

# طراحی و پیاده سازی سامانه تصمیم گیری مکانی

## جهت تعیین مناطق مطلوب کاربر از لحاظ زبری

رضا آقا طاهر<sup>۲</sup>

زهرا بهاری سجهرودی<sup>۱</sup>

محسن جعفری<sup>۳</sup>

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<sup>۴</sup> 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

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 (Kupers, 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 (Fataleat 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

با استفاده از محاسبه‌ی انحراف معیار شیب هر سلول و

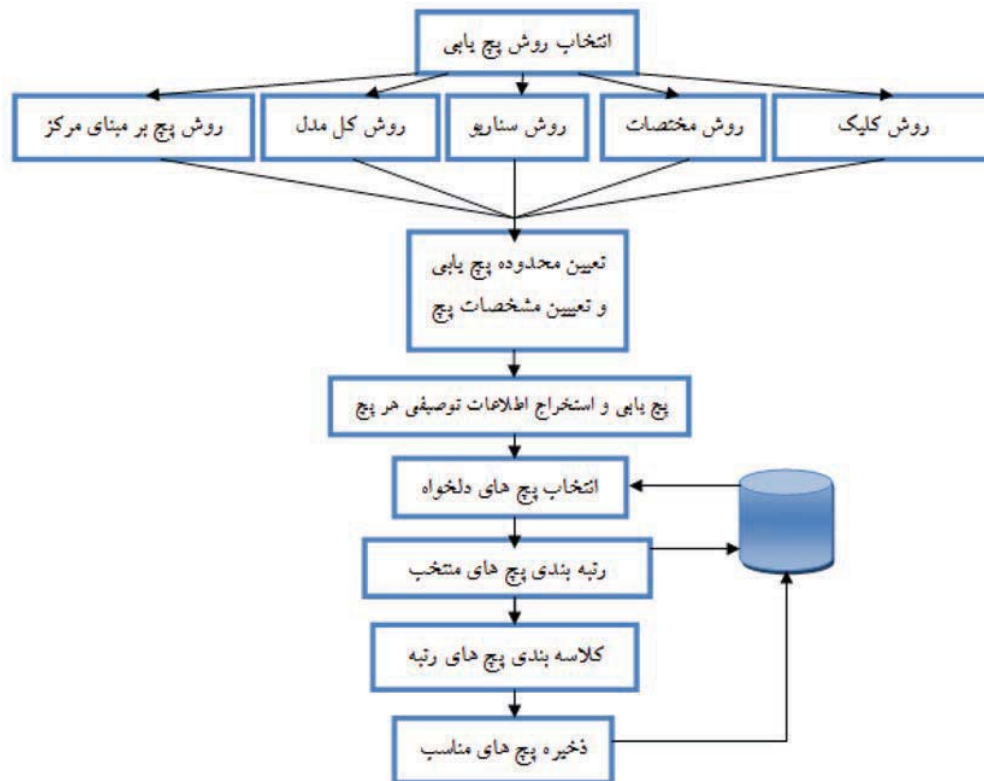
همسایگی‌های آن ارائه می‌دهند (Frankel et al, 2007).

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 انحنا 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.



نگاره ۱: مدل طراحی شده

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 محاسبه زبری در یک سطح اشاره نمود.

(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 محاسبه آن از اندکس<sup>۱</sup> MAD (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 (Trevisani,2016).

محاسبه 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

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،  $\sigma_z$ : 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،

