


GES	Journal of Geography and Environmental Studies, 12 (45), Spring 2023 https://ges.iaun.iau.ir ISSN: 2008-7845  20.1001.1.20087845.1402.12.45.7.9
-----	---

Research Article

Investigating the Effect of Land Use Change on Soil Erosion and Sediment Yield in Razeychay Watershed During Past 20 Years

Abedini, Mousa (Corresponding Author)

Professor of Geomorphology, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.
E-Mail: abedini@uma.ac.ir

Bahraminia Gojabeiglo, Farideh

M.Sc in Geomorphology, Dept. of Physical Geography University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.

Mostafazadeh, Raof

Associate Professor, Dept. of Natural Resources and Member of Water Management Research Center, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.

Pasban, Amir Hesam


PhD Student in Physical Geography Department, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.

Abstract

Soil erosion is a global problem that threatens water and soil resources and land use change is one of the important factors in soil erosion intensification. The aim of this study was to evaluate the effect of land use change on soil erosion in Razeychay watershed of Meshginshahr located in Ardabil province. First, Landsat images of the study area in May 1999, and 2019 and were obtained from USGS website. In the image processing stage, atmospheric and radiometric corrections have been conducted, and then the land use maps of the study area has been prepared for study years using support vector machine (SVM) as a supervised classification method. Then, the RUSLE model was used to estimate the amount of erosion in the two time span. SPSS, Excel, Arc GIS 5.4, Arhydro and ENVI 5.3 software were used to spatial analysis and data processing.

The results showed that, rangeland, irrigated farming and bare lands have decreased during the last twenty years. While, the extent of dry farming and residential area have increased. Meanwhile, the highest change is related to dry farming (an increase of 27.69 hectares). According to the results of erosion modeling, the rate of erosion from 1999 to 2019 has decreased from 6.49 to 6.46 tons per hectare per year.

Keywords: Land Use, Erosion, Support Vector Machine, Razeychay.

<p>Citation: Abedini, M.; Bahraminia Gojabeiglo, F. ; Mostafazadeh, R.; Pasban, A.H. (2023), Investigating the Effect of Land Use Change on Soil Erosion and Sediment Yield in Razeychay Watershed During Past 20 Years, Journal of Geography and Environmental Studies, 12 (45), 114-133. Dor: 20.1001.1.20087845.1402.12.45.7.9</p>	
<p>Copyrights: Copyright for this article is retained by the author (s), with publication rights granded to Journal of Geography and Environmental Studies. This is an open – access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0), which permits unrestricted use, distribution and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.</p>	

مقاله پژوهشی

بررسی تاثیر تغییرات کاربری اراضی در یک دوره بیست سال بر میزان فرسایش و رسوب حوضه رضی چای

موسی عابدینی*

استاد گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

فریده بهرام نیا قوجه‌بیگلو

کارشناسی ارشد، گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

رئوف مصطفی‌زاده

دانشیار گروه منابع طبیعی و عضو پژوهشکده مدیریت آب، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

امیرحسام پاسبان

دانشجوی دکتری گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

چکیده

فرسایش خاک یک مشکل جهانی است که منابع آب و خاک را تهدید می‌کند و تغییرات کاربری اراضی یکی از عوامل مهم در فرسایش خاک است. هدف از این پژوهش ارزیابی اثر تغییرات کاربری اراضی بر فرسایش خاک در حوضه آبخیز رضی چای مشکین شهر در استان اردبیل است. به منظور اجرای این تحقیق ابتدا تصاویر ماهواره‌ای منطقه مورد مطالعه مربوط به سال‌های ۱۳۷۸ و ۱۳۹۸ و ماه خرداد از مرکز تحقیقات زمین‌شناسی آمریکا دریافت و پس از تصحیحات اتمسفری و رادیومتریکی با استفاده از روش طبقه‌بندی نظارت‌شده به شیوه ماشین بردار پشتیبان اقدام به تهیه نقشه کاربری اراضی در هر دو سال شد. سپس به منظور برآورد میزان فرسایش در هر دو سال از مدل RUSLE استفاده شد. جهت تجزیه و تحلیل و تولید نقشه‌ها در اجرای این تحقیق نیز از نرم‌افزارهای ArcGIS 5.4، Excel، SPSS 21، Archydro، ENVI 5.3 استفاده شد. نتایج این تحقیق نشان داد که در طول بیست سال اخیر کاربری‌های مرتع، زراعت آبی، بایر در منطقه کاهش و در مقابل سطح اراضی زراعی دیم و مسکونی افزایش یافته است. در این بین بیش‌ترین تغییر مربوط به افزایش ۲۷/۶۹ هکتاری اراضی زراعی دیم در منطقه می‌شود. هم‌چنین نتایج بررسی تغییرات فرسایش نشان داد میزان فرسایش از سال ۱۳۷۸ تا ۱۳۹۸ از ۶/۴۹ به ۶/۴۶ تن در هکتار در سال کاهش یافته است. نتایج این تحقیق نشان داد که علی‌رغم افزایش سطح اراضی زراعی دیم در منطقه به دلیل کاهش سطح اراضی بایر و تقویت پوشش گیاهی در این منطقه میزان فرسایش به میزان اندکی کاهش یافته است که این امر نشان‌دهنده تاثیر تغییرات کاربری اراضی به خصوص تقویت پوشش گیاهی در کنترل میزان فرسایش در منطقه مورد مطالعه است.

کلمات کلیدی: کاربری اراضی، فرسایش، ماشین بردار پشتیبان، رضی چای.

تاریخ ارسال: ۱۴۰۱/۰۳/۰۲

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۰۳/۲۳

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۴/۲۵

نویسنده مسئول: موسی عابدینی، استاد گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه محقق اردبیلی abedini@uma.ac.ir

مقدمه

فرسایش خاک، یک فرآیند طبیعی است که سطح از دست رفتگی خاک توسط عوامل محیطی مختلف نظیر آب و هوا، خاک، توپوگرافی و پوشش گیاهی را موجب می‌شود (عبیات و همکاران، ۱۴۰۰). با این حال، مداخلات انسانی از طریق تغییر کاربری زمین و فعالیت‌های کشاورزی و ساختمانی می‌تواند این جریان را تسریع بخشد (ونکر و همکاران^۱، ۲۰۱۹). از این جهت امروزه فرسایش خاک ناشی از تغییر کاربری زمین به مهم‌ترین مسئله تخریب زمین در سراسر جهان تبدیل شده که دگرگونی فرم اراضی و اختلال کارکردهای اصلی اکوسیستم از پیامدهای این واکنش‌های ژئومورفیکی آن است (پائول و همکاران^۲، ۲۰۱۹). این واکنش‌های ژئومورفولوژیکی تشدید فرسایش خاک و افزایش تعداد مناطق آسیب‌پذیر را به همراه دارد (آسیس و همکاران، ۲۰۲۱). در مطالعات اخیر بیان شده که خصوصیات چشم‌انداز حوضه‌های آبخیز می‌تواند حدود ۵۶ تا ۴۷ درصد تغییرات کاربری را در فرسایش خاک و بازده رسوب پاسخ دهد (اویانگ و همکاران^۳، ۲۰۱۸). زیرا کاربری اراضی بازتاب کنش‌های میان انسان و حیط زیست و نیز توصیف‌کننده نحوه بهره‌برداری متنوع انسان از فضا است (رن و همکاران^۴، ۲۰۱۹). تاکنون مطالعات متعددی در رابطه با موضوع تغییر کاربری‌ها و تأثیر آن بر فرسایش خاک در مناطق مختلف به انجام رسیده است. فارسی و یوسفی (۱۳۹۲)، به منظور آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از داده‌های سنجنش از دور در دشت بجنورد پرداختند. نتایج نشان داد که تغییرات گسترده‌ای در منطقه مورد مطالعه بوده است به طوری که اراضی دیم و مراتع روندی کاهشی را در بازه زمانی مورد مطالعه داشته است. اراضی کشاورزی آبی و باغات نیز تا سال ۱۳۸۵ روند کاهشی و در بازه زمانی بعدی تا سال ۱۳۹۲ روندی افزایشی داشته است. واعظی و همکاران (۱۳۹۶)، به ارزیابی مدل RUSLE همراه شده با سنجنش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در عرصه‌های زهکش کوچک در منطقه نیمه‌خشک شمال غربی ایران پرداختند. نتایج نشان داد میانگین هدررفت خاک برآوردی ۴۳/۶۸ تن در هکتار در سال در عرصه‌های زهکش بود. بر اساس نتایج به نظر رسید که از یک سو عامل‌های فرسایش‌پذیری خاک، شیب و عملیات حفاظت خاک نقش موثری در پیش برآورد مدل دارند و از سوی دیگر متغیرهایی مانند شکل شیب و خصوصیات آبراهه وجود داشته باشند در تعیین هدررفت خاک در منطقه موثر می‌باشند. فیضی‌زاده (۱۳۹۷)، تغییرات کاربری اراضی و نقش آن در فرسایش حوضه سد علویان در شهرستان مراغه استان آذربایجان شرقی را مورد بررسی قرار داد و نتیجه گرفت که تبدیل اراضی مرتعی پر تراکم به مرتع کم تراکم و زراعت دیم مهم‌ترین عامل در فرسایش منطقه است. محمدنژاد و همکاران (۱۳۹۹)، به بررسی روند تغییرات کاربری اراضی شهرستان نیر واقع در استان اردبیل و تأثیر آن بر فرسایش خاک (بین سال‌های ۲۰۰۰-۲۰۱۶) با استفاده از تکنیک سنجنش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی پرداختند. نتایج نشان داد که به‌طور عمده مناطق با طبقه بسیار پر خطر و پر خطر در هر دو دوره زمانی در کاربری‌های زراعت دیم و زراعت آبی - باغات قرار دارند. سراخانرود و همکاران (۱۳۹۹)، به بررسی تغییر کاربری اراضی با استفاده از روش‌های پیکسل پایه و شی گرا و تحلیل اثرات تغییر کاربری‌ها بر فرسایش خاک در شهرستان مراغه استان آذربایجان شرقی پرداختند. با توجه به نتایج پهنه‌بندی خطر فرسایش سال ۲۰۰۰ به ترتیب ۹/۰۸ و ۱۵/۸۸ درصد و با توجه به پهنه‌بندی فرسایش سال ۲۰۱۷ به ترتیب ۱۳/۶۶ و ۲۹/۷۶ درصد از مساحت شهرستان در دو طبقه بسیار پر خطر و پرخطر قرار دارند. هم‌چنین نتایج نشان داد که در دوره یاد شده افزایش کاربری باغات متراکم، باغات کم تراکم، مسکونی و صنعتی، تخریب و تبدیل شدن اراضی مرتعی و اراضی دیم در سطح قابل توجهی صورت گرفته است که نقش مهمی

