

اولویت‌بندی مناطق حساس به فرسایش خاک با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای (مطالعه موردی: بخشی از شهرستان بهمئی در استان کهگیلویه و بویراحمد)

محسن آرمن*: استادیار، گروه مهندسی منابع طبیعی- آبخیزداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه یاسوج، یاسوج

فاطمه اسکندری جهمانی: دانش‌آموخته کارشناسی ارشد جنگلداری، گروه مهندسی منابع طبیعی، جنگلداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی،

دانشگاه یاسوج، یاسوج

سهراب الوانی نژاد: استادیار، گروه مهندسی منابع طبیعی- جنگلداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه یاسوج، یاسوج

محمدرضا میرزایی: استادیار، گروه مهندسی منابع طبیعی- آبخیزداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه یاسوج، یاسوج

نوع مقاله: پژوهشی

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۵/۱۵

تاریخچه مقاله (تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۱/۰۶)

چکیده

تاکنون اقدامات و فعالیت‌های گوناگونی برای کاهش و جلوگیری از اثرات مستقیم و غیرمستقیم فرسایش خاک صورت گرفته است اما به دلیل منابع مالی و انسانی محدود غالباً نمی‌توان این فعالیت‌ها را در کل یک منطقه حساس به فرسایش اجرا کرد؛ بنابراین شناسایی مناطقی که نیازمند توجه ویژه برای اجرای اقدامات حفاظت خاک هستند، ضروری به نظر می‌رسد. این تحقیق با هدف ارزیابی خطر فرسایش خاک و توزیع مکانی آن با استفاده از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر فرسایش خاک و شناسایی و اولویت‌بندی مناطق حساس، به منظور انجام طرح‌های حفاظتی کوتاه‌مدت و بلندمدت در پهنه جنوبی شهرستان بهمئی غالباً متشکل از سازندهای فرسایش‌پذیر گروه فارس واقع در جنوب غربی استان کهگیلویه بویراحمد صورت گرفته است و برای تحقق این هدف، تصاویر سنجنده‌های ETM+ و OLI ماهواره لندست در سال‌های ۲۰۰۳ و ۲۰۱۷ به کار گرفته شد. خطر فرسایش خاک بر اساس یک مدل‌سازی کیفی و عکس‌العمل بین شیب زمین، پوشش گیاهی و کاربری اراضی ارزیابی و با توجه به استاندارد تخصصی SL 190-2007، در شش کلاس خیلی کم، کم، متوسط، شدید، خیلی شدید و فوق‌العاده شدید طبقه‌بندی و رتبه‌بندی شد. در تحلیل جداگانه پارامترهای مورد بررسی، نتایج نشان داد که حدود ۸۰ درصد منطقه مورد مطالعه دارای شیبی کمتر از ۳۰ درصد بوده که از این نظر منطقه باید فرسایش خاک کمی داشته باشد. مطالعه وضعیت پوشش گیاهی در دوره زمانی مورد بررسی نشان داد که در سال ۲۰۰۳، حدود ۸ درصد از منطقه، دارای پوشش گیاهی بیشتر از ۶۰ درصد است، در صورتی که در سال ۲۰۱۷ این میزان پوشش گیاهی فقط حدود ۰/۲ درصد از منطقه را به خود اختصاص داده است. این کاهش پوشش گیاهی به مرور زمان می‌تواند منجر به افزایش خطر فرسایش خاک شود. در بررسی تغییرات کاربری اراضی نیز مشخص شد که کاربری کشاورزی و مسکونی به میزان ۳۷ درصد افزایش پیدا کرده است به نظر می‌رسد، تغییرات کاربری می‌تواند منجر به افزایش فرسایش خاک در منطقه گردد. نتایج تحلیل اثر متقابل پارامترهای مورد مطالعه در تهیه نقشه خطر فرسایش در منطقه حاکی از این است که میزان پهنه‌های خطر فرسایش متوسط تا فوق‌العاده شدید در بازه زمانی تعیین شده، حدود ۲۰ درصد افزایش پیدا کرده است. در مطالعات فرسایش خاک، از طریق تجزیه و تحلیل اثر متقابل عوامل اثرگذار به صورت کیفی می‌توان خطر فرسایش را تعیین و احتمال نسبی وقوع فرسایش در یک محل در مقایسه با سایر محلات را تخمین زد. نتایج این تحقیق می‌تواند مبنایی برای اولویت‌بندی اجرای فعالیت‌های حفاظت خاک و تخصیص اعتبارات و مدیریت سرزمین توسط سازمان‌های دولتی در پهنه جنوبی شهرستان بهمئی باشد.

واژگان کلیدی: برنامه‌ریزی؛ تخریب زمین؛ حفاظت خاک؛ کاربری اراضی.

۱- مقدمه

فرسایش خاک* مهم‌ترین مسئله تخریب زمین در سراسر دنیا است (Eswaran et al., 2001; Deng et al., 2009) که می‌تواند اثرات زیست محیطی شدید و خسارت‌های اقتصادی زیادی بر تولیدات کشاورزی، زیرساخت‌ها و کیفیت آب ایجاد کند (Wilkinson and McElroy, 2007)، افزایش زمین‌لغزش‌ها و سیلاب‌های واریزه‌ای (Yu et al., 2012)، افزایش بستر پایاب رودخانه‌ها (Wang et al., 2009; Tsunekawa et al., 2014) می‌شود این مساله می‌تواند موجب تهدید امنیت غذایی و سلامت و کیفیت زندگی جوامع انسانی در مقیاس جهانی گردد (Crosson, 1997; Lomborg, 2001). برای کاهش اثرات زیان‌بار فرسایش خاک، شناخت عوامل مؤثر در فرایند فرسایش در حوضه آبخیز ضرورت کامل دارد (Kazemi and Nohehar, 2011). به منظور حفاظت از محیط زیست و کاهش اثرات منفی فرسایش، لازم است که عملیات حفاظت آب و خاک در سطح حوضه‌های آبخیز صورت گیرد (Zhang et al., 2010). این امر ضرورت تصمیم‌گیری در مورد بخش‌هایی از حوضه آبخیز که نیازمند مداخله فوری هستند را نشان می‌دهد، مناطقی که لازم است به طور مستقیم در دسترس منابع انسانی و مالی باشند (Alvarez-Guerra et al., 2009). بر اساس مطالعات موجود، روش‌های زیادی برای ارزیابی خطر فرسایش خاک تشریح شده است (Nekhay et al., 2009; Jiu et al., 2019; Arabameri et al., 2018). روش‌های ارزیابی مورد استفاده برای تهیه نقشه خطر فرسایش معمولاً به دو گروه روش‌های کمی و کیفی تقسیم می‌شوند. روش‌های کمی (مدل‌های فرسایش خاک) بر اساس مدل‌سازی پیشرفته، برای مشخص کردن خطر فرسایش خاک، مقدار تلفات خاک را نشان می‌دهند (Mandal and Sharda, 2013; Wang et al., 2017; Ochoa-Cueva et al., 2015; Didone et al., 2017; Haregeweyn et al., 2017; Pi and Sharratt, 2017). این روش‌ها معمولاً برای برآورد نوع مشخصی از فرسایش خاک مانند مدل فرسایش بادی (IWEMS) و مدل فرسایش آبی (RUSLE)، از محاسبات پیچیده و داده‌های خیلی زیاد استفاده می‌کنند (Du et al., 2016). با این حال، انواع مختلف فرسایش معمولاً به طور همزمان در یک منطقه اتفاق می‌افتد و بنابراین یک روش کمی به سختی برای ارزیابی جامع فرسایش خاک مناسب است (Nekhay et al., 2009; Zhao et al., 2018; Huang et al., 2016). علاوه بر این، نیاز به داده‌های خیلی زیاد در محاسبات، ممکن است کاربرد این روش در مناطق با داده‌های کمتر را محدود کند (Prasuhn et al., 2013; Vrieling et al., 2006). یکی از مهمترین مشکلات مدل‌های برآورد فرسایش و رسوب، کمبود داده و اطلاعات مورد نیاز است (Kamali et al., 2012). به منظور رفع این مشکل، روش‌های کیفی برای ارزیابی خطر فرسایش خاک و شناسایی مناطق اولویت‌دار با خطر فرسایش بالاتر ارائه شده است. این روش‌ها به داده‌های کمی نیاز دارند و می‌توانند به طور همزمان فاکتورهای کلیدی و فرایندهای مختلف انواع فرسایش خاک را شناسایی کنند (Van Rompaey and Govers, 2002; Nigel and Rughooputh, 2010). ارزیابی خطر فرسایش خاک، به منظور اولویت بندی مناطق برای اجرای برنامه های حفاظت آب و خاک ضرورت دارد براین اساس توسعه‌ی روش‌های مؤثر، برای ارزیابی خطر فرسایش خاک از اهمیت زیادی برخوردار است. مطالعات صحرائی در مقیاس کوچک می‌تواند در برنامه‌ریزی اقدامات کنترل فرسایش برای حوضه‌های کوچک مؤثر باشد. با این حال، برای توسعه طرح‌ها و تعیین اولویت‌ها به منظور برنامه ریزی مؤثر برای حفاظت و کنترل فرسایش خاک در سطح حوضه‌های آبخیز، لازم است الگوی توزیع مکانی و دینامیک تغییرات فرسایش در مقیاس حوضه، شناسایی شود. رویکرد اصلی در مدیریت پایدار رسوب، کاهش مقدار فرسایش است، اما به منظور توانایی کنترل مؤثر فرسایش، برخورداری از اطلاعات در خصوص توزیع مکانی و زمانی آن ضرورت دارد (Uddin et al., 2016). انجام فعالیت‌های حفاظت خاک در ایران سابقه‌ی زیادی دارد، در بسیاری از این پروژه‌ها، به جای اولویت‌بندی حوضه‌ها بر اساس نیازهای حفاظتی، منابع مالی بر اساس اندازه حوضه آبخیز اختصاص یافته است که نتیجه آن، هدررفت منابع انسانی و مالی زیاد است. در همین راستا، مطالعات نشان می‌دهد به‌منظور حفاظت از خاک و جلوگیری از فرسایش، اقدامات زیادی در قالب پروژه‌هایی که محدوده‌ی خاصی را به‌عنوان مناطق کنترل فرسایش در نظر گرفته، انجام شده است. نتایج حاصل از این مطالعات نشان می‌دهد که بدون اولویت‌بندی حوضه آبخیز، منابع مالی بسیاری به هدر خواهد رفت و از این‌رو برای جلوگیری از هدر رفتن منابع مالی، اولویت‌بندی مناطق لازم است (Zhang et al., 2002; Fan et al., 2008). برای کاهش و جلوگیری

