پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمّی، سال چهارم، شماره ۱، تابستان ۱۳۹٤
صص. ۱٤٤-۱۳٤

ارزیابی قابلیت شاخص‌های ژئومورفومتری در استخراج نقشه شبکه آبراهه (مطالعه موردی: حوزه سه قلعه–همبو سرایان)

مهدی تازه*– استادیار دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه اردکان، یزد
مریم اسدی– دانشجوی کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشگاه اردکان، یزد
سعیده کلانتری – استادیار دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه اردکان، یزد

پذیرش مقاله: ۱۳۹۳/۱۱/۲۰ تأیید نهایی: ۱۳۹۴/۰۴/۲۹

چکیده

مدل‌های رقومی ارتفاعی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین داده‌ها در جهت استخراج عوارض مختلف و تحلیل‌های رقومی عوارض سطح زمین می‌باشند. پردازش رقومی این اطلاعات بر مبنای انجام محاسبات ریاضی و اعمال معادلات عددی بر روی مدل رقومی ارتفاعی می‌باشد. ساختار ماتریسی این مدل‌ها امکان شبیه‌سازی اشکال‌هندسی مختلف را با استفاده از این داده‌ها فراهم می‌آورد که در علوم مختلف، ازجمله هیدرولوژی کاربرد دارند. شبکه آبراهه‌ها، یکی از مهم‌ترین عناصر مطالعات هیدرولوژی می‌باشد. استخراج شبکه آبراهه‌ها از منابع مختلفی همچون عکس‌های‌هوایی، تصاویرماهواره‌ای و نقشه‌های توپوگرافی امکان‌پذیر است. هدف از این مطالعه امکان‌سنجی استفاده از شاخص‌های ژئومورفومتری در جهت استخراج خودکار آبراهه‌ها می‌باشد. در این مطالعه از انواع مدل‌های رقومی ارتفاعی موجود شامل داده‌های SRTM، مدل‌های رقومی ارتفاعی مستخرج از تصاویر ماهواره‌ای ASTER و مدل‌های رقومی مستخرج از نقشه توپوگرافی ۲۵۰۰۰، استفاده و شبکه آبراهه حاصل از آن با شبکه آبراهه مبنا که از تکمیل و تدقیق شبکه‌ی آبراهه‌ی موجود در نقشه توپوگرافی ۲۵۰۰۰ به‌دست آمد، مقایسه شد. کانال، به‌عنوان یکی از اجزای ژئومورفومتری می‌باشد. اجزای مختلف ژئومورفومتری شامل چاله، مسیر عبور، قله، خط‌الرأس، کانال و سطح صاف و پارامترهای مختلف ژئومورفومتری شامل انحنای سطح، انحنای طول، انحنای متقاطع، انحنای مقطع، تانژانت انحنا، انحنای کل و انحنای عمومی می‌باشد. نتایج این تحقیق نشان داد؛ استخراج کانال‌ها با استفاده از مشتقات جزئی بر روی مدل رقومی ارتفاع با پیکسل سایز ۱۰ متر، دارای بیشترین تشابه با نقشه‌های واقعیت زمینی آبراهه‌ها می‌باشد. در این مطالعه فرض بر این بود که با توجه به اینکه برخی از پارامترهای ژئومورفومتری بیانگر مقادیر انحنا می‌باشد، این مقادیر انحنا می‌تواند مشابه عارضه دره بوده و مرکز این عوارض به‌عنوان آبراهه در نظر گرفته شود؛ که نتایج به‌دست‌آمده، تحقیق این فرض را تائید نکرد. ولی در بین اجزای ژئومورفومتری، پارامتر کانال و نقشه پارامتر مذکور، با ابعاد پیکسل ۱۰ متری، بیشترین تشابه را با شبکه آبراهه منطقه دارد.

واژگان کلیدی: شاخص‌های ژئومورفومتری، مدل‌رقومی‌ارتفاعی، شبکه آبراهه، حوزه سه قلعه

* نویسنده مسئول: ۰۹۱۳۳۵۱۱۹۵۳ E-mail: mehditazeh@gmail.com

مقدمه

شبکه‌ی آبراهه به مجموعه‌ای از آبراهه‌ها گفته می‌شود که در سطح حوزه آبخیز عمل تخلیه‌ی رواناب را انجام می‌دهند. داده‌های شبکه‌ی آبراهه یکی از مهم‌ترین پارامترهای هیدرولوژی حوزه آبخیز می‌باشند که محاسبه‌ی سایر پارامترهای فیزیکی حوزه به آن وابسته است. ازاین‌رو محاسبه و تعیین دقیق شبکه‌ی آبراهه حوضه حائز اهمیت می‌باشد. شبکه‌ی آبراهه عموماً، در قالب‌های مختلف رقومی تهیه می‌گردد اما این روش خطاهای زیادی خواهد داشت که از این جمله می‌توان به عدم تطابق شبکه‌ی آبراهه با ویژگی‌های خطوط تراز اشاره نمود. در این صورت خطوط آبراهه دقیقاً از خط-القعرخطوط توپوگرافی عبور نمی‌کنند و درنتیجه سایر پارامترهای محاسبه‌شده بر اساس شبکه‌ی آبراهه نیز، دقت بالایی نخواهند داشت.استخراج شبکه‌ی آبراهه از منابع مختلف همچون عکس‌های هوایی، تصاویرماهواره‌ای و نقشه‌های توپوگرافی امکان‌پذیرمی‌باشد.شرایط توپوگرافی و ژئومورفولوژی منطقه بر روی شکل‌گیری شبکه‌ی آبراهه و نوع آن مؤثر می‌باشد. درروش سنتی جهت تعیین شبکه‌ی آبراهه از انحنای خطوط توپوگرافی آبراهه‌ها در نقشه‌های توپوگرافی استفاده می‌گردد.

