



نخستین شماره

GIS ایران



سنجش از دور و GIS ایران سال دوازدهم، شماره دوم، تابستان ۱۳۹۹  
Iranian Remote Sensing & GIS Vol.12, No. 2, Summer 2020

۸۲-۸۳

## پیش‌بینی شبکه‌های آبراهه

### با استفاده از مدل زیر جاذبه و الگوریتم ژنتیک در محیط GIS

مهران شایگان<sup>۱</sup> و مرضیه مکرم<sup>۲\*</sup>

۱. استادیار گروه سنجش از دور و GIS، دانشگاه تربیت مدرس

۲. دانشیار بخش مرتع و آبخیزداری دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی داراب،

دانشگاه شیراز

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۹/۰۶/۱۶

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۹/۰۳/۳۰

#### چکیده

آبراهه‌ها، زهکش در یک حوضه آبخیز محسوب می‌شوند که تأثیر زیادی بر روی ویژگی‌های فیزیوگرافی، هیدرولوژی، فرسایش و رسوب یک حوضه آبخیز دارند. هدف از این مطالعه، استفاده از مدل جاذبه به منظور افزایش قدرت تفکیک مکانی مدل رقومی ارتفاع (DEM) و استفاده از الگوریتم ژنتیک به منظور پیش‌بینی آبراهه‌ها در آینده و مقایسه نتایج آن با خطوط آبراهه مستخرج از DEM با قدرت تفکیک ۳۰ متر است. برای استخراج DEM‌های با قدرت تفکیک بالاتر، در مدل جاذبه برای تولید زیرپیکسل‌ها از مقیاس ۳ و مدل همسایگی چهارگانه که دارای دقت بالاتری هستند استفاده شد. از DEM حاصل از مدل جاذبه، به عنوان داده ورودی برای پیش‌بینی و استخراج آبراهه‌های منطقه مورد مطالعه با استفاده از الگوریتم ژنتیک در آینده استفاده شد. در الگوریتم ژنتیک، بهینه‌سازی و پیش‌بینی شبکه‌های رودخانه بر اساس تابع «نیروی جریان» و با ایجاد تغییرات در بالا آمدگی‌ها و رسوب‌گذاری‌ها در منطقه مورد مطالعه انجام شد. نتایج حاصل از مدل جاذبه نشان داد که مقیاس ۲ با مدل همسایگی ۲ گانه دارای دقت بالاتری نسبت به دیگر همسایگی‌ها برای استخراج DEM با قدرت تفکیک بالاتر است. همچنین نتایج حاصل از الگوریتم ژنتیک، نشان دهنده تغییر درجه آبراهه‌های منطقه مورد مطالعه در طول زمان نسبت به وضع موجود است، به طوری که درجه تعدادی از آبراهه‌های درجه اول در آینده به درجه ۳ تغییر خواهد کرد که علت آن فرسایش آبراهه‌های درجه کمتر و اضافه شدن به آبراهه‌های درجه بالاتر است. از نتایج این تحقیق، می‌توان برای پیشنهاد محل‌های مناسب ایجاد بندهای انحرافی و یا محل‌های مناسب برای احداث سازه‌های مختلف با توجه به تغییرات در مورفومتری آبراهه‌ها در آینده، استفاده کرد.

**کلید واژه‌ها:** مدل رقومی ارتفاع (DEM)، مدل جاذبه، الگوریتم ژنتیک، آبراهه.

\* نویسنده مکاتبه‌کننده: داراب، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی داراب، تلفن: ۵۳۶۰۶۲۰۷، تلفن همراه: ۰۹۱۷۷۸۴۵۳۲۰.

## ۱. مقدمه

در علوم ژئومورفولوژی، با افزایش قدرت تفکیک مکانی امکان استخراج اطلاعات با جزئیات بیشتر، از منطقه مورد مطالعه امکان پذیر است. در تحقیقی از نقشه‌های مدل رقومی ارتفاع (DEM) با قدرت تفکیک مکانی بیشتر برای استخراج جزئیات بیشتر توپوگرافی، شیب، جهت، و آبراهه‌ها می‌توان استفاده شد (شایان و همکاران، ۱۳۸۴). بنابراین با توجه به کاربرد DEM در استخراج اطلاعات مختلف (اقلیم، خاک، هیدرولوژی، لندفرم و غیره)، استفاده از DEM با قدرت تفکیک مکانی بالا بسیار ضروری به نظر می‌رسد. به‌طوریکه قدرت تفکیک مکانی متفاوت مدل رقومی ارتفاع، منجر به استخراج اطلاعات متفاوت از خصوصیات فیزیوگرافی یک حوضه آبخیز می‌شود. از مدل‌های رقومی ارتفاع با قدرت تفکیک متفاوت برای استخراج اطلاعات فیزیوگرافی حوضه آبخیز شهر چای استفاده شد. نتایج نشان داد که اطلاعات استخراج شده از DEM با قدرت تفکیک ۱۵ متر دقیق‌تر است (Hessari et al, 2019). در تحقیقی دیگر از مدل رقومی ارتفاع با قدرت تفکیک متفاوت برای استخراج نقشه‌های زمین لغزش در حوضه آبخیز باکسی<sup>۱</sup> استفاده شد. نتایج نشان داد که مدل رقومی ارتفاع با قدرت تفکیک ۷۰ متر نقشه زمین لغزش با جزئیات بیشتر را تهیه کرد (Chen et al, 2020).

تاکنون روش‌های مختلفی به منظور افزایش قدرت تفکیک مکانی تصاویر مورد استفاده قرار گرفته است. دستیابی به جزئیات بیشتر از پیکسل‌ها بوسیله نقشه برداری زیر پیکسل‌ها<sup>۲</sup> اولین بار توسط اتکینسون (۲۰۰۵) ارائه شد. در این تکنیک، پیکسل‌ها به تعدادی زیر پیکسل با توجه به مقادیر پیکسل‌های همسایه تقسیم می‌شوند. در این روش نقشه برداری، زیر پیکسل یک پیکسل درشت به تعدادی زیر پیکسل تقسیم می‌شود و کلیه اطلاعات مربوط به پیکسل اصلی مانند نوع کاربری اراضی به زیر پیکسل‌ها تعلق می‌گیرد (Atkinson, 2005). از مشکلات عمده این روش، تعیین محل کلاس‌ها در پیکسل‌های اصلی است (Verhoeve,

