در
منابع طبیعی شماره ۷۷، زمستان ۱۳۸۶
پژوهش و سازندگی

# استفاده از تکنیک زمین آمار در تعیین مناسب ترین ابعاد سلول مدل رقومی زمین برای برآورد مشخصه توپوگرافی (LS) مدل برآورد فرسایش RUSLE در منطقه تاش علیا (استان گلستان)

**شمس الله ایوبی**
استادیار گروه خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان
**فرهاد خرمالی**
دانشیار گروه خاکشناسی، دانشکده علوم زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
**شعبان شتایی جویباری**
استادیار گروه جنگلداری، دانشکده علوم جنگلداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
تاریخ دریافت: فروردین ماه ۱۳۸۵ تاریخ پذیرش: شهریور ماه ۱۳۸۵
E-mail: ayoubi@cc.iut.ac.ir

## چکیده

برآورد و بررسی قابل اطمینان مقدار و پتانسیل تخریب خاک به علت افزایش نیاز روزافزون بشر به منابع خاک جهت تولید غذا و همچنین افزایش آگاهی عمومی از عواقب تخریب و فرسایش خاک روز به روز در حال توسعه است. مدل برآورد فرسایش خاک RUSLE قادر است تا متوسط هدر رفت خاک را در یک دوره طولانی مدت با استفاده از اطلاعات بارندگی و رواناب، طول و درجه شیب، مدیریت و عملیات حفاظتی تعیین نماید. حاصلضرب طول شیب و درجه شیب به عنوان فاکتور توپوگرافی LS شناخته می‌شود که نشان‌دهنده درجه تاثیر توپوگرافی در هدررفت خاک است. فاکتور توپوگرافی از بین فاکتورهای مزبور، حساس‌ترین فاکتور بوده، و بنابراین انتخاب روشی مناسب برای تخمین دقیق آن حائز اهمیت است. محاسبه این فاکتور با استفاده از مدل رقومی زمین و ایجاد نقشه‌های درجه و طول شیب صورت می‌گیرد. این تحقیق به منظور انتخاب مناسب‌ترین ابعاد سلول برای محاسبه درجه و طول شیب و در نهایت محاسبه مقادیر فاکتور LS با استفاده از مدل رقومی‌ارتفاع در بخشی از اراضی تپه ماهوری جنوب استان گلستان در منطقه تاش علیا به مساحتی معادل ۶۵۰ هکتار صورت گرفته است. ابتدا مدل رقومی زمین منطقه با دقت ۲۰ متر و با استفاده از نقشه توپوگرافی به مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ و منحنی میزان‌های ۱۰ متری تهیه گردید. همچنین مدل مذکور با قدرت تفکیک مکانی ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰، و ۴۰۰ متر ایجاد و نقشه‌های مذکور با ابعاد فوق تولید گردید. سپس با استفاده از مدل، مقدار LS برای هریک از نقشه‌های رقومی مزبور محاسبه گردید. بررسی ابعاد بهینه سلول‌های مختلف با استفاده از آنالیز زمین آمار صورت گرفت. با انجام آنالیزهای زمین آماری، مدل مناسب به مقادیر نیمه تغییرنما متغیر LS برازش و پارامترهای مدل بهینه گردید. در نهایت با استفاده از معیارهای مدل زمین آماری، مقدار واریانس کل، متوسط نیمه تغییر نما در حالتی که اندازه فاصله معادل ابعاد سلول مدل ارتفاعی باشد، مدل رقومی‌مناسب برای تهیه نقشه فاکتور LS در منطقه معرفی گردید. نتایج این تحقیق نشان داد که با افزایش ابعاد سلول مدل رقومی، مقادیر سقف و اثر قطعه‌ای مدل تغییر نما کاهش یافته و مقدار دامنه تاثیر مدل از ۹۲ متر به ۱۷۱ متر افزایش یافته است. میزان وابستگی مکانی با افزایش ابعاد سلول از ۲۰ متر به ۵۰ متر افزایش یافته است، ولی با افزایش بیشتر ابعاد سلول، وابستگی مکانی به شدت کاهش یافته است. مقادیر واریانس کل و متوسط نیمه تغییرنما نیز با افزایش ابعاد سلول به ۵۰ متر، افزایش یافته و مجدداً با افزایش ابعاد سلول، مقدار آنها کاهش یافته است. از آنجا که همزمان بهترین وابستگی مکانی، و بیشترین واریانس و تنوع در مقادیر LS منجر به نقشه‌های دقیق‌تری از LS می‌گردد، مدل رقومی با ابعاد ۵۰ متر، جهت تهیه نقشه LS پیشنهاد می‌گردد. نتایج کلی این تحقیق نشان می‌دهد که استفاده از تکنیک زمین آمار در کنار آمار کلاسیک می‌تواند در انتخاب مدل رقومی‌مناسب جهت ارزیابی فاکتور توپوگرافی در مدل RUSLE برای برآورد فرسایش خاک به نتایج مطلوبی منجر گردد.

کلمات کلیدی: فرسایش خاک، مدل رقومی ارتفاع، فاکتور توپوگرافی، زمین آمار

www.SID.ir

Pajouhesh & Sazandegi No:77 pp: 122-129

**Optimal resolution investigation of digital elevation models by goestatistcal technique to compute topographic factor (LS) for RUSLE equation in Talesholia district, Golestan province**

*By: Sh. Ayoubi,Assistant Prof. of Soil Science, College of Agriculture, Isfahan University of Technology Isfahan, Iran. F. Khormali, Associate Prof. of Soil Science, College of Agriculture, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan. Iran., Sh. Shataee., Assistant Prof. of Forestry, College of Forestry, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan. Iran.*

