# مقایسهٔ روش‌های رقومی جهت استخراج نقشهٔ آبراهه‌ها (مطالعه موردی: منطقهٔ خضرآباد، استان یزد)

**فهیمه مختاری‌پورزرندی:** *کارشناسی ارشد بیابان‌زدایی، گروه طبیعت، دانشکدهٔ کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اردکان*
**مهدی تازه:** *دانشیار گروه طبیعت، دانشکدهٔ کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اردکان*
**علیرضا خوانین‌زاده:** *استادیار گروه طبیعت، دانشکدهٔ کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اردکان*
**سعیده کلانتری*:** *استادیار گروه طبیعت، دانشکدهٔ کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اردکان*

نوع مقاله: پژوهشی
**تاریخچهٔ مقاله (تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۴/۲۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۰/۱۱)**

**چکیده**

**ویژگی‌های ژئومورفولوژی در تغییر عکس‌العمل‌های یک حوضه آبخیز نقش اساسی دارد و می‌تواند بر پتانسیل فرسایش و رسوب‌زایی آبخیزها تأثیرگذار باشد. آبراهه‌ها در فرسایش آبی هم به عنوان بستر فرسایشی و هم به عنوان مسیر حمل رسوبات است. نقشهٔ آبراهه‌های مورد استفاده، به‌طور عمده بر مبنای نقشه‌های رقومی توپوگرافی است. در این مطالعه، شبکه آبراهه‌های منطقهٔ خضرآباد یزد ـ که از مدل‌های رقومی ارتفاعی مختلف استخراج شده بود ـ با شبکه آبراههٔ قابل استخراج از تصاویر ماهواره‌ای مقایسه شد. در بخش اول، از مدل‌های رقومی ارتفاعی ده متر، سی متر و مدل رقومی حاصل از نقشهٔ توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ و نرم‌افزار آرک هیدرو استفاده شد. در بخش دوم نیز از تصاویر ماهواره‌ای، تکنیک‌های مختلف پردازش تصویر و شاخص‌های Near Infra-Red, Leaf Water Content, Environment for Visualizing Image استفاده شد. نتایج این تحقیق نشان داد که دقت نقشه‌های به دست آمده با استفاده از مدل رقومی ارتفاع، در مناطق کوهستانی ۰/۹۴ و در مناطق دشتی ۰/۹۳ است. همچنین تصاویر ماهواره‌ای، از شاخص Normalized Difference Vegetation Index شبکه آبراهه‌ای حاصل شد که در مناطق دشتی با ضریب کاپای ۰/۶۳ و میزان دقت کلی ۴۷ درصد، بیشتر تحت‌تأثیر عوارض محیطی بود و در نشان دادن آبراهه‌ها توانایی کمتری داشت. شاخص NIR با دقت کلی ۹۲ درصد، بیشترین تطابق را با شبکه آبراهه‌ای سازمان نقشه‌برداری داشت و در قسمت کوهستان نیز کمتر تحت‌تأثیر خطاهای ناشی از عوارض توپوگرافی قرار گرفت. شاخص LWC با دقت کلی ۸۶ درصد و ضریب کاپای ۰/۷۸، آبراهه‌های کمتری را نسبت به شاخص NIR در بخش دشت نشان داد. بررسی میزان دقت شاخص‌های مورد استفاده نیز نشان داد که این شاخص‌ها آبراهه‌ها را در مناطق دشتی بهتر از مناطق کوهستانی تشخیص می‌دهد و علت این امر، فقدان عوارض توپوگرافی و سایه در بخش دشت است که از ایجاد خطا در تشخیص آبراهه‌ها جلوگیری می‌کند.**

**واژگان کلیدی: اندازهٔ سلولی، شاخص NDVI، شبکه آبراهه‌ها، مدل رقومی ارتفاع.**

* نویسندهٔ مسئول: skalantari@ardakan.ac.ir



[ DOR: 20.1001.1.22517812.1402.13.2.8.2 ]

**۱ـ مقدمه**

ویژگی‌های ژئومورفولوژی در تغییر واکنش‌های یک حوضه آبخیز نقش اساسی دارد و می‌تواند بر توان فرسایش و رسوب‌زایی آبخیزها تأثیرات مهمی داشته باشد (Fathizad et al, 2017 & Tazeh, 2004). در این میان، تأثیر رخساره‌های ژئومورفولوژی در تغییر میزان فرسایش خاک ظاهر می‌شود که اثرات آن، در میزان تولید رسوب و کیفیت رواناب‌های سطحی نمود می‌یابد (Dastorani et al, 2008). یکی از مناطق برداشت ذرات توسط باد، آبراهه‌ها است و در حقیقت، فرسایش خاک از مشکلات اساسی در حفظ منابع طبیعی به‌شمار می‌رود (Afrasyabi et al, 2019 & Zehtabian et al, 2013). ایجاد ارتباط بین مورفولوژی آبراهه‌ها و فرایندهای فعال در آنها، به درک درست و پیش‌بینی واکنش آنها به تغییرات طبیعی و انسانی کمک می‌کند. بنابراین، شناسایی پدیده‌های ژئومورفولوژیکی ـ که بتوان بر اساس آنها ساختار آبراهه‌ها را به‌منظور مشخص کردن تغییرات مورفولوژی رودخانه در واکنش به فرایندهای رودخانه‌ای مثل سیلاب‌ها طبقه‌بندی کرد ـ لازم و ضروری است (Tazeh et al, 2008). امروزه با استفاده از رایانه، وجود نرم‌افزارهای توانمند سنجش از دور و سامانهٔ اطلاعات جغرافیایی، می‌توان محاسبات لازم را با سرعت و دقت بسیار بالایی انجام داد (Fathizad andTazeh, 2016). صدق‌آمیز و همکاران (۱۴۰۱)، به بررسی روش‌های رقومی و قدرت تفکیک مکانی داده‌ها در شناسایی لندفرم‌ها پرداختند. هدف از این تحقیق، تهیهٔ داده‌هایی با قدرت تفکیک بیشتر برای دریافت اطلاعات با جزئیات بیشتر بود و از مدل جاذبه، برای افزایش قدرت تفکیک مکانی مدل رقومی ارتفاعی سی متر در بخشی از رودخانهٔ کر واقع در جنوب استان خوزستان استفاده شد. نتایج نشان داد که لندفرم‌های آبراهه‌ها، زهکش‌های شیب میانی و زهکش‌های مناطق مرتفع، قابلیت تفکیک مناسب‌تری داشتند.

در مطالعات فیزیوگرافی، هیدرولوژی و منابع آب، محاسبهٔ پارامترهای شبکه آبراهه‌ای حوضه‌های آبخیز اهمیت ویژه‌ای دارد؛ به نحوی که بسیاری از محاسبات مربوط به رواناب، رسوب، فرسایش و غیره بر پایهٔ محاسبهٔ پارامترهای شبکه آبراهه‌ای حوضه انجام می‌شود. عواملی نظیر طول، شیب، تراکم، زمان تمرکز و رتبه‌بندی، تنها بخشی از پارامترهای اولیهٔ شبکه‌های آبراهه‌ای مورد نیاز این گونه مطالعات است و از سوی دیگر، محاسبه و تجزیه و تحلیل صحیح این پارامترها مبتنی بر وجود شبکه آبراهه‌ای پیوسته و منطبق با الگوی جهت جریان آب در حوضه آبخیز است. بررسی‌های انجام شده در این زمینه نشان می‌دهد که شبکه آبراهه‌ای حوضه‌های آبخیز اغلب اشکالاتی دارد؛ نظیر ناپیوستگی و فقدان تطابق کامل با الگوی جریان آب (در مقیاس سلول) که این امر، روندیابی مسیر جریان آب‌های سطحی را در مدل‌های رستری با مشکل مواجه می‌سازد. به منظور اصلاح یا ساخت شبکه‌های آبراهه‌ای به صورت خودکار، تا کنون تلاش‌های ارزشمندی صورت گرفته‌است که به‌طور عمده به تولید شبکه‌های آبراهه‌ای مصنوعی حوضه‌های آبخیز با بهره‌گیری از لایه‌های مکانی جهت، تجمع جریان آب و تعریف یک حد آستانه از سوی کاربر در محیط GIS همراه بوده‌است (Kousari et al, 2011).

داده‌های شبکه آبراهه یکی از مهم‌ترین پارامترهای هیدرولوژی حوضه آبخیز است که محاسبهٔ سایر پارامترهای فیزیکی حوضه بدان وابسته است؛ از این رو، محاسبه و تعیین دقیق شبکه آبراههٔ حوضه اهمیت زیادی دارد. توپوگرافی در توزیع جریان آب در مناطق طبیعی نقش مهمی دارد؛ بنابراین، ارزیابی کمی این فرایند با شکل توپوگرافی منطقه ارتباط نزدیکی دارد. توپوگرافی منطقه را می‌توان به وسیلهٔ مجموعه‌ای از مقادیر ارتفاعی مدل نمود و مدل رقومی ارتفاعی

[ DOR: 20.1001.1.22517812.1402.13.2.8.2 ]

زمین تشکیل شده را به کمک الگوریتم‌های خاصی (از لحاظ دقت) تجزیه و تحلیل کرد (Kargaran et al, 2017 & Khosravi et al, 2020). شبکه آبراهه عموماً در قالب‌های مختلف رقومی تهیه می‌شود، اما این روش خطاهای زیادی دارد که از آن جمله می‌توان به فقدان تطابق شبکه آبراهه با ویژگی‌های خطوط تراز اشاره کرد. در این صورت، خطوط آبراهه دقیقاً از خط القعر خطوط توپوگرافی عبور نمی‌کند و در نتیجه، سایر پارامترهای محاسبه شده بر اساس شبکهٔ آبراهه نیز دقت بالایی ندارد. در روش سنتی، برای تعیین شبکه آبراهه از انحنای خطوط توپوگرافی آبراهه‌ها در نقشه‌های توپوگرافی استفاده می‌شود. امروزه می‌توان با به کارگیری مدل‌های رقومی ارتفاعی به روش‌های مختلف، به تهیهٔ شبکه آبراهه پرداخت. در این روش با لحاظ کردن ارتفاع هر پیکسل و مقایسهٔ ارتفاعی آن با پیکسل‌های مجاور انجام معادلات مشتق‌گیری از توابع مرتبط، می‌توان شاخص‌های ژئومورفومتری را تهیه کرد و بر اساس آن به استخراج شبکه آبراهه پرداخت. 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 کمتر است. در این روش، منطقهٔ مورد نظر به تعدادی سلول شبکه‌بندی می‌شود. در ساده‌ترین حالت، هر سلول بیانگر عددی است که ارتفاع آن را مشخص می‌کند و با استفاده از اطلاعات رقومی ارتفاعی زمین می‌توان به مدل پخش آب در حوضه دست یافت. خصوصیات مختلفی مانند شیب، جهت شیب، طول جریان، سطح انباشت و شبکه آبراهه‌ها، به آسانی از مدل ارتفاعی زمین قابل استخراج است؛ به گونه‌ای که پیشرفت فناوری‌های مدل‌سازی رقومی زمین، سیستم‌های اطلاعات مکانی، افزایش دسترسی به مدل ارتفاعی زمین و بالا رفتن کیفیت DEM[1]، کاربرد DEM را در تحلیل‌های ژئومورفولوژیک به‌طور قابل ملاحظه‌ای افزایش داده‌است. در سال‌های اخیر، مدل‌های رقومی ارتفاع ــ که حاصل جمع‌آوری و تبدیل داده‌های ارتفاعی به روش‌های دورسنجی، نقشه‌برداری مستقیم یا رقومی‌سازی نقشه‌های کاغذی است ــ به ابزاری مؤثر در نمایش و تحلیل ناهمواری تبدیل شده‌است. یکی از کاربردهای مهم مدل‌های رقومی ارتفاع، استخراج شبکه زهکشی برای تحلیل‌های مورفومتری و استفاده در مدل‌سازی‌های هیدرولوژیک است.