2002). از جمله روش‌ها، برای حل این مشکل می‌توان به شبکه عصبی پس انتشار خطا (BP) (Zhang et al., 2008) (Wu et al., 2011) (Nigussie et al., 2011)؛ تکنیک بهینه‌سازی خطی<sup>۳</sup> (تاتم و همکاران، ۲۰۰۱) (Mertens et al., 2001)، مدل جاذبه مکانی<sup>۴</sup> (Wu et al., 2011); et al., 2006)، زنجیره تصادفی مارکوف<sup>۵</sup> (Tolpekin & Stein, 2011); (Ardila et al., 2011); (Kasetkasem et al., 2005) (2009) زمین‌آمار (Boucher & Kyriakidis, 2006) اشاره نمود. یکی از ساده‌ترین و با دقت‌ترین روش‌ها برای حل این مساله و تولید DEM با قدرت تفکیک مکانی بالا، استفاده از مدل جاذبه است. یکی از مزایای روش جاذبه استفاده از مقیاس است. در مطالعه ای دیگر، به منظور افزایش قدرت تفکیک مکانی از مدل جاذبه بر روی تصاویر ماهواره‌ای استفاده شد. نتایج نشان داد که استفاده از این مدل به منظور افزایش قدرت تفکیک بسیار مفید است (Xu et al., 2014). در تحقیقی دیگر، از مدل زیر جاذبه برای تعیین DEM با قدرت تفکیک بیشتر و استخراج لندفرم‌ها از آن‌ها استفاده شد. نتایج این تحقیق نشان داد که مدل S2T1<sup>۶</sup> و S2T2<sup>۷</sup> از بین زیرپیکسل‌های مختلف دارای بهترین دقت هستند (Mokarram & Hojati, 2018).

همچنین مطالعات نشان می‌دهد که با استفاده از DEM‌های با قدرت تفکیک مکانی تهیه شده از روش‌های مختلف می‌توان شبکه‌های آبراهه با دقت بیشتری را در محیط GIS تهیه کرد. از جمله روش‌های پیش‌بینی شبکه‌های آبراهه، استفاده از الگوریتم بهینه‌سازی چشم انداز است. در یک مطالعه پژوهشی، از الگوریتم ژنتیک برای بهینه‌سازی چشم اندازها استفاده شد. برای این منظور از یک شبکه سلولی

1. Baxie
2. Mapping of subpixel
3. Back Propagation
4. Linear Optimization technique
5. Attractions model
6. Markov Random Chain
7. S: Scaling, T: Touching

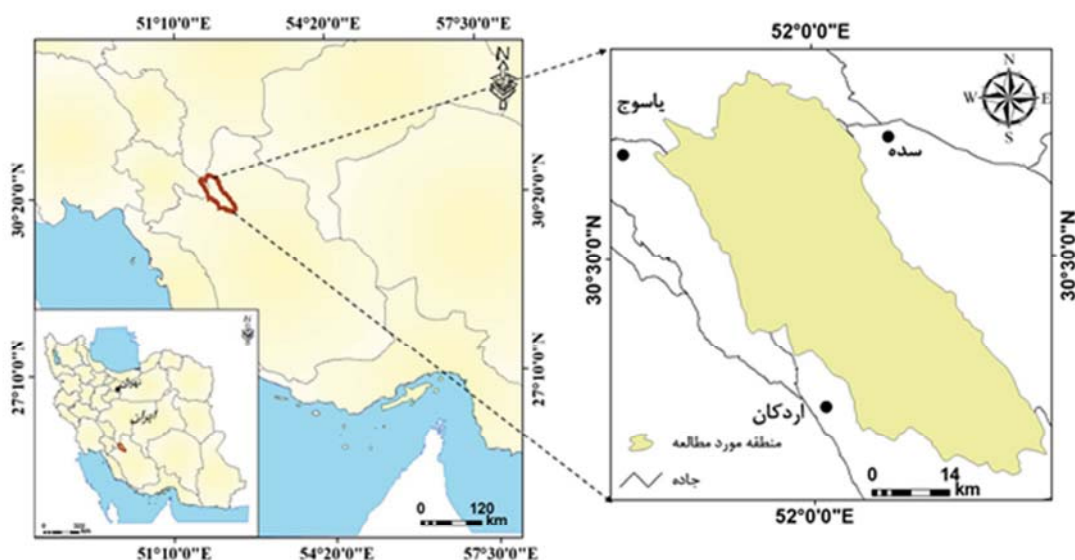
در یک مطالعه دیگر، پژوهشگران برای تعیین مورفومتری آبراهه‌ها و بررسی تاثیر آن بر روی ویژگی‌های هیدرولوژیکی منطقه‌ای در غرب گاتس در هند از GIS استفاده کردند. نتایج نشان داد که برای استخراج ویژگی‌های مورفومتری آبراهه‌ها میت وان مدل رقومی ارتفاع را به عنوان یک منبع داده به کار برد (Samal, et al., 2015).

در حوضه‌های آبخیز آبراهه‌ها یکی از مهمترین عوامل برای تغییر در ساختار ظاهری لندفرم‌ها محسوب می‌شوند. بنابراین مطالعه آن‌ها و بررسی مورفومتری آن‌ها از اهمیت بالایی برخوردار است. با توجه به اهمیت موضوع، هدف از این مطالعه بررسی مورفومتری بخش‌های شمال استان فارس با استفاده از مدل رقومی ارتفاع (DEM) ۳۰ متر با استفاده از جاذبه و استفاده از DEM تولیدی به عنوان داده‌های ورودی برای الگوریتم ژنتیک به منظور پیش‌بینی آبراهه‌ها در آینده است.

۱×۱ کیلومتر مربع، به عنوان نمونه استفاده و به منظور پیدا کردن بهترین چشم انداز از GLE<sup>۱</sup> استفاده شد. نتایج نشان داد که در مرحله ۱۵، الگوریتم متوقف و بهینه‌ترین چشم انداز تعیین می‌شود (Paik and Kumar, 2008). در تحقیقی دیگر، تکامل چشم انداز به عنوان یک مسئله بهینه‌سازی مطرح مورد بررسی قرار گرفت. مطالعات این محققان نشان داد نتایج بهینه‌سازی چشم انداز دارای خصوصیات نزدیک به شبکه‌های طبیعی رودخانه است (Rodríguez-Iturbe et al., 1992).

محققان دیگر نشان دادند که شبکه کانال بهینه، یک راه حل ثابت از معادله دینامیکی تکاملی است (Banavar et al., 2001).

