

طراحی و پیاده سازی سامانه تصمیم گیری مکانی

جهت تعیین مناطق مطلوب کاربر از لحاظ زبری

رضا آقا طاهر^۲

زهرا بهاری سجهرودی^۱

محسن جعفری^۳

تاریخ پذیرش مقاله: ۹۵/۱۰/۰۸

تاریخ دریافت مقاله: ۹۵/۰۲/۰۳

چکیده

زبری زمین متغیر مهمی است که در علوم نجوم و زمین استفاده می‌شود. تعریف منحصر به فردی برای آن وجود ندارد. آن را می‌توان متغیری جهت بیان تغییر پذیری سطح زمین در یک مقیاس معین تعریف نمود. محاسبه‌ی زبری از اهمیت زیادی برخوردار است و مبنای بسیاری از تصمیم‌گیری‌ها می‌باشد. بررسی کیفی قسمت‌های مختلف یک محدوده‌ای از زمین از نظر زبری و تغییرات ارتفاعی با در نظر گرفتن تمامی جوانب، نیازمند پردازش‌ها و مقایسه‌های متفاوتی می‌باشد، از طرف دیگر حجم این پردازش‌ها بسیار بالا و زمان بر است. در مقاله حاضر یک سامانه تصمیم‌گیری مکانی جهت تعیین خودکار نواحی مطلوب کاربر و بررسی همه جانبه‌ی منطقه مورد نظر با استفاده از داده‌های مدل ارتفاعی رقومی، طراحی و پیاده‌سازی گردید. شاخص‌های مورد استفاده جهت محاسبه‌ی زبری هر منطقه در این سامانه، عبارتند از: سیگما تی، سیگما زد و هندسه فرکتالی. در توسعه این سامانه از تلفیق شاخص‌های نامبرده با روش‌های مبتنی بر سامانه حامی تصمیم‌گیری مکانی استفاده گردید. این سامانه اطلاعات آماری مربوط به پج‌های^۴ متعدد در محدوده تعیین شده از مدل ارتفاعی رقومی مورد نظر را استخراج کرده و با رتبه‌بندی و کلاسه‌بندی پج‌ها بر اساس معیارهای تعیین شده، به انتخاب پج‌های مورد نظر کمک فراوانی می‌کند. این سامانه برای محدوده‌های متفاوتی از ایران تست و قابلیت‌های آن مورد ارزیابی قرار گرفت.

واژه‌های کلیدی: زبری، تحلیل‌های مکانی، سامانه حامی تصمیم‌گیری، رتبه‌بندی، کلاسه‌بندی.

۱- دانشجوی دکتری سیستم اطلاعات مکانی، دانشکده عمران و نقشه برداری دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی (نویسنده مسئول) z.babari@gmail.com

۲- دانشجوی دکتری سیستم اطلاعات مکانی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب Reza_Aghataher@yahoo.com

۳- کارشناس ارشد سیستم اطلاعات مکانی، دانشکده عمران و نقشه برداری دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

۴- در این مقاله پج عبارت است از تکه‌هایی از زمین که مشخصات آماری مربوط به آنها استخراج می‌شود و می‌تواند ابعاد متفاوتی داشته باشد.

۱- مقدمه

با استفاده از محاسبه‌ی انحراف معیار شیب هر سلول و همسایگی‌های آن ارائه می‌دهند (Frankel et al, 2007).
Haneberg در پروژه دیگری از انحراف معیار توپوگرافی باقیمانده‌ها جهت برآورد زبری استفاده نموده است (Haneberg, 2005).

الگوریتم‌های دیگری نیز وجود دارد که زبری را با استفاده از داده‌های point-cloud محاسبه می‌کنند. به عنوان مثال در مقاله‌ای داده‌های point-cloud به شبکه‌ای از مربعات تقسیم و کمترین ارتفاع را برای هر مربع شناسایی شده است، سپس با استفاده از درونیابی thin-plate spline از مقادیر حداقلی که به دست آمده، ارتفاع هر نقطه از سطح را برآورد در نهایت مقدار زبری را انحراف معیار اختلافات در نظر گرفته شده است (Glenn et al, 2006). در پروژه دیگری زبری زمین از ابر نقطه‌ای سه بعدی با استفاده از رگرسیون فاصله اورتوگونال و برازش صفحه مرجع محلی به سلول‌های گرید سه بعدی برآورد گردیده است (Polyea, 2011).

در مقاله‌ی دیگری شش روش جهت محاسبه‌ی زبری بررسی شده و در نهایت انحراف معیار شیب، به علت سهولت محاسبات، بررسی پستی و بلندی‌های منطقه‌ای و قابلیت تنوع در مقیاس مؤثرترین روش عنوان گردیده است. همچنین در این مقاله روش نمایش برداری و انحراف معیار انحنای به علت توانایی نمایش عوارض زمینی پیشنهاد گردیده و روش area ratio به علت عدم تشخیص تغییرات سطح زمین در اثر عوامل طبیعی در مناطق با پستی و بلندی کم، رد شده است (Grohmann et al, 2011).

