



19<sup>th</sup> Iranian Soil Science Congress  
02-04 December, 2025



نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران  
۱۱ تا ۱۳ آذر ۱۴۰۴



مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب

Holistic and Smart Soil and Water Management

دانشکده‌گان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran



## نقشه برداری رقومی و پیش بینی تغییرات مکانی کربنات کلسیم معادل خاک سطحی با استفاده از الگوریتم یادگیری ماشین

ابوالفضل آزادی<sup>۱\*</sup>، محی الدین گوشه<sup>۲</sup> و میرناصر نویدی<sup>۳</sup>

۱- استادیار پژوهش، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی (AREEO)، اهواز، ایران؛ \* (a.azadi@areeo.ac.ir)

۲- استادیار پژوهش، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی (AREEO)، اهواز، ایران

۳- دانشیار پژوهش، موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

### چکیده:

روش معمول نقشه برداری ویژگی‌های خاک، وابسته به برداشت‌های میدانی بوده و اطلاعات حاصل از تغییرات مکانی آنها متأثر از مقیاس مطالعاتی و نیاز به دانش کارشناسان باتجربه دارد. استفاده از رویکردهای جدید داده‌کاوی در تهیه نقشه رقومی ویژگی‌های خاک ضرورت دارد. لذا این تحقیق با هدف مدلسازی مکانی کربنات کلسیم معادل خاک (CCE) در بخشی از اراضی کشاورزی دشت شادگان با تکیه بر داده‌های میدانی، تصاویر لندست ۸ و داده‌های مدل رقومی ارتفاع و توپوگرافی با استفاده از الگوریتم یادگیری ماشین جنگل تصادفی (RF) انجام شده است. بررسی نتایج نشان داد که متغیرهای محیطی حاصل از داده‌های توپوگرافی، سهم بیشتری را از نظر فراوانی نسبت به سایر نمایندگان فاکتورهای خاکسازي در پیش بینی کربنات کلسیم خاک به خود اختصاص دادند. که متغیر MRRTF به عنوان مهمترین عوامل تأثیرگذار بر روی تغییرات کربنات کلسیم در منطقه مورد مطالعه می باشد. به طور کلی رویکرد جنگل تصادفی به خوبی توانست زیرمجموعه مناسب از متغیرهای محیطی در رابطه با تغییرات کربنات کلسیم افق سطحی خاک ارائه دهد، و نقشه‌های رقومی را با دقت مناسب (برای مدیریت و بهره‌برداری پایدار از اراضی پیش‌بینی نماید).

**واژگان کلیدی:** شادگان، جنگل تصادفی، متغیرهای محیطی، نقشه برداری رقومی

### مقدمه:

کربنات کلسیم معادل خاک (CCE) یکی از ویژگی‌های مهم کلیدی خاک و از مهم‌ترین ترکیبات معدنی موجود در خاک‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان، از جمله ایران، به شمار می‌رود. حضور و توزیع مکانی این ترکیب معدنی، نقش اساسی در ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک ایفا می‌کند. کربنات کلسیم می‌تواند بر اسیدیته خاک، دسترسی عناصر غذایی (به‌ویژه فسفر و عناصر ریزمغذی)، ظرفیت تبادل کاتیونی، پایداری خاک‌دانه‌ها، نفوذپذیری و حتی فعالیت میکروبی خاک تأثیرگذار باشد. از این رو، آگاهی از پراکنش مکانی آن برای مدیریت پایدار و بهینه حاصلخیزی خاک، اصلاح اراضی شور و آهکی، و نیز برای مدلسازی‌های پیشرفته در اکوسیستم‌های کشاورزی و منابع طبیعی ضروری است (زرینی بهادر، ۱۴۰۴). امروزه در اغلب مطالعات نقشه‌برداری