این فرضیه بهینه‌سازی، یک جامعه علمی وسیع را تحت تاثیر قرار داده است (Bui and Yatsu, 1995); (Rodríguez-Iturbe, Moon, 1995) و همکاران (۱۹۹۲) از یک حوزه مستطیلی استفاده کردند و مرز دامنه را به عنوان مرز حوضه در نظر گرفتند. در حقیقت، چندین شبکه مستقل رود (حوضه‌های مستقل چندگانه) در سراسر مرحله تکاملی مورد بررسی قرار گرفتند (Rodríguez-Iturbe et al., 1992).



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه (مدل رقومی ارتفاع (DEM) با قدرت تفکیک مکانی ۹۰ متر)

## 1. Genetic Landscape Evolution

## ۲. مواد و روش‌ها

### ۲.۱. منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در شمال استان فارس در ۳۰ درجه و ۶ دقیقه تا ۳۰ درجه و ۴۸ دقیقه طول جغرافیایی و ۵۱ درجه و ۴۲ دقیقه تا ۵۲ درجه و ۲۴ دقیقه عرض جغرافیایی واقع شده است (شکل ۱). بیشترین و کمترین ارتفاع منطقه به ترتیب ۳۷۰۸ و ۱۶۲۶ متر است. مساحت منطقه مورد مطالعه ۲۰۹۴/۴۲ کیلومتر مربع است. از نظر اقلیمی، منطقه مورد مطالعه معتدل مایل به سرد و نیمه‌خشک با بارندگی حدود ۶۰۰ میلی متر در سال است.

### ۲.۲. مدل جاذبه

به منظور افزایش قدرت تفکیک مکانی مدل رقومی ارتفاع (DEM) از مدل جاذبه با همسایگی چهارگانه برای به دست آوردن مقادیر زیر پیکسل‌ها استفاده شد. در مدل همسایگی چهارگانه، هر پیکسل به چهار بخش تقسیم و فقط پیکسل‌ها در ربع همان زیر پیکسل با توجه به مرکز پیکسل در محاسبات وارد می‌شوند. در مدل جاذبه  $D=2$  دارای زیر پیکسل‌های  $m_{0,0}$ ,  $m_{0,1}$ ,  $m_{1,0}$  و  $m_{1,1}$  می‌باشد. به منظور آسان‌تر شدن محاسبه، فاصله بین زیر پیکسل‌ها و پیکسل‌ها با یک سیستم مختصات اقلیدسی با محورهای افقی و عمودی در نظر گرفته شده است. مرکز این سیستم نقطه  $(0,0)$  است که بالا سمت چپ زیر پیکسل‌ها قرار می‌گیرد.

واحد فاصله برابر با اندازه یک زیر پیکسل است. یک زیر پیکسل  $a, b$  درون یک پیکسل  $i, j$  بوده به شرط آنکه معادله زیر برقرار باشد (Xu et al., 2014):

$$\text{معادله ۱} \quad m_{n,k} \in m_{i,j} \Leftrightarrow \left(\frac{n}{D} = i\right) \wedge \left(\frac{k}{D} = j\right)$$

که در آن  $n$  شماره سطر،  $k$  شماره ستون زیر پیکسل،  $d$  فاکتور مقیاس و  $i$  شماره سطر پیکسل و  $j$  نیز شماره ستون پیکسل همسایه است. فاصله بین هر زیر پیکسل و پیکسل اطراف ( $d$ ) به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$d(m_{n,k}, m_{i,j}) = \frac{1}{\sqrt{[n + 0.5 - D(i + 0.5)]^2 + [k + 0.5 - D(j + 0.5)]^2}}$$

معادله ۲

در این مطالعه از مدل جاذبه با اندازه پیکسل  $3 \times 3$  استفاده شده است و کد نویسی آن در محیط نرم افزار Matlab انجام شد. مقدار جاذبه برای زیر پیکسل  $m_{n,k}$  که در پیکسل  $M_{i,j}$  قرار دارد به عنوان میانگین تمام مقادیر پیکسل‌های کلاس  $c$  برای پیکسل  $M_{i,j}$  در همسایگی زیر پیکسل  $m_{n,k}$  تقسیم بر فاصله بین پیکسل  $M_{i,j}$  و زیر پیکسل  $m_{n,k}$  به دست می‌آید.

$$m_{n,k}(c) = Avg\left\{\frac{m_{i,j}(c)}{d(m_{n,k}; P_{i,j})} \mid m_{i,j} \in N_t[m_{n,k}]\right\}$$

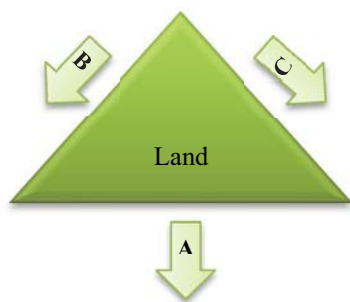
معادله ۳

### ۲.۳. الگوریتم ژنتیک

در ادامه، به منظور پیش‌بینی شبکه‌های زهکشی بر پایه DEM تهیه شده با قدرت تفکیک بالا از مدل جاذبه، از الگوریتم تکاملی چشم انداز ژنتیک (GLF<sup>۱</sup>) استفاده شد. GLE برای جستجوی چشم انداز بهینه برای یک معیار بهینه مطلوب طراحی شده است. در این مقاله از MTEE<sup>۲</sup> به عنوان تابع هدف استفاده شده است. در این بخش، جزئیات GLE شرح داده شده است. در ابتدا شرایط توپوگرافی منطقه مورد مطالعه با توجه به DEM تعیین می‌شود. در هر گام در هر مرحله، ماتریس‌های ماسک که باند اولیه را تشکیل می‌دهند تولید می‌شود. این ماتریس‌ها به صورت کاملاً تصادفی تولید می‌شوند. برای کمک به ایجاد بلوک‌های ساختمانی در ماتریس‌های ماسک، دامنه به بلوک‌های مستطیل شکل تقسیم می‌شوند. تعداد این مستطیل‌ها برابر با تعداد سطرهای مجموعه داده‌هاست. این مقادیر به صورت تصادفی اختصاص داده می‌شود. برای اجرای مدل GLE از ماتریس ماسک به جای DEM استفاده می‌شود. یک ماتریس ماسک همان اندازه آرایه‌های DEM متناظر را دارا است و اطلاعاتی مانند این که آیا ارتفاع هر سلول باید کاهش یا افزایش یابد و یا ثابت و بدون تغییر باشد، در اختیار ما قرار می‌دهد. برای ایجاد GLE با توجه به

1. Genetic Landscape Evolution  
2. minimum total energy expenditure

مدل‌سازی عددی برای بررسی تکامل چشم انداز استفاده می‌شود (Paik and Kumar, 2008). نمونه‌ای از تعادل بین بالآمدگی و فرسایش رسوب در شکل ۳ نشان داده شده است. از آنجا که  $A=B+C$  است فرض بر این است که جنس (مقادیر فرسایش) تمام دامنه یکسان است.



