



## Analysis of the Current and Future Prediction of Land Use /Land Cover Change Using (LCM) in Latian Dam Watershed

Document Type  
Research Paper

Received  
2022/01/04

Banafsheh Shafie<sup>1</sup>, Amir Hossein Javid<sup>2\*</sup>, Homa Irani Behbahani<sup>3</sup>, Hassan Darabi<sup>4</sup>  
Farhad Hosseinzadeh Lotfi<sup>5</sup>

Accepted  
2024/01/01

1. Ph.D. in Land Use Planning, Department of Environmental sciences, Faculty of Environment & Natural Resources, (IAU) Science and Research Branch, Tehran, Iran
2. Professor, Department of Environmental Engineering, Faculty of Environment & Natural Resources, (IAU) Science and Research Branch, Tehran, Iran
3. Professor, Department of Environmental Design, Campus of Engineering, University of Tehran, Tehran, Iran
4. Assistant Professor, Department of Environmental Design, Campus of Engineering, University of Tehran, Tehran, Iran
5. Professor, Department of Mathematics, Faculty of Basic Sciences, (IAU) Science and Research Branch, Tehran, Iran

DOI: 10.22034/eiap.2024.191703

### Abstract

Accelerated changes in land use/land cover (LULC) cause changes in environmental dynamics and land degradation. The monitoring and modeling of changes, based on a time-series LULC approach, is fundamental for planning and managing regional environments. The current study analyzed the LULC changes, as well as estimate future scenarios for 2027 and 2037. To achieve accuracy, in predicting LULC changes, the land change modeler (LCM) was used for the Latian Dam Watershed. The LULC time-series technique was specified utilizing four atmospherically-endorsed surface reflectance Landsat images for the years t1 (1987), t2 (1998), t3 (2007) and t4 (2017), to authenticate the LULC predictions to obtain estimates for t5 (2027) and t6 (2037). The LULC classes identified in the watershed were (a) built-areas, (b) vegetated areas, (c) bare lands and (d) water bodies. The dynamic modeling of the LULC was based on a multilayer perceptron (MLP) and artificial neural network (ANN) in LCM. The overall accuracy rate equivalent 80.66, 83.21, 84.32 and 85.12 for the years t1 (1987), t2 (1998), t3 (2007) and t4 (2017), and Kappa Index equating to 0.80, 0.82, 0.84 and 0.86 respectively. The results of LULC change analysis showed an increase in the build-up areas; and a decrease in bare lands and vegetated areas within the duration of the study period. The results of this research could help regional planners and managers in the formulation of public policies designed to conserve environmental resources in the Latian Dam Watershed and consequently, minimize the risks of the fragmentation of orchards, vegetated areas and degradation of the valuable resources.

**Keywords:** Modeling, Prediction, LULC change; LCM, Latian dam watershed

## Extended Abstract

### Introduction

Accelerated changes in land use/land cover (LULC) cause changes in environmental dynamics and land degradation. The monitoring and modeling of changes, based on a time-series LULC approach, is fundamental for planning and managing regional environments. Most studies on land cover and land use changes have been concentrated on urban expansion, with fewer focusing on regional development and watersheds, especially in semi-arid regions. These regions hold significant importance for recreational land use, urban and rural development, and agriculture. The current study analyzed the LULC changes, as well as estimate future scenarios for 2027 and 2037. To achieve accuracy, in predicting LULC changes, the land change modeler (LCM) was used for the Latian Dam Watershed.

The dynamic modeling of the LULC was based on a multilayer perceptron (MLP) and artificial neural network (ANN) in LCM. The lack of up-to-date and quality information and rapid databases related to land cover and land use changes in regional studies hinders accurate and efficient research and increases the risk of improper regional development planning and policymaking (Darabi & Jalali, 2018). Therefore, modeling and prediction can aid in land and natural resource planning, especially in the watershed of the Latian Dam, which is exposed to disturbances and degradation due to excessive land use, traditional agriculture, and unplanned construction. The aim of this research is to monitor past to present trends and simulate future changes to develop a potential land use pattern in the Latian Dam watershed for the years 2027 and 2037. This will be achieved using an algorithm based on an Artificial Neural Network Multi-Layer Perceptron (ANN-MLP) in the Land Change Modeler (LCM) model.

### Materials and Methods/Study of Area

The Latian Dam watershed is located in the northeast of Tehran Province. It serves as one of the sub-watersheds of the Jajrood River basin, covering an area of approximately 790 square kilometers (JAMAB Consulting Engineers, 2006). The geographic coordinates of the watershed range from approximately 35°35' to 36°36' east longitude and 35°51' to 36°51' north latitude (Figure 1).

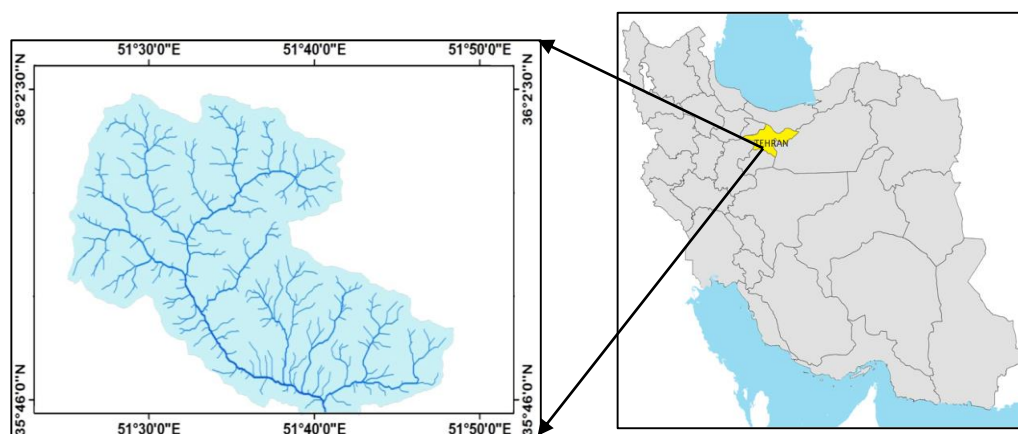


Figure (1): Study Area - Latian Dam Watershed

### Methodology/Experimental Design

To achieve the main objective of the research, which is the examination of land use changes over a 30-year period and the prediction of these changes for the next 10 and 20 years, precise land use maps are essential. Therefore, supervised classification using the Maximum Likelihood method in ENVI software was employed. Subsequently, all data and layers were georeferenced to the UTM coordinate system, zone 39 in the Northern Hemisphere. The methodology used in this research, along with its steps, is presented through a flowchart (Figure 2).

Five factors, including slope, elevation, distance from roads, distance from rivers, and distance from barren lands, were selected as driving factors for the land use change. Control points refer to the factors and their coefficient values in the preparation of transition maps. These factors were chosen based on previous studies and expert opinions for the current research, and their evaluation and scoring were done through pairwise comparisons (five experts participated in this process). The Analytic Hierarchy Process (AHP) was applied as part of the Multi-Criteria Evaluation (MCE) in the Expert Choice software to determine the weights of the driving factors through pairwise evaluations. The potential explanatory power of each factor or driving force is indicated by the Cramer's V coefficient (CVC), which measures the association between two nominal variables and ranges between 0 and 1+. Variables with Cramer's V coefficient around 0.15 or higher are commonly used for this purpose (Hamdy et al., 2017), and values of 0.4 and higher are considered to have a good impact (Eastman, 2014). The variable "Distance from bare lands" had the highest overall CVC value, with the variables "Elevation" and "Slope" following closely in rank.

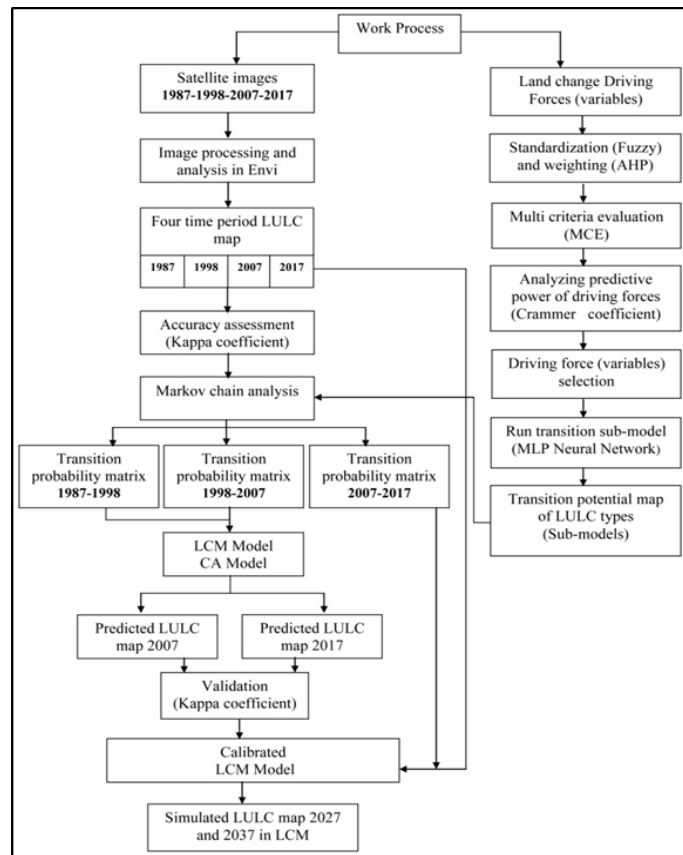


Figure 2. Methodology Flowchart

The next step involved the preparation of potential transition maps for different land use types in the Land Change Model (LCM). This was achieved through Multi-Criteria Evaluation (MCE), fuzzy logic, Multi-Layer Perceptron (MLP) perceptron, and Artificial Neural Network (ANN). Subsequently, prediction maps for the years 2007 and 2017 were generated using LCM. In the following stage, the actual and predicted maps for the year 2017 were compared and evaluated. The land use map for 2017 was then used as the base map for simulating future changes in 2027 and 2037 by calculating the transition probability matrix during the years 2007-2017. Finally, predicted maps of land cover changes for the years 2027 and 2037 were simulated.

## Result and Discussion

The results obtained reveal visible changes, including the expansion of human-made areas, the destruction of vegetated regions, and barren lands. Between the years 1987 to 2017, a wide range of land use and cover changes was observed, involving an increase in human-made areas, a decrease in vegetated areas, and minor alterations in barren lands, while no significant changes were observed in water resources.

Multiple natural and human factors can lead to changes in land cover and land use, resulting in varying rates of transition over different time periods. The changes in land cover and land use for the study area were categorized into three time periods. The first period, from 1987 to 1998, indicates an increase in built-up areas from 14.81 square kilometers to 15.52 square kilometers. During this period, 71.0 square kilometers of vegetated areas were reduced. In the second period, from 1998 to 2007, construction activities showed growth, increasing their area from 64.4 square kilometers to 70.06 square kilometers. Simultaneously, vegetated areas experienced a reduction, decreasing from 46.42 square kilometers in 1998 to 43.26 square kilometers in 2007. In the third period, from 2007 to 2017, the most significant increase was related to the built-up areas with an increase of 74.6 square kilometers, while the most substantial decrease was associated with areas lacking vegetation cover, with a reduction of 6.6 square kilometers.

The approach involves examining the past and present and considering a scenario of continuity (assuming that land use changes will continue as in previous years). The results obtained from the LCM based on this scenario indicate that if the pattern of the last 30 years continues in the future, the destruction of vegetated areas in the watershed will continue. This corresponds to a 31.1% reduction in 2027 and a 64.1% reduction in 2037.

Meanwhile, the built-up areas show increase from 26.90 square kilometers in 2017 to 48.27 square kilometers in 2027 and 71.28 square kilometers in 2037. This represents a 2.2% increase by 2027 and a 5.2% increase by 2037.

### Conclusion

The results and analyses indicate an increase and expansion of built-up areas, a reduction in vegetated areas, and areas lacking vegetation cover, with no significant changes in water resources. The results of this research are consistent with findings from other studies such as (Ansari et al., 2019; Azari et al., 2016; Falahatkar et al., 2016; Subdi et al., 2013; Gholamalifard et al., 2012; Sang et al., 2011). What distinguishes this study from previous ones is the geographical and climatic location, proximity to the metropolitan area, and the types of driving forces that have influenced changes in this watershed.