ظریف‌کار در سال ۱۳۹۴، تأثیر پیکسل سایز مدل رقومی ارتفاعی را در محاسبهٔ پارامترهای هیدرولوژیکی حوضه آبخیز سد نهرین بررسی کرد. نتایج نشان داد که نرم‌افزار Arc Hydro برای محاسبهٔ پارامترهای مذکور مناسب‌تر است، سپس با استفاده از مدل‌های رقومی ارتفاعی ASTER، SRTM و ده متری سازمان نقشه‌برداری کشور (در اندازه‌های سلولی متفاوت) و با استفاده از نرم‌افزار Arc Hydro، پارامترهای فیزیوگرافی در آستانه‌های سلولی مختلف استخراج و با معیار ارزیابی مذکور مقایسه شد. نتایج نشان داد که با افزایش اندازهٔ سلولی مدل رقومی ارتفاعی، وضوح و دقت مدل کاهش می‌یابد و به ایجاد خطا در نتایج منجر می‌شود. مدل رقومی ارتفاعی با اندازه پیکسل ده متر و آستانه سلولی پنجاه تا صد سلول برای مطالعات هیدرولوژیکی مناسب است.

هاریس و همکاران (2012) در منطقهٔ کویزلند استرالیا، به بررسی شبکه آبراهه‌ای مستخرج از مدل رقومی ارتفاعی با اندازه سلولی مختلف پرداختند. نتایج پژوهش نشان داد که شبکه زهکشی استخراج شده با استفاده از مدل رقومی ارتفاعی بیست متری ساخته شده از روی نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ و مقایسهٔ آن با دادهٔ مدل‌های رقومی ارتفاعی با وضوح بالای لیدار، بیانگر این است که اندازه سلولی بیست متری برای ایجاد شبکه زهکشی کافی و مناسب است.

[1] Digital Elevation Model



[ DOR: 20.1001.1.22517812.1402.13.2.8.2 ]

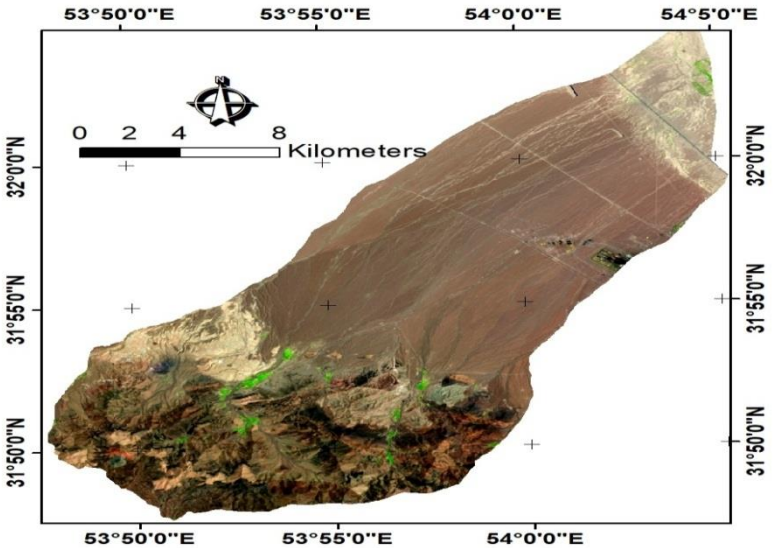
دهواری و هک (2013) مطالعه‌ای بر روی خصوصیات توپوگرافی و هیدرولوژیکی در امتداد ساحل شرقی دریاچهٔ هورن انجام دادند. آنها در این مطالعه با ساخت مدل‌های رقومی ارتفاعی ۲، ۳، ۴، ۵، ۸ و ۱۰ متری از روی مدل رقومی ارتفاعی ساخته شده از داده‌های لیدار با اندازه سلولی یک متر، به بررسی و توزیع پارامترهای مبتنی بر منطقه مانند شیب، اندازهٔ حوضه، تعداد آبراهه‌ها و دیگر ویژگی‌های شکل زمین در اندازه‌های سلولی متفاوت پرداختند. نتایج این مطالعه نشان داد که با افزایش اندازهٔ سلولی، تعداد و تراکم رودخانه‌ها کاهش می‌یابد؛ به نحوی که این تغییرات در اندازه‌های کوچک سلولی مانند ۲، ۳ و ۴ متراکم‌تر است و در اندازه‌های ۵، ۸ و ۱۰ متر افزایش قابل توجهی دارد.

از آنجایی که در روش‌های کیفی تهیهٔ نقشهٔ آبراهه‌ها، نظر کارشناسی به اختلاف در نتایج حاصل شده منجر می‌شود، استفاده از روش‌های کمی در استخراج خودکار و نیمه خودکار شبکه آبراهه‌ها اهمیت زیادی دارد و ضرورت تحقیق را نشان می‌دهد. هدف از این تحقیق، مقایسهٔ شبکه آبراههٔ مستخرج از مدل‌های رقومی ارتفاعی مختلف است که برای رسیدن به آن از مدل‌های رقومی ارتفاعی ده متر، سی متر و مدل رقومی حاصل از نقشهٔ توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ استفاده می‌شود.

در حقیقت ، استفاده از تکنیک‌های مختلف پردازش تصویر در بارزسازی آبراهه‌ها و استفاده از فن سنجش از دور در تشخیص خشکه‌رودها از نوآوری‌های تحقیق حاضر است.

## ۲ـ منطقهٔ مورد مطالعه

منطقهٔ خضرآباد، در شهرستان صدوق واقع در استان یزد با وسعتی معادل ۷۸۲ کیلومتر مربع و در ده کیلومتری غرب شهر یزد در موقعیت جغرافیایی ′۵۵ °۵۳ تا ′۲۰ °۵۴ طول شرقی و ′۴۵ °۳۱ تا ′۱۵ °۳۲ عرض شمالی قرار دارد (شکل ۱). ارتفاع متوسط منطقه، ۱۳۹۷ متر است و ۸۴/۷۹ درصد منطقه (۶۶۳ کیلومتر مربع) نیز شیبی کمتر از ده درصد دارد. بنابراین، بیشترین قسمت منطقه را اراضی پست با شیب متوسط ۹/۴۱ درصد تشکیل می‌دهد. بر مبنای اقلیم نمای آمبروژه، اقلیم منطقه در شرایط خشک و سرد بیابانی طبقه‌بندی می‌شود. متوسط بارندگی سالیانه نیز ۱۲۱ میلی‌متر است (Qermezcheshmeh et al, 2020).




**شکل ۱: منطقهٔ مورد مطالعه**



[ DOR: 20.1001.1.22517812.1402.13.2.8.2 ]

### ۳ـ مواد و روش

با استفاده از الگوریتم‌های موجود در نرم‌افزار ARCHYDRO، شبکه رستری برای جریان ساخته و لایه رستری تجمعی جریان از آن استخراج شد. لایهٔ تجمع جریان برای هر سلول، تعداد سلول‌هایی را که جریان خود را به سلول مذکور هدایت می‌کند، تعیین و درجه‌بندی می‌سازد که در آن، سلول‌هایی که دارای بیشترین مقدار عددی است منطبق بر خط القعرها و سلول‌هایی با مقادیر نزدیک به صفر و صفر منطبق بر خط الرأس‌ها است. شبکهٔ تعریف جریان (لایهٔ شبکه‌ای جریان) از لایه رستری تجمع جریان ساخته می‌شود و در ساخت شبکهٔ تعریف جریان نیز از حد آستانه سلولی متفاوتی با توجه به هدف تحقیق استفاده می‌شود. Hosseinzadeh and Jihadi Torghi (2010) بر اساس مطالعات قبلی انجام شده معتقدند آستانه‌های ۲۵ تا ۵۱ سلول، نتایجی نزدیک به واقعیت دارد. برای استخراج شبکه آبراهه‌ای از منطقهٔ مورد مطالعه، از مدل‌های رقومی ارتفاع ۳۰، ۱۰ و مدل رقومی ارتفاع حاصل از خطوط توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ منطقه به‌وسیلهٔ نرم‌افزار ARCHYDRO استفاده شد که در نهایت، سه نقشهٔ شبکه‌آبراهه‌ای از سه DEM مذکور استخراج شد (Hosseinzadeh and Jihadi Torghi, 2010). در این پژوهش، از نقشهٔ شبکه زهکشی مستخرج از نقشه‌های توپوگرافی رقومی ــ که توسط سازمان نقشه‌برداری کشور ارائه شد ــ به‌عنوان معیار نزدیک به واقعیت زمینی استفاده شد.

### ضریب کاپا

متداول‌ترین روش برای ارزیابی کمی صحت طبقه‌بندی، انتخاب تعدادی پیکسل از پیکسل‌های نمونه معلوم و مقایسهٔ کلاس آنها با نتایج طبقه‌بندی است. این داده‌های معلوم را واقعیت زمینی یا داده‌های مرجع می‌نامند. اجرای نمونه‌برداری، از طریق بازدید زمینی یا با استفاده از داده‌های قبلی نظیر نقشه‌های موجود یا تصاویر هوایی فضایی موجود صورت می‌گیرد. ضریب کاپا، تکنیک چند متغیرهٔ گسسته‌ای است که اگر یک ماتریس خطا تفاوت معناداری با دیگری داشته باشد، در ارزیابی صحت برای تصمیم‌گیری‌های آماری استفاده می‌شود. در مواردی که توافق حقیقی (مشاهده شده) به یک و توافق احتمالی به صفر نزدیک شود، مقدار K به یک نزدیک می‌شود که این حالت ایده‌آل است. در واقع، شاخص کاپا مقداری بین صفر و یک است؛ اگر مقدار کاپا صفر باشد بیانگر یک طبقه‌بندی کاملاً تصادفی است و اگر مقدار این شاخص یک باشد، یک طبقه‌بندی کاملاً صحیح را نشان می‌دهد و مقدار منفی نیز به معنی وجود خطا در طبقه‌بندی است (Alavi Panah, 2007).

