ISSN: 2538-4384; Geographical Researches. 2021;36(3):275-284. DOI: 10.29252/geores.36.3.275

GEOGRAPHICAL RESEARCHES JOURNAL

Application of Remote Sensing in Assessing Land Use Changes in Haraz Watershed

ARTICLE INFO

Article Type
Original Research

Authors
Mola Aghajanzadeh S.*[1] *MSc,*
Soleymani K.[1] *PhD,*
Habibnejad M.[1] *PhD,*
Kavyan A.[1] *PhD,*
Rahmani M.[2] *PhD*

How to cite this article
Mola Aghajanzadeh S, Soleymani K, Habibnejad M, Kavyan A, Rahmani M. Application of Remote Sensing in Assessing Land Use Changes in Haraz Watershed. Geographical Researches. 2021;36(3):275-284.

ABSTRACT

Aims Land-use change due to human activities is one of the important issues in regional and development planning. The aim of this study was to detect land-use changes using Landsat TM, ETM+, IRS and ASTER satellite imagery.

Methodology In this quasi-experimental study, land-use changes in the Haraz watershed over a 23-year period were evaluated. For this study, images of 1992 TM, ETM + 2002, and IRS and 2015 ASTER of Landsat satellite were used, and after performing the necessary actions in the preprocessing stage, a supervised classification and change detection map was prepared. Idrisi Andes, ArcGIS, ENVI, Edrisi Andes, and Statistica software were used. Also, to check the significance of the changes, the chi-square test was used in SPSS software.

Findings The overall accuracy and Kappa coefficient were 0.84 and 0.79 for TM, 0.86 and 0.80 for ETM+, and 0.95 and 0.90 for IRS results respectively. The results showed that rangelands, forest, agricultural lands, and water-covered areas had converted to garden regions, building zone, and no vegetation. The results showed that 2.21%, 1.29%, and 7.01% increased in garden regions, building zone and no vegetation and 5.06%, 4.50% and 0.85% decreased in rangelands, forest, and agricultural lands during 23 years, also water-covered areas decreased.

Conclusion The land use classes in the Haraz watershed have changed a lot during the time series 1992-2015. During this period, the area of natural lands (forests and pastures) with a rate of change of about 828 hectares per year and the same amount has been added to the area of the garden and residential lands.

Keywords Change Detection; Land Use; Remote Sensing; Supervised Classification; Haraz Watershed

[1]Department of Watershed Management, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari, Iran
[2]Department of Environmental Sciences, Mazandaran University, Sari, Iran

Correspondence
Address: Department of Watershed Management, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari, Iran.
Phone: -
Fax: -
aghajanzadeh.geo@gmail.com

Article History
Received: August 22, 2020
Accepted: April 22, 2021
ePublished: September 21, 2021

CITATION LINKS

[Aghajanzadeh S; 2015] Effect of land use changes on water ...; [Akbari M, et al; 2010] Application of GIS remote sensing in assessing ...; [Alig RJ, et al; 2004] Urbanization on the US landscape: looking ...; [Amirnejad H; 2013] Investigating the effective factors on farmers' ...; [Ansari N, et al; 2008] The socio-economic factor effective on ...; [Chen J, et al; 2003] Land-use/land-cover change detection using ...; [Fan F, et al; 2007] Land use and land cover change in ...; [Feizizadeh B, et al; 2007] Extraction of land uses in Malekan city ...; [Gomarsca MA, et al; 1993] One century of land use in metropolitan ...; [Hager WH; 1987] Lateral outflow over side ...; [Hanifehpour M, Jabbari B; 2013] Population growth and change of agricultural ...; [Herold M, et al; 2002] Remote sensing and landscape metrics to ...; [Jensen JR, Cowen DC; 1999] Remote sensing of urban/suburban infrastructure ...; [Kamusoko C, Aniya M; 2007] Land use/cover change and landscape ...; [Karami F; 2004] Study of Landsat satellite data capability ...; [Khakpor BA, et al; 2007] Land use change model for the city of Babol ...; [Lenat DR, Crawford JK; 1994] Effects of land use on water quality and aquatic ...; [Lu D, et al; 2004] Change detection ...; [Mohammad Esmaeil Z; 2010] Monitoring land use\ land cover changes ...; [Sabzehghabaei GR, et al; 2017] Study of land use change using geographic ...; [Scheer L, Sitko R; 2007] Assessment of some forest characteristics ...; [Theau J; 2006] Detection of changes using remote sensing ...; [Turner BL, et al; 1994] Global land use/land cover change toward ...; [Yang X, Lo CP; 2002] Using a time series of satellite imagery to ...; [Yousefi S, et al; 2011] Land use change detection using landsat ...; [Zhang J, Zhang Y; 2007] Remote sensing research issues of the national ...

Copyright© 2021, the Authors | Publishing Rights, ASPI. This open-access article is published under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License which permits Share (copy and redistribute the material in any medium or format) and Adapt (remix, transform, and build upon the material) under the Attribution-NonCommercial terms.

کاربرد سنجش از دور در ارزیابی تغییرات کاربری اراضی حوضه آبخیز هراز

ساره ملأ آقاجانزاده* MSc
گروه آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران
کریم سلیمانی PhD
گروه آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران
محمود حبیب‌نژاد PhD
گروه آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران
عطاالله کاویانPhD
گروه آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران
محمد رحمانی PhD
گروه علوم محیط زیست، دانشگاه مازندران، ساری، ایران

چکیده
اهداف: تغییرات کاربری اراضی در اثر فعالیت‌های انسانی یکی از موضوعات مهم در برنامه‌ریزی‌های منطقه‌ای و توسعه‌ای است. هدف این تحقیق، آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست سنجنده TM، ETM^+، IRS و ASTER بود.
روش‌شناسی: در این پژوهش نیمه‌تجربی، تغییرات کاربری اراضی حوضه آبخیز هراز در یک دوره ۲۳ ساله مورد ارزیابی قرار گرفت. برای انجام این پژوهش از تصاویر TM سال ۱۹۹۲، ETM^+ سال ۲۰۰۲ و IRS و ASTER سال ۲۰۱۵ ماهواره لندست استفاده شد و پس از انجام اقدامات مورد نیاز در مرحله پیش‌پردازش، با طبقه‌بندی نظارت‌شده، نقشه آشکارسازی تغییرات تهیه شد. از نرم‌افزارهای Idrisi Andes ، ArcGIS، ENVI، Edrisi Andes و Statistica استفاده شد. همچنین، برای بررسی معنی‌داری تغییرات، از آزمون مجذور کای در نرم‌افزار SPSS استفاده شد.
یافته‌ها: ارزیابی نشان داد که صحت کلی و ضریب کاپای نقشه طبقه‌بندی‌شده TM به‌ترتیب ۰/۸۴ و ۰/۷۹، ETM^+ برابر ۰/۸۶ و ۰/۸۰ و IRS برابر ۰/۹۵ و ۰/۹۰ بود. نتایج نشان داد که اراضی مرتعی، جنگلی، زراعت آبی و مخازن آبی به اراضی باغی، مسکونی و فاقد پوشش گیاهی تبدیل شده بودند؛ به‌گونه‌ای که بر وسعت اراضی باغی، مسکونی و فاقد پوشش گیاهی طی ۲۳ سال به‌ترتیب ۲/۲۱، ۱/۲۹ و ۷/۱۰% افزوده شده بود، در مقابل از اراضی مرتعی، جنگلی و زراعت آبی به‌ترتیب به میزان ۵/۰۶، ۴/۵۰ و ۰/۸۵% کاسته شده بود. همچنین وسعت مخازن آبی کاهش یافته بود.
نتیجه‌گیری: مساحت طبقات کاربری اراضی در حوضه آبخیز هراز در طی سری زمانی ۲۰۱۵-۱۹۹۲، تغییرات فراوانی داشته است. طی این دوره، مساحت اراضی طبیعی (جنگل و مرتع) با نرخ تغییر حدود ۸۲۸هکتار در سال بوده است و به همین میزان به مساحت اراضی باغی و مسکونی افزوده شده است.
کلیدواژه‌ها: آشکارسازی تغییرات، کاربری اراضی، سنجش از دور، طبقه‌بندی نظارت‌شده، حوضه آبخیز هراز

