Journal of Environmental Research
Vol. 16, No. 31, Spring & Summer 2025

Journal Homepage: www.iraneiap.ir
Print ISSN: 2008-9597 Online ISSN 2008-9590

Evaluation of Land Use Changes and the Desirability of Habitat Suitability Using Remote Sensing and GIS (Study Area: Khabar National Park in Kerman Province)

Document Type
Research Paper

Received
2024/09/25

Accepted
2025/06/02

Amir Moemarzadeh Kiani*

PhD in Environment, Department of Environmental Planning, Management and Education, Faculty of Environment, University of Tehran, Iran

DOI: http//doi.org/10.22034/eiap.2025.229967

Abstract

Land use is a valuable and limited resource. Therefore, the importance of preserving and maintaining such lands due to their economic importance and meeting the livelihood needs of the population is natural and necessary. One of the most important characteristics of land use is land use suitability, which is a process that determines the suitability of land for a defined use. The main purpose of land use suitability analysis is to help planners and decision makers find the most appropriate location and pattern of activities in a planned area. Therefore, today, with the aim of appropriate planning and successful implementation of programs, we need accurate, accurate and up-to-date information on the ratio of land use changes and land landscape. Therefore, remote sensing technology, due to its spatial and integrated view of the land landscape, and geographic information systems, due to its ability to analyze, model and prepare land use maps, can be effective in this regard. For this purpose, the purpose of this study is to evaluate land use changes and habitat suitability of Khabar National Park in Kerman Province in the past 50 years using remote sensing and GIS. In this study, Landsat satellite images from 1974 to 2023 were used to prepare a land use map. In order to model habitat suitability, GIS and multi-criteria evaluation models, including fuzzy logic and TOPSIS, were used. Criteria such as land use classes, vegetation cover, soil, maximum and minimum erodibility, percentage of land slope, and distance from the river and fault were considered for modeling. In order to implement the modeling, first all the criteria were converted into raster layers and weighted based on importance and valuation, and finally the layers were combined and overlapped and the final map was prepared. The research results showed that the Khabar habitat has undergone many land use changes over the past 50 years, such that forest lands - wildlife habitat and agriculture - green space have been reduced and inferior unusable lands and barren lands have been added. The land use changes have increased the rate of soil erosion in the study area. And in order to monitor the vegetation of the region, the NDVI index was used, which showed the results of the study of the average decrease in vegetation cover in the years under study. Finally, the modeling results showed that most of the area of Khabar National Park has high and medium desirability in terms of land use suitability.

Keywords: Khabar National Park, Landsat, Fuzzy-TOPSIS, Land Use

* Corresponding author: Email: amir.memarzadeh@ut.ac.ir

Introduction

Land is the spatial carrier of human economic and social activities, and the huge transformation of land use and land cover has led to a series of environmental problems. The development and utilization of land resources not only has impacts on ecological structure and ecosystem services, but also directly affects environmental quality and biodiversity. Rational land development can help achieve a balance between human resource demand and sustainable ecosystem development. Land use is the main factor in changing the urban landscape pattern, and the type of land use determines the value of ecological services, population growth and changes in agricultural methods and is the main factor in land changes (Jin et al., 2022). Usable land resources have been significantly reduced. Therefore, monitoring land use information is very important. Countries around the world should pay more attention to the status of land use. The number of people concentrated in cities and the area covered by cities are increasing day by day. If not paid attention to, serious problems of pollution and environmental damage, etc. will arise. (Gadrani, L et al., 2018). With the increase in population in developing countries, the demand for land, food, housing, and employment has increased. Meanwhile, land is important as a platform for the use of labor and capital, and with the lack of proper management of these resources in the development process, economic growth has been a serious threat to natural resources (Safaripour et al. 2019). Given the increasing changes in land cover and use and the importance of managers and experts being aware of how these changes have occurred, it seems essential to determine the trend of changes over time. Awareness of the type and percentage of various land uses and covers is a fundamental need for understanding and managing a region (Ataei Salut et al. 2018). Remote sensing has proven to be an effective method for monitoring terrestrial ecosystems, as it is capable of providing stable measurements over multiple time scales. The combination of remote sensing technologies and geographic information systems has been proven as an effective method for mapping and assessing land use changes (Abd El-sadek et al., 2022). In the last decade, decision-making processes based on multi-criteria decision-making have gained great interest from researchers around the world. Also, similar problems of multi-criteria decision-making have been solved by various researchers using multi-criteria decision-making methods.

Methodology/ Study Area

Khabar National Park and Rochon Wildlife Sanctuary is located in the south of Kerman Province, within the Baft and Arzoiyeh counties. This region has a diverse climate and topographic features, including arid and semi-arid regions. This study seeks to investigate the changes in land use and suitability of wildlife habitat. For this purpose, in order to investigate the trend of land use changes, Landsat satellite images in the years (1974-2000-2014-2023) prepared from the US Geological Survey website were used. Given that the trend of land use changes is more evident in the long term, in order to investigate the changes in land use of the study area, Landsat satellite images are examined over several decades (in a period of approximately 50 years). Also, another factor to be examined in the study area is the trend of changes in vegetation cover of the region, which is calculated and obtained in the years under study using the normalized vegetation cover index and Landsat images. Finally, the raw remote sensing data that are collected from the surface of the earth by various sensors. By introducing training samples for each land use class using the maximum likelihood method, as one of the most widely used and accurate supervised classification methods, a land use map was prepared for the study area. Therefore, the supervised

classification operation is performed using different groups of training samples (spectral samples) for each class and the maximum likelihood algorithm. After preparing the output from image processing, various statistical methods and relationships such as sampling and ground control methods are used to estimate the classification accuracy. Therefore, in the present study, an error matrix is formed for the real data and the processed data and two widely used indices including overall accuracy and kappa coefficient are calculated for it, which are defined as follows (Congalton and Green, 2008). This study seeks to assess and investigate changes and proportional suitability of land use in wildlife habitat. For this purpose, one of the most important aspects of the study area's wildlife habitat is land use changes over the past several decades, which is calculated using Landsat satellite images. Another factor under investigation is the assessment of the trend of changes in habitat vegetation, which is obtained using Landsat images and the NDVI vegetation index.

Discussion

The aim of this study is to assess the use and suitability of habitat using Landsat satellite images and geographic

information systems (GIS). The first satellite images were prepared by the United States Geological Survey

(USGS) in the years under study, including 1972-2000-2014-2023. The processing stage was first introduced using pseudo-color map combinations prepared in regional areas as training samples in order to classify maps into accurate software and using map classification methods and statistical algorithms from the maps surveyed in the years of use of the designed maps. 86 percent. And finally, the vegetation map of the region was used to monitor the status of vegetation using NDVI indices. Less and less erodibility, percentage of land slope and distance from the river and fault were considered for modeling. In order to implement modeling for all qualities, the layers were converted into layers and on multiple layers and the weighting of tens and nines of layers was combined and overlapped and the final map was prepared. In order to implement the fuzzy logic model with the initial quality and forests were converted into raster layers, the cis was used to classify a layer of fuzzy linear regression and for interpretive life and overlapping of layers, the gamma function was used. Agriculture-green space was cut and added to unusable lands from inferior and barren lands. These changes increased the rate of soil erodibility in the used area. The results of the analysis and monitoring of vegetation (NDVI) showed a decrease in vegetation cover in the years under study. Modeling with fuzzy logic and TOPSIS methods showed that the results of areas with slopes and erodibility were less considered as high desirability and most of the national park area had good news for high and medium. Finally, modeling showed the high capability and accuracy of the fuzzy logic model compared to the TOPSIS overlap model.

Conclusion

Chokolai and Hammadi Danem (2023), in a study on evaluating the efficiency of relief centers in disaster and epidemic conditions using multi-quality decision-making methods and GIS. In this study, the efficiency and sustainability criteria of selected crisis management evaluation centers were examined in three scenarios: crisis conditions (natural disasters), crisis-viral conditions and conditions. First, the research criteria were categorized by the tool using the Delphi fuzzy method and weighted using the

triangular fuzzy aggregation method. In addition, the criteria were evaluated as information layers in the Geographic Information System (GIS) and the relief locations were evaluated by the crisis management against the research criteria. By forming a decision matrix, the alternatives in all three scenarios were prioritized using the PROMETHEE method and evaluated in terms of efficiency. As a result, the main ways with an impact factor of 13% were shown among the criteria for evaluating centers in crisis conditions. In addition, security quality, with an impact factor of 22% among the center evaluation qualities in the conditions, achieved the most important characteristics in the PROMETHEE ranking.

پژوهش‌های محیط‌زیست، سال ۱۶، شماره ۳۱، بهار و تابستان ۱٤۰٤، از صفحه ۱۱۵ تا ۱۳۷

ارزیابی تغییرات کاربری و مطلوبیت زیستگاه با استفاده از سنجش از راه دور و GIS (منطقه مورد مطالعه: پارک ملی خبر در استان کرمان)

* امیر معمارزاده کیانی

دکتری تخصصی محیط‌زیست، گروه برنامه‌ریزی و مدیریت و آموزش محیط‌زیست، دانشکده محیط‌زیست، دانشگاه تهران، ایران

تاریخ وصول مقاله: ۱٤۰۳/۰۷/۰٤ تاریخ پذیرش مقاله: ۱٤۰٤/۰۳/۱۲

چکیده

کاربری اراضی منابع ارزشمند و محدودی هستند. بنابراین، اهمیت حفظ و نگهداری از این گونه اراضی به دلیل اهمیت از نظر اقتصادی و برطرف کردن نیازهای معیشتی جمعیت، امری طبیعی و ضروری است. یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های کاربری اراضی تناسب کاربری می‌باشد که فرآیندی است که تعیین‌کننده سازگاری زمین، برای استفاده‌ای تعریف شده می‌باشد. هدف اصلی تحلیل تناسب کاربری، کمک به برنامه‌ریزان و تصمیم‌سازان برای یافتن مناسب‌ترین موقعیت و الگوی چینش فعالیت‌ها در زمینه‌ای مورد برنامه‌ریزی است. بنابراین امروزه با هدف برنامه‌ریزی متناسب و اجرای موفق برنامه‌ها، نیازمند اطلاعات صحیح، دقیق و به‌روز از نسبت تغییرات کاربری‌های اراضی و سیمای زمین می‌باشیم، لذا فناوری سنجش‌ازدور به دلیل داشتن دید فضایی و یکپارچه از سیمای زمین و سامانه اطلاعات جغرافیایی به دلیل داشتن قابلیت تجزیه‌وتحلیل، مدل‌سازی و تهیه نقشه‌های کاربری می‌توانند در این راستا کارآمد باشند. بدین‌منظور هدف این پژوهش ارزیابی تغییرات کاربری و مطلوبیت زیستگاه پارک ملی خبر در استان کرمان در ۵۰ سال گذشته با استفاده از سنجش‌ازدور و GIS می‌باشد. در این پژوهش به‌منظور تهیه نقشه کاربری اراضی از تصاویر ماهواره‌ای لندست در سال‌های ۱۹۷۴ الی ۲۰۲۳ استفاده شده است و به‌منظور مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه از GIS و مدل‌های ارزیابی چندین معیاره شامل مدل منطق فازی و تاپسیس استفاده شده است. به‌طوری‌که معیارهایی چون طبقات کاربری، پوشش‌های گیاهی، خاک و میزان فرسایش‌پذیری حداکثر و حداقل، درصد شیب زمین و مقدار فاصله از رودخانه و گسل به‌منظور مدل‌سازی در نظر گرفته شده است. به‌منظور پیاده‌سازی مدل‌سازی ابتدا تمامی‌معیارها به لایه‌های رستری تبدیل شده و بر مبنای اهمیت و ارزش‌گذاری وزن‌دهی شده‌اند و در نهایت لایه‌ها با همدیگر تلفیق و همپوشانی و نقشه نهایی تهیه شده است. نتایج پژوهش نشان داد که زیستگاه خبر در طول ۵۰ سال گذشته تغییرات کاربری اراضی زیادی داشته است به‌طوری‌که از اراضی جنگلی- زیستگاه حیات‌وحش و کشاورزی- فضای سبز کاسته شده و به اراضی غیرقابل استفاده نامرغوب و اراضی بایر اضافه شده است. تغییرات کاربری باعث افزایش میزان فرسایش‌پذیری خاک در منطقه مورد مطالعه شده است و به‌منظور پایش پوشش گیاهی منطقه از شاخص NDVI استفاده شده است که نتایج بررسی کاهش میانگین پوشش‌های گیاهی در سال‌های مورد مطالعه را نشان داد. در نهایت نتایج مدل‌سازی نشان داد که بیشتر مساحت پارک ملی خبر دارای مطلوبیت بالا و متوسط از نظر تناسب کاربری می‌باشد.

