

## تعیین عامل کاربری با استفاده از شاخص‌های سنجش از دور با استفاده از مدل EPM در حوضه سراب سد تاریک رودبار گیلان

**علی محمدی ترکشوند<sup>۱</sup>**

دانشیار دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد رشت، ایران

**رضا بیات**

عضو هیأت علمی پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، ایران

**نصراله مؤلایی هاشجین**

استاد گروه جغرافیا، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد رشت، ایران

**سمیه جعفری**

پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۴/۹

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۸/۳۰

### چکیده

یکی از معضلات مهم مدیریت آبخیزها در کشور فقدان اطلاعات و آمار می‌باشد. با توجه به نبود ایستگاه‌های رسوب‌سنجی در اکثر خروجی‌های حوزه‌های آبخیز کشور و عدم کفایت داده‌ها، مدل‌های تجربی می‌توانند از ابزارهای مناسب برای تولید این لایه اطلاعاتی مهم باشند. از مدل‌های تجربی مورد استفاده مدل EPM است، لذا استفاده از این مدل در برآورد فرسایش و رسوبدهی حوزه‌های آبخیز بدون آمار، با هزینه‌ها و مشکلات زیادی در تأمین اطلاعات روبرو است. در مدل EPM، عامل کاربری جزو عواملی وجود دارد که امکان تهیه آنها از طریق سنجش از دور وجود دارد و می‌توان آنها را با دقت و صحت خوب و با هزینه کمتر محاسبه کرد. حوضه سراب سد تاریک در غرب شهر رودبار، به عنوان حوزه مطالعاتی در نظر گرفته شد. مساحت حوضه ۶۱۰۲/۱ هکتار و با میانگین ارتفاع ۱۱۲۹۶ متر (حداقل ۱۷۷ متر و حداکثر ۲۳۹۲ متر) است. مدل رقومی ارتفاع (DEM) راداری حاصل از ماهواره SRTM تهیه و از آن نقشه‌های مورد نیاز و اطلاعات پایه تهیه گردید. نقشه کاربری حوضه بر اساس تفسیر چشمی تصاویر Google Earth سال و بازدید صحرایی تهیه شد. سپس عامل کاربری مدل EPM بر اساس روش مرسوم (بازدید صحرایی و جدول مربوطه) و میانگین نظر حداقل ۳ کارشناس باتجربه برای هر واحد کاربری تعیین گردید. تعدادی از شاخص‌های سنجش از دور مرتبط با کاربری مثل NDVI، SAVI، PVI و MSAV روی تصویر ماهواره‌ای ETM<sup>+</sup> مربوط به سال ۲۰۱۱ استخراج شدند. به کمک نرم افزار، میانگین شاخص‌های سنجش از دوری مذکور برای هر واحد کاربری، استخراج و محاسبه شد و با استفاده از رگرسیون خطی، رابطه بین عامل کاربری مدل و شاخص‌های سنجش از دور بررسی، تعیین و تحلیل گردیدند. در مرحله بعد سایر عوامل مدل بر اساس روش مرسوم تعیین و برآورد فرسایش حوضه انجام شد. برآورد مجدد فرسایش حوضه با

استفاده از همه عوامل قبل و با استفاده از شاخص مناسب‌تر حاصل از تصویر ماهواره‌ای تکرار شد. بهترین رابطه بین شاخص پوشش گیاهی VI و عامل کاربری مدل بدست آمد که ضریب تبیین، ۰/۷۹۳ داشت.

**واژگان کلیدی:** فرسایش، کاربری، سنجش از دور، EPM.

## مقدمه

امروزه استفاده از تکنیک پردازش تصاویر ماهواره‌ای این امکان را فراهم آورده که با دید از بالا ضمن بررسی ارتباط مناطق مختلف زمین با یکدیگر، بهتر به توان به شناسایی و تفسیر پدیده‌های مختلف سطح زمین مبادرت ورزید. بیشتر پژوهش‌های انجام شده به کمک تصاویر ماهواره‌ای در زمینه فرسایش خاک در قالب طرح‌های نقشه‌برداری خاک انجام شده است. رمبولد و همکاران (۲۰۰۰) تغییرات پوشش زمین را در یک دوره ۲۲ ساله در منطقه لیکس<sup>۱</sup> در جنوب اتیوپی با تفسیر عکس‌های هوایی (۱۹۷۲) و طبقه بندی تصاویر لندست TM (۱۹۹۴) بررسی کردند. آنالیزهای انجام شده نشان داد که سطح زیر کشت افزایش یافته و در اراضی تازه کشت شده، فرسایش بیشتری رخ داده است.

به منظور بررسی تغییرات پوشش گیاهی بر میزان فرسایش خاک، اسا (۲۰۰۴) از سنجش از دور و GIS استفاده کرد. در این راستا، برآورد فرسایش خاک با استفاده از معادله جهانی فرسایش خاک اصلاح شده (RUSLE) در محیط GIS به انجام رسیده است. نقشه‌های پوشش اراضی را از تصاویر رقومی لندست MSS (۱۹۷۲) و لندست TM (۱۹۹۲) به دست آورد و تغییرات پوشش گیاهی را در طول ۲۰ سال گذشته آن محاسبه نمود. نتایج پژوهش، افزایش از دست رفتن خاک در منطقه از ۱۹۷۲ تا ۱۹۹۲ در نتیجه تغییرات پوشش اراضی را نشان داد. طی مطالعه‌ای در شمال شرقی یونان، گاتسیس و همکاران (۲۰۰۱) به این نتیجه رسیدند که استفاده از داده‌های SAR (ERS-2) و داده‌های نوری (SPOT2-XS) در مشخص کردن مناطق مستعد فرسایش فواید بسیار زیادی دارد.

