

Research Paper

Assessment of development trend and land use change in Qom province using remote sensing technology

Ashkan Ebrahimivand¹, Farhad Hooshyaripor^{*2}, Hadi Rajabi³

1. MSc Graduated, Faculty of Civil Engineering, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

2. Assistant Prof., Faculty of Civil Engineering, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

3. Iran Water and Power Resources Development Company, Ministry of Energy, Tehran, Iran

Received: 2022/04/03

Revised: 2022/04/18

Accepted: 2022/05/28

Use your device to scan and read the article online



DOI:

[10.30495/wej.2023.5831](https://doi.org/10.30495/wej.2023.5831)

Keywords:

Remote Sensing, Land-use, Qom Province, Decision Tree, Maximum Likelihood

Abstract

Introduction: Land-use change is an important factor in changing the hydrologic processes and biodiversity. It has significant environmental consequences at local, regional, and global scales. Although many studies have been conducted for revealing the land-use change worldwide, its impact on the hydrologic processes, water resources, water supply, and water consumption is poorly understood.

Methods: The present research is an effort to use remote sensing techniques for investigating land-use change in Qom province during the last three decades. Qom province, located in the west of the Dasht-e-Kavir desert with vulnerable water resources, has been subject of a rapid development process in recent decades so water resources require more attention. Here, Maximum Likelihood Classification (MLC) and Decision Tree Classification (DTC) were used to show the role of the classification method in the results.

Findings: The results showed that “drought” and “increasing number of farmers”, with an average score of 3.56 and 3.45 respectively on a scale of 1 to 5, are considered as the main causes of agricultural water conflict. From the farmers’ view, the priority for reducing water conflicts was the participation of farmers in managing water wells and negotiating with farmers around the water. On a scale of 13 to 65 with an average of 38.51, the perceived agricultural water conflict was at the medium level. By increasing farm distance from the well, area of agricultural rental land, and annual income from non-agricultural activities, the perception of agricultural water conflict increased. However, by increasing owned agricultural land area and agricultural income, the perception of agricultural water conflict decreased. The main strategy used by farmers to manage agricultural water conflict was “control”, in which coercion and force are used to manage conflict. The “problem-solving” and “avoidance” strategies were the second and third priorities respectively.

Citation: Ashkan Ebrahimivand, Farhad Hooshyaripor, Hadi Rajabi. Assessment of development trend and land use change in Qom province using remote sensing technology. Water Resources Engineering Journal. 2023; 16(57): 91- 102.

***Corresponding author:** Farhad Hooshyaripor

Address: Faculty of Civil Engineering, Science and Research Branch
Islamic Azad University, Tehran, Iran

Tell: +2144869426

Email: Hooshyaripor@srbiau.ac.ir

Extended Abstract

Introduction

The amount of change in land-use and land cover due to human activities or natural factors can be assessed by using present or archived remote sensing data. Land-use change can affect land cover, biodiversity, and aquatic ecosystems. Therefore, these changes in watersheds can affect water quality and can increase surface runoff as well as groundwater consumption. Land-use change information is important for water resource management so that it can show the effects of land-use changes on water demand quality and quantity. Ground-based studies using remote sensing techniques are a vital tool for generating rational information for making scientific decisions in natural resource management. In the tropics, it has been proven that human activities are the main cause of change in the land used. Humans are the cause of direct or indirect pressures on land and the constant threat to natural resources. Human intervention harms the livelihood of those in need of these lands. Today, most of the developing and developed countries of the world use satellite information and remote sensing in the forest, rangeland, land-use, and agricultural crop studies, estimating their cultivated area, and studying surface water and river network. Land protection is one of the issues that should be noticed by governments. It seems that at the current level of human knowledge and technology, achieving a huge database in the above field, without spending exorbitant costs will be possible only by using the science and technology of remote sensing. Remote sensing puts us well beyond the limits of human ability and provides information about areas that humans can not directly identify because of their dangerousness, high cost, and distance. Remote sensing data includes various types such as aerial photographs, digital images, satellites, and radars. Significant advantages of remote sensing compared to other data collection methods have led to its use in many fields. Remote sensing provides an overview of the regions in which the recognition of patterns

and relationships that are not visible on the ground.

Materials and Methods

In this paper, the remote sensing technique was used to study the trend of land-use change. The study includes a 30-year period between 1989 and 2019. For this reason, 10 images from two main sensors Landsat 5 Tm and Landsat 8 OLI were used in different years 1989, 1999, 2008, 2014, and 2019. The images were acquired in the spring and autumn of each year. Then pre-processing, processing and post-processing of satellite images were applied in order to obtain land use maps.

Findings

According to the results, the area of each class was calculated over the 30-year period. The description of the changes in each class for both classification methods is examined so that the amount of consumed water can be calculated. Tables 2 and 3 show the land-use areas of Qom province from 1989 to 2019 based on MLC and DTC methods. The obtained results show that the amount of rangeland area in 2019 compared to the entire 30-year period for both MLC and DTC has increased significantly. As the area of rangeland is directly related to the amount of rainfall (the higher the amount of rainfall, the greater the area of rangeland), it can be concluded that in 2019 the rainfall over the Qom province was more than the previous years. On contrary, the bare land area has decreased in 2019 which confirms this hydrologic condition. As can be seen, the largest area of land-use in both methods is bare land, which indicates the climatic conditions of Qom. In addition, the change in urban areas during these 30 years is significant. The urban area has increased as much as 44% and 51% for DTC and MLC methods, respectively. It is worth noting that water body area has varied significantly in this period because of the existence of seasonal lakes which deeply depend on the amount of precipitation in different years.

Discussion

Qom province is one of the important provinces of Iran according to socio-

economic aspects and one of the top 5 provinces in terms of high water stress. Therefore, managing water demand is very important, although inter-basin water transfer has also been one of the major strategies to overcome the water stress in this province. Because of water importance and the need to establish effective strategies to overcome the present and future challenges, this study aimed at evaluating the trend of land-use changes and assessing the changes in water demand in Qom province over the past thirty years. To extract the different land-uses, remote sensing technique was employed and two different methods of MLC and DTC were examined for classification.

Conclusion

In total, the results of both classification methods show a 38% and 39% increase in the net water demand in this 30-year period. Currently, most of the province's agricultural water demands are supplied from groundwater aquifers. Continuation of this trend due to the limited water resources of the province is a difficult challenge for water resources management in the future. Land-use changes changes in agricultural practices from rainfed to irrigated or from low-water to high water demand crops in the region have caused such an increase in the water consumption in the province. Unfortunately, in recent decades, in addition to the uncontrolled consumption of groundwater resources, several inter-basin water transfer projects were implemented in this province as well. The latest water transfer project is related to the water supply of Qom province from the Kouchari dam in the adjacent province.

Ethical Considerations compliance with ethical guidelines

The cooperation of the participants in the present study was voluntary and accompanied by their consent.

