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

برآورد ماده آلی و رس خاک با استفاده از مدل رقومی ارتفاع

سلمان میرزائی، شجاع قربانی دشتکی[1]، جهانگرد محمدی، حسین اسدی و فرخ اسدزاده

دانشجوی دکتری گروه علوم خاک، دانشگاه شهرکرد؛ **salman_mirzaee@yahoo.com**

دانشیار گروه علوم خاک، دانشگاه شهرکرد؛ **shoja2002@yahoo.com**

دانشیار گروه علوم خاک، دانشگاه شهرکرد؛ **drj_mohammadi@yahoo.com**

دانشیار گروه علوم خاک، دانشگاه گیلان؛ **asadi@guilan.ac.ir**

استادیار گروه علوم خاک، دانشگاه ارومیه؛ **farrokhasadzadeh@gmail.com**

دریافت: **94/4/29** و پذیرش: **94/12/24**

چکیده

تهیه مدل رقومی ارتفاع با ابعاد مختلف می‌تواند ویژگی‌های توپوگرافی و هیدرولوژیکی متفاوتی ایجاد کند. هدف از این مطالعه تعیین مناسب‌ترین ابعاد سلولی مدل رقومی ارتفاع و اثرات آن در تخمین برخی ویژگی‌های خاک بود. به این منظور، دو منطقه با ویژگی‌های توپوگرافی متفاوت از دشت سئلین، استان آذربایجان‌شرقی انتخاب شدند. تعداد 31 و 37 نمونه خاک به ترتیب از منطقه (1) و (2) به صورت تصادفی برداشت و سپس ارتفاع و شیب نقاط و میزان رس و ماده آلی خاک به ترتیب با استفاده از GPS، دستی، به روش هیدرومتری و والکلی-بلک اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که ابعاد سلولی کوچک‌تر مدل رقومی ارتفاع منجر به ایجادگودال‌های مصنوعی بیشتری نسبت به ابعاد سلولی بزرگتر می‌شود که این امرموجب بروز خطا در برآورد ویژگی‌های هیدرولوژیکی می‌گردد. مناسب‌ترین ابعاد سلولی مدل رقومی ارتفاع بستگی به ویژگی‌های توپوگرافی منطقه دارد. به گونه‌ای که برای منطقه (1) و (2) به ترتیب با وضعیت توپوگرافی هموار و دارای تغییرات شدید ابعاد سلولی 50 و 40 متر مناسب بود. تجزیه و تحلیل زمین‌آماری نشان داد که در هر دو منطقه با افزایش ابعاد سلولی تا 75 متر همبستگی مکانی به صورت خطی کاهش و بعد از آن در منطقه (2) با شدت بیشتری کاهش یافت که بیان‌گر از بین رفتن حجم زیادی از اطلاعات توپوگرافی است. اختلاف بین R^2 در ابعاد متفاوت مدل رقومی ارتفاع در برآورد ماده آلی و رس خاک در منطقه (1) در مقایسه با منطقه (2) بسیار کم بود. به‌طور کلی، نتایج این پژوهش نشان داد که ابعاد سلولی کوچکتر (کمتر از 75 متر) برای مناطق با تغییرات توپوگرافی شدید و مورفولوژی پیچیده‌تر و ابعاد سلولی بزرگتر (200 متر) برای مناطق پست و هموار توصیه می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: توپوگرافی، دشت سئلین ، شیب

[1] نویسنده مسئول، آدرس: شهرکرد، دانشگاه شهرکرد، دانشکده کشاورزی، گروه علوم خاک

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

توپوگرافی با توجه به نقش اولیه آن در تشکیل و توسعه خاک‌ها اهمیت زیادی در مطالعات خاک‌شناسی دارد (بهرنز، 2010). اطلاعات توپوگرافی معمولاً به صورت مدل رقومی ارتفاع[1] در فرم رستری و یا وکتوری ارائه می‌شوند. یک سلول شبکه‌بندی[2] جغرافیایی (فرم رستری) عموماً با پیکسل[3] شناخته می‌شود که میانگین ارتفاع را نشان می‌دهند (کینزل 2004). اگرچه اختلاف به‌خصوصی بین پیکسل و سلول شبکه‌ای وجود ندارد، با این حال، متخصصین خاک و زمین‌شناسی تأکید دارند که پیکسل یک تکنولوژی، اما سلول شبکه‌ای یک مدل می‌باشد (هنگل 2006). دقت یک مدل رقومی ارتفاع وابسته به قدرت تفکیک مکانی (متر روی زمین) آن می‌باشد که اثر معنی‌داری بر میزان اطلاعات نقشه دارد (شارماو همکاران، 2011). ابعاد سلولی بزرگ‌تر موجب ناپدید شدن ارتفاع در دره‌ها و قله‌ها می‌گردد و در واقع به نوعی تجمیع اطلاعات صورت می‌گیرد. لذا، مدل‌های رقومی ارتفاع با اندازه سلولی بزرگ، نمی‌توانند تغییرات شرایط سطح زمین که ناشی از میکروتوپوگرافی و کانال‌های کوچک در منطقه است را منعکس نمایند. در صورتی که، ابعاد سلولی کوچک‌تر حاوی حجم زیادی از اطلاعات غیرضروی بوده که آنالیز آن را به ویژه در مساحت‌های بزرگ بسیار زمان‌بر و دشوار می‌کند. همچنین، ابعاد سلولی کوچک‌تر موجب بروز خطا مانند تشکیل تعداد زیادی حوزه‌های بسته کوچک[4] می‌گردد (سورنسون و سیبرت، 2007). در این راستا، تعیین مناسب‌ترین ابعاد مدل رقومی ارتفاع با دقت و میزان اطلاعات بیشتر اهمیت زیادی در مطالعات خاک‌شناسی دارد.

