نشریه پژوهش‌های خاک (علوم خاک و آب) / الف / جلد 30 / شماره 1 / 1395

Archive of SID

تعیین مناسب‌ترین درجه وضوح پیکسل و اندازه پنجره مدل رقومی ارتفاع برای تعیین پراکنش مکانی درصد رس خاک

روح‌اله تقی‌زاده مهرجردی و کمال نبی‌اللهی[1]

استادیار دانشگاه اردکان؛ rtaghizadeh@ardakan.ac.ir

استادیار دانشگاه کردستان؛ k.nabiollahi@uok.ac.ir

دریافت: 94/3/29 و پذیرش: 94/12/24

چکیده

اگر چه درک بهتر و انتخاب مناسب‌تر مقیاس مدل رقومی ارتفاع به بهبود پیش‌بینی‌های خاک کمک خواهد کرد، اما اثرات تعاملات بین اندازه پیکسل و پنجره به تفصیل بررسی نشده است. در این تحقیق، سعی شده است تا نقش مقیاس مکانی بر روی کارایی پیش‌بینی درصد رس خاک از طریق آزمودن تجربی تعاملات بین درجه وضوح پیکسل و اندازه پنجره با استفاده از مدل رگرسیون درختی ارزیابی شد. بدین منظور، در دو منطقه متفاوت از لحاظ ژئومورفولوژی و خاک (منطقه 1، میبد در استان یزد با مساحت 400 کیلومتر مربع و منطقه 2، یاسوکند در استان کردستان با مساحت 400 کیلومتر مربع) 120 نمونه خاک سطحی (30-0 سانتی‌متری) نمونه‌برداری و درصد رس خاک آن‌ها اندازه‌گیری شد. از 121 مدل رقومی ارتفاع با مقیاس‌های متفاوت، 22 خصوصیت ژئومورفومتری استخراج و جهت پیش‌بینی درصد رس خاک استفاده شدند. نتایج نشان داد منطقه میبد دارای حداقل میانگین ریشه مربعات خطا (9/0)، حداکثر ضریب تبیین (0/47) بوده و وابستگی مدل درختی جهت پیش‌بینی درصد رس خاک به ابعاد پیکسل بیشتر می‌باشد، ولی منطقه یاسوکند دارای کمترین ریشه مربعات خطا (5/65)، بیشترین ضریب تبیین (0/77) و وابستگی مدل درختی جهت پیش‌بینی درصد رس خاک به ابعاد پنجره بیشتر می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: رگرسیون درختی، الگوریتم رپر، ژئومورفومتری

[1] نویسنده مسئول، آدرس: سنندج، دانشگاه کردستان-دانشکده کشاورزی، گروه علوم و مهندسی خاک

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

در بیست سال گذشته پیشرفت‌های مهم در فنآوری اطلاعات مکانی، ابزارهای سیستم اطلاعات جغرافیای، سنجنده‌های ماهواره‌ای و زمینی و مدل رقومی ارتفاع، زمینه را برای رویکردهای جدید در علوم خاک مهیا کرده است (مینسنی و همکاران، 2008). در حال حاضر دانشمندان قادر به مطالعه و توصیف خاک به عنوان یک جسم فعال در یک زمین نما[1] هستند که همین امر منجربه توسعه تکنیک‌های کمی پیش‌بینی کلاس خاک از طریق خصوصیات زمین‌نما شده است (راکر و تامپسون، 2008). از زمان پیدایش نقشه‌برداری رقومی خاک، موضوع مقیاس یک فاکتور محدود کننده بوده و هنوز هم به دلیل پیچیدگی‌های زیاد آن تا حدی به صورت حل نشده باقی‌مانده است (آتکینسون و تات، 2000; آدیسکات، 1998). تامپسون و همکاران (2001) پیشنهاد کردند که اهمیت این موضوع با توسعه سریع و استفاده مدل‌های منطقه‌ای خاک-زمین‌نما افزایش خواهد یافت. پر واضح است که تمام جزئیات زمین‌نما نمی‌تواند به طور کامل توسط مدل رقومی ارتفاع مطالعه و مدل‌سازی شود.

در این راستا مقیاس به دلیل نقش مهمی که در تولید اطلاعات کمکی دارد به ما در درک این پیچیدگی‌ها زمین‌نما کمک می‌کند. لازم به ذکر می‌باشد که مقیاس اصطلاح پیچیده‌ای است و اغلب معنی‌های متفاوتی دارد و وابستگی زیادی به محتوای مطالعه دارد (کارستانج و همکاران، 2010 ;مک براتنی و همکاران، 2003، هوانگ و همکاران، 2016). در مطالعه حاضر، مقیاس به عنوان بعد فیزیکی یک پدیده یا فرآیند در فضای موردنظر در واحدهای مکانی مورد توجه قرار گرفته است. به عبارت دیگر منظور از مقیاس درجه وضوح پیکسل و اندازه پنجره مدل رقومی ارتفاع می‌باشد.

در نقشه‌برداری رقومی، تعیین اندازه شبکه بهینه برای فاکتورهای محیطی که جهت پیش‌بینی خاک مورد استفاده قرار می‌گیرند هنوز یک موضوع حل نشده است و فقط یکسری راهنماهای تجربی محدود در این خصوص در دسترس است. این درحالی است که موفقیت و صحت پیش‌بینی خصوصیات خاک در فرآیند نقشه‌برداری رقومی وابستگی زیادی به پیدا کردن مناسب‌ترین درجه وضوح اطلاعات کمکی بخصوص مدل رقومی ارتفاع و دیگر متغیرهای استخراج شده از آن دارد. چون مدل رقومی ارتفاع معمولترین و پرکاربردترین منبع اطلاعاتی کمکی جهت نقشه‌برداری رقومی خاک می‌باشد. با توجه به این-که فرآیندهای زمین‌نما در مقیاس‌های مکانی مختلفی عمل می‌کنند؛ بنابراین مدل رقومی ارتفاع استفاده شده براساس یک مقیاس، احتمالاً برای مقیاس دیگر قابل استفاده نمی‌باشد (فلورینسکی و کوریاکوا، 2000). لذا اهمیت مقیاس وقتی از تکنیک‌های نقشه‌برداری رقومی استفاده می‌شود دو چندان خواهد شد.