کلیدواژه‌ها: پارک ملی خبر، لندست، فازی- تاپسیس، کاربری اراضی

* نویسنده مسئول:
Email: amir.memarzadeh@ut.ac.ir
DOI: http//doi.org/10.22034/eiap.2025.229967

سرآغاز

زمین حامل فضای فعالیت‌های اقتصادی و اجتماعی انسان است و تحول عظیم استفاده از زمین و پوشش زمینی[1] منجر به یک سری مشکلات محیط‌زیستی شده است. توسعه و بهره‌برداری از منابع زمینی نه‌تنها تأثیراتی بر ساختار اکولوژیکی و خدمات اکوسیستمی‌دارد، بلکه به‌طور مستقیم بر کیفیت محیط‌زیست و تنوع‌زیستی تأثیر می‌گذارد، توسعه منطقی زمین می‌تواند به دستیابی به تعادل بین تقاضای منابع انسانی و توسعه پایدار اکوسیستمی‌کمک کند. استفاده از زمین عامل اصلی تغییر الگوی منظر شهری است و نوع استفاده از زمین تعیین‌کننده ارزش خدمات اکولوژیکی، رشد جمعیت و تغییرات در روش‌های کشاورزی و عامل اصلی تغییرات زمین است (Jin et al., 2022). منابع زمینی قابل استفاده به‌طور چشمگیری کاهش یافته‌اند. بنابراین، نظارت بر اطلاعات استفاده از زمین بسیار مهم است. کشورهای جهان می‌باید به وضعیت استفاده از زمین بیشتر توجه کنند، تعداد افراد تمرکز شده در شهرها و مساحت پوشیده شده توسط شهرها روزبه‌روز در حال افزایش است. اگر توجهی نشود، مشکلات جدی آلودگی و آسیب به محیط‌زیست و غیره ایجاد خواهد شد. (Gadrani et al., 2018). با افزایش جمعیت در کشورهای در حال توسعه تقاضا برای زمین، غذا، مسکن و اشتغال افزایش یافته است. در این میان زمین به‌عنوان بستری در راستای به‌کارگیری کار و سرمایه اهمیت داشته و با عدم مدیریت صحیح این منابع در فرایند توسعه، رشد اقتصادی تهدید جدی برای منابع‌طبیعی بوده است (Safaripour et al., 2019). کاربری اراضی منابع ارزشمند و محدودی هستند. لذا، اهمیت حفظ و نگهداری از این گونه اراضی به دلیل اهمیت از نظر اقتصادی و برطرف کردن نیازهای معیشتی جمعیت، امری طبیعی و ضروری است (Adali Sardoi et al., 2019). با توجه به تغییرات روزافزون در پوشش و کاربری اراضی و اهمیت آگاهی مدیران و کارشناسان از چگونگی تحولات رخ داده، مشخص کردن روند تغییرات در طول زمان ضروری به نظر می‌رسد. آگاهی از نوع و درصد کاربری و پوشش‌های گوناگون، نیازی بنیادی جهت شناخت و مدیریت یک منطقه است (Ataei Salut et al., 2018). تغییرات کاربری اراضی افزون بر مشکلات محیط‌زیستی متعدد نظیر تخریب خاک‌های حاصلخیز، پوشش گیاهی و کاهش تنوع جانوری و گیاهی، اثرات منفی اجتماعی و اقتصادی متعددی همچون حاشیه‌نشینی، تزلزل امنیت غذایی را نیز به دنبال دارد. نتایج تحقیقات نشان می‌دهد که سطح اراضی کشاورزی در ایران رو به کاهش می‌باشد به‌طوری‌که کل اراضی کشاورزی در سال ۲۰۰۰ حدود ۳۸ درصد بوده است و این رقم در سال ۲۰۱۱ به مقدار ۳۰ درصد رسیده است (Sharifi et al., 2019). در وضعیت حاکم، کاربری پایدار اراضی به موضوع تحلیلی- سیاسی مهمی‌تبدیل گردیده است. این تغییرات و تحولات ماحصل فعل و انفعالات پیچیده عوامل متعددی نظیر سیاست، مدیریت، اقتصاد، فرهنگ، رفتار انسانی و محیط است (Sadeghlou et al., 2018). خواص فیزیکی سطح زمین، مانند توزیع گیاهان، آب، خاک و فعالیت‌های انسانی مانند شهرنشینی، پوشش زمین نامیده می‌شوند. هم نوع استفاده و هم پوشش زمین تحت تأثیر کاربری زمین است؛ بنابراین، نظارت بر تغییر کاربری زمین برای توسعه پایدار و درک بهتر پویایی منظر یک وظیفه مهم است (Hedayati et al., 2022). بدون آگاهی و کسب اطلاعات صحیح از ویژگی‌ها و نسبت اراضی زیر کشت، نمی‌توان به‌طور اصولی از توانمندی‌های هر سرزمینی بهره‌وری خردمندانه نمود. تغییر کاربری و پوشش زمین به یک نگرانی جهانی تبدیل شده است، زیرا تغییرات آن‌ها بر سیستم جهانی تأثیر می‌گذارد.

برای درک تغییرات اخیر در سیستم زمین، جامعه علمی به داده‌های کمی و مکانی دقیق نیاز دارد که نشان‌دهنده نحوه تغییرات کاربری زمین به دلیل فعالیت‌های انسانی در طول ۳۰۰ سال گذشته و نحوه تغییر آن در ۵۰-۱۰۰ سال آینده باشد. این تغییرات در اکوسیستم‌های زمینی به‌طور مستقیم با مسئله پایداری توسعه اجتماعی- اقتصادی مرتبط هستند، زیرا بخش‌های اساسی از سرمایه طبیعی مانند اقلیم، خاک، گیاهان، منابع آب و تنوع‌زیستی را تحت تأثیر قرار می‌دهند (Gadrani et al., 2018). برای ارزیابی تغییرات در ویژگی‌های فضایی زمین، ارائه مجموعه داده‌های چند زمانه بسیار حائز اهمیت است. استفاده از مجموعه داده‌های چند زمانه، درک بهتری از تغییرات و روندهای مهم در استفاده از زمین را ساده می‌کند (Baig et al., 2018). استفاده از فناوری سنجش از راه دور به همراه سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) موفقیت خود را در شناسایی مشخصات محیطی متنوعی مانند پوشش گیاهی، گسترش شهری، تغییرات جنگلی و به‌خصوص تغییرات LULC در طول زمان اثبات کرده است. در مقایسه با روش‌ها و بررسی‌های سنتی دیگر، استفاده از سنجش از راه دور و تکنیک‌های GIS بهبود قابل‌توجهی در ارزیابی داده‌ها با

اعتبار بیشتر و با هزینه کمتر ارائه کرده‌اند سنجش از راه دور به‌عنوان نظارت بر تغییرات فضایی در عناصر مختلف بدون تعامل فیزیکی با آن‌ها توصیف می‌شود. سنجش از راه دور از ماهواره‌های مکانی استفاده می‌کند تا ویژگی‌های منحصربه‌فرد زمین را طبقه‌بندی کند که می‌تواند در پیگیری تغییرات روی سطح زمین مفید باشد. زیرا آن‌ها به‌طور منظم ویژگی‌های زمین را نظارت می‌کنند (Zandsalimi et al., 2021). دانشمندان و پژوهشگران می‌توانند با استفاده از دانشی که در سطح زمانی و مکانی کسب کرده‌اند، تغییرات بزرگ‌مقیاس در الگوهای استفاده از زمین را تشخیص دهند که این امر به سیاستمداران و مقامات منطقه‌ای امکان می‌دهد تا تصمیمات آینده را بگیرند. در مدیریت فاجعه‌های طبیعی نیز استفاده از سنجش از راه دور در بسیاری از مطالعات مستند شده است. (Tian et al., 2018). سنجش از راه دور به‌عنوان یک روش مؤثر در پایش اکوسیستم‌های زمینی به اثبات رسیده است، زیرا قادر است اندازه‌گیری‌های پایدار را در مقیاس چند زمانه ارائه کند. ترکیب تکنولوژی‌های سنجش از راه دور و سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی به‌عنوان یک روش مؤثر برای تهیه نقشه و ارزیابی تغییرات کاربری اراضی اثبات شده است (Abd El-sadek et al., 2022). در دهه اخیر، فرایندهای تصمیم‌گیری مبتنی بر چندمعیاره تصمیم‌گیری جذابیت فراوانی را از محققان سراسر جهان به دست آورده است. همچنین، مسائل مشابه تصمیم‌گیری چندمعیاره توسط محققان مختلف با استفاده از روش‌های چندمعیاره تصمیم‌گیری حل‌شده است. AHP، TOPSIS، بهینه‌سازی چندمعیاره و راه‌حل مصالحه (VIKOR)، تصمیم منطقی (LD)، وزن‌دهی افزایشی ساده (SAW)، تجزیه‌وتحلیل چندمعیاره ترجیحات به‌وسیله اقدامات دوبه‌دو و مقایسه معیارها (MAPPAC)، روش بهینه‌سازی چندهدفه با تحلیل نسبت (MOORA) و منطق فازی برخی از روش‌های استاندارد چندمعیاره تصمیم‌گیری هستند که برای حل مسائل چندمعیاره تصمیم‌گیری به کار گرفته شده‌اند (Hasnain et al., 2020). ارزیابی زمین فرایندی است که با توجه به انواع خاص استفاده، عملکرد زمین در طول زمان را پیش‌بینی می‌کند. ارزیابی مناسبت زمین برای بیشتر فعالیت‌ها تعریف می‌شود. استفاده پیوسته از زمین‌ها در دهه‌های گذشته، بی‌توجه به مناسبت زمین، عمدتاً منجر به ویرانی بیشتری شده است تا ارائه منابع بنابراین، ارزیابی مناسب بر اساس برنامه‌ریزی استفاده از زمین برای اهداف مختلف ضروری است. (Elsheikh et al., 2012). تحلیل مناسبت برای کاربری اراضی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین و مؤثرترین تکنیک‌ها برای شناسایی بهترین مکان‌های کاربری اراضی در نظر گرفته می‌شود. این تکنیک از معیارها و وزن‌دهی‌های مختلف استفاده می‌کند. ارزیابی مناسبت زمین شامل انتخاب مکان‌های مناسب برای توسعه از طریق نقشه‌سازی شاخص مناسبت یک منطقه خاص می‌شود (Aymen et al., 2021). تکنیک‌های GIS به‌عنوان یک ابزار مهم در کنترل و نظارت بر تغییرات کاربری و تأثیر آن‌ها بر اکوسیستم‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند. تحلیل مناسبت زمین بر اساس محیط‌های GIS یک فرایند است که هدف آن شناسایی بهترین مکان‌های توسعه با در نظر گرفتن پایداری محیطی است (Aburas et al., 2017). در تعیین اهمیت معیارهای استفاده شده و محاسبه وزن عوامل، ابزارهای GIS باید با روش‌های دیگر ترکیب شوند تا نتایج تحلیل مناسبت زمین بهبود یابد. یکی از رویکردهای قدرتمند برای ارزیابی مناسبت زمین، ترکیب ابزارهای GIS و تحلیل تصمیم‌گیری چندمعیاره است. مفهوم پایداری به‌طورکلی منجر به بهبود تحلیل مناسبت می‌شود که به دلیل وجود انواع مختلف عوامل و معیارها که باید در فرآیند مورد توجه قرار گیرند، عملیات پیچیده‌ای است (Mazahreh et al., 2019). پژوهشگران و محققان زیادی از فناوری سنجش‌ازدور و GIS به منظور بررسی تغییرات کاربری و پوشش زمین استفاده کرده‌اند در موارد زیر خلاصه‌ای از آن بیان می‌شود.

در مطالعه‌ای مشابه، برای تحلیل تغییرات استفاده از زمین/ پوشش زمین در حوضه آبی هالدا در طی ۴۰ سال گذشته از سنجش ازدور و GIS استفاده گردید. در این پژوهش با استفاده از داده‌های چندطیفی دریافت شده از ماهواره‌های لندست ۲ MSS برای ۱۵ آوریل ۱۹۷۸؛ لندست ۵ TM برای ۲۶ فوریه ۱۹۹۹ و لندست ۸ OLI/TIRS برای ۲ مه ۲۰۱۷. حوضه با کلاس‌های زمین‌شناسی به پنج طبقه اصلی زمین/ پوشش زمین شامل کشاورزی، خاک خالی، مستوطنات، گیاهان و آب بدنه‌ای طبقه‌بندی شده است. نقشه‌های نهایی LULC و اوورلی نشان می‌دهد که از جنبه زمین پوشش گیاهان (۳۵/۱ درصد) و کلاس آب (۸۵/۴۷ درصد) به کشاورزی، خاک‌های خالی و مستوطنات انتقال قابل‌توجهی صورت گرفته است (Chowdhury et al., 2022).