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۶/۱۰
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۲/۰۲
*نویسنده مسئول: aghajanzadeh.geo@gmail.com

مقدمه

آگاهی از نسبت تغییرات کاربری اراضی برای مدیریت بهینه حوضه آبخیز از ضروریات محسوب می‌شود. در این میان استفاده از اطلاعات سنجش از دور (RS)، به‌عنوان بهترین وسیله برای آشکارسازی و ارزیابی، تغییرات شناخته شده است؛ چرا که با پیشرفت‌های انجام‌شده در این تکنولوژی و تولید تصاویر ماهواره‌ای با قدرت تفکیک طیفی و مکانی بالا و همچنین انواع تکنیک‌های پردازش تصویر می‌توان تغییرات کاربری اراضی حوضه آبخیز را برآورد نموده و نسبت به مدیریت آنها اقدام نمود. تغییر الگوی کاربری‌های اراضی مسلماً فواید اقتصادی و اجتماعی برای جوامع بشری دارد اما این فعالیت‌ها خسارت‌هایی را به محیط زیست وارد می‌کنند. یکی از اثرات زیست‌محیطی مستقیم و مهم توسعه، تغییر واکنش هیدرولوژیکی در حوضه آبخیز است که بر روان‌آب سطحی، جریان رودخانه‌ها و تغذیه آب‌های زیرزمینی اثر می‌گذارد. امروزه توجه بیشتر متخصصین برای مدیریت حوضه آبخیز به بررسی تغییرات کاربری اراضی و اثرات آن بر محیط زیست معطوف شده است؛ چرا که کاربری‌های مختلف اراضی در یک حوضه آبخیز اثرات متفاوتی بر محیط زیست دارند [Lenat & Crawford, 1994]. در سال‌های اخیر کاربری اراضی در حوضه آبخیز هراز در حال تغییر بوده است. لذا برای دستیابی به مدیریتی مناسب، بررسی تغییرات کاربری در این حوضه ضروری خواهد بود؛ چرا که حیات دشت مازندران وابسته به رودخانه‌های جاری و بزرگی مانند هراز در آن است. در این راستا، اولین قدم برای اتخاذ شیوه‌های صحیح و پایدار مدیریت حوضه آبخیز هراز، کسب آگاهی مستمر از نسبت تغییرات پوشش گیاهی و کاربری اراضی و عوامل ایجادکننده آن است [Aghajanzadeh, 2015].

در این زمینه داده‌های سنجش از دور به‌دلیل داشتن ویژگی‌هایی مانند پوشش وسیع، به‌هنگام‌بودن، تکراری‌بودن، توان تفکیک طیفی، رادیومتریک و مکانی بالا، فرمت رقومی و امکان پردازش رایانه‌ای از قابلیت بالایی برای بررسی تغییرات زمانی و مکانی پوشش گیاهی و کاربری اراضی برخوردار هستند. داده‌های ماهواره‌ای برای مطالعه تغییرات پوشش در کوتاه‌ترین زمان، با کم‌ترین هزینه و بیشترین دقت است. علاوه‌بر اهمیت داشتن اطلاعات به‌روز از پوشش اراضی به‌ویژه در مناطق شهری، آگاهی از تغییرات و تحولات آن در یک دوره زمانی نیز برای برنامه‌ریزان و مدیران بسیار حائز اهمیت است. به همین دلیل استفاده از روش‌های آشکارسازی تغییرات برای مشخص‌کردن روند تغییرات با گذشت زمان ضروری به نظر می‌رسد. روش‌های متعددی برای آشکارسازی تغییرات وجود دارد که از میان آنها، مقایسه پس از طبقه‌بندی، معمول‌ترین روش است [Yang & Lo, 2002; Chen *et al.*, 2003]. برای کشف و ارزیابی این تغییرات، استفاده از فنون و ابزارهای سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) برای تولید اطلاعات مکانی و برخورداری از امکانات تحلیلی می‌تواند نقش اساسی داشته باشد.

مطالعات زیادی در خصوص استفاده از تصاویر ماهواره‌ای در تهیه نقشه کاربری اراضی انجام شده است که از جمله آن می‌توان به مطالعات ذیل اشاره نمود: آشکارسازی تغییرات پوشش و کاربری اراضی توسط *فان* و همکاران برای پنج شهر در منطقه گوانگژو (Guangzhow) چین صورت پذیرفت، آنها از تصاویر ETM^+ و

TM ماهواره لندست مربوط به سال‌های ۱۹۹۸ و ۲۰۰۳ برای تهیه نقشه کاربری اراضی و پوشش اراضی استفاده کردند. در این تحقیق کابری اراضی با استفاده از طبقه‌بندی نظارت‌شده با روش حداکثر احتمال تهیه شدند [Fan *et al.*, 2007]. طبق مطالعات انجام‌شده توسط *لیگ* و همکاران در ایالات متحده آمریکا با استفاده از تصاویر TM سال ۱۹۸۲ و ۱۹۹۷ گستره ارضی شهری حدود ۳۴% افزایش نشان می‌دهد که این افزایش عمدتاً ناشی از تغییر اراضی کشاورزی و جنگلی بوده است [Alig *et al.*, 2004]. بر اساس تحقیق *ژانگ* و همکارش در کشور چین الگوهای کاربری اراضی در این کشور تغییرات شدیدی را از سال‌های دهه ۱۹۸۰ داشته است. این تغییرات عمدتاً مربوط به افزایش سطح اراضی شهری و ساخته‌شده و نیز کاهش اراضی کشاورزی و جنگلی بوده است [Zhang & Zhang, 2007]. *محمد اسماعیل* پایش تغییرات کاربری اراضی شهر کرج را در دو دوره زمانی ۱۳۶۶ تا ۱۳۸۱ با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست‌های TM و ETM^+ با روش طبقه‌بندی نظارت‌شده مورد بررسی قرار داد. نتایج نشان داد که به‌طور میانگین، هر سال ۳۰۰هکتار بر وسعت اراضی ساخته‌شده افزوده شده که قسمت اعظم آن با پیشروی در اراضی کشاورزی بوده است [Mohammad Esmaeil, 2010]. *یوسفی* و همکاران، مطالعه‌ای در زمینه پایش تغییرات کاربری اراضی در شهرستان مریوان با استفاده از تصاویر سنجنده‌های TM و ETM^+ ماهواره لندست طی دوره ۱۶ ساله با روش طبقه‌بندی مجدد انجام دادند و به این نتیجه رسیدند که بیشترین تغییرات مربوط به اراضی کشاورزی و جنگلی است. این تغییرات در جهت کاهش اراضی جنگلی و کشاورزی این منطقه بوده است، از طرف دیگر سطح کاربری مسکونی طی دوره مطالعه افزایش یافته است [Yousefi *et al.*, 2011]. *فیضی‌زاده* و همکاران با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای ETM^+ لندست ۷، نقشه کاربری اراضی شهرستان ملکان را استخراج نمودند. آنها برای طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای از الگوریتم حداکثر احتمال استفاده کردند [Feizizadeh *et al.*, 2007]. *اکبری* و همکاران با تحقیقی تغییرات کاربری اراضی حوضه آبخیز نورآباد را در یک دوره زمانی ۱۶ ساله مورد ارزیابی قرار دادند که برای انجام این تحقیق از تصاویر سال ۱۹۸۹ سنجنده TM ماهواره لندست و همچنین تصاویر سنجنده HDR ماهواره SPOT استفاده کردند و پس از انجام اقدامات مورد نیاز در مرحله پیش پردازش با طبقه‌بندی شی‌گرای تصاویر در محیط نرم‌افزار eCognation نقشه آشکارسازی تغییرات را تهیه نمودند [Akbari *et al.*, 2010]. همه این مطالعات نشان می‌دهند که تصاویر سنجش از دور از قابلیت بالایی برای استخراج نقشه‌های کاربری اراضی برخوردار بوده و در سراسر جهان توسط محققین برای ارزیابی کاربری اراضی به‌کار گرفته می‌شود.