¹ Vanacker et al

² Paul et al

³ Ouyang et al

⁴ Ren et al

در افزایش آسیب پذیری منطقه مورد مطالعه در مقابل فرسایش خاک دارد. نتایج این تحقیق نشان داد که پایش تغییرات کاربری اراضی با استفاده از روش شی گرا در صورت رعایت کردن تمامی پارامترها نتایج مناسب تری ارائه می دهد. امانپور و همکاران (۱۴۰۰) به بررسی اثر تغییر کاربری اراضی بر فرسایش خاک و تولید رسوب در حوزه رامهرمز با استفاده از طبقه بندی شی گرا و مدل RUSLE پرداختند و نتایج این تحقیق نشان داد که مناطق مسکونی، اراضی بایر و زراعت دیم در منطقه افزایش داشته و در مقابل پهنه های آبی، مراتع و زراعت آبی در منطقه کاهش یافته اند. نتیجه تغییر این مساحت ها کاهش پوشش طبیعی خاک و افزایش فرسایش در منطقه مورد مطالعه بود. واسیگ^۱ و همکاران (۲۰۱۳)، با استفاده از تصاویر ماهواره ای و به کمک نتایج کمی موجود مثل نقشه های توپوگرافی ۱/۵۰۰۰۰ و عکس های هوایی و نقشه های موجود و تصاویر ماهواره ای لندست TM و ETM+، به شناسایی تغییرات رخ داده در سطح زمین در حوضه کاگرا در دریاچه ویکتوریا در طول یک قرن گذشته پرداختند. هم چنین برای ارزیابی صحت طبقه بندی نیز از ضریب کاپا استفاده کردند. نتایج این تحقیق نشان داد که بین سال های ۱۹۰۱ تا ۲۰۱۰ سطح اراضی کشاورزی و غلات افزایش، چوب زارها کاهش، اراضی جنگلی کاهش و اراضی ساوان نیز با کاهش روبرو بوده است. سانتوس و همکاران (۲۰۱۷)، به بررسی تغییرات کاربری اراضی و نقش آن در فرسایش خاک در کشور برزیل پرداختند و نتایج نشان داد که سطح زمین های کشاورزی و مراتع کاهش یافته و میزان فرسایش در این مناطق ۱۰ برابر افزایش یافته است. سینگ (۲۰۲۰)، به بررسی تغییرات کاربری اراضی بر روی تالاب ها را در ایالت پنجاب کشور هندوستان پرداخت و نتایج نشان داد که در طی بازه زمانی ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۸ تأثیرات منفی عوامل انسانی هم چون کشت بی رویه و عدم اختصاص حق آبه مورد نیاز تالاب سبب کاهش وسعت پهنه آبی و نیز فرسایش خاک شده است. راوات^۲ و همکاران (۲۰۱۸)، به منظور ارزیابی و اندازه گیری میزان آسیب پذیری فرسایش خاک در حوضه آبریز ناحیه الله آباد از ایالت اوتار پرادش هند را با استفاده از RUSLE و GIS انجام دادند. نتایج بررسی آن ها نشان داد که پوشش گیاهی فرسایش خاک را متوقف می کند. لذا با توجه به موارد ذکر شده و هم چنین اهمیت مطالعه تغییر کاربری ها و نقش آن در فرسایش خاک در گذر زمان بررسی تاثیر تغییرات کاربری اراضی در یک دوره بیست سال بر میزان فرسایش و رسوب حوضه رضی چای مورد مطالعه قرار گرفت.

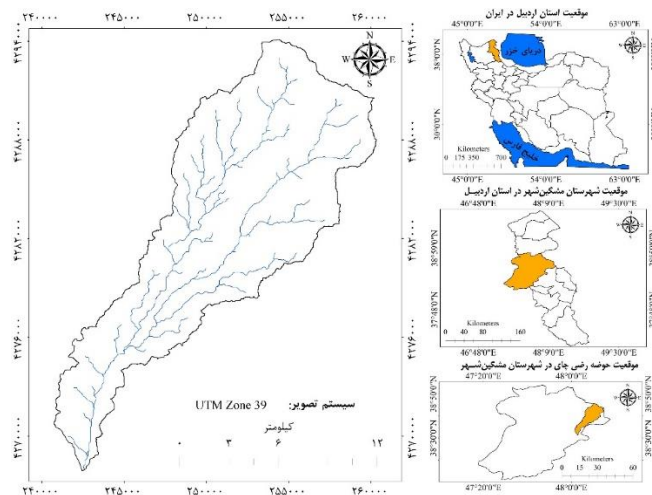
روش تحقیق

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در این تحقیق حوضه آبخیز رضی چای است. این حوضه به مساحت ۱۸۰/۱۵ کیلومتر مربع در استان اردبیل و در شرق شهرستان مشکین شهر واقع شده است. از نظر سیستم مختصات نیز در حدفاصل ۲۴۰۷۶۰ تا ۲۶۰۳۳۵ طول شرقی و ۴۲۶۷۹۰۳ تا ۴۲۹۴۱۰۳ عرض شمالی و در زون ۳۹ شمالی قرار گرفته است. مرتفع ترین نقطه حوضه، دارای ارتفاع ۲۴۸۰ متر بوده که در قسمت شمالی حوضه و پست ترین نقطه حوضه دارای ارتفاع ۱۱۳۳ متر است که قسمت خروجی حوضه در محل به هم پیوستن رودخانه رضی چای به قره سو در جنوب غربی حوضه واقع شده است. این حوضه از کاربری اراضی نسبتاً متنوع هم چون مرتع، کشاورزی آبی، کشاورزی دیم، اراضی بایر و مناطق مسکونی روستایی برخوردار است. سد مخزنی سبلان با ظرفیت حجم مخزن ۱۰۵ میلیون متر مکعب در تراز نرمال در حدود ۷/۵ کیلومتری خروجی حوضه رضی چای در جهت شرق آن قرار گرفته است. در شکل (۱) موقعیت حوضه قره سو به همراه شبکه رودخانه در بالادست آن نشان داده شده است.

¹ Wasige

² Rawat



شکل (۱): موقعیت حوضه رضی چای در شهرستان، استان و کشور، منبع نویسندگان

مواد و روش‌ها

در این پژوهش، جهت تجربه تحلیل داده‌های بارش ازداده‌های سه ایستگاه باران‌سنجی خلیفه‌لو، ارباب‌کندی و خوش‌آباد استفاده شد. ایستگاه باران‌سنجی خلیفه‌لو در داخل حوضه رضی چای و دو ایستگاه دیگر در مجاورت حوضه قرار گرفته‌اند. در جدول (۱)، اطلاعات ایستگاه‌های مورد مطالعه ارائه شده است. لازم به ذکر است که کیفیت داده‌ای مورد استفاده، قبل از وارد شدن در مراحل تجزیه و تحلیل آماری، مورد بررسی قرار گرفت و پس از رفع نواقص آماری احتمالی و هم‌چنین بررسی پرت بودن داده‌ها، وارد مرحله تجزیه و تحلیل آماری شد. جهت بررسی نرمال بودن توزیع داده‌ها از آزمون کولموگروف اسمیرنوف^۱ استفاده شد.

در پردازش تصاویر ماهواره‌ای، انتخاب زمان مناسب تصاویر اخذ شده جهت تهیه نقشه کاربری اراضی، بسیار مهم است، بنابراین در پژوهش حاضر تصاویر چندزمانه سری لندست شامل لندست ۷ و ۸ با سنجده‌های ETM+ و OLI در شرایط بدون ابرناکی (باسکولاً^۲ و همکاران، ۲۰۱۷) در اواسط خرداد (ماه June) سال‌های ۱۳۷۹ و ۱۳۹۸ شمسی (۲۰۰۰ و ۲۰۱۹ میلادی) از طریق سایت نقشه‌برداری زمین‌شناسی آمریکا (USGS^۳) دریافت شد. با توجه به فصل رویش گیاهان مرتعی و زمان‌بندی کشت و برداشت محصولات زراعی، به نظر می‌رسد که تصاویر مربوط به اواسط خرداد، برای تهیه نقشه کاربری اراضی مناسب باشد. تصویر سال ۱۳۷۹ مربوط به لندست ۷ است. لندست ۷ دارای ۸ باندها است که باندهای ۱ تا ۵ و هم‌چنین باندها ۷ آن نیز به‌عنوان باندهای طیفی دارای قدرت تفکیک مکانی ۳۰ است. تصویر سال ۱۳۹۸ مربوط به لندست ۸ است. اطلاعات این ماهواره دارای ۱۱ باند است که باندهای ۱ تا ۶ و ۷ آن به‌عنوان باندهای طیفی به‌ترتیب دارای قدرت تفکیک مکانی ۳۰ و ۶۰ متر است. در این پژوهش اطلاعات تمامی باندهای طیفی تصاویر مذکور جهت طبقه‌بندی کاربری اراضی مورد استفاده قرار گرفت. در جدول (۲) مشخصات تصاویر ماهواره‌ای مورد استفاده ارائه شده است. هم‌چنین در این پژوهش از نرم‌افزارهای Arc GIS 5.4، Excel، SPSS 21، ENVI 5.3 و Archydo جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها و تهیه نقشه‌ها استفاده شد.

جدول (۱): موقعیت برخی مشخصات ایستگاه‌های مورد مطالعه

نام ایستگاه	طول شرقی	عرض شمالی	ارتفاع	سال تاسیس	رودخانه
ارباب‌کندی	۲۴۰۸۰۵/۶۷	۴۲۶۵۰۳۵/۹۷	۱۱۷۴	۱۳۷۳	قره‌سو
خلیفه‌لو	۲۵۰۹۰۱/۵۷	۴۲۸۵۷۲۱/۲۱	۱۶۲۴	۱۳۶۸	رضی چای
خوش‌آباد	۲۷۰۰۶۱/۲۲	۴۲۷۲۷۱۹/۷۱	۱۵۵۰	۱۳۷۳	قره‌سو

^۱ Kolmogrov-smirnov

^۲ Basukala

^۳ United States Geological Survey

جدول (۲): مشخصات تصاویر ماهواره‌ای استفاده شده در پژوهش

ماهواره	سنجنده	تاریخ میلادی	تاریخ شمسی	گذر	ردیف
لندست ۷	+ETM	05 June 2000	۱۶ خرداد ۱۳۷۹	۱۶۷	۳۳
لندست ۸	OLI	02 June 2019	۱۲ خرداد ۱۳۹۸	۱۶۷	۳۳

پیش‌پردازش تصاویر

تصحیحات رادیومتریک شامل آن دسته از تصحیحات می‌باشند که تنها روی درجات خاکستری اعمال شده و فقط با تغییر مقادیر آن‌ها به صورت مجزا (به صورت پیکسل به پیکسل)، سعی در جبران بعضی خطاهای موجود دارند. از عمده موارد خطاهای رادیومتریکی عبارت‌اند از: خطوط جا افتاده، خطای نوار نوار شدن، خطاهای اتمسفری، خطاهای دستگاهی و نویزها (کانتاکومار و نلامستی، ۲۰۱). پس از دریافت تصاویر ماهواره‌ای مذکور، کنترل کیفیت داده‌ها، وجود خطاهای اتمسفری، هندسی و رادیومتری با برنامه ENVI 5.3 مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به این که تصاویر دریافتی دارای سیستم مختصات بود و از صحت هندسی بالایی برخوردار بود، بنابراین نیازی به تصحیح هندسی نبود. در تمامی تصاویر دریافتی تصحیح رادیومتریک انجام شد. به منظور اطمینان از بازبانی دقیق اطلاعات طیفی تصاویر، جهت تصحیح اتمسفری اعمال شد. اتمسفر زمین از ذرات مایع، جامد و گاز تشکیل شده است که بسیاری از این ذرات سبب جذب^۱، انتشار^۲ و پراکندگی^۳ اپتیکی می‌شوند. سیگنال دریافتی در ماهواره، تابش نوری^۴ از سطح زمین و اتمسفر است که به صورت مستقیم از طریق سنسور ثبت می‌شود. تابش اندازه‌گیری شده در سنسور به تابش^۵ TOA معروف است. هدف از تصحیحات اتمسفری تبدیل تابش TOA اشیاء به بازتاب از سطح زمین است (کانتاکومار و نلامستی^۶، ۲۰۱۵). زمانی که از تصاویر چندزمانه جهت طبقه‌بندی کاربری اراضی استفاده می‌گردد، توصیه شده است که تصحیح اتمسفری تصاویر انجام گردد (کانتاکومار و نلامستی، ۲۰۱۵) و از طرف دیگر برای محاسبه شاخص NDVI، تصحیح رادیومتریکی ضرورت دارد (نگوین و فام^۷، ۲۰۱۶). بنابراین ابتدا جهت تصحیح رادیومتریکی، مقادیر^۸ DN تصویر به تابش^۹ کالیبره شد (تا کر^{۱۰} و همکاران، ۲۰۱۷)، سپس با استفاده از ماژول^{۱۱} FLAASH تصحیح اتمسفری اعمال شد (کانتاکومار و نلامستی، ۲۰۱۵). این ماژول توانایی اصلاح طول موج در ناحیه مرئی و مادون قرمز نزدیک^{۱۲} و مادون قرمز نزدیک موج کوتاه^{۱۳} تا بالای ۳ میکرومتر را دارا است (کانتاکومار و نلامستی، ۲۰۱۵). پارامترهای مورد نیاز برای تصحیح اتمسفری هم چون تاریخ و ساعت تصویربرداری از اطلاعات فایل متنی^{۱۴} که ضمیمه تصاویر است، استخراج شد. هم چنین از DEM ۳۰ متری سنجنده ASTER جهت استخراج ارتفاع متوسط زمین، برای تصحیح اتمسفری استفاده شد. در نهایت تصویر ماهواره‌ای با استفاده از فایل وکتوری مرز حوضه رضی جای جدا شد.