در بسیاری از مطالعات ابعاد سلولی مدل رقومی ارتفاع مورد استفاده به شکل دلخواه و یا براساس قوانین ابتکاری که پایه و اساس مشخصی نیز ندارند، انجام می‌گیرد. برای مثال، قدرت تفکیک نقشه با قدرت پردازش کامپیوتر مورد بررسی قرار گرفته است. به طوری که، در طول سال‌ها امکان آنالیز نقشه‌ها با ابعاد سلولی کمتر با پیشرفت تکنولوژی به صورت نمایی افزایش یافته و در سال 2005 یک کامپیوتر می‌توانست 10^7 پیکسل را تجزیه و تحلیل کند. همچنین، اندازه سلول را می‌توان از تقسیم مساحت منطقه مطالعاتی به تعداد پیکسلی که یک کامپیوتر پردازش می‌کند به‌دست آورد (لاگاچری و مک‌برتنی 2005). هنگل (2006) بیان داشت که مناسب‌ترین ابعاد سلولی مدل رقومی ارتفاع، نسبت بین مساحت منطقه مطالعاتی به دو برابر مجموع طول خطوط تراز است. در مقابل، ونگ و همکاران (2001) و شارما و همکاران (2011) اظهار داشتند که استفاده از تکنیک‌های زمین‌آمار در کنار آمار کلاسیک می‌تواند در انتخاب مناسب‌ترین ابعاد سلولی مدل رقومی ارتفاع بسیار مفید واقع شود. آنها مناسب‌ترین ابعاد سلولی را به ترتیب 50 و 45 متر معرفی کردند. ایوبی و همکاران (2008) نیز مناسب‌ترین ابعاد سلول را برای فاکتور توپوگرافی مدل جهانی فرسایش خاک در منطقه تالش علیا استان گلستان با استفاده از تکنیک زمین‌آمار تعیین و نشان دادند که مدل رقومی ارتفاع با ابعاد 50 متر منجر به بالاترین همبستگی مکانی می‌گردد.

برخی از محققین نیز اظهار داشتند که ابعاد سلولی مدل رقومی ارتفاع اثر زیادی در کارکرد و عدم قطعیت مدل‌های فرسایشی مانند RUSLE (لی و لی، 2006)، WEPP (زانگ و همکاران، 2008) و SWAT (چابی و همکاران، 2006) دارد. افزون بر این، تامپسون و همکاران (2001) و پین (2005) اظهار داشتند که مدل رقومی ارتفاع با ابعاد سلولی کوچکتر (قدرت تفکیک بالاتر) ممکن است لزوماً برای افزایش دقت مدل‌های خاک مفید نباشد. این محققین نشان دادند که مناسب‌ترین ابعاد سلولی مدل رقومی ارتفاع برای مناطق هموار و مسطح می‌تواند بزرگتر باشد، در صورتی که برای مناطق با تپه‌های زیاد و مورفولوژی پیچیده ابعاد سلولی کوچک‌تر مورد نیاز است. همچنین، آنها گزارش کردند مناسب‌ترین ابعاد سلولی مدل رقومی ارتفاع به شدت وابسته به ویژگی‌های توپوگرافی منطقه تحت بررسی، بعد فیزیکی یک پدیده یا فرایند، سرشت و تغییرات ویژگی مورد مطالعه خاک می‌باشد. کاوازی و همکاران (2013) گزارش کردند که برای مناطق هموار و مسطح 140 متر و بالاتر و برای مناطق با تغییرات توپوگرافی شدید و ناگهانی شیب، ابعاد سلولی 30 متر مناسب می‌باشد. لذا، هدف از این مطالعه، تعیین مناسب‌ترین ابعاد سلولی مدل رقومی ارتفاع و اثرات آن در پیش‌بینی برخی ویژگی‌های خاک در دشت سئلین شهرستان کلیبر، استان آذربایجان‌شرقی بود.

مواد و روش‌ها

مناطق مورد مطالعه در شمال غربی ایران در دشت سئلین شهرستان کلیبر بین طول‌های جغرافیایی '8 °47 تا '22 °47 شرقی و عرض‌های جغرافیایی '56 °38 تا '15 °39 شمالی قرار دارد. مناطق مورد بحث از جنوب به رشته‌کوه‌های هشت‌سر، از شمال به رود ارس و از غرب به رشته‌کوه‌های سه برادر منتهی می‌شود. شکل (1) موقعیت

---

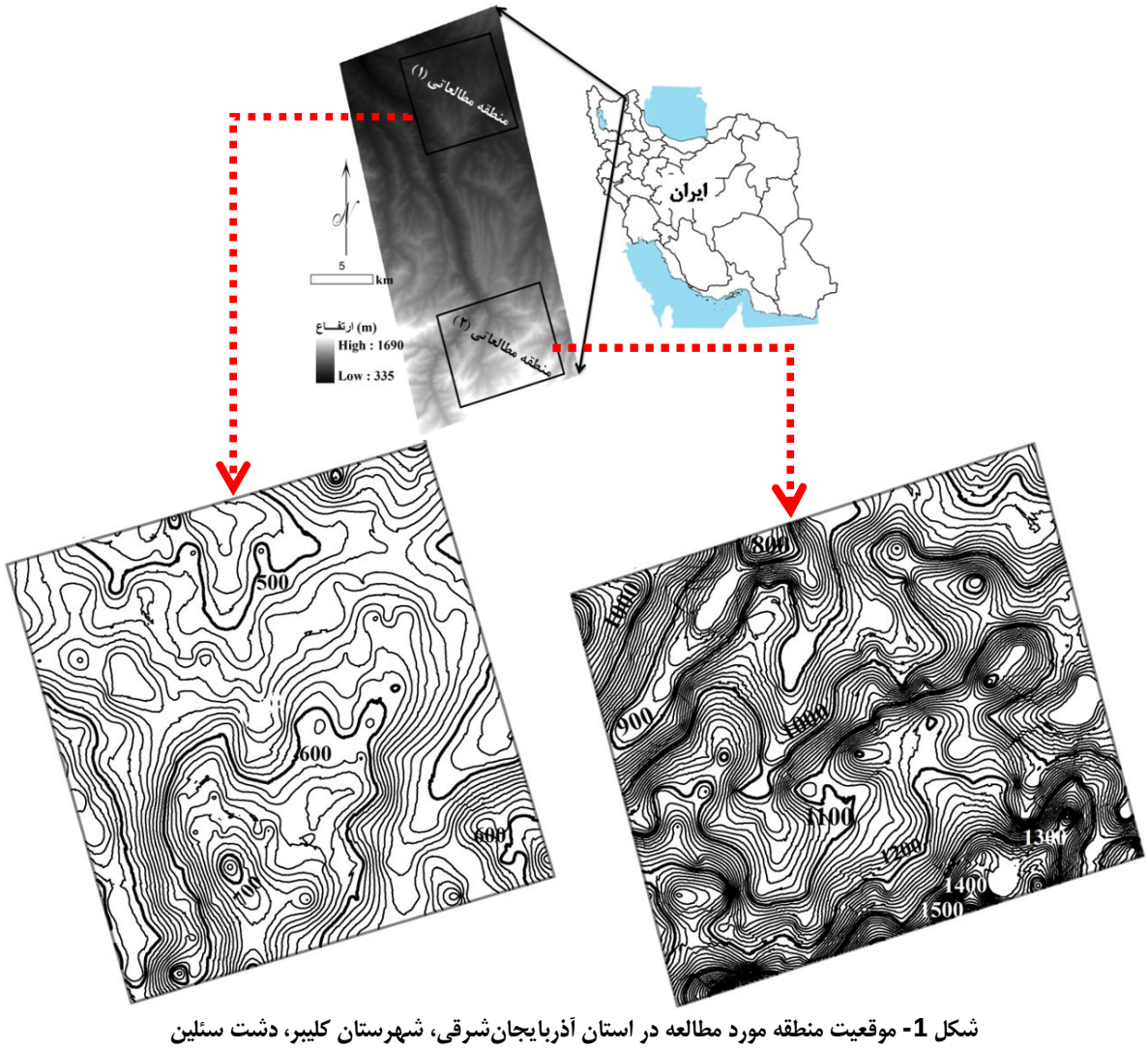
1. Digital elevation models (DEMs)
2. Grid cell
3. Pixel
4. Sink