¹ Soil erosion

از اثرات مستقیم و غیرمستقیم فرسایش خاک اقدامات گوناگونی انجام می‌شود اما به دلیل منابع مالی کم نمی‌توان این فعالیت‌ها را در کل یک منطقه اجرا کرد؛ بنابراین شناسایی مناطق حساس تر و آسیب‌پذیر از اهمیت زیادی برخوردار است. نکته ای که در برنامه‌ریزی مدیریت منابع طبیعی باید مورد توجه قرارگیرد، اولویت‌بندی حفاظت مناطق تحت خطر فرسایش خاک است، این مهم، به تصمیم‌گیرندگان اجازه می‌دهد راهبردهای مدیریتی که در درازمدت آثار پایدارتری در منطقه دارند را به اجرا درآورند. مطالعات متعددی در خصوص تعیین مناطق حساس به فرسایش که در اولویت حفاظت هستند، وجود دارد از جمله (Rahman et al., 2009; Zhang et al., 2010; Shrimali et al., 2001; Nigel and Rughooputh, 2010).

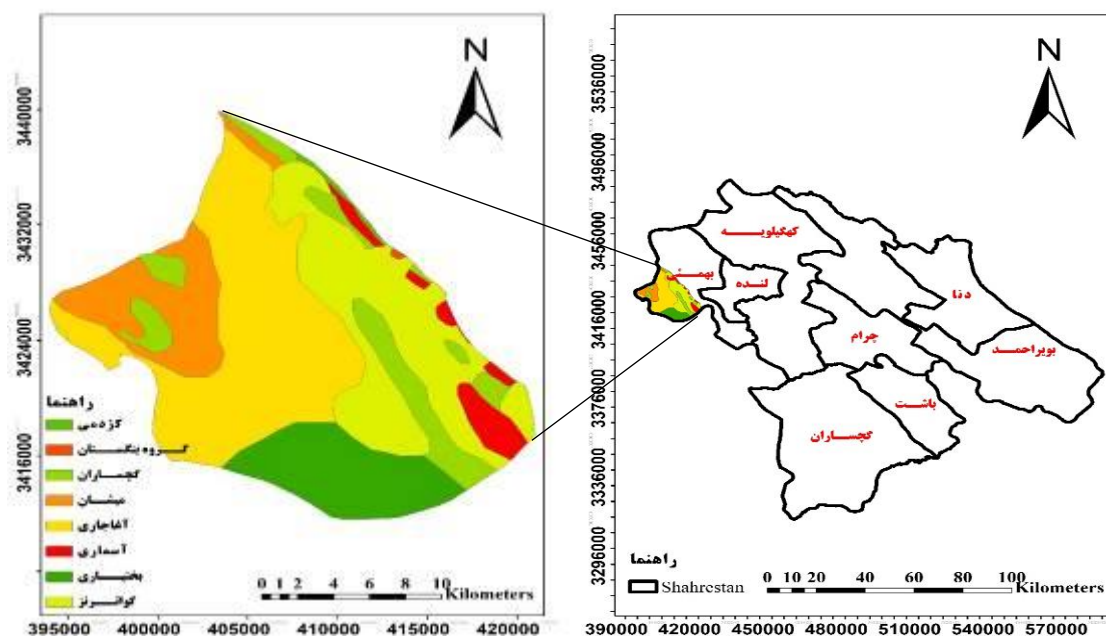
Zhang و همکاران (۲۰۱۰) با استفاده از سه شاخص پوشش گیاهی، کاربری اراضی و درجه شیب، براساس به اولویت حفاظتی مناطق حوضه آبخیز را رتبه‌بندی کردند. Vulevic و همکاران (۲۰۱۵) با استفاده از پارامترهای کاربری اراضی، ویژگی‌های خاک و شیب متوسط حوضه آبریز از طریق روش‌های تجزیه و تحلیل تصمیم‌گیری چند معیاره AHP و TOPSIS مناطق حساس به فرسایش خاک را در حوضه آبریز رودخانه Topciderska در شمال صربستان اولویت‌بندی کردند. نتایج، نشانگر یک همبستگی قوی بین اولویت‌بندی بر مبنای روش‌های AHP و TOPSIS بود. براین اساس حساس‌ترین زیرحوضه‌ها، دارای زمین‌های زراعی با شیب بسیار تند هستند در نتیجه این اراضی در اولویت حفاظت قراردارند. Uddin و همکاران (۲۰۱۶) به منظور توسعه یک نقشه اولویت‌بندی حفاظتی در حوضه آبریز Koshi و شناسایی تغییرات آن بین سال‌های ۱۹۹۰ و ۲۰۱۰، با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) و سنجش از دور (RS) توزیع مکانی فرسایش خاک را برآورد کردند. این پژوهشگران، معادله جهانی فرسایش خاک تجدید نظر شده (RUSLE) در محیط ArcGIS با عوامل فرسایش‌پذیری باران، فرسایش‌پذیری خاک، طول و مقدار شیب، مدیریت پوشش و عملیات حفاظتی به عنوان پارامترهای اولیه مورد استفاده قرار داده و به این نتایج دست یافتند که برآورد فرسایش خاک سالانه حوضه آبخیز حدود ۴۰ میلیون تن (۴۰ میلیون تن در سال ۱۹۹۰ و ۴۲ میلیون تن در سال ۲۰۱۰) است. علاوه براین خطر فرسایش در ۸ کلاس از خیلی کم تا فوق العاده زیاد گروه‌بندی شد و برای نشان دادن الگوی مکانی خطر فرسایش خاک حوضه در سال‌های ۱۹۹۰ و ۲۰۱۰ نقشه‌بندی صورت گرفت. نزدیک به ۸۷ درصد از حوضه مورد مطالعه کلاس خطر فرسایش خاک بین سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۰ بدون تغییر باقی ماند اما بیش از ۹ درصد از حوضه افزایش و بیش از ۳/۸ درصد آن کاهش داشته است این نتایج بیانگر بدتر شدن وضعیت است. مناطق با خطر فرسایش زیاد و رو به افزایش به عنوان مناطق در اولویت برای حفاظت شناخته شدند. Zhang و همکاران (۲۰۲۰) بر اساس تجزیه و تحلیل تصمیم‌گیری چند معیاره با استفاده از انتگرال دسته‌ای (Choquet Integral) و شش شاخص ارزیابی شامل درجه شیب، بارندگی، NDVI، کاربری اراضی، بافت خاک و جهت شیب، به منظور برنامه‌ریزی حفاظت آب و خاک، مناطق اولویت‌دار را در حوضه آبریز رودخانه Xinshui در چین شناسایی کردند. نتایج نشان داد که، در برنامه‌ریزی و مدیریت پروژه‌های حفاظت آب و خاک، اراضی کشاورزی پرشیب و گراسلندها باید مورد توجه ویژه قرارگیرند. متدولوژی مورد استفاده در تحقیق حاضر، می‌تواند تصمیم‌گیرندگان را در برنامه‌ریزی و اجرای اقدامات حفاظت آب و خاک در مناطق با انواع فرسایش‌های مختلف پشتیبانی کند.

Kamangar و همکاران (۲۰۱۵) مناطق در معرض خطر فرسایش در حوضه آبخیز سیخوران را با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی، سنجش از دور و معادله جهانی فرسایش خاک تجدیدنظر شده شناسایی کردند. تطبیق نتایج حاصله با ایستگاه‌های رسوب‌سنجی، مؤثر بودن استفاده از RS و GIS را برای تخمین کمی مقدار فرسایش نشان داد. Mousavi nejad و همکاران (۲۰۱۸) با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای SPOT5 و تهیه نقشه تراکم پوشش گیاهی و شاخص نرمال شده اختلاف پوشش گیاهی (NDVI) در محیط GIS، وضعیت فرسایش خاک را در حوضه آبخیز چهل‌چای شهرستان مینودشت در استان گلستان بررسی کردند. براساس مطالعات انجام شده در پژوهش پیش‌رو، تأثیر معنی‌دار پوشش گیاهی بر کاهش فرسایش و در نتیجه حفاظت خاک دیده می‌شود. حدود ۶۰ درصد پهنه جنوبی شهرستان بهمئی از سازندهای حساس به فرسایش گچساران، میشان و آغاچاری متشکل از رس، مارن و گچ بوده که به لحاظ پوشش گیاهی، در وضعیت بسیار ضعیفی قرار دارد، با این حال تدوین استراتژی‌های مدیریت فرسایش خاک در این منطقه به دلیل کمبود اطلاعات بسیار محدود است. بررسی پیشرفته تحقیق نشان داد که تقریباً هیچ اندازه‌گیری میدانی به‌صورت کمی در خصوص فرسایش خاک با استفاده از پروتکل‌های استاندارد در این

منطقه صورت نگرفته است. علاوه بر این مطالعه‌ای که روند مکانی فرسایش و رابطه آن با عوامل مؤثر در شهرستان بهمئی را مورد بررسی قرار دهد صورت نگرفته است. و اطلاعاتی در خصوص الگوهای فرسایش و دینامیک آن وجود ندارد. در پژوهش حاضر، با استفاده از یک روش کیفی نسبتاً ساده از طریق تجزیه و تحلیل اثر متقابل سه شاخص شیب، پوشش گیاهی و کاربری اراضی به منظور پر کردن خلاء اطلاعاتی موجود برای نقشه‌بندی و اولویت‌بندی اراضی پهنه جنوبی منطقه بهمئی بر اساس حساسیت‌شان نسبت به فرسایش خاک انجام شده است که این کار در راستای برنامه‌ریزی اختصاص منابع مالی محدود سازمان‌های متولی برای حفاظت آب و خاک این اراضی صورت گرفته است.