امروزه می‌توان با به‌کارگیری مدل‌های رقومی ارتفاعی به روش‌های مختلف اقدام به تهیه شبکه‌ی آبراهه نمود. در این روش با لحاظ کردن ارتفاع هر پیکسل و مقایسه‌ی ارتفاعی آن با پیکسل‌های مجاور انجام معادلات مشتق‌گیری از توابع مرتبط می‌توان شاخص‌های ژئومورفومتری را تهیه‌کرده وبر اساس آن‌ها شبکه آبراهه را استخراج نمود. همچنین باید این نکته را در نظر داشت که جهت جریان آب در سلول‌ها بر اساس ارتفاع آن‌ها صورت می‌گیرد؛ یعنی جهت جریان از سلول با ارتفاع بیشتر به سمت سلول با ارتفاع کمترمی‌باشد.

نقشه‌های مشتق شده از توپوگرافی ماند شیب، جهت شیب غالب یا جهت جریان به‌منظور شبیه‌سازی رواناب حوضه‌ها از طریق مدل‌های توزیعی هیدرولیکی موردنیاز است. عاشورلو. د. و همکاران (۱۳۸۷) برخی از مدل‌ها تغییرات مکانی انحناء در پروفیل طولی و نیز میزان جریان تجمعی که با عملیات خاصی از مدل‌ها رقومی ارتفاعی مشتق می‌شوند را مورداستفاده قرار می‌دهند استخراج نقشه‌ها تابع نحوه تولید و کیفیت مدل رقومی ارتفاعی است. جهت تهیه‌ی مدل رقومی ارتفاعی از روش درون یابی‌خطی و معادله زیر استفاده می‌گردد:

$$H = (h_2 + \frac{d_2}{d_1+d_2})*(h_1 - h_2)$$

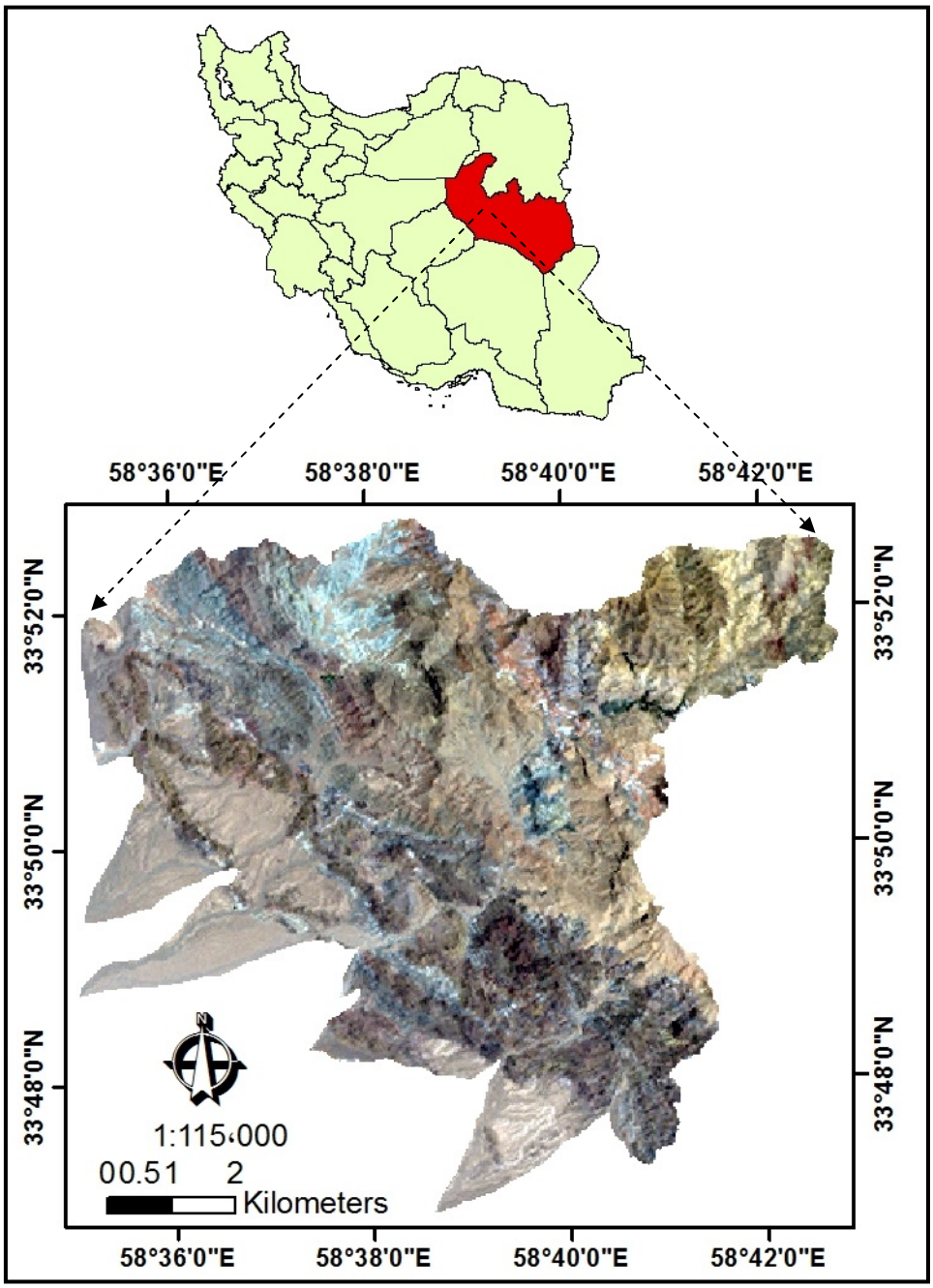
با استفاده از مدل رقومی ارتفاعی ویژگی‌های ژئومورفومتریک قابل‌استخراج می‌باشد. این موارد شامل انحنای‌سطح، انحنای مقطع، انحنای‌متقاطع، تانژانت انحنا، انحنای‌کل و انحنای‌عمومی می‌باشد. تاکنون در زمینه استفاده از مدل‌های رقومی ارتفاعی مطالعات مختلفی انجام‌شده است. طباطبایی، م و قدوسی، ج (۱۳۸۳)، آن‌ها ابتدا نقاط سرشاخه‌ای آبراهه های حاصل از نقشه‌های توپوگرافی را استخراج و سپس با توجه به نقشه‌ی جهت جریان آب، مسیر جریان را علامت-گذاری کرده و درنهایت نقشه جدید آبراهه را برای حوزه تهیه نموده‌اند. طباطبایی، م و همکاران (۱۳۸۷) شبکه‌های آبراهه‌ای گسسته رقومی را به شبکه‌های پیوسته تبدیل نموده به‌طوری‌که موقعیت آبراهه‌های تولیدی با تعداد و موقعیت شاخه‌های شبکه آبراهه اولیه برابر گردید. جنسون و دومینکو(۱۹۸۸) اظهار می‌دارند که با تعریف یک حد آستانه بر روی لایه تجمع جریان می‌توان آن دسته از سلول‌هایی را که دارای تجمع جریان هستند را به‌عنوان سلول‌های شبکه آبراهه در نظر گرفت. وینشل و همکاران(۲۰۰۸) روشی را تعریف کرده‌اند که با واردکردن لایه‌های مکانی شبکه آبراهه رقومی به مدل ارتفاعی رقومی، ارتفاع سلول در مناطقی غیر از محل شبکه آبراهه‌ای افزایش چشمگیری داشته و درنتیجه آن امکان تولید شبکه‌های آبراهه مصنوعی و ترسیم مرز زیر حوزه‌ها با مشخص نمودن یک حد آستانه‌ای فراهم می‌گردد. میخائیل (۲۰۰۸) به بررسی تأثیر شیب در اندازه سلول پرداخت و نشان داد که طول آبراهه با شیب زمین دارای رابطه می‌باشد و مدلی را بر اساس تغییرات شیب ارائه نمود در این تحقیق تعیین اندازه پیکسل‌مدل ارتفاعی رقومی با مبنای

