اندازه‌گیری ویژگی‌های مورفومتریک خندق‌های جنوب شرق ایران با پردازش رقومی تصاویر سنجنده ETM^+

فاضل ایرانمنش، امیرحسین چرخابی و نادر جلالی[۱]

چکیده

منطقه دشتیاری با سطحی بالغ بر ۵۸۰۰۰۰ هکتار در جنوب شرق ایران تحت تأثیر فرسایش خندقی بوده که میزان رشد آن در دهه‌های اخیر به طور چشم‌گیری افزایش یافته است. تصاویر ماهواره‌ای به دلایل داشتن سری‌های زمانی، هزینه کم، پوشش زیاد و قابلیت پردازش رقومی، می‌توانند اطلاعات مناسب و جامعی از رشد و گسترش خندق‌ها در اختیار قرار دهند. در این راستا، پژوهش حاضر با هدف تعیین مناسب ترین روش اندازه‌گیری ویژگی‌های مورفومتریک خندق‌های منطقه دشتیاری از شهرستان چابهار با استفاده از پردازش رقومی سنجنده ETM^+ انجام شد. بدین منظور، از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۷ سال ۲۰۰۱ و هم‌چنین از اطلاعات جمع آوری شده حاصل از اندازه‌گیری‌های صحرایی روی ۲۵ خندق نمونه به منظور کنترل و ارزیابی نتایج، استفاده گردید. در ادامه، پس از تصحیح خطاهای هندسی و پخش آتمسفریک، با استفاده از روش‌های بارزسازی طیفی مانند بسط تباین خطی و ایجاد ترکیب‌های رنگی کاذب، تصاویر برای تفسیر چشمی و انتخاب محل‌های نمونه برداری آماده شدند. با مشخص شدن محل نمونه‌ها روی تصویر، برداشت‌های میدانی روی خندق‌های نمونه صورت پذیرفت. این برداشت‌ها، ویژگی‌های مورفومتریک هر خندق در سه مقطع ۲۵٪، ۵۰٪ و ۷۵٪ مانند، طول، عرض و ارتفاع را شامل می‌شود. در مرحله پایانی، با استفاده از روش‌های رقومی پردازش اطلاعات ماهواره‌ای مانند فیلترها، روش‌های ادغام و روش آنالیز مؤلفه‌های اصلی، طول و مشخصات هر یک ازخندق‌های نمونه در هر روش اندازه‌گیری و با نتایج حاصل از برداشت‌های صحرایی از طریق مقایسه اختلاف میانگین‌ها و آزمون‌های F و t بررسی گردیدند. نتایج نشان داد، در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد، تفاوت‌های مشاهده شده بین میانگین‌های نمونه‌ها معنی‌دار بوده و از بین روش‌ها، روش آنالیز مؤلفه‌های اصلی با تصویر PCA1 کمترین اختلاف را با اندازه‌گیری‌های صحرایی دارد. بنابراین، روش آنالیز مؤلفه‌های اصلی، به عنوان روشی رقومی برای ادامه پایش رشد و گسترش خندق‌ها در دشتیاری و مناطق مشابه در جنوب شرق ایران پیشنهاد می‌شود.

واژه‌های کلیدی: تصاویر ETM^+، پردازش اطلاعات ماهواره‌ای، فرسایش خندقی، منطقه دشتیاری

مقدمه

فرسایش خندقی یکی از اشکال فرسایشی مهم در مناطق مختلف ایران، خصوصاً در منطقه جنوب شرق ایران می‌باشد. دره‌های عمیق، دیواره‌های بلند و وجود بالا کند یا دیواره

۱. به ترتیب مربی، استادیار و مربی پژوهش مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، تهران

[Downloaded from jstmar.iut.ac.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1385.10.1.19.4]

عمودی پیشانی خندق و نقاط گود شده از مشخصات مهم آن است. یکی از مناطقی که به شدت تحت تأثیر این فرسایش قرار دارد، منطقه دشتیاری در استان سیستان و بلوچستان می‌باشد. گسترش این نوع فرسایش در این منطقه، به دلیل فرسایش پذیری زیاد این اراضی و استفاده ناصحیح از منابع آب و خاک، همگی موجبات تخریب اراضی کشاورزی و مستعد و تبدیل آنها به زمین‌های غیر مستعد، از بین رفتن راه‌های ارتباطی، ویرانی مناطق مسکونی و قطع مسیر نهرهای سنتی را فراهم نموده است (۱).

وجود این مشکلات سبب شد که، تعدادی از کارشناسان وقت در سال ۱۳۵۵ هجری شمسی ضمن بازدید از منطقه، شروع عملیات فوری و اضطراری را برای کنترل فرسایش خندقی در اراضی دشتیاری و باهوکلات بلوچستان درخواست نمایند. بعد از آن تاریخ و پس از تأسیس مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، گروهی از کارشناسان این مرکز در سال ۱۳۷۵ طی بازدیدی از منطقه، ضمن تأکید بر مشکل موجود و امکان به وجود آمدن پیامدهای نابهنجار اقتصادی – اجتماعی، خواستار مطالعات جامع و انجام تحقیقات در خصوص رشد و گسترش خندق‌ها، علل به وجود آمدن آنها و راه‌های کنترل آن شدند (۶). بررسی نتایج گزارش‌های قبلی و هم‌چنین اطلاعات جمع‌آوری شده از بازدیدهای اولیه صحرایی و اطلاعات محلی نشان می‌داد که رشد طولی خندق‌ها عمده‌ترین نگرانی اهالی منطقه می‌باشد. به طوری که رشد و توسعه خندق‌ها هر ساله خسارات زیادی را به مزارع، جاده و روستاها وارد می‌نماید. بدون شک بررسی وضعیت کلیه خندق‌های منطقه با اندازه‌گیری‌های مستقیم، نیازمند صرف وقت، انرژی و اعتبار بسیار بالا و عملاً غیر ممکن بود. در عین حال، بررسی پژوهش‌های انجام شده در زمینه کاربردهای تصاویر ماهواره‌ای نشان می‌داد، به کارگیری روش‌های پردازش رقومی اطلاعات ماهواره‌ای می‌توانند در دست‌یابی به اهداف طرح و برآورد شاخص رشد طولی خندق‌ها به عنوان مهم‌ترین ویژگی مورفومتریک آنها مؤثر باشند. تحقیقاتی که به منظور تعیین میزان رشد خندق‌ها در کشور هند و در یک دوره ۱۵ ساله با استفاده از داده‌های ماهوارهٔ IRS-1C (1996)، نقشه‌های توپوگرافی، روش‌های آنالیز مؤلفه‌های اصلی و ترکیب رنگی کاذب انجام شد، میزان رشد خندق‌ها از ۳۵/۳۷ به ۳۸/۹۴ برآورد گردید. هم‌چنین با ادغام باند پانکروماتیک با سایر باندها، خندق‌ها بر اساس عمق به طبقات کم عمق، متوسط و عمیق طبقه‌بندی گردیدند (۱۰). تحقیقات دیگری در مورد خندق و حرکت‌های توده‌ای در مناطق کوهستانی با استفاده از داده‌های لندست TM و JERS-1 مشخص کرده است، در مناطق ناهموار، خندق‌ها در طیف مرئی (باندهای ۱ و ۲و ۳ لندست) به علت تأثیر سایه، بازتاب کمتری دارند. هم‌چنین دقت طبقه بندی خندق‌ها در مقایسه با سایر اجزای خاک ضعیف‌تر است. زیرا بستر خندق‌ها ترکیبات متنوع و ناهمگن مانند اجزای پوشش گیاهی، سنگدانه‌ها و خاک‌های فرسایش یافته متفاوتی را با خود دارند (۱۲).