Continuous men's needs to soil resources and increase of the common knowledge of soil degradation and erosion have aggravated need for confident evaluation and assessment of soil degradation rate and potential for food production. Revised Universal Soil Loss Equation is a model to predict longtime annual soil loss, related to rainfall-runoff, soil erodibility, slope length, steepness and support practice. The product of slope length L and steepness S is called topographic factor LS, implying the topographic effect on soil loss. The topographic factor is the most sensitive one in the prediction of soil loss. This study was conducted to predict spatial variability of LS factor using digital elevation model, in hill slopes of Talesholia district in Golestan Province, approximately covered 650 ha. Digital elevation data were prepared with 20m spacing. By using nearest neighbor resampling, new DEMs with 50, 100, 200 and 400 m resolution were derived from the original DEM. The LS factor was calculated according to a physically based topological factor LS equation for each DEM. Appropriate semi variogram models were fitted to semi variances and the best parameters were derived. Finally, the best DEM was chosen based on geostatistical parameters, total variances and mean semi variances at a lag of one cell. The results showed that with increasing the cell spacing (resolution), sill and nugget effect decreased and range increased from 92 to 171m. Spatial dependency increased with increasing cell spacing up to 50 m, but decreased extremely in the longer cell spacing. Total variances and mean semi variances also increased with increasing cell spacing to 50m. According to best spatial dependency and high variances and diversity of 50 m cell spacing, this DEM was proposed to predict LS factor by physical based model. Overall results of this study confirmed that geostatistical analysis accompanying with the statistical approaches could be applied to select suitable cell spacing in DEM to predict topographical factor in RUSLE model.

**Keywords:** Soil erosion, Digital Elevation Model, Topography factor, Geostatistics

## مقدمه

فرسایش و پیامدهای ناشی از آن، با تشدید بهره‌برداری انسان، اثرات منفی خود را بر اکوسیستم حیاتی وارد ساخته است. لذا برآورد هدررفت خاک در برنامه‌ریزی‌های کنترل فرسایش حائز اهمیت می‌باشد. در این راستا مدل‌های مختلف تجربی و فیزیکی توسعه یافته‌اند. معروف‌ترین مدل فرسایش آبی مدل جهانی هدررفت خاک (USLE)[۱] می‌باشد(۲، ۹). مطالعات بعدی در فاصله سال‌های ۱۹۷۹-۱۹۷۰ در استفاده از این مدل نشان داد که این مدل دارای نارسائیهائی می‌باشد که یکی از مهمترین آنها عدم استفاده آن در اراضی مرتعی و حوزه‌های آبخیز است. این تحقیقات منجر به توسعه مدل تغییر یافته‌ای از مدل مزبور تحت عنوان مدل RUSLE[۲] گردید. اساس این مدل نیز که با اطلاعات تجربی ایستگاه‌های فراوانی به دست آمده است، عمدتاً بر مبنای تأثیر فاکتورهای مختلف بر فرسایش خاک قرار دارد. به کمک این مدل و بر اساس حاصلضرب شاخص فرسایندگی باران(R)، فاکتور فرسایش‌پذیری خاک(K)، فاکتور درجه شیب(S)، فاکتور طول شیب(L)، فاکتور مدیریت اراضی(C) و فاکتور عملیات حفاظتی(P) می‌توان مقدار متوسط هدررفت خاک را در یک دوره طولانی مدت برآورد کرد(۱۱،۱۳).

فاکتور درصد شیب تابعی از درجه شیب بوده و منعکس کننده اثر درجه شیب بر مقدار فرسایش است. فاکتور طول شیب نیز تابعی از طول اندازه‌گیری شده شیب بر حسب متر است. حاصلضرب این دو فاکتور به عنوان فاکتور توپوگرافی (LS) شناخته می‌شود. آنالیز حساسیت فاکتورهای این مدل نشان داده است که از بین فاکتورهای ذکر شده در مدل RUSLE، حساس ترین فاکتور، توپوگرافی می‌باشد(۶ ، ۱۴). محاسبه دقیق فاکتور فوق در برآورد میزان فرسایش تاثیر زیادی دارد. لذا انتخاب روشی دقیق برای برازش آن ضروری می‌باشد. جهت برآورد این فاکتور مدلهای تجربی مختلفی پیشنهاد شده است. اولین معادله تجربی توسط Wischmeier و Smith (۱۹) به شکل معادله-۱ ارائه شد:

معادله ۱:

$$LS = (\lambda/22/1)^{m} (0/065 + 0/045\ S + 0/0065\ S^{2})$$

در این رابطه Y طول شیب بر حسب متر، $S$ درصد شیب و $m$ توان طول شیب معادل ۰/۵ می‌باشد. در حالتی که از مدلهای تجربی نظیر معادله ۱ در مناطقی وسیع و به کمک سیستم‌های اطلاعات جغرافیائی(GIS)برای



Archive of SID
www.SID.ir

برآورد فاکتور توپوگرافی استفاده می‌شود. مدل RUSLE نمی‌تواند مناطق با فرسایش خالص و مناطق با رسوب‌گذاری خالص را از هم تفکیک نماید(۱۸). بر این اساس، Moore و Wilson معادله‌ای بر مبنای فرآیندهای فیزیکی پیشنهاد کردند که بوسیله مدل رقومی‌ارتفاع (DEM)[۳] مقدار LS قابل تعیین می‌باشد. در این تحقیق نیز از مدل فیزیکی مزبور استفاده شده است.

از سویی دقت برآزش LS بستگی زیادی به دقت مدل رقومی[۴] و ابعاد سلول‌ها دارد. ابعاد مختلفی از سلول‌ها در مدل رقومی ارتفاع قابل استفاده است، ولی کارائی هر یک بستگی به پیچیدگی منطقه از نظر توپوگرافی و همچنین دقت مورد نیاز دارد. بنابراین انتخاب مدل رقومی بهینه برای ایجاد نقشه LS حائز اهمیت است. Mitasova و همکاران(۱۱) به وسیله درون‌یابی منحنی میزان‌های ارتفاعی رقومی و ایجاد مدل‌هائی با ابعاد مختلف، ابعاد بهینه سلولی ۳۰ متر را برای مدل DEM به منظور برازش فاکتور LS معرفی نموده‌اند.

