شانزدهمین کنگره علوم خاک ایران

دانشگاه زنجان، ۵ تا ۷ شهریور ۱۳۹۸

محور مقاله: پدومتری و ارزیابی خاک‌ها

بررسی عدم قطعیت پیش‌بینی کربن آلی خاک در بخشی از حوضه آبریز کرخه در استان کرمانشاه (کاربرد مدل جنگل تصادفی)

شاهرخ فاتحی[1*]، زینب زین‌الدینی[2]

[1] استادیار پژوهش، بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمانشاه، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمانشاه، ایران

[2] دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی، استان کرمانشاه

چکیده

نقشه‌های رقومی خاک ابزاری برای نشان دادن الگوی پراکنش مکانی ویژگی‌های خاک هستند. عدم قطعیت در این نقشه‌ها به دلیل نمایش پیش‌بینی ویژگی‌های خاک در مکان‌هایی فاقد نمونه‌برداری اجتناب ناپذیراست. در این پژوهش از الگوریتم جنگل تصادفی برای پیش‌بینی مقدار کربن آلی در بخشی از حوضه آبخیز کرخه در استان کرمانشاه با مساحت۱۴۰۸۲ هکتار استفاده شد. هدف اصلی از انجام این پژوهش، تولید نقشه‌های عدم قطعیت پیش‌بینی کربن آلی بود. به همین منظور تعداد ۱۷۴ نمونه خاک سطحی (عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری) با الگوی تصادفی جمع‌آوری گردید. برای محاسبه متغیرهای محیطی کمکی، مدل رقومی ارتفاع STRM و تصاویر ماهواره لندست ۵ با قدرت تفکیک مکانی ۳۰ متر به‌کار رفت. مبنای عدم قطعیت محاسبه انحراف معیار در هر پیکسل نقشه بود. نقشه عدم قطعیت مدل با استفاده از بسته نرم‌افزاری quantregForest بدست آمد. عدم قطعیت در تغییرات داده‌های کربن آلی (حساسیت مدل به داده‌ها) براساس نتایج حاصل از ده بار تفکیک داده‌ها به دو دسته آموزشی و اعتبارسنجی و اجرای مدل جنگل تصادفی تعیین شد. سپس نقشه‌ی عدم قطعیت کل از مجموع عدم قطعیت مدل و حساسیت مدل به داده‌ها بدست آمد. نتایج نشان داد در حاشیه‌ی منطقه مطالعاتی به دلیل وجود نقاط مشاهداتی کمتر، فاصله بیشتر نمونه‌ها و تغییرات شدید مقدار کربن آلی، مقدار عدم قطعیت کل بالا است.

کلمات کلیدی: کربن آلی خاک، عدم قطعیت مدل، حساسیت، اعتبارسنجی.