19<sup>th</sup> Iranian Soil Science Congress  
02-04 December, 2025



نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران  
۱۴ تا ۱۳ آذر ۱۴۰۴



مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب

Holistic and Smart Soil and Water Management

دانشکده‌گان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran



رقومی خاک، به طور قابل توجهی محققین به مطالعه و مدلسازی تغییرات مکانی کربن آلی خاک می‌پردازند، در حالی که اشکال معدنی کربن بویژه در مناطق خشک و نیمه خشک که اغلب به شکل کربنات‌ها وجود دارد کمتر مورد توجه قرار گرفته‌اند (موسوی همکاران، ۱۴۰۰). روش‌های سنتی تهیه نقشه‌های خاک (کلاس و ویژگی‌های خاک)، نظیر نقشه‌برداری کلاسیک خاک، علی‌رغم دقت بالا در مقیاس‌های محلی، دارای محدودیت‌هایی مانند هزینه بالا، زمان‌بر بودن و پوشش مکانی محدود هستند. در دهه‌های اخیر، با پیشرفت فناوری‌های سنجش از دور، سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS) و الگوریتم‌های یادگیری ماشین، رویکرد جدیدی تحت عنوان نقشه‌برداری رقومی خاک (DSM: Digital Soil Mapping) توسعه یافته است (Pahlavanrad, et al. 2017; Azadi et al., 2025). این رویکرد مبتنی بر ارتباط بین خصوصیات خاک و متغیرهای محیطی (covariates) است که به صورت مستقیم یا غیرمستقیم بر شکل‌گیری و توزیع خاک اثر می‌گذارند. بنابراین کربنات کلسیم معادل نقش مهمی در حاصلخیزی و مدیریت پایدار خاک در مناطق خشک ایفا می‌کند و توزیع مکانی این ویژگی را از بالا به پایین با استفاده از داده‌های کمی به دست می‌آورند، یعنی ویژگی‌های مرتبط با زمین (متغیرهای کمی ثابت) و همچنین داده‌های سنجش از دور (متغیرهای کمی پویا) در توسعه کشاورزی پایدار مفید خواهد بود (Lotfollahi et al., 2023). به عبارت بهتر در نقشه‌برداری رقومی کربنات کلسیم، از مدل‌های آماری و یادگیری ماشین برای پیش‌بینی مقادیر کربنات کلسیم در مکان‌هایی که داده‌ی اندازه‌گیری شده در آن‌ها موجود نیست، استفاده می‌شود. داده‌های مورد استفاده در این مدل‌ها شامل ویژگی‌های توپوگرافی (مانند ارتفاع، شیب، شاخص رطوبت)، شاخص‌های طیفی استخراج شده از تصاویر ماهواره‌ای (مانند NDVI، SAVI، BSI)، اطلاعات اقلیمی و کاربری اراضی است. همچنین تکنیک‌هایی مانند جنگل تصادفی (Random Forest)، رگرسیون کریجینگ، و XGBoost به‌عنوان ابزارهای قدرتمند پیش‌بینی مکانی در این حوزه مورد توجه ویژه قرار گرفته‌اند (Zarinibahador, 2025; Lotfollahi et al., 2023; Mousavi et al. 2017). مدل جنگل تصادفی به عنوان یکی از روش‌های توسعه یافته مهم که برای بهبود بخشیدن و به‌سازی روش رگرسیون و درخت تصادفی به کار گرفته شده است. این روش در محاسبات از سرعت بالایی برخوردار می‌باشد (Breiman, 2001). Zeraatpisheh و همکاران (۲۰۱۹)، پژوهشی جهت پیش‌بینی مکانی برخی ویژگی‌های خاک از جمله کربن آلی خاک، کربنات کلسیم معادل و رس انجام دادند که نتایج آنها نشان داد که مدل جنگل تصادفی عملکرد قابل قبولی داشت و متغیرهای کمی استخراج از مدل رقومی ارتفاع مهمترین متغیرهای قابل قبول در پیش‌بینی رسی خاک‌ها هستند. آزادی و زارعیان (۲۰۲۴) نیز در مطالعه خود که به منظور پیش‌بینی شوری خاک در برخی اراضی استان فارس انجام دادند، نتایج حاصل از استفاده مدل جنگل تصادفی را رضایت‌مند و موفقیت آمیز گزارش کردند. این گونه نتایج تاییدی برای استفاده از این روش‌های متفاوت نقشه‌برداری رقومی در تهیه نقشه‌ها و ویژگی‌های مختلف خاک خواهد بود. لذا با توجه به اهمیت کربنات کلسیم در فرآیندهای خاک‌زایی، کشاورزی پایدار و مدیریت منابع طبیعی، هدف این مطالعه بررسی امکان‌پذیری و دقت روش‌های نقشه‌برداری رقومی در پیش‌بینی توزیع مکانی این ویژگی خاک با بهره‌گیری از داده‌های زمین و محیطی در منطقه مورد مطالعه می‌باشد. این پژوهش می‌تواند گامی مؤثر در راستای بهبود درک ما از الگوهای فضایی کربنات کلسیم و کاربردهای آن در مطالعات خاک‌شناسی، کشاورزی و محیط‌زیست در منطقه مورد مطالعه باشد.