Funding

No funding.

Authors' contributions

A E: Methodology and data analysis, writing the first draft of paper

F H: Design and conceptualization, Supervision, Editing the paper

H R: Supervision and final writing.

Conflicts of interest

The authors declared no conflict of interest.

مقاله پژوهشی

بررسی روند توسعه کشاورزی و تغییرات کاربری زمین در استان قم با استفاده از فناوری سنجش از دور

اشکان ابراهیمی وند^۱، فرهاد هوشیاری پور^{۲*}، هادی رجبی^۳

۱. دانش آموخته کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، ایران

۲. استادیار، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، دانشکده عمران، معماری و هنر، ایران

۳. شرکت توسعه منابع آب و نیروی ایران، تهران، وزارت نیرو، ایران

چکیده

مقدمه: تغییرات کاربری اراضی یکی از فاکتورهای مهم در تغییر جریان هیدرولوژیک حوضه و انهدام تنوع زیستی می باشد. در اینجا هدف اصلی از بررسی تغییرات کاربری، بررسی روند تغییرات الگوی کشت در بخش کشاورزی به عنوان بزرگترین مصرف کننده آب استان بوده است.

روش: در این پژوهش با استفاده از تکنیک سنجش از دور و استفاده از دو روش طبقه بندی حداکثر احتمال و تصمیم گیری درختی، تغییرات کاربری اراضی استان قم در ۳۰ سال گذشته بررسی شده است.

یافته‌ها: نتایج نشان می دهد که در روش حداکثر احتمال، سطح زیر کشت محصولات زراعی با ۲۹ درصد افزایش از ۳۰۵۴۶/۸۱ هکتار در سال ۱۳۶۸ به ۳۹۲۵۵ هکتار در سال ۱۳۹۸ رسیده است و در همین مدت سطح زیر کشت محصولات باغی از ۳۹۰۳/۵۷ هکتار به ۶۳۰۶/۸۴ هکتار رسیده است که رشدی ۶۱ درصدی را نشان می دهد. در روش تصمیم گیری درختی، میزان افزایش سطح زیر کشت محصولات زراعی ۳۴ درصد است و سطح زیر کشت محصولات باغی نیز با افزایش ۶۰ درصدی همراه بوده است.

نتیجه گیری: این افزایش سطح زیر کشت در یک استان با محدودیت های آبی بسیار که وابسته به منابع آب انتقالی از حوضه های مجاور است، می تواند یک هشدار برای تصمیم گیران و برنامه ریزان توسعه باشد.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۱/۱۴

تاریخ داوری: ۱۴۰۱/۰۱/۲۹

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۳/۰۷

از دستگاه خود برای اسکن و خواندن مقاله به صورت آنلاین استفاده کنید



DOI:

[10.30495/wej.2023.5831](https://doi.org/10.30495/wej.2023.5831)

واژه‌های کلیدی:

سنجش از دور، کاربری اراضی، استان قم، درخت تصمیم، حداکثر احتمال

* نویسنده مسئول: فرهاد هوشیاری پور

نشانی: گروه عمران، دانشکده عمران، معماری و هنر؛ دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران

تلفن: ۴۴۸۶۹۴۲۶

پست الکترونیکی: Hooshyarypor@srbiau.ac.ir

مقدمه

و ۶/۲۳۰ کیلومتر مربع کاهش وسعت داشته اند. این موضوع حاکی از تخریب سرزمین، به دلیل احداث فرودگاه و همچنین از بین رفتن مراتع به موجب افزایش اراضی شهری و کشاورزی می باشد. اصغری سراسکانرود و فعال نذیری (۹) از تصاویر ماهواره‌ای لندست و مدل SWAT به منظور بررسی تأثیر کاربری اراضی بر رواناب حوضه رودخانه نیچای استفاده کردند. نتایج نشان داد کاربری های بدست آمده از تصاویر ماهواره ای و مدل SWAT در مقایسه با داده‌های مشاهداتی عملکرد مناسبی داشته اند. ثقفیان و همکاران (۱۱) با استفاده از تصاویر ماهواره ای لندست اقدام به پیش‌بینی تغییرات مساحت دریاچه بختگان و طشک در طول سال‌های ۱۹۸۶ تا ۲۰۱۹ میلادی نمودند. نتایج نشان داد که در این دوره، کمترین مساحت دریاچه بختگان و طشک در سال ۲۰۱۱ حدود ۱۷ کیلومتر مربع بوده که در مقایسه با حداکثر مساحت دریاچه در سال ۱۹۹۳ کاهش ۹۸٪ را نشان می‌دهد.

استان قم یکی از استان‌هایی است که در فلات مرکزی ایران قرار دارد. بخش عمده ای از استان قم در منطقه خشک و بیابانی است و دو رودخانه قمرود و قره‌چای از حوزه آبخیز دریاچه نمک در آن جریان دارد (۱۲). تا به حال مطالعه‌ی خاصی با رویکرد سنجش از دور و تغییرات کاربری اراضی در جهت بررسی افزایش تقاضای آب در استان قم صورت نگرفته است. لذا مهمترین هدفی که از ارائه این مقاله دنبال می‌شود، بررسی روند تغییرات کاربری زمین و افزایش تقاضای آب در استان قم با استفاده از فناوری سنجش از دور می باشد. بعلاوه مطالعه مقاله های مرتبط با سنجش از دور نشان می‌دهد که غالب روش‌های به کار رفته برای طبقه بندی کاربری‌ها، استفاده از طبقه بندی نظارت شده و به کارگیری روش حداکثر احتمال است. علت کاربرد روش حداکثر احتمال در اکثر پژوهش‌ها، مدل پردازش این روش است که هم زمان بر مبنای میانگین فاصله‌های هر کلاس و ماتریس وارپانس/ کواریانس هر کلاس می باشد (۱۳). در بسیاری از تحقیقات و مطالعات این روش به عنوان دقیق ترین و پر کاربرد ترین روش طبقه بندی معرفی شده است (۱۴-۱۸). در این مقاله سعی می‌شود مقایسه ای بین این روش خوشه بندی و روش درخت تصمیم صورت گیرد.

