



شناسایی و تفکیک رخساره‌های ژئومورفولوژی منطقه سبزوار با استفاده از سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی

اسماعیل سیلاخوری^{۱*}، مجید اونق^۲

۱. دانشجوی دکتری بیابان‌زدائی دانشکده مرتع و آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

۲. استاد دانشکده مرتع و آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

مشخصات مقاله

پیشینه مقاله:

دریافت: ۲۴ شهریور ۱۳۹۶

پذیرش: ۷ بهمن ۱۳۹۶

دسترسی اینترنتی: ۱ خرداد ۱۳۹۷

واژه‌های کلیدی:

رخساره‌های ژئومورفولوژی

واحدهای فتومرفیک

سنجش از دور

سیستم اطلاعات جغرافیایی

منطقه سبزوار

چکیده

چشم‌اندازهای ژئومورفولوژی پایه و اساس بررسی‌های حوزه‌های آبخیز به شمار می‌رود. زیرا که این مناظر تحت تأثیر عوامل بسیاری مانند آب‌وهوا، خاک، هیدرولوژی، محیط‌زیست، زمین‌شناسی و غیره هستند. در این پژوهش، منطقه سبزوار با روند ژئومورفولوژیکی متنوع از کوهستان تا پلایا انتخاب گردید تا با استفاده از سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی رخساره‌های ژئومورفولوژی آن شناسایی و تفکیک گردد. برای این منظور از تلفیق دو روش هم‌گذاری لایه‌ها و تفسیر بصری واحدهای فتومورفیک استفاده شد. در روش هم‌گذاری لایه‌ها نقشه‌های شیب، ارتفاع و زمین‌شناسی تهیه و طبقه‌بندی شد. در بخش تفسیر بصری، تصاویر ماهواره‌ای لندست ۵ سنجنده TM مورد استفاده قرار گرفت. پس از پیش‌پردازش تصاویر، تکنیک‌های تحلیل مؤلفه‌های اصلی، شاخص OIIF، تصاویر کاذب‌رنگی، روش هیستوگرام متعادل شده و شاخص NDVI مورد استفاده قرار گرفت تا با تفسیر بصری، واحدهای فتومورفیک تفکیک گردند. در نهایت ۴ واحد، ۱۰ تیپ و ۹۶ رخساره (در ۲۶۱ تکرار) تفکیک شد. بررسی آماری با استفاده از آزمون مربع کای نشان داد که بین مساحت واحدها، تیپ‌ها و رخساره‌های بیابان‌زایی تفاوت معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۹ درصد مشاهده می‌شود که نشان‌دهنده تفکیک فضایی مناسب منطقه است. واحد دشت‌سر (۵۰/۹۷٪)، تیپ دشت‌سر پایینی (۲۵/۹۷٪) و رخساره مخروط افکنه با فرسایش آبراه‌ای (۳۷۵/۴۳ هکتار) بیشترین پراکنش فضایی را در منطقه به خود اختصاص دادند. در نهایت می‌توان گفت روش هم‌گذاری لایه‌ها برای مناطق بیابانی ناتوان است و استفاده تلفیقی از تفسیر بصری واحدهای فتومورفیک می‌تواند این نقیصه را برطرف کرده و دقت نقشه خروجی را افزایش دهد. نقشه مذکور، جهت تهیه و اجرای طرح‌های مربوط به تعیین قابلیت اراضی، منابع طبیعی و مقابله با بیابان‌زایی می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.

* esmaeil.silakhori@gmail.com: پست الکترونیکی مسئول مکاتبات

مقدمه

رخساره مختلف تشخیص داده شد. علوی پناه، گونلو و مصطفی و بیش از تکنیک‌های سنجش‌ازدور به‌ویژه تحلیل مؤلفه‌های اصلی و استفاده از ترکیب‌های بانندی در شناسایی پدیده‌ها استفاده کردند (۱۸، ۱۹، ۲۰، ۲۱، ۲۲، ۲۳ و ۲۴).

سیف و محمدی (۶) واحدهای پلاپای گاوخونی به‌منظور تهیه نقشه‌های ژئومورفولوژی تفکیک و شناسایی کردند. برای این منظور از نقشه‌های توپوگرافی، زمین‌شناسی و تصویر ماهواره‌ای لندست ۷ سنجنده ETM⁺ استفاده کردند و واحدهای ژئومورفولوژی را تفکیک کردند و سنجش‌ازدور و سیستم اطلاعات جغرافیایی را ابزار مناسب برای شناسایی و تفکیک واحدهای ژئومورفیک دانستند. اونق و نهتانی (۳) رابطه واحدهای ژئومورفولوژی و فرسایش و تولید رسوب در حوزه آبخیز کاشی دار (گرگان رود) را به دست آوردند. برای این منظور ابتدا اقدام به تهیه نقشه ژئومورفولوژی در چهار سطح فضایی واحد، تیپ، زیر تیپ و رخساره کردند و در نهایت با استفاده از آزمون آماری، تفاوت مساحت واحدها را معنی‌دار برآورد کردند. خداجو و احمدی (۴) با استفاده از روش منشاء‌یابی تپه‌های ماسه‌ای اقدام به شناسایی رخساره‌های مناطق برداشت ارگ خارتوران پرداختند و سه واحد ژئومورفولوژیکی دشت‌سر، تپه‌ماهور و پلایا شناسایی کردند. همچنین در رخساره‌های برداشت دشت‌سر پوشیده، کلوتک، برداشت مخروط افکنه و نکا را تشخیص دادند. سیلاخوری و اونق (۷) به مقایسه اثر مقیاس نقشه در تفکیک واحدهای کاری ژئومورفولوژی برای پهنه‌بندی خطر بیابان‌زایی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی در منطقه حارث‌آباد سبزوار پرداختند. برای این منظور در سه مقیاس اجرایی (۱:۲۵۰۰۰۰، ۱:۱۰۰۰۰ و ۱:۵۰۰۰۰) نقشه طبقات ارتفاع، شیب، جهت، و زمین‌شناسی تهیه و با ادغام آن‌ها رخساره‌های ژئومورفولوژی به دست آمد. آزمون تفاوت بین تنوع و فراوانی واحدهای کاری سه مقیاس، با استفاده از آزمون کای اسکور در سطح اطمینان ۹۹ درصد معنی‌دار شد. نتیجه این آزمون انتخاب مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ به‌عنوان مقیاس بهینه در منطقه بود. هدف از این پژوهش، تفکیک چشم‌اندازهای ژئومورفولوژی منطقه

زمین به‌عنوان بخشی از سطح تماس، حیطة اصلی مطالعات ژئومورفولوژیکی است و بدیهی است که شناخت و بررسی دقیق آن، در تحلیل و مدل‌سازی فرم‌ها و فرآیندهای ژئومورفولوژیکی نقش بسزایی دارد. یکی از وظایف و اهداف ژئومورفولوژی ست‌ها طبقه‌بندی زمین و تقسیم آن به اشکال ویژه است (۵ و ۱۳). نقشه‌های ژئومورفولوژی از جمله نقشه‌های موضوعی هستند که پدیده‌های ژئومورفیک را به همراه فرآیندهای تشکیل‌دهنده آن نمایش می‌دهند (۶). تحقیقات ژئومورفولوژیکی امروزه در جهان از چنان درجه اهمیتی برخوردار است که بیشتر کشورها طی برنامه‌ریزی‌های عمرانی به مطالعه و تهیه نقشه‌های ژئومورفولوژیکی از نواحی در حال توسعه می‌نمایند. مطالعات ژئومورفولوژیکی از عناصر کلیدی در مراحل اولیه عمران هر ناحیه محسوب می‌شود و همراه با سایر علوم دارای نقش عمده‌ای در مراحل بعدی توسعه است (۱۱). امروزه مطالعات ژئومورفولوژی، پایه و اساس بررسی و ارزیابی توان منابع طبیعی تجدیدشونده قرار گرفته است. از آنجاکه زمینه کاری منابع طبیعی گسترده بوده و علوم مختلفی را در برمی‌گیرد، جهت ایجاد هماهنگی و کنترل آن‌ها تهیه نقشه واحدی که جوابگوی تمام نیازها جهت مطالعات باشد ضروری به نظر می‌رسد؛ که همانا نقشه ژئومورفولوژی می‌باشد. نقشه ژئومورفولوژی تخصصی و کاربردی، حوزه را به واحدهای همگنی جهت برنامه‌ریزی، مدیریت و اجرا تقسیم‌بندی می‌کند. بدیهی است که در تهیه نقشه ژئومورفولوژی اساس کار شناخت سنگ‌هاست تا بتوان از روی سرشت آن‌ها به سایر موارد مانند چگونگی فرسایش و شبکه هیدروگرافی پرداخت. لذا تأکید اصلی به گوناگونی و ساختار سنگ‌شناسی است (۸، ۱۰ و ۱۶). علوی پناه و همکاران (۹) رخساره‌های ژئومورفولوژی منطقه یاردانگ بیابان لوت را بر اساس تفسیر واحدهای فتومورفیک تصاویر ماهواره‌ای (TM) مورد مطالعه قرار دادند. برای این منظور از نقشه‌های توپوگرافی و نرم‌افزارهای ILWIS و ER-Mapper برای پردازش تصاویر استفاده کردند. پس از تفسیر بصری، ۱۴

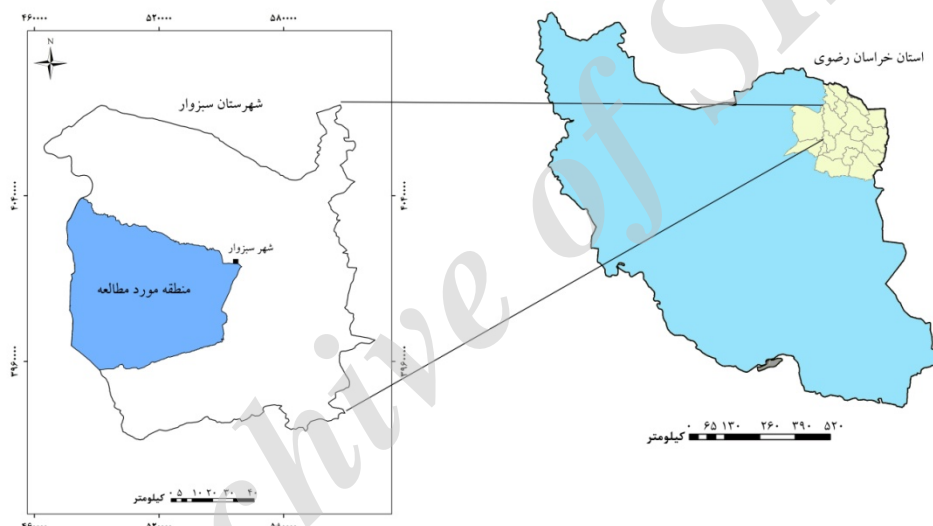
است. از نظر تقسیمات سیاسی جزء شهرستان سبزوار از استان خراسان رضوی است که قسمت بزرگ آن در حوزه کویر مرکزی ایران واقع شده است (شکل ۱). ارتفاع منطقه از حدود ۷۹۶ متر در پلایا تا ۱۷۰۱ متر در کوهستان تغییر می‌کند. آبراهه اصلی آن رودخانه کال شور سبزوار با جهت شرق به غرب است. میانگین بارندگی منطقه از حدود ۱۲۰ میلی‌متر در مناطق بیابانی تا نزدیک به ۴۰۰ میلی‌متر در مناطق کوهستانی (ارتفاعات جغتای) متفاوت است. از مراکز جمعیتی مهم این منطقه می‌توان به دو شهر داورزن و روداب اشاره کرد.

