



## نقشه برداری رقومی کلاسه های خاک در مقیاس منطقه های با استفاده از رگرسیون لاجیستیک چندجمله ای در اقلیم خشک ایران

فریده عباس زاده افشار<sup>۱</sup>، شمس الله ابوبی<sup>۲</sup>، اعظم جعفری<sup>۳</sup>، حسین خادمی<sup>۲</sup>  
۱- دانشجوی دکتری دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان، ۲- استاد گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان، ۳- استادیار گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی دانشگاه باهنر کرمان

### چکیده

این مطالعه به منظور نقشه برداری رقومی گروه های بزرگ خاک با استفاده از مدل رگرسیون لاجیستیک چندجمله ای در منطقه بوم استان کرمان به عنوان نمونه از اقلیم خشک طراحی گردید. یک طرح نمونه برداری طبقه بندی شده در منطقه ای به مساحت صد هزار هکتار تعریف شد و در نهایت، ۱۱۶ خاکرخ حفر و تشریح گردید. نتایج نشان داد که نقشه ژئومرفولوژی، یک ابزار مهم در روش های نقشه برداری رقومی خاک است که به افزایش دقت پیش بینی کمک می کند. پس از سطوح ژئومرفیک، اجزای سرزمین شاخص های سنجش از دور به عنوان پارامترهای کمکی مؤثر شناخته شدند. نتایج نشان داد که خاک های با قابلیت اطمینان بهتر خاکهایی هستند که به شدت تحت تأثیر مشخصات توپوگرافی و ژئومرفولوژی قرار گرفتند (گروه های بزرگ هاپلوسالید، کلسی آرچید، کلسی چپسید و پتروکلسید) و خاکهایی با قابلیت اطمینان و دقت پیش بینی کمتر خاکهایی هستند که به سختی تحت تأثیر مشخصات توپوگرافی و ژئومرفولوژی (گروه های بزرگ هاپلوکلسید و هاپلوکمید) قرار دارند.

واژه های کلیدی: نقشه برداری رقومی خاک، رگرسیون لاجیستیک چندجمله ای، گروه های بزرگ خاک

### مقدمه

روش های استاندارد و معمول برای تهیه نقشه ویژگی های خاک، بر اساس مشاهدات و آنالیز نقطه ای خاک هستند، که این روش ها مقرون به صرفه زمانی و اقتصادی برای زمین نماهای بزرگ نیستند. نه تنها این روش ها بسیار وقت گیر و پرهزینه اند (به دلیل هزینه های نیروی کار)، همچنین می توانند تهدیدی جدی برای هدررفت منابع خاک باشند. به دلیل این محدودیت ها، روش های جایگزین برای تکمیل تکنیک های سنتی نقشه برداری خاک در حال بررسی هستند (چاپلوت و همکاران، ۲۰۱۰؛ لاکوست و همکاران، ۲۰۱۱).

مدل سازی کمی به ما اجازه می دهد که اثر طولانی مدت فعالیت های انسانی و تغییرات آب و هوایی را در خاک و زمین نما بررسی کنیم. علاوه بر آن، درک بهتری در مورد روابط خاک - زمین نما به ما می دهد. توسعه رو به رشد استفاده از روش های تجربی کمی برای پیش بینی خواص خاک از ویژگی های زمین نما، در مکان های خاص، به اصطلاح نقشه برداری رقومی خاک<sup>۱۶۸</sup> (DSM) نامیده می شود (مینانسی و همکاران، ۲۰۰۶). نقشه برداری رقومی خاک، سامانه هایی را برای اطلاعات مکانی خاک، گردآوری و ایجاد میکند که می تواند کاربران را در تصمیم سازی برای رسیدگی به مسائل و مشکلات محیطی و کشاورزی کمک کنند (کمپن و همکاران، ۲۰۰۹). یکی از جنبه های اساسی در نقشه برداری رقومی خاک، استفاده از مدل های مختلف به منظور ساده سازی پیچیدگی های موجود در سامانه طبیعی خاک می باشد. بر این اساس، مدل های خاک - زمین نما، بیان گر شکل ساده شده ای از روابط پیچیده موجود بین خاک و زمین نما می باشند که فرایندهای تکاملی خاک و الگوی پراکنش آن را نشان می دهند (گرانوالد، ۲۰۰۵).