مواد و روش‌ها

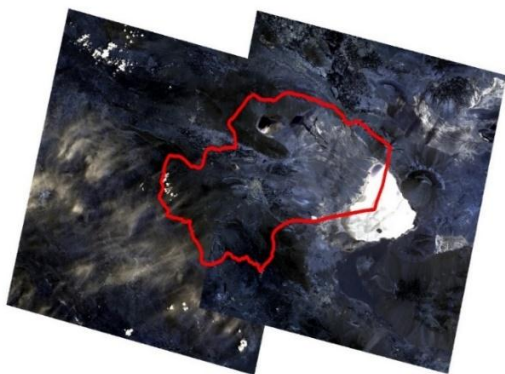
استان قم با وسعتی معادل ۱۱۲۴۰ کیلومتر مربع در مجاورت کویر مرکزی ایران و در همسایگی پایتخت ایران واقع شده است. این استان بین ۵۱ و ۳۰ درجه ی طول شرقی نسبت به نصف النهار گرینویچ و ۳۵ و ۲۴ درجه عرض شمالی قرار گرفته است. براساس آمار و اطلاعات، میانگین بارندگی سالیانه در سطح استان قم ۱۳۵ میلی‌متر است. با در نظر گرفتن میزان اندک بارش در استان به علت هم جوارگی با مناطق کویری و وزش بادهای گرم و خشک از طرف کویر میزان متوسط تبخیر سالانه در حدود ۳۰۰ میلی‌متر برآورد شده است (۱۹). جمعیت استان قم در سال ۱۳۷۵ از ۷۷۷،۶۷۷ به ۱،۰۲۰،۱۵۸ در سال ۱۳۹۵ رسیده است که معادل نرخ رشد ۲،۷٪ در سال است. تراکم جمعیت استان قم ۱۱۲ نفر در هر کیلومتر مربع است که از این نظر ۵ امین استان پرتراکم ایران است (۱۹). بخش عمده ای از استان قم در منطقه خشک و بیابانی است و دو رودخانه قمرود و قره چای از حوزه

کسب اطلاعات و جمع آوری آمار از ویژگی های منابع زمینی، هرروز بیشتر از روز پیش ضرورت می‌یابد. به نظر می‌رسد در سطح فعلی دانش و تکنولوژی بشری، دستیابی به یک بانک اطلاعات عظیم در زمینه فوق، بدون صرف هزینه های گزاف تنها با بهره گیری از علم و فن سنجش از دور امکان پذیر خواهد بود (۱). سنجش از دور، علم، هنر و فن کسب اطلاعات درباره یک شی، ناحیه یا پدیده از راه تحلیل داده هایی است که به وسیله ابزارهایی که در تماس مستقیم با شی، ناحیه و پدیده مورد مطالعه نیستند، به دست می‌آید (۲). به عبارت دیگر عمل بازیابی، شناسایی و تشخیص عوارض و اشیاء واقع در فاصله دور که با استفاده از تصاویر و ابزار شناسایی انجام می‌گیرد، سنجش از دور نامیده می‌شود (۳). سنجش از دور یک دید کلی از مناطق را ارائه می‌دهد که تشخیص الگوها و روابطی را که در روی زمین نمایان نیستند، فراهم می‌سازد. با استفاده از داده های سنجش از دوری می‌توان وضعیت منابع زمینی را در سطح وسیع با هزینه ای اندک شناسایی و در طول زمان پایش کرد. ماهواره های مشاهده زمین تمامی جهان را با سنجنده هایی با اندازه تفکیک مکانی بزرگ به طور روزانه و با اندازه تفکیک مکانی کوچک با تواتری کمتر، تصویر برداری می‌کنند. در مجموع، ابزارهای سنجش از دور ماهواره ای و هوایی داده هایی را فراهم می‌کنند که برای آماربرداری و پایش منابع ضروری است (۴). ورما و همکاران (۵)، اثرات طولانی مدت در استفاده از زمین / پوشش زمین بر منابع آب سطحی و زیرزمینی سفره های زیرزمینی رباعی در منطقه لاکنو دشت گانگا، را تحلیل نمودند. هو و همکاران (۶)، تغییرات کاربری و پوشش اراضی در گوآنگسی واقع در چین را بررسی کردند. آن‌ها از پردازش تصاویر ماهواره ای بهره جستند و به منظور تعیین احتمال تغییر هر طبقه کاربری به دیگر طبقات کاربری، از آنالیز زنجیره مارکوف و ماتریس تغییرات بین سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۷ استفاده کردند. تاو و همکاران (۷) تغییر کاربری و شناسایی پوشش زمین حوضه تنا در ایتوبی را با استفاده از تصاویر ماهواره ای لندست بررسی کردند. طبقه بندی با استفاده از شش طبقه پوشش اراضی (آب، بوته زار، مرتع، جنگل، زراعی و مسکونی) انجام شد. نتایج نشان داد که در دوره ۳۲ مورد بررسی اراضی کشاورزی و مناطق مسکونی به ترتیب ۱۵،۶۱ درصد و ۸،۰۵ درصد افزایش داشته است. کریمی و همکاران (۸) نشان دادند که قابلیت اطمینان و اعتبار نتایج اندازه گیری سرعت سطح یخچال‌های طبیعی بر اساس مجموعه داده های سنجش از راه دور به کیفیت و وضوح فضایی تصویر استفاده شده بستگی دارد. اصغری سراسکانرود و فعال نذیری (۹)، به بررسی روند تغییرات کاربری اراضی حوضه ی علی آباد چای هوراند و ارزیابی تأثیرات آن بر روند مصرف آب در باغات میوه در بازه زمانی ۱۳۷۱-۱۳۹۶ پرداختند. شاطریان و همکاران (۱۰)، در این پژوهش به تهیه نقشه های کاربری اراضی شهرستان شهرکرد و همچنین پایش تغییرات کاربری اراضی این منطقه در بازه زمانی ۱۳۶۴ تا ۱۳۹۶ با استفاده از تصاویر ماهواره ای لندست پرداختند. نتایج نشان داد که در این دوره ۳۲ ساله، مساحت کاربری های شهری، کشاورزی و صنعتی هر کدام به ترتیب ۲/۲۶، ۳/۱۹۰ و ۶/۱۵ کیلومتر مربع افزایش یافته است، درحالی که کاربری مرغزار و سایر کاربری ها به ترتیب ۹/۴

۱۳۹۸) سطح زیر کشت زمین های زراعی در مجموع (کشت بهار و پاییز) از ۳۰۵۴۷ هکتار به ۳۹۲۵۵ هکتار رسیده است که رشدی ۲۸ درصدی را نشان می دهد. در مورد باغات هم افزایش حدود ۶۱ درصدی مشاهده می شود که از ۳۹۰۳ هکتار در سال ۱۳۶۸ به ۶۳۰۶ هکتار در سال ۱۳۹۸ رسیده است. ولی با بررسی تغییرات کاربری های اراضی به روش تصمیم گیری درختی در سال های مورد مطالعه مشخص شد که طی یک دوره ۳۰ ساله (۱۳۶۸ تا ۱۳۹۸) سطح زیر کشت زمین های زراعی در مجموع (کشت بهار و پاییز) از ۳۳۶۰۹ هکتار به ۳۱۷۰۶ هکتار رسیده است که رشدی ۳۴ درصدی را نشان می دهد. کشت بهار طی این دوره از ۱۱۷۲۸ هکتار به ۱۷۳۲۳ هکتار افزایش پیدا کرده است که رشد ۴۶ درصدی دارد همچنین کشت پاییز با رشد ۲۱ درصدی از ۱۱۸۸۰ هکتار به ۱۴۳۸۳ هکتار رسیده است. در مورد باغات هم افزایش حدود ۶۰ مشاهده می شود که از ۳۵۷۱ هکتار در سال ۱۳۶۸ به ۵۷۲۴ هکتار در سال ۱۳۹۸ رسیده است.