با استفاده از یک طبقه‌بندی نظارت نشده، سوپرت و همکاران (۱۹۷۹) نقشه پوشش زمین را تهیه کردند و آن را در تعیین محدوده‌های شدیداً فرسایش‌یافته در اراضی کشت شده در آمریکا، بسیار مفید ارزیابی کردند. تلاش‌های زیادی برای ساده کردن فرآیند تهیه اتوماتیک نقشه پوشش زمین انجام شده است که می‌توان به استفاده از شاخص پوشش گیاهی نرمال شده (NDVI) اشاره کرد. در این شاخص، منحنی‌های تابش پوشش گیاهی منحصر به فرد است. از این شاخص علاوه بر تشخیص پوشش گیاهی، می‌توان به تشخیص آتش سوزی جنگل‌ها، استخراج پوشش ابر و شناسایی مناطق تحت تأثیر انفجار آتشفشان اشاره نمود. شاخص NDSI با استفاده از داده‌های باندهای ۲ و ۵ سنجنده TM به دست آمده است. این شاخص در تشخیص برف از خاک روش، پوشش گیاهی، رخنمون و ابر بسیار مؤثر است. شاخص NDBI که کسر تفاسل دو باند ۴ و ۵ از هم به جمع این دو باند است، در تهیه نقشه مناطق مسکونی بسیار مؤثر است (ژا و گائو، ۲۰۰۳؛ چن و همکاران، ۲۰۰۶).

<sup>1</sup> Lakes

داس و همکاران (۲۰۰۹) اقدام به تهیه نقشه مناطقی با کاهش قابلیت تولید مرکبات در منطقه Meghalaya هندوستان به کمک تصاویر ماهواره‌ای IRS کردند. نقشه مناطقی که قابلیت تولید مرکبات کاهش یافته است به کمک اطلاعات فرسایش خاک، شرایط پوشش گیاهی و تنش رطوبت تهیه شد. طبقه بندی تصویر enhanced حاصل از SBI، NDVI و NDWI به روش حداکثر احتمال برای تشخیص مناطقی که کشت مرکبات کاهش یافته است، انجام شد. نتایج مطالعه آنها تشخیص ۲۹ دهکده با تنش رطوبتی حاصل از خاک‌های سنگین در شیب‌های تند بود که به دلیل عدم تعادل عناصر غذایی، کاهش تولید مرکبات را در پی داشته است. اوناو و همکاران (۲۰۰۴) با استفاده از طبقه‌بندی نظارت شده داده‌های ماهواره‌ای لندست TM به روش حداکثر احتمال، نسبت به طبقه‌بندی اراضی قابل کشت و تفکیک باغ‌های پسته و مرکبات از دیگر پوشش‌های گیاهی در استان Gaziantep ترکیه اقدام کرد. راموس و همکاران (۲۰۰۷) با استفاده از GPS، GIS و DEM نسبت به اندازه‌گیری و تشخیص حرکت خاک در باغ‌های زیتون در شیب‌های مختلف اقدام نمودند. موسچن و همکاران (۲۰۰۱) نیز با طبقه‌بندی نظارت شده تصاویر ادغام شده لندست TM5 با IRS-1C و PAN و رادار ERS 2 به روش حداکثر احتمال اقدام به جداسازی مناطق کشاورزی از اراضی غیر کشاورزی کردند که علاوه بر این تفکیک، به کمک شاخص AIF (Adaptive Image Fusion) اقدام به جداسازی مزارع گندم، ذرت و مرتع نمودند.

اوتر و همکاران (۲۰۰۱) از داده‌های لندست TM در زمان‌های مختلف یک سال برای طبقه‌بندی پوشش‌های مختلف سطحی از جمله جنگل، آب، مناطق شهری و محصولات مختلف زراعی و باغی در حوزه رودخانه ویلمات در اورگن غربی استفاده کرد. طبقه‌بندی تصویر رنگی منجر به تفکیک حوزه به ۲۰ کلاس مختلف پوشش سطحی شد که از نظر صحت طبقه‌بندی فقط ۲۶ درصد خطا وجود داشت. فلتچر (۲۰۰۵) از تصاویر ماهواره‌ای QuickBird با قدرت تفکیک بالا در تشخیص مرکبات مبتلا به کپک سیاه (*Capnodium citri*) در منطقه تگزاس آمریکا استفاده نمود و آن را یک روش مناسب تشخیص داد.

آمار و اطلاعات رسوبدهی بدست آمده از ایستگاه‌های رسوب‌سنجی نصب شده در رودخانه‌ها عمدتاً مربوط به حوضه‌های آبخیز بزرگ هستند و نتایج بدست آمده از آن‌ها به راحتی قابل تعمیم به حوضه‌های کوچک نیست. از طرف دیگر از میزان تطابق روش‌های تجربی برآورد فرسایش و رسوبدهی با شرایط حوضه‌های آبخیز کشور اطلاع کافی در دست نیست. همه این‌ها باعث بی‌اعتمادی به آمار و ارقام فرسایش و رسوب برآورد شده در این حوضه‌ها می‌شود. این ناآگاهی از میزان رسوبدهی حوضه‌های آبخیز کوچک، مشکلات بسیاری را در برنامه‌ریزی امور برای کارشناسان و برنامه‌ریزان مسائل آبخیزداری بوجود آورده است. از طرف دیگر استفاده از مدل EPM برای برآورد فرسایش و رسوبدهی حوضه‌های آبخیز بدون آمار با هزینه‌ها و مشکلات زیادی در تأمین اطلاعات روبرو است. عامل کاربری جزو عواملی هست که امکان تهیه آنها از طریق سنجش از دور وجود دارد و می‌توان آنها را با دقت و صحت خوب و با هزینه کمتر محاسبه کرد، تاکنون در مواردی از پژوهش‌ها این عوامل با روش‌ها و شاخص‌های مختلفی از طریق سنجش از دور تعیین شده‌اند

که هیچ کدام پایه پژوهشی مستند و اثبات شده‌ای نداشته‌اند. لذا هدف از این پژوهش تعیین بهترین شاخص و روش استفاده از آن است.