سبزوار است تا به وسیله آن نقشه واحدها، تپ‌ها و رخساره‌های ژئومورفولوژی منطقه تهیه گردد تا بستر ارزیابی و مدیریت منابع طبیعی منطقه قرار گیرد. برای این منظور، منطقه سبزوار با تنوع ژئومورفولوژیکی بسیار مناسب از کوهستان تا پلایاست انتخاب شده است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

با وسعت $۶۶۷۳۹/۸۵$ هکتار بین $۳۵^{\circ} ۴۴'$ تا $۳۶^{\circ} ۲۹'$ عرض شمالی و $۵۲^{\circ} ۲۰'$ تا $۵۶^{\circ} ۴۳'$ طول شرقی قرار گرفته



شکل ۱. نقشه موقعیت منطقه مورد مطالعه در شهرستان سبزوار و استان خراسان رضوی

ناهمواری، واحدهای بزرگ ژئومورفولوژی مشخص گردید و سپس در محدوده هر واحد بزرگ یا فیزیوگرافی واحدهای ژئومورفولوژی و در هر محدوده، تپ‌ها و زیر تپ‌ها (هر تپ شامل یک یا چند رخساره) شناسایی شد (۱۶). بر اساس شناخت، و تنوع ژئومورفولوژیکی منطقه، روش خودکار روی هم‌گذاری لایه‌ها که توسط احمدی (۱) پیشنهاد شده است، نمی‌توانست به‌تنهایی نتایج دقیق و قابل قبولی در واحدهای بیابانی (پلایا) ارائه نماید. در قیاس با روش روی هم‌گذاری لایه‌ها، روش نظارت‌شده تلفیقی (رقومی- چشمی) متکی بر

داده‌های مورد استفاده

در این تحقیق از نقشه‌های زمین‌شناسی، مدل رقومی ارتفاع (DEM؛ Digital Elevation Model) نقشه پوشش گیاهی، تصاویر ماهواره‌ای (سال ۲۰۱۱) سنجنده TM مربوط به گذر ۱۶۱ و ردیف ۳۵، برای تهیه نقشه رخساره‌های ژئومورفولوژی استفاده گردید.

روش تحقیق

برای تهیه نقشه ژئومورفولوژی ابتدا بسته به نوع

و وارد نرم افزار ILWIS گردید.

پیش پردازش تصاویر

پیش از به کارگیری داده های ماهواره ای در تجزیه تحلیل رقومی، کیفیت آن ها از نظر وجود خطای هندسی، پرتوسنجی مانند راه راه شدگی، زیر هم قرار نگرفتن خطوط اسکن، پیکسل های تکراری، خطاهای اتمسفری مانند وجود لکه های ابر مورد بررسی قرار گرفت. و برای بارزسازی تصاویر مورد استفاده ترکیبات زیر به دست آمد.

تحلیل مؤلفه اصلی (Principal Components Analysis) (PCA)؛

برای تهیه تصاویر مناسب از روش تجزیه مؤلفه های اصلی استفاده شد. با به دست آوردن این فایل با حذف داده های اضافی و داشتن باندهای کمتر می توان تصویری روشن تری از ترکیب باندها به دست آورد.

ساخت تصاویر کاذب رنگی (False Color Composite) (FCC)؛

در این مرحله ترکیب های رنگی مناسبی که به نحو بارزی نشان دهنده پدیده های مختلف منطقه باشد ساخته و بهبود کنتراست شدند. جهت به دست آوردن بهترین ترکیبات باندی از نرم افزار ILWIS شاخص OIF محاسبه گردید. این شاخص یک شاخص آماری است که بر اساس انحراف معیار و ضریب همبستگی بین باندها عمل می کند (۱۲). همچنین برای شناسایی و جداسازی رخساره های موجود در منطقه ترکیب رنگی مرکب از باندهای TM7، TM4 و TM2 و برای شناسایی و جداسازی اراضی کشاورزی ترکیب رنگی TM3، TM4 و TM2 ساخته شد.

شاخص پوشش گیاهی

شاخص های گیاهی تبدیل های ریاضی هستند که بر پایه

سنجش از دور و شناخت مفسر و استفاده از عوامل تفسیر، نقشه ها و اطلاعات کمکی موجود و کارهای میدانی است و معمولاً نتایج بسیار نزدیک به واقعیت و با دقت مناسب ارائه می کند (۶ و ۱۳). از این رو، در تحقیق حاضر از روش تفسیر تلفیقی و روی هم گذاری لایه ها استفاده گردید.

روی هم گذاری لایه ها در این مرحله نقشه های ارتفاع، شیب و زمین شناسی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) با دستور Intersect روی هم قرار گرفت و مبنای تفکیک واحدهای ژئومورفولوژی منطقه سبزوار قرار گرفت. جهت تهیه نقشه ارتفاع، نقشه مدل رقومی ارتفاعی (DEM) منطقه سبزوار از مدل رقومی ارتفاعی ایران با دقت ۵۰ متر، استخراج و با استفاده از دستور Reclassify با فاصله خطوط ۱۰۰ متر طبقه بندی گردید. نقشه شیب، با استفاده از نقشه رقومی توپوگرافی در محیط نرم افزار ایلویس ILWIS، با توجه به دامنه تغییر شیب از کوهستان تا پلایا (۱) و با استفاده از طبقه بندی آمایشی پیشنهاد شده (۱۴) نقشه شیب منطقه تهیه شد. جهت تهیه نقشه زمین شناسی، لایه های زمین شناسی سبزوار، کاشمر، داورزن، احمدآباد، دارین و باشتین در مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ که توسط سازمان زمین شناسی تهیه شده بود با فرمت BMP و با قدرت تفکیک ۶۰۰ نقطه در اینچ (dpi) اسکن و به نرم افزار ArcGIS® 10.3 منتقل شد. در محیط این نرم افزار زمین مرجع (Georeferencing) شد و به اندازه منطقه سبزوار برش داده شده و رقومی گردید.

تفسیر بصری واحدهای فتومورفیک

در ابتدا تصاویر ماهواره ای لندست ۵ (سال ۲۰۱۱) از پایگاه اینترنتی USGS دانلود گردید (۳). با استفاده از تصاویر ماهواره ای لندست ۵ و سایت Google Earth واحدهای فتومورفیک مورد تفسیر چشمی قرار گرفت و با واحدهای ژئومورفولوژی که در مرحله روی هم گذاری لایه ها به دست آمده بود، تلفیق گردید. برای این منظور داده های ماهواره ای چند طیفی سنجنده TM که دارای ۶ باند طیفی و یک باند حرارتی (باند شش) بود در گذر ۱۶۱ و ردیف ۳۵ تهیه

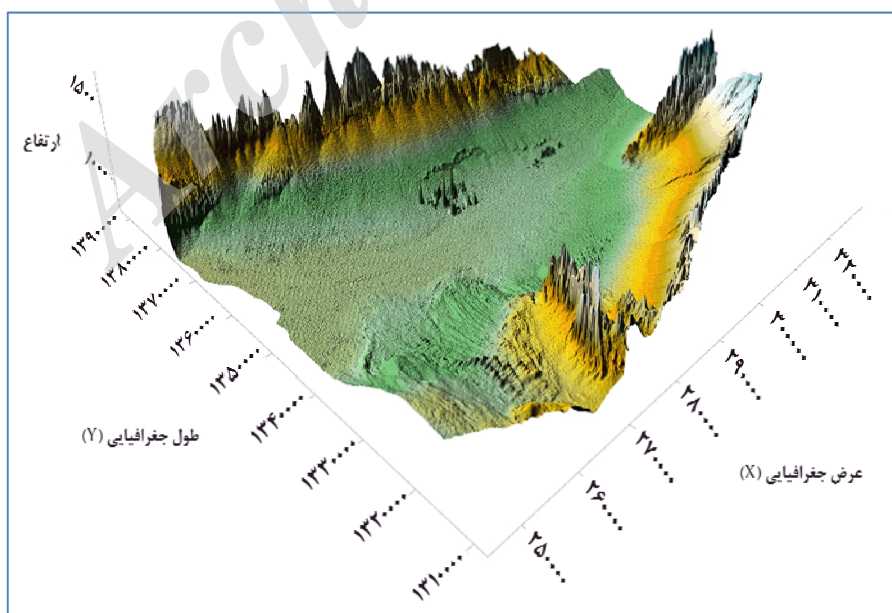
بازدید میدانی

پس از بررسی چشمی تصویر به علت قابل تشخیص نبودن برخی از پدیده‌ها روی تصویر، عملیات بازدید میدانی از منطقه طراحی و اجرا شد. بدین منظور، منطقه مطالعاتی بر روی نقشه به پلات‌های چندگانه تقسیم شد و پس از تعیین مناطق غیرقابل تفسیر در هر پلات، بازدید میدانی از آنها به عمل آمد و با استفاده از سامانه موقعیت‌یاب جهانی (GPS)، عکس‌برداری از منطقه و تهیه کروکی پدیده‌ها، اطلاعات تکمیلی جمع‌آوری شد. سپس، با استفاده از مجموعه اطلاعات در دسترس و تفسیر تلفیقی تصویر ماهواره‌ای، طبقه‌بندی شد. در مرحله بعد، با رعایت مقیاس و استفاده از اطلاعات جانبی، تفسیر چشمی بر روی ترکیبات رنگی و تصویر ماهواره‌ای صورت گرفت و رخساره‌های ژئومورفولوژی تفکیک گردید.