پیش پردازش تصاویر ماهواره ای

در این پژوهش مراحل پیش پردازش شامل: تصحیح رادیومتریک تصاویر، موزائیک کردن آن ها و جدا کردن محدوده استان از تصاویر موزائیک شده می باشد. با توجه به اینکه یکی از اهداف عمده این تحقیق، طبقه بندی تصاویر و بررسی تغییر کاربری اراضی با توجه به ارزش های عددی پیکسل ها در اثر گذشت زمان می باشد، برای اینکه بتوان تغییرهای مربوط به دو دوره ی زمانی خاص را روی تصاویر ماهواره ای بررسی کرد، نیاز است که تصاویر مورد مقایسه، حتی الامکان مربوط به زمان های مشابه سال های متفاوت باشند. تصحیح رادیومتریک در تصاویر لندست ۸ و ۵ از طریق تبدیل DN به Brightness temperature در باندهای حرارتی و تبدیل DN به Reflectance در باندهای انعکاسی در محیط نرم افزار Envi انجام شد.



شکل ۲- محدوده استان قم در تصویر موزائیک شده (۲۲ و ۲۹ اردیبهشت سال ۱۳۹۸)

پردازش تصاویر ماهواره ای

مرحله پردازش تصویر شامل اعمال الگوریتم طبقه بندی می شود. در این پژوهش، از دو روش حداکثر احتمال و تصمیم گیری درختی استفاده شد. در این مقاله در کنار استفاده از نقشه ارتفاعی (DEM) از شاخص

آبخیز دریاچه نمک در آن جریان دارد. میزان آب ورودی از این رودخانه ها به استان، تا قبل از احداث سد های ۱۵ خرداد و غدیر ساوه، معادل ۶۹۸ میلیون متر مکعب بوده که با احتساب جریان های سطحی حاصل از بارندگی، کل حجم آب های سطحی استان به ۷۵۰ میلیون متر مکعب می رسیده است. حجم آب های خروجی از این حوضه، در محل ایستگاه کوه سفید، تا قبل از سد های مذکور ۲۶۱ میلیون متر مکعب بوده، در حالی که بعد از احداث دو سد به ۶۶ میلیون متر مکعب تقلیل یافته است. با احداث این دو سد، آب ورودی توسط رودخانه های قمرود و قره چای به استان قم به حداقل ممکن، کاهش یافته است. حجم آب های زیرزمینی تجدیدپذیر استان هم ۶۹۴ میلیون متر مکعب گزارش شده است (۱۲).



شکل ۱- محدوده مرزی استان قم و شهرستان ها استان

در این مقاله از تکنیک سنجنش از دور برای بررسی روند تغییرات کاربری اراضی استفاده می شود. دوره مورد بررسی شامل یک دوره ۳۰ ساله است که از سال ۱۳۶۸ شروع شده و تا سال ۱۳۹۸ ادامه پیدا می کند. بدین منظور ابتدا تصاویر ماهواره ای استان قم استخراج می گردد. سپس به منظور دستیابی به هدف پژوهش و تحلیل تصاویر از نرم افزارهای ENVI و Arc GIS مورد استفاده قرار می گیرند. در این پژوهش از تصاویر سنجنده های TM و OLI ماهواره های لندست ۵ و لندست ۸ مربوط به سال های ۱۳۶۸، ۱۳۷۸، ۱۳۸۷، ۱۳۹۳ و ۱۳۹۸ و در نوبت بهار و پاییز استفاده شده که از سایت USGS تهیه شده است. خصوصیات ویژه ی ماهواره های لندست شامل ترکیب سنجنده ها با باند های طیفی مناسب برای مشاهدات زمینی، قدرت تفکیک مکانی کارآمد و پوشش سطحی مناسب است (۲۰). سنجنده های متعددی روی ماهواره های مختلف لندست قرار گرفته اند که شامل سیستم دوربین RBV، MSS، TM، ETM+ و ETM+ هستند. سپس پیش پردازش (شامل موزائیک کردن و اعمال تصحیحات رادیومتریک)، پردازش (طبقه بندی به روش حداکثر احتمال و تصمیم گیری درختی) و پس پردازش (شامل ارزیابی دقت نقشه ها و آشکارسازی تغییرات) تصاویر ماهواره ای به منظور بدست آوردن نقشه های کاربری اراضی استان انجام می شود.

نتایج

بررسی تغییرات کاربری های اراضی به روش حداکثر احتمال در سال های مورد مطالعه مشخص می کند که طی یک دوره ۳۰ ساله (۱۳۶۸

توصیفات و ویژگی‌ها تشریح نموده و یک تصمیم را بر اساس آن بر می‌گرداند. مقدار خروجی بدست آمده می‌تواند بصورت گسسته و یا پیوسته باشد. در بسیاری از فرایندهای طبقه بندی درختی از پوشش های گیاهی و شاخص های مرتبط با آن برای افزایش دقت نتایج استفاده می‌شود.

پس پردازش و صحت سنجی تصاویر ماهواره ای

هیچ طبقه بندی تا زمانی که دقت آن مورد ارزیابی قرار نگرفته است، تکمیل نیست (۲۲). لذا برای اطمینان از صحت طبقه بندی اقدام به ارزیابی طبقه بندی می‌شود. دقت طبقه بندی بیانگر سطح اعتماد به نقشه استخراج شده است. در نقشه های کاربری اراضی بدست آمده از تصاویر سنجش از دور این دقت بایستی حداقل ۸۵ درصد باشد (۲۳). در این پژوهش با استفاده از نمونه های برداشتی از Google Earth و داده های زمینی ارائه شده در گزارش های موجود به ارزیابی دقت طبقه بندی پرداخته شده است. بدین منظور در ابتدا برای هر کاربری به تعداد تقریباً برابر از سطح مورد مطالعه برای سال ۱۳۹۸ نمونه برداری از Google Earth انجام شده و سپس با استفاده از ماتریس خطا در محیط نرم افزار ENVI دقت نقشه های کاربری محاسبه شده است.

کاربری اراضی در دوره ۳۰ ساله

با توجه به این که رویکرد و تمرکز پژوهش بر مسئله افزایش مصرف آب می‌باشد، طبیعی است که تاکید بیشتری روی کاربری های کشاورزی و باغی باشد از این رو محدودیت های اعمالی ما مربوط به شاخص NDVI است. در شکل ۳ و ۴ تصاویر طبقه بندی شده به هر دو روش برای سال های مختلف آمده است.

