری رقومی خاک می‌توانند به عنوان ابزاری کارآمد در برآورد توزیع مکانی انواع خاک‌ها مورد استفاده قرار گیرند Afshar et al.(2018). اساس این نوع نقشه‌برداری تحت عنوان نقشه‌برداری رقومی، معادله اسکورپن[۱] می‌باشد. در این معادله ویژگی‌ها (Attributes) یا کلاس‌های خاک (Soil Classes) با متغیرهای محیطی یا خاکی ارتباط داده می‌شود. به این صورت که در هر موقعیت مشاهداتی تعدادی متغیرهای محیطی یا خاکی وجود دارند که همبستگی بالایی با ویژگی‌ها یا کلاس‌های خاک آن موقعیت نشان می‌دهند. یافتن این خصوصیات در دیگر نقاط مشابه، منجر به تهیه نقشه رقومی خاک در تمام منطقه مورد مطالعه می‌شود McBratney et al.(2003).

نقشه‌های تفصیلی خاک که شامل اطلاعات کامل از ویژگی‌های خاک‌ها و توزیع آن‌ها می‌باشند، برای ارزیابی، مدیریت، و بهره-برداری از منابع اراضی مورد نیاز می‌باشند. متأسفانه، نقشه‌های تفصیلی خاک، تنها برای سطح محدودی از مناطق ایران موجود می‌باشند و مطالعات خاک‌شناسی حاکی از آن است که بیش از ۷۵ درصد نقشه‌های خاک کشور در مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ یا کوچکتر تهیه شده‌اند، مؤمنی و همکاران،(۱۳۹۰). اگرچه مطالعات نقشه‌برداری رقومی در سال‌های اخیر به‌طور چشم‌گیری افزایش یافته‌اند اما اکثر این مطالعات، کلاس‌های خاک را تا سطح گروه بزرگ پیش‌بینی کرده‌اند Brungard et al.(2015); Jafari et al.(2012). بسیاری از تصمیم‌ها در رابطه با مدیریت خاک بر اساس ویژگی‌هایی از خاک می‌باشند که در سطوح بالای رده‌بندی خاک (رده، زیررده) قابل تشخیص نمی‌باشند. بنا بر این تهیه‌ی نقشه‌های خاک در سطوح پایین‌تر رده‌بندی با تعداد داده‌ی کافی، جهت نمایش دقیق توزیع مکانی خصوصیات و کلاس‌های خاک امری ضروری به نظر می‌رسد (برانگارد و همکاران، ۲۰۱۵). به

[1] SCORPAN

دلیل توانایی مدل‌های یادگیری ماشین[1] (ML) در نشان دادن روابط غیر خطی بین خصوصات یا کلاس‌های خاک با عوامل و فاکتورهای خاک ساز، محققین زیادی به توانایی این مدل‌ها در تهیه نقشه‌های دقیق خاک اشاره کرده‌اند McBratney et al.(2019). در این رابطه، هیونگ و همکاران، (۲۰۱۶) در مطالعه‌ای با عنوان مرور و مقایسه تکنیک‌های یادگیرنده ماشینی برای اهداف طبقه‌بندی خاک و تهیه نقشه رقومی، به این نکته اذعان داشتند که مدل جنگل تصادفی و مدل‌های درختی به دلیل سرعت در پردازش و سهولت تفسیر داده‌های خروجی، مدل‌های مناسبی هستند.

Malone et al .(2017) با اشاره به این موضوع که نقشه‌های تهیه شده در مقیاس‌های بزرگ ملی و منطقه‌ای دارای دقت لازم برای اعمال مدیریت و تصمیم گیری در مزارع نیستند عنوان کردند که باید روش‌هایی برای افزایش دقت و مقیاس صورت گیرد و بر لزوم استفاده از داده مشاهداتی کافی برای پوشش تمامی تغییرات موثر بر مدیریت خاک تاکید کردند. علاوه بر این در مقیاس‌های منطقه‌ای و یا زمین‌نما متغیرهای کمکی دارای تغییرات کافی برای نمایش پراکنش مکانی خصوصیات و کلاس‌های خاک می‌باشند ولی در مقیاس‌های مزرعه‌ای برای نمایش این پراکنش‌ها به خصوص در مناطقی با تغییرات زیاد و ناهمگنی بالا باید از متغیرهای کمکی دیگری همچون خصوصیات خود خاک کمک گرفت. هدف از این تحقیق ارزیابی دقت روش نقشه‌برداری رقومی خاک در تهیه نقشه فامیل‌های خاک در مقیاس مزرعه و نیز تعیین مهم‌ترین متغیرهای کمکی در پیش‌بینی کلاس‌های فامیل خاک در یک دشت رسوبی با تنوع بالای کلاس‌های خاک است.

مواد و روش‌ها

معرفی منطقه مطالعاتی

منطقه مورد مطالعه در جنوب شهر کرج در دو طرف اتوبان تهران-کرج قرار گرفته است. مساحت منطقه در حدود ۲۲۰ هکتار می‌باشد که در بین عرض‌های جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۷ دقیقه و ۵۷ ثانیه و ۳۵ درجه و ۴۸ دقیقه و ۳۵ ثانیه شمالی و طول های جغرافیایی ۵۰ درجه و ۵۷ دقیقه و ۲ ثانیه و ۵۰ درجه و ۵۷ دقیقه و ۵۸ ثانیه شرقی قرار گرفته است. ارتفاع متوسط منطقه حدود ۱۳۰۰ متر از سطح دریا می‌باشد. رژیم رطوبتی و حرارتی خاک منطقه بر اساس آمار ایستگاه هواشناسی موجود در مزرعه تحقیقاتی به ترتیب زریک و ترمیک می‌باشد و نیز میزان بارندگی متوسط سالانه منطقه در حدود ۳۴۰ میلی متر و میانگین دمای سالانه نیز حدود ۱۵ درجه سانتی‌گراد می‌باشد.

مطالعات میدانی و آزمایشگاهی

در این تحقیق ۵۳ پروفیل خاک در منطقه مطالعاتی حفر شد که در قسمت جنوبی منطقه از روش شبکه منظم به فاصله ۲۰۰ متر و در قسمت های شمالی تر منطقه، حفر پروفیل‌ها به صورت تصادفی صورت گرفت. سپس از افق‌های مختلف تمامی پروفیل‌ها نمونه برداری انجام پذیرفت و برگه تشریح برای هر کدام تکمیل گردید. نمونه‌های اخذ شده به مدت ۴۸ ساعت هواخشک و جهت انجام آزمایشات فیزیکوشیمیایی به آزمایشگاه منتقل شدند. در نهایت تمامی پروفیل‌ها بر اساس کلید رده‌بندی خاک آمریکایی تا سطح فامیل طبقه بندی شدند .Soil Science Division Staff. (2017).

استخراج و انتخاب مهم‌ترین متغیرهای کمکی

در این تحقیق از مدل رقومی ارتفاع ALOS PALSAR و تصاویر ماهواره لندست ۸ استفاده شد. کلیه متغیرهای ژئومورفومتری از قبیل شیب، جهت شیب، ارتفاع، شاخص قدرت جریان و شاخص طول شیب و شاخص خیسی توپوگرافی در محیط نرم‌افزار SAGA GIS نسخه ۷،۲ و متغیرهای سنجش از دوری از قبیل (NDVI[2], SAVI[3], DVI[4], RVI[5], CLAY[6], BRITNESS[7],

[1] Machine learning
[2] Normalized difference vegetation index
[3] Soil adjusted vegetation index
[4] Difference vegetation index
[5] Ratio vegetation index
[6] Clay index
[7] Britness index

(GNDVI[1]) در محیط نرم‌افزار ERDAS IMAGINE تهیه شدند. همچنین در این تحقیق بدلیل تغییرات کوتاه دامنه زیاد در خاک از برخی خصوصیات خاک از قبیل توزیع اندازه ذرات، ظرفیت تبادل کاتیونی و اسیدیته خاک نیز به عنوان متغیر کمکی در تخمین کلاس خاک استفاده شد. در نقاط نمونه برداری مقدار هر یک از این متغیرها اندازه‌گیری و با استفاده از تکنیک های زمین‌آماری کریجینگ معمولی و کوکریجینگ اقدام به درون‌یابی این مقادیر در سطح منطقه مطالعاتی شد. متغیرهای تهیه شده برای ورود به مرحله مدل‌سازی در محیط نرم افزار Arc GIS بعد از یکسان سازی اندازه پیکسل‌ها آماده شدند. در نهایت با استفاده از آنالیز مولفه‌های اصلی (PCA[2]) مهم‌ترین متغیرهای موثر بر توزیع کلاس‌های خاک انتخاب شدند.

مدل‌سازی خاک با استفاده از الگوریتم جنگل تصادفی

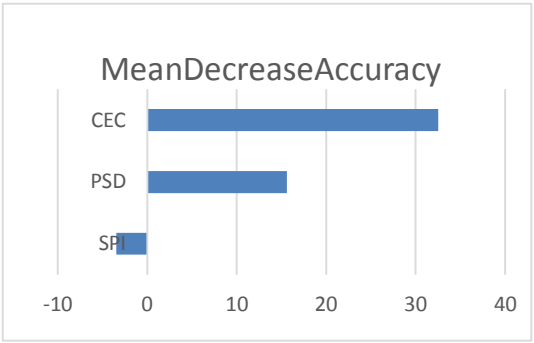
الگوریتم مورد استفاده در این تحقیق مدل Random forest است که برای برای مدل‌سازی و پیش‌بینی پراکنش مکانی کلاس‌های خاک مورد استفاده قرار گرفت. این مدل یک تکنیک یادگیرنده فعال است که توسط Beriman (2001) ارائه شده است. این مدل نسخه توسعه یافته از مدل طبقه‌بندی و رگرسیون درختی CART[3] است که داده‌ها را به طور تکراری برای به دست آوردن ارتباط بین متغیر هدف و متغیرهای مستقل جداسازی می‌کند. در روش RF بر خلاف سایر روش‌های درختی که تعداد محدودی درخت ترسیم می‌کنند، هزاران درخت طبقه‌بندی تولید می‌شود Beriman and cutler (2004). مدل‌سازی با استفاده از بسته نرم‌افزاری "Random forest" و کد نویسی در محیط نرم‌افزار R صورت گرفت. برای تعیین مهم‌ترین متغیرهای کمکی محیطی برای پیش‌بینی کلاس‌های خاک، بعد از نتایج حاصل از PCA و انتخاب مهم‌ترین متغیرها، متغیر های کمکی با ۴ سناریوی ورودی، شامل ۱: ورود لایه‌های کمکی توپوگرافی و سنجش از دور و خاک، ۲: ورود لایه های کمکی سنجش از دور و توپوگرافی، ۳: ورود لایه‌های کمکی فقط از خصوصیات خاک، ۴: ورود لایه‌های کمکی توپوگرافی و خصوصیات خاک، مورد ارزیابی قرار گرفتند .

نتایج و بحث

موثرترین متغیرهای کمکی و ارزیابی صحت مدل‌سازی

با استفاده از نتایج حاصل از تجزیه مولفه‌های اصلی، از متغیرهای ژئومورفومتری، شاخص خیسی توپوگرافی، شاخص قدرت جریان و انحنای برش عمودی و از متغیرهای سنجش از دور، شاخص پوشش گیاهی نرمال شده و از متغیرهای خاکی نیز توزیع اندازه ذرات بین (۰/۷۵ تا ۰/۱) و ظرفیت تبادل کاتیونی در بخش کنترل فامیل به عنوان مهم‌ترین متغرهای کمکی انتخاب شدند. نتایج حاصل از مدل‌سازی نشان داد که در سناریوهای متفاوت از متغیرهای کمکی ورودی به مدل جنگل تصادفی (RF)، متغیرهای کمکی خاک و ژئومورفومتری، بیشترین دقت را در پیش‌بینی فامیل‌های خاک در منطقه مطالعاتی دارند. مدل RF با استفاده از آنالیز حساسیت، اهمیت و اولویت متغیرها در مدل‌سازی را نیز تعیین می‌کند. مدل RF به روش میانگین کاهش صحت (MDA[4]) قادر به تعیین اولویت متغیرهای مورد استفاده در فرایند مدل‌سازی می‌باشد. در روش MDA مقادیر صحیح متغیرها با مقادیری که به صورت تصادفی برای هر درخت تولید شده است جایگزین می‌شود و اگر این جایگزینی اثری روی خطای اندازه گیری نداشته باشد اهمیت آن متغیر کم است و اگر مقدار خطای اندازه گیری افزایش یابد، آن متغیر از اهمیت بالایی برخوردار است Beriman and cutler (2004)

[1] Green normalized difference vegetation index
[2] Principle component analysis
[3] Classification and Regression Tree Algorithm
[4] Mean Decrease in Accuracy



شکل ۱- میزان اهمیت متغیرها در مدل‌سازی بر اساس روش MDA

در این تحقیق برای ارزیابی صحت مدل‌سازی بعد از تشکیل ماتریس خطا از ضریب کاپا[1] و دقت کلی[2] استفاده شد که با استفاده از نتایج آنالیز مولفه‌های اصلی و روش MDA با ورود لایه‌های توزیع اندازه ذرات (۰/۱-۰/۷۵ mm)، ظرفیت تبادل کاتیونی و شاخص قدرت جریان، بالاترین میزان دقت کلی و شاخص کاپا به دست آمد (شکل ۱)، که به ترتیب دارای دقت کلی ۸۲ درصد و شاخص کاپا ۰/۷۸ بودند. استفاده از متغیرهای کمکی مستخرج از اطلاعات سنجش از دور و DEM، از قبیل شاخص پوشش گیاهی، شاخص خیسی توپوگرافی و شاخص انحنای پروفیلی، به دلیل عدم توانایی این شاخص‌ها در بیان تغییرات خاک در مقیاس بزرگ، میزان شاخص کاپا به ندرت از ۰/۵ بالاتر رفت. ، با بیان اینکه استفاده ترکیبی از خصوصیات خاک و پارامترهای مستخرج از مدل‌های رقومی ارتفاع و تصاویر ماهواره‌ای می‌تواند نقش بسزایی در افزایش دقت مدل‌سازی داشته باشد بر لزوم استفاده از خصوصیات خاک به عنوان ورودی در مدل‌سازی تاکید کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که ظرفیت تبادل کاتیونی خاک مهم‌ترین لایه ورودی جهت پیش بینی کربن آلی خاک است. حتی در این باره Zhang and Hartemink (2021). گزارش دادند که اثر موارد مادری و مشتقات آن که خصوصیات ذاتی خاک می‌باشند بر تغییرپذیری‌های کوتاه دامنه خاک بیشتر از کاربری اراضی است. به علاوه نتایج به دست آمده از مدل‌سازی آنها نشان از توانایی بالای مدل جنگل تصادفی در پیش‌بینی پراکنش مکانی خاک‌ها می‌باشد. نتایج تحقیقات Esfandiarpour-Boroujeni et al.(2020) و Mirakzehi et al.(2018) نیز این مسئله را تایید کرده‌اند.