استخراج نقشه خطواره‌های منطقه طالقان با استفاده از فیلترهای گرادیانت در چهار جهت اصلی بر روی تصاویر سنجنده TM نشان داده است که، زمین لغزش‌های به وقوع پیوسته با جهت‌های خطواره‌ها ارتباط نزدیکی دارند (۳). نتایج دیگر بررسی‌ها روی روند و نرخ توسعه فرسایش خندقی در منطقه شوشتر با استفاده از باندهای سنجندهTM، ترکیب رنگی کاذب ۳-۲-۱RGB و روش‌های طبقه‌بندی و مقایسه آن با عکس‌های هوایی در یک دوره ۲۷ ساله نشان داد، پهنه خندق‌ها در این دوره ۱۵/۵۸ درصد رشد داشته است (۵). هم‌چنین استفاده از عکس‌های هوایی با مقیاس بزرگ، نقشه‌های فتوگرامتریک و تصاویر ماهواره‌ای برای خندق‌هایی که دارای پیشروی زیاد و دوره‌های زمانی متوسط بین ۱۰ تا ۷۰ سال دارند مناسب شناخته شده است (۴، ۷، ۸، ۹ و ۱۱).

بنابراین رویکرد به فناوری‌های نوین مانند اطلاعاتی که توسط ماهواره‌های منابع زمینی دریافت می‌شوند، به دلیل داشتن سری زمانی، پوشش زیاد تصاویر، چند طیفی و فرا طیفی بودن، هزینه کم و قابلیت‌های پردازش رقومی، کمک زیادی به

[Downloaded from jstmar.iut.ac.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1385.10.1.19.4]

شناسایی خندق‌ها می‌نماید. این پژوهش نیز با هدف دست‌یابی به مناسب ترین روش پردازش اطلاعات رقومی ماهواره لندست ETM^+ با حداکثر آشکارسازی در اندازه‌گیری مورفومتریک خندق‌ها در منطقه دشتیاری انجام پذیرفته است. با محقق شدن این هدف، علاوه بر تشخیص وضعیت فعلی منطقه از نظر رشد خندق‌ها، می‌توان با بررسی تصاویر سال‌های قبل نیز میزان رشد و گسترش خندق‌ها را محاسبه و برای آینده نیز چشم‌انداز و نگرش واقع بینانه‌تری برای مقابله با این پدیده مخرب پیدا نمود.

مواد و روش‌ها

داده‌های مورد استفاده

در این تحقیق از تصاویر ماهواره‌ای و هم‌چنین از داده‌های مکانی و جغرافیایی برای تفسیر و گویا نمودن تصاویر استفاده شد. این داده‌ها شامل، تصویر ماهواره‌ای لندست ETM^+ گذر ۱۵۶_۴۲ مربوط به سال ۲۰۰۱/۱۲/۱۸، نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح شامل برگ‌های ۸۱۴۱II، ۸۱۴۱ I، ۸۲۴۱ III، ۸۲۴۱ IV و نقشه توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰۰ سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح شامل برگ‌های NG۴۱-۹ و NG۴۱-۵ هستند. هم‌چنین مهم‌ترین داده‌های رقومی توپوگرافی در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ شامل لایه‌های موقعیت آبادی‌ها، منحنی‌های میزان، شبکه آبراهه برای بخش‌هایی از طرح استفاده شدند.

روش‌ها

روش کار به ترتیب مراحل شامل، شناسایی منطقه مورد تحقیق، جمع بندی اطلاعات و گزارش‌های موجود، تفسیر بصری تصاویر ماهواره‌ای و انتخاب محل نمونه‌ها، اندازه‌گیری صحرایی ویژگی‌های مورفومتریک خندق‌ها و اندازه‌گیری مورفومتریک خندق‌ها با استفاده از روش‌های پردازش رقومی تصاویر ماهواره‌ای (بارزسازی مکانی، ادغام باندها و روش آنالیز مؤلفه‌های اصلی) می‌باشد.

منطقه مورد مطالعه

منطقه دشتیاری در شرق شهرستان چابهار در محدوده جغرافیایی ۴۵ و ۶۰ تا ۳۵ و ۶۱ طول شرقی و ۳۲ و ۲۵ تا ۱۰ و ۲۶ عرض شمالی با وسعتی بیش از ۵۸۰۰۰۰ هکتار واقع شده است. این منطقه از شمال به ارتفاعات بشاگرد و از جنوب به دریای عمان و خلیج چابهار محدود می‌شود. جاده اصلی چابهار – راسک – زاهدان از جنوب منطقه دشتیاری می‌گذرد. در ناحیه مذکور، خشکه رودهای زیادی وجود دارد که اعم آنها کاجو، زیردج، گرگرو و باهوکلات هستند. رودخانه کاجو از ارتفاعات جنوب ایرانشهر سرچشمه گرفته و از سیلاب آن برای آبیاری زمین‌های زراعی استفاده می‌شود. این منطقه از لحاظ توپوگرافی به دو بخش کاملاً متمایز کوهستان و اراضی هموار قابل تقسیم است (شکل ۱).