تراکم زهکشی از نسبت طول کل شبکه هیدروگرافی شامل همهٔ آبراهه‌ها (اصلی و فرعی) به مساحت حوضه به دست می‌آید. این خصوصیت بیانگر وضعیت رواناب و فرسایش در قسمت‌های مختلف آن است و به‌وسیلهٔ رابطهٔ ۱ به‌دست می‌آید.

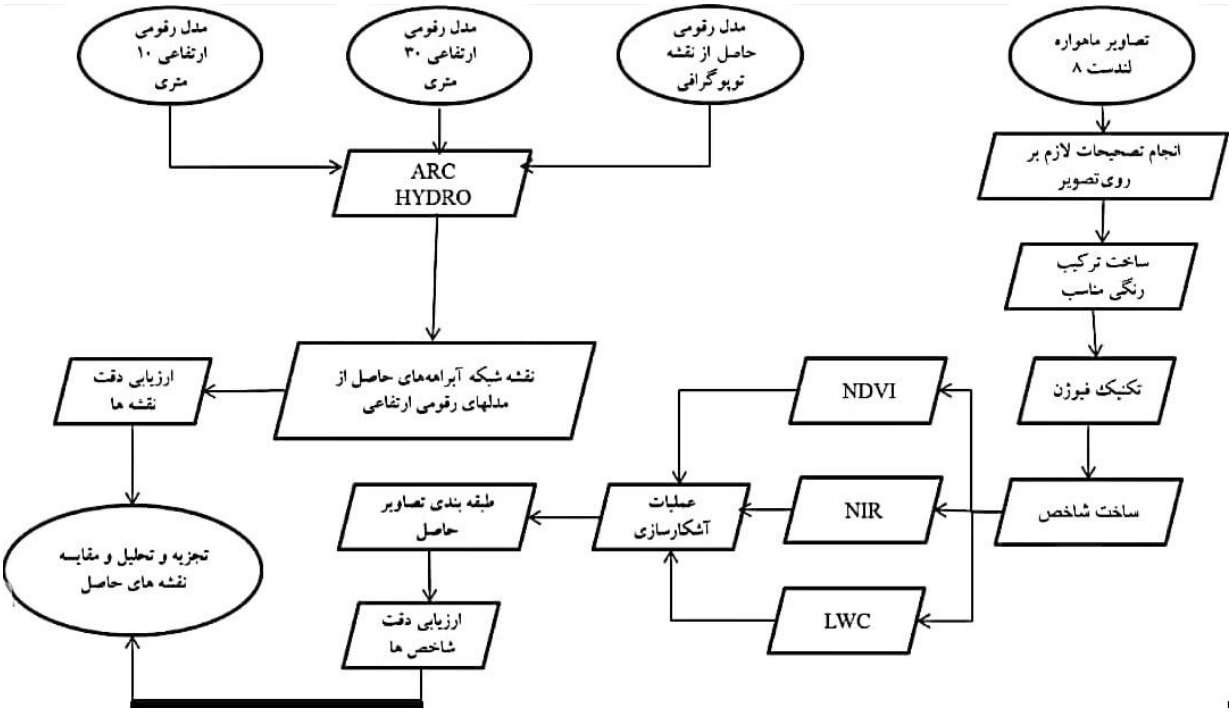
$$Dd=\frac{\Sigma Li}{A}$$ رابطهٔ ۱

که در آن پارامتر Dd تراکم زهکشی به m/m، Li طول آبراهه‌ها به km و A پارامتر مساحت حوضه به $km^2$ است.



[ DOR: 20.1001.1.22517812.1402.13.2.8.2 ]

تمام مراحل اجرای پژوهش نیز در قالب فلوچارت و در شکل ۲ ارائه شد.




**شکل ۲: مراحل اجرای پژوهش**

## ۴ـ یافته‌ها (نتایج)

### نتایج به‌دست آمده از مدل رقومی ارتفاعی ده متری

پس از تعیین پارامترهای فیزیوگرافی حوضه، به محاسبهٔ آنها با استفاده از نرم‌افزار ARC HYDRO و روابط مورد نظر پرداخته شد. جدول شمارهٔ ۱، نتایج مربوط به پارامترهای فیزیوگرافی حوضه را نشان می‌دهد.

**جدول ۱: مقایسهٔ مقادیر پارامترهای فیزیوگرافی به دست آمده در اندازه‌های سلولی متفاوت**

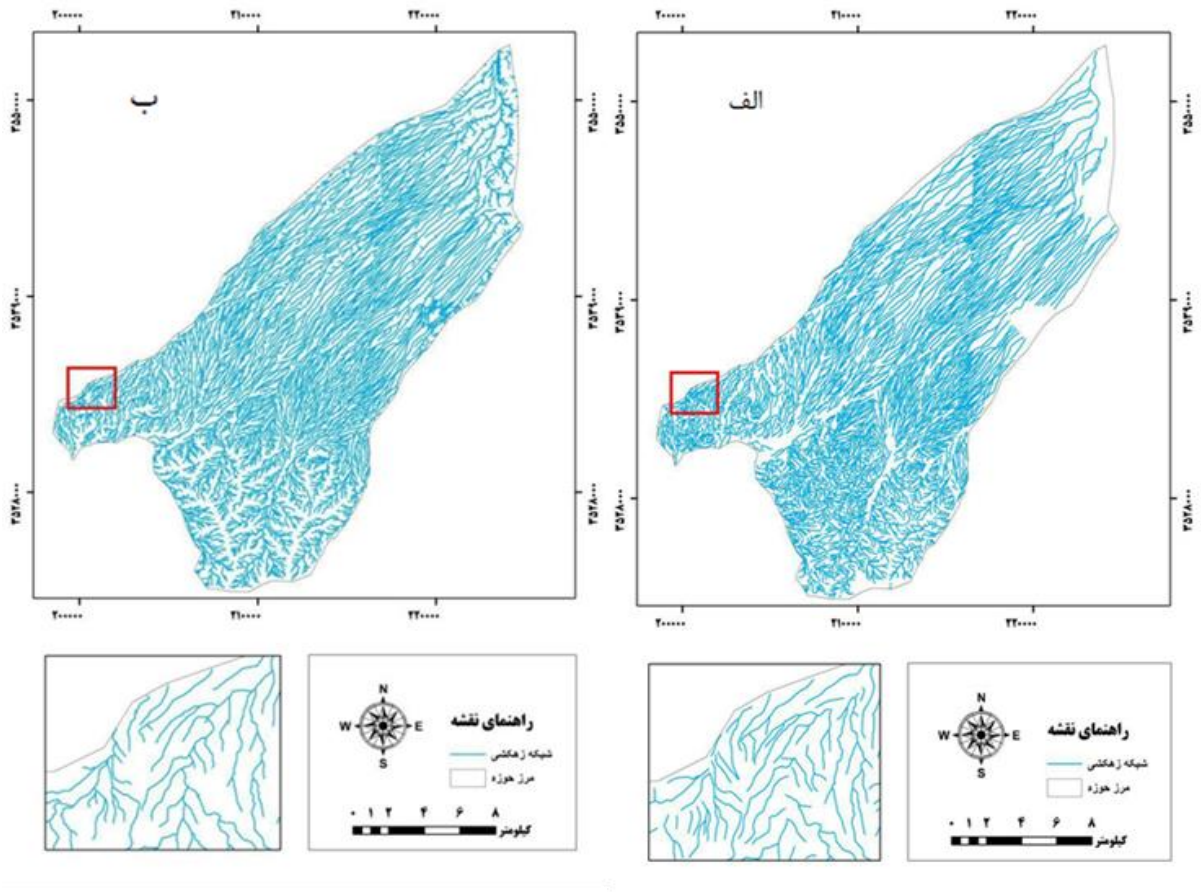
| پارامترها / داده‌ها | مجموع طول آبراهه‌ها (m) | تراکم زهکشی (m) |
|---|---|---|
| **DEM10** | ۲۹۱۲۴۷۶ | ۰/۰۰۷ |
| **DEM30** | ۱۴۳۰۸۲ | ۰/۰۰۳ |
| **DEM حاصل از خطوط توپوگرافی** | ۱۴۲۸۲۱ | ۰/۰۰۳ |
| **شبکه آبراهه‌ای سازمان نقشه‌برداری کشور** | ۲۳۵۵۰۷۵ | ۰/۰۰۵ |

با توجه به نتایج مقادیر مجموع طول آبراهه‌ها در جدول ۱ مشاهده می‌شود که بیشترین مقدار به اندازه سلولی ده متر اختصاص دارد؛ به صورتی که مدل با دقت بیشتری به محاسبهٔ طول آبراهه‌ها می‌پردازد. با توجه به مقادیر تراکم زهکشی در جدول ۱ مشاهده می‌شود که با افزایش اندازهٔ سلولی، مقدار تراکم زهکشی کاهش می‌یابد. این مسئله بیانگر آن است که با افزایش اندازهٔ سلولی، آبراهه‌های رتبه پایین‌تر حذف می‌شود. با توجه به اینکه تراکم زهکشی از فرمول ۱



[ DOR: 20.1001.1.22517812.1402.13.2.8.2 ]

به‌دست می‌آید و در این فرمول تعداد آبراهه‌ها و طول آنها تأثیر بسیاری در تراکم زهکشی دارد؛ مشاهده می‌شود که هر چه اندازهٔ سلولی مدل رقومی ارتفاعی افزایش یابد از تراکم زهکشی کاسته می‌شود. تراکم زهکشی به‌دست آمده با استفاده از اندازه سلولی ده متری، نزدیک‌ترین مقدار به واقعیت است. در ادامه، نقشهٔ شبکه آبراهه‌ای با استفاده از DEM10 و نرم‌افزارArc hydro استخراج و با نقشهٔ شاهد (نقشهٔ شبکه آبراهه‌ای سازمان نقشه‌برداری کشور) مقایسه شد.