همچنین به تجزیه و تحلیل تغییرات پوشش زمین چند دهه‌ای در

جنگل حرا ساندربانس بنگلادش: با رویکرد مبتنی بر GIS و سنجش از دور پرداختند این مطالعه سعی دارد تا با تحلیل تصاویر Landsat تغییرات پوشش زمینی منطقه سانداربان و مناطق اطراف در بنگلادش در چهل سال گذشته را بررسی کند. تصاویر ماهواره‌ای مجموعه زمانی Landsat برای پنج سال ۱۹۸۰ (MSS), 1990 (TM), 2000 (TM), 2010 (TM) و 2020 (OLI) جمع‌آوری شده‌اند. با تحلیل، مقایسه و نمایش تصاویر دسته‌بندی شده با استفاده از نرم‌افزار ArcMap 10.5، روند تاریخی تغییرات پوشش زمینی منطقه مورد مطالعه نشان داده می‌شود. نتایج نشان داد که مساحت جنگل مانگروی سانداربان بدون تغییر مانده است به جز تغییرات کمی‌که به دلیل فرسایش خاک در امتداد ساحل رودخانه و ساحل رخ داده است (Chowdhury et al., 2022).

در پژوهشی به منظور تهیه نقشه برای طبقه‌بندی کاربری و پوشش اراضی منطقه مرزی شمال عربستان از سنجش از دور و GIS استفاده کردند. در این مطالعه از داده‌های ماهواره‌ای برای بررسی LULC در منطقه مرزی شمالی (NBR) در پادشاهی عربی سعودی استفاده می‌کند. داده‌های ماهواره‌ای از تصاویر لندست بین سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۲ برای طبقه‌بندی انواع LULC استفاده شد و تحلیل سری زمانی با استفاده از تصاویر لندست برای شناسایی تغییرات زمانی انجام شد. طبقه‌بندی چهار کلاس اصلی شامل خاک خالی، منطقه ساخته شده، صخره‌ها و گیاهان را نشان می‌دهد. نتایج نشان می‌دهد افزایش قابل‌توجهی در توسعه شهری رخ داده است. نتایج نشان دادند که بیشترین شهرنشینی در حومه شهرها رخ داده است، جایی که قبلاً خاک‌های خالی وجود داشتند. عوامل اصلی شهرنشینی رشد جمعیت و توسعه اقتصادی بودند (Darem et al., 2023).

پژوهشگران در منطقه هامیرپور، هند نیز به تجزیه‌وتحلیل کاربری زمین و انتقال پوشش زمین با استفاده از سنجش از دور و رویکرد GIS پرداختند. در این مطالعه چارچوب روش‌شناسی را برای استفاده از برنامه‌های کامپیوتری مانند GIS و سنجش از دور به منظور تحلیل الگوی شهرنشینی و تأثیر آن بر شرایط محیطی و اقلیمی منطقه مورد مطالعه نشان دهد. داده‌های جغرافیایی از تصاویر ماهواره‌ای جمع‌آوری شده و داده‌های مربوط به شرایط اجتماعی و محیطی از گزارش‌های دریافتی از نهادهای دولتی جمع‌آوری شده است. تحلیل اولویت با استفاده از GIS انجام شده است تا الگوی تعاملی تغییرات استفاده از زمین و پوشش زمین را درک کند. علاوه بر این، وابستگی میان متغیرها با استفاده از روش تحلیل رگرسیون برقرار شده است. نتایج تحلیل از طریق جدول‌بندی و روش‌های گرافیکی ارائه شده است. (Kumari et al., 2024)

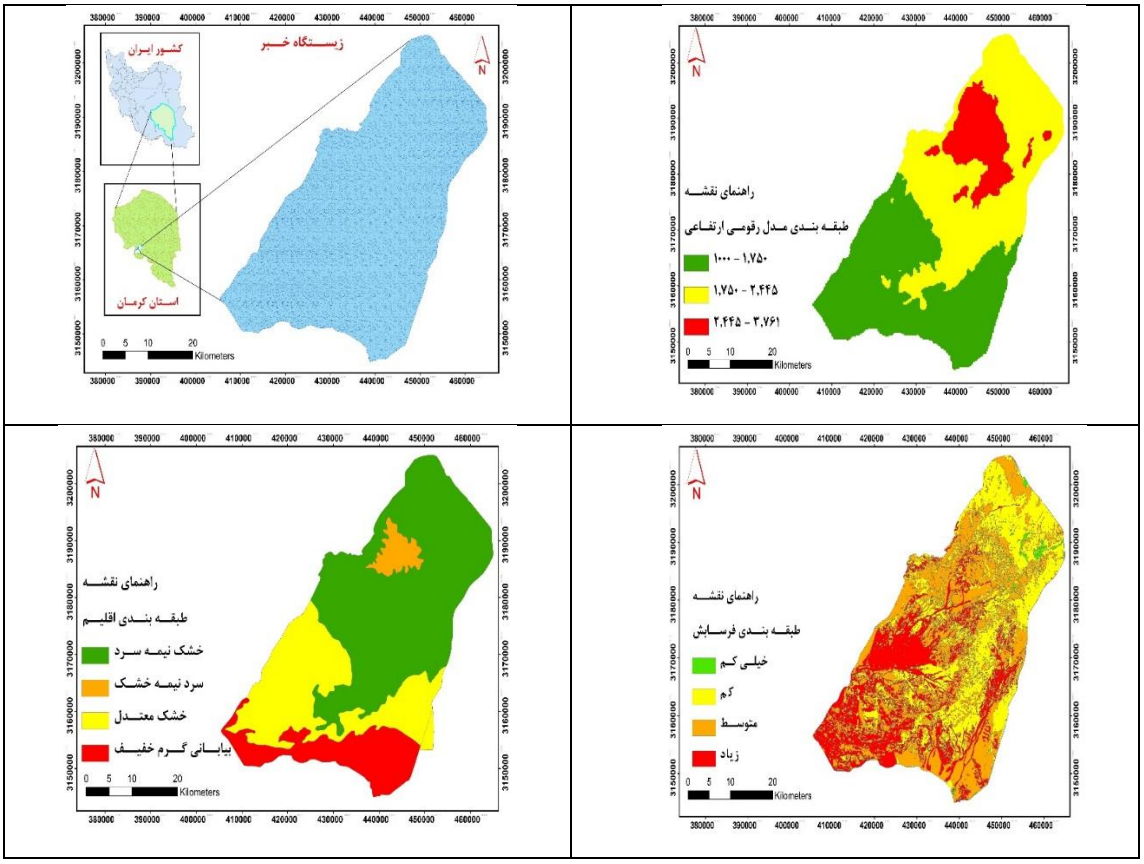
بنابراین هدف این پژوهش ارزیابی تغییرات کاربری و مطلوبیت زیستگاه پارک ملی خبر در استان کرمان با استفاده از سنجش از راه دور و تصاویر ماهواره‌ای و GIS می‌باشد و سوال اصلی این پژوهش بر این محوریت استوار می‌باشد که آیا با استفاده از فناوری سنجش از راه دور و تصاویر ماهواره و مدل‌سازی با استفاده از GIS می‌توان تغییرات کاربری و تناسب کاربری را تهیه کرد یا خیر؟

مواد و روش

محدوده موردمطالعه

پارک ملی خبر و پناهگاه حیات‌وحش روچون در جنوب استان کرمان و در محدوده شهرستان بافت و ارزوئیه واقع شده است. این منطقه دارای اقلیم و ویژگی‌های بوم‌شناختی متنوع شامل مناطق خشک و نیمه‌خشک است. در شکل (۱) موقعیت جغرافیایی پارک ملی خبر ترسیم شده است که مشاهده می‌کنید.

در فصل سرد منطقه مورد مطالعه زیر تأثیر توده هوای سرد سیبری قرار می‌گیرد و زمستان‌های سرد را تجربه می‌کند. این منطقه نیز تحت تأثیر جریان زمستانه پرفشار آزور از اقیانوس اطلس شمالی قرار دارد. بارندگی‌های زمستانه بیشتر از سیستم کم‌فشارهای مدیترانه و سودان تأثیر می‌پذیرد. در فصل گرم، کویرهای مرکزی و لوت حرارت را به منطقه منتقل می‌کنند و منطقه مورد مطالعه را به شرایط گرم و خشک تبدیل می‌کنند. دماهای بالای ۵۰– ۵۱ درجه سانتی‌گراد در بم نتیجه فشار حرارتی این مراکز در کویرهای مرکزی و لوت و بخش‌هایی از کرمان را نشان می‌دهد. ایستگاه‌های بارندگی نشان می‌دهد که تغییرات سالیانه بارندگی در این منطقه نامنظم است، با بیشترین تغییرات ماهیانه در ماه‌های خرداد تا شهریور. همچنین، توزیع بارندگی در فصل‌های تابستان و پاییز نیز نامنظم بوده و کمترین تغییرات فصلی در زمستان رخ می‌دهد. این منطقه دارای ویژگی‌های جغرافیایی متنوع از مناطق مرتفع و کوهستانی تا دشت‌های استپی و مناطق گرمسیری است. از نظر طبقه‌بندی اقلیمی بیشتر مساحت پارک ملی را خشک نیمه سرد در برگرفته است.



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی پارک ملی خبر

این تنوع سبب ایجاد سیستم‌های بوم‌شناختی متفاوتی شده است و مجموعه ارزشمندی از پوشش گیاهی منطقه سردسیر و گرمسیر را در ارتفاعی بین ۱۰۰۰ تا ۳۸۴۵ متر در خود جای‌داده است. بر اساس جمع‌آوری گیاهان طی سال‌های مختلف، در مجموع ۷۳۰ گونه و تقسیمات زیرگونه‌ای از منطقه شناسایی شد که از این تعداد ۶ گونه سرخس و ۷ گونه بازدانه است. ۷۱۷ گونه نهان‌دانه نیز شناسایی شد که ۱۰۰ گونه آن تک‌لپه و ۶۱۷ گونه دولپه‌ای است و به ۷۹ تیره و ۳۷۱ جنس تعلق دارد. در منطقه موردمطالعه به دلیل شرایط اقلیمی متفاوت و وجود زیستگاه‌های مختلف اعم از کوهستانی، تپه‌ماهوری، دشتی، مرتعی، جنگلی و تالابی، شاهد حضور تنوع خوبی از انواع مهره‌داران هستیم. علاوه بر این خاطرنشان می‌شود، طی تهیه طرح جامع مدیریت منطقه، دو منطقه امن با عنوان کوه بزرگ خبر و دق‌علی‌جان تعریف شده است که در کنار سایر زون‌ها، نقش بوم‌شناختی منحصربه‌فرد فردی دارد. تنوع مهره‌داران شناسایی‌شده بر اساس مطالعات طرح مدیریت، شامل پستانداران (۳۴ گونه) پرندگان (۹۶ گونه)، خزندگان (۲۲ گونه)، یک‌گونه آبزی و ۲ گونه دوزیست است (Pourmirzaei et al., 2020).

روش‌شناسی

این پژوهش به دنبال بررسی تغییرات کاربری و تناسب مطلوبیت زیستگاه حیات‌وحش خبر می‌باشد. بدین‌جهت به‌منظور بررسی روند تغییرات کاربری از تصاویر ماهواره‌ای لندست در سال‌های (۱۹۷۴– ۲۰۰۰– ۲۰۱۴– ۲۰۲۳) که از سایت سازمان زمین‌شناسی آمریکا[۲] تهیه شده است استفاده گردید. با توجه به این که روند تغییرات کاربری در بلندمدت نمود بیشتری دارد به‌منظور بررسی تغییرات کاربری منطقه موردمطالعه، تصاویر ماهواره‌ای لندست در چند دهه (در بازه زمانی تقریباً ۵۰ ساله) بررسی می‌شود. همچنین یکی دیگر از عوامل مورد بررسی در محدوده موردمطالعه روند تغییرات پوشش گیاهی منطقه می‌باشد که در سال‌های موردمطالعه و با استفاده از شاخص نرمال شده پوشش گیاهی[۳] و تصاویر لندست محاسبه و به دست آورده می‌شود. در نهایت داده‌های خام سنجش‌ازدور که به‌وسیله سنجنده‌های مختلف از سطح زمین برداشت می‌شوند، ممکن است دارای کمبودها و خطاهایی باشند؛