یکی از معضله‌های مهم مدیریت آبخیزها در کشور فقدان اطلاعات و آمار می‌باشد. فرسایش خاک و تولید رسوب باعث هدر رفت خاک، کاهش حاصلخیزی و به طور کلی کاهش کیفی آب و خاک می‌شود. برای کاهش آثار سوء این پدیده لازم است که با اطلاع از میزان فرسایش خاک و تولید رسوب، اقدامات حفاظت خاک و آبخیزداری صورت گیرد. با توجه به نبود ایستگاه‌های رسوب‌سنجی در اکثر خروجی‌های حوزه‌های آبخیز کشور و عدم کفایت داده‌ها، مدل‌های تجربی می‌توانند از ابزارهای مناسب برای تولید این لایه اطلاعاتی مهم باشند. از مدل‌های تجربی مورد استفاده مدل EPM می‌باشد. تأمین اطلاعات مدل، وقت گیر و هزینه بر است و معمولاً در مناطق صعب‌العبور کوهستانی و جنگلی بسیار مشکل می‌باشد. این پژوهش بر آن است تا به منظور تعیین عامل کاربری در مدل EPM، امکان و نحوه استفاده از شاخص‌های سنجش از دور برای تعیین عامل کاربری در مدل EPM را بررسی نماید.

## داده‌ها و روش‌ها

### موقعیت حوضه

پس از بررسی‌های اولیه و با توجه به اهمیت حوضه سراب سد تاریک در خصوص تأثیر بر شهر رودبار و امکان انتقال مستقیم رسوب تولیدی به سد تاریک به لحاظ فاصله کم و اتصال مستقیم با سفید رود، این منطقه جهت مطالعه انتخاب شد. حوضه سراب سد تاریک در غرب شهر رودبار، یک حوزه آبخیز مستقل است که خروجی آن در شهر رودبار به سفید رود می‌پیوندد. روستاهای بیلاقی دوگاه، لاکه و تکلیم در آن واقع شده‌اند. در شکل ۱ که از تصویر ماهواره‌ای Google Earth تهیه شده است، موقعیت منطقه نسبت به شهر رودبار مشاهده می‌شود.

با استفاده از ابزار جانبی Watershed Delineation در نرم افزار ARC/GIS نسخه ۹/۳ و استفاده از مدل رقومی ارتفاع<sup>۱</sup>، مرز دقیق حوضه ترسیم و زیر حوضه‌های آن (شکل ۲) تفکیک شد. محدوده منطقه دارای حداقل طول و عرض جغرافیایی به ترتیب ۳۴۷۵۴۰ و ۴۰۷۵۷۸۷ متر و حداکثر طول و عرض به ترتیب ۳۵۹۸۹۶ و ۴۰۸۶۶۴۶ متر در زون ۳۹ سیستم مختصات UTM<sup>۲</sup> است. بدین ترتیب مساحت حوضه ۶۱۰۲/۱ هکتار و با میانگین ارتفاع ۱۱۲۹۶ متر (حداقل ۱۷۷ متر و حداکثر متر ۲۳۹۲) تعیین شد. شکل حوضه مستطیلی و حداکثر طول آن ۱۵/۵ کیلومتر است.

1. Digital Elevation Model (DEM)

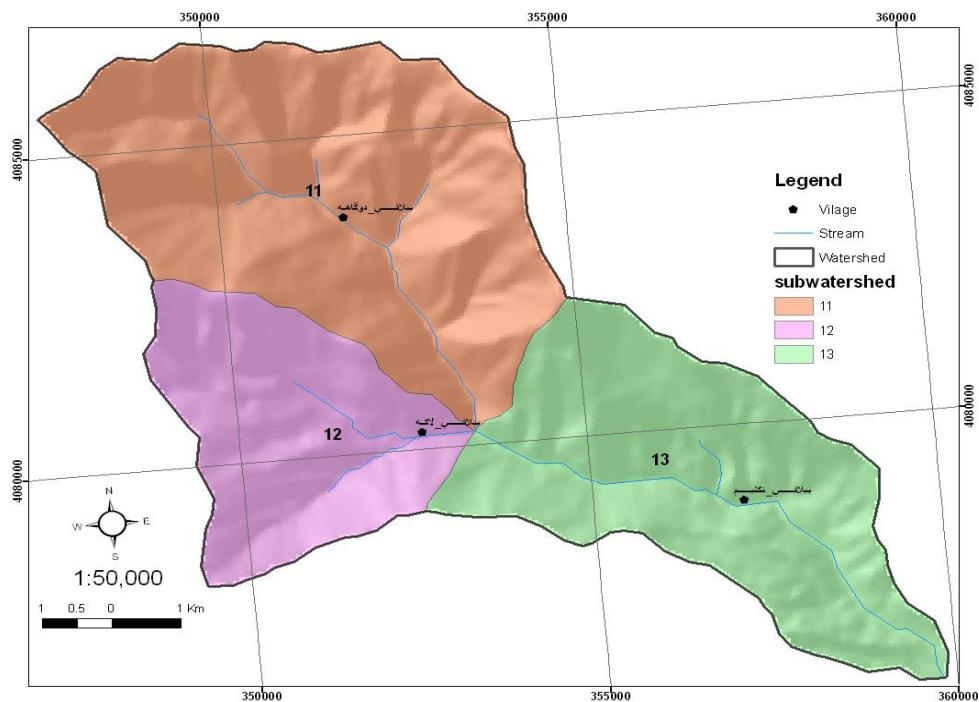
2. Universal Transfer Mercator



شکل ۱: موقعیت حوضه در تصویر Google Earth

### مشخصات حوضه

با استفاده از امکانات نرم افزاری و مدل رقومی ارتفاع، نقشه‌های طبقات ارتفاع، شیب و جهت آن در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) تهیه شد. مساحت طبقات ارتفاعی و شیب و درصد آن‌ها در جدول ۱ ارایه شده است. طبقات ارتفاعی ۱۵۰۰-۱۰۰۰ و ۲۰۰۰-۱۵۰۰ هر کدام با ۳۵ درصد بیشترین سطح را در حوضه دارند. شیب‌های بالای ۴۰ درصد با ۶۵ درصد بیشترین سهم را در حوضه دارند.