شکل ۳. شمایی از تعادل بین بالآمدگی (A) و فرسایش و رسوب (B+C)

برای حفظ جنس یا مقادیر فرسایش دامنه در طول زمان، هر ماتریس ماسک باید نسبت‌های مساوی سلول‌ها فرسایش (-1) و رسوب (1) اختصاص داده شود. هنگامی که ماتریس ماسک اولیه ایجاد می‌شود، با فرض یکسان بودن تخلخل و تراکم یکسان در طول کل دامنه از DEM مرجع برای تولید اولین جمعیت DEM استفاده می‌شود. اگر این جرم، کمتر از ۹۹/۹ درصد یا بیشتر از ۱۰۰/۱ درصد از جرم چشم انداز اصلی (DEM مرجع) باشد، ماتریس ماسک رها شده و یک ماتریس جدید دوباره تولید می‌شود. این روند تا زمانی ادامه پیدا می‌کند که ماتریس به محدوده تحمل مورد نظر برسد. مراحل روش تحقیق در فلوچارت زیر آورده شده است (شکل ۴). با توجه به شکل ۴ مشخص می‌شود که بعد از تهیه مدل رقومی ارتفاع، با استفاده مدل جاذبه قدرت تفکیک مدل رقومی ارتفاع افزایش می‌یابد و از این داده‌ها به عنوان ورودی مدل ژنتیک برای پیش‌بینی آبراهه‌ها در آینده استفاده می‌شود. در این تحقیق از تعادل ایزوستازی که با هر بالآمدگی (ارتفاع بالاتر) یک فرورفتگی (ارتفاع کمتر) ایجاد می‌شود، به منظور پیش‌بینی آبراهه‌ها استفاده شده است.

اطلاعات ورودی ماتریس ماسک یکی از مقادیر آلفا (یعنی ۱ برای کاهش فرسایش و یا ارتفاع، -۱ برای رسوب و یا افزایش ارتفاع، و صفر برای مناطق بدون تغییر ارتفاع) را دریافت می‌کند. به عنوان مثال، اگر مقدار یک سلول در یک ماتریس ماسک ۱ باشد، یعنی سلول مربوط در DEM دارای افزایش ارتفاع است. با استفاده از این روش هر سلول در هر گام زمانی تنها سه گزینه جایگزین دارد و از این رو مدیریت داده‌ها بهتر انجام خواهد شد. در شکل ۲، نمونه‌ای از ماتریس ۵ در ۱۰ که اعداد بین -۱ تا ۱ را دارد آورده شده است:

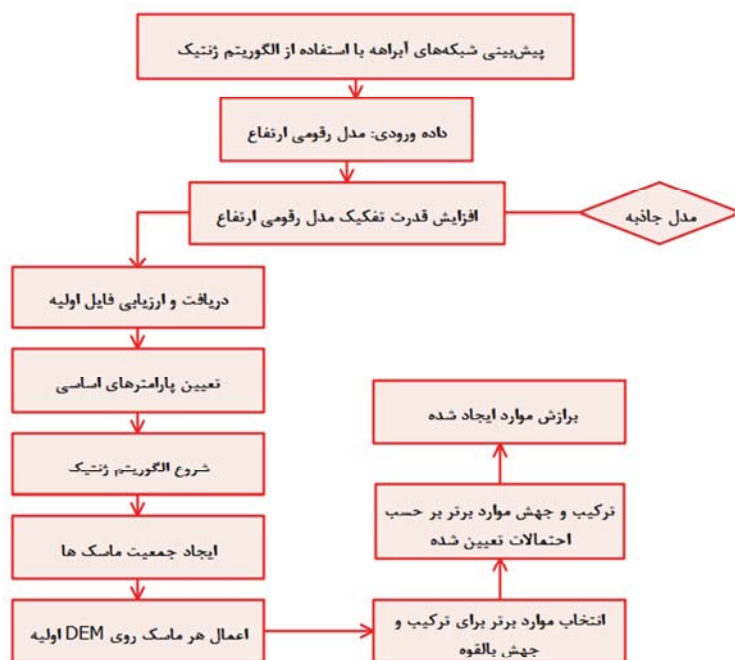
$$\begin{array}{r} [0, -1, -1, 1, -1, 0, 0, 1, 1] \\ [1, -1, -1, 1, 0, 0, 1, 0, 1, -1] \\ [1, 1, 0, 0, -1, 0, -1, -1, 1, 1] \\ \hline [0, 0, -1, 1, -1, 0, -1, 0, 1, 1] \\ \hline [0, -1, -1, 0, 0, 1, 1, -1, 1, -1] \end{array}$$

شکل ۲. نمونه‌ای از ماتریس ماسک برای ابعاد ۵ در ۱۰

در زمان ارزیابی چشم انداز، شرایط آب و هوا و فعالیت‌های زمین ساختی نقش مهمی را ایفا می‌نماید. سناریوی هواشناسی استفاده شده در این مطالعه مقدار بارندگی است که در طول زمان ثابت در نظر گرفته شده است. بدان معنا که جریان ورودی ناشی از بارندگی برای هر سلول برابر است. با ردیابی بارندگی در جریان هر سلول در جهت پایین دست،  $Q_i$  با توجه به معادله زیر محاسبه می‌شود:

$$\text{Minimize } \sum \eta Q_i^{0.5} L_i$$

در این مطالعه، فرض بر این است که میزان فرسایش در ارتفاعات با میزان رسوبگذاری در اراضی پایین دست برابر است. این فرضیه بر این استدلال است که بین فرسایش و بالا رفتن، تعادل برقرار است. به این صورت که بالآمدگی بیشتر منجر به افزایش رسوب بیشتر می‌شود که خود باعث افزایش فرسایش بیشتر می‌شود. این نوع تعادل، فرسایش و رسوب در مکان‌هایی مانند تایوان (Li, 1976)، کوه‌های جنوبی نیوزلند (Adams, 1980) و آلپ مرکزی مشاهده شده است. از این اصل، برای