بنابراین برای استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لازم است تا کمبودها، جبران و خطاها حذف شوند. بنابراین پیش‌پردازش‌های رادیو متریک و اتمسفر یک به‌عنوان تصحیحات اولیه بر روی تصاویر صورت می‌گیرد تا میزان دقت و صحت نقشه نهایی تولید شده در این بخش افزایش یابد. گام اول این فرآیند، تبدیل مقادیر ارزش سلول‌های تصاویر (مقادیر خام) به مقادیر تابش طیفی (رادیانس) و گام دوم مربوط به تبدیل مقادیر تابش طیفی به بازتاب زمینی است. برای انجام تصحیح اتمسفری از تحلیل میزان انرژی دریافت شده توسط سنجنده‌ها بهره گرفته شد. بر این اساس، براثر جذب انرژی الکترومغناطیس خورشید توسط ذرات جو، میزان انرژی دریافت شده توسط سنجنده می‌کند و این میزان تغییر انرژی دریافتی را می‌توان در باندهای مادون‌قرمز و پوشش‌های آب موجود در تصاویر شناسایی کرد. به‌عبارت‌دیگر، رفتار طیفی آب در باند مادون‌قرمز باعث می‌شود تا تمام انرژی الکترومغناطیس خورشید جذب شده و هیچ بازتابی نداشته باشد (Doxani et al., 2023). لذا چنانچه مقدار ارزش عددی سلول‌های این پوشش، عددی غیر از مقدار صفر را نشان دهند، این امر نشان‌دهندهٔ افزایش میزان جذب انرژی توسط سنجنده است و با حذف این مقادیر از کلیه باندها می‌توان تصاویر را از لحاظ اتمسفری تصحیح نمود. از این‌رو برای انجام تصحیح اتمسفری ارزش عددی سلول‌ها از باند ۴ تصاویر که با قطعیت نشان‌دهندهٔ پوشش آب عمیق بودند، شناسایی شدند. سپس این مقدار عددی از سایر باندهای تصاویر کم شد تا میزان اضافه انرژی جذب شده توسط سنجنده تعدیل و تصحیحات اتمسفری انجام شود. بدین‌منظور تصاویر ماهواره‌ای منطقه مورد مطالعه کالیبره شدن و تصحیحات موردنیاز بر روی آن‌ها اعمال شد. برای تهیه نقشه کاربری اراضی در گام اول از روش طبقه‌بندی نظارت‌شده و نیز آشنایی قبلی با انواع طبقات کاربری و پوشش اراضی موجود در منطقه استفاده شد. این نوع روش‌های طبقه‌بندی، موضوعی بوده و بر پایهٔ نمونه‌های تعلیمی استوار می‌باشد و باعث می‌شود تا نتایج حاصل از آن از صحت بالاتری نسبت به روش‌های دیگر طبقه‌بندی برخوردار باشد. بدین‌منظور با معرفی نمونه‌های تعلیمی مربوط به هر طبقهٔ کاربری اراضی به روش حداکثر احتمال، به‌عنوان یکی از پرکاربردترین و دقیق‌ترین روش‌های طبقه‌بندی نظارت‌شده نقشهٔ کاربری اراضی برای منطقه مورد مطالعه تهیه شد. بنابراین عمل طبقه‌بندی نظارت‌شده با استفاده از گروه‌های مختلف نمونه‌های آموزشی (نمونه‌های طیفی) مربوط به هر طبقه و الگوریتم حداکثر احتمال، انجام می‌شود. پس از تهیه خروجی حاصل از پردازش تصاویر، از روش‌ها و روابط آماری مختلفی مانند روش‌های نمونه‌گیری و کنترل زمینی استفاده می‌شود تا صحت طبقه‌بندی برآورد گردد. از این‌رو در تحقیق حاضر ماتریس خطا برای داده‌های واقعی و داده‌های پردازش‌شده تشکیل و دو شاخص پرکاربرد شامل صحت کلی و ضریب کاپا برای آن محاسبه می‌شود که به‌صورت زیر تعریف می‌گردند (Congalton & Green, 2008).

صحت کلی: این شاخص یکی از شاخص‌های رایج برای برآورد میزان صحت پردازش تصویر است که با استفاده از رابطه (۱) و داده‌های موجود در ماترس خطا به دست می‌آید:

$$QA = \frac{1}{n}\sum Pn \qquad \text{رابطه (۱)}$$

پارامترهای رابطهٔ صحت کلی به شرح زیر است:

QA = صحت کلی

N = تعداد کل سلول‌های آزمایشی

$\sum$ Pn = مجموع سلول‌های قطر اصلی در ماتریس خطا

ضریب کاپا: این شاخص صحت طبقه‌بندی را نسبت به یک طبقه‌بندی کاملاً تصادفی (حالتی که یک تصویرکاملا به‌صورت تصادفی طبقه‌بندی‌شده باشد) محاسبه می‌کند (Jensen, 2009) این ضریب با استفاده رابطه (۲) محاسبه می‌شود:

$$K = \frac{\emptyset_1 - \emptyset_2}{1 - \emptyset_2}$$

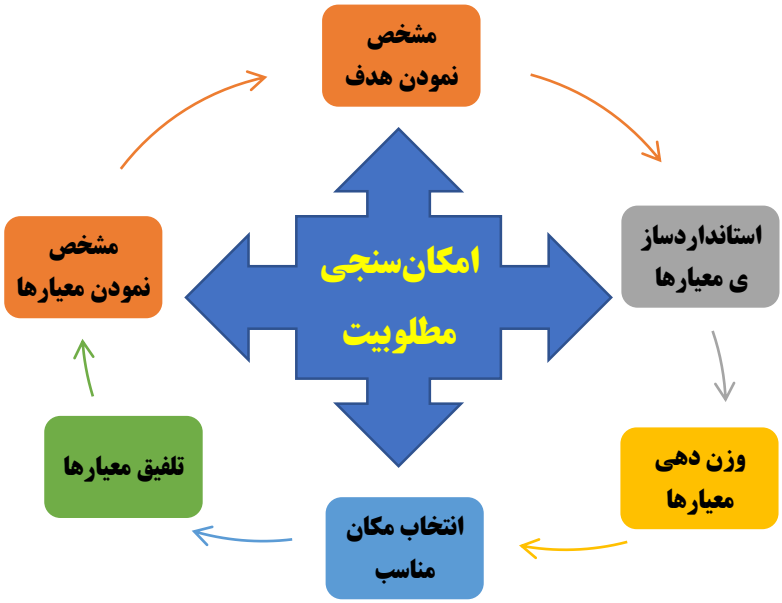
$$\emptyset_1 = 1/n \sum_{i=1}^{n} p_{ii}$$

$$\emptyset_2 = 1/n^2 \sum_{i=1}^{n} p_{ix} p_i$$

رابطه (۲)

در این رابطه n برابر با تعداد کل نمونه‌های آموزشی، $p\ i\ i$ عناصر قطر اصلی، $p\ i\ x$، جمع ستون‌ها و $p\ i$ جمع ردیف‌ها در ماتریس خطا است. همچنین در این پژوهش به‌منظور شناسایی مناطق مطلوبیت زیستگاه و انتخاب کاربری مناسب از مدل‌های ارزیابی چندین معیاره شامل مدل منطق فازی و تاپسیس استفاده می‌شود. مدل‌های ارزیابی چندین معیاره مدل‌ها و روش‌هایی است که به ارزیابی، بر اساس وزن، ارزش‌ها یا میزان برتری از طرف تصمیم‌گیرنده، کمک می‌کند و در نهایت منجر به

تصمیم‌گیری‌های بهتر می‌شود. هدف اصلی تکنیک‌های ارزیابی چند معیاره بررسی تعدادی از جایگزین‌ها با توجه به معیارهای متعدد و اهداف متضاد است. بنابراین با استفاده از مدل‌های ارزیابی چند معیاره، فازی و تاپسیس پتانسیل‌یابی یا امکان‌سنجی مطلوبیت زیستگاه منطقه مطالعاتی را بررسی یا مدل‌سازی می‌کنیم در شکل (۲) روند ارزیابی چندین معیاره را مشاهده می‌کنید در ادامه به شرح بیشتر مدل منطق فازی و تاپسیس پرداخته می‌شود.



شکل (۲): مدل ارزیابی چندین معیاره برای مطلوبیت زیستگاه

همچنین در این مطالعه از نرم‌افزار Arc GIS برای تهیه خروجی و از نرم‌افزارهای ERDAS. ENVI5.3 و IDRISI به‌منظور انجام پردازش، تجزیه‌وتحلیل تصاویر لندست و نهایتاً تعیین نقشه‌ها، استفاده شده است. جدول (۱) و مشخصات تصاویر ماهواره‌ای لندست به همراه سنجنده‌های استفاده شده آورده شده است که مشاهده می‌کنید.

جدول (۱): مشخصات تصاویر ماهواره‌ای لندست

سیستم مختصات	ROW	PATH	سنجنده	ماهواره	تاریخ اخذ تصویر
یو تی ام- زون-۳۹	۰۳۵	۱۶۵	"Mss"	لندست ۳-	۱۹۷۲
یو تی ام- زون-۳۹	۰۳۵	۱۶۵	"ETM"	لندست ۷-	۲۰۰۰
یو تی ام- زون-۳۹	۰۳۵	۱۶۵	"OLI"	لندست ۸-	۲۰۱۴
یو تی ام- زون-۳۹	۰۳۵	۱۶۵	"OLI"	لندست ۹-	۲۰۲۳

مدل تاپسیس- فازی

تاپسیس[۴] به معنی روش‌های ترجیح بر اساس مشابهت به راه‌حل ایده‌آل است. این مدل توسط هوانگ و یون در سال ۱۹۸۱ پیشنهاد شد. در این روش m گزینه به‌وسیله n شاخص ارزیابی می‌شود. منطق اصولی این مدل راه‌حل ایده‌آل (مثبت) و راه‌حل ایده‌آل منفی را تعریف می‌کند. راه‌حل ایده‌آل (مثبت) راه‌حلی است که معیار سود را افزایش و معیار هزینه را کاهش می‌دهد. گزینه بهینه، گزینه‌ای است که کمترین فاصله از راه‌حل ایده‌آل مثبت و در عین حال دورترین فاصله از راه‌حل ایده‌آل منفی را دارد. به عبارتی در رتبه‌بندی گزینه‌ها به روش تاپسیس گزینه‌هایی که بیشترین تشابه را با راه‌حل ایده‌آل داشته باشند، رتبه بالاتری کسب می‌کنند فرایند انجام مدل تاپسیس به شرح زیر می‌باشد:

۱. تشکیل ماتریس تصمیم:

مـانند سایر روش‌های تصمیم‌گیـری چند معیاره، مـاتریس تصمیم

باید نرمال شود. روش برداری برخلاف روش ساده نرمال‌سازی خطی به‌صورت رابطه (۳) انجام می‌شود.

$$\eta_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_1^m x_{ij}^2}}$$

رابطه (۳)

در رابطه (۳) پارامتر بی مقیاس شده،Xij پارامترهای مقیاس‌دار و m تمام مقادیر می‌باشد.

۲. تشکیل ماتریس تصمیم نرمال موزون

گام بعدی تشکیل ماتریس نرمال موزون بر اساس وزن معیارها است؛ بنابراین باید از پیش اوزان معیارها با استفاده از تکنیکی مانند AHP یا آنتروپی شانون محاسبه شده باشند. موزون کردن بسیار ساده است و وزن هر معیار در لایه‌های مربوط به آن معیار ضرب می‌شود.

۳. محاسبه ایده‌آل‌های مثبت و منفی:

در این گام برای هر شاخص یک ایده‌آل مثبت (A+) و یک ایده‌آل منفی محاسبه می‌شود.

۴. فاصله از ایده‌آل‌های مثبت و منفی و محاسبه راه‌حل ایده‌آل:

در این گام میزان نزدیکی نسبی هر گزینه به راه‌حل ایده‌ال حساب می‌شود. فاصله اقلیدسی هر گزینه از ایده‌آل مثبت و منفی با فرمول زیر محاسبه خواهد شد. گام نهایی محاسبه، راه‌حل ایده‌ال است. در این گام میزان نزدیکی نسبی هر گزینه به راه‌حل ایده‌ال حساب می‌شود. برای این کار از رابطه(۴) استفاده می‌شود.

$$CL_i = \frac{d_i^-}{d_i^- + d_i^+}$$

رابطه (۴)

در رابطه (۴) CL بین صفر و یک می‌باشد و هر چه به یک نزدیک‌تر باشد راهکار به جواب نزدیک‌تر است و راهکار می‌باشد (Karmi et al., 2018).

روش فازی‌سازی

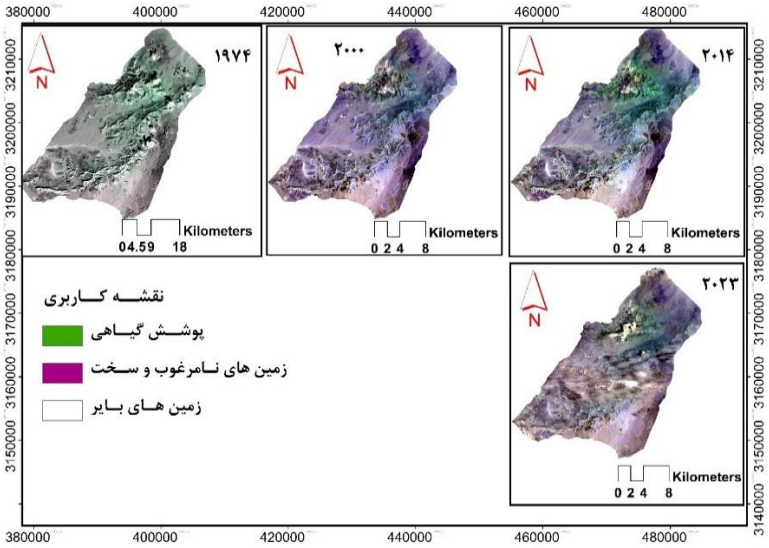
روش فازی سازی نیز مانند دیگر روش‌های تصمیم‌گیری چندین معیاره می‌باشد با این تفاوت که مدل فازی استنتاج و تصمیم‌گیری نهایی از توابع عضویت استفاده می‌کند. این توابع بر مبنای اهداف متفاوت می‌باشد ولی یکی از مهم‌ترین توابع که برای نرمال‌سازی داده‌ها بیشترین کاربرد را دارد تابع خطی فازی می‌باشد. تابع تبدیل فازی خطی[۵] یک تابع خطی بین مقادیر حداکثر و حداقل که کاربر آن را مشخص کرده است تمام مقادیر بالاتر از حداکثر عضویت یک و مقادیر کمتر از مقدار حداقل عضویت صفر می‌گیرند. تابع عضویت متناسب در وزن مربوطه ضرب شده و در نهایت نقشه استاندارد شده هر یک از معیارها حاصل می‌گردد لایه‌ها در رنج ۱ تا ۰ فازی قرار می‌گیرند (۱۶). بنابراین به‌منظور پیاده‌سازی مدل فازی در این پژوهش به شرح مراحل زیر می‌باشد:

۱. شناسایی پارامترهای مؤثر در انتخاب محل مناسب
۲. تولید لایه رستری پارامترهای مؤثر شناسایی‌شده در گام قبل
۳. تعیین توابع عضویت تک‌تک لایه‌ها. بدین منظور، توابع عضویت خطی مورد آزمون قرار می‌گیرد به خاطر ماهیت پدیده‌ها، توابع عضویت خطی بر روی لایه‌های اصلی تعریف و تعیین می‌گردد. خروجی مرحله، لایه رستر فازی با مقادیر بین صفرتا یک می‌باشد.
۴. تلفیق لایه‌های رستر فازی و ایجاد همپوشانی. از بین حالت‌های مختلف همپوشانی فازی (اشتراک، اجتماع، جمع، ضرب، گاما)
۵. نقشه نهایی تلفیق شده هر یک از معیارها که بین رنج ۱ تا ۰ فازی قرار می‌گیرند (Gudari et al., 2018).