بررسی انتخاب مناسب‌ترین ابعاد سلولی عموماً با استفاده از روش‌های تجزیه و تحلیل اماری صورت می‌گیرد. روش‌های مبتنی بر آمار کلاسیک و واریانس به طور گسترده‌ای جهت انتخاب ابعاد بهینه سلول‌های مدل رقومی ارتفاع در مطالعات سنجش از دور مورد استفاده قرار گرفته است (۱۶،۱۰). ولی مطالعات محدودی به استفاده از روش‌های مبتنی بر زمین آمار پرداخته است (۴، ۱۸). استفاده از این روش جهت ارزیابی ابعاد مناسب سلول‌ها از این جهت اهمیت دارد که شناخت کافی از وضعیت وابستگی مکانی متغیر مورد نظر در مدیریت داده‌ها و تلفیق آنها ضروری است. لذا این تحقیق در بخشی از اراضی جنوب استان گلستان به عنوان نمونه در منطقه در تاش علیا به منظور استفاده از تکنیک زمین آمار جهت انتخاب ابعاد مناسب مدل رقومی زمین مناسب برای ارزیابی فاکتور LS انجام شده است.

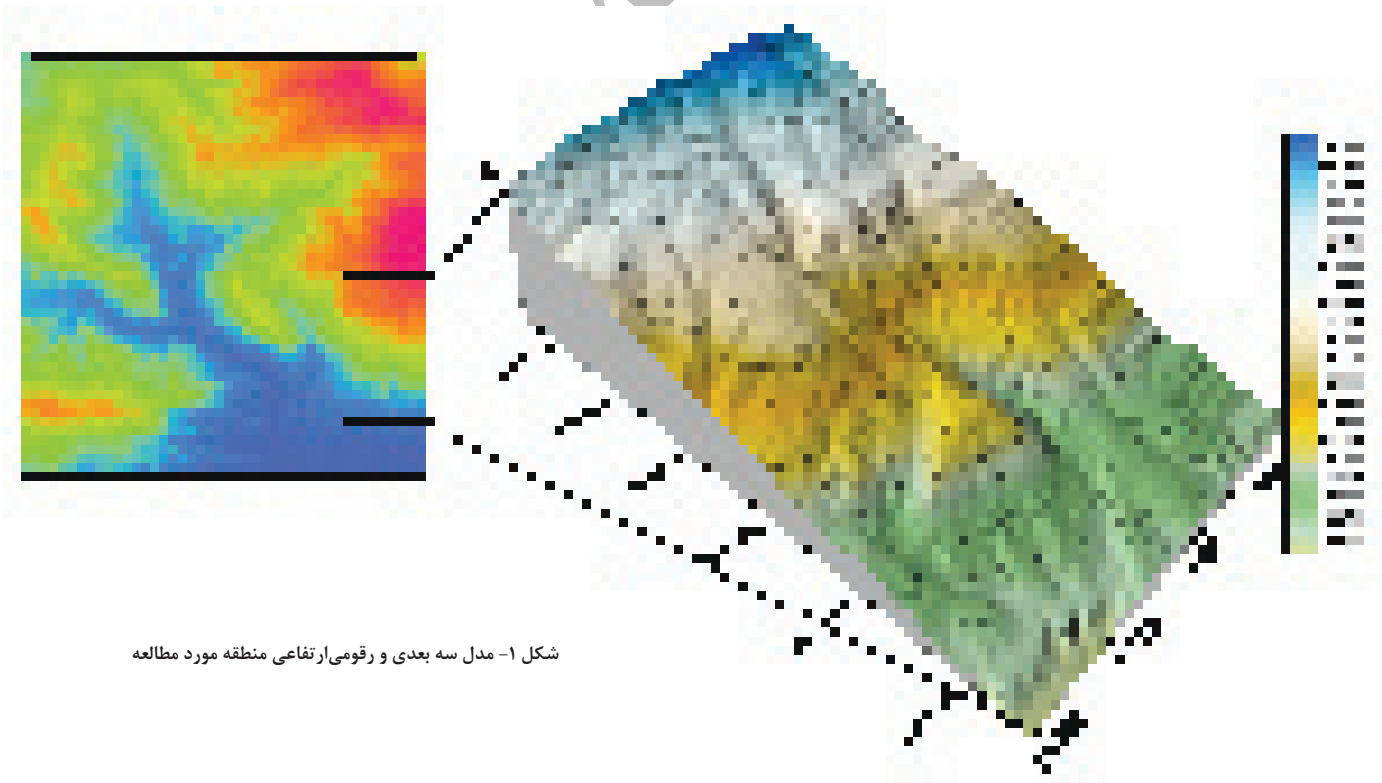
## مواد و روش‌ها

### منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در دامنه‌های شمالی رشته کوه البرز شرقی در جنوب استان گلستان واقع در منطقه تاش علیا مابین عرض جغرافیائی "۵۳ ′۲۹ °۳۶ و "۳۸ ′۳۷ °۳۶ و طول جغرافیایی "۲۹ ′۳۷ °۵۴ و"۶ ′۴۵ °۵۴ قرار گرفته است. منطقه مورد مطالعه از نظر فیزیوگرافی عموماً مشتمل بر تیپ کوه‌ها و تپه‌ها و در اراضی پست تر مشتمل بر فلات‌های بریده می‌باشد. در این مطالعه ابتدا اطلاعات رقومی قسمتی از نقشه توپوگرافی به شماره ۶۹۶۳III SE منطقه مورد مطالعه در مقیاس ۱/۲۵۰۰۰ از سازمان نقشه برداری کشور تهیه گردید (شکل ۱). منطقه نمونه انتخاب شده تقریباً ۶۵۰ هکتار وسعت دارد. ارتفاع منطقه از حداقل ۲۲۰۰ تا حداکثر ۳۲۰۰ متر در نوسان است.