نتایج

نقشه ارتفاع

نقشه ارتفاع منطقه در ۹ طبقه تهیه گردید (شکل ۳ و جدول ۱). حداقل ارتفاع منطقه ۷۹۶ متر و حداکثر ارتفاع آن ۱۷۰۱ متر است (شکل ۲).



شکل ۲. تصویر سه‌بعدی ارتفاع منطقه مورد مطالعه

باندهای مختلف سنجنده‌ها تعریف شده و برای ارزیابی و بررسی گیاهان در مشاهده‌های ماهواره‌ای چند طیفی طراحی شده‌اند (۵). در این قسمت جهت بارزسازی پوشش گیاهی برای تفکیک رخساره‌ها به‌خصوص در واحد پلایا، از شاخص گیاهی NDVI استفاده شد. این شاخص با استفاده از رابطه ۱ تعیین گردید (۱۵ و ۱۶).

$$NDVI = \frac{NIR-RED}{NIR+RED} \quad [1]$$

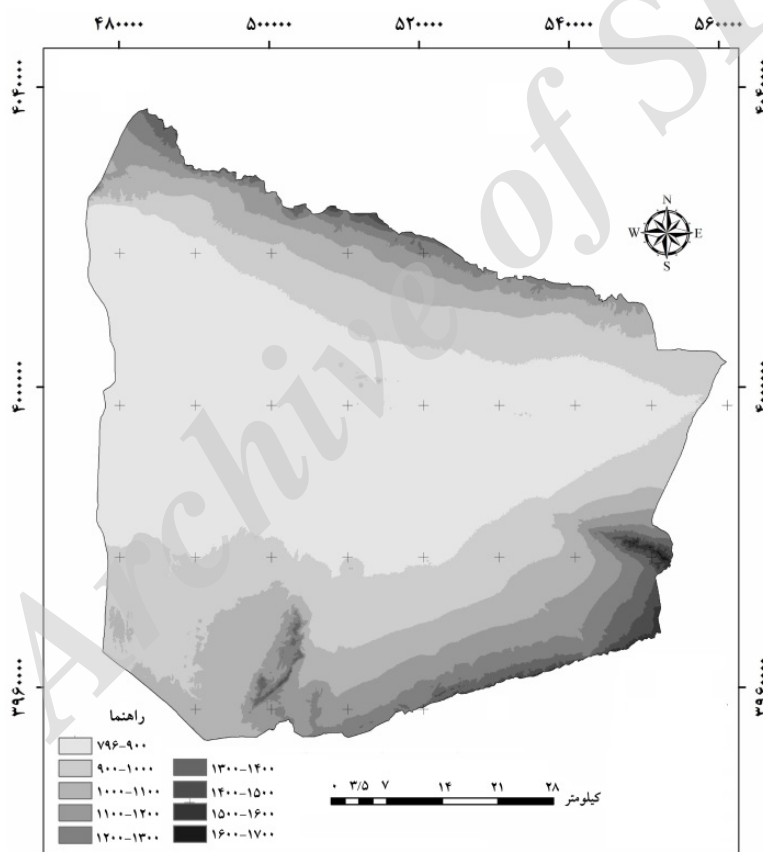
در این رابطه؛ مقدار NIR مقدار بازتاب در باند مادون‌قرمز نزدیک (باند ۳ سنجنده TM) و مقدار RED به‌عنوان مقدار بازتاب در باند قرمز (باند ۴ سنجنده TM) است (۲۵).

تعدیل در نمودار خطی (Stretch)

یکی از روش‌های مورد استفاده برای بارزسازی، تغییر در نمودار خطی باندهای تصویر است. برای انجام این کار تصویر PCA و NDVI با روش هیستوگرام متعادل شده (Histogram Equalize) بارزسازی شد و مورد تفسیر بصری قرار گرفت.

جدول ۱. توزیع فراوانی طبقات ارتفاع منطقه سیزوار

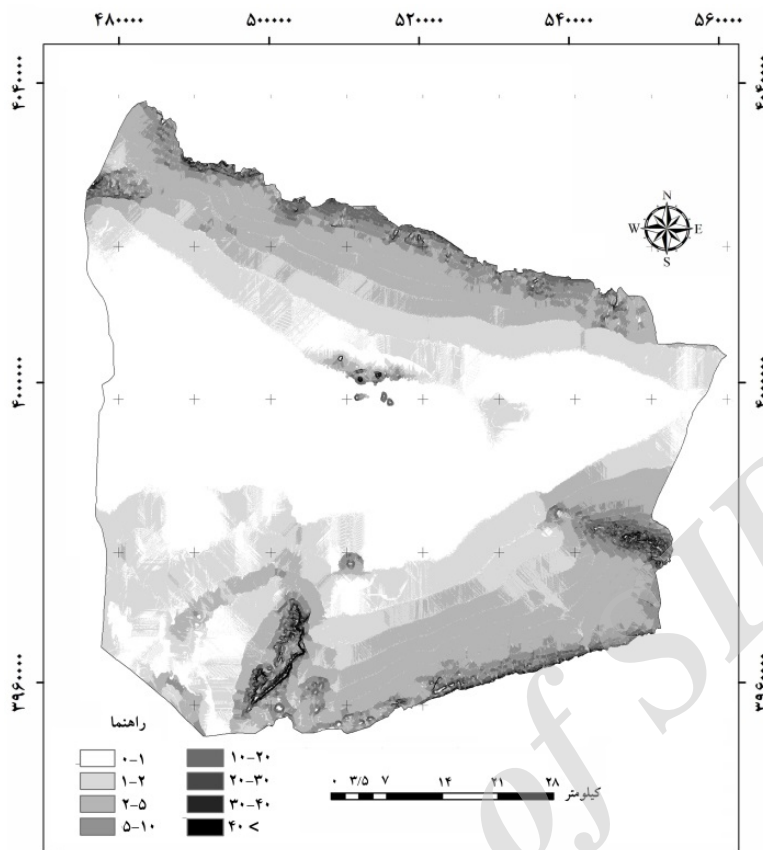
ردیف	طبقات ارتفاع (متر)	مساحت (هکتار)	درصد فراوانی نسبی
۱	۷۹۶ - ۹۰۰	۲۱۱۹۱۲/۲	۴۵/۳۱
۲	۹۰۰ - ۱۰۰۰	۱۱۱۹۰۵/۷	۲۳/۹۳
۳	۱۰۰۰ - ۱۱۰۰	۶۶۷۷۴/۲	۱۴/۲۸
۴	۱۱۰۰ - ۱۲۰۰	۳۹۴۵۵/۸۴	۸/۴۴
۵	۱۲۰۰ - ۱۳۰۰	۲۲۷۴۰/۰۵	۴/۸۶
۶	۱۳۰۰ - ۱۴۰۰	۹۹۸۸/۴۲	۲/۱۴
۷	۱۴۰۰ - ۱۵۰۰	۳۶۹۳/۷۳	۰/۷۹
۸	۱۵۰۰ - ۱۶۰۰	۱۲۲۰/۹۸	۰/۲۶
۹	۱۶۰۰ - ۱۷۰۱	۷۹/۲۲	۰/۰۲
جمع		۴۶۷۷۵۹/۹۰	۱۰۰



شکل ۳. نقشه طبقات ارتفاع منطقه مورد مطالعه

شیبی کمتر از ۱ درصد و کمترین سطح منطقه دارای شیب ۳۰-۴۰ درصد است (جدول ۲ و شکل ۴).

نقشه شیب بر اساس نتایج به دست آمده بیشترین سطح منطقه دارای



شکل ۴. نقشه طبقات شیب منطقه مورد مطالعه

جدول ۲. توزیع فراوانی طبقات شیب منطقه سبزوار

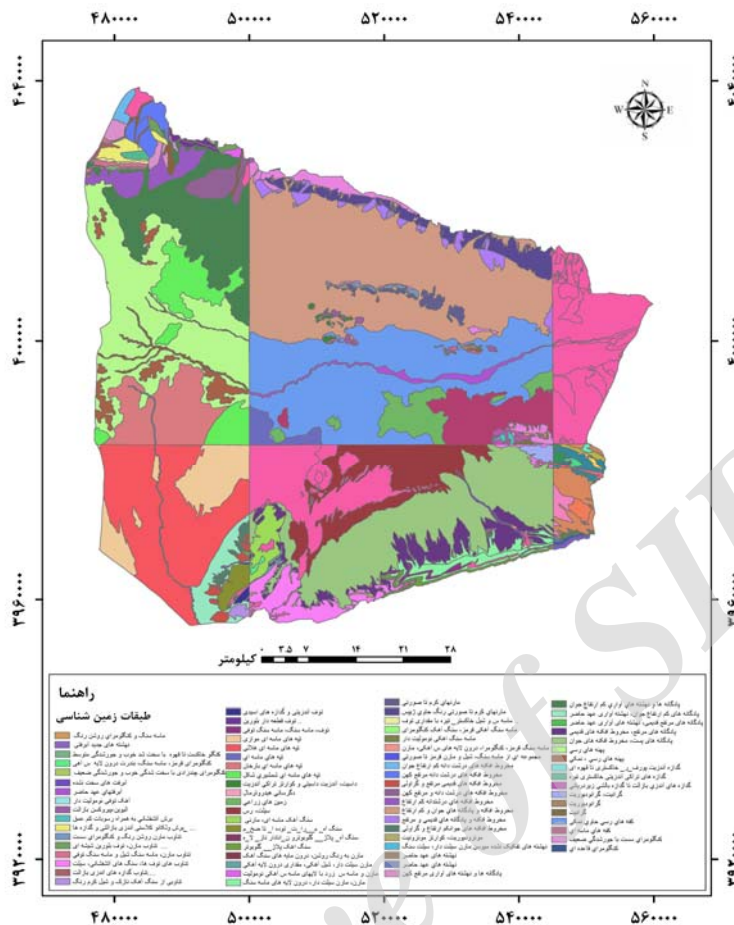
ردیف	طبقات شیب (درصد)	مساحت (هکتار)	درصد فراوانی نسبی
۱	۰ - ۱	۲۰۲۳۱۳/۳	۴۳/۲۵
۲	۱ - ۲	۱۰۶۹۱۷	۲۲/۸۶
۳	۲ - ۵	۱۰۶۹۹۹/۴	۲۲/۸۷
۴	۵ - ۱۰	۳۰۳۸۸/۹۹	۶/۵۰
۵	۱۰ - ۲۰	۱۶۳۱۲/۸۵	۳/۴۹
۶	۲۰ - ۳۰	۲۵۹۰/۳۳	۰/۵۵
۷	۳۰ - ۴۰	۶۱۲/۲۰	۰/۱۳
۸	> ۴۰	۱۶۲۵/۸۲	۰/۳۵
	جمع	۴۶۷۷۵۹/۹۰	۱۰۰