پردازش‌های اولیه تصاویر ماهواره‌ای و انتخاب محل نمونه‌ها

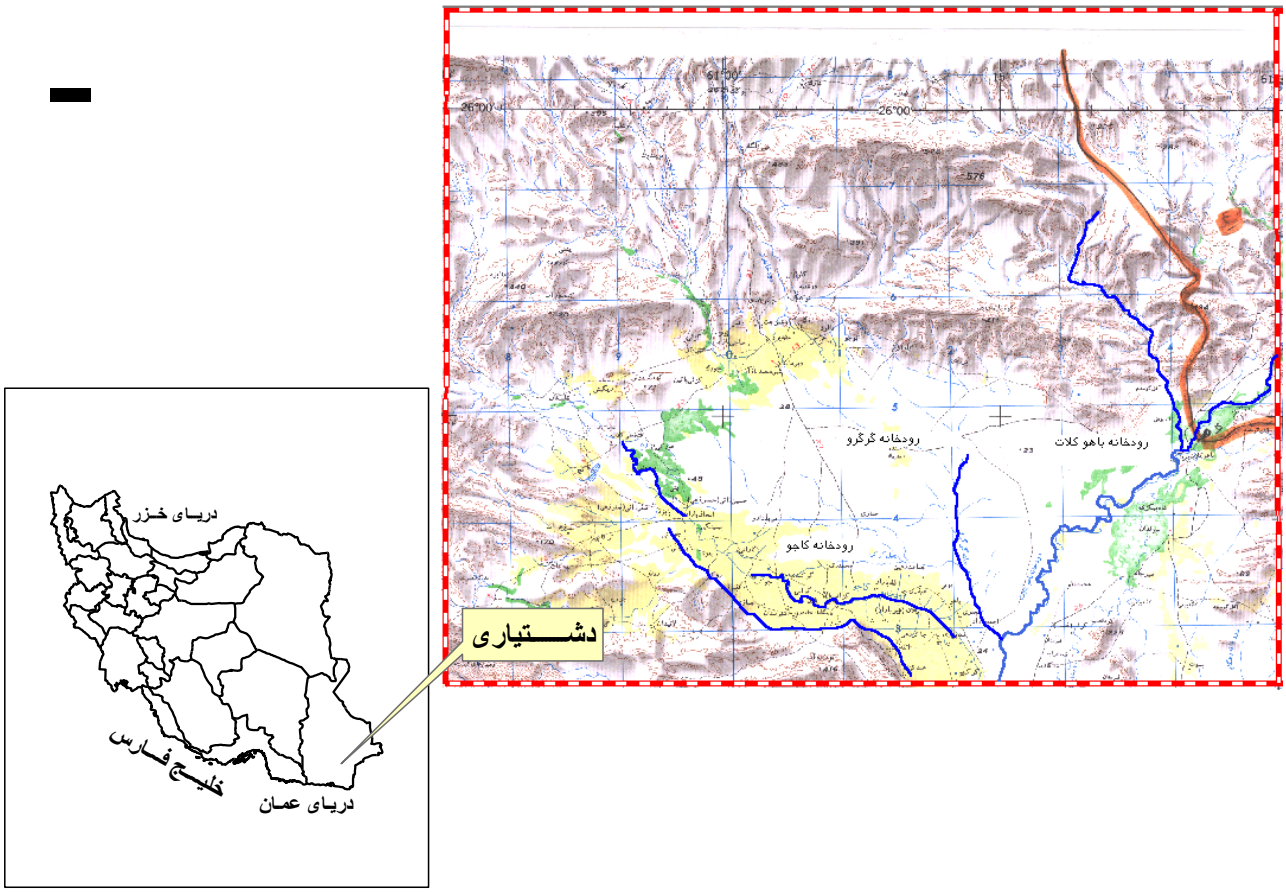
با محاسبه ریشه متوسط مربع خطا (Root Mean Square Error) با روش انتقال آفین (Affine) تصحیحات هندسی باندهای تصویر ETM^+ با دقتی در حدود ۰/۶ پیکسل انجام شد. هم‌چنین برای رفع آثار پخش آتمسفریک با محاسبه مقدار جابه‌جایی حاصل از تقابل ارزش‌های عددی پیکسل‌های باند ۷ با سایر باندها، این مقدار برای باند یک ۸ واحد به دست آمد. پس از انجام تصحیحات فوق، از روش‌های بارزسازی طیفی بسط تباین خطی (Linear stretch) و تعدیل هیستوگرام (Histogram equalization) استفاده گردید. با افزایش کیفیت باندها به روش‌های فوق، ترکیب‌های رنگی کاذب مناسب از تصاویر برای تفسیر چشمی تهیه و محل‌های نمونه برداری با استفاده از روش ارقام تصادفی به تعداد ۲۵ نمونه انتخاب شدند.

عملیات میدانی و اندازه‌گیری ویژگی‌های مورفومتریک خندق‌های نمونه

با مشخص شدن محل نمونه‌ها با تفسیر چشمی، به منظور

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1385.10.1.19.4]



شکل ۱. موقعیت منطقه دشتیاری و رودخانه گرگرو در شمال چابهار

ارزیابی و مقایسه نتایج طرح و تعیین مناسب‌ترین روش پردازش رقومی اطلاعات ماهواره‌ای با حداکثر وضوح بینی، اندازه‌گیری‌های صحرایی ویژگی‌های مورفومتریک خندق‌های نمونه انجام شد. روش اندازه‌گیری درخندق‌های کمتر از ۵۰۰ متر با استفاده از متر و در خندق‌های بزرگ‌تر از ۵۰۰ متر با GPS (Global Positing System) به صورت ثبت نقاط متعدد و سپس ترسیم پلان مورد نظر و محاسبه مجموع نقاط در سیستم اطلاعات جغرافیایی انجام گردید. هم‌چنین ارتفاع و عرض خندق‌ها نیز غالباً با متر اندازه‌گیری شد. جدول ۱ ویژگی‌های مورفومتریک هر خندق شامل، طول، عرض و ارتفاع در سه مقطع ۲۵٪، ۵۰٪ و ۷۵٪ از طول خندق را نشان می‌دهد.

پردازش‌های ثانویه تصاویر ماهواره‌ای و اندازه‌گیری مورفومتریک خندق‌ها

در این مرحله، روش‌های بارزسازی‌های مکانی با استفاده از فیلترها، ادغام باند پانکروماتیک لندست با سایر باندها و روش آنالیز مؤلفه‌های اصلی برای اندازه‌گیری طولی خندق‌های نمونه مورد آزمون قرار گرفتند. سپس نتایج هر کدام از روش‌های فوق با یکدیگر و با نتایج به دست آمده از بازدیدهای صحرایی مقایسه شدند.

بارزسازی مکانی (Spatial Enhancement)

از آنجایی که شکل فرسایش خندقی به صورت خطی است، از فیلترهایی که بارزسازی لبه‌ها را انجام می‌دهند استفاده شده است. در این روش ارزش روشنایی هر پیکسل توسط مقادیر

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1385.10.1.19.4]