## روش تحقیق

با توجه به منحنی‌های میزان ۲۰ متری نقشه مذکور، دقت مدل رقومی‌اولیه حاصل از آن ۲۰ متر می‌باشد. اما میتوان مدل‌های رقومی‌با ابعادهایی بزرگتر از ۲۰ متر هم ایجاد نمود. با استفاده از داده‌های ارتفاعی اولیه و در محیط سیستم اطلاعات جغرافیائی(GIS) و به کمک تکنیک درون یابی به روش نزدیکترین همسایه[۴] نقشه‌های رقومی با ابعاد سلول‌های ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۴۰۰ متر تهیه شدند. انتخاب این روش درونیابی در مقایسه با دیگر روش‌ها یعنی روش‌های دوخطی[۵] و مکعبی[۶] با هدف حفظ ارزش‌های ارتفاعی سلول‌ها(۸) در موقعیت‌های دقیق مکانی



شکل ۱- مدل سه بعدی و رقومی‌ارتفاعی منطقه مورد مطالعه



www.SID.ir
ISC of SID

آنها صورت گرفت. با استفاده از مدل‌های رقومی‌ایجاد شده با ابعادهای مختلف، نقشه درجات شیب و طول شیب تولید گردید. بعد از تهیه نقشه‌های رقومی، بر مبنای روابط فیزیکی از معادله‌ای که توسط Moore و Wilson(۱۲) برای محاسبه LS پیشنهاد شده، استفاده گردید.

معادله ۲ $LS = [A/ ۲۲/۱۳]^{m} [\text{Sin } \beta / ۰/۰۸۹۶]^{n}$

در این معادله $\beta$ درجه شیب زمین. m و n ضرائب ثابت به ترتیب معادل ۰/۶ و ۱/۳ و مقدار A معادل مساحت سلولهائی است که آب آنها به داخل سلول مورد نظر جاری می‌گردد(۱۱).

## انتخاب مناسب‌ترین ابعاد سلول‌های مدل

به منظور انتخاب ابعاد بهینه سلول مدل رقومی زمین، بعد از محاسبه مقادیر LS به صورت نقشه‌های رستری، اطلاعات نقشه‌ها به صورت جدول استخراج شده و سپس آنالیزهای زمین آماری روی آنها صورت گرفته است. تجزیه و تحلیل ساختار تغییرات مکانی با استفاده از تغییرنما صورت می‌گیرد. تغییرنما تغییرات فاصله‌ای یا ساختار تغییرپذیری یک متغیر خاص را نشان داده و از ابزارهای‌اساسی زمین‌آمار جهت بررسی تغییرات مکانی خصوصیات خاک می‌باشد. محاسبه تغییرنما براساس اطلاعات فاکتور LS از طریق معادله -۳ صورت گرفته است:

معادله ۳: $۲\gamma = ۱/n \sum [Z(xi+h) - Z(xi)]^{۲}$

طبیعی‌ترین روش برای مقایسه دو کمیت، مثلاً دو مقدار Z(x) و Z(x+h) در دو نقطه یکی به مختصات x و دیگری x+h که به فاصله h از هم قراردارند، آن است که اختلاف آنها را بررسی کنیم. بدیهی است که علامت این اختلاف مهم نبوده و برای تجزیه و تحلیل، میانگین (Z(xi+h)-Z(xi مورد‌نظر قرارمی‌گیرد. بنابراین بایستی میانگین |(Z(x)-z(x+h| را برای تمام موقعیتهایx و x+h محاسبه‌کرده و در نظر بگیریم. از آنجایی که متوسط این کمیت، صفر و یا نزدیک به صفر است در عمل، مجذوراختلاف را درنظرمی‌گیرند (۳). فرض می‌کنیم که جمعاً تعداد N(h) زوج‌نمونه که به فاصله بردار h از یکدیگر واقع شده‌اند در دست باشد، براساس این اطلاعات تغییرنما به صورت زیر خواهدبود. بعد از محاسبه مقادیر نیمه تغییرنما[۷]، مدلهای ریاضی متداول بر آنها برازش شده است. مدل استفاده شده غالب در این تحقیق مدل کروی سقف‌دار بوده است که معادله آن به شکل زیر می‌باشد(۱):

معادله ۴

$$\hat{\gamma}(h) = \begin{cases} c_0 + c_1\left[1 - \exp\left(-\frac{3h}{a_0}\right)\right] & 0 \le h < a_0 \\ c_0 + c_1 & h \ge a_0 \end{cases}$$

در این معادله $C_0$، اثر قطعه‌ای $C_1$ واریانسی است که توسط مدل توجیه می‌گردد، $a_0$ مقدار دامنه تاثیر و h فاصله است.

اثر قطعه‌ای در مدل نشان دهنده خطای اندازه‌گیری و تغییرات مکانی در فواصل کمتر است(۷). منظور از فواصل نمونه‌برداری در این مبحث ابعاد سلولهای مدل رقومی ارتفاع می‌باشد. ابعاد سلولهای DEM روی درجه و طول شیب و مساحت سلول‌ها موثر است. تغییر ابعاد سلول‌ها منجر به دقت‌های متفاوتی از نقشه LS خواهد شد. پس از برازش دادن مدلها، جهت انتخاب مدل بهینه از معیارهای ME[۸] و RMSE[۹] به ترتیب جهت ناریب بودن تخمین و دقت آن استفاده گردید که معادلات آن به شرح معادلات ۵ و۶ است (۱۵):