بنابراین در این پژوهش به‌منظور پیاده‌سازی مدل فازی- تاپسیس پارامترها و معیارهایی چون طبقات کاربری، پوشش‌های گیاهی، خاک و میزان فرسایش‌پذیری آن، شیب منطقه و مقدار فاصله از رودخانه و گسل و غیره در نظر گرفته می‌شود سپس تمامی معیارها به لایه‌های رستری تبدیل می‌شود و بر مبنای اهمیت، وزن‌دهی می‌شوند و در نهایت با همدیگر تلفیق و همپوشانی می‌شوند و نقشه نهایی تولید می‌شوند.

کاربری- پوشش گیاهی(زیستگاه حیات‌وحش خبر)

این پژوهش به دنبال ارزیابی و بررسی تغییرات و مطلوبیت تناسبی کاربری در زیستگاه حیات‌وحش خبر می‌باشد. بدین‌منظور از یکی مهم‌ترین موارد بررسی در زیستگاه حیات‌وحش منطقه مورد مطالعه تغییرات کاربری در چندین دهه گذشته می‌باشد که با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست محاسبه می‌شود. از عوامل دیگر مورد بررسی ارزیابی روند تغییرات پوشش گیاهی زیستگاه می‌باشد که با استفاده از تصاویر لندست و شاخص پوشش گیاهی NDVI به دست آورده می‌شود. در شکل (۳) تصاویر ماهواره‌ای لندست و سال‌های مورد بررسی منطقه مورد مطالعه آورده شده است که مشاهده می‌کنید.



شکل (۳): تصاویر ماهواره‌ای لندست برای زیستگاه حیات‌وحش خبر

شاخص پوشش گیاهی NDVI

کاهش پوشش گیاهی نقش مهمی در تنوع‌زیستی و انقراض زیستگاه‌های حیات‌وحش و مطلوبیت زیستگاه‌ها دارد (Zhang et al., 2022). به‌منظور پایش پوشش گیاهی از تصاویر ماهواره لندست و شاخص پوشش گیاهی استفاده شده است. NDVI از ساده‌ترین و کاربردی‌ترین شاخص‌هایی می‌باشد که در زمینه مطالعات و بررسی‌های پوشش گیاهی شناخته شده است. شاخص NDVI از رابطه (۵) محاسبه می‌شود (Zubairi & Majed, 2013):

رابطه (۵)

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$

که NIR انعکاس در باند مادون‌قرمز و نیز RED بازتاب در باند سرخ می‌باشد. میزان این فاکتور به جهت پوشش گیاهی متراکم به‌سوی عدد یک میل می‌کند ولی ابرها، برف و آب با مقادیر منفی مشخص می‌شوند، سنگ‌ها و خاک‌های بایر که واکنش‌های طیفی مشابه در دو باند مورد استفاده دارند با مقادیر نزدیک به صفر دیده می‌شوند. بدین‌منظور شاخص پوشش گیاهی NDVI بر روی تصاویر لندست اعمال می‌شود و نقشه پوشش گیاهی منطقه در سال‌های مورد مطالعه و در طبقات مختلف تهیه می‌شود.

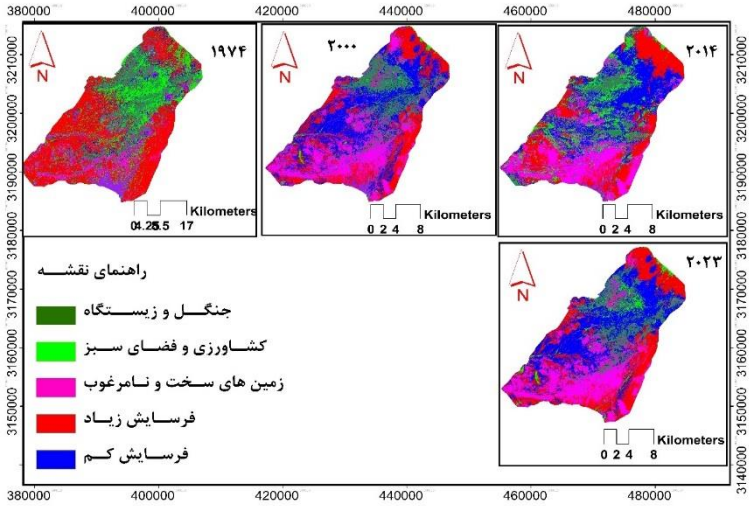
یافته‌های پژوهش

جدول (۲): مساحت طبقات کاربری اراضی (به هکتار) در سال‌های موردمطالعه

	مساحت طبقات کاربری اراضی زیستگاه (به هکتار)												
	جنگل و زیستگاه		کشاورزی و فضای سبز		زمین‌های سخت و نامرغوب		فرسایش‌پذیری حداکثر		فرسایش‌پذیری حداقل		شهری	
	مساحت	درصد	مساحت	درصد	مساحت	درصد	مساحت	درصد	مساحت	درصد	مساحت	درصد
۱۹۷۴	۴۹۰۹۵/۷۲۰۰	٪۱۳/۲۷۰	۶۴۰۳۷/۱۶	٪۱۷/۸۹۶	۳۴۷۵۹/۸۰۰۰	٪۹/۷۱۴	۱۷۱۰۳۷/۸۰۰۰	٪۴۷/۷۹۹	۲۴۲۳۰/۱۶۰۰	٪۶/۷۷۱	۱۴۶۶۹/۶۴۰۰	٪۴/۱۰۰
۲۰۰۰	۳۹۸۸۴/۷۶۰۰	٪۱۱/۱۵۲	۲۷۳۲۷/۶۹	٪۷/۶۴۱	۷۳۹۰۱/۹۷۰۰	٪۲۰/۶۶۳	۱۰۷۴۱۴/۰۱۰۰	٪۳۰/۰۳۳	۹۵۳۸۳/۳۵۰۰	٪۲۶/۶۶۹	۱۳۷۴۰/۱۲۰۰	٪۳/۸۴۲
۲۰۱۴	۲۶۵۰۵/۹۰۰۰	٪۷/۴۰۷	۵۳۴۱۰/۲۳	٪۱۴/۹۲۶	۷۸۴۳۵/۰۰۰	٪۲۱/۹۲۰	۱۰۵۰۲۹/۴۶۰۰	٪۲۹/۳۲۵	۷۸۵۸۷/۷۳۰۰	٪۲۱/۹۶۲	۱۵۸۶۱/۹۶۰۰	٪۴/۴۳۳
۲۰۲۳	۳۹۱۵۹/۰۹۰۰	٪۱۰/۹۵۴	۲۸۴۳۱/۷۲	٪۷/۹۴۵	۷۲۶۷۸/۱۵۰۰	٪۲۰/۳۱۱	۱۱۴۴۰۳/۲۳۰۰	٪۳۱/۹۷۱	۹۴۶۳۱/۴۰۰۰	٪۲۶/۴۴۶	۸۴۹۰/۶۹۰۰	٪۲/۳۷۳

تغییرات کاربری

در این پژوهش به‌منظور تهیه نقشه تغییرات کاربری ابتدا مناطقی به‌عنوان نمونه‌های آموزشی- تعلیمی‌به نرم‌افزار معرفی، سپس با استفاده از روش طبقه‌بندی نظارت‌شده، و الگوریتم حداکثر احتمال نقشه طبقه‌بندی تغییرات کاربری (شکل ۴) به دست آورده شد. پس از انجام طبقه‌بندی، با استفاده از ضریب آماری کاپا، ارزیابی دقت انجام پذیرفت. دقت کلی حاصل از طبقه‌بندی به‌طور متوسط ۸۶ درصد به دست آورده شد که قابل‌قبول می‌باشد. همچنین در جدول (۲) مساحت طبقات کاربری اراضی (به هکتار) در سال‌های مورد مطالعه محاسبه و آورده شده است که مشاهده می‌کنید.

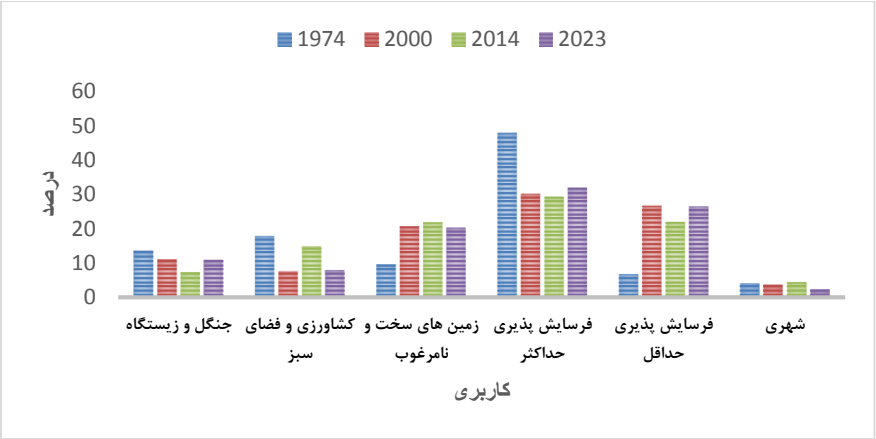


شکل (۴): نقشه طبقه‌بندی تغییرات کاربری در سال‌های ۱۹۷۴ الی ۲۰۲۳

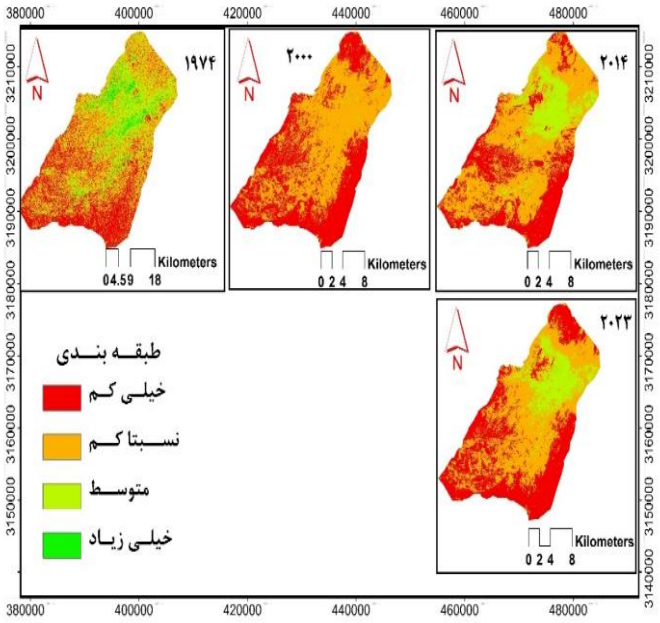
با توجه به جدول (۲) مساحت جنگل و زیستگاه/حیات‌وحش پارک ملی خبر در طول ۵۰ سال مورد بررسی کاهش زیادی داشته است. به‌طوری‌که از مقدار ۴۹۰۹۵/۷۲۰۰ (هکتار) در سال ۱۹۷۴ به مقدار ۲۶۵۰۵/۹۰۰۰ و ۳۹۱۹۵/۰۹۰۰ در سال‌های ۲۰۱۴ و ۲۰۲۳ تغییر و کم شده است. همچنین مساحت کاربری کشاورزی و فضای سبز نیز کاهش داشته است به‌طوری‌که از مقدار ۴۶۰۳۷/۱۶ (هکتار) در سال ۱۹۷۴ به مقدار ۲۸۴۳۱/۷۲ (هکتار) در سال ۲۰۲۳ کاسته و کم شده است. همچنین میزان فرسایش‌پذیری حداقل و حداکثر نیز برای منطقه مورد مطالعه محاسبه شده است به‌طوری‌که میزان فرسایش‌پذیری حداکثر نسبت به حداقل مساحت بیشتری از منطقه را در بر گرفته و درصد تغییرپذیری بیشتری را شامل شده است. همچنین مساحت اراضی غیرقابل استفاده و نامرغوب افزایش نسبی داشته است. با توجه به جدول (۲) و شکل (۴) این نتیجه حاصل شد که منطقه مورد مطالعه در طول ۵۰ سال گذشته تغییرات کاربری زیادی داشته است به‌طوری‌که از اراضی جنگلی- زیستگاه حیات‌وحش و کشاورزی- فضای سبز کاسته شده و به اراضی غیرقابل استفاده نامرغوب و اراضی بایر اضافه شده است. همچنین این تغییرات کاربری باعث افزایش میزان فرسایش‌پذیری خاک در منطقه مورد مطالعه شده است. همچنین شکل (۵) روند تغییرات کاربری در سال‌های موردمطالعه را نشان می‌دهد.

