



Evaluation and Modeling of Land Use Changes of Firozabad Using Multitemporal Satellite Imagery

Marzieh Mogholi ¹ ✉

1. (Corresponding Author) *Department of Geography, Faculty of Larestan Branch, Islamic Azad University, Larestan, Iran*
Email: mmoghali@yahoo.com

Article Info

Article type:
Research Article

Article History:

Received:
9 August 2022
Received in revised form:
25 June 2023
Accepted:
9 July 2023

Keywords:

land use,
Markov chain,
Landsat,
Firoozabad.

ABSTRACT

Land use is one of the most important aspects of natural resource management and review of environmental changes. By examining land use changes in the geographic information system, the physical development factors of the city can also be extracted, which can be mentioned and analyzed and predicted, including land use changes. In this research, using remote sensing and GIS capabilities, land use changes in Firoz Abad city, located in Fars province, were monitored between 2003-2013-2018 using Landsat satellite images (ETM, ETM+). and then the land use classes, analysis methods and their changes have been classified in ENVI and IDRISI software. The analysis and time changes in the 15-year period of the study area showed that the level of residential land has increased and the most changes in land use in Agricultural land areas have been created. Based on these changes, the potential of land use transformations and predictions for 2023 were modeled using the Markov chain method. In the LCM model, the transformation potential maps resulting from the implementation of multilayer perceptron artificial neural networks with land use in 2013 and 2018 and the variables Effectively done. It should be noted that due to the drought in the region in recent years, the lack of attention and proper management in the hydrological situation, and the lack of stability in the economic situation, it is one of the factors affecting land use changes in the study area.

Cite this article: Mogholi, M. (2024). Evaluation and Modeling of Land Use Changes of Firozabad Using Multitemporal Satellite Imagery. *Human Geography Research Quarterly*, 52 (2), 191-212.
<http://doi.org/10.22059/JHGR.2023.346292.1008526>



© The Author(s). **Publisher:** University of Tehran Press

Extended Abstract

Introduction

Today, studies and researches based on land use are carried out in order to meet the needs of the land surface with multiple uses such as agricultural land, gardens, residential areas and industrial areas, etc. Using remote sensing images as a new tool in surveying land cover and land use types, their changes over time can be checked and confirmed. In today's world and with the growth of technology, satellite observations are very important for understanding land use patterns in large areas and detecting changes over time. In recent years, the use of satellite images in determining land use and investigating the expansion of cities has been of great interest. The use of remote sensing technology with the aim of examining changes over time is an inevitable necessity. Paying attention to the adverse effects of land use change in the management of urban areas by planners using Landsat satellite image information is very useful. Therefore, due to the rapid growth of urbanization, not only a large amount of urban natural lands have changed their use, but the expansion of cities has caused socio-economic and physical use changes in the surrounding villages. Therefore, it can be claimed that the science of remote sensing is a comprehensive tool for managing natural resources and remote sensing satellites are the best and most accurate data sources for detecting, quantifying and mapping patterns of land use changes.

Methodology

First, satellite images of three appropriate time periods were collected from different sources. The data were checked for geometric and radiometric errors and were received at the L1T level. To prevent errors, by displaying individual bands and different color combinations on the computer screen, the data in terms of radiometric errors were investigated and the atmospheric correction was done in the software using the ENVI method. To check the geometrical situation, the georeferenced image was prepared from the USGS site, and the intersections and important points were checked in the ENVI software. Then, the prepared images were

classified by image classification and band combination software such as ENVI 5 and ILWIS and based on ground control, the classification was done. Relevant corrections were applied according to the needs of the obtained images. Coding and combination of color images for different decades were carried out. The next step was to determine the number of desired classes for supervised classification and to determine land use, and then to ensure the accuracy of the classification, a scattered sample was collected from all the studied areas. The fuzzy logic method based on the theory of adaptability was used to classify the image and extract land use and land cover maps. Finally, using this model, a map of land use was prepared from the studied area, and to evaluate the changes, the area of each of the land use classes in each period was drawn in the form of a table. To figure out the changes in the studied area, the maps obtained from the classification of images were studied with the orthogonal table method, and the prepared user maps were compared two by two and created as a matrix. The simulation was done in the relevant software such as IDRISI, GIS. By comparing the land use of the first two decades with the third decade and using the Markov chain method, simulating and predicting the trend of land use changes for the coming years was considered as the forecasting horizon in this research.

Results and discussion

Geometrical corrections were made in ENVI software. The obtained images had no significant error and atmospheric correction was also applied. The RGB composition of the image was prepared and the desired OIF index was calculated by ELWISI software to prepare the best band composition of the images. The obtained combination was pasted together in ENVI and the desired range was classified. In addition, the images received from TM and ETM were combined using spectral bands and panchromatic bands, which have high spatial resolution, and a better image was created.

Conclusion

The 15-year study period with the expansion of built-up lands, shows the most destruction

in the agricultural lands of the outskirts of the city and barren lands in the border and suburbs of the city and farming lands. This trend can lead to environmental damage and further reduction of agricultural lands in the region. Previous research and experiences show that the use of a GIS system in the field of implementation and management of land use changes, especially in agriculture, is inevitable. According to the result of the artificial neural network and Markov model and drought in recent years, it is necessary to note and manage the hydrology of the region. Also, due to the passage of two main roads, one from the southern industrial area (Southern Parian) and the other from the east, it is necessary to plan more precisely for the land uses and development of industrial and urban areas. The amount and type of cultivation in the plain lands of Firozabad need to be reconsidered so that foreseeable problems in the region can be solved before they occur. Undoubtedly, it is necessary to have a spatial database of the land use areas of the city under study, which comes from various sources, including satellite images, public information, and cadastral maps.

Funding

There is no funding support.

Authors' Contribution

Authors contributed equally to the conceptualization and writing of the article. All of the authors approved the content of the manuscript and agreed on all aspects of the work declaration of competing interest none.

Conflict of Interest

Authors declared no conflict of interest.

Acknowledgments

We are grateful to all the scientific consultants of this paper.



مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی فیروزآباد با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای چند زمانه

مرضیه موغلی^۱^۱- نویسنده مسئول، گروه جغرافیا، دانشگاه آزاد اسلامی، لارستان، ایران. رایانامه: mmoghali@yahoo.com

اطلاعات مقاله

چکیده

نوع مقاله:

مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت:

۱۴۰۱/۰۵/۱۸

تاریخ بازنگری:

۱۴۰۲/۰۴/۰۴

تاریخ پذیرش:

۱۴۰۲/۰۴/۱۸

واژگان کلیدی:

کاربری اراضی

زنجیره مارکوف

لندست

فیروزآباد.

کاربری اراضی یکی از مهم‌ترین جنبه‌های بررسی مدیریت منابع طبیعی و بازنگری تغییرات محیطی است. با بررسی‌های تغییرات کاربری در سیستم اطلاعات جغرافیایی می‌توان عوامل توسعه فیزیکی شهر را نیز استخراج کرد که می‌توان به مواردی از جمله تغییرات کاربری اراضی اشاره کرد و مورد بررسی قرار داده و پیش‌بینی نمود. در این تحقیق با استفاده از قابلیت‌های سنجش‌ازدور و GIS تغییرات کاربری اراضی شهرستان فیروزآباد واقع در استان فارس در بازه زمانی بین سال‌های (۲۰۱۸-۲۰۱۳-۲۰۰۳) با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست (ETM, ETM+) مورد پایش قرار گرفته و سپس کلاس‌های کاربری اراضی، تجزیه و تحلیل روش‌ها و تغییرات آن‌ها در نرم‌افزار (ENVI و EDRISI) طبقه‌بندی شده است. تجزیه و تحلیل و تغییرات زمانی در دوره ۱۵ ساله منطقه مورد مطالعه نشان داد که سطح اراضی مسکونی افزایش داشته و بیشترین تغییرات کاربری در مناطق زمین‌های کشاورزی ایجاد شده است. بر مبنای این تغییرات، پتانسیل تبدیلات کاربری و پیش‌بینی برای سال ۲۰۲۳، با استفاده روش زنجیره مارکوف مدل‌سازی گردید. در مدل LCM نقشه‌های پتانسیل تبدیل حاصل از اجرای شبکه‌های عصبی مصنوعی پرسپترون چندلایه با کاربری اراضی سال‌های ۲۰۱۳ و ۲۰۱۸ و متغیرهای تأثیرگذار انجام شد. لازم به ذکر می‌باشد که با توجه به خشک‌سالی منطقه در سال‌های اخیر و عدم توجه و مدیریت مناسب در وضعیت هیدرولوژی و فقدان ثبات وضعیت اقتصادی از عوامل مؤثر بر تغییرات کاربری اراضی در منطقه مورد مطالعه می‌باشد.

استناد: موغلی، مرضیه. (۱۴۰۳). مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی فیروزآباد با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای چند زمانه. فصلنامه پژوهش‌های جغرافیای انسانی، ۵۶ (۲)، ۱۹۱-۲۱۲.