معادله ۵: $ME = \Sigma [Z^{*}(xi) - Z(xi)]/n$

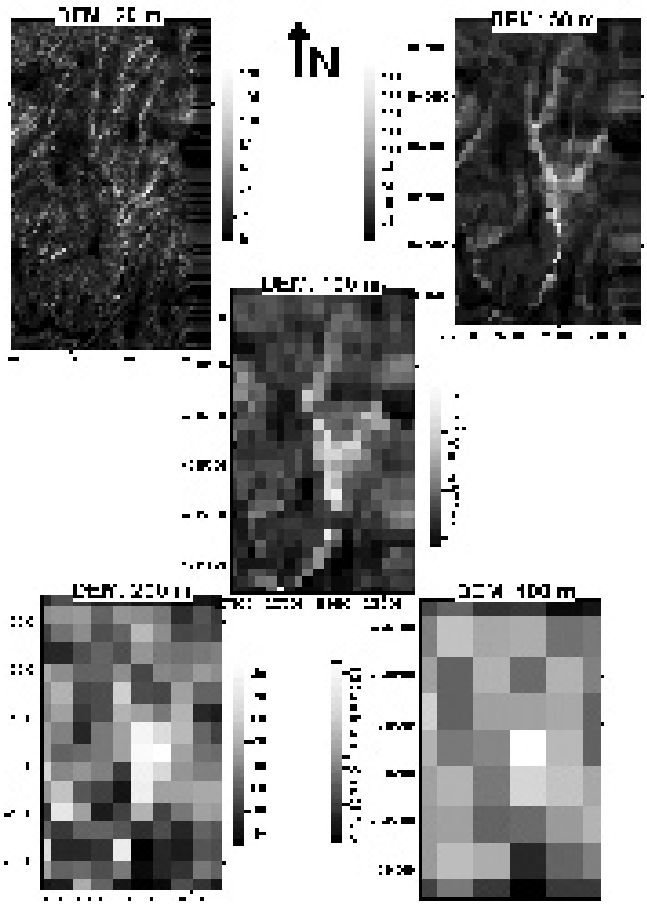
معادله ۶: $RMSE = \{\Sigma [Z^{*}(si) - Z(si)]^{۲}/n\}^{۱/۲}$

شاخص ME نشانگر درجه اریب بودن تخمین است که باید حتی المقدور نزدیک صفر باشد و RMSE نمایانگر درجه دقت تخمین است که برای یک تخمین ناریب باید حداقل باشد. جهت مطالعات واریوگرافی و زمین آماری از نرم افزارهای GS+ و Variowin استفاده گردید.

درنهایت جهت انتخاب مدل رقومی‌مناسب برای تهیه نقشه فاکتور LS که دارای تغییر پذیری مناسب باشد، از معیار واریانس کل[۱۰] و متوسط نیمه تغییرنما مدل تغییر نما در حالتی که فاصله لگ[۱۱] به اندازه ابعاد سلول‌ها باشد(۱۸) استفاده گردید.

## نتایج

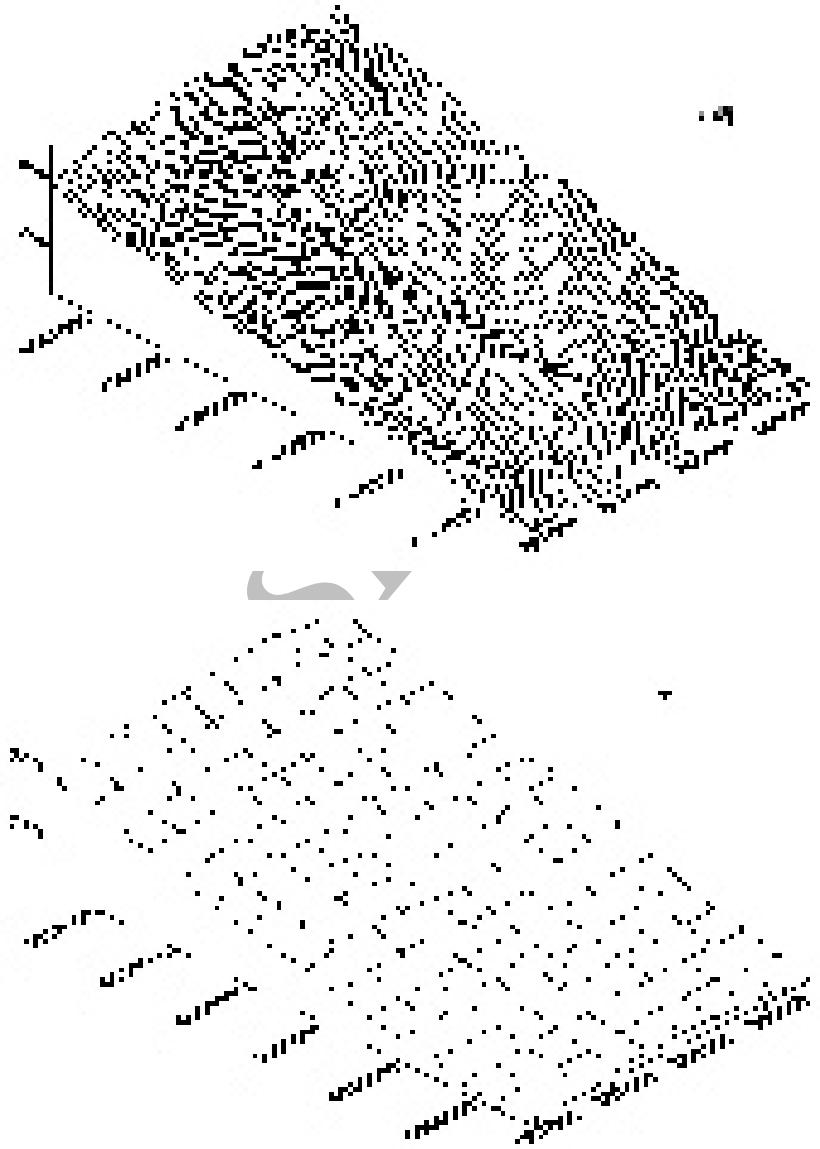
نقشه‌های رستری متغیر توپوگرافی LS در مدل RUSLE که با استفاده از مدل مبتنی بر روابط فیزیکی ( معادله ۲) محاسبه گردیده، برای مدل‌های رقومی‌به ابعاد ۲۰، ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۴۰۰ متر در شکل ۲ ارائه شده است. همانطور که توزیع مقادیر فاکتور توپوگرافی در شکل



شکل ۲- نقشه‌های متغیر LS تهیه شده از مدلهای رقومی‌به ابعاد۲۰، ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۴۰۰ متر



www.SID.ir
Archive of SID



شکل ۳- مدل سه بعدی فاکتور LS تهیه شده از مدل رقومی۲۰ متری(الف) و مدل رقومی۲۰۰ متری( ب)