هیدرولوژیکی بر اساس طول آبراهه و مساحت حوزه مدنظر قرارگرفته است. هل وگر (۱۹۹۷) روشی را بر اساس اصول AML به‌صورت یک برنامه رایانه‌ای قابل‌اجرا در محیط GIS تحت عنوان ArcHydro ارائه نمود، که در آن به‌منظور ترسیم اتوماتیک مرز زیرحوضه‌ها، تولید شبکه‌آبراهه‌ای مصنوعی و غیره، ارتفاع سلول‌های مدل ارتفاعی رقومی زمین در محل شبکه آبراهه‌ای رقومی حوضه کاهش‌یافته و در مراحل بعد با تعیین یک حد آستانه با استفاده از لایه‌های جهت و تجمع جریان آب، شبکه آبراهه‌ای مصنوعی جدیدی منطبق با الگوی جریان آب حوضه تولید می‌گردد. ساندرس (۲۰۰۰) با کاهش ارتفاع سلول‌های مدل ارتفاعی رقومی در مسیر شبکه‌ی آبراهه‌ای، لایه جهت جریان آب را در محل شبکه آبراهه‌ای رقومی حوضه اصلاح نموده به‌نحوی‌که جهت جریان آب در سلول‌های این لایه با مسیر شبکه آبراهه‌ای رقومی انطباق دارد. گای و همکاران (۲۰۰۳) درروشی مشابه با روش ساندرس و تحت عنوان REA با تحمیل عوارض جاده-ای، پل‌ها بر روی لایه مدل ارتفاعی رقومی نسبت به اصلاح جریان سطحی اقدام نمودند. گرین لی (۱۹۸۷) در تحقیقاتی اقدام به تهیه نقشه جهت جریان آب از روش معروف D8 نموده که اساس این روش در نظر گرفتن ارتفاع هر پیکسل و مقایسه‌ی آن با هشت پیکسل مجاور می‌باشد. مورفی و همکاران (۲۰۰۷) در تحقیقاتی به بررسی تأثیر کیفیت و قدرت تفکیک مکانی مدل ارتفاعی رقومی در استخراج شبکه‌های آبراهه‌ای حوزه‌های آبخیز روی مدل‌های تولیدی حاصل از روش‌های فتوگرامتری باقدرت تفکیک مکانی ۱۰ متر و داده‌های لیدار باقدرت تفکیک مکانی ۱ متر انجام داده و پس از انجام مقایسات بین شبکه‌های آبراهه‌ای تولیدشده از مدل مذکور با شبکه آبراهه‌ای حاصل از برداشت و مشاهدات زمینی نتیجه‌گیری نمود که شبکه آبراهه‌ای حاصل از داده‌های دقیق‌تر بوده و انطباق بیشتری را با شبکه آبراهه واقعی در مقایسه با شبکه آبراهه‌ای منتج از مدل ارتفاعی رقومی به روش فتوگرامتری نشان می‌دهد. در این تحقیقات نیز به امکان استخراج شبکه‌ی آبراهه به‌طور خودکار بر اساس شاخص‌های ژئومورفومتری پرداخته‌شده است.

مواد و روش‌ها

منطقه‌ی مطالعاتی

محدوده مطالعاتی مجموعاً مساحت ۷۳۰۰ هکتار در جنوب استان خراسان جنوبی و در محدوده شهرستان سرایان واقع‌شده است. این محدوده از ۵۸ درجه و ۳۵ دقیقه تا ۵۸ درجه و ۴۳ دقیقه طول شرقی و ۳۳ درجه و ۴۶ دقیقه تا ۳۳ درجه و۵۳ دقیقه عرض شمالی گسترش‌یافته است. در این مطالعه از نقشه‌های توپوگرافی شماره‌های , 7757-4NE 7757-4SW, ,7757-4SE 7757-4NW استفاده شد. همچنین به‌منظور بررسی خطوط تقسیم آب از شبیه-سازی سه‌بعدی برمبنای مدل رقومی ارتفاعی زمین، و انطباق مرز حوزه بر روی تصاویر ماهواره‌ای و همچنین تصاویر Google Earth استفاده شد. تصویر ماهواره‌ای استفاده‌شده، مربوط به سنجنده ETM^+ ماهواره‌ای لندست، به شماره‌ی 037-159 می‌باشد.