مناطق خشک و نیمه خشک حدود ۳۶٪ از سطح زمین را پوشش می دهند. زمین ریخت های موجود در این مناطق مانند مخروط افکنه، باهادا و پلایا که به طور مستقیم تحت تأثیر شهرنشینی و کشاورزی قرار می گیرند. زمین ریخت ها توسط فرایندهای خاص که منجر به ویژگی های خاص می شوند تشکیل شده اند. به عبارت دیگر، اشکال اراضی مشابه، تحت فرایندهای مشابه دارای ویژگی های مشابه هستند. در این مورد، براین باورند که متغیرهای محیطی تقریباً یکسان ممکن است کنترل تکامل زمین ریخت و ویژگی های آن ها را داشته باشند.

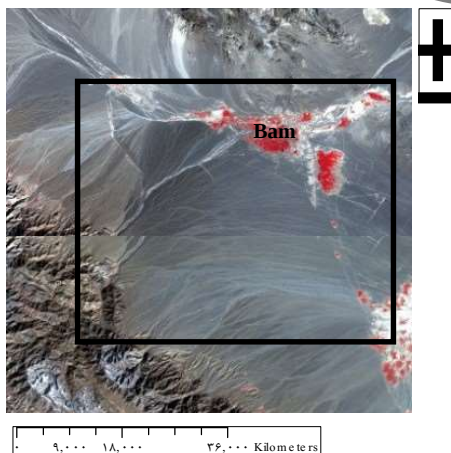
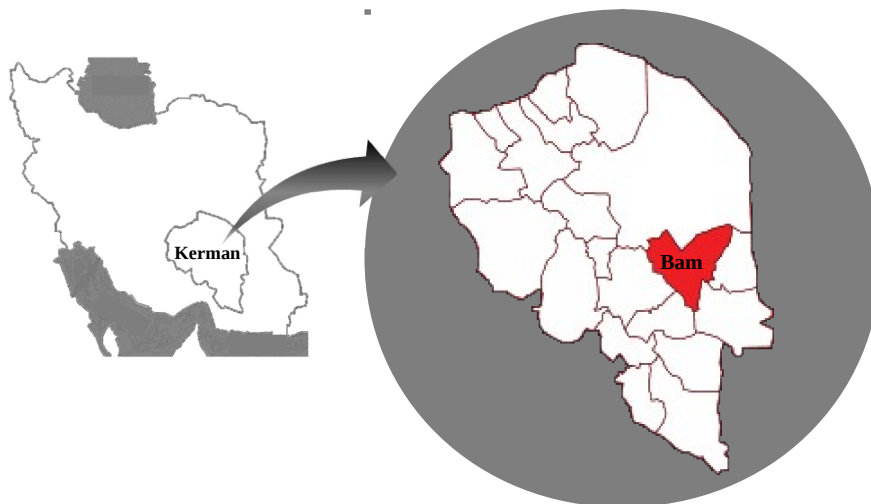
یکی از تکنیک های نقشه برداری، رگرسیون لاجیستیک است که با ایجاد مدل لاگیت، احتمال حضور کلاسه های خاک معینی را پیش بینی می کند. این مدل، احتمال حضور یک کلاس خاک را به متغیرهای پیش بینی کننده ارتباط می دهد. بنابراین، مطالعه حاضر با هدف به کارگیری روش رگرسیون لاجیستیک چندجمله ای در پیش بینی احتمال حضور گروه های بزرگ خاک و ارزیابی توان تخمین این روش در منطقه بوم استان کرمان، طراحی گردید.