در تلفیق با نقشه‌های پایه دیگر مورداستفاده قرار گرفت (شکل

نقشه زمین‌شناسی

(۵)

شیت‌های موزاییک شده زمین‌شناسی منطقه سبزوار، که



شکل ۵. نقشه طبقات سنگی منطقه مورد مطالعه

تفسیر بصری واحدهای فتومورفیک

پس از تهیه تصاویر ماهواره‌ای و پیش‌پردازش آن، نقشه تحلیل مؤلفه اصلی (شکل ۶) تهیه شد. همچنین برای به دست آوردن بهترین ترکیبات بانندی برای ترکیب کاذب‌رنگی، از

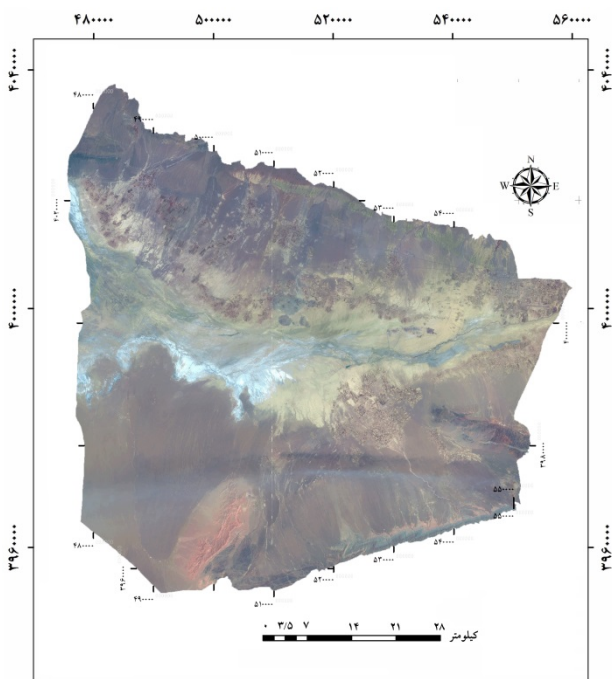
شاخص OIF استفاده گردید. نتایج نشان داد که بهترین ترکیبات بانندی TM5، TM3 و TM1 با ارزش OIF برابر با ۶۳/۰۵ است (جدول ۳ و شکل ۷).

جدول ۳. شاخص OIF بین باندهای طیفی ماهواره لندست منطقه مورد مطالعه

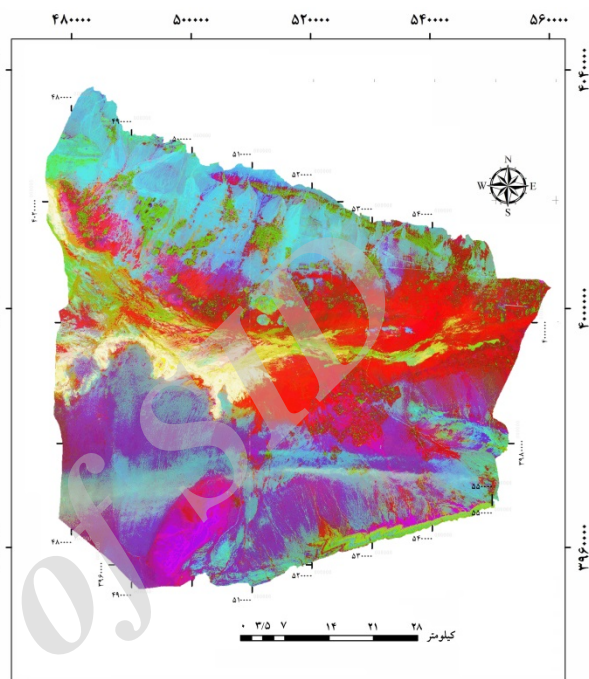
OIF	باندهای طیفی			ردیف
۶۳/۰۵	b1	b3	b5	۱
۶۲/۳۶	b1	b5	b7	۲
۶۱/۹۸	b1	b4	b5	۳
۵۹/۱۲	b1	b2	b5	۴
۵۴/۵۰	b3	b5	b7	۵
۵۴/۴۲	b5	b5	b5	۶

رنگی مرکب از باندهای TM7، TM4 و TM2 (شکل ۹) ساخته شد. از شاخص گیاهی NDVI نیز برای تفکیک رخساره‌ها استفاده گردید (شکل ۱۰).

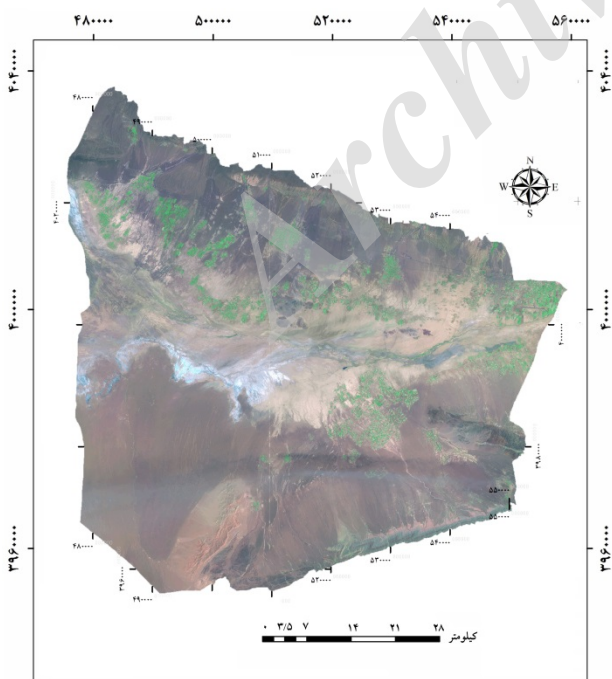
برای شناسایی و جداسازی اراضی کشاورزی ترکیب رنگی TM2، TM3 و TM4 (شکل ۸) و همچنین برای شناسایی و جداسازی رخساره‌های موجود در منطقه ترکیب



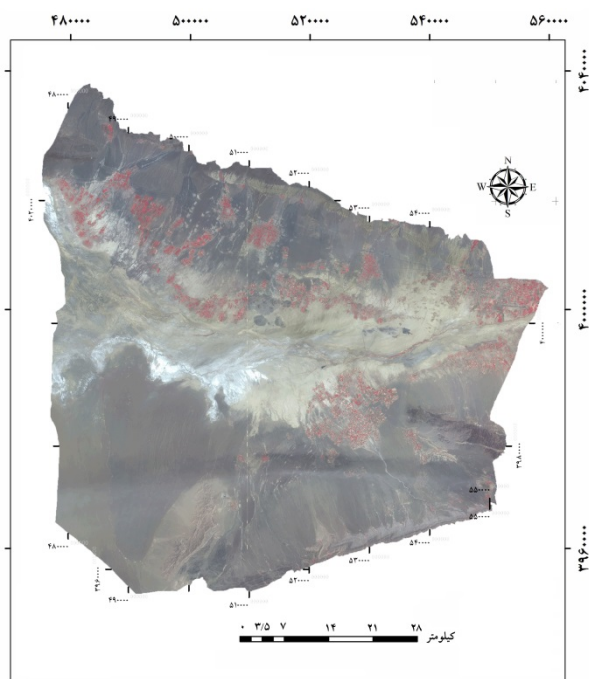
شکل ۷. تصویر کاذب رنگی (ترکیب باندهای ۱، ۳، ۵)



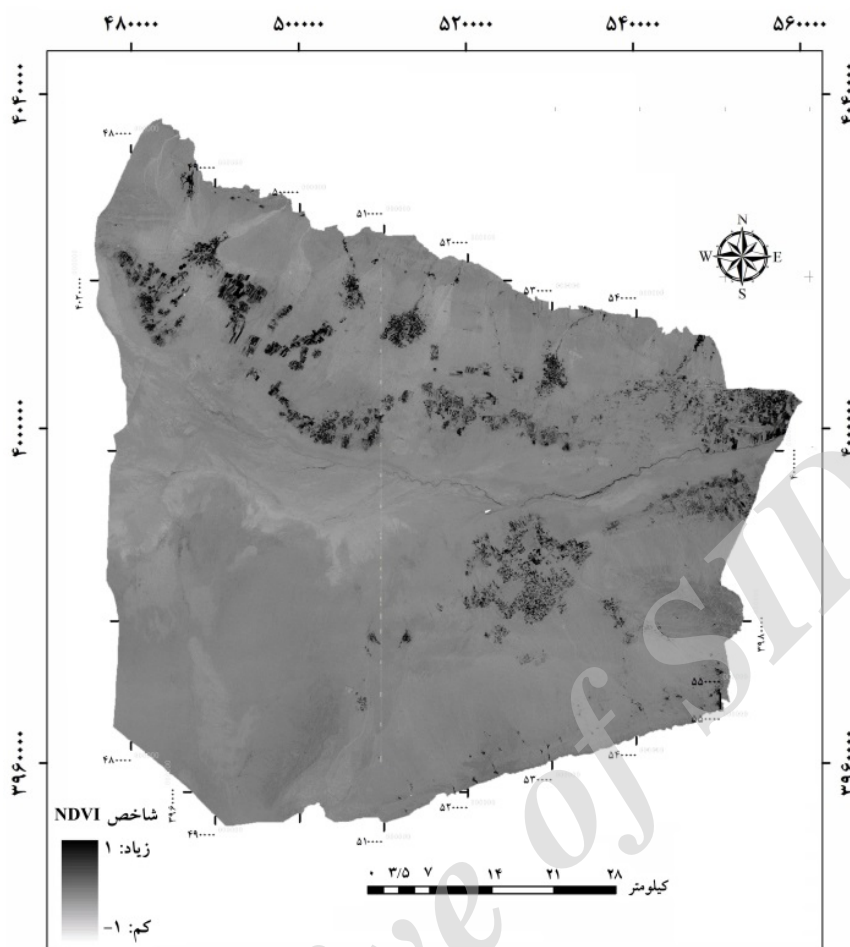
شکل ۶. تصویر PCA با تعدیل هیستوگرام



شکل ۹. تصویر کاذب رنگی (ترکیب باندهای ۲، ۴، ۷)