از آنجا که رودخانه هراز یکی از مهم‌ترین شاهرگ‌های حیاتی استان‌های شمالی به‌خصوص مازندران محسوب می‌شود، باید در مدیریت صحیح آن که جز در لوای مدیریت جامع آبخیز میسر نمی‌شود، کوشید. هدف این تحقیق، آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست سنجنده TM، ETM^+، IRS و ASTER بود.

روش‌شناسی

این مطالعه نیمه‌تجربی، در حوضه آبخیز هراز انجام شد. از آنجایی که بهترین و با کیفیت‌ترین تصاویر ماهواره‌ای قابل استفاده در سال‌های بررسی میزان تغییرات کاربری اراضی حوضه آبخیز هراز، مربوط به سنجنده‌های مختلف بوده از ترکیب تصاویر سنجنده‌های مختلف TM سال ۱۹۹۲، ETM^+ سال ۲۰۰۲ و IRS و ASTER سال ۲۰۱۵ برای تهیه نقشه‌های کاربری و پوشش اراضی حوضه استفاده شد. تصاویر مربوطه با همکاری سازمان فضایی کشور، سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح و مرکز سنجش از دور دانشگاه واترلو کانادا تهیه شد (این تصاویر از قدرت طیفی بالایی برخوردار هستند و برای تهیه نقشه‌های کاربری و پوشش اراضی مناسب هستند). همچنین از نقشه‌های رقومی ۱/۲۵۰۰۰ منطقه که توسط سازمان نقشه‌برداری کشور تهیه شده است، به‌منظور تعیین نقاط کنترل زمینی برای تصحیح هندسی تصاویر ماهواره‌ای (ژئوکدینگ‌نمودن تصاویر) استفاده شد.

تهیه نقشه کاربری زمین از روی تصاویر ماهواره‌ای به روش پردازش رقومی به شرح زیر انجام شد:

بررسی کیفیت تصاویر ماهواره‌ای: هرچند تصاویر دریافت‌شده در سطح سیستمی مورد تصحیح قرار گرفته بود، اما ضرورت داشت قبل از پردازش و تجزیه و تحلیل، از نظر رادیومتری و هندسی ارزیابی شود. از این رو پس از بهبود تباین، تصاویر یادشده از نظر وجود خطاهایی مانند از کار افتادگی آشکارسازی، پیکسل‌های تکراری سطری و ستونی و نویز، روی صفحه نمایش رایانه کنترل شد.

تصحیح هندسی تصویر: به‌دلیل کوهستانی‌بودن منطقه و قرارگرفتن آن در حاشیه کادر (تشدید پدیده جابجایی ناشی از پستی و بلندی)، همچنین به‌منظور تاکید بر صحت زیاد هندسی تصاویر در این تحقیق (ضرورت تعیین موقعیت دقیق قطعات نمونه برای بررسی صحت نتایج حاصل از طبقه‌بندی)، تصحیح هندسی تصاویر مورد استفاده به روش غیرپارامتری و با استفاده از نقشه رقومی ۱/۲۵۰۰۰ و با طی مراحل کلی زیر انجام شد: تعیین نقاط کنترل زمینی، تعیین معادله و حذف نقاط نامناسب و تعمیم معادله و انجام نمونه‌گیری مجدد به روش نزدیک‌ترین همسایه. به این ترتیب که ابتدا با استفاده از پارامترهای مداری و انتخاب ۳۴ نقطه کنترل زمینی روی نقشه رقومی یادشده، مدلی ریاضی ایجاد شد، تصاویر مربوطه با دقت نسبتاً بالایی (RMSE=۰/۴۲) تصحیح شد. به‌منظور کنترل دقت هندسی تصاویر، خطوط رقومی مربوط به عوارض جاده‌ای و شبکه آبراهه‌ها از نقشه رقومی توپوگرافی ۱/۲۵۰۰۰ روی تصاویر قرار داده شد و تطبیق مسیر راه‌ها و شبکه آبراهه‌ها روی تصاویر با خطوط وکتوری مورد مقایسه قرار گرفت و دقت تطابق، ارزیابی شد.

پردازش و بارزسازی تصاویر: به‌منظور استخراج هرچه کامل‌تر اطلاعات از تصاویر ماهواره‌ای، قبل از طبقه‌بندی آن، از روش‌های

مناسب بارزسازی تصویر مانند ترکیب رنگی مختلف، نسبت‌گیری طیفی، تبدیل تسلدگ، تجزیه مولفه‌های اصلی و ادغام داده‌ها استفاده شد [Scheer & Sitko, 2007]. در فرآیند ادغام داده‌ها، از روش‌های تبدیل فضای رنگ و روش‌های مبتنی بر پاسخ طیفی برای ادغام باندهای چندطیفی با باند پانکروماتیک بهره گرفته شد. همچنین در این تحقیق از روش بسط تباین خطی استفاده شد. برای نمایش واضح‌تر پدیده‌ها، تصاویر با ترکیب رنگی کاذب تولید شدند. برای ایجاد این تصاویر از متداول‌ترین ترکیب رنگی کاذب استفاده شد که در آن باند مادون قرمز با رنگ قرمز، باند قرمز با رنگ سبز و باند سبز با رنگ آبی نمایش داده می‌شود. این ترکیب که مد RGB نام دارد بر اساس وضوح، قابلیت جداسازی چشمی و استاندارد RGB در جهان بهترین ترکیب را برای سنجنده‌های TM و ETM^+ فراهم می‌کند [Kamusoko & Aniya, 2007].

طبقه‌بندی تصاویر و تهیه نقشه کاربری اراضی: به‌منظور تهیه نقشه کاربری اراضی و تفکیک کاربری‌ها از یکدیگر، طبقه‌بندی تصویر به دو روش رقومی (خودکار) و تلفیقی (رقومی- چشمی) انجام شد. در روش خودکار، ابتدا نمونه‌های تعلیمی به‌عنوان الگوی مشخصات طیفی بر اساس کار میدانی و روی تصاویر رنگی و تصاویر ادغام‌شده انتخاب شدند. به‌دلیل تنوع بازتاب پدیده‌های غیرجنگلی، علاوه‌بر جنگل، پدیده‌های آب، باغ و شالیزار (کشاورزی)، مناطق انسان‌ساخت و غیره به‌عنوان طبقات موضوعی در نظر گرفته شدند. برای ارزیابی کمّی تفکیک‌پذیری طبقات، از شاخص تبدیل‌شده دایورجنس و فاصله باتاچاریا استفاده شد. طبقه‌بندی به روش نظارت‌شده و با طبقه‌بندی حداکثر تشابه انجام شد. با انجام محاسبات آماری و اعمال الگوریتم‌های مختلف نظیر الگوریتم جعبه‌ای، حداقل فاصله و حداکثر احتمال، تک‌تک پیکسل‌های تصویر با نشان‌های طیفی مقایسه و تمام تصویر مورد طبقه‌بندی قرار گرفت. در این تحقیق با بررسی نقشه‌های موجود و بازدیدهای میدانی مشخص شد که کاربردهای عمده آبخیز هراز، باغ‌ها، مخازن آبی، زراعت آبی، اراضی جنگلی، اراضی مرتعی، اراضی مسکونی و اراضی بدون پوشش گیاهی هستند. پس از تعیین نمونه‌های تعلیمی از طبقه‌بندی نظارت‌شده با الگوریتم حداکثر احتمال برای تهیه نقشه‌های کاربری اراضی آبخیز هراز در سال‌های ۱۹۹۲، ۲۰۰۲ و ۲۰۱۵ و برای ارزیابی صحت نتایج طبقه‌بندی از ضریب کاپا استفاده شد [Lu *et al.*, 2004].

تهیه نقشه تغییرات مساحت طبقات پوشش کاربری اراضی: به‌منظور ایجاد نقشه‌ای که نشان‌دهنده موقعیت مکانی تغییرات کاربری اراضی در دوره زمانی سال‌های ۱۹۹۲ تا ۲۰۱۵ باشد از روش مقایسه پس از طبقه‌بندی استفاده شد. برای این کار تصویر تغییر پوشش، با مقایسه پیکسل به پیکسل و دسته‌بندی مجدد پیکسل‌هایی که در ابتدا دوره مربوط به کاربری خاصی بودند و در انتهای دوره به کاربری دیگری تغییر یافتند، تهیه شد.