طبقه‌بندی ماشین بردار پشتیبان

با توجه به ویژگی‌های روش‌های مختلف، قابلیت‌های SVM به‌عنوان روشی کارا برای ارزیابی داده‌های طیفی مورد بررسی قرار گرفته است. این روش با استفاده از داده‌های آموزشی کم از خواص هندسی داده‌ها برای طبقه‌بندی استفاده می‌کند. هم چنین SVM

¹Absorption

²Diffusion

³Scattering

⁴Emergent Radiation

⁵Top of Atmosphere

⁶ Kantakumar and Neelamsetti

⁷ Nguyen and Pham

⁸Digital Numbers

⁹Radiance

¹⁰ Thakkar

¹¹Fast Line of sight Atmospheric Analysis of Spectral Hyper cubes

¹²Near-Infrared

¹³Shortwave Infrared

¹⁴ MTL

از توابع کرنلی برای انتقال داده‌های غیرخطی در فضای ورودی به داده‌های خطی در فضای ویژگی استفاده می‌کند (زلفی باروق، ۱۳۹۰). این الگوریتم پس از یک طبقه‌بندی اولیه، با استفاده از کلاس هر پیکسل و همسایه‌هایش به صورت سلسله مراتبی تصمیم‌گیری می‌کند. تصمیم‌گیری در هر یک از سطوح این طبقه‌بندی‌کننده به وسیله یک ماشین بردار پشتیبان انجام می‌شود (مانترو^۱ و همکاران، ۲۰۰۵). الگوریتم SVM در واقع یک الگوریتم طبقه‌بندی‌کننده دودویی است که دو کلاس را با استفاده از یک مرز خطی از هم جدا می‌کند. در این روش با استفاده از تمامی باندها و یک الگوریتم بهینه‌سازی، نمونه‌هایی که مرزهای کلاس‌ها را تشکیل می‌دهند به دست می‌آورند، این نمونه‌ها را بردارهای پشتیبان گویند. تعدادی از نقاط آموزشی که کم‌ترین فاصله تا مرز تصمیم‌گیری را دارند می‌توانند به عنوان زیر مجموعه‌ای برای تعریف مرزهای تصمیم‌گیری و به عنوان بردار پشتیبان در نظر گرفته شوند (واپنیک و چرونونکیس^۲، ۱۹۹۱).

۱. ارزیابی فرسایش خاک

در این پژوهش جهت برآورد میانگین سالانه فرسایش خاک از مدل RUSLE استفاده شد. مدل RUSLE تابعی از ۶ فاکتور ورودی شامل فرسایندها (R)، فرسایش‌پذیری خاک (K)، طول و درجه شیب (LS)، مدیریت پوشش گیاهی (C) و عملیات حفاظتی (P) است.

حساسیت خاک به فرسایش، تابعی از خصوصیات خاک است و تغییر خصوصیات خاک با کاربری اراضی و توپوگرافی در ارتباط است (پرادهان^۳ و همکاران، ۲۰۱۲). فرسایش خاک بر اساس مدل RUSLE با استفاده از رابطه ۱، محاسبه می‌شود (ویشمایر و اسمیت^۴، ۱۹۷۸):

$$A=R.K.LS.C.P \quad (1)$$

در این رابطه A میانگین فرسایش خاک در واحد سطح (تن در هکتار در سال)، R فاکتور فرسایندها (باران $\text{mm h}^{-1} \text{y}^{-1} \text{h}^{-1}$)، K فاکتور فرسایش‌پذیری خاک ($\text{t h MJ}^{-1} \text{mm}^{-1}$)، LS فاکتور توپوگرافی، C فاکتور پوشش گیاهی و P فاکتور عملیات حفاظتی خاک است. LS و C و P بدون واحد می‌باشند.

۲. عامل فرسایندها (R)

مفهوم فرسایندها (R) باران توسط ویشمایر و اسمیت به منظور لحاظ تأثیر اقلیم بر فرسایش خاک ارائه شد. پتانسیل باران در ایجاد فرسایش، فرسایندها (R) نامیده می‌شود که تابعی از خصوصیات فیزیکی بارندگی است و با انرژی مستقیم باران، انرژی جنبشی بارندگی و حداکثر شدت بارندگی ۳۰ دقیقه‌ای در ارتباط است (ویشمایر و اسمیت، ۱۹۷۸). در منطقه مورد مطالعه ایستگاه‌های مجهز به باران‌نگار وجود ندارد، در صورت عدم وجود چنین ایستگاه‌هایی معمولاً از شاخص‌هایی مبتنی بر مقادیر بارش‌های سالانه و ماهانه مثل شاخص فورنیه در مدل‌های USLE و RUSLE استفاده می‌شود (رنارد و فرموند، ۱۹۹۴). بنابراین شاخص اصلاح شده فورنیه بر اساس رابطه ۲ برای تمامی ایستگاه‌ها محاسبه، سپس با جاگذاری این شاخص در رابطه‌های بعدی که برای مناطق فاقد داده‌های تفصیلی شدت بارندگی پیشنهاد شده است (رنارد و فرموند، ۱۹۹۴)؛ مقدار فاکتور R برای ایستگاه‌های هواشناسی برآورد شد. ابتدا انتخاب ایستگاه‌های مناسب از نظر طول دوره آماری، انتخاب پایه زمانی مشترک، کنترل کیفی، همگن‌سازی و رفع نواقص قبل از محاسبه شاخص مبتنی بر مقدار بارندگی در ایستگاه‌های باران‌سنجی انجام شد. برای انجام این تحقیق داده‌های بارش

¹ Mantero

² Vapnik and Chervonenkis

³ Pradhan

⁴ Wischmeier and Smith

از دوره آماری ۱۰ ساله ایستگاه باران‌سنجی موجود در داخل و اطراف حوضه کسب شد. سپس با استفاده از روابط (۴ و ۳ و ۲) مقدار R مورد محاسبه قرار گرفت.

$$MFI = \sum_{i=1}^{12} P_i^2 / P \quad (2)$$

که در این رابطه P_i متوسط بارندگی به میلی‌متر در ماه i و P متوسط بارندگی سالیانه (میلی‌متر) است.

$$R = 0.07397 \times MFI^{1.847} \quad MFI < 55 \text{ mm} \quad (3)$$

$$R = (95.77 - 6.081 \times F + 0.4770 \times MFI^2) / 1 \quad MFI \geq 55 \text{ mm} \quad (4)$$

در این رابطه R متوسط فرسایش بر حسب $Mj.mm.ha^{-1}.h^{-1}.month^{-1}$ برای دوره آماری، n تعداد سال‌های آماری، m_j تعداد حوادث فرسایش برای ماه z و $EL30$ میزان فرسایش برای باران برای رخداد K است. فرسایش برای هر رخداد بارش بر اساس رابطه ۷ به دست می‌آید:

پس از محاسبه عامل R در سه ایستگاه باران‌سنجی مورد مطالعه، تغییرات مکانی آن با استفاده از روش درون‌یابی عکس فاصله وزنی (IDW) مورد بررسی و نقشه تغییرات مکانی عامل R تهیه شد.

۳. عامل فرسایش‌پذیری خاک (K)

عامل فرسایش‌پذیری خاک بیانگر حساسیت ذاتی خاک به فرسایش است و سهولت جدا شدن ذرات خاک بر اثر انرژی جنبشی قطرات باران و انتقال آن‌ها به وسیله نیروی رواناب را نشان می‌دهد (کیانی هرچگانی و همکاران، ۱۳۹۷). مورگان برای ضریب فرسایش‌پذیری خاک‌های مختلف اعدادی را پیشنهاد نموده است که در جدول (۳)، نشان داده شده است (احمدی، ۱۳۸۸). به منظور تهیه نقشه عامل فرسایش‌پذیری خاک (K) از نقشه بافت خاک ۱:۲۵۰۰۰۰ ایران و اطلاعات جدول (۳)، استفاده شد.

جدول (۳): ضریب فرسایش‌پذیری خاک (K)، منبع: احمدی، ۱۳۸۸.

K	وضعیت خاک	K	وضعیت خاک
۰/۱	اراضی مقاوم به فرسایش	۰/۵	خاک سطحی با پوشش سنگریزه‌ای
۰/۴۲	خاک‌های ماسه‌ای نرم	۰/۱۶	خاک‌های ماسه‌ای
۰/۴۲	خاک‌های لومی با ماسه بسیار ریز	۰/۱۲	خاک‌های لومی شنی
۰/۳۷	خاک‌های لومی	۰/۴۸	خاک‌های سیلتی لومی
۰/۳۷	خاک‌های لومی رسی	۰/۲۵	خاک‌های سیلتی رسی

۴. فاکتور توپوگرافی (LS)

فاکتور درصد شیب، تابعی از درجه شیب و منعکس‌کننده اثر درجه شیب بر مقدار فرسایش است. فاکتور طول شیب نیز تابعی از طول شیب اندازه‌گیری شده بر حسب متر است. حاصل ضرب دو فاکتور یاد شده، به عنوان فاکتور توپوگرافی شناخته می‌شود (تیوبی و همکاران، ۲۰۰۸). برای تهیه نقشه فاکتور توپوگرافی، از مدل رقومی ارتفاعی منطقه استفاده شد. فاکتور توپوگرافی نیازمند نقشه‌های تجمیع جریان و شیب است که از نقشه مدل رقومی ارتفاعی استخراج می‌شوند و در نهایت با استفاده از رابطه ۵، فاکتور توپوگرافی به دست می‌آید.

$$LS = [(Flow \ accumulation \ grid) \times (cell \ size / 22.13)]^{0.4} \times [Sin \ (slope \ grid \times 0.01745) / 0.0896]^{1.3} \quad (5)$$

که در آن $Flow \ Accumulation$ تجمع جریان به سمت بالای شیب برای هر سلول، $Cell \ Size$ اندازه سلول‌های شبکه و $Slope$ شیب، به دست آمده از نقشه شیب است. از عدد ۰/۰۱۷۴۵ برای تبدیل واحد به رادیان در محیط GIS استفاده می‌گردد.

¹ Inverse distance weighting

۵. فاکتور پوشش گیاهی (C)

فاکتور پوشش گیاهی بیانگر نسبت مقدار خاک از بین رفته از زمین زیر کشت، به خاک فرسوده شده از همان قطعه زمین در طی آیش مداوم و عاری از پوشش یا بقایای گیاهی است (ویشمیر و اسمیت، ۱۹۷۸). مقدار عامل پوشش گیاهی از رابطه ۶، محاسبه می شود (ون در نیف^۱ و همکاران، ۲۰۰۰).

$$C = \exp(-\alpha \text{NDVI} / \beta - \text{NDVI}) \quad (۶)$$

که در آن NDVI شاخص تفاوت پوشش گیاهی نرمال شده $\alpha-2$ و $\beta-1$ پارامترهایی هستند که شکل رابطه منحنی بین NDVI و C را مشخص می کنند. در پژوهش حاضر نقشه عامل پوشش گیاهی (C) با استفاده از شاخص پوشش گیاهی سال های ۱۳۷۹ و ۱۳۹۸ و رابطه ۶ تهیه شد.

۶. عامل عملیات حفاظتی خاک (P)

عامل کارهای حفاظتی را به عنوان مقدار خاک از بین رفته در واحد سطح یک زمین حفاظت شده، به زمینی که لخت باشد و در جهت تندترین شیب و شخم خورده باشد، تعریف کرده اند. هر چه مقدار این عامل کم تر باشد، کارهای حفاظتی مؤثرتر و هدررفت خاک کم تر است (محمدی^۲ و همکاران، ۲۰۱۸). در پژوهش حاضر مقدار فاکتور P براساس پوشش اراضی و از طریق طبقه بندی مجدد هر تپ پوشش زمین تعیین شد. در منطقه مورد مطالعه هیچ گونه عملیات اصلاحی و مدیریتی صورت نگرفته است. بنابراین ارزش P برای مراتع ۰/۱۵ و برای سایر طبقات پوشش اراضی برابر ۱ در نظر گرفته شد. در این پژوهش نقشه عامل حفاظتی خاک برای سال های ۱۳۷۹ و ۱۳۹۹ تهیه شد.

