



دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر
فصلنامه علمی-پژوهشی فضای جغرافیایی

سال شانزدهم، شماره ۵۴
تابستان ۱۳۹۵، صفحات ۲۳۵-۲۱۹

مهرنوش قدیمی^۱
ابراهیم مقیمی^۲
محمودرضا صاحبی^۳
طیبه اکبری ازیرانی^۴

مقایسه دقت مورفومتری و الگو شبکه آبراهه‌های مستخرج از مدل رقومی ارتفاعی Aster و نقشه‌های توپوگرافی (منطقه موردی: اشترانکوه)

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۹/۱۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۳/۱۴

چکیده

این تحقیق به ارزیابی کیفیت و دقت مدل‌های رقومی ارتفاعی مستخرج از ASTER و داده‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ در تحلیل مورفومتری شبکه آبراهه‌ها در سازندهای مختلف می‌پردازد. برای آزمون مدل رقومی ارتفاع ابتدا نقشه شبکه زهکشی منطقه مورد مطالعه از طریق مدل رقومی ارتفاعی ASTER و نقشه توپوگرافی در محیط Archydro تهیه شد. شبکه زهکشی رستری منطقه با اندازه سلولی ۳۰، برای کل حوضه آبریز محاسبه شد. نتایج نشان می‌دهد از نظر مورفومتری، آبراهه‌های مستخرج از ASTER و توپوگرافی در هر سازند مشابه یکدیگر هستند ولی بین تعداد آبراهه‌های آن‌ها تفاوت بسیاری وجود دارد. بیش‌ترین تعداد و تراکم زهکشی آبراهه‌ها در سازند ایلام سروک و کم‌ترین آن‌ها در سازند سورمه مشاهده شده است. میزان دقت تعداد آبراهه‌های حاصل از مدل رقومی ارتفاعی

E-mail: ghadimi@ut.ac.ir

۱- استادیار دانشکده جغرافیا دانشگاه تهران.

۲- استاد دانشکده جغرافیا دانشگاه تهران.

۳- استادیار دانشکده نقشه برداری دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی.

۴- استادیار دانشکده علوم زمین دانشگاه شهید بهشتی.

Aster در مقایسه با آبراهه‌های حاصل از توپوگرافی در مناطق کوهستانی بسیار پایین است. تعداد آبراهه‌ها به جنس سازند و شیب بستگی دارد. نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل نشان می‌دهد که بین تراکم زهکشی و تعداد آبراهه‌ها رابطه مستقیم و با ریشه میانگین مربعات خطا رابطه عکس دارد.

کلید واژه‌ها: مدل رقومی ارتفاع، الگو و مورفومتری آبراهه‌ها، Aster، توپوگرافی، اشتراک‌نکوه.

مقدمه

مدل‌های رقومی ارتفاع به گونه‌ای است که هر نقطه بر روی تصویر، دارای ارتفاع متناظر خود بر روی زمین می‌باشد، این داده‌ها در سالیان اخیر به‌عنوان ابزار مؤثری در به تصویر کشیدن ارتفاع و استخراج داده‌های مربوط به پستی و بلندی است (کامپ و همکاران ۲۰۰۳: ۲۳، PCI ژئوماتیک، ۲۰۰۱: ۵۰). ساختار مدل رقومی ارتفاع^۵ سبب شده تا انجام پردازش‌های بعدی به منظور تهیه اطلاعات اضافی از آن با سهولت بیشتری میسر گردد (چنگ^۶، ۲۰۰۱: ۱۰۲۳). نتایج مطالعات مختلف مشخص می‌کند که نتایج شبیه‌سازهای هیدرولوژیکی به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر کیفیت داده‌ها است (کایت^۷، ۱۹۹۵: ۲۷۷۲، ولوک^۸ و پرایس^۹، ۱۹۹۴: ۱۰۲۱). تهیه مدل رقومی ارتفاع با استفاده از منابع اطلاعاتی متنوعی امکان‌پذیر می‌باشد از جمله نقشه‌برداری زمینی، عکس‌برداری هوایی، رادار، آلتی‌متری لیزری و نقشه‌های توپوگرافی (PCI ژئوماتیک، ۲۰۰۱: ۵۰) که برخی از آن‌ها به دلیل کافی نبودن اطلاعات ارتفاعی سبب بروز خطا در تولید مدل رقومی ارتفاع می‌گردند که اغلب از چشم‌کاربر دور می‌ماند، اما تأثیر خود را در محاسبات بعدی می‌گذارد. محققان مختلفی به اثبات رسانده‌اند که مدل‌های رقومی ارتفاعی تولید شده از ASTER با قدرت تفکیک مکانی ۱۵ متر (دو برابر قدرت تفکیک مکانی هر پیکسل) برای استفاده در مطالعات شکل زمین از دقت کافی برخوردارند (سون^{۱۰} و سوزان^{۱۱} ۲۰۰۵: ۵۰۱۶). یک منبع قابل توجهی از خطاها را می‌توان به جمع‌آوری اطلاعات نسبت داد. صحت و دقت منابع اطلاعاتی با روش‌های جمع‌آوری از قبیل رقومی کردن نقشه، رادار مراقبتی هوابرد^{۱۲}

5- Digital Elevation Models

6- Cheng

7- Kite

8- woloock

9- Price

10- Sun

11- Suzen

12- Airborne sensor

فعال، روش‌های نقشه‌برداری و نقشه‌برداری زمینی تغییر می‌کند (اردگان^{۱۳}، ۲۰۰۹: ۳۶۶). دیگر منابع ایجاد خطا عبارتند از روش‌های درون‌یابی برای تولید مدل رقومی ارتفاع و ویژگی‌های سطح زمین (کارارا^{۱۴} و همکاران، ۱۹۹۷: ۴۵۱، اسکیدمور^{۱۵}، ۱۹۸۹: ۳۲۳). حتی اگر بپذیریم مدل‌های رقومی ارتفاعی با اندازه سلولی کوچک‌تر از دقت بالاتری برخوردارند، اما متأسفانه دسترسی به آن‌ها امکان‌پذیر نبوده و از طرفی نیاز به اصلاحات زیاد و حتی تغییر به مدل رقومی ارتفاعی با قدرت تفکیک پایین‌تر دارند. میزان خطای ارتفاع در مدل رقومی ارتفاعی در سطح جهانی توسط عواملی از قبیل انحراف معیار خطا و $RMSE^{16}$ محاسبه می‌شود (بولستاد^{۱۷} و استاو^{۱۸}، ۱۹۹۴: ۱۳۲۳ کارلیسل^{۱۹}، ۲۰۰۵: ۵۲۵؛ وایس^{۲۰}، ۱۹۹۸: ۱۴۲) دانشمندان به‌طور افزاینده‌ای از مدل رقومی ارتفاع به خاطر سهولت استفاده از آن برای کاربردهای مختلف از قبیل کنترل سیل و نقشه‌کشی مخاطرات استفاده می‌کنند (جنسن^{۲۱}، ۱۳۵: ۱۹۹۱، وایز^{۲۲}، ۱۹۲۰: ۲۰۰۰).

