



19th Iranian Soil Science Congress
16-18 September, 2025



نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران
۱۴۰۴ تا ۲۷ شهریور ۱۴۰۴



۰۴۲۵۰-۳۲۰۳۱

مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب

Holistic and Smart Soil and Water Management

دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran



نقشه برداری رقومی اجزای بافت خاک در حوضه آبخیز بدر، استان کردستان

مسلم زرینی بهادر^{۱*}

۱- کارشناس تحقیقات خاک و آب مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان تهران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران. * moslem.zarini@ymail.com

چکیده

بافت خاک بر خواص فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک تأثیر می‌گذارد و پیش‌بینی‌های مکانی دقیق کلاس‌های بافت خاک برای مدل‌سازی آگرواکولوژیک ضروری است. بافت خاک یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های خاک می‌باشد، زیرا با توجه به این ویژگی خاک می‌توان به مواردی همچون حاصلخیزی خاک، ظرفیت نگهداری آب و مواد غذایی و دور آبیاری پی برد. مطالعه حاضر با هدف نقشه برداری رقومی بافت خاک با استفاده از متغیرهای کمکی محیطی و مدل‌های پیش‌بینی کننده و معرفی بهترین مدل‌ها در حوضه آبخیز بدر در جنوب شهرستان قروه انجام گرفت. برای دستیابی به این هدف محل ۱۲۵ خاکرخ مطالعاتی بر اساس تکنیک ابر مکعب لاتین تعیین گردید. سه متغیر کمکی مهم و مشترک در پیش‌بینی مقادیر رس و شن به ترتیب اهمیت شامل انحنای طولی، انحنای عرضی و میزان شیب بودند. طور کلی نتایج نشان داد که بر اساس روش اعتبارسنجی کافلد ۱۰ مکانی، بهترین مدل برای پیش‌بینی تمام ویژگی‌های خاک، رگرسیون خطی چندگانه است.

واژگان کلیدی: متغیرهای کمکی، نقشه ژئومورفولوژی، ارزیابی مدل، رگرسیون خطی چندگانه

مقدمه

بافت خاک، تا حدی وضعیت و کیفیت خاک را تعیین می‌کند و نقش مهمی در مدل‌سازی فرآیندهای هیدرولوژیکی، اکولوژیکی و محیطی ایفا می‌کند (Cheshmberah et al., 2022; Wang et al., 2018). بافت خاک به عنوان یکی از ویژگی‌های مؤثر بر وضعیت هیدرولوژیکی و مکانیکی خاک از اهمیت ویژه‌ای برای رشد گیاهان برخوردار است (Khosravani et al., 2024). نقشه‌های با وضوح بالای بافت خاک برای کشاورزی پایدار و مدیریت فرسایش خاک ضروری است. نمونه‌برداری در مقیاس منطقه‌ای یک رویکرد پذیرفته شده برای به دست آوردن ویژگی‌های خاک است (Arrouays et al., 2012; Zhu et al., 2015). نمونه‌های خاک مطابق با خاک‌رخ‌های برنامه‌ریزی شده نمونه‌برداری می‌شوند و سپس برای تجزیه و تحلیل بافت خاک به آزمایشگاه منتقل می‌شوند. با این حال، برای بررسی ویژگی‌های خاک در مقیاس بزرگ، جمع‌آوری نمونه‌های خاک کاری فشرده و زمان‌بر است (Lu et al., 2023). به طور خاص، جنگل تصادفی، به عنوان یک تکنیک مؤثر، برای تخمین بافت خاک و توزیع اندازه ذرات استفاده شده است. آکپا و همکاران (2014) برتری جنگل تصادفی را در نقشه‌برداری توزیع اندازه ذرات خاک‌های نیجریه به تصویر کشید. هنگل و همکاران (2015) توزیع اندازه ذرات خاک‌های آفریقا را ترسیم کرد و نشان داد که استفاده از جنگل تصادفی عملکرد نقشه‌برداری رقومی خاک را بهبود می‌بخشد. سیلوا چاگاس و همکاران (2016) نشان داد که ترکیب داده‌های جنگل تصادفی و سنجش از دور می‌تواند نتیجه رضایت‌بخشی از بافت خاک در مناطق نیمه‌خشک ارائه دهد. لیو و همکاران (2020) از جنگل تصادفی برای پیش‌بینی تغییرات مکانی توزیع اندازه ذرات خاک و همچنین بافت خاک در اعماق چندگانه در سراسر چین با وضوح ۹۰ متر استفاده کرد. بسیاری از تصمیمات مربوط به استفاده از زمین بر اساس فعل و انفعالات آب و خاک است، بنابراین توزیع مکانی خواص فیزیکی خاک یک نیاز اولیه برای داده‌های ورودی به مدل است. یکی از مهمترین خواص، بافت خاک است که نگهداشت آب، در دسترس بودن مواد مغذی و رشد و نفوذ ریشه را تنظیم می‌کند (Riza et al., 2021). از آنجایی که حوضه آبخیز بدر یکی از مناطق مهم و راهبردی برای کشت گندم دیم در شهرستان قروه می‌باشد و همچنین افزایش روز افزون نیاز به این محصول استراتژیک و کاهش زمین‌های زراعی با کیفیت، از این رو داشتن اطلاعات دقیق از وضعیت پراکنش مکانی ویژگی‌های کلیدی مانند بافت خاک بسیار ضروری است. همچنین تاکنون مطالعات خاکشناسی و نقشه‌برداری خاک تفصیلی که منتج به نقشه‌های کاربردی و مدیریت‌پذیر در این حوضه آبخیز باشد، انجام نگرفته است. بنابراین، مطالعه حاضر با هدف نقشه‌برداری رقومی بافت خاک با استفاده از متغیرهای کمکی محیطی و مدل‌های پیش‌بینی کننده و معرفی بهترین مدل‌ها برای پیش‌بینی بافت خاک در حوضه آبخیز بدر در جنوب شهرستان قروه، استان کردستان انجام گرفت.