<http://doi.org/10.22059/JHGR.2023.346292.1008526>

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران

© نویسندگان



مقدمه

امروزه مطالعات و پژوهش‌های مبتنی بر کاربری زمین در راستای رفع نیازهای که سطح زمین با دارا بودن کاربری‌های متعددی از جمله زمین کشاورزی، باغات، نقاط مسکونی و مناطق صنعتی و غیره صورت می‌گیرند لذا با استفاده از تصاویر سنجنش‌ازدور در بررسی پوشش سطح زمین و انواع کاربری‌ها می‌توان تغییرات آن‌ها را در طول زمان بررسی نموده و مورد تأیید قرار داد با برنامه‌ریزی و هدایت اصولی موجبات گسترش ساخت‌وساز بدون تخریب زمین‌های حاصلخیز و منابع طبیعی را فراهم آورد. در دنیای کنونی با رشد تکنولوژی، مشاهدات ماهواره‌ای برای شناخت الگوی کاربری اراضی در مناطق با وسعت بالا و تشخیص تغییرات در طول زمان بسیار مهم می‌باشد، زیرا قدرت تفکیک با دقت بالای این تصاویر و سری‌های زمانی تشخیص تغییرات کاربری اراضی و پوشش زمین را در یک ناحیه وسیع آسان می‌نماید. در سال‌های اخیر استفاده از تصاویر ماهواره‌ای در تعیین کاربری اراضی و بررسی گسترش شهرها بسیار مورد توجه بوده است (رسولی و همکاران، ۱۳۹۵). به‌کارگیری فن‌آوری سنجنش‌ازدور با هدف بررسی تغییرات زمان ضرورتی اجتناب‌ناپذیر است. ضرورت توجه به آثار نامطلوب تغییر کاربری‌ها در مدیریت مناطق شهری توسط برنامه ریزان با استفاده از اطلاعات تصاویر ماهواره‌ای لندست بسیار مفید خواهد بود (زایری و همکاران، ۱۳۹۷). با توجه به رشد سریع شهرنشینی نه‌تنها میزان زیادی از اراضی طبیعی شهری تغییر کاربری داده‌اند بلکه گسترش شهرها موجب تغییرات کاربری اجتماعی-اقتصادی و کالبدی در روستاهای پیرامونی گردیده‌اند (اکبری ۱۳۸۲) می‌توان ادعا کرد که علم سنجنش‌ازدور یک ابزار جامع برای مدیریت منابع طبیعی است (قربانی و همکاران، ۱۳۹۳) ماهواره‌های سنجنش‌ازدور به دلیل کسب داده به‌طور متناوب و فرمت دیجیتالی مناسب برای پردازش‌های کامپیوتری و روش‌های زمین مرجع سازی آن بهترین و دقیق‌ترین منابع داده برای تشخیص کمی سازی و نقشه سازی الگوهای تغییرات کاربری اراضی است (Andei kawy et al, 2016) درک عوامل مؤثر در روند توسعه فیزیکی شهر فیروزآباد و روستاهای اطراف آن با توجه به حفظ کاربری کشاورزی اراضی عمده منطقه و همچنین اراضی توریستی قابل توجه و حفظ شرایط زیست‌محیطی در دو دهه آتی ما را بر آن داشت تا با استفاده از تصاویر چند زمانه ماهواره لندست هفت و هشت در دو دوره زمانی تغییرات کاربری اراضی را ارزیابی کنیم و روند توسعه شهری را مدل‌سازی کرده و برای دهه‌های آتی روند توسعه شهر و خطرات ناشی از آن را پیش‌بینی کنیم. در شهرستان فیروزآباد با افزایش جمعیت، رشد زیادی در اراضی ساخته‌شده در منطقه به وجود آمده است و باعث تغییرات زیاد کاربری‌ها در پیرامون شهر و تخریب زمین‌های حاصل خیز موجود در حومه شهر شده است؛ به‌گونه‌ای که شهرستان فیروزآباد در پانزده سال اخیر رشد جمعیتی دو برابری را داشته و هم‌اکنون ۱۲۰ هزار نفر جمعیت دارد و قطب فعالیت شهرستان کشاورزی می‌باشد (شهریاری و همکاران ۱۳۹۵). آنچه ما در این تحقیق به آن خواهیم رسید داشتن اطلاعات کافی و مناسب از کاربری اراضی و ارزیابی، تحلیل و آمارهای دقیق از این اراضی می‌باشد، همچنین پیش‌بینی در روند توسعه شهر فیروزآباد و حومه در دهه آتی جهت بازبینی پروژه‌ها و کاهش اثرات مخرب در توسعه شهر و زیرساخت‌های شهر قابل تحمل خواهد بود. ابعاد بحران در منطقه اجماً در چند ناحیه خاص بیشتر به چشم می‌خورد از جمله: توسعه شهر در اراضی با کاربری کشاورزی، توسعه شهر در مناطق نامناسب از لحاظ امکانات رفاهی و نامناسب زیست‌محیطی، افزایش بی‌رویه مکان‌های تجاری و رفاهی در اطراف جاده‌های مواصلاتی به دلیل درخواست و جاذبه بالا، از بین رفتن محدوده و حریم اراضی و اماکن توریستی به دلیل مجاورت با اراضی کشاورزی و شهری و تردد نامناسب و تغییر نامناسب کاربری اراضی به دلایل عدم اطلاعات مناسب و از بین رفتن منابع شهرستان می‌باشند.

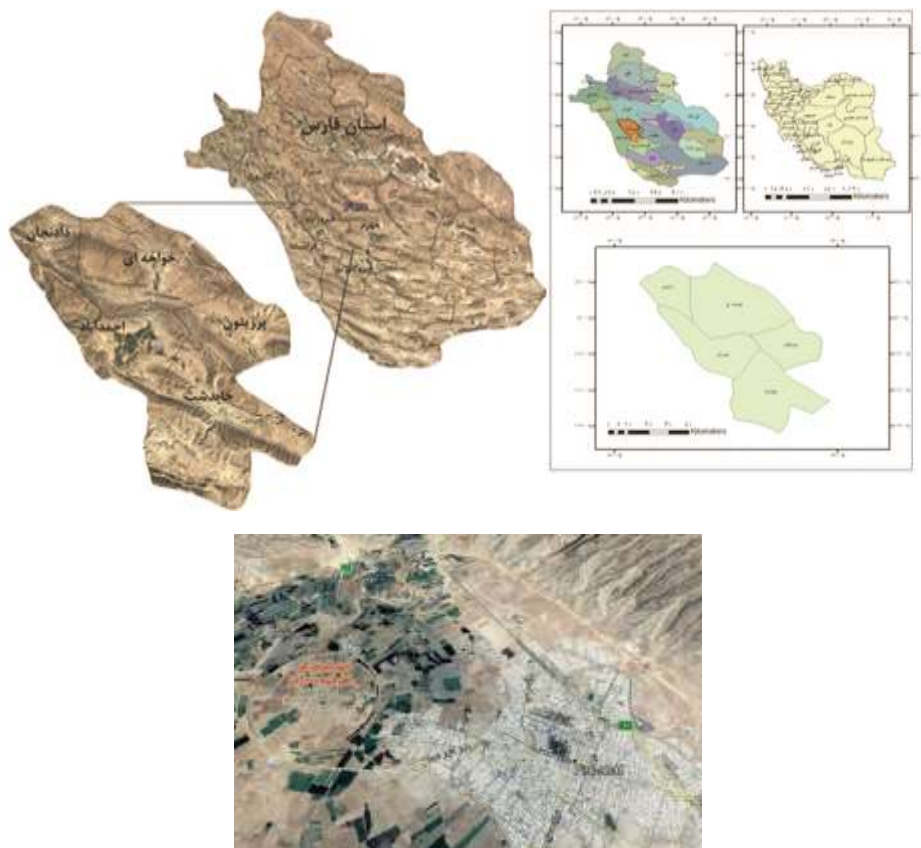
مبانی نظری

مفهوم پوشش و کاربری زمین

کاربری زمین شامل انواع بهره‌برداری از زمین به‌منظور رفع نیازهای گوناگون انسان است. یکی از پیش‌شرط‌های اصلی برای استفاده بهینه از زمین، اطلاع از الگوهای کاربری اراضی و دانستن تغییرات هر کدام از کاربری‌ها در طول زمان است (Richards John, 2006). در این مورد دو مفهوم پوشش زمین و کاربری زمین متفاوت می‌باشند. کاربری اراضی به معنی "فعالیت‌های انسان‌ها روی زمین است که به‌طور مستقیم به زمین مربوط می‌شود (Collins, 2017) و منظور از "پوشش گیاهی و سازه‌های مصنوعی است که سطح زمین را پوشش می‌دهند" (Kauth, 2019). بر این اساس، پوشش زمین شامل کاربری زمین و تمامی عوارضی است که سطح زمین را می‌پوشانند، ولی کاربری زمین نوع استفاده از زمین را توصیف می‌کند. در این میان، انسان و نوع فعالیت‌های وی کاربری زمین را مشخص می‌سازد.

محدوده مورد مطالعه

شهر فیروزآباد در ۱۰۳۵ کیلومتری تهران و ۱۰۰ کیلومتری جنوب شیراز، ۲۴۰ کیلومتری شمال بندر عسلویه قرار گرفته و در منطقه‌ای کوهستانی با آب و هوایی معتدل قرار دارد و مساحت کل حوضه برابر ۱۴۸۹ هکتار می‌باشد و جمعیت منطقه ۱۲۱۴۱۷ هزار نفر می‌باشد که شهر فیروزآباد مرکز آن و بخش میمند در قسمت شمالی شهرستان واقع می‌باشد همچنین دارای ۲۰ دهستان می‌باشد، متوسط ارتفاع منطقه برابر ۱۳۰۰ متر از سطح دریا می‌باشد. موقعیت جغرافیایی شهر روی نقشه ایران ۲۹،۶۱۸۳۳° شمالی ۵۱،۶۵۸۳۳° شرقی می‌باشد. که در نقشه شماره ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

روش پژوهش

در این تحقیق ابتدا تصاویر ماهواره‌ای سه دوره زمانی مناسب را از منابع مختلف جمع‌آوری نموده قبل از هرگونه تجزیه و تحلیل و پردازش، داده‌ها از نظر وجود خطای هندسی و رادیومتری بررسی شد. داده‌ها در سطح LIT دریافت شد اما به منظور اطمینان از عدم خطا، با نمایش تک‌تک باندها و همچنین ترکیب‌های رنگی مختلف بر روی صفحه‌نمایش رایانه و با بزرگنمایی قسمت‌های مختلف این تصاویر، داده‌های هر سه زمان از لحاظ خطاهای رادیومتریکی مانند راه‌راه شدگی بررسی گردید و تصحیح اتمسفری در نرم‌افزار ENVI از روش dark subtraction صورت گرفت. برای بررسی وضعیت هندسی تصویر ژئورفرنس شده از سایت usgs تهیه و برای احتیاط نیز در نرم‌افزار envi محل تقاطع‌ها و نقاط حائز اهمیت چک گردید و سپس به وسیله نرم‌افزارهای طبقه‌بندی تصاویر و ترکیب باندی از جمله ENVI 5 و ILWISI تصاویر تهیه‌شده را طبقه‌بندی نظارت‌شده با تکیه بر کنترل زمینی و کلاسه‌بندی مختلف انجام گردید، همچنین تصحیحات مربوطه را با توجه به نیاز تصاویر اخذشده اعمال شد و در ادامه عملیات کدبندی و ترکیب تصاویر رنگی برای دهه‌های مختلف صورت گرفت. گام بعدی تعیین تعداد کلاس‌های موردنظر جهت طبقه‌بندی نظارت‌شده و تعیین کاربری اراضی که بود و سپس برای حصول اطمینان لازم از دقت طبقه‌بندی اقدام به جمع‌آوری نمونه‌ای پراکنده از تمام مناطق مورد مطالعه نموده تا دقت کافی حاصل شود. در این تحقیق برای طبقه‌بندی تصویر و استخراج نقشه کاربری و پوشش اراضی از روش منطق فازی مبتنی بر نظریه شدت انطباق‌پذیری استفاده شد. در نهایت با استفاده از این مدل ب نقشه تغییرات کاربری اراضی از محدوده مورد مطالعه تهیه گردید و برای ارزیابی تغییرات، مساحت هریک از کلاسه‌های کاربری‌ها در هر دوره به صورت جدول ترسیم شد.