شکل ۲: زیرحوضه‌های حوضه سراب سد تاریک- رودبار

جدول ۱: مساحت طبقات ارتفاعی و شیب حوضه

ردیف	طبقات ارتفاعی	مساحت (درصد)	نوع شیب	طبقات شیب	مساحت (درصد)
۱	<۵۰۰	۶/۹۶	خیلی کم	<۵	-
۲	۵۰۰-۱۰۰۰	۱۹/۵۶	کم	۵-۱۰	۰/۵۷
۳	۱۰۰۰-۱۵۰۰	۳۵/۰۶	متوسط	۱۰-۲۰	۳/۴۱
۴	۱۵۰۰-۲۰۰۰	۳۴/۲۵	شدید	۲۰-۴۰	۳۱/۰۰
۵	>۲۰۰۰	۴/۱۷	خیلی شدید	> ۴۰	۶۵/۰۲

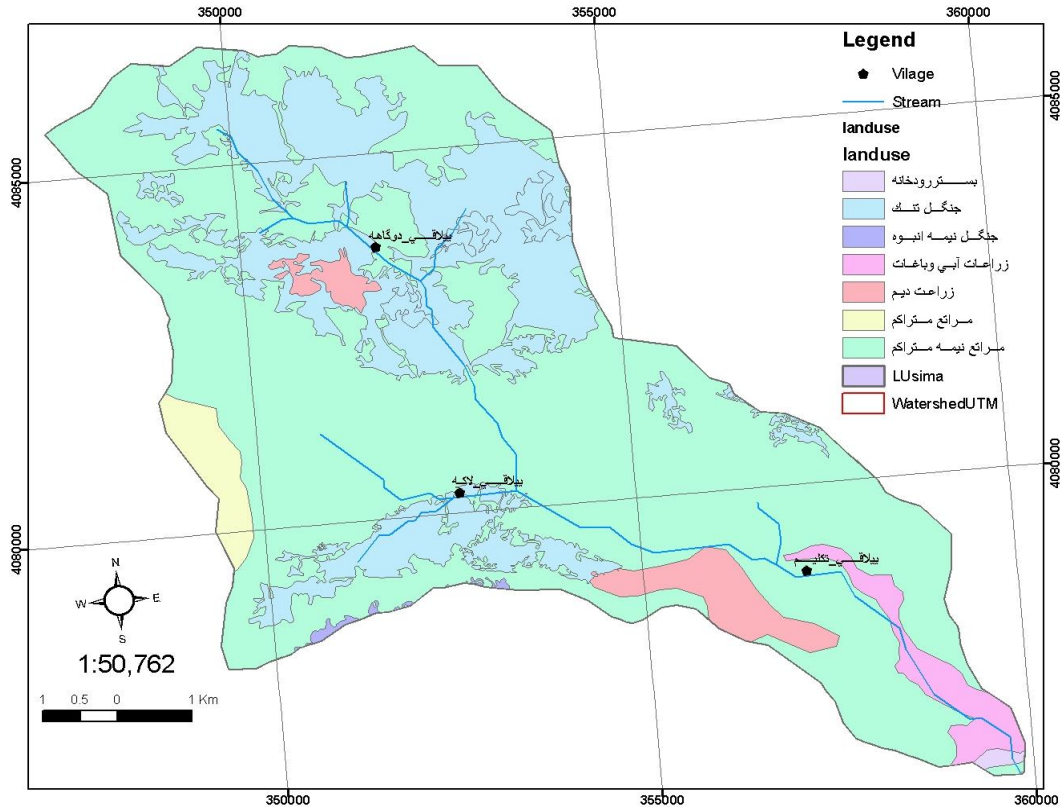
کاربری‌های عمده حوضه شامل مرتع متوسط (نیمه متراکم)، جنگل تنک، کشاورزی دیم و آبی به شرح جدول ۲ است که اخیراً در بخش‌هایی جنگل‌کاری انجام شده است. در شکل ۳ توزیع کاربری‌های مختلف در سطح حوضه نمایش داده شده است. از نظر زمین شناسی، واحدهای TRjs K12lm و pz2mt2 واحدهای سنگ شناسی عمده منطقه را شامل می‌شوند که در جدول ۳ مساحت و نحوه گسترش آنها در شکل ۴ به نمایش گذاشته شده است.