شکل۱- ترکیب ۳۲۱ از تصویر ماهواره‌ای لندست به همراه موقعیت منطقه موردمطالعه

ژئومورفومتری علم کمی‌سازی عوارض توپوگرافی، با تمرکز بر استخراج پارامترهای عوارض سطح زمین بر اساس مدل رقومی ارتفاعی می‌باشد. داده ورودی در مطالعات ژئومورفومتری مدل ارتفاعی به‌صورت رستری و با سلول‌های مربعی می‌باشد (تازه، م. و همکاران، ۱۳۹۲). مدل رقومی ارتفاعی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین داده‌ها جهت استخراج عوارض رقومی مختلف در سطح زمین می‌باشد. پردازش رقومی این داده‌ها بر اساس انجام محاسبات ریاضی و اعمال معادلات عددی بر روی مدل‌رقومی ارتفاعی صورت می‌گیرد. ساختار ماتریس مدل‌ها امکان شبیه‌سازی اشکال هندسی متنوعی را با استفاده از این داده‌ها فراهم می‌آورد. بخشی از این محاسبات درعلم هیدرولوژی جهت مشخص کردن عوارض هیدرولوژیکی در سطح زمین همچون شبکه آبراهه‌ها مورداستفاده قرار می‌گیرند.

محاسبه مشتق دوم در مدل رقومی ارتفاعی انحنا گفته می‌شود که می‌توان آن را جهت شناسایی شاخص‌های ژئومورفومتری مورداستفاده قرارداد. مدل‌های مختلف ژئومورفومتری اولین با توسط اوانس (۱۹۷۲) به‌صورت خلاصه در زمینه تحلیل ریاضی عوارض سطح زمین در حالت کلی و در تفکیک عوارض سطح زمین به‌صورت خاص مورداستفاده قرار گرفت. مقادیر کمی عوارض سطح زمین به ویژگی‌های توپوگرافی برمی‌گردد. وود (۱۹۹۶) الگوریتم‌های عددی را برای توصیف کمی ناهمواری‌ها با استفاده از تعداد محدودی عدد و رقم برای طبقات مورفومتری و اشکال آن، ارائه کرد. قواعد تعریف‌شده برای هر کلاس مورفومتری، بر پایه مقدار شیب و تقعر آن بنانهاده شده بود که هر دو از مدل رقومی ارتفاعی استخراج می‌گردد. رویکرد وی بر پایه نظریه اوانس (۱۹۷۲) بود که سطح زمین را به‌عنوان یک سطح پیوسته فرض می‌کند. نحوه محاسبه‌ی آن‌ها در جدول (۱) آورده شده است.

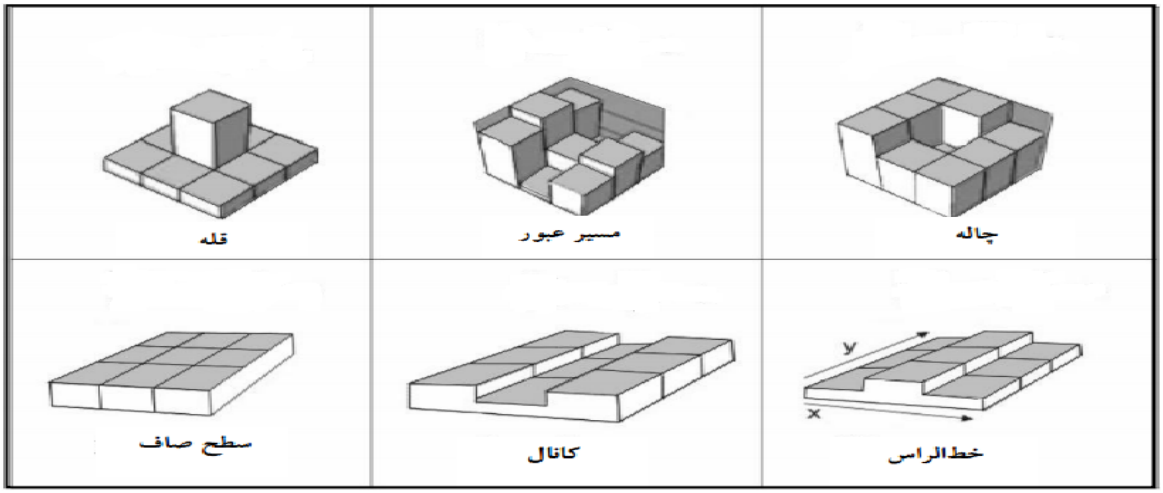
استفاده از پارامترهای مورفومتریک، بیانگر پیشرفت در توصیف ویژگی‌های هریک از اجزای مدل‌های رقومی ارتفاعی می‌باشد و این پارامترها به‌طور کامل بیان‌کننده ترکیب و ارتباط پیکسل‌ها در بیان لندفرم‌های مختلف می‌باشد. (بولوگاروسرونا و همکاران، ۲۰۰۵). پارامترهای مورفومتری بیانگر شکل سطح زمین هستند؛ این پارامترها با استفاده از مقادیر عددی و مشتقات حاصل از مدل ارتفاعی رقومی استخراج می‌گردند، که برای شناسایی شاخص‌های ژئومورفومتریک بسیار مناسب می‌باشند این روابط در جدول (۲) آورده شده است.