### References

- Ansari, A., & Golabi, M.H. 2019. Prediction of spatial land use changes based on LCM in a GIS environment for Desert Wetlands: A case study: Meighan Wetland, Iran. *International Soil and Water Conservation Research*. (7):64-70.
- Azari, M., Tayyebi, A., Helbich, M., & Reveshty, M.A. 2016. Integrating cellular automata, artificial neural network, and fuzzy set theory to simulate threatened orchards: application to Maragheh Iran. *GIS science & Remote Sensing*. 53 (2), 183-205.
- Darabi, H., & Jalali, D. (2018): Illuminating the formal–informal dichotomy in land development on the basis of transaction cost theory. *Planning Theory* 2019, Vol. 18(1), PP. 100–121.
- Eastman, J.R. IDRISI Selva Tutorial. (2014). Available online: [http://uhulag.mendelu.cz/files/pagesdata/eng/gis/idrisi\\_selva\\_tutorial.pdf](http://uhulag.mendelu.cz/files/pagesdata/eng/gis/idrisi_selva_tutorial.pdf) (accessed on 15 December 2014)
- Falahatkar, S. Hosseini, S. M. Salman Mahini, A. & Ayoubi, Sh. (2016). Prediction of Land Use/Cover Change by Using LCM Model. *Journal of Environmental Research*. 13 (7): 163-174. (in Persian)
- Gholamalifard, M.; Joorabian Shooshtari, S.; Hosseini Kahnouj, H. & Mirzaei, M. 2013. Modeling Land Use Changes on the Coastal Areas of Mazandaran Province Using LCM in GIS Environment. *Journal of Environmental Studies (JES)*. 38(4): 109-124. (in Persian)
- Hamdy, O., Zhao, S., Salheen, M.A., & Eid, Y. Y. (2017). Analyses the Driving Forces for Urban Growth by Using IDRISI@Selva Models Abouelreesh - Aswan as a Case Study. *International Journal of Engineering and Technology*. 9(3), 226–232.
- Sang, L.; Zhang, C., Yang, J., Zhu, D. & Yun, W. 2011. Simulation of land use spatial pattern of towns and villages based on CA-Markov model. *Mathematical and Computer Modeling*. 54(3-4): 938-943.
- Subedi, P., Subedi, K., Thapa, B. (2013). Application of a Hybrid Cellular Automaton – Markov (CA-Markov) Model in Land-Use Change Prediction: A Case Study of Saddle Creek Drainage Basin, Florida. *Applied Ecology and Environmental Sciences*. 6(1): 126-132.

## کاربرد LCM در تحلیل وضع موجود و پیش‌بینی تغییرات پوشش و کاربری اراضی در حوضه آبریز سد لتیان

بنفشه شفیعی<sup>۱</sup>، امیرحسین جاوید\*<sup>۲</sup>، هما ایرانی بهبهانی<sup>۳</sup>، حسن دارابی<sup>۴</sup>، فرهاد حسین‌زاده لطفی<sup>۵</sup>

۱. دکترای آمایش سرزمین، گروه علوم محیط زیست، دانشکده محیط‌زیست و منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران
۲. استاد گروه مهندسی محیط زیست، دانشکده محیط‌زیست و منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران ایران
۳. استاد گروه مهندسی طراحی محیط‌زیست، پردیس فنی، دانشگاه تهران، تهران، ایران
۴. استادیار گروه مهندسی طراحی محیط‌زیست، پردیس فنی، دانشگاه تهران، تهران، ایران
۵. استاد گروه ریاضی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۲/۱۰/۱۱

تاریخ وصول مقاله: ۱۴۰۰/۱۰/۱۴

### چکیده

تغییرات سریع در پوشش و کاربری اراضی (LULC) سبب ایجاد اختلال در پویایی محیط‌زیست و تخریب سرزمین می‌گردد. مدل‌سازی تغییرات، بر اساس رویکرد نقشه‌های سری زمانی پوشش و کاربری اراضی، نقش مهمی در مدیریت و برنامه‌ریزی منطقه‌ای محیط‌زیستی دارد. هدف اصلی این پژوهش، بررسی روند تغییرات کاربری و پوشش اراضی در حوضه آبریز سد لتیان با استفاده از مدل‌سازی است تا با تحلیل وضعیت کنونی کاربری‌ها در منطقه و پیش‌بینی سناریوهای آتی برای سال‌های ۲۰۲۷ و ۲۰۳۷، بتوان از تغییرات ناخواسته جلوگیری کرد. مهم‌ترین فرضیه تحقیق پیش رو این است که، منطقه با کاهش نواحی پوشش گیاهی و افزایش کاربری‌های انسان‌ساخت مواجه خواهد شد. تحلیل مکانی/ زمانی تغییرات پوشش و کاربری اراضی، برای دوره ۳۰ ساله مربوط به سال‌های ۲۰۰۷، ۱۹۹۸، ۱۹۸۷ و ۲۰۱۷ با استفاده از ماهواره‌ی لندست و سنجنده‌های OLI, ETM+, TM انجام شد. طبقات کاربری اراضی در این مطالعات به چهار طبقه نواحی انسان‌ساخت، نواحی دارای پوشش گیاهی، اراضی بدون پوشش و منابع آبی تقسیم شدند. مدل‌سازی و پیش‌بینی، با استفاده از ماژول مدل‌سازی تغییرات اراضی (LCM) (بر اساس شبکه عصبی مصنوعی (ANN) و پرسپترون چند لایه (MLP) در نرم افزار ترست (TerrSet) انجام شد. نرخ دقت کلی مدل‌سازی برای سال‌های (۱۹۸۷، ۱۹۹۸، ۲۰۰۷ و ۲۰۱۷) به ترتیب برابر با ۸۰/۶۶، ۸۳/۲۱، ۸۴/۳۲ و ۸۵/۱۲ درصد و ضریب کاپا برای همان سال‌ها به ترتیب ۰/۸، ۰/۸۲، ۰/۸۴ و ۰/۸۶ محاسبه شدند. نتایج آشکارسازی تغییرات دوره اول (۱۹۹۸-۱۹۸۷)، دوره دوم (۲۰۰۷-۱۹۹۸) و دوره سوم (۲۰۱۷-۲۰۰۷) نشان می‌دهد که طی این سه دوره زمانی، مساحت باغ‌ها و پوشش گیاهی و اراضی بدون پوشش، کاهش و وسعت نواحی انسان‌ساخت افزایش داشته است. همچنین، طبق نتایج حاصل از مدل‌سازی و پیش‌بینی تغییرات، این روند طی سال‌های ۲۰۲۷ و ۲۰۳۷ نیز ادامه خواهد داشت. نتایج این تحقیق، می‌تواند از ادامه روند تخریب پوشش گیاهی و خطرات ناشی از گسیختگی سیمای سرزمین جلوگیری نموده و کمکی باشد به مدیران و برنامه‌ریزان تا تصمیمات آگاهانه‌تری جهت برنامه‌ریزی منطقه‌ای محیط‌زیستی و حفظ منابع طبیعی ارزشمند منطقه اتخاذ نمایند.

**کلید واژه‌ها:** مدل‌سازی، پیش‌بینی، تغییرات کاربری اراضی، LCM، حوضه آبریز سد لتیان.

## سرآغاز

(2013)، رگرسون لجستیک دو وجهی<sup>(۳)</sup> (Liu et al., 2017)، و الگوریتم یادگیری ماشین مبتنی بر تشابه وزن دار (Mozumder et al., 2016) از مدل‌های متداول برای پیش‌بینی آینده و شبیه‌سازی تغییرات پوشش و کاربری اراضی هستند.

اکثر مطالعات در مورد تغییرات پوشش و کاربری اراضی، بر موضوعات مرتبط با گسترش شهری متمرکز شده و در مقایسه، مطالعات کمتری بر توسعه منطقه‌ای، حوضه‌های آبریز به خصوص در مناطق نیمه خشک متمرکز بوده است. این نواحی، اهمیت زیادی برای کاربری تفریحی، توسعه شهری، روستایی و باغداری دارند. فقدان اطلاعات به روزرسانی شده با کیفیت و نیز پایگاه داده‌های سریع در ارتباط با تغییرات پوشش و کاربری اراضی منطقه‌ای، مانع پژوهش‌های صحیح و کارآمد در مطالعات منطقه‌ای شده و احتمال برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری نادرست در زمینه توسعه و گسترش منطقه‌ای را افزایش می‌دهد (Darabi & Jalali, 2018). به علاوه، پژوهش‌های منطبق بر داده‌ها و اطلاعات ناکافی و ناکارآمد در پیش‌بینی تغییرات آبی و ماهیت آن که نقش مهمی در پشتیبانی از مدیران در فرآیند تصمیم‌گیری و اجرای اقدامات مناسب دارند، می‌تواند ناموفق باشند (Ayele et al., 2019).

به دلیل کوهستانی بودن منطقه مطالعاتی، خاک کم عمق بوده و منطقه خاک تکامل یافته‌ای ندارد و بافت آن شامل رسی، لومرسی، لومرس ماسه‌ای، لوم رسی و لوم‌لای است (Ebrahimi, 2020). محدودیت زمین و شیب تند اراضی (بیش از ۶۰ درصد اراضی در شیب‌های ۲۵ تا ۴۵ درصد قرار گرفته‌اند)، باعث شده تا اراضی باغات و کشاورزی طی سال‌های اخیر افزایش نداشته و برعکس تخریب زمین‌ها و تغییر کاربری به مسکونی به صورت گسترده به چشم می‌خورد (Tajrishi et al., 2016). از نظر ژئومورفولوژی نیز، منطقه بیشتر به صورت توده و بیرون‌زدگی سنگی است (Ebrahimi, 2020) از دیگر خصوصیات ویژه این حوضه، تخریب بالای مراتع و حضور گسترده دام در آن است (Tajrishi et al., 2016).

بنابراین، مدل‌سازی و پیش‌بینی، می‌تواند به برنامه‌ریزی سرزمین و منابع طبیعی در ارتباط با حوضه آبریز سد لتیان که به دلیل چرای بیش از توان سرزمین، باغداری سنتی و ساخت‌وساز بی‌رویه، در معرض اختلال و تخریب است، کمک نماید. رودخانه جاجرود بزرگترین رودخانه در این حوضه آبریز است که با چهار رودخانه

تغییرات کاربری اراضی از جنبه‌های مهم تغییرات محیط‌زیستی در جهان است (Mast et al., 2014). این تغییرات می‌تواند شامل تغییر اقلیم، کاهش تنوع‌زیستی و نیز آلودگی آب، خاک و هوا باشد (Ansari & Golabi, 2019). تغییرات کاربری اراضی با تقاضای زمین برای کشاورزی، جنگلداری، مناطق مسکونی، صنعتی و گردشگری، با تنوع سیمای سرزمین مرتبط هستند (Upadhyay et al., 2006). پوشش اراضی<sup>(۱)</sup> که مدام در حال تغییر است، یکی از مهم‌ترین عواملی است که می‌تواند منعکس‌کننده اثرات فعالیت‌های انسانی بر محیط‌زیست باشد (Belal & Moghanm, 2011; Lausch & Herzog, 2002; Chen et al., 2003).

درک و شناسایی فعالیت‌های انسانی و الگوهای تغییرات پوشش سرزمین برای مدیریت مناسب اراضی و توسعه پایدار ضروری است (Rawat et al., 2013; Rawat & Kumar, 2015) و گسیختگی نواحی دارای پوشش گیاهی در طول زمان، نقش مهمی بر شرایط آبی و خدمات اکوسیستمی در سیمای سرزمین، دارد (Hoyer & Chang, 2014; Bai et al., 2019).