جدول ۲: نوع و مساحت کاربری‌های حوضه

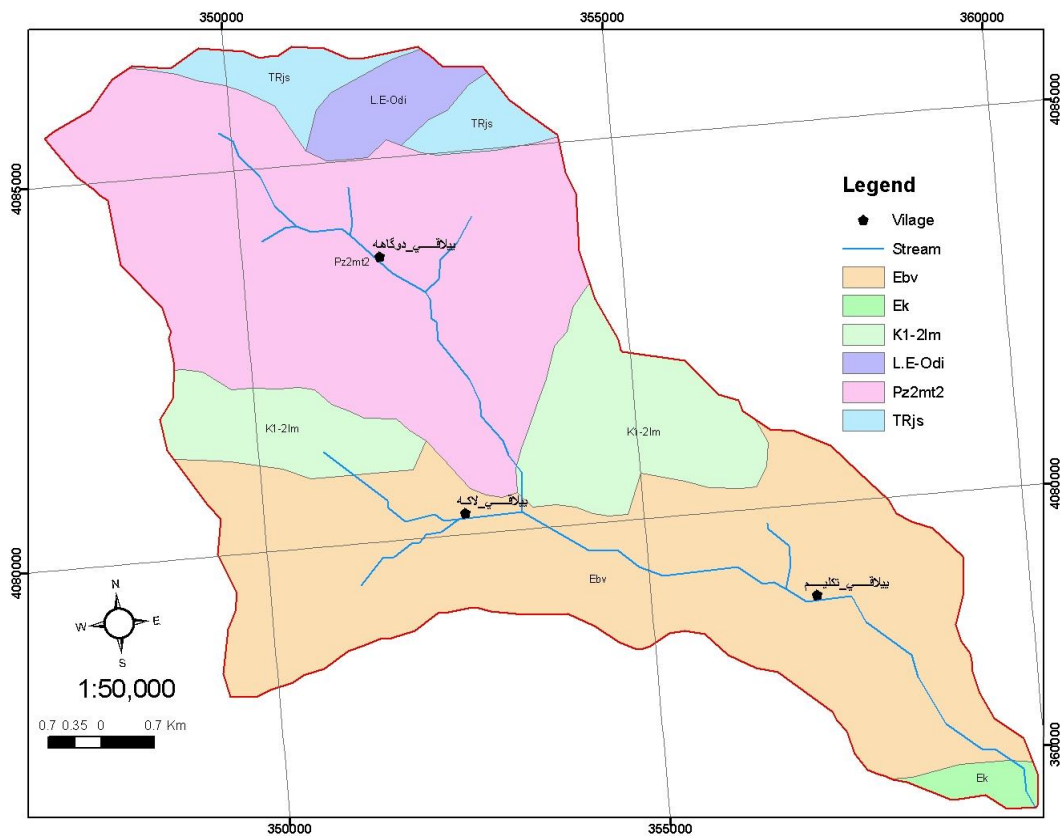
ردیف	کاربری	مساحت (هکتار)	مساحت (درصد)
۱	بسترودخانه	۱۲/۷	۰/۲۱
۲	جنگل تنک	۱۴۹۱/۸	۲۴/۴۵
۳	جنگل نیمه انبوه	۱۳/۲	۰/۲۲
۴	زراعت آبی و باغات	۱۵۸/۳	۲/۵۹
۵	زراعت دیم	۲۱۴/۹	۳/۵۲
۶	مراتع متراکم	۱۲۴/۸	۲/۰۵
۷	مراتع نیمه متراکم	۴۰۸۶/۴	۶۶/۹۷

جدول ۳: مساحت واحدهای سنگ شناسی حوضه

ردیف	کد واحد	حساسیت	نام واحد	مساحت (درصد)
۱	Ebv	II	بازالت	۴۰/۱۶
۲	L.E-Odi	III	دیوریت	۳/۰۳
۳	Ek	V	توف	۱/۲۱
۴	Pz2mt2	V	سنگ‌های متامورفیک	۳۶/۹۶
۵	TRjs	VI	شیل و ماسه سنگ	۴/۳۷
۶	K1-2lm	VII	مارن	۱۴/۲۷



شکل ۳: کاربری های حوزه



شکل ۴: واحدهای زمین شناسی حوزه

## روش پژوهش

پس از انتخاب منطقه، ضمن بررسی منابع علمی و پژوهش‌های مرتبط، به جمع آوری اطلاعات و داده‌های موجود از حوضه پرداخته شد. مدل رقومی ارتفاع (DEM) راداری حاصل از ماهواره SRTM<sup>۱</sup> تهیه و از آن نقشه‌های مورد نیاز و اطلاعات پایه که در بخش مشخصات منطقه تشریح شد، تهیه گردید. نقشه کاربری حوضه بر اساس تفسیر چشمی تصاویر داده‌های ماهواره‌ای لندست<sup>+</sup> ETM<sup>+</sup> مربوط به ۶ آوریل سال ۲۰۱۱ مسیر ۱۶۶ و ردیف ۳۴ استفاده و بازدید صحرائی تهیه شد. سپس عامل کاربری مدل EPM بر اساس روش مرسوم (بازدید صحرائی و جدول مربوطه) و میانگین نظر حداقل ۳ کارشناس با تجربه برای هر واحد کاربری تعیین شد.

این تصاویر در سطح سیستمی مورد تصحیحات اولیه هندسی و رادیومتری قرار گرفته است، اما در بسیاری از موارد مشاهده شده که خطاها و ناهنجاری‌های هندسی و رادیومتری موجود در داده‌های خام ماهواره‌ای به طور کامل در تصحیحات سیستمی برطرف نمی‌شوند و حتی ضمن انجام این تصحیحات خطاهای جدید در تصویر ایجاد می‌گردد. بنابراین تصاویر مذکور قبل از انجام هر نوع پردازش، مجدداً به لحاظ هندسی و رادیومتری در هر یک از باندهای انعکاسی (۵- و ۷) مورد بازبینی قرار گرفتند. لیست شاخص‌های پوشش گیاهی به کار گرفته شده در این تحقیق در جدول ۴ نشان داده شده است.

جدول ۴: شاخص‌های پوشش گیاهی حاصل از تصاویر ماهواره‌ای

ردیف	شاخص پوشش گیاهی	تعریف	فرمول	دامنه تغییرات
۱	RVI	Ratio Vegetation Index	b4/b3	بین ۰ و بی نهایت
۲	NRVI	Normalized Ratio Vegetation Index	(RVI-1)/(RVI+1)	۱- تا ۱
۳	PVI	Perpendicular Vegetation Index	2.4(b4-b3)	نامحدود
۴	NDVI	Normalized Difference Vegetation Index	(b4-b3)/(b4+b3)	۱- تا ۱
۵	GVI	Green Vegetation Index	-0.29(b2)- 0.56(b3)+0.6(b4)+0.49(b4)	
۶	TVI	Transformed Vegetation Index	(NDVI+0.5) <sup>1/2</sup>	
۷	CTVI	Corrected Transformed Vegetation Index	(NDVI+0.5)	
۸	SAVI	Soil Adjusted Vegetation Index	[(b - b3) / (b4+ b3+ L)] * (L+1)	۱- تا ۱
۹	EVI	Enhanced Vegetation Index	G×(NIR-RED)/(NIR+c1×RED-c2×BLUE+L) G=2.5 L=1 C2=7.5 C1=6	
۱۰	VI	Vegetation Index	B5/b	بین ۰ و بی نهایت