در مقاله‌ی دیگری سه روش جهت محاسبه‌ی زبری شرح داده شده است. سیگماتی، شاخص زبری، فرکتال. طبق بررسی‌های انجام شده در این مقاله سیگماتی که انحراف معیار ارتفاع زمین را نشان می‌دهد، شاخص مناسبی جهت تعیین زبری نیست. به علت اینکه زمین صافی که در یک شیب قرار دارد می‌تواند انحراف معیار بزرگی داشته باشد. برخلاف سیگماتی، هندسه فرکتالی مستقل از مقیاس است.

زبری زمین نمایشی از نوسان سطح زمین می‌باشد و آن را می‌توان پیچیدگی زمین نامید (Wilson, 2012). محاسبه‌ی زبری از اهمیت زیادی برخوردار هست و مبنای بسیاری از تصمیم‌گیری‌ها می‌باشد. جهت محاسبه زبری راه‌حل‌های متفاوتی وجود دارد.

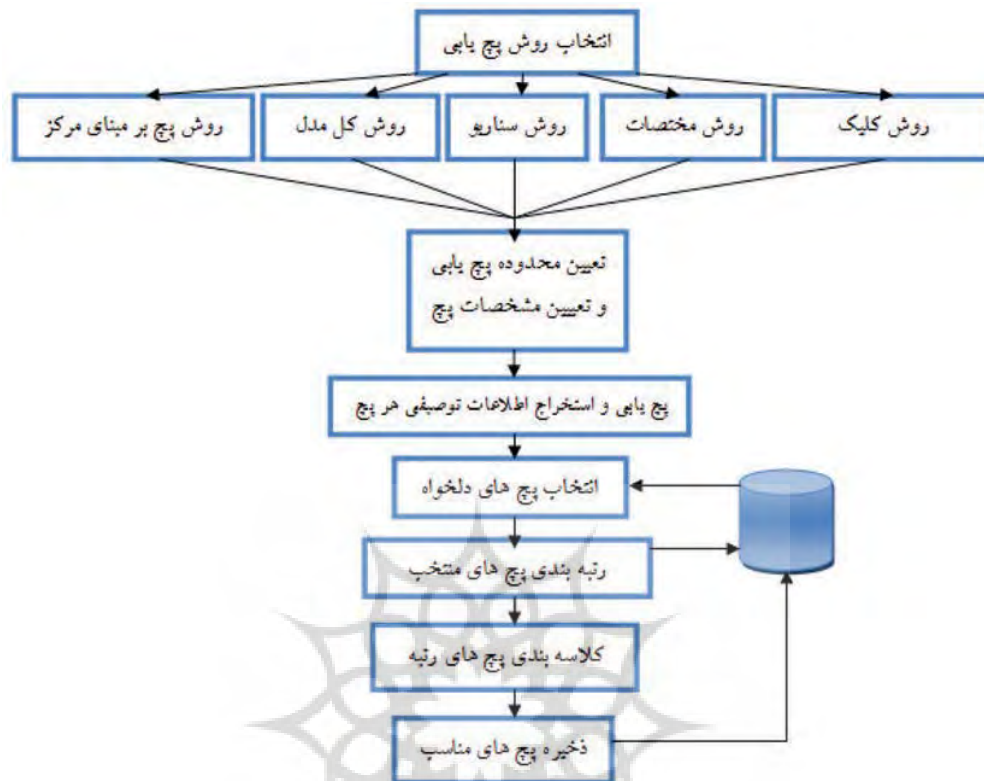
اولین تشریح از زبری را کوپرز ارائه نمود که در آن، سطح زبری به صورت مجموعه‌ای از نقاط تصور می‌شود (kopers, 1957). مطابق این تعریف انحراف از معیار ارتفاع نقطه‌ها به عنوان شاخص زبری در نظر گرفته شده است. رومکنزوانگ پستی و بلندی‌های کوچک را بر اساس فراوانی و مساحت اشغال نموده در سطح معرفی نمود (Fatale et al, 1994).

صالح نیز روش کاربرد زنجیر را برای اندازه‌گیری زبری ردیفی سطح زمین پیشنهاد نمود (Saleh, 1993). وی با اندازه‌گیری زبری سطح خاک با این روش و مقایسه آن با نتایج دستگاه اسکن زبری لیزری، نشان داد که همبستگی بسیار معنی داری بین نتایج این دو روش وجود دارد. در این روش بر اساس نسبت تغییر طول زنجیر در دو حالت طول واقعی زنجیر و تصویر افقی زنجیر قرار گرفته بر سطح زبری مقایسه شده و مقدار شاخص زبری آن برآورد می‌گردد.

آلمارس و همکاران مفهوم ارائه شده کوپرز را به عنوان شاخص زبری تصادفی معرفی نمودند. بنا به تعریف، زبری تصادفی، پستی و بلندی ناشی از استقرار کلوخه‌ها و خاکدانه‌ها و سایر اجزاء سطح خاک را در بر می‌گیرد و آن بخش از زبری که ناشی از پستی و بلندی ردیف‌های کاشت است، در آن مدنظر نمی‌باشد. به عبارت دیگر زبری در سطح اراضی کشاورزی به دو صورت ردیفی و تصادفی ارائه می‌شود (Almaraset al, 1996).