### مواد و روش ها

منطقه بوم در جنوب شرقی ایران و در شرق استان کرمان بین عرض های جغرافیایی ۲۸ درجه و ۵۲ دقیقه تا ۲۹ درجه و ۹ دقیقه شمالی و طول های جغرافیایی ۵۸ درجه و ۴ دقیقه تا ۵۸ درجه و ۲۸ دقیقه شرقی قرار گرفته است (شکل ۱). این منطقه، مساحتی

## چهاردهمین کنگره علوم خاک ایران - پیدایش، رده بندی، ارزیابی خاک و زمین نما

حدود ۱۰۰۰۰۰ هکتار را می پوشاند. زمین نماهای اصلی این منطقه شامل مخروط افکنه، پلایا، باهادا، تپه و کوه می باشند. این منطقه توسط کوه های آهکی و آتشفشانی از شمال غرب تا جنوب شرق احاطه شده است. سطح زیر کشت محصولات کشاورزی این شهرستان ۶۵ تا ۷۰ هزار هکتار می باشد که مهم ترین محصولات باغی این شهرستان به ترتیب سطح زیر کشت، شامل خرما، مرکبات، گردو و زیتون می باشند. میانگین بارندگی سالیانه این منطقه ۶۴ میلی متر، متوسط درجه حرارت آن ۲۲ درجه سلسیوس و میانگین سالیانه تبخیر یا تشنگ تبخیر کلاس A در آن، ۳۰۰۰ میلی متر است. این منطقه بر اساس سیستم طبقه بندی آمریکا (اعضای نقشه برداری خاک، ۲۰۱۰) دارای رژیم رطوبتی اریدیک و رژیم حرارتی هایپرترمیک است.



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه در شهرستان بام، استان کرمان

مدل لاجیستیک به دو صورت قابل اجرا است: مدل لاجیستیک دوتایی و مدل لاجیستیک چند جمله ای. در مدل لاجیستیک دوتایی، متغیر وابسته به شکل حضور یا عدم حضور (صفر و یک)، مثلاً حضور یا عدم حضور آفک مشخصه. در حالی که در مدل لاجیستیک چند جمله ای، متغیر وابسته دارای چند کلاس یا طبقه است مثلاً کلاس های خاک در یک منطقه. در این مطالعه، در اجرای مدل لاجیستیک چند جمله ای گروه بزرگ خاک به عنوان متغیر هدف می باشد که یک متغیر طبقه ای است. بنابراین، متغیر وابسته (گروه بزرگ خاک) دارای بیش از یک سطح است و حل آن به صورت دوتایی امکان پذیر نیست، در این صورت باید یک سطح متغیر وابسته به عنوان طبقه مرجع انتخاب شود. یک مدل لاجیستیک چند جمله ای با طبقه مرجع به شکل زیر نمایش داده می شود:

$$\log\left(\frac{\pi_{ij}}{\pi_{iJ}}\right) = \alpha_j + \beta_j x_i \quad j=1,2,\dots,J-1 \quad (1)$$

که  $z$  یک ثابت،  $z$  یک برداری از ضرایب رگرسیون برای  $x_i$ ،  $i=1,2,\dots,J-1$  برداری از متغیرهای توصیفی است. برای بررسی دقت مدل مورد استفاده، داده ها به طور تصادفی به داده های آموزشی و اعتبارسنجی تقسیم شدند. داده های آموزشی، ۸۰ درصد و داده های اعتبارسنجی، ۲۰ درصد کل داده ها، را شامل شدند. هر مدل با داده های آموزشی برازش داده شد و



## چهاردهمین کنگره علوم خاک ایران - پیدایش، رده بندی، ارزیابی خاک و زمین نما

سپس پیش‌بینی برای داده‌های اعتبارسنجی انجام گردید. اعتبارسنجی با مقایسه داده‌های مشاهده شده و پیش‌بینی شده صورت گرفت. یک آرایه خطا برای محاسبه معیارهای دقت استفاده گردید. خلوص نقشه<sup>۱۶۹</sup> (MP)، دقت کاربر<sup>۱۷۰</sup> (UA)، قابلیت اطمینان تولیدکننده<sup>۱۷۱</sup> (PR) و شاخص کاپا<sup>۱۷۲</sup> از جمله معیارهای دقت مدل‌های پیش‌بینی کننده هستند.