پس از تهیه نقشه های ۵ عامل مدل RUSLE، با ترکیب مقادیر عامل های مذکور نقشه فرسایش خاک در سال ۱۳۷۹ و ۱۳۹۸ تهیه شد.

۷. بررسی اثر تغییرات کاربری اراضی بر فرسایش خاک

جهت ارزیابی اثر تغییرات کاربری اراضی بر فرسایش خاک، نقشه کاربری اراضی هر سال با نقشه فرسایش خاک همان سال مقایسه شده و برای هر طبقه پوشش، میزان فرسایش و مساحت طبقه فرسایش مشخص شد.

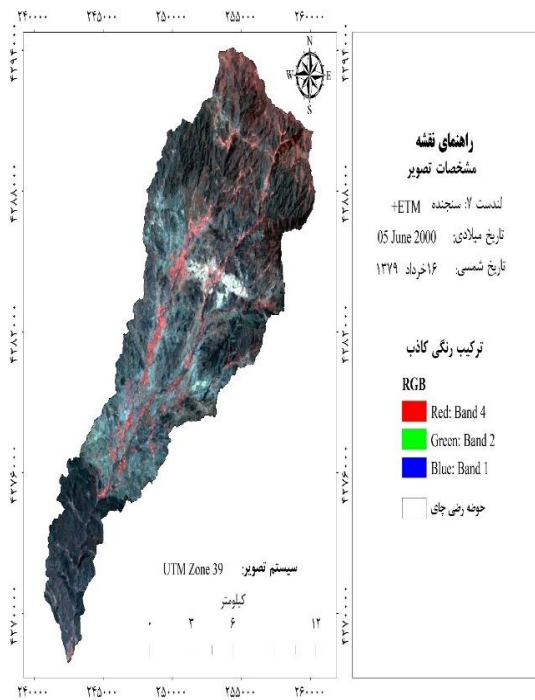
نتایج

تغییرات کاربری اراضی

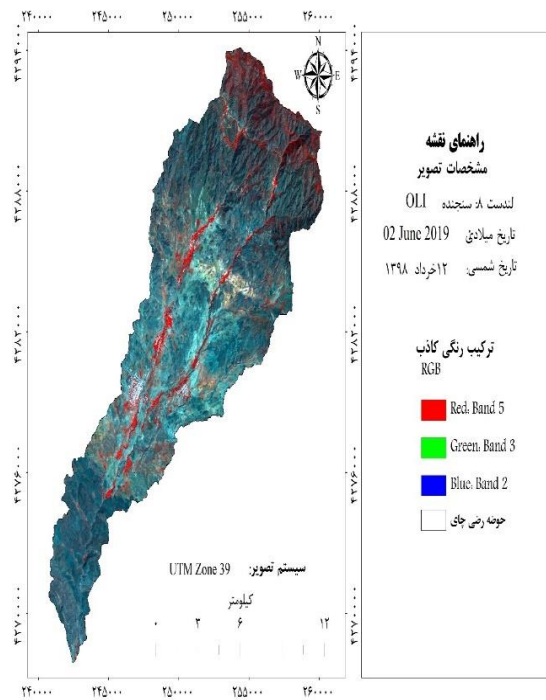
پس از دریافت تصاویر ماهواره ای سری لندست و انجام اصلاحات مربوط به پیش پردازش های اولیه تصاویر ماهواره ای، با استفاده از نقشه مرز حوزه آبخیز رضی چای، تمامی باندهای طیفی تصاویر برش داده شد. در شکل های (۲) و (۳) به ترتیب تصاویر ماهواره ای سال ۱۳۷۸ (لندست ۷) و ۱۳۹۸ (لندست ۸) با ترکیب رنگی کاذب نشان داده شده است. در این ترکیب های باندهای ۲ و ۳ به ترتیب باندهای مادون قرمز، پوشش گیاهی به رنگ قرمز مشاهده می شود. در تصاویر لندست ۷، باند ۴ باند مادون قرمز و باندهای ۲ و ۱ به ترتیب باند سبز و آبی هستند، در حالی که در تصویر لندست ۸، باند ۵ باند مادون قرمز است و باندهای ۳ و ۲ به ترتیب باند سبز و آبی است. همان طور که عنوان شد جهت تفکیک اراضی بایر، مرتع ضعیف، متوسط و خوب از شاخص گیاهی NDVI استفاده شد. در شکل های (۴) و (۵) به ترتیب شاخص NDVI سال های ۱۳۷۸ و ۱۳۹۸ نشان داده شده است. این اشکال امکان بررسی بصری تغییرات پوشش گیاهی را طی سال های مذکور فراهم می کند.

¹ Van Der Knijff

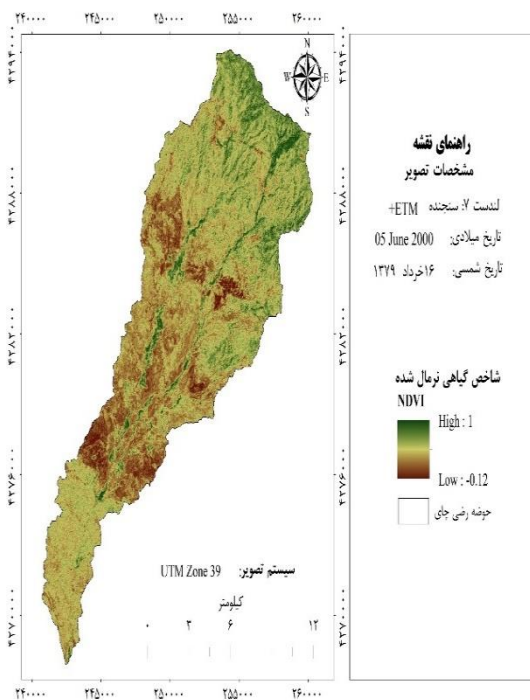
² Mohammadi



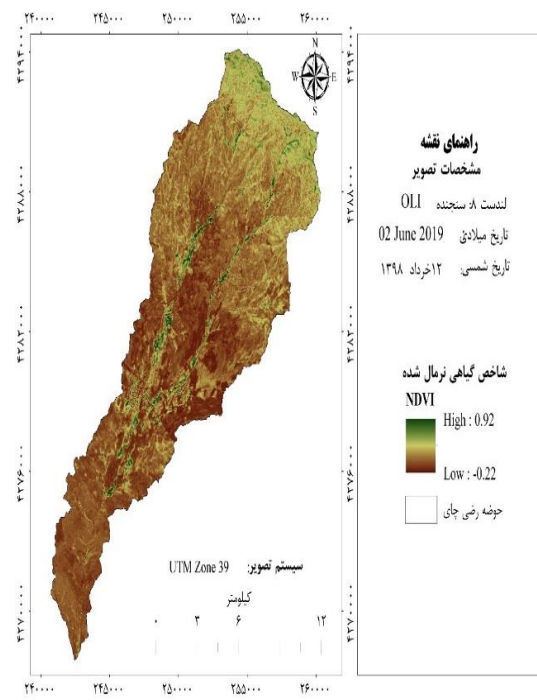
شکل (۲): تصویر ماهواره‌ای لندست ۴ سال ۱۳۷۹ با ترکیب باندی کاذب (باند ۴: مادون قرمز، باند ۲: سبز، باند ۱: آبی)، منبع: نویسندگان



شکل (۳): تصویر ماهواره‌ای لندست ۸ سال ۱۳۹۸ با ترکیب باندی کاذب (باند ۵: مادون قرمز، باند ۳: سبز، باند ۲: آبی)، منبع: نویسندگان



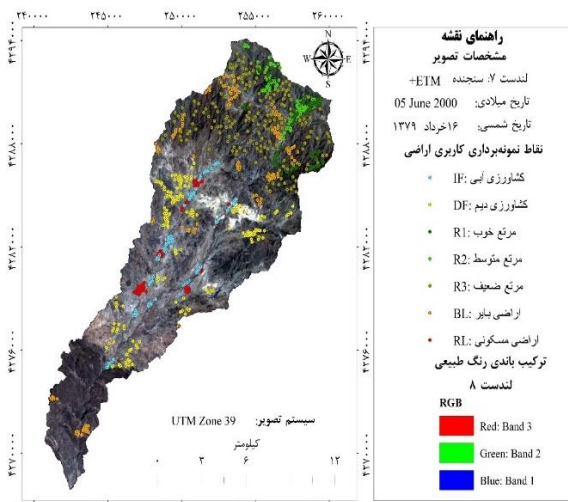
شکل (۴): شاخص NDVI سال ۱۳۷۹، منبع: نویسندگان



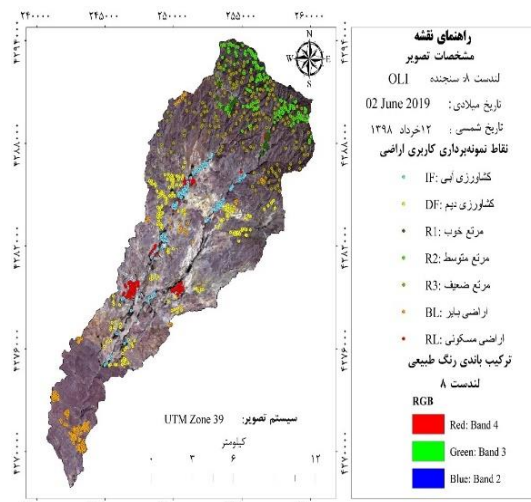
شکل (۵): شاخص NDVI سال ۱۳۹۸، منبع: نویسندگان

پس از برداشت نقاط آموزشی، نقشه کاربری اراضی از طریق روش طبقه‌بندی نظارت شده ماشین بردار پشتیبان تهیه شد. در شکل (۶) و (۷) نقشه مربوط به نقاط نمونه‌برداری سال‌های ۱۳۷۹ و ۱۳۹۸ جهت تهیه کاربری اراضی ارائه شده است. ۷۰ درصد نقاط برداشت شده به صورت تصادفی با استفاده از ابزار موجود در GIS انتخاب و جهت تهیه نقشه کاربری اراضی و از ۳۰ درصد باقی‌مانده جهت اعتبارسنجی نقشه تهیه شده استفاده شد. با توجه به این که در نقشه‌های طبقه‌بندی شده، در اثر تشابه بازتاب طیفی برخی کاربری‌ها، به‌ویژه کاربری اراضی مسکونی و کاربری اراضی بایر داری اختلاط طیفی و در نتیجه خطای قابل ملاحظه‌ای

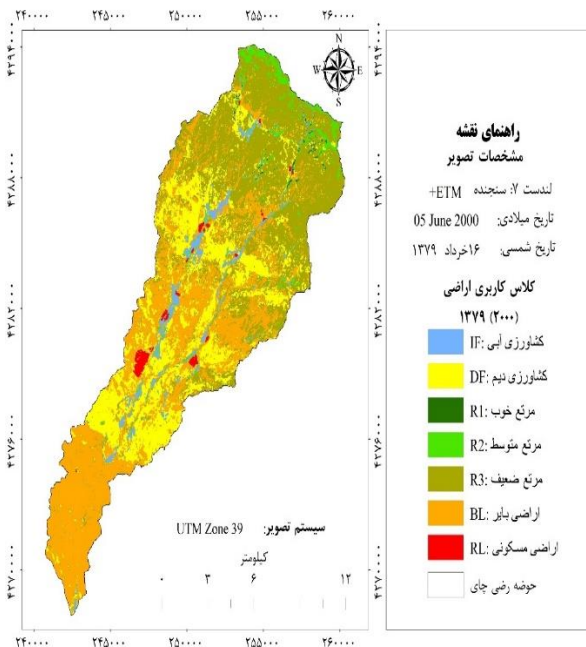
بود، بنابراین ایرادات نقشه‌های طبقه‌بندی شده، در محیط برنامه ArcGIS 10.4 تا حد امکان اصلاح شد. سپس نقشه اصلاح شده طبقه‌بندی کاربری اراضی با نمونه‌های واقعیت زمینی مورد مقایسه و ارزیابی قرار گرفت. در جدول ۴، دقت تولیدکننده و دقت کاربر هر یک از کلاس‌های کاربری اراضی به همراه صحت کل و ضریب کاپا در هر یک از سال‌ها نشان داده شده است. با توجه به نتایج حاصل شده، نقشه‌های کاربری اراضی دارای دقت مطلوبی است، به طوری که صحت کل در سال‌های ۱۳۷۹ و ۱۳۹۸ به ترتیب ۹۰/۸۶ و ۹۲/۷۹ درصد و ضریب کاپا به ترتیب ۰/۸۹۶۸ و ۰/۹۱۵۷ است. شکل‌های (۸) و (۹) نقشه کاربری اراضی را به ترتیب در سال‌های ۱۳۷۹ و ۱۳۹۸ نشان می‌دهد.