شکل ۴. مراحل تحقیق

### ۳. نتایج

#### ۳.۱. مدل جاذبه

برای اجرای مدل جاذبه از DEM با قدرت تفکیک مکانی ۳۰ متر استفاده شد. در این مطالعه، به منظور یافتن بهترین زیرپیکسل به منظور افزایش قدرت تفکیک مکانی DEM از همسایگی‌های (T) مختلف (تماس و چهارگانه) با مقیاس‌های (S) مختلف ۲، ۳ و ۴ استفاده شد. به منظور مقایسه و تعیین بهترین مقیاس و همسایگی، ارتفاعات تعیین شده برای هر یک از زیرپیکسل‌ها توسط مدل جاذبه با نقاط زمینی مقایسه شد. تعداد کل نقاط کنترل زمینی ۳۰۰ نقطه بود که به صورت تصادفی در منطقه پراکنده شده‌اند. این نقاط کنترل زمینی (۱۰۰ نقطه) از طریق عملیات نقشه برداری استخراج شده‌اند. مقدار RMSE برای هر DEM به صورت جداگانه محاسبه شد. در جدول ۱، نتایج حاصل از این مقادیر نمایش داده شده است. مطالعات نشان می‌دهد که استفاده از روش زیرپیکسل S2T2 دارای مقدار خطای کمتری نسبت به

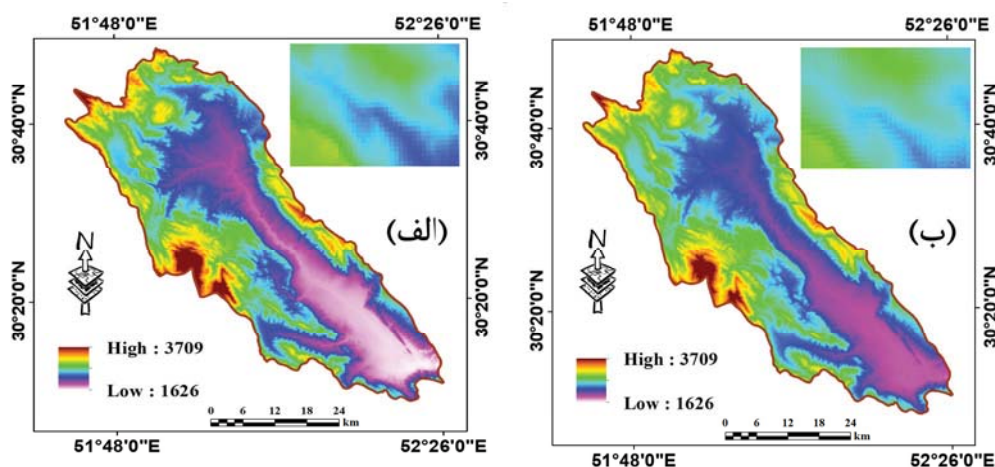
دیگر زیرپیکسل‌ها است. با توجه به شکل ۵ مشخص می‌شود که اطلاعات در زیر پیکسل‌های S2T2 نسبت به پیکسل اولیه بیشتر شده و تغییرات ارتفاعی را بهتر نشان می‌دهد. بنابراین از اینجا می‌توان نتیجه گرفت که افزایش مقیاس باعث افزایش قدرت تفکیک مکانی DEM می‌شود.

#### ۳.۲. الگوریتم ژنتیک

در ادامه، به منظور پیش‌بینی ارتفاعات در آینده، در منطقه مورد مطالعه از GLE برای به‌دست آوردن چشم‌انداز بهینه مطابق با معیار MTEE<sup>۱</sup> استفاده شد. GLE نیاز به مشخص کردن پارامترهای بهینه دارد. در هر مرحله، GLE به دنبال یک چشم‌انداز در تعدادی تکرار است. در این مقاله، تعداد تکرارها ثابت نیست. شرایط خاتمه تا دستیابی به GLE مطلوب ادامه خواهد داشت و اگر بهبودی حاصل نشد، تکرار تا ۱۰۰ بار انجام خواهد شد.

1. minimum total energy expenditure





شکل ۵. الف) DEM با قدرت تفکیک ۳۰ متر، ب) DEM تولید شده از مدل جاذبه با زیرپیکسل S2T2

جدول ۱: مقادیر RMSE برای هر یک از روش‌ها با استفاده از DEM ۳۰ متر S: مقیاس، T1: همسایگی مماس و T2: همسایگی چهارگانه

| روش         | S=2,T=1 | S=2,T=2 | S=3,T=1 | S=3,T=2 | S=4,T=1 | S=4,T=2 | DEM ۳۰ متر |
|-------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|------------|
| مقادیر RMSE | ۵/۱۲    | ۵/۰۹    | ۵/۱۹    | ۵/۳۴    | ۵/۸۷    | ۵/۲۳    | ۵.۳۹       |

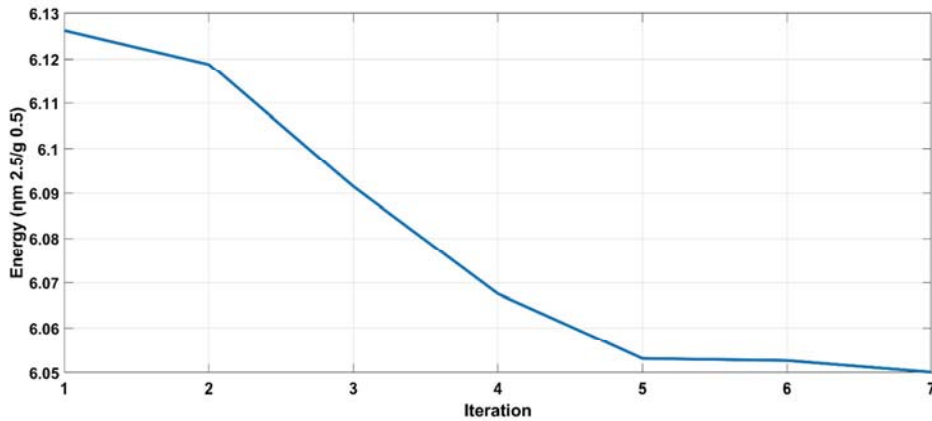
نمودار همگرایی با معیار بهینه تحمیل شده MTEE (شکل ۶) نتایج ۷ مرحله زمان را نشان می‌دهد. نرخ بهینه‌سازی ۱٪، ۱۰۰ تکرار با میزان جهش ۱۰٪ در نظر گرفته شد. با توجه به شکل ۶ مشخص می‌شود که مقدار انرژی در ابتدا زیاد و با گذشته تکرارها کاهش پیدا می‌کند؛ نتایج نشان می‌دهد که در تکرار ۷ به یک میزان ثابتی رسیده است.