مواد و روش‌ها



19<sup>th</sup> Iranian Soil Science Congress  
02-04 December, 2025



نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران  
۱۴ تا ۱۳ آذر ۱۴۰۴



۰۴۲۵۰-۳۲۰۳۱

مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب

Holistic and Smart Soil and Water Management

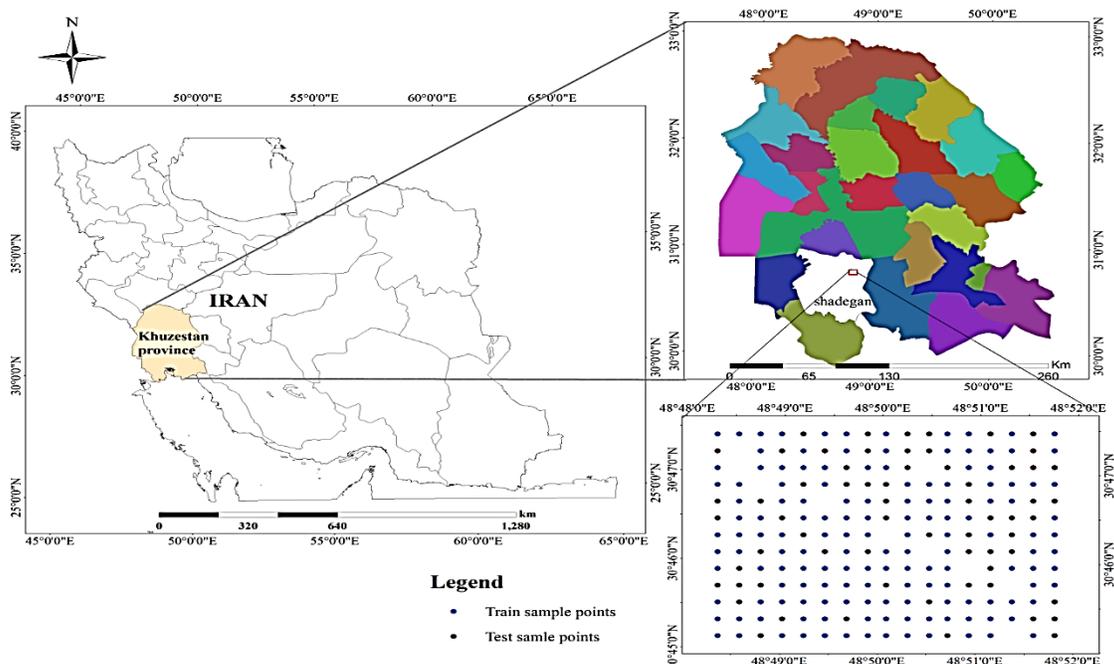
دانشکده‌گان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran



منطقه مورد مطالعه جهت انجام تحقیق مورد نظر، در منطقه شادگان در جنوب استان خوزستان (شکل ۱) واقع شده است که دارای رژیم رطوبتی اریدیک و رژیم دمایی هایپرترمیک می‌باشد. در این مطالعه با استفاده از روش نمونه برداری منظم و با فاصله هزار متر، تعداد ۲۱۲ نمونه خاک سطحی (۰-۳۰ سانتیمتر) با سیستم موقعیت یاب جهانی (GPS) برداشت شد. قبل از تعیین کربنات کلسیم معادل در آزمایشگاه، نمونه‌ها هوا خشک و از الک ۲ میلی متری عبور داده شدند. توزیع اندازه ذرات خاک در آزمایشگاه به روش هیدرومتری اندازه‌گیری گردید. برای برآورد اجزای بافت خاک از مدل جنگل تصادفی و متغیرهای کمکی استخراج شده از مدل رقومی ارتفاع (DEM) و تصاویر سنجنده‌ی OLI ماهواره لندست ۸ به عنوان داده‌های کمکی پیش بینی کننده استفاده شد. ۲۶ متغیر محیطی (شامل ۱۹ شاخص از مشتقات مدل رقومی ارتفاع و ۷ شاخص سنجش از دور) تهیه شدند. برای انتخاب مناسب ترین متغیرهای محیطی از الگوریتم بروتا استفاده شد. با استفاده از این رویکرد ۲۶ متغیر محیطی به منظور ورودی مدل های پیش بینی انتخاب شدند که شامل ۹ متغیر توپوگرافی از DEM و ۸ شاخص پوشش گیاهی و طیفی بودند. این مراحل در محیط نرم افزار Rstudio انجام گردید.

برای ایجاد مدل جنگل تصادفی، داده‌ها بطور تصادفی به دو دسته آموزش (۷۰) درصد از داده‌های نمونه برداری شده و آزمون (۳۰) درصد از داده‌های نمونه برداری شده تقسیم شدند. پارامترهای اصلی مدل RF شامل تعداد درختان (ntree)، تعداد متغیرهای پیش بینی کننده برای هر درخت (mtry)، و اندازه گره است. در مطالعه حاضر، با استفاده از بسته تخصصی "random Forest" در محیط نرم افزار Rstudio پارامترهای اصلی مدل بهینه سازی شدند. برای همگرایی و افزایش دقت مدل، تعداد درختان جنگل (ntree) ۱۰۰۰ درخت و تعداد گره ۱۴، در نظر گرفته شد. همچنین تعداد متغیرهای تصادفی هر گره (mtry) بر اساس کمترین میزان ریشه‌ی میانگین مربعات خطا (RMSE) و متناسب با فرآیند رگرسیون و تعداد ورودی‌ها، برای پیش بینی کربنات کلسیم معادل مقدار ۴ انتخاب گردید.



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی نقاط نمونه برداری در منطقه مورد مطالعه

### ارزیابی عملکرد مدل RF

برای ارزیابی عملکرد مدل جنگل تصادفی از آماره‌های ریشه دوم میانگین مربعات خطا (RMSE) و میانگین خطای مطلق (MAE) استفاده گردید که روابط ریاضی آنها به شکل زیر می باشد:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (P_i - O_i)^2}{n}}$$

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |P_i - O_i|$$

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (P_i - O_i)^2}{\sum_{i=1}^n (P_i - \bar{P}_i)^2}$$

$O_i$  و  $P_i$  به ترتیب مقادیر مشاهداتی و تخمین زده شده و  $n$  تعداد داده‌ها است.

نتایج و بحث:



19<sup>th</sup> Iranian Soil Science Congress  
02-04 December, 2025



نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران  
۱۱ تا ۱۳ آذر ۱۴۰۴



مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب

Holistic and Smart Soil and Water Management

دانشکده‌گان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran



بررسی آمار توصیفی کربنات کلسیم معادل در منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد که دامنه تغییرات این متغیر بین ۳۴ تا ۷۷ درصد و ضریب تغییرات متغیر کربنات کلسیم برابر با ۱۶/۴۱ و دارای تغییرات متوسط می‌باشد. متغیرهای کمکی مهم در پیش بینی کربنات کلسیم به ترتیب عبارت اند از MRRTF، MRVBF، Channel network base level، و باند سوم و شاخص NDVI می‌باشد. در پیش بینی کربنات کلسیم معادل خاک توسط مدل جنگل تصادفی در این مطالعه کمترین مقدار میانگین مربعات خطا، میانگین خطای مطلق و ضریب تبیین، به ترتیب ۱/۱۱، ۲/۹۵ و ۰/۵۵ بود که با تعداد ۱۰۰۰ درخت و ۴ کوواریت در هر گره به دست آمد. بر اساس شکل ۲ نتایج بیانگر آن است که متغیرهای محیطی حاصل از داده های توپوگرافی، سهم بیشتری را از نظر فراوانی نسبت به سایر نمایندگان فاکتورهای خاکسازي به خود اختصاص دادند. که متغیر MRRTF به عنوان مهمترین عوامل تأثیرگذار بر روی تغییرات کربنات کلسیم در منطقه مورد مطالعه می‌باشد. در همین راستا Mousavi و همکاران (۲۰۱۷) در مدلسازی مکانی کربنات کلسیم در اراضی سطحی قروه-دهگلان متغیرهای توپوگرافی را به عنوان متغیرهای کمکی مهم معرفی کردند. Zamanian و همکاران (۲۰۱۶)، در مطالعه خود که تحت عنوان نقشه برداری رقومی ویژگی‌های خاک با استفاده از روش‌های یادگیری ماشین در مناطق نیمه خشک ایران انجام دادند به این نتیجه رسیدند که جهت برآورد مقدار کربنات کلسیم معادل خاک پارامترهای سنجش از دور مهمترین متغیر کمکی بوده و مدل‌های جنگل تصادفی و کوبیست بیشترین دقت را در پیش بینی مقدار کربنات کلسیم خاک دارند. موسوی و همکاران در پژوهش خود (۲۰۲۱) مدل سازی تغییرات کربنات کلسیم را با سه الگوریتم یادگیری ماشین، جنگل تصادفی، رگرسیون درخت تصمیم و نزدیکترین همسایه k در دشت قزوین بررسی کردند که نتایج آنها نشان داد الگوریتم جنگل تصادفی در مقایسه با سایر مدل‌های مورد استفاده بیشترین مقدار دقت و کمترین مقدار خطا را داشته است. به‌طور کلی روند کلی تغییرات کربنات کلسیم بر اساس نقشه پهنه‌بندی تهیه‌شده (شکل ۳) در خاک سطحی منطقه به ویژه در بخش‌های شمال شرق و شرق منطقه است که این نتایج با باز دیدهای میدانی و همچنین مهمترین متغیرهای محیطی پیش‌بینی کننده کربنات کلسیم خاک همخوانی دارد. لذا نتایج مدلسازی با روش جنگل تصادفی نیز نشان داد که روش جنگل تصادفی به نسبت روش کارایی در تهیه نقشه کربنات کلسیم در منطقه مورد مطالعه بود و بررسی‌های میدانی نیز تطابق نقشه حاصل از مدلسازی با واقعیت‌های محیطی و کارایی روش مدلسازی را تایید نمود. همچنین اگر مدل جنگل تصادفی با متغیرهای محیطی مناسب آموزش داده شود، می‌تواند آن را به عنوان یکی از مؤثرترین الگوریتم‌های داده‌کاوی در نقشه‌برداری رقومی خاک دانست. و به عبارتی در صورت استفاده از سایر متغیرهای کمکی مانند باندهای مختلف تصاویر ماهواره و ترکیب آنها که در این مطالعه استفاده نشده است روش جنگل تصادفی می‌تواند نقشه تولیدی را بهبود بخشد.