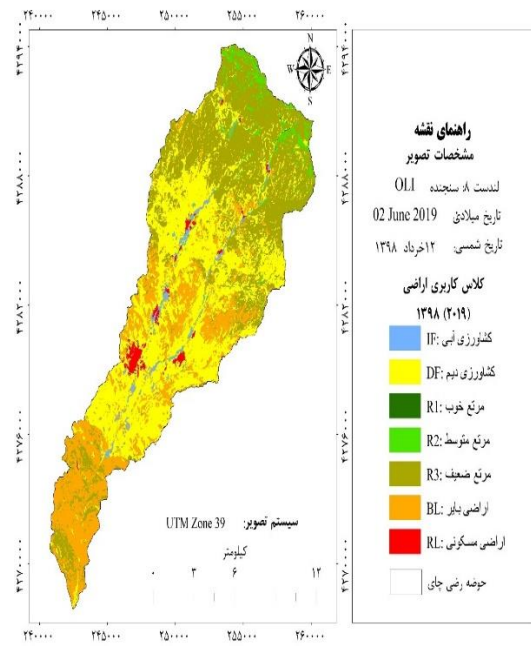
شکل (۶): نقاط نمونه‌برداری کاربری اراضی ۱۳۷۹، منبع: نویسندگان



شکل (۷): نقاط نمونه‌برداری کاربری اراضی ۱۳۹۸، منبع: نویسندگان



شکل (۸): نقشه کاربری اراضی سال ۱۳۷۹، منبع: نویسندگان



شکل (۹): نقشه کاربری اراضی سال ۱۳۹۸، منبع: نویسندگان

جدول (۴): دقت تولیدکننده، دقت کاربر، صحت کل و ضریب کاپا در سال‌های ۱۳۷۹ و ۱۳۹۸، منبع: نویسندگان

تاریخ تصاویر		05-June-2000 (۱۶- خرداد-۱۳۷۹)		02-June-2019 (۱۲- خرداد-۱۳۹۸)	
کلاس کاربری		دقت تولیدکننده	دقت کاربر	دقت تولیدکننده	دقت کاربر
کشاورزی آبی (IF)		۵۲/۸۰	۱۸/۹۱	۳۵/۸۲	۳۵/۸۲
کشاورزی دیم (DF)		۴۲/۹۳	۵۶/۸۲	۰۸/۹۶	۰۰/۹۸
مرتع خوب (R1)		۹۲/۷۲	۸۳/۷۰	۷۴/۱۹	۷۰/۷۰
مرتع متوسط (R2)		۸۶/۹۲	۸۶/۹۲	۹۲/۱۶	۹۷/۹۲
مرتع ضعیف (R3)		۹۴/۲۵	۹۱/۱۱	۰۰/۹۸	۰۰/۹۸
اراضی مسکونی (RL)		۱۰۰	۹۶/۶۳	۱۰۰	۹۸/۰۰
اراضی بایر (BL)		۷۵/۹۵	۹۲/۳۱	۱۰۰	۰۴/۹۸
درصد صحت کل		۸۶/۹۰		۷۹/۹۲	
ضریب کاپا		۸۹۶۸۰/۱		۱۵۷۰/۹	

در جدول ۵، مساحت و درصد مساحت هر یک از کلاس‌های کاربری اراضی در هر یک از سال‌ها ارائه شده است. بر این اساس کلاس کاربری اراضی بایر (BL) و مرتع ضعیف (R3) در سال ۱۳۷۹، به ترتیب با مساحت ۶۲/۵۴ و ۶۱/۰۵ کیلومتر مربع بیش‌ترین سطح حوزه آبخیز رضی‌چای (به ترتیب ۳۴/۷۱ و ۳۳/۸۹ درصد) را به خود اختصاص داده است، در حالی که در سال ۱۳۹۸ کشاورزی دیم (DF) و مرتع ضعیف (R3) به ترتیب با مساحت ۷۰/۱۵ و ۶۰/۹۵ کیلومتر مربع بیش‌ترین وسعت حوضه قره‌سو (به ترتیب ۳۸/۹۴ و ۳۳/۸۳ درصد) را دربر گرفته است. طی دوره ۲۰ ساله وسعت اراضی دیم در حدود ۲۷/۶۹ کیلومتر مربع (۱۵/۳۷ درصد وسعت حوضه رضی‌چای) افزایش یافته است. در عین حال وسعت اراضی بایر در حدود ۲۴/۰۴ کیلومتر مربع (۱۳/۳۴ درصد وسعت حوضه رضی‌چای) کاهش یافته است. علاوه بر آن طی این دوره وسعت کشاورزی آبی (IF) در حدود ۲/۹۶ کیلومتر مربع (۱/۶۴ درصد وسعت حوضه رضی‌چای) کاهش یافته است.

جدول (۵): مساحت و درصد مساحت کلاس‌های کاربری اراضی و تغییرات آن در سال‌های ۱۳۷۹ و ۱۳۹۸، منبع: نویسندگان

تغییرات		02-June-2019 (۱۲- خرداد-۱۳۹۸)		05-June-2000 (۱۶- خرداد-۱۳۷۹)		تاریخ تصاویر کلاس کاربری
مساحت (درصد)	مساحت (km ²)	مساحت (درصد)	مساحت (km ²)	مساحت (درصد)	مساحت (km ²)	
-۱/۶۴	-۲/۹۶	۱/۶۴	۲/۹۶	۳/۲۸	۵/۹۲	کشاورزی آبی (IF)
۱۵/۳۷	۲۷/۶۹	۳۸/۹۴	۷۰/۱۵	۲۳/۵۷	۴۲/۴۶	کشاورزی دیم (DF)
-۰/۲۶	-۰/۴۷	۰/۰۴	۰/۰۷	۰/۳۰	۰/۵۳	مرتع خوب (R1)
-۰/۵۵	-۰/۹۸	۲/۷۸	۵/۰۱	۳/۳۳	۶/۰۰	مرتع متوسط (R2)
-۰/۰۶	-۰/۱۰	۳۳/۸۳	۶۰/۹۵	۳۳/۸۹	۶۱/۰۵	مرتع ضعیف (R3)
-۰/۴۷	۰/۸۵	۱/۳۹	۲/۵۱	۰/۹۲	۱/۶۵	اراضی مسکونی (RL)
-۱۳/۳۴	-۲۴/۰۴	۲۱/۳۷	۳۸/۵۰	۳۴/۷۱	۶۲/۵۴	اراضی بایر (BL)

فرسایش خاک (RUSLE)

جهت محاسبه عامل فرساینده گی باران (R)، آمار بارش ماهانه و سالانه ۱۰ ساله (سال آبی ۱۳۹۹-۱۳۹۰) سه ایستگاه باران‌سنجی خلیفه‌لو، ارباب‌کندی و خوش‌آباد مورد استفاده قرار گرفت. سپس محاسبه شاخص اصلاح شده فورنیه (MIF) با استفاده از رابطه ۲، مقادیر فرساینده گی باران (R) با کاربرد رابطه ۳ مورد محاسبه قرار گرفت که نتایج آن در جدول ۶، نشان داده شده است. با

انتقال این اعداد به محیط برنامه ArcGIS و اعمال درون‌یابی IDW نقشه رستری ۳۰ متری تغییرات مکانی (R) تهیه شد که در شکل ۱۰ ارائه شده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود مقدار R از ۴۵/۳۷ تا ۵۳/۶۶ متغیر است. بیش‌ترین مقدار آن مربوط به قسمت‌های شمال و شمال غربی و کم‌ترین آن مربوط به قسمت‌های جنوب غربی است.

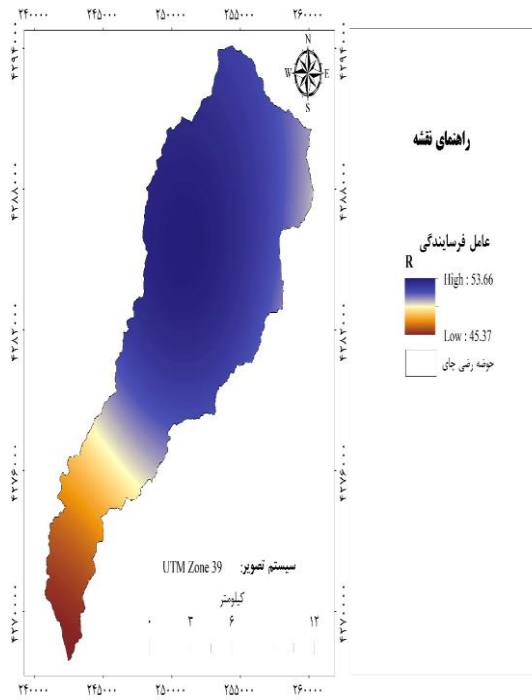
نقشه رستری ۳۰ متری عامل فرسایش‌پذیری خاک (K) با استفاده از جدول ۳، و نقشه بافت ۱:۲۵۰۰۰۰ خاک ایران تهیه شد که در شکل ۱۱، نشان داده شده است. بر اساس نتایج به‌دست آمده مقدار K بین ۰/۲۵ تا ۰/۵ متغیر است. قسمت‌های جنوب غربی حوضه بیش‌ترین مقدار K و قسمت‌های شمال، شمال غربی و شمال شرقی کم‌ترین مقدار K را به‌خود اختصاص داده است.

جهت محاسبه عامل طول و درجه شیب (LS) از مدل ارتفاع رقومی (DEM) ۳۰ متری ماهواره ASTER استفاده شد. در شکل ۱۱، نقشه DEM حوضه رضی‌چای ارائه شده است. با استفاده از این نقشه و ابزار ArcHydro در محیط برنامه ArcGIS نقشه جهت جریان (Fdr) ساخته شد سپس با استفاده از نقشه Fdr نقشه جریان تجمعی (Fac) مورد محاسبه قرار گرفت. نقشه شب به درجه نیز با استفاده از نقشه DEM تولید شد. در نهایت با کاربرد رابطه ۴، نقشه رستری ۳۰ متری LS تهیه شد که در شکل ۱۲، نشان داده شده است. با توجه به نتایج به‌دست آمده مقدار LS از ۰ تا ۴/۱۵ متغیر است. مناطق شمالی و میانی حوضه رضی‌چای دارای LS بیش‌تری است.