www.SID.ir

Archive of SID

مناطق مورد مطالعه را در استان آذربایجان‌شرقی نشان می‌دهد. میانگین دما و بارندگی سالانه منطقه مورد مطالعه به‌ترتیب برابر 12/2 درجه سانتی‌گراد و 383/5 میلی‌متر است (اداره هواشناسی استان، 1392).

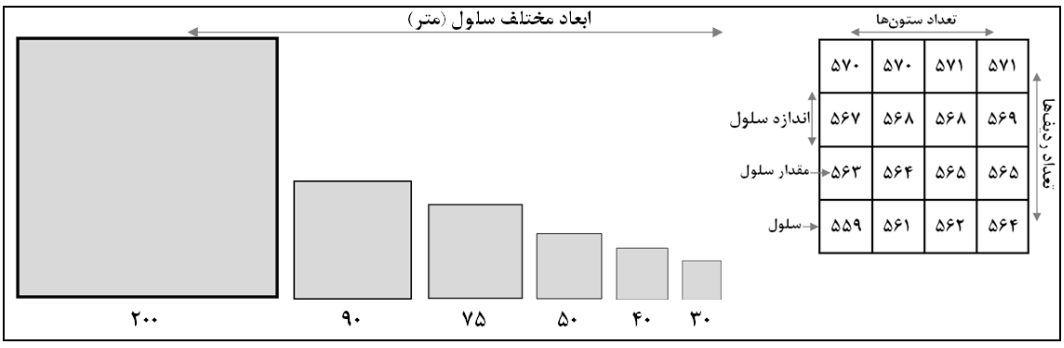
در این پژوهش، دو منطقه با ویژگی‌های توپوگرافی متفاوت انتخاب شدند. منطقه (1) تقریباً هموار و منطقه (2) از تغییرات شدید توپوگرافی برخوردار است (شکل 1). مساحت منطقه (1) و (2) به ترتیب 672/5 و 738/5 هکتار است. در تیر ماه 1393، تعداد 31 نمونه مرکب خاک از منطقه (1) و 37 نمونه مرکب خاک از منطقه (2) به صورت تصادفی برداشت شد. در هر نقطه، سه نمونه از خاک سطحی در عمق صفر تا 15 سانتی‌متری واقع در رئوس یک مثلث فرضی مطابق با ابعاد یک پیکسل مدل رقومی ارتفاع (30 در 30 متر) برداشت، سپس با هم مخلوط و در نهایت یک نمونه مرکب از آن‌ها به‌دست آمد. بافت خاک به روش هیدرومتری (جی و بادر، 1986) و کربن آلی خاک به روش اکسایش‌تر (والکلی و بلک، 1934) اندازه‌گیری گردید. همچنین، ارتفاع محل‌های نمونه‌برداری با استفاده از یک GPS (مدل Etrex Vista HCX) و متعاقباً شیب آن نیز در سه رأس مثلث اندازه‌گیری شد.



شکل 1- موقعیت منطقه مورد مطالعه در استان آذربایجان‌شرقی، شهرستان کلیبر، دشت سئلین

www.SID.ir

Archive of SID



شکل 2- نمایش گرافیکی ابعاد متفاوت سلول‌های مدل رقومی ارتفاع (متر)

به منظور تهیه‌ی مدل‌های رقومی با قدرت تفکیک‌های متفاوت، ابتدا مدل رقومی ارتفاع با قدرت تفکیک 30 متر از منطقه‌ی مورد نظر از سازمان نقشه‌برداری کشور تهیه شد. نقشه 30 متر به عنوان نقشه پایه برای تهیه‌ی سایر مدل‌های رقومی ارتفاع با قدرت‌های تفکیک 40، 50، 75، 90 و 200 متر در محیط ArcGIS مورد استفاده قرار گرفت که به صورت شماتیک در شکل (2) ارائه شده است. مدل‌های رقومی ارتفاع با قدرت تفکیک‌های مختلف، به کمک تکنیک درون‌یابی به روش نزدیکترین همسایه تهیه شدند. بعد از تهیه مدل‌های رقومی ارتفاع با ابعاد مختلف، از یک مدل رگرسیونی ساده (معادله 1) برای بررسی امکان برآورد ماده آلی و رس خاک از مدل‌های رقومی ارتفاع در ابعاد مختلف استفاده گردید.

$$Z^*(x_i) = \alpha + \beta h \qquad (1)$$

که $Z^*(x_i)$ درصد ماده آلی یا رس خاک برآوردی، h مقدار ارتفاع در ابعاد سلولی مختلف، β شیب، α عرض از مبداء مدل رگرسیونی است.

تجزیه و تحلیل ساختار مکانی داده‌ها از طریق محاسبه تغییرنما و با استفاده از نرم افزار ArcGIS 9.3 انجام گرفت. تغییرنما تجربی عبارت از متوسط مجذور اختلافات بین دو مشاهده $(Z(x)\ Z,(x+h))$ در دو موقعیت مکانی واقع در فضای نمونه‌برداری است که توسط آرایه h از هم جدا می‌شوند (معادله 2) (محمدی، 1385).

$$\gamma_i(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} (Z(x_i) - Z(x_i - h))^2 \qquad (2)$$

که در آن، $\gamma(h)$ مقدار واریوگرام برای جفت نقاطی که به فاصلهٔ h ازهم قراردارند، N(h) تعداد زوج نقاطی که به فاصله h از هم قراردارند، $Z(x_i)$ مقدار مشاهده شده متغیر x و $Z(x_i+h)$ مقدار مشاهده شده متغیر که به فاصله h از x قرار دارد. در مطالعه حاضر، انواع مدل‌های نظری تغییرنما شامل مدل نمایی، کروی و گوسی به داده‌های تغییرنما تجربی برازش داده شد. یک تغییرنمای ایده‌آل دارای سه پارامتر شامل اثر قطعه‌ای[1]، حد آستانه[2] و دامنه[3] می‌باشد. اثر قطعه‌ای بیان کننده مولفه غیرساختاری (تصادفی) واریانس می‌باشد. حد آستانه تقریبی از واریانس کل را ارائه نموده و مقدار دامنه بیانگر فاصله‌ای است که در ماورای آن نمونه‌ها را می‌توان مستقل از یگدیگر به حساب آورد (محمدی 1385).

