

## ارزیابی دقت مدل‌های رقومی ارتفاع (DEMs) حاصل از نقشه‌های توپوگرافی و مقایسه‌ی تطبیقی آن با DEM های ماهواره‌ای (مطالعه‌ی موردی: DEM های توپوگرافی و ASTER منطقه‌ی آبنه در خراسان رضوی)

سیدرضا حسین‌زاده\* - دانشیار گروه جغرافیا، دانشگاه فردوسی مشهد  
مهوش نداد سنگانی - کارشناس ارشد جغرافیای طبیعی، دانشگاه فردوسی مشهد

پذیرش مقاله: ۱۳۹۱/۰۷/۰۱ تأیید نهایی: ۱۳۹۱/۱۲/۲۶

### چکیده

یکی از روش‌های تهیه‌ی رسترهای ارتفاعی، استفاده از نقشه‌های توپوگرافی کاغذی است. در ایران بسیاری از کاربران GIS با رقومی کردن نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ سراسری به تهیه‌ی مدل‌های رقومی ارتفاع می‌پردازند، اما کمتر به میزان دقت و همچنین درجه اعتبار آنها در تحلیل‌های ناهمواری توجه می‌شود. در این مقاله دو هدف عمده دنبال شده است، نخست به ارزیابی میزان دقت این‌گونه رسترها با مقایسه‌ی شبکه‌های زه‌کشی مستخرج از رستر مبتنی بر نقشه‌ی توپوگرافی و شبکه‌ی زه‌کشی حاصل از تصاویر ماهواره‌ای پرداخته شده است و دوم درجه اعتبار آن در مقایسه با رستر نوع ASTER به‌عنوان یکی از برطرفدارترین نوع داده‌های مورد استفاده در ژئومورفولوژی سنجیده شده است. در این راستا ابتدا نقشه‌ی زه‌کشی منطقه‌ی مورد مطالعه از تصاویر ماهواره‌ای IRSpan سال ۱۳۸۴ استخراج و به‌دلیل نزدیک‌بودن به زمین واقعی، معیار این ارزیابی در نظر گرفته شده است. سپس منحنی‌های تراز ۲۰ متری از نقشه‌ی توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ منطقه‌ی رقومی و رستر ارتفاعی آن با اندازه‌های سلولی ۱۰ و ۳۰ متر ساخته شد. به‌کمک ابزار هیدرولوژی در نرم‌افزار ArcGIS، شبکه‌ی زه‌کشی رستری منطقه در دامنه‌های سلولی ۲۵ تا ۵۰۰ سلول برای کل حوضه‌ی آبریز و سپس واحدهای ژئومورفولوژی مختلف استخراج و خصوصیت‌های مورفومتری منطقه بر مبنای نقشه‌های به‌دست‌آمده مقایسه شدند. در آخرین مرحله‌ی شبکه‌ی زه‌کشی حاصل از DEM توپوگرافی با شبکه‌ی متناظر آن از DEM نوع ASTER مقایسه شدند. نتایج نشان داد که DEM های حاصل از نقشه‌های توپوگرافی در مقایسه با زمین واقعی، از خطاهای چشمگیری برخوردارند، اما در مقایسه با DEM های ماهواره‌ای درجه اعتبار مناسبی را ارائه می‌کنند.

کلیدواژه‌ها: مدل‌های رقومی ارتفاع (DEMs)، نقشه‌های توپوگرافی، مورفومتری رودخانه‌ای، شبکه‌ی زه‌کشی.

## مقدمه

مدل‌های رقومی ارتفاع (DEM<sup>۱</sup>) که حاصل جمع‌آوری و تبدیل داده‌های ارتفاعی به‌روش‌های دورسنجی، نقشه‌برداری مستقیم یا رقومی‌سازی نقشه‌های توپوگرافی کاغذی است، در سال‌های اخیر به ابزاری مؤثر در نمایش و تحلیل ناهمواری تبدیل شده است. گرچه به نظر می‌رسد درستی و دقت تجزیه و تحلیل‌های مبتنی بر DEMها تا اندازه‌ی زیادی به قدرت تفکیک DEMهای اولیه بستگی داشته باشد، ولی بنا به گفته‌ی بسیاری از پژوهشگران، نمی‌توان پذیرفت که رسترهای با ابعاد سلولی کوچکتر، همیشه نتایج رضایت‌بخش‌تری دارند (حسین‌زاده و همکار، ۱۳۸۹: ۱۸۴). حتی اگر بپذیریم که DEMهای با اندازه‌ی سلولی کوچکتر از دقت بالاتری برخوردارند، اما متأسفانه دسترسی به آنها به‌سادگی امکان‌پذیر نبوده و از طرفی نیاز به اصلاحات زیاد و حتی تغییر به DEMهای با قدرت تفکیک پایین‌تر دارند. از آنجا که یکی از کاربردهای مهم DEMها استخراج شبکه‌ی زه‌کشی برای تحلیل‌های مورفومتری و استفاده در مدل‌سازی‌های هیدرولوژیک است، در این نوشتار، به ارزیابی دقت و درستی کمی و کیفی DEMهای تهیه‌شده از توپوگرافی در استخراج شبکه‌ی رودخانه‌ای و مقایسه‌ی تطبیقی آن با DEMهای نوع ASTER<sup>۲</sup> پرداخته‌ایم. با توجه به تجارب قبلی که احتمال پایین بودن میزان تطابق این‌گونه DEMها با زمین واقعی وجود دارد (کمرسا<sup>۳</sup> و همکار، ۱۹۹۹: ۱۹۳؛ حسین‌زاده، ۲۰۰۸: ۱۹۸؛ وازه<sup>۴</sup> و همکاران، ۲۰۱۰)، مقایسه‌ی مذکور تعیین‌کننده‌ی درجه اعتبار DEMهای نقشه‌ی مینا خواهد بود.

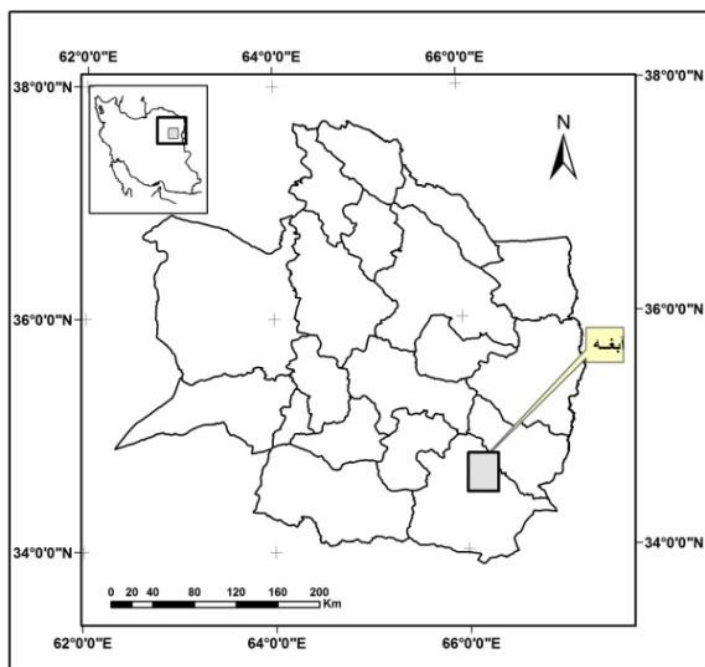
مطالعات پیشین نخست روی الگوریتم‌های رایانه‌ای متمرکز بود، ولی در چند سال گذشته بیشتر به DEMهای مختلف پرداخته شده است. در این نمونه‌کارها، گاه دقت مدل‌های رقومی ارتفاع با نقشه‌های توپوگرافی و گاه با عکس‌ها و تصاویر ماهواره‌ای بزرگ مقیاس سنجیده شده است. هیرانو<sup>۵</sup> و همکاران (۲۰۰۳) پس از مقایسه‌ی نیمرخ‌های توپوگرافی حاصل از DEMهای نوع ASTER با نیمرخ‌های متناظر آن در نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰، دقت این نوع DEMها را برای تحلیل‌های ناهمواری، تهیه‌ی نقشه‌های ژئومورفولوژی و استخراج نقشه‌های توپوگرافی در مقیاس‌های ۱:۵۰۰۰۰ و ۱:۱۰۰۰۰۰ با فاصله منحنی‌های تراز ۴۰ متری مناسب تشخیص داده‌اند. لیو<sup>۶</sup> و همکاران (۲۰۱۱) برای استخراج شاخص طول شیب (L) که در مطالعات فرسایش خاک به کار می‌رود، از DEMهای نوع LiDAR استفاده کرده و دقت DEMهای با اندازه سلولی مختلف را ارزیابی می‌کنند. آنها به این نتیجه دست می‌یابند که به پیروی از کاهش قدرت تفکیک افقی DEMها، میزان شیب، طول جریان و تراکم زه‌کشی کاهش یافته و در استخراج شاخص (L) از DEMهای درشت، باید جانب احتیاط را رعایت کرد. وو<sup>۷</sup> و همکاران (۲۰۰۸) پیش از این نیز به نتایج مشابهی در استفاده از DEMهای مستخرج از نقشه‌های توپوگرافی دست یافته بودند.