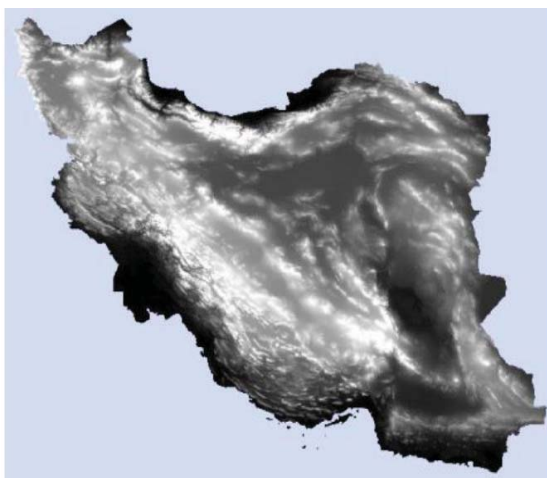
$\sigma_r$  سیگماتی

### 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

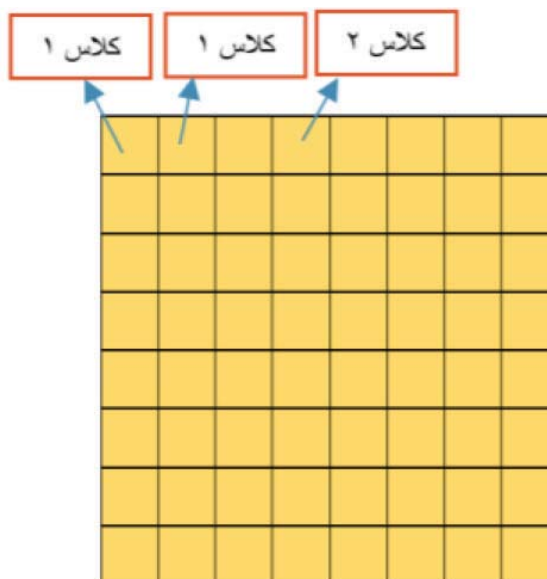
$$b = (X^T X)^{-1} X^T Z$$

$$b = \begin{bmatrix} D \\ A \\ B \end{bmatrix} \quad Z = \begin{bmatrix} z_1 \\ \vdots \\ z_n \end{bmatrix} \quad X = \begin{bmatrix} 1 & x_1 & y_1 \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ 1 & x_n & y_n \end{bmatrix} \quad (8)$$

$$MSE = \frac{SSE}{n-3} \quad (9)$$

$$SSE = Z^T Z - b^T X^T Z \quad (10)$$

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.



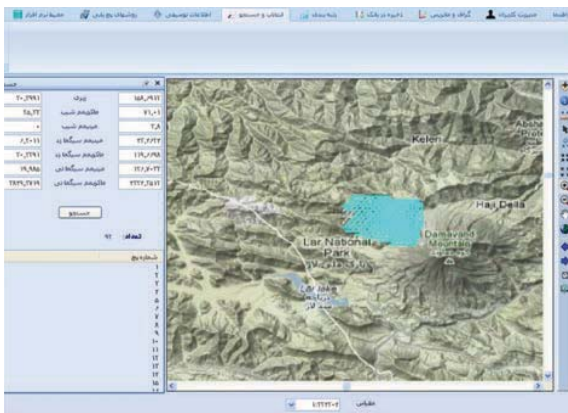
نگاره ۲: زیرپچ‌ها در یک پچ

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).

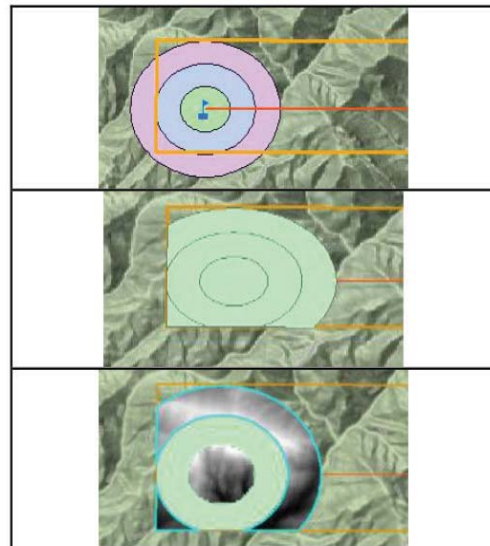


نگاره ۶: انتخاب پیچ‌های دلخواه

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 (سام)**  
 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)

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

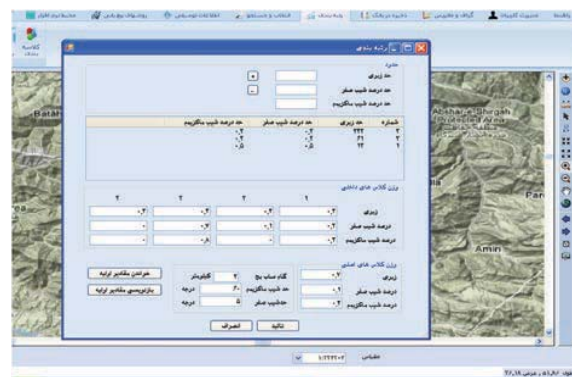
$$B = (mslo \times msw) \times ew2 \quad (12)$$