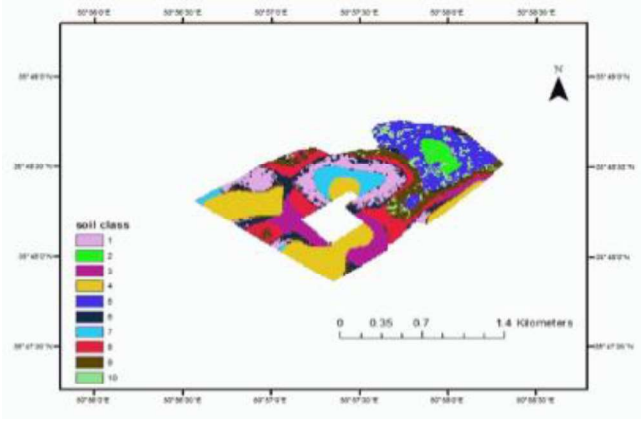
نتایج پیش‌بینی کلاس‌های خاک

خاک‌های منطقه در دو رده انتی‌سول و اینسپتی‌سول قرار گرفتند. پروفیل‌های مورد مطالعه در ۱۰ فامیل خاک (جدول ۱) با پراکنش قرار می‌گیرند که در منطقه توزیع ناهمگن دارند (شکل ۲). این مسئله حاکی از تنوع زیاد خاک در سطح فامیل دارد. فامیل Loamy-skeletal, mixed, superactive, calcareous, thermic ,Typic Xerorthents بیشترین وسعت را به خود اختصاص داده است. با توجه به رسوبات جوان منقطه مطالعاتی و اقلیم نیمه خشک، خاک تکامل پیدا نکرده است، متغیر بودن عمق سولوم خاک در منطقه نیز گواه شرایط رسوبی و ناپیوسته مواد مادری است. در رابطه با تعیین پراکنش مکانی خاک‌ها، مالون و همکاران (۲۰۱۷)، عنوان کردند که باید روش‌هایی برای افزایش دقت و اصلاح مقیاس صورت گیرد و بر لزوم استفاده از داده‌های مشاهداتی کافی برای پوشش تمامی تغییرات موثر بر مدیریت خاک تاکید کردند. همچنین Zhang and Hartemink (2021). عنوان کردند که از اصلی‌ترین راه‌های فایق آمدن بر تغییرات کوتاه دامنه و پوشش تمامی ناهمگنی‌های خاک افزایش تعداد نمونه‌های مشاهداتی و نیز استفاده از روش‌های سنجش از نزدیک است. Hartemink et al.(2017) این تغییرات کوتاه دامنه را نتیجه میکروتوپوگرافی‌ها و میکرواقلیم‌ها دانستند.

[1] Kappa index
[2] Overall accuracy

جدول ۱- رده‌بندی خاک‌ها تا سطح فامیل به همراه کد هر خاک روی نقشه

کد فامیل خاک روی نقشه	رده‌بندی خاک‌ها تا سطح فامیل بر اساس کلید ۲۰۱۴
1	Coarse-loamy, mixed,superactive, thermic, Typic Haploxerepts
2	Fine, mixed, active, thermic, Fluventic Haploxerepts
3	Loamy-skeletal, mixed, superactive, thermic, Typic Haploxerepts
4	Loamy-skeletal, mixed, superactive, calcareous, thermic ,Typic Xerorthents
5	Fine-loamy, mixed, superactive, thermic, Fluventic Haploxerepts
6	Coarse-loamy, mixed, active, thermic, Typic Haploxerepts
7	Coarse-loamy, mixed, superactive, calcareous, thermic, Typic Xerorthents
8	Fine-loamy, mixed, superactive, thermic, Typic Haploxerepts
9	Fine-loamy, mixed, active, thermic, Fluventic Haploxerepts
10	Fine-loamy, mixed, active, thermic, Typic Haploxerepts



شکل ۲- پراکنش مکانی کلاس‌های فامیل خاک در منطقه با مدل جنگل تصادفی

نتیجه گیری

نتایج این مطالعه نشان داد که تکنیک‌های نقشه برداری رقومی خاک (مدل جنگل تصادفی) در مقیاس‌های کوچک و در مناطقی که پارامترهای ژئومورفومتری و نیز سنجش از دور به دلیل وسعت کم یا نبود تغییرات ارتفاعی و یا پوشش گیاهی یکسان از کیفیت لازم برای نمایش توزیع مکانی خاک‌ها برخوردار نیستند. خصوصیات ذاتی خاک به عنوان متغیر کمکی می‌توانند به عنوان پارامترهای اساسی در فرایند مدل‌سازی جهت پیش‌بینی توزیع مکانی و پراکنش خاک‌ها مورد استفاده قرار گیرند. این مسئله به خصوص در دشت‌های رسوبی با تغییرپذیری و ناهمگنی زیاد خصوصیات و یا کلاس‌های خاک می‌تواند مفید واقع شود. پیشنهاد می‌شود در مطالعات نقشه‌برداری دقیق خاک به خصوص در مقیاس‌های مزرعه‌ای و یا محلی از مدل‌های رقومی ارتفاع یا تصاویر با رزولشن مکانی بالاتر و خصوصیات خاک استفاده شود تا بتوان اثر میکروفیچرها را بر فرایندهای خاک‌سازی و پراکنش مکانی خاک‌ها مورد بررسی قرار داد.

منابع

مؤمنی ع .افتخاری ک .سیدجلالی س.ع .و جمشیدی م . 1390 .گزارش نهائی برنامه‌ی راهبردی : شناسایی و طبقه بندی خاک و ارزیابی اراضی .نشریه‌ی شماره . 502 مؤسسه تحقیقات خاک و آب.

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

Breiman, L. (2001) *Random forests*. Machine learning, 45(1), 5-32.

Breiman, L. and Cutler, A. (2004) *Random Forests*. Department of Statistics, University of Berkeley. http://www.stat.berkeley.edu/~breiman/Random Forests/cc_home.htm.

Brungard, C. W., Boettinger, J. L., Duniway, M. C., Wills, S. A., & Edwards Jr, T. C. (2015). Machine learning for predicting soil classes in three semi-arid landscapes. *Geoderma*, *239*, 68-83.

Esfandiarpour-Boroujeni, I., Shamsabadi, M. S., Shirani, H., Mosleh, Z., Bodaghabadi, M. B., & Salehi, M. H. (2020). Comparison of error and uncertainty of decision tree and learning vector quantization models for predicting soil classes in areas with low altitude variations. *Catena*, *191*, 104581.

Gholami, H., Mohammadifar, A., Pourghasemi, H. R., & Collins, A. L. (2020). A new integrated data mining model to map spatial variation in the susceptibility of land to act as a source of aeolian dust. *Environmental Science and Pollution Research*, *27*(33), 42022-42039.

Hartemink, A. E., Gennadiyev, A. N., Bockheim, J. G., & Bero, N. (2017). Short-range variation in a Wisconsin soilscape (USA). *Eurasian Soil Science*, *50*(2), 198-209.

Jafari, A., Finke, P. A., Vande Wauw, J., 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*(2), 284-298.

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

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

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

Paul, S. S., Coops, N. C., Johnson, M. S., Krzic, M., Chandna, A., & Smukler, S. M. (2020). Mapping soil organic carbon and clay using remote sensing to predict soil workability for enhanced climate change adaptation. *Geoderma*, *363*, 114177.

Soil Science Division Staff. (2017). Soil survey manual. *USDA handbook 18*, 120-131.

Zhang, Y., & Hartemink, A. E. (2021). Quantifying short-range variation of soil texture and total carbon of a 330-ha farm. *Catena*, *201*, 105200.

Ziadat F.M. 2007. Land suitability classification using different sources of information: Soil maps and predicted soil attributes in Jordan. *Geoderma* 140: 73-80.

مقایسه دو رویکرد در مدلسازی کلاسهای بافت خاک با استفاده از نقشه‌برداری رقومی خاک

فرشته میرزایی[1]، علیرضا امیریان چکان[1]، روح‌الله تقی زاده مهرجردی[2]، حمیدرضا متین‌فر[1]

۱- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد، استادیار (amirian.ar@lu.ac.ir) و دانشیار دانشگاه لرستان

۲- استادیار دانشگاه اردکان و محقق ارشد گروه علوم زمین دانشگاه توبینگن

چکیده

در رویکردهای نقشه‌برداری رقومی خاک برای مدلسازی کلاسهای بافت خاک معمولا از دو رویکرد استفاده می‌شود. در رویکرد اول کلاسهای بافت خاک مستقیما مدلسازی می‌شوند ولی در رویکرد دوم ابتدا درصدهای رس، شن و سیلت مدلسازی می‌شوند، سپس با استفاده از درصدهای تخمینی کلاسهای بافت خاک تعیین می‌شوند. با توجه به اینکه اطلاعات بسیار کمی در خصوص کارآیی این دو رویکرد وجود دارد، در این تحقیق کلاسهای بافت خاک بر اساس این دو رویکرد و با استفاده از متغیرهای محیطی به دست آمده از مدل رقومی ارتفاع و تصاویر سنجش از دور مدلسازی گردید. برای این منظور از داده‌های بافت ۲۰۰ نمونه خاک و الگوریتم جنگل تصادفی استفاده شد. ضریب کاپا و دقت کلی طبقه‌بندیها در رویکرد اول به ترتیب ۶۸ و ۷۹ درصد و در رویکرد دوم ۳۸ و ۶۳ درصد به دست آمد. بنابراین با استفاده از رویکرد اول، ضریب کاپا حدود ۷۹ درصد و دقت کلی حدود ۲۵ درصد نسبت به رویکرد دوم افزایش نشان داد. همچنین مقادیر فراخوانی (Recall) نشان داد هیچ کدام از نمونه‌های متعلق به دو کلاس Sandy loam و Silty clay loam در رویکرد دوم به درستی طبقه‌بندی نشدند. نتایج نشان داد برای مدلسازی بافت خاک بهتر است کلاسهای بافت خاک مستقیما مدلسازی شوند.

واژگان کلیدی: الگوریتم جنگل تصادفی، اجزاء بافت خاک، دقت کلی، متغیرهای محیطی

مقدمه

بافت خاک از مهمترین ویژگیهای خاک است که ارتباط نزدیکی با خواص دیگر خاک از جمله نفوذپذیری، آبگذری، زهکشی، حاصلخیزی و صعود مویینگی دارد. بنابراین با مدلسازی مکانی بافت خاک می‌توان به اطلاعات مناسبی درباره سایر خواص خاک دست یافت. همچنین داده‌های بافت خاک را می‌توان به عنوان ورودی مدلهای مختلف زیست محیطی استفاده کرد. امروزه با گسترش روزافزون تعداد داده‌های کمی و استفاده از روشهای کامپیوتری و دسترسی به نرم افزارهای مختلف، می‌توان در کنار روشهای سنتی تهیه نقشه خواص خاک که معمولا وقت‌گیر و پرهزینه هستند، از روشهای مبتنی بر رویکرد نقشه‌برداری رقومی خاک (DSM[1]) استفاده کرد. در این روشها، بر اساس ارتباط بین خاک و متغیرهای محیطی که نماینده فاکتورهای خاکسازی هستند، ویژگیها و کلاسهای خاک مدلسازی می‌شوند (McBratney et al., 2003).