مدل‌های مختلف تغییرات پوشش و کاربری اراضی در مطالعات مختلف در مقیاس شهری و روستایی کاربرد داشته و استفاده از الگوریتم‌های محاسباتی برای تشخیص و نظارت بر تغییرات پوشش و کاربری اراضی در مناطق مختلف جهان رو به افزایش بوده است. این الگوریتم‌ها عوامل و فرآیندهای مختلف اجتماعی، محیطی، نهادی و اقتصادی را در بر می‌گیرند (Keshtkar & Voigt, 2016; Mas et al., 2013; Soares-Filho et al., 2014).

در طول سال‌ها، پژوهشگران از مدل‌های مختلف کاربری اراضی مانند DIANAMIC، GEOMOD، مدل‌ساز تغییر اراضی (Land Change Modeler or LCM) و مدل هیبرید مارکوف-سلولار اتوماتا (CA-Markov) برای پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی استفاده کرده‌اند (Mast et al., 2014). رویکرد زنجیره مارکوف (MC) (Anand et al., 2018)، شبکه عصبی مصنوعی و مدل‌ساز تغییرات اراضی (Ansari & Golabi, 2019; Azari, 2016; Falahatkar et al., 2016; et al., 2016) سلولار اتوماتا (Sinha et al., 2015)، مدل مارکوف-سلولار اتوماتا (Islam et al., 2018; Rimal et al., 2017; Al-Sharif & Pradhan, 2013; Subedi et al., 2013; Falahatkar et al., 2011; Sang et al., 2011; Guan et al., 2011; Lee & Chang, 2011; Samat et al., 2011; Gholamalifard et al.,

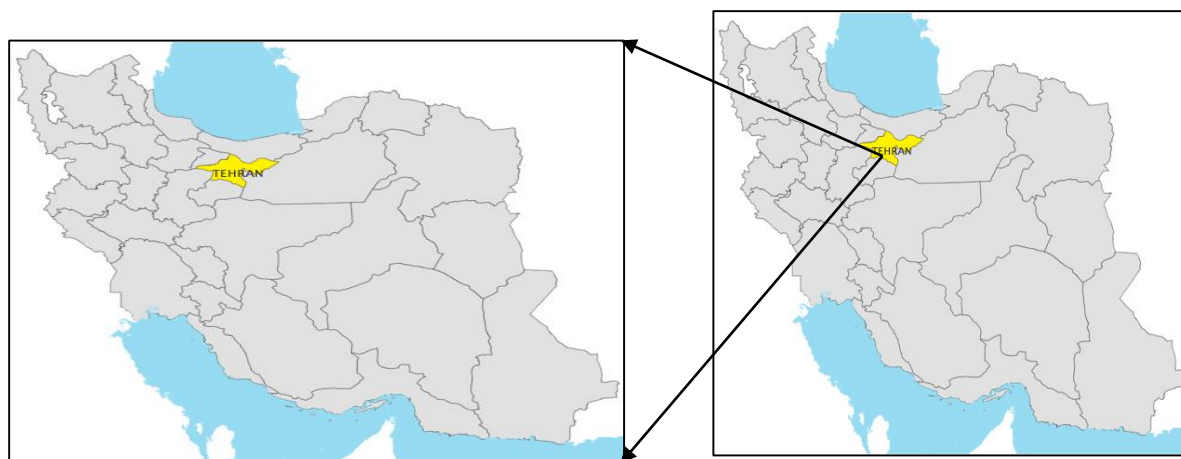
دیگر به سد لتیان که به عنوان بزرگترین دریاچه پشت سد در استان تهران شناخته می‌شود، می‌ریزد. این دریاچه، یکی از بزرگترین منابع ارزشمند برای تامین آب در مصارف خانگی و صنعتی در کلان‌شهر تهران است. حوضه آبریز سد لتیان به دلیل وجود پوشش گیاهی رودکناری، باغ‌های میوه، ساخت و ساز متمرکز و بی‌رویه همراه با گسترش شهری، خطر بروز سیل که اغلب بر پوشش اراضی اثر می‌گذارد (Rezaei Moghadam et al., 2012)، متمایز از سایر مناطق مشابه است. هدف پژوهش حاضر نظارت بر روندهای گذشته تا حال و شبیه‌سازی تغییرات آبی است، تا بتوان الگوی احتمالی کاربری اراضی را در حوضه آبریز سد لتیان برای سال‌های ۲۰۲۷ و ۲۰۳۷ با استفاده از یک الگوریتم بر اساس شبکه عصبی مصنوعی پرسپترون چند لایه (ANN-MLP) در مدل LCM پیش‌بینی کرد.

دیگر به سد لتیان که به عنوان بزرگترین دریاچه پشت سد در استان تهران شناخته می‌شود، می‌ریزد. این دریاچه، یکی از بزرگترین منابع ارزشمند برای تامین آب در مصارف خانگی و صنعتی در کلان‌شهر تهران است. حوضه آبریز سد لتیان به دلیل وجود پوشش گیاهی رودکناری، باغ‌های میوه، ساخت و ساز متمرکز و بی‌رویه همراه با گسترش شهری، خطر بروز سیل که اغلب بر پوشش اراضی اثر می‌گذارد (Rezaei Moghadam et al., 2012)، متمایز از سایر مناطق مشابه است. هدف پژوهش حاضر نظارت بر روندهای گذشته تا حال و شبیه‌سازی تغییرات آبی است، تا بتوان الگوی احتمالی کاربری اراضی را در حوضه آبریز سد لتیان برای سال‌های ۲۰۲۷ و ۲۰۳۷ با استفاده از یک الگوریتم بر اساس شبکه عصبی مصنوعی پرسپترون چند لایه (ANN-MLP) در مدل LCM پیش‌بینی کرد.

## مواد و روش‌ها

### منطقه مورد مطالعه

حوضه آبریز سد لتیان در شمال شرق استان تهران قرار دارد. این حوضه، به عنوان یکی از زیرحوضه‌های حوضه آبریز رودخانه‌ی جاجرود بوده و دارای مساحتی در حدود ۷۹۰ کیلومتر مربع است



شکل (۱): محدوده مطالعاتی - حوضه آبریز سد لتیان

احتمال<sup>(۳)</sup> در نرم‌افزار ENVI استفاده شد. برای مقایسه و بررسی تصاویر ماهواره‌ای چند زمانه و با توجه به مشکلاتی از قبیل در دسترس نبودن تصویر در دوره زمانی عبور ماهواره از منطقه و پوشش ابر، استفاده از تصاویر نزدیک به هم ارجحیت دارد (Aghaee et al., 2020). برای آشکارسازی تغییرات کاربری

## انتخاب و پردازش تصاویر ماهواره‌ای

با توجه به هدف اصلی پژوهش که بررسی تغییرات کاربری اراضی در یک بازه زمانی ۳۰ ساله و پیش‌بینی این تغییرات برای ۱۰ و ۲۰ سال آینده است، می‌بایست نقشه کاربری اراضی دقیقی در دست باشد. بنابراین از طبقه‌بندی نظارت شده به روش حداکثر

این تحقیق از تصاویر سنجنده‌های TM, ETM+, OLI & TIRS استفاده شد که از وب سایت [www.earthexplorer.usgs.gov](http://www.earthexplorer.usgs.gov) دریافت شدند (جدول ۱).

اراضی در منطقه مطالعاتی، با توجه به رشد حداکثری پوشش گیاهان رودکناری و باغات منطقه در تابستان و حداقل پوشش ابری، این فصل جهت دریافت تصاویر ماهواره‌ای انتخاب شد. در

جدول (۱): مشخصات تصاویر ماهواره‌ای مورد استفاده در تحقیق

ماهواره	سنجده	منبع	تاریخ
لندست ۵	TM	USGS	1987/08/24
لندست ۵	TM	USGS	1998/08/22
لندست ۷	ETM+	USGS	2007/08/09
لندست ۸	OLI - TIRS	USGS	2017/08/26

(JAMAB, 2006). در طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای، از دیگر داده‌های جانبی شامل تصاویر Google Earth و پیمایش زمینی، برای طبقه‌بندی هر چه بهتر تصاویر استفاده شد. همچنین نمونه‌هایی از طبقات مختلف کاربری منطقه در ۴۰ نقطه بازدید و اطلاعات آن‌ها با GPS ثبت و در نهایت از این داده‌ها به عنوان کلید تفسیر در طبقه‌بندی تصاویر استفاده شد. کاربری‌ها پس از طبقه‌بندی، آماده تبدیل شدن از حالت رقومی به رستری هستند که از ArcGIS 10.3 با Cell Size 30m استفاده شد. پس از انجام آشکارسازی‌ها و تهیه تصاویر رنگی مناسب، خطاها اصلاح و در نهایت نقشه کاربری اراضی قابل اطمینان منطقه در طبقه‌های ۱. اراضی فاقد پوشش ۲. نواحی انسان‌ساخت ۳. نواحی پوشش گیاهی و ۴. منابع آبی تهیه شد (جدول ۲). روش مورد استفاده در این پژوهش و مراحل آن، با استفاده از فلوجارت ترسیم و ارایه شده است (شکل ۲).

برای تصحیحات اتمسفری بر روی تصاویر ماهواره‌ای از نرم‌افزار ENVI 5.3 و از الگوریتم FLAASH استفاده شد. این ابزار از مدل عبور اتمسفری MODTRAN4 برای تصحیحات اتمسفری استفاده می‌کنند که داده‌هایی مانند زمان عبور ماهواره، ارتفاع سنجنده، موقعیت جغرافیایی منطقه، زاویه تابش خورشید و مدل اتمسفری منطقه‌ای را به کار می‌برد و طول موج‌های قابل دیدن از طریق مادون قرمزهای نزدیک و کوتاه را مشخص می‌سازد. سپس، تصحیحات تمام داده‌ها و لایه‌ها به سیستم مختصات UTM زون ۳۹ نیم کره شمالی تبدیل شدند. برای بررسی کیفیت هندسی تصاویر و تایید نتایج، از نقشه‌های توپوگرافی دیجیتال در مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح ایران در سال‌های ۲۰۱۰ و ۲۰۱۱ (شماره برگه‌های 6362II, 6361 I, 6362 III, 6361 IV, 6262 II, 6261 I جاده‌ها و آبراهه‌ها از روی همین نقشه‌ها و اطلاعات طرح جامع حوضه آبریز جاجرود و کرج استخراج و مورد استفاده قرار گرفت

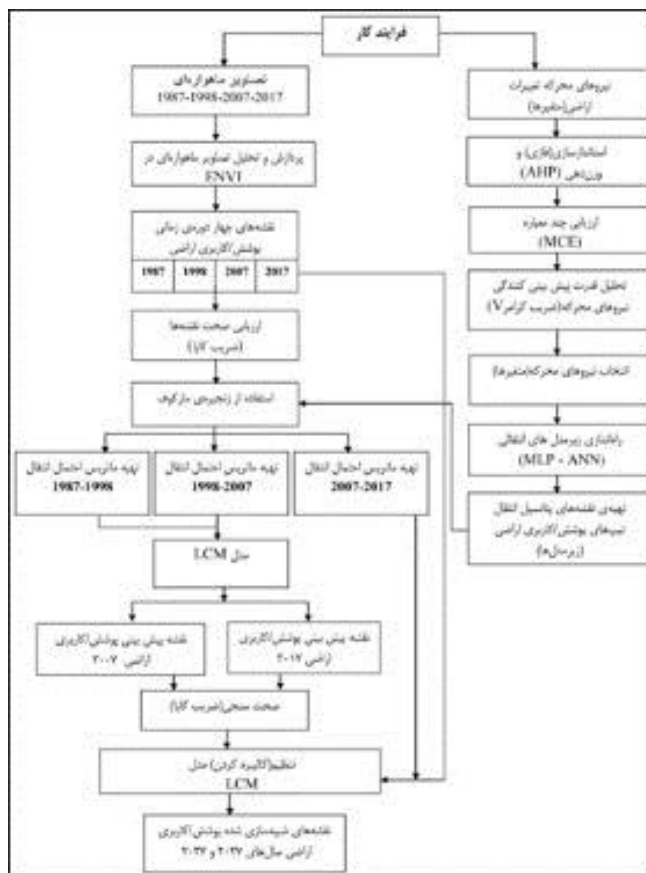
جدول (۲): طبقه‌بندی پوشش و کاربری اراضی (ماخذ: نگارندگان، ۱۳۹۷)

نوع پوشش	توضیح
اراضی فاقد پوشش	تپه‌ها و دامنه‌های پوشیده از سنگریزه و رخنمون‌های سنگی
نواحی انسان‌ساخت	کانون‌های زیستی شهری و روستایی، مناطق تجاری و خدماتی، حمل و نقل
نواحی پوشش گیاهی	پوشش گیاهی طبیعی و رودکناری، درختان دست‌کاشت، باغ‌ها، پارک‌های شهری
منابع آبی	دریاچه‌ی پشت سد، رودخانه

(Araya, 2010). در مواردی که قدرت تفکیک تصاویر ماهواره‌ای یک محدودیت برای ارزیابی دقت باشد (Thapa, 2009)، ارزیابی دقت نقشه‌های پوشش و کاربری اراضی، با استفاده از روش نمونه‌گیری تصادفی به دست می‌آید (Rimal et al. 2017).