به نظر می‌رسد گستردگی الگوی آبراهه‌ها و تنوع مورفومتری آن‌ها در منطقه اشترانکوه به علت قرارگیری آن‌ها در سازندهای مختلف و پراکندگی شبکه آبراهه‌ها در این منطقه می‌باشد. الگوریتم‌های زیادی برای گرفتن ویژگی‌ها یا اشکال توپوگرافی اولیه از مدل رقومی ارتفاع توسعه یافته است. بعضی از این الگوریتم‌ها شامل استخراج شبکه رودخانه‌ها (مارک^{۲۳}، ۱۹۸۴: ۱۷۴) و ترسیم حوزه آبخیز (بند^{۲۴}، ۱۹۸۶: ۱۷). ویژگی‌های توپوگرافیکی یا ژئومورفیکی اولیه که از مدل رقومی ارتفاع گرفته شده اغلب به‌عنوان ورودی برای دیگر مدل‌ها به‌کار می‌رود؛ بنابراین مدل رقومی ارتفاع و الگوریتم‌ها پایه تحقیقات علمی وابسته به محیط و توپوگرافی را در دسترس قرار می‌دهند (جینگ و وانگ، ۲۰۱۰: ۲۵۶). یکی از کاربردهای مهم داده‌های مدل رقومی ارتفاع تجزیه و تحلیل هیدرولوژیکی است. هرچند، بسیاری از مطالعات هیدرولوژیکی موفق به تولید نتایج ثابتی نشده‌اند. برخی از مطالعات دلیل آن را به تفاوت فاکتورهای مختلف از قبیل منابع اطلاعاتی، قدرت تفکیک مکانی، مدل‌های رقومی ارتفاعی و الگوریتم‌های استفاده شده در تجزیه و تحلیل داده‌ها، نسبت می‌دهند (بیکر^{۲۵} و همکاران، ۲۰۰۶: ۱۶۳، گیاسی-گیای^{۲۶} و همکاران، ۱۹۹۵:

-
- 13- Erdogan
 - 14- Carrara
 - 15- Skidmore
 - 16- Root mean square meter
 - 17- Bolstad
 - 18- Stowe
 - 19- Carlisle
 - 20- Wise
 - 21- Jenen
 - 22- Wise
 - 23- Mark
 - 24- Band
 - 25- Baker
 - 26- Gyasi-Agyei

۳۷۰) ابزار، مدل و الگوریتم‌های زیادی با استفاده از داده‌های مدل رقومی ارتفاعی در محیط GIS برای مدل‌های هیدرولوژیکی توسعه یافته است (گرونل^{۲۷} و مونتگومری^{۲۸}، ۲۰۰۰: ۳۳۵). اگر کاربران از خطاهای مدل رقومی ارتفاع مطلع نباشند روش‌های تجزیه و تحلیل نادرست، منجر به نتایج غلط می‌شود؛ و به عبارت دیگر این اطلاعات در زمینه‌های خاص قابل استفاده نیستند (فیشر^{۲۹}، ۱۹۹۳: ۱۷۶).

اخیراً مطالعات بر اساس نتایج حاصل از پردازش‌های رایانه‌ای متمرکز شده است، ولی در چند سال گذشته بیش‌تر به مدل‌های رقومی ارتفاعی مختلف پرداخته شده است. در این نمونه تحقیقات، دقت مدل رقومی ارتفاع با نقشه‌های توپوگرافی و گاه با عکس‌ها و تصاویر ماهواره‌ای بزرگ مقیاس سنجیده شده است. جایی که در نقشه‌های توپوگرافی محدودیت وجود دارد، مدل‌های رقومی ارتفاعی و SRTM تنها منبع مورد مطالعه در زمینه‌های مختلف از قبیل تغییرات سطحی یخچال‌های طبیعی و ... به شمار می‌روند، در این ارتباط مدل‌های SRTM توپوگرافی نسبتاً دقیق و مدل‌های حاصل از ASTER، آن را با جزئیات بیش‌تری ارائه می‌دهند (بولچ، ۲۰۰۴ و ۲۰۰۵: ۶۶۵). لیو^{۳۰} و همکاران (۲۰۱۱: ۳۰۷) برای استخراج شاخص طول شیب (L) که در مطالعات فرسایش خاک به کار می‌رود، از مدل‌های رقومی ارتفاعی نوع LiDAR^{۳۱} استفاده کرده و دقت مدل‌های رقومی ارتفاعی با اندازه سلولی مختلف را ارزیابی می‌کنند. به این نتیجه دست یافتند که با کاهش قدرت تفکیک مدل‌های رقومی ارتفاعی، میزان شیب، طول جریان و تراکم زهکشی کاهش یافته و در استخراج شاخص (L) از مدل‌های رقومی ارتفاعی با قدرت تفکیک مکانی پایین استفاده کرد. وو^{۳۲} و همکاران (۲۰۰۸: ۲۱۲) پیش از این به نتایج مشابهی در استفاده از مدل‌های رقومی ارتفاعی مستخرج از نقشه‌های توپوگرافی دست یافته بودند. آن‌ها دریافتند که شکل هر مسیر جریان نقش مهمی در پاسخ به طول جریان و تغییر قدرت تفکیک شبکه بازی می‌کند و میزان شیب، طول جریان با کاهش قدرت تفکیک مدل رقومی ارتفاع کاهش پیدا می‌کند. هوگل^{۳۳} و همکاران (۲۰۰۸: ۱۰۵) پس از استفاده از مدل‌های رقومی ارتفاعی نوع ASTER و SRTM در مدل‌سازی فرایند لاهار، دقت هر دو نوع مدل رقومی ارتفاع را برابر نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ دانسته و پیشنهاد می‌کنند، در مطالعه لاهار مدل‌های رقومی ارتفاعی SRTM با وجود قدرت تفکیک بیش‌تر، از دقت بالاتری برخوردار است. چن^{۳۴} و همکاران (۲۰۱۲: ۴۵ و ۲۰۱۰: ۷۲۰) پس از استخراج شبکه زهکشی از

27- Grunell

28- Montgomery

29- Fisher

30- Liu

31- Light detection and ranging

32- Wu

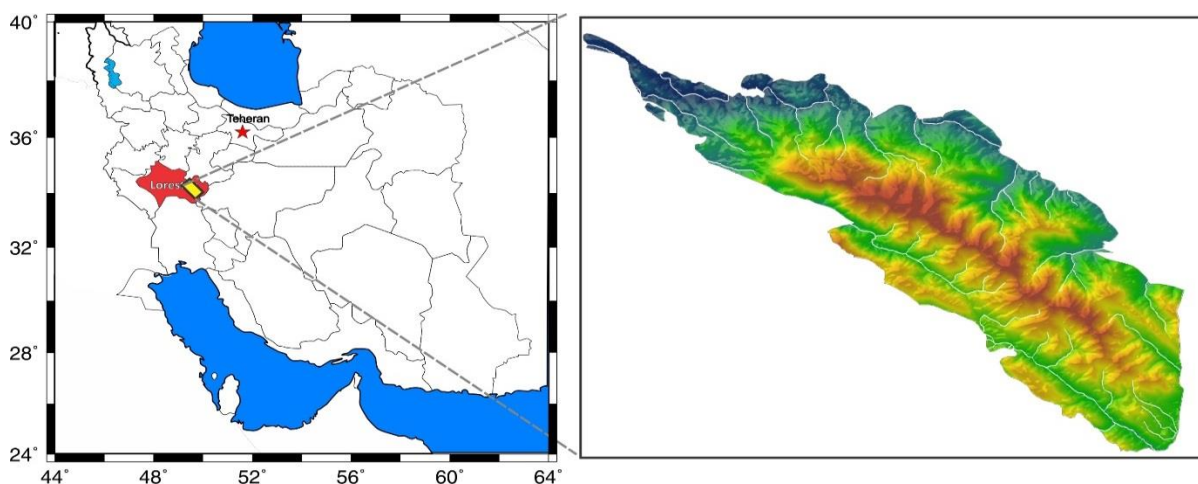
33- Huggel

34- Chen

چند نوع مدل رقومی ارتفاع استفاده می‌کنند که باید روش جدیدی جایگزین روش ساده مدل رقومی ارتفاع شود: زیرا در هر کدام خط‌هایی به وجود می‌آید. (هیرانو^{۳۵} و همکاران، ۳۵۶:۲۰۰۳) پس از مقایسه نیمرخ‌های توپوگرافی حاصل از مدل‌های رقومی ارتفاعی Aster با نیمرخ‌های متناظر آن در نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰، دقت این نوع مدل‌های رقومی ارتفاعی را برای تحلیل، تهیه نقشه‌های ژئومورفولوژی و استخراج نقشه‌های توپوگرافی در مقیاس‌های ۱:۵۰۰۰۰ و ۱:۱۰۰۰۰۰ با فاصله منحنی‌های تراز ۴۰ متری مناسب تشخیص داده‌اند. کمالی و همکاران (۱۳۸۸: ۶۰) به این نتیجه رسیدند که مدل رقومی ارتفاعی تولید شده در مناطق کاملاً مسطح یا با شیب بسیار کم و بدون پوشش گیاهی بسیار دقیق بوده و به طوری که خطای به دست آمده اغلب بین ± 10 متر می‌باشد ولی در مناطق با پوشش گیاهی متراکم، مناطق دارای سایه و شیب‌های تند و دره‌های عمیق خطای تولید مدل رقومی ارتفاع افزایش داشته و به حدود ۵۰-۱۰۰ متر نیز می‌رسد. این تحقیق با هدف بررسی پراکندگی الگوی آبراهه‌های مستخرج از مدل رقومی ارتفاعی Aster و توپوگرافی به منظور رتبه‌بندی، تراکم زهکشی آبراهه‌ها و همچنین مقایسه مورفومتری آبراهه‌ها در ۱۳ سازند مختلف انجام گرفته است.