به کمک نرم افزار ARC GIS 9.3 میانگین شاخص های سنجش از دوری مذکور برای هر واحد کاربری استخراج و محاسبه و با استفاده از رگرسیون خطی، رابطه بین عامل کاربری مدل و شاخص های سنجش از دور بررسی، تعیین و تحلیل شد. در مرحله بعد، سایر عوامل مدل بر اساس مدل، تعیین و برآورد فرسایش حوضه انجام شد. برآورد مجدد فرسایش حوضه با استفاده از همه عوامل قبل و با استفاده از شاخص مناسب تر حاصل از تصویر ماهواره ای تکرار شد. نتایج بدست آمده در نهایت، بررسی، مقایسه و تحلیل شد.

### تعیین و برآورد فرسایش حوضه

با توجه به امکان تأمین داده های مورد نیاز مدل EPM، این مدل به عنوان ابزاری برای برآورد میزان فرسایش حوضه استفاده می شود. مدل EPM، مدل تجربی است که در برخی مناطق کشور برای مطالعات آبخیزداری مورد استفاده قرار می گیرد و با استفاده از شش ویژگی از مشخصات منطقه شامل وضعیت فرسایش، وضعیت سنگ و خاک، کاربری، شیب، بارندگی و دما، میزان فرسایش را برآورد می نماید. شکل کلی مدل و توضیحات آن به اختصار همراه با روابط آن نشان داده می شود. در این مدل ابتدا لایه های لازم برای تعیین ضریب فرسایش تهیه و براساس رابطه (۱) مقدار آن محاسبه شود.

$$Z = Y \cdot Xa (\Psi + I^{0.5}) \quad (1)$$

برای تهیه نقشه عامل شیب (I) بر اساس رابطه آن در مدل و استفاده از نقشه شیب تهیه شده از مدل رقومی ارتفاع (DEM) حاصل از ماهواره راداری SRTM<sup>۱</sup> اقدام شد. لایه کاربری اراضی به عنوان مبنا مورد توجه قرار گرفت و با امتیازدهی آن نقشه ضریب استفاده از زمین (Xa) تهیه شد. نقشه حساسیت خاک و سنگ ها به فرسایش (Y) از ضریب حساسیت سازندهای موجود در نقشه حساسیت سازندها آماده شد. برای تهیه نقشه ضریب فرسایش مشاهده ای (Ψ) پس از تهیه نقشه اشکال فرسایش، ضریب مربوطه تعیین شد.

با استفاده از نقشه های شیب، ضریب استفاده از زمین، حساسیت خاک و سنگ ها به فرسایش و نقشه ضریب فرسایش و رابطه موجود در مدل، نقشه ضریب فرسایش (Z) تهیه شد. به منظور برآورد فرسایش ویژه (Wsp)، ابتدا ضریب دما (T) بر حسب رابطه (۲) از متوسط درجه حرارت سالانه (t) تعیین و سپس بر حسب رابطه (۳) محاسبه می شود که در آن (H) میانگین سالانه بارندگی است.

$$T = \left(\frac{t}{10} + 0.1\right)^{0.5} \quad (2)$$

$$Wsp = T.H./I.Z^{1.5} \quad (3)$$

سپس با استفاده از رابطه (۲)، نقشه فرسایش ویژه بر حسب  $m^3 km^{-2} yr^{-1}$  تهیه، میانگین شدت فرسایش ویژه در کاربری‌ها، زیرحوضه‌ها و کل حوضه برآورد و اولویت‌بندی زیرحوضه‌ها بر اساس شدت فرسایش انجام گرفت. مقادیر رسوب‌دهی ویژه سالانه ( $G_{sp}$ ) بر حسب رابطه (۴) و با استفاده از مقادیر SDR حاصل از رابطه (۵) که در آن  $A$ ، مساحت حوزه آبخیز به مایل مربع است، محاسبه شد.

$$G_{sp} = W_{sp} * SDR \quad (۴)$$

$$\text{LogSDR} = 1.8768 - 0.14191 * \log(10A) \quad (۵)$$

### بحث و نتیجه گیری

نتیجه اجرای مدل نشان داد که حداقل، میانگین و حداکثر فرسایش در حوضه به ترتیب ۹۷، ۷۱۱ و ۲۴۱۳ متر مکعب بر کیلومتر مربع در سال است. با این شدت فرسایش، حوضه در شرایط متوسط رو به زیاد از نظر فرسایش است و عدم رعایت تناسب اراضی و ادامه تخریب طبیعت می‌تواند آن را به مرحله فرسایش زیاد و بحرانی نزدیک کند. با توجه به شیب بالا، کوچک بودن حوضه و فرض حدود ۳۰ درصد برای ضریب تحویل رسوب، می‌توان انتظار داشت که شدت رسوب‌دهی حوضه حدود ۲۱۳ متر مکعب بر کیلومتر مربع در سال باشد که نتیجتاً در سال بیش از ۱۳۰۰۰ متر مکعب در سال رسوب از آن خارج و وارد سفید رود می‌شود که اثر مستقیم آن بر سد تاریک و شبکه آبیاری زیر مجموعه آن می‌باشد. جدول ۵ مقادیر ضریب استفاده از زمین در کاربری‌های مختلف حوضه را نشان می‌دهد. طبق نتایج بیشترین ضریب مربوط به کاربری زراعت دیم است که فقدان پوشش گیاهی در سطح زمین منجر به افزایش مقدار ضریب استفاده از زمین شده است.