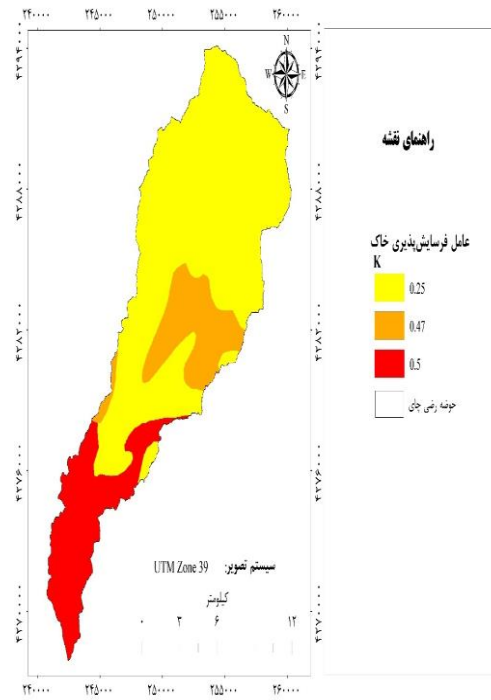
با استفاده شاخص NDVI سال‌های ۱۳۷۹ و ۱۳۹۸ شکل‌های ۴ و ۵ و رابطه ۶ مقادیر عامل پوشش گیاهی (C) در سال‌های مذکور مورد محاسبه قرار گرفت. شکل ۱۳ و ۱۴ به‌ترتیب عامل پوشش گیاهی (C) در سال‌های ۱۳۷۸ و ۱۳۹۸ را نشان می‌دهد. همان‌گونه که مشاهده می‌شود عامل C بین ۰ تا ۰/۴۸ در سال ۱۳۷۹ و ۰ تا ۰/۵۴ در سال ۱۳۹۸ متغیر است. مناطق شمال و شمال شرقی حوضه رضی‌چای از مقدار C کم‌تری برخوردار است و مناطق میانی حوضه مقادیر C بیش‌تری را به‌خود اختصاص داده است. عامل حفاظت خاک (P) بر اساس نقشه‌های کاربری سال ۱۳۷۹ و ۱۳۹۸ حوضه تهیه شد. به این ترتیب برای مناطق مرتعی عامل P ۰/۱۵ و برای سایر کاربری‌ها ۱ در نظر گرفته شد. در شکل ۱۵ و ۱۶ به‌ترتیب نقشه تغییرات مکانی عامل حفاظت خاک (P) سال ۱۳۷۹ و ۱۳۹۸ ارائه شده است.

جدول (۶): مقادیر شاخص اصلاح شده فورنیه (MIF) و فرسایش‌گی باران (R)، منبع: نویسندگان

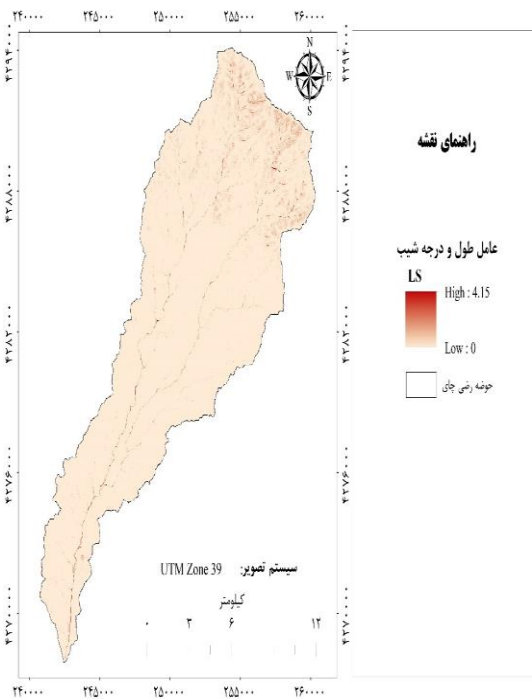
نام ایستگاه	بارش سالانه (mm)	اصلاح شده فورنیه (MIF)	فرسایش‌گی باران (R)
ارباب‌کندی	۲۵۲/۱۰	۳۰/۶۵	۴۵/۱۴
خلیفه‌لو	۳۰۵/۶۵	۳۳/۶۱	۵۳/۶۲
خوش‌آباد	۲۴۹/۳۰	۲۹/۹۸	۴۳/۳۲



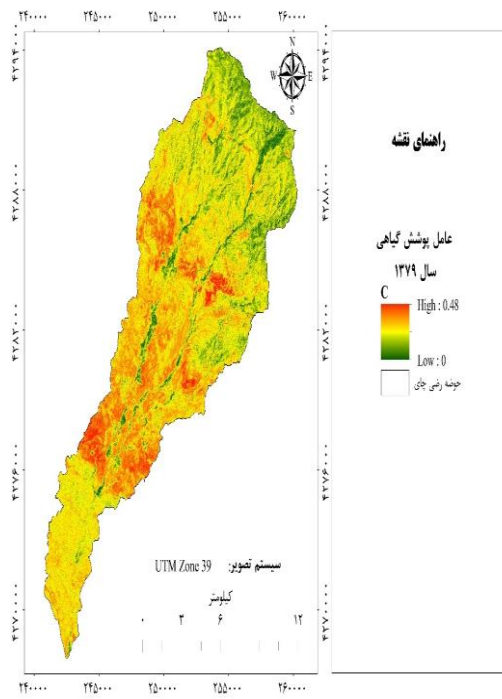
شکل (۱۰): عامل فرسایندهگی (R)، منبع: نویسندگان



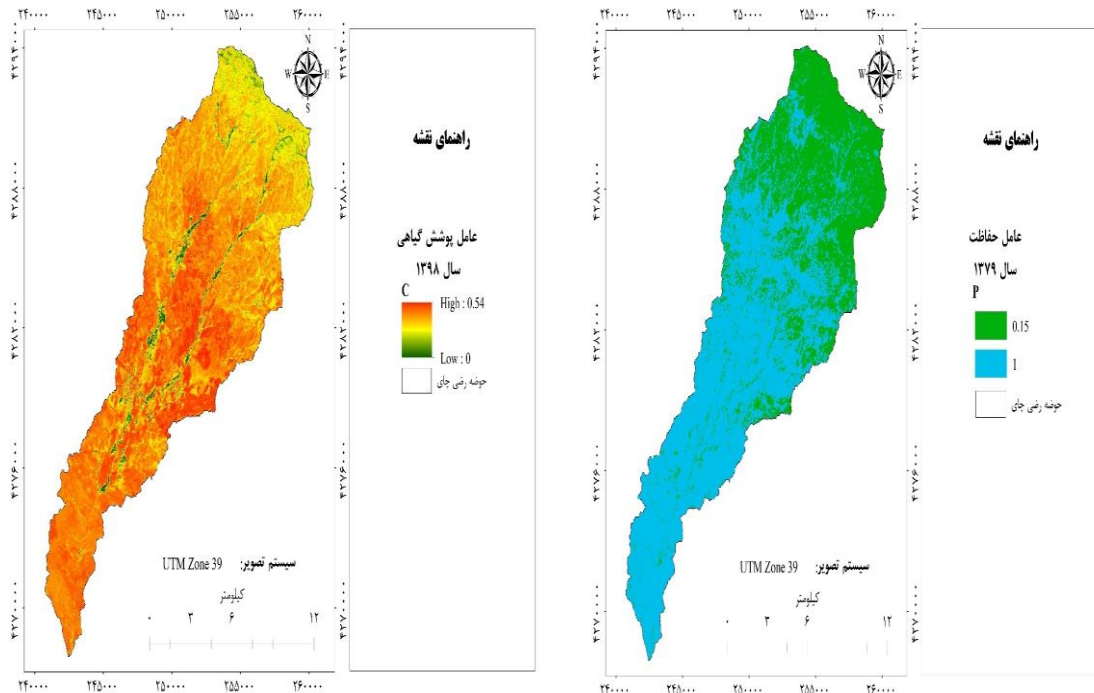
شکل (۱۱): عامل فرسایش پذیری خاک (K)، منبع: نویسندگان



شکل (۱۲): نقشه عامل طول و درجه شیب (LS)، منبع: نویسندگان

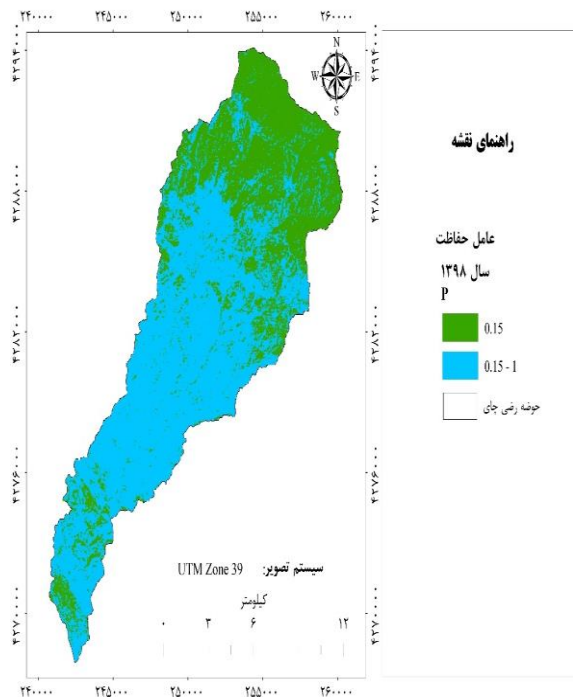


شکل (۱۳): نقشه عامل پوشش گیاهی ۱۳۷۹ (C)، منبع: نویسندگان



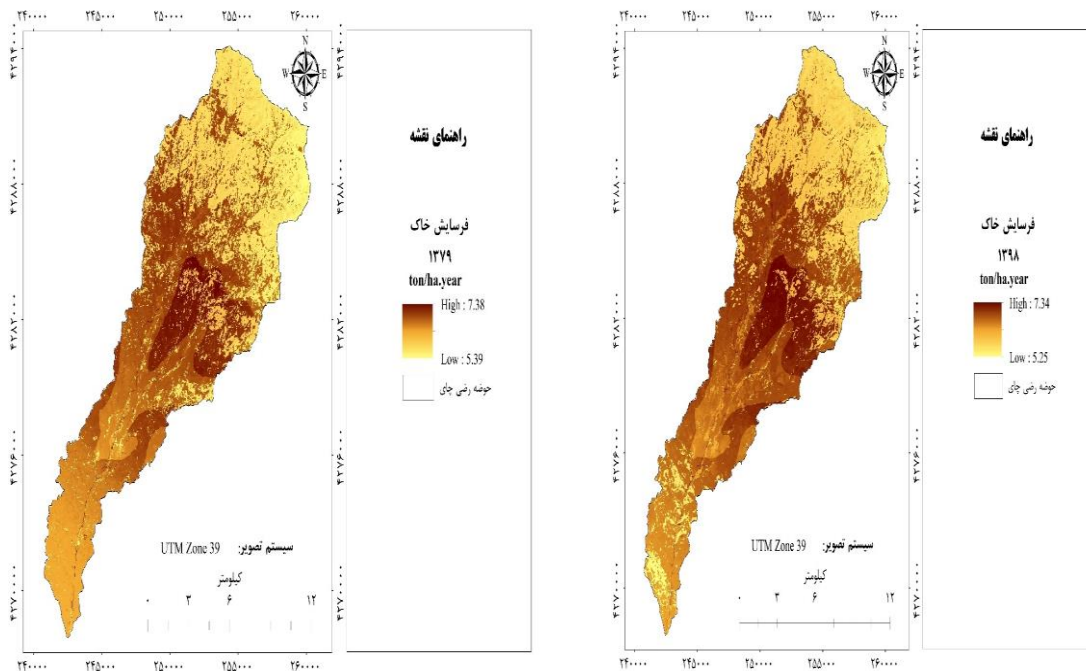
شکل (۱۴): نقشه عامل پوشش گیاهی ۱۳۹۸ (C)، منبع: نویسندگان

شکل (۱۵): نقشه عامل حفاظت خاک ۱۳۷۹ (P)، منبع: نویسندگان



شکل (۱۶): نقشه عامل حفاظت خاک ۱۳۹۸ (P)، منبع: نویسندگان

لایه‌های اطلاعاتی مربوط به عامل‌های R، K، LS، C و P در محیط برنامه ArcGIS تلفیق و نقشه فرسایش خاک به تن بر هکتار در سال در سال‌های ۱۳۷۹ و ۱۳۹۸ تهیه شد که در شکل‌های ۱۷ و ۱۸ ارائه شده است. بر اساس نتایج به دست آمده میزان فرسایش در سال ۱۳۷۹ از ۵/۳۹ تا ۷/۳۸ تن بر هکتار در سال و در سال ۱۳۹۸ از ۵/۲۵ تا ۷/۳۴ تن بر هکتار در سال متغیر است. مقدار متوسط فرسایش در سال ۱۳۷۹ در حدود ۶/۴۹ و در سال ۱۳۹۸ در حدود ۶/۴۶ تن بر هکتار در سال است.