جهت انجام این تحقیق ابتدا خطوط ارتفاعی و شبکه‌ی آبراهه حوضه مطالعاتی از نقشه توپوگرافی ۲۵۰۰۰ استخراج شد و در مرحله بعد شبکه آبراهه مبنا از تکمیل وتدقیق شبکه آبراهه موجود در نقشه توپوگرافی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و عکس‌های هوایی به دست آمد. پس‌ازآن مدل ارتفاعی رقومی منطقه با ابعاد پیکسل‌های ۱۰ و۲۰ و ۵۰ تهیه و در کنار مدل‌های رقومی حاصل از تصاویر ماهواره‌ای Aster و همچنین داده‌های SRTM، استفاده گردید. انتخاب مدل رقومی ارتفاعی با اندازه پیکسل مناسب جهت استخراج پارامترهای هیدرولوژی مانند آبراهه‌ها حائز اهمیت است. سپس بر اساس هریک از مدل‌های رقومی ساخته‌شده از روی خطوط توپوگرافی منطقه و مدل رقومی ارتفاعSRTM شاخص‌های مورفومتری همچون انحنای مقطع (Profile Curvature) و انحنای سطح (Plan Curvatore) و تانژانت انحنا (TangentialCurvature) و انحنای متقاطع (Croos_sectional Curvatur) و انحنای طول (Langitudinal Curvature) و انحنای کل (Total Curvature) و انحنای عمومی (General Curvature) استخراج گردید.

جدول (۱) پارامترهای مرفومتری(Evans, 1972; Wood, 1996; Shary et al, 2002)

پارامتر	معادله ریاضی
انحنای شکل	$-\frac{p^2r+2pqs+q^2t}{(p^2+q^2)\left(\sqrt{1+p^2+q^2}\right)^3}$
انحنای مقطع	$\frac{q^2r-2pqs+p^2t}{\left(\sqrt{p^2+q^2}\right)^3}$
انحنای مماسی	$-\frac{q^2r-2pqs+p^2t}{(p^2+q^2)\left(\sqrt{1+p^2+q^2}\right)^3}$
انحنای طولی	$-2\left(\frac{p^2r+pqs+q^2t}{p^2+q^2}\right)$
انحنای متقاطع	$2\left(\frac{q^2r-pqs+p^2t}{p^2+q^2}\right)$
انحنای کل	$r^2+2s^2+t^2$
انحنای عمومی	$-2(r+t)$

سپس میزان تطابق شبکه آبراهه با هر یک از پارامترهای ژئومورفومتری موردبررسی قرار گرفت و درنهایت پارامتر مناسب که دارای بیشترین میزان تطابق با شبکه آبراهه جهت استخراج خودکار شبکه می‌باشد تعیین‌گردید. از طرف دیگر با استفاده از مشتقات جزئی در راستاهای مختلف می‌توان اشکال و عوارض مختلف ژئومورفولوژی را شبیه‌سازی نمود. ازجمله این موارد می‌توان به پارامترهای Peak ، Rideg، Pass ، Plan ، Channel و Pit اشاره نمود. این پارامترها در ادامه معرفی و معادلات مربوط به آن‌ها آورده شده است.



شکل ۲- شش نوع ویژگی مورفومتریک

جدول زیر معادلات مربوط به نحوه محاسبه هریک از پارامترهای فوق را نشان می‌دهد.

نام ویژگی	فرمول مشتقات
Peak	$\frac{\delta^2 z}{\delta x^2} > 0 \frac{\delta^2 z}{\delta y^2} > 0$
Rideg	$\frac{\delta^2 z}{\delta x^2} > 0 \frac{\delta^2 z}{\delta y^2} = 0$
Pass	$\frac{\delta^2 z}{\delta x^2} > 0 \frac{\delta^2 z}{\delta y^2} < 0$
Plan	$\frac{\delta^2 z}{\delta x^2} = 0, \frac{\delta^2 z}{\delta y^2} = 0$
Channel	$\frac{\delta^2 z}{\delta x^2} < 0, \frac{\delta^2 z}{\delta y^2} = 0$
Pit	$\frac{\delta^2 z}{\delta x^2} < 0, \frac{\delta^2 z}{\delta y^2} < 0$

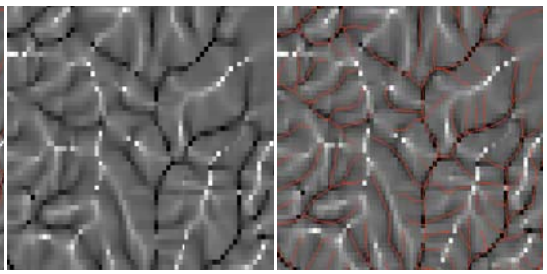
با توجه به شکل فوق می‌توان انتظار داشت شکل کانال دارای انطباق با وضعیت گودی‌ها یا همان آبراهه‌ها می‌باشد. بدین ترتیب معادله مربوط به محاسبه کانال بر روی مدل‌های رقومی ارتفاعی، اعمال و نتایج مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفت.

نتایج

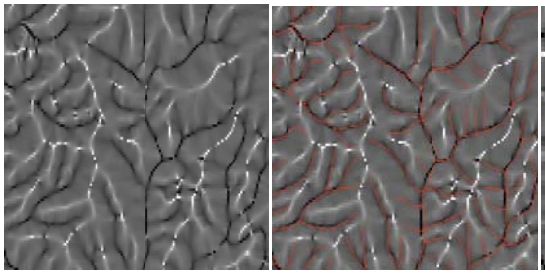
نتایج این تحقیق نشان داد، که مدل رقومی ارتفاعی با ابعاد پیکسل ۱۰متر دارای بیشترین دقت بوده و جزئیات بیشتری را نمایش می‌دهد. همچنین پارامترهای ژئومورفومتری حاصل از آن جزئیات بهتری را نشان می‌دهد. تفسیر بصری تطابق شبکه آبراهه‌ها با پارامترهای ژئومورفومتری، نشان می‌دهد که در بین پارامترهای مذکور، انحنای سطح (Plan Curvatore) دارای بیشترین تطابق با محل عبور آبراهه‌ها می‌باشد. در این میان ابعاد پیکسل ۱۰ متری، بهترین تطابق رانشان می‌دهد. بدین منظور ابتدا پارامترهای مختلف ژئومورفومتری با استفاده از مدل رقومی ارتفاعی با ابعاد پیکسل ۱۰، ۲۰، ۵۰، ۹۰ محاسبه و نقشه آن‌ها تهیه شد. پس از مقایسه‌ی بین نقشه‌های به‌دست‌آمده، ابعاد ۱۰ متری بهترین نتایج را به‌صورت بصری نشان داد. جهت نمونه نقشه پارامتر انحنای سطح در تمام پیکسل سایزهای مدل‌های رقومی ارتفاعی موجود آمده است. بدین منظور یک پنجره‌ای از نقشه‌های محاسبه‌شده، بزرگنمایی شده و در ادامه آمده است. شکل زیر موقعیت پنجره بزرگنمایی شده را در منطقه موردمطالعه نشان می‌دهد.