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

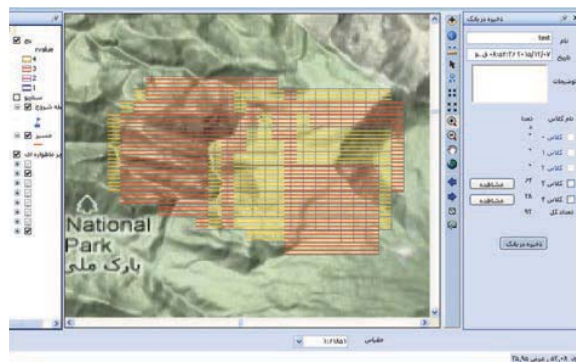
$$Rvalue = A + B + C \quad (14)$$

$Rvalue$  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.



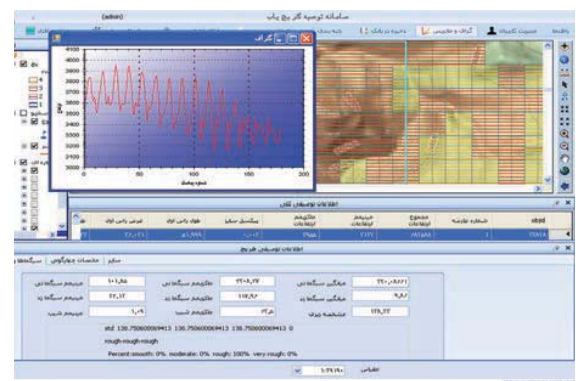
نگاره ۷: فرم ورود اطلاعات رتبه‌بندی پچ‌ها