در مطالعات مختلفی اجزاء جداگانه بافت خاک شامل رس، سیلت و شن (e.g., Taghizadeh-Mehrjardi et al., 2016; Mehrabi-Ghorbani, 2019; Amirian-Chakan et al., 2019) و یا کلاسهای بافت خاک (eg., Poggio and Gimona, 2017) با استفاده از تکنیکهای مختلف DSM مدلسازی شده‌اند. در برخی از این مطالعات برای تهیه نقشه توزیع مکانی کلاسهای بافت خاک، یا کلاسهای بافت خاک به عنوان یک متغیر کیفی با استفاده از الگوریتمهای مختلف داده کاوی و متغیرهای محیطی مدلسازی شده‌اند و یا ابتدا درصدهای رس، سیلت و شن با استفاده از این الگوریتمها مدلسازی شده‌اند و پس از آن بر اساس درصدهای تخمینی، کلاسهای بافت خاک تعیین شده‌اند (Dharumarajan and Hegde, 2020; Zhang et al., 2020). در این مطالعات این دو رویکرد و کارآیی آنها با هم مقایسه نشده است و مشخص نشده است کدام رویکرد منجر به تخمینهای بهتری از کلاسهای بافت خاک می‌گردد. به عبارت دیگر آیا بهتر است مستقیما کلاسهای بافت خاک مدلسازی شوند و یا اینکه ابتدا اجزاء بافت خاک مدلسازی شوند و سپس کلاسهای بافت خاک تعیین شوند؟ این تحقیق با هدف پاسخ به پرسش مذکور در خاکهای اطراف شهر کوهدشت در استان لرستان با استفاده از الگوریتم جنگل تصادفی (RF[2]) و متغیرهای محیطی مربوط به توپوگرافی و

[1] Digital soil mapping
[2] Random forest

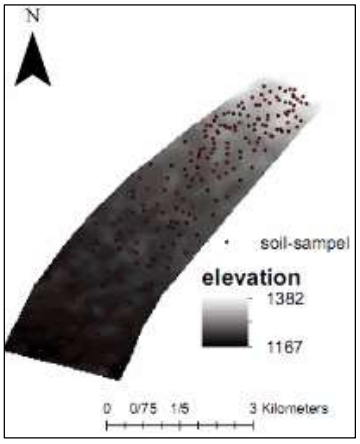
داده‌های سنجش از دور انجام گرفت.

مواد و روشها

برای انجام این تحقیق محدوده ای به وسعت تقریبی ۲۰۰۰ هکتار در اطراف شهرستان کوهدشت در ارتفاع حدود ۱۱۹۸ متر از سطح دریا در استان لرستان انتخاب گردید. اقلیم منطقه نیمه مرطوب با تابستان‌های گرم و زمستان سرد و میانگین بارندگی و دمای سالانه به ترتیب ۴۵۰ میلیمتر و ۱۶ درجه سانتی‌گراد است. منطقه در محدوده زاگرس چین خورده قرار دارد و واحد ژئومورفولوژی آن دشت دامنه ای است. از نظر کاربری و پوشش گیاهی، منطقه از تنوع نسبتا بالایی برخوردار است؛ پوشش گیاهی آن شامل گیاهان مرتعی، زالزالک، بلوط، بادام و کاربری غالب کشت دیم گندم و جو و زراعت آبی چغندرقند، یونجه، ذرت، صیفی جات و باغهای زردآلو، هلو، انجیر و انگور است.

نمونه برداری و آنالیزهای آزمایشگاهی

برای انجام این تحقیق از خاک سطحی منطقه (عمق ۰ تا ۳۰ سانتی‌متری) تعداد ۲۰۰ نمونه به صورت تصادفی برداشت شد (شکل ۱). برای این منظور محدوده‌ای انتخاب شد تا نمونه‌ها تا حد امکان از تنوع بافتی نسبتا بالایی برخوردار باشند. نمونه‌های خاک پس از برداشت، خشک و کوبیده شدند و برای تعیین بافت خاک از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شدند. بافت نمونه ها به روش هیدرومتری (Gee and Bauder, 1986) و کلاس بافت آنها با استفاده از مثلث بافت خاک تعیین شد.



شکل ۱: موقعیت نقاط نمونه‌برداری شده

استخراج متغیرهای کمکی

نقشه‌برداری رقومی خاک بر اساس مدل فاکتورهای خاکسازی ینی (Jenny, 1941) است. بر اساس مدل ینی، اگر بتوان شرایط حاکم بر سیستم خاک که همان فاکتورهای خاکسازی هستند را مشخص نمود، می‌توان خواص خاک را پیش‌بینی کرد. برای مشخص نمودن فاکتورهای خاکسازی یک منطقه می‌توان از متغیرهای محیطی مختلف که نماینده فاکتورهای خاکسازی هستند استفاده نمود. بر این اساس، مک‌براتنی و همکاران (۲۰۰۳) مدل اسکورپن (scorpan) را ارائه دادند که بر اساس آن ، ویژگیها و کلاسهای بافت خاک با استفاده از توابعی به متغیرهای محیطی ارتباط داده می‌شوند. متغیرهای محیطی از منابع مختلفی قابل استخراج هستند که در این تحقیق از دو منبع مهم و رایج یعنی مدل رقومی ارتفاع (DEM[1]) و تصویر سنجش از دور (تصویر لندست ۸) استفاده شد.

مدل سازی بافت خاک

در این تحقیق برای مدلسازی کلاسهای بافت خاک از دو رویکرد استفاده شد. در رویکرد اول ابتدا متغیرهای محیطی مهم به عنوان ورودی به الگوریتم جنگل تصادفی وارد شدند و درصدهای رس، سیلت و شن تخمین زده شدند. سپس بر اساس مقادیر تخمینی این اجزاء، کلاسهای بافت خاک تعیین شدند. در رویکرد دوم همانند رویکرد اول، متغیرهای محیطی مهم برای مدلسازی

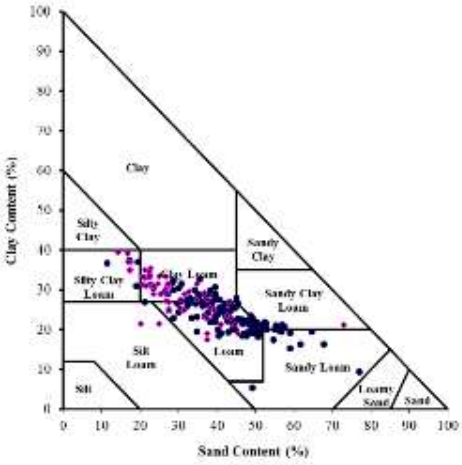
[1] Digital elevation model

کلاسهای بافت خاک به عنوان یک متغیر کیفی استفاده شدند و خود کلاسهای بافت خاک تخمین زده شدند. در نهایت کارآیی دو رویکرد بر اساس معیارهایی چون دقت کلی طبقه بندی، ضریب کاپا و مقدار فراخوانی (Recall value) کلاسها با هم مقایسه شد.

مدل جنگل تصادفی (RF) یک الگوریتم با کارآیی بالا است که هم برای رگرسیون استفاده و هم برای طبقه‌بندی استفاده می‌شود (Breiman, 2001). روش کار الگوریتم بر اساس درخت تصمیم است ولی به جای یک درخت از تعداد زیادی از درختان استفاده می‌شود. در مسائل طبقه‌بندی کلاس نهایی، کلاسی است که توسط اکثر درختان پیش‌بینی شده است. از مزایای مدل RF، تعیین اهمیت نسبی متغیرهای محیطی در پیش‌بینی متغیر هدف به روشهای مختلف است. یکی از شاخصهای مهم در تعیین اهمیت متغیرها در مدلسازی متغیرهای کیفی مثل کلاس بافت خاک، ضریب یا شاخص ناخالصی جینی است. ضریب جینی درجه یا احتمال طبقه‌بندی اشتباه یک متغیر وقتی کاملا به صورت تصادفی طبقه‌بندی می‌شود را نشان می‌دهد. این شاخص بین صفر تا یک متغیر است. مقدار صفر بیانگر این است که همه اعضا به درستی در کلاسهای خود قرار گرفته اند ولی مقدار یک بیانگر این است اعضا به صورت تصادفی و بدون هیچ الگوی خاصی بین کلاسهای مختلف تقسیم شده‌اند.

نتایج و بحث

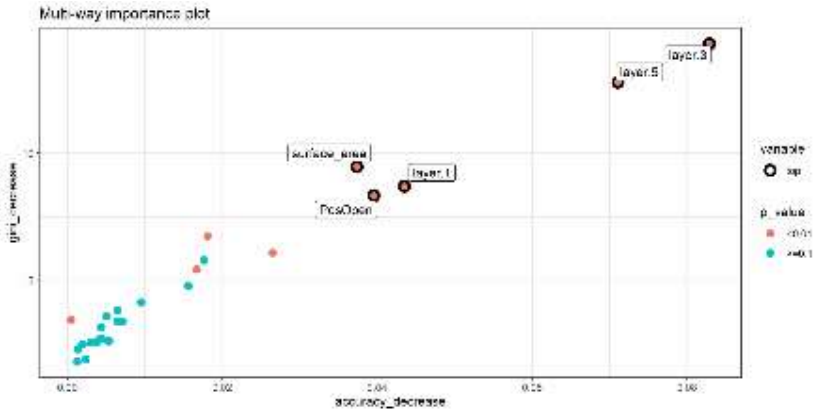
در شکل ۱ توزیع کلاس بافت نمونه‌ها در مثلث بافت خاک نشان داده شده است. بیشتر نمونه‌ها دارای کلاسهای Loam و Clay loam هستند و تعداد کمتری در کلاسهای Silty clay loam، Sandy clay loam، sandy loam و Silt loam قرار گرفته‌اند. با وجود وسعت نسبتا کم منطقه، ولی تنوع کلاسهای بافت خاک در منطقه نسبتا بالا است که می‌تواند دلیلی بر تغییرات عوامل موثر بر بافت خاک مثل شیب باشد. به طور کلی خاکهای نزدیک به ارتفاعات منطقه دارای بافت درشت‌تر و خاکهای با فاصله دورتر دارای بافت سنگین‌تر می‌باشند.



شکل ۱- توزیع نمونه‌ها در کلاسهای مختلف بافت خاک

اهمیت نسبی متغیرها

در شکل ۲ اهمیت نسبی متغیرها بر اساس دو شاخص ضریب جینی و کاهش دقت مدل در پیش‌بینی کلاسهای بافت خاک نشان داده شده است. هر چه میزان کاهش در ضریب جینی و دقت بیشتر باشد اهمیت متغیر نسبی در مدلسازی بافت خاک بیشتر است. بر این اساس پنج متغیر محیطی با بیشترین اهمیت در شکل نشان داده شده‌اند (دایره های با خط سیاه پررنگ).



شکل ۲- اهمیت نسبی متغیرها برای کلاسهای بافت خاک بر اساس شاهص جینی و میزات کاهش دقت مدل

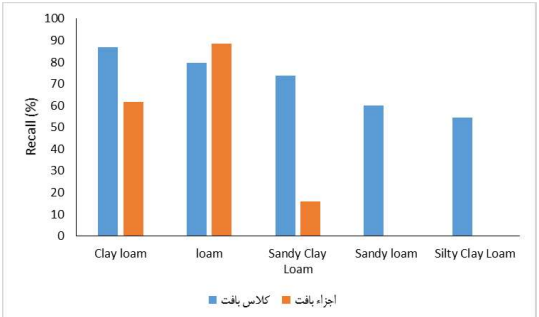
کارآیی رویکردهای مختلف در مدلسازی کلاسهای بافت خاک

در این تحقیق با استفاده از جنگل تصادفی یک بار اجزاء بافت خاک (رس، سیلت و شن) مدلسازی شدند و از اجزاء تخمینی کلاس بافت خاک به دست آمد و یک بار هم کلاسهای بافت خاک مستقیما مدلسازی شدند. در جدول ۱ رویکرد اول با عنوان اجزا و رویکرد دوم با عنوان کلاس بافت ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهد طبقه بندی کلاس بافت خاک بر اساس رویکرد اول به ترتیب منجر به ضریب کاپا و دقت کلی ۳۸ و ۶۳ درصد گردید ولی در رویکرد دوم این مقادیر ۶۸ و ۷۹ درصد به دست آمدند. این نتیجه به خوبی نشان می‌دهد رویکرد دوم منجر به کارآیی بیشتری در طبقه‌بندی کلاسهای بافت خاک شده است به طوری که با این رویکرد ضریب کاپا حدود ۷۹ درصد و دقت کلی حدود ۲۵ درصد افزایش یافته است. در بررسی انجام شده در هند از مدل جنگل تصادفی برای مدلسازی کلاسهای بافت خاک استفاده شد و دقت کلی ۶۰ تا ۶۵ درصد و ضریب کاپا ۳۵ تا ۴۷ درصد برای عمقهای مختلف خاک به دست آمد (Dharumarajan and Hegde, 2020).