شکل ۳- محدوده انتخابی جهت نمایش

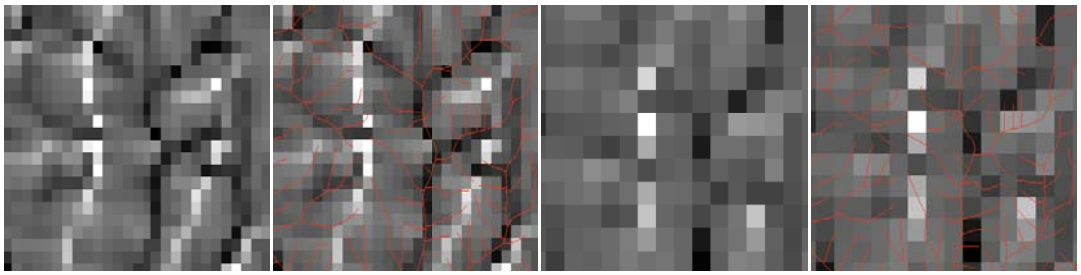
تمامی پارامترهای مذکور با استفاده از تمام مدل‌های رقومی ارتفاعی با پیکسل سایزهای مختلف موردبررسی و ارزیابی قرار گرفت. در بین نقشه‌های به‌دست‌آمده، پارامتر انحنای سطح بیشترین تطابق را با شبکه آبراهه‌ها نشان می‌دهد. با توجه به تعداد بسیار بالای نقشه‌ها، تنها نقشه پارامتر انحنای سطح در تمام پیکسل سایزهای مورداستفاده به‌عنوان نمونه آورده شده است. اشکال زیر نقشه‌های انحنای سطح را در تمام مدل‌های رقومی ارتفاعی مورداستفاده به همراه همپوشانی آن با آبراهه‌های آن محدوده نشان می‌دهد.



شکل ۴-پارامترانحنای سطح حاصل از مدل رقومی با پیکسل ۱۰ متری

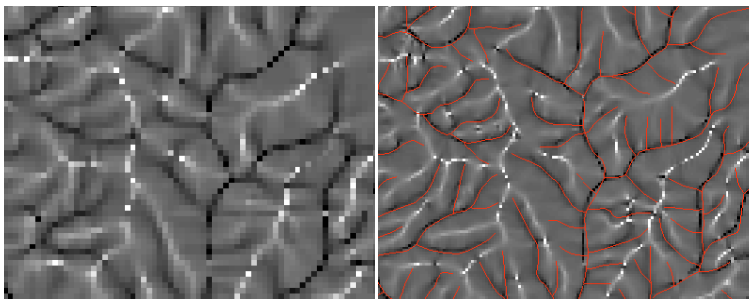


شکل ۵-پارامترانحنای سطح حاصل از مدل رقومی با پیکسل ۲۰ متری

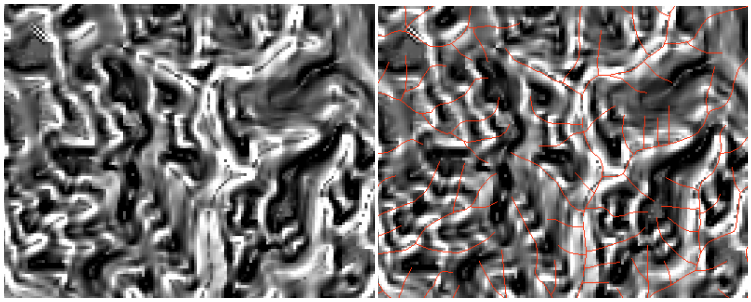


شکل۶- پارامتر انحنای سطح حاصل از مدل رقومی شکل ۷-پارامتر انحنای سطح حاصل از مدل رقومی با پیکسل ۹۰ متری

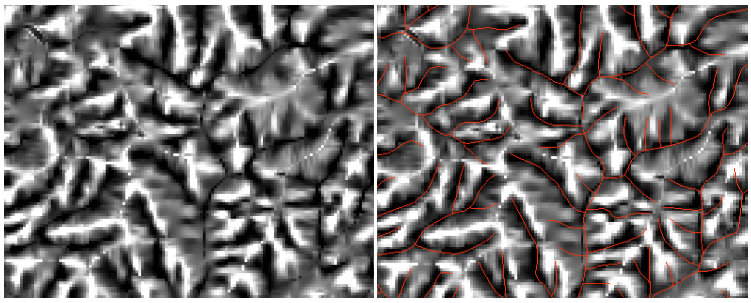
بررسی و تفسیر نتایج فوق نشان می‌دهد عارضه‌ی آبراهه با استفاده از پارامترهای ژئومورفومتری در پیکسل سایز ۱۰ دارای تشابه بیشتری با مقادیر واقعی می‌باشد. بدین ترتیب پیکسل سایز ۱۰ متری مبنا قرارگرفته و محاسبات برای سایر پارامترها ژئومورفومتری با همین ابعاد پیکسل تکرار و تکمیل شد. نقشه‌های زیر مقادیر پارامترهای ژئومورفومتری در منطقه موردمطالعه با ابعاد پیکسل ۱۰ متری برای تمام پارامترهای فوق نشان می‌دهد.