ارزیابی صحت نقشه‌های تغییرات پوشش و کاربری اراضی با تکنیک‌های سنجش از دور ضروری است (Jensen, 1996). نتایج ضریب کاپای بیشتر از ۰/۸۰ نشان‌دهنده قابل اعتماد بودن مدل سازی و شبیه‌سازی است (Keshtkar & Vigot, 2016; )





شکل (۲): فلوچارت روش شناسی پژوهش

موقعیت‌یاب جهانی از سطح منطقه جمع‌آوری شدند. تصاویر طبقه‌بندی شده با نمونه‌های زمینی تهیه شده، به نرم‌افزار ENVI 5.3 انتقال یافته و میزان ضریب کاپا، دقت کلی، دقت کاربر و دقت تولیدکننده برای چهار تصویر ماهواره‌ای مربوط به سال‌های ۱۹۸۷، ۱۹۹۸، ۲۰۰۷ و ۲۰۱۷ محاسبه شد که نتیجه، دقت خوبی جهت مدل‌سازی را نشان می‌دهد (جدول ۳).

در تحقیق حاضر برای ارزیابی دقت طبقه‌بندی از پارامترهای ضریب کاپا، دقت کلی، دقت استفاده‌کننده و دقت تولیدکننده استفاده شده است. دقت کلی، نسبت پیکسل‌های درست طبقه‌بندی شده است. همچنین از ضریب کاپا به دلیل توجه به تعداد پیکسل‌های نادرست در طبقه‌بندی، استفاده می‌گردد. جهت ارزیابی دقت طبقه‌بندی برای چهار کلاس پوشش و کاربری اراضی، ۵۰ نقطه‌ی نمونه به‌طور تصادفی با استفاده از سیستم

جدول (۳): صحت سنجی نقشه‌های پوشش و کاربری اراضی

۱۹۹۸	۱۹۸۷	۲۰۰۷	۲۰۱۷	
۸۳/۲۱	۸۰/۶۶	۸۴/۳۲	۸۵/۱۲	دقت کلی (درصد)
۸۳/۷۵	۸۵/۳۳	۸۶/۶۸	۹۱/۱۴	دقت کاربر (درصد)
۸۸/۸۹	۸۸/۴۷	۸۸/۷۶	۸۹/۲۱	دقت تولید کننده (درصد)
۰/۸۲	۰/۸۰	۰/۸۴	۰/۸۶	ضریب کاپا

نیروهای محرکه است (Rimal et al., 2017). از آنجایی که زنجیره مارکوف، موقعیت انتقال پوشش و کاربری اراضی را نشان نمی‌دهد، ارزیابی چند معیاره (MCE) و توابع فازی برای تعیین

تولید نقشه‌های احتمال انتقال<sup>(۸)</sup>

نقشه‌های احتمال انتقال نمایانگر توانایی یک پیکسل در قرارگیری در یک طبقه جدید یا عدم تغییر آن در هر انتقال، بر اساس

اشاره دارد. این عوامل بر اساس مطالعات قبلی و طبق نقطه نظرات متخصصان برای پژوهش حاضر انتخاب شدند و ارزیابی و امتیازدهی آن‌ها بر اساس مقایسه زوجی صورت گرفت (پنج متخصص در این امر شرکت داشتند). فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)، به عنوان بخشی از MCE، در نرم‌افزار Expert Choice اعمال شد تا وزن عامل‌های محرکه با استفاده از ارزیابی‌های زوجی تعیین شوند (جدول ۴). این وزن‌ها در محاسبات فازی برای موقعیت یابی سلول‌های انتقالی در هر طبقه از کاربری اراضی جهت آماده‌سازی نقشه‌های انتقالی در LCM به کار رفتند (تغییر یک سلول از یک کاربری اراضی به کاربری دیگر).

تناسب و موقعیت سلول‌های انتقالی مورد استفاده قرار می‌گیرد. بنابراین، مدل LCM نرم‌افزار TerrSet که واجد ارزیابی چندمعیاره است، مدلی مناسب جهت تعیین احتمال انتقال و تولید نقشه است (Clark Labs, 2016) برای تعیین تغییرات و انتقال کاربری پوشش و اراضی پس از مرور مطالعات قبلی روی نمونه‌های مشابه (Falahatkar et al., 2016; Rimal et al., 2017; Moghadam et al., 2013; Keshtkar & Vigot, 2016; Keshtkar & Vigot, 2015)، پنج عامل شیب، ارتفاع، فاصله از جاده، فاصله از رودخانه و فاصله از زمین‌های بایر به عنوان فاکتورهای محرکه انتقال انتخاب شدند. نقاط کنترل به عوامل و مقدار تناسب در این زمینه در آماده‌سازی نقشه‌های انتقال

جدول (۴): وزن‌های استخراج شده بر اساس استانداردسازی فازی و AHP

عامل	نقاط کنترلی	وزن‌ها
فاصله از جاده	۰ - ۲۰ متر خیلی مناسب ۲۰ - ۱۰۰ متر مناسب ۱۰۰ < متر نامناسب	۰/۴۴۶
فاصله از رودخانه	۰ - ۲۰ متر خیلی مناسب ۲۰ - ۱۰۰ متر مناسب ۱۰۰ < متر نامناسب	۰/۰۶۷
فاصله از زمین‌های بایر	۰ - ۱۰۰ متر خیلی مناسب ۱۰۰ - ۳۰۰ متر مناسب ۳۰۰ < متر نامناسب	۰/۰۳۹
شیب	۰ - ۱۵ درصد خیلی مناسب ۱۵ - ۳۰ درصد مناسب ۳۰ < درصد نامناسب	۰/۱۷۹
ارتفاع	۱۴۰۰ - ۱۸۰۰ متر خیلی مناسب ۱۸۰۰ - ۲۰۰۰ متر مناسب ۲۰۰۰ < متر نامناسب	۰/۲۶۹

کرامر V مربوط به متغیر «فاصله از زمین‌های بایر» بوده و متغیرهای «ارتفاع» و «شیب» در رتبه بعدی قرار می‌گیرند (جدول ۵).

جدول (۵): لیست ارزش ضریب کرامر V کلی

متغیر (نیروی محرکه)	کلی V کرامر
فاصله از جاده	۰/۱۶
فاصله از رودخانه	۰/۱۵
فاصله از زمین‌های بایر	۰/۴۸
ارتفاع	۰/۲۱
شیب	۰/۲۱

قدرت توضیحی بالقوه هر عامل یا نیروی محرکه، با ضریب کرامر V (CVC)<sup>(۹)</sup> نشان داده می‌شود که میزانی برای اندازه‌گیری قرابت بین دو متغیر اسمی است که بین ۰ و ۱+ قرار دارد. متغیرهایی که دارای ضریب کرامر V در حدود ۰/۱۵ یا بیشتر هستند، مورد استفاده قرار می‌گیرند (Hamdy et al. 2017) و مقادیر ۰/۴ و بالاتر، در دامنه خوب از نظر تاثیرگذاری قرار می‌گیرند (Eastman, 2014). بنابراین، در این پژوهش، متغیرهای نمایانگر مقادیر ضریب کرامر V کلی<sup>(۱۰)</sup> بیشتر از ۰/۱۵ در مدل‌سازی پوشش و کاربری اراضی مدنظر قرار گرفتند که بالاترین مقدار کلی

گرفت. در نهایت، نقشه‌های پیش‌بینی تغییرات پوشش و کاربری زمین برای سال ۲۰۲۷ و ۲۰۳۷ شبیه‌سازی شدند.

### نتایج

#### پویایی و تغییرات پوشش و کاربری اراضی

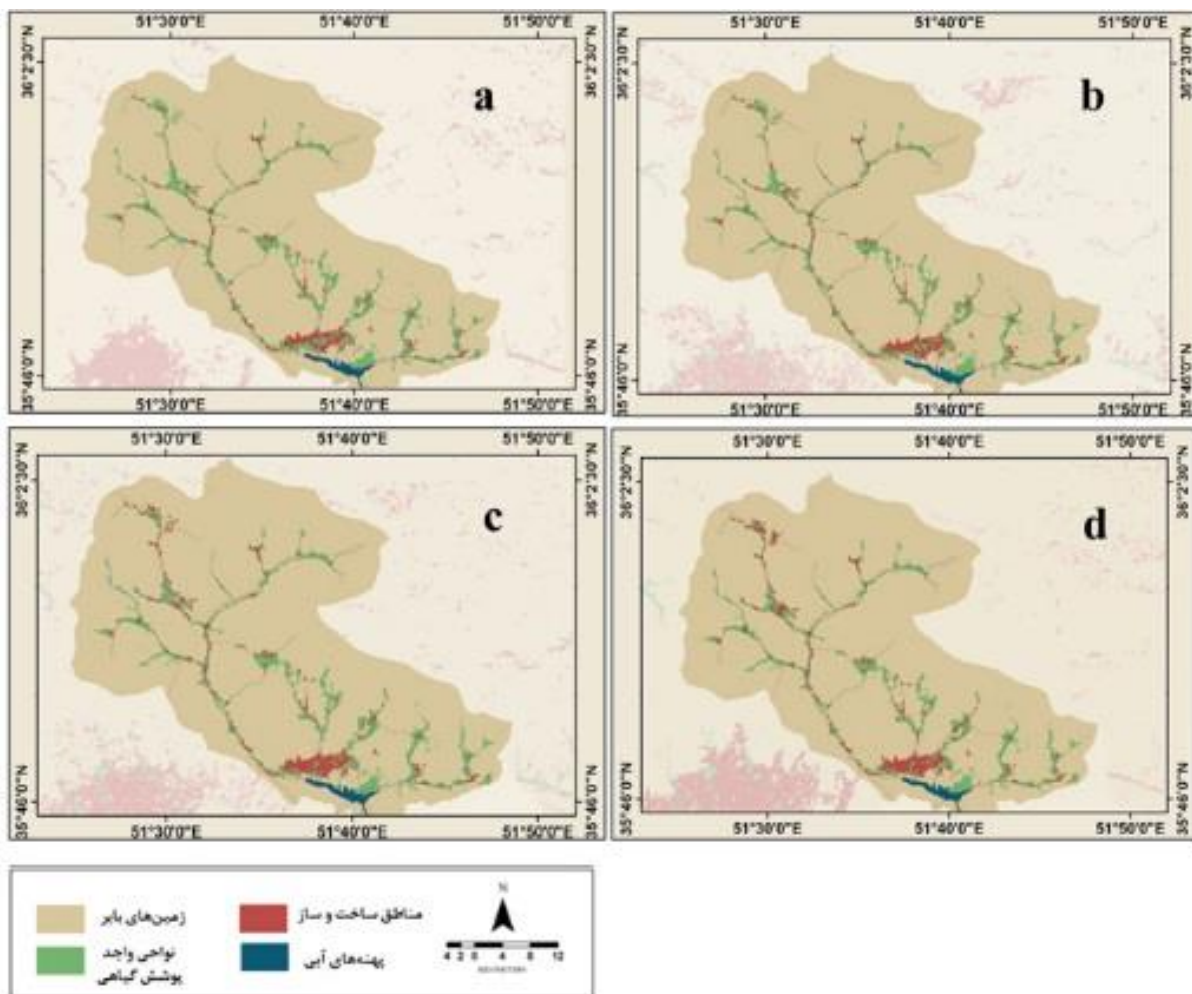
نتایج این بررسی نمایانگر تغییرات جدی پوشش و کاربری اراضی بین سال‌های ۱۹۸۷ تا ۲۰۱۷ است. نسبت‌های انتقال در سه دوره زمانی این پژوهش بررسی و از مدل پیش‌بینی برای تشخیص دقت نتایج نقشه پوشش و کاربری اراضی و مقایسه با نقشه واقعی استفاده شد (جدول ۶). شکل (۳) نمایانگر چهار تصویر پوشش و کاربری اراضی برای سال‌های ۱۹۸۷، ۱۹۹۸، ۲۰۰۷، ۲۰۱۷ است. نتایج حاصل به صورت آشکار، رشد نواحی انسان‌ساخت، تخریب مناطق واجد پوشش گیاهی و زمین‌های بایر را نشان می‌دهند. بین سال‌های ۱۹۸۷ تا ۲۰۱۷، محدوده گسترده‌ای از تغییرات پوشش و کاربری اراضی مشاهده شد که شامل افزایش نواحی انسان‌ساخت، کاهش نواحی پوشش گیاهی و تغییر جزئی در اراضی فاقد پوشش بود، در حالی که هیچ تغییری در منابع آبی وجود نداشت.