1. Digital Elevation Models
2. Advanced space thermal emission radiometer
3. Camarsa
4. Vaze
5. Hirano
6. Liu
7. Wu

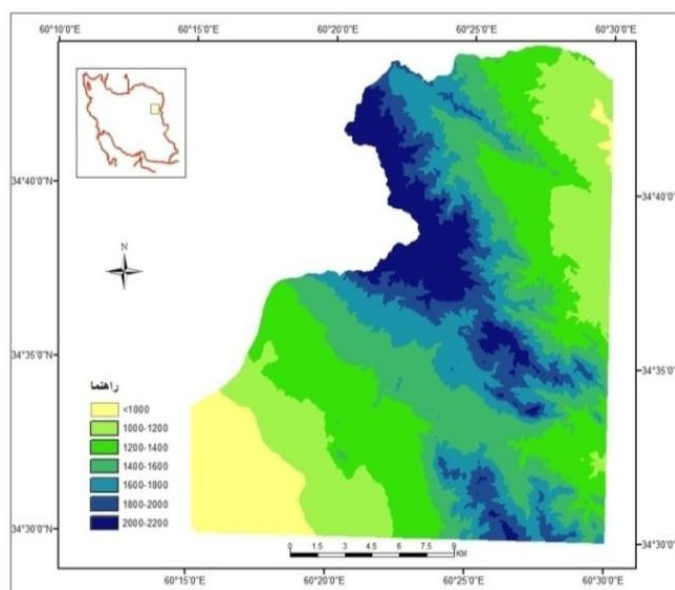
هوگل<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۰۸) پس از استفاده از DEM های نوع ASTER و SRTM در مدل‌سازی فرایند لاهار، دقت هر دو نوع DEM را برابر نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ دانسته و پیشنهاد می‌کنند، در مطالعه‌ی لاهار DEM های SRTM با وجود درشتی بیشتر، از دقت بالاتری برخوردار است. چن<sup>۲</sup> و همکاران (۲۰۱۲ و ۲۰۱۰) پس از استخراج شبکه‌ی زه‌کشی از چند نوع DEM توصیه می‌کنند که باید الگوریتم جدیدی جایگزین الگوریتم ساده D8 شود؛ زیرا در هر کدام خطاهایی به‌وجود می‌آید. از پژوهش‌های مشابه می‌توان به پژوهش اردوان کمالی و همکاران (۱۳۸۸) در زمینه‌ی تولید مدل رقومی ارتفاع از تصاویر ASTER و ارزیابی دقت آن در منطقه‌ی ایوانکی استان سمنان و پژوهش حسین‌زاده و همکار (۱۳۸۹) در زمینه‌ی ارزیابی دقت DEM های نوع ASTER و الگوریتم‌های GIS در مورفومتری رودخانه‌ی اشاره کرد. این چنین کارهایی اولین مرحله در دست‌یابی به نگرش‌هایی می‌شود که کیفیت DEM را از نظر کیفیت بازدهی تولیدی مورد ارزیابی قرار می‌دهند.

### موقعیت جغرافیایی منطقه‌ی مورد مطالعه

محدوده‌ی مورد مطالعه بخشی از حوضه‌ی آبریز جام‌رود در شمال شرقی شهرستان خواف بوده که با وسعت ۴۴۳ کیلومتر مربع بین ۳۰' ۳۴° تا ۴۵' ۳۴° عرض شمالی و ۱۵' ۶۰° تا ۳۰' ۶۰° طول شرقی، منطبق بر بخش‌هایی از جنوب شرق خراسان رضوی و مرز شرقی ایران است. این منطقه به‌گونه‌ای انتخاب شده که از نظر ژئومورفولوژی دارای تنوع کافی باشد، یعنی سه واحد عمده‌ی کوهستان، دشت‌سر و دشت تراکمی را پوشش دهد (شکل شماره ۱).

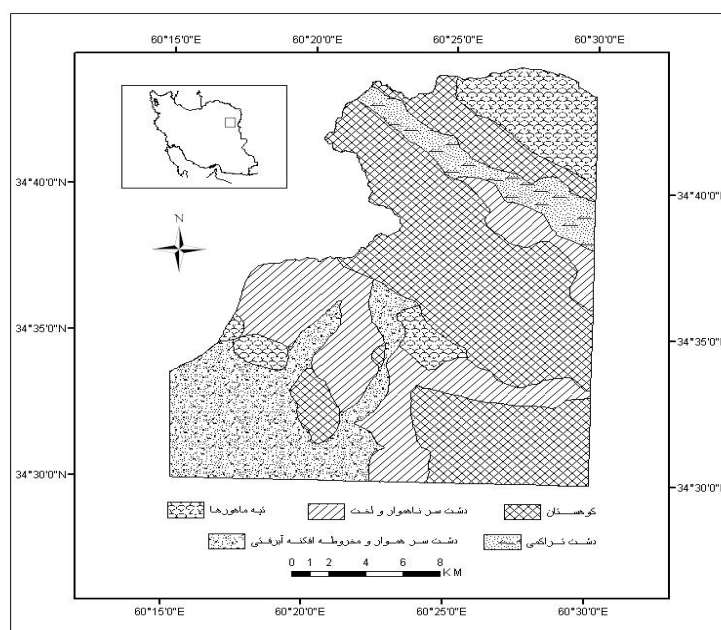


شکل ۱. موقعیت منطقه‌ی مورد مطالعه



شکل ۲. توپوگرافی منطقه‌ی مورد مطالعه حاصل از مدل رقومی مستخرج از نقشه‌ی توپوگرافی

ارتفاع بلندترین قله منطقه در منتهی‌الیه شمال غربی آن به بیش از ۲۲۰۰ متر می‌رسد و پست‌ترین نقطه‌ی آن در جنوب غربی منطقه ۱۰۰۰ متر ارتفاع دارد. بیشترین سطوح ارتفاعی منطقه را سطوح ۱۲۰۰ تا ۱۸۰۰ متر تشکیل می‌دهد (شکل شماره ۲). منطقه‌ی مورد مطالعه از نظر ژئومورفولوژی شامل واحدهای کوهستان، دشت‌سر ناهموار و (تپه‌ماهورها)، دشت سرپوشیده و (مخروط‌افکنه‌ها) و دشت تراکمی است. واحد کوهستان با وسعت ۱۹۹ کیلومتر مربع، بخش وسیعی را در نیمه‌ی شرقی منطقه به خود اختصاص داده و به‌طور عمده الگوی زه‌کشی آن درختی است.



شکل ۳. نقشه‌ی ژئومورفولوژی منطقه‌ی مورد مطالعه

دشت‌سرهای ناهموار در سنگ بستر و آبرفت‌های قدیمی با وسعت ۹۰ کیلومتر مربع، دومین چشم‌انداز مهم ژئومورفولوژی منطقه بوده و دشت‌سرهای پوشیده با وسعت ۸۱ کیلومتر مربع از مخروط‌افکنه‌های متعددی ترکیب یافته است. تپه‌ماهورهای ساختمانی با وسعت ۴۸ کیلومتر مربع از الگوی زه‌کشی نیزه‌ای تا درختی برخوردار هستند. دشت تراکمی نیز که بخشی از یک دشت تراکمی وسیع در منطقه است با وسعت ۲۵ کیلومتر مربع پست‌ترین و کم‌شیب‌ترین واحد ژئومورفولوژی منطقه را شامل می‌شود (شکل شماره ۳).

## مواد و روش‌ها

مواد مورد استفاده‌ی این پژوهش شامل تصاویر ماهواره‌ای IRSpan سال ۱۳۸۴ با قدرت تفکیک مکانی ۵/۸×۵/۸ متر، نقشه‌های توپوگرافی کاغذی با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰، DEM نوع ASTER بوده و نرم‌افزار ArcGIS ابزار اصلی مورد استفاده در پژوهش بوده است. روش پژوهش از نوع تحلیلی - مقایسه‌ای بوده، یعنی نقشه‌ی شبکه‌ی زه‌کشی مستخرج از تصویر ماهواره‌ای، به‌عنوان یک معیار نزدیک به زمین واقعی با آبراهه‌های مستخرج از مدل رقومی ارتفاع حاصل از نقشه‌های توپوگرافی، مقایسه و تحلیل شده و همچنین برای اعتبارسنجی DEM مذکور در بین انواع DEMها، شبکه‌ی زه‌کشی مستخرج از آن با شبکه‌ی زه‌کشی حاصل از DEM نوع ASTER مقایسه شده است.