در پایان برای پی بردن به تغییرات در منطقه مورد مطالعه، نقشه‌های حاصل از طبقه‌بندی تصاویر با روش جدول متعامد به همدیگر مطالعه شد و نقشه‌های کاربری تهیه‌شده به صورت دوجه‌دو مورد مقایسه قرار خواهد گرفت و به صورت ماتریسی که در ردیف‌های آن کاربری سال پایین و ستون‌ها مربوط به کاربری سال بالا می‌باشد ایجاد شد. آنگاه جهت شبیه‌سازی در نرم‌افزار مربوطه از جمله GIS، IDRISI و... و با مقایسه کاربری اراضی دو دهه اول با دهه سوم و با استفاده از روش زنجیره مارکوف به شبیه‌سازی و پیش‌بینی روند تغییرات کاربری‌ها برای سال‌های آتی مورد بررسی قرار گرفته و به عنوان افق پیش‌بینی در این تحقیق منظور گردید

یافته‌ها

بهترین ترکیب باندی

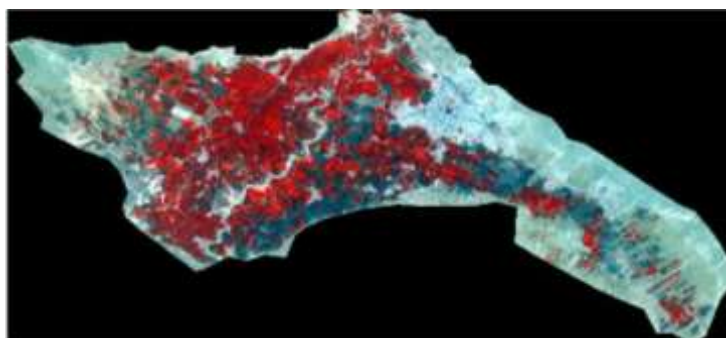
در نرم‌افزار envi تصحیحات هندسی انجام گردید هرچند که تصاویر اخذشده خطای قابل توجهی نداشت و تصحیح اتمسفری نیز اعمال شد و سپس کار ترکیب RGB تصویر تهیه و توسط نرم‌افزار ELWISI شاخص مطلوب OIF جهت تهیه بهترین ترکیب باندی تصاویر محاسبه گردید که میزان همبستگی بین سه باند ترکیب‌شده را به دست می‌دهد، ترکیب به دست آمده در نرم‌افزار ENVI به هم چسبانده شده و محدوده موردنظر مجزا و آماده طبقه‌بندی گردید، علاوه بر این در تصاویر دریافتی از سنجنده TM و ETM با استفاده از باندهای طیفی و باند پانکروماتیک که از قدرت تفکیک مکانی بالایی برخوردار هست ترکیب‌شده و تصویر بهتری ایجاد گردید که در جدول شماره ۱ آورده شده است.

جدول ۱. تشخیص شاخص کیفیت ترکیب باندی

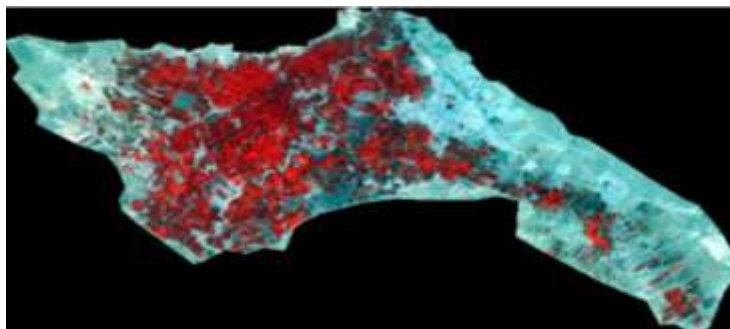
OIF Index Highest Ranking 2003				
62.14	b7	b5	b3	Line1
61.46	b5	b4	b3	Line2
60.75	b5	b3	b1	Line3
60.55	b5	b3	b2	Line4
58.87	b7	b5	b1	Line5
58.62	b7	b5	b2	Line6
OIF Index Highest Ranking 2013				
4416.5	b7	b6	b5	Line1
3941.63	b7	b5	b4	Line2
3933.5	b6	b5	b1	Line3
3932.89	b7	b5	b1	Line4
3852.43	b6	b5	b4	Line5
3793.09	b7	b5	b2	Line6
OIF Index Highest Ranking 2018				
9823.53	b7	b6	b5	Line1
9674.86	b6	b5	b1	Line2
9642.55	b6	b5	b2	Line3
9632.05	b6	b5	b3	Line4
9632.05	b6	b5	b4	Line5
9391.68	b7	b6	b1	Line6



شکل ۲. تصویر سال ۲۰۰۳



شکل ۳. تصویر سال ۲۰۱۳



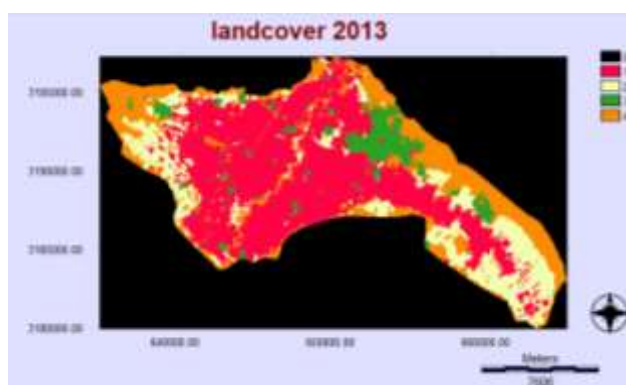
شکل ۴. تصویر سال ۲۰۱۸

نتایج حاصل از طبقه‌بندی

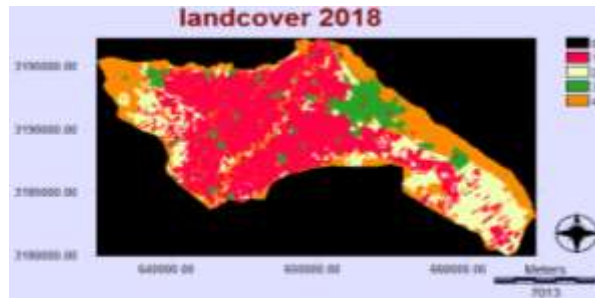
تصاویر با چهار کلاس مناطق مسکونی، زمین‌های کشاورزی آبی و دیم و زمین‌های بایر با دوروش طبقه‌بندی نظارت‌شده حداکثر احتمال و شیء گرا طبقه‌بندی شد که با توجه به وسعت منطقه و شکل هندسی اراضی کشاورزی و مناطق شهری بیشتر تصاویر شیء گرا مدنظر قرار گرفت که البته با استفاده از درخت تصمیم‌گیری و استفاده از فیلتر majority نقشه نهایی با نهایت دقت حاصل گردید و نتایج آن در نقشه ۵ و ۶ نشان داده شده است.



شکل ۵. طبقه‌بندی شده سال ۲۰۰۳



شکل ۶. طبقه‌بندی شده سال ۲۰۱۳



شکل ۷. طبقه‌بندی شده سال ۲۰۱۸

دقت طبقه‌بندی تصاویر

برای ارزیابی صحت طبقه‌بندی باید محل‌های مناسب برای آزمون و متفاوت از محل نمونه‌های آموزشی یا کاربری مشخص شده به کار گرفته شود و سپس تصاویر طبقه‌بندی شده با داده‌های واقعیت زمینی در یک ماتریس خطا مورد مقایسه قرار گیرند، با استفاده از این ماتریس دقت طبقه‌بندی تصاویر در جدول شماره ۲ آمده است که دقت به دست آمده برای استفاده در مدل مارکوف مناسب می‌باشد.

جدول ۲. دقت کلی و شاخص کاپا برای سه تصویر مورد استفاده

Confusion Matrix: E:\data\data\2018\landcover-2018	Confusion Matrix: E:\data\2013\landcover-2013	Confusion Matrix: E:\data\2003\landcover-2003
Overall Accuracy = (4597/4597) 100.0000%	Overall Accuracy = (4553/4554) 99.9780%	Overall Accuracy = (5232/5387) 97.1227%
Kappa Coefficient = 1.0000	Kappa Coefficient = 0.9997	Kappa Coefficient = 0.9972

در جدول شماره ۳ نیز که حاصل ماتریس خطای تصویر ۲۰۰۳ می‌باشد مقادیر Omission که درصد پیکسل‌هایی که اشتباه طبقه‌بندی به نسبت تمام پیکسل‌های همان کلاس و مقادیر Commission که درصد پیکسل‌های دارای خطایی می‌باشد که متشکل از دیگر پیکسل‌ها هست.

جدول ۳. درصدهای Omission, Commission تصویر ماهواره‌ای سال ۲۰۰۳

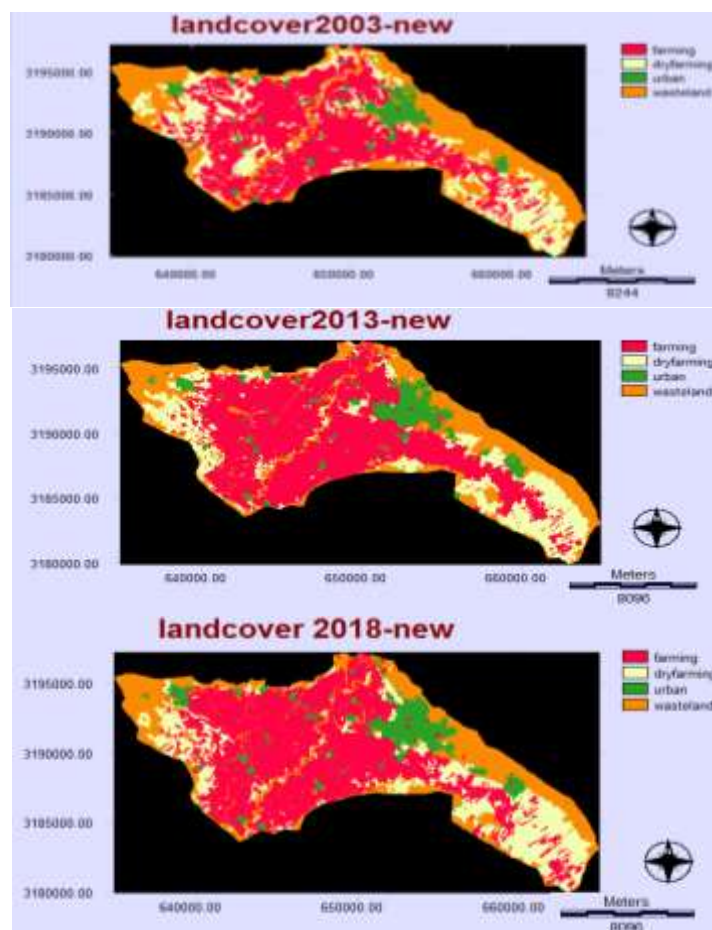
Class	Commission (Percent)	Omission (Percent)	Commission (Pixels)	Omission (Pixels)
farming	0.37	0.	6/1614	0/1608
dryfarming	0.	۱۳,۶۹	0/939	149/1088
urban	..	۰,۹۸	0/608	6/614
wasteland	6.69	0.	149/2226	0/2077

در جدول شماره ۴ زیر نیز که حاصل از ماتریس خطای تصویر سال ۲۰۰۳ می‌باشد تعداد پیکسل‌هایی که به درستی طبقه‌بندی گردیده آورده شده است.

جدول ۴. مساحت تفکیک پیکسل‌های طبقه‌بندی شده تصویر سال ۲۰۰۳

class	Ground Truth (Pixels)				total
	farming-test	dryfarming-te	urban-test	wasteland-tes	
farming	1608	0.	00	00	1614
dryfarming	0.	939	6	00	939
urban	..	00	00	00	608
wasteland	00	149	608	2077	2226
total	1608	1088	614	2077	5387

نتایج حاصل از نقشه‌های کاربری اراضی استخراج شده از تصاویر ماهواره‌ای در این تحلیل همواره از دو نقشه رستری استفاده می‌شود که ورودی‌های مدل نامیده می‌شود. علاوه بر این دو نقشه، فاصله زمانی بین دو تصویر و فاصله زمانی پیش‌بینی نیز در مدل در نظر گرفته می‌شود. خروجی مدل نیز شامل احتمالات تبدیل وضعیت، ماتریس مساحت‌های تبدیل شده هر کلاس و در نهایت تصاویر احتمالات شرطی برای تبدیل کاربری‌های مختلف است. در اینجا از نرم‌افزار *Idrisi* استفاده گردید و تصاویر طبقه‌بندی شده هر دوره در *ENVI* را در این نرم‌افزار وارد گردید و تبدیل به فرمت ایدرسی شد و *legend* گذاری گردید که در نقشه شماره ۸ مشخص شده است.