مزبور نشان می‌دهد با بزرگتر شدن ابعاد سلولها، دامنه تغییرات مقدار LS محاسبه شده کاهش یافته است. در شکل ۳ نیز نمونه‌هائی از مدل سه بعدی فاکتور LS تهیه شده توسط مدل‌های رقومی۲۰ و ۲۰۰ متر ارائه شده است

بر اساس مقادیر محاسبه شده LS برای هریک از مدلهای رقومی، آنالیزهای زمین آماری انجام گردید. آنالیزهای تغییر نما در جهات چهارگانه آزیموت‌های صفر، ۴۵، ۹۰ و ۱۳۵ درجه برای هریک از مدلهای رقومی‌برای متغیر LS نشان داد که درجهات مختلف تغییر پذیری فاکتور LS رفتار مشابهی دیده می‌شود. به عنوان نمونه در شکل ۴ مدلهای تغییر نما برای متغیر LS تهیه شده بوسیله مدل رقومی۲۰ متر در جهات چهارگانه مزبور ارائه شده است. نتایج تفسیر آن موید آنست که فاکتور LS در منطقه مورد مطالعه فاقد ناهمسانگردی می‌باشد. بنابراین در ادامه آنالیزهای زمین آماری از تغییر نمای چند جهته استفاده شده است.

آنالیزهای واریوگرافی روی داده‌های LS حاصله از مدلهای رقومی مختلف نشان داد که تماماً از مدل کروی سقف‌دار پیروی می‌کنند(شکل ۵). هرچه ابعاد سلول‌های مدل DEM بزرگتر شده است، مقادیر نیمه تغییرنما برای یک فاصله لگ مشخص کاهش یافته است(جدول۱). در این ارتباط یک استثناء دیده می‌شود و آن مربوط به مدل رقومی به ابعاد ۵۰ متر می‌باشد. بعد از برازش دادن مدل‌های ریاضی مناسب، پارامترهای آن بهینه شده‌اند تا شاخص‌های ME و RMSE آنها به حداقل کاهش یابد. مقادیر بهینه شده پارامترهای مدل‌ها به همراه شاخص‌های اعتبارسنجی آنها در جدول ۱ ارائه شده است. در شکل ۵ نیز شمای گرافیکی مدل‌های برازش داده شده برای مدل‌های ارتفاعی مختلف جهت متغیر LS نمایش داده شده است.

تغییرات واریانس کل و متوسط نیمه تغییرنما در لگی به ابعاد یک سلول در شکل ۶ نمایش داده شده است. همانطور که روند کلی تغییرات واریانس‌های مزبور نشان می‌دهد، با افزایش ابعاد سلول مقادیر آنها کاهش می‌یابد و استثناء بارز در این مورد مدل رقومی‌به ابعاد ۵۰ متر می‌باشد.

## بحث و نتیجه‌گیری

توزیع مقادیر LS نشان می‌دهد که در نواحی شمالی منطقه که پستی و بلندی بیشتر بوده حداکثر مقادیر LS دیده می‌شود و در قسمت‌های جنوبی منطقه با حداقل پستی و بلندی مقادیر LS نیز کاهش یافته است. آنالیزهای واریوگرافی نشان می‌دهد که فاکتور LS در منطقه مورد مطالعه فاقد ناهمسانگردی بوده و عموماً از تابع کروی سقف‌دار تبعت کرده است. همانطور که نتایج ارائه شده در جدول۱ تایید می‌کند مقادیر واریانس قطعه ای[۱۲] (C۰) با افزایش ابعاد سلولهای مدل رقومی‌کاهش یافته است. این نتیجه‌گیری با نتایج تحقیقات Curran و Dungan(۷) و Wang و همکاران(۱۸) مطابقت دارد. یکی از نکات قابل توجه در تغییرات پارامترهای مدل، کاهش سقف[۱۳] مدل(C۰+C۱) و افزایش دامنه تاثیر[۱۴] مدل می‌باشد. که این تغییرات با یافته‌های Wang و همکاران (۱۷) و Wang و همکاران(۱۸) هماهنگی نشان می‌دهد.

به طور کلی با افزایش ابعاد سلول، همانطور که Atkinson و Danson (۵) نیز تاکید کرده اند، در ابتدا نیمه تغییرنما افزایش می‌یابد و سپس با افزایش بیشتر ابعاد سلول‌ها نیمه تغییرنما کاهش می‌یابد. در این مطالعه با توجه به شرایط توپوگرافی منطقه در



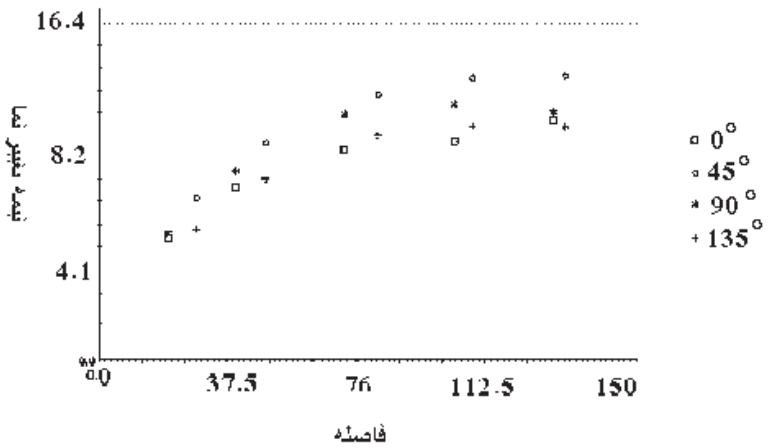
www.SID.ir

جدول ۱- انواع مدل‌ها و پارامترهای آن برای متغیر LS در حالت‌های مختلف ابعاد DEM

| ابعاد DEM (متر) | مدل | C۰ | C۱ | C | a (متر) | ME | RMSE | C۱/C |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۲۰ | کروی | ۵/۱ | ۵/۷۸ | ۱۰/۸۸ | ۹۲/۴ | -۰/۰۰۳ | ۲/۲۵ | ۰/۵۳ |
| ۵۰ | کروی | ۴/۵ | ۷/۶ | ۱۲/۱ | ۱۱۰/۵ | ۰/۰۱۳ | ۶/۳ | ۰/۶۲ |
| ۱۰۰ | کروی | ۳/۸ | ۴ | ۸/۲ | ۱۲۵ | ۰/۰۰۱ | ۱/۶ | ۰/۴۸ |
| ۲۰۰ | کروی | ۲/۹۷ | ۲/۶۳ | ۵/۶ | ۱۶۰ | ۰/۱۲ | ۴/۴ | ۰/۴۷ |
| ۴۰۰ | کروی | ۱/۲ | ۰/۹۴ | ۲/۱۴ | ۱۷۱ | ۰/۰۱۰۲ | ۳/۶ | ۰/۴۴ |