نگاره ۹: کلاسه‌بندی پچ‌ها



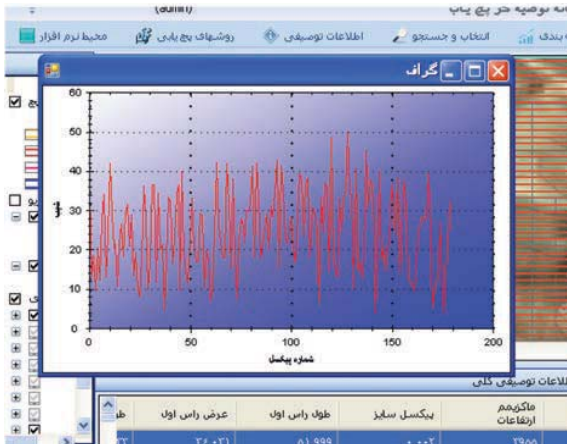
نگاره ۸: فرم کلاسه‌بندی



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

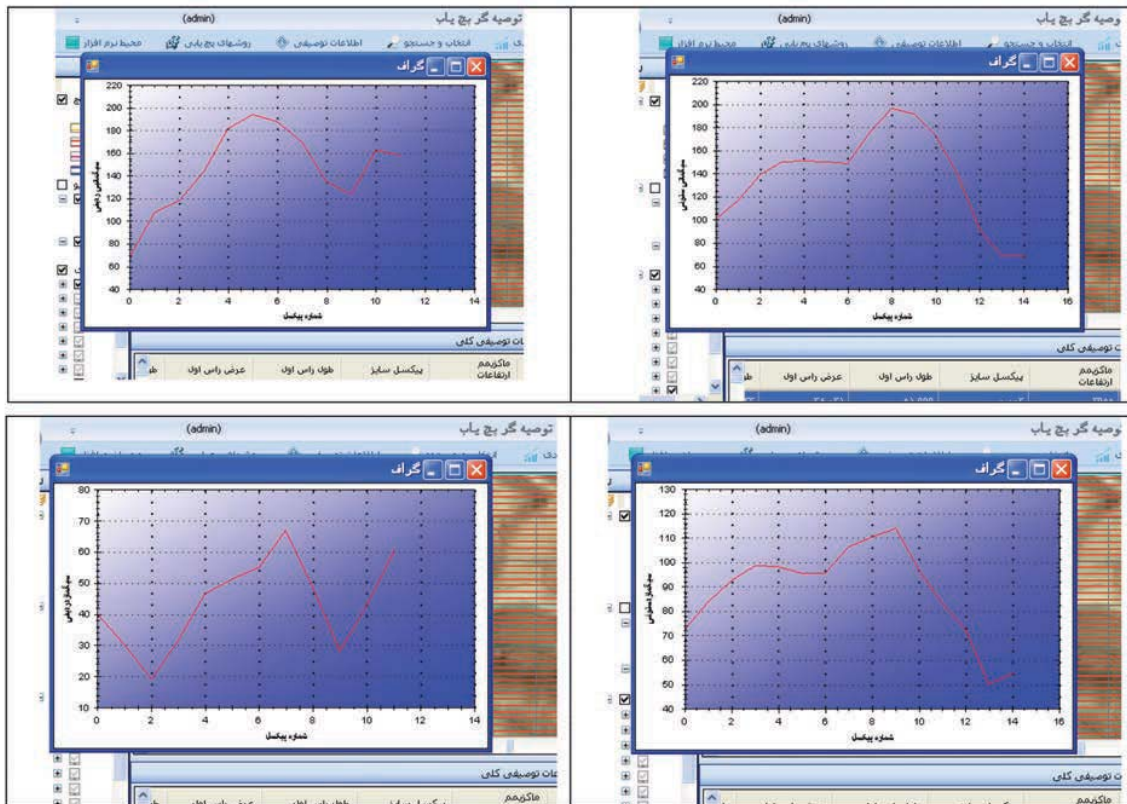
صورت فایل اسکری) هر پیچ را استخراج نمود (نگاره ۱۳).



نگاره ۱۱: استخراج گراف شیب یک پیچ

بعد از تخصیص یک مقدار به هر پیچ 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، پیچ‌های 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 پیچ‌ها، می‌توان گراف‌هایی از پیچ‌های 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



ncols	15													
nrows	12													
xllcorner	51.999241537086													
yllcorner	36.0040075770039													
cellsize	0.00222060572795606													
nodata_value	-9999													
3599	3535	3578	3582	3570	3544	3502	3398	3394	3444	3423	3422	3457	3468	3473
3613	3587	3592	3602	3572	3540	3517	3501	3399	3356	3369	3353	3326	3354	3354
3669	3665	3642	3657	3644	3600	3532	3490	3480	3460	3430	3419	3381	3354	3323
3739	3732	3752	3768	3764	3707	3610	3581	3578	3550	3484	3469	3417	3379	3335
3817	3839	3891	3918	3878	3791	3703	3718	3720	3662	3582	3530	3451	3378	3340
3839	3897	3955	3946	3879	3834	3818	3830	3812	3727	3664	3567	3446	3401	3344
3833	3859	3881	3858	3856	3848	3829	3827	3852	3819	3742	3618	3480	3356	3312
3701	3724	3749	3769	3732	3745	3696	3689	3725	3695	3635	3575	3335	3310	3243
3609	3592	3593	3587	3591	3621	3626	3587	3617	3625	3472	3400	3346	3279	3216
3653	3591	3526	3492	3463	3438	3423	3405	3421	3422	3341	3268	3257	3235	3226
3629	3664	3597	3502	3426	3376	3350	3296	3269	3253	3194	3169	3184	3213	3259