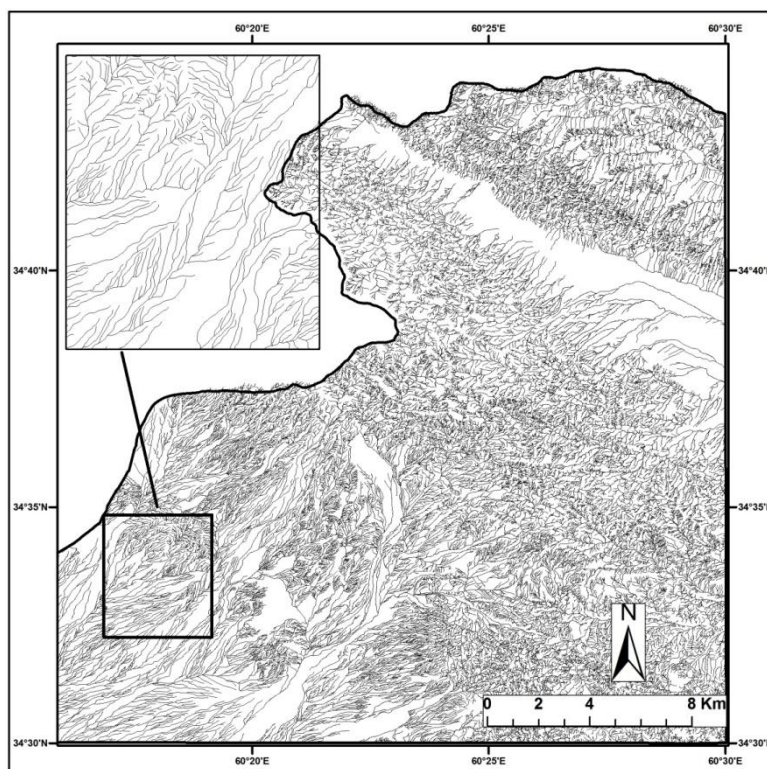
در این مطالعه با توجه به قدرت تفکیک تصاویر ماهواره‌ای و همچنین ابعاد سلولی لایه‌ی DEM، معیار ۵۰ متر طول برای رودخانه‌های رتبه ۱ در نظر گرفته شده است. ترسیم آبراهه‌ها از روی تصویر ماهواره‌ای در محیط GIS و به‌طور دستی انجام گرفت که طی یک کار طاقت‌فرسا، تعداد ۳۲۰۰۰ آبراهه با دقت بالا استخراج و بر مبنای روش استرالر<sup>۱</sup> (۱۹۵۱) رتبه‌بندی شدند. این روش گرچه نسبت به روش‌های هورتن<sup>۲</sup> و شرو<sup>۳</sup> در برخی مکان‌های ویژه با خطاهایی همراه است (فریفته، ۱۳۶۳)، ولی روش شناخته‌شده‌ای است که در همه‌ی دنیا مورد تأیید بوده و به‌طور گسترده از آن استفاده می‌شود (حسین‌زاده، ۱۳۸۷).

در مرحله‌ی بعد برای ساخت رستر ارتفاعی منطقه، تمام منحنی‌های تراز در نقشه‌های اسکن شده توپوگرافی و به روش غیر خودکار ترسیم و پس از رفع خطاهای رقومی‌سازی یک DEM با اندازه‌ی سلولی ۱۰ متر ساخته شد. استخراج شبکه‌ی زه‌کشی از DEM مذکور با استفاده از ابزار هیدرولوژی در بسته‌ی نرم‌افزاری ArcGIS9.3x انجام گرفته است. در این راستا پس از رفع خطاهای DEM لایه‌های رستری جهت جریان، تجمع جریان و سپس شبکه آبراهه‌ها در آستانه‌های بزرگ تا کوچک استخراج شدند. به‌گفته‌ی دیگر، چون مقدار آستانه بالاتر، تراکم زه‌کشی پایین‌تر و مقدار آستانه‌ی پایین‌تر، تراکم زه‌کشی بالاتری را ایجاد می‌کند، برای نزدیک کردن لایه‌ی مستخرج از DEM به لایه‌ی سطح زمین، از آستانه‌های بالا شروع و به آستانه‌ی ۲۵ سلول ختم می‌شود. مرحله‌ی بعد، تهیه‌ی لایه‌ی اتصال آبراهه‌ها به یکدیگر بود که با استفاده از دستور Stream Link در جعبه‌ی ابزار هیدرولوژی برای تمام لایه‌های رستری آبراهه‌ها

ساخته شد و در آخرین مرحله، لایه‌ی رتبه‌بندی آبراهه‌ها به‌روش استرالر انجام گرفت و علاوه بر قالب رستری، به وکتور نیز تبدیل و برای تجزیه و تحلیل ذخیره شدند. مقایسه‌ی لایه‌ها هم در قالب رستری و هم در قالب وکتوری انجام گرفت و شاخص‌های مقایسه شامل فراوانی شاخه‌ها، طول رودها، تراکم و ضریب زه‌کشی بوده است. این تحلیل‌ها با توجه به تطابق اولیه و کلی رودخانه‌های مستخرج از DEM در آستانه‌ی ۵۰ سلول با رودخانه‌های مستخرج از تصویر ماهواره‌ای، ابتدا برای کل حوضه و سپس برای واحدهای مختلف ژئومورفولوژی جهت آزمون DEM و الگوریتم‌ها انجام گرفته است. یکی دیگر از تحلیل‌های مقایسه‌ای، میزان درستی موقعیت مکانی آبراهه‌ها بوده که از تحلیل همپوشانی لایه‌های رستری مستخرج از DEM با لایه‌ی دستی انجام شده است. برای بررسی درجه اعتبار DEM مبتنی بر نقشه‌های توپوگرافی، از DEM نوع ASTER با اندازه‌ی سلولی ۳۰ متر، به‌عنوان معیار استفاده شده است. بدین ترتیب که پس از تغییر مقدار پیکسلی DEM ۱۰ متری به ۳۰ متر، شبکه‌ی زه‌کشی استخراج و با شبکه زه‌کشی حاصل از ASTER مقایسه شده است.

### یافته‌های پژوهش

شکل‌های شماره‌ی ۴ تا ۶ به‌ترتیب نقشه‌های مختلف شبکه‌ی زه‌کشی مستخرج از تصاویر ماهواره‌ای و DEM حاصل از نقشه‌های توپوگرافی در آستانه‌های سلولی ۵۰ و ۵۰۰ را نشان می‌دهد. برای جلوگیری از افزایش حجم مقاله از ارائه‌ی لایه‌های دیگر خودداری شده، اما نتایج عددی حاصل از این نقشه‌ها، به‌علاوه‌ی نقشه‌ی رستری شده‌ی مستخرج از تصاویر ماهواره‌ای، در جدول شماره‌ی ۱ ارائه شده است.

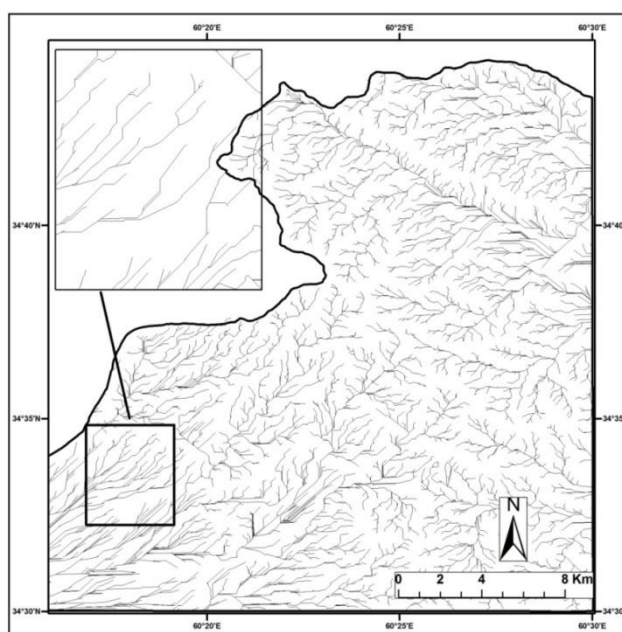


شکل ۴. شبکه‌ی زه‌کشی مستخرج از تصویر ماهواره‌ای

جدول ۱. مقادیر سلولی لایه‌های رستری آبراهه‌ها در روش‌های مختلف و برای انواع آبراهه‌ها