شکل ۸. تصویر کاذب رنگی (ترکیب باندهای ۲، ۳، ۴)

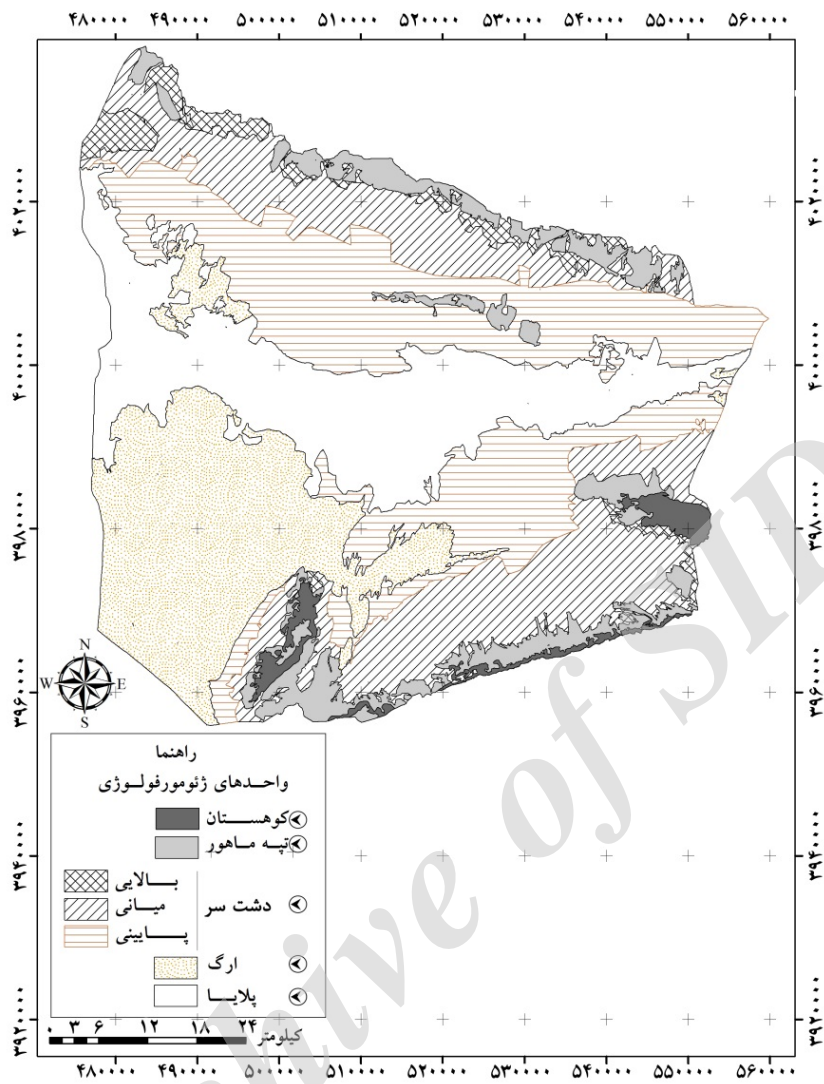


شکل ۱۰. تصویر NDVI منطقه مورد مطالعه

تهیه رخساره‌های ژئومورفولوژی

با ادغام و تفسیر بصری نقشه‌ها در نهایت چهار واحد بزرگ ژئومورفولوژی تفکیک شد. این واحدها به ترتیب شامل کوهستان، دشت‌سر، پلایا و ارگ و رسوب‌گذاری بودند که در جدول ۴ و شکل ۱۱ مشخص شده‌اند. همان‌طور که در جدول ۴ نشان داده شده است، واحد دشت‌سر بزرگ‌ترین واحد و کوهستان کوچک‌ترین واحد ژئومورفولوژی را در منطقه به خود اختصاص داده است. چهار واحد ژئومورفولوژی در نهایت

به ۱۰ تیپ تفکیک شدند که سهم هریک در پراکنش فضایی منطقه مورد مطالعه را در جدول ۵ مشخص شده است. در نهایت ۹۶ رخساره ژئومورفولوژی در ۲۶۱ تکرار به دست آمد. رخساره ۳-۲-۳ (مخروط افکنه با فرسایش آبراهه‌ای) با مساحت ۳۷۵/۴۳ هکتار بزرگ‌ترین رخساره و رخساره ۳-۳-۱ (آبرفت‌های رودخانه‌ای) با مساحت ۰/۴۹ هکتار کوچک‌ترین رخساره ژئومورفولوژی در منطقه مورد مطالعه محسوب می‌شود (جدول ۶ و شکل ۱۲).



شکل ۱۱. نقشه واحدهای ژئومورفولوژی منطقه مورد مطالعه

جدول ۴. مساحت واحدهای ژئومورفولوژی در منطقه سبزوار

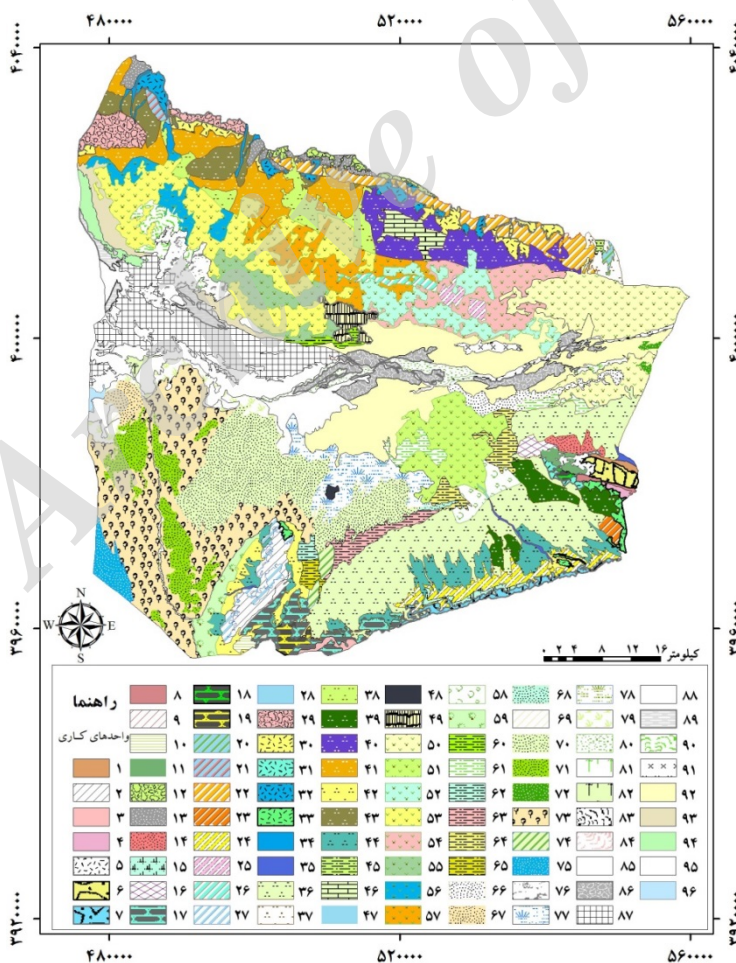
واحدهای ژئومورفولوژی	مساحت (کیلومتر مربع)	درصد مساحت
کوهستان	۹۷/۷۶	۲/۱۶
تپه‌ماهور	۳۵۱/۰۱	۷/۷۶
دشت‌سر	۲۳۰۴/۲۵	۵۰/۹۷
ارگ و رسوب‌گذاری	۹۸۹/۰۴	۲۱/۸۸
پلایا	۷۷۸/۵۸	۱۷/۲۲
مربع کای	۱۵۱۶/۹۳۶**	۳۳/۵۶۵**
جمع	۴۵۲۰/۶۴	۱۰۰/۰۰

** معنی‌دار در سطح ۱ درصد

جدول ۵. مساحت تیپ‌های ژئومورفولوژی در منطقه سبزوار

واحد‌های ژئومورفولوژی	مساحت (کیلومتر مربع)	درصد مساحت
کوه‌های مرتفع	۹۱/۸۹	۲/۰۳
رشته‌کوه‌های مارنی	۵/۸۷	۰/۱۳
تپه‌ماهور	۱۵۵/۸۷	۳/۴۵
تپه‌ماهورهای مارنی	۱۹۵/۱۴	۴/۳۲
دشت‌سر بالایی	۱۴۶/۵۱	۳/۲۴
دشت‌سر میانی	۹۸۳/۸۷	۲۱/۷۶
دشت‌سر پایینی	۱۱۷۳/۸۷	۲۵/۹۷
تپه‌های ماسه‌ای	۹۳۸/۳۶	۲۰/۷۶
تلماسه‌های گیاهی	۵۰/۶۸	۱/۱۲
جلگه رسی	۷۴۵/۹۶	۱۶/۵۰
کویر	۳۲/۶۲	۰/۷۲
مربع کای	۲۰۱۸/۸۵۵**	۴۴/۶۶۲**
جمع	۴۵۲۰/۶۴	۱۰۰/۰۰