#### شبیه‌سازی و پیش‌بینی تغییرات پوشش و کاربری اراضی

LCM برای مدل‌سازی تغییر کاربری اراضی مدل مناسبی است. زیرا، این مدل توان‌مندی‌های زنجیره مارکوف، پرسپترون چند لایه (MLP)، رگرسیون لجستیک و MOLA (تخصیص اراضی چند هدفه) را ترکیب کرده و آن را به یک گزینه عالی برای شبیه‌سازی فرآیندهای پیچیده تبدیل می‌کند (Eastman, 2009; Mas et al., 2014, Falahatkar et al., 2016). بعد از ارزیابی دقت و پردازش تصاویر ماهواره‌ای، ماتریس احتمال انتقال برای تغییرات پوشش و کاربری اراضی در سه دوره زمانی ۱۹۸۷-۱۹۹۸، ۱۹۹۸-۲۰۰۷ و ۲۰۰۷-۲۰۱۷ با استفاده از زنجیره مارکوف ایجاد شد. گام بعدی، تهیه نقشه‌های پتانسیل انتقال انواع کاربری اراضی در LCM بود که با استفاده از ارزیابی چند معیاره (MCE)، منطق فازی، پرسپترون چند لایه (MLP) و شبکه عصبی مصنوعی (ANN) تهیه شد. سپس، نقشه‌های پیش‌بینی سال‌های ۲۰۰۷ و ۲۰۱۷ در LCM ایجاد شدند. در مرحله بعدی، نقشه‌های واقعی و نقشه‌های پیش‌بینی شده برای سال ۲۰۱۷ مقایسه و ارزیابی شدند، و نقشه کاربری اراضی سال ۲۰۱۷ به عنوان نقشه اصلی برای شبیه‌سازی تغییرات آتی در سال ۲۰۲۷ و ۲۰۳۷ با محاسبه ماتریس احتمال انتقال طی سال‌های ۲۰۰۷-۲۰۱۷ مورد استفاده قرار

جدول (۶): دقت طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای سال‌های ۱۹۸۹، ۱۹۹۸، ۲۰۰۷ و ۲۰۱۷

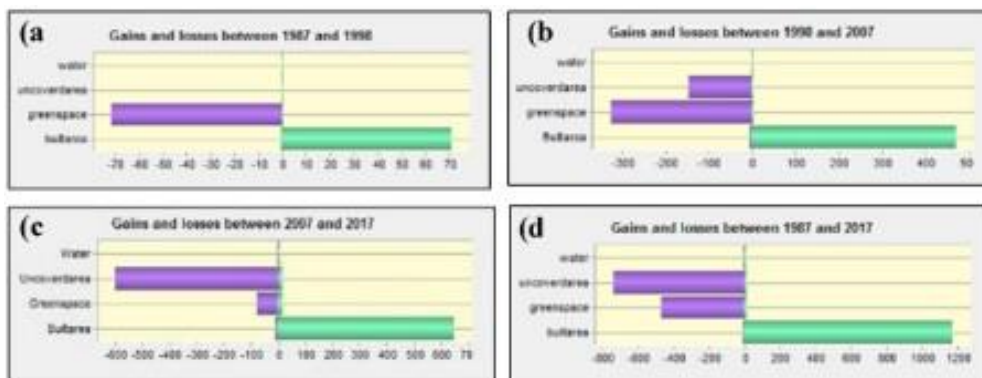
سال	۱۹۸۷TM	۱۹۹۸TM	۲۰۰۷ ETM+	۲۰۱۷ OLI - TIRS
دقت کلی	%۸۰/۶۶	%۸۳/۲۱	%۸۴/۳۲	%۸۵/۱۲
	دقت کاربر دقت تولیدکننده	دقت کاربر دقت تولیدکننده	دقت کاربر دقت تولیدکننده	دقت کاربر دقت تولیدکننده
نواحی انسان ساخت	%۸۳/۹ %۸۲/۳	%۸۴/۶ %۸۲/۷	%۸۷/۳ %۸۶/۸	%۸۵/۷ %۸۴/۳
نواحی پوشش گیاهی	%۸۲/۷ %۷۸/۵	%۸۳/۷ %۸۲/۳	%۸۶/۹ %۸۵/۳	%۸۴/۷ %۸۳/۴
اراضی فاقد پوشش	%۸۱/۳ %۷۹/۴	%۸۲/۲ %۸۰/۱	%۸۱/۸ %۸۹/۲	%۸۲/۴ %۸۷/۳
منابع آبی	%۸۵/۱ %۸۱/۰	%۸۶/۹ %۸۹/۳	%۸۸/۱ %۸۳/۶	%۹۱/۳ %۸۸/۰



شکل (۳): نقشه‌های کاربری پوشش و اراضی واقعی، سری زمانی برای حوزه‌ی آبریز سد لتیان برای سال‌های ۱۹۸۷ (a)، ۱۹۹۸ (b)، ۲۰۰۷ (c) و ۲۰۱۷ (d)

تبدیل آنها به ساخت‌وساز و بافت مسکونی و خدماتی، کاملاً مشهود است. کمترین میزان تغییر (نزدیک به صفر) در این مقیاس، مربوط به منابع آبی بوده است شکل (۴).

بین سال‌های ۱۹۸۷ تا ۲۰۱۷ تغییرات عمده‌ای در کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه رخ داده است. رشد ساخت‌وسازها، تخریب باغات و کاهش پوشش گیاهی، کاهش اراضی فاقد پوشش و



شکل (۴): نمودارهای انتقالی که تغییرات پوشش زمین را بر حسب هکتار و با احتساب مقدار به دست آمده و مقدار از دست رفته در دوره‌های زمانی نشان می‌دهد: (a) ۱۹۸۷-۱۹۹۸ (b) ۱۹۹۸-۲۰۰۷ (c) ۲۰۰۷-۲۰۱۷ (d) ۱۹۸۷-۲۰۱۷

این مقیاس دیده نمی‌شود. در دوره سوم یعنی طی سال‌های ۲۰۰۷ تا ۲۰۱۷، بیشترین افزایش مربوط به طبقه نواحی انسان‌ساخت با افزایش ۶/۷۴ کیلومترمربع و بیشترین کاهش مربوط به طبقه اراضی فاقد پوشش با کاهش ۶/۰۶ کیلومترمربع بوده است. در مجموع مساحت طبقه انسان‌ساخت از ۲۰/۱۶ کیلومترمربع به ۲۶/۹۰ کیلومترمربع افزایش داشته و مساحت اراضی فاقد پوشش از ۷۲۷/۳۸ کیلومترمربع به ۷۲۱/۳۲ کیلومترمربع و نواحی پوشش گیاهی از ۴۳/۲۶ کیلومترمربع به ۴۲/۵۸ کیلومترمربع کاهش یافته‌اند. در طی این سال‌ها نیز تغییری در منابع آبی در این مقیاس دیده نمی‌شود. در مجموع و با توجه به روند افزایشی ساخت‌وسازها، در طی این دوره ۳۰ ساله، ۱۱/۳۸ کیلومترمربع به این طبقه از کاربری اضافه شده که مساحت آن را از ۱۵/۵۲ کیلومترمربع در ۱۹۸۷ به ۲۶/۹۰ کیلومترمربع در ۲۰۱۷ رسانده است. ۴/۵۵ کیلومترمربع از نواحی واجد پوشش گیاهی و ۷/۵۴ کیلومترمربع از اراضی فاقد پوشش در طی این ۳۰ سال کاسته شده و مساحت طبقه اراضی فاقد پوشش از ۷۲۸/۸۶ کیلومترمربع به ۷۲۱/۳۲ کیلومترمربع و نواحی واجد پوشش گیاهی از ۴۷/۱۳ کیلومترمربع به ۴۲/۵۸ کیلومترمربع، رسیده است (جداول ۷ و ۸).

عوامل متعدد طبیعی و انسانی می‌تواند تغییرات پوشش و کاربری اراضی را سبب شده و نرخ انتقال را در دوره‌های مختلف زمانی، متفاوت سازد. تغییرات پوشش و کاربری اراضی برای محدوده مطالعاتی در سه دوره زمانی گروه‌بندی شد. اولین گروه مربوط به سال‌های ۱۹۸۷ تا ۱۹۹۸ است و بیانگر افزایش نواحی ساخت‌وساز از ۱۴/۸۱ کیلومترمربع به ۱۵/۵۲ کیلومترمربع و در مجموع افزایشی به میزان ۰/۷۱ کیلومترمربع بوده است. در طی همین دوره زمانی، ۰/۷۱ کیلومترمربع از نواحی واجد پوشش‌های گیاهی، کاسته شده است و مساحت این طبقه از کاربری از ۴۷/۱۳ کیلومترمربع به ۴۶/۴۲ کیلومترمربع کاهش یافته است، لیکن تغییری در اراضی فاقد پوشش و منابع آبی به وجود نیامده است. در بازه زمانی دوم یعنی سال‌های ۱۹۹۸ تا ۲۰۰۷، ساخت‌وسازها با رشدی که داشته‌اند، ۴/۶۴ کیلومترمربع به مساحت خود افزوده و از طرفی نواحی واجد پوشش گیاهی با کاهش مساحت، از ۴۶/۴۲ کیلومترمربع در ۱۹۹۸ به ۴۳/۲۶ کیلومترمربع در ۲۰۰۷ رسیده است. در طی این سال‌ها ۳/۱۶ کیلومترمربع از این طبقه و هم‌زمان ۱/۴۸ کیلومترمربع از اراضی فاقد پوشش نیز تحت تاثیر گسترش ساخت‌وسازها کاهش یافته است، لیکن تغییری در منابع آبی در

جدول (۷): توزیع مناطق کاربری زمین از سال ۱۹۸۷ تا سال ۲۰۱۷ (کیلومتر مربع)

LULC	۱۹۸۷	%	۱۹۹۸	%	۲۰۰۷	%	۲۰۱۷	%
نواحی انسان‌ساخت	۱۴/۸۱	۱/۸۶	۱۵/۵۲	۱/۹۵	۲۰/۱۶	۲/۵۴	۲۶/۹۰	۳/۳۹
نواحی پوشش گیاهی	۴۷/۱۳	۵/۹۳	۴۶/۴۲	۵/۸۴	۴۳/۲۶	۵/۴۴	۴۲/۵۸	۵/۳۵
اراضی فاقد پوشش	۷۲۸/۸۶	۹۱/۷۰	۷۲۸/۸۶	۹۱/۷۰	۷۲۷/۳۸	۹۱/۵۱	۷۲۱/۳۲	۹۰/۷۵
منابع آبی	۴/۰۳	۰/۵۱	۴/۰۳	۰/۵۱	۴/۰۳	۰/۵۱	۴/۰۳	۰/۵۱
کل	۷۹۴/۸۳	۱۰۰	۷۹۴/۸۳	۱۰۰	۷۹۴/۸۳	۱۰۰	۷۹۴/۸۳	۱۰۰

جدول (۸): مقدار تغییرات پوشش و کاربری اراضی (کیلومتر مربع)

LULC	۱۹۸۷-۱۹۹۸		۱۹۹۸-۲۰۰۷		۲۰۰۷-۲۰۱۷		۱۹۸۷-۲۰۱۷	
	مساحت	%	مساحت	%	مساحت	%	مساحت	%
نواحی انسان‌ساخت	۰/۷۱+	۴/۸+	۴/۶۴+	۲۹/۹+	۶/۷۴+	۳۳/۴+	۱۱/۳۸+	۸۱/۶+
نواحی پوشش گیاهی	۰/۷۱-	۱/۵-	۳/۱۶-	۶/۸-	۰/۶۸-	۱/۶-	۴/۵۵-	۹/۶۵-
اراضی فاقد پوشش	.	.	۱/۲۲-	۰/۱۷-	۶/۰۶-	۰/۸-	۷/۵۴-	۱/۰۳-
منابع آبی	.	.	.	.	.	.	.	.