به منظور ارزیابی دقت مدل رقومی ارتفاع و تخمین‌گرها از آماره‌های ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE) (معادله3) و ضریب تبیین (R^2) (معادله 4) استفاده شد.

(3)

$$RMSE = \left[\frac{\sum_{i=1}^{N} \left[z(x_i) - z^*(x_i) \right]^2}{N} \right]^{1/2} \qquad (4)$$

$$R^2 = \left[\frac{\sum_{i=1}^{N} (Z(x_i) - \overline{Z(x_i)})(Z^*(x_i) - \overline{Z^*(x_i)})}{\sqrt{\sum_{i=1}^{N} (Z(x_i) - \overline{Z(x_i)})^2 (Z^*(x_i) - \overline{Z^*(x_i)})^2}} \right]^2$$

که $z^*(x_i)$ بیانگر مقادیر تخمینی، $z(x_i)$ مقادیر اندازه‌گیری شده متغیرها و N تعداد داده‌ها می‌باشد. محاسبه و مدل‌سازی تغییرنماها و حل سیستم کریجینگ در نرم افزار ArcGIS 9.3 انجام گرفت.

1. Nugget effect
2. Sill
3. Range

www.SID.ir

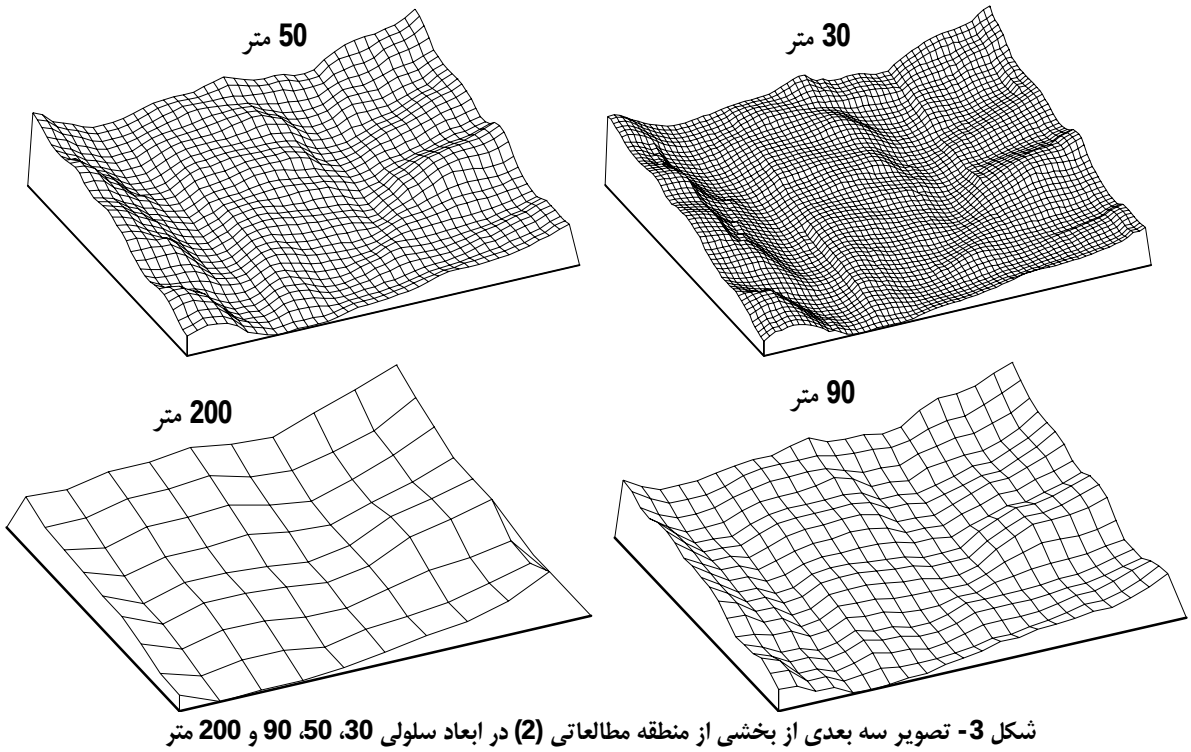
Archive of SID

نتایج و بحث

توصیف آماری مناطق مطالعاتی در جدول (2) ارائه شده است. همان‌طور که از جدول (1) مشخص است مناطق مطالعاتی دارای ویژگی‌های توپوگرافی متفاوتی هستند به طوری که اختلاف ارتفاع در منطقه (1) و (2) به ترتیب 286 متر و 808 متر می‌باشد. حداقل، حداکثر و میانگین ارتفاع در منطقه (1) با افزایش ابعاد سلولی از 30 به 200 متر به ترتیب 16 متر کاهش، 7 متر کاهش و 1/3 متر افزایش یافت. در منطقه (2) با افزایش ابعاد سلولی از 30 به 200 متر حداقل ارتفاع 14 متر افزایش، حداکثر آن 17متر افزایش و میانگین آن 8/6 متر افزایش یافت. لذا، در منطقه (2) که دارای تغییرات توپوگرافی شدیدتری می‌باشد میانگین ارتفاع در مقایسه با منطقه (1) با افزایش ابعاد سلولی بیشتر تحت تأثیر قرار گرفته است. شکل (3) نیز تصویر سه بعدی از مدل رقومی ارتفاع در ابعاد سلولی 30، 50، 90 و 200 متر در بخشی از منطقه (2) را ارائه می‌دهد. با توجه به شکل فوق با افزایش ابعاد سلولی از 30 به 200 متر حجم زیادی از اطلاعات توپوگرافی منطقه مانند دره‌ها و تپه‌های کوچک از بین رفته و تنها یک نما کلی از منطقه مشاهده می‌گردد.