شکل ۸. تصاویر لژند گذاری شده و تبدیل شده به فرمت ایدرسی

نتایج حاصل از مساحت کاربری‌های مختلف

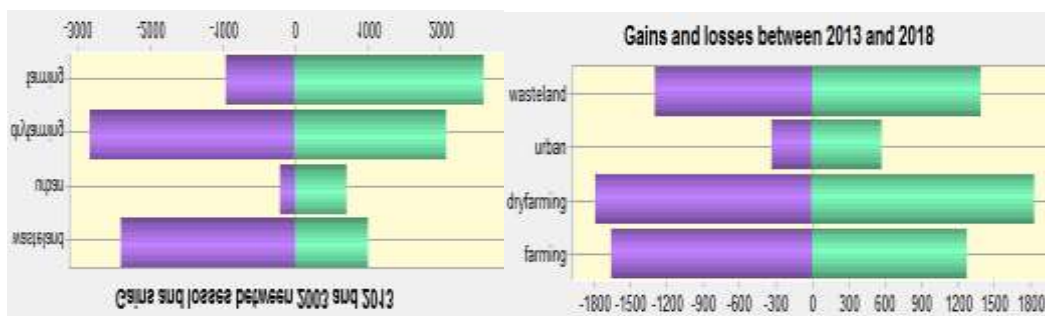
مساحت‌های کاربری اراضی و درصد مساحت آن در جدول شماره ۵ آمده و بیشترین مساحت کاربری زمین کشاورزی آبی با متوسط ۴۷ درصد از مساحت کل می‌باشد و کمترین مساحت نیز کاربری اراضی شهری با متوسط ۰,۰۸ درصد می‌باشد، درصد کاربری دیگر اراضی نیز در جدول ذیل آورده شده است.

جدول ۵. مساحت و درصد کلاس‌های مختلف کاربری در سه زمان مورد بررسی

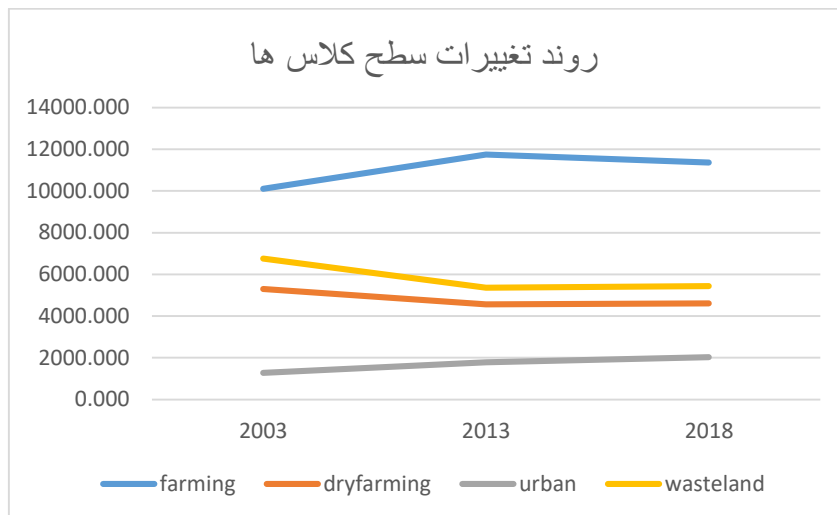
Area on file: landcover 2003-2013-2018		2003		2013		2018	
Category	Legend	HECTARS	PER	HECTARS	PER	HECTARS	PER
1	farming	10103.693	0.431	11746.710	0.501	11365.470	0.485
2	dryfarming	5305.838	0.226	4561.560	0.195	4613.490	0.197
3	urban	1282.388	0.055	1781.910	0.076	2025.090	0.086
4	wasteland	6750.810	0.288	5352.548	0.228	5443.178	0.232
SUM		23442.728		23442.728		23442.728	

نتایج حاصل از مدل LCM

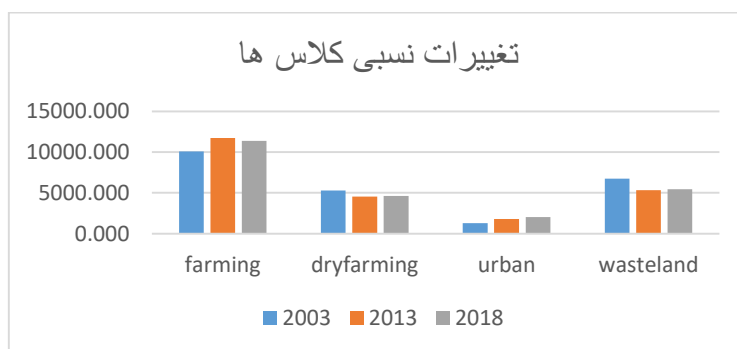
خروجی‌های LCM نقشه تغییرات کلی، نقشه تغییرات برای هر کلاس و نقشه ماندگاری می‌باشد که در ذیل شرح می‌دهیم. نتایج نقشه تغییرات در این تحقیق نشان داد که در سال ۲۰۰۳ کاربری زمین کشاورزی آبی با ۴۳ درصد از کل مساحت گسترده‌ترین کلاس است پس از آن نیز کلاس کاربری زمین بایر با ۲۹ درصد سطح منطقه قرار دارد. کاربری زمین کشاورزی آبی از ۴۳ درصد در سال ۲۰۰۳ به ۵۰ درصد در سال ۲۰۱۳ افزایش یافته که نشان از افزایش سطح زیر کشت زمین کشاورزی آبی می‌باشد اما به ۴۹ درصد در سال ۲۰۱۸ تقلیل پیدا کرده که نشان‌دهنده تأثیر کاهش منابع آبی زیرزمینی می‌باشد که ناشی از خشک‌سالی و روند برداشت از منابع آب زیرزمینی می‌باشد. کاربری زمین کشاورزی دیم در دوره اول از ۲۳ درصد به ۲۰ درصد کاهش پیدا کرده که نشان از مقرون‌به‌صرفه نبودن این نوع کشت و کم بارشی دارد اما در دوره دوم این روند متوقف شده همان ۲۰ درصد در سال ۲۰۱۸ باقی مانده است. توسعه کاربری مناطق شهری منطقی بوده و از ۰,۰۶ درصد به ۰,۰۸ درصد و در سال ۲۰۱۸ به ۰,۰۹ درصد رسیده که نشان از رشد شهرنشینی دارد. کاربری مناطق بایر در دوره اول روند کاهشی داشته و از ۲۹ درصد به ۲۳ درصد کاهش پیدا کرده و در دوره دوم تقریباً ثابت مانده است. این تغییرات در شکل شماره ۹ و ۱۰ روند تغییرات سطح کلاس‌ها و تغییرات نسبی کلاس‌ها قابل مشاهده باشد. نمودار روند تغییرات نشان می‌دهد که مناطق مسکونی در دو دوره روند افزایشی داشته، در مناطق کشاورزی آبی دوره اول روند صعودی داشته و در دور دوم روند نزولی ملایم داشته و مناطق بایر در دوره اول روند نزولی داشته اما در دوره دوم این روند متوقف شده و در مناطق زمین کشاورزی دیم نیز روند نزولی بوده و دوره دوم این روند متوقف شده است.



شکل ۹. کاهش و افزایش کاربری‌های اراضی بر حسب هکتار

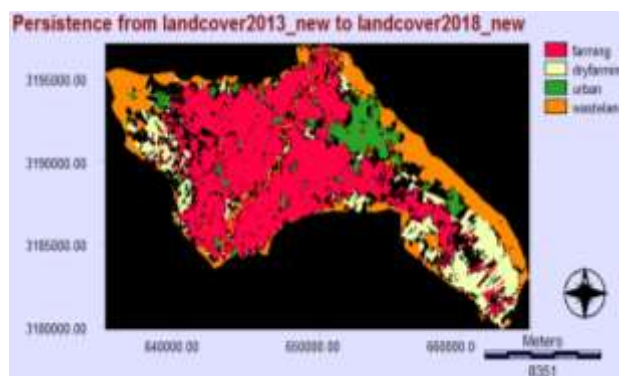


شکل ۱۰. روند تغییرات سطح کلاس‌ها

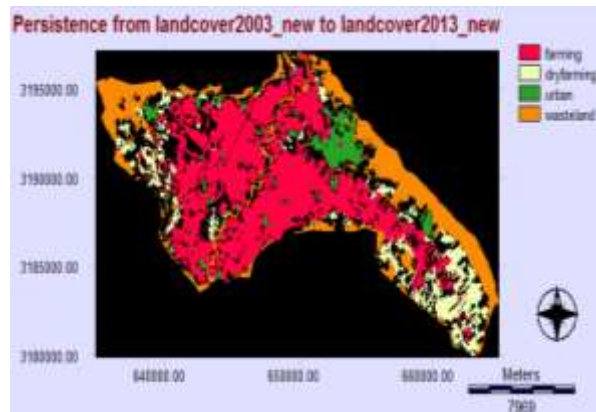


شکل ۱۱. تغییرات نسبی کلاس‌ها

شکل شماره ۱۱ تغییرات نسبی کلاس‌ها نیز نشان‌دهنده این می‌باشد که بیشترین درصد مناطق کشاورزی در سال ۲۰۱۳ بوده و در هر سه دوره تقریباً دو برابر کلاس‌های زمین کشاورزی دیم و بایر می‌باشد. تحلیل نقشه شماره ۱۲ ماندگاری دوره اول نشان داد که ۱۰۷۱.۰۶ هکتار از مناطق مسکونی، ۴۳۴۷.۴۲ هکتار از مناطق بایر، ۹۱۴۷.۵۷ هکتار از مناطق زمین کشاورزی آبی و ۲۴۷۹.۰۷ هکتار از مناطق زمین کشاورزی دیم بدون تغییر مانده‌اند. تحلیل نقشه شماره ۱۳ ماندگاری دوره دوم نشان داد که ۱۴۴۴.۶۵ هکتار از مناطق مسکونی، ۴۰۵۴.۲۰ هکتار از مناطق بایر، ۱۰۰۸۸.۷۹ هکتار از مناطق زمین کشاورزی آبی و ۲۷۷۳.۹۳ هکتار از مناطق زمین کشاورزی دیم بدون تغییر مانده‌اند.