تیپ‌های اراضی چگونه نمایانگر تغییر هستند (جدول ۹). ماتریس احتمال انتقال نشان می‌دهد که هر طبقه از کاربری اراضی چقدر احتمال تغییر و تبدیل شدن به طبقه دیگر و یا چقدر احتمال ثابت

تهیه ماتریس احتمال انتقال<sup>(۱۱)</sup> تغییر کاربری اراضی ماتریس احتمال انتقال برای دوره‌های ۱۹۸۷-۱۹۹۸، ۱۹۹۸-۲۰۰۷، ۲۰۰۷-۲۰۱۷ محاسبه شد تا نشان داده شود که هر یک از

فعالیت‌های ساخت‌وساز، این احتمال از سال ۱۹۹۸ تا ۲۰۰۷ به ۴/۲۷ درصد رسید.

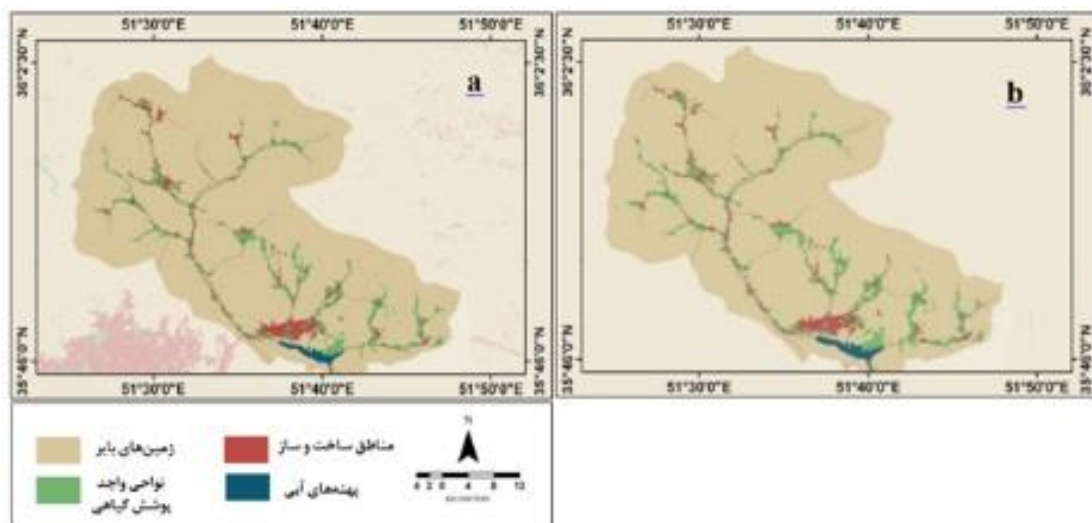
ماندن در طبقه خود و پتانسیل عدم تغییر را دارد. برای مثال، از سال ۱۹۷۸ تا ۱۹۹۸، احتمال تبدیل مناطق واجد پوشش گیاهی به نواحی ساخت‌وساز، برابر ۱/۲۴ درصد بوده است. به دلیل تسریع

جدول (۹): ماتریس احتمال انتقال محاسبه شده در دوره‌های ۱۹۸۷ تا ۲۰۱۷

	پوشش و کاربری اراضی	نواحی انسان ساخت	نواحی پوشش گیاهی	اراضی فاقد پوشش	منابع آبی
۱۹۹۸-۱۹۸۷	نواحی انسان ساخت	۱/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰
	نواحی پوشش گیاهی	۰/۰۱۲۴	۰/۹۸۷۶	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰
	اراضی فاقد پوشش	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۱/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰
	منابع آبی	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۱/۰۰۰۰
۲۰۰۷-۱۹۹۸	نواحی انسان ساخت	۱/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰
	نواحی پوشش گیاهی	۰/۰۴۲۷	۰/۹۵۷۳	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰
	اراضی فاقد پوشش	۰/۰۰۱۰	۰/۰۰۰۰	۰/۹۹۹۰	۰/۰۰۰۰
	منابع آبی	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۱/۰۰۰۰
۲۰۱۷-۲۰۰۷	نواحی انسان ساخت	۰/۹۹۷۹	۰/۰۰۱۳	۰/۰۰۰۷	۰/۰۰۰۰
	نواحی پوشش گیاهی	۰/۰۳۳۹	۰/۹۶۵۱	۰/۰۰۰۸	۰/۰۰۰۱
	اراضی فاقد پوشش	۰/۰۰۳۳	۰/۰۰۰۱	۰/۹۹۶۶	۰/۰۰۰۰
	منابع آبی	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۱۲	۰/۹۹۸۶

سال ۲۰۱۷، با نقشه کاربری اراضی واقعی همان سال مقایسه و بر اساس مقدار کاپا (۰/۸۵) نقشه پیش‌بینی شده، نقشه ۲۰۱۷ به عنوان نقشه پایه در شبیه‌سازی و پیش‌بینی آتی پوشش و کاربری اراضی در سال‌های ۲۰۲۷ و ۲۰۳۷ به کار گرفته شد (شکل ۵).

با توجه به ماتریس انتقال دوره‌های زمانی ۱۹۸۷-۱۹۹۸ و ۲۰۰۷-۱۹۹۸ که بر اساس زنجیره مارکوف برآورد شده، نقشه پوشش و کاربری اراضی برای سال‌های ۲۰۰۷ و ۲۰۱۷ پیش‌بینی و شبیه‌سازی شدند. سپس، نقشه کاربری اراضی پیش‌بینی شده برای



شکل (۵): نقشه پوشش و کاربری اراضی در سال ۲۰۱۷: (a) نقشه واقعی؛ (b) نقشه شبیه‌سازی شده

را برای نقشه احتمال انتقال نشان بدهد. برای اجرای MLP، متغیرها (شیب، ارتفاع، فاصله از جاده، فاصله از رودخانه، فاصله از

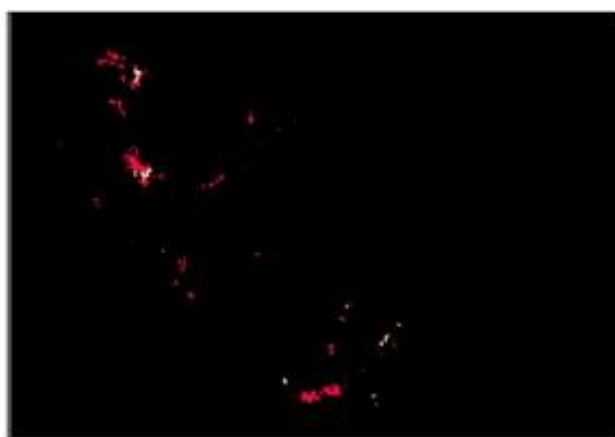
یکی از ویژگی‌های LCM امکان استفاده از MLP و شبکه عصبی مصنوعی (ANN) است تا زیر مدل‌های پوشش و کاربری اراضی

گیاهی، بیشترین گرایش جهت تبدیل به نواحی انسان‌ساخت را دارا هستند. همچنین، در زیر مدل‌های تبدیل اراضی فاقد پوشش و نواحی پوشش گیاهی به نواحی انسان‌ساخت، متغیرهای شیب و ارتفاع بیشترین نقش را در ارتباط با دقت مدل MLP داشتند.

زمین‌های بایر و رودی‌هایی به عنوان متغیرهای مستقل بوده و تصاویر پوشش و کاربری اراضی، ورودی‌هایی به عنوان متغیرهای وابسته هستند. ضریب مومنتوم برابر ۰/۵ و تکرار آن ۱۰۰۰۰ بار است. مشخصات مدل‌های فرعی در جدول (۱۰) نشان داده شده‌اند. نتایج حاصل نشان می‌دهند که برای سه دوره، نواحی واجد پوشش

جدول (۱۰): مشخصات زیر مدل‌های مختلف تبدیل کاربری اراضی در دوره‌های ۱۹۸۷ تا ۲۰۱۷

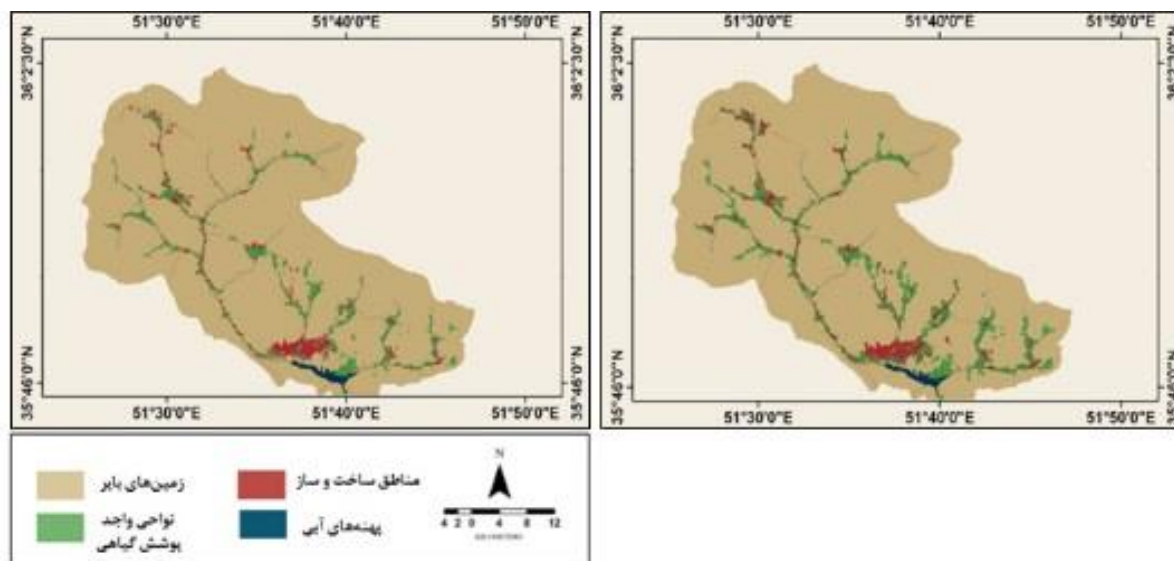
میزان صحت	RMS تست	RMS آموزش	نیروی آموزش	تکرار	تعداد گره در لایه مخفی	فاکتور مومنتوم	نوع مدل	متغیر	نام زیر مدل
۸۷/۸	۰/۳۰۸۵	۰/۳۰۱۳	۰/۰۱	۱۰۰۰۰	۱۰	۰/۵	MLP Neural Network	شیب، ارتفاع، فاصله ازجاده، فاصله از رودخانه، فاصله از اراضی بایر،	نواحی پوشش گیاهی به انسان‌ساخت
۸۱/۹۸	۰/۳۵۲۱	۰/۳۳۱۷	۰/۰۰۱	۱۰۰۰۰	۳	۰/۵	MLP Neural Network	شیب، ارتفاع، فاصله ازجاده، فاصله از رودخانه، فاصله از اراضی بایر،	اراضی فاقد پوشش به نواحی انسان‌ساخت
۸۳/۸	۰/۳۱۲۱	۰/۳۰۲۴	۰/۰۱	۱۰۰۰۰	۶	۰/۵	MLP Neural Network	شیب، ارتفاع، فاصله ازجاده، فاصله از رودخانه، فاصله از اراضی بایر،	نواحی انسان‌ساخت به اراضی فاقد پوشش
۸۵/۲	۰/۳۴۹۳	۰/۳۱۲۷	۰/۰۱	۱۰۰۰۰	۵	۰/۵	MLP Neural Network	شیب، ارتفاع، فاصله ازجاده، فاصله از رودخانه، فاصله از اراضی بایر،	نواحی انسان‌ساخت به نواحی پوشش گیاهی



شکل (۶): پیکسل‌های انتقالی کاربری اراضی (زیرمدل‌های تبدیل نواحی پوشش گیاهی و اراضی فاقد پوشش به نواحی انسان‌ساخت) از ۱۹۸۷ تا ۲۰۱۷ جهت پیش‌بینی تغییرات و شبیه‌سازی سال ۲۰۲۷

مدل MLP-ANN، بر مبنای زیرمدل‌های طراحی شده، پیکسل‌هایی که دارای بیشترین احتمال تبدیل به کاربری خاصی در سال موردنظر هستند را شناسایی و به طبقه آن کاربری اختصاص می‌دهند (شکل ۶). به این ترتیب، الگوی توزیع مکانی طبقات کاربری برای سال‌های ۲۰۲۷ و ۲۰۳۷ بر مبنای احتمال تغییرات آینده، مدل‌سازی و پیش‌بینی شد (شکل ۷).