**شکل ۲: الف) نقشهٔ آبراهه‌ای سازمان نقشه‌برداری کشور ب): نقشهٔ آبراهه‌ای حاصل از DEM10**

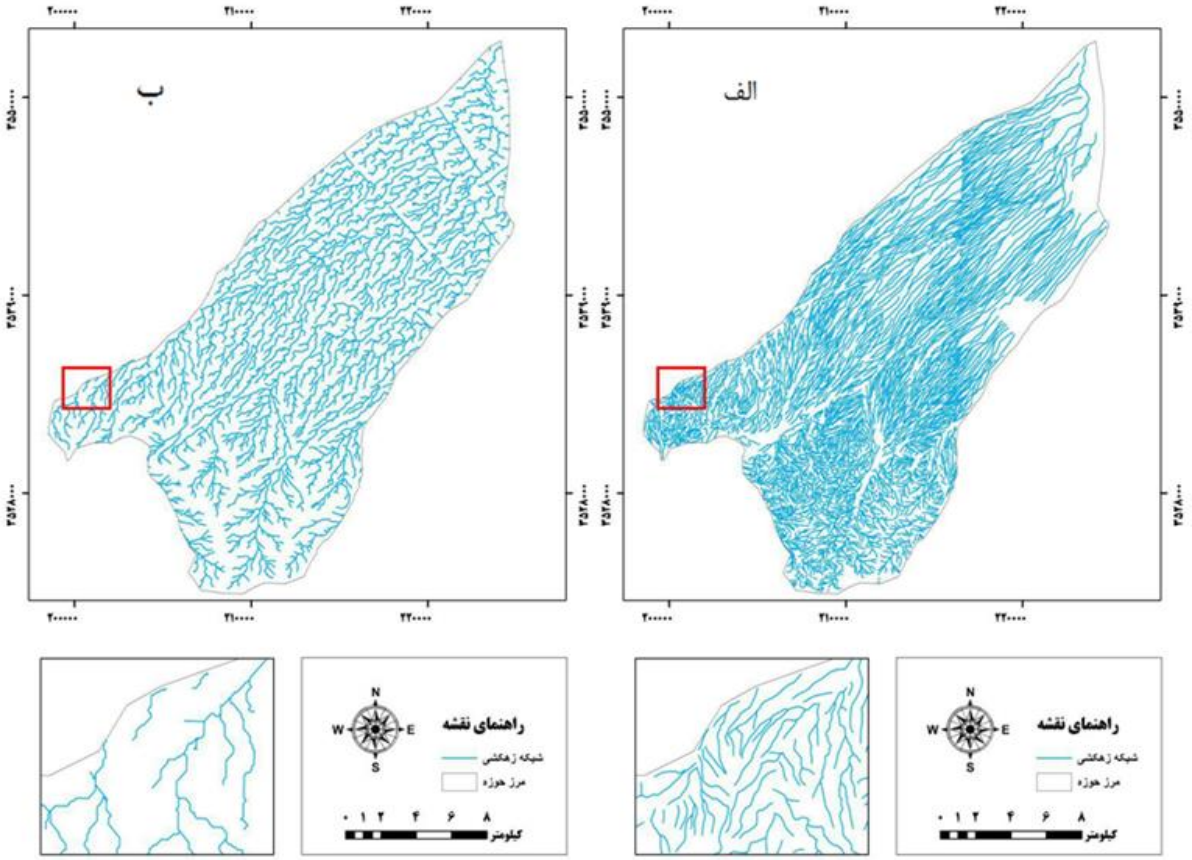
با توجه به نقشه‌های موجود در شکل ۲ به صورت ظاهری هم می‌توان تشخیص داد که شبکه آبراهه‌ای سازمان نقشه‌برداری کشور با شبکه آبراهه‌ای حاصل از DEM10 شباهت بسیار زیادی دارد.

### نتایج به‌دست آمده از مدل رقومی ارتفاعی سی متری

پس از تعیین پارامترهای فیزیوگرافی حوضه، به محاسبهٔ آنها با استفاده از نرم‌افزار ARC HYDRO و روابط مورد نظر پرداخته شد. نتایج پارامترهای فیزیوگرافی حوضه نیز در قالب جدول شمارهٔ ۱ ارائه شد. مجموع طول آبراهه‌های حاصل از DEM30 با طول آبراهه‌های حاصل از سازمان نقشه‌برداری کشور تفاوت زیادی داشت و این مقدار به میزان قابل توجهی کمتر بود. در این قسمت، آبراهه‌های حاصل از DEM30 با آبراهه‌های حاصل از سازمان نقشه‌برداری کشور تفاوت زیادی داشت و در نشان دادن آبراهه‌های فرعی و دارای درجهٔ پایین‌تر، ضعیف‌تر عمل کرد. با استفاده از

[ DOR: 20.1001.1.22517812.1402.13.2.8.2 ]

DEM30 و نرم‌افزار Arc hydro، نقشهٔ شبکه آبراهه‌ای استخراج و با نقشهٔ شاهد (نقشهٔ شبکه آبراهه‌ای سازمان نقشه‌برداری کشور) مقایسه شد.




**شکل ۳: الف) نقشهٔ آبراهه‌ای سازمان نقشه‌برداری کشور ب) نقشهٔ آبراهه‌ای حاصل از DEM30**

همان طور که در شکل مشاهده می‌شود، شبکه آبراهه‌ای حاصل از DEM30 با شبکه آبراهه‌ای سازمان نقشه‌برداری کشور تفاوت بسیار زیادی دارد و این بدین معنی است که هر چه اندازهٔ سلول بالاتر رود، جزئیات و تعداد آبراههٔ فرعی کاهش می‌یابد.

### نتایج به‌دست آمده از مدل رقومی ارتفاعی حاصل از خطوط توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰

برای ارزیابی و بررسی تأثیر اندازهٔ سلول در نتایج به‌دست آمده، نقشهٔ آبراهه‌ای از خطوط توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ تهیه شد؛ بدین صورت که ابتدا با استفاده از این خطوط یک مدل رقومی ارتفاعی با پیکسل اندازهٔ سی متر ساخته و به نرم‌افزار Arc hydro وارد شد تا نتایج حاصل، هم به‌صورت بصری و هم به‌صورت رقومی قابل بررسی باشد.

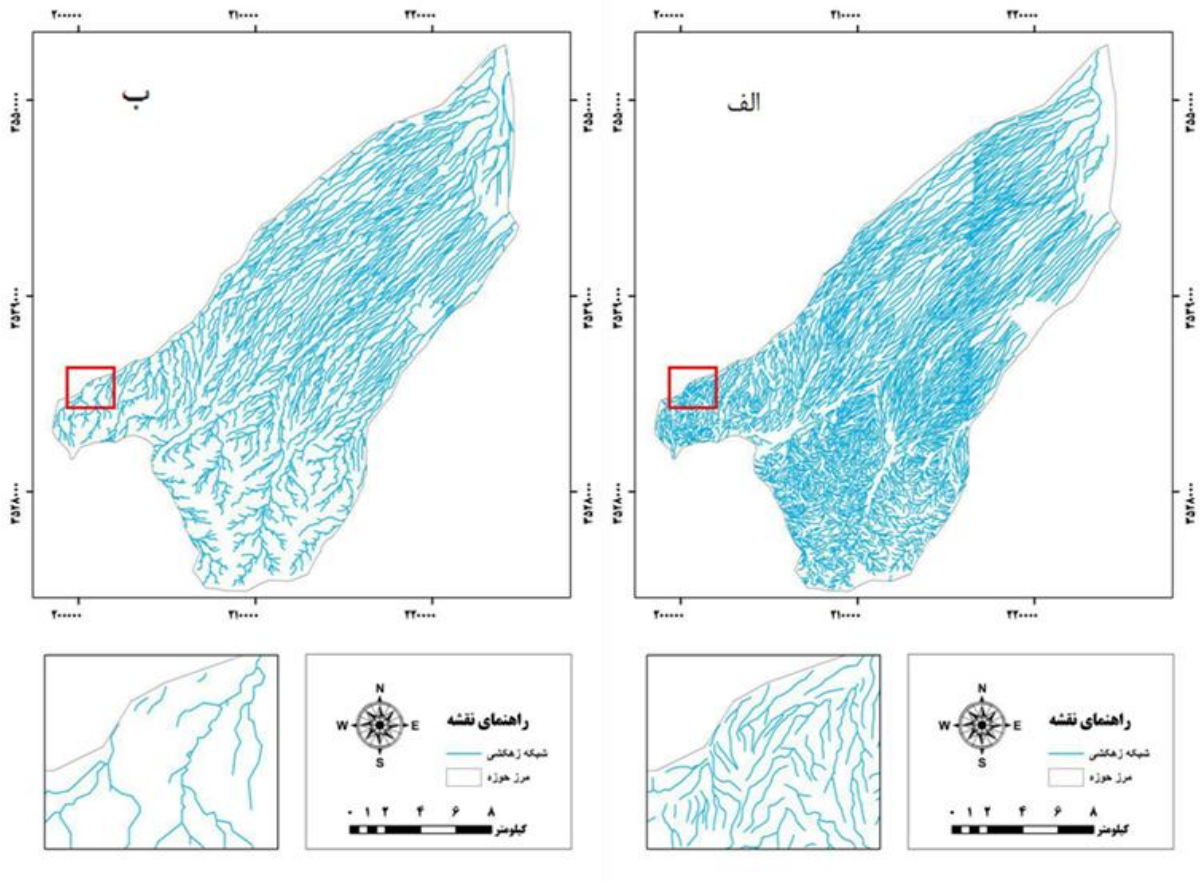
طول آبراهه‌های حاصل از مدل رقومی ارتفاعی حاصل از نقشهٔ ۱:۵۰۰۰۰ در بین کل مجموع طول‌ها دارای کمترین مقدار است، اما با مجموع طول‌های حاصل از DEM30 اختلاف کمی دارد. این امر بیانگر آن است که هر چه میزان ارزش سلولی کمتر باشد، مدل در نشان دادن جزئی‌ترین آبراهه‌ها با دقت بیشتری عمل خواهد کرد و مجموع طول‌ها به واقعیت نزدیک‌تر خواهد بود.



[ DOR: 20.1001.1.22517812.1402.13.2.8.2 ]

با توجه به نتایج به‌دست آمده از جدول ۱ مشاهده می‌شود که میزان تراکم زهکشی حاصل از نقشهٔ توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ با میزان تراکم زهکشی حاصل از DEM30 برابر است و چون ارزش سلولی یکسانی دارد، مدل تراکم زهکشی یکسانی را ارائه می‌دهد.