بیشتر جریان‌های طبیعی ایجاد شده توسط فرآیندهای رودخانه‌ای دارای شیب ملایمی در پایین دست از قسمت بالادست شیب هستند (Knighton, 1998؛ (Yatsu, 1955). این مورفولوژی می‌تواند برای بررسی مناظر بهینه شده بکار گرفته شود. روش GLE، اولین بار برای مطالعه شبکه‌های کانال بهینه استفاده شده است (Paik, 2011). از آنجا که روش GLE، تکامل چشم انداز ۳ بعدی، با گذشت زمان را کنترل می‌کند، می‌توان پروفایل‌های طولی از DEM (شکل ۶ الف)) از منظر تکامل یافته را آزمایش کرد. نتایج نشان داد مقادیر DEM پیش‌بینی شده نسبت به DEM اولیه ۳۰

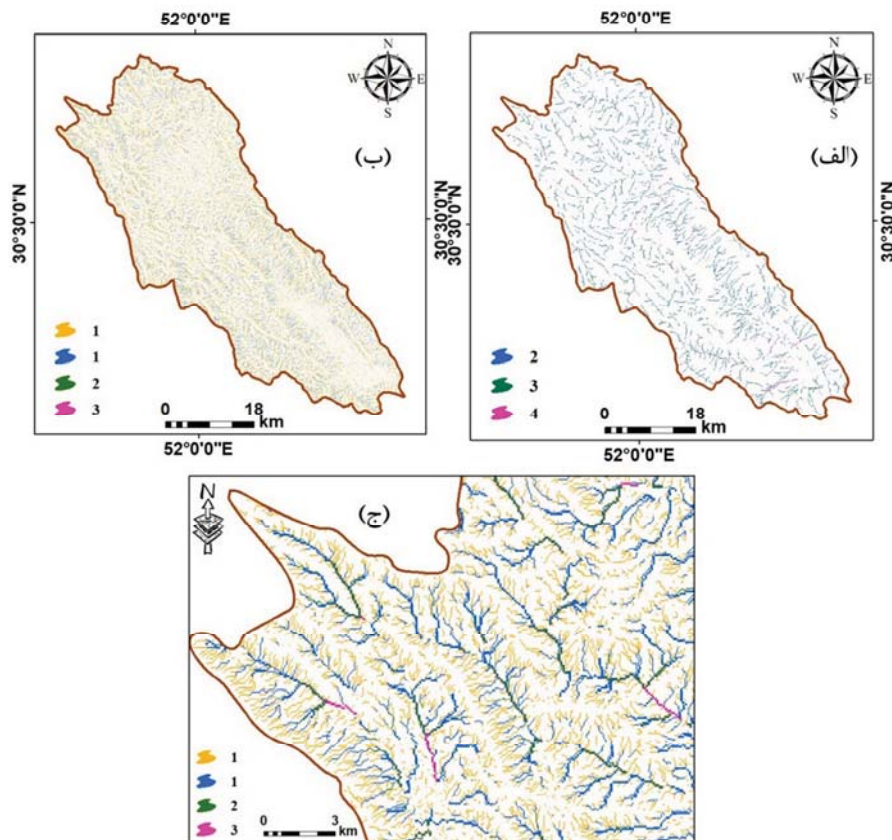
بنابراین تعداد تکرارها حداقل ۱۰۰ است. در طول جستجو GLE بهترین DEM را در جمعیت حفظ می‌کند. هنگامی که شرایط خاتمه ایجاد شود، بهترین شکل زمین با بهترین DEM مشخص شده به عنوان مرجع برای مرحله بعد انتخاب می‌شود و GLE دوباره به این DEM جدید اعمال می‌شود. این نتیجه بهینه‌سازی تا زمانی که به ۷ گام می‌رسد، ادامه می‌یابد و مراحل GLE تکرار می‌شود. در این مقاله، هیچ واحد خاصی برای محدودیت زمانی تعیین نشده است. مدل GLE استفاده شده در تحقیق به طور موفقیت‌آمیزی، بهینه‌سازی مناظر چشم‌انداز را با توجه به MTEE برای منطقه مورد مطالعه انجام داد. نمودار همگرایی با معیار بهینه تحمیل شده MTEE (شکل ۶) نتایج ۷ مرحله زمان را نشان می‌دهد. نرخ بهینه‌سازی ۱٪ با ۱۰۰ تکرار و میزان جهش ۱۰٪ بود. این نوع بهینه‌سازی با هزینه‌های انرژی زیاد در مرحله اول شروع شد، اما مصرف انرژی در مراحل میانی به سرعت کاهش یافت و در تکرارهای نهایی، نرخ هزینه با سرعت کمتری کاهش یافت.

است که توسط GIS در شکل ۷، نشان داده شده است. نتایج نشان می‌دهد که مورفومتری رودخانه‌ها در مدل پیش‌بینی شده نسبت به DEM با قدرت تفکیک مکانی ۳۰ متر تغییر نموده است.