در مورد اطلاعات کمکی مانند مدل رقومی ارتفاع این مطلب را باید در نظر داشت که در درجه وضوح‌های بالا (اندازه شبکه کوچکتر)، به موازات افزایش جزئیات، نویزهای زیادی تولید می‌شود که منجربه کاهش صحت پیش‌بینی می‌شود و در مقابل در درجه وضوح‌های پایین-تر (اندازه شبکه بزرگتر)، که فقط یکسری اطلاعات کلی را در اختیار ما قرار می‌دهد قابلیت پیش‌بینی را کاهش می‌دهد (گروجر و همکاران، 2016). علاوه بر این، داده-های با درجه وضوح بالا، دارای اندازه پیکسل کوچکتر و صحت مکانی بیشتر هستند که به دلیل حجم اطلاعات بیشتر، بر زمان پردازش مدل‌ها تأثیرگذار بوده و نیاز به ظرفیت ذخیره زیاد دارند. استفاده از مدل رقومی ارتفاع با بالاترین درجه وضوح به عنوان رویکرد معمولی توسط نقشه‌برداران رقومی خاک توصیه شده است، زیرا عقیده براین است که این رویکرد همیشه منجربه افزایش صحت و دقت پیش‌بینی خواهد شد (بهرنز و همکاران، 2010). اما کاوازی و همکاران (2013) معتقد هستند که این رویکرد در همه شرایط محیطی نمی‌تواند قابل اعتماد باشد. به عنوان مثال در اراضی پست، مدل رقومی ارتفاع با اندازه شبکه 100 متر یا بیشتر به خوبی تغییرات را نشان داده، در حالی که تپه و اراضی مرتفع نیاز به اندازه شبکه کوچکتر دارند. به طور مشابه تامپسون و همکاران (2001) نیز نشان دادند که همیشه مدل رقومی ارتفاع با درجه وضوح بالا برای تولید مدل‌های زمین نما-خاک ضروری نمی‌باشد. این در حالی است که اغلب نقشه‌برداران رقومی خاک علاقه به استفاده از مدل رقومی ارتفاع با درجه وضوح بالا دارند (مارسو و های، 1999).

با توجه به اهمیت مدل رقومی ارتفاع در نقشه-برداری رقومی خاک و مفهوم مقیاس در آن، هدف از این تحقیق آزمودن و ارزیابی نقش مقیاس مکانی و اثرات آن بر روی تولید متغییرهای پیش‌بینی‌کننده درصد رس خاک از طریق آزمودن تجربی تعاملات بین درجه وضوح پیکسل و اندازه پنجره با استفاده از مدل درختی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

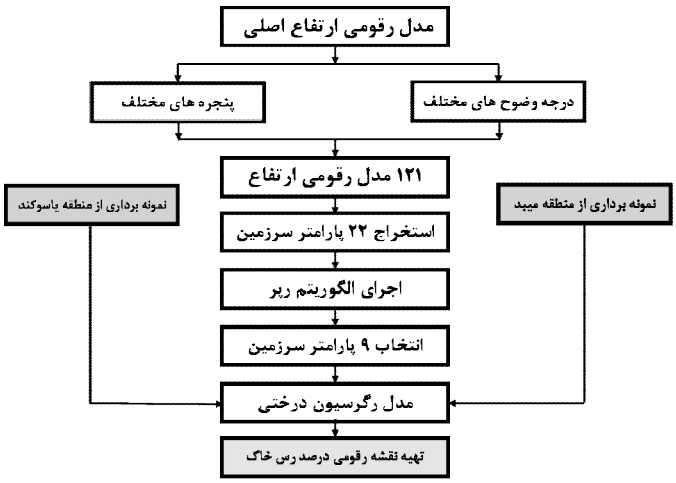
جهت نشان دادن مشکلات و مسائلی که قبلاً توصیف شد دو منطقه مختلف از لحاظ ژئومورفولوژی و

[1] Landscape

www.SID.ir

Archive of SID

نوع خاک در استان‌های یزد و کردستان انتخاب شدند. این تفاوت‌های ژئومورفولوژیکی با استفاده از تجزیه و تحلیل‌های زمین آماری مدل رقومی ارتفاع نشان داده شده است و سپس جهت به دست آوردن ورودی‌های مشتقات سرزمین، مورد پردازش قرار گرفت. سپس یکسری، مرکب از اندازه پیکسل و پنجره را برای به دست آوردن متغیرهای ورودی مدل اجرا گردید و مدل‌های نقشه-برداری رقومی خاک برروی این متغیرها اجراشد. سپس قابلیت اجرای هرکدام از ترکیب‌های اندازه شبکه و پنجره محاسبه گردید. شکل 1 به طور خلاصه روند اجرای مطالعه حاضر را نشان می‌دهد.



شکل 1- روند اجرای مطالعه حاضر جهت تهیه نقشه رقومی درصد رس خاک

محدوده مطالعاتی

دو محدوده مطالعاتی در کشور ایران در استان-های یزد و کردستان انتخاب شدند. منطقه اول در شهرستان میبد واقع شده و 400 کیلومترمربع وسعت دارد. این منطقه بین طول‌های جغرافیایی '57 °53 تا '10 °54 شرقی و عرض‌های جغرافیایی '59 °31 تا '08 °32 شمالی قرار دارد و دارای مشکلات شوری منابع آب و خاک است (شکل 2). از لحاظ توپوگرافی عمدتاً این منطقه مسطح می‌باشد. منطقه دوم در بخش یاسوکند واقع شده که دارای وسعت 400 کیلومتر مربع است. این منطقه بین طول‌های جغرافیایی '22 °47 تا '37 °47 شرقی و عرض‌های جغرافیایی '08 °36 تا '16 °36 شمالی قرار دارد. منطقه مورد مطالعه دوم از جنوب به رشته‌کوه‌های گل و از شرق به شهر یاسوکند و از شمال به رشته‌کوه‌های علی گلچی و از غرب به رشته‌کوه‌های کوه سیاه منتهی می‌شود (شکل 2). در هر دو منطقه مورد مطالعه تعداد 120 نمونه سطحی خاک (30-0 سانتی‌متری) به فاصله دو کیلومتر تهیه گردید. پس از انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه، درصد رس خاک با استفاده از روش هیدرومتری (گیرناند و همکاران، 2008) در آن‌ها اندازه‌گیری شد (شکل 2).