یک روش ساده که به وسیله Riley استفاده شد تعیین زبری زمین با برآورد تغییرپذیری ارتفاع یا شیب در همسایگی محل می‌باشد (Riley, 1999).

Frankel and Dolan روشی بر مبنای تغییرات شیب و



نگاره ۱: مدل طراحی شده

(Cherbit et al,1991) شاخص زبری نیز شیوه دیگری است که تغییرات شیب را در یک پروفیل محاسبه می‌کند ولی جهت محاسبه آن به داده‌های زیادی نیاز است. تحقیق دیگری زبری را یک متغیر ناهمسانگرد در نظر گرفته است که مقدار آن در جهت‌های مختلف متفاوت می‌باشد و جهت محاسبه‌ی آن از اندکس MAD^1 (میانگین اختلافات جهتی مطلق) استفاده نموده است. MAD یک نوع تعدیل واریوگرام می‌باشد که به طور ویژه جهت تحلیل ژئومورفومتریک مدل زمینی رقومی با رزولوشن بالا طراحی شده است.

از تعیین خودکار قسمت‌هایی از منطقه موردنظر از مدل ارتفاعی رقومی زمین که از لحاظ زبری کیفیت مطلوب و موردنظر کاربر رادارا می‌باشد، جهت نیل به این هدف نیاز به یک سامانه حامی تصمیم‌گیری مکانی می‌باشد. در اکثر روش‌های گفته شده زبری به عنوان یک متغیر و در یک منطقه محاسبه شده است. ولی هدف این مقاله محاسبه زبری در قسمت‌های مختلف و انتخاب ناحیه مطلوب کاربر می‌باشد.

در روش‌های قبلی جهت دستیابی به این هدف متغیر زبری باید در هر محدوده محاسبه شده و این محدوده‌ها یک به یک با هم مقایسه گردند؛ که این فرایندی زمان بر می‌باشد و گاهی دقت مطلوب به دست نمی‌آید. بنابراین نیاز به روشی هست که زمان را کاهش و دقت را افزایش دهد. از اهداف دیگر این مقاله می‌توان به محاسبه‌ی زبری در یک سطح اشاره نمود.

محاسبه‌ی زبری در مناطق وسیع صرفاً از طریق تفسیر ماهواره‌ای امکان‌پذیر می‌باشد. تصاویری که بدین منظور استفاده می‌شود باید از توان تفکیکی قابل توجهی برخوردار باشند (غفوری، ۱۳۹۴). هدف اصلی این مقاله عبارت است

شده است *(Trevisani,2016)*.

1- Median of Absolute Directional Differences

$$\sigma_r = \sqrt{\frac{1}{n} * \sum_{i=0}^n (H_i - \bar{H})^2} \quad (۱)$$

$$\bar{H} = [\sum_{i=0}^n H_i] / (n) \quad (۲)$$

- سیگما زد

این شاخص انحراف معیار تغییرات ارتفاع زمین را نشان می‌دهد و از فرمول زیر محاسبه می‌شود. این شاخص برای تک تک سطرها و ستون‌های یک ماتریس محاسبه شده سپس مقدار مینیمم و ماکزیمم سیگما زد در کل ماتریس استخراج می‌شود.

H_i : ارتفاع نقطه i ، D_i : اختلاف ارتفاعات در نقطه n .

i : تعداد نقاط، σ_z : سیگما زد

$$\sigma_z = \sqrt{\frac{\sum_{i=0}^n (D_i - D)^2}{n-1}} \quad (۳)$$

$$D_i = H_i - H_{i+1} \quad (۴)$$

$$D = \frac{1}{N-1} \sum_{i=0}^n D_i \quad (۵)$$

- هندسه فرکتالی

هندسه فرکتال شاخه‌ای از علم هندسه است که پدیده‌های طبیعی و اجسام پیچیده و نامنظم را مطالعه می‌کند. برخلاف هندسه اقلیدسی که اجسام و پدیده‌های طبیعی را منظم و دارای بعد صحیح در نظر می‌گیرد، هندسه فرکتال بر مبنای بعد اعشاری می‌باشد.

این شاخه از هندسه که توانایی بررسی تغییرپذیری متغیرهای پیچیده را دارد جهت محاسبه‌ی زبری زمین استفاده می‌شود. در این روش صفحه‌ای به نمونه نقاط ارتفاعی منطبق می‌شود. انحراف معیار منطبق شده محاسبه می‌شود. در این روش از رگرسیون خطی جهت انطباق به صفحه‌ی نقاط استفاده می‌گردد (Sakude, 1998).

$$ax + by + cz + d = 0 \quad (۶)$$

$$z = Ax + By + D \text{ when: } A = -a/c, \quad (۷)$$

$$B = -b/c, D = -d/c \text{ for } c \neq 0$$

$$z = b * X \quad (۷)$$

در این تحقیق روش جدیدی جهت تعیین مناطقی با کیفیت زبری مطلوب کاربر با استفاده از مدل ارتفاعی رقومی و بر پایه‌ی روش فرکتال و سامانه تصمیم‌گیری مکانی توسعه داده شد و سامانه‌ای با ابزارهای قوی جهت برآورد زبری، طراحی و پیاده‌سازی شد و با مدل ارتفاعی رقومی ایران تست گردید. نتایج به دست آمده نشان دهنده دقت بسیار خوبی است که این روش دارد.