متری دارای مقادیر کمتری است (شکل ۶). در حقیقت، با توجه به زمان، فرسایش باعث کاهش متوسط ارتفاع لندفرم‌ها خواهد شد (Tarbuck and Lutgens, 2008). ارزیابی نتایج بهینه‌سازی نشان می‌دهد که مناظر شکل گرفته بر اساس معیار MTEE دارای ساختار درختی



شکل ۶. میزان انرژی در ۷ مرحله مختلف



شکل ۷. مورفومتری آبراهه‌های حاصل از DEM. (الف) مدل جاذبه، (ب) روش ژنتیک، (ج) مقایسه دو روش جاذبه و ژنتیک



است (Mertens & Chawla, 2014). همچنین، در این مطالعه فرض بر این بود که با استفاده از الگوریتم ژنتیک می‌توان وضعیت شبکه‌های آبراهه حوضه را در آینده پیش‌بینی کرد. نتایج حاصل از مدل جاذبه نشان داد در حالت  $S=2$  مدل همسایگی و چهارگانه می‌توان تصاویری با قدرت تفکیک مکانی بهتر به عنوان داده‌های ورودی الگوریتم ژنتیک انتخاب کرد. همچنین نتایج نشان داد که مدل بهینه‌سازی به‌طور موثر فضای جستجو را با در نظر گرفتن دامنه زمانی و الگوریتم بهینه‌سازی کاهش می‌دهد. این مطالعه با در نظر گرفتن معیار MTEE و ثابت بودن جرم در طول یک دامنه، انجام شده است. نتایج شبیه‌سازی نشان می‌دهد که مناظر بهینه‌سازی شده با توجه به MTEE، یک ساختار درخت مانندی از شبکه‌های طبیعی درختی دارد. همچنین نتایج نشان داد که با گذشت زمان از تعداد آبراهه‌های درجه کمتر کاسته شده و به آبراهه‌های با درجه بیشتر به علت فرسایش بیشتر در منطقه اضافه می‌شود که این تغییر بر روی شکل لندفرم‌ها و وضعیت هیدرولوژیکی حوضه آبخیز تاثیر گذار خواهد بود. بنابراین با استفاده از این مدل‌ها می‌توان وضعیت آبراهه‌ها را در آینده پیش‌بینی کرده و مدیریت بهتری برای حوضه‌های آبخیز اتخاذ کرد.

#### ۵. منابع

- Adams, J., **Contemporary uplift and erosion of the Southern Alps, New Zealand**, Geol. Soc. Am. Bull., Part II, vol. 91, no. 11, pp. 1–114, 1980.
- Ardila, J.P., Tolpekin, V.A., Bijker, W. & Stein, A., 2011, **Markov-random-field-based super-resolution mapping for identification of urban trees in VHR images**, ISPRS J. Photogram. Remote Sens. 66: 762–775.
- Atkinson, P.M., 2005, **Sub-pixel target mapping from soft-classified, remotely sensed imagery**, Photogramm. Eng. Remote Sens. 71 (7): 839–846.

همانطور که در شکل ۷ نشان داده شده، آبراهه‌ها در کل منطقه تغییر کرده است. به‌طوریکه آبراهه‌های درجه ۱ و ۲ به تدریج از بین رفته و جای خود را به آبراهه‌های مرتفع‌تر داده‌اند. در این مطالعه، برای ارزیابی صحت آبراهه‌های پیش‌بینی شده در آینده از نقشه شیب استفاده شد. با توجه به نقشه شیب، مشخص شد که روش GLE، آبراهه‌ها را درست پیش‌بینی کرده است. براساس یافته این مطالعه، به نظر می‌رسد ویژگی‌های مورفومتری رودخانه‌ها تأثیر شگرفی بر خصوصیات اقلیمی و ژئومورفولوژیکی مناطق حوضه آبریز و همچنین فرسایش و میزان سیل آنها دارد. در حقیقت، بررسی وضعیت رودخانه‌ها در یک حوضه آبخیز و پیش‌بینی فرایندها بر اساس مورفومتری رودخانه‌ها در علم ژئومورفولوژی مهم است. به طوری که با پیش‌بینی وضعیت آبراهه‌ها در یک حوضه آبخیز می‌توان اطلاعات مفیدی درباره ویژگی‌های مورفومتری رودخانه‌ها و فرایندهای فعال در حوضه آبخیز مانند فرسایش به‌دست آورد (Jokar Sarhangi, et al., 2017). با پیش‌بینی وضعیت مورفومتری رودخانه‌ها در یک حوضه آبخیز می‌توان وضعیت فرسایش که یکی از مهمترین پارامترهای مهم در بررسی حوضه‌های آبخیز است را پیش‌بینی کرد (Mokarram et al., 2014).

از طرف دیگر خصوصیات مورفولوژیکی رودخانه‌ها بر مقدار و شدت دبی و تعادل حوضه آبریز تأثیر می‌گذارد. بنابراین، پیش‌بینی وضعیت مورفومتری یک آینده رودخانه‌ها می‌تواند به عنوان ابزاری برای برآورد پارامترهای مختلف هیدرولوژیکی مانند رواناب، سیلاب و غیره و همچنین ترویج برنامه‌های هدفمند برای مدیریت حوضه‌های آبریز در آینده نزدیک استفاده شود.

#### ۴. نتیجه‌گیری

در این مطالعه از مدل جاذبه، به منظور افزایش قدرت مکانی و الگوریتم ژنتیک به منظور پیش‌بینی شبکه‌های آبراهه در آینده در شمال استان فارس استفاده شد. فرض اصلی در این تحقیق، وابستگی مکانی بین پیکسل‌ها است که قبلاً مورد مطالعه قرار گرفته