مدل رقومی تهیه شده با ابعاد سلول‌های ۵۰ متر نسبت به مدل ۲۰ متر نیمه تغییرنماها افزایش یافته و سپس با بزرگتر شدن بیشتر ابعاد سلول‌ها نیمه تغییرنما به شدت کاهش یافته است.

یکی از نکات بارز دیگر در تغییرات مکانی متغیر LS دراین منطقه، نوسانات و تغییرات شدت وابستگی تغییرات مکانی است. جهت بیان میزان وابستگی مکانی از نسبت واریانس توجیه شده توسط مدل ($C_1$) به سقف مدل ($C=C_0+C_1$) استفاده شده است. همانطور که نتایج ارائه شده در جدول ۱ نشان می‌دهد، مقدار این نسبت برای ابعاد ۲۰ متر معادل ۰/۵۳ می‌باشد و با افزایش ابعاد سلول به ۵۰ متر مقدار آن به ۰/۶۲ افزایش یافته است. ولی با افزایش بیشتر ابعاد سلول مقدار این وابستگی به شدت کاهش یافته است. به نظر می‌رسد بواسطه افزایش ابعاد سلولهای مدل ناشی از فرآیند میان یابی بخشی از اطلاعات از دست می‌رود و در نهایت وابستگی مکانی متغیر را دستخوش تغییر می‌کند. مطالعات Wang و همکاران(۱۸) با استفاده از معیارهای آنتروپی نشان داد که با افزایش ابعاد سلول‌ها در مدل رقومی منجر به از دست رفتن بخشی از اطلاعات می‌شود. از آنجا که در مطالعات برآورد فرسایش به کمک مدل RUSLE با استفاده از مدلهای



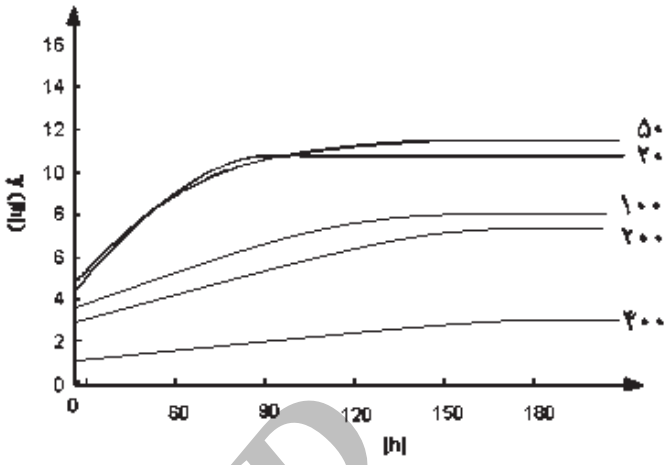

شکل۴- تغییر نمای فاکتور LS در جهات چهارگانه مختلف در مدل رقومی‌ارتفاع ۲۰ متری

مکانی قابل اجرا در محیط‌های نرم افزاری GIS وابستگی مکانی متغیرهائی نظیر LS اهمیت دارد، لذا وابستگی مکانی توجیه شده توسط مدل زمین آماری برازش داده شده، می‌تواند معیاری تعیین کننده در انتخاب مدل رقومی مناسب برای تعیین LS باشد.

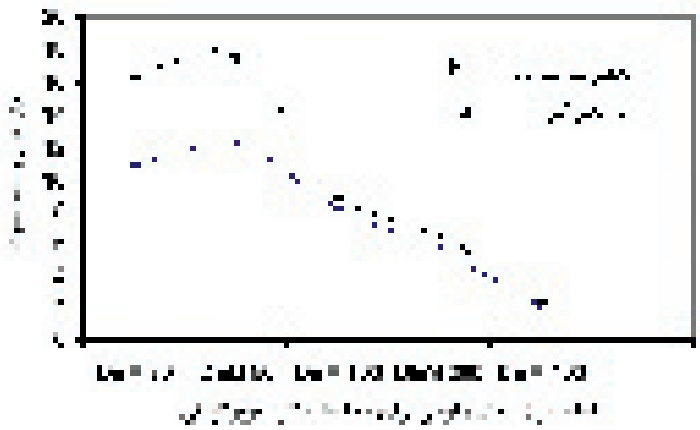
با افزایش ابعاد سلول از ۲۰ متر به ۵۰ متر مقدار واریانس کل و متوسط نیمه تغییرنما(شکل ۶) افزایش می‌یابد و سپس با افزایش بیشتر به ۱۰۰، ۲۰۰ و ۴۰۰ متر مقدار آن به شدت کاهش یافته است. ولی شدت کاهش در مدلهای ۲۰۰ و ۴۰۰ متر به اندازه تغییر آن از ۲۰ متر به ۱۰۰متر نمی‌باشد. همانطور که نتایج نشان می‌دهد ابعاد سلولی ۵۰ متر منجر به حداکثر واریانس کل و نیمه تغییرنما متوسط شده است. به نظر می‌رسد برای کسب حداکثر اطلاعات از نقشه‌های رقومی جهت محاسبه فاکتور LS، مدل رقومی به ابعاد ۵۰ متر تهیه شده از نقشه رقومی۲۰ متر،که منجر به حداکثر واریانس و تغییر پذیری شده، مناسب می‌باشد. راهنمای تغییرات مقدار LS برای هر یک از مدلهای ارتفاعی ارائه شده در شکل ۲ نیز نتایج اخیر را تأیید می‌کند. Wang و همکاران(۱۸) نیز با ایجاد مدل‌های رقومی۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۴۰۰ متر از مدل رقومی۲۰ متری به این نتیجه رسیدند که مدل رقومی۵۰ متر برای برآورد فاکتور LS می‌تواند اطلاعات مفید و جامع‌تری ارائه نماید.