روند تغییرات کاربری اراضی در دوره ۳۰ ساله

پس از آن که صحت و دقت نقشه های طبقه بندی مورد بررسی قرار گرفتند، در اینجا به بررسی تغییرات کاربری اراضی پرداخته می‌شود. با توجه به نتایج بدست آمده، مساحت هر کاربری به تفکیک هر سال طی دوره ۳۰ ساله محاسبه گردید. در ادامه شرح تغییرات هر کاربری برای هر دو طبقه بندی بررسی خواهد شد تا با استناد با آن بتوان میزان آب خالص مصرفی استان در بخش کشاورزی محاسبه کرد. جدول های ۱ و ۲ به ترتیب مقدار مساحت کاربری های مختلف استان قم را برای سال های مورد بررسی را نشان می‌دهد.

NDVI برای بهتر تفکیک کردن کاربری ها با پوشش گیاهی و برای مناطق شهری هم از شاخص NDBI استفاده شد. کاربری ها برای روش حداکثر احتمال عبارتند از: پیکره آبی، زمین بایر، شهری، مرتع، زراعی، باغ و سایر و برای روش تصمیم گیری درختی هم کاربری ها به همین صورت می‌باشند با این تفاوت که این روش امکانی را در اختیار می‌گذارد که می‌توان کاربری زراعی را به دو کاربری کشت بهار و پاییز تفکیک کرد.

طبقه بندی تصاویر به روش حداکثر احتمال

در روش حداکثر احتمال ابتدا به برداشتن نمونه های هر کلاس به تعداد برابر پرداخته می‌شود و پس از آن طبقه بندی اعمال می‌شود. از میان روش های طبقه بندی نظارت شده، روش حداکثر احتمال یکی از کاراترین روش های طبقه بندی تصاویر محسوب می‌شود (۱۴). روش طبقه بندی حداکثر احتمال یک روش ساده مبتنی بر پیکسل است که اغلب برای کشف تغییرات کاربری اراضی مورد استفاده قرار می‌گیرد (۲۰). در این روش، طبقه بندی، براساس واریانس و کوواریانس انجام می‌شود. در روش مذکور فرض بر این است که همه ی مناطق آموزشی دارای پراکنش نرمال هستند (۱۷). روش حداکثر احتمال یک روش مناسب برای طبقه بندی به شمار می‌آید ولی با این حال گاهی اوقات قادر به طبقه بندی صحیح پیکسل های مخلوط نیست که ممکن است منجر به از دست رفتن بخشی از اطلاعات شود (۲۱). روش حداکثر احتمال یک روش مناسب برای طبقه بندی به شمار می‌آید ولی با این حال گاهی اوقات قادر به طبقه بندی صحیح پیکسل های مخلوط نیست که ممکن است منجر به از دست رفتن بخشی از اطلاعات شود (۲۱).

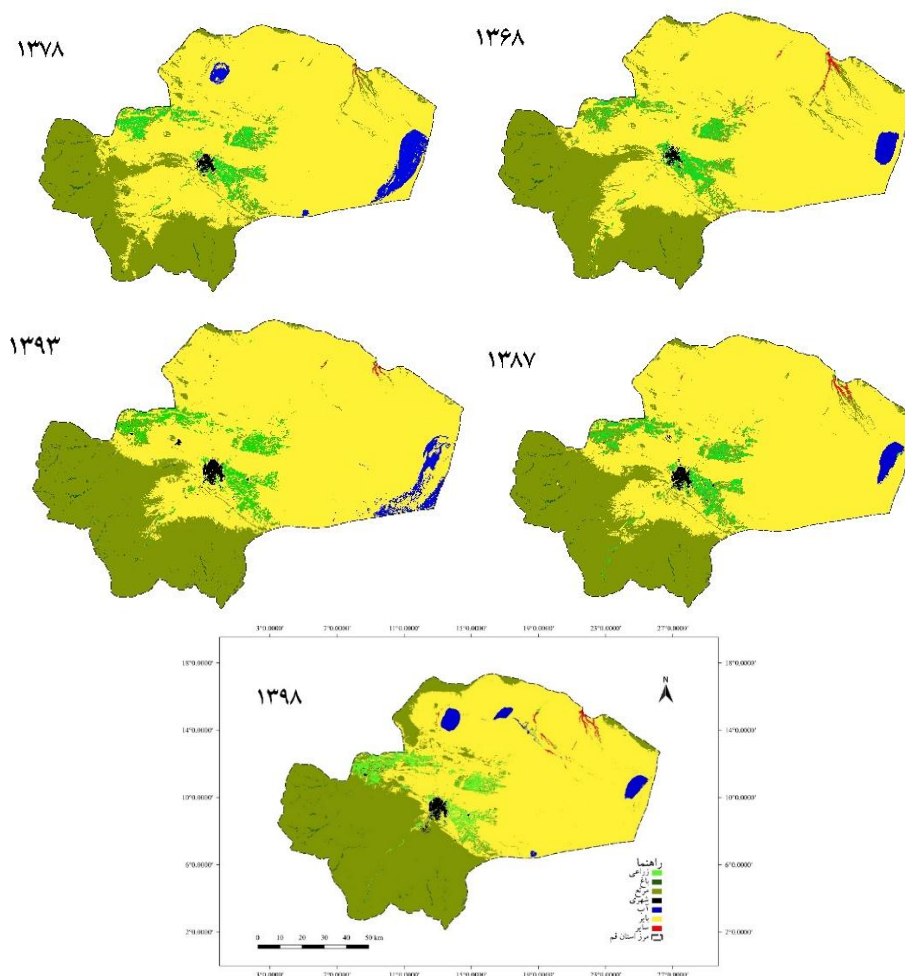
$$P_c = [0.5 \log_{0.5} \{ \det(V_c) \}] - 0.5 [(X - M_c)^T (V_c)^{-1} (X - M_c)]$$

معادله ۱

معادله (۱) احتمال قرارگیری X در طبقه (کلاس) c را نشان می‌دهد که در آن M_c و V_c به ترتیب میانگین برداری برای هر طبقه و ماتریس واریانس-کوواریانس طبقه C می‌باشند.