جدول ۱- دقت کلی و ضریب کاپا طبقه‌بندی انجام شده توسط جنگل تصادفی برای دو رویکرد مورد استفاده در مدلسازی کلاسهای بافت خاک

نوع مدلسازی	Kappa (%)	Overall accuracy (%)
اجزاء بافت	۳۸	۶۳
کلاس بافت	۶۸	۷۹

برای اینکه مشخص شود در هر رویکرد چند درست از نمونه‌های هر کلاس بافت خاک درست طبقه‌بندی شده‌اند از شاخص Recall استفاده گردید و نتایج در شکل ۳ نشان داده شده است. نتایج نشان می‌دهد در رویکردی که ابتدا درصدهای رس، سیلت و شن تخمین زده شدند و پس از آن کلاس بافت خاک تعیین شد، هیچ کدام از نمونه‌های کلاسهای Sandy loam و Silty clay loam به درستی طبقه بندی نشدند (مقدار Recall صفر است). همچنین در حالتی که کلاسهای بافت خاک مستقیما پیش‌بینی شده‌اند، تعداد بیشتری از نمونه‌ها به درستی در کلاسهای Clay loam و Sandy clay loam طبقه‌بندی شده‌اند ولی برای کلاس Loam بر عکس است و مقدار Recall مقداری کمتر از حالتی است که به جای کلاسها، اجزاء بافت خاک مدلسازی شده‌اند.



شکل ۳- مقادیر پارامتر Recall برای کلاسهای مختلف بافت در دو رویکرد مورد استفاده.

نتیجه‌گیری

در این تحقیق از دو رویکرد برای مدلسازی کلاسهای بافت خاک با استفاده از روشهای نقشه‌برداری رقومی استفاده گردید. در رویکرد اول کلاسهای بافت خاک مستقیما با استفاده از متغیرهای محیطی و الگوریتم جنگل تصادفی مدلسازی شدند و در رویکرد دوم ابتدا درصدهای شن، سیلت و رس تخمین زده شدند، سپس از مقادیر تخمینی کلاسهای بافت خاک تعیین شدند. به طور کلی نتایج نشان داد مدلسازی مستقیم کلاسهای بافت خاک منجر به تخمینهای بهتری از کلاسهای بافت خاک می‌شود هرچند که ممکن است این بهبود برای برخی کلاسها کمتر و یا اصلا بهبودی در تخمینها حاصل نشود. بنابر نتایج به دست آمده، در مدلسازی کلاسهای بافت خاک با استفاده از روشهای DSM، بهتر است به جای تخمین درصدهای رس، سیلت و شن و تعیین کلاس بافت خاک از داده‌های تخمینی، کلاس بافت خاک مستقیما مدلسازی شود.

فهرست منابع

Amirian-Chakan, A., Minasny, B., Taghizadeh-Mehrjardi, R., Akbarifazli, R., Darvishpasand, Z., Khordehbin, S. Some practical aspects of predicting texture data in digital soil mapping. Soil and Tillage Research, 194, 104289.

Breiman, L., 2001. Random forests. Machine Learning, 45, 5–32.

Dharumarajan, S., Hegde, R. 2020. Digital mapping of soil texture classes using Random Forest classification algorithm. Soil Use and Management. https://doi.org/10.1111/sum.12668

Gee, G.W., Bauder, J.W. 1986. Particle-size analysis. In: Klute, A. (Ed.), Methods of Soil Analysis: Part 1. American Society of Agronomy and Soil Science Society of America, Madison, WI, pp. 383 – 411.

Jenny, H., 1941. Factors of Soil Formation: a System of Quantitative Pedology. McGraw- Hill, NewYork.

Mehrabi-Gohari, H., Matinfar, H.R., Jafari, A., Taghizadeh-Mehrjardi, R., Triantafilis, J. 2019. The Spatial Prediction of Soil Texture Fractions in Arid Regions of Iran. Soil Systems, 3, 65, doi.org/10.3390/soilsystems3040065

Poggio, L., Gimona, A., 2017. 3D mapping of soil texture in Scotland. Geoderma Reg. 9, 5– 16.

Taghizadeh-Mehrjardi, R., Toomanian, N., Khavaninzadeh, A.R., Jafari, A., Triantalis, J., 2016. Predicting and mapping of soil particle-size fractions with adaptive neuro- fuzzy inference and ant colony optimization in central Iran. Eur. J. Soil Sci. 67, 707 725.

Zhang, M., Shi, W., Xu, Z. 2020. Systematic comparison of five machine-learning models in classification and interpolation of soil particle size fractions using different transformed data. Hydrol. Earth Syst. Sci., 24, 2505–2526.

Comparing two approaches in modeling soil textural classes using digital soil mapping

Fereshteh Mirzaei[1], Alireza Amirian-Chakan[1], Ruhollah Taghizadeh-Mehrjardi[2], Hamid Reza Matinfar[1]

1-Ms Student, Assistant Professor and Associated Professor respectively, Lorestan University

2-Assistant Professor, Ardakan University; Senior Researcher, University of Tubingen, Germany

Abstract

In digital soil mapping methods, two approaches are usually used to model soil textural classes. In the first approach, soil textural classes are directly modeled, while in the second one clay, silt are sand fractions are modeled firstly, then the estimated values are used to obtain soil textural classes. Since little is known about the performance of these two approaches, here soil textural classes were modeled based on these approaches using environmental variables obtained from a digital elevation model and remotely sensed images. To test the approaches, 200 soil textural data and a random forest algorithm were employed. Kappa index and overall accuracy for the first approach were 68% and 79%, respectively and for the second approach were 38% and 63%. Therefore, the first approach increased the Kappa index and overall accuracy by 79% and 25% compared to the second approach. In addition, recall values showed that no sample with sandy loam and silty clay loam textures was correctly classified using the second approach. Overall, the findings indicated that modeling soil textural classes resulted in more accurate classifications than modeling soil texture fractions.

Keywords: Environmental variables, Overall accuracy, Random forest algorithm, Soil texture fractions,

مدلسازی داده‌های نامتوازن بافت خاک با استفاده از رویکردهای نقشه‌برداری رقومی

فرشته میرزایی[1]، علیرضا امیریان چکان[1]، روح‌الله تقی زاده مهرجردی[2]، حمیدرضا متین‌فر[1]

۱-به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد، استادیار (amirian.ar@lu.ac.ir) و دانشیار دانشگاه لرستان

۲-استادیار دانشگاه اردکان و محقق ارشد گروه علوم زمین دانشگاه توبینگن

چکیده

در رویکردهای نقشه‌برداری رقومی برای مدلسازی مکانی بافت خاک، از الگوریتمهای مختلف داده‌کاوی برای برقراری ارتباط بین ویژگی‌های خاک و متغیرهای محیطی استفاده می‌شود. با توجه به اینکه معمولا تعداد داده در کلاسهای مختلف بافت خاک یکسان نیست، کارآیی این الگوریتمها برای مدلسازی کلاسهایی با تعداد کم داده و کلاسهایی با تعداد زیاد داده متفاوت است و این موضوع یکی از مشکلات رایج در مدلسازی کلاسهای خاک است. برای رفع این مشکل، روشهای مختلفی وجود دارد که در مطالعات خاک به ندرت استفاده شده‌اند. در این تحقیق متغیرهای محیطی استخراج شده از مدل رقومی ارتفاع و تصویر ماهواره‌ای به عنوان ورودی مدل جنگل تصادفی برای مدلسازی کلاس بافت خاک ۲۰۰ نمونه برداشته شده از خاک سطحی منطقه کوهدشت استان لرستان در دو حالت داده اولیه (نامتوازن) و داده متوازن استفاده گردیدند. برای متوازن سازی داده‌ها از روش بیش نمونه‌برداری از کلاس اقلیت (SMOTE) استفاده شد. نتایج نشان داد متوازن‌سازی داده‌ها باعث افزایش دقت کلی و ضریب کاپا طبقه‌بندی‌ها به ترتیب به میزان ۱۵ و ۳۵ درصد گردید. همچنین بر اساس شاخص Recall، متوازن‌سازی داده‌ها باعث بهبود طبقه‌بندی‌ها در همه کلاسهای بافت خاک گردید. نتایج نشان داد برای کلاسهای خاک، بهتر است قبل از مدلسازی داده‌ها به روش مناسب متوازن شود.

واژگان کلیدی: الگوریتم جنگل تصادفی، کلاس بافت خاک، SMOTE، یادگیری ماشین

مقدمه

بافت خاک یکی از خواص بسیار مهم خاک است که تاثیر زیادی روی ویژگیهای فیزیکی و شمیایی خاک دارد. روشهای مرسوم تهیه نقشه توزیع مکانی بافت خاک علاوه بر هزینه‌بر و وقت‌گیر بودن، تغییرات مکانی درون واحدها را نیز نشان نمی‌دهند. رویکرد نقشه‌برداری رقومی خاک بر پایه مدل فاکتورهای خاکسازی ینی (Jenny, 1941)، که توسط مک براتنی و همکاران (۲۰۰۳) به صورت منسجم و کاربردی ارائه گردیده است، می‌تواند برخی مشکلات روشهای مرسوم تهیه نقشه خواص و کلاسهای خاک را با هزینه و زمان معقول‌تری برطرف کند.

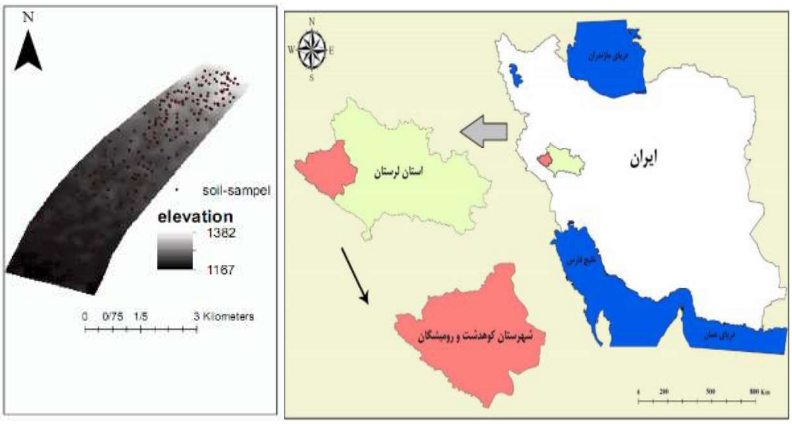
در مطالعات زیادی از رویکرد نقشه برداری رقومی برای مدلسازی و تهیه نقشه بافت خاک استفاده شده است (e.g., Adhikari et al., 2013; Akpa et al., 2014; Amirian-Chakan et al., 2019). در این مطالعات بیشتر اجزا بافت خاک به صورت جداگانه مدلسازی شده است و فقط در تعداد کمی از مطالعات کلاسهای بافت خاک مدلسازی شده است (e.g., Poggio and Gimona, 2017; Zhang et al., 2020). در این مطالعات از الگوریتمهای مختلف یادگیری ماشین برای کشف الگوی موجود در داده‌ها و ارتباط بافت خاک با متغیرهای محیطی استفاده شده است.

یکی از مباحث مهم در الگوریتمهای یادگیری ماشین حساسیت آنها به داده‌های نامتوازن است. به عبارت دیگر اگر تعداد داده‌ها در کلاسهای مختلف متغیر هدف تفاوت نسبتا زیادی داشته باشد، کارآیی این الگوریتمها برای کلاسهایی که تعداد داده آنها بیشتر است، بهتر است. با وجود اینکه در مطالعات متعددی کلاسهای خاک به روشهای نقشه‌برداری رقومی مدلسازی شده است، ولی عدم توازن داده‌ها در اکثر این مطالعات بررسی نشده است. تقی‌زاده و همکاران (۲۰۱۹) و شریفی‌فر و همکاران (۲۰۱۹) برای مدلسازی کلاسهای رده‌بندی خاک موضوع متوازن‌سازی داده‌ها را بررسی نمودند و نشان دادند متوازن‌سازی داده‌ها باعث بهبود کارآیی الگوریتمهای داده کاوی می‌گردد. با وجود اینکه داده‌های کلاسهای بافت خاک هم معمولا نامتوازن هستند، این موضوع به ندرت در مطالعات نقشه‌برداری رقومی خاک مورد توجه قرار گرفته است (Zhang et al., 2020). روشهای مختلفی

برای متوازن‌سازی داده ها از جمله بیش نمونه برداری از کلاس اقلیت (SMOTE[1]) وجود دارد که می‌توان با استفاده از آنها تخمین کلاسهای بافت خاک را بهبود بخشید. هدف اصلی این تحقیق تاثیر متوازن‌سازی داده‌های کلاسهای بافت خاک روی کارآیی الگوریتمهای داده کاوی بر اساس رویکرد نقشه برداری رقومی است.

مواد و روشها

منطقه مورد مطالعه به وسعت تقریبی ۲۰۰۰ هکتار در شمال غربی شهرستان کوهدشت در ارتفاع حدود ۱۱۹۸ متر از سطح دریا در استان لرستان واقع گردیده است (شکل ۱) . میانگین بارندگی و دمای سالانه منطقه به ترتیب ۴۵۰ میلیمتر و ۱۶ درجه سانتی‌گراد و منطقه جزء مناطق نیمه مرطوب با تابستان‌های گرم و زمستان سرد است. واحد ژئومورفولوژی منطقه دشت دامنه ای و مواد مادری تشکیل دهنده خاک‌های منطقه اغلب آهکی است. از نظر زمین‌شناسی جزء پهنه زاگرس چین خورده محسوب می‌شود. پوشش گیاهی بومی منطقه شامل گیاهان مرتعی، زالزالک، درخت بلوط، بادام، کاج و کاربری غالب اراضی منطقه شامل کشت دیم گندم و جو و زراعت آبی چغندرقند، یونجه، ذرت، صیفی جات و باغهای مثمر زردآلو، هلو، انجیر و انگور است.