۲- مفاهیم، دیدگاه‌ها و مبانی نظری

عامل زبری در موارد بسیاری کاربرد دارد. به عنوان مثال جهت مطالعه سطح زمین و تهیه نقشه‌های زمین‌شناسی (غفوری، ۱۳۹۴)، در سیستم‌های کمک ناوبری پرنده‌های بدون سرنشین، جهت نقشه‌برداری کاریز (Korzeniowska, 2016)، در مطالعات مهندسی رودخانه (سرفی، ۱۳۹۵) و بسیاری از موارد دیگر.

در تحقیق حاضر، جهت تعیین مناطق مطلوب کاربر از نظر زبری از چندین روش برای محاسبه‌ی زبری استفاده گردید. از جمله سیگماتی، سیگما زد، هندسه فرکتالی و روش توسعه یافته‌ی هندسه فرکتالی. در ادامه، این روش‌ها به تفصیل توضیح داده می‌شود. همچنین از تحلیل‌های مکانی و سامانه حامی تصمیم‌گیری مکانی برای رتبه‌بندی نیز استفاده گردید که روش‌های به کار برده شده در قسمت پیاده‌سازی توضیح داده شده است. در نگاره ۱ مراحل مختلف مدل پیشنهادی نمایش داده شده است.

۲-۱- معرفی شاخص‌های زبری اندازه‌گیری شده در تحقیق حاضر

- سیگما-تی

این شاخص انحراف معیار ارتفاع زمین می‌باشد و از فرمول زیر محاسبه می‌گردد. این شاخص برای تک تک سطرها و ستون‌های یک ماتریس محاسبه شده سپس مقدار مینیمم و ماکزیمم سیگما تی در کل ماتریس استخراج می‌شود.

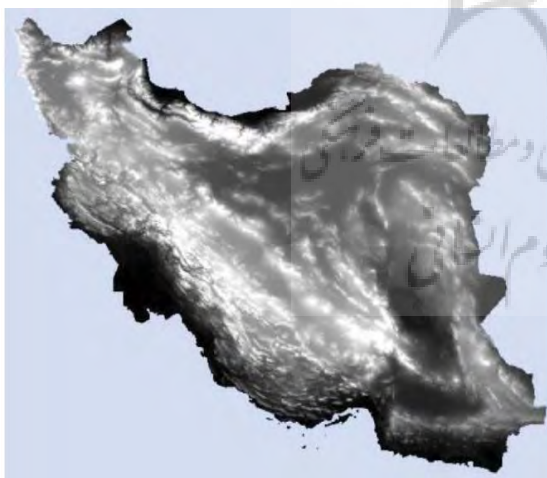
H_i : ارتفاع نقطه i ، \bar{H} : میانگین ارتفاعات، n : تعداد نقاط، σ_r : سیگماتی

۳- بحث

سامانه در محیط visual studio و با استفاده از زبان C# و کتابخانه arcengine پیاده سازی گردید. این سامانه شامل چندین قسمت می‌باشد. اولین قسمت: تعیین منطقه‌ای است که می‌خواهیم زبری آن را تعیین کنیم. دومین بخش استخراج پچ‌های آن منطقه است، قسمت سوم که پس از استخراج عوارض مکانی و اطلاعات توصیفی هر پچ انجام می‌گیرد، مشابه فیلتری است که بر مبنای روش‌های موجود محاسبه‌ی زبری می‌باشد. قسمت چهارم رتبه بندی این پچ‌ها و قسمت پنجم کلاسه بندی آنها می‌باشد. در ادامه این مراحل به تفصیل توضیح داده می‌شود.

۳-۱- داده‌های مورد استفاده

سامانه به گونه‌ای طراحی گردید که از مدل ارتفاعی رقومی هر ناحیه با هر دقتی می‌توان استفاده نمود. در این پژوهش از مدل ارتفاعی رقومی ۹۰ متر ایران (نگاره ۳) و همچنین لایه رستری شیب آن (در محیط ArcGIS تولید شد) استفاده گردید. جهت نمایش از نقشه‌های Google maps استفاده گردید.



نگاره ۳: مدل ارتفاعی رقومی ایران

۳-۲- روش مورد استفاده

اولین مرحله از این مدل تعیین منطقه‌ای است که می‌خواهیم زبری آن را تعیین کنیم. در این پروژه جهت

$$b = (X^T X)^{-1} X^T Z$$

$$b = \begin{bmatrix} D \\ A \\ B \end{bmatrix} \quad Z = \begin{bmatrix} z_1 \\ \vdots \\ z_n \end{bmatrix} \quad X = \begin{bmatrix} 1 & x_1 & y_1 \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ 1 & x_n & y_n \end{bmatrix}$$

(۸)