- Banavar, J. R., Colaioni, F., Flammini, A., Amos Maritan, A., & Rinaldo, A., 2001, **Scaling, optimality, and landscape evolution**, Journal of Statistical Physics 104(1), 1-48
- Boucher, A., Kyriakidis, P.C., 2006, **Super-resolution land cover mapping with indicator geostatistics**, Remote Sens. Environ. 104 (3): 264–282.
- Bui, T.N., & Moon, B.R., 1995, **On multi-dimensional encoding/crossover**. In Proceedings of the 6th International Conference on Genetic Algorithms) pp. 56-49, Morgan Kaufmann Publishers Inc.
- Chen, Z., Ye, F., Fu, W., Ke, Y. & Hong, H., 2020, **The influence of DEM spatial resolution on landslide susceptibility mapping in the Baxie River basin, NW China**. Natural Hazards, 1-25
- Hessari, B., Bonabi, O. & Jahangir, I., 2019, **Effects of Digital Elevation Model (DEM) Spatial Resolution on the Recognition of Physiography Characteristics of the Basin (A Case Study of Shahrchai Watershed)**, jwmseir. 13 (45) :12-22
- Jokar Sarhangi, A., Telang, A. & Lorestani, A.H., 2017, **Investigation of morphometric changes of the river with emphasis on the twists. Case study: Chehelchai-Normab river**, Journal of Spatial Planning, Scientific, 27(7), 17-30.
- Kasetkasem, T., Arora, M.K. & Varshney, P.K., 2005, **Super-resolution land cover mapping using a Markov random field based approach**, Remote Sens. Environ. 96 (3/4):302–314.
- Knighton, D., **Fluvial Forms and Processes: A New Perspective**, London, U.K.: Arnold, 1998, p. 383.
- Li, Y.-H., **Denudation of Taiwan island since the Pliocene epoch**, Geology, vol. 4, no. 2, pp. 105–107, 1976.
- Mertens, K.C., Baets, B.D., Verbeke, L.P.C. & Wulf, R.D., 2006, **A sub-pixel mapping algorithm based on sub-pixel/pixel spatial attraction models**, Int. J. Remote Sens. 27 (15): 3293–3310.
- Mertens, J.C.E. & Chawla, N., 2014, **A custom lab-scale high resolution x-ray computed tomography system for 4D materials science. Imaging performance modeling and characterization**, In: Proceedings of SPIE. The International Society for Optical Engineering. <http://dx.doi.org/12,2062638/10,1117>
- Mertens, K.C., Verbeke, L.P.C., Ducheyne, E.I. & Wulf, R.D., 2014, **Using genetic algorithms in sub-pixel mapping**, Int. J. Remote Sens. 24 (21): 4241–4247.
- Mokarram, M., Darvishi Blourani, A. & Neghaban, S., 2014, **Relationship between morphometric features of watersheds and erosion at different altitudes using topographic position index (TPI) Case study: Nazlouchai watershed**, Quarterly Journal of Geographical Information. 26(101), 142-131.
- Mokarrama, M., & Hojati, M., 2018, **Landform classification using a sub-pixel spatial attraction model to increase spatial resolution of digital elevation model (DEM)**, The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science, 21(1), 111-120
- Nigussie, D., Milla, R.Z., Clevers, J.G.P.W., **Possibilities and limitations of artificial neural networks for subpixel mapping of land cover**, Int. J. Remote Sens. 32 (22) (2011) 7203–7226.
- Paik, K., 2011, **Optimization Approach for**

- 4-D Natural Landscape Evolution**, IEEE Trans, Evol. Comput. 15,684-691.
- Paik, K. & Kumar, P., **Emergence of self-similar tree network organization**, Complexity, vol. 13, no. 4, pp. 30–37, 2008.
- Rodríguez-Iturbe, I., Rinaldo, A., Rigon, R., Bras, R.L., Marani, A. & Ijjász-Vásquez, E., 1992, **Energy dissipation, runoff production, and the three-dimensional structure of river basins**, Water Resources Research, 28(4), 1095-1103.
- Shayan, S.; Mullah Mehralizadeh F., Jannati, M., 2006, **Performance data of remote sensing (RS) in mapping landforms and its role in environmental planning**, The Journal of Spatial Planning. Volume 9, Issue 4, Pages 111-148.
- Samal, D. R., Gedam, S.S. & Nagarajan, R., 2015, **GIS based drainage morphometry and its influence on hydrology in parts of Western Ghats region, Maharashtra, India**, Geocarto International, 730,778-755
- Tatem, A.J., Lewis, H.G., Atkinson, P.M. & Nixon, M.S., 2001, **Super-resolution target identification from remotely sensed images using a Hopfield neural network**, IEEE Trans, Geoscience Remote Sensing. 39 (4):781–796.
- Tolpekin, V.A. & Stein, A., 2009, **Quantification of the effects of land-cover-class spectral reparability on the accuracy of markov-random-field-based super resolution mapping**, IEEE Trans. Geosci. Remote Sens. 47 (9): 3283–3297.
- Tarback, E.J. & Lutgens, F.K., 2008, **Earth: an introduction to physical geology**, Pearson Prentice Hall.
- Verhoeye, J., De W. R., 2002, **Land cover mapping at sub-pixel scales using linear optimization techniques**, Remote Sens. Environ. 79 (1): 96–104.
- Wu, K., Zhang, L.P., Niu, R.Q., Du, B. & Wang, Y., 2011, **Super-resolution land-cover mapping based on the selective endmember spectral mixture model in hyperspectral imagery**, Opt. Eng. 50 (12) 126201.
- Xu, X., Zhong, Y. & Zhang, L., 2014, **A sub-pixel mapping method based on an attraction model for multiple shifted remotely sensed images**, Neurocomputing 134 (2014) 79–91.
- Yatsu, E., 1955, **On the longitudinal profile of the graded river**, Trans. Am. Geophys. Union 36, 655. <https://doi.org/10.1029/TR036i004p00655>
- Zhang, L.P., Wu, K., Zhong, Y.F. & Li, P.X., **A new sub-pixel mapping algorithm based on a BP neural network with an observation model**, Neurocomputing 71 (2008) 2046–2054.



نیش از دور

GIS ایران



سنجش از دور و GIS ایران  
Iranian Remote Sensing & GIS

سال دوازدهم، شماره دوم، تابستان ۱۳۹۹  
Vol.12, No. 2, Summer 2020

83-94

## The combination of attraction model and genetic algorithm to predict stream networks

Shaygan, M.<sup>1</sup> and Mokarram, M.<sup>2\*</sup>

1. Assistant Professor, Dept. of Remote Sensing & GIS, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran
2. Associate Professor, Department of Range and Watershed Management, College of Agriculture and Natural Resources of Darab, Shiraz University, Iran

### Abstract

The aim of this study was to use the attraction model to increase the spatial resolution of the Digital Elevation Model (DEM) and to use the genetic algorithm to predict stream network in the future and compare its results with stream of extraction of DEM with resolution of 30 m. In the quadrant neighborhood, a neighbor pixel is the only pixel in the same quadrant while in touching neighborhood a neighbor pixel that is the pixel, which physically touches a subpixel. In this method, the pixels were divided into a number of sub-pixels according to the values of the neighboring pixels. The results of the attraction model showed that Scale 2 with the Neighborhood model 2 is more accurate than other Neighborhoods for extracting DEM with higher resolution. The results showed that the predicted stream-network landscapes created using the GLE algorithm had the self-similar tree structure of natural stream networks. Also, the results of the genetic algorithm showed that a change in the degree of waterways in the study area over time compared to the current situation, so that the degree of number of first-class waterways in the future will change to grade 3 due to erosion in upper lands. Therefore, using these models, the condition of waterways can be predicted in the future and better management can be adopted for watersheds.

**Keywords:** Digital elevation model (DEM), attraction model, genetic algorithm, stream.

\* Correspondence Address: Fars, Darab, Department of Range and Watershed Management, Tel: +98 71 53606207, Mobile : 09177845320.  
Email: m.mokarram@shirazu.ac.ir