19<sup>th</sup> Iranian Soil Science Congress  
02-04 December, 2025



نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران  
۱۱ تا ۱۳ آذر ۱۴۰۴

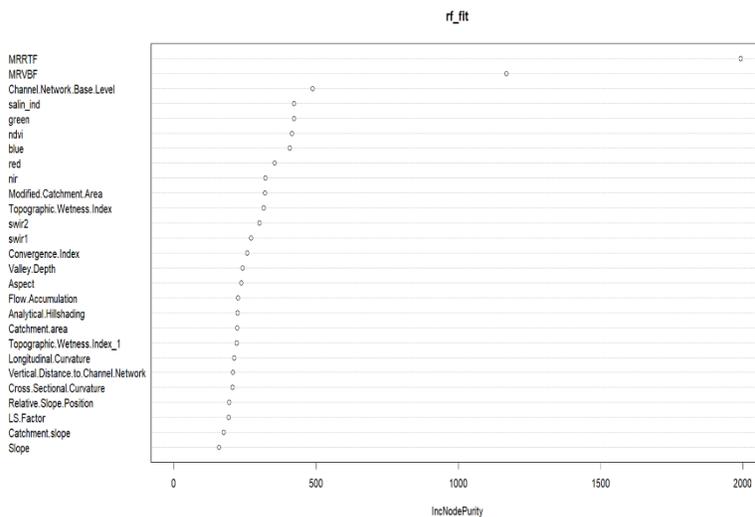


مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب

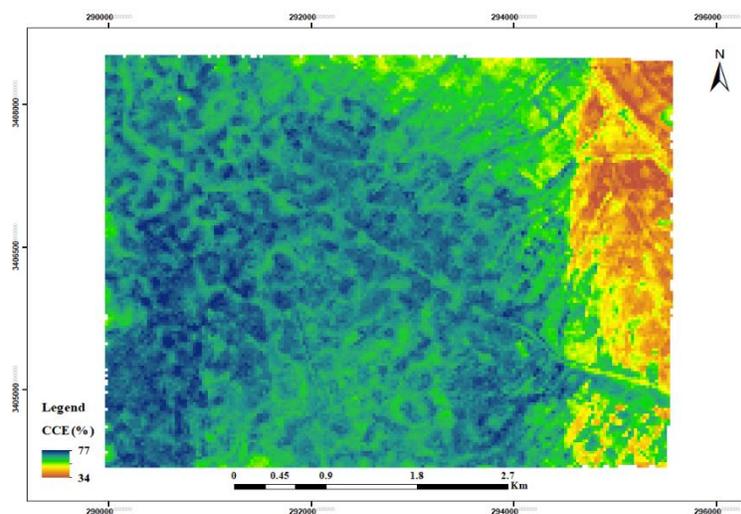
Holistic and Smart Soil and Water Management

دانشکده‌گان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran



شکل ۲. میزان اهمیت متغیرهای کمکی در پیش بینی کربنات کلسیم معادل خاک



شکل ۳. نقشه رقومی درصد کربنات کلسیم خاک با استفاده از الگوریتم جنگل تصادفی نتیجه گیری:

### نتیجه گیری کلی

مقدار سنج‌های ارزیابی عملکرد مدل نشان داد که جنگل تصادفی توانست با به کارگیری کوواریت‌های محیطی، میزان کربنات خاک را با صحت مکانی قابل قبولی پیش‌بینی کند. از موثرترین کوواریت در منطقه می‌توان به متغیر MRRTF اشاره نمود. ضمناً مطابق



19<sup>th</sup> Iranian Soil Science Congress  
02-04 December, 2025



نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران  
۱۱ تا ۱۳ آذر ۱۴۰۴



مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب

Holistic and Smart Soil and Water Management

دانشکده‌گان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran



با نتایج بدست آمده نقشه پیش‌بینی شده به روش جنگل تصادفی با الگوی پراکنش کربنات کلسیم در سطح منطقه که هنگام مطالعات صحرایی دیده شد، هماهنگی بالایی را نشان داد. و بررسی‌های میدانی نیز تطابق نقشه حاصل از مدلسازی با واقعیت‌های محیطی و کارایی روش مدلسازی را تایید نمود. لذا استفاده تکنیک‌های پدومتری بخصوص الگوریتم جنگل تصادفی می‌تواند در گستره‌های وسیع جهت نقشه‌برداری رقوم خصوصیات خاک‌ها از جمله کربنات کلسیم به کار گرفته شود.

### فهرست منابع

آزادی، ا. و زارعی‌ان، غ. (۱۴۰۲). نقشه‌برداری رقوم تغیری‌رات شوری خاک در بخشی از اراضی جنوب شرق فارس. هجدهمین کنگره علوم خاک ایران (مدیریت احی‌اگر و چالش‌های خاک: شوری، آلودگی، گرد و غبار). هجدهمین کنگره علوم خاک ایران. دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان. صفحه ۹-۱.