### نتایج و بحث

جدول ۱ متغیرهای کمکی مورد استفاده در پیش‌بینی گروه‌های بزرگ خاک توسط مدل رگرسیون لاجیستیک چندجمله‌ای برازش‌شده در منطقه مورد مطالعه نشان داده شده است. در بین متغیرهای کمکی اولین پارامتری که وارد مدل شد سطح ژئومرفیک بود. بعد از سطوح ژئومرفیک پارامترهای سرزمین و داده‌های سنجش از دور در پیش‌بینی گروه بزرگ‌های خاک شرکت داشتند.

#### جدول ۱. متغیرهای مورد استفاده در پیش‌بینی گروه بزرگ خاک با استفاده از مدل رگرسیون لاجیستیک چندجمله‌ای

متغیرهای مورد استفاده	مدل مورد استفاده
GS, MrVBF, PVI, EI, NDVI, WI	رگرسیون لاجیستیک چندجمله‌ای

شاخص همواری دره با درجه تفکیک بالا (MRVBF) و شاخص خیسی (WI) و ارتفاع (EL) از جمله پارامترهای سرزمین بودند که در پیش‌بینی گروه بزرگ‌های خاک شرکت کردند. این مطلب تأیید می‌کند که خصوصیات توپوگرافی یکی از فاکتورهای مهم خاکسازي در منطقه مورد مطالعه می‌باشد. این پارامترهای فرآیند انتقال آب و رسوب به‌ویژه جریان رسوبات و مواد در حال حرکت را نشان می‌دهد. همچنین شاخص‌های سنجش از دور (PVI و NDVI) جزء متغیرهای اثرگذار بر پیش‌بینی گروه بزرگ‌های خاک با استفاده از مدل رگرسیون لاجیستیک چندجمله‌ای در منطقه مورد مطالعه بودند. دبل‌گیلو و اتزلمولر (۲۰۰۹)، جعفری و همکاران (۲۰۱۲) و وایسی و لاگاچری (۲۰۱۵) تأثیر معنی‌دار خصوصیات توپوگرافی را در پیش‌بینی کلاس‌ها و ویژگی‌های خاک با استفاده از روش رگرسیون لاجیستیک چندجمله‌ای را نشان دادند.

در شکل ۲ نقشه خروجی مدل رگرسیون چندجمله‌ای در منطقه مورد مطالعه ارائه شده است. در نقشه پیش‌بینی شده، هشت گروه بزرگ وجود دارد. در شکل ۲، احتمال حضور گروه‌های بزرگ خاک با توجه به ارزش پیکسل، بین ۱ و ۸ نشان داده شده است. هر مقدار نشان‌دهنده یک گروه بزرگ خاک است.

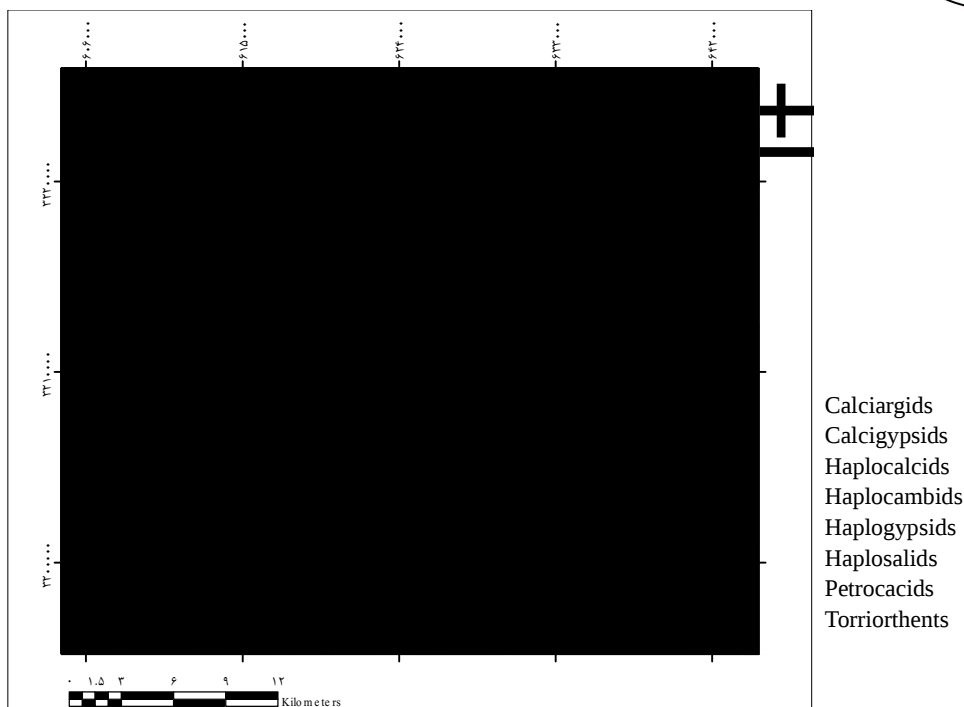
در جدول ۲ ارزیابی مدل رگرسیون لاجیستیک چندجمله‌ای برای گروه‌های بزرگ خاک در داده‌های اعتبارسنجی ارائه شده است. در مدل برازش شده خلوص نقشه برای همه گروه‌های بزرگ خاک در داده‌های اعتبارسنجی بالاتر از ۸/۰ بود که حاکی از پیش‌بینی خوب برای این مدل در منطقه مورد مطالعه است که در مقایسه با مقدار ۷/۰ که برای نقشه‌برداری سنتی خاک، مقدار هدف است.