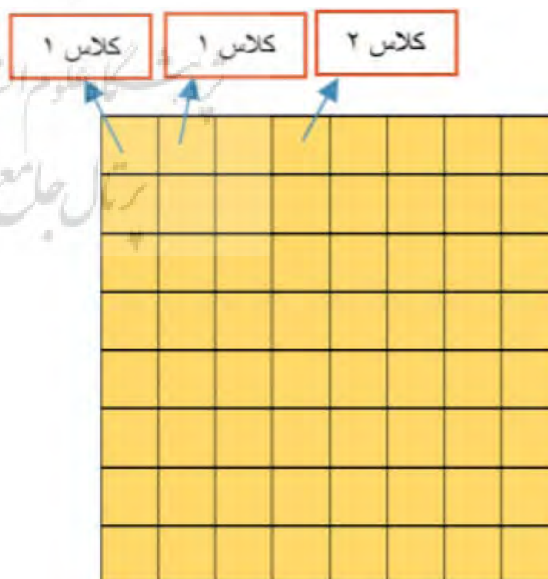
$$MSE = \frac{SSE}{n-3}$$

(۹)

$$SSE = Z^T Z - b^T X^T Z$$

(۱۰)

روش بعدی که روش دقیق‌تری جهت ارزیابی کیفیت زبری است، نمونه برداری به روش گرید می‌باشد. در این روش ابتدا هر پچ با دریافت مقداری از کاربر به زیر پچ‌هایی تقسیم می‌شود. و مقدار زبری از فرمول fd برای هر زیر پچ محاسبه می‌شود. با توجه به مقدار fd و محدوده‌هایی که کاربر برای کلاسه‌بندی وارد کرده، مشخص می‌شود که هر زیر پچ از نظر زبری در کدام کلاس قرار گرفته است. با شمارش تعداد زیر پچ‌های قرار گرفته شده در هر کلاس و درصدگیری از آنها، مشخص می‌شود که از نظر زبری هر پچ چه میزان از هر کلاس را در خود دارا می‌باشد. و به این طریق میزان پراکندگی زبری در هر پچ بررسی می‌شود.



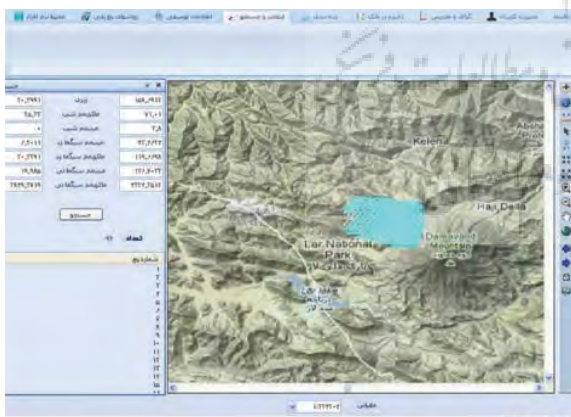
نگاره ۲: زیرپچ‌ها در یک پچ

مکانی نمی‌باشد و یک عارضه فرضی است که برای هر تکه از زمین، جهت استخراج اطلاعات مکانی و توصیفی مربوط به تکه‌های زمین، در نظر گرفته می‌شود.



نگاره ۵: فرم ورود اطلاعات برای استخراج پیچ

پس از استخراج پیچ‌ها و اطلاعات توصیفی مربوط به آنها ابتدا با استفاده از جستجو پیچ‌هایی که از نظر مقدار سیگما زد، سیگما تی، فرکتال دایمنشنی که برای هر پیچ به صورت کلی محاسبه شد، ارتفاع، شیب در محدوده‌ی مناسبی هستند انتخاب می‌شود (نگاره ۶). پیچ‌های انتخاب شده وارد مرحله‌ی رتبه بندی می‌شوند (نگاره ۷).

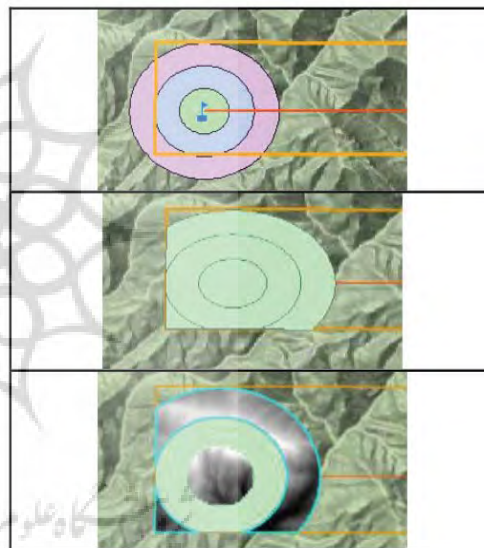


نگاره ۶: انتخاب پیچ‌های دلخواه

در مرحله‌ی رتبه بندی هر پیچ به زیر پیچ‌هایی تقسیم می‌شود و پراکنندگی زبری به روشی که در بالا، نوع چهارم

استخراج منطقه از چندین روش متفاوت استفاده گردید که کامل‌ترین این روش‌ها، روش سناریو می‌باشد.