پهلوان راد، م. ر.، تومانی‌ان، ن و خرمالی، ف. (۱۳۹۵). معرفی نقشه‌برداری رقوم خاک مدیریتی اراضی، ۴(۲)، ۹۷-۱۱۴. زری‌نی بهادر، م. ۱۴۰۴. نقشه‌برداری رقوم کربنات کلسیم معادل خاک با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸ و داده‌های کمکی توسط مدل‌های یادگیری ماشینی در حوضه آبخیز بدر، استان کردستان. علوم آب و خاک. ۲۹(۱)، ۸۱-۹۶. موسوی، س. ر.، سرمندی‌ان، ف.، امیدی، م و بوگارت، پ. (۱۴۰۰). مدل‌سازی تغیری‌رات عمقی کربنات کلسیم معادل خاک با استفاده از الگوریتم‌های یادگیری ماشینی در دشت قزوین. آب و خاک، ۳۵(۵)، ۷۱۹-۷۳۴.

Azadi, A., Shakeri, S., Zareian, G. Pahlavanrad, M. (2025). Machine Learning Approach for Soil Organic Carbon Prediction Using Auxiliary Environmental Variables in Agricultural Lands. *Eurasian Soil Science*. 58, 64.

Lotfollahi, L., M. A. Delavar, A. Biswas, M. Jamshidi and R. Taghizadeh-Mehrjardi. (2023). Modeling the spatial variation of calcium carbonate equivalent to depth using machine learning techniques. *Environmental Monitoring and Assessment* 195(5), 607.

Mousavi S.R., Sarmadian F., Dehghani S., Sadikhani M.R., and Taati A. (2017). Evaluating inverse distance weighting and kriging methods in estimation of some physical and chemical properties of soil in Qazvin Plain. *Eurasian Journal of Soil Science* 6(4): 327-336.

Zamanian, K., K. Pustovoytov and Y. Kuzyakov. (2016). Pedogenic carbonates: Forms and formation processes. *Earth-Science Reviews* 157, 1-17.

Zeraatpisheh, M., Ayoubi, S., Jafari, A., Tajik, S., and Finke, P. (2019). Digital mapping of soil properties using multiple machine learning in a semi-arid region, central Iran. *Geoderma*, 338 (15), 445-452.

### Digital mapping and prediction of spatial changes in surface soil calcium carbonate equivalent using machine learning algorithms

Abolfazl Azadi<sup>\*1</sup>, Mohiaddin Goosheh and Mir Naser Navidi<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Assistant Prof., Khuzestan Agricultural and Natural Resources, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Ahvaz, Iran, \* (a.azadi@areeo.ac.ir)

<sup>2</sup>Assistant Prof., Khuzestan Agricultural and Natural Resources, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Ahvaz, Iran

<sup>3</sup> Associate Prof., Soil and Water Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran

### Abstract



19<sup>th</sup> Iranian Soil Science Congress  
02-04 December, 2025



نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران  
۱۱ تا ۱۳ آذر ۱۴۰۴



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



The conventional method of mapping soil properties is dependent on field observations, and the information obtained from their spatial changes is affected by the study scale and requires the knowledge of experienced experts. The use of new data mining approaches in preparing digital maps of soil properties is necessary. Therefore, this study aimed to spatially model soil calcium carbonate equivalent (CCE) in part of the agricultural lands of the Shadegan Plain, relying on field data, Landsat 8 images, and digital elevation and topography model data using the Random Forest (RF) machine learning algorithm. The results showed that environmental variables obtained from topographic data had a greater share in terms of frequency than other representatives of soil-forming factors in predicting soil calcium carbonate. The MRRTF variable is the most important factor affecting changes in calcium carbonate in the study area. In general, the random forest approach was able to provide a suitable subset of environmental variables in relation to changes in calcium carbonate in the soil surface horizon, and to predict digital maps with appropriate accuracy for sustainable land management and utilization.

**Keywords:** Shadegan, Random Forest, Environmental Variables, Digital Mapping