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه با وسعت ۴۲۱ کیلومترمربع، واقع در جنوب شرقی استان لرستان است و در محدوده $33^{\circ}07'$ تا $33^{\circ}20'$ عرض شمالی و $49^{\circ}15'$ تا $49^{\circ}30'$ طول شرقی قرار گرفته است. ارتفاع بلندترین قله آن ۴۰۸۱ متر (قله سن‌بوران) می‌باشد (بیات، ۱۳۶۷: ۲۴) (شکل ۱).



شکل ۱: موقعیت منطقه مورد مطالعه

مواد و روش‌ها

در این پژوهش تعداد آبراهه‌ها، طول آبراهه‌ها، اختلاف طول آبراهه‌ها، اختلاف تعداد آبراهه‌ها، تراکم زهکشی و RMSE برای هر دو داده‌های مستخرج از مدل رقومی ارتفاعی ASTER و داده‌های توپوگرافی نقشه‌های ۱:۲۵۰۰۰ محاسبه شد. نقشه‌های توپوگرافی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰، مدل رقومی ارتفاعی ASTER و عکس‌های هوایی ابزار اصلی این تحقیق بوده است. بازدیدهای میدانی در مورد تغییر مورفومتری و جابجایی شبکه آبراهه‌ها کمک بسزایی داشته است. روش تحلیل داده‌ها مقایسه‌ای بوده، به این معنی که شکل شبکه آبراهه‌ها در سازندهای مختلف و همچنین تراکم آن‌ها قابل توجه بوده است. قدرت تفکیک تصاویر ماهواره‌ای ۱۵ متر و اندازه سلول مدل رقومی ارتفاعی Aster و توپوگرافی با معیار ۱۵ متر در نظر گرفته شده است. شبکه زهکشی رستری منطقه در دامنه سلولی ۳۰ بهترین آستانه سلولی در استخراج شبکه‌های زهکشی را داشت. ترسیم آبراهه‌ها در محیط Archydro (شکل ۳) انجام شد. رتبه‌بندی آبراهه‌ها بر مبنای روش استرال^{۳۶} (۱۹۵۱) صورت گرفته است. این روش گرچه نسبت به روش‌های هورتن^{۳۷} و شرو^{۳۸} در برخی مکان‌های ویژه با خطاهایی همراه است، ولی به‌عنوان یک روش شناخته شده در همه دنیا مورد تأیید بوده و به‌طور وسیعی استفاده می‌شود (فریفته، ۱۳۷۰: ۸). مرحله بعد برای ساخت رستر ارتفاعی، تمام منحنی‌های تراز در نقشه‌های اسکن شده توپوگرافی منطقه مورد مطالعه با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ ترسیم و پس از رفع خطاهای رقومی سازی یک مدل رقومی ارتفاعی با اندازه سلولی ۱۵ متر ساخته شد. استخراج شبکه زهکشی از مدل رقومی ارتفاع مذکور در ArcHydro9.3 در محیط ArcGIS انجام گرفته است. پس از رفع خطای مدل‌های رقومی رستری، جهت جریان، شبکه آبراهه‌ها تصحیح شدند. مرحله بعدی لایه اتصال آبراهه‌ها با استفاده از دستور Stream Link در ArcHydro برای تمام لایه‌های رستری آبراهه‌ها ساخته شد. منطقه مورد مطالعه وسیع و متشکل از چندین سازند است، تحلیل‌ها بر اساس رتبه‌بندی آبراهه‌ها صورت گرفته است و در ارزیابی داده‌ها از چند شاخص به جای یک شاخص استفاده شد و موقعیت مکانی آبراهه‌ها نیز با دقت بیشتری در دو لایه به دلیل لایه مستخرج از تصویر ASTER و توپوگرافی مقایسه شده است.

تراکم زهکشی

تراکم زهکشی در رابطه (۱) عبارت است، L_k مجموع طول آبراهه‌های هر رتبه بر حسب کیلومتر و A_k مساحت بر حسب کیلومتر مربع

36- Strahler

37- Horton

38- Shreve

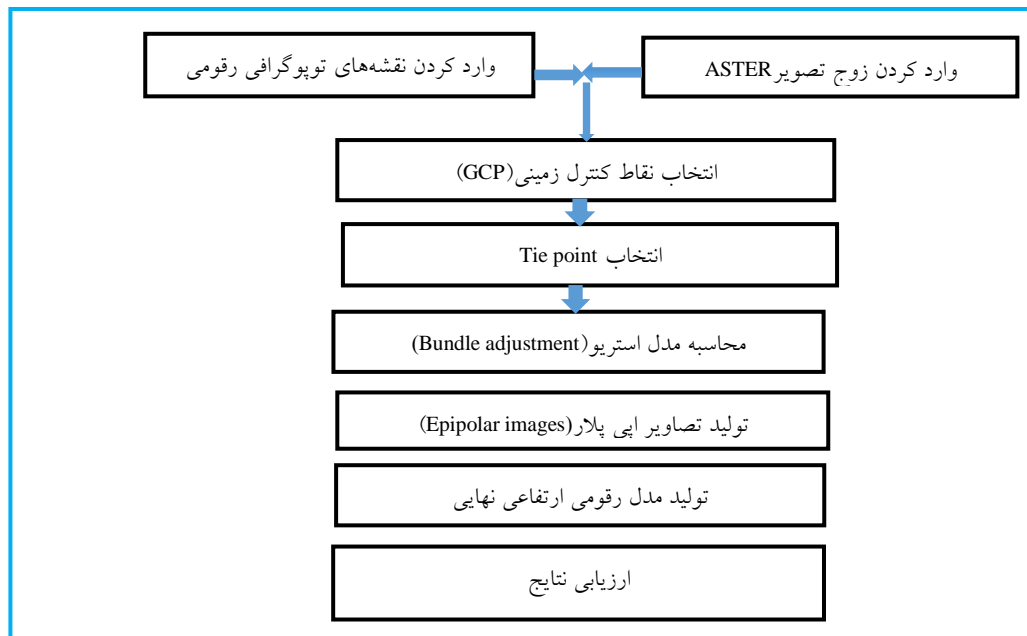
$$D = \left[\frac{\sum L_k}{A_k} \right] \quad \text{رابطه (۱)}$$

RMSE

مقادیر خطای جذر مربعات میانگین^{۳۹} (انحراف معیار) از رابطه (۲) نیز محاسبه می‌شود که مقدار اختلاف بین مقدار پیش‌بینی شده و اندازه‌گیری شده را نشان می‌دهد (وسلر، ۱۹۹۹: ۲۶۲).

$$RMSE = \sqrt{\sum_{i=1}^n (\bar{y}_i - y_i)^2 / n} \quad \text{رابطه (۲)}$$

که در آن \bar{y}_i = مقدار پیش‌بینی شده، y_i = مقدار اندازه‌گیری شد و n = تعداد نقاط نمونه



شکل ۲: مراحل استخراج آبراهه از مدل رقومی ارتفاع در محیط ArcHydro9.3 (با اندکی تصرف به نقل از جینگ و وانگ، ۲۰۱۰: ۲۵۵)