پهنه‌بندی پوشش گیاهی

با توجه به شکل (۶) نقشه پهنه‌بندی طبقه‌بندی پوشش گیاهی در پارک ملی خبر از سال‌های مورد مطالعه با استفاده از تصاویر ماهواره لندست و شاخص NDVI محاسبه شده است. این نقشه پهنه‌بندی از کمترین تراکم پوشش گیاهی تا بیشترین و در چهار طبقه خیلی کم، نسبتاً کم، متوسط و خیلی زیاد تهیه شده است. همچنین در جدول (۳) خصوصیات آماری شاخص NDVI در سال‌های مورد مطالعه به دست آورده شده است که مشاهده می‌کنید.



شکل (۵): روند تغییرات کاربری در سال‌های موردمطالعه



شکل (۶): نقشه طبقه‌بندی پوشش گیاهی

جدول (۳): پارامترهای آماری پوشش گیاهی

سال	حداقل	حداکثر	میانگین
۱۹۷۴	-۵۳۳۸۳۵٪	۴۰۰۰۰۰٪	۰۹۵۷۸۷٪
۲۰۰۰	-۳۷۵۷۰۲٪	۴۸۸۸۶۶٪	۰۶۰۵۲۶٪
۲۰۱۴	-۰۳۲۴۸۲٪	۴۴۹۵۵۳٪	۰۵۴۷۶۵٪
۲۰۲۳	-۱۰۴۵۴۷٪	۵۱۸۰۳۶٪	۰۳۸۰۶٪

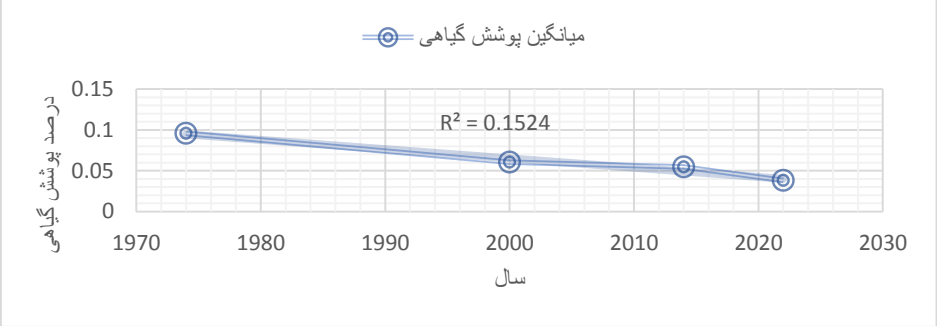
در شکل (۷) روند تغییرات پوشش گیاهی در سال‌های مورد مطالعه ترسیم شده است که مشاهده می‌کنید.

با توجه به نقشه پهنه‌بندی پوشش گیاهی و شکل (۹) و جدول (۷) این نتیجه حاصل شد که روند پوشش گیاهی در منطقه مورد مطالعه یک‌روند نسبتاً کاهشی بوده و مقدار تراکم پوشش گیاهی هر ساله نسبت به سال‌های قبل کمتر شده است.

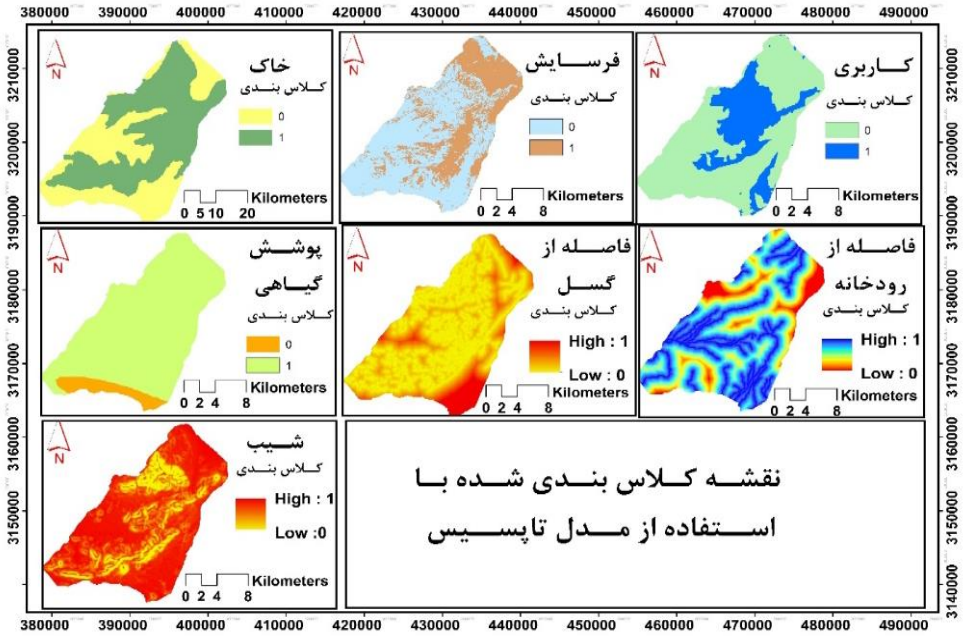
پهنه‌بندی مطلوبیت زیستگاه با فازی- تاپسیس

در این پژوهش به‌منظور پیاده‌سازی مدل فازی- تاپسیس پارامترهای چون کاربری، پوشش گیاهی، خاک و میزان

فرسایش‌پذیری آن، شیب منطقه و مقدار فاصله از رودخانه و گسل به‌عنوان ورودی مدل در نظر گرفته شده است. بعد از انتخاب معیارها به‌منظور پیاده‌سازی مدل ابتدا باید تمام لایه یک مقیاس شوند بنابراین ابتدا لایه‌ها به رستر (چون قابلیت بالایی در تلفیق لایه‌ها دارد) سپس هر لایه ضربدر وزن آن می‌شود سپس کلاس‌بندی می‌شوند. به‌منظور وزن‌دهی به لایه‌ها از مدل AHP و به‌طور مقایسه زوجی انجام شده است. کلاس‌بندی لایه‌ها در مدل تاپسیس بر مبنای ایده‌آل منفی و مثبت انجام می‌شود به‌طوری‌که معیار گسل و شیب ایده‌آل مثبت (فاصله از گسل و شیب کم) و رودخانه‌ها به‌عنوان معیار منفی(نزدیکی به رودخانه) ایده‌آل در نظر گرفته شده است. به همین نحو لایه‌های دیگر بر مبنای اهمیت و فاصله کلاس‌بندی شده‌اند. شکل (۸) نقشه طبقه‌بندی‌شده بر مبنای مدل تاپسیس را نشان می‌دهد.



شکل (۷): میانگین درصد پوشش گیاهی در سال‌های موردمطالعه



شکل (۸): نقشه طبقه‌بندی‌شده بر مبنای مدل تاپسیس

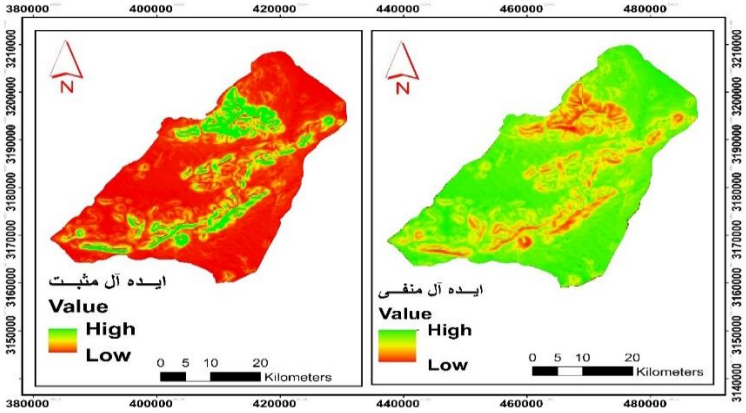
بعد از کلاس‌بندی لایه و تعیین وزن بر مبنای اهمیت لایه‌ها مجموع ایده‌آل مثبت (جمع همه لایه‌های مثبت) و منفی(جمع همه لایه‌های منفی) محاسبه شده است (شکل ۹).

و در نهایت نقشه نهایی بر مبنای کسر ایده‌آل مثبت و منفی تهیه شده است (شکل ۱۰).

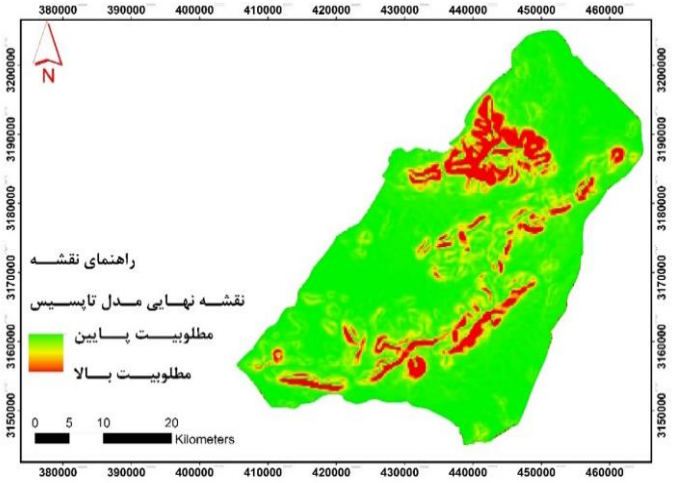
با توجه به شکل (۱۰) مناطقی که دارای شیب و فرسایش‌پذیری کمتر بوده است به‌عنوان مطلوبیت بالا در نظر گرفته شده است.

همچنین به‌منظور پیاده‌سازی مدل فازی ابتدا معیارها و پارامترها به لایه‌های رستری تبدیل شدن سپس به‌منظور کلاس‌بندی لایه از تابع عضویت خطی فازی استفاده شده است. کلاس‌بندی لایه

در مدل منطق فازی بر مبنای اهمیت و فاصله بین ۰ الی ۱ انجام شده است به‌طوری‌که نزدیکی به رودخانه برای ما اهمیت بیشتری دارد بنابراین حداکثر پیکسل‌ها به آن داده می‌شود و به سمت ۱ میل می‌کنند. همچنین کمترین میزان شیب و بیشترین فاصله از گسل دارای بیشترین اهمیت می‌باشد بدین‌منظور به سمت ۱ میل می‌کنند. در لایه کاربری زیر متغیرهای باغ، کشاورزی و اراضی جنگلی به خاطر درجه اهمیت کد ۱ و محدوده صخره‌ای و فرسایش‌پذیری زیاد با کد ۰ کلاس‌بندی می‌شوند. همچنین در لایه خاک، خاک‌های مرطوب استوایی به خاطر درجه اهمیت کد ۱ و خاک‌های خشک بیابانی با کد ۰ و در لایه پوشش گیاهی مراتع متوسط جنگلی با کد ۱ و پوشش‌های گیاهی فقیر با کد ۰ و در لایه فرسایش، میزان فرسایش‌پذیری کم و متوسط با کد ۱ و فرسایش‌پذیری بالا با کد ۰ کلاس‌بندی شده است. شکل (۱۱) نقشه کلاس‌بندی شده با استفاده مدل منطق فازی ترسیم شده است.



شکل (۹): نقشه ایده‌آل مثبت و منفی



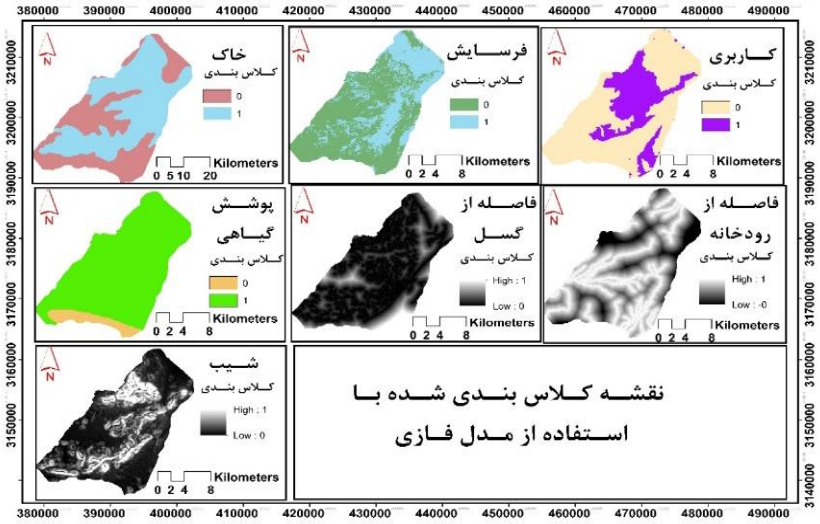
شکل (۱۰): میانگین نهایی بر مبنای مدل تاپسیس

در نهایت تمامی نقشه‌های کلاس‌بندی و مقیاس‌سازی شده با استفاده از تابع عضویت گاما فازی تلفیق و ترکیب شده و نقشه نهایی به دست آورده شد (شکل ۱۲).