طبقه بندی تصاویر به روش تصمیم گیری درختی

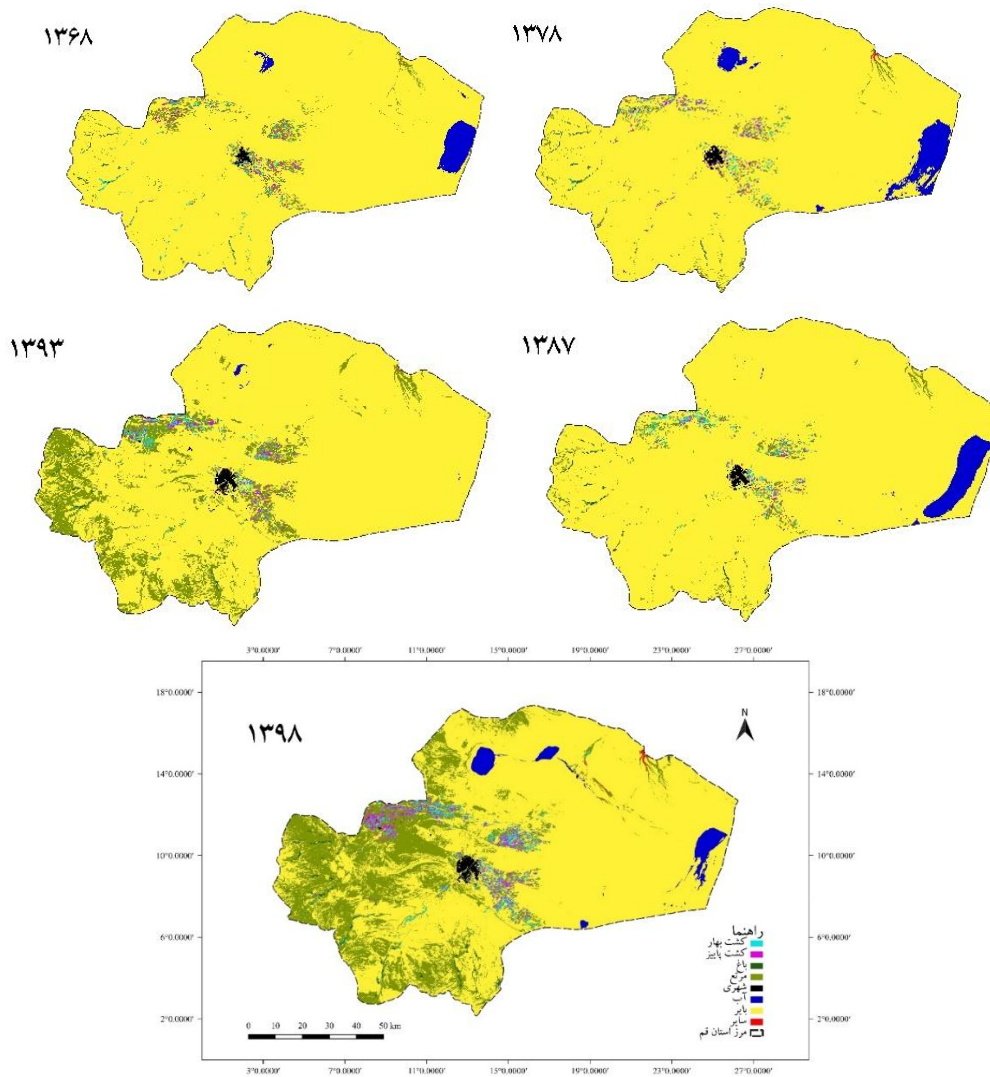
در این روش ابتدا با توجه به داده های استخراجی از هر لایه ی تصاویر ترکیب شده و اعمال محدودیت های عددی برای هر کاربری به طبقه بندی پرداخته می‌شود. با توجه به این که رویکرد و تمرکز پژوهش بر مسئله مصرف آب می‌باشد، طبیعی است که تاکید بیشتری روی کاربری های کشاورزی و باغی باشد از این رو محدودیت های اعمالی مربوط به شاخص NDVI است. طبقه بندی درختی یک آبیجکت را به عنوان یک ورودی می‌گیرد و سپس آن را با استفاده از مجموعه ای از



شکل ۳- نقشه کاربری اراضی استان قم به روش حداکثر احتمال در دوره ۳۰ ساله ۱۹۸۹ تا ۲۰۱۹

جدول ۱ مساحت کاربری های مختلف برای روش حداکثر احتمال بر حسب هکتار

۱۳۹۸	۱۳۹۳	۱۳۸۷	۱۳۷۸	۱۳۶۸	کاربری
۳۹۲۵۵/۰۳	۳۹۱۰۸/۳۳	۳۴۰۳۹/۸	۳۴۳۴۰/۸۵	۳۰۵۴۶/۸۱	زراعی
۶۳۰۶/۸۴	۵۷۴۵/۶	۵۴۷۰/۴۷	۵۲۸۶/۶۹	۳۹۰۳/۵۷	باغ
۴۴۶۱۸۷/۵	۳۱۹۰۳۰/۵	۲۵۶۹۳۲/۵	۳۰۶۲۹۲/۱	۳۳۵۰۲۲/۶۶	مرتع
۶۵۴۷/۸۶	۶۱۳۷/۷۳	۶۰۳۰/۳۶	۴۷۴۵/۸۸	۴۳۰۹/۷۴	شهری
۱۷۴۰۱/۷۷	۵۷۰۹/۳۳	۹۳۵/۹۱	۲۹۹۱۱/۲۳	۹۸۴۳/۸۴	آب
۶۳۲۶۷۱/۸	۷۷۵۵۶۸/۸	۷۳۸۲۵۱/۹	۷۷۰۶۴۰/۲	۷۶۵۸۴۷/۰۸	بایر
۴۲۰۲/۸۲	۷۱۶/۳۱	۱۹۳۱/۶۷	۷۹۹/۸۳	۲۵۴۳/۰۴	سایر



شکل ۴- نقشه کاربری اراضی استان قم به روش تصمیم گیری درختی در دوره ۳۰ ساله از ۱۹۸۹ تا ۲۰۱۹

جدول ۲ مساحت کاربری های مختلف برای روش تصمیم گیری درختی بر حسب هکتار

کاربری	۱۳۶۸	۱۳۷۸	۱۳۸۷	۱۳۹۳	۱۳۹۸
کشت بهار	۱۱۷۲۸/۱۷	۱۳۴۸۷/۴	۱۴۴۱۸/۳۶	۱۶۴۸۵/۴۸	۱۷۳۳۳
کشت پاییز	۱۱۸۸۰/۸۱	۱۱۰۲۲/۰۳	۷۸۰۴/۴۴	۱۴۱۰۰/۴۸	۱۴۳۸۳/۳۶
باغ	۳۵۷۱/۴۷	۳۹۴۹/۵۶	۴۱۷۲/۲۲	۴۷۳۷/۲۴	۵۷۵۴/۲۴
مرتع	۳۳۸۶۵/۹۲	۳۰۱۱۷/۷۸	۳۲۲۷۵/۷۱	۱۴۰۰۷۵/۸	۲۶۲۹۷۹/۹
شهری	۴۰۱۶/۱۶	۴۱۶۷/۶۳	۴۴۴۸/۷	۵۱۲۷/۳۹	۵۱۸۶/۸۸
آب	۲۴۴۸۰/۹۹	۴۰۰۳۱/۳۷	۲۹۹۵۴/۲۵	۱۲۰۹/۶۹	۲۲۵۳۸/۵۲
بایر	۱۰۶۲۵۰۳	۱۰۴۸۴۰۵	۱۰۵۸۹۶۳	۹۷۰۵۹۱/۵	۸۲۳۱۷۶/۹
سایر	۵۲۳/۸	۱۳۴۵/۷۷	۳۸۲/۶۸	۲۴۵/۸۸	۱۲۲۷/۱۵

موجود در بخش کشاورزی استان مقایسه شوند تا این اطمینان حاصل شود که نتایج با واقعیت تفاوت چشم گیری نداشته باشد. این داده ها از جهاد کشاورزی استان و سالنامه های آماری استان قم اخذ شده اند.