مواد و روش

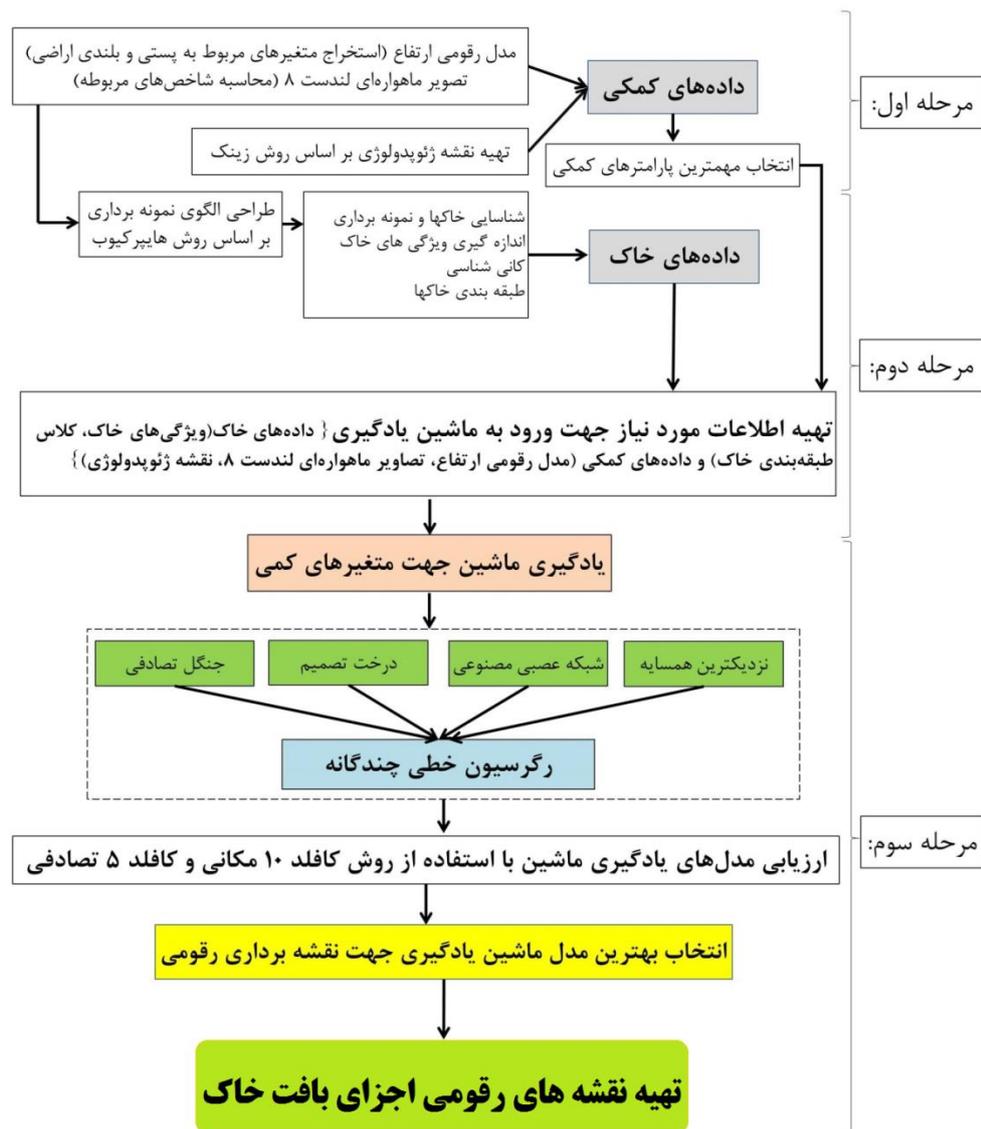
اراضی مورد مطالعه با وسعتی حدود ۶۷۰۰ هکتار در جنوب شهرستان قروه و بین مختصات جغرافیائی ۴۷ درجه و ۴۳ دقیقه و ۴۷ درجه و ۴۹ دقیقه طول شرقی و ۳۵ درجه و ۲ دقیقه و ۳۵ درجه و ۸ دقیقه عرض شمالی واقع شده است. مطابق با آمار طولانی‌مدت هواشناسی، متوسط درجه حرارت سالیانه هوا ۱۲/۰۷ درجه سانتی‌گراد و میانگین بارندگی سالیانه ۳۴۵/۸ میلی‌متر است. الگوی بارش، مدیترانه‌ای بوده و بخش اعظم بارندگی در فصول سرد سال اتفاق می‌افتد. بر اساس اقلیم نمای آمبرژه، اقلیم این ناحیه نیمه‌خشک و سرد است. در منطقه مورد مطالعه، رژیم رطوبتی خاک زریک و رژیم حرارتی آن مزیک تعیین شده است.

در پژوهش حاضر، از سه منبع برای تهیه داده‌های کمکی بهره گرفته شد: تصاویر ماهواره‌ای، مدل رقومی ارتفاع و نقشه ژئومورفولوژی. برای اجرای این پژوهش مراحل زیر، طبق شکل ۱ انجام گرفت: در گام اول، داده‌های کمکی شامل تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸ و مدل رقومی ارتفاع (DEM) با قدرت تفکیک مکانی ۱۰ متر، از سازمان نقشه‌برداری کشور دریافت گردید و تغییر اندازه پیکسل‌ها به منظور یکسان نمودن اندازه آن‌ها در نرم افزار Arc GIS انجام شد. نقشه‌ی ژئومورفولوژی منطقه با استفاده از نقشه زمین‌شناسی و بر اساس روش ژئوپدولوژی زینک (Zinck, 1989) با توجه به تفاوت رنگ، الگوی آبراهه‌ای، شیب، شکل شیب و ارتفاع که در تصاویر سه‌بعدی گوگل ارث قابل مشاهده هستند، در محیط سامانه اطلاعات جغرافیائی ترسیم گردید. این سامانه از بالاترین تا پایین‌ترین سطح طبقه‌بندی شامل زمین‌نما (Landscape)، پستی و بلندی (Relief) و