جدول ۱. ویژگی‌های مورفومتریک خندق‌های نمونه در منطقه دشتیاری چابهار

شماره نمونه	X (UTM)	Y (UTM)	مقطع عرضی	خصوصیات مورفومتریک								طول کل (متر)	حجم کل (متر مکعب)
				مقطع ۲۵٪ از طول خندق (متر)			مقطع ۵۰٪ از طول خندق (متر)		مقطع ۷۵٪ از طول خندق (متر)				
				طول	عرض	ارتفاع	طول	عرض	ارتفاع	طول	عرض	ارتفاع	
۱	۳۲۳۰۲۱	۲۸۲۷۹۳۹	V	۲۵۴/۸	۵	۱/۱۰	۴۴۶/۲	۵	۳	۱۳۴/۷	۴	۲	۸۳۶	۹۱۷۲
۲	۳۲۲۵۷۷	۲۸۲۸۱۰۳	V	۳۵۳/۶	۳	۱/۵	۳۴۱/۲	۵	۳	۴۳۸/۲	۵	۴	۱۱۳۳	۱۵۴۷۵
۳	۳۲۳۹۵۵	۲۸۲۸۲۱۰	U	۴۴۰/۶	۱۵	۶	۵۳۸	۹	۲/۵	۴۰۰/۳	۳	۱/۵	۱۳۷۹	۵۳۵۶۲
۴	۳۱۹۷۱۷	۲۸۳۲۴۴۲	U	۲۸۰/۶	۱۱	۵	۲۹۷/۱	۱۰	۶	۸۰۷/۳	۶	۴	۱۳۸۵	۵۲۶۴۷
۵	۳۲۱۰۰۸	۲۸۳۲۸۳۴	V	۵۰/۱	۶	۲	۶۰/۵	۵	۲	۷۰	۴	۲	۱۸۱	۱۷۶۷
۶	۳۲۱۲۶۸	۲۸۳۲۶۵۹	V	۷۹/۲	۵	۳	۲۶۰/۷	۴	۲	۱۷۴/۹	۲	۱/۲۰	۵۱۵	۳۶۹۵
۷	۳۲۳۰۰۷	۲۸۳۲۲۵۵	V	۱۱۶/۳	۳	۱	۲۸۶/۳	۶	۱/۵	۲۴۰	۵	۲	۶۴۳	۵۳۲۶
۸	۳۲۲۵۸۵	۲۸۳۰۹۳۴	U	۱۵۷/۱	۱۱	۴	۱۸۴/۳	۱۰	۴/۵	۲۱۱/۹	۶	۲	۵۱۷	۱۷۳۱۸
۹	۳۱۷۳۳۸	۲۸۳۵۲۷۸	V	۱۱۷/۶	۵	۲	۱۰۶/۵	۵	۲	۱۶۲/۲	۵	۱	۳۸۶	۳۰۵۳
۱۰	۳۱۷۴۳۱	۲۸۳۵۲۷۰	V	۱۴۰/۲	۵	۳	۳۰۳	۴	۱/۵	۱۰۶/۱	۳	۱	۵۴۹	۳۸۸۹
۱۱	۳۲۶۳۰۶	۲۸۴۶۵۰۳	U	۲۷۸/۵	۱۵	۳	۳۴۵/۹	۱۱	۳/۵	۲۷۲/۷	۱۰	۲/۵	۸۹۷	۳۲۶۷۱
۱۲	۲۹۷۲۸۲	۲۸۴۱۸۹۵	U	۴۵	۷	۵	۳۰	۶	۴	۴۵	۵	۴	۱۲۰	۳۱۹۵
۱۳	۲۹۷۰۴۱	۲۸۴۱۳۷۳	U	۶۷	۱۵	۴	۵۵/۶	۱۲	۴	۶۸/۹	۶	۳	۱۹۲	۷۹۲۹
۱۴	۲۹۷۰۳۵	۲۸۴۱۸۹۳	U	۷۶	۱۴	۵	۱۳۹/۱	۸	۵/۵	۱۴۱/۵	۳	۴/۵	۳۵۷	۱۳۳۵۲
۱۵	۲۹۷۴۴۸	۲۸۴۱۸۱۸	U	۲۰	۴	۵	۲۵	۴/۵	۵	۲۵	۴	۵	۷۰	۱۴۶۳
۱۶	۲۹۷۴۸۹	۲۸۴۱۳۸۸	U	۱۱۵/۵	۱۵	۵	۱۳۴/۴	۱۲	۴	۱۲۰/۷	۴	۳	۳۷۱	۱۶۵۶۸
۱۷	۳۲۲۵۰۰	۲۸۳۱۱۶۴	U	۳۰۶/۱	۹	۶	۴۰۳/۸۵	۸	۵/۵	۴۰۸	۸	۴	۱۱۱۸	۴۷۳۵۹
۱۸	۳۱۵۵۰۷	۲۸۳۴۶۰۴	U	۹۹/۲	۲۰	۲/۵	۲۷۹/۸	۲۰	۲	۶۴۷/۳	۱۲	۳	۱۰۲۶	۳۹۴۵۹
۱۹	۳۲۲۱۱۱	۲۸۴۱۰۱۱	U	۴۰۱/۶	۱۲	۴	۳۶۸/۴	۱۰	۵	۵۲۸/۱	۷	۳/۵	۱۲۹۸	۵۰۶۴۲
۲۰	۳۲۳۰۳۶	۲۸۴۰۸۳۳	U	۲۴۷/۶	۱۱	۶	۳۴۳/۶	۹	۳/۵	۴۱۴/۸	۸	۲/۵	۱۰۰۶	۳۵۴۶۱
۲۱	۳۲۴۶۳۱	۲۸۴۱۲۳۳	U	۲۷۹/۲	۱۵	۳	۳۴۴/۰۸	۱۴	۳/۵	۴۲۵/۱	۱۰	۳	۱۰۴۸	۴۲۱۷۸
۲۲	۳۲۴۰۴۶	۲۸۴۲۲۶۸	V	۲۲۵/۷	۳/۵	۴	۳۰۶/۳	۳/۵	۴/۵	۳۶۱/۸	۲	۲	۸۹۴	۹۴۳۱
۲۳	۳۲۵۲۹۷	۲۸۴۵۰۸۳	V	۴۱۸/۸	۴	۴	۵۹۷/۷	۴	۵	۷۲۲	۴	۳	۱۷۳۸	۲۷۳۲۰
۲۴	۳۲۱۸۲۸	۲۸۴۱۱۰۸	V	۲۶۳/۶	۴	۳	۵۱۸/۲	۴	۲	۳۴۶/۴	۳	۳/۵	۱۱۲۸	۱۰۹۴۶
۲۵	۳۲۰۹۵۲	۲۸۴۳۵۷۷	U	۳۷۵/۲	۱۳	۵	۵۶۹/۹	۱۰	۴	۶۳۵/۴	۸	۳	۱۵۸۰	۶۲۴۳۵

روشنایی پیکسل‌های مجاور تعیین می‌شود. پس از استخراج لبه‌های خندق‌ها، طول هر کدام از خندق‌های نمونه در محیط سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی نیز اندازه‌گیری شد (جدول ۲).

بارزسازی مکانی پس از ادغام باندها (Image Fusion)

ترکیب داده‌های متفاوت باندها می‌تواند ابزار با ارزشی برای تفسیر و استخراج اطلاعات باشد. کاربردهای این تکنیک شامل بالا بردن قدرت تفکیک مکانی، بالا بردن دقت تصحیحات هندسی به منظور زمین مرجع نمودن تصاویر، استفاده در مراحل طبقه‌بندی تصویر و بررسی تغییرات در دوره‌های زمانی متفاوت با هدف میزان تغییرات رخ داده و غیره می‌باشد. در این مقاله باند پانکروماتیک سنجنده ETM^+ با قدرت تفکیک ۱۵ متر با باندهای طیفی با قدرت تفکیک ۳۰ متر به روش Pan Fuse به ترتیب زیر ترکیب شده‌اند.

A = (DNb1+ DNb2+ DNb3)/3
DNb1 fused = (DNb1/A)* DN Pan.
DNb2 fused = (DNb2/A)* DN Pan.
DNb3 fused = (DNb3/A)* DN Pan.

[Downloaded from jstmar.iut.ac.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1385.10.1.19.4]

جدول ۲. طول خندق‌های اندازه‌گیری شده به روش‌های مختلف در منطقه دشتیاری چابهار

شماره نمونه‌ها	طول اندازه‌گیری شده در زمین	روش بارزسازی مکانی (متر)	روش‌بارزسازی مکانی پس از ادغام (متر)	روش PCA (متر)	شماره نمونه‌ها	طول اندازه‌گیری شده در زمین (متر)	روش بارزسازی مکانی (متر)	روش بارزسازی مکانی پس از ادغام (متر)	روش PCA (متر)
۱	۸۳۶	۷۶۴	۸۳۶	۸۳۶	۱۴	۳۵۶	–	–	–
۲	۱۱۳۳	۱۰۲۲	۱۱۳۳	۱۱۳۳	۱۵	۷۰	–	–	–
۳	۱۳۷۹	۱۱۴۰	۱۳۷۹	۱۳۷۹	۱۶	۳۷۱	–	–	–
۴	۱۳۸۵	۱۰۲۹	۱۱۵۹	۱۳۸۵	۱۷	۱۱۱۸	۹۹۲	۹۳۲	۹۹۲
۵	۱۸۱	–	–	–	۱۸	۱۰۲۶	۸۴۲	۸۴۲	۹۸۰
۶	۵۱۵	۴۴۹	۵۱۵	۵۱۵	۱۹	۱۲۹۸	۱۱۰۰	۱۱۶۲	۱۱۶۲
۷	۶۴۳	۵۰۰	۵۰۰	۵۳۸	۲۰	۱۰۰۶	۸۱۲	۸۰۰	۸۰۰
۸	۵۵۳	۴۵۴	۴۱۵	۵۵۳	۲۱	۱۰۴۸	۹۱۹	۹۸۹	۹۳۳
۹	۳۸۶	۲۷۰	۳۵۸	۳۸۶	۲۲	۸۹۴	۷۴۷	۷۵۲	۸۷۲
۱۰	۵۴۹	۳۲۵	۳۵۷	۵۴۹	۲۳	۱۷۳۸	۱۶۲۵	۱۷۳۸	۱۷۳۸
۱۱	۸۹۷	۸۳۵	۷۷۳	۸۳۵	۲۴	۱۱۰۱	۸۹۳	۹۷۶	۹۶۶
۱۲	۱۲۰	–	–	–	۲۵	۱۵۸۰	۱۳۶۹	۱۵۸۰	۱۵۸۰
۱۳	۱۹۲	–	–	–					

که در آن:

A= میانگین سه باند

DN= ارزش عددی هر پیکسل یا سلول

Pan= باند پانکروماتیک با قدرت تفکیک ۱۵ متر

DN(b1,b2,b3) fused= ارزش عددی باندهای امتزاج یافته

پس از انجام مراحل فوق، مجدداً باند ۷ با استفاده از فیلترها، بارزسازی مکانی شد و اندازه‌گیری طولی خندق‌ها روی نمونه‌ها انجام پذیرفت. نتایج اندازه‌گیری طولی خندق در جدول ۲ درج شده است.