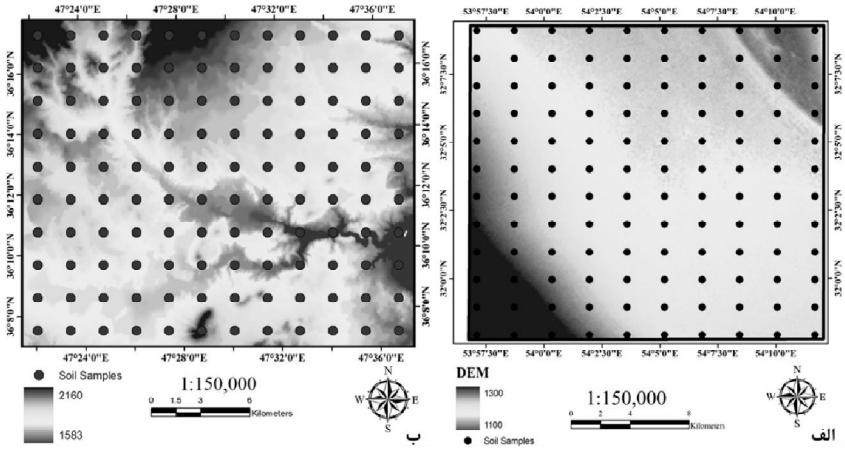
مدل رقومی ارتفاع

در تحقیق حاضر از مدل رقومی ارتفاع سازمان نقشه‌برداری کشور با اندازه شبکه 10 متر بهره گرفته شد. از لحاظ مورفولوژیکی و هیدرولوژیکی مدل رقومی ارتفاع مورد تصحیح قرار گرفت (فیلتر پایین گذر) تا در نقشه‌برداری خاک استفاده شود. فیلتر نرم کننده (پایین گذر) معمولاً جهت حذف خطاها از قبیل گودال‌ها و چاله‌های مصنوعی استفاده می‌شوند. مدل رقومی ارتفاع جهت اشتقاق 22 خصوصیت سرزمین مورد استفاده قرار گرفت: جایگاه میانه شیب[1]، ارتفاع بالای شبکه زهکشی، ارتفاع، شیب، جهت شیب، انحنای سطحی شیب[2]، انحنای طولی شیب، شاخص خیسی، شاخص همواری دره[3] با درجه تفکیک بالا، عمق دره، سطح اصلاح شده حوزه، سطح پایه شبکه آبراهه، شیب حوزه، جهت شیب حوزه، انحنای حداکثر، انحنای حداقل، شاخص رسوب، انحنای تانژانت، فاصله عمودی تا شبکه آبراهه، شاخص همگرایی، شاخص طول- شیب و ارتفاع حوزه. این‌ها نشان‌دهنده روابط خاک-زمین نما هستند که کنترل کننده توزیع مکانی خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک، انرژی کل و تعادلات آب می‌باشد (گالانت و هاتچینسون، 1997). در اغلب موارد بسیاری از ویژگی‌ها (لایه‌های اطلاعاتی)، نامربوط و زائد هستند و کارایی

1. Mid-slope position
2. Slope plane curvature
3. Valley convergence index

www.SID.ir

Archive of SID



شکل 2- مناطق مورد مطالعه و توزیع مکانی نقاط نمونه‌برداری که بروی مدل رقومی ارتفاع قرار گرفته‌اند در دو منطقه منتخب در شهرستان‌های میبد (الف) و یاسوکند (ب)

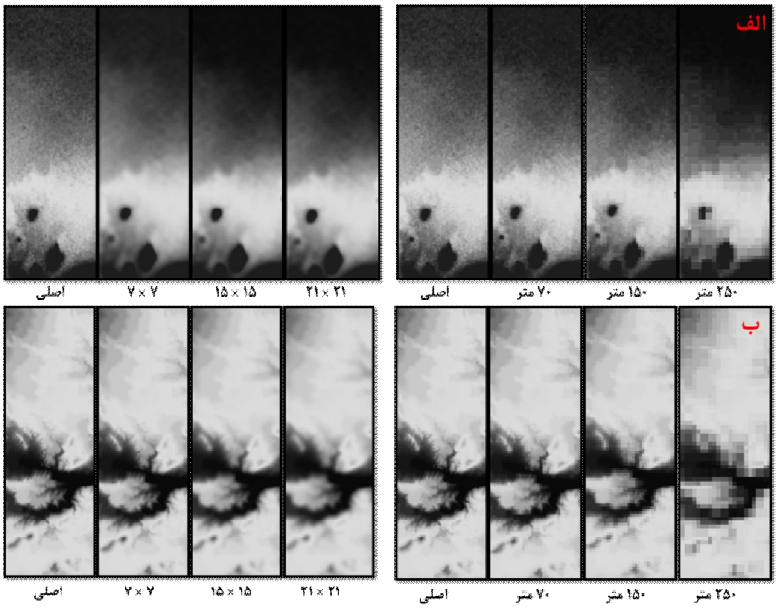
الگوریتم یادگیری را کاهش داده و در بعضی موارد دقت و سرعت مدل‌سازی را پایین می‌آوردند. بنابراین انتخاب لایه‌های اطلاعاتی مؤثر در فرآیند پیش-بینی حائز اهمیت می‌باشد. بسیاری از روش‌ها برای انتخاب ویژگی‌ها در دهه اخیر معرفی شده‌اند. الگوریتم-های انتخاب ویژگی بسته به روند ارزیابی آن‌ها به دو دسته عمده روش حلقه باز و بسته تقسیم می‌شوند. معمولا الگوریتم‌های حلقه بسته نتایج بهتری به دست می‌دهند. مهم‌ترین بخش در روش انتخاب ویژگی حلقه بسته، الگوریتم جستجویی است که در آن به کار رفته است. در این مقاله از روش رپر[1] با الگوریتم جستجوی تکاملی از نوع الگوریم ژنتیک استفاده گردید. این روش به جعبه سیاه معروف است. دلیل استفاده از الگوریتم ژنتیک این است که این الگوریتم می‌تواند یک جستجوی تصادفی را انجام دهد و مستعد گیر افتادن در کمینه محلی نمی‌باشد. نتایج این الگوریتم نشان داد که نه داده کمکی از قبیل شیب، انحنای سطحی و طولی شیب، شاخص همگرایی، سطح اصلاح شده حوزه، شاخص طول- شیب، شاخص خیسی، ارتفاع بالای شبکه زهکشی و سطح پایه شبکه آبراهه دارای اهمیت بیشتری جهت پیش‌بینی درصد رس در مناطق مورد مطالعه هستند.