یا قالب (Molding)، سنگ و مواد مادری (Lithology) و شکل زمین (Landform) است. به منظور نشان دادن رابطه بین زمین ریخت (Geoform) و خاک، خاک (های) مربوط به هر شکل زمین نیز معرفی گردید. در این مرحله، با استفاده از این مدل و زیربرنامه‌های تعریف شده استاندارد موجود در نرم افزار Arc-GIS و ساگا، مشتقات مرتبه اول و دوم DEM تهیه شد. شاخص های سنجش از دور نیز با استفاده از داده‌های باندهای ۱ تا ۶ ماهواره لندست ۸ مربوط به سال ۲۰۱۳ محاسبه شدند. در گام دوم، محل ۱۲۵ خاکرخ مشاهداتی تعیین شد، شناسایی خاک‌ها در صحرا انجام گردید، از لایه‌های مختلف خاک‌ها نمونه برداشت و سپس اندازه‌گیری‌های فیزیکی، شیمیائی و کانی‌شناسی خاک‌ها انجام و خاک‌ها طبقه‌بندی شدند. در گام سوم، مدل سازی انجام و نقشه‌ی ویژگی‌های خاک تهیه و ارزیابی مدل‌ها صورت گرفت.

برای انتخاب پارامترهای موثر در مدل‌سازی، از روش «انتخاب ویژگی به ترتیب اهمیت» استفاده شد. به این معنی که تمام اطلاعات کمکی پس از استخراج از نرم‌افزار ساگا، وارد نرم‌افزار وکا گردید و با استفاده از الگوریتم ReliefAttributeEval، اطلاعات کمکی مهم و مؤثر در پیش‌بینی ویژگی‌ها و کلاس‌های طبقه‌بندی خاک و رده‌بندی کیفی تناسب اراضی به ترتیب اهمیت، انتخاب و در مدل‌سازی مورد استفاده قرار گرفت. این الگوریتم، ارزش یک زیرمجموعه از ویژگی‌ها، با در نظر گرفتن توانایی پیش‌بینی فردی هر یک از آن‌ها و همچنین میزان فراوانی بین آن‌ها را ارزیابی می‌کند. در این الگوریتم، زیرمجموعه فوق‌الذکر که با ویژگی‌ها و کلاس‌های مورد پیش‌بینی همبستگی بالایی دارند ولی همبستگی درونی آن‌ها کم است، ترجیح داده می‌شوند.

در این پژوهش از نرم افزار R برای مشخص کردن نقاط حفر خاکرخ‌ها استفاده و داده‌های استفاده شده برای وارد کردن به نرم‌افزار مشتمل بر DEM، و نقشه ژئومورفولوژی بودند. برای انجام این کار، ابتدا بسته نرم‌افزاری clhs در نرم‌افزار R فراخوانی شد، سپس داده‌های متغیرهای کمکی حوضه آبخیز بدر از جمله DEM، تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸ و نقشه ژئومورفولوژی وارد محیط نرم‌افزار شدند.