۲- منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه بخشی از استان کهگیلویه و بویراحمد و در پهنه جنوبی شهرستان بهمئی با مساحت حدود ۴۰۳۰۶ هکتار و ارتفاع متوسط ۶۲۳ متر از سطح دریا در فاصله ۴۰ کیلومتری شهرستان بهبهان قرار دارد (شکل ۱). متوسط بارندگی در پهنه جنوبی منطقه بهمئی حدود ۴۰۰ میلی‌متر است. بر اساس نقشه‌های رقوم تهیه شده در سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استان، از جنگل‌ها و مراتع کشور، در سال ۱۳۹۸، حدود ۶۰ درصد اراضی شهرستان بهمئی را پوشش گیاهی مرتعی با گونه‌های مختلف جنس گون پوشانده است و ۴۰ درصد منطقه، به اراضی جنگلی با گونه‌ی غالب بلوط ایرانی (برودار)، اختصاص دارد. منطقه مورد مطالعه در این پژوهش، پهنه جنوبی شهرستان بهمئی است که تماماً دارای پوشش مرتعی است. ساختار زمین‌شناسی منطقه، متشکل از سازندهای آماجاری، گچساران و میشان است که حدود ۶۰ درصد پهنه جنوبی شهرستان بهمئی را دربرمی‌گیرد (جدول ۱)، این سازندها حساس به فرسایش آبی بوده و در پهنه جنوبی کشور از لایه‌های رس و مارن‌های دوره نئوژن (میوسن) تشکیل شده اند از همین رو، مطالعات فرسایش خاک در این منطقه، ضرورت دارد (Eskandari, 2018).



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

جدول ۱: مساحت و درصد اختصاص یافته به هر جنس سنگ در شهرستان بهمئی

ردیف	علامت اختصاری	سازند	جنس سنگ	مساحت (هکتار)	درصد مساحت
۱	KEpd-gu	کژدمی	آهک فسیلی متوسط لایه تا توده‌ای خاکستری و قهوه‌ای	۲۰۲/۶	۰/۵
۲	Kbgb	گروه بنگستان تفکیک نشده	عمدتاً آهک و شیل، متشکل از سازندهای کژدمی، سروک، سورگاه و ایلام	۵۲/۶	۰/۱۳
۳	MuPlaj	آغاچاری	ماسه سنگ قهوه‌ای تا خاکستری آهکی با هوازگی کم، رگه‌های گچی، مارن قرمز و سیلت سنگ	۱۴۲۸۷/۹	۳۵/۵
۴	Mgs	گچساران	انیدریت، نمک، مارن قرمز و خاکستری متناوب با انیدریت، سنگ آهک رسی و سنگ	۴۱۸۸/۹	۱۰/۴
۵	Mmn	میشان	مارن خاکستری با هوازگی کم متناوب با نوارهایی از آهک شیلی مقاوم‌تر	۴۸۴۳/۱	۱۲
۶	OMas	آسماری	سنگ آهک کرم تا قهوه‌ای هوازده، اتصالات خوب و بین لایه‌های شیل	۱۵۴۳/۶	۳/۸
۷	Plbk	بختیاری	تناوب کنگلومرای سخت و تحکیم یافته و ماسه سنگ لایه‌ای با هوازگی کم	۵۲۷۳/۷	۱۳
۸	Qft2	کوارتز	مخروط افکنده‌ها دشت‌های پایینی و نهشته‌های تراس‌های دره‌ای	۹۸۸۶/۱	۲۴/۵

۳- مواد و روش

نرخ و مقدار فرسایش خاک تحت تأثیر عوامل توپوگرافی، پوشش گیاهی، شدت باران و رواناب، فرسایش‌پذیری خاک و پوشش زمین است (Wang et al., 2013). شدت، مدت و فراوانی باران از عوامل متأثر از اقلیم هستند که در تلفات خاک نقش زیادی دارند. درحالی‌که پوشش گیاهی و شیب زمین عوامل تعیین‌کننده مقاومت خاک به خطر فرسایش محسوب می‌شوند؛ بنابراین خطر فرسایش شیاری و ورقه‌ای خاک را می‌توان بر اساس عکس‌العمل بین شیب زمین، پوشش گیاهی و کاربری اراضی ارزیابی کرد (Zhang et al., 2010). روند نمای روش تحقیق در شکل ۲ نشان داده شده است. در این مطالعه، برای ارزیابی خطر فرسایش، اطلاعات مربوط به سه پارامتر شیب زمین، کاربری اراضی و پوشش گیاهی (VC)* جمع‌آوری شد. برای اساس شیب زمین با استفاده از مدل رقومی ارتفاع برگرفته از نقشه‌های ۱:۵۰۰۰۰ سازمان نقشه‌برداری کشور تهیه شد. با استفاده از تصاویر ماهواره لندست ETM+ در ۲۴ ماه می سال ۲۰۰۳، و لندست OLI در ۳۰ ژوئن سال ۲۰۱۷، نقشه کاربری اراضی مورد نیاز ترسیم شد. در طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای، به منظور تشخیص هر چه بهتر عوارض، آشکار سازی تصاویر با استفاده از سه روش ترکیب رنگی، بسط کنتراست و نسبت‌گیری طیفی، صورت گرفت. پس از آن، با استفاده از روش طبقه‌بندی نظارت شده در شش مرحله شامل تعیین نمونه‌های تعلیمی و رقومی کردن محدوده آن‌ها، استخراج نشان طیفی ویژه هر یک از کاربری‌ها از طیف‌های تصویر، بررسی قابلیت جداسازی نشان‌های طیفی کاربری‌ها و پوشش، انتخاب یک طبقه‌بندی کننده و یا قاعده تصمیم‌گیری و طبقه‌بندی تصویر و ارزیابی صحت اقدام شد. برای ارزیابی صحت طبقه‌بندی از طریق مشاهدات صحرایی و با استفاده از نرم افزار Google earth برای هر کدام از کلاس‌ها به صورت تصادفی نمونه‌های واقعی از سطح منطقه تهیه شد و پس از پیاده سازی نمونه‌های واقعی بر روی تصویر، ماتریس خطای طبقه‌بندی استخراج شد. پوشش گیاهی مهم‌ترین نقش را در کنترل فرسایش بازی می‌کند (Vrieling et al., 2008; Mahmoudzadeh, 2007). رابطه بین کاهش میزان فرسایش و افزایش پوشش گیاهی یک رابطه نمایی است (Gyssels et al., 2005). گیاه و پوشش باقی‌مانده گیاهی، خاک را از ضربه قطره‌های باران، تگرگ و غیره محافظت می‌کند، همچنین منجر به کاهش حرکت رواناب سطحی و افزایش نفوذپذیری جریان سطحی خواهد

* Vegetation Cover

شد. مقدار انرژی تابشی منتشرشده از هر پیکسل سطح زمین را می‌توان به دو بخش تابش خاک لخت و تابش پوشش گیاهی تقسیم کرد؛ بنابراین نسبت انرژی تابشی پوشش گیاهی به کل انرژی تابشی می‌تواند بیانگر پوشش گیاهی هر پیکسل باشد. امروزه، شاخص‌های پوشش گیاهی متعددی با هدف کاهش حساسیت به شرایط اتمسفری و انعکاس بستر محیط ارائه شده است، در این تحقیق، شاخص NDVI به دلیل کاربرد مرسوم آن مورد استفاده قرار گرفت. NDVI از باند مادون قرمز (۰/۷ تا ۱/۱ میکرون) و باند قرمز (۰/۴ تا ۰/۷ میکرون) داده‌های ماهواره‌ای استخراج می‌شود (Zhang et al., 2010).

$$\text{رابطه (۱)} \quad \text{NDVI} = (\text{NIR} - \text{R}) / (\text{NIR} + \text{R})$$

NIR: باند مادون قرمز

R: قرمز تصاویر ماهواره‌ای

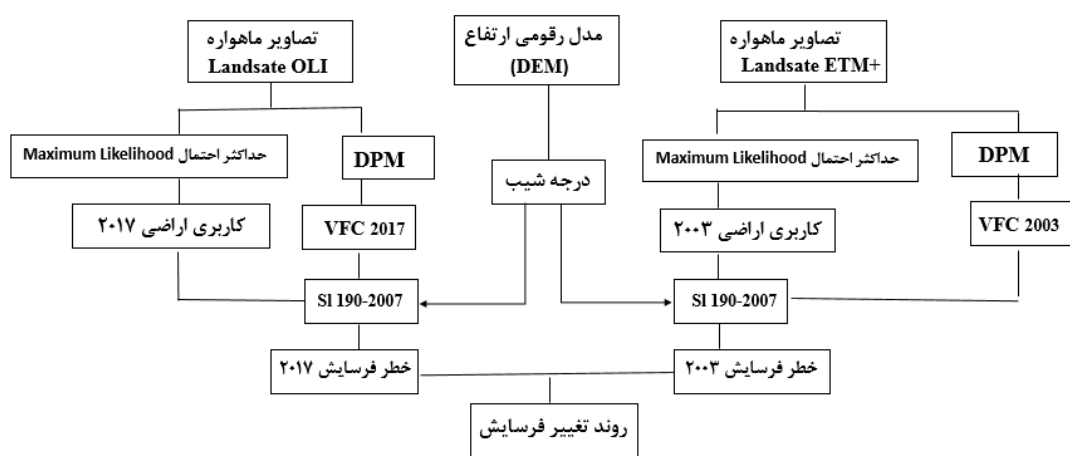
پوشش گیاهی با استفاده از رابطه (۲) محاسبه می‌شود (Zhang et al., 2010).