بررسی صحت نتایج

پس از بدست آوردن نتایج و محاسبه مساحت کاربری های زراعی و باغی بهتر است علاوه بر اعتبار سنجی اولیه، داده های نتایج با آمارهای

سال زراعی جاری نسبت به مدت مشابه سال قبل، ۱۱۲/۶ میلی متر یا ۹۹/۵ درصد و نسبت به میانگین بلندمدت، ۸۲/۸ میلی متر یا ۵۸ درصد افزایش بارندگی دارد. در ضمن یکی از مهمترین دلایل تفاوت مساحت بعضی از کاربری ها در دو روش طبقه بندی، عملکرد و روش متفاوت محاسبه آن ها است. روش حداکثر احتمال یک روش مبتنی بر شناسایی بیشترین شباهت بین نمونه های برداشتی از هر کلاس است، در حالی که روش تصمیم گیری درختی مبتنی بر محدودیت های عددی اعمالی می باشد.

از طرفی نتایج بدست آمده با نمونه های گرفته شده از Google Earth مقایسه شده که در ادامه نتایج آن را برای هر دو روش طبقه بندی حداکثر احتمال و تصمیم گیری درختی ارائه شده است. مطابق جدول ۳، مقدار دقت کلی و ضریب کاپا در روش طبقه بندی حداکثر احتمال به ترتیب ۷۸/۵۳٪ و ۰/۷۴ و در روش تصمیم گیری درختی ۸۴/۴۹ و ۰/۸۱ بدست آمده است.

برای مقایسه نتایج با سالنامه آماری استان قم در بخش کشاورزی مربوط به سال آبی ۱۳۹۴-۱۳۹۳، باید به این نکته توجه داشت که نتایج پژوهش حاضر مربوط به دو روز از سال (یک روز در بهار و یک روز در پاییز) می باشد، بنابراین طبیعی است که با داده های آمارنامه ها تفاوت داشته باشد. بررسی آمارنامه ها نشان می دهد که سطح زیر کشت محصولات زراعی در سال ۱۳۹۴ حدود ۴۴۰۰۰ هکتار و سطح زیر کشت محصولات باغی حدود ۱۰۰۰۰ هکتار می باشد. میزان مساحت کاربری مرتع در سال ۲۰۱۹ نسبت به کل دوره ۳۰ ساله پژوهش برای هر دو روش طبقه بندی حداکثر احتمال و تصمیم گیری درختی افزایش محسوسی دارد. بررسی داده های بارش استان قم (برداشت شده از اداره کل هواشناسی استان قم) نشان می دهد که میانگین بارندگی در استان قم از ابتدای سال زراعی جاری (اول مهرماه ۱۳۹۷) تا پایان اردیبهشت ماه ۱۳۹۸ به میزان ۲۲۵/۷ میلی متر محاسبه شده است. در این بازه زمانی، مقدار بارندگی در سال زراعی گذشته و بلندمدت به ترتیب برابر ۱۱۳/۱ و ۱۴۲/۹ میلی متر بوده است.

جدول ۳ مقادیر دقت ها و خطاهای مختلف برحسب درصد برای هر دو روش طبق بندی

	کشاورزی	باغ	مرتع	شهر	آب	بیابان	
دقت تولید کننده	روش درختی	۸۳/۳۳	۸۶/۸۴	۸۳/۳۳	۷۱/۸۸	۸۹/۴۷	۹۶/۱۵
	حداکثر احتمال	۷۵	۸۰/۴۹	۸۲/۷۶	۸۱/۲۵	۷۸/۹۵	۷۳/۰۸
دقت کاربر	روش درختی	۸۹/۷۴	۱۰۰	۷۵/۷۶	۱۰۰	۱۰۰	۵۲/۵۲
	حداکثر احتمال	۹۱/۶۷	۹۱/۶۷	۵۱/۰۶	۱۰۰	۱۰۰	۶۳/۳۳
خطای Omission	روش درختی	۱۶/۶۷	۱۳/۱۶	۱۶/۶۷	۲۸/۱۳	۱۰/۵۳	۳/۸۵
	حداکثر احتمال	۲۵	۱۹/۵۱	۱۷/۲۴	۱۸/۷۵	۲۱/۰۵	۲۶/۹۲
خطای Commission	روش درختی	۱۰/۲۶	۰	۲۴/۲۴	۰	۰	۴۰/۷۸
	حداکثر احتمال	۸/۳۳	۸/۳۳	۴۸/۹۴	۰	۰	۳۶/۶۷

که افزایش ۳۴ درصدی سطوح زیر کشت را نشان می دهد. در مورد کاربری باغ هم شاهد افزایش ۶۰ درصدی سطح زیر کشت می باشیم که از ۳۵۷۱ هکتار در سال ۱۹۸۹ به ۵۷۵۴ هکتار در سال ۲۰۱۹ رسیده است. بر اساس این نتایج می توان تصویری از افزایش تقاضای آب در این دوره سی ساله را مجسم نمود که منجر به چالش های متعدد محیط زیستی و اجتماعی در استان قم و استان های مجاور در قالب حوضه دهنده آب شده است.

پیشنهادها

با توجه به چالش های اشاره شده در قسمت قبل، استان قم نیاز به اتخاذ تصمیمات علمی و سریع برای مقابله با چالش های پیش رویش دارد. اگرچه طرح های انتقال آب بخشی از راهکار های تامین نیاز آبی مصارف کشاورزی می تواند باشد اما شاید برنامه ریزی های منطبق بر شرایط اقلیمی حاکم بر منطقه و مدیریت بهینه و نوین منابع آب از گذشته تا به امروز می توانست هزینه ی اتخاذ این سیاست ها را بسیار کمتر کند.