شکل ۱- مراحل انجام تحقیق

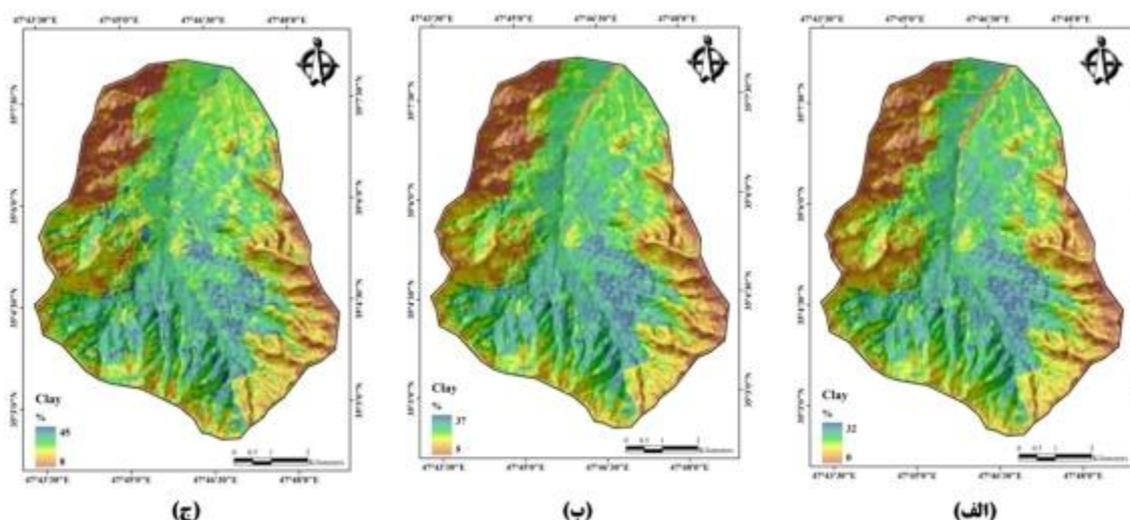
نتایج و بحث

متغیرهای کمکی مهم در پیش‌بینی مقدار رس خاک به ترتیب اهمیت عبارت‌اند از: انحناى طولی، انحناى عرضی، شیب، شاخص گیاهی تفاضلی نرمال شده، شاخص گیاهی تعدیل‌کننده اثر خاک و شاخص رس (جدول ۱). شیب، از نظر اهمیت در پیش‌بینی میزان رس خاک در درجه سوم قرار دارد. هرچه شیب زمین بیشتر باشد، ذرات ریز و سبک از جمله رس، بیشتر توسط روان‌آب شسته شده و از خاک خارج می‌شوند. با توجه به اینکه با افزایش پوشش گیاهی، شاخص گیاهی تفاضلی نرمال شده و شاخص گیاهی تعدیل‌کننده اثر خاک نیز افزایش می‌یابند، (Prabhakara et al, 2015) تغییرات این متغیرهای کمکی با تغییرات مقدار رس نسبت مستقیم دارند؛ زیرا تراکم بیشتر پوشش گیاهی باعث می‌شود تا ذرات ریز خاک کمتر از خاک خارج شوند. شاخص رس از نظر اهمیت، آخرین متغیر کمکی تأثیرگذار بر پیش‌بینی مقدار رس محسوب می‌شود.

تغییرات شاخص رس با تغییرات مقدار رس نسبت مستقیم دارد (شکل ۲). نتایج مطالعات نبی‌اللهی و همکاران (۲۰۱۴) نشان داد که فاکتورهای ژئومرفولوژی، طول شیب، MRVBF، باند ۴، طول مسیر جریان، شاخص انحناء، LS Factor و DEM مهم ترین فاکتورهای تأثیرگذار بر تخمین و پیش‌بینی مقدار رس در منطقه‌ی بیجار استان کردستان بوده‌اند.

جدول ۱- متغیرهای کمکی مهم در پیش‌بینی ویژگی‌های خاک

ویژگی‌ها	متغیرهای کمکی مهم به ترتیب اهمیت
Clay	Longitudinal curvature, Cross sectional curvature, Slope, NDVI, SAVI, Clay index
Sand	Longitudinal curvature, Cross sectional curvature, Slope, Relative slope position, Clay index, NDVI