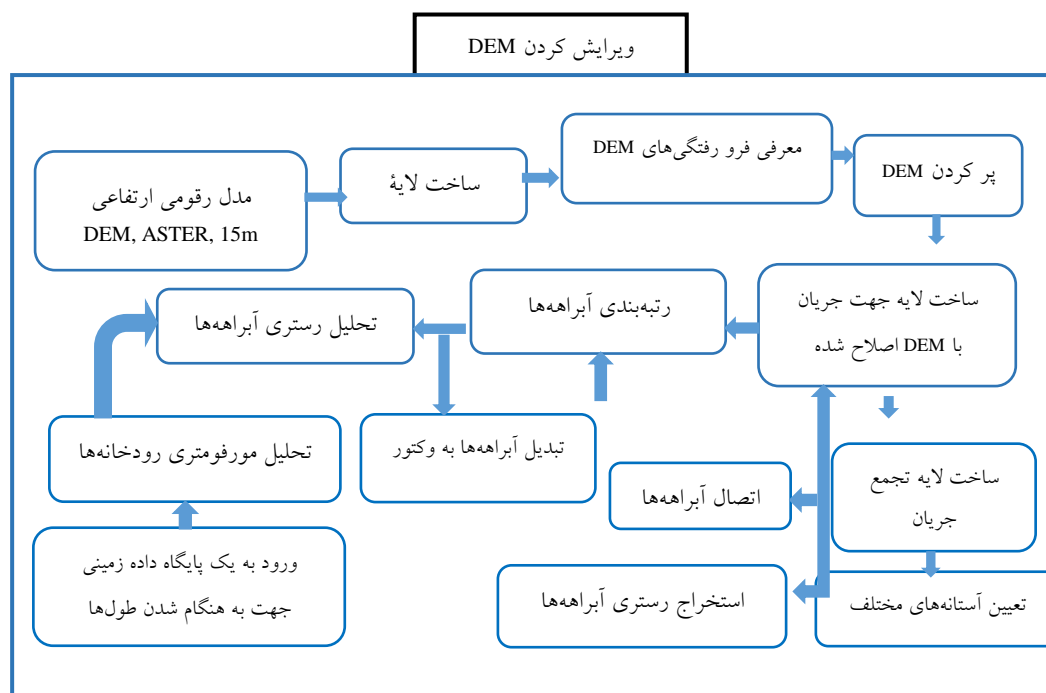
تهیه مدل رقومی ارتفاع

فرآیند تهیه مدل رقومی ارتفاعی را می‌توان در سه گام، انتخاب جفت تصاویر استریو تحت باندهای مطلوب (باند ۳N، برای تصویر چپ و باند ۳B برای تصویر راست استریو)، انتخاب یک سری نقاط کنترلی و وارد کردن تعدادی نقاط مشابه از تصاویر استریو، خلاصه کرد (DEM EMV^{۴۰} و ۲۰۰۵). فرآیند تهیه مدل رقومی ارتفاع طی مراحل زیر

39- Root-Mean- Square Error

40- Extraction Module Version

قابل انجام خواهد بود. این هشت مرحله را می‌توان برای تولید مدل رقومی ارتفاع از ASTER و نقشه‌های توپوگرافی به کار گرفت (رکنی و همکاران، ۱۳۸۶: ۳۰).



شکل ۳: مراحل استخراج آبراهه از مدل رقومی ارتفاع در محیط ArcHydro9.3 (با اندکی تصرف به نقل از جینگ و وانگ، ۲۰۱۰: ۲۵۵)

تهیه مدل رقومی ارتفاع

فرآیند تهیه مدل رقومی ارتفاعی را می‌توان در سه گام، انتخاب جفت تصاویر استریو تحت باندهای مطلوب (باند ۳N، برای تصویر چپ و باند ۳B برای تصویر راست استریو)، انتخاب یک سری نقاط کنترلی و وارد کردن تعدادی نقاط مشابه از تصاویر استریو، خلاصه کرد. (DEM EMV^(۱) و ۲۰۰۵). فرآیند تهیه مدل رقومی ارتفاع طی مراحل زیر قابل انجام خواهد بود. این هشت مرحله را می‌توان برای تولید مدل رقومی ارتفاع از ASTER و نقشه‌های توپوگرافی به کار گرفت (رکنی و همکاران، ۱۳۸۶: ۳۰).

یافته‌ها و بحث

(جدول ۱) شبکه آبراهه‌های مستخرج از مدل رقومی ارتفاع حاصل از نقشه‌های توپوگرافی و تصاویر ASTER را نشان می‌دهد. در (جدول ۲) طول آبراهه‌های منطقه محاسبه شده است.

جدول ۱- تعداد آبراهه‌های محاسبه شده در منطقه مورد مطالعه

تعداد آبراهه رتبه ۵	تعداد آبراهه رتبه ۴		تعداد آبراهه رتبه ۳		تعداد آبراهه رتبه ۲		تعداد آبراهه رتبه ۱		زمین‌شناسی سازند	محیط Km	مساحت سازند (Km) ²	سازند
	توپوگرافی	Aster	توپوگرافی	Aster	توپوگرافی	Aster	توپوگرافی	Aster				
۰	۰	۱۹	۰	۱۱	۰	۶۲	۲۵	۱۶۵	۵۰	۵۵/۵۵	۱۹/۶۳	آسماری (AS)
۵۲	۰	۸۰۵	۶	۵۵۵	۴۶	۱۰۶۶	۸۷	۲۴۴۲	۲۴۱	۱۱۳/۹۶	۱۲/۸۸	ایلام سروک (II-Sv)
۳۹	۰	۹۳	۹	۱۴۶	۲۲	۲۸۳	۳۹	۸۰۸	۸۱	۱۲۹/۰۸	۳۹/۵۱	دالان (Da)
۷	۰	۱۶	۶	۲۵	۶	۹۸	۱۰	۲۶۷	۱۷	۸۳/۸۴	۱۱/۲۷	زردکوه (Zk)
۰	۰	۲	۰	۲	۰	۷	۶	۴۲	۵	۱۱/۴۶	۷۱/۷۲	سورمه (Sm)
۸	۰	۵۳	۳۴	۱۹	۱۰	۴۶	۵	۱۳۳	۲۵	۳۹/۴۵	۵/۶۴	لالون (La)
۲۳	۱۳	۱۱۵	۰	۱۹۶	۱۳	۴۰۱	۵۵	۶۹۴	۱۳۹	۱۷۴/۳۷	۳۳/۸۲	خانه‌کت (Kk)
۱	۰	۳۸	۵	۱۵۳	۱۷	۲۸۸	۴۲	۶۹۵	۱۱۴	۲۰۵/۹۹	۲۳/۸۳	نیریز- سورمه (Nz- Sm)
۰	۰	۹۱	۳	۱۱۵	۰	۲۲۴	۱۱	۵۷۸	۶۶	۱۳۴/۸۷	۲۱/۳۱	گرو (Gr)
۰	۰	۲۰	۱۹	۱۳	۱۲	۱۲۰	۱۶	۳۱۳	۴۰	۶۱/۲۶	۱۶/۷۳	میلا (Ma)
۰	۰	۲۰	۵	۳۹	۱۶	۷۲	۱۶	۳۴۳	۴۸	۱۰۹/۸	۲۱/۵۸	تلزنگ (Tz)
۸	۰	۶۰	۷	۶۴	۸	۱۵۳	۲۷	۴۴۴	۶۰	۹۲/۴۵	۳۱/۹۶	پابده (Pd)
۱	۰	۵۷	۴	۸۷	۷۳	۱۹۵	۴۹	۴۶۸	۹۳	۱۰۰/۴	۳۴/۳۶	امیران (Am)