در مرحله بعد، در تحقیق حاضر جهت پیش‌بینی درصد رس خاک در قالب نقشه‌برداری رقومی خاک با استفاده از متغیرهای کمکی منتخب، برروی انتخاب مقیاس بهینه مدل رقومی ارتفاع تمرکز شد. که نشان دهنده تعاملات بین اندازه پیکسل و پنجره می‌باشد و با فرایندهای پدوژنتیک فعال در مقیاس زمین‌نما مرتبط است. مطالعات پیشین (اسمیت و همکاران، 2008; راکر و تامپسون، 2008) اثرات اندازه پیکسل بر روی تجزیه و تحلیل‌های نقشه‌برداری رقومی خاک را نشان داده‌اند. در این مطالعه از مدل رقومی ارتفاع استاندارد با درجه وضوح 10 متری جهت بررسی وابستگی به مقیاس خصوصیات سرزمین وقتی که به درجه وضوح بزرگتر تبدیل می‌شوند استفاده شد. بنابراین مدل رقومی ارتفاع اصلی دارای عدم هموارسازی (پنجره 1 × 1) و اندازه پیکسل 10 متر است. یکسری مدل رقومی ارتفاع از مدل رقومی ارتفاع اصلی ایجاد شد. ابتدا مدل رقومی ارتفاع از طریق اندازه‌های متفاوت پنجره هموار سازی 3 × 3، 5 × 5، 7 × 7، 9 × 9، 11 × 11، 13 × 13، 15 × 15، 17 × 17، 19 × 19 و 21 × 21 ایجاد شد. ماحصل مدل رقومی ارتفاع هموارسازی شده در اندازه‌های پیکسل 10، 20، 30، 40، 50، 70، 90، 100، 150، 200 و250 متر با استفاده از روش درون‌یابی خطی دوباره نمونه‌برداری شد. در مجموع 121 مدل رقومی ارتفاع تست شد. شکل 3 نتایج اثرات اندازه‌های متفاوت پنجره و اندازه‌های پیکسل نمونه‌برداری شده را برروی درجه وضوح مدل رقومی ارتفاع را نشان می‌دهد. خصوصیات سرزمین از هر کدام از مدل‌های رقومی ارتفاع تست شده استخراج شد و به سیستم استنتاج داده کاوی (مدل درختی) جهت پیداکردن بهترین مقیاس وارد شد.

1. Wrapper

www.SID.ir

Archive of SID



شکل 3- اثرات اندازه‌های متفاوت پنجره هموار سازی و اندازه‌های پیکسل نمونه‌برداری شده را برروی درجه وضوح مدل رقومی ارتفاع در دو منطقه منتخب در شهرستان‌های میبد (الف) و یاسوکند (ب)

مدل‌سازی مکانی

درخت تصمیم‌گیری یکی از جدیدترین روش‌های داده کاوی می‌باشد که مشاهدات و اندازه‌گیری‌های انجام شده در مورد مقادیر پارامترهای تأثیرگذار بر مقدار یک پدیده مورد نظر را به شکل قوانینی درآورده و از آن‌ها به منظور پیش‌بینی استفاده می‌کند. درخت تصمیم‌گیری با پرسش یک سری سوال و تعیین مقادیر ممکن برای جواب این سوال، داده‌های ورودی از ریشه را در مسیرهای موجود حرکت داده و در نهایت به یک برگ می‌رساند. داده‌های قرار گرفته در برگ همگی ویژگی یکسانی دارند و آن ویژگی برگ است (میتچل، 1997). درختان تصمیم‌گیری به دو نوع طبقه‌بندی و رگرسیونی تقسیم می‌شوند. به این صورت که اگر متغیر پاسخ، مقداری گسسته باشد به آن "طبقه‌بندی" و زمانی که درخت مقادیر پیوسته را پیش‌بینی کند نوع "رگرسیونی" را به آن نسبت می‌دهند. این درختان اعداد را در گره‌های برگ پیش‌بینی می‌کنند و می‌توانند از مدل همبستگی خطی یا ثابت یا مدل‌های دیگر استفاده کنند. وظیفه یادگیری در درختان رگرسیون، پیش‌بینی اعداد حقیقی می‌باشد (اسمیت و همکاران، 2008). شباهتی که میان مدل‌های درختی و درخت‌های رگرسیونی وجود دارد برای داده‌های زیاد مؤثرتر می‌باشند. اما مزیت عمده‌ی درختان مدل بیش از درختان رگرسیون است که بدین صورت که درختان مدل بسیار کوچک‌تر از درختان رگرسیون می‌باشد، قدرت تصمیم‌گیری واضح‌تری دارند و توابع رگرسیون به طور معمول بسیاری از متغیرها را شامل نمی‌شود (تامپسون و همکاران، 2001). در ابتدا الگوریتم مدل درختی M5 با تقسیم کردن فضای نمونه، به صورت برگشتی یک درخت رگرسیونی می‌سازد. این تقسیم سازی برای کمینه کردن تغییرات زیرمجموعه‌های درونی مقادیر از ریشه تا گره و از مسیر شاخه‌ها صورت می‌گیرد. تغییرات به وسیله انحراف معیار مقادیری که از ریشه به هر گره رسیده‌اند، با محاسبه کاهش خطای مورد انتظار که از آزمایش هر صفت در آن گره حاصل می‌شود، اندازه-گیری می‌شود. صفتی که میزان کاهش خطای مورد انتظار را بیشینه کند، انتخاب می‌شود. فرآیند جداسازی در صورتی که مقادیر خروجی تمامی نمونه‌هایی که به گره مورد نظر می‌رسند تغییرات ناچیزی داشته باشد و یا تعداد کمی از نمونه‌ها باقی بمانند، متوقف می‌شود. کاهش انحراف معیار با استفاده از رابطه 1 محاسبه می‌شود.