روش سناریو به اینصورت است که کاربر نقطه ابتدا و انتها، منطقه‌ی مورد مطالعه و فواصل مورد نظر جهت استخراج را تعیین می‌کند. در روش سناریو جهت استخراج محدوده با پیکسل سایز دلخواه، از آنالیزهای متفاوت استفاده گردید. این آنالیزها عبارتند از: multi ring buffer، intersection، extract by mask برای هر بافری که بخواهیم داخل آن را استخراج کنیم Resample رسترنیز استخراج می‌شود. در نگاره ۴ مراحل کار نمایش داده شده است.



نگاره ۴: استخراج محدوده

برنامه در محدوده تعیین شده، شروع به استخراج پیچ‌هایی با خصوصیات وارد شده توسط کاربر می‌کند (نگاره ۵ فرم مربوط به ورود این خصوصیات را نشان می‌دهد) و پیچ‌هایی را استخراج می‌کند که کاملاً در محیط استخراج شده قرار بگیرد. این پروسه با در نظر گرفتن مینیمم باندینگ باکس محیط و استخراج مقادیر پیکسل‌ها انجام می‌گیرد. همچنین اطلاعات توصیفی مربوط به هر پیچ با استفاده از مقادیر ارتفاعی و شیب که از مدل ارتفاعی رقومی و شیب استخراج می‌شود، محاسبه می‌گردد. در واقع پیچ عارضه

فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (۱۳۸۳)
طراحی و پیاده‌سازی سامانه تصمیم‌گیری مکانی ... / ۱۲۵

وزن‌های داخلی درصد شیب صفر (وزن داخلی وزنی است که به هر معیار در کلاس خاصی تعلق می‌گیرد)
ew1: وزن خارجی زبری، ew2: وزن خارجی درصد شیب ماکزیمم، ew3: وزن خارجی درصد شیب صفر (وزن خارجی وزنی است که به هر معیار تعلق می‌گیرد)

$$A = (fd \times fdw) \times ew1 \quad (11)$$

$$B = (mslo \times msw) \times ew2 \quad (12)$$

$$C = (zsl0 \times zsw) \times ew3 \quad (13)$$

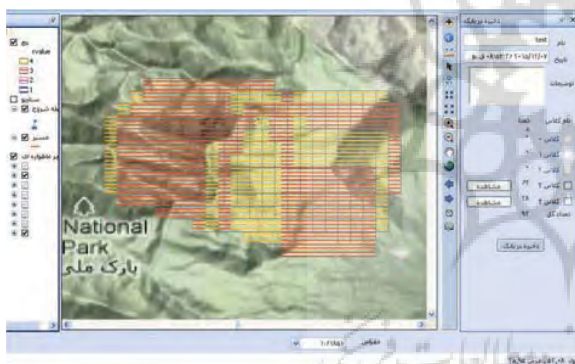
$$Rvalue = A + B + C \quad (14)$$

Rvalue مقداری است بین ۰ تا ۱۰۰ که کیفیت پچ را از نظر زبری نشان می‌دهد. هر چقدر این مقدار بیشتر باشد، کیفیت پچ از نظر زبری بهتر است.

محاسبه زبری، گفته شد محاسبه می‌شود؛ و سه کلاسی که بیشینه‌ی پراکندگی را دارند انتخاب می‌شود. علاوه بر زبری جهت برآورد بهتر کیفیت پچ، پراکندگی درصد شیب ماکزیمم و درصد شیب صفر نیز با در نظر گرفتن مقدار حد شیب ماکزیمم و حد شیب صفر که کاربر وارد می‌کند، محاسبه می‌شود. در محاسبه‌ی این دو مقدار از همان روش محاسبه پراکندگی زبری استفاده می‌گردید؛ و در این دو معیار نیز سه کلاسی که بیشینه پراکندگی دارند انتخاب می‌شود.



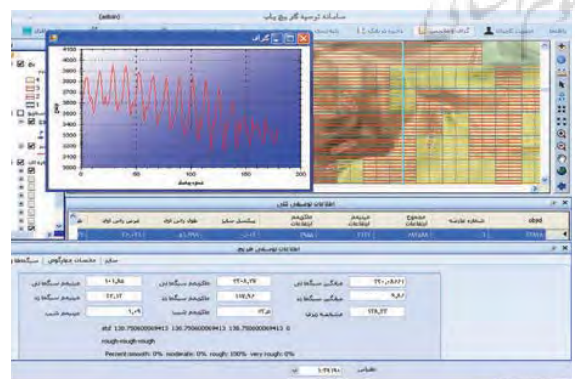
نگاره ۷: فرم ورود اطلاعات رتبه‌بندی پچ‌ها



نگاره ۹: کلاسه‌بندی پچ‌ها



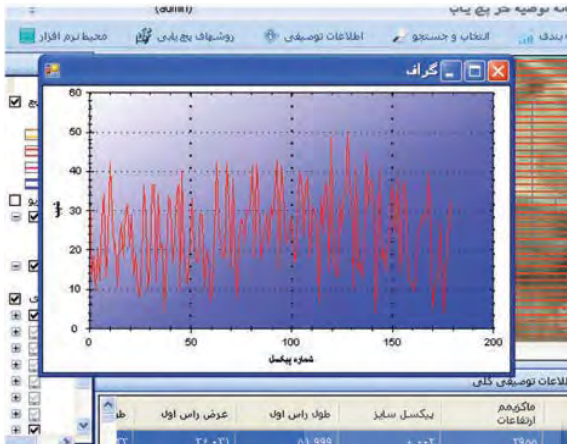
نگاره ۸: فرم کلاسه‌بندی



نگاره ۱۰: استخراج گراف ارتفاعی یک پچ

fd: ماتریس زبری، mslo: ماتریس درصد شیب ماکزیمم،
zsl0: ماتریس درصد شیب صفر
fdw: ماتریس وزن‌های داخلی زبری، msw: ماتریس
وزن‌های داخلی درصد شیب ماکزیمم، zsw: ماتریس