جمع‌بندی نتایج تغییر پذیری مکانی و واریانس کل و متوسط نیمه تغییرنما نشان می‌دهد که در منطقه مورد مطالعه برای تهیه نقشه تغییرات LS با کسب بهترین وابستگی مکانی و ریزترین تغییرات مکانی، مدل رقومی۵۰ متر تهیه شده از نقشه‌های رقومی۲۰ متر می‌تواند بهترین گزینه باشد. البته انتخاب نهائی مدل رقومی مناسب ،همچنین تابعی از دقت سایر لایه‌های اطلاعاتی ( نظیر


Archive of SID
www.SID.ir




شکل ۵- تغییر نمای چندجهته فاکتور LS
برای مدلهای رقومی‌با ابعاد۲۰، ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۴۰۰ متر



شکل ۶- تغییرات واریانس کل و متوسط نیمه تغییرنما
در لگی به ابعاد یک سلول متغیر LS برای مدل‌های رقومی۲۰، ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۴۰۰ متر

فاکتور فرسایش پذیری،....) جهت تلفیق در محیط GIS و محاسبه فرسایش به روش RUSLE می‌باشد. نتایج کلی این تحقیق مؤید این مطلب است که استفاده از تکنیک‌های زمین آمار در کنار آمار کلاسیک می‌تواند در انتخاب مدل رقومی‌مناسب جهت ارزیابی فاکتور LS برای برآورد فرسایش خاک به نتایج مطلوبی منجر گردد.

## پاورقی‌ها

1 -Universal Soil Loss Equation
2 -Revised Universal Soil Loss Equation
3 -Digital Elevation Model
4 -Nearest Neighbor
5 -Bilinear
6 - Cubic
7 -Semi variance
8 - Mean Error
9 - Root Mean Square Error
10 - Total variance
11 -Lag
12 -Nugget effect
13 - Sill
14 -Range

## منابع مورد استفاده


۱ -حسنی پاک، علی اصغر. ۱۳۷۷؛ زمین آمار، انتشارات دانشگاه تهران، ۳۱۴ص.

۲ - رفاهی، ح.۱۳۷۹؛ فرسایش آبی وکنترل آن، دانشگاه تهران، ۵۴۸ صفحه

۳ - مدنی، حسن.۱۳۷۳؛ مبانی زمین‌آمار، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، ۶۵۹ص

4- Atkinson, P. M., and P. J. Curran. 1997; Choosing an appropriate spatial resolution for remote sensing investigation. Photogrametric Engineering and Remote Sensing. 63: 1345- 1351.

5- Atkinson, P. M., and F. M. Danson. 1988; Spatial resolution for remote sensing of forest plantation. Proceeding of IGARSS. Scotland. ESA. Pp: 221-223.

6- Benkobi, M. J. and J. L. Smith. 1994; Evaluation of a refined surface cover sub factor for use in RUSLE. Journal of Range Management. 47: 74-78.

7- Curran, P. J., and J. L. Dungan. 1989; Estimation of single- to- noise: A new procedure applied to AVIRIS data. IEEE Transaction on Geosciences and Remote Sensing. 27: 620-628.

8- ILWIS User Guide, 1997; ILWIS department, ITC, the Netherlands, 511 pp.

9- Lai, R., W. H. Bium., C. Valentine., and B. A. Stewart. 1998; Methods for assessment of soil degradation. Advances in Soil Science. P: 558.

10- Marceaue, D. J., P. J. Howarth, and D. J. Gratton. 1994; Remote sensing and measurement of geographical entities in a forested environment. Remote Sensing of Environment. 49: 90-104.

11- Mitasova, H., J. Hoferka, M. Zlocha, and L. R. Iverson. 1996; Modeling topographic potential for erosion and deposition using GIS. Journal of Geographical Information Science. 10: 629-641.

12- Moore, I. D., and J. P. Wilson. 1992; Length-slope factors for Revised Universal Soil Loss Equation. Simplified method of estimation. Journal of soil and


Archive of SID



www.SID.ir

water conservation. 47: 423- 428.
13- Renard, K.G., C. R. Foster, G. A. Weesies, D. K. McCool, and D. C. Yoder. 1997; Predicting Soil erosion by water. A guide to conservation planning with the Universal Soil Loss Equation (RUSLE) Government Printing Office. Washington D.C. pp: 1-404.
14- Renard, K.G., and V. A. Ferreira. 1993; RUSLE model description and database sensitivity. Journal of Environmental Quality. 22: 458-466.
15- Sinowski, W., and K. Auerswald. 1999; Using relief parameters in a discriminate analysis to stratify geological areas with different spatial variability of soil properties. Geoderma. 89: 113-128.
16- Townshed, J. R. G., and C. O. Justice. 1988; Selecting the spatial resolution of satellite sensors required for global monitoring of land transformation. International Journal of Remote sensing. 9: 187- 236.
17- Wang, G., G. Z. Gartner, P. Parysow, and A. B. Anderson. 2000; Spatial prediction and uncertainty analysis of topographical factors for the Revised Universal Soil Loss Equation. Journal of Soil and Water Conservation. 55: 373-382.
18- Wang, G., G. Z. Gartner, P. Parysow, and A. B. Anderson. 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.
19- Wischmeier, W. H., and D. D. Smith. 1978; Predicting rainfall erosion losses. A guide to conservation planning. USDA. Agr. Res. Ser. Handbook 537.

Archive of SID


www.SID.ir