جدول ۲- طول آبراهه‌های مستخرج از مدل رقومی ارتفاعی Aster و توپوگرافی

طول آبراهه رتبه ۵ (Km)		طول آبراهه رتبه ۴ (Km)		طول آبراهه رتبه ۳ (Km)		طول آبراهه رتبه ۲ (Km)		طول آبراهه رتبه ۱ (Km)		سازند
توپوگرافی	ASTER	توپوگرافی	ASTER	توپوگرافی	ASTER	توپوگرافی	ASTER	توپوگرافی	ASTER	
۰	۰	۲/۸۲	۰	۱/۳۰	۰	۱۲/۰۱	۶/۶۳	۴۹/۵۲	۱۸/۱۴	آسماری
۴/۲۴۹	۰	۹۱/۱۲۵	۱/۴۵	۶۶/۸۹	۲۲/۰۳	۱۷۰/۵۲	۳۴/۳۲	۶۷۷/۰۶	۹/۰۹	ایلام سروک
۴/۶۸	۰	۹/۵۲	۲/۱۱	۱۷/۸۹	۷/۶۲	۴۰/۱۵	۱۶/۲۲	۳۴۰/۰۲۵	۳۰/۰۶۸	دالان
۰/۷۹۹	۰	۱/۸۳	۰/۹۳۳	۳/۲۵	۲/۳۶	۱۴/۱۸	۱/۶۳	۵۰/۳۷	۳/۹۳	زردکوه
۰	۰	۰/۱۲۴	۰	۰/۱۴۷	۰	۰/۵۰۳	۰/۳۷	۴/۲۴	۰/۷۷	سورمه
۰/۷۷۳	۰	۱۹/۵۸۵	۸/۵۶	۵/۵۴	۳/۵۲	۶/۹۵۰	۱/۵۶۸	۲۵/۵۲	۱۱/۲۳	لالون
۲/۵۶	۴/۶۹	۱۲/۷۶	۰	۲۱/۹۷	۳/۶۰	۴۰/۲۳	۱۵/۷۶	۱۵۳/۹۳	۳/۸۷	خانه‌کت
۰/۰۳۷	۰	۳/۵۳	۰/۸۶۲	۱۵/۶۷	۵/۲۱	۴۳/۷۳	۹/۳۲	۱۳۷/۷۳	۲۶/۷۹	نیریز- سورمه
۰	۰	۱/۲۱	۰/۲۹۷	۱/۰۸	۰	۲۶/۴۶	۲/۶۱	۱۱۲/۵۲	۱۵/۷۴	گرو
۰	۰	۱/۸۹	۴/۱۴	۱/۳۶	۳/۹۸	۱۷/۷۸	۳/۶۶	۷۶/۰۹	۱۰/۹۱	میلا
۰	۰	۲/۹۰	۱/۱۳	۵/۵۸	۴/۸۹	۱۴/۳۱	۴/۶۸	۸۷/۹۳	۹/۱۹	تلزنگ
۱/۲۸	۰	۶/۶۰	۲/۵۹	۹/۵۹	۴/۳۹	۲۸/۷۵	۷/۶۸۵	۱۱۷/۵۵	۱۹/۷۲	پابده
۰/۱۷	۰	۸/۴۲	۰/۸۶	۳۷/۲۷	۲۳/۱۴	۳۷/۳۴	۲/۰۶۷	۱۲۴/۱۲	۲۹/۵۱	امیران

جدول ۳- اختلاف تعداد آبراهه‌ها و طول آبراهه‌ها

اختلاف طول آبراهه رتبه ۵ توپوگرافی و ASTER	اختلاف طول آبراهه رتبه ۴ توپوگرافی و ASTER	اختلاف طول آبراهه رتبه ۳ توپوگرافی و ASTER	اختلاف طول آبراهه رتبه ۲ توپوگرافی و ASTER	اختلاف طول آبراهه رتبه ۱ توپوگرافی و ASTER	اختلاف تعداد آبراهه رتبه ۵ توپوگرافی و ASTER	اختلاف تعداد آبراهه ۴ توپوگرافی و ASTER	اختلاف تعداد آبراهه رتبه ۳ توپوگرافی و ASTER	اختلاف تعداد آبراهه رتبه ۲ توپوگرافی و ASTER	اختلاف تعداد آبراهه رتبه توپوگرافی و ASTER	سازند
۰	۲/۸۲	۱/۳	۵/۳۸	۳۸/۳۱	۰	۱۹	۱۱	۳۷	۱۱۱	آسماری
۴/۲۴	۸۹/۶۷	۴۴/۸۶	۱۳۶/۲	۶۶۷/۹۷	۵۲	۷۹۹	۵۰۹	۹۷۹	۲۲۰۱	ایلام سروک
۴/۶۸	۷/۴۱	۱۰/۲۴	۲۳/۹۳	۳۰۹/۹۵	۳۹	۸۴	۱۲۴	۲۴۴	۷۲۷	دالان
۰/۷۹	۰/۸۹	۰/۸۹	۱۲/۵۵	۴۶/۴۴	۷	۱۰	۱۹	۸۸	۲۵۰	زردکوه
۰	۰/۱۲	۰/۱۴	۰/۱۳	۳/۴۷	۰	۲	۲	۱	۳۷	سورمه
۰/۷۷	۱۱/۰۲	۲/۰۲	۵/۳۸	۱۴/۲۹	۸	۱۹	۹	۴۱	۱۰۸	لالون
-۲/۱۳	۱۲/۸۶	۱۸/۳۷	۲۴/۴۷	۱۵۰/۰۶	۱۰	۱۱۵	۱۸۳	۳۴۶	۵۵۵	خانه‌کت
۰/۰۳	-۰/۳۳	۱۰/۴۶	۳۴/۴۱	۱۱۰/۹۴	۱	۳۳	۱۳۶	۲۴۶	۵۸۱	نیریز- سورمه
۰	۰/۹۱	۱/۰۸	۲۳/۸۵	۹۶/۷۸	۰	۸۸	۱۱۵	۲۱۳	۵۱۲	گرو
۰	۴/۰۱	-۲/۶۲	۱۴/۱۲	۶۵/۱۸	۰	۲	۱	۱۰۴	۲۷۳	میلا
۰	۷/۵۶	۰/۶۹	۹/۶۳	۷۸/۷۴	۰	۱۵	۲۳	۵۶	۲۹۵	تله‌زنگ
۱/۲۸	۲/۸۲	۵/۲	۲۱/۰۶	۹۷/۸۳	۸	۵۳	۵۶	۳۷	۱۱۱	پایده
۰/۱۷	۸۹/۶۷	۱۳/۱۳	۳۵/۲۷	۹۴/۶۱	۱	۵۳	۱۴	۹۷۹	۲۲۰۱	امیران

جدول ۴- تراکم زهشکی حاصل از مدل رقومی ارتفاعی ASTER و نقشه‌های توپوگرافی

تراکم زهشکی آبراهه رتبه ۵		تراکم زهشکی آبراهه رتبه ۴		تراکم زهشکی آبراهه رتبه ۳		تراکم زهشکی آبراهه رتبه ۲		تراکم زهشکی آبراهه رتبه ۱		سازند
توپوگرافی	ASTER	توپوگرافی	ASTER	توپوگرافی	ASTER	توپوگرافی	ASTER	توپوگرافی	ASTER	
۰	۰	۰	۰/۱۴	۰	۰/۰۶	۰/۳۳	۰/۶۱	۰/۹۲	۲/۵۲	آسماری (AS)
۰	۰/۳۲	۰/۱۱	۷/۰۷	۱/۷۱	۵/۱۹	۲/۶۶	۱۳/۲۳	۰/۷۰	۵۲/۵۶	ایلام سروک (II-Sv)
۰	۰/۱۱	۰/۰۵۳	۰/۲۴	۰/۱۹	۰/۴۵	۰/۴۱	۱/۰۱	۰/۷۶	۸/۶۰	دالان (Da)
۰	۰/۰۷	۰/۰۸۲	۰/۱۶	۰/۲۰	۰/۲۸	۰/۱۴	۱/۲۵	۰/۳۴	۴/۴۶	زردکوه (Zk)
۰	۰	۱/۵۱	۰/۰۰۱	۰	۰/۰۰۲	۰/۰۰۵	۰/۰۰۷	۰/۰۱	۰/۰۵۹	سورمه (Sm)
۰	۰/۱۳	۰/۰۳۶	۳/۴۷	۰/۶۲	۰/۹۸	۰/۲۷	۱/۲۳	۱/۹۹	۴/۵۲	لالون (La)
۰/۱۳	۰/۰۷	۰	۰/۵۷	۰/۱۰	۰/۶۴	۰/۴۶	۱/۱۸	۰/۱۱	۴/۵۵	خانه‌کت (Kk)
۰	۰/۰۰۱	۰/۰۳	۰/۱۴	۰/۲۱	۰/۶۶	۰/۳۹	۱/۸۴	۱/۱۲	۵/۸۰	نیریز- سورمه (Nz- Sm)
۰	۰/۰۰۴	۰/۰۱	۰/۰۵	۰	۰/۰۵	۰/۱۲	۱/۲۴	۰/۷۳	۵/۲۸	گرو (Gr)
۰	۰	۰/۲۴	۰/۱۱	۰/۲۳	۱/۰۸	۰/۲۱	۱/۰۶	۰/۶۵	۴/۵۴	میلا (Ma)
۰	۰	۰/۰۵	۰/۱۳	۰/۲۲	۰/۲۵	۰/۵۰	۰/۶۶	۰/۴۲	۴/۰۷	تله‌زنگ (Tz)
۰	۰/۰۴	۰/۰۸	۰/۲۰	۰/۱۳	۰/۳۰	۰/۲۴	۰/۸۹	۰/۶۱	۳/۶۷	پایده (Pd)
۰	۰/۰۰۴	۰/۰۲	۰/۲۴	۰/۶۷	۱/۰۵	۰/۰۶	۱/۰۸	۰/۸۵	۳/۶۱	امیران (Am)