آنالیز مؤلفه‌های اصلی (Principal Component Analysis)

برای کاهش سیستماتیک حجم داده‌های بسیار وابسته به هم در باندهای طیفی و تبدیل آنها به چندین لایه غیر وابسته از روش آنالیز مولفه‌های اصلی استفاده می‌گردد. از آنجایی که ضریب هم‌بستگی بین باندها زیاد است، می‌توان انتظار داشت که با آنالیز PCA، بیشترین تغییرات در PCA1 تجمع یابد. بنابراین در باندهای طیفی حجم زیادی از داده‌های بسیار مرتبط با یکدیگر وجود دارند. این مهم، دقت استخراج اطلاعات چند طیفی را کاهش می‌دهد. در این پژوهش پس از انجام آنالیز فوق، اندازه‌گیری مربوط به طول خندق‌ها روی PCA1 صورت گرفت (جدول ۲).

اندازه‌گیری طول خندق‌های نمونه به روش‌های مختلف

تصاویر به دست آمده از به کارگیری روش‌های فوق امکان اندازه‌گیری طول خندق‌های نمونه و مقایسه آنها را با یکدیگر فراهم نمود. مشاهدات حاصل از این اندازه‌گیری‌ها در جدول ۲

[Downloaded from jstmar.iut.ac.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1385.10.1.19.4]

جدول ۳. مقایسه بین خطاهای به وجود آمده در هریک از روش‌ها نسبت به اندازه‌گیری صحرایی

شماره نمونه‌ها	روش بارزسازی مکانی (متر)	روش بارزسازی مکانی پس از ادغام (متر)	روش PCA (متر)	شماره نمونه‌ها	روش بارزسازی مکانی (متر)	روش بارزسازی مکانی پس از ادغام (متر)	روش PCA (متر)
۱	۷۲	۰	۰	۱۴	–	–	–
۲	۱۱۱	۰	۰	۱۵	–	–	–
۳	۲۳۱	۰	۰	۱۶	–	–	–
۴	۳۵۶	۲۲۶	۰	۱۷	۱۲۶	۱۸۶	۱۲۶
۵	–	–	–	۱۸	۱۸۴	۱۸۴	۴۶
۶	۶۶	۰	۰	۱۹	۱۹۸	۱۳۶	۱۳۶
۷	۱۴۳	۱۴۳	۱۰۵	۲۰	۱۹۴	۲۰۶	۲۰۶
۸	۹۹	۱۳۸	۰	۲۱	۱۲۹	۵۹	۱۱۵
۹	۱۱۶	۲۸	۰	۲۲	۱۴۷	۱۴۲	۲۲
۱۰	۲۲۴	۱۹۲	۰	۲۳	۱۱۳	۰	۰
۱۱	۶۲	۱۲۴	۶۲	۲۴	۲۰۸	۱۲۵	۱۳۵
۱۲	–	–	–	۲۵	۲۱۱	۰	۰
۱۳	–	–	–				
		میانگین			۱۵۷/۸	۹۹/۴	۵۰/۲
		واریانس			۵۳۲۰/۴	۶۹۱۳/۴	۴۳۲۹/۳

آمده است.

محاسبه تفاضل طول‌های اندازه‌گیری شده در هریک از روش‌ها نسبت به اندازه‌گیری‌های صحرایی

در این مرحله ابتدا تفاضل بین طول اندازه‌گیری شده در زمین و طول‌های اندازه‌گیری شده در هر یک از سه روش محاسبه و شاخص‌های آماری مانند میانگین و واریانس آنها برآورد گردید (جدول ۳). سپس با استفاده از آزمون معنی داری تفاوت بین میانگین‌های چند نمونه در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد، معنی‌دار بودن این اختلاف‌ها بررسی شد. در این ارتباط از F محاسبه شده و F جدول به شرح زیر برای محاسبه آزمون معنی‌داری تفاوت بین میانگین‌های چند نمونه استفاده شده است (۲).

F محاسبه شده = واریانس بین نمونه‌ها / واریانس داخل نمونه‌ها

F جدول= ((k-1),(k(n-1))

که در آن:

k = تعداد نمونه‌های مورد مقایسه

n= اندازه هر نمونه

K-1= درجه آزادی صورت و K(n-1)= درجه آزادی مخرج کسر

هم‌چنین با استفاده از آزمون T-Test دو طرفه طول اندازه‌گیری شده در زمین و طول‌های اندازه‌گیری شده در هر یک از سه روش به صورت دو به دو مورد مقایسه قرار گرفت که نتایج آن در جدول ۴ آمده است.

[Downloaded from jstmar.iut.ac.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1385.10.1.19.4]

جدول ۴. مقایسه میانگین‌های هر یک از سه روش با اندازه‌گیری صحرایی با آزمون T-Test دو طرفه

سطح اعتماد دو طرفه	درجه آزادی	آماره t	تفاضل جفت‌ها				جفت‌ها
			حد بالا و حد پایین اختلاف میانگین‌ها در سطح ۰/۰۹۵		اشتباه استاندارد	انحراف معیار	میانگین
			حد بالا	حد پایین			
۰/۰۰۰	۱۸	۹/۴۳	۱۹۲/۹۵	۱۲۲/۶۳	۱۶/۷۳	۷۲/۹۴	۱۵۷/۷۹ روش بارزسازی مکانی- مشاهداتی
۰/۰۰۰	۱۸	۵/۲۱	۱۳۹/۵۰	۵۹/۳۵	۱۹/۰۷	۸۳/۱۵	۹۹/۴۲ روش بارزسازی مکانی پس از ادغام-
۰/۰۰۴	۱۸	۳/۳۲	۸۱/۸۷	۱۸/۴۴	۱۵/۰۹	۶۵/۸۰	۵۰/۱۶ مشاهداتی روش PCA - مشاهداتی

جدول ۵. شاخص‌های آماری باندهای تصویر سال ۲۰۰۱ در روش‌های بارزسازی طیفی

باندهای طیفی	شاخص‌های آماری قبل از بارزسازی				شاخص‌های آماری بعد از بارزسازی به روش کشیدگی خطی				شاخص‌های آماری بعد از بارزسازی به روش هیستوگرام فراوانی			
	میانگین	میانه	مد	انحراف	میانگین	میانه	مد	انحراف	میانگین	میانه	مد	انحراف
باند۱	۹۶	۹۸	۱۰۳	۴۶	۱۵۹	۱۷۳	۱۹۲	۵۵	۱۲۷	۱۲۶	۱۶۶	۷۴
باند۲	۹۵	۹۸	۱۰۷	۱۷	۱۶۳	۱۷۸	۲۰۵	۵۵	۱۲۶	۱۲۹	۱۸۵	۷۳
باند۳	۱۱۱	۱۱۵	۱۲۰	۲۱	۱۶۷	۱۸۲	۱۹۵	۵۴	۱۲۷	۱۲۷	۱۵۶	۷۳
باند۴	۱۲۵	۱۲۸	۱۳۱	۱۹	۱۷۴	۱۸۷	۱۹۳	۴۸	۱۲۶	۱۲۹	۱۴۳	۷۴
باند۵	۱۷۵	۱۸۲	۱۹۴	۲۷	۱۸۴	۲۰۲	۲۲۵	۵۱	۱۲۷	۱۲۹	۱۹۲	۷۳
باند۷	۱۵۴	۱۶۱	۱۷۱	۲۷	۱۸۱	۱۹۹	۲۱۸	۵۳	۱۲۷	۱۲۷	۱۷۵	۷۳