$$\text{رابطه (۲)} \quad \text{VC} = (\text{NDVI} - \text{NDVI}_{\text{soil}}) / (\text{NDVI}_{\text{veg}} - \text{NDVI}_{\text{soil}})$$

VC: پوشش گیاهی NDVIsoil: مقدار NDVI پیکسل خالص خاک لخت

NDVIveg: مقدار NDVI پیکسل خالص پوشش گیاهی

روش‌های مختلفی برای استخراج مقادیر NDVIveg و NDVIsoil از تصاویر ماهواره‌ای ارائه شده است. در این تحقیق، روش انتخاب مقادیر حداقل و حداکثر NDVI به ترتیب برای NDVIveg و NDVIsoil به کار گرفته شد (Zhang et al., 2010). نقشه‌ی پوشش گیاهی در محیط نرم‌افزار ARC GIS و با استفاده از نقشه‌ی NDVI ترسیم شد. پس از تهیه نقشه‌های مذکور، براساس استاندارد تخصصی SL 190-2007 (WMRS, 2008) خطر فرسایش خاک به ۶ کلاس خیلی کم، کم، متوسط، شدید، خیلی شدید و فوق‌العاده شدید تفکیک شد (جدول ۲) سپس با مقایسه نقشه خطر فرسایش تهیه شده در سال‌های ۲۰۰۳ و ۲۰۱۷، تغییرات فرسایش مشخص شد.



DPM: Dimidiate Pixel Model

VFC= VC: Vegetation Fraction Cover

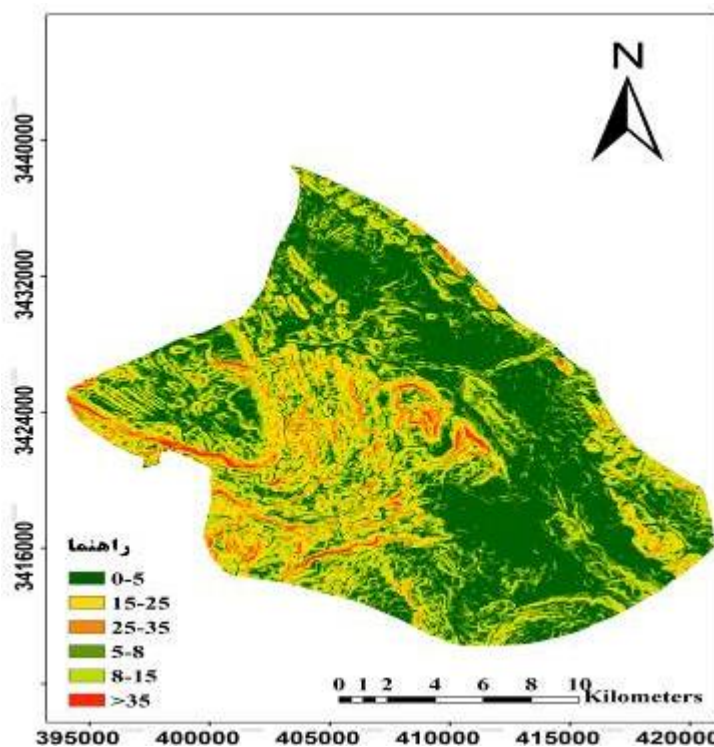
شکل ۲: روند نمای روش تحقیق

جدول ۲: استانداردهای طبقه‌بندی و رتبه‌بندی خطر فرسایش خاک (Zhang et al., 2010)

کاربری اراضی	پوشش گیاهی	زاویه شیب (درجه)				
		>۳۵	۳۵-۲۵	۲۵-۱۵	۱۵-۸	۸-۵
غیر زراعی	<۷۵٪	خیلی کم	خیلی کم	خیلی کم	خیلی کم	خیلی کم
	۶۰-۷۵٪	متوسط	کم	کم	کم	خیلی کم
	۴۵-۶۰٪	متوسط	متوسط	کم	کم	خیلی کم
	۳۰-۴۵٪	شدید	متوسط	متوسط	کم	خیلی کم
	<۳۰٪	فوق العاده شدید	خیلی شدید	متوسط	متوسط	خیلی کم
زراعی		فوق العاده شدید	خیلی شدید	شدید	متوسط	کم

۴- یافته‌ها (نتایج)

در پژوهش حاضر، براساس استاندارد تخصیصی SL 190-2007، کلاس‌بندی شیب منطقه صورت گرفت (شکل ۳) و مساحت و درصد اختصاص یافته به هر کلاس شیب در منطقه مورد مطالعه محاسبه شده (جدول ۲)

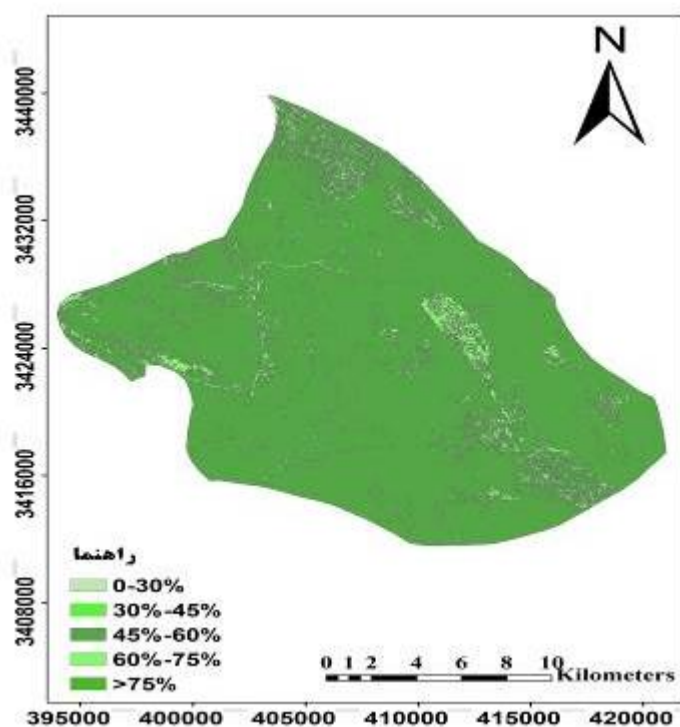


شکل ۳: کلاس‌بندی شیب منطقه مورد مطالعه بر اساس استاندارد تخصیصی SL 190-2007

جدول ۲: مساحت و درصد اختصاص یافته به هر کلاس شیب در منطقه مورد مطالعه

ردیف	کلاس شیب (درجه)	مساحت (هکتار)	درصد مساحت
۱	۵-۰	۱۶۰۵۳	۴۰
۲	۸-۵	۷۱۳۷۷	۱۸
۳	۱۵-۸	۹۴۲۹/۲	۲۳
۴	۲۵-۱۵	۵۲۸۵/۸	۱۳
۵	۳۵-۲۵	۱۶۴۴/۱	۴
۶	>۳۵	۴۰۵/۸	۱

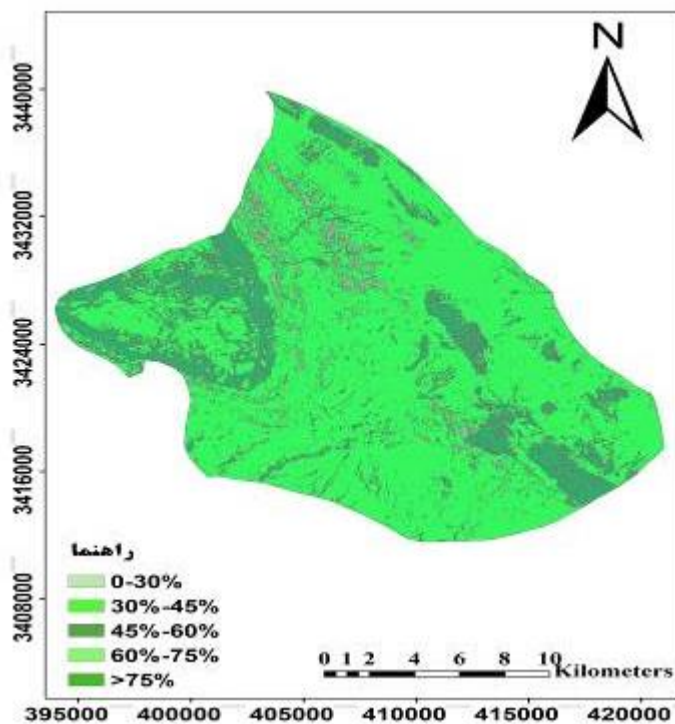
براساس مطالعات انجام شده، نقشه‌ی پوشش گیاهی (VC) مربوط به سال‌های ۲۰۰۳ (شکل ۴) و ۲۰۱۷ (شکل ۵)، از منطقه مورد مطالعه تهیه و مساحت هر یک از کلاس‌های نقشه‌ی پوشش گیاهی (VC) در این سال‌ها محاسبه شد. که به ترتیب در جداول ۳ و ۴ ارائه شده‌اند.