(جدول ۳) اختلاف تعداد آبراهه‌ها و طول آبراهه‌ها در آبراهه‌های مستخرج از مدل رقومی ارتفاع مبتنی بر نقشه توپوگرافی و ASTER را نشان می‌دهد. در (جدول ۳) می‌توان اختلاف تراکم آبراهه‌های تولید شده را مشاهده کرد. (جدول ۴) نمودار پراکنندگی تعداد آبراهه‌ها در سازندهای مختلف را نشان می‌دهد.

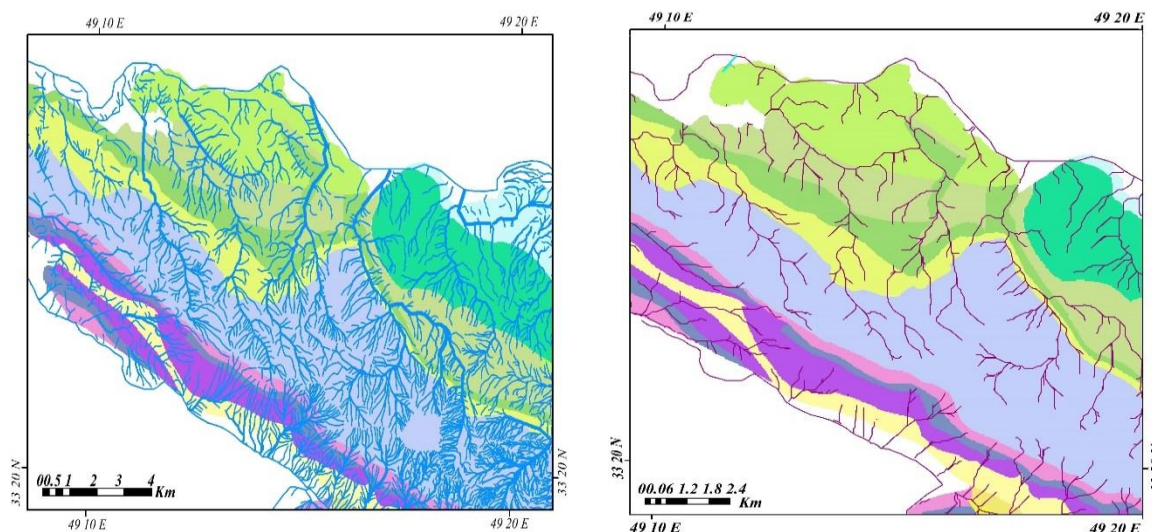
(جدول ۴) تراکم زهکشی در سازندهای مختلف را نشان می‌دهد. یکی از عوامل مهم کنترل کننده تراکم زهکشی نوع سنگ است. سنگهای سخت و مقاوم مانند گرانیت‌های نفوذی و گنیس تراکم زهکشی پایینی ایجاد می‌کنند و از نظر تراکم زهکشی درشت بافت هستند. در سنگهای سست مانند شیل و رس مقدار کم آب جاری برای فرسایش کافی است. موادی مانند ماسه و ریگ با نفوذپذیری زیاد تراکم زهکشی را پایین می‌آورند؛ و از طرفی رس و شیل با جاری شدن زیاد آب جاری تراکم زهکشی را بالا می‌برند؛ و از طرفی پوشش گیاهی نیز باعث کم شدن تراکم زهکشی می‌شود. در این منطقه بیش‌ترین تراکم زهکشی در سازند ایلام سروک حاصل از مدل رقومی ارتفاع در رتبه ۱ ایجاد شده است. کم‌ترین تراکم زهکشی در آبراهه رتبه یک حاصل از توپوگرافی در سازند نیریز سورمه می‌باشد. برای ارزیابی دقت میزان طول آبراهه‌های تولید شده دستی و مدل رقومی ارتفاع از روش مقادیر خطای جذر مربعات میانگین (RMSE) استفاده شد؛ که نتایج آن در (جدول ۵) محاسبه شده است.

جدول ۵- میزان RMSE آبراهه‌ها

سازند	RMSE آبراهه رتبه ۱	RMSE آبراهه رتبه ۲	RMSE آبراهه رتبه ۳	RMSE آبراهه رتبه ۴	RMSE آبراهه رتبه ۵
آسماری (AS)	۱۱/۰۵	۱/۵۵	۰/۳۷	۰/۸۱	۰
ایلام سروک (II-Sv)	۱۹۲/۸۲	۳۴/۳۱	۱۲/۹۴	۲۵/۸۸	۱/۲۲
دالان (Da)	۸۹/۴۷	۶/۹۰	۲/۹۵	۲/۱۳	۱/۳۵
زردکوه (Zk)	۱۳/۴۰	۳/۶۲	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۲
سورمه (Sm)	۱/۰۰۱	۰/۰۳	۰/۰۴	۰/۰۱	۰
لالون (La)	۴/۱۲	۱/۵۵	۰/۵۸	۳/۱۸	۰/۲۲
خانه‌کت (Kk)	۴۳/۳۱	۷/۰۶	۵/۳۰	۳/۶۵	۰/۶۱
نیریز- سورمه (Nz- Sm)	۳۲/۰۲	۹/۹۳	۳/۰۱	۰/۰۹	۰/۰۱
گرو (Gr)	۲۷/۹۳	۶/۸۸	۰/۳۱	۰/۲۶	۰
میلا (Ma)	۱۸/۸۱	۴/۰۷	۰/۷۵	۱/۱۵	۰
تلزنگ (Tz)	۲۲/۷۳	۲/۷۷	۰/۱۹	۲/۱۸	۰
پابده (Pd)	۲۸/۲۴	۶/۰۷	۱/۵	۰/۸۱	۰/۳۶
امیران (Am)	۲۷/۳۱	۱۰/۱۸	۳/۷۹	۲۵/۸۸	۰/۰۴

شبکه‌های آبراهه‌ای تحت تأثیر فرآیندهای دامنه‌ای شکل می‌گیرند. گاه با وقوع یک بارندگی شدید شیارها در سطح زمین پدیدار می‌شوند، گسترش مکانی این عارضه به میزان فرایندها بستگی دارد. آبراهه‌های رتبه ۱ از جمله عوارضی هستند که توسعه‌شان به عوامل بالادست و پایین دست حوضه وابسته است. شبکه آبراهه‌ها در سازند لالون