شکل ۱: موقعیت منطقه مورد مطالعه و نقاط نمونه‌برداری شده

نمونه برداری و آنالیزهای آزمایشگاهی

برای انتخاب منطقه‌ای با تنوع بافتی نسبتا بالا، نمونه برداری از دامنه کوههای منطقه به سمت مناطق نسبتا هموارتر دشت انجام گرفت. تعداد ۲۰۰ نمونه خاک به صورت تصادفی از خاک سطحی (۰ تا ۳۰ سانتی‌متری) برداشت گردید و مختصات آنها با دستگاه GPS ثبت گردید. نمونه‌های خاک پس از خشک و کوبیده شدن از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شدند و بافت آنها به روش هیدرومتری (Gee and Bauder, 1986) تعیین شد.

استخراج متغیرهای کمکی

بر اساس مدل اسکورپن در نقشه‌برداری رقومی خاک، علاوه بر داده‌های خاک به داده‌های کمکی نیز نیاز می‌باشد. داده‌های کمکی نماینده فاکتورهای خاکسازی هستند که می توان از آنها برای تخمین خواص و کلاس‌های خاک در مکان‌های بدون داده استفاده کرد. در این مطالعه از مدل رقومی ارتفاع (DEM) با قدرت تفکیک ۱۰ متر برای استخراج برخی از متغیرهای کمکی در محیط سامانه جغرافیایی ساگا از DEM استفاده گردید. منبع دیگر استخراج متغیرهای کمکی برای پیش‌بینی بافت خاک تصویر ماهواره ای لندست ۸ بود.

مدل سازی کلاسهای بافت خاک

در این مطالعه برای تخمین بافت خاک در نقاط نمونه‌برداری نشده متغیرهای محیطی استخراج شده از منابع مختلف به عنوان ورودی به مدل جنگل تصادفی وارد شدند. مدل جنگل تصادفی (RF) یک روش ناپارامتری است که قادر به پیش‌بینی متغیرهای کمّی یا متغیرهای طبقه‌بندی شده بر اساس مجموعه‌ای از متغیرهای پیش‌بینی کننده کمّی و کیفی است (Breiman,

[1] Synthetic minority oversampling techniques

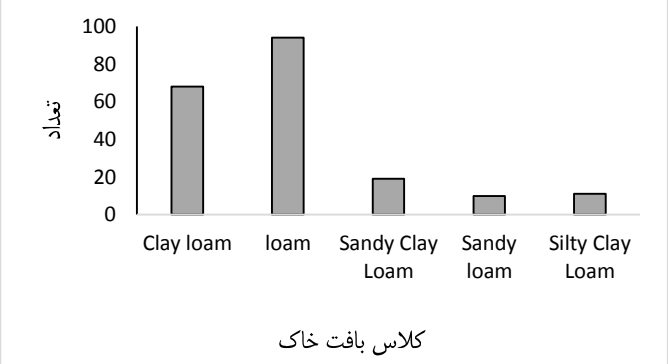
2001). در این الگوریتم، از داده‌ها به تعداد درختان تصمیم موجود در جنگل، نمونه Bootstrap برداشته می‌شود و برای هر نمونه یک درخت تصمیم ایجاد می‌شود. هر درخت، مدلسازی را روی داده‌ها انجام می‌دهد و متغیر هدف را تخمین می‌زند. در صورتی که از این الگوریتم برای تخمین متغیرهای کمی پیوسته استفاده شود، میانگین تخمین همه درختان به عنوان خروجی نهایی در نظر گرفته می‌شود. اگر از الگوریتم برای مسائل طبقه‌بندی استفاده شود، تخمین اکثر درختان (Majority voting) به عنوان کلاس نهایی در نظر گرفته می‌شود. یکی از مزایای استفاده از روش جنگل تصادفی مشخص کردن اهمیت نسبی متغیرهای کمکی است. متغیرهای مهم در تعداد بیشتری از درختان در گره ریشه قرار می‌گیرند و هر چه متغیر در گره‌های پایین‌تر قرار گیرد از اهمیت کمتری برخوردار است. یکی از روشهای کارآیی بالا، انتخاب مهمترین متغیرها بر اساس متوسط عمق کمینه آنها است که عبارت است از تعداد گره‌هایی که در امتداد کوتاهترین مسیر از گره ریشه تا نزدیکترین گره برگ قرار دارد. بر اساس این معیار هر چه میانگین عمق کمینه (MMD[1]) کمتر باشد، متغیر مورد نظر از اهمیت بیشتری برخوردار است.

متوازن سازی داده ها

در این تحقیق از مدل جنگل تصادفی یک بار برای مدلسازی کلاسهای بافت خاک بدون متوازن‌سازی و یک بار هم بعد از متوازن‌سازی داده‌ها استفاده شد و کارآیی مدل در هر دو حالت با هم مقایسه شد. برای متوازن سازی داده‌ها روشهای مختلفی وجود دارد که در این تحقیق از یکی از رایجترین آنها به نام SMOTE (Chawla et al., 2002) استفاده شد. در این تکنیک برای ایجاد نمونه‌های بیشتر، نمونه‌های کلاس اقلیت با درون‌یابی در فضای کوواریانس ایجاد می‌شوند. در نتیجه بر اساس k تا از نزدیکترین همسایگان کلاس اقلیت، توابع خطی بین همه همسایگان مجاور و متغیرهای مرتبط با آنها ایجاد و با استفاده از این تابع یک نمونه جدید ایجاد می‌شود. با تکرار این مراحل، در نهایت تعداد نمونه‌های همه کلاسها با هم تقریبا برابر می‌شود.

نتایج و بحث

توزیع نمونه ها در کلاسهای مختلف بافت خاک در شکل ۱ ارائه شده است. شکل به خوبی بیانگر عدم توازن تعداد نمونه‌ها در کلاسهای مختلف بافت خاک است. حدود نصف نمونه‌ها (۹۴ نمونه) در کلاس loam در حالی که فقط ۱۰ تا از نمونه‌ها دارای کلاس sandy loam هستند. تعداد نمونه‌های سایر کلاسها بین این دو مقدار قرار دارد.



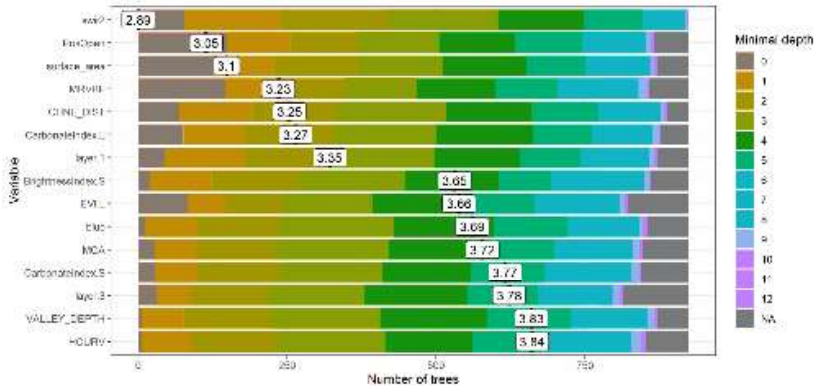
شکل ۱- تعداد نمونه های خاک در کلاسهای مختلف بافت خاک

اهمیت نسبی متغیرها

مشخص کردن اهمیت نسبی متغیرهای محیطی اهمیت زیادی در مدلسازی و تجزیه و تحلیل روابط خواص خاک با متغیرهای محیطی و عوامل خاکسازی دارد. به عنوان نمونه در شکل ۲ اهمیت متغیرهای محیطی مهم در مدلسازی مقدار رس خاک بر اساس شاخص میانگین عمق کمینه نشان داده شده است. بر اساس شکل متغیر swir2 با کمترین عمق (۲/۸۹) دارای بیشترین اهمیت و متغیر HCURV با بیشترین عمق (۳/۸۴) دارای کمترین اهمیت است. این شکل همچنین نشان می‌دهد متغیرهایی

[1] Mean minimal depth

که در بالای شکل قرار گرفته‌اند و دارای میانگین عمق کمینه کمتری هستند در تعداد بیشتری از درختان موجود در جنگل تصادفی در گره ریشه و یا گره های نزدیک ریشه قرار گرفته‌اند.



شکل ۲- توزیع عمق کمینه و میانگین آن برای متغیرهای کمکی مهم

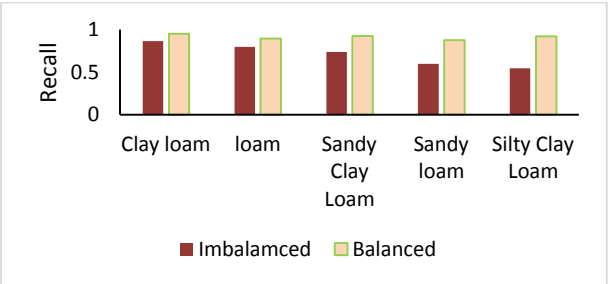
تاثیر متوازن‌سازی داده‌ها در کارآیی مدل جنگل تصادفی

برای بررسی تاثیر نامتوازن بودن داده‌ها روی نتایج مدل جنگل تصادفی، کارآیی این مدل در حالت استفاده از داده‌های نامتوازن و داده‌های متوازن بررسی و نتایج در جدول ۱ و شکل ۳ ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهد متوازن سازی داده‌ها با روش SMOTE باعث بهبود چشمگیری در دقت کلی و ضریب کاپا گردیده است، به طوری که دقت کلی برای طبقه‌بندی کلاسهای بافت خاک از ۰/۷۹ به ۰/۹۱ (حدود ۱۵ درصد) و ضریب کاپا از ۰/۶۸ به ۰/۸۹ (حدود ۳۹ درصد) افزایش یافته است. تقی‌زاده مهرجردی و همکاران (۲۰۱۹) در مدلسازی گروه‌های مرجع خاکهای ایران با استفاده از جنگل تصادفی، به این نتیجه رسیدند که متوازن‌سازی داده‌ها به روش SMOTE به ترتیب باعث افزایش ۱۰ و ۲۰ درصد در مقدار دقت کلی و ضریب کاپا گردید. شریفی‌فر و همکاران (۲۰۱۹) در بررسی تاثیر متوازن‌سازی داده‌های گروهای بزرگ خاک در شمال غربی ایران نشان دادند متوازن‌سازی داده ها باعث ایجاد نقشه‌هایی با دقت بیشتر می‌گردد.

جدول ۱- دقت کلی و ضریب کاپا طبقه‌بندی انجام شده توسط جنگل تصادفی برای داده‌های متوازن و نامتوازن

نوع داده	Kappa	Overall accuracy
متوازن	۰/۸۹	۰/۹۱
نامتوازن	۰/۶۸	۰/۷۹

در شکل ۳ مقادیر پارامتر Recall برای داده‌های متوازن و نامتوازن کلاسهای مختلف بافت خاک نشان داده شده است. مقدار Recall نشان می‌دهد الگوریتم مورد استفاده چند درصد از کلاسهای یک بافت خاک را به درستی طبقه بندی کرده و چند درصد را به اشتباه در کلاسهای دیگر بافت خاک قرار داده است. شکل نشان می‌دهد متوازن‌سازی داده‌ها باعث افزایش مقادیر Recall در همه کلاسهای بافت خاک گردیده است. تقی‌زاده و همکاران (۲۰۱۹) بر اساس مقادیر Recall نشان دادند متوازن کردن داده‌ها باعث بهبود کارآیی مدل جنگل تصادفی در طبقه‌بندی درست ۱۴ گروه مرجع خاک از ۱۵ تا گردید.



شکل ۳- مقادیر پارامتر Recall برای کلاسهای مختلف بافت خاک متوازن و نامتوازن

نتیجه‌گیری

با توجه به اینکه تعداد نمونه‌های کلاسهای بافت خاک معمولا یکسان نیست و الگوریتم داده کاوی معمولا برای کلاسهایی با داده بیشتر دارای کارایی بالاتر و برای کلاسهای اقلیت دارای کارآیی کمتر هستند، در این تحقیق تاثیر متوازن‌سازی داده‌های کلاسهای مختلف با استفاده از روش SMOTE روی کارآیی مدل جنگل تصادفی بررسی گردید. نتایج نشان داد متوازن‌سازی داده ها باعث بهبود کارآیی مدل جنگل تصادفی گردید. بنابراین برای مدلسازی کلاسهای مختلف خاک (مثل کلاسهای بافت خاک، سطوح مختلف رده‌بندی آمریکایی و گروههای مرجع خاک) و برای انجام طبقه بندی‌های قابل اعتمادتر، بهتر است داده‌ها قبل از مدلسازی با روشهای مناسب مدلسازی شوند.