شکل ۴: نقشه پوشش گیاهی (VC) منطقه مورد مطالعه در سال ۲۰۰۳

جدول ۳: مساحت مربوط به کلاس‌های نقشه پوشش گیاهی سال ۲۰۰۳

کلاس	مساحت (هکتار)	درصد مساحت
</.۳۰	۰/۲۷	۰/۰۰۰۷
۳۰-/.۴۵	۰/۵۷	۰/۰۰۱۵
۴۵-/.۶۰	۳۷۱۰۱/۴	۹۲
۶۰-/.۷۵	۳۱۳۹/۵	۷/۸
>/.۷۵	۳۶/۴	۰/۰۹

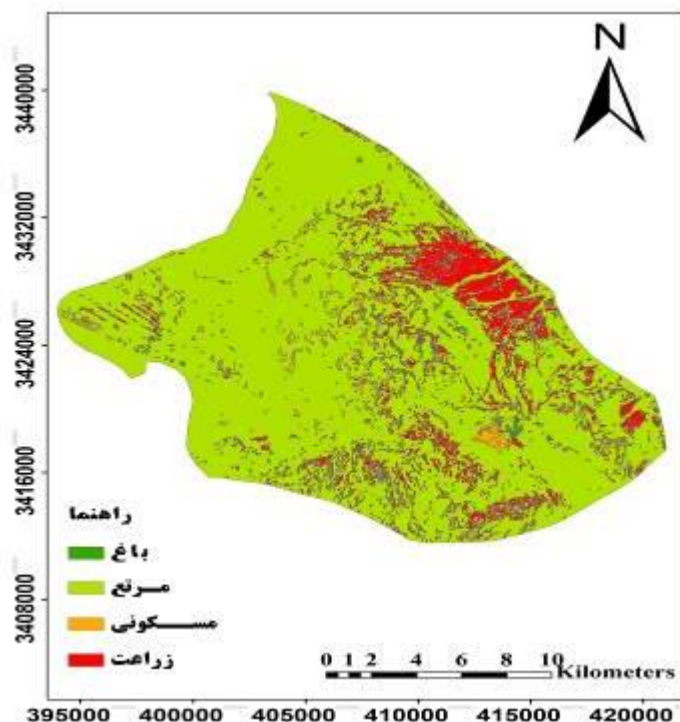


شکل ۵: نقشه پوشش گیاهی (VC) سال ۲۰۱۷ منطقه مورد مطالعه

جدول ۴: مساحت مربوط به کلاس‌های نقشه پوشش گیاهی سال ۲۰۱۷

درصد مساحت	مساحت (هکتار)	کلاس
۲/۷	۱۱۰۵/۵	<٪۳۰
۸۱/۶	۳۲۸۷۰/۸	۳۰-٪۴۵
۱۵/۴	۶۲۰۱/۹	۴۵-٪۶۰
۰/۱۸	۷۳/۳	۶۰-٪۷۵
۰/۰۶۵	۲۶/۵	>٪۷۵

نتایج بررسی مساحت کلاس پوشش گیاهی نشان داد که بیشترین مقدار پوشش گیاهی (۸۱/۶ درصد) در سال ۲۰۱۷، مربوط به مساحت کلاس ۳۰ تا ۴۵ درصد بود و مساحت کلاس بیشتر از ۷۵ درصد، کمترین مقدار (۰/۰۶۵ درصد) پوشش گیاهی را به خود اختصاص داده است. نتایج مطالعات وضعیت کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه در سال ۲۰۰۳ به صورت نقشه (شکل ۶) و مساحت و درصد اختصاص یافته به هر طبقه کاربری اراضی در این سال در جدول ۵، ارائه شده است. براساس این نتایج، کلاس مرتع بیشترین درصد مساحت (۸۴/۷ درصد) و کلاس باغ کمترین درصد مساحت (۰/۸ درصد) را در منطقه مورد مطالعه در این سال به خود اختصاص داده اند.

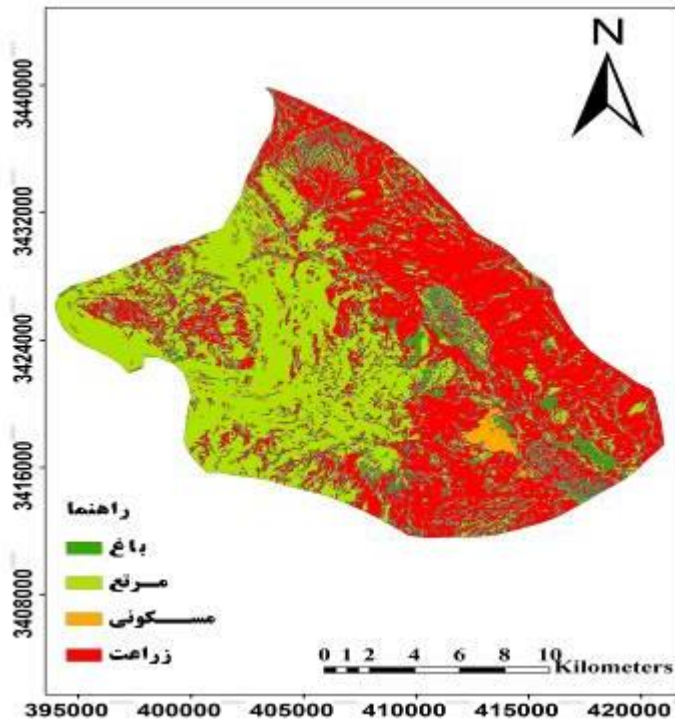


شکل ۶: نقشه کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه در سال ۲۰۰۳

جدول ۵: مساحت طبقات کاربری اراضی در سال ۲۰۰۳ در منطقه مورد مطالعه

ردیف	طبقه کاربری	مساحت (هکتار)	درصد مساحت
۱	زراعت	۵۰۹۴/۵	۱۲/۶
۲	مرتع	۳۴۱۳۵/۳	۸۴/۷
۳	باغ	۳۳۶	۰/۸
۴	مسکونی	۷۱۶/۶	۱/۸

نتایج بررسی وضعیت کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه در سال ۲۰۱۷ به صورت نقشه ارائه (شکل ۷)، سپس مساحت و درصد اختصاص یافته به هر طبقه کاربری اراضی در این سال محاسبه شد (جدول ۶). نتایج مطالعات حاکی از این است که، کلاس زراعت بیشترین درصد مساحت (۴۹/۵ درصد) و کلاس مسکونی کمترین درصد مساحت (۲/۵ درصد) را در منطقه مورد مطالعه در سال ۲۰۱۷ به خود اختصاص داده اند.



شکل ۷: نقشه کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه در سال ۲۰۱۷

جدول ۶: مساحت کاربری اراضی در سال ۲۰۱۷ منطقه مورد مطالعه

ردیف	طبقه کاربری	مساحت (هکتار)	درصد مساحت
۱	زراعت	۱۹۹۵۸/۴	۴۹/۵
۲	مرتع	۱۷۹۹۱/۸	۴۴/۶
۳	باغ	۱۳۰۸/۵	۳/۲
۴	مسکونی	۱۰۲۳/۷	۲/۵

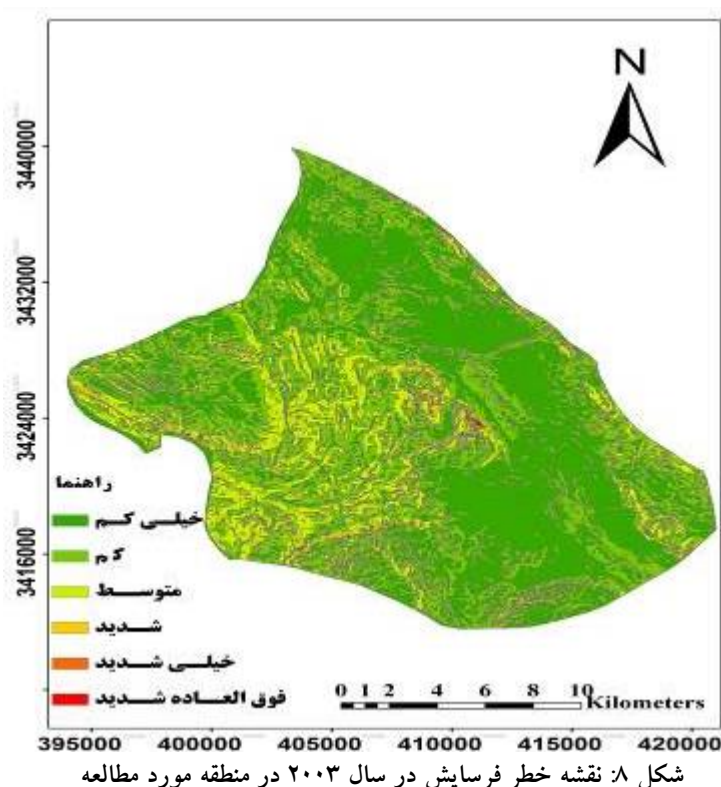
در خصوص بررسی وضعیت کاربری اراضی در پهنه ی جنوبی شهرستان بهمئی ، روند تغییرات کاربری اراضی، طی سال‌های ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۷ مقایسه شد که نتایج آن در جدول ۷ ارائه شده است.

جدول ۷: تغییرات کاربری اراضی در منطقه مورد مطالعه در سال‌های ۲۰۰۳ و ۲۰۱۷

طبقه کاربری	سال ۲۰۰۳		سال ۲۰۱۷		تغییرات مساحت	تغییرات درصد	روند تغییرات
	مساحت	درصد	مساحت	درصد			
زراعت	۵۰۹۴/۵	۱۲/۶	۱۹۹۸۵/۴	۴۹/۵	۱۴۸۹۰/۹	۳۶/۹	افزایشی
مرتع	۳۴۱۳۵/۳	۸۴/۷	۱۷۹۹۱/۸	۴۴/۶	۱۶۱۴۳/۵	۴۰/۱	کاهشی
باغ	۳۳۶	۰/۸	۱۳۰۸/۵	۳/۲	۹۷۲/۵	۲/۴	افزایشی
مسکونی	۷۱۶/۶	۱/۸	۱۰۲۳/۷	۲/۵	۳۰۷/۱	۰/۷	افزایشی

نتایج بررسی روند تغییرات کاربری اراضی، طی سال‌های ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۷ نشان داد تمامی کاربری‌ها روند افزایشی داشته و تنها، کاربری مرتع با درصد تغییرات ۴۰/۱ درصدی، روند کاهشی را نشان می‌دهد.