** معنی دار در سطح ۱ درصد



شکل ۱۲. نقشه واحدهای کاری (رخساره‌های ژئومورفولوژی) منطقه مورد مطالعه

جدول ۶. رخساره‌های ژئومورفولوژی (واحدهای کاری) منطقه مورد مطالعه

ردیف	واحد	کد	تیپ	کد	شماره	رخساره	سنگ‌شناسی	کاربری	مساحت (کیلومتر مربع)	درصد مساحت	شیب %
۱	کوهستان	۱-۱	کوه‌های مرتفع	۱-۱-۱	۱	کوه‌های دازیته نسبتاً مرتفع	Ada, Vda	مرتفع	۴/۲۴	۰/۰۹	۱۰-۲۰
		۲-۱-۱		۲	کوه‌های آهکی بسیار مرتفع با دیواره تند	K11-2	مرتفع	۳۲/۶۵	۰/۷۰	۲۰-۴۰<	
		۳-۱-۱		۳	تناوب سنگ‌های آتشفشانی کلاته رجائی	Ktv2, Ktvc2, tr	مرتفع	۵/۴۰	۰/۱۲	۵-۳۰	
		۴-۱-۱		۴	تناوب سنگ‌های آتشفشانی درگز	Ktv2, Ktvc2, tr	مرتفع	۳/۲۵	۰/۰۷	۵-۳۰	
		۵-۱-۱		۵	کوه‌های فرسایش یافته نسبتاً مرتفع	gr,g	مرتفع	۸/۳۴	۰/۱۸	۱۰-۳۰	
		۶-۱-۱		۶	برونزد سنگی هلاک‌آباد	ktv2, dasit, Van, Vanda, K12, K12m2	مرتفع	۱۶/۶۸	۰/۳۶	۱۰-۴۰<	
		۷-۱-۱		۷	برونزد سنگی فضل‌آباد	ktv2, dasit, Van, Vanda, K12, K12m2	مرتفع	۲۱/۳۳	۰/۴۶	۱۰-۳۰	
		۱-۲-۱		۸	کوه‌های آهکی مارن‌دار	klm2	مرتفع	۰/۹۷	۰/۰۸	۱۰-۳۰	
۲-۱	رشته‌کوه‌های مارنی	۲-۱-۱	۹	رشته مارنی با فرسایش خندقی	Km2l2, km2, kms2, Qpim, Etmm, E mm, Mm	مرتفع	۴/۹۰	۰/۱۰	۵-۲۰		
		۱-۱-۲	۱۰	تناوب سنگ‌آهک و مهروموم کرم‌رنگ	Ef	مرتفع	۴/۴۵	۰/۱۲	۱-۱۰		
۲	تپه‌ماهور	۲-۱-۲	۱۱	تپه‌های گرانیتی	gr,g	مرتفع	۸/۱۳	۰/۱۷	۵-۲۰		
		۳-۱-۲	۱۲	کنگلومرای سست شده ضعیف	PIQc	مرتفع	۱۴/۴۰	۰/۳۱	۱۰-۳۰		
		۴-۱-۲	۱۳	ماسه‌سنگ با چشم‌انداز خندقی	Piqc, Ecs,	مرتفع	۲۷/۱۷	۰/۵۸	۵-۲۰		
		۵-۱-۲	۱۴	ماسه‌سنگ با چشم‌انداز خندقی هلاک‌آباد	Piqc, Ecs,	مرتفع	۱۳/۷۴	۰/۲۹	۵-۱۰		
		۶-۱-۲	۱۵	شیل، ماسه‌سنگ و توف	Ktsv2	مرتفع	۹/۱۳	۰/۲۰	۵-۱۰		
		۷-۱-۲	۱۶	تپه‌های با سنگ آتشفشانی	Kplo, Kpvb, Al, g	مرتفع	۱۰/۰۴	۰/۲۱	۵-۲۰		
		۸-۱-۲	۱۷	تناوب سنگ‌های آتشفشانی کهنک	Ktv2, Kt2	مرتفع	۵۳/۱۵	۱/۱۴	۲-۲۰		
		۹-۱-۲	۱۸	تناوب سنگ‌های آتشفشانی دارین	Ktv2, Kt2	مرتفع	۲/۷۸	۰/۰۶	۵-۱۰		
		۱۰-۱-۲	۱۹	تناوب سنگ‌های آتشفشانی با شیب کم	Ktv2, Kt2	مرتفع	۱۲/۸۸	۰/۲۸	۲-۵		
		۱-۲-۲	۲۰	تپه‌های مارنی با اراضی کشت‌شده گوداسیا	Km2l2, km2, kms2, Qpim, Etmm, E mm, Mm	کشاورزی	۳/۶۲	۰/۰۸	۲-۱۰		
۲-۲-۲	۲۱	تپه‌های مارنی با اراضی کشت‌شده نهال دان	Km2l2, km2, kms2, Qpim, Etmm, E mm, Mm	کشاورزی	۵/۹۴	۰/۱۳	۲-۲۰				
۳-۲-۲	۲۲	تپه‌های مارنی با فرسایش خندقی	Km2l2, km2, kms2, Qpim, Etmm, E mm, Mm, mmc, mm	مرتفع	۷۶/۸۳	۱/۶۴	۵-۲۰				
۴-۲-۲	۲۳	تپه‌های مارنی با فرسایش خندقی	Km2l2, km2, kms2, Qpim, Etmm, E mm, Mm, mmc, mm	مرتفع	۷/۵۴	۰/۱۶	۲-۲۰				
۵-۲-۲	۲۴	تپه‌های مارنی با فرسایش خندقی و پوشش شور پسند	Km2l2, km2, kms2, Qpim, Etmm, E mm, Mm	مرتفع	۵۱/۴۵	۱/۱۰	۵-۲۰				
۶-۲-۲	۲۵	تپه‌های مارن‌های کرم‌رنگ تا صورتی با کنگلومرای باشتین	PIQm, PIQms	مرتفع	۱۴/۳۳	۰/۳۱	۰-۱				
۷-۲-۲	۲۶	رشته تپه‌های مارنی کرم‌رنگ تا صورتی با کنگلومرای	PIQm, PIQms	مرتفع	۱۲/۵۲	۰/۲۷	۰-۲				
۸-۲-۲	۲۷	سنگ‌آهک مارنی، ماسه‌ای، دولومیتی	K11-2	مرتفع	۲۲/۹۱	۰/۴۹	۵-۲۰				
۱-۱-۳	۲۸	آبرفت‌های رودخانه‌ای	Qal	مرتفع	۰/۹۶	۰/۰۲	۵-۱۰				
۲-۱-۳	۲۹	اینسلیبرگ فرسایشی	Elm, Etmm, Ecm, Eapm	مرتفع	۴۸/۱۰	۱/۰۳	۲-۴۰<				
۳	دشت‌سر	۱-۳	۳۰	مخروط افکنه‌های کم ارتفاع جوان	Qf2	مرتفع	۴۱/۶۶	۰/۸۹	۵-۱۰		
		۴-۱-۳	۳۱	مخروط افکنه‌های کم ارتفاع جوان دارین	Qf2	مرتفع	۵/۵۷	۰/۱۲	۵-۱۰		
		۵-۱-۳	۳۲	مخروط افکنه‌های مرتفع و کهن شمالی	Qf1	مرتفع	۳۳/۱۳	۰/۷۱	۵-۲۰		