شکل (۱۸): نقشه فرسایش خاک سال ۱۳۹۸ به تن بر هکتار در سال، منبع: نویسندگان

نویسندگان

شکل (۱۷): نقشه فرسایش خاک سال ۱۳۷۹ به تن بر هکتار در سال، منبع: نویسندگان

نویسندگان

جدول (۷): تاثیر تغییرات کاربری اراضی بر فرسایش خاک حوضه رضی چای، منبع: نویسندگان

تغییرات		۱۳۹۸		۱۳۷۹		تاریخ کاربری
فرسایش خاک (ton/year)	فرسایش خاک (ton/ha.year)	فرسایش خاک (ton/year)	فرسایش خاک (ton/ha.year)	فرسایش خاک (ton/year)	فرسایش خاک (ton/ha.year)	
-۲۰۱۷/۶۶	-۰/۱۴	۱۹۳۸/۸۱	۶/۵۵	۳۹۵۶.۴۷	۶.۶۹	کشاورزی آبی (IF)
۱۸۷۲۵/۸۱	-۰/۰۲	۴۷۶۳۵/۸۴	۶/۷۹	۲۸۹۱۰.۰۳	۶.۸۱	کشاورزی دیم (DF)
-۲۵۸/۰۸	-۰/۱۵	۴۰/۴۰	۵/۹۳	۳۲۵.۴۸	۶.۰۸	مرتع خوب (R1)
-۶۷۴/۲۷	-۰/۱۷	۲۹۲۵/۷۹	۵/۸۴	۳۶۰۰.۰۶	۶.۰۰	مرتع متوسط (R2)
-۸۲۲/۶۷	-۰/۱۲	۳۶۳۳۳/۳۰	۵/۹۶	۳۷۱۵۵.۹۷	۶.۰۹	مرتع ضعیف (R3)
۵۶۱/۴۲	-۰/۰۷	۱۶۸۱/۹۴	۶/۷۰	۱۱۲۰.۵۳	۶.۷۷	اراضی مسکون (RL)
-۱۶۰۴۸/۱۹	۰/۰۱	۲۵۸۴۵/۲۸	۶/۷۱	۴۱۸۹۳.۴۷	۶.۷۰	اراضی بایر (BL)
-۵۶۰/۶۴	-۰/۰۹	۱۱۶۴۰/۱۳۶	۶۴۶/۱	۱۱۶۹۶۲.۰۰	۹۶.۴	حوضه

جدول (۸): تغییرات شاخص پوشش گیاهی در سالهای ۱۳۷۹ و ۱۳۹۸، منبع: نویسندگان

تغییرات	۱۳۷۹	۱۳۹۸	تاریخ کاربری اراضی
شاخص پوشش گیاهی (NDVI)			
۰/۳۸	۰/۳۰	۰/۶۸	کشاورزی آبی (IF)
۰/۱۰	۰/۱۲	۰/۲۲	کشاورزی دیم (DF)
۰/۳۷	۰/۲۹	۰/۶۵	مرتع خوب (R1)
۰/۲۲	۰/۲۹	۰/۵۲	مرتع متوسط (R2)
۰/۰۷	۰/۲۳	۰/۳۰	مرتع ضعیف (R3)
۰/۱۱	۰/۱۹	۰/۲۹	اراضی مسکون (RL)
۰/۰۰	۰/۱۷	۰/۱۷	اراضی بایر (BL)
۰/۱۸	۱/۵۸	۲/۸۳	حوضه

بحث و نتیجه گیری

در این تحقیق برای پایش تغییرات رخ داده در طول دوره ۲۰ ساله از روش طبقه بندی نظارت شده و روش طبقه بندی ماشین بردار پشتیبان که دارای دقت بالایی می باشد استفاده شد. دقت طبقه بندی هر دو تصویر با شاخص کاپا و صحت کلی بررسی شد و با توجه به تحقیقات ماتر^۱ (۲۰۰۵) نتایج پژوهش حاضر از لحاظ آماری، دقت و صحت طبقه بندی قابل قبول است. بر اساس نتایج حاصل از بررسی دقت طبقه بندی در دو تصویر میزان دقت طبقه بندی به ترتیب تاریخ دریافت تصویر، روند افزایشی داشت که با توجه به بروز بودن اطلاعات منطقه برای تصویر سال ۲۰۱۹ و امکان دسترسی مستقیم به کاربری فعلی اراضی در منطقه برای انتخاب نمونه های تعلیمی طبیعی بود. علاوه بر این دقت به دست آمده در هر دو تصویر قابل قبول بوده و نشان از قابلیت بالای تصاویر لندست برای تهیه نقشه کاربری اراضی با دقت قابل قبول دارد که این امر با نتایج تحقیقات (سنجری و برومند، ۱۳۹۲؛ ال کاوی^۲ و همکاران، ۲۰۱۱) مطابقت دارد. البته باید اشاره نمود که دقت بالای طبقه بندی تنها حاصل اجرای فرایند طبقه بندی نبوده علاوه بر این موارد، برداشت نمونه های تعلیمی با پراکنش و تعداد مناسب در سطح حوضه نقش قابل توجهی در بهبود فرایند طبقه بندی داشته است. هم چنین در این تحقیق علاوه بر محاسبه صحت کلی و ضریب کاپا، پارامترهای دقت کاربر و دقت تولید کننده، به تفکیک برای هر یک از کلاس از کاربری در دو تصویر به دست آمد تا میزان خطا در هر یک از کلاس های طبقه بندی شده مشخص شود. در مجموع دقت نتایج حاصل از دو تصویر برای تمام کاربری ها نتایج مشابهی داشت، که این مهم را می توان به برداشت نمونه های تعلیمی مناسب و همزمانی تاریخ برداشت دو تصویر (خرداد) ارتباط داد. نتایج بررسی تغییرات کاربری اراضی در طی ۲۰ سال در منطقه نشان داد جدول ۵، اراضی زراعت آبی در منطقه کاهش یافته است. علت این امر می تواند در ارتباط با خشک سالی های دهه های اخیر در منطقه و هم چنین کاهش سطح سفره های آب زیرزمینی باشد که میزان آب در دسترس کشاورزان را کاهش و به تبع آن سطح اراضی زراعت آبی کاهش و رفته رفته به اراضی دیم تبدیل شده است. در مقابل اراضی زراعی دیم در منطقه ۲۷/۶۹ هکتار افزایش داشته است. این نتیجه هم سو با نتایج تحقیق (سلطانیان و همکاران، ۱۳۹۳) است ولی با نتایج تحقیق (نظری سامانی و همکاران، ۱۳۸۹ و راجش و یوجی، ۲۰۰۶) که اراضی کشاورزی در یک دوره کاهش داشته است مخالف می باشد، البته به نظر می رسد کاهش اراضی کشاورزی در تحقیق ایشان به دلیل افزایش ساخت و سازهای مسکونی در اراضی کشاورزی منطقه بوده است. این افزایش ناشی از تبدیل اراضی زراعی آبی به میزان کم (۲/۹۶ هکتار) و هم چنین تبدیل اراضی مرتعی به زراعی دیم توسط اهالی بومی منطقه است که با تخریب مراتع مجاور اراضی زراعی اقدام به تبدیل غیرقانونی مرتع به زراعت دیم نموده و به این ترتیب اراضی زراعی دیم در منطقه افزایش یافته است. کاهش سطح اراضی مرتعی در منطقه نیز می تواند ناشی از این امر باشد. (کلارستاقی و همکاران، ۱۳۸۹) نیز در تحقیقات خود به این نتیجه رسیدند که افزایش بخشی از اراضی زراعی دیم ناشی از تخریب اراضی مرتعی در منطقه است. از طرفی دیگر سطح اراضی مسکونی در منطقه به میزان اندکی (۰/۸۵ هکتار) افزایش یافته است که با توجه به افزایش جمعیت در منطقه و ساخت و ساز جدید در روستاها این فرایند طبیعی به نظر می رسد. سطح اراضی بایر نیز در منطقه در طی ۲۰ سال حدود ۲۴ هکتار کاهش یافته است که با توجه به این که این اراضی قابلیت کشت ندارند، علت کاهش این اراضی اقدامات بیولوژیک اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان در قالب عملیاتی نظیر کپه کاری، بذریاشی و ... است که منجر به کاهش سطح اراضی بایر در منطقه شده است. نتایج به دست آمده میزان فرسایش در سال ۱۳۷۹ از ۵/۳۹ تا ۷/۳۸ تن بر هکتار در سال و در سال ۱۳۹۸ از ۵/۲۵ تا ۷/۳۴ تن بر هکتار در سال متغیر است. مقدار متوسط فرسایش در سال ۱۳۷۹ در حدود ۶/۴۹ و در سال ۱۳۹۸ در حدود ۶/۴۶ تن بر هکتار در سال است این نتایج نشان می دهد که

¹ Mathers

² El Cavy

میزان فرسایش در این حوضه در طی ۲۰ سال به میزان اندکی کاهش یافته است. مقادیر فرسایش خاک به تن بر هکتار در سال در هر یک از کلاس‌های کاربری اراضی سال‌های ۱۳۷۹ و ۱۳۹۸ با استفاده از ArcGIS مورد محاسبه قرار گرفت. نتایج حاصله نشان داد که در هر دو مقطع زمانی ۱۳۷۹ و ۱۳۹۸ کلاس کاربری کشاورزی دیم (DF) به ترتیب با $6/81$ و $6/79$ ton/ha/year بیشترین میزان است و کلاس کاربری مرتع متوسط (R2) به ترتیب با $6/00$ و $5/84$ ton/ha/year کمترین میزان فرسایش خاک را به خود اختصاص داده است. از آنجائی که مرتع متوسط (R2) نسبت به مرتع خوب (R1) در ارتفاعات میانی حوضه واقع شده است، بنابراین نسبت به مرتع خوب که عمدتاً در ارتفاعات بالادست حوضه واقع است، از عامل فرسایش‌پذیری باران (C) و عامل طول و درجه شیب (LS) کم‌تری برخوردار است، به همین سبب میزان فرسایش خاک در مرتع متوسط نسبت به مرتع خوب کم‌تر است. میزان فرسایش در تمامی کلاس‌های کاربری اراضی سال ۱۳۹۸ به غیر از اراضی بایر و اراضی مسکونی کم‌تر از سال ۱۳۷۸ است. با توجه به این که مقدار شاخص پوشش گیاهی (NDVI) در تمامی کلاس‌های کاربری سال ۱۳۹۸ افزایش یافته است (جدول ۸)، بنابراین به سبب حاکم بودن شرایط بهتر پوشش گیاهی در سال ۱۳۹۷ شاهد کاهش میزان فرسایش در واحد سطح (هکتار) هستیم. نتایج مربوط به مقایسه شاخص NDVI در سال‌های ۱۳۷۹ و ۱۳۹۸ حاکی از آن است که در تمامی کلاس‌های کاربری اراضی میزان NDVI افزایش یافته است. به طوری که در اراضی کشاورزی آبی و مرتع خوب مقدار NDVI در سال ۱۳۹۸ نسبت به سال ۱۳۷۹ به ترتیب با مقدار $0/38$ و $0/37$ بیش‌ترین افزایش را داشته است. با این وجود در سال ۱۳۹۸ به سبب افزایش سطح کاربری کشاورزی دیم به میزان $15/37$ درصد از وسعت حوضه رضی‌چای نسبت سال ۱۳۷۹، میزان فرسایش خاک با $18725/81$ تن بر سال افزایش یافته است. اما به سبب کاهش اراضی بایر به میزان $13/34$ درصد از وسعت حوضه در این سال در حدود $16048/19$ تن بر سال از فرسایش خاک کاسته شده است. در مجموع به رغم افزایش فرسایش خاک در سال ۱۳۹۸ به سبب افزایش وسعت کشاورزی دیم، با توجه به شرایط پوشش گیاهی بهتر سال ۱۳۹۸ نسبت به سال ۱۳۷۹، شاهد کاهش فرسایش خاک به میزان $560/64$ تن بر سال هستیم. نتایج این پژوهش نشان داد که در منطقه مورد مطالعه در ۲۰ سال اخیر علی‌رغم اینکه $27/69$ کیلومتر مربع افزایش سطح اراضی زراعی دیم وجود داشته است که منجر به افزایش میزان رسوب در اراضی زراعی می‌شود، اما به دلیل تقویت پوشش گیاهی (بر اساس شاخص NDVI) در این مدت و افزایش حداکثر تاج پوشش گیاهی از $1/58$ به میزان $2/86$ در سال ۱۳۹۸ و کاهش اراضی بایر (به دلیل تقویت پوشش گیاهی) از مقدار $34/71$ به $21/37$ کیلومتر مربع، شاهد کاهش فرسایش در این اراضی بوده‌ایم. این نتایج نشان می‌دهد که پوشش گیاهی نسبت به تغییرات کاربری اراضی دارای نقش مهم‌تری در کاهش فرسایش است. در واقع هر چه تراکم پوشش گیاهی بیش‌تر و شامل گیاهان با ریشه بلند و چندساله باشد، به‌عنوان یک عامل کاهش‌دهنده سرعت فرسایش عمل می‌کند. بنابراین بر اساس نتایج این تحقیق تقویت پوشش گیاهی در منطقه مورد مطالعه به‌عنوان مناسب‌ترین روش برای کنترل فرسایش تلقی می‌شود.