بحث و نتیجه گیری

فراهم کردن شرایط لازم برای اختصاص آب به محصولات کشاورزی یکی از اهداف مهم مدیریت منابع آب است. استان قم یکی از استان های نسبتاً مهم کشور در تنوع محصولات کشاورزی و هم چنین یکی از ۵ استان اول از لحاظ تنش آبی بالا می باشد. همچنین از لحاظ شاخص پایش آب استان قم در مرحله تنش آبی شدید قرار دارد (۱۹). از این رو مدیریت تقاضای آب در این استان اهمیت بالایی دارد. به همین منظور در این پژوهش به بررسی روند تغییرات کاربری اراضی پرداخته شد. نتایج حاصل از روش حداکثر احتمال نشان می دهد کاربری کشاورزی در سال ۱۹۸۹ از ۳۰۵۴۶ هکتار به ۳۹۲۵۵ هکتار در سال ۲۰۱۹ رسیده است که افزایش ۲۹ درصدی سطح زیر کشت را نشان می دهد. در مورد کاربری باغ هم شاهد افزایش ۶۱ درصدی سطح زیر کشت می باشیم که از ۳۹۰۳ هکتار در سال ۱۹۸۹ به ۶۳۰۶ هکتار در سال ۲۰۱۹ رسیده است. بررسی نتایج حاصل از روش طبقه بندی تصمیم گیری درختی نیز نشان می دهد کاربری کشاورزی در سال ۱۹۸۹ از ۲۳۶۰۸ هکتار به ۳۱۷۰۶ هکتار در سال ۲۰۱۹ رسیده است

اشکان ابراهیمی وند: روش‌شناسی و تحلیل داده‌ها، نوشتن نسخه

اولیه مقاله

فرهاد هوشیاری پور: طراحی و ایده‌پردازی: نظارت بر کار، اصلاح مقاله

هادی رجبی: نظارت و نگارش نهایی

ملاحظات اخلاقی پیروی از اصول اخلاق پژوهش

همکاری مشارکت‌کنندگان در تحقیق حاضر به صورت داوطلبانه و با رضایت آنان بوده است.

حامی مالی

هزینه تحقیق حاضر توسط نویسندگان مقاله تامین شده است.

تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندگان، مقاله حاضر فاقد هرگونه تعارض منافع بوده است.

مشارکت نویسندگان

References

1. Alizade-Rabiei, h. 2013. Remote Sensing: Principles and Application. Publication of Organization for the Study and Compilation of University Humanities Books (Samt), Tehran, Iran.
2. Alavi-Panah, K. 2018. Practical guide to remote sensing. The author of Lunder, S. and Loender, A., translated by Kazem Alavi-Panah, Jafar Jafarzadeh, Tehran University Publication.
3. Zubiri, M. and Majd, A. 2012. An introduction to remote sensing technology and its application in natural resources, Tehran University Publication, Printing and Publishing Institute, 10th edition.
4. Pirbavaghar, M., Rajabpour Rahmati, M. and Darvish Sefat, A.A. 2013. Remote sensing for GIS managers. Author Aronov, A., Tehran University Publication, Institute of Printing and Publishing, second edition.
5. Verma, P., Singh, P. and Srivastava, S.K. 2020. Impact of land use change dynamics on sustainability of groundwater resources using earth observation data. Environment, Development and Sustainability, 22(6), 5185-5198.
6. Hu Y, Zhen L, Zhuang D. Assessment of Land-Use and Land-Cover Change in Guangxi, China. Scientific reports. 2019 Feb 18; 9(1), 2189.
7. Tewabe, D., Fentahun, T. and Li, F. 2020. Assessing land use and land cover change detection using remote sensing in the Lake Tana Basin, Northwest Ethiopia, Environmental Management & Conservation, 6(1), 10-18.
8. Karimi, N. 2022. Alpine glacier surface velocity measurement from UAV imagery-examining the effect of image resolution on the accuracy of results, Geocarto International, 1-20.
9. Asghari-Saraskanrod, p. and Faal Naziri, M. 2019. Analysis of Impact of land use on simulation results of basin hydrological parameters of the Nirchai watershed by using SWAT model, Water Resources Engineering Journal, 13(46), Pages 69-84.
10. Shatrian, M., Mousavi, S.H. and Momenbek, Z. 2018. The application of remote sensing data in revealing urban land use changes, a case study: Shahrekord. Geographic Information, 28(111), 235-250.
11. Saghafian, B., Khan-Ahmadi-Bafqi, H. and Danesh Kar Arasteh, P. 1400. Forecasting the area of Bakhtegan and Tashk lakes using remote sensing and climatic factors, Iran Water Resources Research, 17(1), 151-165.
12. Fatahi M.M. 2014. Investigating the process of desertification in Qom province using remote sensing data with an emphasis on changes in land use and quantitative and qualitative changes in

- water resources. Iran Pasture and Desert Research, 16(2), Pages 234-253.
13. Tarimo, B., Mitalo, E. and Liwa, E., 2013. Land Use Change Detection and Impact Assessment on an Agricultural Area. Journal of Sustainable Development, 6(11), p.55.
 14. Sofianian, A. and Madanian. M.S. 2018. Comparison of classification methods of maximum similarity and minimum distance from the mean in the preparation of land cover map (case study: Isfahan province). Journal of Agricultural Sciences and Techniques and Natural Resources, Water and Soil Sciences, 15th year, number 57, pp. 264-253.
 15. Amanpour, S., Kamelifar, M.J. and Bahmani, H. 2014. An analysis of land use changes in metropolitan cities using satellite image analysis in ENVI environment "Case study: Ahvaz city". Geographical Information (Sepehr), 26(102), Pages 139-150.
 16. Imani Harsini, J., Kaboli, M., Feghi, J., Taherzadeh, A. and Asadi, A. 2013. Investigating the trend of land use-cover changes in Hamedan province in the last three decades using satellite images, Natural Environment (Natural Resources of Iran, 67(1), Pages 1 to 12.
 17. Ahmadi Naddoshan, M. Soffianian, A. Khajeddin, S.J.A. 2018. Land cover mapping of Arak city using Artificial Neural Network and Maximum Likelihood classifiers. Natural Geography Research, 69, pp. 8-98.
 18. Soffianian, A. 1388. Investigating land use changes in Isfahan city using change vector detection technique during the years 1366 to 1377, Water and Soil Sciences (Agricultural Sciences and Techniques and Natural Resources), 13(49), Pages 153-164.
 19. Pak Sarasht, S. 2015. Strategic problemology of development in Qom province. Center for Presidential Strategic Studies.
 20. Dittrich, A. Buerkert, A. Brinkmann, K. 2010. Assessment of land use and land cover changes during the last 50 years in oases and surrounding rangelands of Xinjiang, NW China. Journal of Agriculture and Rural Development in the Tropics and Subtropics Vol. 111 No. 2 (2010). pp: 129- 142.
 21. Ahmad, S. and Muddassir, S.M. 2014. Digital Image Processing of Remote Sensing Satellite Data for Information Extraction. First International Conference on Modern Communication & Computing Technologies (MCCT'14). 26-28 February, 2014, Nawabshah, Pakistan.
 22. Faizizadeh, b. 2016. Modeling land use changes and its effects on the erosion system in the Alaviyan dam basin using remote sensing techniques. GIS. Hydrogeomorphology. 4(11), 21-38.
 23. Lillesand, T., Kiefer, R.W., and Chipman, J. 2015. Remote sensing and image interpretation. John Wiley & Sons.