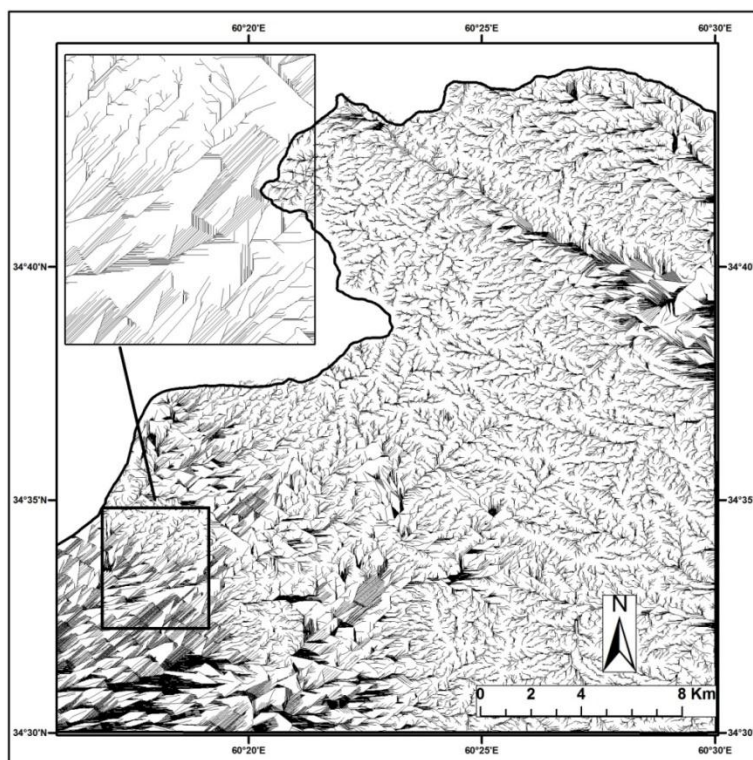
DEM					تصاویر ماهواره‌ای	روش استخراج آبراهه رتبه آبراهه
Value >25	Value >50	Value >100	Value >200	Value > 500		
۶۹۹۱۲۸	۳۹۰۶۱۶	۲۱۹۰۱۲	۱۲۶۵۰۴	۷۴۶۸۰	۳۹۰۸۱۸	۱
۱۹۳۱۶۶	۱۱۹۷۷۱	۷۸۶۰۴	۵۲۹۸۷	۳۴۴۰۶	۱۳۸۹۳۴	۲
۷۸۸۱۵	۵۲۴۲۳	۳۸۱۷۲	۲۵۶۹۴	۱۵۵۴۳	۷۶۰۴۸	۳
۳۶۵۷۱	۲۴۹۴۶	۱۶۲۴۰	۱۲۲۶۱	۸۹۶۲	۴۱۳۹۴	۴
۱۶۳۱۵	۱۲۲۳۲	۱۰۴۸۳	۸۴۲۳	۵۷۵۰	۱۹۳۰۱	۵
۹۰۱۶	۶۹۶۶	۴۸۴۲	۲۲۴۹	۱۴۵	۸۸۷۹	۶
۵۴۸۸	۲۸۸۰	-	-	-	۳۲۹۷	۷
۱۴۵	-	-	-	-	-	۸
۱۰۳۸۶۴۴	۶۰۹۸۲۹	۳۶۷۳۵۴	۲۲۸۱۱۸	۱۳۹۴۸۶	۶۷۸۶۷۱	جمع کل

با توجه به جدول و همچنین بررسی بصری لایه‌ها می‌بینیم که تنها آستانه‌ی سلولی ۵۰ متر، نتایجی مشابه لایه‌ی رستری شده‌ی آبراهه‌های مستخرج از تصویر ماهواره‌ای را نشان می‌دهد. در آستانه‌های دیگر می‌بینیم که افزون‌بر کاهش تعداد رتبه‌ها، تعداد سلول‌های مربوط به سایر رتبه‌ها نیز کاهش می‌یابد. از نظر ظاهری و برای کارهای مقدماتی یا نمایشی نتایج عددی حاصل از آستانه‌های سلولی بالاتر، مانند ۵۰۰ سلول، مطلوب به نظر می‌رسند، اما در مورد مطالعات تخصصی ژئومورفولوژی و هیدرولوژی به نتایج دقیق‌تری نیاز داریم. بنابراین آستانه‌ی ۵۰ سلول کمابیش شبیه به زمین واقعی بوده و می‌تواند با لایه‌ی مستخرج از تصویر ماهواره‌ای مورد مقایسه قرار گیرد، اما میزان کارایی آن بر حسب واحدهای مختلف ژئومورفولوژی، متفاوت خواهد بود.



شکل ۵. شبکه‌ی زه‌کشی مستخرج از رستر ارتفاعی با آستانه‌ی ۵۰۰ سلول





شکل ۶: شبکه‌ی زه‌کشی مستخرج از رستر ارتفاعی با آستانه ۵۰ سلول

### مقایسه‌ی خصوصیت‌های مورفومتری آبراهه‌ها

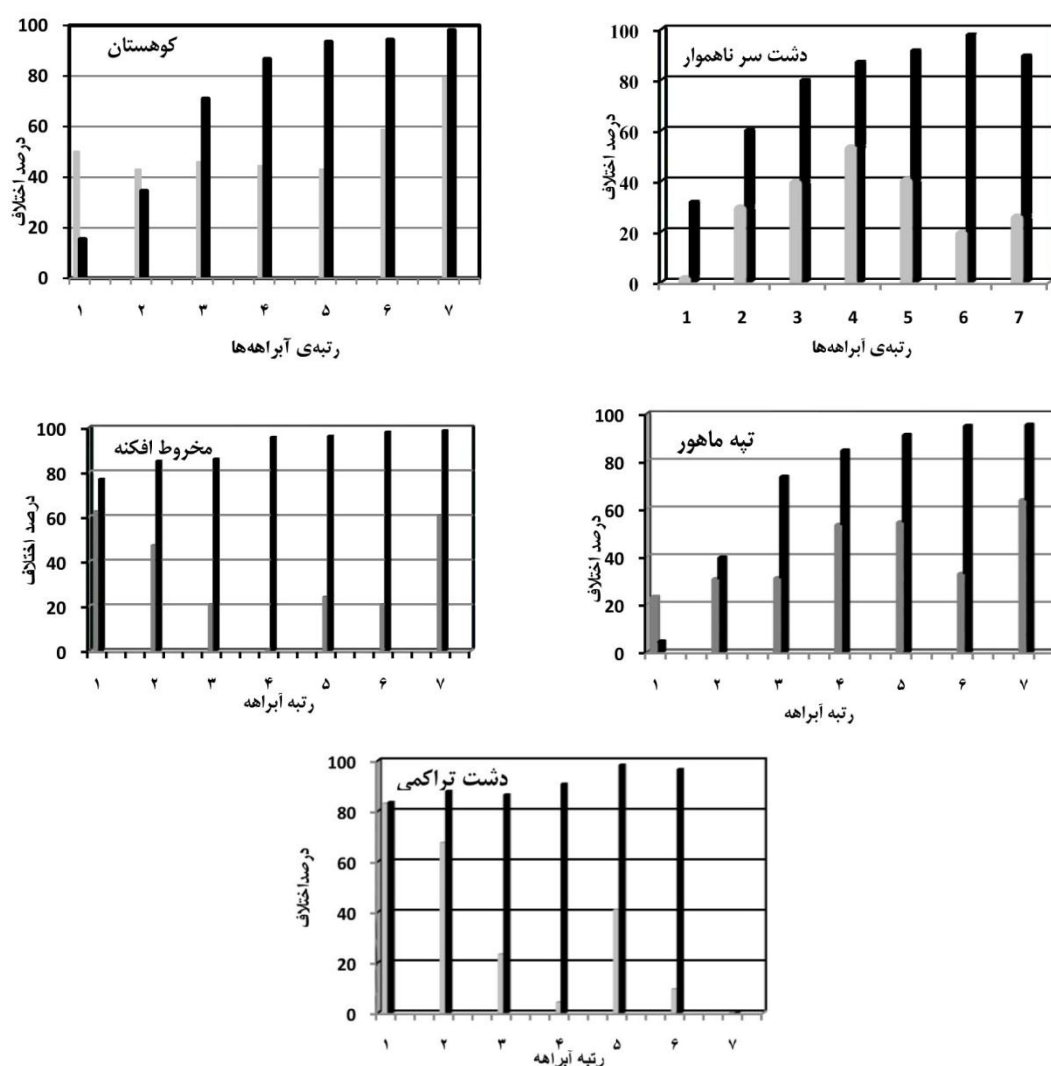
جدول شماره‌ی ۲ فراوانی آبراهه‌ها و ضریب زه‌کشی منطقه در نقشه‌های مستخرج از تصاویر ماهواره‌ای و رستر ارتفاعی را ارائه می‌کند. درصد اختلاف برای کل آبراهه‌ها در لایه‌های رستری، عدد قابل قبولی بوده است، ولی در قالب وکتوری درصد اختلاف آبراهه‌ها افزایش چشمگیری می‌یابد. بنابراین لایه‌ی وکتوری حاصل از DEM های توپوگرافی، نمی‌تواند منبع مناسبی برای تجزیه و تحلیل‌های مورفومتری باشد. شکل شماره‌ی ۷ فراوانی آبراهه‌ها و درصد اختلاف آنها را برای رودخانه‌های با رتبه‌های مختلف در پنج واحد ژئومورفولوژی منطقه‌ی مطالعاتی نشان می‌دهد.