برای تهیهٔ نقشهٔ شبکه آبراهه‌ای از خطوط توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ استفاده شد؛ بدین صورت که با استفاده از این خطوط، مدل رقومی ارتفاعی سی متری تهیه و به نرم‌افزار Arc hydro وارد شد. سپس نقشهٔ شبکه آبراهه‌ای حاصل با نقشهٔ شبکه آبراهه‌ای حاصل از سازمان نقشه‌برداری کشور مقایسه شد.




**شکل ۴: الف) نقشهٔ آبراهه‌ای سازمان نقشه‌برداری کشور ب) نقشهٔ آبراهه‌ای حاصل از خطوط توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰**

مطابق شکل ۴ می‌توان تشخیص داد که نقشهٔ شبکه آبراهه‌ای حاصل از خطوط توپوگرافی در مقایسه با نقشهٔ شبکه آبراهه‌ای حاصل از سازمان نقشه‌برداری کشور، آبراهه‌های رتبه پایین را به خوبی نشان نمی‌دهد.

### ارزیابی میزان دقت نقشه‌های حاصل از نرم‌افزار Arc hydro

برای بررسی میزان دقت و تطابق نقشهٔ حاصل از مدل‌های رقومی ارتفاع، ضریب کاپا در نرم‌افزار ENVI محاسبه شد. همچنین برای بررسی دقیق‌تر میزان تشابه، منطقه به بخش‌های کوهستان و دشت تفکیک و دقت در هر کدام از این بخش‌ها محاسبه شد تا مشخص شود که مدل رقومی ارتفاع در کدام بخش‌ها تواناتر است و اطلاعات دقیق‌تری را نشان می‌دهد. جدول ۲، این اطلاعات را نشان می‌دهد.

[ DOR: 20.1001.1.22517812.1402.13.2.8.2 ]

جدول ۲: ضریب کاپا در روش‌های مختلف

| منطقه / میزان ضریب کاپا | دشت | کوهستان | کل منطقه |
|---|---|---|---|
| DEM10 | ۰/۹۷ | ۰/۹۸ | ۰/۹۸ |
| DEM30 | ۰/۹۴ | ۰/۹۳ | ۰/۹۴ |
| DEM حاصل از خطوط توپوگرافی | ۰/۹۳ | ۰/۹۱ | ۰/۹۲ |

همان‌گونه که در جدول ۲ مشاهده می‌شود، DEM10 بیشترین دقت را هم در مناطق دشتی و هم در مناطق کوهستانی نشان می‌دهد. DEM30 و DEM حاصل از خطوط توپوگرافی، دقت‌های کمتر را دربرمی‌گیرد؛ این بدین معنی است که هر چه اندازهٔ سلولی کمتر باشد، مدل در نشان دادن آبراهه‌ها دقیق‌تر عمل می‌کند.

## نتایج حاصل از پردازش تصویر

برای تهیهٔ شبکه آبراهه‌ای با استفاده از نرم‌افزار ENVI، از تصاویر ماهوارهٔ لندست ۸ در ماه اکتبر و شاخص‌های گیاهی NDVI، NIR[1] و LWC[2] استفاده شد. در ادامه، نتایج و نقشهٔ شبکه آبراهه‌ای هر کدام از شاخص‌ها ارائه شد.

شاخص پوشش گیاهی NIR با رابطهٔ ۲ نشان داده می‌شود.

$$NIR=TM4/TM3$$ رابطهٔ ۲

که در آن، TM4 مقادیر بازتاب در باند مادون قرمز نزدیک (معادل باند پنجم ماهوارهٔ لندست ۸) و TM3 مقادیر بازتاب در باند قرمز (معادل باند چهارم ماهوارهٔ لندست ۸) است.

### شاخص LWC

رابطهٔ ۳، فرمول شاخص LWC را نشان می‌دهد.

$$LWC = TM5/TM7$$ رابطهٔ ۳

که در آن، TM5 مقادیر بازتاب در باند مادون قرمز نزدیک (معادل باند ششم ماهوارهٔ لندست ۸) و TM7 مقادیر بازتاب در باند قرمز (معادل باند هفتم ماهوارهٔ لندست ۸) است.

### شاخص NDVI

شاخص پوشش گیاهی NDVI یکی از کاربردی‌ترین شاخص‌های پوشش گیاهی است. ارزش عددی این شاخص، بین اعداد ۱+ و ۱- در نوسان است و ثابت شده که هر چه به عدد ۱+ نزدیک‌تر شود، بر میزان پوشش گیاهی افزوده می-

[1] Near Infra Red
[2] Mid- IR-Index (Leaf Water Content)



[ DOR: 20.1001.1.22517812.1402.13.2.8.2 ]

شود. چون آب مقدار معادل NDVI کمتری نسبت به سایر پوشش‌های سطحی دارد؛ بنابراین، نواحی که از آب پوشیده شده‌اند، قبل و بعد از وقوع سیلاب می‌توانند به‌وسیلهٔ تغییرات مقادیر NDVI آنها مشخص شوند که فرمول آن به صورت رابطهٔ ۴ است:

$$NDVI = \frac{NIR-RED}{NIR+RED}$$ رابطهٔ ۴

که در آن، NIR مقادیر بازتاب در باند مادون قرمز نزدیک و RED مقادیر بازتاب در باند قرمز است.

### نتایج حاصل از شاخص NDVI[1]

در این قسمت به نتایج به‌دست آمده از شاخص NDVI ــ که شامل نقشهٔ شبکه آبراهه‌ای و میزان دقت این شاخص است ــ پرداخته می‌شود.

### شبکه آبراهه‌ای حاصل از شاخص NDVI

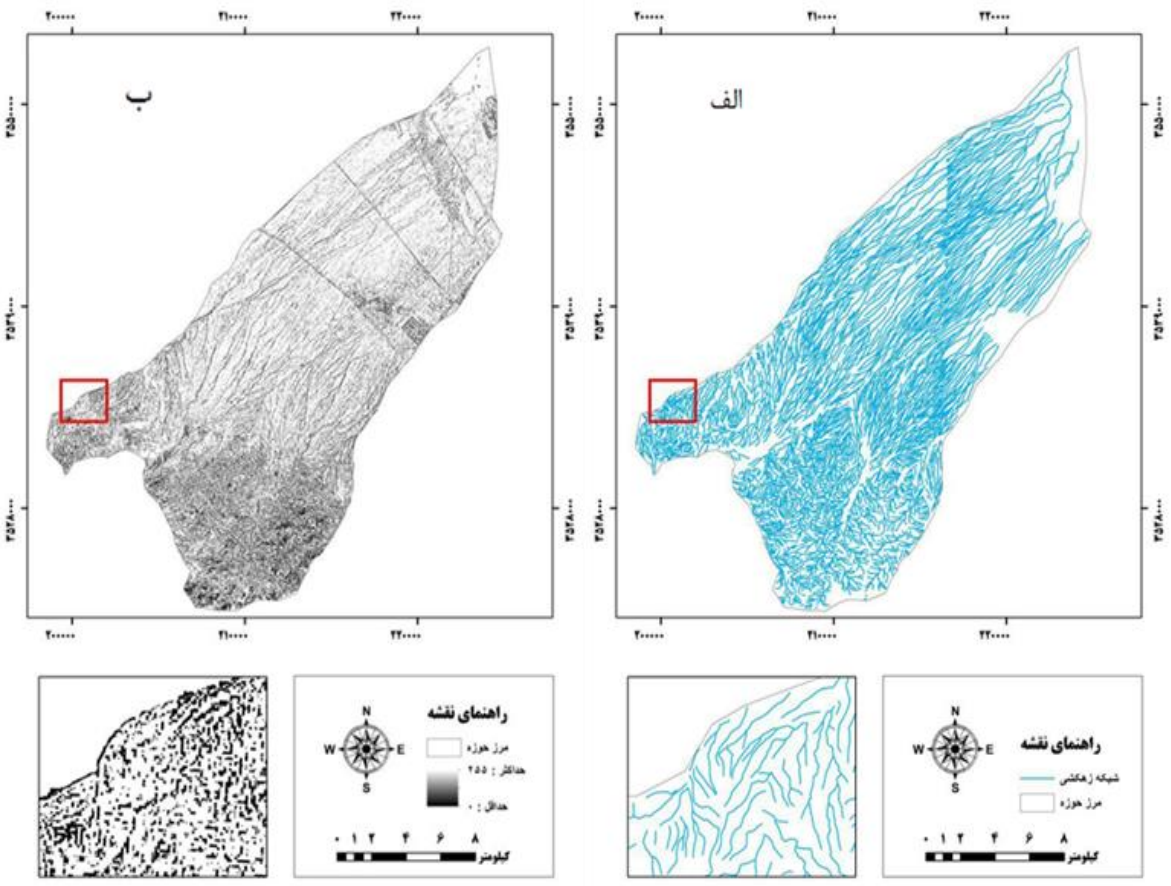
پس از آماده‌سازی تصویر و ادغام اطلاعات طیفی و مکانی آن، شاخص NDVI ساخته و پردازش‌های مربوط به فیلترگذاری برای آشکارسازی لبه‌ها انجام شد. سپس با اجرای طبقه‌بندی، شبکه آبراهه‌ای استخراج شد. شکل ۵، این شبکه آبراهه‌ای را نشان می‌دهد.

شاخص NDVI با کمک گرفتن از وجود گیاهان، مسیر آبراهه‌ها را نمایان می‌سازد. همان‌گونه که در شکل ۵ به‌صورت بصری مشاهده می‌شود، شاخص به دلیل عوارض توپوگرافی وجود کوه در قسمت کوهستان، سایه‌اندازی دچار خطا می‌شود و بخش عظیمی را به عنوان شبکه‌آبراهه در نظر می‌گیرد و به این دلیل که این موارد و خطاها در قسمت دشت وجود ندارد، شبکه آبراهه‌ای در قسمت دشت منطقه با شبکه آبراهه‌ای حاصل از سازمان نقشه‌برداری کشور تطابق بیشتری دارد. برای بررسی میزان دقت و عملکرد شاخص‌ها در نمایش شبکه آبراهه‌ای، ضریب کاپا برای شاخص‌های موردنظر بررسی شد.

[1] Normalizaed Difference Vegetation Index



[ DOR: 20.1001.1.22517812.1402.13.2.8.2 ]




**شکل ۵: الف) نقشهٔ آبراهه‌ای سازمان نقشه‌برداری کشور ب) شبکه آبراهه‌ای حاصل از شاخص NDVI**

### بررسی میزان دقت در شاخص NDVI

به دلیل اینکه در کوهستان عوارض توپوگرافی، کوه و سایه بر روی تصویر اثر می‌گذارد و بـه اشـتباه و خطـا در ایجاد شبکه آبراهه‌ای منجر می‌شود، منطقه به صورت جداگانه به کوهستان و دشت تفکیک شد تا میـزان دقـت کلـی آبراهه‌ها در این مناطق بررسی شود.