جدول ۶. ماتریس فیلترهای اعمال شده در چهار جهت

فیلتر عمودی			فیلتر افقی			فیلتر شمال غرب- جنوب شرق			فیلتر شمال شرق- جنوب غرب		
۱	۰	-۱	-۱	-۲	-۱	۲	۱	۰	۰	-۱	-۲
۲	۰	-۲	۰	۰	۰	۱	۰	-۱	۱	۰	-۱
۱	۰	-۱	۱	۲	۱	۰	-۱	-۲	۲	۱	۰

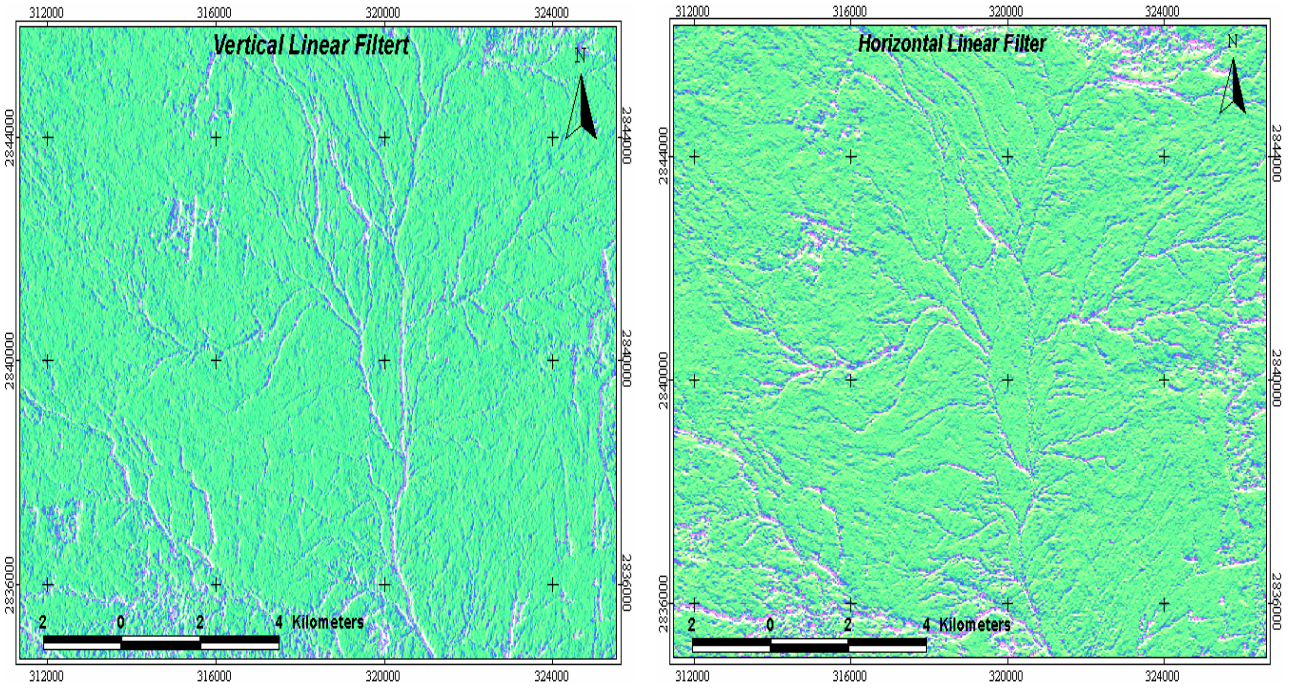
نتایج

نتایج به دست آمده از بارزسازی طیفی بر روی باندهای تصویر سنجنده ETM^+ (جدول ۵) نشان داد، میانگین ارزش‌های عددی کلیه باندها بعد از بارزسازی به روش خطی در کلیه باندها افزایش دارد ولی میانگین ارزش‌های عددی باندها بعد از بارزسازی به روش تعدیل هیستوگرام در باندهای ۱، ۲، ۳ و ۴ افزایش و در باندهای ۵ و ۷ کاهش را نشان می‌دهند. هم‌چنین مقایسه شاخص‌های آماری مانند میانگین، میانه، نما و روابط بین آنها نشان داد که، باندهای تصویر سال ۲۰۰۱ از کمترین چولگی برخوردار بوده و توزیع فراوانی آنها نزدیک به حالت متقارن می‌باشد.

تفسیر چشمی تصاویر و مشاهدات صحرایی روی خندق‌های نمونه نشان داد، غالب این خندق‌ها در جهت‌های شمالی - جنوبی، شرقی- غربی، شمال غرب - جنوب شرق و شمال شرق - جنوب غرب گسترش دارند. بنابراین از چهار نوع فیلتر برای بارزسازی آنها استفاده گردید. جدول ۶ ماتریس

[Downloaded from jstmar.iut.ac.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1385.10.1.19.4]



شکل ۲. تصویر لبه‌های استخراج شده از خندق‌ها در دو جهت افقی (راست) و عمودی (چپ) بر روی باند ۷

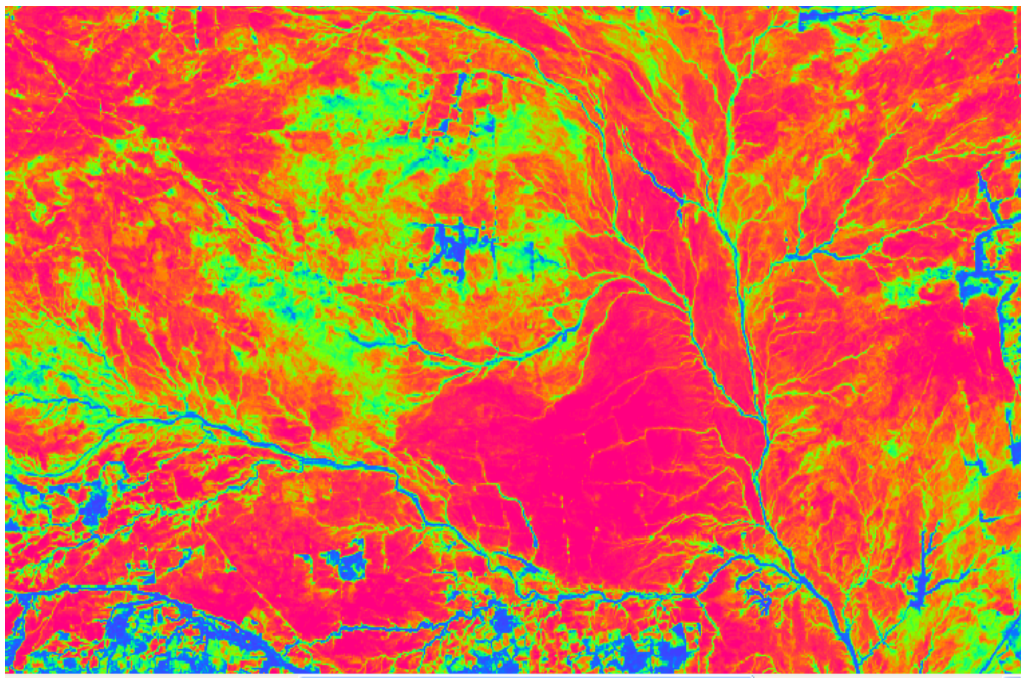
فیلترهای فوق و شکل ۲ تصویر لبه‌های استخراج شده از خندق‌ها را در دو جهت افقی و عمودی بر روی باند ۷ نشان می‌دهد. علاوه بر این پس از انجام آنالیز PCA دیده شد که هم‌بستگی بین باندها از بین می‌رود و بیشترین اطلاعات در خروجی یک (PCA1) ذخیره (شکل ۳) و کمترین اطلاعات باقی مانده در خروجی آخر دیده می‌شود. مقایسه اشکال ۴ و ۵ این تفاوت‌ها را بیشتر نشان می‌دهد. مقایسه بین خطاهای به وجود آمده در هریک از روش‌ها نسبت به اندازه‌گیری صحرایی (جداول ۱ و ۲) نشان داد که برخی از خندق‌های نمونه روی تصویر قابل شناسایی نبوده و در برخی موارد طول‌های اندازه‌گیری شده در مقایسه با طول‌های واقعی اندازه‌گیری شده در زمین اختلافاتی را نشان می‌دهد.