(1)

$$SDR = sd(T) - \sum_i \frac{T_i}{T} \times sd(T_i)$$

در رابطه 1، T شامل نمونه‌هایی است که به گره رسیده‌اند و Ti مجموعه‌هایی است که از تقسیم کردن گره بر اساس صفت انتخابی به دست آمده‌اند. sd نیز انحراف معیار است. پس از ایجاد درخت، یک مدل رگرسیون خطی چندگانه ساخته می‌شود. این مدل بر اساس داده‌های وابسته به آن گره و تمامی صفاتی که در زیردرخت با ریشه آن گره مورد استفاده قرار گرفته‌اند، ایجاد می‌شود.

www.SID.ir

Archive of SID

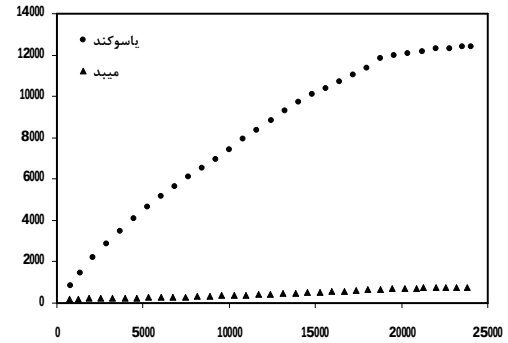
در مرحله بعد مدل‌های رگرسیون خطی، با کنار گذاشتن صفاتی که حذف آن‌ها باعث کاهش میانگین خطا می‌شود، ساده‌سازی می‌شوند. بعد از این ساده‌سازی، هر زیردرخت برای انجام عملیات هرس کردن مورد بررسی قرار می‌گیرد. اگر خطای تخمین زده شده برای مدل خطی در ریشه زیردرخت، کوچک‌تر یا مساوی میانگین خطای درخت باشد، زیردرخت هرس می‌شود. بعد از عملیات هرس کردن، ناپیوستگی زیادی بین مدل‌های خطی مجاور در برگ‌های درخت هرس شده ایجاد می‌شود. در فرایند هموارسازی در M5، مدل نهایی در یک برگ از ترکیب کردن مدل به دست آمده که در آن برگ با مدل‌های موجود در مسیر ریشه تا برگ مربوطه، به دست می‌آید. در تحقیق حاضر، جهت انجام فرآیند مدل‌سازی بر اساس روش مدل درختی نیاز به داده‌های اصلی (داده‌های خاک) و داده‌های کمکی (پارامترهای سرزمین) می‌باشد. پس از آماده‌سازی لایه‌های اطلاعاتی کمکی به صورت رستری، داده‌ها وارد نرم‌افزار Cubist گردید و مدل درختی محاسبه گردید. داده‌های به کار رفته در الگوریتم M5 درخت تصمیم به دو بخش آموزش با 80 درصد و اعتبارسنجی با 20 درصد تقسیم شدند و وارد نرم‌افزار Cubist گردید (کوینلن، 2001). تعداد داده‌های موجود برای آموزش 96 عدد و داده‌های اعتبارسنجی 24 عدد از این 120 داده برداشت شده می‌باشند.

نتایج و بحث

نتایج در اشکال 4 الی 6 ارائه شده است. شکل 4 یک ارزیابی از تغییرات مکانی دو منطقه مورد مطالعه با استفاده از بررسی واریوگرام را نشان می‌دهد. شکل 5 نشان می‌دهد که چگونه شش خصوصیت مهم سرزمین در پیش‌بینی درصد رس خاک مطابق با مقیاس تغییر می‌کند. شکل 6 نتایج قابلیت مدل درختی را مطابق با همه ترکیب‌های مقیاسی تست شده نشان داده است و شکل 7 نیز نقشه پهنه‌بندی درصد رس خاک را با توجه به بهترین مدل رقومی ارتفاع نشان می‌دهد.

تغییرات مکانی

تغییرات مکانی با استفاده از واریوگرام‌های همه جهته داده‌های ارتفاع (10 متر) برای هر دو منطقه مورد مطالعه (میبد و یاسوکند) محاسبه و ارزیابی شد و مدل کروی به آن‌ها برازش داده شد (شکل 4). این شکل نشان دهنده دو واریوگرام متفاوت است که ساختار مکانی منحصر بفرد مناطق مورد مطالعه را از نظر وضعیت توپوگرافیکی نشان می‌دهد. منطقه یاسوکند دارای بیشترین دامنه تاثیر و آستانه است (به ترتیب 19 کیلومتر و 11800). همچنین دارای بیشترین اثر قطعه‌ای (550) است که می‌تواند هم به اشتباهات اندازه گیری و هم به منابع مکانی تغییرات در مسافت‌های کوچکتر از فواصل نمونه-برداری ارتفاع نسبت داده شود. منطقه میبد دارای کوچکترین آستانه است (792) که نشان دهنده واریانس کم در داده‌ها است که به دلیل یکدست بودن توپوگرافی مسطح است. علارغم ساختار مکانی متفاوت و تفاوت-های قابل توجه در مقادیر دامنه و آستانه، هر دو منطقه دارای وابستگی مکانی مشابه هستند که این وابستگی مکانی از طریق نسبت اثر قطعه‌ای به آستانه به دست می-آید. این نسبت برای منطقه یاسوکند 4 درصد و برای منطقه میبد 0/6 درصد است. این نسبت مقدار تغییراتی که در فاصله‌های کمتر از گام‌های فاصله‌ای اتفاق می‌افتد را نشان می‌دهد. مقادیر عددی کوچک آن نشان دهنده وابستگی مکانی زیاد این مناطق می‌باشد و در نتیجه برای تجزیه و تحلیل‌های مقیاس مناسب می‌باشند. کاوازی و همکاران (2013) نیز جهت بررسی تغییرات وابستگی مکانی مدل‌های رقومی ارتفاع از واریوگرام بهره گرفتند. ایشان نشان دادند در سه منطقه با تغییرات توپوگرافی زیاد، واریوگرام‌های محاسبه شده کاملا متفاوت می‌باشد.