نرم‌افزارهای مورد استفاده Idrisi Andes، ArcGIS و ENVI بودند. برای اجرای مدل شبکه نیز از نرم‌افزار Edrisi Andes و Statistica استفاده شد. برای بررسی معنی‌داری تغییرات، از آزمون مجذور کای در نرم‌افزار SPSS استفاده شد و سطح معناداری ۰/۰۵ در نظر گرفته شد.

یافته‌ها

به‌منظور تهیه نقشه‌های کاربری اراضی حوضه آبخیز هراز، تصاویر رنگی کاذب با ترکیب باندی از محدوده مورد مطالعه تهیه شد (شکل ۱).

بعد از پیش‌پردازش و انجام تصمیمات اولیه تصویر سنجنده TM مربوط به سال ۱۹۹۲، نقشه کاربری اراضی این سال آبخیز هراز، طبقه‌بندی رقومی تصویر تهیه شد (شکل ۲). برای برآورد صحت این نقشه از عکس هوایی ۱:۶۰۰۰۰ منطقه و نقشه توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ تهیه‌شده توسط سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح سال ۱۳۶۳ و نقشه کاربری اراضی تهیه‌شده از سوی وزارت کشاورزی استفاده شد. در سال ۱۹۹۲ بیشترین مساحت کاربری اراضی مربوط به اراضی مرتعی بود که وسعت آن یک روند نزولی داشته، به‌طوری که ۸۰/۹۴% از مساحت کل حوضه را تشکیل داد. همچنین کمترین مساحت کاربری اراضی مربوط به مخازن آبی بود که وسعت آن یک روند نزولی داشت، به‌طوری که ۰/۲۶% از مساحت کل حوضه بود (شکل ۲).

صحت کلی و شاخص کاپا به‌ترتیب برابر ۰/۸۴ و ۰/۷۹ محاسبه شد. مشخصه‌های آماری ارزیابی صحت نقشه، در جدول ۱ ارایه شد.

جدول ۱) مشخصه‌های ارزیابی صحت طبقه‌بندی تصاویر TM سال ۱۹۹۲ در حوضه آبخیز هراز

طبقه پوشش	صحت کاربر	صحت تولیدکننده	خطای تداخل	خطای حذف
باغ‌ها	۰/۸۸	۰/۸۸	۰/۱۲	۰/۱۲
مخازن آبی	۰/۸۹	۰/۹۰	۰/۱۱	۰/۱۰
زراعت آبی	۰/۸٤	۰/۸۵	۰/۱٦	۰/۱۵
اراضی جنگلی	۰/۸۹	۰/۹۰	۰/۱۱	۰/۱۰
اراضی مرتعی	۰/۹۰	۰/۹۰	۰/۱۰	۰/۱۰
اراضی مسکونی	۰/۹۱	۰/۸۹	۰/۰۹	۰/۱۱
اراضی فاقد پوشش	۰/۹۲	۰/۹۰	۰/۰۸	۰/۱۰

نقشه کاربری اراضی سال ۲۰۰۲ آبخیز هراز با طبقه‌بندی رقومی تصویر سنجنده ETM^+ ماهواره لندست تهیه شد (شکل ۳). برای برآورد صحت این نقشه از نقشه‌های ۱/۲۵۰۰۰ و ۱/۵۰۰۰۰ تهیه‌شده از سوی سازمان‌های نقشه‌برداری کشور، جغرافیایی نیروهای مسلح استفاده شد. در این سال بیشترین مساحت کاربری اراضی مربوط به اراضی مرتعی بود که وسعت آن یک روند نزولی داشته، به‌طوری که ۸۰/۳۳% از مساحت کل حوضه را تشکیل داد. همچنین کمترین مساحت کاربری اراضی مربوط به مخازن آبی بود که وسعت آن یک روند نزولی داشت، به‌طوری که ۰/۰۹% از مساحت کل حوضه بود (شکل ۳).

صحت کلی و شاخص کاپا به‌ترتیب برابر ۰/۸۶ و ۰/۸۰ استخراج شد. مشخصه‌های آماری ارزیابی صحت نقشه، در جدول ۲ ارایه شدند.

جدول ۲) مشخصه‌های ارزیابی صحت طبقه‌بندی تصاویر ETM^+ سال ۲۰۰۲ در حوضه آبخیز هراز

طبقه پوشش	صحت کاربر	صحت تولیدکننده	خطای تداخل	خطای حذف
باغ‌ها	۰/۸۸	۰/۸۵	۰/۱۲	۰/۱۵
مخازن آبی	۰/۸۵	۰/۸۸	۰/۱۵	۰/۱۲
زراعت آبی	۰/۸۹	۰/۸٦	۰/۱۱	۰/۱٤
اراضی جنگلی	۰/۸۸	۰/۸۷	۰/۱۲	۰/۱۳
اراضی مرتعی	۰/۸۷	۰/۸۹	۰/۱۳	۰/۱۱
اراضی مسکونی	۰/۹۱	۰/۸۹	۰/۰۹	۰/۱۱
اراضی فاقد پوشش	۰/۹۲	۰/۹۱	۰/۰۸	۰/۰۹

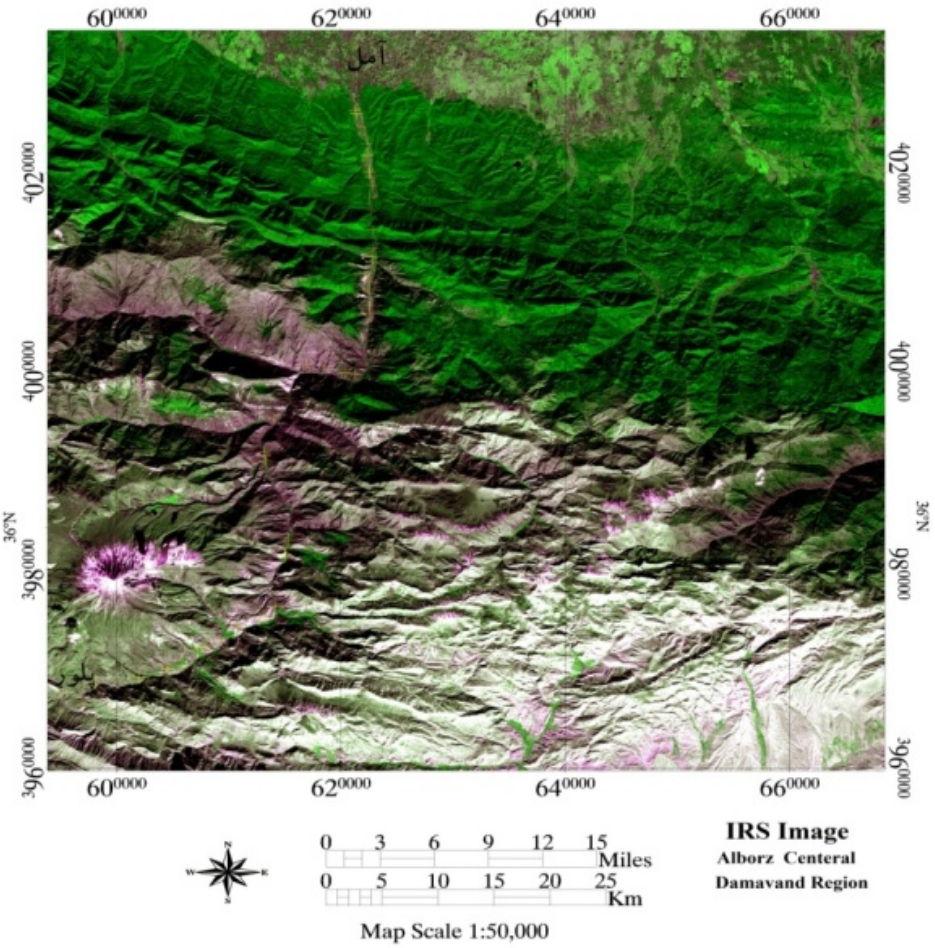
نقشه کاربری اراضی سال ۲۰۱۵ آبخیز هراز با طبقه‌بندی رقومی تصویر سنجنده ماهواره IRS تهیه شد (شکل ۴). برای برآورد صحت نقشه کاربری اراضی این سال از نقشه رقومی ۱/۲۵۰۰۰ سازمان نقشه‌برداری کشور استفاده شد. در این سال بیشترین مساحت کاربری اراضی مربوط به اراضی مرتعی بود که وسعت آن یک روند کاهشی داشت، به‌طوری که ۷۵/۸۸% از مساحت کل حوضه را تشکیل داد. همچنین کمترین مساحت کاربری اراضی مربوط به مخازن آبی بود که وسعت آن یک روند نزولی داشت، به‌طوری که ۰/۰۷% از مساحت کل حوضه است (شکل ۴).