جدول ۵: مقادیر ضریب استفاده از زمین در کاربری‌های مختلف حوضه

ردیف	نوع کاربری	مساحت (هکتار)	درصد از مساحت کل	مقدار ضریب استفاده از زمین
۱	باغ	۴/۵	۰/۰۷	۰/۳۰
۲	جنگل تنک	۱۹۰۸/۶	۳۱/۳	۰/۴۲
۳	باغ و زراعت آبی	۹۲/۶	۱/۵	۰/۳۸
۴	زراعت دیم	۲۰۶/۵	۳/۴	۰/۵۱
۵	مراعات متراکم	۱۲۴/۸	۱/۲	۰/۴۵
۶	مراعات نیمه متراکم	۳۷۱۶/۰	۶/۹	۰/۴۹
۷	منطقه مسکونی	۴۲/۶	۰/۷	۰/۱۰

جدول ۶ میانگین شاخص‌های سنجش از دور در کاربری‌های مختلف حوضه را نشان می‌دهد. طبق نتایج، در شاخص  $CTVI$ ، بیشترین مقدار شاخص مربوط به جنگل تنک و کمترین ضریب مربوط به مناطق مسکونی است. میانگین شاخص در همه کاربری‌ها، ۰/۷۹ بود. همانند شاخص  $CTVI$ ، در همه شاخص‌های بررسی شده، بیشترین و کمترین شاخص در کاربری‌های جنگل تنک و مسکونی دیده شد.

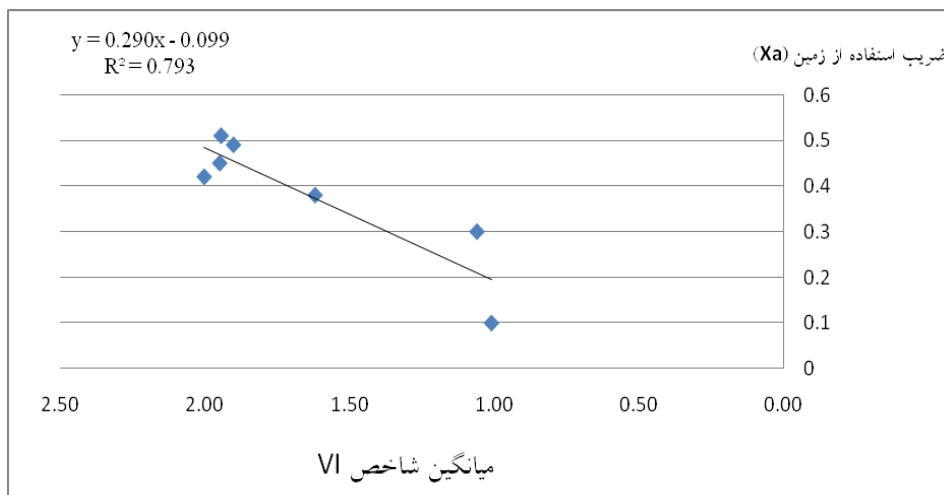
جدول ۶: میانگین شاخص‌های سنجش از دور در کاربری‌های مختلف حوضه

کاربری	باغ	جنگل تنک	باغ و زراعت آبی	زراعت دیم	مراعت متراکم	مراعت نیمه متراکم	منطقه مسکونی	میانگین شاخص
میانگین شاخص CTVI	۰/۷۶	۰/۸۹	۰/۸۷	۰/۷۶	۰/۷۷	۰/۷۴	۰/۶۳	۰/۷۹
میانگین شاخص GVI	۴۷/۱	۶۴/۵	۶۱/۶	۴۹/۳	۵۳/۱	۴۸/۷	۳۴/۱	۵۳/۸
میانگین شاخص NDVI	۰/۲۶	۰/۳۹	۰/۳۷	۰/۲۶	۰/۲۷	۰/۲۴	۰/۱۳	۰/۲۹
میانگین شاخص NRVI	۰/۰۷	۰/۲۶	۰/۲۳	۰/۱۰	۰/۰۸	۰/۰۶	۰	۰/۱۲
میانگین شاخص PVI	۷۷/۲	۱۲۰/۷	۱۱۴/۶	۷۹/۳	۸۷/۸	۷۶/۱	۴۰/۵	۹۰/۶
میانگین شاخص RVI	۱/۲۲	۱/۸۷	۱/۷۵	۱/۳۳	۱/۲۴	۱/۱۸	۱/۰۰	۱/۴۱
میانگین شاخص TVI	۰/۸۷	۰/۹۴	۰/۹۳	۰/۸۷	۰/۸۸	۰/۸۶	۰/۷۹	۰/۸۸
میانگین شاخص VI	۱/۰۶	۲/۰۰	۱/۶۲	۱/۹۵	۱/۹۵	۱/۹۰	۱/۰۱	۱/۹۲

بررسی‌ها نشان داد که رابطه آماری مناسبی بین شاخص‌ها و عامل کاربری مدل EPM پیدا نشد. جدول ۷ روابط و میزان ضریب تبیین در بین شاخص‌ها و عامل کاربری مدل EPM را نشان می‌دهد. رفیعی و همکاران (۱۳۸۲) در تعیین درصد تاج پوشش با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای برای کالیبراسیون مدل MPSIAC در برآورد فرسایش حوزه آبریز رودخانه بختیاری، مشاهده کردند که ارتباط مناسبی بین تاج پوشش و فرسایش وجود ندارد. آنها نتیجه گرفتند که زمان تصویر برداری بسیار مهم است، زیرا با تغییر فصول درصد تاج پوشش نیز تغییر می‌کند. به نظر می‌رسد در پژوهش حاضر نیز نیاز به تجدید نظر در نقشه کاربری و اصلاح آن با تصویر گوگل می‌باشد. تنها می‌توان رابطه مناسب‌تر بین شاخص پوشش گیاهی VI و عامل کاربری مدل اشاره کرد که در شکل ۵ ارائه شده است. یمانی و همکاران (۱۳۸۷) نیز با هدف بررسی ویژگی‌های مورفولوژی و مقایسه تغییرات پوشش گیاهی کویر سیاهکو از داده‌های سنجنده‌های TM و ETM<sup>+</sup> به تاریخ‌های ۱۳۶۹ و ۱۳۷۹ استفاده کرده‌اند. در پژوهش آنها از شاخص‌های NDVI، SAVI، PVI، NRVI و RVI برای برآورد تغییرات پوشش گیاهی منطقه بهره گرفته شد و در نهایت شاخص NDVI به عنوان بهترین اندکس نمایانگر تغییر پوشش گیاهی در منطقه معرفی شد.