**جدول ۳: میزان ضریب کاپا در شاخص‌ها و مناطق مختلف منطقه**

| منطقه | شاخص NDVI | شاخص NIR | شاخص LWC |
|---|---|---|---|
| **دشت** | ۰/۶۳ | ۰/۹۴ | ۰/۸۹ |
| **کوهستان** | ۰/۴ | ۰/۹۱ | ۰/۷۸ |
| **کل منطقهٔ مورد مطالعه** | ۰/۴ | ۰/۹ | ۰/۹۳ |

با توجه به جدول ۳ می‌توان گفت شاخص NDVI در مناطق دشتی با دقت ۶۳ درصد، بیشترین تطـابق را بـا شـبکه آبراهه‌ای شاهد دارد؛ اما در مناطق کوهستانی به دلیل وجود عوارض مختلف و سایه، میزان دقت به چهل درصد کاهش می‌یابد و این امر سبب می‌شود که دقت کلی منطقه به چهل درصد برسد. در مجموع، می‌توان گفت شاخص NDVI در



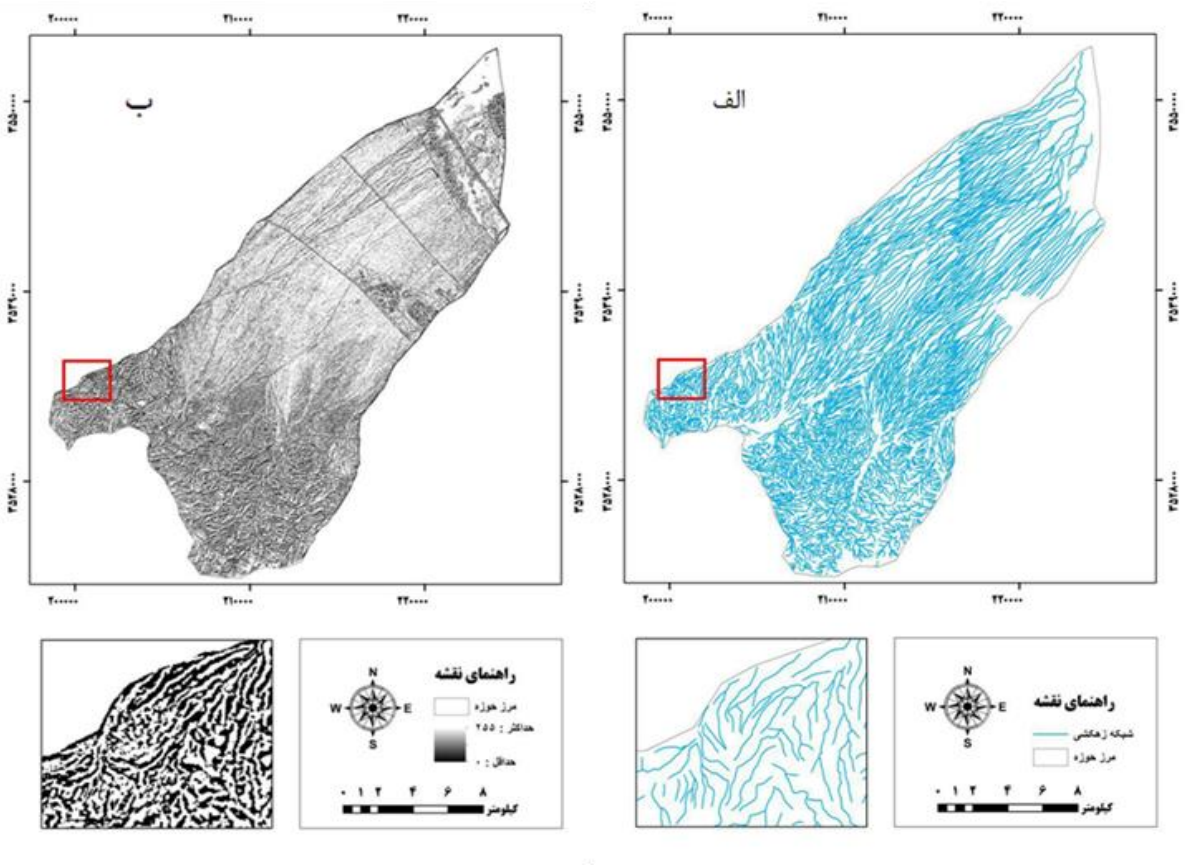
[ DOR: 20.1001.1.22517812.1402.13.2.8.2 ]

مناطق دشتی به‌دلیل دقت بالای شاخص در تفکیک عوارض خطی بهتر، می‌تواند الگـوی مسـیر آبراهـه را تشـخیص و نمایش دهد.

### نتایج حاصل از شاخص NIR

### شبکه‌آبراهه‌ای حاصل از شاخص NIR

شاخص NIR بر روی تصویر مورد نظر ساخته و پس از پردازش و طبقه‌بندی، نقشهٔ شبکه‌آبراهـه‌ای از آن حاصـل شد. شکل ۶، نقشهٔ شبکه‌آبراهه‌ای حاصل از این شاخص را نشان می‌دهد.




**شکل ۶: الف) نقشهٔ آبراهه‌ای سازمان نقشه‌برداری کشور ب) نقشهٔ شبکه‌آبراهه‌ای حاصل از شاخص NIR**

شبکه‌آبراهه‌ای حاصل از شاخص NIR نشان می‌دهد که شاخص NIR به خوبی می‌تواند مسیر آبراهه‌ها را تشـخیص و شبکه‌آبراهه‌ای کامل‌تر و دقیق‌تری نسبت به شاخص NDVI ارائه دهد. این شاخص در نشان دادن آبراهه‌ها ــ هم در مناطق دشتی و هم در مناطق کوهستانی ــ دقت زیادی دارد.

### بررسی میزان دقت در شاخص NIR

از نتایج حاصل از جدول ۳ می‌توان دریافت که شبکه‌آبراهه‌ای حاصل از شاخص NIR در بخش دشت با دقـت ۹۴ درصد و در بخش کوهستان با دقت ۹۱ درصد، بیشترین میزان تطابق را با شبکه‌آبراهه‌ای شاهد دارد که همانند شـاخص NDVI در بخش دشت، مسیر آبراهه‌ها را بهتر تشخیص می‌دهد.

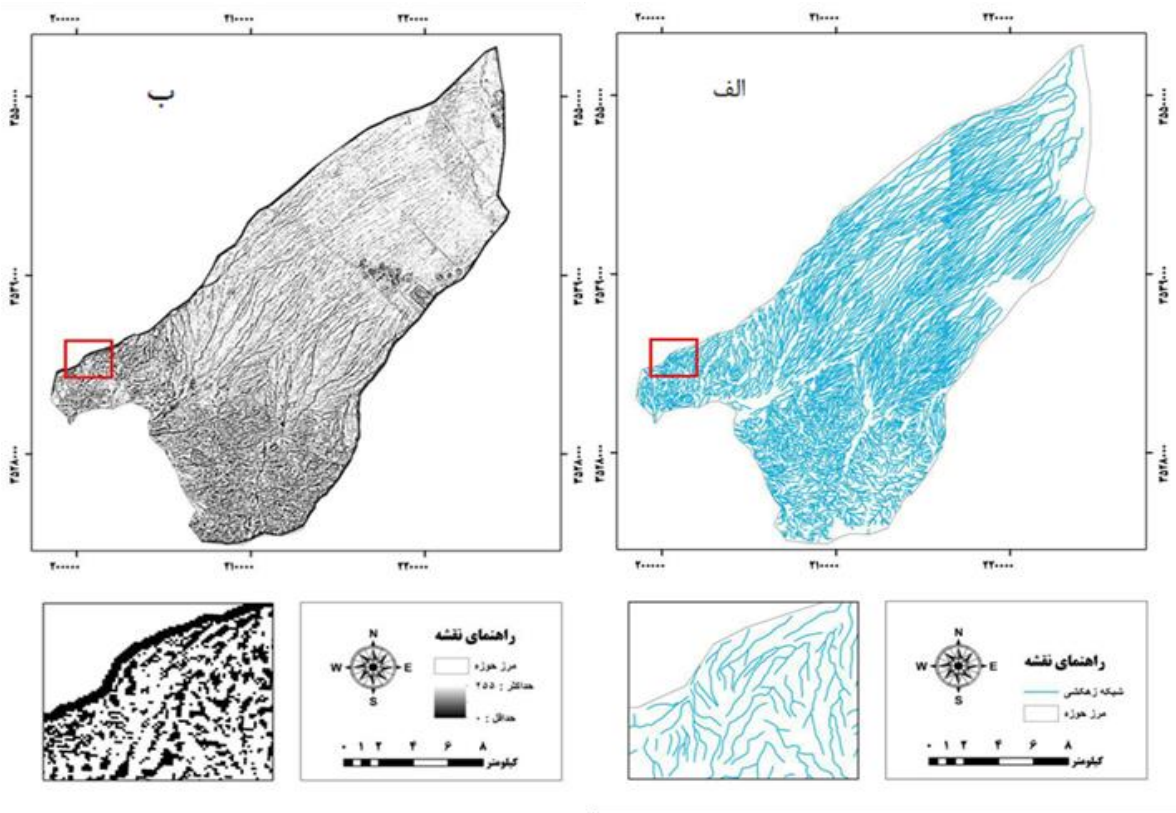


[ DOR: 20.1001.1.22517812.1402.13.2.8.2 ]

## نتایج حاصل از شاخص LWC

### شبکه‌آبراهه‌ای حاصل از شاخص LWC

برای تهیهٔ نقشهٔ شبکه‌آبراهه‌ای، از شاخصLWC استفاده و نقشهٔ آن در شکل ۷ ارائه شد. با توجه به شکل می‌توان دریافت که این شاخص از نظر بصری و وضوح، آبراهه‌ها را بهتر از دو شاخص دیگر نشان می‌دهد. وضوح آبراهه‌ها با استفاده از این شاخص هم در مناطق دشتی و هم در مناطق کوهستانی بیشتر شده‌است که توانایی بالای این شاخص را در وضوح تصویر و بهتر دیده‌شدن آبراهه‌ها نشان می‌دهد.