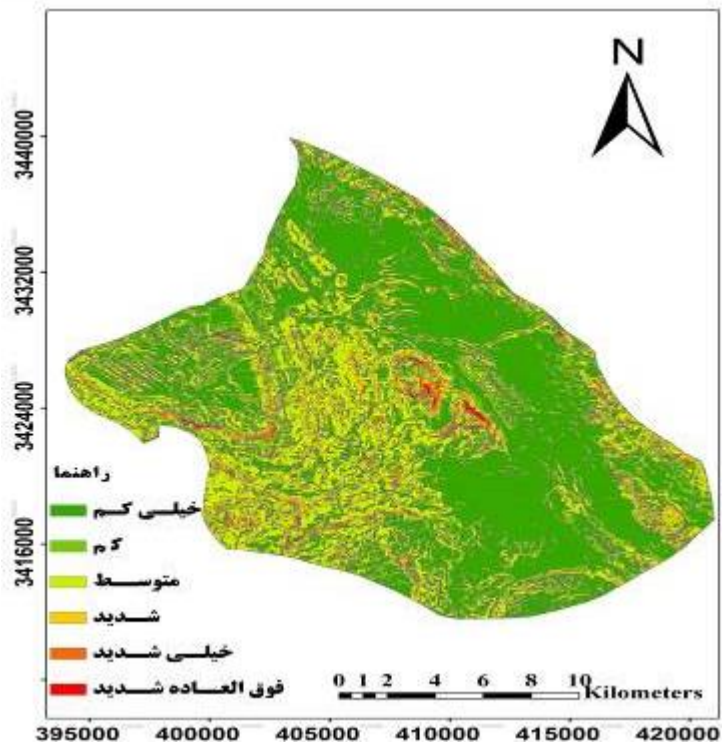
در بررسی وضعیت خطر فرسایش در منطقه مورد مطالعه، نقشه خطر فرسایش برای سال‌های ۲۰۰۳ و ۲۰۱۷ تهیه (شکل‌های ۸ و ۹) و مساحت و درصد اختصاص یافته به کلاس‌های خطر فرسایش منطقه، طی سال‌های مورد مطالعه به ترتیب در جدول‌های ۸ و ۹ ارائه شده است.



جدول ۸: مساحت مربوط به کلاس‌های خطر فرسایش در سال ۲۰۰۳ در منطقه مورد مطالعه

درصد مساحت	مساحت (هکتار)	درجه خطر فرسایش
۴۱	۱۶۴۰۳/۲	خیلی کم
۳۹	۱۵۸۲۸/۱	کم
۱۸	۷۲۵۷/۴	متوسط
۱/۷	۶۸۶/۲	شدید
۰/۲۳	۹۳/۵	خیلی شدید
۰/۱۲	۴۲/۴	فوق‌العاده شدید

نتایج مطالعات حاکی از این است که در سال ۲۰۰۳، کلاس درجه خطر فرسایش خیلی کم بیشترین درصد مساحت (۴۱ درصد) و کلاس درجه خطر فرسایش فوق‌العاده شدید کمترین درصد مساحت (۰/۱۲ درصد) را در منطقه مورد مطالعه به خود اختصاص داده است. این در حالی است که در سال ۲۰۱۷، بیشترین درصد مساحت (۴۰ درصد) به کلاس درجه خطر فرسایش خیلی کم اختصاص دارد و کلاس درجه خطر فرسایش فوق‌العاده شدید کمترین درصد مساحت (۰/۲۹ درصد) را در منطقه مورد مطالعه داشته است. بررسی روند تغییر فرسایش در منطقه مورد مطالعه طی سال‌های ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۷ (جدول ۱۰) نشان داد، کلاس فرسایش خیلی کم و کم از سال ۲۰۰۳ تا سال ۲۰۱۷ روند کاهشی و سایر کلاس‌ها روند افزایشی داشته‌اند این مساله نشانگر افزایش میزان فرسایش در منطقه مورد مطالعه است.



شکل ۹: نقشه خطر فرسایش در سال ۲۰۱۷ منطقه مورد مطالعه

جدول ۹: مساحت مربوط به کلاس‌های خطر فرسایش در سال ۲۰۱۷

درصد مساحت	مساحت (هکتار)	درجه خطر فرسایش
۴۰	۱۶۱۶۵/۴	خیلی کم
۲۰	۸۲۳۷	کم
۳۱	۱۲۵۰۶/۷	متوسط
۷	۲۷۱۴/۴	شدید
۱/۵	۵۷۰/۴	خیلی شدید
۰/۲۹	۱۱۶/۷	فوق‌العاده شدید

جدول ۱۰: روند تغییر فرسایش منطقه مورد مطالعه در سال‌های ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۷

روند تغییرات	درصد تغییرات	مساحت تغییرات	سال ۲۰۱۷		سال ۲۰۰۳		کلاس فرسایش
			درصد	مساحت	درصد	مساحت	
کاهشی	۱	۲۳۷/۸	۴۰	۱۶۱۶۵/۴	۴۱	۱۶۴۰۳/۲	خیلی کم
کاهشی	۱۹	۷۵۹۱/۱	۲۰	۸۲۳۷	۳۹	۱۵۸۲۸/۱	کم
افزایشی	۱۳	۵۲۴۹/۳	۳۱	۱۲۵۰۶/۷	۱۸	۷۲۵۷/۴	متوسط
افزایشی	۵/۳	۲۰۲۸/۲	۷	۲۷۱۴/۴	۱/۷	۶۸۶/۲	شدید
افزایشی	۱/۲۷	۴۷۶/۹	۱/۵	۵۷۰/۴	۰/۲۳	۹۳/۵	خیلی شدید
افزایشی	۰/۱۷	۷۴/۳	۰/۲۹	۱۱۶/۷	۰/۱۲	۴۲/۴	فوق‌العاده شدید

۵- بحث و نتیجه‌گیری

در مطالعات فرسایش خاک، پایش میدانی و اندازه‌گیری‌های کمی در مقیاس کوچک می‌توانند اطلاعات مفیدی فراهم کنند، با این وجود برای پوشش کامل یک حوضه آبخیز بزرگ، مطالعات زیادی لازم است. در پژوهش حاضر، از یک رویکرد مدل‌سازی کیفی و تحلیل اثر متقابل سه پارامتر کلیدی مؤثر بر فرسایش خاک (شیب، پوشش گیاهی و کاربری اراضی) برای ارزیابی مکانی توزیع خطر فرسایش در پهنه جنوبی شهرستان بهمئی با مساحت ۴۰۳۰۶ هکتار واقع در جنوب غربی استان کهگیلویه بویر احمد استفاده شده است. این روش، برای اولین بار در شهرستان بهمئی به ارزیابی خطر فرسایش می‌پردازد. گرچه در کارکرد این مدل‌سازی محدودیت‌هایی وجود دارد با این حال برای شناسایی مناطق اولویت‌دار به منظور مدنظر قرار دادن اقدامات مداخله‌ای برای کاهش فرسایش خاک در شهرستان بهمئی ابزار نسبتاً مناسبی محسوب می‌شود. بررسی مطالعات پیشین در این منطقه نشان داد، در رابطه با فرسایش خاک اطلاعات و داده‌های فضایی در مقیاس گسترده شهرستانی در دسترس نیست و تا کنون مطالعات وسیعی در خصوص فرسایش یا دینامیک فرسایش در سطح شهرستان صورت نگرفته تا در اولویت بندی مناطق برای انجام فعالیت‌های حفاظت خاک مورد استفاده قرار گیرد. نتایج این مطالعه در مقایسه با اندازه‌گیری‌های صحرائی که در حال حاضر به عنوان یک گزینه عملی در شهرستان بهمئی وجود ندارند، بهترین گزینه هستند. Armin و همکاران (۲۰۱۸) در مطالعه‌ای در حوضه سد کوه‌برد در شهرستان کهگیلویه اظهار می‌دارند که در شرایط فعلی حوضه از نظر نبود آماری واقعی فرسایش و رسوب، مدل تجربی مورد استفاده بهترین روش برآورد تولید رسوب با هدف معرفی اقدامات حفاظت خاک در سطح حوضه است. در مطالعات فرسایش خاک، از طریق تجزیه و تحلیل اثر متقابل عوامل اثرگذار به صورت کیفی می‌توان خطر فرسایش را تعیین و احتمال نسبی وقوع فرسایش در یک محل در مقایسه با سایر محلات را تخمین زد. بر اساس بررسی‌های صورت گرفته صحت مدل‌سازی‌های کیفی در مطالعات مختلفی تأیید شده است. از جمله Vrieling و همکاران (۲۰۰۶) با استفاده از دو فاکتور درجه شیب و پوشش گیاهی خطر فرسایش منطقه‌ای را تجزیه و تحلیل کرده و تأیید نمودند که صحت روش‌های کیفی قابل قبول است. Zhang و همکاران (۲۰۱۰) بیان می‌کنند که اولویت‌های اقدامات حفاظت خاک می‌تواند معیار مهمی برای تصمیم‌گیری سازمان‌های دولتی فراهم کند. در پژوهش پیش رو، تحلیل جداگانه‌ی پارامترهای مورد بررسی، نشان داد که حدود ۸۰ درصد منطقه مورد مطالعه دارای شیبی کمتر از ۳۰ درصد است که از این نظر منطقه باید فرسایش خاک کمی داشته باشد. بررسی پوشش گیاهی در دوره زمانی مورد بررسی نشان داد که در سال ۲۰۰۳، حدود ۸ درصد از منطقه دارای پوشش گیاهی بیشتر از ۶۰ درصد است، در صورتی که در سال ۲۰۱۷ این میزان پوشش گیاهی فقط حدود ۰/۲ درصد از منطقه مورد مطالعه را به خود اختصاص داده است که این کاهش پوشش گیاهی در طی زمان می‌تواند منجر به افزایش خطر فرسایش خاک شود. در بررسی تغییرات کاربری اراضی، مشخص شد که کاربری کشاورزی و مسکونی به میزان ۳۷ درصد افزایش داشته است. به نظر می‌رسد که تغییرات کاربری نیز می‌تواند منجر به افزایش فرسایش خاک در منطقه شود. بر اساس تحلیل اثر متقابل پارامترهای مورد بررسی در تهیه نقشه خطر فرسایش، مشخص شد که در سال ۲۰۰۳، ۸۰ درصد منطقه در پهنه فرسایشی خیلی کم و کم و ۲۰ درصد منطقه در پهنه فرسایشی متوسط تا فوق‌العاده شدید قرار داشته، در صورتی که در سال ۲۰۱۷، ۶۰ درصد منطقه در پهنه فرسایشی خیلی کم و کم و ۴۰ درصد منطقه در پهنه فرسایشی متوسط تا شدید دیده می‌شوند این نتایج، بیانگر افزایش ۲۰ درصدی پهنه‌ی خطر فرسایش متوسط تا فوق‌العاده شدید در دوره زمانی مورد بررسی در منطقه مورد مطالعه است و اقدامی عاجل در خصوص توسعه و اجرای طرح‌های حفاظت خاک در پهنه‌ی جنوبی شهرستان بهمئی در استان کهگیلویه و بویراحمد ضروری به نظر می‌رسد. مقایسه نقشه‌های خطر فرسایش در سال‌های ۲۰۰۳ و ۲۰۱۷ نشان داد که الگوی مکانی فرسایش خاک در بازه زمانی مورد بررسی تقریباً یکسان است. در این مطالعه برای شناسایی میزان تغییرات فرسایش در طی زمان، نقشه‌های خطر فرسایش در دو مقطع زمانی، طی دوره‌ی ۱۴ ساله، مورد مقایسه قرار گرفتند. این روش برای شناسایی مناطقی که باید در اولویت اقدامات حفاظت خاک قرار گیرند، مناسب محسوب می‌شود. گرچه این تغییرات را می‌توان به سایر عوامل کنترل شده انسانی و یا نوسانات میزان بارش نسبت داد که می‌تواند از محلی به محل دیگر متفاوت باشد. قطعاً بررسی و تجزیه و تحلیل‌های بیشتر در بازه زمانی طولانی‌تر، در مطالعات بعدی، برای شناسایی عوامل اصلی تغییرات به شناسایی روند فرسایش در منطقه مورد مطالعه کمک خواهد کرد. کلاس‌های خطر مشخص شده در این مطالعه تعیین‌کننده مناطقی است که احتمالاً بیشترین نیاز را به اقدامات کنترل فرسایش دارند، امید می‌رود که شناسایی این مناطق برنامه‌ریزی