ادامه جدول ۶. رخساره‌های ژئومورفولوژی (واحدهای کاری) منطقه مورد مطالعه

ردیف	واحد	کد	تیب	کد	شماره	رخساره	سنگشناسی	کاربری	شماره	مساحت (کیلومتر مربع)	درصد مساحت	شیب %
۳۳	۶-۱-۳				۳۳	مخروط افکنه‌های مرتفع و کهن	Qf1	مرتع	۴	۱۷/۰۹	۰/۳۷	۵-۲۰
۳۴	۱-۲-۳				۳۴	آبرفت‌های رودخانه‌ای شمال داورزن	Qal	مرتع	۴	۱۱/۰۷	۰/۲۴	۲-۵
۳۵	۲-۲-۳				۳۵	آبرفت‌های رودخانه‌ای جنوبی	Qal	مرتع	۳	۶/۳۹	۰/۱۴	۲-۵
۳۶	۳-۲-۳				۳۶	مخروط افکنه با فرسایش آبراهه‌ای	Qf2	مرتع	۴	۳۷۵/۴۳	۸/۰۳	۲-۵
۳۷	۴-۲-۳				۳۷	مخروط افکنه‌های گوداسیا با فرسایش آبراهه‌ای	Qf2	مرتع	۳	۱۳/۴۶	۰/۲۹	۲-۵
۳۸	۵-۲-۳				۳۸	مخروط افکنه‌های جوان مهر با اراضی کشت شده	Qf2	کشاورزی	۴	۵۸/۲۷	۱/۲۵	۲-۵
۳۹	۶-۲-۳				۳۹	مخروط افکنه‌های جوان دارین با اراضی کشت شده	Qf2	کشاورزی	۴	۵۲/۹۱	۱/۱۳	۲-۵
۴۰	۷-۲-۳				۴۰	مخروط افکنه‌های کم ارتفاع جوان ریوند	Qf2	مرتع	۳	۱۰۳/۴۷	۲/۲۱	۲-۵
۴۱	۸-۲-۳	۲-۳	میانی		۴۱	مخروط افکنه‌های کم ارتفاع جوان داورزن	Qf2	مرتع	۵	۱۲۸/۵۰	۲/۷۵	۲-۵
۴۲	۹-۲-۳				۴۲	مخروط افکنه‌های کم ارتفاع جوان پروند	Qf2	مرتع	۵	۴۵/۰۶	۰/۹۶	۲-۵
۴۳	۱۰-۲-۳				۴۳	مخروط افکنه‌های مرتفع کهن شمال داورزن	Qf1	مرتع	۹	۶۲/۷۸	۱/۳۴	۲-۵
۴۴	۱۱-۲-۳				۴۴	مخروط افکنه‌های مرتفع کهن جنوبی	Qf1	مرتع	۱۳	۹۶/۳۸	۲/۰۶	۲-۵
۴۵	۱۲-۲-۳				۴۵	سیلت و رس با اراضی کشت شده	Qfv2	کشاورزی	۱	۱/۸۹	۰/۰۴	۲-۵
۴۶	۱۳-۲-۳				۴۶	اراضی تراس بندی شده	Qf2	مرتع	۱	۲۸/۲۶	۰/۶۰	۲-۵
۴۷	۱-۳-۳				۴۷	آبرفت‌های رودخانه‌ای	Qal	مرتع	۱	۰/۴۹	۰/۰۱	۱-۲
۴۸	۲-۳-۳				۴۸	اینسلیبرگ پروند	K11-2	مرتع	۱	۲/۴۹	۰/۰۵	۵-۲۰
۴۹	۳-۳-۳				۴۹	مجموعه اینسلیبرگ مقبسه	da-ob	مرتع	۱	۲۲/۹۳	۰/۴۹	<۴۰-۵
۵۰	۴-۳-۳				۵۰	مخروط افکنه‌های کشت شده غرب سیزوار	Qf2	کشاورزی	۲	۱۹۰/۶۷	۴/۰۸	۰-۲
۵۱	۵-۳-۳	۳-۳	پایینی		۵۱	مخروط افکنه‌های کشت شده کال روداب	Qf2	کشاورزی	۱	۱۱۹/۵۵	۲/۵۶	۰-۲
۵۲	۶-۳-۳				۵۲	مخروط افکنه‌های کشت شده نامن	Qf2	کشاورزی	۵	۸۸/۳۲	۱/۸۹	۰-۲
۵۳	۷-۳-۳				۵۳	مخروط افکنه‌های کشت شده مریزان	Qf2	کشاورزی	۶	۲۵۲/۵۵	۵/۴۰	۰-۲
۵۴	۸-۳-۳				۵۴	اراضی شور و رسی با پوشش شورپسند نامن	Qf2	مرتع	۲	۹۲/۹۳	۱/۹۹	۰-۲
۵۵	۹-۳-۳				۵۵	اراضی شور و رسی با پوشش شورپسند مقبسه	Qf2	مرتع	۲	۶۰/۸۹	۱/۳۰	۰-۲
۵۶	۱۰-۳-۳				۵۶	دشت ریگی ریزدانه داورزن	Qf2	مرتع	۴	۴۳/۲۴	۰/۹۲	۰-۲
۵۷	۱۱-۳-۳				۵۷	دشت ریگی ریزدانه فیض‌آباد	Qf2	مرتع	۳	۸۸/۶۳	۱/۸۹	۰-۲
۵۸	۱۲-۳-۳				۵۸	مخروط افکنه‌های کم ارتفاع جوان روداب	Qf2	مرتع	۲	۲۷/۳۱	۰/۵۸	۰-۱
۵۹	۱۳-۳-۳				۵۹	مخروط افکنه‌های کم ارتفاع جوان کوه پروند	Qf2	مرتع	۳	۳۲/۹۵	۰/۷۰	۰-۱
۶۰	۱۴-۳-۳				۶۰	اراضی شور و رسی با پوشش شورپسند چوبین	Qef	کشاورزی	۱	۱۰/۵۹	۰/۲۳	۱-۵
۶۱	۱۵-۳-۳				۶۱	اراضی شور و رسی با پوشش شورپسند ملوند	Qef	مرتع	۳	۲۹/۶۷	۰/۶۳	۱-۲
۶۲	۱۶-۳-۳				۶۲	اراضی سیلت و رسی کشت شده	Qzc	مرتع	۲	۶/۹۹	۰/۱۵	۰-۲
۶۳	۱۷-۳-۳				۶۳	اراضی سیلت و رسی با پوشش شورپسند	Qzc	مرتع	۱	۲۸/۹۹	۰/۶۲	۰-۵
۶۴	۱۸-۳-۳				۶۴	اراضی سیلت و رسی روداب با پوشش کم	Qzc	مرتع	۱	۳۴/۳۸	۰/۷۴	۰-۱۰
۶۵	۱۹-۳-۳				۶۵	اراضی سیلت و رسی پروند با پوشش کم	Qzc	مرتع	۱	۹/۷۳	۰/۲۱	۰-۱
۶۶	۲۱-۳-۳				۶۶	اراضی رسی و شور با پوشش درختی	Qef	پوشش درختی		۳۰/۵۷	۰/۶۵	
۶۷	۱-۱-۴				۶۷	تپه‌های فعال با سیف، اشکال بارخانی و پیش بارخانی	Qsd1	مرتع	۱	۱۹/۱۹	۰/۴۱	۰-۱
۶۸	۲-۱-۴				۶۸	بارخان‌های ناقص تا طولی	Qsd1	مرتع	۱	۳/۰۶	۰/۰۷	۱-۲
۶۹	۳-۱-۴		تپه‌های		۶۹	تپه‌های ماسه‌ای کشیده (سیف)	Qsd1	مرتع	۱	۳/۰۱	۰/۰۶	۰-۱
۷۰	۴-۱-۴	۱-۴	ماسه‌ای		۷۰	تپه‌های سیلک	Qsd2	پوشش درختی	۲	۲۵۷/۴۹	۵/۵۰	۰-۵
۷۱	۵-۱-۴				۷۱	تپه‌های ماسه‌ای عرضی و تثبیت شده	Qsd	پوشش	۷	۳۶۲/۹۱	۷/۷۶	۰-۱۰

ادامه جدول ۶. رخساره‌های ژئومورفولوژی (واحدهای کاری) منطقه مورد مطالعه

پلا	واحد	کد	تیپ	کد	شماره	رخساره	سنگ‌شناسی	کاربری	مساحت (کیلومتر مربع)	درصد مساحت	شیب %
						تپه‌های ماسه‌ای عرضی و نیمه تثبیت شده با پوشش مرتعی	Qsd	پوشش درختی	۱۱۰/۷۶	۲/۳۷	۰-۱
						تپه‌های ماسه‌ای عرضی و تثبیت شده حارت آباد	Qsd	پوشش درختی	۴/۷۲	۰/۱۰	۱-۵
						تپه‌های ماسه‌ای عرضی و تثبیت شده با پوشش متراکم	Qsd	پوشش درختی	۱۱/۸۹	۰/۲۵	۰-۲
						تپه‌های ماسه‌ای موازی تثبیت شده با پوشش درختی	Qsd	پوشش درختی	۲۷/۲۰	۰/۵۸	۰-۱
						تپه‌های ماسه‌ای موازی تثبیت شده	Qsdl	مرغ	۵۴/۰۲	۱/۱۵	۱-۵
						پهنه‌های ماسه‌ای فعال	Qs	پوشش درختی	۸۴/۱۱	۱/۸۰	۱-۵
						آبرفت رودخانه‌ای صبری	Qal	مرغ	۷/۴۳	۰/۱۶	۰-۲
۲-۴	تلماسه‌های گیاهی					اراضی شور با نیکا و ریدو	Qef	پوشش درختی	۴۳/۲۵	۰/۹۲	۰-۱
						اراضی سیلابی با پوشش شورپسند	Qef	مرغ	۳۱/۱۴	۰/۶۷	۰-۱
						اراضی شور فسفر با سطح ایستایی بالا	Qef	مرغ	۴/۶۵	۰/۱۰	۰-۱
						اراضی سیلابی شمال آرگ با پوشش درختی	Qef	مرغ	۴/۵۷	۰/۱۰	۰-۱
						کال شور با پوشش درختی	Qal	پوشش درختی	۱۴/۴۴	۰/۳۱	۰-۱
۵	پلایا	۱-۵	جلگه رسی			اراضی سیلابی شمس آباد با پوشش درختی	Qef	پوشش درختی	۶/۰۷	۰/۱۳	۰-۱
						اراضی سیلابی با پوشش درخت چشام	Qal	پوشش درختی	۰/۶۶	۰/۰۱	۰-۱
						اراضی شور و مرطوب با سطوح نرم و پف کرده	Qef	فاقد کاربری	۷۸/۸۸	۱/۶۹	۰-۱
						دشت سیلابی کال شور	Qef	مرغ	۱۸۸/۷۰	۴/۰۳	۰-۱
						اراضی سیلابی مسطح و شور	Qef	فاقد کاربری	۲۵/۲۱	۰/۵۴	۰-۲
						اراضی مسطح و شور با پوشش شورپسند	Qef	مرغ	۲۴/۵۲	۰/۵۲	۰-۱
						اراضی مسطح و شور مزینان	Qes	فاقد کاربری	۲۸/۲۹	۰/۶۰	۰-۱
						مجموعه اینسلبرگ با پوشش شورپسند	ob-g-gd	مرغ	۹/۰۷	۰/۱۹	۰-۱
						کفه‌های رسی شور روداب	Qef	مرغ	۲۸۵/۵۵	۶/۱۰	۰-۱
						کفه‌های رسی شور مزینان	Qef	مرغ	۴۴/۲۱	۰/۹۵	۰-۱
						سطوح نمکی مزینان با پهنه‌های نرم و پف کرده	Qef	فاقد کاربری	۲۰/۱۵	۰/۴۳	۰-۱
						سطوح شور و پف کرده شمال آرگ	Qef	فاقد کاربری	۸/۹۵	۰/۱۹	۰-۱
						پهنه‌های رسی نمکی با رشته گندهای نمکی	Qef	فاقد کاربری	۳/۵۲	۰/۰۸	۰-۱
						جمع		۲۶۱	۴۶۷۷/۴۰	۱۰۰/۰۰	-

بحث و نتیجه‌گیری

واحدهای همگن زمین‌شناسی و توپوگرافی به دست می‌آید، در تفکیک واحدهای بزرگ کارایی دارد. اما در تفکیک رخساره‌های اراضی پست که بیشتر در واحد پلایا قرار دارد، ناتوان است؛ چراکه مواد مادری این دو واحد بزرگ اغلب کفه رسی است. در واحدهای مذکور، شیب و ارتفاع نیز تغییرات بسیار جزئی کرده و نمی‌تواند به‌تنهایی مبنای تفکیک چشم‌اندازهای ژئومورفولوژی قرار گیرد. البته در کوهستان و

منطقه سبزوار از تنوع ژئومورفولوژیکی قابل‌توجهی برخوردار است به‌طوری‌که واحدهای متنوعی را از کوهستان تا پلایا و آرگ و رسوب‌گذاری در برمی‌گیرد. تفکیک رخساره‌های ژئومورفولوژی در این پژوهش با استفاده از تلفیق روش روی هم گذاری لایه‌ها و تفسیر بصری صورت گرفت. روش روی هم گذاری لایه‌ها که بر اساس تفاوت فضایی