**شکل ۷: الف) نقشهٔ آبراهه‌ای سازمان نقشه‌برداری کشور ب) نقشهٔ شبکه‌آبراهه‌ای حاصل از شاخص LWC**

### بررسی میزان دقت در شاخص LWC

میزان دقت شاخص LWC در جدول ۳ نشان می‌دهد که این شاخص با داشتن دقت ۸۹ درصد در منطقهٔ کوهستان، بیشترین تطابق را با آبراهه‌های شاهد این منطقه دارد و دقت کلی این شاخص ۹۳ درصد است. در بخش دشتی، دقت شاخص NIR بیش از این شاخص و معادل ۹۴ درصد است.

[ DOR: 20.1001.1.22517812.1402.13.2.8.2 ]

### ۵- بحث و نتیجه‌گیری

این تحقیق در دو دسته به بحث و نتیجه‌گیری گذاشته می‌شود:

الف) با توجه به نتایج به‌دست‌آمده و بر اساس مشاهدهٔ بصری نقشه‌های شبکه آبراهه‌ای و محاسبهٔ پارامترهای فیزیوگرافی حاصل از نرم‌افزار ARC HYDRO در منطقهٔ مورد مطالعه، می‌توان نتیجه گرفت که با افزایش اندازهٔ سلول مدل رقومی ارتفاعی، جزئیات کوچک در نظر گرفته نمی‌شود و دقت مدل نیز کاهش می‌یابد؛ به‌نحوی‌که هر چه اندازهٔ پیکسل اندازه بزرگ‌تر می‌شود، آبراهه‌های فرعی و با درجهٔ پایین‌تر حذف می‌شود. این موضوع بر پارامترهای خروجی مدل نیز تأثیر عمده‌ای دارد؛ به نحوی‌که به کاهش طول آبراهه‌ها و تراکم زهکشی منجر می‌شود و این امر با نتایج پژوهش Dehvari and Heck (2013) مطابقت دارد.

با افزایش اندازه سلولی، مقدار طول آبراههٔ اصلی کاهش می‌یابد. Ashourloo et al (2008) نیز در پژوهش خود به نتیجهٔ مشابهی دست یافتند. با افزایش اندازهٔ سلولی، آبراهه‌های رتبه پایین‌تر حذف می‌شود و همین امر کاهش تراکم زهکشی را در پی دارد؛ با این حال، تراکم زهکشی به دست آمده با استفاده از اندازهٔ سلولی ده متری، نزدیک‌ترین مقدار به واقعیت است. نتایج نشان می‌دهد که با افزایش اندازه سلولی، محاسبهٔ طول آبراهه‌ها با خطا همراه است؛ به‌نحوی‌که با افزایش اندازه سلولی بیش از ده متر، این میزان خطا چشمگیرتر و از میزان واقعی دورتر می‌شود. Govan et al (2001) و Hosseinzadeh and Nadaf Sangani (2013) نیز در تحقیق خود به این نتیجه رسیدند که آبراهه‌های رتبه‌های پایین‌تر، در صورت افزایش اندازهٔ سلولی حذف می‌شوند که نتایج این دو تحقیق با مطالعهٔ مذکور مطابقت دارد.

بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، به طور کلی می‌توان گفت هر چه اندازهٔ سلول افزایش یابد، محاسبهٔ طول آبراهه‌ها و شبکه زهکشی با خطا همراه می‌شود که این امر با نتایج Qermez Cheshmeh et al (2005)، McMaster (2002)، Crosby (2006)، Ahmedi et al (2010) و Dehvari and Heck (2013) مطابقت دارد.

پارامترهای حاصل از مدل‌های رقومی ارتفاعی با اندازهٔ سلولی ده متر در مدل Arc hydro، نزدیک‌ترین نتایج به معیار واقعی را داشتند. بر این اساس، Zhang and Montgomery (1994) و Yang et al (2010) در پژوهش‌های خود اندازهٔ ده متر را مناسب بیان کردند؛ به طوری که هر چه اندازهٔ سلول کمتر باشد، شبکه‌آبراهه‌ای دقیق‌تری از منطقه حاصل می‌شود.

در کل می‌توان این چنین استنباط کرد که مدل رقومی ارتفاع ده متر نسبت به شاخص‌های مورد استفاده در پژوهش، آبراهه‌های مناطق را با دقت کلی ۹۷ درصد نمایش می‌دهد که با آبراهه‌های حاصل از سازمان نقشه‌برداری کشور بیشترین انطباق را دارد. همچنین این مدل رقومی با دقت ۹۸ درصد در بخش کوهستان، آبراهه‌های این مناطق را بهتر از مناطق دشت نشان می‌دهد.

ب) نتایج حاصل از پردازش تصاویر ماهواره‌ای نشان می‌دهد که بین سه شاخص NDVI، NIR و LWC، شاخص NIR الگوی شبکه آبراهه‌ای دقیق‌تری را نشان می‌دهد. این شاخص نشان داد که ۹۰ درصد آبراهه‌های ایجاد شده توسط این شاخص، با آبراهه‌های شبکه‌آبراهه‌ای شاهد منطبق است. همچنین بررسی‌هایی که در مناطق دشت و کوهستان به‌صورت مجزا انجام شد نیز نشان داد که در مناطق دشتی ۹۴ درصد و در مناطق کوهستانی ۹۱ درصد از آبراهه‌های ایجاد

[ DOR: 20.1001.1.22517812.1402.13.2.8.2 ]

شده، با آبراهه‌های شاهد منطبق است که این امر توانایی بالای این شاخص را در تشخیص آبراهه‌ها در مناطق دشتی نشان می‌دهد.

شاخص LWC، شبکه‌آبراهه‌ای حاصل را با وضوح بهتری نمایش می‌دهد؛ بدین معنی که مسیر آبراهه‌ها در تصویر به‌دست آمده از نظر بصری و نمایش آنها در تصویر واضح‌تر می‌باشد؛ این در حالی است که آبراهه‌های حاصل از این شاخص با دقت ۹۳ درصد تطابق را با آبراهه‌های شاهد در بین دو شاخص دیگر دارد. این شاخص آبراهه‌های دشت را با دقت ۸۹ درصد، بهتر از آبراهه‌های کوهستان نشان می‌دهد که نسبت به شاخص NIR دقت کمتری دارد. با توجه به نتایج به‌دست آمده می‌توان دریافت که شاخص NDVI نسبت به دو شاخص ذکر شده، در نشان دادن آبراهه‌ها توانایی کمتری دارد. این شاخص در نواحی دشتی به نسبت نواحی کوهستانی بهتر عمل کرده‌است. در مجموع، می‌توان این‌گونه بیان کرد که شاخص NIR بهترین عملکرد را دارد. این شاخص با بارزسازی عوارض خطی هم در مناطق دشتی و هم در مناطق کوهستانی، در تشخیص آبراهه‌ها و در نهایت تشکیل شبکه‌آبراهه‌ای به خوبی عمل می‌کند. به علت تأثیرپذیری کم این شاخص از خطاهای ناشی از توپوگرافی، عوارض و سایه، دقت بالاتر این شاخص را می‌توان توجیه کرد. از نظر دقت کلی، دو شاخص NIR و LWC تفاوت چندانی با یکدیگر نداشت؛ اما در صورتی که بحث استخراج شبکه‌آبراهه‌ای و میزان درستی و تطابق با آبراهه‌های شاهد مدنظر باشد، می‌توان شاخص NIR را به‌عنوان شاخص بهتر معرفی کرد. اما در صورتی که در نقشه‌های حاصل، وضوح آبراهه‌ها و شبکه‌آبراهه‌ای مدنظر باشد، شاخص LWC آبراهه‌ها را با بهترین وضوح نشان می‌دهد. از نتایج به‌دست‌آمده می‌توان این‌گونه استنباط کرد که شاخص‌های طیفی حاصل از داده‌های ماهواره‌ای در مناطق دشتی به دلیل خطاهای کمتر و فقدان عوارض توپوگرافی، در نمایش آبراهه‌ها بهتر عمل می‌کند.

همچنین مدل‌های رقومی ارتفاعی در مناطق کوهستان به دلیل پستی و بلندی بیشتر در نشان دادن آبراهه‌ها، دقت بیشتری دارد. در مجموع می‌توان گفت از شاخص NDVI، شبکه آبراهه‌ای حاصل می‌شود که در مناطق دشتی با ضریب کاپای ۰/۶۳ و میزان دقت کلی ۴۷ درصد، بیشتر تحت‌تأثیر عوارض محیطی و توپوگرافی قرار می‌گیرد و در نشان دادن آبراهه‌ها توانایی کمتری دارد. شاخص NIR با دقت کلی ۹۲ درصد با شبکه‌آبراهه‌ای سازمان نقشه‌برداری بیشترین تطابق را دارد و در قسمت کوهستان نیز کمتر تحت‌تأثیر خطاهای ناشی از عوارض توپوگرافی، بحث سایه و سایر خطوط و خطاهای دیگر تطابق قرار گرفته‌است. شاخص LWC با اینکه مسیر آبراهه‌ها را از نظر بصری بهتر و واضح‌تر نشان می‌دهد، با دقت کلی ۸۶ درصد و ضریب کاپای ۰/۷۸ در بخش دشت نسبت به شاخص NIR آبراهه‌های کمتری را نمایش می‌دهد.

بررسی میزان دقت شاخص‌های مورد استفاده در مطالعه نشان می‌دهد که این شاخص‌ها در مناطق دشتی، آبراهه‌ها را بهتر از مناطق کوهستانی تشخیص می‌دهد و از دلایل این امر می‌توان به فقدان عوارض توپوگرافی و سایه در بخش دشت اشاره کرد که مانع ایجاد خطا در تشخیص آبراهه‌ها می‌شود. با استفاده از شاخص‌های طیفی نیز می‌توان با حداقل هزینه، نقشهٔ آبراهه‌ای مناطق دشتی را استخراج کرد.