جدول 1- ویژگی‌های توپوگرافی مناطق مطالعاتی

منطقه (1)						منطقه (2)					
ابعاد سلولی (متر)	تعداد سلول	حداقل	حداکثر	میانگین	انحراف معیار	ابعاد سلولی (متر)	تعداد سلول	حداقل	حداکثر	میانگین	انحراف معیار
30	67251	443	729	552/5	55/4	30	73856	744	1552	1066/6	137/0
40	37827	423	729	552/6	55/4	40	41543	744	1550	1066/4	136/9
50	24210	425	729	552/6	55/4	50	26589	744	1553	1066/5	137/0
75	10761	425	729	552/6	55/4	75	11816	746	1553	1066/7	137/1
90	7472	425	725	552/9	55/2	90	8206	748	1557	1071/5	138/6
200	1514	427	722	553/8	55/0	200	1662	758	1569	1075/2	141/0



شکل 3- تصویر سه بعدی از بخشی از منطقه مطالعاتی (2) در ابعاد سلولی 30، 50، 90 و 200 متر

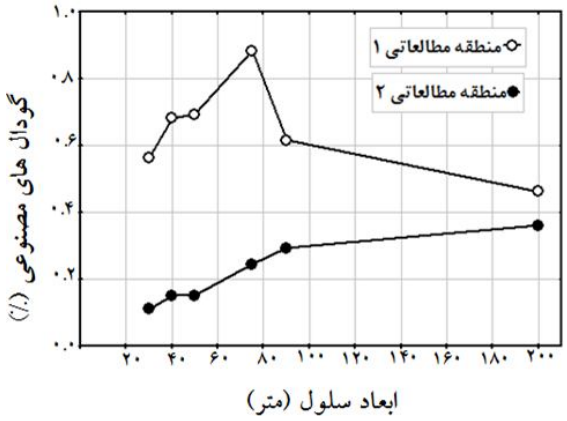
شکل (3) درصد سلول‌های گودال‌های مصنوعی[1] که نقش یک حوضه کوچک بسته را ایفا کرده و جریان آب نمی‌تواند از آن خارج شود، را نشان می‌دهد. میزان سلول‌های گودال‌های مصنوعی در ابعاد سلولی 30 و 200 متر به ترتیب در منطقه (1) برابر با 0/56 و 0/46 درصد و

1. Sink

www.SID.ir

Archive of SID

در منطقه (2) 0/11 و 0/36 درصد بود. میزان گودال‌های مصنوعی در منطقه (1) با افزایش ابعاد سلولی از 30 تا 75 متر افزایش و بعد از آن کاهش یافت. در منطقه (2) با افزایش ابعاد سلولی مقدار سلول‌های گودال مصنوعی به صورت خطی افزایش یافت (شکل 3). با این حال، تعداد سلول‌هایی که گودال‌های مصنوعی تشکیل می‌شود و موجب خطا می‌گردند در ابعاد سلولی 30 متر به ترتیب در منطقه (1) و (2) 379 و 82 پیکسل و در ابعاد سلولی 200 متر 7 و 6 پیکسل بود.گودال‌های مصنوعی به دلیل تشکیل ریزحوضه‌های کوچک بیشترین اثر را در مدل‌های هیدرولوژیکی به‌ویژه در تخمین میزان رواناب و رسوب دارد. البته در شرایط طبیعی نیز در صورت وجود محیط-های آهکی و کارستی در ارتفاعات که دمای پایین‌تری دارند گودال‌هایی به علت حلالیت بالای سنگ آهک در آب ایجاد می‌گردد (درک و ویلیامز، 2007). در ادامه دقت مدل رقومی ارتفاع با ابعاد متفاوت سلولی با رفع گودال-های مصنوعی بررسی گردید.



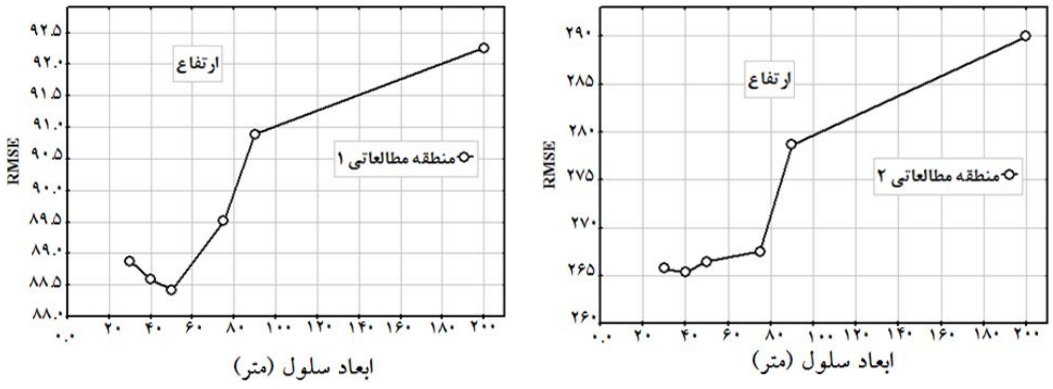
شکل 4- گودال‌های مصنوعی در ابعاد متفاوت سلول‌های مدل رقومی ارتفاع

شکل (5) دقت مدل رقومی ارتفاع با ابعاد متفاوت سلولی را در مقایسه با مقادیر اندازه‌گیری شده نشان می‌دهد. با افزایش ابعاد سلولی مدل رقومی ارتفاع از 30 به 50 متر در منطقه (1) آماره RMSE کاهش و بعد از آن دوباره افزایش یافت. به صورتی که کمترین مقدار RMSE برای ابعاد سلولی 50 متر (88/4) بود. در منطقه (2) مقدار RMSE برای ابعاد سلولی 30 و 40 متر حدوداً یکسان بود و بعد از آن به به صورت خطی افزایش می‌یابد (شکل 5). بیشترین R^2 در هر دو منطقه برای ابعاد سلولی 40 متر به‌دست آمد اما، همان‌طور که از شکل (6) مشخص است در منطقه (1) R^2 در ابعاد سلولی 40 و 50 متر و در منطقه (2) در ابعاد سلولی 30 و 40 متر تقریباً یکسان است. در کل، مقدار آماره R^2 در منطقه (1) در مقایسه با منطقه (2) بیشتر بود (شکل 5 و 6). این امر بیان‌گر این است که در مناطق با تغییرات توپوگرافی شدید و مورفولوژی پیچیده‌تر دقت مدل رقومی ارتفاع پایین می‌باشد. نتایج حاصل از این مطالعه با نتایج مطالعات تامپسون و همکاران (2001)، پین (2005) و کاوازی و همکاران (2013) مطابقت دارد.