<sup>۱۶۹</sup>. Map purity

<sup>۱۷۰</sup>. Users' accuracy

<sup>۱۷۱</sup>. Producers' reliability

<sup>۱۷۲</sup>. Kappa index



شکل ۲. نقشه گروه‌های بزرگ خاک در منطقه مورد مطالعه با استفاده از مدل رگرسیون لاجیستیک چندجمله‌ای

جدول ۲. ارزیابی مدل‌های رگرسیون لاجیستیک چندجمله‌ای برای کلاس‌های خاک در داده‌های اعتبارسنجی

معیارهای ارزیابی دقت مدل	های بزرگ خاک گروه			
	MP	Kappa index	UA	PR
Haplosalids	۸۵/۰	۷۵/۰	\	\
Haplogypsis			۸۶/۰	۸۶/۰
Haplocalcids			۷۵/۰	۵۰/۰
Haplocambids			۷۵/۰	۷۵/۰
Calcigypsis			\	۳۳/۰
Calcicargids			\	\
Petrocalcids			\	\
Torriorthents			۹۱/۰	۹۱/۰

نتایج ارائه شده در جدول ۲ نشان می‌دهد که دقت پیش‌بینی برای همه گروه‌های بزرگ خاک یکسان نیست. پایین‌ترین کیفیت پیش‌بینی مدل رگرسیون لاجیستیک چندجمله‌ای در منطقه مورد مطالعه برای گروه بزرگ هاپلوکلسید مشاهده شد. این نتایج در تطابق با نتایج به دست آمده توسط جعفری و همکاران (۲۰۱۲) می‌باشند. در مناطق خشک به دلیل فرسایش و رسوب شدیدی که رخ می‌دهد، تمایز خاک بسیار دشوار و حتی مدل‌های قدرتمند دقت زیادی را ارائه نمی‌دهند. البته قضاوت در مورد ضعف و ناتوانی مدل‌ها منطقی نیست چرا که تعداد کم نمونه‌ها (۹۲ داده آموزشی و ۲۴ داده اعتبارسنجی) برای چنین منطقه وسیعی، تشخیص رابطه پیش‌بینی دقیق را برای طبقه‌بندی کلاس‌های خاک دچار مشکل می‌کند. علاوه بر این، اگر معیارهای تشخیص برای بعضی خاک‌ها ناشناخته باشد، شناسایی آن‌ها به طور دقیق خیلی مشکل است.