مقدمه

نقشه‌برداری رقومی خاک در واقع شامل پیش‌بینی ویژگی مورد نظر در مکان‌هایی است که نمونه‌برداری صورت نگرفته است و به بیان بهتر مقداری برای آن وجود ندارد. بنابراین برآوردی که برای این نقاط صورت می‌گیرد، مطمئناً با خطاهایی همراه است زیرا تغییرات مکانی خاک پیچیده است و نمی‌توان آن را کامل مدل‌سازی نمود. این قضیه نشان می‌دهد، پیش‌بینی ویژگی‌های خاک در مکان‌های مورد نظر با عدم قطعیت[1] همراه است. چون زمانی که مدل پیش‌بینی رو انجام می‌دهد حتماً با مقادیر واقعی ویژگی‌ها برای آن نقاط تفاوت دارد. در حقیقت ممکن است حتی ما در مورد نقاطی که اندازه‌گیری انجام داده‌ایم نیز مطمئن نباشیم زیرا هیچ روش اندازه‌گیری کامل نیست (McBratney و همکاران، ۲۰۰۳). منابع عدم قطعیت در زمینه نقشه‌برداری رقومی خاک چهار دسته است. ۱- عدم قطعیت در رابطه با اندازه‌گیری خاک؛ این عدم قطعیت مربوط به خطاهایی در رابطه با اندازه‌گیری ویژگی‌های خاک است از جمله خطای اندازه‌گیری ویژگی‌های خاک در آزمایشگاه (شامل خطا در استفاده از نوع مواد شیمیایی، روش اندازه-گیری، خطای دستگاه‌ها)، خطای نمونه‌برداری (مکان نمونه‌برداری، عمق نمونه‌برداری، ظرف نگهداری نمونه، روش نمونه‌برداری)، خطای آنالیز آماری و در نهایت خطای طبقه‌بندی یا رده‌بندی خاک است. ۲- عدم قطعیت موقعیت مکانی اندازه‌گیری خاک؛ این خطا مربوط به اشتباه در برداشت نقاط از نظر موقعیت مکانی است. این عامل به‌شدت پیش‌بینی‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهد زیرا در روش نقشه‌برداری رقومی از متغیرهای کمکی محیطی برای پیش‌بینی استفاده می‌شود و اگر برداشت نقاط بدرستی در مکان مشخص صورت نگیرد یا مختصات به‌اشتباه یاداشت گردد ارتباط بین ویژگی‌ها یا کلاس‌های خاک با کوواریت‌های محیطی برقرار نمی‌شود. ۳- عدم قطعیت متغیرهای کمکی محیطی؛ اشتباه در تهیه نقشه متغیرهای محیطی منجر به خطا در پیش‌بینی‌ها می‌شود. در مورد متغیرهای کمکی که مشتق شده از DEM منطقه هستند، ممکن است نقشه DEM با روش دقیق تهیه نشده-باشد و مهم‌تر از همه چون نقشه DEM یک تقریبی از ارتفاع است، همراه با عدم قطعیت است. ۴- عدم قطعیت در مدل‌های پیش‌بینی ویژگی‌های خاک براساس متغیرهای کمکی محیطی و داده‌های نقطه‌ای خاک؛ حتی اگر داده‌های نقطه‌ای خاک و متغیرهای محیطی نیز بدون خطا باشند، پیش-بینی‌ها در روش نقشه‌برداری رقومی همچنان با مقدار واقعی ویژگی مورد نظر تفاوت دارد زیرا مدل‌های رایان‌آموختی نیز عدم قطعیت به همراه دارند.

[1] Uncertainty

ویژگی‌های خاک تابعی از فاکتورهای خاک‌سازی هستند و اینکه بتوان به‌طور کامل در یک مدل کامپیوتری پیاده‌سازی گردند، امری بسیار پیچیده است (FAO، ۲۰۱۸) و به طور قطع استفاده از هرمدلی عدم قطعیت به همراه خواهد داشت. با توجه به بررسی منابعی که صورت گرفت مطالعات در زمینه بررسی عدم قطعیت نقشه‌های رقومی ویژگی‌های خاک محدود است و در این زمینه می‌توان به مطالعه Vaysse و Lagacherie (۲۰۱۷) در برآورد نقشه عدم قطعیت کربن آلی، pH و درصد رس خاک در کشور فرانسه با کاربست مدل جنگی تصادفی اشاره نمود.