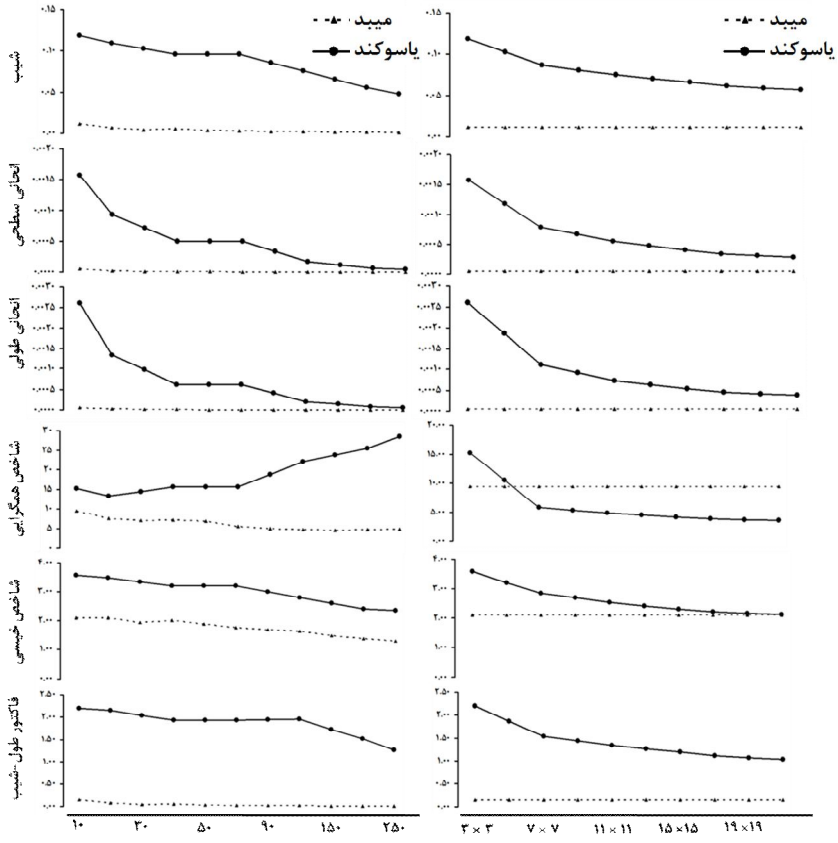
شکل 4- واریوگرام‌های محاسبه شده داده‌های مدل رقومی ارتفاع با دقت مکانی 10 متر در دو منطقه یاسوکند و میبد

www.SID.ir

Archive of SID

پارامترهای سرزمین

اثرات تغییر درجه وضوح مکانی مدل رقومی ارتفاع و اندازه پنجره برای شش خصوصیت مهم در پیش‌بینی درصد رس خاک (انحنای سطحی و طولی شیب، شاخص همگرایی، فاکتور طول- شیب و شاخص خیسی) و انحراف معیار آن‌ها نشان داده شده است (شکل 5). تغییرات آماری پارامتر شیب با افزایش هم اندازه پنجره و هم اندازه پیکسل کاهش یافته است. در منطقه یاسوکند مقادیر شیب از 0/12 به 0/05 با بزرگ شدن درجه وضوح مکانی و از 0/12 به 0/06 با افزایش اندازه پنجره کاهش یافته است. منطقه میبد با الگوی مشابه کاهش می‌یابد اما با شدت کمتری از 0/011 به 0/010 با تغییرات پیکسل و از 0/011 به 0/010 با تغییرات پنجره کاهش می‌یابد. همین الگوی کاهش شیب برای پارامتر انحنای سطحی و طولی نیز مشاهده شد. در مقابل پارامتر شاخص همگرایی یک الگوی غیرقابل انتظار واگرا را نشان می‌دهد به طوری که افزایش شدید انحراف معیار برای هر دو منطقه با بزرگ شدن اندازه پیکسل و با شدت کمتر با بزرگ شدن اندازه پنجره مشاهد شد. انحراف معیار شاخص خیسی دارای روند کاهشی در هر دو منطقه مطالعاتی با بزرگ شدن اندازه پیکسل و بزرگ شدن اندازه پنجره می‌باشد. یک تفاوت مشخص بین رفتار دو منطقه وجود دارد. در منطقه یاسوکند با افزایش اندازه پیکسل و پنجره شاخص خیسی به شدت کاهش می‌یابد. اما در منطقه میبد، کاهش شدید انحراف معیار شاخص خیسی فقط در حالت افزایش اندازه پیکسل مشاهده می‌شود. در حقیقت تغییر اندازه پنجره تاثر چندانی در انحراف معیار نتوانسته بگذارد. در نهایت فاکتور طول-شیب دارای کاهش شدیدی شبیه آنچه که برای شاخص خیسی با افزایش اندازه پیکسل رخ داد، می‌باشد. پارامترهای سرزمین تست شده ثابت کردند پراکندگی‌های آماری با تغییرات درجه وضوح و پنجره تغییر می‌کنند و این برروی قدرت پیش‌بینی این فاکتورهای کنترل کننده خاک تأثیر می‌گذارد.