آینده اقدامات کنترل فرسایش در شهرستان بهمنی را پشتیبانی کند نتایج این پژوهش می‌تواند کمک موثری برای سازمان‌های دولتی در اولویت‌بندی فعالیت‌های حفاظتی، تخصیص اعتبارات و مدیریت منطقه باشد.

فهرست منابع

1. Alvarez-Guerra, M., Viguri, J.R., Voulvoulis, N., 2009. A multicriteria-based methodology or site prioritization in sediment management. *Environment International*, 35(6): 920.
2. Arabameri, A., Pradhan, B., Pourghasemi, H.R., Rezaei, K., 2018. Identification of erosion-prone areas using different multi-criteria decision-making techniques and gis. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 9: 1129-1155.
3. Armin, M., Bazgir, M., Velayatinejad, S.A., 2018. Using a special empirical model to estimate sediment yield of Koohbord dam watershed in Kohgiluyeh County. *Environmental Erosion Research*, 8 (2) :23-41.
4. Crosson, P. 1997. Will erosion threaten agricultural productivity? *Environment*, 39 (8): 4-31.
5. Deng, Z.Q., Lima, J., Jung, H.S. 2009. Sediment transport rate-based model for rainfall induced soil erosion. *Catena*, 76 (1): 54-62.
6. Didoné, E.J., Minella, J.P.G., Evrard, O., 2017. Measuring and modelling soil erosion and sediment yields in a large cultivated catchment under no-till of Southern Brazil. *Soil Tillage Research*, 174: 24-33.
7. Eskandari, F., 2019. Prioritization of erosion-sensitive areas using Geographical Information System and Remote Sensing (Case study: tropical part of Bahmei county in Kohgiluyeh and Boyerahmad province). M.Sc. thesis of forestry in Yasouj University.
8. Eswaran, H., Lal, R., Reich, P.F. 2001. Land degradation: an overview. *Responses to Land degradation*, 20-35.
9. Fan, H.M., Wang, T.L., Cai, Q.G. 2008. Study on the zonation differentiation of soil erosion and the model of soil and water conservation in northeast China. *Research of Soil and Water Conservation*, 15 (2): 69-72.
10. Gyssels, G., Poesen, J., Bochet, E., Li, Y. 2005. Impact of plant roots on the resistance of soils to erosion by water: A review. *Progress in Physical Geography*, 2: 178-217.
11. Haregeweyn, N., Tsunekawa, A., Poesen, J., Tsubo, M., Meshesha, D.T., Fenta, A.A., Nyssen, J., Adgo, E., 2017. Comprehensive assessment of soil erosion risk for better land use planning in river basins: Case study of the Upper Blue Nile River. *Science of the Total Environment*, 574: 95-108.
12. Huang, W., Ho, H.C., Peng, Y.Y., Li, L., 2016. Qualitative risk assessment of soil erosion for karst landforms in Chahe town, Southwest China: A hazard index approach. *Catena*, 144: 184-193.
13. Jiu, J.Z., Wu, H.J., Li, S., 2019. The Implication of Land-Use/Land-Cover Change for the Declining Soil Erosion Risk in the Three Gorges Reservoir Region, China. *International Journal Environment Research and Public Health*, 16, 1856.
14. Kamali, N., Ahmadi, H., Sadeghipur, A., Kamali, P., 2012. Investigation on Environmental Factors Influencing Water Erosion (Case study: Taleghan Basin, Varkesh Subbasin). *Environmental Erosion Research*, 1(4):108-123.
15. Kamangar, M., Farajzadeh, M., Bodaghi, M., Karami, P., 2014. Calibration of the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) Using Geographic Information System and Remote Sensing (Case Study: Sichuran Hormozgan Watershed). *Geographical Space*, 15(51):191-207.
16. Kazemi, M., Nohegar, A., 2011. Temporal Evaluation of Water Erosion with CORINE Model. *Environmental Erosion Research*, 1(2): 7-16.
17. Lal, R. 1998. Soil erosion impact on agronomic productivity and environment quality.
18. Planning and Management Organization of Kohgiluyeh and Boyeahmad province. 2019. Land use planning document of Bahmaei County, 157 pp.
19. Lomborg, B., 2001. *The Skeptical Environmentalist: Measuring the Real State of the Word*.
20. Mahmoudzadeh, A., 2007. Vegetation cover plays the most important role in soil erosion control. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 3: 388-392.
21. Mandal, D., Sharda, V.N., 2013. Appraisal of soil erosion risk in the eastern himalayan region of India for soil conservation planning. *Land Degradation and Development*, 24: 430-437.
22. Ministry of Water Resources of China (MWRC). 2008. SL190-2007: Standards for Classification and Gradation of Soil Erosion. Water Resources & Hydropower Press of China: Beijing, China.
23. Morgan, R.P.C., 1996. Verification of the European Soil Erosion Model (EOROSEM) for varying slope and vegetation conditions.
24. Mousavi nejad, H., Habashi, H., Kiani, F., Shataei, SH., Abdi, A., 2018. Evaluation of Soil Erosion Status in Chehel Chai Watershed, Golestan Province Using SPOT5 Satellite Images. *Journal of Wood and Forest Science and Technology Research*, 24 (2).