در بین گروه‌های بزرگ خاک در هر دو مدل، بهترین پیش‌بینی برای گروه بزرگ هاپلوسالید، کلسی آرچید، کلسی چپسید و پتروکلسید به دست آمد، مقادیر بالای دقت کاربران و قابلیت اطمینان تولید کننده در جدول ۲ این مسئله را نشان می‌دهد. دپلاگیلو و ازلمولر (۲۰۰۹) نشان دادند که نواحی با احتمال بالا برای هر گروه بزرگ خاک با زمین‌نماهای کاملاً شناخته شده، منطبق است. نتایج پیش‌بینی حاصل از مدل برازش داده شده در منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد که زمانی که پارامترهای حاصل از سرزمین، سنجش از دور و فرآیندهای ژئومرفولوژی همه با هم در پیش‌بینی شرکت کنند، نتایج پیش‌بینی بهتر و دقیقتری بدست خواهد آمد. به نظر می‌رسد جایی که توزیع پیش‌بینی کننده‌ها یکنواخت‌تر باشد و تغییرپذیری کمتری داشته باشد، مدل‌ها سریعتر رابطه پیش‌بینی کننده و متغیر وابسته را تشخیص می‌دهد و ارتباط برقرار می‌کند. همچنین نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که نقشه ژئومرفولوژی یک ابزار مهم برای روشهای نقشه‌برداری رقومی خاک در مناطق خشک است. همچنین پیش‌بینی کننده‌های انتخاب



## چهاردهمین کنگره علوم خاک ایران - پیدایش، رده بندی، ارزیابی خاک و زمین نما

شده با توجه به شرایط تشکیل خاک در زمین‌نما به تفسیر داده‌ها کمک میکنند زمانی که همه فاکتورهای خاکسازي به‌طور همزمان در روش مدلسازی استفاده شوند، بهترین پیشبینی حاصل میشود.

### منابع

- Chaplot V., Lorentz S., Podwojewski P. and Jewitt G. ۲۰۱۰. Digital mapping of A-horizon thickness using the correlation between various soil properties and soil apparent electrical resistivity. *Geoderma*, ۱۵۷: ۱۵۴-۱۶۴.
- Debella-Gilo, M. and Etzelmuller B. ۲۰۰۹. Spatial prediction of soil classes using digital terrain analysis and multinomial logistic regression modeling integrated in GIS: Examples from Vest fold County, Norway. *Catena*, ۷۷: ۸-۱۸
- Grunwald, S. ۲۰۰۵. *Environmental Soil-Landscape Modeling, Geomorphic Information Technologies and Pedometrics*. Taylor and Francis, ۵۰۴p.
- Jafari A., Finke P.A., Van deWauw J., Ayoubi S. and Khademi H. ۲۰۱۲. 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 Soil Science*, ۶۳: ۲۸۴-۲۹۸.
- Kempen, B., Brus D.J., Heuvelink G.B.M. and Stoorvogel J.J. ۲۰۰۹. Updating the ۱:۵۰,۰۰۰ Dutch soil map using legacy soil data: A multinomial logistic regression approach. *Geoderma*, ۱۵۱: ۳۱۱-۳۲۶.
- Lacoste M., Lemerrier B. and Walter C. ۲۰۱۱. Regional mapping of soil parent material by machine learning based on point data. *Geomorphology*, ۱۳۳: ۹۰-۹۹.
- Minasny, B. and McBratney A.B. ۲۰۰۶. Mechanistic soil-landscape modeling as an approach to developing pedogenetic classifications. *Geoderma*, ۱۳۳: ۱۳۸-۱۴۹.
- Vaysse K. and Lagacherie P. ۲۰۱۵. Evaluating Digital Soil Mapping approaches for mapping Global Soil Map soil properties from legacy data in Languedoc-Roussillon (France). *Geoderma Regional*, ۴: ۲۰-۳۰.

### Abstract

We evaluated the suitability and performance of multinomial logistic regression as a potential technique for soil mapping using in Bam region of Iran. A stratified sampling scheme was designed based on geomorphic mapping an area of ۱۰,۰۰۰ ha. Among the predictors, the geomorphology map was identified as an important tool for digital soil mapping approaches as it helped to increase the accuracy. After the geomorphic surface, terrain attributes and remote sensing indices were the most important predictors. The results showed that soils with better prediction were those much influenced by topographical and geomorphological characteristics and soils with very poor accuracy of prediction were only slightly influenced by topographical and geomorphological characteristics.