فهرست منابع

Adhikari, K., Kheir, R.B., Greve, M.B., Bøcher, P.K., Malone, B.P., Minasny, B., McBratney, A.B., Greve, M.H., 2013. High-resolution 3-d mapping of soil texture in Denmark. Soil Sci. Soc. Am. J. 77, 860 –876.

Akpa, S.I.C., Odeh, I.O.A., Bishop, T.F.A., Hartemink, A.E., 2014. Digital mapping particle-size fractions for Nigeria. Soil Sci. Soc. Am. J. 78, 1953 –1966.

Amirian-Chakan, A., Minasny, B., Taghizadeh-Mehrjardi, R., Akbarifazli, R., Darvishpasand, Z., Khordehbin, S. Some practical aspects of predicting texture data in digital soil mapping. Soil and Tillage Research, 194, 104289.

Breiman, L., 2001. Random forests. Machine Learning, 45, 5–32.

Chawla, N.V., Bowyer, K.W., Hall, L.O., Kegelmeyer, W.P. 2002. SMOTE: Synthetic minority over-sampling technique. Journal of Artificial Intelligence Research, 16, 321–357.

Gee, G.W., Bauder, J.W. 1986. Particle-size analysis. In: Klute, A. (Ed.), Methods of Soil Analysis: Part 1. American Society of Agronomy and Soil Science Society of America, Madison, WI, pp. 383 – 411.

Jenny, H., 1941. Factors of Soil Formation: a System of Quantitative Pedology. McGraw- Hill, NewYork.

Poggio, L., Gimona, A., 2017. 3D mapping of soil texture in Scotland. Geoderma Reg. 9, 5– 16.

Sharififar, A., Sarmadian, F., Malone, B.P., Minasny, B. 2019. Addressing the issue of digital mapping of soil classes with imbalanced class observations. Geoderma, 350, 84-92

Taghizadeh –Mehrjardi, R., Schmidt, K., Eftekhari, K. et al., 2019. Synthetic resampling strategies and machine learning for digital soil mapping in Iran. Eur. J. Soil Sci. 71, 352-368.

Zhan, M., Shi, W., Xu, Z. 2020. Systematic comparison of five machine-learning models in classification and interpolation of soil particle size fractions using different transformed data. Hydrol. Earth Syst. Sci., 24, 2505–2526.

Modeling imbalanced soil texture data using digital soil mapping approaches

Fereshteh Mirzaei[1], Alireza Amirian-Chakan[1], Ruhollah Taghizadeh-Mehrjardi[2], Hamidreza Matinfar[1]

1-Ms Student, Assistant Professor and Associated Professor respectively, Lorestan University

2-Assistant Professor, Ardakan University; Senior Researcher, University of Tubingen, Germany

Abstract

I digital soil mapping (DSM) approaches, different data mining algorithms are used to relate soil properties to environmental covariates. Since the number of observations in each soil texture class is different from other classes, the performance of a data mining algorithm when models classes with large observations is different compared to the performance when classes with small number of observations are modeled. This is a well-known problem in modeling soil classes. There are several approaches to deal with imbalanced data problem that have been rarely used in soil science. Here, environmental covariates derived from a digital elevation model and Landsat 8 image were used as input of a random forest (RF) algorithm to model 200 soil samples collected from Kuhdasht (Lorestan province). The RF model was run using both original (imbalanced) and balanced data set. A synthetic minority oversampling technique (SMOTE) was used to balance data. Results indicated that data balancing increased overall accuracy and Kappa index by 15 and 35% respectively. Also, recall values showed data balancing improved classification accuracy for all soil texture classes. Overall, the findings indicates imbalanced class data should be balanced prior to modeling.

Keywords: Machine learning, Random forest algorithm, SMOTE, Soil texture class

کانی شناسی رس در خاک‌های منطقه ی زاگرس
(مطالعه ی موردی: روستای گِلسفید شهرستان اردل در استان چهارمحال و بختیاری)

زهرا پیرانیان[1] و حسین ترابی گل سفیدی[2]

۲- نویسنده ی مسئول: استادیار گروه علوم خاک دانشگاه شاهد htorabi@shahed.ac.ir

۱- دانش آموخته ی کارشناسی ارشد گروه علوم خاک دانشگاه شاهد

چکیده

این تحقیق با هدف شناسایی کانی های بخش رس خاک های تشکیل شده در ۴ نوع ماده مادری مارن های رنگی گراول دار، سازند بختیاری، سازند آسماری-جهرم و سازند تاربور در زمین نماهای مختلف در زاگرس مرکزی و اراضی روستای گِلسفید از توابع شهرستان اردل در استان چهار محال و بختیاری انجام شد. برای انجام این تحقیق بخش رس ۶ خاکرخ از ۲۸ خاکرخ مطالعه شده به عنوان خاکرخ های شاهد مورد بررسی قرار گرفت. برای آماده سازی نمونه های خاک جهت انجام آنالیز پراش اشعه ایکس از روش کیتریک و هوپ استفاده شد. نتایج این تحقیق نشان داد که کانی های کلریت، ایلایت و کائولنیت در همه ی نمونه های خاک خاکرخ ها و در همه مواد مادری وجود دارند. بنابراین می توان گفت بخش غالب این کانی ها و مخصوصاً کائولنیت به ارث رسیده از مواد مادری است. با توجه به شواهد، می توان گفت که حداقل بخشی از اسمکتیت مشاهده شده در خاک‌های منطقه، به ارث رسیده از مواد مادری و بخش دیگری از آن در اثر تغییر شکل ساده‌ی کانی های میکا و کلریت بوجود آمده اند. برخلاف تصور عمومی، کانی غالب در خاک های ورتی سولز منطقه ی مورد مطالعه، اسمکتیت نبوده است. کانی غالب خاک های ورتی سولز، ایلایت، کلریت، کائولنیت و مقدار کمی نیز ورمیکولیت و اسمکتیت بوده است.

واژگان کلیدی: اسمکتیت، ایلایت، خاکرخ، کلریت، کائولنیت

مقدمه

کانی‌های رسی دارای ویژگی‌های منحصر به فردی هستند که شناسایی کمی و کیفی آن‌ها علاوه بر کمک به تعیین مراحل مختلف هوادیدگی، تشکیل و تکامل خاک، کنترل عناصر آلاینده و رادیواکتیو و حل پاره‌ای از مسائل تغذیه‌ای مانند جذب، تثبیت و رهاسازی کاتیون‌های خاک می‌تواند دیدگاه علمی گسترده‌ای را در نحوه استفاده از آن پیش روی ما قرار دهد. نوع کانی‌های رسی ایجاد شده در خاک، تابع عواملی همچون آب و هوا، شرایط و خصوصیات خاک و نوع ماده مادری است و فرایندهایی مانند سرعت هوادیدگی، آبشویی، زهکشی، اکسایش و کاهش و تعادلات یونی سیستم خاک نقش مهمی در تشکیل کانی‌های خاک دارند. اطلاعاتی که از کانی‌شناسی خاک‌ها به دست می‌آید به‌خوبی می‌تواند رابطه آن را با خصوصیات مختلف آن مشخص نماید. خواص فیزیکی خاک از قبیل توزیع اندازه ذرات، نیروهای بین‌ذره‌ای ساختمان، مقاومت در مقابل تورم، مقاومت برشی در خاک، نگهداری رطوبت، هدایت آب در خاک، ظرفیت و هدایت حرارتی را می‌توان از جمله خواصی نام برد که متأثر از نوع و مقدار رس در خاک می‌باشند(Dixon and Schulze, 2002).

کیانی و همکاران(۱۳۸۵) برای بررسی نوع، مقدار و خاستگاه کانی‌های رسی در تناوب لس- خاک قدیمی منطقه پاسنگ استان گلستان دریافتند که ایلیت، کلریت، اسمکتیت، کائولینیت، کوارتز و فلدسپارها از کانی‌های غالب در این خاک‌ها هستند. ایلیت، کلریت و کائولینیت در هر سه نمونه (سیلت، رس ریز و رس درشت) مشاهده شد. کوارتز و فلدسپار کانی موجود در سیلت و اسمکتیت در رس ریز و رس درشت وجود داشت. گرچه مقدار و نوع کانی‌های رسی در خاک‌ها وابستگی زیادی به مواد مادری دارند، ولی تفاوت‌هایی نیز در مقادیر کانی‌ها در نیمرخ خاک مشاهده گردید.

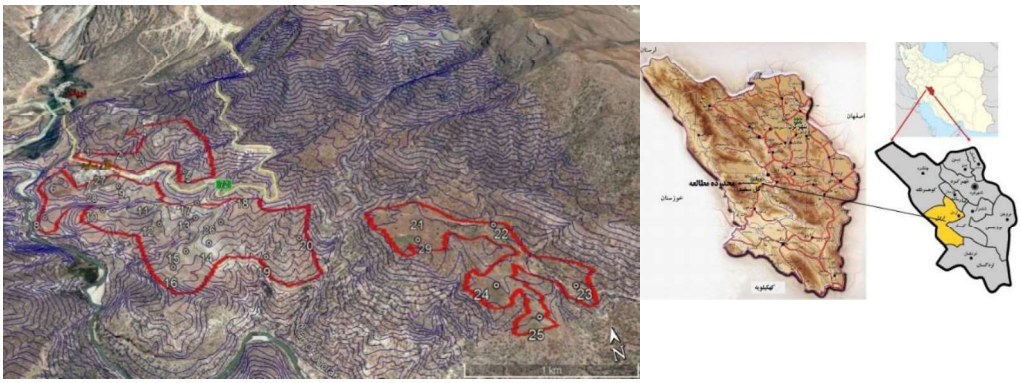
Surapaneni et. al. (2002) با مطالعه خاک‌های نیوزیلند دریافتند که میکا در اثـر هوادیدگی بـه ورمیکولیت تبدیل و فعالیت هر دو کانی توسط مرحله هوادیدگی و ماهیت مواد مادری تعیـین می‌شود.

هدف از این مطالعه، بررسی کانی شناسی رس در نمونه های خاک تشکیل شده در مواد مادری و زمین نماهای مختلف است.

مواد و روش‌ها

معرفی منطقه مورد مطالعه

روستای گلسفید از توابع دهستان مشایخ در بخش حومه مرکزی شهرستان اردل از استان چهارمحال و بختیاری با مساحتی برابر۳۱کیلومترمربع در مختصات ″۵۰°۳۵′۰۲ تا ″۵۰°۴۰′۳۸طول شرقی و ″۳۱° ۵۰′۱۱ تا ″۴۳ ۵۵′ ۳۱° عرض شمالی قرار گرفته است. نزدیک‌ترین مرکز شهری تا روستای گلسفید، شهر ناغان به فاصله ۳۵ کیلومتر و فاصله روستا تا مرکز استان برابر ۱۰۵ کیلومتر از مسیر جاده ناغان می‌باشد. موقعیت محدوده اراضی انتخابی طرح در مجاورت روستای گلسفید به همراه نقاط پروفیلی و نقشه توپوگرافی در تصویر ماهواره ی گوگل ارتس در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل۱- موقعیت محدوده طرح در کشور، استان چهار محال و بختیاری و شهرستان اردل

نقشه زمین شناسی منطقه مورد مطالعه و نقاط مورد مطالعه در شکل۲ نشان داده شده است. مهم‌ترین سازندهای زمین شناسی منطقه شامل: سازندهای بختیاری، آسماری-جهرم و تاربور و در بخش هایی از منطقه مارن رنگی گراول دار مربوط به دوره چهارم زمین شناسی نیز وجود دارند(سازمان زمین شناسی ایران، ۱۹۹۶).

سازند تاربور از آهک‌های توده‌ای و صخره‌ای همراه با مقدار زیادی سنگواره تشکیل شده است.

سازند بختیاری بیشتر شامل کنگلومرا و ماسه‌سنگ آهکی است که گاهی به صورت هم‌شیب و گاهی دگرشیب بر روی سازندهای کهن‌تر نهشته شده است.

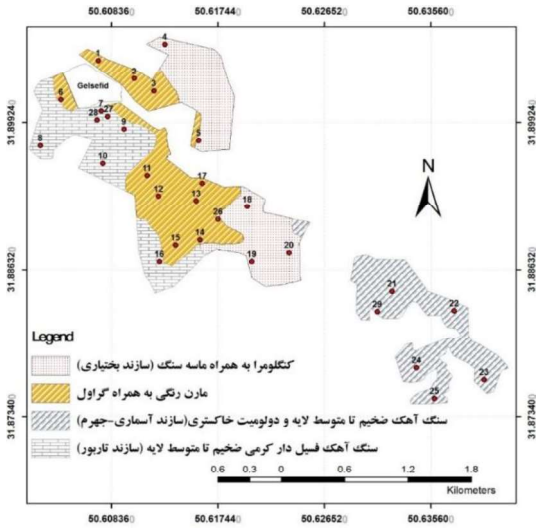
سازند آسماری، از سازندهای زمین‌شناسی ایران است که با سن الیگوسن پسین تا میوسن پیشین، جوان‌ترین سنگ مخزن پهنه زاگرس بشمار می‌آید. در درون این سازند فسیل‌های متعلق به اولیگوسن تا میوسن وجود دارد.