Silt	Geomorphology, Aspect, MRRTF, Valley depth, Catchment slope, Convergence index, DEM



شکل ۲- نقشه‌ی پیش‌بینی رس خاک با استفاده از مدل رگرسیون خطی چندگانه ترکیبی.

نقشه الف، پیش‌بینی با دامنه پراکندگی ۵ درصد کمتر از میانگین، نقشه ب، پیش‌بینی مقدار میانگین، و نقشه ج، پیش‌بینی با دامنه پراکندگی ۵ درصد بیشتر از میانگین را نشان می‌دهند. نتایج ارزیابی صحت پیش‌بینی رس خاک، با استفاده از روش اعتبارسنجی کافلد ۱۰ مکانی، در جدول ۲ ارائه شده است. این پیش‌بینی توسط مدل‌های نزدیک‌ترین همسایه K، تحلیل درخت تصمیم، شبکه عصبی مصنوعی، جنگل تصادفی و رگرسیون خطی چندگانه ترکیبی صورت گرفته است. در میان مدل‌های استفاده شده برای پیش‌بینی رس، مدل رگرسیون خطی چندگانه ترکیبی با ضریب تعیین $0/683$ و ریشه دوم متوسط مربعات خطا $4/368$ از بیشترین دقت برای پیش‌بینی برخوردار بوده است. در جدول ۲، دقت پیش‌بینی رس از بالا به طرف پایین افزایش می‌یابد. کمترین دقت پیش‌بینی به مدل نزدیک‌ترین همسایه K، اختصاص یافته است. این در حالی است که با استفاده از روش اعتبارسنجی کافلد ۵ تصادفی (جدول ۳)، از بین مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی، تحلیل درخت تصمیم، رگرسیون خطی چندگانه و نزدیک‌ترین همسایه K، مدل نزدیک‌ترین همسایه K با ضریب تعیین $0/9919$ و ریشه دوم متوسط مربعات خطا $0/6114$ از بیشترین دقت برای پیش‌بینی برخوردار بوده است. میانگین داده‌های واقعی رس در منطقه مورد مطالعه برابر با $22/5\%$ است.