بحث و نتیجه‌گیری

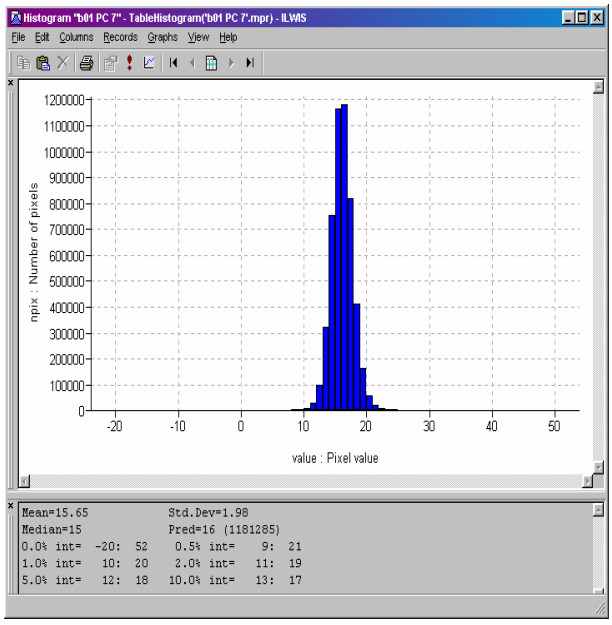
هر چند داده‌های ماهواره‌ای لندست از نوع ETM^+ به لحاظ توان تفکیک مکانی (۳۰ متر) در رده متوسط ریز بینی قرار دارند، ولی قابلیت آنها در ذخیره سازی امواج انرژی الکترومغناطیس در باندهای طیفی متفاوت می‌تواند در استخراج اطلاعات و تشخیص ویژگی‌های مورفومتریک خندق‌ها قابل استفاده باشند. همگن بودن سطح نمونه‌ها و دامنه توزیع اطلاعات در باندهای مختلف طیفی از عوامل مهم در تشخیص ویژگی‌های مورفومتریک خندق‌ها با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای به شمار می‌آید. با توجه به روابط بین شاخص‌های آماری مانند میانگین، میانه و نما هر یک از باندهای طیفی (جدول ۱) می‌توان تحلیل نمود که سطوح نمونه‌ها از همگنی لازم برخوردار بوده و هم‌چنین دامنه توزیع اطلاعات در باندهای مختلف به خصوص باندهای ۴ و ۵ و۷ از مشابهت و اشتراک کمتری برخوردار می باشند. بنابراین برای انجام مراحل تفسیر چشمی و تفکیک خندق‌ها از ترکیب رنگی ۷-۵-۴ با بارزسازی طیفی تعدیل هیستوگرام استفاده شد. از بین مدل‌های رنگی برای تفسیر چشمی تصاویر ماهواره‌ای، مدل RGB نسبت به سایر مدل‌ها برتری‌های چشم‌گیری دارد. علی‌رغم برتری‌هایی که تصاویر ماهواره‌ای در تشخیص خندق‌ها دارند، وجود پاره‌ای از عوامل نیز محدودیت‌هایی را باعث می شوند.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-10-31]

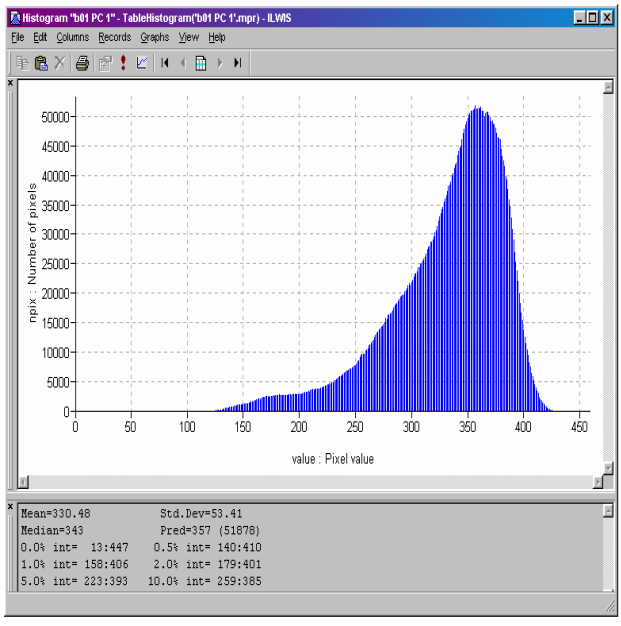
[DOR: 20.1001.1.24763594.1385.10.1.19.4]



شکل ۳. تصویر PCA1 با بارزسازی به روش هیستوگرام



شکل ۴. نمودار توزیع فراوانی ارزش‌های عددی درPCA7



شکل ۵. نمودار توزیع فراوانی ارزش‌های عددی در PCA1

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1385.10.1.19.4]



شکل ۶. وجود سایه در خندق‌ها



شکل ۷. ریزش دیواره‌ها و پیشانی خندق به شکل توده‌ای

بر اساس جدول ۲ تعداد ۶ نمونه از مجموع ۲۵ نمونه مورد بررسی در این پژوهش قابل شناسایی روی تصاویر نبودند و در نتیجه اندازه‌گیری روی آنها صورت نگرفته است. این تعداد نمونه حدود ۲۴ درصد از کل نمونه‌ها می‌باشد. زینگ و همکارانش (۱۲) به برخی از این عوامل محدود کننده در طبقه‌بندی خندق‌ها مانند وجود اجزای پوشش گیاهی و سنگدانه در بستر خندق‌ها اشاره نموده‌اند. در این پژوهش هم‌چنین مشخص شد، عوامل محدود کننده دیگری نیز مانند قرار گرفتن نمونه‌ها در اراضی کشاورزی، وجود سایه، قسمت‌های منتهی به پیشانی خندق در خندق‌هایی با مقاطع U شکل و طول خندق از دیگر عوامل محدود کننده در پردازش رقومی خندق‌ها به شمار می‌آیند. تأثیر سایه به خصوص هنگام استفاده از شیوه‌های بارزسازی مکانی و فیلترها برای استخراج لبه‌های خندق بر خلاف آنچه زندی (۳) در مورد خطواره‌ها اشاره نموده‌اند دارای محدودیت‌هایی می‌باشد (شکل ۶). قسمت‌های منتهی به پیشانی خندق‌ها نیز به دلیل وجود ترکیبات متنوع و ناهمگن مانند اجزای پوشش گیاهی، سنگدانه‌ها و خاک‌های فرسایش یافته به ویژه زمانی که سر خندق به شکل توده‌ای ریزش دارد، کمتر قابل تشخیص هستند.