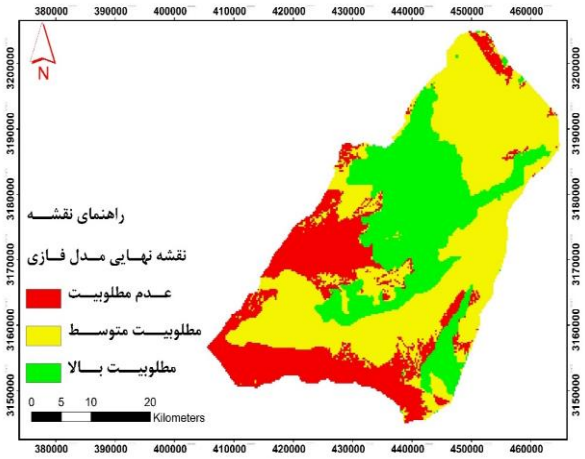
با توجه به جدول (۴) نقشه نهایی مدل فازی و مدل تاپسیس بیشتر مساحت پارک ملی خبر دارای مطلوبیت بالا و متوسط می‌باشد.

جدول (۴): مساحت تناسب مطلوبیت مدل فازی و تاپسیس به هکتار

مدل منطق فازی (مساحت به هکتار)			مدل تاپسیس (مساحت به هکتار)		
مطلوبیت بالا	مطلوبیت متوسط	مطلوبیت پایین	مطلوبیت بالا	مطلوبیت متوسط	مطلوبیت پایین
۴۱۵۵۱۶/۴۲۹۶۱	۲۰۲۱۵۳/۸۳۹۲۷	۹۹۵۹۹۴/۵۰۱۹۵	۴۱۵۵۱۶/۲۲۹۶۱	۲۰۲۱۵۳/۸۰۹۲۷	۹۹۵۹۹۴/۵۶۹۵



شکل (۱۱): نقشه طبقه‌بندی‌شده بر مبنای مدل منطق فازی



شکل (۱۲): نقشه نهایی بر مبنای مدل منطق فازی

بحث و نتیجه‌گیری

هدف این پژوهش ارزیابی تغییرات کاربری و مطلوبیت زیستگاه با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست و سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS) می‌باشد. لذا ابتدا تصاویر ماهواره‌ای از سایت زمین‌شناسی آمریکا (USGS) در سال‌های مورد مطالعه شامل ۱۹۷۴– ۲۰۰۰ –۲۰۱۴ –۲۰۲۳ تهیه شده است. سپس سه مرحله اصلی پردازش روی تصاویر یعنی پیش‌پردازش، پردازش و عملیات بعد از پردازش که شامل تهیه نقشه کاربری اراضی می‌باشد انجام شد. در مرحله پیش‌پردازش خطاهای طیفی، اتمسفری، رادیومتریکی تصاویر برطرف شده است. در مرحله پردازش ابتدا با استفاده از ترکیبات رنگی کاذب نقشه کاربری تهیه شده سپس مناطقی به‌عنوان نمونه‌های تعلیمی (آموزشی) به‌منظور طبقه‌بندی تصاویر به نرم‌افزار معرفی و با استفاده از روش طبقه‌بندی نظارت شده و الگوریتم حداکثر احتمال نقشه طبقه‌بندی کاربری در

سال‌های مورد مطالعه تهیه شده است. سپس با استفاده از تصاویر گوگل ارس و نقاط کنترل زمینی و ضریب آماری کاپا دقت کلی نقشه‌ها که بالای ۸۶ درصد می‌باشد تعیین شد. در نهایت به‌منظور پایش وضعیت پوشش گیاهی با استفاده از شاخص NDVI نقشه پوشش گیاهی منطقه مورد مطالعه تهیه شده است. همچنین در این پژوهش به‌منظور مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه و انتخاب کاربری مناسب از سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS) و مدل‌های ارزیابی چندین معیاره شامل مدل منطق فازی و تاپسیس استفاده شده است. به‌طوری‌که معیارهایی چون طبقات کاربری، پوشش‌گیاهی، خاک و میزان فرسایش‌پذیری حداکثر و حداقل، درصد شیب زمین و مقدار فاصله از رودخانه و گسل به‌منظور مدل‌سازی در نظر گرفته شده است. به‌منظور پیاده‌سازی مدل‌سازی ابتدا تمامی معیارها به لایه‌های رستری تبدیل شده و بر مبنای اهمیت و ارزش‌گذاری وزن‌دهی شده‌اند و در نهایت لایه‌ها با همدیگر تلفیق و هم‌پوشانی و نقشه نهایی تهیه شده است. به‌منظور وزن‌دهی به لایه‌ها در مدل تاپسیس از روش AHP و به‌طور مقایسه زوجی و کلاس‌بندی لایه‌ها بر مبنای ایده‌آل منفی و مثبت انجام شده است. همچنین به‌منظور پیاده‌سازی مدل منطق فازی ابتدا معیارها و پارامترها به لایه‌های رستری تبدیل‌شدن سپس به‌منظور کلاس‌بندی لایه از تابع عضویت خطی فازی و به‌منظور تلفیق و همپوشانی لایه‌ها از تابع گاما استفاده شده است. نتایج پژوهش نشان داد که منطقه مورد مطالعه در طول ۵۰ سال گذشته تغییرات کاربری زیادی داشته است به‌طوری که از اراضی جنگلی- زیستگاه حیات‌وحش و کشاورزی- فضای سبز کاسته شده و به اراضی غیرقابل استفاده نامرغوب و اراضی بایر اضافه شده است. این تغییرات کاربری باعث افزایش میزان فرسایش‌پذیری خاک در منطقه مورد مطالعه شده است. نتایج تجزیه‌وتحلیل و پایش پوشش گیاهی (NDVI) کاهش میانگین پوشش گیاهی در سال‌های مورد مطالعه را نشان داد. نتایج مدل‌سازی با روش فازی و تاپسیس نشان داد که مناطقی که دارای شیب و فرسایش‌پذیری کمتر بوده است به‌عنوان مطلوبیت بالا در نظر گرفته شده است و بیشتر مساحت پارک ملی خبر دارای مطلوبیت مناسب بالا و متوسط می‌باشد. در نهایت نتیجه مدل‌سازی قابلیت و دقت بالای مدل منطق فازی نسبت به مدل هم‌پوشانی تاپسیس را نشان داد.

تاکنون مطالعات زیادی در ایران و دنیا در مورد تغییرات کاربری اراضی زمین با استفاده از فنّاوری سنجش‌ازدور و GIS انجام شده است که می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

در مطالعه‌ای با بهره از روش‌های تفاضل تصویر، تجزیه مؤلفه اصلی و مقایسه بعد از طبقه‌بندی برای پایش تغییر در پوشش زمین در منطقه ایکتیلی استانبول ترکیه مقایسه گردید و روش‌های PCA و مقایسه بعد از طبقه‌بندی نتایج بهتری را ارائه نمود، اما هر کدام از روش‌های مورد استفاده برخی محاسن را با توجه به محتوای اطلاعات یا قابلیت تفسیر نمایش داد (Sunar et al., 1998). همچنین با استفاده از تصاویر ماهواره لندست سنجنده TM از سال ۱۹۹۱ تا ۱۹۹۹ در منطقه کاستاریکا به بررسی تغییرات کاربری اراضی پرداختند. با روش طبقه‌بندی نظارت شده نقشه کاربری اراضی را در ۴ گروه جنگل، زمین زراعی، چراگاه و اراضی شهری طراحی کردند (Carlson et al., 1999). یوان و همکاران نیز روشی را برای به نقشه در آوردن و پایش تغییرات کاربری اراضی با استفاده از داده‌های تصاویر لندست TM برای بررسی کلان‌شهرها در ایالت مینسوتای امریکا برای سال‌های ۱۹۹۱، ۱۹۸۶، ۱۹۹۸ و ۲۰۰۲ پیشنهاد کردند (Yuan et al., 2005). در فعالیتی مشابه به آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی در کشور مصر پرداختند، داده‌های مورد استفاده در این پژوهش داده‌های سنجنده TM ماهواره لندست در سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۰۷ بود. آنان تصاویر ماهواره‌ای را در منطقه مورد مطالعه خود با استفاده از روش طبقه‌بندی شبکه عصبی به نه کلاس طبقه‌بندی نمودند. (Kaiser et al., 2009). در ایالت تامیل نودا با استفاده از ماهواره لندست، سنجنده‌های TM و MSS در بازه زمانی ۴۰ ساله از ۱۹۶۹ تا ۲۰۰۸ تغییرات کاربری اراضی و پوشش گیاهی را بررسی نمودند. تصاویر به‌کار رفته با استفاده از طبقه‌بندی نظارت شده بر پایه بازدید صحرایی طبقه‌بندی و جهت آشکارسازی تغییرات با استفاده از روش آشکارسازی پس از طبقه‌بندی با هم مقایسه گردید (Prakasam., 2010). در توازی با نتایج تحقیق فوق، در غرب دلتای نیل کشور مصر به آشکارسازی تغییرات کاربری و پوشش اراضی پرداختند. داده‌های مورد استفاده در این پژوهش داده‌های سنجنده لندست در سال‌های ۱۹۸۴، ۱۹۹۹، ۲۰۰۵ و ۲۰۰۹ بود. پنج طبقه کاربری و پوشش اراضی شامل زمین‌های کشاورزی، اراضی بایر، آب، زمین‌های شهری شناسایی شده (Abd El-Kawy et al., 2011). در منطقه‌ای در جنوب

هند نیز با استفاده از سنجش‌ازدور در یک بازه زمانی ۱۶ ساله اقدام به پایش تغییر کاربری اراضی در محدوده سالم در جنوب هند پرداختند و بیان شد که بیشترین تغییرات در مرکز محدوده مطالعاتی رخ داده و سناریوی توسعه اجتماعی- اقتصادی این منطقه که تأثیرگذار بر منابع آب و منابع معدنی است عامل این تغییرات می‌باشد (Arulbalaji et al., 2014). در پژوهشی متشابه به تشخیص تغییر پوشش زمین با استفاده از GIS و تکنیک‌های سنجش‌ازدور در یک مطالعه مکانی-زمانی در بنگلادش پرداختند. برای ارزیابی نتیجه تغییر از سال ۱۹۸۰ تا ۲۰۱۰ هر دو روش تشخیص تغییر قبل از طبقه‌بندی و پس از طبقه‌بندی استفاده شد (Basak et al., 2017). در سال ۲۰۱۹ طی مطالعه‌ای به ارزیابی پویایی پوشش گیاهی با استفاده از سنجش‌ازدور و GIS در منطقه جنگلی بوسومتو، غنا پرداختند. در پژوهش فوق از طبقه‌بندی تحت نظارت با بهره از الگوریتم حداکثر احتمال در کوانتوم GIS برای تشخیص تغییرات کاربری زمین و پوشش در منطقه حفاظت شده جنگلی کشور غنا در سال‌های ۱۹۹۱، ۲۰۰۲ و ۲۰۱۷ و با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای Landsat TM– 4،Landsat ETM و Sentinel-2 پرداخته شد. خروجی حاصل از تصاویر ماهواره‌ای نشان داد که کاربری پوشش اراضی ذخیره‌گاه جنگلی مرتعی برای مدت ۲۶ سال دستخوش تغییر قابل‌توجهی شده است (Mensah et al., 2019). در ادامه طبقه‌بندی کاربری زمین و تشخیص میزان تغییر با بهره از تصاویر سنجش از راه دور را در مورد پناهگاه حیات‌وحش Chunati، بنگلادش را بررسی کردند. پناهگاه Chunati از دهه ۱۹۸۰ دستخوش تغییرات کاربری مختلف شده است که تغییرات کاربری اراضی Chunati از سال ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۵ با استفاده از Landsat TM و Landsat 8 شامل OLI/TIRS مورد ارزیابی قرار گرفت (Islam et al., 2019). مطالعاتی که بر مبنای روش‌های ارزیابی چندین معیاره Fuzzy، TOPSIS، انجام شده است به شرح زیر می‌باشد.