شکل 5- انحراف معیار شش پارامتر اراضی

www.SID.ir

Archive of SID

مقیاس

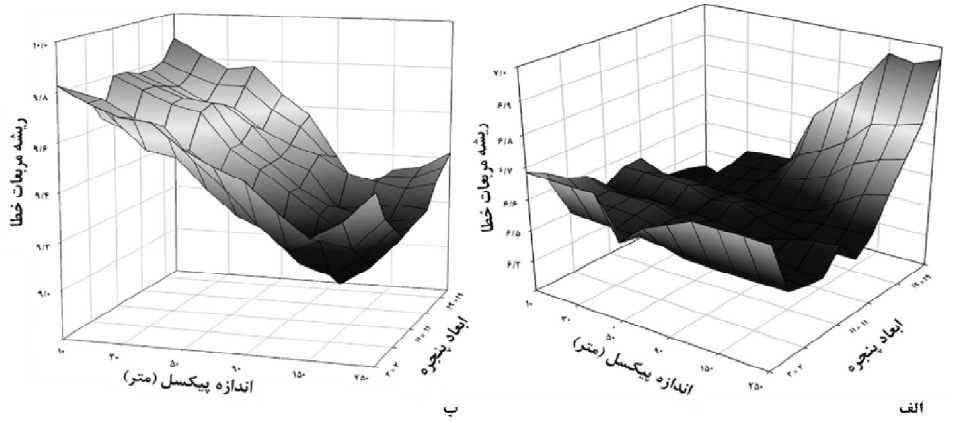
نتایج تجزیه و تحلیل‌های مقیاس در شکل 6 نشان داده شده است. این شکل مقدار ریشه مربعات خطای مدل درختی جهت پیش‌بینی درصد رس خاک با استفاده از 121 ترکیب ممکن مدل رقومی ارتفاع با اندازه پیکسل و پنجره متفاوت را نشان می‌دهد. 121 ترکیب ممکن، از اندازه پیکسل 10 متری اصلی در پنجره 1 × 1 تا اندازه پیکسل 250 متری با پنجره ه 21 × 21 هستند. باید به این نکته توجه داشت که کارایی مدل درختی بر اساس داده‌های آزمون (20 درصد) محاسبه شده است. دو منطقه مطالعاتی میبد و یاسوکند که دارای خصوصیات توپوگرافی متفاوت بودند، از لحاظ دقت مدل درختی جهت پیش‌بینی درصد رس خاک نیز منحصربفرد رفتار کرده‌اند. منطقه میبد دارای حداقل میانگین ریشه مربعات خطا (9/0) و حداکثر مقدار ضریب تبیین (0/47) در مدل رقومی ارتفاع با ابعاد سلولی 150 متر و ابعاد پنجره 7 × 7 می‌باشد. همانطور که در شکل 7 ملاحظه می‌شود با افزایش ابعاد پیکسل از 10 به 150 متر مقدار ریشه مربعات خطا از 9/8 به 9/0 کاهش پیدا کرده است.

آن‌چه که عجیب به نظر می‌رسد تغییر واضح و افزایشی ریشه مربعات خطا در ابعاد پیکسل 200 و 250 متر نشان می‌دهد. همچنین شکل 7 نشان می‌دهد که بهترین دقت در ابعاد پنجره 7 × 7 بدست آمده است. اما باید دقت شود که وابستگی مدل درختی جهت پیش‌بینی درصد رس خاک در منطقه میبد به ابعاد پیکسل بیشتر از ابعاد پنجره می‌باشد. برخلاف منطقه مسطح میبد، منطقه یاسوکند که دارای تغییرات توپوگرافی شدیدی می‌باشد دقت مدل درختی با تغییر ابعاد پنجره تغییرات بیشتری را نشان می‌دهد. به‌طوری‌که کمترین ریشه مربعات خطا (5/65) و بیشترین مقدار ضریب تبیین (0/77) در ابعاد پیکسل 10 متر و ابعاد پنجره 21 × 21 بدست آمده است. همچنین شکل 7 نشان می‌دهد که با افزایش ابعاد پیکسل دقت مدل درختی تغییر چندانی نخواهد کرد. لازم به ذکر می‌باشد که در منطقه یاسوکند بدترین مدل رقومی ارتفاع در ابعاد پیکسل 250 متر با ابعاد پنجره21 × 21 نتیجه شده است. این مطلب بعضی نظریه‌ها در مورد رفتار مقیاس را که توسط پین (2005) و تامپسون و همکاران (2001) ارائه شده تایید می‌کند که می‌گویند برای تهیه نقشه با قدرت تفکیک مکانی بهتر، مناطق با پیچیدگی بیشتر از لحاظ موفولوژیکی نیاز است. به طور کلی مدل درختی جهت پیش‌بینی درصد رس خاک دارای محدوده ریشه مربعات خطا و ضریب تبیین به ترتیب از 5/65 به9/90 و 0/37 به 0/77 می‌باشد. البته ذکر دو نکته در اینجا لازم می‌باشد: 1- دیگر فاکتورهای کنترل کننده خاک همچون مواد مادری نیز بروی پیش‌بینی درصد رس خاک در مناطق مطالعاتی اثر گذارند. 2- محدوده اعتبارسنجی بدست آمده از مدل درختی با توجه به نتایج سایر محققین قابل قبول می‌باشد (بهرنس و همکاران، 2010; هادسون، 1992). پژوهشگران مختلفی ضریب تبیین بین 0/25 و 0/75 را برای کارهای نقشه‌برداری رقومی خاک قابل قبول می‌دانند (فلورینسکی و همکاران، 2002; ملون و همکاران، 2009; ملون و همکاران، 2011).

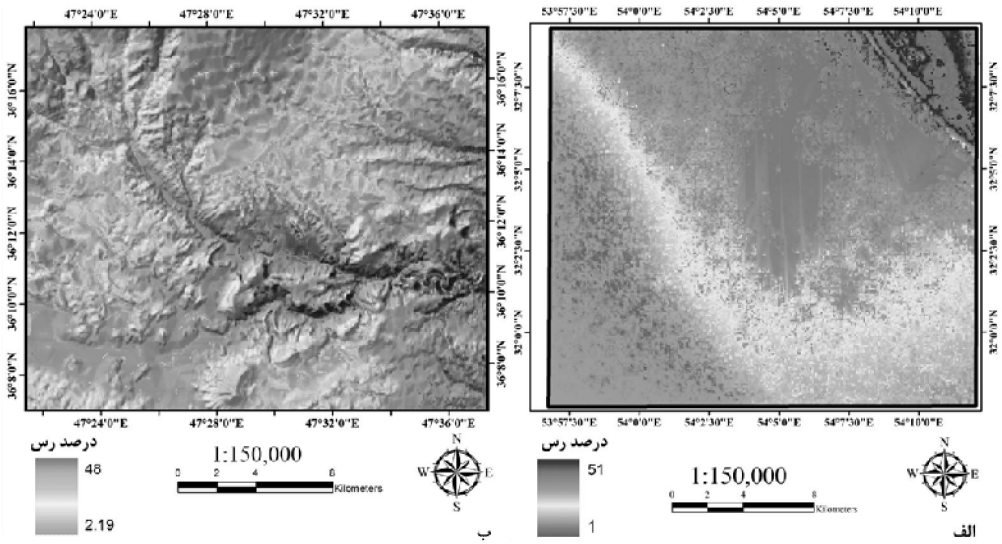
در نهایت با توجه به مدل رقومی بهتر در هر دو منطقه میبد (150 متر) و یاسوکند (10 متر)، نقشه رقومی درصد رس خاک تهیه گردید (شکل 7). همانطور که در این شکل مشاهده می‌شود بیشترین مقادیر درصد رس در مناطق با ارتفاع کمتر و کمترین درصد رس در مناطق با ارتفاع بیشتر مشاهده می‌شود. به عنوان مثال در منطقه میبد بیشترین درصد رس (50 درصد) در نواحی شمال شرقی منطقه یعنی در جایی که کمترین ارتفاع وجود دارد دیده می‌شود. روند مشابه‌ای نیز در منطقه یاسوکند مشاهده می‌شود. کمترین درصد رس (2 درصد) در نواحی غربی منطقه که دارای ارتفاع بیشتری هستند توسط مدل درختی پیش‌بینی شده است.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل 6- نمای سه بعدی تغییرات ریشه مربعات خطای مدل درختی جهت پیش‌بینی درصد رس خاک با توجه به اندازه پیکسل و ابعاد پنجره در دو منطقه منتخب در شهرستان‌های میبد (الف) و یاسوکند (ب)