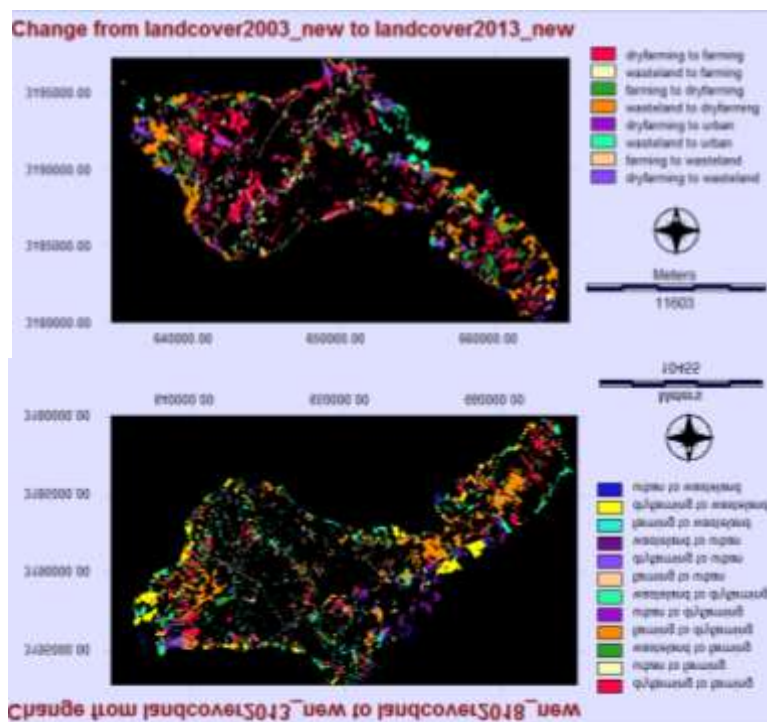


شکل ۱۲. ماندگاری (بدون تغییرات در دوره دوم)



شکل ۱۳. ماندگاری (بدون تغییرات در دوره اول)

نقشه تغییرات برای دو کلاس مناطق زمین کشاورزی دیم و بایر در دوره دوم حکایت از آن داشت که 632.27 هکتار از مناطق بایر در بعضی مناطق ازدست‌رفته و 852.88 هکتار به‌دست‌آمده است و برای دیگر مناطق نیز که در جدول شماره ۶ و ۷ مشخص شده است. نقشه شماره ۱۴ تغییرات در هر دوره از جمله ورودی‌های در مرحله پیش‌بینی می‌باشد که در ذیل نشان داده شده است.



شکل ۱۴. تغییرات در هر دوره

جدول ۶. تغییرات کاربری در دوره اول به هکتار Area on file: mapchange - ۲۰۱۸ - ۲۰۱۳

Category	Hectares	Legend
1	842.850000	dryfarming to farming
2	85.545000	urban to farming
3	348.277500	wasteland to farming
4	1122.997500	farming to dryfarming
5	84.285000	urban to dryfarming
6	632.272500	wasteland to dryfarming

7	166.275000	farming to urban
8	92.115000	dryfarming to urban
9	322.042500	wasteland to urban
10	368.685000	farming to wasteland
11	852.885000	dryfarming to wasteland
12	167.400000	urban to wasteland

جدول ۷. تغییرات کاربری در دوره دوم به هکتار Area on file: map change ۲۰۰۳-۲۰۱۳

Category	Hectares	Legend
1	2001.105000	dryfarming to farming
2	489.195000	wasteland to farming
3	617.535000	farming to dryfarming
4	1432.597500	wasteland to dryfarming
5	125.190000	dryfarming to urban
6	481.590000	wasteland to urban
7	234.517500	farming to wasteland
8	700.470000	dryfarming to wasteland

همان‌طور که در جداول شماره ۶ و ۷ بالا آورده شده است در دوره دوم بیشترین تغییر بینابین کاربری‌ها، تغییر کاربری زمین کشاورزی آبی به زمین کشاورزی دیم می‌باشد که این مقدار ۱۱۲۲,۹۹ هکتار می‌باشد. اما در دوره اول این تغییر برعکس بوده و از تغییر از کاربری زمین‌های کشاورزی آبی به زمین‌های کشاورزی آبی می‌باشد که میزان این تغییر ۲۰۰۱,۱۰ هکتار می‌باشد، این تغییرات نشان‌دهنده این می‌باشد که تبدیل کاربری کشاورزی دیم به کشاورزی آبی در دوره دوم بیشتر مورد استقبال بوده و در دوره اول به دلایل متعددی این روند برعکس شده است.

توانایی متغیرهای ورودی در پیش‌بینی

خروجی‌های مرحله مدل‌سازی پتانسیل انتقال به‌عنوان ورودی‌های مرحله پیش‌بینی تغییرات بکار گرفته می‌شوند. مقدار تغییر هر کاربری تبدیل کاربری با استفاده از زنجیره مارکوف پیش‌بینی می‌شود و نقشه کل تغییرات کاربری اراضی تهیه خواهد شد. همان‌طور که در ذکر گردید ورودی‌های مدل برای پیش‌بینی عبارت‌اند از متغیر *dist to urban* فاصله از مناطق شهری و متغیر *Evidence likelihood*، که البته میزان تأثیرگذاری این متغیرها در مدل با استفاده از نرم‌افزار ENVI مورد ارزیابی قرار می‌گیرد و اگر *Overall Cramers V* آن بالای ۰,۱۵ بود نشان‌دهنده آن می‌باشد که متغیر موردنظر می‌تواند به‌خوبی تغییرات ایجادشده در منطقه را توضیح دهد و میزان ارتباط هر متغیر با متغیرهای دیگر را نیز نشان می‌دهد و می‌تواند در مدل‌سازی شرکت کند و اگر این میزان بالای ۰,۴ باشد نشان می‌دهد که متغیر بسیار مهمی هست و تأثیر بسیار بالایی در تغییرات منطقه دارد. در زیر توانایی هر کدام از متغیرها ذکر گردیده است:

متغیر فاصله از مناطق شهری و *Evidence likelihood* در دوره دوم هر کدام به تفکیک تصاویر زیر دارای *Overall Cramers V* های بالای ۰,۱۵ می‌باشد که در شکل‌های ۱۵ الی ۱۹ نشان داده شده است.

Cover Class	Cramer's V	P Value
Overall V	0.3076	0.0000
wasteland	0.5201	0.0000
dryfarming	0.3047	0.0000
urban	0.1380	0.0000
farming	0.0000	1.0000

شکل ۱۵. میزان *Overall Cramers V* متغیر فاصله از مناطق شهری

The screenshot shows the 'Test and Selection of Site and Driver Variables' dialog box with 'Evaluate:' set to 'evdl-farming'. The table below shows the results for different cover classes.

Cover Class	Cramer's V	P Value
Overall V	0.5857	0.0000
dryfarming	0.7550	0.0000
wasteland	0.7425	0.0000
urban	0.5103	0.0000
farming	0.0000	1.0000

شکل ۱۶. میزان Overall Cramers V متغیر Evidence likelihood برای زمین‌های کشاورزی آبی

The screenshot shows the 'Test and Selection of Site and Driver Variables' dialog box with 'Evaluate:' set to 'evdl-dryfarming'. The table below shows the results for different cover classes.

Cover Class	Cramer's V	P Value
Overall V	0.5857	0.0000
dryfarming	0.7550	0.0000
wasteland	0.7425	0.0000
urban	0.5103	0.0000
farming	0.0000	1.0000

شکل ۱۷. میزان Overall Cramers V متغیر Evidence likelihood برای زمین‌های کشاورزی دیم

The screenshot shows the 'Test and Selection of Site and Driver Variables' dialog box with 'Evaluate:' set to 'evdl-urban'. The table below shows the results for different cover classes.

Cover Class	Cramer's V	P Value
Overall V	0.5857	0.0000
dryfarming	0.7550	0.0000
wasteland	0.7425	0.0000
urban	0.5103	0.0000
farming	0.0000	1.0000

شکل ۱۸. میزان Overall Cramers V متغیر Evidence likelihood برای زمین‌های مناطق مسکونی

The screenshot shows the 'Test and Selection of Site and Driver Variables' dialog box with 'Evaluate:' set to 'evdl-wasteland'. The table below shows the results for different cover classes.

Cover Class	Cramer's V	P Value
Overall V	0.5857	0.0000
dryfarming	0.7550	0.0000
wasteland	0.7425	0.0000
urban	0.5103	0.0000
farming	0.0000	1.0000

شکل ۱۹. میزان Overall Cramers V متغیر Evidence likelihood برای زمین‌های بایر

نتیجه اجرای مدل LCM در دوره دوم در زیر آورده شده است، در جدول شماره ۸ ابتدا لایه‌های ورودی و نام مدل خروجی آورده شده است.

جدول ۸. ورودی‌های مدل دوره دوم Input Files (1) General Model Information

Independent variable 1	dist-urban
Independent variable 2	evdl-dryfarming
Independent variable 3	evdl-farming
Independent variable 4	evdl-urban
Independent variable 5	evdl-wasteland
Training site file	lcm2_Train_1

در جدول شماره ۹ نیز پارامترهای مدل و کارایی مدل مورد بررسی قرار گرفته است، که شامل پنج لایه ورودی و نه لایه پنهان و سیزده لایه خروجی می‌باشد.

جدول ۹. پارامترها و کارایی مدل در دوره دوم 2Parameters and Performance

Input layer neurons	5
Hidden layer neurons	9
Output layer neurons	13
Requested samples per class	7390
Final learning rate	0.0000
Momentum factor	0.5
Sigmoid constant	1
Acceptable RMS	0.01
Iterations	10000
Training RMS	0.2210
Testing RMS	0.2212
Accuracy rate	43.65%
Skill measure	0.3896

در جدول شماره ۱۰ مقادیر ماتریس وزن شبکه عصبی مصنوعی در لایه‌های ورودی و لایه‌های مخفی حساب گردیده است:

جدول ۱۰. ماتریس وزن لایه‌های ورودی و مخفی

(2) Weights Information of Neurons across Layers

(1) Weights between Input Layer Neurons and Hidden Layer Neurons

Neuron	h-Neuron 1	h-Neuron 2	h-Neuron 3	h-Neuron 4	h-Neuron 5	h-Neuron 6	h-Neuron 7	h-Neuron 8	h-Neuron 9
i-Neuron 1	5.4825	-1.8073	3.9631	0.3642	2.8178	10.1409	-7.0163	-0.1157	-19.8669
i-Neuron 2	-3.1099	-1.0830	4.2959	-1.9118	-2.1492	0.7181	-2.6007	-1.6465	-0.1320
i-Neuron 3	4.1798	-1.9410	-2.5404	0.4857	3.9212	0.3170	2.2826	-2.5814	-0.0945
i-Neuron 4	1.6386	-1.6238	1.5626	-4.2653	3.9583	-2.8195	1.2628	-3.3500	-0.1967
i-Neuron 5	0.2110	-2.1199	-0.3063	3.6785	-1.4489	4.2901	-1.1813	-0.9975	0.4028

در جدول شماره ۱۱ مقادیر ماتریس وزن شبکه عصبی مصنوعی در لایه‌های خروجی و لایه‌های مخفی حساب گردیده است:

جدول ۱۱. ماتریس وزن لایه‌های خروجی و مخفی

(2) Weights between Hidden Layer Neurons and Output Layer Neurons

Neuron	o-Neuron 1	o-Neuron 2	o-Neuron 3	o-Neuron 4	o-Neuron 5	o-Neuron 6	o-Neuron 7	o-Neuron 8	o-Neuron 9	o-Neuron 10	o-Neuron 11	o-Neuron 12	o-Neuron 13
h-Neuron 1	0.0767	0.5585	-3.3842	1.5359	-7.0856	-3.0516	-3.6482	0.4399	-1.4789	-3.5302	0.9431	-1.6711	2.3187
h-Neuron 2	-3.5031	-0.4640	-1.1957	-0.8767	0.1572	0.2641	-0.8854	-3.1151	4.7016	-0.9954	-3.2466	4.7690	-1.2668
h-Neuron 3	-6.8995	-0.4694	1.5856	-0.1009	1.4936	-3.0158	1.2576	-5.1649	-3.1932	1.3635	-4.5381	-3.1421	-0.3450
h-Neuron 4	0.8303	-3.1206	-1.4888	-3.3762	-2.3857	-3.7521	-1.6471	1.1927	2.1835	-1.6192	1.7502	2.3393	-4.0336
h-Neuron 5	-1.1177	1.5716	-2.7639	1.6110	-4.8678	0.3838	-2.5366	-1.0173	-4.4696	-2.4794	-0.9362	-4.4351	1.6305
h-Neuron 6	-0.8832	-6.0516	2.0742	-3.9774	-4.3985	-10.1811	0.6580	0.1908	-1.6060	1.6812	1.1533	-1.6608	-2.9965
h-Neuron 7	2.1159	1.1319	-4.2077	-0.8584	-0.6535	5.0556	-3.2727	0.4534	1.0187	-3.8579	-1.2573	1.1551	-2.0360
h-Neuron 8	-3.4264	-1.0371	-0.4729	-1.1710	-1.0465	-1.3700	-0.3049	-3.0560	5.6509	-0.3923	-2.5387	5.5035	-1.4008
h-Neuron 9	2.2913	-3.2562	-3.7533	-5.8435	12.2247	9.9794	0.0492	-1.1012	-0.6031	-2.5872	-4.7086	-0.6556	-6.1949

جدول شماره ۱۲ نیز حساسیت مدل نسبت به متغیرهای مستقل را نشان می‌دهد و بانفوذترین لایه و کم‌نفوذترین آن در جدول مشخص شده است:

جدول ۱۲. جدول حساسیت مدل

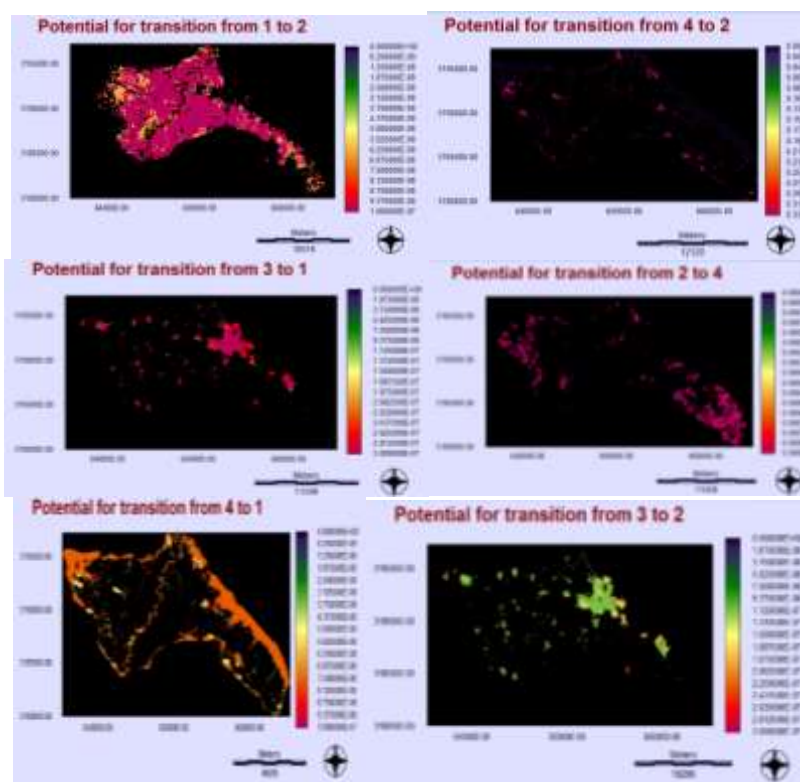
(3) Sensitivity of Model to Forcing Independent Variables to be Constant

(1) Forcing a Single Independent Variable to be Constant

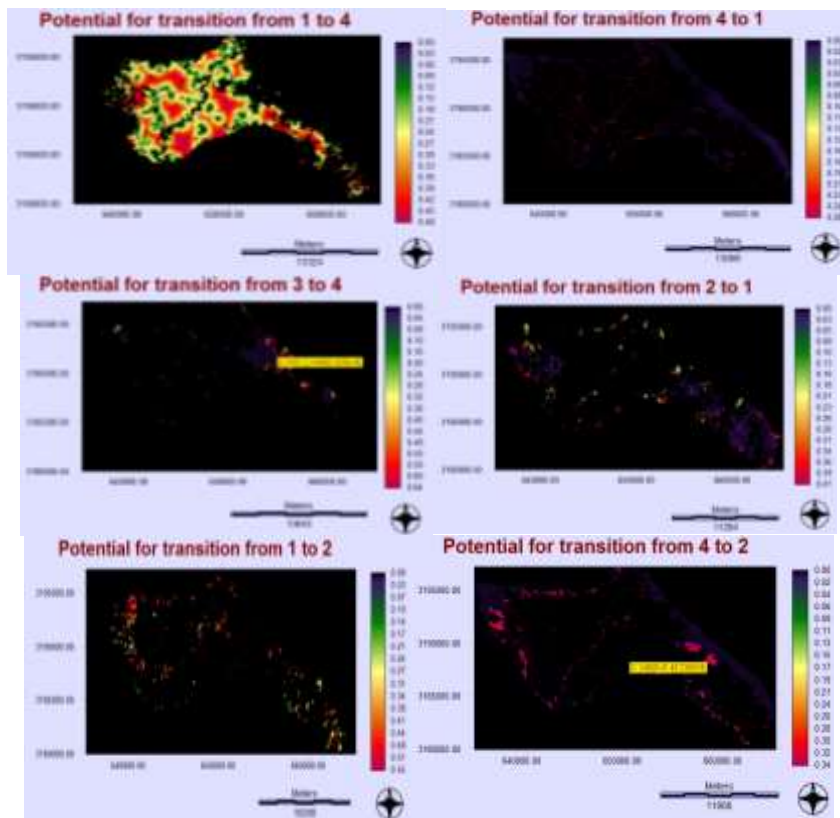
Model	Accuracy (%)	Skill measure	Influence order
With all variables	43.65	0.3896	N/A
Var. 1 constant	30.73	0.2496	1 (most influential)
Var. 2 constant	42.88	0.3812	4
Var. 3 constant	43.00	0.3825	5 (least influential)
Var. 4 constant	35.87	0.3053	2
Var. 5 constant	42.02	0.3719	3

نقشه‌های پتانسیل تبدیل‌ها

نقشه‌های پتانسیل تغییرات به‌دست آمده و به شرح ذیل می‌باشد. که کلاس کاربری اراضی زمین کشاورزی آبی عدد ۱ و کاربری زمین کشاورزی دیم عدد ۲ و مناطق مسکونی عدد ۳ و مناطق بایر عدد ۴ می‌باشد و نقشه‌های شماره ۲۰ پتانسیل در دوره اول و نقشه‌های شماره ۲۱ پتانسیل در دوره دوم نشان داده شده است.



نقشه ۲۰. پتانسیل تغییرات در دوره اول



نقشه ۲۱. پتانسیل تغییرات در دوره دوم

نتایج حاصل از پیش‌بینی و تحلیل زنجیره مارکوف

نتایج پیش‌بینی تغییرات کاربری با استفاده از ماتریس تبدیل وضعیت دور اول ۲۰۰۳ تا برای سال ۲۰۱۳ که به‌منظور ارزیابی مدل مارکوف با استفاده از نقشه کاربری موجود برای این سال صورت گرفته، در جدول شماره ۷ نشان داده شده است. در این جدول مجموع هر ستون نشان دهنده درصد مساحت هر کلاس در سال ۲۰۰۳ است. نتایج مربوط به ارزیابی دقت پیش‌بینی با مدل زنجیره‌ای مارکوف، به کمک نقشه کاربری موجود برای سال ۲۰۱۳ در جدول شماره ۸ آمده است. ملاحظه می‌شود که اختلاف‌های کلاس‌های مختلف متفاوت است و بزرگی آن به‌طور کلی کمتر از ۸ درصد است؛ این رقم نشان دهنده مفید بودن و قابلیت استفاده از مدل مارکوف در پیش‌بینی تغییرات کاربری است. تصاویر با مشخصات سال تهیه شده وارد مدل‌سازی گردید که آمار تغییرات آن در جداول شماره‌های ۱۳ و ۱۴ به شرح آمده است.

جدول ۱۳. جدول‌بندی افقی بین نقشه‌های سال اول (عمودی). سال دوم (افقی) بر مبنای هکتار

celss in: expected to transition(2003-2013)				
	farming	dryfarming	urban	wasteland
farming	494562	21927	0	5586
dryfarming	54556	148159	0	0
urban	0	0	79197	0
wasteland	1237	0	0	236629
celss in: expected to transition(2013-2018)				
	farming	dryfarming	urban	wasteland
farming	433858	48291	7173	15861
dryfarming	37892	124687	4142	38343
urban	4320	4257	72966	8451
wasteland	15725	28546	14539	183084

جدول ۱۴. ماتریس تبدیل برای پیش‌بینی مدل دوره اول و دوم

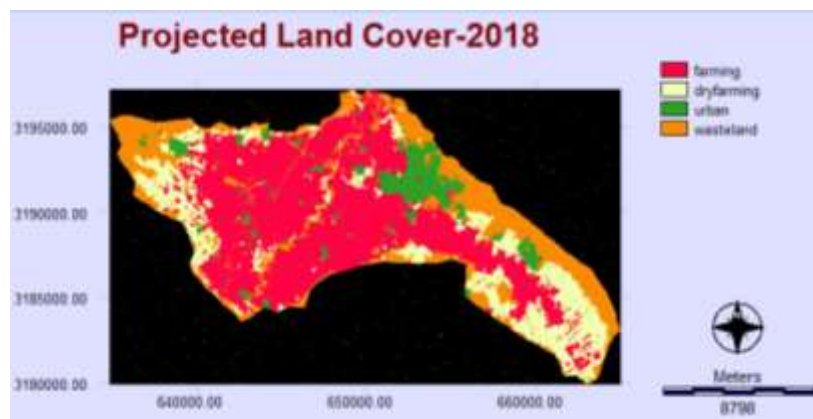
Given: Probability of changing to: (2003-2013)				
	farming	dryfarming	urban	wasteland
farming	0.9424	0.0420	0.0049	0.0107
dryfarming	0.2691	0.6109	0.0116	0.1083
urban	0.0441	0.0111	0.9109	0.0339
wasteland	0.0052	0.1790	0.0444	0.7713
Given: Probability of changing to: (2013-2018)				
	farming	dryfarming	urban	wasteland
farming	0.8589	0.0956	0.0142	0.0314
dryfarming	0.1848	0.6081	0.0202	0.1870
urban	0.0480	0.0473	0.8107	0.0939
wasteland	0.0650	0.1180	0.0601	0.7568

مساحت هکتار و درصد پیش‌بینی شده برای سال ۲۰۱۸ در جدول شماره ۱۵ به شرح ذیل می‌باشد که در مقایسه با نقشه طبقه‌بندی شده از تصاویر ماهواره‌ای در این سال نشان‌دهنده این می‌باشد که در دوره دوم درصد تغییرات اراضی کشاورزی نسبت به دوره اول بیشتر شده است بوده، همچنین زمین‌های کشاورزی دیم نیز با اختلاف کمتری به همین صورت می‌باشد، درصد تغییرات زمین‌های بدون پوشش در دوره دوم هم افزایش یافته است و درصد تغییر زمین‌های مناطق شهری در دوره دوم رو به افزایش می‌باشد که دلایل این تغییرات ذکر گردید.