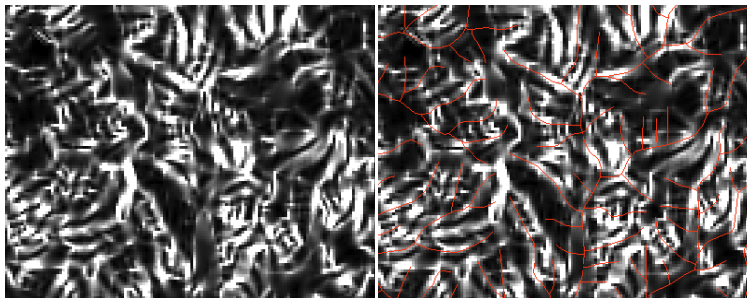
شکل ۸-پارامترانحنای سطح حاصل از مدل رقومی با پیکسل ۱۰متری



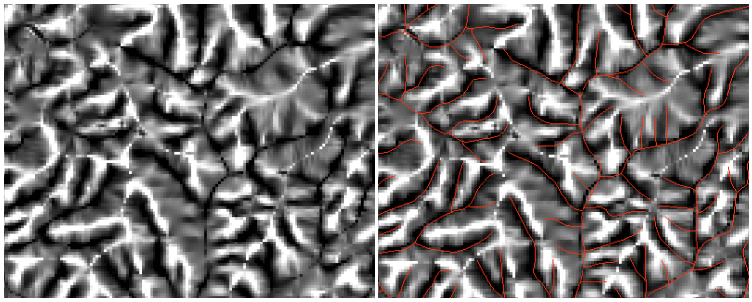
شکل۹-پارامترانحنای مقطع حاصل از مدل رقومی



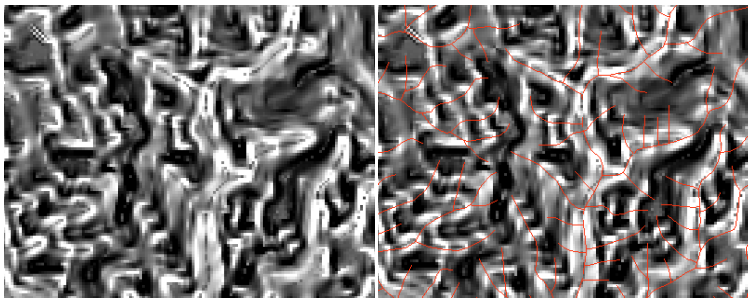
شکل ۱۰-پارامترانحنای متقاطع حاصل از مدل رقومی با پیکسل ۱۰متری



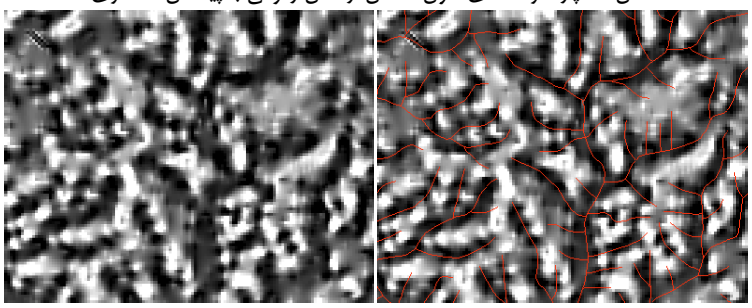
شکل۱۱–پارامتر انحنای کل حاصل از مدل رقومی با پیکسل ۱۰متری



شکل ۱۲– پارامتر تانژانت انحنا حاصل از مدل رقومی با پیکسل۱۰متری

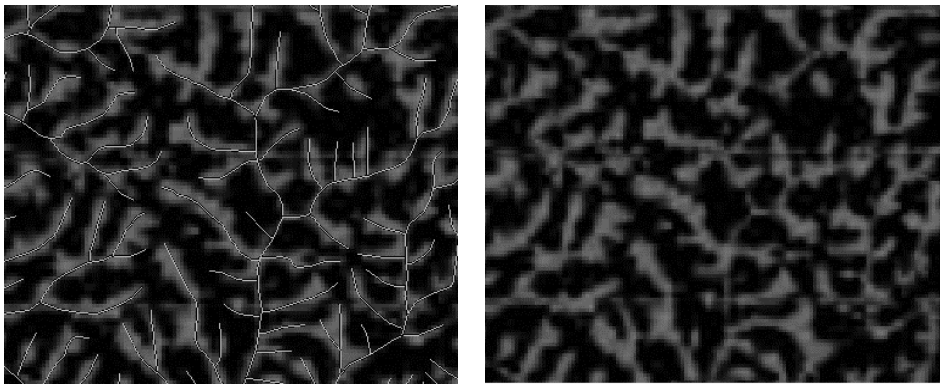


شکل۱۳–پارامتر انحنای طول حاصل از مدل رقومی با پیکسل ۱۰متری



شکل۱۴–پارامتر انحنای عمومی حاصل از مدل رقومی با پیکسل ۱۰متری

از طرف دیگر در عوارض ژئومورفومتری ارائه‌شده توسط وود (۱۹۹۶) نیز پارامترهای مختلفی وجود دارد که در بین آن‌ها عارضه chanel می‌تواند به‌عنوان تعریف رقومی و عددی آبراهه در نظر گرفته شود. این پارامترها نیز با استفاده از مدل رقومی ارتفاعی مختلف محاسبه و نتایج مورد مقایسه قرار گرفت. شکل زیر نقشه کانال‌ها بر اساس روش وود با استفاده از مدل‌های رقومی ارتفاعی با ابعاد پیکسل ۱۰ را نشان می‌دهد.



شکل ۱۵-تطابق شبکه‌ی آبراهه با نقشهChannel

شکل فوق نشان می‌دهد عارضه کانال درروش وود، منطبق با شبکه آبراهه‌ها بوده و با تبدیل ساختار نقشه فوق به ساختار وکتوری، نتیجه به‌دست‌آمده دارای تطابق زیادی با شبکه آبراهه‌های موجود در منطقه و قابل‌استخراج از نقشه‌های توپوگرافی رقومی می‌باشد.