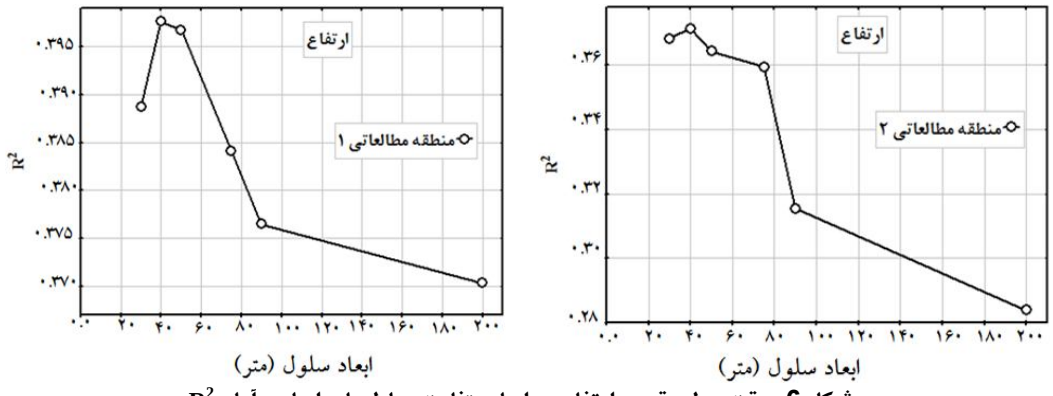
نتایج حاصل از محاسبه شیب از مدل رقومی ارتفاع با ابعاد متفاوت سلولی در شکل (7 و 8) ارائه شده است. در منطقه (1) با افزایش ابعاد سلولی میزان خطا نیز در شیب محاسبه شده افزایش یافت. به طوری که براساس آماره RMSE و R^2 شیب محاسبه شده از مدل رقومی ارتفاع در ابعاد سلولی 30 متر کمترین خطا را داشت. برای منطقه (2) نیز این وضعیت حاکم بود (شکل 7 و 8). توجه شود که مقدار RMSE و R^2 در منطقه (1) با افزایش ابعاد سلولی از 30 به 200 متر به ترتیب از 5/5 به 6/3 و از 0/13 به 0/08 افزایش و کاهش یافت در صورتی که، در منطقه (2) با افزایش ابعاد سلولی از 30 به 200 متر به ترتیب از 7/4 به 8/8 و از 0/06 به 0/03 افزایش و کاهش یافت. دلیل خطا بیشتر و ضریب تبیین پایین در منطقه (2) مربوط به شرایط توپوگرافی آن می‌باشد .به طورکلی، نتایج حاکی از آن است که شیب محاسبه شده از مدل رقومی ارتفاع در هر ابعادی به‌ویژه در مناطقی با تغییرات شدید توپوگرافی دارای دقت بسیار پایین می‌باشد.

www.SID.ir

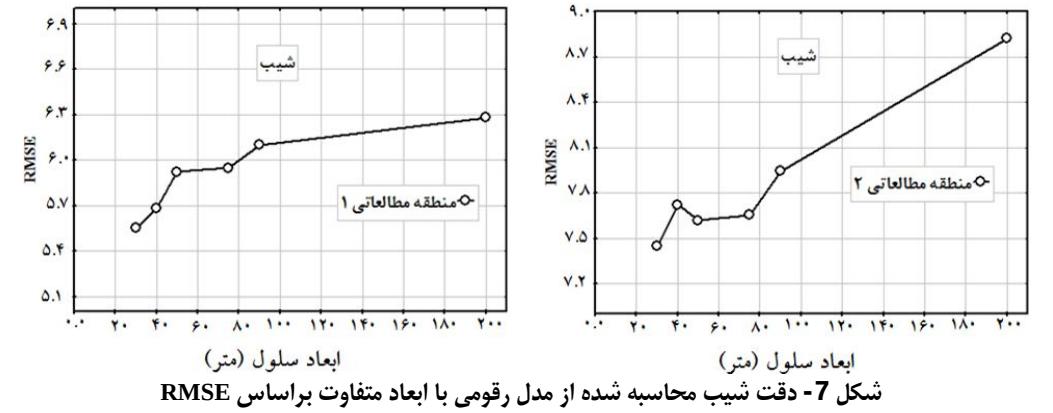
Archive of SID



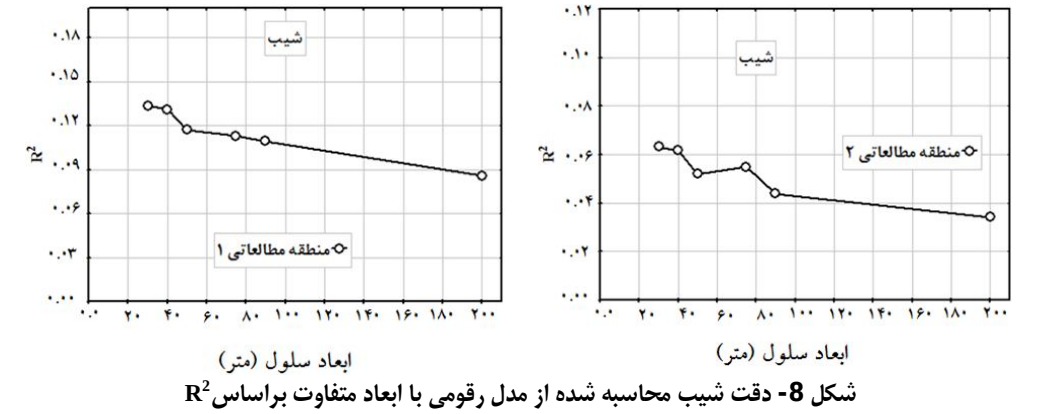
شکل 5- دقت مدل رقومی ارتفاع در ابعاد متفاوت سلول‌ها بر اساس آماره RMSE