مدیریت دقیق در اراضی کشاورزی برای اهداف مختلف، مستلزم شناخت دقیق و کمّی و برآورد عدم قطعیت ویژگی‌های خاک است. مقدار کربن آلی خاک یکی از ویژگی‌های مهم در تعیین کیفیت خاک است و به‌عنوان یکی از شاخص‌های اولیه و مهم کیفیت خاک در بحث کشاورزی و محیط زیست مطرح است. بنابراین هدف از این پژوهش تهیه نقشه‌ی رقومی با استفاده از مدل جنگل تصادفی و همچنین تولید نقشه‌ی عدم قطعیت پیش‌بینی کربن آلی با استفاده از این مدل در اراضی اطراف رودخانه مرک در استان کرمانشاه است. لازم به ذکر است در این تحقیق عدم قطعیت ناشی از مدل و عدم قطعیت ناشی از حساسیت مدل به داده‌های موجود (چهارمین نوع عدم قطعیت فوق الذکر) مورد بررسی قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه با مساحت تقریبی ۱۴۰۸۳/۹ هکتار بخش کوچکی از حوضه آبریز کرخه واقع در استان کرمانشاه را تشکیل می‌دهد. این محدوده در حد فاصل طول جغرافیایی '۵ °۴۷ تا '۲۰ °۴۷ طول شرقی و'۲ °۳۴ تا '۸ °۳۴ عرض شمالی واقع شده‌است (شکل ۱). دامنه ارتفاع ناحیه مورد نظر از ۱۴۷۷ متر تا ۱۸۷۷ متر متغیر است. میانگین دما و بارندگی سالانه به‌ترتیب ۱۳/۲ درجه سلسیوس و ۴۸۱/۴ میلی‌متر است. رژیم رطوبتی و دمایی به‌ترتیب زریک و مزیک است. ناحیه مورد مطالعه عمدتاً تحت کشت محصولات دیم از جمله گندم، نخود و جو بوده و به‌صورت پراکنده کشت آبی مجصولات گندم، ذرت، چغندر، گوجه فرنگی و سیب زمینی با استفاده از آب زیرزمینی در منطقه صورت می‌گیرد. براساس روش تصادفی، تعداد ۱۷۴ نمونه به صورت سطحی (عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری) جمع‌آوری گردید. موقعیت نقاط توسط دستگاه موقعیت‌یاب جهانی[1] ثبت گردید. با توجه به اینکه الگوی نمونه‌برداری تصادفی است فاصله بین نمونه‌ها متغیر بود و به‌ترتیب کمترین و بیشترین فاصله بین نمونه‌ها ۳۴۲ و ۷۶۲۰ متر بود (شکل ۱). در ادامه پس از انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه و عبور خاک از الک ۰/۵ میلی‌متری، کربن آلی به روش سوزاندن تر براساس روش مندرج در نشریه شماره ۸۹۳ مؤسسه تحقیقات خاک وآب اندازه‌گیری شد(فاتحی، ۱۳۸۷).

برای پیش‌بینی کربن آلی خاک از متغیرهای محیطی مشتق شده از مدل رقومی ارتفاع STRM با قدرت تفکیک مکانی ۳۰ متر و تصویر ماهواره لندست ۵ مربوط به خرداد ۱۳۸۵(زمان جمع‌آوری نمونه‌های خاک) استفاد شد. متغیرهای محیطی مشتق شده از مدل رقومی ارتفاع (ارتفاع،شیب،جنبه شیب، تحدب، بافت و موقعیت شیب میانی، شاخص موقعیت توپوگرافیک، شاخص همگرایی، شاخص همواری درّه با درجه تفکیک بالا، شاخص ناهمواری سرزمین، عمق دره، فاصله عمودی تا شبکه، عدد ناهمواری میلتون، شاخص خیسی توپوگرافی و شاخص قدرت جریان) و شاخص‌های تصاویر ماهواره-ای (پوشش گیاهی نرمال شده، پوشش گیاهی تصدیق شده یا SAVI، شاخص اندازه ذرات و شاخص رس) در محیط نرم‌افزار SAGA-GIS 7 و ENVI 5.3 بدست آمدند. مدل‌سازی و پیش‌بینی کربن آلی خاک در محیط نرم افزار (R-Studio) انجام و برای مدل‌سازی از روش‌جنگل تصادفی استفاده شد. از مجموع کل داده‌ها، ۷۰ درصد را به عنوان آموزشی و ۳۰ درصد به عنوان اعتبارسنجی در نظر گرفته شدند.