جدول ۲. مقایسه فراوانی آبراهه‌های حاصل از روش‌های دستی و رایانه‌ای

رتبه آبراهه	نوع لایه								
	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	کل آبراهه‌ها	
تعداد آبراهه	زمینی	۲۱۵۰۹	۵۳۵۷	۱۳۰۵	۳۲۱	۷۸	۲۳	۴	۲۸۵۹۷
	DEM	۲۶۴۲۵	۱۱۶۰۹	۶۴۳۰	۳۴۴۴	۱۹۱۷	۱۱۷۴	۵۷۶	۵۱۵۷۵
درصد تفاوت فراوانی آبراهه‌ها (وکتوری)	۱۸/۶۰	۵۳/۱۵	۷۹/۷۰	۹۰/۶۷	۹۵/۹۳	۹۸	۹۹/۳۰	۴۴/۵۵	
درصد تفاوت سلولی (رستری)	۰/۰۵	۱۳/۷۹	۳۱	۳۹/۷۳	۳۶/۶۲	۲۱/۵۴	۱۲/۶۴	۱۰/۱۴	
ضریب زه‌کشی (لایه‌ی زمینی)	-	۴/۰۱	۴/۱۰	۴/۰۶	۴/۱۱	۳/۳۹	-	-	
ضریب زه‌کشی DEM	-	۳/۲	۲/۲	۲/۱	۲	۱/۷	-	-	



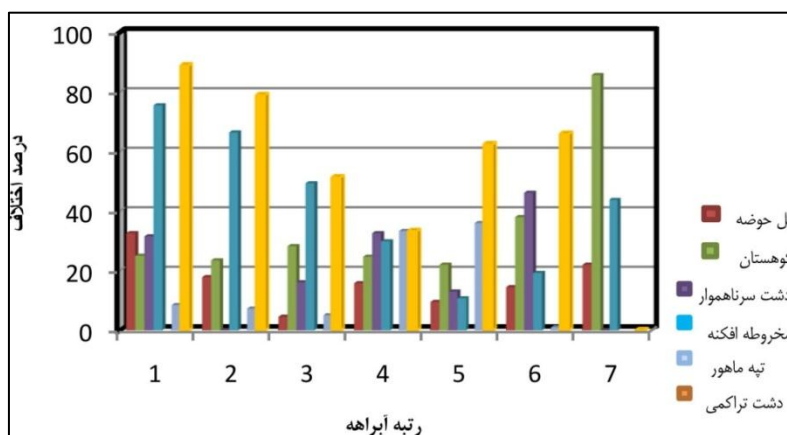
بر این اساس در قالب وکتوری، درصد اختلاف بین دو لایه در واحد مورفولوژی تپه‌ماهور نسبت به دیگر واحدها کمتر است. در قالب رستری، درصد اختلاف فراوانی سلول‌ها در آبراهه‌های مختلف در واحد دشت‌سر ناهموار، قابل قبول بوده و براین اساس می‌توان گفت که داده‌های رستری مبتنی بر لایه‌ی مستخرج از DEM، برای واحد مورفولوژی دشت‌سر ناهموار و در دامنه‌ی آستانه‌های ۵۰ به واقعیت نزدیک‌تر بوده و قابل اطمینان است. در سایر واحدهای مورفولوژی، درصد اختلاف برای لایه‌های وکتوری به بیش از ۹۰ درصد می‌رسد و این اختلاف به نفع لایه‌ی مستخرج از DEM برای لایه‌ی دستی (زمینی) افزایش دارد. بنابراین لایه‌ی وکتوری نمی‌تواند منبع مناسبی برای تجزیه و تحلیل‌های مربوط به تعداد آبراهه‌ها قرار گیرد.



شکل ۷. درصد اختلاف فراوانی سلولی و فراوانی آبراهه‌های مستخرج از رستر ارتفاعی و تصویر ماهواره‌ای در واحدهای مختلف ژئومورفولوژی

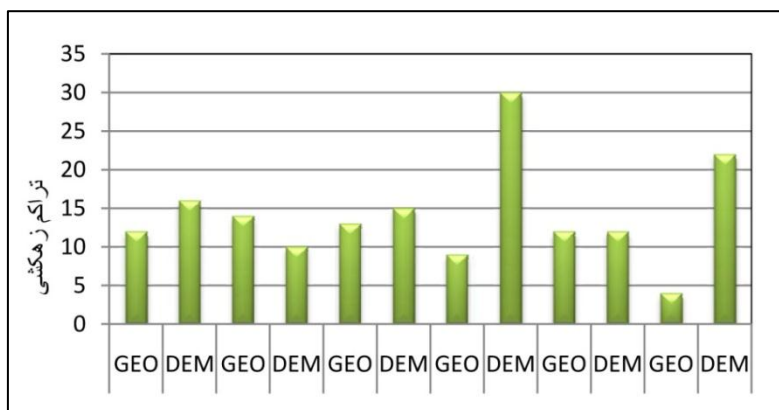
شکل شماره ۸ درصد اختلاف طول شاخه‌ها در لایه‌ی زمینی و رایانه‌ای را نشان می‌دهد. در کل حوضه، درصد اختلاف طول آبراهه‌ها بین دو لایه قابل قبول است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، فقط در بررسی واحدهای

ژئومورفولوژی در مناطق تپه‌ماهوری، نتایج واقعی‌تری را ارائه می‌کند. در واحد دشت‌سر ناهموار، درصد اختلاف طول آبراهه‌ها کم و جزئی است. در حالی که در دشت سرپوشیده و مخروط‌افکنه‌ها و دشت تراکمی، میزان اختلاف افزایش می‌یابد. بنابراین نتایج استخراج آبراهه‌ها از لایه‌ی DEM برای محاسبه‌ی طول شاخه‌ها در مناطق کم‌شیب با خطاهای بزرگی همراه است.



شکل ۸. درصد اختلاف طول آبراهه‌ها برای کل حوضه و واحدهای ژئومورفولوژی

شکل شماره ۹ تراکم زه‌کشی کل حوضه و همچنین در واحدهای ژئومورفولوژی مختلف را نشان می‌دهد. تراکم زه‌کشی در واحد مورفولوژی تپه‌ماهور شبیه لایه‌ی به‌دست آمده از تصویر ماهواره‌ای بوده و نتایج آن می‌تواند قابل قبول باشد.



شکل ۹. تراکم زه‌کشی لایه‌ی زمینی و DEM برای کل حوضه و واحدهای ژئومورفولوژی

### ارزیابی دقت مکانی آبراهه‌های مستخرج از DEM

برای ارزیابی دقت مکانی آبراهه‌های مستخرج از DEM، تحلیل همپوشانی از نوع محلی بین لایه‌های رستری شده‌ی مستخرج از تصویر ماهواره‌ای و رستر مستخرج از DEM به‌عمل آمد. این عملیات بدون انجام هرگونه تحلیل همسایگی،

یعنی با ابعاد سلول اولیّه‌ی (۱۰ متر) انجام گرفت. میزان همپوشانی مقایسه‌ای یا به بیان بهتر، دقت مکانی آبراهه‌های مستخرج از DEM و آبراهه‌های حاصل از تصویر ماهواره‌ای، در جدول شماره‌ی ۳ نشان داده شده است. با توجه به جدول می‌توان چنین گفت که دقت نتایج به دست آمده به تفکیک آبراهه‌ها، اعداد بسیار پایینی را نشان می‌دهند، به گونه‌ای که این مقدار فقط برای آبراهه‌های درجه ۱ عدد به نسبت بالایی را نشان می‌دهد، اما در مورد آبراهه‌های دیگر، در کل غیر قابل قبول است.