صحت کلی و شاخص کاپا به‌ترتیب برابر ۰/۹۵ و ۰/۹۰ است. مشخصه‌های آماری ارزیابی صحت نقشه تهیه‌شده، در جدول ۳ ارایه شدند.

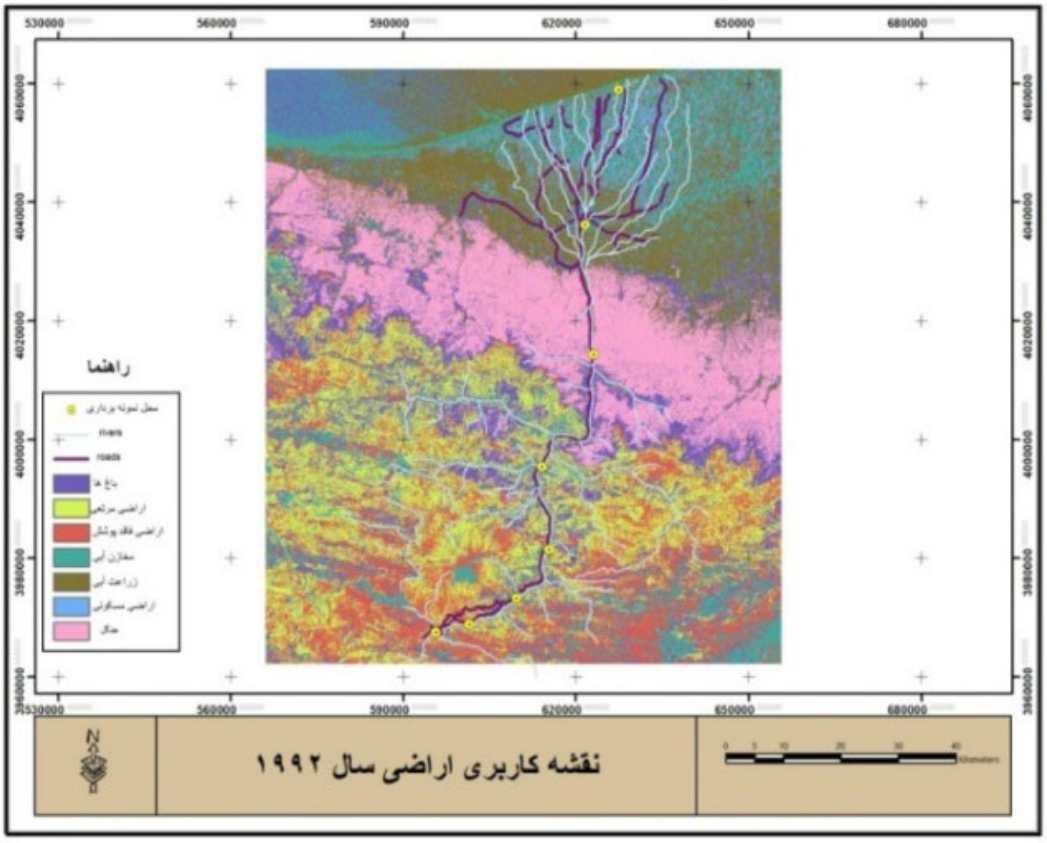
جدول ۳) مشخصه‌های ارزیابی صحت طبقه‌بندی تصاویر IRS سال ۲۰۱۵ در حوضه آبخیز هراز

طبقه پوشش	صحت کاربر	صحت تولیدکننده	خطای تداخل	خطای حذف
باغ‌ها	۱	۰/۸۹	۰	۰/۱۱
مخازن آبی	۰/۹۲	۱	۰/۰۸	۰
زراعت آبی	۰/۹٤	۰/۹٥	۰/۰٦	۰/۰٥
اراضی جنگلی	۰/۹٥	۰/۹٥	۰/۰٥	۰/۰٥
اراضی مرتعی	۰/۹۸	۰/۹٦	۰/۰۲	۰/۰٤
اراضی مسکونی	۰/۹۳	۰/۹۹	۰/۰۷	۰/۰۱
اراضی فاقد پوشش	۱	۰/۹۸	۰	۰/۰۲

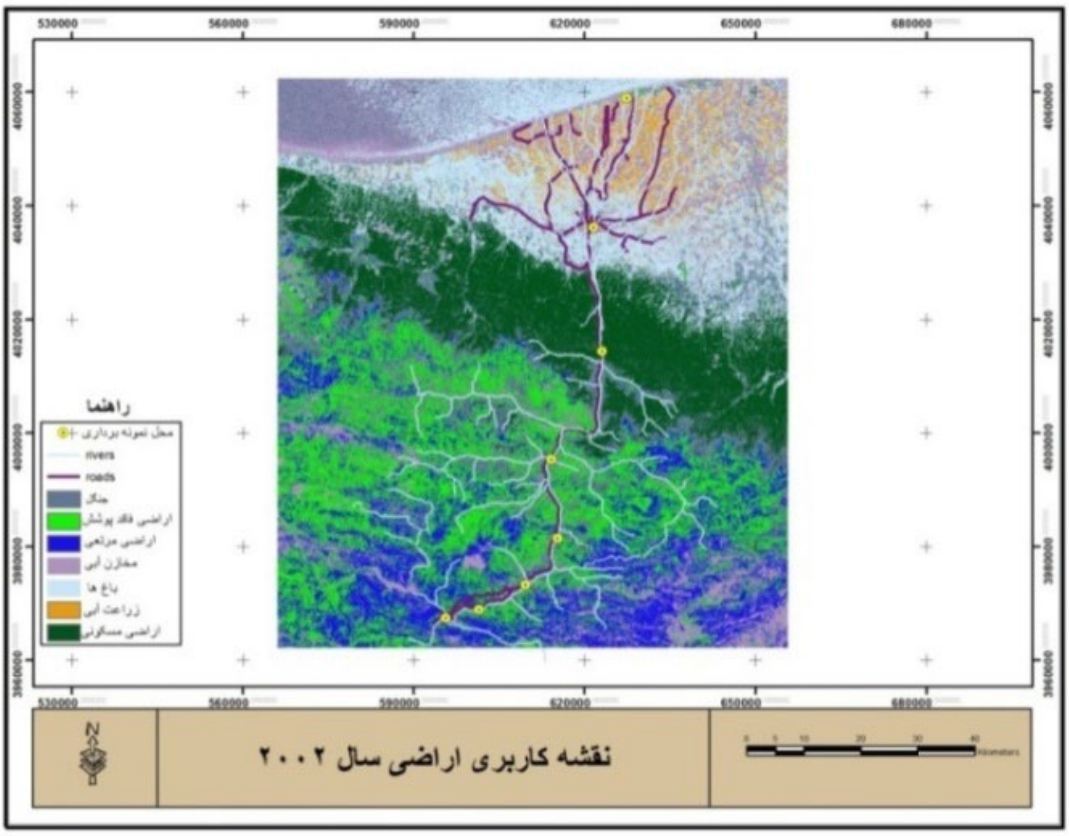
روند کاهش اراضی جنگلی و مرتعی و افزایش اراضی فاقد پوشش و مسکونی در نمودار ۱ نشان داده شد.