برای محاسبه عدم قطعیت مدل از پکیج Quantregforest استفاده شد. مقادیر عدم قطعیت بر حسب انحراف معیار ارائه شد. عدم قطعیت در تغییرات داده‌های کربن آلی (حساسیت مدل به داده‌ها)، براساس نتایج حاصل از ده بار تفکیک داده‌ها به دودسته آموزشی و اعتبارسنجی و اجرای مدل جنگل تصادفی تعیین شد. در تهیه نقشه حساسیت مدل به داده‌ها یا به عبارتی عدم قطعیت وارد شده به مدل در اثر تغییر داده‌های خاک، مقادیر پارامترهای اعتبارسنجی از جمله ریشه میانگین مربعات خطای برآورد[2] (RMSE) (معادله۱) و ضریب تبیین (R^2) (معادله۲) محاسبه شد(Vaysse و Lagacherie، ۲۰۱۷).

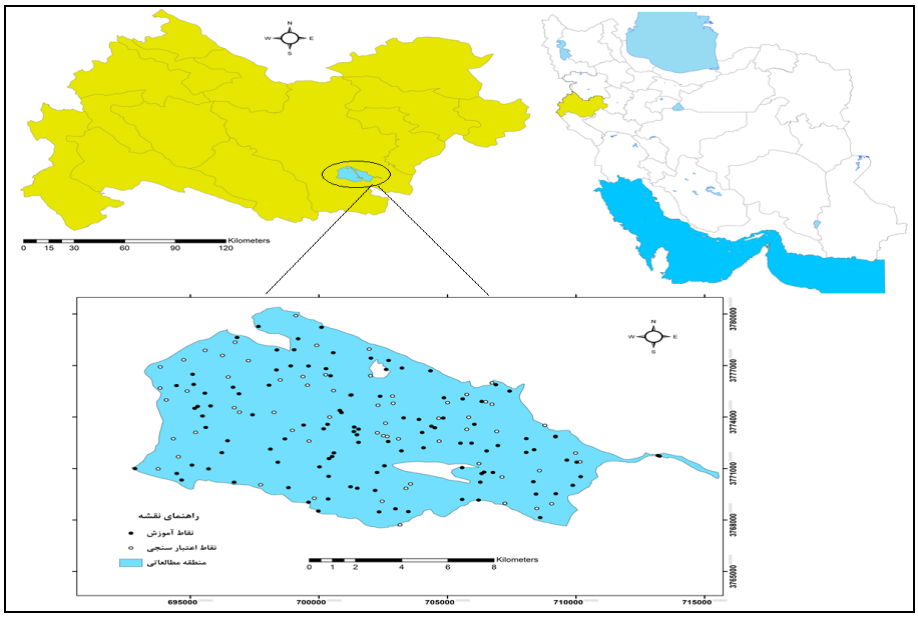
$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left[\left(Z^{*}_{(x_i)} - Z_{(x_i)}\right)^2\right]} \quad (۱)$$

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n}\left[z^{*}(x_i)-z^{*}(\bar{x})\right]^2}{\sum_{i=1}^{n}\left[z(x_i)-z(\bar{x})\right]^2} \quad (۲)$$