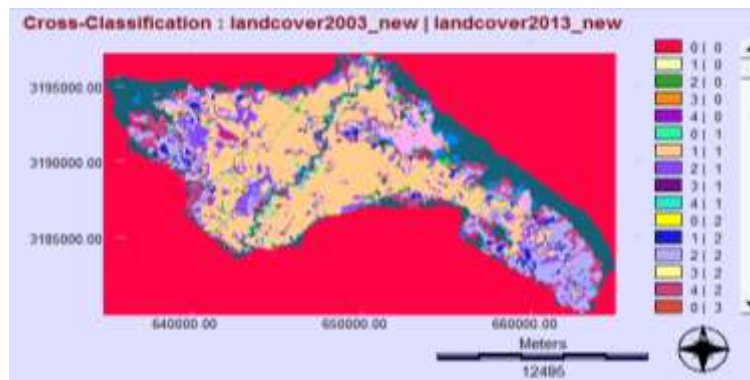
جدول ۱۵. مساحت (هکتار) و درصد پیش‌بینی شده سال ۲۰۱۸

Area on file: landcover 2018_new			
Category	Hectares	PER	Legend
1	11365.47	0.485	farming
2	4613.49	0.197	dryfarming
3	2025.09	0.086	urban
4	5443.18	0.232	wasteland
SUM	23447.23	1	

نقشه کاربری اراضی پیش‌بینی شده برای سال ۲۰۱۸ در نقشه شماره ۲۲ به شرح ذیل می‌باشد که نقشه مقایسه آن با نقشه واقعی نیز در نقشه شماره ۲۳ نشان داده شده است.

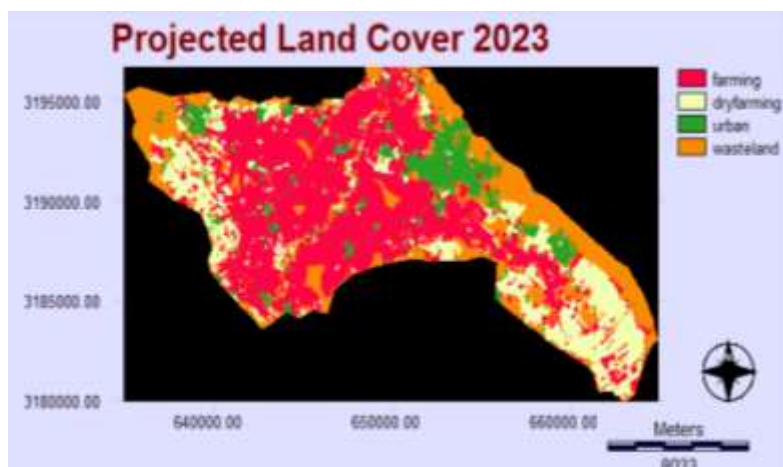


شکل ۲۲. نقشه پیش‌بینی شده سال ۲۰۱۸



شکل ۲۳. مقایسه نقشه پیش‌بینی و نقشه واقعی سال ۲۰۱۸

با توجه به نقشه شماره ۱۶ پیش‌بینی شده برای سال ۲۰۲۳ و جدول شماره ۱۶ مساحت درصد آن در ذیل کاربری اراضی زمین‌های کشاورزی آبی کاهش یافته و زمین‌های کشاورزی دیم و بایر تغییری نخواهد کرد اما زمین‌های با کاربری شهری افزایش خواهد یافت که با توجه به روند رشد شهرنشینی طبیعی می‌باشد.



شکل ۲۴. نقشه پیش‌بینی شده سال ۲۰۲۳

جدول ۱۶. جدول مساحت (هکتار) و درصد پیش‌بینی شده سال

Area on file: landcov_predict_2023

Category	Hectares		Legend
1	10967.04	0.468	farming
2	4627.035	0.197	dryfarming
3	2323.4625	0.099	urban
4	5529.69	0.236	wasteland
sum	23447.2275	1.000	

در این تحقیق با استفاده از قابلیت فن‌های سنجش از دور تغییرات کاربری اراضی دشت فیروزآباد در بازه زمانی ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۸ با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست (TM, ETM) مورد پایش قرار گرفت. طبقه‌بندی کلاس‌های کاربری اراضی، تجزیه تحلیل روش‌ها و تغییرات آن در محیط نرم‌افزار ENVI 5 و EDRISI TERSET 18.3 انجام گردید. نتایج به‌دست‌آمده از این تحقیق این مطالعه نشان داد تغییرات قابل توجهی در اراضی کشاورزی آبی و مناطق مسکونی و زمین‌های

بایر در طی ۱۵ سال رخ داده است. تجزیه و تحلیل تغییرات زمانی در طی ۱۵ سال نشان داد که سطح اراضی مسکونی افزایش محسوسی داشته و بیشترین تغییرات کاربری در مناطق بایر ایجاد شده است، بر مبنای این تغییرات، پتانسیل تبدیل کاربری محاسبه و با استفاده از روش شبکه عصبی (MLP) و زنجیره مارکوف مدل‌سازی گردید.

بحث

کاربری اراضی یکی از مهم‌ترین جنبه‌های بررسی مدیریت منابع طبیعی و بازنگری تغییرات محیطی است، هدف اصلی مقاله پردازش تصاویر ماهواره‌ای لندست به منظور طراحی نقشه‌های کاربری اراضی و تفکیک محدوده‌های کاربری اراضی از یکدیگر می‌باشد که با توجه به نقشه‌های پتانسیل شبکه عصبی و نقشه پیش‌بینی مارکوف این تحقیق به اهمیت کاربرد تناسب اراضی در مناطق با قابلیت کشاورزی به منظور کاهش روند تغییرات اشاره دارد. در این تحقیق با استفاده از قابلیت فن‌های سنجش‌ازدور و سیستم اطلاعات جغرافیایی تغییرات کاربری اراضی دشت فیروزآباد در بازه زمانی ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۸ با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست (TM, ETM) مورد پایش قرار گرفت. طبقه‌بندی کلاس‌های کاربری اراضی، تجزیه تحلیل روش‌ها و تغییرات آن در محیط نرم‌افزار ENVI 5 و EDRISI TERSET 18.3 انجام گردید. اغلب مردم در این شهرستان کشاورزی و دامپروری بوده و تعاملاتی با شهرهای اطراف از جمله شهر شیراز داشته‌اند اما با توجه به خشک‌سالی‌های اخیر از روند توسعه کشاورزی در دوره دوم کاسته شده و همچنین پوشش گیاهی منطقه از بین رفته و روند شهرسازی افزایش پیدا کرده است. نتایج نشان داد که در مناطقی با این وسعت محدود و البته اشکال مشخص (بخصوص قطعه‌های زمین‌های کشاورزی و جاده‌ها و مناطق شهری) طبقه‌بندی شیء گرا از دقت بیشتری نسبت به روش حداکثر احتمال دارا می‌باشد تلفیق روش حداکثر احتمال و شیء گرا جهت طبقه‌بندی از دقت مناسبی برخوردار می‌باشد. از مدل LCM نیز برای مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی منطقه مورد استفاده شد. نتایج این مطالعه نشان داد تغییرات قابل توجهی در اراضی کشاورزی آبی و مناطق مسکونی و زمین‌های بایر در طی ۱۵ سال رخ داده است. تجزیه و تحلیل تغییرات زمانی در طی ۱۵ سال نشان داد که سطح اراضی مسکونی افزایش محسوسی داشته و بیشترین تغییرات کاربری در مناطق بایر ایجاد شده است بر مبنای این تغییرات، پتانسیل تبدیل کاربری محاسبه و با استفاده از روش شبکه عصبی (MLP) و زنجیره مارکوف مدل‌سازی گردید.

نتیجه‌گیری

همان‌گونه که از نتایج آشکارسازی تغییرات پیداست، در دور مطالعاتی ۱۵ ساله، با گسترش اراضی ساخته شده بیشترین تخریب در اراضی کشاورزی حومه شهر و اراضی بایر در مرز با حومه شهر و حومه اراضی کشاورزی صورت گرفته است. ادامه این روند می‌تواند به تشدید آسیب‌های زیست‌محیطی و کاهش هرچه بیشتر سطح زمین‌های کشاورزی در منطقه منجر شود. اگرچه نتایج پیش‌بینی با ماتریس تبدیل کاربری با داده‌های نقشه‌های موجود اختلافاتی را نشان می‌دهد، به علت قابل توجه نبودن خطاها، مدل مارکوف برای پیش‌بینی تغییر کاربری قابلیت خوبی دارد. ماتریس تبدیل کاربری با زمان عدم ایستایی دارد که ناشی از شبیه نبودن تغییرات و فرایندهای تبدیل کاربری در دوره‌های مختلف است. البته با توجه به اینکه اغلب هدف پیش‌بینی تغییر کاربری، ارزیابی پیامدهای سناریوهای مختلف به‌ویژه ادامه روند موجود است؛ نتایج این پیش‌بینی به‌رغم اختلاف نسبت به آنچه در آینده اتفاق خواهد افتاد، می‌تواند هشدار برای وضعیت کاربری‌ها در آینده باشد. با توجه به نتایج پیش‌بینی با ماتریس تبدیل کاربری و قابل توجه نبودن خطاها، می‌توان گفت که مدل مارکوف برای

پیش‌بینی تغییر کاربری قابلیت خوبی دارد و با توجه به تحقیق‌های پیشین و تجارب به‌دست‌آمده نشان می‌دهد که استفاده از یک سیستم GIS در زمینه اجرا و مدیریت تغییرات کاربری اراضی بخصوص کشاورزی اجتناب‌ناپذیر می‌باشد. در پیش‌بینی تغییرات کاربری و پوشش با استفاده از مدل زنجیره‌های مارکوف، چنانچه بازه‌های زمانی بین دو تصویر مورد استفاده جهت تشکیل ماتریس تبدیل وضعیت طولانی‌تر بوده و داده‌های مورد استفاده دقت و صحت بالاتری داشته باشند، همچنین از چندین دوره ماتریس تبدیل وضعیت استفاده گردد نتایج پیش‌بینی شده توسط مدل به واقعیت‌های زمینی نزدیک‌تر خواهند بود که البته به دلیل خطای راه‌راه شدگی در سال‌های قبل از ۲۰۰۳ لندست ۷ و کیفیت پایین‌تر بودن تصاویر لندست ۴ و ۵ این بازه زمانی محدود شد به ده سال دوره اول و پنج سال دوره دوم که البته مزیت‌های قابل توجهی از جمله شبیه بودن نحوه کشت در هر سه سال به نسبت سال‌های دورتر و پیش‌بینی دقیق‌تر را نیز دارا می‌باشد. استفاده از سیستم‌های تولید بالأخص زنجیره مارکوف جهت پیش‌بینی فرایندهای قاعده‌مند مناسب است این تحقیق نشان داد که با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و تکنیک‌های سنجش‌ازدور و سیستم اطلاعات جغرافیایی می‌توان تغییرات کاربری اراضی در هر منطقه‌ای را با دقت بسیار خوبی استخراج کرد. عوامل توسعه فیزیکی شهر از تصاویر ماهواره‌ای چند زمانه در GIS قابل استخراج هستند. در مورد توسعه فیزیکی شهر، تصاویر ماهواره‌ای چند زمانه به دلیل فاصله زمانی ۱۵ ساله تغییرات مناطق مسکونی را به‌وضوح نشان می‌دهد و با بررسی‌های تغییرات کاربری در سیستم اطلاعات جغرافیایی می‌توان عوامل توسعه فیزیکی شهر را نیز استخراج کرد که می‌توان به مواردی از جمله میزان تبدیل کاربری‌های دیگر مانند زمین‌های بایر و زمین‌های کشاورزی آبی و دیمی اشاره نمود و مورد بررسی قرار داده و پیش‌بینی نمود.