شکل 6- دقت مدل رقومی ارتفاع در ابعاد متفاوت سلول‌هابر اساس آماره R^2



شکل 7- دقت شیب محاسبه شده از مدل رقومی با ابعاد متفاوت براساس RMSE



شکل 8- دقت شیب محاسبه شده از مدل رقومی با ابعاد متفاوت براساس R^2

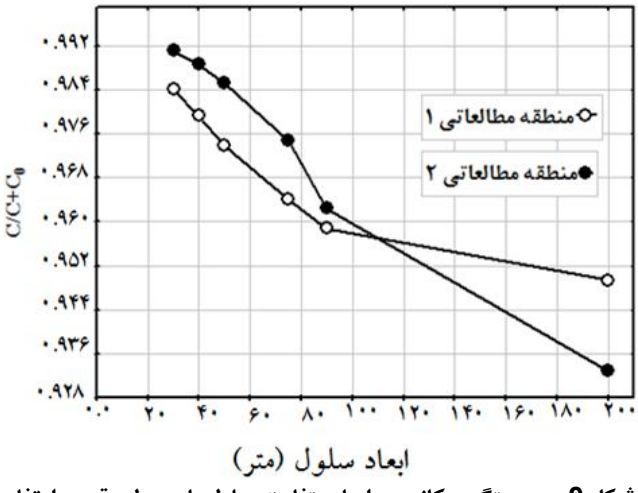
www.SID.ir

Archive of SID

تحلیل نیم تغییرنما در جهات مختلف برای هریک از مدل‌های رقومی ارتفاع نشان داد که تغییرپذیری ارتفاع در جهت‌های مختلف دارای رفتار مشابهی است. نتایج آنالیزهای واریوگرافی روی داده‌های ارتفاع حاصل از مدل‌های رقومی ارتفاع در مناطق مورد مطالعه نشان داد که مدل گوسی به خوبی تغییرات ارتفاع را در تمامی مدل-های رقومی ارتفاع تبیین می‌کند. اثر قطعه‌ای و حد آستانه تغییرنما با بزرگ‌تر شدن ابعاد سلول مدل رقومی ارتفاع افزایش یافت (جدول 2). همان‌گونه که جدول (2) نشان می‌دهد، همبستگی مکانی در هر دو منطقه با افزایش ابعاد سلولی کاهش یافت (شکل 9). نتایج حاکی از آن است که در منطقه (1) با افزایش ابعاد سلولی تا 90 متر همبستگی مکانی به صورت خطی کاهش یافته و بعد از آن تقریباً ثابت می‌ماند. در منطقه (2) با افزایش ابعاد سلولی تا 75 متر همبستگی مکانی به صورت خطی و با آهنگ کمتری، اما بعد از آن به یک‌باره مقدار همبستگی مکانی با شدت بیشتری کاهش یافت. دلیل این امر می‌تواند این باشد که در ابعاد سلولی بزرگ‌تر از 75 متر بخش وسیعی از اطلاعات توپوگرافی از بین می‌رود و موجب کاهش همبستگی مکانی می‌گردد. نتایج این مطالعه مطابق با نتایج میتسوا و همکاران (1996) و نجف‌نژاد و همکاران (2011) و متفاوت از نتایج ونگ و همکاران (2001)، شارما و همکاران (2011) و ایوبی و همکاران (2008) می‌باشد.

جدول 2- پارامترهای مدل نیم‌تغییرنما در ابعاد مختلف مدل رقومی ارتفاع

ابعادسلول (متر)	مدل	دامنه (متر)	اثرقطعه‌ای	حدآستانه	ابعادسلول (متر)	مدل	دامنه (متر)	اثرقطعه‌ای	حدآستانه
منطقه (1)					منطقه (2)				
30	گوسی	355	4/4	271/4	30	گوسی	355	8/3	925/3
40	گوسی	474	8/2	386/8	40	گوسی	474	16/4	1423/4
50	گوسی	592	13/8	513/3	50	گوسی	592	29/0	1928/0
75	گوسی	888	30/7	821/4	75	گوسی	889	83/0	3203/0
90	گوسی	1066	44/5	1035/5	90	گوسی	1067	150/7	3858/0
200	گوسی	2370	133/5	2501/5	200	گوسی	2370	601	8354/0



شکل 9- همبستگی مکانی در ابعاد متفاوت سلول‌های مدل رقومی ارتفاع

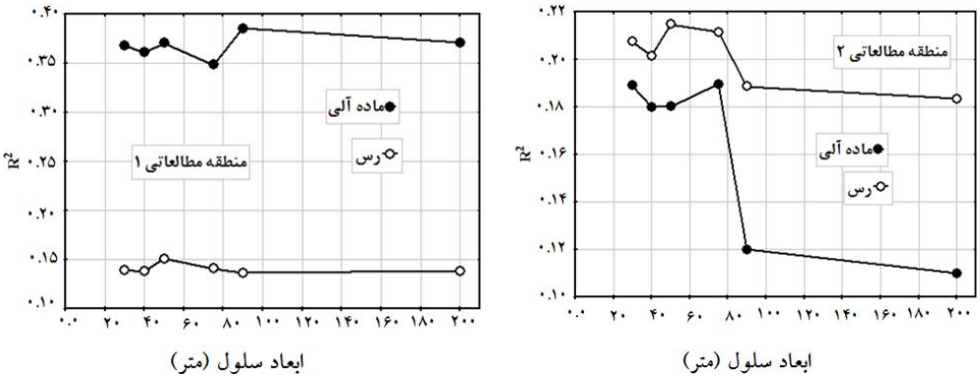
نتایج حاصل از برآورد ماده آلی و رس خاک از مدل رقومی ارتفاع در ابعاد متفاوت با استفاده از مدل رگرسیونی ساده در شکل (10) ارائه شده است. در منطقه (1) بالاترین مقدار R^2 برای برآورد رس از مدل رقومی ارتفاع در ابعاد سلولی 50 متر حاصل گردید. مقدار آماره فوق در ابعاد سلولی 30، 40، 75، 90 و 200 متر تقریباً یکسان بود. مقدار ضریب تبیین برای برآورد ماده آلی در ابعاد سلولی 75 متر بالاترین و کمترین آن در 50 متر حاصل گردید. در منطقه (2) دقت برآورد رس در ابعاد سلولی50 و 75 متر بالاترین و در ابعاد سلولی 90 و 200 متر کمترین بود. برای ماده آلی بیشترین R^2 مربوط به ابعاد سلولی 30 و 75 متر بود. در ابعاد سلولی بزرگتر از 75 متر دقت برآورد میزان رس و ماده آلی از مدل رقومی ارتفاع به شدت کاهش یافت. اختلاف زیادی بین R^2 در ابعاد سلولی 30، 40، 50 و 75 متر در منطقه (2) وجود نداشت، اما اختلاف بین R^2 در ابعاد سلولی 30، 40، 50 و 75 متر

www.SID.ir

Archive of SID

با 90 و 200 متر زیاد بود. اختلاف در دقت تخمین ویژگی‌های خاک مربوط به از دست رفتن اطلاعات توپوگرافی در ابعاد سلولی 90 و 200 متر در منطقه (2) که دارای تغییرات شدید توپوگرافی است می‌باشد.