رویکرد بررسی گذشته و حال و سناریوی تداوم (فرض این که تغییرات کاربری اراضی مثل سال‌های قبل ادامه پیدا می‌کند)، همچنین، نتایج به دست آمده از LCM بر اساس این سناریو نشان می‌دهند که اگر الگوی ۳۰ سال اخیر در آینده نیز ادامه پیدا کند، تخریب نواحی پوشش گیاهی در حوضه آبریز به اندازه ۰/۵۸ کیلومتر مربع در طی سال‌های ۲۰۱۷ تا ۲۰۲۷ و ۰/۶۹ کیلومتر مربع طی سال‌های ۲۰۲۷ تا ۲۰۳۷ ادامه پیدا خواهد کرد که معادل ۱/۳۱ درصد کاهش در سال ۲۰۲۷ و ۱/۶۴ درصد کاهش در سال ۲۰۳۷



شکل (۷): پیش‌بینی تغییرات پوشش و کاربری اراضی: (a) ۲۰۲۷ - (b) ۲۰۳۷

منطقه، نواحی انسان‌ساخت در این حوضه آبریز از ۲۶/۹۰ کیلومتر مربع در سال ۲۰۱۷ به ۲۷/۴۸ کیلومتر مربع در سال ۲۰۲۷ و ۲۸/۷۱ کیلومتر مربع در سال ۲۰۳۷ می‌رسد (جدول ۱۱) که این بدان معناست که ۲/۲ درصد افزایش تا سال ۲۰۲۷ و ۲/۵ درصد افزایش تا سال ۲۰۳۷ وجود دارد (جدول ۱۲).

خواهد بود (جدول ۱۲). این در حالی است که مساحت نواحی انسان‌ساخت، افزایشی نزدیک به همین ارقام طی سال‌های ۲۰۲۷ و ۲۰۳۷ را نشان می‌دهد. کل ناحیه پوشش گیاهی تا سال ۲۰۲۷ به ۴۱/۳۳ کیلومتر مربع و در سال ۲۰۳۷ به ۴۱/۳۳ کیلومتر مربع می‌رسد. بر اساس این سناریو، با ادامه فعالیت‌های ساختمانی در

جدول (۱۱): پیش‌بینی توزیع تغییرات پوشش و کاربری طی سال‌های ۲۰۱۷-۲۰۳۷ (کیلومتر مربع)

پوشش و کاربری اراضی	۲۰۱۷	%	۲۰۲۷	%	۲۰۳۷	%
نواحی انسان‌ساخت	۲۶/۹۰	۳/۳۹	۲۷/۴۸	۳/۴۵	۲۸/۱۷	۳/۵۵
نواحی پوشش گیاهی	۴۲/۵۸	۵/۳۵	۴۲/۰۲	۵/۳۰	۴۱/۳۳	۵/۲۰
اراضی فاقد پوشش	۷۲۱/۳۲	۹۰/۷۵	۷۲۱/۳۰	۹۰/۷۴	۷۲۱/۳۰	۹۰/۷۴
منابع آبی	۴/۰۳	۰/۵۱	۴/۰۳	۰/۵۱	۴/۰۳	۰/۵۱
کل	۷۹۴/۸۳	۱۰۰	۷۹۴/۸۳	۱۰۰	۷۹۴/۸۳	۱۰۰

جدول (۱۲): پیش‌بینی مقدار تغییرات پوشش و کاربری اراضی (کیلومتر مربع)

پوشش و کاربری اراضی	۲۰۲۷-۲۰۱۷		۲۰۳۷-۲۰۲۷	
	مساحت (km <sup>2</sup> )	%	مساحت (km <sup>2</sup> )	%
نواحی انسان‌ساخت	+۰/۵۸	+۲/۲۰	+۰/۶۹	+۲/۵۱
نواحی پوشش گیاهی	-۰/۵۶	-۱/۳۱	-۰/۶۹	-۱/۶۴
اراضی فاقد پوشش	-۰/۰۲	-۰/۰۰۲	.	.
منابع آبی	.	.	.	.

پیش‌بینی این تغییرات در سال‌های ۲۰۲۷ و ۲۰۳۷ با استفاده از مدل LCM است. نتایج و تحلیل‌ها حاکی از افزایش و گسترش نواحی ساخت‌وساز، کاهش نواحی واجد پوشش گیاهی و اراضی

## بحث و نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر، بیانگر تغییرات پوشش و کاربری اراضی در حوضه آبریز سد لتیان در سال‌های ۱۹۸۷، ۱۹۹۸، ۲۰۰۷، ۲۰۱۷ و



نقش داشته باشند. نتایج پژوهش‌های انجام شده توسط (Darabi & Jalali, 2018) نشان می‌دهد که هزینه‌های سوداگری، منجر به ناکارآمدی شده و سخت‌گیری‌های مراجع و سازمان‌های رسمی، جهت دادن مجوزهای قانونی ساخت‌وساز و تغییر کاربری اراضی، باعث دور زدن و پیدا کردن راه‌های میان‌بر غیرقانونی برای سرمایه‌گذاران و افراد عادی شده است.

نتایج این پژوهش به تدوین سیاست‌های مدیریتی برای حفظ منابع طبیعی در حوضه آبریز سد لتیان و کمینه‌سازی خطر از هم‌گسیختگی نواحی پوشش گیاهی در این اقلیم نیمه خشک کمک می‌نماید. همچنین این نتایج، به برنامه‌ریزان و تصمیم‌گیرندگان، در آماده‌سازی صحیح‌ترین طرح‌های توسعه همراه با پیش‌بینی تغییرات پوشش و کاربری اراضی برای دستیابی به یک برنامه‌ریزی منطقه‌ای پایدار کمک می‌کند. این آگاهی، کمک به حفاظت از منابع طبیعی و زمین‌های حومه شهری به عنوان میراث طبیعی برای نسل‌های آینده کرده و منجر به درک و تفسیری مناسب‌تری از طبیعت می‌شود و مشارکت عمومی را جهت حفظ آن می‌طلبد. همچنین، این نتایج می‌تواند در تلفیق برنامه‌ریزی حفاظتی و برنامه‌های توسعه جهت حفظ اکوسیستم‌های طبیعی و سیمای سرزمین فرهنگی در این حوضه آبریز اثربخش باشد. برای فعالیت‌های آتی در مورد پویایی پوشش و کاربری اراضی در حوضه آبریز سد لتیان، استفاده از متغیرهای توصیفی اثرگذار بر این پویایی مانند رشد جمعیت، ساخت‌وسازهای اثرگذار بر ساختار سیمای سرزمین و تغییرات در رژیم بارندگی توصیه می‌شود. همچنین، تعیین راهبردهایی نظیر اصلاح و تعدیل قیمت زمین جهت کاهش ساخت‌وسازهای بی‌برنامه، حفظ پوشش رودکناری، حفظ استانداردهای بوم‌شناختی و ارزش‌های فرهنگی و گردشگری پیشنهاد می‌شود. به دلیل تاثیر جوامع بومی و غیربومی (ساکن یا غیرساکن) در ارتباط با تخریب محیط زیست، اجرای مطالعات اجتماعی-اقتصادی و فرهنگی بر اساس رویکرد مشارکت مردمی و افزایش زیرساخت‌های گردشگری پیشنهاد می‌شود. به گونه‌ای که مطالعات آتی، تکمیل‌کننده پیش‌بینی‌ها و نتایج حاصل از تحلیل‌های این پژوهش باشد تا تصمیم‌گیری‌ها و تنظیم سیاست‌ها، با دقت بیشتری صورت گیرند.

### تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله از آقای مهندس محمدجواد نیکخواه که در آشکارسازی تصاویر ماهواره‌ای و تهیه نقشه‌های کاربری اراضی همکاری

فاقد پوشش و عدم تغییر در منابع آبی بوده است. نواحی انسان‌ساخت با مساحت ۱۴/۸۱ کیلومتر مربع در سال ۱۹۸۷، به ۲۶/۹۰ کیلومتر مربع در سال ۲۰۱۷ افزایش پیدا کردند و الگوی پیش‌بینی شده برای سال‌های ۲۰۲۷ و ۲۰۳۷، نمایانگر آهنگ افزایش این طبقه تا ۲۷/۴۸ و ۲۸/۱۷ کیلومتر مربع در سال‌های مذکور است. این در حالی است که مساحت نواحی واجد پوشش گیاهی کاهش یافته و از ۴۷/۱۳ کیلومتر مربع در ۱۹۸۷، به ۴۲/۰۲ و ۴۱/۳۳ کیلومتر مربع در سال‌های ۲۰۲۷ و ۲۰۳۷ خواهند رسید. نتایج این پژوهش با نتایج سایر مطالعات مثل (Ansari et al., 2019; Azari et al., 2016; Falahatkar et al., 2016; Subdi et al., 2013; Gholamalifard et al., 2012; Sang et al., 2011) مشابهت داشته و جنبه‌ای که این پژوهش را از سایر مطالعات قبلی متمایز می‌سازد، موقعیت جغرافیایی و اقلیمی، نزدیکی به کلان‌شهر و نوع نیروهای محرکه‌ای است که این حوضه آبریز را دست‌خوش تغییرات ساخته است. این چهار نیروی محرکه در منطقه‌ی مطالعاتی عبارتند از:

۱. نزدیکی به کلان شهر تهران و وجود زمین‌های کافی برای مسکن و گسترش شهری.
  ۲. رشد و تراکم جمعیت در کلان‌شهر تهران، گرانی زمین و مسکن و افزایش تقاضای ساخت‌وساز در مناطق اطراف
  ۳. کمیاب بودن فضاهای باز و تفریحی در کلان‌شهر تهران
  ۴. تغییر سبک زندگی و گرایش افراد به زندگی مجلل و داشتن خانه‌ی دوم یا ویلا در نواحی خوش آب و هوا
- این نیروهای محرکه، اثرات قابل توجهی بر تغییرات کاربری اراضی داشته و از دو جنبه ماهیت و نرخ تغییرات قابل بررسی است. در ابتدا، ماهیت این تغییرات است که با کاهش نواحی واجد پوشش گیاهی، اراضی فاقد پوشش و افزایش نواحی انسان‌ساخت همراه بوده و تغییراتی را در ترکیب و توزیع کاربری اراضی به وجود آورده است. دوم، نرخ (سرعت) این تغییرات است که طی سال‌های ۱۹۹۸ تا ۲۰۰۷ افزایش قابل توجهی نسبت به دهه اول (۱۹۸۷-۱۹۹۸) و دهه سوم (۲۰۰۷-۲۰۱۷) این پژوهش دارد که می‌تواند با بهبود شرایط اقتصادی در این دوران، رابطه مستقیم داشته باشد. کمبود توسعه زیرساخت مرتبط با نیاز جوامع محلی، سیاست‌های نامناسب زمین و مسکن، تاثیر واسطه‌ها و بنگاه‌ها و خرید املاک مردم محلی به قیمت حداقل، جامعه بومی را با زبان‌های مالی و اقتصادی همراه کرده، به طوری که باعث شده تا آنان به صورت غیر مستقیم در تخریب محیط‌زیست، منابع و میراث فرهنگی خود