جدول ۷: روابط و میزان ضریب تبیین بین شاخص‌ها و عامل کاربری مدل EPM

شاخص	رابطه	ضریب تبیین (R <sup>2</sup> )
میانگین شاخص CTVI	$y = 0.8826x - 0.3037$	$R^2 = 0.2851$
میانگین شاخص GVI	$y = 0.0086x - 0.0629$	$R^2 = 0.3773$
میانگین شاخص NDVI	$y = 0.8826x + 0.1376$	$R^2 = 0.2851$
میانگین شاخص NRVI	$y = 0.5625x + 0.3142$	$R^2 = 0.1439$
میانگین شاخص PVI	$y = 0.003x + 0.1216$	$R^2 = 0.3257$
میانگین شاخص RVI	$y = 0.1643x + 0.1536$	$R^2 = 0.1358$
میانگین شاخص TVI	$y = 1.5766x - 1.0029$	$R^2 = 0.2979$
میانگین شاخص VI	$y = 0.2909x - 0.099$	$R^2 = 0.7939$



شکل ۵: رابطه بین شاخص پوشش گیاهی VI و عامل کاربری مدل (بهترین ضریب تبیین)

## منابع

- ۱- رفیعی، ر.، کمانی، ن.، خدا بخش، س. و بزرگزاده، ع. (۱۳۸۹): توسط MPSIAC اجرا و کالیبراسیون مدل تجربی شرایط فیزیکی حاکم بر حوضه، مطالعه موردی: حوضه آبریز رودخانه بختیاری، استان لرستان. فصل‌نامه زمین شناسی ایران، ۴ (۱۴): ۶۳-۷۱.
- ۲- یمانی، م. مزیدی، ا. (۱۳۸۷): بررسی تغییرات سطح و پوشش گیاهی کویر سیاهکو با استفاده از داده‌های سنجش از دور، پژوهش‌های جغرافیا، ۶۴، صص. ۱۲-۱.
- 3- Chen, X.L., Zhao, H.M., Li, P.X., Yin, Z.Y. (2006): Remote Sensing Image-Based Analysis of The Relationship Between Urban Heat Island and Land Use/Cover Changes. *Rem. Sens. Environ.* 104: 133-146.
- 4- Das, P. T., Tajo, L. and Goswami, J. (2009): Assessment of Citrus Crop Condition in Umling Block of Ri-Bhoi District Using RS and GIS Technique. *Journal of The Indian Society of Remote Sensing*, 37 (2): 317-324.
- 5- Essa, S. (2004): GIS Modeling of Land Degradation in Northern Jordan Using Landsat Imagery. <http://www.isprs.org/istanbul2004/comm4/papers/401.pdf>.
- 6- Fletcher, R.S. (2005): Evaluating High Spatial Resolution Imagery for Detecting Citrus Orchards Affected by Sooty Mould. *International Journal of Remote Sensing*, 26 (3), pp. 495-502.
- 7- Gatsis, I., Pavlopoulos, A. and Parcharidis, I. (2001): Geomorphological Observation and Related Natural Hazards Using Merged Remotely Sensed Data: a Case Study in The Corintos Area (NE Peloponnese, S. Greece), *Geografiska Annaler: Series A., Physical Geography*. 83 (4): 217-228.
- 8- Koleja, J., N. Y. Manakos and A. Konstadinis. (1997): Getting Standardized Spectral Information About Eroded Soil by Integration of GIS and Remotely Sensed Data. Google Site.

- 9- Muschen, B., Flugel, W.A., Hochschild, V., Steinnocher, K. and Quiel, F. (2001): Spectral and Spatial Classification Methods in The ARSGISIPproject. *Phys. Chem. Earth.* 26 (7-8): 613-616.
- 10- Oetter, D. R., Cohen, W.B., Berterretche, M., Maiersperger, T.K., Kennedy, R.E. (2001): Land Cover Mapping in an Agricultural Setting Using Multiseasonal Thematic Mapper Data. *Remote Sensing of Environment.* 76 (2): 139-155.
- 11- Ramos, M. I., Gil, A.J., Feito, F.R. and Garcia-Ferrer, A. (2007): Using GPS and GIS tools to Monitor Olive Tree Movements. *Computer Elect. Agr.*, 57: 135-148.
- 12- Rembold, F., Carnicelli, S., Nori, M. and Gioranni, A. F. (2000): Use of Aerial Photographs, Landsat TM Imagery and Multidisciplinary Field Survey for Land-Cover Change Analysis in The Lakes Region (Ethiopia). *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation.* 2 (3-4): 181-189.
- 13- Seubert, C. E., Baumgardner, M.F., weismiller, R.A. and Krischner, F.R. (1979): Mapping and Estimating Areal Extent of Severely Eroded Soils of Selected Sites in Northern Indiana, *Proc. Symp. Machine Processing of Remotely Sensed Data:* 234-238.
- 14- Unal, E., Mermer, A. and Mete Dogan, H. (2004): Determining Major Orchard (Pistachio, Olive, Vineyard) Areas in Gaziantep Province Using Remote Sensing Techniques. *The International Archives of The Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences.* Vol. 34, Part XXX.
- 15- Zha, Y. J., Gao, S.N. (2003): Use of Normalized Difference Built-Up Index in Automatically Mapping Urban Areas From TM Imagery. *Int. J. Rem. Sens.* 24: 583-594.