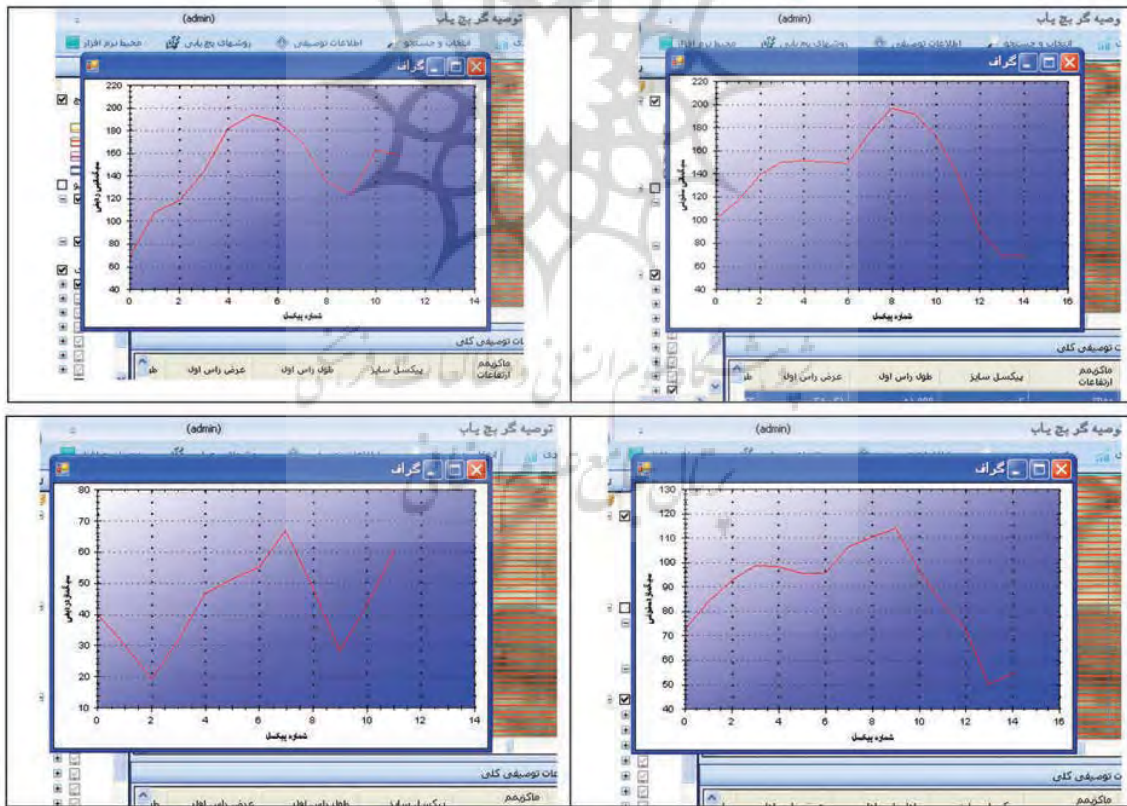
صورت فایل اسکی) هر پچ را استخراج نمود (نگاره ۱۳).



نگاره ۱۱: استخراج گراف شیب یک پچ

بعد از تخصیص یک مقدار به هر پچ که کیفیت آن را از نظر زبری، درصد شیب ماکزیم، درصد شیب صفر مشخص می‌کند، و با توجه به محدوده‌هایی که هر کاربر وارد می‌کند، پچ‌های تولید شده با استفاده از روش equal interval و از نظر rvalue به ۴ کلاس تقسیم می‌شود (نگاره ۸). و در نتیجه می‌توان به عوارض قرار گرفته شده در هر کلاس دسترسی پیدا کرد و به صورت جداگانه عوارضی که دارای زبری دلخواه می‌باشند را ذخیره نمود (نگاره ۹).

پس از تولید و کلاسه‌بندی پچ‌ها، می‌توان گراف‌هایی از پچ‌های تولید شده را مشاهده نمود، این گراف‌ها عبارتند از: ارتفاع (نگاره ۱۰)، شیب (نگاره ۱۱)، سیگما تی ردیفی، سیگما تی ستونی، سیگما زد ردیفی، سیگما زد ستونی (نگاره ۱۲). همچنین می‌توان ماتریس ارتفاع و شیب (به



نگاره ۱۲: استخراج گراف سیگماتی و سیگما زد ستونی و ردیفی

surface roughness, (2016), , AGILE 2016 – Helsinki, June 14-17.