سازند جهرم، یک سازند زمین‌شناسی شامل دولومیت و آهک‌های دولومیتی است که در برابر هوازدگی مقاومت خوبی نشان می‌دهند.

غالب اراضی روستای گلسفید کوهستانی بوده و دارای دامنه های با شیب تند می‌باشد. اراضی کشاورزی روستا بسیار محدود است و بیشتر اراضی به صورت جنگل‌های تُنُک با گونه غالب بلوط می‌باشد. عناصر اصلی ژئومورفولوژیکی در منطقه مورد مطالعه شامل تپه، کوه و فلات ها هستند. میانگین سالانه درجه حرارت در منطقه گلسفید ۱۳/۸ درجه سانتیگراد، میانگین حداقل درجه حرارت آن معادل (۳/۴-) درجه سانتیگراد در دی ماه و میانگین حداکثر درجه حرارت آن معادل۳۵/۹ درجه سانتیگراد در مرداد ماه می باشد. میزان بارندگی سالانه معادل ۶۲۱ میلیمتر است. حداکثر میانگین رطوبت نسبی ماهانه در دی ماه و معادل ۷۲/۴۱ درصد و حداقل میانگین ماهیانه رطوبت نسبی در مرداد ماه معادل ۲۳/۳درصد است.

بر اساس میانگین دمای سالیانه، منطقه مورد مطالعه دارای رژیم حرارتی مزیک و با توجه به میانگین بارندگی منطقه و نقشه رژیم‌های رطوبتی ایران و برنامه نیوهال، رژیم رطوبتی منطقه از نوع زریک می باشد(ترابی گل سفیدی، ۱۳۹۶).

پس از تفکیک واحدهای ژئوفورم، تعداد ۲۸ خاکرخ در ۴ نوع ماده ی مادری و در زمین نما و شکل های مختلف اراضی حفر، تشریح و از هر یک از افق ها و لایه های آن نمونه‌ی خاک تهیه و به آزمایشگاه منتقل گردید.



شکل۲- نقشه رقومی زمین شناسی در محدوده ی طرح و نقاط مطالعاتی براساس نقشه ی زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰

تمامی خاکرخ ها بر اساس دستورالعمل Schoeneberger et al.,(2012) تشریح گردید. پس از انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه، هوا خشک کردن آنها، کوبیدن و عبور از الک ۲میلی متری، تجزیه های فیزیکی و شیمیایی بر روی ذرات کوچکتر از ۲ میلی‌متر به شرح زیر انجام گرفت:

اسیدیته خاک در گل اشباع به روش پتانسیومتری، هدایت الکتریکی در عصاره اشباع خاک با استفاده از روش هدایت سنجی، بافت خاک به روش هیدرومتری، چگالی ظاهری به روش کلوخه، کربنات کلسیم معادل به روش تیتراسیون برگشتی اسید با سود، کربن آلی به روش تیتراسیون، کربنات و بی‌کربنات به روش تیتراسیون با اسیدسولفوریک در مجاورت فنل فتالئین و متیل اورنژ به روش حجمی، کلسیم و منیزیم محلول به روش تیتراسیون، کلر به روش رسوب سنجی با نیترات نقره، گنجایش تبادل کاتیونی به روش جانشین نمودن یون‌های سدیم قابل‌تبادل با یون آمونیوم در pH ۸/۲ ، فسفر قابل‌جذب به روش اولسن، پتاسیم قابل‌جذب به روش استخراج با استات آمونیوم و قرائت غلظت آن با استفاده از فلایم فتومتر انجام شد(احیایی و امامی، ۱۳۷۲).

مطالعه کانی شناسی با روش Kittric and Hope(1972) روی برخی افق ها و لایه های خاکرخ های ۲، ۴ ، ۷، ۱۵، ۲۲ و ۲۴ انجام شد. پس از تفکیک نمونه‌های رس، طی چهار تیمار منیزیم، منیزیم بعلاوه ی اتیلن گلیکول، پتاسیم و پتاسیم بعلاوه حرارت ۵۵۰ درجه‌ی سانتیگراد قرار گرفتند. از دستگاه پراش اشعه ایکس مدل D8 ADVANCE X-Ray Diffractometer (ساخت Bruker AXS) برای شناسایی کانی های رسی استفاده گردید.

نتایج و بحث

با توجه به اینکه آب و هوای منطقه مورد مطالعه دارای مقدار بارندگی متوسط (۶۲۰ میلی‌متر) است، این میزان بارندگی قادر به ایجاد تغییر و تحول زیاد در نیمرخ خاک است که از آن جمله می توان به بهبود وضعیت پوشش گیاهی و غنی تر کردن افق های سطحی از مواد آلی، شستشوی نسبتاً زیاد و خروج املاح محلول از نیمرخ خاک و همچنین شستشوی رس و آهک و تجمع آنها در لایه‌های زیرین نام برد. از آنجایی که محدوده مطالعه بسیار کوچک می باشد و تاثیر اقلیم بر تمام نواحی طرح نسبتاً یکسان است، مهم‌ترین عوامل موثر بر ایجاد تنوع در خاک های منطقه را می توان به مواد مادری و توپوگرافی نسبت داد.

جدول۱ برخی خصوصیات مورفولوژیکی و فیزیکی- شیمیایی خاکرخ ها و رده‌بندی آنها را تا حد فامیل در سیستم USDA Soil Taxonomy نشان می‌دهد. خاکرخ های شماره‌ی ۲ و ۱۵ روی تشکیلات مارن رنگی به همراه گراول و به ترتیب روی لندفرم های پای شیب (Footslope) و شانه ی شیب (Sholder) زمین نمای تپه قرار دارند. خاکرخ ۷ روی سازند تاربور و در لندفرم های پای شیب و خاکرخ شماره‌ی ۴ روی سازند بختیاری و لندفرم پشته ی شیب (Summit) در زمین نمای تپه قرار دارند.

خاکرخ های ۲۲ و ۲۴ روی سازند آسماری-جهرم و به ترتیب روی پشته ی شیب زمین نمای تپه و پای شیب زمین نمای فلات (پلاتو) قرار گرفته اند.

در دیفراکتوگرام های بخش رس تمام خاکرخ ها، در نمونه اشباع شده با منیزیم یک پیک در محل ۱۴آنگستروم به‌دست آمد که بعد از قرار دادن در معرض بخار اتیلن گلیکول به ۱۷ آنگستروم افزایش یافته است که این انبساط، نشان‌دهنده‌ی وجود رس‌های انبساط پذیر اسمکتیت می‌باشد. اسمکتیت می تواند از هوادیدگی میکای نوع بیوتیت و کلریت به وجود آید. شدت پیک ۱۷ آنگستروم در افق Ap خاکرخ ۴ (روی سازند بختیاری) زیاد و با عمق به شدت کاهش یافته است. این مسئله را می توان به هوادیدگی بیشتر خاک در افق سطحی نسبت داد که البته فعالیت های کشت دیم نیز باعث تسریع در فرایند هوادیدگی کانی هایی مانند میکا و ایلایت به اسمکتیت شده‌اند. در لایه‌ی C خاکرخ ۱۵ روی سازند تاربور و لایه‌ی Cr خاکرخ شماره ۱۵ روی مارن رنگی به همراه گراول، کانی اسمکتیت مشاهده گردید(شکل۲). با توجه به شباهت بسیار زیاد این لایه ها به مواد مادری خود، می توان وجود کانی اسمکتیت در این خاک ها را به مواد مادری آنها نسبت داد. هر چند تشکیل پدوژنیکی اسمکتیت در افق های Bw ، Bk و Btk این خاکرخ‌ها نیز محتمل و قابل انتظار می باشد. چون شواهدی از افزایش شدت پیک این کانی در این افق ها مشاهده شده است. در خاکرخ شماره‌ی ۲۲ که روی سازند آسماری-جهرم قرار دارد شدت پیک اسمکتیت در افق سطحی کم و در افق Btk به شدت افزایش پیدا کرده است. در خاکرخ ۲۴ که روی سازند آسماری-جهرم و روی واحد فیزیوگرافی پلاتو (فلات) قرار دارد برخلاف خاک های ورتی سول که دارای رس غالب اسمکتیت هستند، مقدار این کانی در افق سطحی و افق Bss2 بسیار کم بوده است. شدت پیک کانی های کلریت، ایلایت، کائولنیت و ورمیکولیت در خاکرخ ورتی سول ها خیلی بیشتر از پیک کانی اسمکتیت بوده است. حیدری و محمودی (۱۳۸۲) غالب نبودن کانی های اسمکتیت در ورتی سول های استان فارس را بر خلاف انتظار عمومی گزارش کردند. آنها کانی هایی مانند کلریت، پالیگورسکایت، ایلایت و مقادیر مختصری کائولنیت و اسمکتیت را در این خاک ها گزارش کردند. نوبهاران و همکاران (۱۳۹۱) در خاکهای منطقه ارژن، منشاء اسمکتیت را به ارث رسیدن از مواد مادری، تبدیل ایلیت به اسمکتیت و ایجاد اسمکتیت به صورت درجا در خاک‌های با زهکش ضعیف گزارش کردند.

در کلیه دیفراکتوگرام های بخش رس خاکرخ ها، یک پیک در محل ۷/۱ تا۷/۲ آنگستروم مشاهده گردید که اضافه کردن اتیلن گلیکول به نمونه‌های اشباع‌شده با منیزیم و هم‌چنین اشباع نمونه‌ها با پتاسیم، هیچ تغییری در ضخامت واحد بلور ایجاد نکرده است. اما در نمونه‌های اشباع با پتاسیم و حرارت ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد، پیک ۷/۲ آنگستروم به طور کلی از بین رفت که وجود کائولنیت را ثابت می‌کند. کائولنیت در محیط‌های اسیدی که یون‌های کلسیم، منیزیم و آهن آبشویی می‌شوند، تشکیل می‌شود. این کانی اغلب از فلدسپارها و میکاها در ضمن آبشویی املاح در محیط‌های اسیدی حاصل می‌گردد، بنابراین آب و هوای منطقه باید مرطوب بوده و زهکش خاک مانعی برای آبشویی و انتقال یون‌های فوق‌الذکر نباشد تا این کانی به وجود آید (Dixon and Schulze, 2002). کائولنیت در خاک‌های هوادیده مثل اُلتی‌سول و اُکسی‌سول بیشتر مشاهده می‌شود. وجود این کانی در خاک‌های جوان‌تر عمدتاً ناشی از به ارث رسیدن از مواد مادری است. بر طبق این دو تئوری وجود این کانی در خاک‌های منطقه گلسفید با توجه به pH حدود ۷ الی ۸ و رده‌های خاک، شرایط تشکیل کائولنیت فراهم نیست اما کائولنیت موجود در نمونه‌های خاک را می‌توان به مواد مادری و موروثی بودن آن نسبت داد.

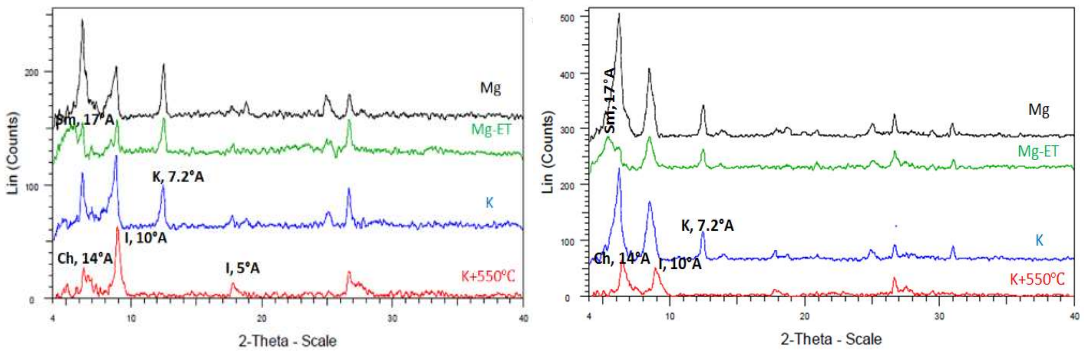
در دیفراکتوگرام بخش رس تمام خاکرخ ها در نمونه‌های اشباع با منیزیم یک پیک ۱۰ آنگستروم مشاهده گردید که اضافه کردن اتیلن گلیکول به نمونه‌های اشباع شده با منیزیم و اشباع نمونه‌ها با پتاسیم و هم‌چنین قرار دادن نمونه اشباع با پتاسیم در حرارت ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد هیچ تغییری در ضخامت واحد بلور ایجاد نکرده است. بنابراین پیک فوق متعلق به ایلایت می‌باشد. ایلایت علاوه بر پیک۱۰ دارای پیک ۵ آنگستروم در صفحه (۰۰۲) نیز می‌باشد.