ncols	15										
nrows	12										
xllcorner	51.999241537086										
yllcorner	36.0040075770039										
cellsize	0.00222060572795606										
nodata_value	-9999										
35.04145	20.20147	9.697686	21.17096	14.14126	6.984242	18.76262	33.0748	35.25331	38.24549	48.49757	40.
13.16098	21.35766	8.048787	4.562549	11.38691	10.1173	7.574946	17.71634	23.01815	17.97146	17.92926	14.
18.32359	10.60917	17.77234	17.52359	22.08018	24.29529	22.49762	21.27237	21.63859	23.06211	14.67168	16.
9.463411	21.6234	36.26878	33.36414	33.17472	42.29789	27.90412	25.31643	25.11242	30.73069	13.0521	12.
20.46613	26.53052	27.63285	32.18283	20.54789	25.99264	25.87476	29.04609	28.2886	29.11948	33.03592	18.
12.21806	18.1326	9.763512	16.45947	16.96011	22.03831	21.63859	20.1094	20.23203	25.30639	24.34013	45.
27.78545	29.38167	16.54601	22.83874	16.80938	17.99413	29.89541	31.07514	16.6177	6.756094	33.1498	30.
33.97307	31.36536	36.32222	34.38413	29.25899	18.06836	29.74893	28.23494	28.94504	33.42189	35.31459	37.
12.83601	20.65893	36.48047	36.52106	28.70518	41.90932	31.82586	34.93	39.27744	24.54144	50.03909	36.
23.91883	28.75083	11.59006	9.429433	10.27377	31.52993	41.02648	42.68412	37.87379	37.06405	33.96595	25.
41.80355	13.15155	34.27389	39.93914	19.63167	14.96721	17.89345	15.29952	23.39813	35.5391	33.7906	3.7.

نگاره ۱۳: استخراج ماتریس ارتفاع و شیب هر پیچ

می‌باشد. گاهی زبری زیاد و گاهی زبری کم مطلوب می‌باشد. حال آنکه روش‌های دیگر فقط مقداری برای زبری یک منطقه محاسبه می‌کنند و باید برای هر قسمت از زمین مقادیر را استخراج کنیم و تحلیل را بر آن اعمال نمائیم و سپس جهت برآورد مطلوبیت آنها را با هم مقایسه کنیم. همچنین در این سامانه می‌توان از چندین روش محاسبه زبری به صورت همزمان استفاده نمود. با توجه به اینکه خوراک این سامانه مدل ارتفاعی رقومی می‌باشد. جهت تعیین زبری منطقه باید مدل ارتفاعی رقومی مشخص باشد. دقت سامانه کاملاً وابسته به دقت مدل ارتفاعی رقومی می‌باشد و هر چه مدل ارتفاعی رقومی دارای دقت بیشتری باشد دقت داده‌های تولید شده نیز افزایش می‌یابد.

#### ۵- پیشنهادات

جهت بهبود و ادامه این کار ورود متغیر خود همبستگی در محاسبات و بررسی نتایج حاصله پیشنهاد می‌گردد، همچنین در این مقاله مقادیر بدون در نظر گرفتن جهت، در سطح هر پیچ و به صورت ردیفی محاسبه شده است. می‌توان از مدل‌های مختلف برای در نظر گرفتن ترتیب سلول‌ها در هر پیچ استفاده نمود و نتایج را با هم مقایسه نمود.

#### ۴- جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

زبری زمین عبارتی است که جهت توصیف نامنظمی‌های یک منطقه استفاده می‌شود. در اکثر مواقع تعیین زبری زمین بسیار پیچیده است. روش‌های بسیاری برای محاسبه زبری موجود است. روش ارائه شده در این پروژه ایده‌ی ابتکارانه هست که بر مبنای آنالیزهای مکانی، سیستم حامی تصمیم‌گیری مکانی و روش‌های محاسبه زبری می‌باشد و با استفاده از مدل ارتفاعی رقومی زمین محاسبه می‌شود. نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که این روش ابزاری قوی برای محاسبه زبری می‌باشد. این روش به علت دارا بودن قابلیت اسکن پیکسل به پیکسل منطقه دارای دقت زیادی هست و به نظر می‌رسد دقت بالاتری نسبت به روش‌های موجود دارد. در اکثر روش‌های تعیین زبری، روشی وجود دارد که در محدوده‌ی تعیین شده زبری را محاسبه می‌کند. ولی در این مقاله با استفاده از یک سامانه تصمیم‌گیری مکانی و با استفاده از تقسیم منطقه به قسمت‌های کوچکتر، مناطق کیفی مطلوب کاربر از نظر زبری تعیین می‌شوند. بنابراین، این روش قابلیت تصمیم‌گیری به صورت خودکار و با توجه به نیاز کاربر را دارد.

کیفیت از لحاظ زبری برای کاربردهای مختلف متفاوت

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-