جدول ۲- نتایج ارزیابی صحت پیش‌بینی رس، با استفاده از روش اعتبارسنجی کافلد ۱۰ مکانی.

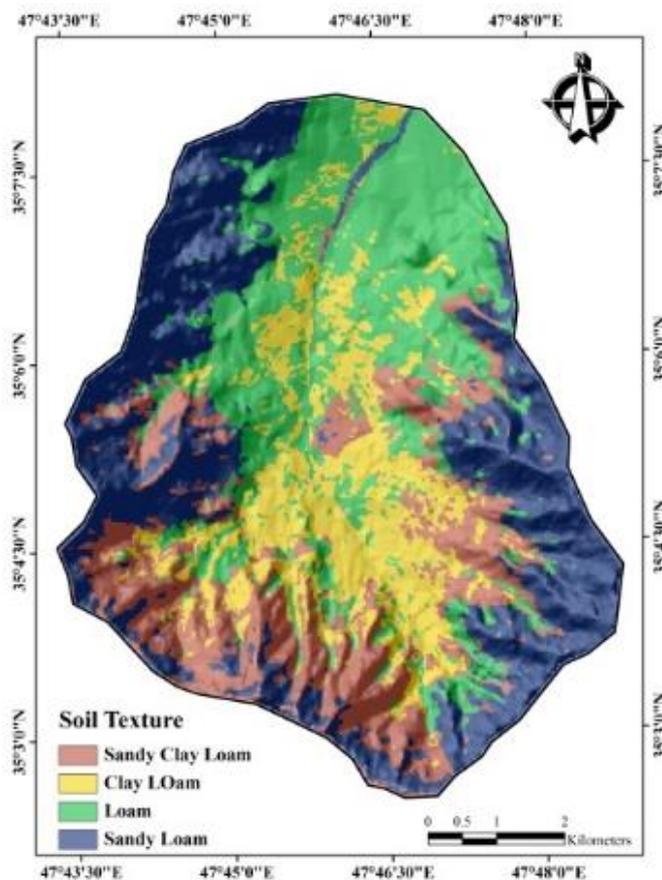
مدل	RMSE	MAE	R ²
KNN	6.343	5.157	0.250
DTA	4.693	3.800	0.625
ANN	4.618	3.740	0.645
RF	4.404	3.525	0.674
MLR	4.368	3.378	0.683

جدول ۳- نتایج ارزیابی صحت پیش‌بینی رس، با استفاده از روش اعتبارسنجی کافلد ۵ تصادفی.

مدل	RMSE	^N RMSE=RMSE/Mean real	r ^C	R ²	ME
ANN	1.33	0.05907	0.9763	0.9572	-0.0134
DTA	2.7357	0.11508	0.9122	0.839	0
MLR	4.2341	0.18806	0.8548	0.7462	0
KNN	0.6114	0.02715	0.9960	0.9919	-0.0182

نقشه پیش‌بینی کلاس بافت خاک در شکل ۳ نشان داده شده است. در واحد کوه، کلاس‌های بافت خاک، لوم شنی و لوم رسی شنی و در اراضی پای کوه، بافت خاک‌ها در کلاس‌های لوم و لوم رسی قرار دارند. در این اراضی، از شمال به طرف جنوب، از میزان بافت لومی کاسته شده و به مقدار بافت لوم رسی اضافه می‌شود. نتایج این پیش‌بینی‌ها با استفاده از روش ارزیابی کافلد تصادفی ۵ مورد ارزیابی قرار گرفتند. در مرحله دوم، مدل‌های تحلیل درخت تصمیم، شبکه عصبی مصنوعی، نزدیک‌ترین همسایه و جنگل تصادفی برای پیش‌بینی به کار رفتند. همچنین برای ترکیب نتایج مدل‌ها در این حالت، از روش رگرسیون خطی چندگانه ترکیبی استفاده گردید. با استفاده از روش ارزیابی کافلد مکانی ۱۰، نتایج پیش‌بینی مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج به طور کلی نشان داد که:

- ۱) بر اساس روش اعتبارسنجی کافلد ۱۰ مکانی، بهترین مدل برای پیش‌بینی اجزای بافت خاک، رگرسیون خطی چندگانه ترکیبی است. برای همه ویژگی‌های خاک، مدل جنگل تصادفی، از نظر قدرت پیش‌بینی، رتبه دوم را به خود اختصاص می‌دهد. به طور کلی، نزدیک‌ترین همسایه K، پائین‌ترین عملکرد را در پیش‌بینی همه ویژگی‌های خاک دارا بوده است.
- ۲) بر اساس روش اعتبارسنجی کافلد ۵ تصادفی، دقت و صحت مدل نزدیک‌ترین همسایه بهترین عملکرد را در پیش‌بینی همه ویژگی‌های خاک دارا بوده است.
- ۳) به طور کلی، بر اساس روش‌های ارزیابی کافلد ۱۰ مکانی و کافلد ۵ تصادفی، می‌توان بیان داشت که روش‌های ترکیبی دارای قابلیت بیشتری می‌باشند. این بدین معنی است که ترکیب نتایج پیش‌بینی سایر مدل‌ها می‌تواند نقشه‌هایی با دقت بالاتر را تولید کند.
- ۴) متغیرهای کمکی مهم در پیش‌بینی شن خاک به ترتیب اهمیت عبارت‌اند از انحنای طولی، انحنای عرضی، شیب، موقعیت نسبی شیب، شاخص رس و شاخص گیاهی تفاضلی نرمال شده. همچنین متغیرهای کمکی مهم در پیش‌بینی مقدار رس خاک به ترتیب اهمیت عبارت‌اند از انحنای طولی، انحنای عرضی، شیب، شاخص گیاهی تفاضلی نرمال شده، شاخص گیاهی تعدیل‌کننده اثر خاک و شاخص رس. بنابراین در این مطالعه سه متغیر کمکی مهم و مشترک در پیش‌بینی مقادیر رس و شن به ترتیب اهمیت عبارت‌اند از انحنای طولی، انحنای عرضی و میزان شیب.



شکل ۳- نقشه‌ی پیش‌بینی کلاس بافت خاک.

فهرست منابع

- 1- Akpa, S. I., Odeh, I. O., Bishop, T. F., & Hartemink, A. E. (2014). Digital mapping of soil particlesize fractions for Nigeria. *Soil Science Society of America Journal*, 78(6), 1953-1966. <https://doi.org/10.2136/sssaj2014.05.0202>
- 2- Arrouays, D., Marchant, B. P., Saby, N. P. A., Meersmans, J., Orton, T. G., Martin, M. P., ... & Kibblewhite, M. (2012). Generic issues on broad-scale soil monitoring schemes: a review. *Pedosphere*, 22(4), 456-469. [https://doi.org/10.1016/S1002-0160\(12\)60031-9](https://doi.org/10.1016/S1002-0160(12)60031-9).
- 3- Cheshmberah, F., Zolfaghari, A. A., Taghizadeh-Mehrjardi, R., & Scholten, T. (2022). Evaluation of mathematical models for predicting particle size distribution using digital soil mapping in semiarid agricultural lands. *Geocarto International*, 37(26), 13016-13038. <https://doi.org/10.1080/10106049.2022.2076911>
- 4- Hengl, T., Heuvelink, G. B., Kempen, B., Leenaars, J. G., Walsh, M. G., Shepherd, K. D., ... & Tondoh, J. E. (2015). Mapping soil properties of Africa at 250 m resolution: Random forests significantly improve current predictions. *PloS one*, 10(6), e0125814. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0125814>
- 5- Khosravani, P., Baghernejad, M., Moosavi, A. A., & FallahShamsi, S. R. (2024). Digital Mapping of Soil Texture Particles with Machine Learning Models and Environmental Covariates. *Water & Soil*, 37(6). <https://doi.org/10.22067/jsw.2023.84413.1331>