وجود ایلایت در خاک‌هایی با رژیم رطوبتی اریدیک، یوستیک و زریک قابل انتظار می‌باشد در حالی که در رژیم‌های رطوبتی مرطوبتر مشاهده نمی‌شود. میکاها در بیش‌تر خاک‌ها از مواد مادری به ارث می‌رسند و بیش‌تر در خاک‌های جوان‌تر (انتی‌سولز، اینسپتی‌سولز، مالی‌سولز، اریدی‌سولز و آلفی‌سولز) و کم‌تر در خاک‌های هوادیده مشاهده می‌شود. وجود ایلایت در خاک‌های منطقه گِلسفید با توجه به رژیم رطوبتی زریک قابل انتظار می‌باشد. همچنین با توجه به دو رده اینسپتی‌سولز و مالی‌سولز در

منطقه، وجود این کانی قابل پیش‌بینی است. کانی های ۲:۱ مانند ورمیکولیت و اسمکتیت می توانند از تغییر شکل میکا و ایلایت در خاک تشکیل شوند.

در دیفراکتوگرام های بخش رس تمام خاکرخ ها به غیر از خاکرخ شماره ۴ (سازند بختیاری) در نمونه‌های اشباع با منیزیم و پتاسیم یک پیک در ناحیه ۱۴ آنگستروم مشاهده گردید که تیمار اشباع با منیزیم و اتیلن گلیکول و پتاسیم و حتی حرارت ۵۵۰ درجه ی سانتیگراد، باعث از بین رفتن آن نشده است. برای شناسایی رس‌های مونت موریلونیت و کلریت به تیمار اشباع با منیزیم، اتیلن گلیکول اضافه گردید. اضافه کردن اتیلن گلیکول سبب انبساط لایه‌های مونت موریلونیت شده و پیک ۱۴ آنگستروم به ۱۷ تا ۱۸ آنگستروم، افزایش پیدا می‌کند، در حالی که کلریت بدون تغییر باقی می‌ماند. اما برای تشخیص کلریت از ورمیکولیت، در نمونه اشباع با پتاسیم، اگر پیک ۱۴آنگستروم متعلق به ورمیکولیت باشد، به ۱۰ آنگستروم کاهش یافته یا کولاپس می شود. ثابت ماندن پیک ۱۴ آنگستروم در نمونه اشباع با پتاسیم و پتاسیم بعلاوه حرارت ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد، نشان دهنده ی وجود کلریت می باشد. کانی کلریت در خاک، غالباً به ارث رسیده از کانی‌های اولیه موجود در سنگ‌های آذرین یا دگرگونی یا حتی سنگ‌های رسوبی هستند. کلریت‌ها به ورمیکولیت و اسمکتیت، هوادیده شده و سهولت تخریب آن‌ها باعث شده است که آن‌ها به شاخص حساسی برای هوادیدگی محسوب شوند. وقتی کلریت ها در محیط اسیدی قرار می‌گیرند از بسیاری از رس‌ها ناپایدارتر هستند و به کانی‌های مختلف تبدیل می‌شوند. pH های منطقه گلسفید تقریباً ۷ تا ۸ می‌باشد که خنثی تا قلیایی ضعیف است و از تبدیل شدن کلریت به کانی‌های ۲:۱ تا حدودی جلوگیری می‌کند.

در دیفراکتوگرام‌های بخش رس خاکرخ شماره ۴ (روی سازند بختیاری)، افق سطحی خاکرخ ۱۵ (روی مارن رنگی) و خاکرخ ۲۴ (روی سازند آسماری-جهرم) در تیمار اشباع شده با منیزیم پیک ۱۴ آنگستروم پس از قرار گرفتن در تیمار اشباع با پتاسیم به ۱۰ آنگستروم کاهش‌یافته یا کولاپس شده است که نشان‌دهنده‌ی ورمیکولیت است. با توجه به عدم وجود کانی ورمیکولیت در لایه های C و Cr (مواد مادری) می توان تشکیل این کانی در خاک را به تغییر شکل کانی های ایلایت و کلریت نسبت داد.



شکل۲- دیفراکتوگرام اشعه ایکس افق Bk (سمت چپ) و لایه Cr (سمت راست) در خاکرخ شماره ۱۵

K: Kaolinite, I: Illite, Ch: Chlorite, Sm: Smectite

جدول۱- برخی نتایج مورفولوژیکی، فیزیکی و شیمیایی و رده بندی خاکرخ ها تا سطح فامیل در سیستم رده بندی جدید آمریکایی (Keys to Soil Taxonomy, 2014)

افق	عمق (cm)	درصد اجزاء			بافت	درصد گراول	ECe (dS/m)	pHگل اشباع	O.C %	CEC (cmol(+)/kg)	آهک (%)
		رس	سیلت	شن							
خاکرخ شماره ۲- Fine, mixed, superactive, thermic, Typic Calcixerepts											
Ap	0-20	40	47	13	SiC	20	0.66	7.71	1.20	35.9	30
Bw1	20-45	40	47	13	SiC	15	0.37	7.80	0.92	32.3	30
Bw2	45-85	40	49	11	SiC	15	0.39	7.83	0.51	33.2	33
Bk1	85-125	42	46	12	SiC	10	0.29	7.72	0.79	34.1	30
Bk2	125-180	38	45	17	SiCL	5	0.28	7.91	0.49	23.3	55
خاکرخ شماره ۴ – Fine, mixed, superactive, thermic, Typic Calcixerepts											
Ap	0-22	36	51	13	SiCL	<5	0.47	7.82	0.80	33.2	33
Bw1	22-45	40	50	11	SiC	0	0.35	7.92	0.51	29.6	27
Bk	45-90	38	48	14	SiCL	0	0.31	8.07	0.23	28.7	33
C	90-140	32	45	23	CL	0	0.35	7.86	0.12	20.5	52
R	>140	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
خاکرخ شماره ۷ – Fine, carbonatic, active, thermic, Typic Calcixerepts											
Ap	0-20	38	54	8	SiC	10	0.59	7.71	1.68	28.7	18
Bw	20-50	50	44	6	SiC	<5	0.37	7.96	0.62	33.2	32
Bk	50-80	49	44	7	SiC	5	0.33	7.88	0.37	32.3	40
C	80-150	38	33	29	CL	5	0.87	7.70	0.23	10.6	80
خاکرخ شماره ۱۵ – Fine, carbonatic, active, thermic, Typic Calcixerepts											
Ap	0-17	34	58	8	SiCL	<2	0.50	7.77	0.94	31.4	38
Bw	17-40	42	54	4	SiC	-	0.40	7.82	0.60	25.1	54
Bk1	40-80	42	54	4	SiC	-	0.35	7.96	0.35	16.9	59
Bk2	80-150	38	55	7	SiCL	-	0.24	8.06	0.19	18.7	54
Cr	150-180	20	74	6	SiL	-	0.31	8.38	0.17	12.4	73.5
خاکرخ شماره ۲۲ – Fine, mixed, superactive, thermic, Vertic Calcixerolls											
Ap	0-25	38	56	6	SiCL	5	0.67	7.72	0.97	34.1	18
Bw	25-50	44	51	5	SiC	-	0.29	7.79	0.46	27.8	34
Bk	50-95	40	52	8	SiC to SiCL	-	0.24	8.01	0.29	26.9	41
Btk	95-160	42	46	12	SiC	<5	0.23	7.93	0.25	27.8	39
خاکرخ شماره ۲۴ – Fine, mixed, superactive, thermic, Aridic Calcixerets											
Ap	0-22	50	49	1	SiC	-	0.67	7.31	0.92	41.3	3
Bss1	22-52	52	47	1	SiC	-	0.44	7.56	0.55	39.5	3
Bss2	52-90	52	47	1	SiC	-	0.33	7.70	0.41	33.2	3
Bk	90-150	46	48	6	SiC	-	0.33	8.10	0.27	25.1	48

نتیجه گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که کانی های کلریت، ایلایت و کائولنیت در همه ی خاکرخ ها در همه مواد مادری و شکل زمین وجود دارند. بررسی کانی شناسی لایه‌های C و Cr که بیشترین شباهت را به مواد مادری خود دارند، نشان داد که هر سه کانی فوق در آنها مشاهده شده است. بنابراین می توان گفت بخش غالب این کانی ها و مخصوصاً کائولنیت به ارث رسیده از مواد مادری است. چون شرایط تشکیل پدوژنیک کائولنیت در منطقه مورد مطالعه وجود ندارد. با توجه به مشاهده ی اسمکتیت در مواد مادری، شواهدی از افزایش مقدار اسمکتیت در افق های تکامل یافته تر مانند افق Bk و Btk مشاهده گردید. بنابراین می توان گفت که حداقل بخشی از اسمکتیت مشاهده شده به ارث رسیده از مواد مادری و بخش دیگری از آن در اثر تغییر شکل ساده کانی‌هایی مانند میکا و کلریت بوجود آمده اند. برخلاف تصور عمومی، کانی غالب در خاک های ورتی سولز منطقه ی مورد مطالعه از خانواده اسمکتیت نبوده است. کانی غالب خاک‌های ورتی سولز، ایلایت، کلریت، کائولنیت و مقدار کمی نیز ورمیکولیت و اسمکتیت بوده است.

منابع

۱- احیایی، ع. و امامی، م. و. ز. (۱۳۷۲). شرح روش های تجزیه شیمیایی خاک. موسسه تحقیقات خاک و آب. ۱۲۹ص.

۲- حیدری، ا. و محمودی، ش. (۱۳۸۲). بررسی خصوصیات کانی شناسی ورتی سول های استان فارس و رابطه آن با برخی شاخص های فیزیکی در این خاک ها، مجله زمین شناسی مهندسی، ۱ (۱)، ۲۴-۱.

۳- ترابی گل سفیدی، ح. (۱۳۹۶). گزارش نهایی مطالعات تفصیلی خاکشناسی اراضی گِلسفید، وزارت جهاد کشاورزی، سازمان جهاد کشاورزی استان چهارمحال و بختیاری، شرکت مهندسین مشاور سامان آبراه، ۱۵۴ص.
۴- سازمان زمین شناسی ایران، (۱۹۹۶). نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰، ورقه اردل، وزارت صنایع و معادن، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
۵- کیانی، ف.، و جلالیان، ا.، پاشایی اول، ع.، و خادمی، ح. (۱۳۸۵). بررسی کانی‌های رسی در دنباله پارینه خاک - بادرفت منطقه پاسنگ استان گلستان. بلورشناسی و کانی شناسی ایران, ۱۴(۲), ۳۹۵-۴۱۲.
۶- نوبهاران، خ.، و ابطحی، س.، و شاکری، س. (۱۳۹۱). دگرگونی و تحول در ویژگی های خاک‌ها تحت تاثیر پستی و بلندی و سفره آب زیرزمینی در منطقه دشت ارژن, استان فارس. مهندسی منابع آب, ۵(۱۵), ۹۱-۱۰۵.

7- Dixon, J.B. and Schulze, D.G. (2002). Soil Mineralogy With Environmental Applications. Published by: Soil Science Society of America, Inc. Madison, Wisconsin, USA.
8- Kittrick, J.A., and Hope, E.W. (1963). A procedure for the particle size separation of soil for X-ray diffraction analysis. Soil Sci. Soc. 96: 312-325.
9- Soil Survey Staff. (2014). Keys to Soil Taxonomy. United States Department of Agriculture. Natural Resources Conservation Service. Eleventh Edition, 2014.
10- Surapaneni, A., Palmer, A.S., Tillman, R.W., Kirkman, J.H., and Gregg, P.E.H. (2002). The mineralogy and potassium supplying power of some loessial and related soils of New Zealand. Geoderma, 110: 191– 204.

Clay Mineralogy in Soils of Zagros Region (Case Study: Gelsefid Village of Ardal Township in Chaharmahal and Bakhtiari Province)

Zahra Piranian [1] and Hossein Torabi-Golsefidi[2*]

2*. Corresponding Author: Assistant Professor, Faculty of Agriculture, Shahed University, htorabi@shahed.ac.ir
1. MSc. Graduated of Shahed University

Abstract
The aim of this study was to investigate the clay mineralogy of soils formed on 4 parent material, including BAKHTIARI, TARBUR, ASMARI-JAHRUM formations and colored Marl with intercalation of gravels in different landscape of Central Zagros. This study was carried out in Gelsefid Village of Ardal Township in Chaharmahal and Bakhtiari Province. 28 profiles from different landscape and landforms were dug, described, and sampled. Clay fraction was separated by Kittrick and Hope methods in 6 selected profiles. XRD analysis were done in 2Θ, 2 to 40 degree by X-ray Diffractometer. The results of clay mineralogy showed that chlorite, illite and kaolinite exist in all of the soils and their parent materials. So, it can be said that the most of these minerals were inherited from parent material, especially kaolinite. Based on evidences, some of smectites were inherited from parent rocks and others, were created by simple transformation from mica and chlorite. Contrary to popular perception, the predominant clay mineral was not smectite in Vertiols of the study area. The predominant Clay minerals in Vertisols were illite, chlorite, kaolinite and a little of vermiculite and smectite.

Keywords: Smectite, Illite, Soil profile, Chlorite, Kaolinite.

محور (۲) ویژگی ها، فرآیندها، و تنوع زیستی خاک

۲-۱- حاصلخیزی و مصرف بهینه کود

۲-۲- آلودگی خاک و آب

۲-۳- تنوع زیستی و بیولوژی

۲-۴- رابطه آب و خاک و گیاه

۲-۵- کربن آلی خاک

۲-۶- کیفیت خاک