جدول ۳. درصد همپوشانی آبراهه‌ها در لایه‌های زمینی و DEM در کل حوضه‌ی آبریز

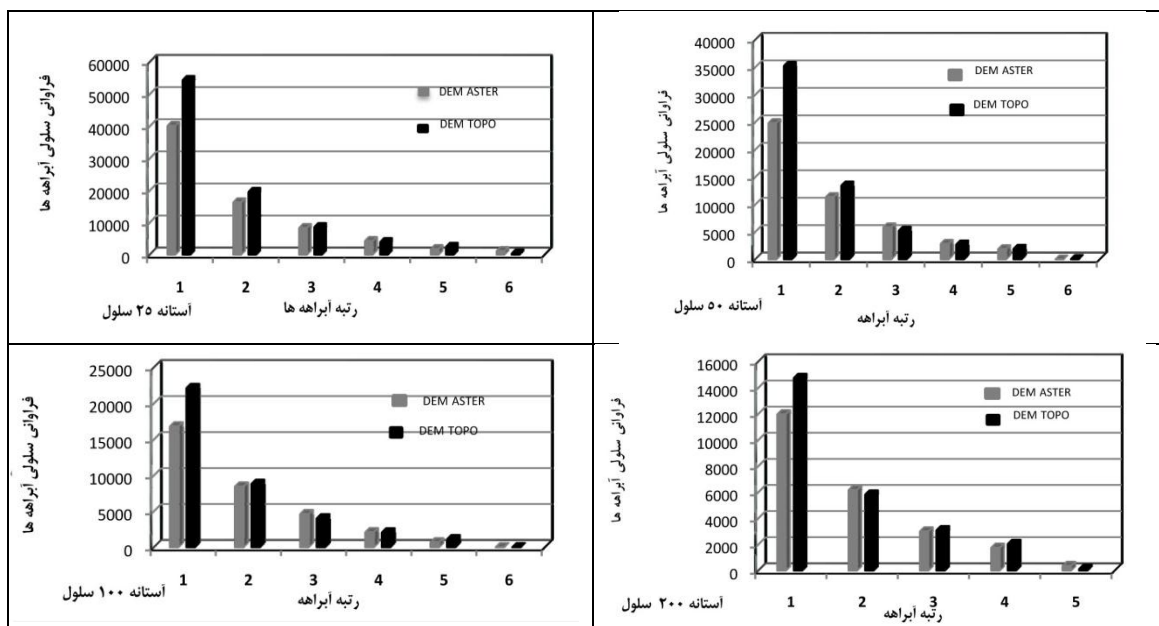
DEM GEO	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
۱	۳۴/۳۰	۹/۴۳	۳/۸۰	۱/۸۸	۰/۷۰	۰/۴۱	۰/۱۷	-
۲	۱۴/۲۲	۴/۲۷	۱/۷۸	۰/۷۸	۰/۲۶	۰/۱۶	۰/۰۶	-
۳	۷/۸۳	۲/۵۰	۱/۳۸	۰/۶۶	۰/۲۰	۰/۰۸	۰/۰۴	-
۴	۵/۰۳	۱/۴۳	۰/۶۴	۰/۵۷	۰/۳۱	۰/۰۷	۰/۰۲	-
۵	۲/۵۵	۰/۶۱	۰/۲۲	۰/۱۳	۰/۲۳	۰/۱۲	۰/۰۱	-
۶	۱/۶۰	۰/۳۷	۰/۳۱	۰/۰۴	۰/۰۵	۰/۰۶	۰/۰۶	-
۷	۰/۵۸	۰/۱۵	۰/۰۶	۰/۰۲	-	۰/۰۱	۰/۰۲	-

### مقایسه‌ی DEM های نوع توپوگرافی و نوع ASTER

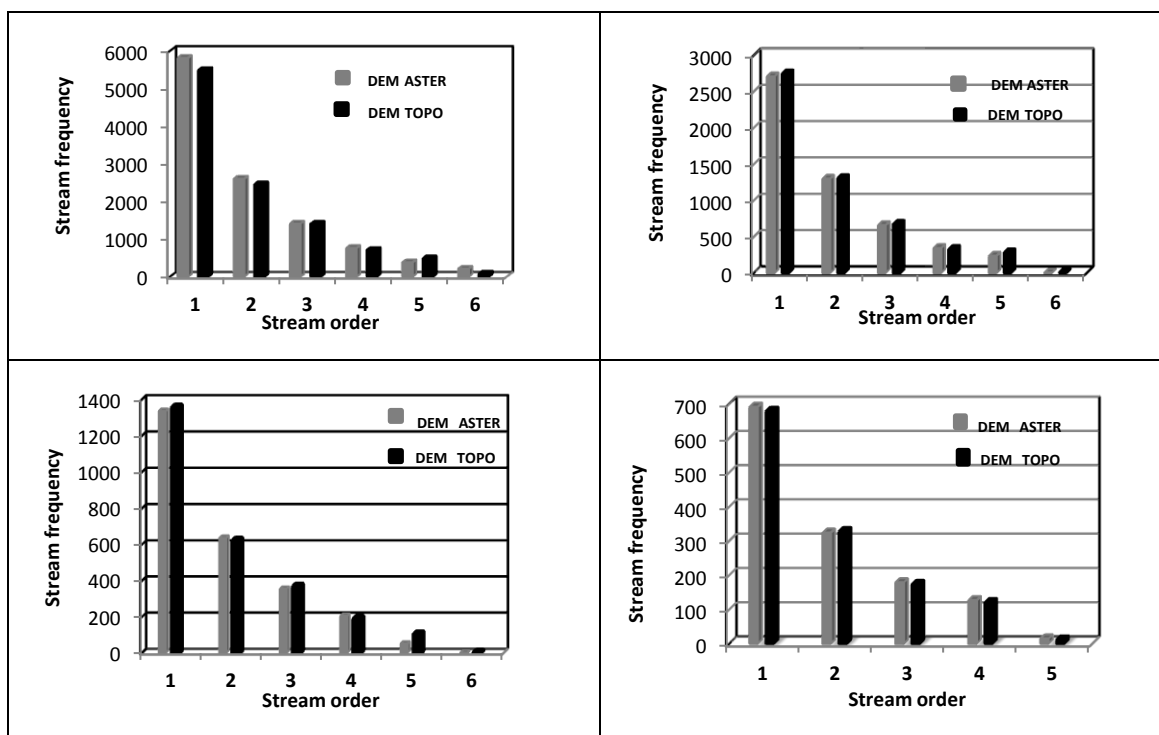
شکل شماره‌ی ۱۰ فراوانی سلولی آبراهه‌های مستخرج از DEM مبتنی بر نقشه‌ی توپوگرافی و DEM نوع ASTER را برای کل حوضه و در آستانه‌های سلولی ۲۵ تا ۲۰۰ سلول ارائه می‌کند. در آستانه‌ی ۲۵ درصد اختلاف فراوانی سلولی آبراهه‌ها کم است و تنها در رتبه ۶ افزایش چشمگیری دارد، به گونه‌ای که رتبه ۶ در حدود ۷۱ درصد اختلاف را نشان می‌دهد. ضریب زه‌کشی دو لایه برابر و بنابراین می‌توان گفت، DEM حاصل از نقشه‌ی توپوگرافی از نظر درجه اعتبار می‌تواند با DEM های ASTER هم‌تراز باشد. در آستانه‌ی ۵۰ درصد، اختلاف فراوانی سلولی ناچیز و ضریب زه‌کشی بین دو لایه به جز در رتبه ۵ برابر است. در آستانه‌ی ۱۰۰ و ۲۰۰ سلول، تفاوت فراوانی سلولی اندک، ولی در آستانه‌ی ۲۰۰ برای رتبه ۵ افزایش می‌یابد، یعنی آبراهه‌های مستخرج از DEM نوع ASTER حدود ۶۱ درصد بیشتر از DEM حاصل از نقشه‌ی توپوگرافی است. ضریب زه‌کشی در هر دو آستانه برابر است.

شکل شماره‌ی ۱۱ فراوانی آبراهه‌های وکتوری برای آبراهه‌های مستخرج از DEM توپوگرافی و DEM نوع ASTER را نشان می‌دهد. درصد اختلاف فراوانی آبراهه‌ها در قالب وکتوری برای کل حوضه در آستانه‌ی ۲۵ سلول، بین هر دو نوع DEM عدد قابل قبولی را ارائه می‌کند. در این دامنه فراوانی آبراهه در رتبه ۶ افزایش یافته به طوری که آبراهه‌ی رتبه ۶ مستخرج از لایه‌ی ASTER، ۶۳ درصد بیشتر از آبراهه‌های مستخرج از DEM توپوگرافی بوده و کمترین درصد اختلاف با ۰/۳۵ درصد مربوط به رتبه ۳ است. ضریب زه‌کشی آبراهه‌ها در هر دو نوع DEM بسیار به یکدیگر نزدیک است.

در آستانه‌ی ۵۰ سلول، درصد تفاوت فراوانی آبراهه‌ها تفاوت اندکی داشته و ضریب زه‌کشی هر دو لایه برابر است، به جز رتبه ۵ که اندکی از بقیه‌ی رتبه‌ها بیشتر است. در آستانه‌های بالاتر نیز درصد تفاوت فراوانی آبراهه‌ها اندک بوده و ضریب زه‌کشی مشابه است. در نتیجه این شاخص نیز بیانگر هم‌ترازی دقت DEM های حاصل از نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ با DEM های نوع ASTER است.