[1]Global Positioning System

[2] . Root Mean Square Error

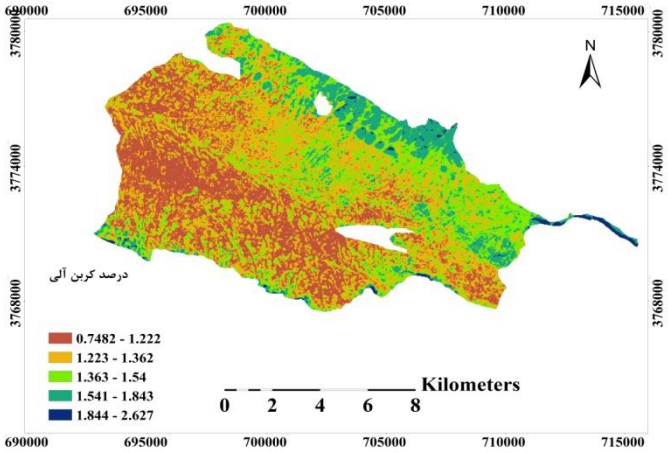
در معادله (۱) RMSE، ریشه میانگین مربعات خطای برآورد، $Z^*_{(x_i)}$ متغیر پیش‌بینی شده، $Z_{(x_i)}$ متغیر اندازه‌گیری شده و n، تعداد نمونه‌ها است. یک مدل خوب، دارای حداقل مقدار ریشه میانگین مربعات خطای برآورد می‌باشد (Brus و همکاران، ۲۰۱۱). در معادله (۲)، R^2، ضریب تبیین، $z(\overline{x})$ و $z^*(\overline{x})$ به ترتیب نشان‌دهنده‌ی میانگین داده‌های مشاهده‌ای و پیش‌بینی هستند. عدم قطعیت کل نیز مجموع حساسیت مدل به داده‌ها و عدم قطعیت مدل است که بر حسب انحراف استاندارد گزارش می‌شود (Vaysse و Lagacherie، ۲۰۱۷).



شکل ۱- موقعیت منطقه مطالعاتی و پراکنش نقاط مطالعاتی

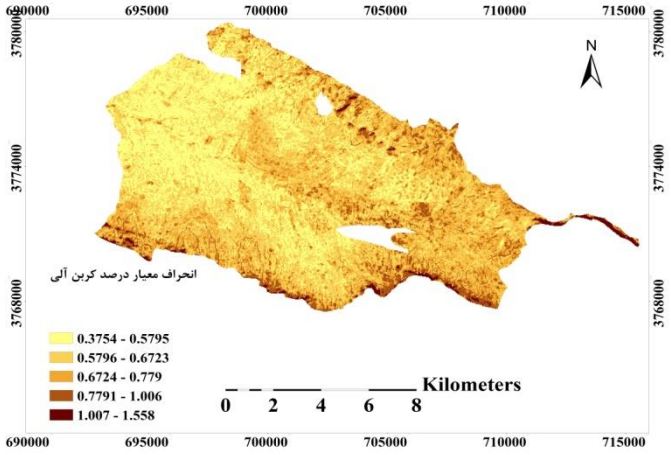
نتایج و بحث

پراکنش مکانی مقدار کربن آلی را براساس مدل جنگل تصادفی در شکل ۲ مشاهده می‌کنید. کمترین و بیشترین مقدار کربن آلی به‌ترتیب ۰/۷۷ و ۲/۵۹ درصد است. بیشترین درصد کربن آلی در اطراف حاشیه منطقه‌ی مطالعاتی به‌ویژه در قسمت‌های شمال شرقی منطقه که مساحت زیادی از منطقه‌ی مطالعاتی را در برگرفته است و در حاشیه‌های جنوبی و جنوب غربی منطقه که به صورت نوار باریکی منطقه را پوشش داده است، مشاهده شد. از دلایل بالا بودن کربن آلی در این منطقه مرتعی بودن این اراضی و عدم اجرای عملیات خاک‌ورزی در آن‌ها می‌باشد. کمترین مقدار کربن آلی نیز در شمال غرب به سمت مرکز و همچنین قسمت‌های مرکزی منطقه مطالعاتی مشاهده می‌شود. لازم به ذکر است در این مناطق، کشاورزی دیم و آبی انجام می‌شود. به طورکلی مقدار کربن آلی در ناحیه مورد مطالعه به جز در حاشیه‌ی منطقه، وضعیت مطلوبی ندارد.