13- K.L. Frankel, J.F. Dolan, (2007), "Characterizing arid region alluvial fan surface roughness with airborne laser swath mapping digital topographic data", Journal of Geophysical Research, vol. 112, pp. 1-14.

14- Kupers, H., 1957, a relief meter for cultivation studies. neth.j.agric.sci.5:255-262.

15- L. Fatale, J. R. Ackeret R. and J. Messmore, (1994), "Impact of Digital Terrain Elevation Data (DTED) Resolution on Army Applications: Simulation Vs. Reality", Proceeding of American Congress on Surveying and Mapping American Society for Photogrammetry and Remote Sensing.

16- M. Berti, A. Corsini, A. Daehne, (2013), "Comparative analysis of surface roughness algorithms for the identification of active landslides", Geomorphology, vol. 182, pp. 1-18.

17- N.F. Glenn, D.R. Streutker, D.J. Chadwick, G.D. Thackray, (2006), "Analysis of LiDAR-derived topographic information for characterizing and differentiating landslide morphology and activity", Geomorphology, vol. 73, pp. 131-148.

18- R.M. Pollyea, J.P. Fairley, (2011), "Estimating surface roughness of terrestrial laser scan data using orthogonal distance regression", Geology, vol. 39, pp. 623-626.

19- Romkens, r.j.m and j.y.wang, (1986), effect of tillage on surface roughness. trans. asae 24(2):429-433.

20- Sakude, M., Schiavone (1998), G., Recent Advances on Terrain Database Correlation Testing, Proceedings of SPIE, 364-376.

21- Saleh, A., (1993), Soil roughness measurement : chain method . J. Soil and Water Conserv. 48(6):527-529.

22- Sebastiano Trevisani, (2016), Topography-based flow-directional roughness: potential and challenges, Earth Surf. Dynam., 4, 343-358.

23- S.J. Riley, S.D. De Gloria, R. Elliot, (1999), "A Terrain Ruggedness Index That Quantifies Topographic Heterogeneity", Intermountain Journal of Sciences, vol. 5, no. (1-4), pp. 23-27.

24- W.C. Haneberg, A.L. Creighton, E.W. Medley, D.A., Jonas, (2005), "Use of LiDAR to assess slope hazards at the Lihir gold mine, Papua New Guinea", in: Proceeding, International Conference on Landslide Risk Management, Vancouver, British Columbia, Supplementary CD.

۶- منابع و مأخذ

۱- شریفی، ف، صمدی، ا، عزیزیان، ا، (۱۳۹۵)، ارزیابی عملکرد روش پردازش تصویر در تخمین ضریب زبری ماینینگ در لایه سطحی بستر رودخانه‌ها، تحقیقات آب و خاک ایران، دوره ۴۷، شماره ۴، ص ۷۱۱-۷۲۲.

۲- غفوری، ع، (۱۳۹۴)، ارتقاء دقت در تهیه نقشه‌های زمین شناسی با استفاده از اطلاعات مورفولوژی سرسازنده‌ها از طریق محاسبه‌ی زبری سطح در سنجش از دور ماکروویو، ماهنامه علمی- ترویجی اکتشاف و تولید نفت و گاز، شماره ۱۲۵.

3- Allmaras R. R, R. E. Burwell, W. E. Larson and R. F. Holt. (1996). Total porosity and random roughness of inter rowzone as influenced by tillage. USDA Conserv. Res. Rep. 7. U. S. Gov. Print Office, Washington DC.

4- A.M. Booth, J.J. Roering, J.T. Perron, (2009), "Automated landslide mapping using spectral analysis and high-resolution topographic data: Puget Sound lowlands, Washington, and Portland Hills, Oregon", Geomorphology, vol. 109, pp. 132-147.

5- C.H. Grohmann, M.J. Smith, C. Riccomini, (2011), "Multiscale Analysis of Topographic Surface Roughness in the Midland Valley, Scotland", IEEE Trans. On Geosci. Remote Sens., vol. 49, no. 4, pp. 1200- 1213.

6- Garcia Moreno, R., M. C. Diaz A. Ivaraz, A. M. Tarquis, A. Paz Gonzalez and A. Saa Requejo, (2010). Shadow analysis of soil surface roughness compared to the chain set method and direct measurement of micro-relief. Biogeosci. Dis. 7:1021-1055.

7- G. Cherbit, (1991), Fractals Non-integral Dimensions and Applications, John Willey & Sons, Chichester.

8- Grohmann, CH., Smith, M.J. and Riccomini, C, (2011), Multiscale Analysis of Topographic Surface Roughness in the Midland Valley, Scotland, IEEE TRANSACTIONS ON GEOSCIENCE AND REMOTE SENSING.

9- J. R. Ackeret, Digital Terrain Elevation Data Resolution and Requirements Study. Interim Report ETL-SR-6, U.S. Army Corps of Engineers, Nov. 1990.

10- John P. Wilson, 2012, Geomorphology, ScienceDirect.

11- J. McKean, J. Roering, 2004, "Objective landslide detection and surface morphology mapping using high-resolution airborne laser altimetry", Geomorphology, vol. 57, pp. 331-351.

12- K. Korzeniowska. Mapping gullies using terrain-