4. Maximum feasible algorithm	داشته‌اند و آقای دکتر عباس نجفی به جهت کمک در تهیه
5. Accuracy assessment	نقشه‌های پیش‌بینی در LCM، ق‌دردانی می‌گردد.
6. Overall accuracy	
7. User's accuracy	
8. Producer's accuracy	
9. Transition Potential Maps	
10. Cramer's V coefficient	یادداشت‌ها
11. Overall Cramer's V	1. Land Cover (LC)
12. Transition probability matrixes	2. Binary logistic regression
	3. Maximum Likelihood Classification (MLC)

### منابع

- Aghaee, M.; Khavarian, H. & Mostafazadeh, R. 2020. Prediction of Land Use Changes Using CA-Markov and LCM Models in the Kozeh-toparaghi Watershed in the Ardabil Province. *Watershed Management Research*. 33(3):91-107. (in Persian)
- Al-sharif, A. & Pradhan, B. (2013). Monitoring and predicting land use change in Tripoli Metropolitan City using an integrated Markov chain and cellular automata models in GIS -Arab J Geosci.
- Anand, J., Gosain, A.K., & Khosa, R., 2018. Prediction of land use changes based on Land Change Modeler and attribution of changes in the water balance of Ganga basin to land use change using the SWAT model. *Sci. Total Environ*. 644, 503-519.
- Ansari, A., & Golabi, M.H., (2019). Prediction of spatial land use changes based on LCM in a GIS environment for Desert Wetlands: A case study: Meighan Wetland, Iran. *International Soil and Water Conservation Research*. (7):64-70.
- Araya, Y.H. & Cabral, P. (2010). Analysis and Modeling of Urban Land Cover Change in Setúbal and Sesimbra, Portugal. *Remote Sens*. 2, 1549–1563.
- Ayele, G., Hayicho, H., & Alemu, M. (2019). Land Use Land Cover Change Detection and Deforestation Modeling: In Delomena District of Bale Zone, Ethiopia. *Journal of Environmental Protection*. 10, 532-561.
- Azari, M., Tayyebi, A., Helbich, M., & Reveshty, M.A., 2016. Integrating cellular automata, artificial neural network, and fuzzy set theory to simulate threatened orchards: application to Maragheh Iran. *GIScience & Remote Sensing*. 53 (2), 183-205.
- Bai, Y., Ochuodho, T.O., & Yang, J., 2019. Impact of land use and climate change on water-related ecosystem services in Kentucky, USA. *Ecol. Indicat*. 102, 51-64.
- Belal, A., & Moghanm, F. (2011): Detecting urban growth using remote sensing and GIS techniques in Al Gharbiya governorate, Egypt. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science* 14: 73-79.
- Chen, J., Gong, P., He, C., Pu, R., & Shi, P. (2003): Land-use/land-cover change detection using improved change-vector analysis. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*. 69(4): 369-379.
- Clark Labs. *TerrSet Software*; Clark Labs: Worcester, MA, USA, 2016.
- Darabi, H., & Jalali, D. (2018): Illuminating the formal–informal dichotomy in land development on the basis of transaction cost theory. *Planning Theory* 2019, Vol. 18(1), PP. 100–121.
- Eastman, J.R. (2009). *Idrisi Tiaga: Guide to GIS and image processing*, Clark University.
- Eastman, J.R. *IDRISI Selva Tutorial*. (2014). Available online: [http://uhulag.mendelu.cz/files/pagesdata/eng/gis/idrisi\\_selva\\_tutorial.pdf](http://uhulag.mendelu.cz/files/pagesdata/eng/gis/idrisi_selva_tutorial.pdf) (accessed on 15 December 2014)

- Ebrahimi, E. 2020. Prioritization of Factors Affecting Landslide Occurrences and Preparation of Hazard Map Using a Novel Random Forest Algorithm (Case Study: Latian Dam Watershed). *Journal of Natural Geography*. 12 (49):125-143. (in Persian)
- Eyoh, A., Olayinka, D.N., Nwilo, P., Okwuashi, O.; Isong, M., & Udoudo, D. (2012). Modelling and Predicting Future Urban Expansion of Lagos, Nigeria from Remote Sensing Data Using Logistic Regression and GIS. *Int. J. Appl. Sci. Technol.* 2, 116–124.
- Falahatkar, S., Soffianian, A.R., Khajeddin, S.J., Ziaee, H.R.; & Ahmadi Nadoushan, M. (2011). Integration of Remote Sensing Data and GIS Prediction of Land Cover Maps. *International journal of geomatics and geoscience*. 1(4): 847-864.
- Falahatkar, S. Hosseini, S. M. Salman Mahini, A. & Ayoubi, Sh. (2016). Prediction of Land Use/Cover Change by Using LCM Model. *Journal of Environmental Research*. 13 (7): 163-174. (in Persian)
- Gholamalifard, M.; Joorabian Shooshtari, S.; Hosseini Kahnooj, H. & Mirzaei, M. 2013. Modeling Land Use Changes on the Coastal Areas of Mazandaran Province Using LCM in GIS Environment. *Journal of Environmental Studies (JES)*. 38(4): 109-124. (in Persian)
- Guan, D., Li, H., Inohae, T., Su, w., Nagaie, T., & Hokao, K. (2011). Modeling urban land use change by the integration of cellular automaton and Markov Model. *Ecology Modeling*. 222(20-22):3761-3772.
- Hamdy, O., Zhao, S., Salheen, M.A., & Eid, Y. Y. (2017). Analyses the Driving Forces for Urban Growth by Using IDRISI@Selva Models Abouelreesh - Aswan as a Case Study. *International Journal of Engineering and Technology*. 9(3), 226–232.
- Hoyer, R., & Chang, H., 2014. Assessment of freshwater ecosystem services in the Tualatin and Yamhill basins under climate change and urbanization. *Appl. Geogr.* 53, 402-416.
- Islam, K., Rahman, MdF., & Jashimuddin, M., 2018. Modeling land use change using cellular automata and artificial neural network: the case of Chunati Wildlife Sanctuary, Bangladesh. *Ecol. Indicat.* 88 (3), 439-453.
- JAMAB Consulting Engineers. 2006. Comprehensive Plan for the Jajrood and Karaj Watershed. (in Persian)
- Jensen, J.R. (1996). *Introductory Digital Processing: A Remote Sensing Perspective*; Prentice-Hall: Upper Saddle River, NJ, USA.
- Keshtkar, H., Voigt, W. 2015. A spatiotemporal analysis of landscape change using integrated Markov chain and cellular automata model. *Modeling Earth System & Environment*. 2(10), 1–13.
- Keshtkar, H., & Voigt, W. 2016. Potential impacts of climate and landscape fragmentation changes on plant distributions: Coupling multi-temporal satellite imagery with GIS-based cellular automata model. *Ecological. Information*. 32, 145–155.
- Lausch, A., & Herzog, F. 2002. Applicability of landscape metrics for the monitoring of landscape change: Issues of scale, resolution and interpretability. *Ecological Indicators*. 2, 3–15.
- Lee, Y.; & Chang, H. 2011. The Simulation of Land Use Change by CA-Markov: A Case Study of Tainan City, Taiwan. 19th International Conference on Geoinformatics. 24-26 June. China.
- Liu, G., Jin, Q., Li, J., Li, L., He, C., Huang, Y., & Yao, Y., 2017. Policy factors impact analysis based on remote sensing data and the CLUE-S model in the Lijiang River Basin, China. *Catena* 158, 286-297.
- Mas, J.F., Kolb, M., Paegelow, M. Camacho Olmedo, M.T., & Houet, T. 2014. Inductive pattern – based land use/cover change models: A comparison of four software package. *Environmental Modeling & Software*. 51(1), 94-111.
- Moghadam, H.S., & Helbich, M. 2013. Spatiotemporal urbanization processes in the megacity of Mumbai India: A Markov chains-cellular automata urban growth model. *Appl. Geogr.* 40, 140–149.

- Mozumder, C., Tripathi, N.K., & Losiri, C., 2016. Comparing three transition potential models: a case study of built-up transitions in North-East India. *Comput. Environ. Urban Syst.* 59 (1), 38-49.
- Rawat, J., Biswas, V., & Kumar, M. 2013. Changes in land use/cover using geospatial techniques: a case study of Ramnagar town area, district Nainital, Uttarakhand, India. – *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science* 16: 111-117.
- Rawat, J., & Kumar, M. 2015. Monitoring land use/cover change using remote sensing and GIS techniques: a case study of Hawalbagh block, district Almora, Uttarakhand, India. – *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science* 18: 77-84.
- Rezaei Moghadam, M., Asghari, S. & Feizollahpour, M. 2012. Modeling Flood Flow in the Jajrood River Watershed Using Multivariable Regression. *Journal of Geography.* 30: 163-176. (in Persian)
- Rimal, B. Keshtkar, H. et.al. 2017. Monitoring and Modeling of Spatiotemporal Urban Expansion and Land-Use/Land-Cover Change Using Integrated Markov Chain Cellular Automata Model. *International Journal of Geo information.* 6(9): 288.
- Samat, N., Hasni, R., & Eltayeb Elhadry, Y.A. 2011. Modeling Land Use Changes at the Peri-Urban Area Using Geographic Information System and Cellular Automata Model. *Journal of Sustainable Development.* 4(6): 72-84.
- Sang, L.; Zhang, C., Yang, J., Zhu, D., & Yun, W. 2011. Simulation of land use spatial pattern of towns and villages based on CA-Markov model. *Mathematical and Computer Modeling.* 54(3-4): 938-943.
- Sinha, S., Sharma, L.K., Nathawat, M.S., 2015. Improved Land-use/Land-cover classification of semi-arid deciduous forest landscape using thermal remote sensing. *Egypt. J. Remote Sens. Space Sci.* 18 (2): 217-233.
- Soares-Filho, B., Rodrigues, H., & Follador, M., 2013. A hybrid analytical-heuristic method for calibrating land-use change models. *Environ. Model. Softw* 43 (1), 80-87.
- Subedi, P., Subedi, K., & Thapa, B. (2013). Application of a Hybrid Cellular Automaton – Markov (CA-Markov) Model in Land-Use Change Prediction: A Case Study of Saddle Creek Drainage Basin, Florida. *Applied Ecology and Environmental Sciences.* 6(1): 126-132.
- Tajrishi, M.; Abrishamchi, A.; Eisazadeh, S. & Ahmadi, M. 2016. Water Reservoir Status of Latian Dam and Evaluation of Options for Quality Improvement. *Collection of Research Articles, Faculty of Civil Engineering, Sharif University of Technology.* (in Persian)
- Tehran Province Statistical Yearbook. 2019. Statistical Centre of Iran. (in Persian) [www.amar.org.ir](http://www.amar.org.ir)
- Thapa, R.B. 2009. Spatial Process of Urbanization in Kathmandu Valley, Nepal. Ph.D. Thesis, The University of Tsukuba, Tsukuba, Japan.
- Upadhyay T.P., Solberg, B., Sankhayan, P.L. 2006. Use of models to analyse land-use changes, forest/ soil degradation and carbon sequestration with special reference to Himalayan region: A review and analysis. *Forest Policy and Economics.* 9: 349- 371.
- USGS (United States Geological Survey) Earth Explorer, Landsat Data Archive. 2017. Available online: <https://earthexplorer.usgs.gov/>.