برا و همکاران در پژوهشی به‌منظورشناسایی مناطق محتمل از بین بردن جنگل در ناحیه ترای-دوآرس در کوهستان هیمالیا از روش‌های تحلیل تصمیم‌گیری چندمعیاره شامل (AHP & TOPSIS, VIKOR) و GIS استفاده کردند. نتیجه تحقیق نشان داد که منطقه بالای ترای- دوآرس احتمال از بین رفتن جنگل کمی دارد در حالی که قسمت پایینی احتمال از بین رفتن جنگل زیادی به دلیل استرس انسانی عظیم دارد. مشاهده شده است که مدل VIKOR قابل اعتمادترین مدل با ۷۳ درصد دقت است. این روش‌های تحلیل تصمیم‌گیری چندمعیاره (AHP & VIKOR, TOPSIS) انعطاف‌پذیری و سادگی بالایی برای تغییر معیارها و رتبه‌بندی دارند. آن‌ها می‌توانند نتایج منطقی و واقع‌بینانه برای حل مسائل مختلف و مدیریت منابع ارائه دهند (Bera et al., 2022). در پژوهشی مشابه، به ارائه یک چارچوب برای مکان‌یابی امکانات تبدیل پسماند به انرژی از طریق فرآیند سلسله مراتبی تحلیلی فازی (FAHP) مبتنی بر GIS و روش تخصیص مکان در مطالعه موردی لومه در توگو پرداختند. این روش با استفاده از منطق بولی و عملگرهای ناوردای فازی، برای ارزیابی مکان‌های پتانسیلی و بهینه‌سازی انتخاب آن‌ها از طریق حل‌کننده تخصیص مکان با در نظر گرفتن ایستگاه‌های انتقال و شبکه‌های جاده‌ای تحت ArcGIS استفاده شد. نتایج تحقیق نشان داد، اولویت‌بندی فناوری‌های تبدیل پسماند به انرژی و انتخاب مکان باید به جنبه سرزمینی، منابع پسماند و همچنین سایر عوامل محیطی، فرهنگی- اجتماعی و اقتصادی توجه کند (Sambiani et al., 2023). در ادامه نیز طی پژوهشی به ارزیابی کارایی مراکز امدادی در شرایط بلایا و اپیدمی با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره و GIS پرداختند. در این مطالعه، کارایی و پایداری معیارهای ارزیابی مراکز مدیریت بحران انتخابی در سه سناریو بررسی شد: شرایط بحران (فاجعه‌های طبیعی)، شرایط ویروسی و شرایط بحران- ویروسی. ابتدا، معیارهای تحقیق توسط کارشناسان با استفاده از روش فازی دلفی دسته‌بندی شدند و با استفاده از روش تجمع فازی مثلثی وزن‌دهی شدند. علاوه بر این، معیارها به‌عنوان لایه‌های اطلاعاتی در سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) ارزیابی شده و مکان‌های کمک‌رسانی توسط مدیریت بحران نسبت به معیارهای تحقیق ارزیابی می‌شوند. با تشکیل یک ماتریس تصمیم‌گیری، جایگزین‌ها در هر سه سناریو با استفاده از روش PROMETHEE اولویت‌بندی شده و از نظر کارایی ارزیابی شدند. به‌عنوان نتیجه، معیارهای راه‌های اصلی با ضریب تأثیر ۱۳ درصد در میان معیارهای ارزیابی مراکز در شرایط بحران نشان داده شد. علاوه بر این، معیار امنیت با ضریب تأثیر ۲۲ درصد در میان معیارهای ارزیابی مراکز در شرایط ویروسی، مهم‌ترین معیارها را در رتبه‌بندی PROMETHEE به دست آورد (Choukolaei et al., 2023).

3. Normalized difference vegetation index
4. TOPSIS
5. Linear

یادداشت‌ها

1. Land Use Land Cover
2. USGS

منابع

Atai Salut, K., Kikha, A. A., Ahmadpour, M., Ziai, S., & Hossein Ali, F. (2018). Simulation of agricultural land use cover changes using multi-agent systems based on mathematical programming in Babolsar city, agricultural economics research. (in Persian)

Aymen, A. T., Al-husban, Y., & Farhan, I. (2021). Land suitability evaluation for agricultural use using GIS and remote sensing techniques: The case study of Ma'an Governorate, Jordan. The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science, 24(1), 109-117.

Aburas, M. M., Abdullah, S. H., Ramli, M. F., & Asha'ari, Z. H. (2017). Land suitability analysis of urban growth in Seremban Malaysia, using GIS based analytical hierarchy process. *Procedia engineering*, *198*, 1128-1136.

Abd El-sadek, E., Elbeih, S., & Negm, A. (2022). Coastal and landuse changes of Burullus Lake, Egypt: A comparison using Landsat and Sentinel-2 satellite images. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, *25*(3), 815-829.

Ateshgahi, H., & Yazdani, I. (2017). Determining areas prone to the construction of field hospitals using the fuzzy AHP model in GIS environment with passive defense approach (case study of Nasrabad region of Isfahan). Geographical Journal of the Land 60. 117-132. (in Persian)

Abd El-Kawy, O. R., Rød, J. K., Ismail, H. A., & Suliman, A. S. (2011). Land use and land cover change detection in the western Nile delta of Egypt using remote sensing data. Applied geography, 31(2), 483-494.

Arulbalaji, P., & Gurugnanam, B. (2014). "Geospatial science for 16 years of variation in land use/land cover practice assessment around Salem district, south India." Journal of Geosciences and Geomatics 2.1 17-20.

Baig, M. F., Mustafa, M. R. U., Baig, I., Takaijudin, H. B., & Zeshan, M. T. (2022). Assessment of land use land cover changes and future predictions using CA-ANN simulation for selangor, Malaysia. *Water*, *14*(3), 402.

Bera, B., Shit, P. K., Sengupta, N., Saha, S., & Bhattacharjee, S. (2022). Susceptibility of deforestation hotspots in Terai-Dooars belt of Himalayan Foothills: A comparative analysis of VIKOR and TOPSIS models. *Journal of King Saud University-Computer and Information Sciences*, *34*(10), 8794-8806.

Carlson, T. N., & Gerardo Arturo Sanchez-Azofeifa. (1999). Satellite remote sensing of land use changes in and around San Jose, Costa Rica. Remote Sensing of Environment 70.3 247-256.

Choukolaei, H. A., Ghasemi, P., & Goodarzian, F. (2023). Evaluating the efficiency of relief centers in disaster and epidemic conditions using multi-criteria decision-making methods and GIS: A case study. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, *85*, 103512.

Chowdhury, M. S., & Hafsa, B. (2022). Multi-decadal land cover change analysis over Sundarbans Mangrove Forest of Bangladesh: A GIS and remote sensing based approach. Global Ecology and Conservation, 37, e02151.

Congalton, R. G. & Green, K. (2008). Assessing the accuracy of remotely sensed data: principles and practices. CRC press.

Chowdhury, M., Hasan, M. E., & Abdullah-Al-Mamun, M. M. (2020). Land use/land cover change assessment of Halda watershed using remote sensing and GIS. The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science, 23(1), 63-75.

Doxani, G., Vermote, E. F., Roger, J. C., Skakun, S., Gascon, F., Collison, A., ... & Yin, F. (2023). Atmospheric Correction Inter-comparison eXercise, ACIX-II Land: An assessment of atmospheric correction processors for Landsat 8 and Sentinel-2 over land. *Remote Sensing of Environment*, *285*, 113412

Darem, A. A., Alhashmi, A. A., Almadani, A. M., Alanazi, A. K., & Sutantra, G. A. (2023). Development of a map for land use and land cover classification of the Northern Border Region using remote sensing and GIS. The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science, 26(2), 341-350.

Elsheikh, R., Shariff, A. R. B. M., Amiri, F., Ahmad, N. B., Balasundram, S. K., & Soom, M. A. M. (2013). Agriculture Land Suitability Evaluator (ALSE): A decision and planning support tool for tropical and subtropical crops. Computers and electronics in agriculture, 93, 98-110.

Gadrani, L., Lominadze, G., & Tsitsagi, M. (2018). F assessment of landuse/landcover (LULC) change of Tbilisi and surrounding area using remote sensing (RS) and GIS. *Annals of Agrarian Science*, *16*(2), 163-169.

Gudari, M., & Saeed Panah, I. (2018). Determining the suitable place for the artificial feeding of underground water of the Hashtgerd aquifer using fuzzy logic and GIS, Iran's irrigation and water engineering. 161-177. (in Persian)

Hedayati, A., Vahidnia, M. H., & Behzadi, S. (2022). Paddy lands detection using Landsat-8 satellite images and object-based classification in Rasht city, Iran. The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science, 25(1), 73-84.

Hasnain, S., Ali, M. K., Akhter, J., Ahmed, B., & Abbas, N. (2020). Selection of an industrial boiler for a soda-ash production plant using analytical hierarchy process and TOPSIS approaches. *Case Studies in Thermal Engineering*, *19*, 100636.

Haque, M. I., & Basak, R. (2017). Land cover change detection using GIS and remote sensing techniques: A spatio-temporal study on Tanguar Haor, Sunamganj, Bangladesh. The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science, 20(2), 251-263.

Islam, K., Jashimuddin, M., Nath, B., & Nath, T. K. (2019). Land use classification and change detection by using multi-temporal remotely sensed imagery: The case of Chunati wildlife sanctuary, Bangladesh. The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science, 21(1), 37-47.

Jin, S., Liu, X., Yang, J., Lv, J., Gu, Y., Yan, J., ... & Shi, Y. (2022). Spatial-temporal changes of land use/cover change and habitat quality in Sanjiang plain from 1985 to 2017. Frontiers in Environmental Science, 10, 1032584.

Jensen, J. R. (2009) Remote sensing of the environment: An earth resource perspective 2/e. Pearson Education India.

Kaiser, M. F. (2009). Environmental changes, remote sensing, and infrastructure development: The case of Egypt's East Port Said harbour. Applied Geography, 29(2), 280-288.

Mokhtar Zandi, K., & Taheri Jalal, R. (2019). Location of thermal islands and its adaptation to satellite images based on TOPSIS model in Mashhad, Applied Research of Geographical Sciences, 75-92. (in Persian)

Kumari, R., & Kasav, B. (2024). Analysis of land use and land cover transpose using remote sensing and GIS approach: a case of Hamirpur, India. Procedia Computer Science, 236, 144-151.

Mazahreh, S., Bsoul, M., & Hamoor, D. A. (2019). GIS approach for assessment of land suitability for different land use alternatives in semi arid environment in Jordan: Case study (Al Gadeer Alabyad-Mafraq). Information processing in agriculture, 6(1), 91-108.

Mensah, A. A., Sarfo, D. A., & Partey, S. T. (2019). Assessment of vegetation dynamics using remote sensing and GIS: A case of Bosomtwe Range Forest Reserve, Ghana. The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science, 22(2), 145-154.

Prakasam, C. (2010). Land use and land cover change detection through remote sensing approach: A case study of Kodaikanal taluk, Tamil nadu. *International journal of Geomatics and Geosciences*, *1*(2), 150.

Pourmirzaei, A. (2020).introduction of Khabar National Park as the only national park in the southeast of the country and Rochun Wildlife Sanctuary, Nature of Iran, 5. 91-100. (in Persian)

Safaripour, M., & Naseri, D. (2019). Monitoring land cover changes using remote sensing and geographic information system (case study: Khojin Khalkhal watershed), Environmental Science and Technology, 3. 381-393. (in Persian)

Sharifi, M., Hayati, M., Pish Bahar, B., & Dashti, I. (2019). Factors affecting agricultural land use change in Dezful city. Agricultural economics research. 25-45. (in Persian)

Sadegh Lo, T., Sejasi, H., Hosseini, S., & Yazdani, Kh. (2018). Key drivers of agricultural land use change and its effects on rural areas, case: Mianjam village in Torbat Jam city, spatial economy and rural development. 45-72. (in Persian)

Sunar, F. (1998). An analysis of changes in a multi-date data set: a case study in the Ikitell area, Istanbul, Turkey. International Journal of Remote Sensing, 19, 225-235.

Sambiani, K., Lare, Y., Zanguina, A., & Narra, S. (2023). Location-allocation combining fuzzy analytical hierarchy process for waste to energy facilities siting in developing urban areas: The case study of Lomé, Togo. *Heliyon*, *9*(9).

Tian, P., Li, J., Gong, H., Pu, R., Cao, L., Shao, S., ... & Liu, R. (2019). Research on land use changes and ecological risk assessment in Yongjiang River Basin in Zhejiang Province, China. *Sustainability*, *11*(10), 2817.

Yuan, F., Sawaya K.E., Loeffelholz B.C., & Bauer M.E.(2005), Land cover classification and change analysis of the Twin Cities (Minnesota) Metropolitan Area by multi-temporal

Zandsalimi, Z., Sima, S., & Mosivand, A. J. 2022. Evaluation of the performance of global land cover maps in deriving agricultural land area (case study: Lake Urmia catchment). Iran Water and Soil Research 3. 795-810(in Persian)

Zubiri, M ،Majd. ،Alireza، 2013. Familiarity with remote sensing technology and its application in natural resources. Tehran University, University of Tehran Publishing and Printing Institute(in Persian)