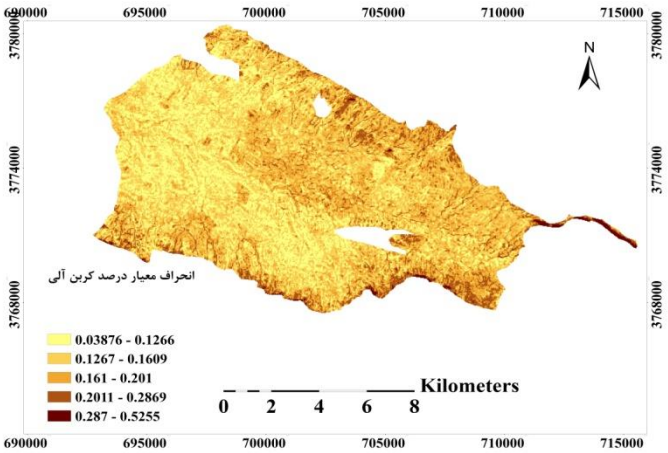
شکل ۲- نقشه کربن آلی منطقه‌ی مطالعاتی با کاربرد مدل RF

نقشه عدم قطعیت مدل در پیش‌بینی درصد کربن آلی بر حسب انحراف معیار در شکل ۳ ارائه شده‌است. دامنه‌ی تغییرات انحراف معیار پیش‌بینی بین ۰/۳۷۵ تا ۱/۵۵۸ متغیر است. در واقع هر چه میزان انحراف معیار به صفر نزدیک‌تر باشد مدل با دقت بالاتری، پیش‌بینی‌ها را انجام داده‌است. در حاشیه منطقه‌ی مطالعاتی مقدار بالای انحراف معیار نشان می‌دهد وجود نقاط کمتر نمونه‌برداری (شکل ۱)، منجربه عملکرد ضعیف مدل در پیش‌بینی شده است. در بسیاری از مطالعات نیز به اهمیت بالای تعداد نقاط نمونه‌برداری در عملکرد مدل‌های رایان آموختی تأکید شده است (Brungard و همکاران، ۲۰۱۵؛Jafari و همکاران، ۲۰۱۲). مقدار انحراف معیار در حاشیه‌ی شمال شرقی منطقه در سطح وسیعی پایین است که از دلایل احتمالی عملکرد ضعیف مدل علاوه بر تعداد کم نقاط نمونه‌برداری می‌توان به تغییرات شدید مقدار کربن آلی در این قسمت اشاره نمود.



شکل ۳- نقشه عدم قطعیت مدل در پیش‌بینی کربن آلی در منطقه‌ی مطالعاتی

کمترین و بیشترین مقدار حساسیت (شکل ۴) به‌ترتیب ۰/۰۳۹ و ۰/۵۲۵ است که کمترین مقدار در قسمت‌هایی از منطقه مشاهده می‌شود که تعداد نقاط نمونه‌برداری زیاد، فاصله بین نمونه‌ها کم و تغییرات کربن آلی پایین است و بیشترین مقدار در حاشیه منطقه‌ی مطالعاتی و قسمت‌هایی از مرکز است. برای تعیین حساسیت مدل به تغییرات داده‌های کربن آلی خاک، میانگین ۱۰ بار پیش‌بینی مدلRF در نظر گرفته می‌شود؛ بنابراین پیش‌بینی‌ها به مقدار واقعی نزدیک‌تر است تا زمانی که فقط مدل یک‌بار اجرا گردد. نتایج اعتبارسنجی ۱۰ بار اجرای مدل در جدول ۱ ارائه شده است. هر چه مقدار RMSE کمتر و R^2 بیشتر باشد، اعتبار مدل در پیش‌بینی‌ها بالاتر و نتایج با واقعیت هم‌خوانی بیشتری دارد.