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که از بین پارامترهای ژئومورفومتری پارامتر انحنای سطح بیشترین تطابق را با آبراهه‌های منطقه موردمطالعه داشته است. بدین منظور می‌توان پارامتر مذکور را به‌عنوان یکی از لایه‌های مورداستفاده در تهیه نقشه شبکه آبراهه‌ها به‌صورت خودکار و نیمه‌خودکار، مورداستفاده قرارداد. تاکنون مطالعه‌ای در زمینه قابلیت پارامترهای ژئومورفومتری در تشخیص و تفکیک آبراهه‌ها انجام‌نشده است ولی در سایر زمینه‌ها ازجمله استفاده از پارامترهای مذکور در تفکیک تیپ‌های مختلف دشت‌سر مطالعاتی صورت گرفته است. در تحقیقات تازه، م، و همکاران (۱۳۹۳) انحنای مقطع در تفکیک تیپ‌های مختلف دشت‌سر قابلیت بیشتری نسبت به انحنای سطحی از خود نشان می‌دهد. از طرفی با توجه به مدل‌های رقومی استفاده‌شده ابعاد پیکسل ۱۰ متری به‌عنوان مناسب‌ترین ابعاد صرفاً به‌منظور استخراج آبراهه‌ها می‌توان در نظر گرفت. عاشورلو. د.(۱۳۸۷) به این نتیجه رسیدند که اندازه پیکسل‌های ۵ و ۱۰ مناسب بوده و خطای جا-به‌جایی آبراهه‌های استخراج‌شده از آن کمتر می‌باشد. از طرف دیگر با بررسی ویژگی‌های مورفومتری روش وود، عارضه کانال با استفاده از ابعاد پیکسل ۱۰ متری دارای بیشترین تطابق با شبکه آبراهه‌ها می‌باشد. از نتایج این تحقیق می‌توان در تکمیل و توسعه ابزارهای خودکار در مطالعات هیدرولوژی، استخراج شبکه آبراهه‌ها و همچنین در تهیه نقشه‌های رقومی ژئوموفومتری استفاده نمود.

منابع

- تازه، م. و همکاران (۱۳۹۳)،طبقه‌بندی دشت‌سرهای مناطق بیابانی بر اساس پارامترهای ژئومورفومتری، پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، سال دوم، شماره ۴۰
- شایان، س. و همکاران. ارزیابی کارایی شاخص‌های ژئومورفومتریک به روش وود در طبقه‌بندی لندفرم‌های مناطق خشک. سال۹۰
- طباطبایی،م. قدوسی،ج. ۱۳۸۴. روشی جدید برای ترسیم خودکار شبکه آبراهه‌ها در حوزه‌های آبخیز (حوزه آبخیز امامه)با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی. پژوهش سازندگی. شماره ۶۷.
- طباطبایی،م. مجیدی، ع. روغنی، م. ترمیم شبکه‌های آبراهه‌ای رقومی گسسته با توسعه یک مدل شیءگرا در محیط *GIS*. علوم مهندسی و آبخیزداری ایران. سال دوم شماره ۴۰

- عاشورلو، د. و همکاران. تعیین اندازه پیکسل جهت محاسبه خصوصیات فیزیوگرافی حوضه آبریز برای نقشه-های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ایران. فصل‌نامه زمین‌شناسی ایران. سال دوم. شماره۸.
- *Bolongaro_Crevenna, A., Torres_Rodriguez, v., Frame, D.,Ortiz, M. A., 2005. Geomorphometric analysis for characterizing landfroms in Morelos state, Mexico. Geomorphology67, 407_422.*
- *Evans I.S., 1972."General geomorphometry,derivatives of altitude and descriptive statistics". In R.J.Chorley (Ed), Spatial Analysis in Geomorphology, $p_{p.}$ 17_90, Londo: Methuen & Co.Ltd, 1972.*
- *Greenlee, D. D. 1987. Raster and Vector Processing for scanned Linework, Photoggrammetric Engineering and Remote Sensing. Vol. 53, NO. 10, october1987, pp. 1383_13887.*
- *Guy,D.D.Kienzle,S. W. Johnson, D. L. and Byrne, J. M. 2003. Improving overland Flow Routing by Incorporating Ancillary Road Data into Digital Elevation Models Journal of Spatial Hydrology. Vol. 3, No. 2 Fall2003.*
- *Hellweger, F. 1997. AGREE DEMSurface Reconditining System. (Availableat http://www.ce.utexas.edu/ prof/ maidment/ gishydro/ ferdi/ research/ agree/ agree.html)*
- *Jenson, S.K. and Domingue, J. O. 1988. Extracting Topographic Structure from Digital Elevation Data for Geographic Information system Analysis, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing. Vol. 54, No. 11, November 1988, Pp.1593_1600.*
- *Saunders, W. 2000. Preparation of DEMs for use in environmental modeling analysis. In: Hydrologic and Hydraulic Mideling Support with Geographic Information Systems, edited by Dr.D. Maidment and Dr. Dean Djokic, pp.29-51. Redlands, Environmental Systems Research Institute Inc.*
- *Shary.P, Sharaya.L, Mitusov.A, 2002, Fundamental quantitative methods of landsurface analysis, Geoderma, 107, pp.1-32.*
- *.Michele.Di.., 2008.correlation between channel and hillslop lengths and its effectson the hydrologic response Journal of Hydrology, volume362, 260-273*
- *Murphy, P. N. C. Ogilvie, J. Meng, F. and Arp, p. 2007. Stream Network Modeling Using Lidar and Photogrammetric Digital Elevation Models: A Comparsion and Field Verific,tion Processes. Volume, Pages1747_ 1754.*
- *Winchell, M. Srinivasan, R. Diluzio, M. and Arnold, J. 2008. ArcSWAT2.0 Interface for SWAT 2005 Users Gulde. Blackland Research Center, USDA Agricultural Research Servic.*
- *Wood, J. D., 1996 The Geomorphologic Characterization of digital elevation models.PhD Dissertation, University of Leicester, UK.*