منابع

- احمدی، حسن. (۱۳۸۸)، ژئومورفولوژی کاربردی (فرسایش آبی)، چاپ اول، انتشارات دانشگاه تهران.
- اصغری‌سراسکانرود، صیاد؛ محمدنژاد آروق، وحید؛ امامی، هادی. (۱۳۹۸). بررسی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از روش‌های بیکسل پایه و شی گرا و تحلیل اثرات تغییر کاربری‌ها بر فرسایش خاک (مطالعه موردی: شهرستان مراغه)، پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، (۱)، ۱۷۸-۱۶۰.
- امانپور، سعید؛ عیبات، محمد؛ عیبات، محمود؛ عیبات، ماجده. (۱۴۰۰). بررسی اثر تغییرات کاربری اراضی بر فرسایش خاک و تولید رسوب در حوضه رامهرمز با استفاده از طبقه‌بندی شی گرا و مدل RUSLE، تحقیقات آب و خاک ایران، (۳)، ۶۴۹-۶۳۵.
- ایوبی، شمس‌اله؛ خرمالی، فرهاد؛ شتابی‌جویباری، شعبان. (۱۳۸۶). استفاده از تکنیک زمین‌آمار در تعیین مناسب‌ترین ابعاد سلول مدل

- رقومی زمین برای برآورد مشخصه توپوگرافی (LS) مدل برآورد فرسایش (RUSLE) در منطقه تاش علیا (استان گلستان)، پژوهش و سازندگی، ۲۰(۴)، ۱۲۹-۱۲۲.
- زلفی باروق، مینا. (۱۳۹۰). بررسی و پیاده‌سازی روش SVM برای تصاویر ماهواره‌ای، پایان نامه کارشناسی ارشد رشته مهندسی عمران - سنجش از دور، دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه اصفهان، ۲-۴.
- سلطانیان. ستار؛ رحیمی. احسان؛ سبزیبایی. غلام‌رضا؛ رستمی، کیانوش؛ زیدی، امیر. (۱۳۹۳). ارزیابی روند تغییرات کاربری اراضی منطقه حفاظت شده اشتران کوه بین سال‌های ۱۳۶۸ تا ۱۳۸۴ با استفاده از تصاویر Landsat، فن‌آوری‌های نوین در مهندسی محیط زیست و منابع تجدیدپذیر، ۱(۱)، ۳۵-۲۱.
- سنجری، صالح؛ برومند، ناصر. (۱۳۹۲). پایش تغییرات کاربری/ پوشش اراضی در سه دهه گذشته با استفاده از تکنیک سنجش از دور (مطالعه‌ی موردی: منطقه‌ی زرنداستان کرمان)، کاربرد سنجش از دور و GIS در علوم منابع طبیعی، ۴(۱)، ۶۷-۵۶.
- عبیات، محمد؛ عبیات، مصطفی؛ عبیات، مرتضی. (۱۴۰۰). بررسی تغییرات کاربری اراضی و اثر آن بر روند فرسایش خاک در حوضه باغملک با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی و مدل RUSLE، محیط شناسی، ۴۷(۱)، ۹۱-۷۳.
- فارسی، جواد؛ یوسفی، مریم. (۱۳۹۲). آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از داده‌های سنجش از دور (مطالعه موردی: دشت بجنورد)، جغرافیا و مطالعات محیطی، ۲(۷)، ۱۰۶-۹۵.
- فیضی‌زاده، بختیار. (۱۳۹۶). مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی و اثرات آن بر سیستم فرسایش در حوضه سد علویان با استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور و GIS، هیدروژئومورفولوژی، ۳(۱۱)، ۳۸-۲۱.
- کلارستاقی. عطاله؛ احمدی. حسن؛ جعفری، محمد؛ قدوسی، جمال. (۱۳۸۷). پیش‌بینی تغییرات احتمالی کاربری جنگل به دیم‌کاری با استفاده از مدل‌سازی احتمالاتی در حوزه آبخیز فریم صحرا - استان مازندران، پژوهش و سازندگی، ۲۱(۳)، ۶۳-۵۲.
- کیانی هرچگانی، محبوبه؛ صادقی، سیدحمیدرضا؛ فلاحت‌کار، سامره. (۱۳۹۸). تحلیل مقایسه‌ای عامل فرسایش‌پذیری خاک در حوضه آبخیز شازند، اکوهیدرولوژی، ۱(۶)، ۱۶۳-۱۵۳.
- محمدی، شاهین؛ کریم‌زاده، حمیدرضا؛ پورمنافی، سعید؛ سلطانی‌کوپایی، سعید. (۱۳۹۷). برآورد مکانی و زمانی فرسایش خاک با استفاده از مدل RUSLE و سری‌های زمانی ماهواره لندست. مندرجان، اصفهان، مرتع و آبخیزداری، ۷۱(۳)، ۷۷۴-۷۵۹.
- نظری‌سامانی، عی اکبر؛ قربانی، مهدی؛ کوهبنانی، حمیدرضا. (۱۳۸۹). ارزیابی روند تغییرات کاربری اراضی حوزه آبخیز طالقان در دوره ۱۳۶۶ تا ۱۳۸۰، مرتع، ۴(۳)، ۴۵۱-۴۴۲.
- واعظی، علی‌رضا؛ عباسی، محمد؛ حاجی‌ملکی، خالد. (۱۳۹۶). ارزیابی مدل RUSLE همراه شده با سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در عرصه‌های زهکش کوچک در منطقه نیمه خشک، شمال‌غربی ایران. علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، ۱۱(۳۸)، ۱-۱۰.
- Assis, K. G. O., da Silva, Y. J. A. B., Lopes, J. W. B., Medeiros, J. C., Teixeira, M. P. R., Rimá, F. B., Singh, V. P. (2021). Soil loss and sediment yield in a perennial catchment in Southwest Piauí, Brazil. *Environmental Monitoring and Assessment*, 193(1), 1-11.
- Basukala, A.K., Oldenburg, C., Schellberg, J., Sultanov M., Dubovyk, O. (2017). Towards improved land use mapping of irrigated croplands: performance assessment of different image classification algorithms and approaches. *European Journal of Remote Sensing*, 50(1), 187-201.
- El Cavy, O., Rod, J., Ismail, H., Suliman, A. (2011). Land use and land cover changes detections in the western Nile delta of Egypt using remote sensing data, *applied geography*, 31(2011), pp 483-494.
- Kantakumar, L.N., Neelamsetti, P. (2015). Multi-temporal land use classification using hybrid approach. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 18(2), 289-295.
- Mantero, P., Moser, G., Sebastiano, B., Serpico, s. (2005). Partially supervised classification of remote sensing images through SVM-based probability density estimation, *IEEE Trans. on Geoscience and Remote Sensing*, 43(3), 559-570.
- Nguyen, T.T.H, Pham, T.T.T. (2016). Incorporating ancillary data into Landsat 8 image classification process: a case study in Hoa Binh, Vietnam. *Environmental Earth Sciences*, 75(5), 430.

- Ouyang, W., Wu, Y., Hao, Z., Zhang, Q., Bu, Q., & Gao, X. (2018). Combined impacts of land-use and soil property changes on soil erosion in a mollisol area under long-term agricultural development. *Science of the total environment*, 613, 798-809.
- Paul, S. S., Li, J., Li, Y., & Shen, L. (2019). Assessing land-use/land-cover change and soil erosion potential using a combined approach through remote sensing, RUSLE and random forest algorithm. *Geocarto International*, 36, 1-15.
- Pradhan, B., Chaudhari, A., Adinarayana, J., and Buchroithner, M.F. (2012). Soil erosion assessment and its correlation with landslide events using remote sensing data and GIS: a case study at Penang Island, Malaysia. *Environmental monitoring and assessment*. 184(2), 715-727.
- Rajesh, B., Yuji, M. (2006). Land use change analysis using remote sensing and GIS: A Case Study of Kathmandu Metropolitan, Nepal. *Research Abstracts on Spatial Information Science*, 9(9), 22.
- Rawat, K. S., Singh, S. K. (2018). Appraisal of Soil Conservation Capacity Using NDVI Model-Based C Factor of RUSLE Model for a Semi Arid Ungauged Watershed: a Case Study, *Water Conservation Science and Engineering*, 3(1), 47-58.
- Ren, Y., Lü, Y., Comber, A., Fu, B., Harris, P., & Wu, L. (2019). Spatially explicit simulation of land-use/landcover changes: Current coverage and future prospects. *Earth Science Reviews*, 190, 398-415.
- Renard K.G, Freidmund J.R. (1994). Using monthly precipitation data to estimate the R-factor in the RUSLE, *J. Hydro*. 157, 287-306.
- Santos, J.C.N., Andrade, E.M., Medeiros, P.H.A., and Joao, M. (2017). Land use impact on soil erosion at different scales in the Brazilian semi-arid. *Revista Ciencia Agronomica*. 48(2), 251-260.
- Singh, S., Bhardwaj, A., and Verma, V. (2020). Remote sensing and GIS based analysis of temporal land use/land cover and water quality changes in Harike wetland ecosystem, Punjab, India. *Journal of Environmental Management*. 262, 11035.
- Thakkar, A.K., Venkappayya, R.D., Patel, A., Madhukar, B.P. (2017). Post-classification corrections in improving the classification of Land Use/Land Cover of arid region using RS and GIS: The case of Arjuni watershed, Gujarat, India. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 20(1), 79-89.
- Van der Knijff, J.M., Jones, R.J.A., and Montanarella, L. (2000). Soil Erosion Risk Assessment in Europe. *European Soil Bureau*, 1-34.
- Vanacker, V., Ameijeiras-Mariño, Y., Schoonejans, J., Cornélis, J. T., Minella, J. P., Lamouline, F., Vermeire, M. L., Campforts, B., Robinet, J., Van de Broek, M., Delmelle, P., & Opfergelt, S. (2019). Land-use impacts on soil erosion and rejuvenation in Southern Brazil. *Catena*, 178, 256-266.
- Vapnik, V., Chervonenkis, A. (1991). The necessary and sufficient conditions for consistency in the empirical risk minimization method, *Pattern Recognition and Image Analysis*, 1(3), 283-305.
- Wasige, J., Groen, T., Smaling, E., Jettern, V. (2013). Monitoring basin scale land cover changes in kagera basin of lake victoria using ancillary and remote sensing, *international journal of applied earth observation and geoinformation* 21(2013), 32-42.
- Wischmeier WH, Smith DD. 1978. Predicting rainfall erosion, losses: a guide to conservation planning. *United States Department of Agriculture Handbook*, Washington, 537, 13-27.

نحوه ارجاع به مقاله:

عابدینی، موسی؛ بهرام نیا قوجه بیگلر، فریده؛ مصطفی زاده، رئوف؛ پاسبان، امیرحسام (۱۴۰۲)، بررسی تاثیر تغییرات کاربری اراضی در یک دوره بیست سال بر میزان فرسایش و رسوب حوضه رضی چای، فصلنامه جغرافیا و مطالعات محیطی، ۱۲ (۴۵)، ۱۱۴-۱۳۳، Dor: 20.1001.1.20087845.1402.12.45.7.9

Copyrights:

Copyright for this article is retained by the author (s), with publication rights granted to Journal of Geography and Environmental Studies. This is an open – access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>), which permits unrestricted use, distribution and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