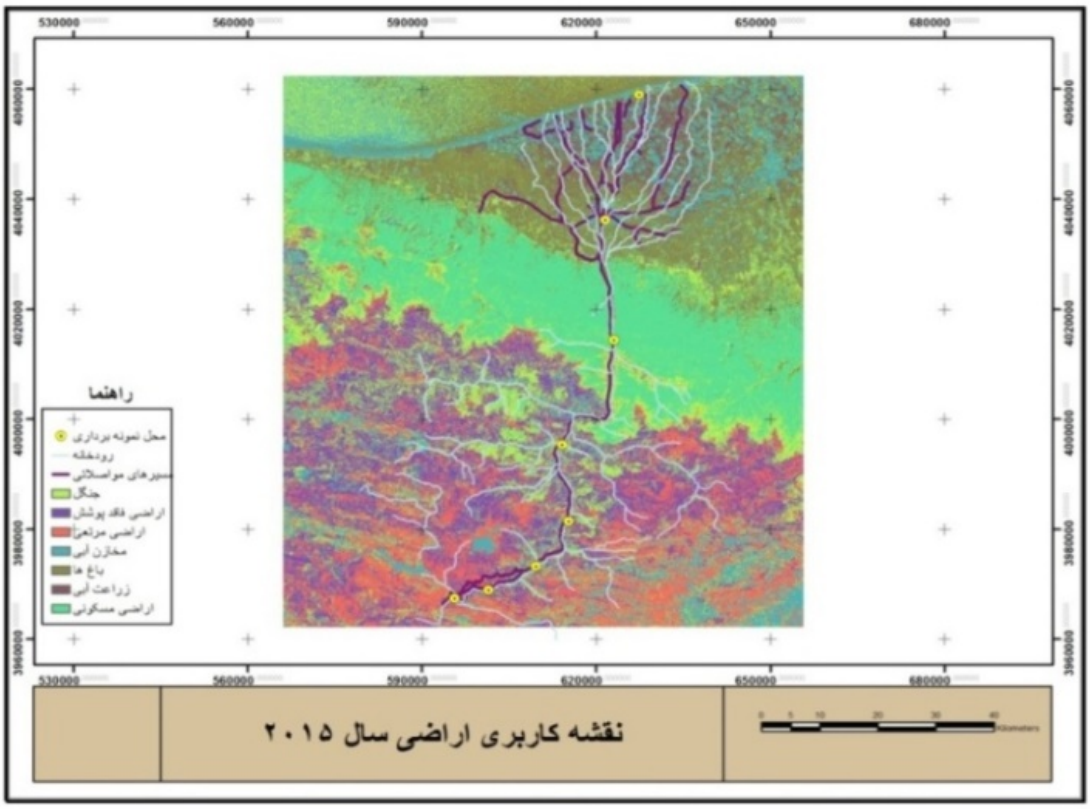
شکل ۱) تصویر نهایی حوضه آبخیز هراز با اعمال تصحیحات هندسی، رادیومتریک و ترکیب باندی



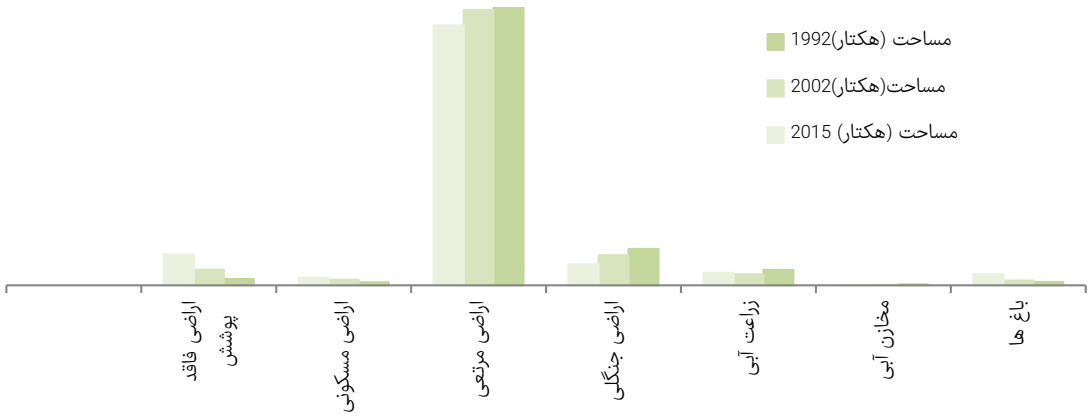
شکل ۲) نقشه کاربری اراضی حوضه آبخیز هراز سال ۱۹۹۲



شکل ۳) نقشه کاربری اراضی حوضه آبخیز هراز سال ۲۰۰۲



شکل ۴) نقشه کاربری اراضی حوضه آبخیز هراز سال ۲۰۱۵



نمودار ۱) مقایسه درصد طبقات کاربری اراضی حوضه آبخیز هراز در سه مقطع زمانی

تغییرات مساحت کاربری اراضی حوضه آبخیز هراز برای دوره‌های زمانی ۲۰۰۲-۱۹۹۲، ۲۰۱۵-۲۰۰۲ و ۲۰۱۵-۱۹۹۲ محاسبه شد. در دوره ۲۰۱۵-۲۰۰۲ حدود ۲۷۰۰۰هکتار از اراضی جنگلی و مرتعی آبخیز هراز به کشاورزی تغییر کاربری یافت. نرخ تغییر برای این دوره حدود ۸۲۸هکتار در سال بود. کمترین تغییرات مربوط به دوره زمانی ۲۰۰۲-۱۹۹۲ بود که حدود ۱۷/۲۱% از اراضی جنگلی حوضه به کشاورزی تبدیل شده بود. تغییرات کاربری از جنگل به کشاورزی و اراضی فاقد پوشش و اراضی مسکونی، برای کل دوره (۲۰۱۵-۱۹۹۲)، حدود ۱۸۰۰۰هکتار بود که با نرخی حدود ۷۸۶هکتار در سال اتفاق افتاده بود.

بالاتربودن شاخص کاپا در دوره ۲۰۰۲-۱۹۹۲ نسبت به سایر دوره‌ها، نشان‌دهنده تغییرات کم و نامحسوس کاربری‌ها در این دوره و کاهش این شاخص در دوره‌های دیگر، نشانگر تطابق کمتر نقشه‌ها با یکدیگر و تغییرات زیاد کاربری‌ها بود (جدول ۴).

نتایج آزمون مجذور کای نیز نشان داد که تغییر مساحت طبقات کاربری در دوره‌های زمانی مختلف معنی‌دار بود ($p<0/05$؛ جدول ۴).

جدول ۴) توافق نقشه‌های کاربری اراضی حوضه آبخیز هراز در دوره‌های زمانی مختلف

آزمون	نقشه‌های کاربری اراضی		
	۱۹۹۲-۲۰۰۲	۲۰۰۲-۲۰۱۵	۱۹۹۲-۲۰۱۵
شاخص کاپا	۰/۸۹۵٦	۰/۸۳۵۸	۰/۷۸۹۵
مجذور کای	۱۷۸۸۱۹/۵	۲۱۵۸٤۷/۲	۱٦۱۲٥٤/۸
p-value	< ۰/۰۰۰۱	< ۰/۰۰۰۱	< ۰/۰۰۰۱

بحث

نتایج صحت کلی و ضریب کاپای به‌دست‌آمده در تصاویر ETM+، TM و IRS برای بررسی میزان تغییرات در منطقه نشان داد که تصاویر ماهواره‌ای قابلیت شناسایی تغییرات را دارند. در این مطالعه نتایجی با صحت بسیار بالا نسبت به تحقیقات مشابه [Hager, 1987] به‌دست آمده است که علت آن استفاده از تصاویر نرم‌افزار گوگل‌ارث در تهیه نقاط تعلیمی، سطح زیاد نقاط تعلیمی و دقت در انتخاب نقاط تعلیمی بوده است. این نتیجه با نظریه *جنسن* و *کوون* که صحت قابل قبول طبقه‌بندی کاربری اراضی را با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای ۸۵% می‌داند، مطابقت دارد [Jensen & Cowen 1999].