همچنین، براساس نتایج این مطالعه مشخص می‌شود که افزون بر ویژگی‌های توپوگرافی منطقه مطالعاتی مناسب‌ترین ابعاد سلولی در تخمین ویژگی‌های خاک بستگی زیادی به نوع ویژگی مورد مطالعه نیز دارد. به این صورت که، مناسب‌ترین ابعاد سلولی مدل رقومی ارتفاع برای رس بر خلاف ماده آلی خاک در هر دو منطقه مطالعاتی با شرایط توپوگرافی متفاوت، یکسان بود. دلیل این امر تغییرپذیری کم بافت خاک و اجزاء آن در همسایگی نقاط مطالعاتی در مقایسه با ماده آلی خاک است. به دیگر سخن، نتایج مطالعه حاضر بیانگر این واقعیت است که برای متغیرهایی نظیر ماده آلی که متأثر از مدیریت خاک است و در فواصل کمی تغییر می‌کند، نیاز به ابعاد سلولی کوچک‌تر در مناطق با توپوگرافی شدید مشابه منطقه (2) می‌باشد.



شکل 10- دقت تخمین ماده آلی و رس خاک از مدل رقومی ارتفاع با ابعاد متفاوت

نتیجه‌گیری

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که بیشترین R^2 در هر دو منطقه برای ابعاد سلولی 40 متر و کمترین RMSE در ابعاد سلولی 50 و 40 متر به ترتیب برای منطقه (1) و (2) به دست آمد. در کل، مقدار آماره R^2 و RMSE در منطقه (1) در مقایسه با منطقه (2) به ترتیب بیشتر و کمتر بود. نتایج حاصل از محاسبه شیب از مدل رقومی ارتفاع با ابعاد متفاوت سلولی نشان داد که ابعاد سلولی 30 متر کمترین خطا را داشت. همچنین، با تجزیه و تحلیل تغییرنما مشخص شد که همبستگی مکانی در هر دو منطقه با افزایش ابعاد سلولی کاهش یافت.

نتایج حاصل از برآورد ماده آلی و رس خاک از مدل رقومی ارتفاع در ابعاد متفاوت نشان داد که در منطقه (1) بالاترین مقدار R^2 برای برآورد رس و ماده آلی خاک به ترتیب از مدل رقومی ارتفاع در ابعاد سلولی 50 و 75 متر حاصل گردید. در منطقه (2) برای رس در ابعاد سلولی50 و 75 متر و برای ماده آلی در ابعاد سلولی 30 و 75 متر بیشترین R^2 حاصل گردید. براساس نتایج این تحقیق، به منظور افزایش دقت و کارائی در مطالعات خاکشناسی انتخاب مناسب‌ترین ابعاد سلولی مدل رقومی ارتفاع در برآورد ویژگی‌های خاک یک منطقه، ضروری بوده و ابعاد سلولی متفاوت نتایج حاصل شده را می‌تواند به شدت تحت تأثیر قرار دهد.

فهرست منابع:

1. ایوبی، ش.، خرمالی، ف.، شتایی جویباری، ش. 1386. استفاده از تکنیک زمین آمار در تعیین مناسب‌ترین ابعاد سلولی مدل رقومی زمین برای برآورد مشخصه‌ی توپوگرافی (LS) مدل برآوردی فرسایش RUSLE در منطقه تاش علیا (استان گلستان). پژوهش و سازندگی در منابع طبیعی. 77. 129-122.
2. محمدی، ج. 1385. پدومتری (2) (آمار مکانی). انتشارات پلک.
3. Cambardella, C.A., Moorman, T.B., Nocak, J.M., Parkin, T.B., Karlen, D.L., Turco,R.F. and Konopka, A.E. 1994. Field-scale variability of soil properties in central Iowa soils. Soil Sci. Soc. Am. J. 58: 1501–1511.

www.SID.ir

Archive of SID
4. Cavazzi, S., Corstanje, R., Mayr, T., Hannam, J. and Fealy, R. 2013. Are fine resolution digital elevation models always the best choice in digital soil mapping? Geoderma. 195-196: 111-121.
5. Chaubey, I., Cotter, A.S, Costello, T.A. and Soerens T.S. 2005. Effect of DEM data resolution on SWAT output uncertainty; Hydrol. Process. 19(3): 621–628.
6. Derek, C.F. and Williams. P.2007. Karst hedrogeology and geomorphology. Jhonwiley.pp 354.
7. Gee, G.H. and Bauder, J.W. 1986. Particle size analysis. In: A. klute, (eds.), Methods of soil Analysis. Physical Properties. SSSA, Madison, WI 9: 383-411.
8. Hengl, T. 2006. Finding the right pixel size; Comput. Geosci. 32(9): 1283–1298.
9. Kienzle, S. 2004. The effect of DEM raster resolution on first order, second order and compound terrain derivatives. Transactions in GIS 8 (1): 83–112.
10. Sharma, A., Tiwari,K.N. and Bhadoria, P.B.S. 2011. Determining the optimum cell size of digital elevation model for hydrologic application. J. Earth Syst. Sci. 120(4): 573–582.
11. Lagacherie, P. andMcBratney, A. 2005. Spatial soil information systems and spatial soil inference systems: perspectives for digital soil mapping. In: Lagacherie, P., McBratney, A. andVoltz, M. (Eds.), Proceedings of the Global Workshop on Digital Soil Mapping, ontpellier 14–17 September 2004. Developments in Soil Science Series. Elsevier, INRA,Montpellier, pp. 1–15.
12. Lee, G.S. and Lee, K.H. 2006. Scaling effect for estimating soil loss in the RUSLE model using remotely sensed geospatial data in Korea.Hydrol. Earth Syst. Sci. Discuss. 3(1): 135–157.
13. 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.
14. Thompson, A.J., Bell, J.C., Butler, C.A. 2001. Digital elevation model resolution: effects on terrain attribute calculation and quantitative soil-landscape modeling. Geoderma. 100: 67–89.
15. Walkley, A. and Black, I.A. 1934. An examination of Degtgareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid in soil analysis. 1. Experimental. Soil Science Society America Journal. 79: 459-465.
16. Wang, G., Gartner, G.Z., Parysow, P. and Anderson, A.B. 2001. Spatial prediction and uncertainty assessment of topographic factor for the Revised Universal Soil Loss Equation using digital elevation models. Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 56: 65-80.
17. Zhang, J.X, Chang, K.T. and Wu, J.Q. 2008. Effects of DEM Resolution and Source on Soil Erosion Modeling: a Case Study Using the WEPP Model; Int. J. Geogr. Inf. Sci. 22(8): 925–942.
www.SID.ir