25. Nekhay, O., Arriaza, M., Guzman-Alvarez, J.R., 2009. Spatial analysis of the suitability of olive plantations for Wildlife habitat restoration. *Computer Electronic Agriculture*, 65 (1): 49.
26. Nigel, R., Rughooputh, S., 2010. Mapping of monthly soil erosion risk of mainland Mauritius and its aggregation with delineated basins. *Geomorphology*, 114, (3), 101.
27. Pi, H., Sharratt, B., 2017. Evaluation of the RWEQ and SWEEP in simulating soil and PM10 loss from a portable wind tunnel. *Soil Tillage Research*, 170: 94–103.
28. Pimentel, D., Harvey, C., Resosudarmo, P., Sinclair, K., Kurz, D., McNair, M., Blair, R., 1995. Environmental and economic costs of soil erosion and conservation benefits. *Science*, 267(5201): 1117–1123.
29. Prasuhn, V., Liniger, H., Gisler, S., Herweg, K., Candinas, A., Clément, J., 2013. A high-resolution soil erosion risk map of Switzerland as strategic policy support system. *Land Use Policy*, 32: 281–291.
30. Ochoa-Cueva, P., Fries, A., Montesinos, P., Rodríguez-Díaz, J.A., Boll, J., 2015. Spatial Estimation of Soil Erosion Risk by Land-cover Change in the Andes of Southern Ecuador. *Land Degradation and Development*, 26: 565–573.
31. Rahman, M.R., Shi, Z.H., Ghongfa, C., 2009. Soil erosion hazard evaluation - An integrated use of remote sensing, GIS and statistical approaches with biophysical parameters towards management strategies. *Ecological Modeling*, 220 (13-14): 1724.
32. Shrimali, S.S., Aggarwal, S.P., Samra, J.S., 2001. Prioritizing erosion-prone areas in hills using remote sensing and GIS – a case study of the Sukhna Lake catchment, Northern India. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 3(1): 54.
33. Tsunekawa, A., Liu, G., Yamanaka, N., Du, S., 2014. *Restoration and Development of the Degraded Loess Plateau, China*. Springer: Tokyo, Japan, 2014; p. 80.
34. Van Rompaey, A.J.J., Govers, G., 2002. Data quality and model complexity for regional scale soil erosion prediction. *Geomorphology*, 16: 663–680.
35. Vrieling, A., de Jong, S.M., Sterk, G., Rodrigues, S.C., 2008. Timing of erosion and satellite data: A multi-resolution approach to soil erosion risk mapping. *International journal of applied earth observation and geoinformation*, 3: 267–281.
36. Vrieling, A., Sterk, G., Vigiak, O., 2006. Spatial evaluation of soil erosion risk in the West Usambara Mountains, Tanzania. *Land Degradation and Development*, 17: 301–319.
37. Vulevic, T., Dragovic, N., Kostadinov, S., Simic, S.B., Milovanvic, I., 2015. Prioritization of Soil Erosion Vulnerable Areas Using Multi-Criteria Analysis Methods. *Polish Journal of Environmental Studies*, 24, (1): 317–323.
38. Uddin, K., Murthy, M.S.R., Wahid, S.M., Matin, M.A., 2016. Estimation of soil erosion dynamics in the Koshi basin using GIS and Remote Sensing to assess priority areas for conservation. *PLoS ONE*, 11(3): e0150494. doi:10.1371/journal.pone.0150494.
39. Wang, L., Huang, J., Du, Y., Hu, Y., Han, P., 2013. Dynamic Assessment of Soil Erosion Risk Using Landsat TM and HJ Satellite Data in Danjiangkou Reservoir Area, China. *Remote Sensing*, 5: 3826–3848.
40. Wang, Z.Q., Liu, B.Y., Wang, X.Y., Gao, X.F., Liu, G., 2009. Erosion effect on the productivity of black soil in Northeast China. *Science China Earth Sciences*, 52: 1005–1021.
41. Wang, J.L., Xie, D.T., Ni, J.P., Shao, J.A., 2017. Identification of soil erosion risk patterns in a watershed based on source-sink landscape units. *Acta Ecologica Sinica*, 37: 1–11.
42. Wilkinson, B.H., McElroy, B.J., 2007. The impact of humans on continental erosion and sedimentation. *Geology Society American Bulletin*, 199:140–156.
43. Yu, X.X., Qi, S.Z., Xu, Y.T., 2012. Soil erosion hazard in the Yimeng mountainous region, North China. *Natural Hazards*, 64: 1963–1967.
44. Zhang, X., WU, B., Zeng, Y., Yan, N., Yuan, C., 2010. Identification of priority areas for controlling soil erosion. *Catena*, 83: 76–86.
45. Zhang, X., Xu, Q. Pei, Y., 2002. Preliminary research on the BP networks forecasting model of watershed runoff and sediment yielding. *Advanced Water Science*, 1: 17–22.
46. Zhang, H., Zhang, J., Zhang, S., Yu, C., Sun, R., Wang, D., Zhu, D., Zhang, J., 2020. Identification of Priority Areas for Soil and Water Conservation Planning Based on Multi-Criteria Decision Analysis Using Choquet Integral. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17: 1331.
47. Zhao, H.G., Tang, Y.Y., Yang, S.T., 2018. Dynamic identification of soil erosion risk in the middle reaches of the Yellow River Basin in China from 1978 to 2010. *Journal of Geographical Sciences*, 28: 175–192.

Prioritization of erosion-sensitive areas using satellite imagery (Case study: part of Bahmei county in Kohgiluyeh and Boyerahmad province)

Mohsen Armin¹: Assistant Prof., Natural Resources Engineering Department- Watershed Management, Agriculture and Natural Resources Faculty, Yasouj University, Yasouj, I.R. Iran.

Fatemeh Eskandari Jahmani: M.Sc. Graduated of Forestry, Natural Resources Engineering Department- Forestry, Agriculture and Natural Resources Faculty, Yasouj University, Yasouj, I.R. Iran.

Sohrab Alvaninejad: Assistant prof., Natural Resources Engineering Department- Forestry, Agriculture and Natural Resources Faculty, Yasouj University, Yasouj, I.R. Iran.

Mohammadreza Mirzaei: Assistant Prof., Natural Resources Engineering Department- Watershed Management, Agriculture and Natural Resources Faculty, Yasouj University, Yasouj, I.R. Iran.

Article History (Received: 2020/03/25

Accepted: 2020/08/05)

Extended abstract

1- Introduction

Various measures and activities have been taken to reduce and prevent the direct and indirect effects of soil erosion but due to limited human and financial resources, it is often not possible to carry out these activities in a whole erosion-sensitive area; therefore, identification of areas requiring special attention to conservation is essential. Without prioritizing the watershed, many financial resources will be wasted, so mapping, monitoring, and prioritizing areas for erosion control will be required to avoid wasting funds. Therefore, prioritizing conservation areas at risk of soil erosion is an important consideration in natural resource management planning that allows decision makers to implement management strategies that are more sustainable in the long term. A review of the research background showed that almost no quantitative field measurements of soil erosion were performed using standard protocols in southern part of Bahmaei County. Also, no study has been conducted in Bahmaei County that has analyzed the spatial trends of erosion and its relationship with the effective factors. There is no information about erosion patterns and its dynamics in Bahmaei County in any study. Therefore, this study uses a relatively simple qualitative method by analyzing the interaction of three indicators of slope, vegetation and land use with the aim of helping to fill the existing gap for mapping and prioritizing lands in the southern part of Bahmaei County based on their sensitivity.

2- Methodology

The study area is southern part of Bahmaei County in Kohgiluyeh and Boyerahmad province with an area of about 40306 hectares and an average elevation of 623 meters above sea level. The average rainfall in this region is about 400 mm. About 60% of Southern part of Bahmaei County is composed of erosion-sensitive formations of Gachsaran, Mishan and Aghajari consisting of clay, marl and gypsum, which is also in a very weak condition in terms of vegetation. However, developing soil erosion management strategies in this area is very limited due to lack of data. The rate and amount of soil erosion is influenced by topographic factors, vegetation, rainfall and runoff, soil erodibility, and land cover (Wang et al., 2013). The intensity, duration and frequency of rainfall are important factors in soil loss that are affected by climate, while vegetation and slope are factors that determine soil resistance to erosion. In this study the risk of soil erosion was evaluated on the basis of the reaction

¹ Corresponding Author: mohsenarmin2007@gmail.com

between the slope angle, vegetation cover and land use and, according to the SL 190-2007 standard, classified and ranked in very low, moderate, severe, very severe and highly inflated classes.

3- Results

Investigation of the parameters affecting soil erosion showed that slope class 0 to 5 ° had the highest percentage of area (40%) and slope class greater than 35 ° had the lowest area percentage (1%) in the study area. This is indicative of the low slope and lowland area and the area should have little soil erosion. In 2003, class 45 to 60% had the highest amount (92%) and class less than 30% had the lowest amount (0.0007%) of vegetation, and in 2017, class 30 to 45% had the highest amount (81.6%) and class more than 75% have the lowest amount (0.065%) of vegetation. This indicates a decrease in vegetation over time in the study area. Land use maps prepared from the study area show that the percentage of rangeland, farmland, garden and residential land uses in 2003 were 84.7%, 12.6%, 0.8% and 1.8%, respectively, and in 2017 it was reached 44.6, 49.5, 3.2 and 2.5%. In other words, in the last 14 years (2003 to 2017), about 16143.5 hectares of rangelands area has been reduced, 14863.9 hectares have been added to farmland, 972.5 hectares to gardens and 307.1 hectares to residential use. In 2003, rangeland use had the highest percentage of area (84.7%) and garden use the lowest percentage of area (0.8%) and in 2017, farmland use had the highest percentage of area (49.5%) and residential use had the lowest percentage of area (2.5%) in the study area, which indicates a significant increase in agricultural growth, including agriculture and horticulture in the study area in recent years. The results showed that in 2003, the very low erosion risk class had the highest percentage of area (41%) and the risk of extreme erosion, the lowest percentage of area (12.2%), and in 2017, the very low erosion risk class has the highest percentage of area (40%) and the risk of extreme erosion class, the lowest percentage of area (29.2%) in the study area. In the study of changes in the erosion zones in the study period in the study area, it was determined that the very low and low erosion class from 2003 to 2017 has been decreasing trend and the rest of the classes have been increasing trend, which indicates an increase in the amount of erosion in the study area.

4- Discussion & Conclusions

In a separate analysis of the studied parameters, the results showed that about 80% of the study area has a slope of less than 30%, in this regard, the area should have little soil erosion. The study of vegetation in the study period showed that in 2003, about 8% of the study area has more than 60% vegetation, while in 2017 this amount of vegetation is only about 0.2% of the area. The study concluded that this reduction in vegetation over time could increase the risk of soil erosion. In the study of land use changes, it was found that agricultural and residential use has increased by 37%, and in this regard, it seems that land use changes can also lead to increased soil erosion in the region. Based on the analysis of the interaction of the studied parameters in the preparation of the erosion risk map, it was found that the amount of moderate to extremely severe erosion risk zones has increased by about 20% in the study period in the study area. In soil erosion studies, the risk of erosion usually determines the relative probability of erosion occurring in one site compared to other sites by qualitatively analyzing the interaction of impact factors, Therefore, the results of this study can be a basis for government organizations in order to prioritize the implementation of soil protection activities, allocation of funds and land management.

Key words: Land degradation; Land use; Planning; Soil conservation.