در طول زمان، الگوهای پوشش زمین و به تبع آن کاربری اراضی دچار تغییر و دگرگونی اساسی می‌شوند و عامل انسانی می‌تواند بیشترین نقش را در این فرآیند ایفا نماید [Gomarsca *et al.,* 1993]. یکی از عواملی که بر کاربری‌های زمین اثر می‌گذارد، افزایش جمعیت است. توسعه شهر در ارتباط تنگاتنگی با میزان رشد جمعیت شهری است و در این ارتباط، افزایش طبیعی شهری، میزان مهاجرت خالص به شهر، انتقال ساخت جمعیتی جوامع غیرشهری به شهر و ساخت جمعیت شهر از عوامل اساسی به‌شمار می‌روند [Sabzehghabaei *et al.,* 2017]. مهاجرت نیز به‌عنوان یکی از معلول‌های سیاسی، اقتصادی و اجتماعی که خود تاثیر عمده‌ای در ایجاد ساختارهای جدید اقتصادی-اجتماعی دارد، نقش عمده‌ای در توسعه شهر و تغییر کاربری آن بر عهده دارد [Herold *et al.,* 2002]. مساحت اراضی مسکونی (ساخته‌شده) با گذشت زمان افزایش داشته است که مساعدبودن شرایط آب و هوایی، طبیعت زیبا، توریستی‌بودن منطقه، رشد طبیعی جمعیت و مهاجرت به این محدوده از علل اصلی افزایش اراضی مسکونی است. در پژوهشی مشابه، *حنیفه‌پور* و *جباری* در سال ۱۳۹۲ در باقرشهر به این نتیجه رسیدند که مهاجرت به باقرشهر موجب تغییر کاربری‌های کشاورزی و فضای سبز به کاربری شهری شده است [Hanifehpour & Jabbari, 2013]. بدین ترتیب رشد سریع شهرنشینی در حوضه آبخیز هراز باعث عدم انسجام در ساختار فضایی و قطبی‌شدن یک یا چند کانون شهری شده است. در منطقه مورد مطالعه نیز بخش قابل توجهی از تبدیلات اراضی مرتعی، جنگلی و کشاورزی مربوط به جایگزین‌شدن کاربری مسکونی به‌جای این اراضی است که علت این امر هم می‌توان قیمت پایین این اراضی و همچنین تقاضای زیاد مهاجران و توریست‌ها دانست که به‌علت نداشتن صرفه اقتصادی برای کشاورز سعی در فروش این زمین‌ها و رسیدن به سود بیشتر دارند.

امروزه کشاورزان تمایلی برای تغییر روند کشت و کار ندارند و محصولات تولیدشده نیز پاسخگوی هزینه‌های تولید نیست؛ لذا بهترین روش برای یک کشاورز، فروختن قطعه‌ای از زمین کشاورزی خود برای امرار معاش مقطعی است. از دیگر دلایل تغییر در کاربری کشاورزی به‌صرفه‌نبودن تولید در بخش کشاورزی، واردات محصولات کشاورزی، افزایش هزینه‌های بخش کشاورزی، ریسک بالای این فعالیت، روش‌های سنتی کاشت، داشت و برداشت محصولات و افزایش ضایعات در بخش کشاورزی، به‌روزنبودن تولیدات شهر با نیازهای صادراتی و مصرف داخلی و چشمگیرنبودن فعالیت صنایع تبدیلی، سن بالای کشاورزان، پایین‌بودن سطح سواد و وارث‌شدن نسلی از این کشاورزان که برای تولید در این بخش اهمیتی قائل نیستند و خود را کشاورز نمی‌دانند، سرعت روند تبدیل زمین‌های کشاورزی به خانه، باغ‌های تفریحی و ویلا را افزایش داده است [Amirnejad, 2013]. *یوسفی* و همکاران در مطالعات خود در زمینه پایش تغییرات کاربری اراضی مریوان به نتایج مشابهی رسیدند و بیان نمودند که بیشترین تغییرات مربوط به کاربری کشاورزی این منطقه بوده و روند تغییرات آن کاهشی است [Yousefi *et al.,* 2011]. یکی دیگر از کاربری‌های موجود در منطقه اراضی جنگلی است که این کاربری روند کاهشی داشته است. *کرمی* نیز در مطالعات خود در زمینه تغییرات کاربری اراضی در غرب کشور به نتایج مشابهی رسید و بیان نمود که سطح کاربری اراضی جنگل این قسمت از کشور در سال‌های اخیر کاهش یافته است [Karami, 2004]. علل این کاهش اراضی جنگلی، حاشیه‌نشینان جنگل هستند که با تصرف حاشیه جنگل و تبدیل آن به اراضی کشاورزی غیرمجاز و رهاکردن این زمین‌ها به‌علت ازدست‌دادن ذخایر غذایی خاک سبب این کاهش چشمگیر شده‌اند. از دلایل دیگر هم می‌توان افزایش جمعیت که خود دلیلی بر افزایش اراضی مسکونی است و هجوم مردم به مناطق جنگلی برای اهداف خوش‌نشینی و توریستی که هم باعث افزایش اراضی مسکونی برای خدمات به توریست‌ها می‌شود و هم سبب ازبین‌رفتن جنگل‌ها می‌شود، قطع درختان و آتش‌سوزی‌های شدید در جنگل‌های طی چند سال گذشته دانست که این عامل هم سبب افزایش کاربری زمین بایر شده است. از دیگر دلایل تغییر کاربری این منطقه، مشکلات اقتصادی مردم و به‌صرفه‌نبودن فعالیت‌های کشاورزی است. سیاست‌های نادرست دولت در منطقه، جایگاه مبهم مدیریت در محدوده حریم شهر نیز بر تشدید این مسائل دامن می‌زند [Khakpor *et al.,* 2007].

کاربری مخازن آبی نیز در منطقه مورد مطالعه، کاهش چشمگیری داشت که علت این امر را می‌توان افزایش ساخت و ساز در حاشیه رودخانه‌ها به‌علت افزایش جمعیت، آلودگی آب به‌علت افزایش جمعیت و صنایع، بارش کمتر در چند سال گذشته نسبت به سال‌های قبل‌تر و برداشت بیشتر از آب رودخانه‌ها برای کشاورزی دانست. در نتیجه با توجه به اینکه آگاهی از الگوهای کاربری اراضی

و تغییرات آن در طول زمان پیش‌نیازی برای استفاده مطلوب از سرمایه ملی است، از این‌رو، استخراج نقش‌های کاربری اراضی به‌عنوان مهم‌ترین هدف در مدیریت پایگاه منابع طبیعی می‌تواند مورد توجه قرار گیرد. در حال حاضر، استفاده از فناوری سنجش از دور، بهترین وسیله در استخراج نقشه‌های مربوط به کاربری‌ها است [Theau, 2006]. در مدیریت منابع طبیعی و محیط زیست و مدیریت شهری، برنامه‌ریزی برای کاربری سرزمین، تهیه نقشه‌های کاربری سرزمین و شناخت توان و استعداد اراضی لازم است و منبع مهم اطلاعاتی برای اتخاذ سیاست‌های اصولی و تدوین برنامه‌های توسعه به‌شمار می‌رود. بنابراین، اطلاعات کاربری سرزمین، به‌منزله اطلاعات پایه، نقش بسیار مهمی در مدیریت منابع طبیعی و شهری ایفا می‌کند [Turner *et al.,* 1994]. اما مشکل برنامه‌ریزی برای مدیریت شهر که تقریباً همه برنامه‌ریزان و سیاست‌گذاران بخش منابع طبیعی کشور بر این نکته اتفاق نظر دارند، این است که منابع در حال زوال و تخریب است و با شیوه‌های کنونی بهره‌برداری این روند همچنان ادامه خواهد داشت. عوامل موثر در این تخریب اگرچه کم و بیش شناسایی و معرفی شده‌اند، اما به‌طور دقیق و ریشه‌ای به‌ویژه در حوزه‌های اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی، تحقیق و بررسی نشده‌اند و سهم و نقش آنها در تخریب منابع طبیعی مشخص نشده است [Ansari *et al.,* 2008]. این مشکل گریبان حوضه آبخیز هراز را نیز گرفته است؛ زیرا با وجود منابع طبیعی بسیار در این حوضه، برنامه‌ریزی اصولی و درستی صورت نگرفته است.