- داده‌های میدانی (مطالعه موردی: جنوب دشت ملایر). مجله سنجش‌ازدور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، (۲): ۸۷-۱۰۰.
۳. اوتق، م. و م. نهتانی. ۱۳۸۳. رابطه واحدهای ژئومورفولوژی و فرسایش و تولید رسوب در حوزه آبخیز کاشی دار (گرگانرود). مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، (۱): ۱-۱۲.
۴. خداجو، م. ع. و ح. احمدی. ۱۳۸۵. شناسایی رخساره‌های مناطق برداشت ارگ خارتوران. نشریه جنگل و مرتع، ۸۹: ۷۸-۷۴.
۵. رامشت، م. ح. ۱۳۹۳. نقشه‌های ژئومورفولوژی، نمادها و مجازها. چاپ اول، تهران. انتشارات سمت، ۲۰۰ صفحه.
۶. سیف، ع. و م. محمدی. ۱۳۸۹. تفکیک و شناسایی شکلی واحدهای پلایای گاوخونی به‌منظور تهیه نقشه‌های ژئومورفولوژی. مطالعات جغرافیایی مناطق خشک، (۱): ۱۷-۳۴.
۷. سیلاخوری، ا. و م. اوتق. ۱۳۹۱. مقایسه اثر مقیاس نقشه در تفکیک واحدهای کاری ژئومورفولوژی برای پهنه‌بندی خطر بیابان‌زایی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی: منطقه حارث‌آباد سبزوار). فصلنامه سنجش‌ازدور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، (۴): ۹۱-۱۰۳.
۸. عبداللهی، ا. ۱۳۸۸. بررسی تحول و تکامل تپه‌های ماسه‌ای بر اساس مطالعات مورفولوژی و مورفومتری (مطالعه موردی: ارگ خارتوران). پایان‌نامه کارشناسی ارشد در رشته مدیریت مناطق بیابانی، گروه احیاء مناطق خشک و کوهستانی دانشگاه تهران، ۱۴۲ صفحه.
۹. علوی‌پناه، س. ک. ح. احمدی، و چ. ب. کمکی. ۱۳۸۳. مطالعه رخساره‌های ژئومورفولوژی منطقه یاردانگ بیابان لوت را بر اساس تفسیر واحدهای فتومورفیک تصاویر ماهواره‌ای (TM). مجله منابع طبیعی ایران، (۱): ۵۷-۲۱: ۳۴-۲۱.
۱۰. غلامپور، م. م. خسروشاهی و ج. برخورداری. ۱۳۸۷. تعیین قلمرو مناطق بیابانی استان هرمزگان از جنبه ژئومورفولوژی. فصلنامه علمی- پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان ایران، (۴): ۴۸۵-۴۹۲.
۱۱. فریفته، ج. ۱۳۶۷. تحولات ژئومورفولوژی در جلگه دشتیاری بلوچستان، بیابان (پژوهش‌های علمی). مرکز تحقیقات مناطق
- دشت‌سر، این تفکیک تا حدودی قابل‌قبول است، که در این میان عدم تطابق مرزهای توپوگرافی و زمین‌شناسی نیز کاربر را دچار مشکل کرده و ناچار به تصحیحات نرم‌افزاری و مطالعات میدانی می‌نماید. تفسیر بصری با تصاویر ماهواره‌ای، این نقیصه را مرتفع کرده و با استفاده از سنجش‌ازدور و سیستم اطلاعات جغرافیایی توانسته واحدها، تپه‌ها و رخساره‌های ژئومورفولوژی را به‌خوبی تمیز داده و تبدیل به نقشه موضوعی کند. این نقشه می‌تواند مبنای برنامه‌ریزی‌های مدیریت منابع طبیعی و محیط‌زیست قرار گیرد.
- منطقه سبزوار ۵ واحد ژئومورفولوژی را در برمی‌گیرد که بزرگ‌ترین آن‌ها متعلق به واحد دشت‌سر و پس‌از آن ارگ و رسوب‌گذاری می‌باشد. و همچنین در بررسی جزئی‌تر در مقایسه توزیع فضایی تپه‌ها، تپه دشت‌سر پایینی، دشت‌سر میانی و تپه‌های ماسه‌ای بیشترین سطح را به خود اختصاص داده‌اند. با مقایسات آماری که در مساحت و درصد مساحت واحدهای ژئومورفولوژی و تپه‌های آن صورت گرفت، در سطح ۱ درصد تفاوت معنی‌داری مشاهده شد که نشان‌دهنده تفکیک فضایی مناسب بین واحدها و تپه‌های ژئومورفولوژی است که با نتایج اوتق و نهتانی (۳) و سیلاخوری و اوتق (۷) همخوانی دارد. سنجش‌ازدور و سیستم اطلاعات جغرافیایی ابزاری توانمند جهت تفکیک رخساره‌های ژئومورفولوژی محسوب می‌شود که با پژوهش سیف و محمدی (۶) همخوانی دارد. نقشه‌های ژئومورفولوژی جهت تهیه و اجرای طرح‌های مربوط به تعیین قابلیت اراضی، منابع طبیعی و مقابله با بیابان‌زایی حائز اهمیت است و با تهیه این نقشه‌ها می‌توان اقدام مؤثری برای شناخت مسائل مربوط به مدیریت محیط در قلمروهای ژئومرفیک صورت داد.

منابع مورد استفاده

۱. احمدی، ح. ۱۳۸۷. ژئومورفولوژی کاربردی (جلد ۲: بیابان- فرسایش بادی). انتشارات دانشگاه تهران، ۷۰۶ صفحه.
۲. اختری، د. و ا. اسدی می‌آبادی. ۱۳۹۵. تهیه نقشه شوری خاک با استفاده از تحلیل طیفی داده‌های سنجنده OLI و

- Ardakan area (Iran) based upon field observations, remote sensing and a GIS. Gent: University of Gent (phD thesis): 292 pp.
19. Alavi Panah SK, Komaki CB, Goorabi A, Matinfar H. 2007. Characterizing land cover types and surface condition of yardang region in Lut desert (Iran) based upon Landsat satellite images. *World Applied Sciences Journal*, 2(3): 212-228.
20. Alavipanah S. 2003. Study of Surface Temperature the Lut Desert Based upon Landsat Thermal Band and Field Measurement. *Biaban*, 7: 67-79.
21. Alavi Panah S. 2006. Thermal remote sensing and its application in the earth sciences. University of Tehran press, ISBN:964-903.
22. Alavipanah SK, Saradjian M, Savaghebi GR, Komaki CB, Moghimi E, Karimpur Reyhan M. 2010. Land surface temperature in the Yardang region of Lut Desert (Iran) based on field measurements and Landsat thermal data. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 9: 287-303.
23. Günlü A, Sivrikaya F, Baskent EZ, Keles S, Çakir G, Kadiogullari AI. 2008. Estimation of stand type parameters and land cover using Landsat-7 ETM⁺ image: A case study from Turkey. *Sensors*, 8(4): 2509-2525.
24. Mostafa ME, Bishta AZ. 2005. Significance of lineament patterns in rock unit classification and designation: a pilot study on the Gharib-Dara area, northern Eastern Desert, Egypt. *International Journal of Remote Sensing*, 26(7): 1463-1475.
25. Rouse Jr JW, Haas RH, Schell J, Deering D. 1973. Monitoring the vernal advancement and retrogradation (green wave effect) of natural vegetation. Greenbelt, MD, USA. 120 pp.
- کویری و بیابانی ایران، دانشگاه تهران، ۱۱۲ صفحه.
۱۲. قهرودی تالی، م، ح. لشگری و ز. س. حسینی. ۱۳۹۰. شناسایی پهنه‌های رسوبی ناشی از تحولات اقلیمی در پلایای مهارلو با به‌کارگیری تکنیک PCA و شاخص OIF. مجله مطالعات جغرافیایی مناطق خشک، ۱(۳): ۲۱-۳۶.
۱۳. کریم، ا. ۱۳۸۷. طبقه‌بندی زمین منظرهای ژئومورفولوژیکی بر اساس پارامترهای توپوگرافیکی در محیط GIS (مطالعه موردی: شمال غرب شهر شیراز). مجله جغرافیا و توسعه، ۷(پیاپی ۱۴): ۸۳-۱۰۰.
۱۴. مخدوم، م. ۱۳۸۵. شالوده آمایش سرزمین اراضی، انتشارات دانشگاه تهران. ۲۹۵ صفحه.
۱۵. مقدم، م. ر. ۱۳۷۷. مرتع و مرتع‌داری، انتشارات دانشگاه تهران، ۴۷۰ صفحه.
۱۶. نهتانی، م. ۱۳۷۶. بررسی رابطه ژئومورفولوژی با فرسایش در حوزه آبخیز کاشیدار، پایان‌نامه کارشناسی ارشد مدیریت مناطق بیابانی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ۱۷۱ صفحه.
۱۷. هادیان، ف، ح. بشری و ر. جعفری. ۱۳۹۱. بررسی تأثیر سطح نمونه‌برداری در میزان همبستگی تاج پوشش و شاخص گیاهی NDVI با استفاده از تصاویر سنجنده‌های TM و AWiFS در تیپ‌های مرتعی با وضعیت مختلف. مجله کاربرد سنجنش‌ازدور و GIS در علوم منابع طبیعی، ۳(۲): ۸۵-۹۷.
18. Alavi Panah S. 1997. Study of soil salinity in the



Identification and differentiating of geomorphology facies of Sabzevar region using Remote sensing and GIS

E. Silakhori^{1*}, M. Ownegh²

1. PhD Student of Combating Desertification, College of Range Land and Watershed Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources
2. Prof. College of Range Land and Watershed Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

ARTICLE INFO

Article history:

Received 15 September 2017

Accepted 27 January 2018

Available online 22 May 2018

Keywords:

Geomorphological faces

Protomorph units

Remote sensing (RS)

Geographic Information System (GIS)

Sabzevar region

ABSTRACT

Geomorphological landscapes are the foundations of natural resources investigations of the watersheds. Because these landscapes are affected by many factors such as climate, soil, hydrology, ecology, geology and so on. In this survey, Sabzevar region with diverse geomorphological processes from mountain to plain is selected in order to be identified and classified using RS and GIS. For this purpose, a combination of both overlaying and photomorph units visual interpretation methods was used. In the overlaying method, slope, elevation and geological maps were prepared and classified. In visual interpretation, the TM 5 sensor satellite images were used. After preprocessing of images, the PCA, OIF index, FCC, HS, NDVI index techniques were used to separate photomorph units with the aid of the Google Earth. Finally, 4 units, 10 types, and 96 facies (in 261 replications) were separated. Statistical analysis using Chi-square test showed that there was a significant difference at the 99% level among the area of desertification units, types, and facies confirming suitable spatial separation of the area. Pediment unit (50.97%), lower pediment type (25.97%) and alluvial fan facies with tunnel erosion (375.43 ha) had the highest spatial distribution in Sabzevar region. Finally, it can be concluded that the overlaying method is not suitable for deserts and using a combination of visual interpretation method can fix this defect and increase the accuracy of the output map. The mentioned map can be used for development and implementation of land capability, natural resources and combating desertification projects.

* Corresponding author e-mail address: esmaeil.silakhori@gmail.com