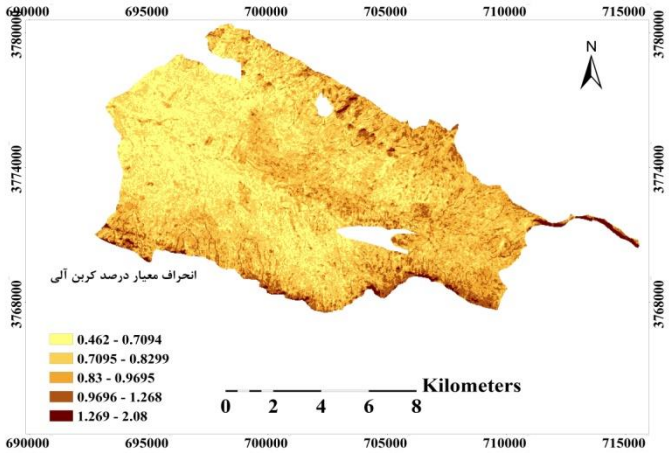


شکل ۴- نقشه حساسیت پیش‌بینی مقدار کربن آلی در منطقه‌ی مطالعاتی

جدول ۱- نتایج اعتبارسنجی ۱۰ بار اجرای مدل

اجرای مدل	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
RMSE	۰/۵۴	۰/۵۰	۰/۵۲	۰/۵۹	۰/۵۴	۰/۵۴	۰/۵۶	۰/۵۱	۰/۵۲	۰/۵۱
R^2	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۰۸	۰/۰۰۳	۰/۱۳	۰/۰۰۷	۰/۰۳	۰/۰۷	۰/۰۵	۰/۰۷

در شکل ۵ مقدار عدم قطعیت کل را برحسب انحراف استاندارد مشاهده می‌کنید. هر چه مقدار انحراف استاندارد به صفر نزدیک‌تر باشد، صحت پیش-بینی بالاتر است. با توجه به اینکه مقدار عدم قطعیت کل حاصل مجموع حساسیت و عدم قطعیت مدل است، این نقشه مقدار بالاتری در مقایسه با نقشه حساسیت و عدم قطعیت مدل دارد. کمینه و بیشینه انحراف استاندارد ۰/۴۶۲ و ۲/۰۸۰ است. روند تغییرات عدم قطعیت کل تقریباً مشابه با روند تغییرات عدم قطعیت مدل است به نحوی که در حاشیه منطقه مطالعاتی بیشتر و در قسمت‌های مرکزی کمتر است اما در مساحتی از قسمت‌های مرکزی منطقه که مقدار حساسیت بالا بود منجر به افزایش عدم قطعیت کل نیز شده است.



شکل ۵- نقشه عدم قطعیت کل پیش‌بینی کربن آلی در منطقه‌ی مطالعاتی

نتیجه‌گیری

مقایسه نقشه پیش‌بینی کربن آلی خاک و نقشه‌های عدم قطعیت نشان می‌دهد که هرچه تعداد نمونه و تراکم نمونه‌برداری کمتر باشد عدم قطعیت کل بالاتر است. به دیگر سخن، می‌توان گفت تعداد نمونه‌ها و تراکم نمونه‌برداری بر عدم قطعیت خود مدل و عدم قطعیت موجود در داده‌های کربن آلی خاک(حساسیت مدل به داده های موجود) تاثیر می‌گذارد. عدم قطعیت مدل عموماً به عدم قطعیت پارامتر مدل و عدم قطعیت ساختاری مدل تقسیم می‌شود. عدم قطعیت مربوط به پارامتر مدل را می‌توان با استفاده از مدل‌هایی با پارامتر کمتر و یا با استفاده از یک مجموعه داده بزرگتر کاهش داد. عدم قطعیت ساختاری مدل را می‌توان با استفاده از یک مدل پیچیده کاهش داد اما این کار تنها در صورتی امکان‌پذیر است که داده‌های کافی برای آموزش مدل وجود داشته باشد. بنابراین با انتخاب یک سطح پیچیدگی مدل و میزان کافی داده‌های موجود و در دسترس، می‌توان عدم قطعیت مدل را کاهش داد. از این پژوهش می‌توان این نتیجه کلی را بیان نمود که تهیه نقشه‌های عدم قطعیت در پروژه‌های نقشه‌برداری رقومی خاک وارائه آن به تصمیم‌گیران این امکان را فراهم می‌آورد که تصمیمات مدیریتی با دقت بالاتری در منطقه مورد مطالعه انجام شود و ریسک ناشی از خطاها را پایین آورد و باعث صرفه‌جویی اقتصادی با انجام عملیات مدیریتی صحیح شد.