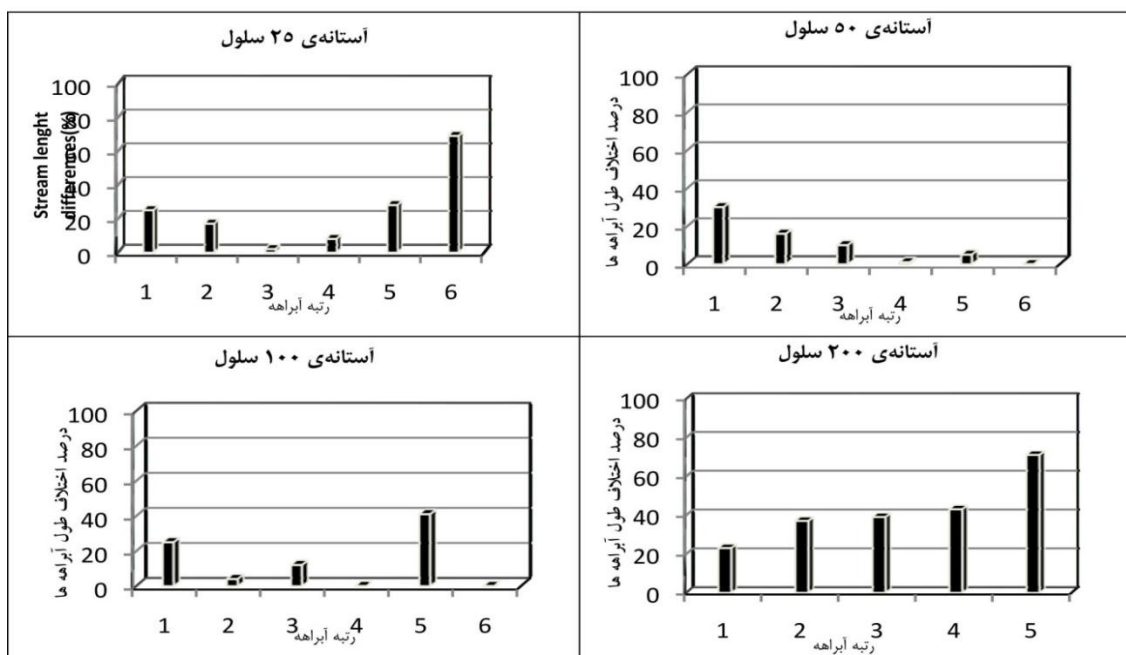


شکل ۱۰. مقایسه‌ی فراوانی سلولی آبراهه‌ها در رتبه‌ها و آستانه‌های مختلف



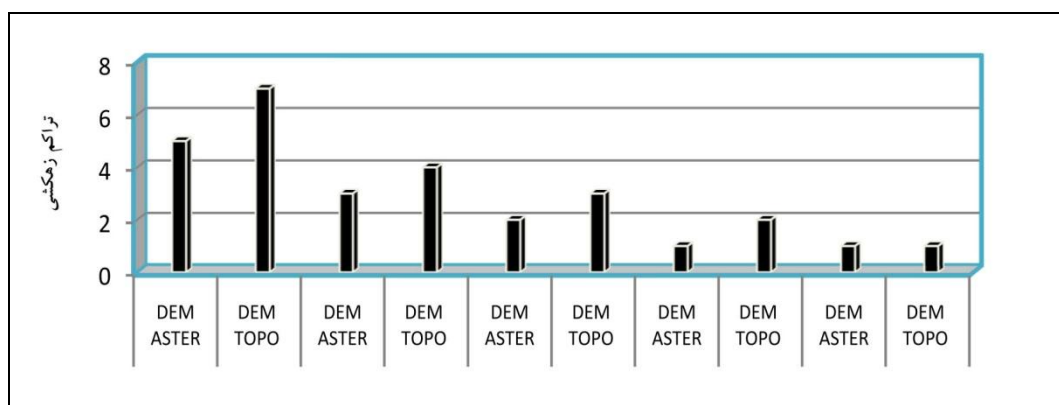
شکل ۱۱. فراوانی آبراهه‌های وکتوری تبدیل شده از آستانه‌های سلولی مختلف

شکل ۱۲ درصد اختلاف طول آبراهه‌های مستخرج از دو نوع DEM برای کل حوضه در آستانه‌های سلولی ۲۵ تا ۲۰۰ سلول را نشان می‌دهد. در تمام آستانه‌ها، درصد اختلاف طول آبراهه‌ها، به جز در رتبه ۶ برای سایر رتبه‌ها بین دو لایه کم است.



شکل ۱۲. درصد اختلاف طول آبراهه‌ها بین نوع DEM و ASTER مستخرج از نقشه‌ی توپوگرافی

شکل شماره‌ی ۱۳ تراکم زه‌کشی آبراهه‌های مستخرج از هر دو DEM را برای کل حوضه در آستانه‌های سلولی ۲۵ تا ۲۰۰ سلول را ارائه می‌کند. در تمام آستانه‌ها هر دو لایه تراکم زه‌کشی مشابهی دارند، پس از نظر این شاخص نیز DEM‌های حاصل از نقشه‌ی توپوگرافی با DEM‌های نوع ASTER و مشابه آن، برابری می‌کند.



شکل ۱۳. تراکم زه‌کشی محاسبه‌شده در دو نوع DEM

## بحث و نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که کاربران GIS نباید انتظار دقت بالا از رسترهایی که مبتنی بر نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ است را داشته باشند. گرچه در بیشتر موارد در ایران برداشت کاربران از مدل‌های رقومی ارتفاع، همان رسترهای به‌دست آمده از منحنی‌های تراز نقشه‌های مذکور است، اما واقعیت آن است که در مطالعات دقیق مدل‌سازی‌ها یا پروژه‌های تخصصی، نتایج این‌گونه رسترها از دقت کافی برخوردار نیست. این مشکلات زمانی بیشتر اهمیت می‌یابد که مقیاس مطالعه بزرگتر، محدوده‌های تحت مطالعه کوچکتر و در واحدهای ژئومورفولوژی خاص واقع می‌شود. همان‌طور که ملاحظه شد، در واحدهای کم‌شیب، مانند مخروط‌افکنه‌ها یا دشت تراکمی، شبکه آنها از طول زیاد و غیر واقعی و همچنین مکان نادرست برخوردارند. نقشه‌های شبیبی که به‌وسیله‌ی کاربران برای چنین مناطقی تهیه می‌شود، نتایج معکوسی را دربردارد، یعنی مناطق را با شیب پایین‌تری به تصویر می‌کشد. البته این کاستی‌ها تا حد زیادی به ضعف الگوریتم‌های رایانه‌ای مربوط است، اما همین الگوریتم‌ها برای پهنه‌های وسیع نتایج مطلوبی را ارائه می‌دهند. نتیجه آنکه پیش از هر گونه تحلیل داده‌ها، لازم است با توجه به خصوصیت‌های فیزیوگرافی و ژئومورفولوژی منطقه‌ی مطالعاتی، حدود اطمینان داده‌ها را مورد بررسی قرار داد. در مورد شبکه‌های مستخرج از رسترهای مبتنی بر نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰، تنها می‌توان در مرحله‌ی طرح‌های آمایشی و توجیهی کوچک مقیاس در پهنه‌های وسیع استفاده کرد.

در مورد مقایسه‌ی همه‌جانبه‌ی DEM حاصل از نقشه‌های توپوگرافی با DEM نوع ASTER، منطقه‌ی با ابعاد سلولی ۳۰ متر نشان داد که این‌گونه DEM ها، از نظر اعتبار در گروه داده‌های رقومی ارتفاع می‌تواند با DEM های نوع ASTER یا مشابه آن برابری کند، بنابراین کاربران با اطمینان می‌توانند از DEM های مبتنی بر نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ به جای داده‌های ASTER یا داده‌های هم‌ارز آن استفاده کنند. نکته‌ی آخر اینکه گرچه میزان دقت مطلق DEM های توپوگرافی پایین به‌نظر می‌رسد، اما در مقایسه با داده‌های ارتفاعی موجود در عرصه‌ی GIS از ارزش بالایی برخوردارند.

## منابع

حسین‌زاده، سیدرضا و جهادی‌طرقی، مهناز. ۱۳۸۹. ارزیابی کیفیت و دقت تحلیل‌های مورفومتری شبکه‌آب‌های مستخرج از مدل‌های رقومی ارتفاع (نمونه‌ی مورد مطالعه: حوضه‌ی آبریز رباط قره‌بیل)، جغرافیا و توسعه‌ی ناحیه‌ای، شماره‌ی ۱۴، صص. ۲۱۲-۱۸۳.

حسین‌زاده، سیدرضا و بیدخوری، علیرضا. ۱۳۸۷. سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی، (چاپ اول)، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.

سازمان جغرافیایی کشور و سازمان نقشه‌برداری کشور: نقشه‌های ۱:۵۰۰۰۰ توپوگرافی منطقه‌ی مطالعاتی.

سازمان زمین‌شناسی کشور: نقشه‌های زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ منطقه‌ی مورد مطالعه.

فریفته، جمشید. ۱۳۷۰. تحلیل‌های کمی در ژئومورفولوژی، انتشارات دانشگاه تهران. تهران.