شکل 7- نقشه رقومی درصد رس خاک در دو منطقه منتخب در شهرستان‌های میبد (الف) و یاسوکند (ب)

فهرست منابع:

1. Addiscott, T.M. 1998. Modeling concepts and their relation to the scale of the problem. Nutrient Cycling in Agroecosystems. Nutrient Cycling in Agroecosystems. 50: 239-245.
2. Atkinson, P.M., and Tate, N.J. 2000. Spatial scale problems and geostatistical solutions: a review. The Professional Geographer. 52: 607-623.
3. Behrens, T., Zhu, A., Schmidt, K., and Scholten, T. 2010. Multi-scale digital terrain analysis and features selection for digital soil mapping. Geoderma. 155: 175-185.
4. Cavazzi, S., Corstanje, R., Mayr, T., Hannam, J., and Fealy, R. 2013. Are fine resoulation digital models always the best choice in digital soil mapping?. Geoderma. 195: 111-121.
5. Corstanje, R., Kirk, G.J.D., and Lark, R.M. 2010. The behaviour of soil process models of ammonia volatilization at contrasting spatial scales. European Journal of Soil Science. 59: 1271-1283.
6. Florinsky, I.V., and Kuryakova, G.A. 2000. Determination of grid size for digital terrain modeling in landscape investigations-exemplified by soil moisture distribution at a micro-scale. International Journal of Geographical Information Science. 14: 815-832.

www.SID.ir

Archive of SID

7. Florinsky, I.V., Eilers, R.G., Manning, G.R., and Fuller, L.G. 2002. Prediction of soil properties by digital terrain modelling. Environmental Modelling & Software. 17: 295-311.
8. Gallant, J.C., and Hutchinson, M.F. 1997. Scale dependence in terrain analysis. Mathematics and Computers in Simulation. 43: 313-321.
9. Gee, G. W. and Bauder, J. W. 1986. Particle size analysis. p. 383-411. In: A. Klute. (ed), Methods of Soil Analysis. Part 1, American Society of Agronomy Madison, WI.
10. Grinand, C., Arrouays, D., Laroche, B., and Martin, M.P. 2008. Extrapolating regional soil landscapes from an existing soil map: sampling intensity, validation procedures, and integration of spatial context. Geoderma. 143: 180- 190.
11. Gruijter, J.J., McBratney, A.B., Minasny, B., Wheeler, I., Malone, B.P., and Stockmann, U. 2016. Farm-scale soil carbon auditing. Geoderma. 265: 120- 130.
12. Heung, B., Ho, C.H., Zhang, J., Knudby, A., Bulmer, C.E., and Schmidt, M. 2016. An overview and comparison of machine-learning techniques for classification purposes in digital soil mapping. Geoderma. 265: 62- 77.
13. Hudson, B.D. 1992. The soil survey as paradigm-based science. Soil Science Society of America Journal. 56: 836-841.
14. Marceau, D.J., and Hay, G.J. 1999. Remote sensing contributions to the scale issue. Canadian Journal of Remote Sensing. 25. 357-366.
15. McBratney, A.B., Santos, M.L.M., and Minasny, B. 2003. On digital soil mapping. Geoderma. 117: 3-52.
16. Malone, B.P., McBratney A.B., Minasny, B., and Laslett, G.M. 2009. Mapping continuous depth functions of soil carbon storage and available water capacity. Geoderma. 154: 138-152.
17. Malone, B.P., McBratney, A.B., and Minasny, B. 2011. Empirical estimates of uncertainty for mapping continuous depth functions of soil attributes. Geoderma. 160: 614-626.
18. Minasny, B., McBratney, A.B., and Salvador-Blanes, S. 2008. Quantitative models for pedogenesis — a review. Geoderma. 144: 140-157.
19. Mitchell, T.M. 1997. Machine Learning. Springer.
20. Quinlan, J.R. 2001. Cubist: An Informal Tutorial. http://www.rulequest.com.
21. Pain, C.F. 2005. Size does matter: relationships between image pixel size and landscape process scales. MODSIM 2005 International Congress on Modeling and Simulation. 1430-1436.
22. Roecker, S.M., and Thompson, J.A. 2008. Scale Effects on Terrain Attribute Calculation and Their Use as Environmental Covariates for Digital Soil Mapping. Proceedings of the 3rd Global Workshop on Digital Soil Mapping, Logan.
23. Smith, M.P., Zhu, A., Burt, J.E., and Stiles, C. 2008. The effects of DEM resolution and neighborhood size on digital soil survey. Geoderma. 137: 58- 69.
24. Thompson, A.J., Bell, J.C., and Butler, C.A. 2001. Digital elevation model resolution: effects on terrain attribute calculation and quantitative soil-landscape modeling. Geoderma. 100: 67– 89.

www.SID.ir