منابع

احیائی، م.۱۳۷۲. شرح روش های تجزیه شیمیائی خاک (جلد اول). نشریه فنی۸۹۳. مؤسسه تحقیقات خاک و آب. سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی، تهران، ایران.

فاتحی ش. ۱۳۸۷. گزارش نهائی مطالعات نیمه تفصیلی خاکشناسی بخشی از حوضه آبخیز مرک. مؤسسه تحقیقات خاک و آب. ۸۷ صفحه.

Brungard,C.W., Boettinger, J.L., Duniway, M.C., Wills, S.A. and Edwards Jr, T.C. 2015. Machine learning for predicting soil classes in three semi-arid landscapes.Geoderma, 239-240 (2015) 68-83.

Brus D. J., Kempen B. and Heuvlink G. B. M. 2011. Sampling for validation of digital soil maps. Eur. J. Soil Sci., 62: 394-407.

Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. 2018. Soil Organic Carbon Mapping Cookbook.

Jafari, A., Finke, P. A., VandeWauw, J., Ayoubi, S. and 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.

McBratney, A. B., Santos, M. M. and Minasny, B. 2003. On digital soil mapping. Geoderma, 117(1), 3-52.

Vaysse, K. and Lagacherie, P. 2017. Using quantile regression forest to estimate uncertainty of digital soil mapping products. Geoderma, 291, 55-64.

16th Iranian Soil Science Congress

University of Zanjan, Iran, August 27-29, 2019

Topic for submission: Pedometric and Soil Evaluation

Investigating the uncertainty of soil organic carbon prediction in the part of Karkhe catchment in Kermanshah province (using random forest model)

Fatehi, Sh.[1], Zeynodini, Z.[2]*

[1]Research Assistant Prof., Soil and Water Research Department, Kermanshah Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Kermanshah, Iran.

[2]M. Sc in soil science, Department of Soil Science and Engineering, Faculty of Agriculture, Razi University, Kermanshah, Iran.

Abstract

Soil digital maps are a tool for illustrating the spatial distribution pattern of soil properties. Uncertainty in these maps is unavoidable due to displaying the prediction of soil properties in places without sampling. In this research, a random forest model was used to predict the amount of organic carbon in a part of Karkheh watershed in Kermanshah province with a total area of 14082 ha. The main purpose of this study was to generate uncertain maps of predicted organic carbon. For this purpose, 174 soil samples (0-30 cm depth) were collected by random sampling. In order to calculate auxiliary environmental variables, a STRM digital elevation model and Landsat 5 satellite imagery was used with a spatial resolution of 30 meters. The basis for the uncertainty was the calculation of the standard deviation per pixel of the map. The model's uncertainty map was obtained using the quantregForest package. The uncertainty in the variation of organic carbon data (sensitivity of model to data) was determined based on the results of the data split into two groups include training and validation and running random forest model for ten times. Then, the total uncertainty map was obtained sum of the uncertainty of the model and sensitivity model to data. The results showed that in the margin of the study area had high total uncertainty due to the presence of lower observation points and more sampling intervals and the strong changes in the amount of organic carbon.

Keywords: Soil organic carbon, Model uncertainty, Sensitivity, Validation.