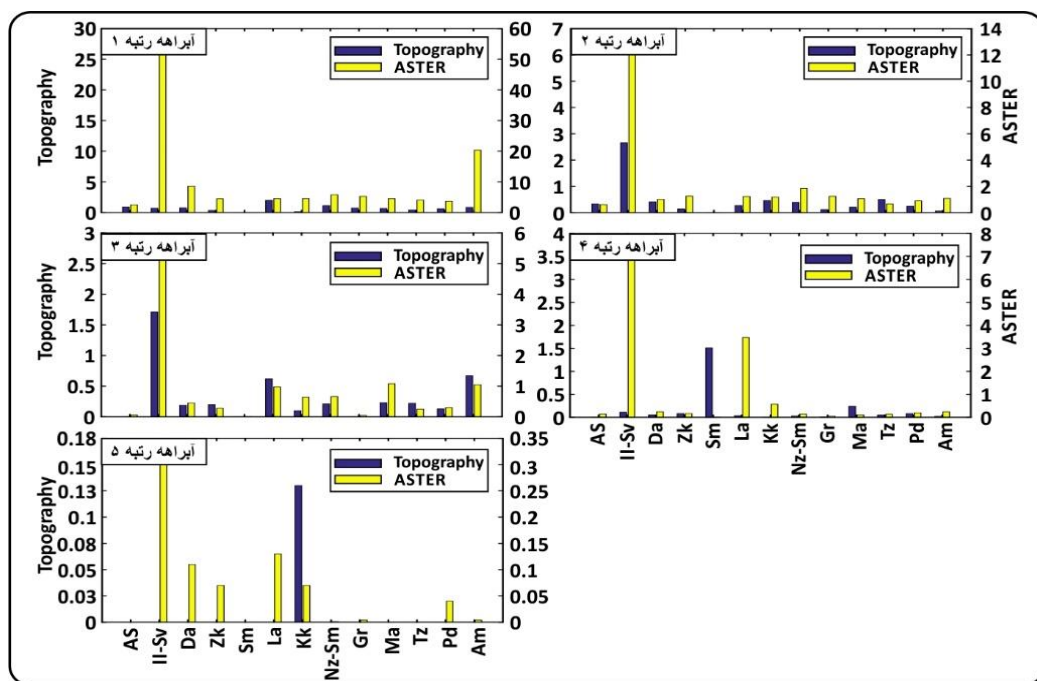
موازی بوده. سنگ‌های مقاوم مثل ماسه‌سنگ، کوارتزیت، کنگلومرا، از توسعه و تکامل آبراهه‌های فرعی کوچک جلوگیری می‌کنند. در مناطق دشت و قله‌های مقاوم، همچنین در سازندهای ماسه سنگی و دره‌های خشک در مناطق مرتفع زهکشی موازی دیده می‌شود. در سازند ایلام سروک تراکم شبکه آبراهه‌ها زیاد و به صورت درختی است. زهکشی درختی در انواع سنگ‌ها به‌طور مثال در رس‌ها، مارن‌ها، شیست‌های دگرگونی، آهک دولومیتی، ماسه‌سنگ‌ها و کمابیش در روی سنگ آذرین و گرانیت، تفاوت‌هایی در تراکم شاخه‌ها و همین‌طور در وضعیت انشعاب و گسترش آن‌ها ایجاد می‌کند. مثلاً در روی سنگ‌های دانه ریز نفوذ ناپذیر مثل رس‌ها و یا ماسه سنگ‌های دانه ریز، مارن‌ها و توف‌ها شبکه دندریتی ظریف (پرشاخه با تراکم زیاد) ایجاد می‌کنند و عواملی از قبیل شیب و جهات ساختمانی در تشکیل آن‌ها دخالت دارند. از آنجا که شیب این سازند بسیار بالا بوده و طول شاخه‌های رتبه ۱ در این سازند چندین برابر طول همین شاخه‌ها در لایه مدل رقومی ارتفاع هستند، این اختلاف زیاد فقط در آبراهه رتبه یک مشاهده می‌شود و در سایر رتبه‌ها به این میزان نیست. نتایج استخراج آبراهه از لایه‌های مدل رقومی ارتفاع نشان می‌دهد که اگر یک حوزه خیلی پرشیب باشد، نتایج استخراج آبراهه از لایه‌های مدل رقومی ارتفاع برای محاسبه طول شاخه‌ها نمی‌تواند صحیح باشد. وجود زمین‌لغزش در سازند آسماری باعث شده در آن نقاط الگوی شبکه آبراهه‌ها از حالت درختی به‌صورت پراکنده دیده شود.



شکل ۳: تراکم آبراهه‌های تولید شده توسط مدل رقومی ارتفاعی ASTER و نقشه توپوگرافی (به ترتیب از راست به چپ)

الگوی شبکه آبراهه‌ها به‌طور عمده در محدوده منطقه مورد مطالعه به شکل درختی و موازی بوده و در بعضی نقاط به دلیل فعال بودن تکتونیک و همچنین لیتولوژی سازند تغییر شکل داده است. در سازند پابده در محلی که زمین لغزش وجود دارد الگوی شبکه آبراهه از حالت درختی به حالت موازی تغییر جهت داده است. در سازند دالان در

چندین مورد شبکه درختی به صورت همگرا (شعاعی) دیده می‌شود. سنگ‌های نسبتاً نرم و سست تشکیل دهنده قله‌ها و یا نقاط مرتفع در اثر تخریب به شکل فرورفتگی و گودال‌های مدور در می‌آیند (احمدی، ۱۳۸۵: ۴۶۵).



شکل ۴: تراکم تعداد آبراهه‌های رتبه ۱، رتبه ۲، رتبه ۳، رتبه ۴، رتبه ۵ در سازندهای منطقه مورد مطالعه

فقر زهکشی در آهک آسماری به سبب لیتولوژی حساس به فرسایش می‌باشد. آهک‌های نسبتاً ضخیم که با سیمانی از رس بهم چسبیده‌اند از عوامل تراکم پایین شبکه آبراهه‌ها در این سازند است. نتایج نشان می‌دهد که عوامل مهم کنترل‌کننده شکل آبراهه‌ها عوامل زمین‌شناسی، زمین‌ساختی و اقلیمی هستند. مقایسه تعداد آبراهه‌های رتبه ۱ تا ۵ در سازندهای مورد مطالعه در (شکل ۴) آورده شده است.

نتیجه‌گیری

نتایج تحقیق نشان می‌دهد که در مورد مقایسه مدل رقومی ارتفاعی حاصل از نقشه‌های توپوگرافی با ابعاد سلولی ۱۵ متر با نوع ASTER، با ابعاد سلولی ۱۵ متر نشان می‌دهد که این‌گونه مدل‌های رقومی ارتفاعی، از نظر اعتبار در گروه داده‌های رقومی ارتفاع با نوع ASTER یا مشابه آن برابری می‌کند، بنابراین کاربران می‌توانند از مدل‌های رقومی ارتفاعی مبتنی بر نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ به جای داده‌های ASTER یا داده‌های هم‌ارز آن استفاده کنند. اگرچه میزان دقت مطلق مدل رقومی ارتفاعی توپوگرافی پایین به نظر می‌رسد، اما در مقایسه با داده‌های ارتفاعی موجود در

محیط ArcGIS از ارزش بالایی برخوردارند. همچنین لایه‌های رستری منبع مناسب و دقیقی برای مقایسه نتایج دو روش استخراج آبراهه‌ها نمی‌باشد و در صورت تبدیل به لایه وکتوری، نتایج روشن‌تر و واضح‌تر خواهد بود. الگوریتم‌های رایانه‌ای منبع مناسب و دقیقی برای تعیین طول آبراهه‌ها و تعداد آن‌ها نمی‌باشد، زیرا در مناطق پرشیب در میزان طول شاخه‌های رتبه ۱ با لایه‌های دستی خطای زیادی به چشم می‌خورد و میزان دقت پایین است، در مناطق کم شیب برای تجزیه و تحلیل طول رود ناتوان و در مناطقی با شیب متعادل بهبود می‌یابد (حسین‌زاده و همکاران، ۱۳۹۲: ۷۱). به علت کوهستانی بودن منطقه، نتایج حاصل از مدل رقومی ارتفاعی نسبت به مدل رقومی ارتفاعی حاصل از نقشه‌های توپوگرافی از دقت کم‌تری برخوردار است. همچنین سازند ایلام سروک (آهک با آهک شیلی سیاه) در مقایسه با سایر سازندها با میزان تراکم زهکشی ۵۲/۳۵، بیش‌ترین تعداد آبراهه (جدول ۱) را دارد، گستردگی آبراهه‌های رتبه ۱ در این سازند به خاطر وجود شیل بیش‌تر از سایر سازندها می‌باشد و میزان RMSE سازند ایلام-سروک ۱۹۲/۸۲ است. سازند سورمه (آهک و آهک دولومیتی) با کم‌ترین تعداد آبراهه و تراکم زهکشی ۰/۰۵۹، کم‌ترین میزان RMSE (۰/۰۱) را دارد. مورفومتری حاصل از مدل رقومی ارتفاعی ASTER و نقشه‌های توپوگرافی یکسان به نظر می‌رسد؛ اما نتایج حاصل از تعداد آبراهه‌ها، طول آبراهه‌ها و تراکم زهکشی متفاوت بوده، همین‌طور نتایج حاصل از ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE) در سازندهای مختلف (جدول ۵) میزان دقت آن‌ها را تأیید می‌کند.