- 6- Liu, F., Zhang, G. L., Song, X., Li, D., Zhao, Y., Yang, J., ... & Yang, F. (2020). High-resolution and three-dimensional mapping of soil texture of China. *Geoderma*, 361, 114061. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2019.114061>
- 7- Lu, Q., Tian, S., & Wei, L. (2023). Digital mapping of soil pH and carbonates at the European scale using environmental variables and machine learning. *Science of the Total Environment*, 856, 159171. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.159171>
- 8- Nabiollahi, K., Haidari, A., & Taghizade Mehrjardi, R. (2015). Digital mapping of soil texture using regression tree and artificial neural network in Bijar, Kurdistan. *Water and Soil*, 28(5), 1025-1036. <https://doi.org/10.22067/jsw.v.i0.28730>
- 9- Prabhakara, K., Hively, W. D., & McCarty, G. W. (2015). Evaluating the relationship between biomass, percent groundcover and remote sensing indices across six winter cover crop fields in Maryland, United States. *International journal of applied earth observation and geoinformation*, 39, 88-102. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2015.03.002>
- 10- Riza, S., Sekine, M., Kanno, A., Yamamoto, K., Imai, T., & Higuchi, T. (2021). Modeling soil landscapes and soil textures using hyperscale terrain attributes. *Geoderma*, 402, 115177. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2021.115177>
- 11- da Silva Chagas, C., de Carvalho Junior, W., Bhering, S. B., & Calderano Filho, B. (2016). Spatial prediction of soil surface texture in a semiarid region using random forest and multiple linear regressions. *Catena*, 139, 232-240. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2016.01.001>
- 12- Wang, Z., & Shi, W. (2018). Robust variogram estimation combined with isometric log-ratio transformation for improved accuracy of soil particle-size fraction mapping. *Geoderma*, 324, 56-66. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2018.03.007>
- 13- Zhu, A. X., Liu, J., Du, F., Zhang, S. J., Qin, C. Z., Burt, J., ... & Scholten, T. (2015). Predictive soil mapping with limited sample data. *European Journal of Soil Science*, 66(3), 535-547. <https://doi.org/10.1111/ejss.12244>
- 14- Zinck, J.K. (1989). Physiography and soil. Lecture notes for K6 course. Soil Division. ITC. Enschede, The Netherlands. 156 p.
- 15-

Soil depth estimation using digital mapping technique in Badr watershed, Kurdistan province

Moslem zarinbahador

Agricultural and Natural Resources Research and Training Center of Tehran Province, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Tehran, Iran

Abstract

Soil texture classes (STCs) significantly influence the physical, chemical, and biological properties of soil, making accurate spatial predictions of STCs essential for agro-ecological modeling. Soil texture is a crucial characteristic, as it informs factors such as fertility, suitability for specific crops, water infiltration rates, soil ventilation, water and nutrient storage capacity, plant responses to environmental conditions, and irrigation frequency. Consequently, this study aimed to digitally map soil texture using environmental auxiliary variables and predictive models, introducing the most effective models for the Badr watershed in southern Qorveh County. To conduct this research, the first step involved obtaining auxiliary data, including Landsat 8 satellite images and a digital elevation model with a spatial resolution of 10 meters, from the country's mapping organization. To facilitate this study, based on the Latin hypercube technique, 125 outcrops were selected and excavated in the study area. The key auxiliary variables for predicting soil sand content, in order of importance, are longitudinal curvature, cross-sectional curvature, slope, relative slope position, clay index, and the NDVI. The results revealed that, based on the spatial 10-fold cross validation method, the best model for predicting all soil characteristics is multiple linear regression. For all soil characteristics, the random forest model ranks second in terms of predictive power. Overall, the nearest neighbor K model exhibited the lowest performance in predicting all soil properties.

Keywords: Covariates, geomorphological map, modeling, model evaluation, multiple linear regression