به طور کلی در خندق‌هایی که ریزش دیواره‌ها به شکل توده‌ای و فرسایش تونلی همراه با ریزش سقف در شکل گیری آنها نقش دارد، از وضوح کمتری برخوردارند (شکل ۷).

بدون شک، قابلیت تشخیص ویژگی‌های مورفومتریک خندق‌ها از روی تصاویر سنجنده ETM^{+} با به کارگیری روش‌های ذکر شده افزایش می‌یابد. استفاده از این داده‌ها، توسط محققین دیگر نیز مانند پانی و همکارانش (۱۰) توصیه شده است. نتایج این پژوهش نیز ضمن تأکید بر آن، اضافه می‌کند که از بین روش‌های فوق، تصویر یک حاصل از روش PCA دارای بیشترین اطلاعات برای تشخیص خندق‌هاست. این نتیجه‌گیری با بررسی شاخص‌های آماری مانند میانگین خطاها در هر روش و انجام آزمون F در سطح ۰/۰۵ و ۰/۰۱ قابل بیان است (جدول ۳). مقدار F محاسبه شده برای سه روش به کار گرفته شده برابر با ۹/۹ و مقدار F جدول در سطح ۰/۰۱ و ۰/۰۵ به ترتیب تقریباً برابر با ۵/۱ و ۳/۲ است که در هر دو مورد مقدار F محاسبه شده به شکل بارزی بزرگ‌تر از مقدار F جدول است. علاوه بر این بر اساس آزمون t آماره، میانگین خطاها در هر روش به صورت دو به دو یعنی هر کدام با اندازه‌گیری مستقیم مورد مقایسه قرار گرفت (جدول ۴). نتایج

[Downloaded from jstmar.iut.ac.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1385.10.1.19.4]

نشان داد که اختلاف هر کدام از روش‌ها با اندازه‌گیری‌های صحرایی اختلاف معنی‌داری در سطح ۰/۰۵ داشته‌اند که با نتایج به دست آمده از آزمون F نیز همخوانی دارد. بنابراین اختلاف بین میانگین‌ها تصادفی نبوده و اختلاف به دست آمده بین روش‌ها معنی‌دار است. هم‌چنین با مقایسه میانگین خطاهای به دست آمده از هر روش (جدول ۳) می‌توان نتیجه‌گیری نمود که، روش آنالیز مولفه‌های اصلی (PCA) نسبت به سایر روش‌ها برای اندازه‌گیری ویژگی‌های مورفومتریک خندق‌ها مناسب‌تر است. باید توجه داشت که پس از ایجاد تصاویر PCA، دامنه رادیومتریک آنها بین ۰ تا ۲۵۵ قرار نمی‌گیرند که می‌توان با بارزسازی طیفی دامنه رادیومتریک آن را تصحیح نمود. بارزسازی به روش تعدیل هیستوگرام برای بهبود کنتراست تصاویر استخراج شده از روش PCA بهترمی‌باشند. هم‌چنین نمایش تصاویر PCA با مد رنگ pseudo برای تفسیر بصری مناسب هستند (شکل ۳). بنابراین روش آنالیز مؤلفه‌های اصلی به عنوان روشی رقومی برای ادامه پایش رشد و گسترش خندق‌ها در این منطقه با وسعت بالغ بر ۵۸۰۰۰۰ هکتار پیشنهاد می‌شود. هم‌چنین می‌توان رشد طولی خندق‌های منطقه را با توجه به روش توصیه شده در این تحقیق برای سال‌های قبل نیز برآورد گردد و سپس با استفاده از اطلاعات موجود و بررسی رابطه بین طول وحجم‌های اندازه‌گیری شده، حجم تخریب خندق‌ها را نیز برای سال‌های دیگر محاسبه نمود.

سپاسگزاری

بخش قابل توجه از اعتبارات اجرای این طرح از طرح ملی فرسایش و مهار آن در حوضه‌های آبخیز مصوبه شورای پژوهش‌های کشور به شماره ۷۹۰ تهیه شده که از شورای مذکور تشکر می‌شود. در ضمن نویسندگان بر خود لازم می‌دانند که از همکاری صمیمانه مرکز تحقیقات منابع طبیعی و امور دام استان سیستان و بلوچستان و مدیریت جهاد کشاورزی شهرستان چابهار که انجام کارهای صحرایی همکاری داشتند تشکر نمایم. هم‌چنین از زحمات آقای ایرج شکری که مجری را در اندازه‌گیری‌های زمینی یاری نمودند، تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع مورد استفاده

۱. ایرانمنش، ف. ۱۳۸۳. بررسی تغییرات و روند رشد فرسایش خندقی با استفاده از روش‌های پردازش اطلاعات رقومی در منطقه دشتیاری چابهار. پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، شماره ثبت ۸۳/۱۵۳۸، تهران.

۲. رضایی، ع. ۱۳۸۰. *مفاهیم آمار و احتمالات* (با تجدید نظر کامل). انتشارات نشر مشهد، مشهد.

۳. زندی، ف. ۱۳۷۸. بررسی خطواره‌ها در منطقه طالقان با استفاده از سنجش از دور و کاربرد آن در مناطق شناسایی مناطق لغزشی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد زمین‌شناسی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران.

۴. صوفی، م. ۱۳۸۲. ایجاد و گسترش فرسایش آبکندی: اهمیت و نیازهای تحقیقاتی. سومین گردهمایی علمی مجریان استانی طرح محوری، بررسی و طبقه بندی مورفوکلیماتیک خندق های ایران، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، وزارت جهاد دانشگاهی، تهران.

۵. طباطبایی، م. ر. ۱۳۷۷. بررسی روند تغییرات بیابان زائی در استان خوزستان با استفاده از پردازش تصاویر ماهواره‌ای و سیستم اطلاعات جغرافیایی. پایان نامه کارشناسی ارشد مدیریت مناطق بیابانی، دانشگاه تهران.

۶. وزارت جهاد کشاورزی. ۱۳۷۵. گزارش بازدید از منطقه دشتیاری چابهار، مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، تهران.

7. Daba, S., W. Rieger and P. Strauss. 2003. Assessment of gully erosion in eastern Ethiopia using photogrammetric techniques. Catena 50: 273-279.

[Downloaded from jstmar.iut.ac.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1385.10.1.19.4]

8. Martinez-Casanovas, J. A. 2003. A spatial information technology approach for the mapping and quantification of gully erosion. Catena 50: 293-308.
9. Nachtergael, J. and J. Poesen. 1999. Assessment of soil losses by ephemeral gully erosion using high- altitude (stereo) aerial photographs. Earth surface proc. and landforms 24: 693-706.
10. Pani, P. and S. N. Mohapatra. 2001. Delineation and monitoring of gullied and ravinous land in a part of lower Chambal Valley, India, using remote sensing and GIS. 22nd Conference on remote sensing. Singapore.
11. Soufi, M. 1997. Processes and rate of gully development in pine plantations south Castern. Ph.D. Thesis, University of New South Wales, Australia, 242 PP.
12. Zinck, J.A. 1988/1989. Physiography and Soils. ITC Pub., The Netherland.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1385.10.1.19.4]