[ DOR: 20.1001.1.22517812.1402.13.2.8.2 ]

## منابع

1. Afrasyabi, S.; Tazeh, M.; Taghizadeh Mehrjardi, R.; & S. Kalantari, 2019. Performance of two measurement methods of pin meter and laser disto meter in the measurement of microtopography Created by desert pavement, *Desert Ecosystem Engineering Journal*, 8(22), 1-14. (in Persian)
2. Ahmedi, S. A.; Chandrashekarappa, K. N.; Raj, S. K.; Nischitha, V.; & G. Kavitha, 2010. Evaluation of morphometric parameters derived from ASTER and SRTM DEM—a study on Bandihole sub-watershed basin in Karnataka, *Journal of the Indian society of remote sensing*, 38(2), 227-238.
3. Akbari, A.; Abu Samah, A.; & F. Othman, 2012. Integration of SRTM and TRMM date into the GIS-based hydrological model for the purpose of flood modelling, *Hydrology and Earth System Sciences Discussions*, 9(4), 4747-4775.
4. Alavi Panah, S. K., 2007. Application of remote sensing in scinces of earth (soil), University of Tehran press, 2 Edition, 478pp.
5. Asghari, S., & R. Jalilian., (2021). Analysis of NDVI and SAVI indices in the extraction of land uses and river course. *Environmental erosion research Journal*. 11(2), 65-47. (in Persian)
4- Ashourloo, d., Mottakan, A.R., Kazemi, A., Hosseini, A., Azad Bakht, M., Hajib, M. &Gholampour, A. (2008). Determining the pixel size to calculate the physiographic characteristics of the catchment for topographic maps, Iran. Geology Quarterly, 1(47), 8-54.
6. Crosby, D. A., 2006. The effect of DEM resolution on the computation of hydrologically significant topographic attributes, Graduate School Theses and Dissertations.
7. Dastorani, M. T.; Hakimzadeh, M. A.; & S. Kalantari, 2008. Evaluation of the effects of industrial wastewater on soil properties and land desertification, *Desert*, 13(2), 203-210.
8. Dehvari, A., & R. J. Heck., (2013). Effect of LiDAR derived DEM resolution on terrain attributes, stream characterization and watershed delineation. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences (IJACS)*. 6(13), 949-967.
9. Guo-an, T.; Yang-he, H. U. I.; Strobl, J.; & L. I. U. Wang-qing, 2001. The impact of resolution on the accuracy of hydrologic data derived from DEMs, *Journal of Geographical Sciences*, 11(4), 393-401.
10. Hosseinzadeh, S. R., & M. Jihadi Torghi., (2010). Evaluation of quality and accuracy of morphometric analyzes of water network extracted from digital elevation models (study sample: Robat Qarahbil catchment). *Geography and Regional Development*. 14, 212-183.
11. Hosseinzadeh, S. R., & M. Nadaf Sangani., (2013). Evaluation of digital models (DEMS) obtained from topographic maps and its comparative comparison with satellite DEMs) Case study: Abgheh region in Khorasan Razavi. *Natural Geography Research*. 86, 1-17.
12. Fathizad, H., & M. Tazeh., (2016). Assessment of pixel-based classification (ARTMAP fuzzy Neural Networks and Decision Tree) and Object-Oriented methods for land use mapping (Case study: Meymeh, Ilam province). *Arid Biome*. 5, 69-81.
13. Fathizad, H.; Tazeh, M.; Kalantari, S.; & S. Shojaei, 2017. The investigation of spatiotemporal variations of land surface temperature based on land use changes using NDVI in southwest of Iran, *Journal of African Earth Sciences*, 134, 249-256.
14. Kargaran, F.; Kalantari, S.; Ghanee, M. J.; & M. Tazeh, 2017. The Compare of grading criteria in Coarse ripple Mark on the windward and leeward slopes (Case Study: Hassan Abad erg in Bafg*), quantitative geomorphological research,* 4(1), 134-144. (in Persian)
15. Khosravi, F.; Tazeh, M.; Naeini, S.; & S. Kalantari, 2020. Evaluation and comparison of Image J and GIAS softwares with mechanical sieving in automatic particle-size distributions, *Arid Biome*, 9(2), 29-42. (in Persian)
16. Kousari, M. R.; Ekhtesasi, M. R.; Tazeh, M.; Naeini, M. A. S.; & M. A. A. Zarch, 2011. An investigation of the Iranian climatic changes by considering the precipitation, temperature, and relative humidity parameters, *Theoretical and Applied Climatology*, 103(3), 321-335.

[ DOR: 20.1001.1.22517812.1402.13.2.8.2 ]

17. McMaster, K. J., 2002. Effects of digital elevation model resolution on derived stream network positions, *Water Resources Research*, 38(4), 13-1.
18. Qermez Cheshmeh, B.; Saghafian, B.; & R. Akhtari, 2005. Investigating the effect of cellular network size on the accuracy of the digital elevation model of the Second Conference on Watershed Management and Water Resources Management, "(DEM) Soil, Kerman.
19. Tazeh, M., 2016. Investigation of Rangeland changes based on landscape metrics analysis (Case study: Kezab rangelands, Yazd province, Iran), *Journal of Rangeland Science*, 6(2), 102-111. (in Persian)
20. Tazeh, M., 2004. The Role of land use changes in the desertification area in Yazd, M.Sc. thesis, Tehran University. (in Persian)
21. Tazeh, M.; Asadi, M.; Taghizadeh, R.; Kalantari, S.; & M. Sadeghinia, 2018. Evaluation of geomorphometry indices in semi-automatic separation of the geomorphological types in desert areas (case study: west north of Ardekan), *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 25(1), 29-43. (in Persian)
22. Yang, P.; Ames, D. P.; Glenn, N. F.; & D. Anderson, 2010. Effects of LiDAR derived DEM resolution on hydrographic feature extraction, *In AGU Fall Meeting Abstracts* (Vol. 2010, pp. EP44B-07).
23. Zarei, M.; Tazeh, M.; & S. Kalantari, 2021. Investigating the Capability of Thermal-Moisture Indices Extracted from MODIS Data in Classification and Trend in Wetlands, *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 1-14.
24. Zehtabian, G.; Azarnivand, H.; Ahmadi, H.; & S. Kalantari, 2013. Presentation of Suitable Model to Estimate Vegetation Fraction Using Satellite Images in Arid Region (Case Study: Sadough-Yazd, Iran), *Journal of Rangeland Science*, 3(2), 108-117.
25. Zhang, W., & D. R. Montgomery., (1994). Digital elevation model grid size, landscape representation, and hydrologic simulations. *Water resources research*. 30(4), 1019-1028

[ DOR: 20.1001.1.22517812.1402.13.2.8.2 ]

# Comparison of Digital Methods to Extract the Map of Waterways (Case Study: Khezrabad Region, Yazd Province)

Fahime Mokhtari Porzarandi: *MSc graduated, Department of Nature Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Ardakan University, Iran.*
Mahdi Tazeh**:** *Associate Professor, Department of Nature Engineering, Faculty of Agriculture & Natural Resources, Ardakan University, Ardakan, Iran*.
Alireza khavaninizadeh: *Assistant Professor, Department of Nature Engineering, Faculty of Agriculture & Natural Resources, Ardakan University, Ardakan, Iran.*
Saeideh Kalantari [1]: *Assistant Professor, Department of Nature Engineering, Faculty of Agriculture & Natural Resources, Ardakan University, Ardakan, Iran.*

**Article History (Received: 2022/07/16 Accepted: 2023/1/1)**

## Extended abstract

### 1- Introduction

Geomorphological features play an essential role in changing the reactions of a basin and they can have significant effects on the erosion and sedimentation potential of watersheds. Meanwhile, the influence of geomorphological facies is significant in changing the amount of soil erosion, and its effects are manifested in the amount of sediment production. Establishing a relationship between the morphology of waterways and the active processes in them helps to correctly understand and predict their response to natural and human changes. Therefore, it is necessary to identify geomorphological phenomena that can influence the structure of waterways. Today, with the use of computers and the existence of capable remote sensing software and geographic information systems, the necessary calculations can be performed with high speed and accuracy. The purpose of this research is to compare the waterway network extracted from digital models of different heights.

### 2- Methodology

Using the algorithms available in the software, a flow direction grid was created and a cumulative flow grid layer was extracted from it. For each cell, the current accumulation layer determines and ranks the number of cells that direct their current to the mentioned cell according to which the cells with the highest numerical values correspond to the concave lines and the cells with values close to zero and zero correspond to the ridge lines. To extract the waterway network from the studied area, DEMs 10, 30, and obtained DEM were used by ARCHYDRO software, which finally produced three maps. The waterway network was extracted from the three mentioned DEMs. In this study, the drainage network map, extracted from the digital topographic maps provided by the country's mapping organization, was used as a measure close to the ground reality. Based on the constructed waterways, the border of the main closed rivers and the area and perimeter of the main basin were obtained.

### 3- Results

According to the results of the total length of the waterways, it can be seen that the cell size of 10 meters has the largest value so that the model calculates the length of the waterways more

[1] **Corresponding Author: skalantari@ardakan.ac.ir**

[ DOR: 20.1001.1.22517812.1402.13.2.8.2 ]

accurately. According to the drainage density values, it is observed that the amount of drainage density decreases with the increase in cell size. This problem indicates that with the increase in the cell size, the lower ranking waterways are removed, and considering that the drainage density is obtained from formula (1) and in this formula, the number of waterways and their lengths have great effects on the drainage density, so it can be seen that as the cell size of the height digital model increases, the drainage density decreases. The drainage density obtained using a cell size of 10 meters is the closest value to reality. Using DEM10 and Arc hydro software, the waterway network map was extracted and compared with the reference map (waterway network map of the Mapping Organization) of the country.

## 4- Discussion & Conclusions

According to the obtained results, by increasing the cell size of the digital elevation model, small details are not considered and the accuracy of the model decreases; as the pixel size increases, the sub-channels are removed, which affects the output parameters. This model reduces the length of waterways and the density of drainage, which is consistent with the results of Davari and Hack's research. As the cell size increases, the length of the main waterway decreases which confirms the results obtained by Ashurlo et al. (2008). However, the drainage density obtained using a cell size of 10 meters is the closest value to reality. Govan et al. (2001) and Hosseinzadeh and Nadaf Sangani (2013) also achieved similar results in their research. The results showed that with the increase in the cell size, the calculation of the length of the waterways is associated with error to the extent that with the increase of the cell size by more than 10 meters, the error rate becomes more significant and far from the actual amount. The parameters obtained from digital height models with a cell size of 10 meters in the Arc hydro model had the closest results to the real standard. Based on this, Zhang and Montgomery (1994) and Yang et al. (2010) considered 10 meters as an appropriate index in their research. According to the mentioned cases, the correctness of this theorem can also be visually verified in the waterway network maps obtained from the digital models of 10 and 30 meters height, as well as the waterway network obtained from the topographic map 1: 50,000 regions compared to control waterway network map (the waterway network of the country's mapping organization). It was also observed that the smaller the cell size, the more accurate waterway network of the region can be obtained. The results of satellite image processing show that among the three indices of NDVI, NIR and LWC, the NIR index shows a more accurate waterway network pattern. This index showed that 90% of waterways created by this index are consistent with waterway network. Also, in the surveys that were conducted in the plains and mountains separately, it was shown that 94% of the created waterways in the plains and 91% in the mountainous areas are the same as the control waterways, which confirms the high ability of this index to detect waterways in plain areas and to prevent the occurrence of errors in the identification of waterways.

**Key Words: NDVI index, Cell size, Digital elevation models, Streams network.**

[ DOR: 20.1001.1.22517812.1402.13.2.8.2 ]