- Chen, C., Yue, T., 2010, **A Method of DEM Construction and Related Error Analysis**, Computers and Geosciences, Vol.36, No. 6, PP. 717-725.
- Chen, Y., Wilson, J. P., Zhu, Q., Zhou, Q., 2012, **Comparison of Drainage Constrained Methods for DEM Generalization**, Vol. 48, PP. 41-49.
- Farifteh, J., 1992, **Quantities Analysis in Geomorphology**, University of Tehran, Iran.
- Garcia, M. J. L and Camarasa, A. M., 1999, **Use of Geomorphological Units to Improve Drainage Network Extraction from a DEM**, JAG Journal, Vol. 1, No. 3/4, PP. 187-195.
- Geographically Organization of Iran, **Topographical Maps of Study Area in 1:50000 Scale**.
- Geological Survey of Iran, **Geological Map of Study Area in 1:250000 Scale**.
- Hirano, A., Welch, R., Lang, H., 2003, **Mapping from ASTER Stereo Image Data: DEM Validation and Accuracy Assessment**, Photogrammetry and Remote Sensing, No. 57, PP.356-370.
- Hoseinzadeh, S. R., Jahadi Toroghi, M., 2010, **Assessing the Accuracy of Digital Elevation Models (DEMs) and GIS algorithms in Morphometric Analysis**, Journal of Geography and Regional Development, Vol. 14, PP. 183-212.
- Hosseinzadeh, S.R. 2011, **Drainage Network Analysis, Comprise of Digital Elevation Models (DEMs) from ASTER and Remote Sensing Data**, International Journal of Environmental Science and Development, Vol. 2, No. 3, PP.194-198.
- Hosseinzadeh, S.R., Bidkhorri, A., 2008, **Geographic Information System, Elements and Software Training**, Jahad Daneshgahi of Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad.
- Huggel, C., Schneider, D., Miranda, P.J., Delgado, H., Granados, A.K., 2008, **Evaluation of ASTER and SRTM DEM Data for Lahar form Popocatepetl Volcano, Mexico**, Journal of Volcanology and Geothermal Research, Vol. 170, PP.99-110.
- Kamali, A., Sarmadian, F., Mahmodi, SH., 2009, **Production of Digital Elevation Models from ASTER Images and Assessing its Accuracy**, the Journal of Water and Soil, Vol. 40, No. 1, PP. 59-66.
- Li, J., Wong, D.W.S., 2010, **Effects of DEM Sources on Hydrologic Applications**, Computers, Environment and Urban Systems, Vol. 34, No. 3, PP. 251-261.
- Liu, H., Kisel, J., Hormann, G., Fehrer, N., 2011, **Effects of DEM Horizontal Resolution and Methods on Calculating the Slop Length Factor in Gently Rolling Landscapes**, CATENA Vol. 87, PP.368-375.
- Vaze, J., Teng, J., Spencer, J., 2010, **Impact of DEM Accuracy and Resolution on Topographic Indices**, Environmental Modeling & Software, Vol. 25, PP. 1086-1098.
- Wise, S., 2000, **Assessing the Quality of Digital Elevation Models Derived from Contours for Hydrological Applications**, Hydrological Processes, Vol. 14, PP. 1909-1929.

WU, S., Li. J., and Huang, G.H., 2008, **A Study on DEM-derived Primary Topographic Attributes for Hydrologic Applications: Sensivity to Elevation Data Resolution**, Applied Geography, Vol. 28, No. 3, PP. 210-223.

*Assessing the Accuracy of DEMs Derived from Contour Line Maps  
and Comparing with ASTER DEMs*

**Hosseinzadeh S.R. \***

Associate Prof., Dep. of Geography, Ferdowsi University of Mashhad

**Naddaf Sangani M.**

MS in Physical Geography Dep. of Geography, Ferdowsi University of Mashhad

Received: 22/09/2012

Accepted: 16/03/2013

**Extended Abstract**

**Introduction**

DEM accuracy properties including grid size could however vary from source to source for an area of interest. The sensitivity of principal topographic derivatives used in hydrologic modeling to DEM resolution, however has been systematically explored in few studies. A medium and large scale topographic map is one source of digital elevation models in many countries. In Iran GIS users digitize the 1:50000 scale maps to constructing of DEMs with 10×10 meters resolution. However these data are used for scientific analysis but the accuracy and quality of them is not completely known. Therefore in this paper we first examined the accuracy of a DEM derived from topographic maps and then investigated its quality by comparison the results with results derived from an ASTER DEM.

**Methodology**

The materials of this paper included the contour line map with 1:50000 scale, IRSpan satellite image with 5.8×5.8 m resolution and an ASTER DEM from Terra satellite in 2003. We first transformed the scanned map to UTM coordinate system and then digitized the contour lines by ArcGIS Editor Tools. A TIN map was constructed from digitized contours, then transformed to a DEM with 10m meters cell size as we called it TOPO DEM. The river network of the study area was first drawn from IRS pan satellite Image by ArcGIS sketch tools after geometric transformation of image in UTM coordinate system. The criterion used to define first-order

stream channels was based on channel morphology and a length of over 50m. The extraction of the drainage network of the study area carried out from both DEMs, in raster format with a 10m\*10m grid cell size for the TOPO DEM and 30x30m for ASTER DEM. Hydrology toolsets in ArcGIS software, version 9.3 (ESRI 2008) was used for extraction of drainage system.

For determination of TOPODEM accuracy we took the extracted networks from satellite images as a real stream channels. This is partly because more detailed scale of the satellite images guarantees a good reference map to compare the network obtained from the DEM. The comparison process has been done in both raster and vector formats. These comparisons included morphometric characteristics as river frequency, stream length, stream density and drainage ratio as well as the spatial pattern of the drainage lines, which was evaluated by visual analysis and calculating the differences rate between two networks. We used the drainage network characteristics extracted from ASTER DEM as a criterion to assessing the quality of the TOPO DEM.

#### *Study Area*

The study area with 443 Km<sup>2</sup> is located in the east part of Iran (Figure 2) which consists of 4 geomorphologic units including mountain, pediment, alluvial fans and flood plain. Highest elevation in the area is about 2200 m in the northeast corner and the lowest elevation at the southwest part is about 1000m. Mountainous area with 199 km<sup>2</sup> is the main geomorphologic unit which is characterized with dendretic drainage pattern. The Elevation is ranging between 1000 m in the flood plain area to 2200 m in the mountainous sections.

### **Results and Discussion**

#### *A) DEM accuracy in comparison with real ground*

Visual study and numerical results showed only a network Map which is derived in 50 threshold value is near to the network extracted from satellite image. River order and cell frequencies are being decreasing in higher threshold values. The comparison of the cell and vector data presented good agreement for all stream orders but there are large differences for 4, 5 and sixth-order streams.

The results showed better agreement in the mountainous and hilly parts only for the first and second-order streams. The river length measurements show satisfied agreement degree for pediment and mountain units especially for second-order rivers. We found the lower agreement degrees for alluvial fans and plain sectors.

Drainage density calculated for whole basin area shows a good agreement between rivers, which extracted by different methods. Obviously, differences appear in separate Geomorphologic units as we can see completely incorrect results for alluvial fan and plain sectors for rivers which are delineated from DEM. The best agreement of drainage density is recognized for the pediment where the surface slop is moderate. In the mountain area drainage density for the layer extracted from satellite image is higher than the layer extracted from TOPODEM while the results are inversely for alluvial fans and plain areas. The best agreement

of drainage density is recognized for pediment where the surface slop is moderate.

#### *B) DEM quality in comparison with an ASTER DEM*

In this case we used an ASTER DEM for assessing criteria; both DEMs must to be in a same cell size, therefore the TOPODEM resampled to 30×30 meters dimensions. Based on stream frequency calculations we found out only small differences between two DEMs. Stream frequency for all stream orders in threshold 50 is completely equal for two DEMs. In other thresholds also the amount of the stream frequency explained high quality of the DEM. The differences between two DEMs were arising when we derived the river length in different thresholds. The lowest differences are associated to threshold of 50 while it increases for higher or lower thresholds. There are recognizable differences at the some river orders, for instances we can refer to the rivers with 1 order.

#### **Conclusion**

The DEM based on 1:50000 topographic maps have enough accuracy for extracting of the first and second-order rivers in mountain areas with 50 threshold values. The morphometric analysis based on extracted networks from these DEMs give weak accuracy through alluvial fan and plain areas but there is a good agreement for river length in the mountain, hill and pediment landforms. 10\*10 in resolution of TOPO DEMs is not enough to derive river networks in the alluvial fan and plain sectors. It is possible to increase the threshold values for network extraction on the alluvial fan and plain sectors. However the comparison of TOPODEM data with real ground illustrates a weakly coincidences but in comparing with a DEM from satellite sources resulted good quality in the data group. We found out large similarities between TOPODEM and ASTER DEM in drainage network analysis. The differences rate in all morphometric parameters and at different geomorphologic units were very low. It means the TOPODEM data has a high quality and GIS users can use these data with high confidence.

***Keywords: DEM Analysis, Geomorphology, Raster and Vector Data, River Network Extraction.***