منابع

- احمدی، حسن (۱۳۸۵)، «ژئومورفولوژی کاربردی»، جلد ۱، تهران، انتشارات دانشگاه تهران.
- بیات، حمیدرضا؛ مجنونیان، هنریک (۱۳۶۷)، «منطقه حفاظت شده اشترانکوه»، تهران، سازمان حفاظت محیط زیست، دفتر آموزش زیست محیطی.
- حسین‌زاده، سیدرضا؛ نداف‌سنگانی، مهوش (۱۳۹۲)، «ارزیابی دقت مدل‌های رقومی ارتفاع (DEM) حاصل از نقشه‌های توپوگرافی و مقایسه تطبیقی آنها با DEM های ماهواره‌ای (مطالعه موردی: DEM های توپوگرافی و ASTER منطقه‌ی آبغه در خراسان رضوی)»، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، شماره ۱ (۴۵)، صص ۸۶-۷۱.
- رکنی دیلمی، ب؛ ضیاییان فیروزآبادی، پ؛ فرج‌زاده اصل، منوچهر (۱۳۸۶)، «ارزیابی دقت تهیه مدل رقومی ارتفاع با استفاده از تصاویر ASTER»، همایش ژئوماتیک، صص ۲۲-۳۹.
- فریفته، جمشید (۱۳۷۰)، «تحلیل‌های کمی در ژئومورفولوژی»، تهران، انتشارات دانشگاه تهران.
- کمالی، ا؛ ف؛ سرمیدیان، ش؛ محمودی (۱۳۸۸)، «تولید مدل رقومی ارتفاع از ASTER و ارزیابی دقت آن در منطقه ایوانکی استان سمنان»، مجله تحقیقات آب و خاک ایران، شماره ۱ (۴۰)، صص ۶۶-۵۹.
- Band, L. S., (1986), "Topographic partition of watersheds with digital elevation models". *Water Resources Research*, 22 (1): 15-24.
- Baker, M. E., Weller, D. E., Jordan, T. E., (2006), "Comparison of automated watershed delineations: effects on land cover areas, percentages, and relationships to nutrient discharge", *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 72 (2): 159-168.
- Bolch, T., Kamp, U., Olsenholler, J., (2005), "Using ASTER and SRTM and SRTM DEMs for studing geomorphology and glaciation in high mountain areas", *Conference of New Strategies for European Remote Sensing, Rotterdam*. pp 456.
- Bolch, T., (2004), "Using ASTER and SRTM DEMs for studing glaciers and rockglaciers in northern tien shan", *Theoretical and applied problems for geography on a boundary of centuries*, pp 254-258.
- Bolstad, P.V., Stowe, T., (1994), "AN evaluation of DEM accuracy: elevation, slope and aspect", *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 60: 1327-1332.
- Carlisle, B.H., (2005), "Modeling the spatial distribution of DEM error", *Transactions in GIS*, 9: 521-540.
- Carrara, G., Bitelli, A., Carla, R., (1997), "Comparison of techniques for generating digital terrain models from contour lines", *International Journal of Geographical Information Science* 11: 451-473
- Chen, C., Yue, X., (2010), "A method of dEM construction and related error analysis", *Computers and Geosciences*, 36 (6): 717-725.
- Chen, Y., Wilson, J. P., Zhu, q., (2012), "Comparison of drainage constrained methods for DEM generalization", *Computers and Geosciences*, 48: 41-49.

- Cheng, F., (2001), "Automated DEM extraction from aerial photos and satellite images". Proceeding of 22nd Asian Conference on Remote Sensing Singapore, DEM Extraction Module Version 4.7 August, 2009 Edition. pp1023.
- Erdogan, S., (2009), "A comparison of interpolation methods for producing digital elevation models at the field scale", *Earth Surface Processes and Landforms*, 34: 366-376.
- Fisher, P.F., (1993), "Algorithm and implementation uncertainty in view shed analysis". *International Journal of geographical Information Science*, 7: 331-347.
- Gurnell, a. M., Montgometry, D. R., (2000), *"Hydrological Applications of GIS"*, New York: Wiley. 176 pp.
- Gyasi-Agyei, Y., willgoose, G., detroch, F. P., (1995), "Effects of vertical resolution and map scale of digital elevation model on geomorphological parameters used in hydrology". *Hydrological Processes*, 9 (3-4): 363-382.
- Hirano, A., Welch, R., Lang, H., (2003), "Mapping from Aster Stereo Image Data: DEM Validation and accuracy Assessment", *photogrammetry and remote sensing*, 57: 356-370.
- Huggel, C., Schneider, D., Miranda, P.J., Delgado, H., Granados, A.K., (2008), "Elevation of ASTER and SRTM DEM Data for Lahar from Popocatepetl Volcano", *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 170: 99-110.
- Jensen, S. K., (1991), "Applications of hydrologic information automatically extracted from digital elevation models", *Hydrological Processes*, 5 (1): 31-44.
- Jing, Li., David, W., Wong, S., (2010), "Effects of DEM sources on Hydrologic applications", *Computers, Environment and urban systems*, 34: 251-261.
- Kamp, U., Bolch, T., Olsenholler, J., (2003), **"DEM generation from ASTER satellite data for geomorphic analysis of Cerro Sillajhuay"**, Chile/ Bolivia. Proc. Of ASPRS Annual Conference, Anchorage, Alaska.
- Kite, G.W., (1995), "Scaling of input data for macro scale hydrologic modeling", *Water Resources Research*, 31: 2769-2781.
- Liu, J., Kisel, J., Hormann, G., Fehrer, N., (2011), "Effects of DEM Horizontal Resolution and Methods on Calculating the Slope Length factor in Gently Rolling Landscapes", *CATENA*, 87: 368-375.
- Mark, D. M., (1984), "Automatic detection of drainage networks from digital elevation models", *Cartographical*, 21 (2-3): 168-178.
- PCI Geomatics, (2001), "User`s Guide, version 8.2, 50. West Wilmot Street, Richmond Hill, Ontario, Canada.
- Skidmore, A.K., (1989), "A compaction of techniques for calculating gradient and aspect from a gradient digital elevation model", *International Journal of Geographical Information Science*, 4: 323-334.
- Sun, B. T., Suzen, M. L., (2005), "Digital elevation model (DEM) generation and accuracy assessment from ASTER stereo data", *International Journal of Remote Sensing*, 26 (22): 5013-5027.
- Wechsler, B., (1999)," Digital elevation model (DEM) uncertainty: Elevation and effect on Topographic Parameters, [on line]: www.esri.Com/library/userconf /proc99/ proceed/ papers/ pap262/p262.htm.
- Wise, S., (1998), "The effect of GIS interpolation errors on the use of digital elevation models in geomorphology", In: Lane, S., Richards, K., Chandler, J. (EDS.), *Landform Monitoring, Modeling and analysis*. John Wiley and Sons, New York, pp. 139-164.
- Wise, S., (2000), "Assessing the quality for hydrological applications of digital elevation models derived from contours", *Hydrological Processes*, 14(11-12): 1909-1929.

- Wolock, D.M., Price, C.V., (1994), "Effects of digital elevation model map scale and data resolution on a topography-based watershed model", *Water Resources Research*, 30: 1019-1028.
- Wu, S., Li. J., Huang, G.H., (2008), "A Study on DEM-derived Primary Topographic attributes for hydrologic applications: Sensivity to Elevation Data Resolution", *Applied Geography*, 28: 210-223.