با توجه به نتیجه شبکه عصبی مصنوعی و پیش‌بینی مدل مارکوف و با توجه به خشک‌سالی منطقه در سال‌های اخیر، توجه و مدیریت مناسب در وضعیت هیدرولوژی منطقه، تأمین نهاده‌های کشاورزی و افزایش وضعیت ثبات اقتصادی در منطقه مورد مطالعه ضروری است، همچنین با توجه به عبور دو راه اصلی یکی از منطقه صنعتی جنوب (پارس جنوبی) و دیگری از شرق می‌بایست برنامه‌ریزی دقیق‌تری در کاربری‌های اراضی و توسعه مناطق صنعتی و شهری و میزان و نوع کشت در زمین‌های دشت فیروزآباد نمود تا استفاده بهینه از اراضی موجود نمود و مشکلات قابل پیش‌بینی در منطقه رو قبل از بروز دادن برطرف نمود. بی‌شک داشتن یک پایگاه داده مکانی از مناطق کاربری شهرستان مورد مطالعه که از منابع مختلفی از جمله همین تصاویر ماهواره‌ای و اطلاعات مردمی و نقشه‌های کاداستر باشد، الزامی است. در مدل مذکور می‌توان علاوه بر پارامترهای بکار برده شده در این تحقیق، پارامترهای دیگری نظیر نوع خاک، فاصله از جاده‌ها، تعداد جمعیت شهر و روستاها و غیره را نیز به‌عنوان پارامتر مستقل وارد مدل کرده و اثر این‌ها را نیز روی تغییرات کاربری اراضی بررسی کرد. همچنین در مطالعه تغییرات کاربری‌های اراضی تغییرات مربوط به فصل رشد گیاه و شروع کشت‌ها را مورد بررسی قرار داده و سال‌هایی که این تغییرات به هم نزدیک‌تر هست را جهت مطالعه انتخاب نمود. جهت ادامه مشاهده و کنترل روند تغییرات، استفاده از تصاویر ماهواره‌ای با قدرت تفکیک مکانی بالا ضروری به نظر می‌آید.

حامی مالی

این اثر حامی مالی ندارد.

سهام نویسندگان در پژوهش

نویسندگان در تمام مراحل و بخش‌های انجام پژوهش سهم برابر داشتند.

تضاد منافع

نویسندگان اعلام می‌دارند که هیچ تضاد منافی در رابطه با نویسندگی و یا انتشار این مقاله ندارند.

تقدیر و تشکر

نویسندگان از همه کسانی که در انجام این پژوهش به ما یاری رساندند، به‌ویژه کسانی که کار ارزیابی کیفیت مقالات را انجام دادند، تشکر و قدردانی می‌نمایند.

منابع

- آرخی صالح، (۱۳۹۴). *ارزیابی روند بیابان‌زایی و مدل‌سازی مکانی الگوی تغییرات کاربری اراضی در منطقه بیابانی دهلران استان ایلام با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست*. پایان‌نامه ۱۳۹۴/۶/۲۲
- اکبری، محمد. (۱۳۸۲). *ارزیابی و طبقه‌بندی بیابان‌زایی با تکنیک RS و GIS در منطقه خشک شمال اصفهان*. پایان‌نامه کارشناسی ارشد بیابان‌زدایی. دانشگاه صنعتی اصفهان. دانشکده منابع طبیعی.
- رستگار، علیرضا؛ غلامی، حسین؛ فخریه، اکبر و نوری، سهیلا. (۱۳۸۹). مقایسه روش‌های مختلف پایش پوشش گیاهی در منطقه بیابانی عین خوش دهلران با استفاده از RS و GIS. همایش ملی ژئوماتیک ۱۳۹۵. سازمان نقشه‌برداری کشور.
- رسولی، علی‌اکبر؛ زرین‌بال، محمد و شفیعی، محمد. (۱۳۹۵). کاربرد تصاویر ماهواره‌ای با هدف تشخیص تغییرات کاربری اراضی و ارزیابی تأثیرات زیست‌محیطی، در پژوهش و سازندگی،
- زائری امیرانی، آزاد و سفینیان، علیرضا (۱۳۹۷). بررسی روند تغییرات پوشش اراضی و رشد جمعی در محدوده شهر اصفهان با استفاده از سنجش‌ازدور طی سال‌های (۱۳۶۶-۱۳۷۸) همایش ملی ژئوماتیک، اردیبهشت، ۱۳۹۰، سازمان نقشه‌برداری کشور.
- قربانی، رسول؛ پورمحمدی، محمدرضا و محمودزاده، حسن (۱۳۹۳). رویکرد زیست‌محیطی در مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی محدوده کلان‌شهر تبریز برای استفاده از تصاویر ماهواره‌بر برای، ارزیابی چندمعیاری و سلول‌های خودکار زنجیره مارکوف (۱۳۶۳-۱۴۱۷). فصلنامه مطالعات شهری، ۷۸ (۸)،
- علوی پناه، سید کاظم؛ گودرزی مهر، سعید و خاکباز، باهره. (۱۳۹۰). فناوری سنجش از راه دور حرارتی و کاربرد آن در شناسایی پدیده‌ها. نشریه نشاء علم، ۲ (۱)،
- لطفی، صدیقه؛ محمودزاده، حسن؛ عبدالهی، مهدی و سالک فرخی، رقیه. (۱۳۸۹). کاربرد تصاویر ماهواره‌ای اسپات برای تهیه نقشه کاربری اراضی شهرستان مرند با رویکرد شی گرا. مجله کاربرد سنجش‌ازدور و سیستم اطلاعات جغرافیایی در برنامه‌ریزی، ۱ (۲)،
- محرمی، جاوید. (۱۳۹۳). *بررسی نقش کاربری اراضی در تولید جزیره گرمایی شهری مطالعه موردی: شهر تبریز*. دانشکده جغرافیا گروه آب و هواشناسی تاریخ دفاع ۱۳۹۳/۰۶/۱۷
- محمدی، عباس علی (۱۳۹۲). *پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی و پوشش زمین با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و مدل زنجیره‌ای مارکوف*. پایان‌نامه ۱۳۹۲/۸/۳
- نشاط، عبدالمجید. (۱۳۹۶). *تجزیه و تحلیل و ارزیابی تغییرات کاربری و پوشش زمین با استفاده از داده‌های سنجش‌ازدور و سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی در استان گلستان*. پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته سنجش‌ازدور و GIS. دانشگاه تربیت مدرس

References

- Akbari, M., (2012). *evaluation and classification of desertification with RS and GIS techniques in the arid region of northern Isfahan*. Master thesis on desertification. Isfahan University of Technology. Department of natural resources.
- Alavi Panah, S. K., Gudarzi Mehr. S., & Khakbaz, B. (2011). thermal remote sensing technology and its application in the identification of phenomena. *Nasha Alam magazine*, 2 (1).
- El-Kawy, O. R., (2016). Land use and land cover change detection in the western Nile delta of Egypt using remote sensing data. *Applied Geography*, 31(2), 483-494.
- Arkhi, S. (2014). *Evaluation of the desertification process and spatial modeling of land use*

- changes in the desert area of Dehlan*. Ilam province using Landsat satellite images, Collins, J. B., & Woodcock, C. E. (2017). An assessment of several linear change detection techniques for mapping forest mortality using multitemporal Landsat TM data. *Remote Sensing of Environment*, 56, 66–77.
- Church, R.L., & Murray, A.T., (2009). *Business Site Selection, Location Analysis, and GIS*. John Wiley & Sons INC.
- Dikmen, I., & Birgonul, M.T. (2007). *Using Analytic Network Process for Performance Measurement in Construction*. College of Architecture, Georgia Institute of Technology, USA, PP. 1-11.
- Ghorbani, R., Pourmohammadi, M., Mahmoodzadeh, H. (2013). Environmental approach in modeling land use changes in Tabari metropolitan area for using multiple time satellite images for multi-criteria evaluation and automatic cells.
- Hathout, S. (2012). The use of GIS for monitoring and predicting urban growth in East and West St Paul, Winnipeg, Manitoba, Canada. *Journal of Environmental Management*, 66, 229-238
- Kauth, R.J. & Thomas, G.S. (2019). *The tasseled cap - A graphic description of the spectral temporal development of agricultural crops as seen by Landsat*. Proceedings of the Symposium on Machine Processing of Remotely Sensed Data, Purdue University, West Lafayette, Indiana, pp. 4151.
- Macleod, R.S. & Congalton, R.G. (1998) A quantitative comparison of change detection algorithms for monitoring grass from remotely sensed data. *Photogrammetric and Engineering Remote Sensing*, 64(3), 207-216.
- Lotfi, S., Mahmoodzadeh, H., Abdulahi, M., & Salek Farkhi, R. (2010). the application of SPOT satellite images for the preparation of land use map of Marand city with an object-oriented approach. *Journal of Remote Sensing and Geographical Information System in Planning, Quarterly*, 1(2),
- Mohammadi, A. A., Mosivand, A. J., & Shayan, S. (2013). prediction of land use and land cover changes using Satellite images and Markov chain model.
- Moharrami, J. (2013). *Investigating the role of land use in the production of urban heat island (case study: Tabriz city)*. Faculty of Geography, Department of Water and Meteorology, History of Defence.
- Neshat Abdul, M. (2016). *Analysis and evaluation of land use and land cover changes using remote sensing data and geographic information systems in Golestan province. Master's thesis in the field of remote sensing and GIS*. Tarbiat Modares University List of non-Persian sources
- Sunar, F. (1998) An analysis of changes in a multi-data set. A case study in the Ikitelli area Istanbul Turkey. *Int. J. Remot sensing*, 19, 245-265.
- Rasouli, A. A., Zareen Bal, M., & Shafiei, M. (2015). the use of satellite images with the aim of detecting land use changes and evaluating environmental impacts, in research and construction.
- Richards John A., & Xiuping, J. (2006). *Remote Sensing Digital Image -Analysis: An Introduction*. 4th Edition. Springer.
- Rostgar, A., Gholami, H., Fakhira, A., & Nouri, S, (2009). comparison of different methods of vegetation monitoring in Ain Khosh Dehlan desert area using RS and GIS. *National Geomatics Conference 2015. Country Mapping Organization*.
- Yuan, D. & Elvidge, C. (2015) NALC land cover change detection pilot study: Washington D.C area experiments. *Remote Sensing of Environment*, 66,166-178.
- Zairi Amirani, A., & Sufianian, A. (2017). Investigating the trend of land cover changes and collective growth in Isfahan city limits using remote sensing during the years (1366-1378) of the National Geomatics Conference, May 1390, Country Mapping Organization.