نتایج کلی، حاکی از تغییرات بسیار کاربری اراضی این منطقه طی دوره ۲۳ ساله است. بیشترین تغییرات مربوط به کاربری مرتعی با روندی کاهشی است، به‌طوری که قسمت عمده تغییرات آن مربوط به تبدیل اراضی مرتعی به اراضی فاقد پوشش، باغی و مسکونی است. از آنجایی که بخشی از منطقه را پوشش جنگلی در بر گرفته است، این کاربری نیز دارای تغییرات زیادی است. روند تغییرات در جهت کاهش اراضی جنگلی بوده که قسمت عمده آن مربوط به تبدیل کاربری جنگلی به کاربری باغات است و همچنین سطح اراضی زراعت آبی و مخازن آبی در دوره زمانی مورد مطالعه، کاهش یافته است؛ در نتیجه افزایش جمعیت طی دهه‌های اخیر، بخش قابل توجهی از سایر کاربری‌ها به کاربری مسکونی تبدیل شده است. در منطقه مورد مطالعه نیز بخش قابل توجهی از اراضی کشاورزی و زراعت آبی به کاربری مسکونی تغییر یافته است.

با توجه به اینکه مساحت طبقات کاربری اراضی در حوضه آبخیز هراز در طی سری زمانی مورد بررسی، تغییرات فراوانی داشته است این تغییرات می‌تواند تاثیرات چشمگیری بر محیط زیست این حوضه داشته باشد. بر این اساس پیشنهاد می‌شود اثر تغییرات کاربری اراضی بر محیط زیست این حوضه به‌ویژه کیفیت آب‌های زیرزمینی حوضه و آب رودخانه هراز مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گیرد. علاوه‌بر آن می‌توان تاثیر سایر متغیرهای محیطی مانند سازندهای زمین‌شناسی و تغییر اقلیم را بر کیفیت آب زیرزمینی این حوضه آبخیز و آب رودخانه هراز مورد بررسی قرار داد. همچنین می‌توان با مدلسازی کمّی و کیفی آب‌های زیرزمینی و آب‌های سطحی این حوضه، میزان بار آلودگی قابل انتقال از سطح آبخیز هراز به آب‌های زیرزمینی و رودخانه هراز را تعیین نمود و با اجرای برنامه‌های مدیریت کیفی آب‌های زیرزمینی و سطحی، منابع آلاینده و میزان آلودگی آنها را کنترل نمود.

نتیجه‌گیری

مساحت طبقات کاربری اراضی در حوضه آبخیز هراز در طی سری زمانی ۲۰۱۵-۱۹۹۲، تغییرات فراوانی داشته است. طی این دوره، مساحت اراضی طبیعی (جنگل و مرتع) با نرخ تغییر حدود ۸۲۸هکتار در سال بوده است و به همین میزان به مساحت اراضی باغی و مسکونی افزوده شده است.

تشکر و قدردانی: موردی توسط نویسندگان گزارش نشده است.
تاییدیه‌های اخلاقی: موردی توسط نویسندگان گزارش نشده اس‌ت.
تعارض منافع: موردی توسط نویسندگان گزارش نشده است.
سهم نویسندگان: ساره ملأ آقاجانزاده (نویسنده اول)، پژوهشگر اصلی/نگارنده بحث (۵۰%)؛ کریم سلیمانی (نویسنده دوم)، پژوهشگر کمکی (۲۰%)؛ محمود حبیب‌نژاد (نویسنده سوم)، پژوهشگر کمکی (۱۰%)؛ عطاالله کاویان (نویسنده چهارم)، پژوهشگر کمکی (۱۰%)؛ محمد رحمانی (نویسنده پنجم)، پژوهشگر کمکی (۱۰%).
منابع مالی: منابع مالی این پژوهش تماماً توسط *ساره ملاآقاجانزاد*ه تامین شده است.

منابع

-Aghajanzadeh S (2015). Effect of land use changes on water quality of Haraz river using from remote sensing techniques [dissertation]. Sari: Agricultural Sciences and Natural Resources of Sari University. [Persian]
-Akbari M, Soleimani K, Habibnejad Roshan M, Reisi M (2010). Application of GIS remote sensing in assessing land use change in a case study of Nurabad Lorestan watershed. Geomatics Conference 89, Tehran, National Surveying Organization, 9 April 2010, Tehran, Iran. Tehran: Civilica. [Persian]
-Alig RJ, Kline JD, Lichtenstein M (2004). Urbanization on the US landscape: looking ahead in the 21st century. Landscape and Urban Plan. 69(2-3):219-234.
-Amirnejad H (2013). Investigating the effective factors on farmers' desire to change land use in Mazandaran province. Agricultural Economics Research. 5(4):87-106. [Persian]
-Ansari N, Seyed Akhlaghi Shal SJ, Ghasemi MH (2008). The socio-economic factor effective on the destruction of the country natural resources and its contribution in the destruction. Iranian Journal of Range and Desert Research. 15(4):508-524. [Persian]
-Chen J, Gong P, He C, Pu R, Shi P (2003). Land-use/land-cover change detection using improved change-vector analysis. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing. 69(4):369-380.
-Fan F, Wang Q, Wang Y (2007). Land use and land cover change in Guangzhou, China, from 1998 to 2003, based on Landsat TM/ETM+ imagery. Sensors. 7(7):1323-1342.

-Feizizadeh B, Azizi J, Valizadeh K (2007). Extraction of land uses in Malekan city using ETM Landsat 7 satellite images. Journal of Land Management. 2(3):1-10. [Persian]
-Gomarsca MA, Brivio PA, Pagnoni F, Galli A (1993). One century of land use in metropolitan area of Milan (Italy). International Journal of Remote Sensing. 14(2):211-223.
-Hager WH (1987). Lateral outflow over side weirs. Journal of Hydraulic Engineering. 113(4):491-504.
-Hanifehpour M, Jabbari B (2013). Population growth and change of agricultural land use (case study: Baqershahr). The First National Conference On Geography, Urban Planning and Sustainable Development, 27 February 2013, Tehran, Iran. Tehran: Civilica. [Persian]
-Herold M, Scepan J, Clarke KC, (2002). Remote sensing and landscape metrics to describe structures and changes in urban land use. Environment and Planning. 34(8):1443-1458.
-Jensen JR, Cowen DC (1999). Remote sensing of urban/suburban infrastructure and socioeconomic attributes. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing. 65(5):611-622.
-Kamusoko C, Aniya M (2007). Land use/cover change and landscape fragmentation analysis in the Bindura district, Zimbabwe. Land Degradation & Development. 18(2):221-233.
-Karami F (2004). Study of Landsat satellite data capability to determine degradation in Zagros forests. Sari: Agricultural Sciences and Natural Resources of Sari University. [Persian]
-Khakpor BA, Velayati SA, Kianejad GH (2007). Land use change model for the city of Babol from 1982 to 1998. Journal of Geography and Regional Development. (9):45-64. [Persian]
-Lenat DR, Crawford JK (1994). Effects of land use on water quality and aquatic biota of three North Carolina piedmont streams. Hydrobiologia. 294(3):185-199.
-Lu D, Mausel P, Brondizio E, Moran E (2004). Change detection techniques. International Journal Remote Sensing. 25(12):2365-2401.
-Mohammad Esmaeil Z (2010). Monitoring land use\ land cover changes in Karaj by applyin remote sensing. Iranian Journal of Soil Research. 24(1):81-88. [Persian]
-Sabzehghabaei GR, Raz S, Dashti S, Yousefi Khanghah S (2017). Study of land use change using geographic information systems and remote sensing techniques (case study: Andimeshk township). Journal of Geography and Development. 15(46):35-42. [Persian]
-Scheer L, Sitko R (2007). Assessment of some forest characteristics employing Ikonos satellite data. Journal of Forest Science. 53(8):345-351.
-Theau J (2006). Detection of changes using remote sensing: an overview of principles and applications. Geo-Spatial and Range Sciences Conference.
-Turner BL, Mayer WB, Skole DL (1994). Global land use/land cover change toward an integrated study. Royal Swedish Academy of Science. 23(1):91-95.
-Yang X, Lo CP (2002). Using a time series of satellite imagery to detect land use and land cover changes in the Atlanta, Georgia metropolitan area. International Journal of Remote Sensing. 23(9):1775-1798.
-Yousefi S, Moradi HR, Hoseini SH, Mirzaee S (2011). Land use change detection using landsat TM and ETM+ satellite images over Marivan. Journal of RS and GIS for Natural Resources. 2(3):97-105. [Persian]
-Zhang J, Zhang Y (2007). Remote sensing research issues of the national land use change the national land use change program of China. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing. 62(6):461-472.