

Research Paper



Assessing and Monitoring of land Use Changes in the Zard River Drainage Basin Using Remote Sensing and Markov Chain Model



Mohammad Hossein Rezaei Moghaddam ^{1*}, Masoumeh Rajabi ², Masoumeh Mousavi ³



This paper is an open access and licenced under the CC BY NC licence.



DOI: 10.22034/GP.2023.14704

Reference to this article: Rezaei, M; Rajabi, M; Mousavi, M; Assessing and Monitoring of land Use Changes in the Zard River Drainage Basin Using Remote Sensing and Markov Chain Model. *Geography and Planning*, 27(83), 49-61.

Keywords

Zard River Basin; Satellite imagery, the trend of change; Land use - CA-Markov model

Received: 2021/11/19

Accepted: 2022/06/12

Available: 2023/05/21

ABSTRACT

For optimal land use, it is necessary to be aware of land use changes and the type of land use; this is possible by assessing and predicting land use changes. The purpose of this study is to investigate the trend of land use change over a period of 18 years (2000-2000) and predict it using the Markov chain model for 2025, 2050 in the Yellow River Basin of Baghmalek city in Khuzestan province. To achieve this goal, first corrections (geometric, radiometric and atmospheric) and necessary processing were performed on Landsat satellite images of 2000, 2006, 2012, 2018; Then, land use maps for four time periods were classified into five classes: green space and gardens, barren lands, agricultural lands, water levels (sedgereh) and man-made residential areas. These changes were addressed using the Markov chain model for 2025, 2050. After making the necessary corrections on the Landsat images, the land use estimate showed that the highest percentage of the study area is barren lands and arable lands. The overall accuracy and kappa coefficient for 2000, 2006 and 2018 are above 0.80 and 0.92. .. The results of revealing the changes between the period 2000 to 2018 showed that barren lands with a rate of 823.51, green space and gardens with a decrease of 157.85 hectares. In contrast to the built-up areas of 439.59 hectares, 1356.56 hectares of arable lands and 404.94 hectares of water levels have been facing an increasing trend. Also, the results of the forecast using the CA-Markov model of land changes in the region for 2025 and 2050 showed that if the speed of land use change is the same as in previous years, in 2025 the use of built-up areas will be 1089.54, hectares of arable land. To 1154/52 hectares and surface water use will increase to 666/54; Landscaping and orchards will be reduced to 42/2012, barren land land use to 59,85279 hectares and in 2050 landscaping and orchards land use to be reduced to 192.62 hectares, barren land land use to be reduced to 8438.69 hectares, arable land land use Increase to 1243.73 hectares and surface water use increase to 8959.59 hectares of built-up areas to 1671/98 hectares. By examining land use change, valuable information can be obtained about man-made changes and natural factors. On the other hand, the prediction map derived from the Markov chain model is very important to provide an overview for better management of natural resources.

* Corresponding Author: Mohammad Hossein Rezaei Moghaddam

E-mail: Rezmogh@tabrizu.ac.ir

1. Full Professor, Department of Geomorphology, Faculty of Planning and Environmental Sciences, University of Tabriz, Tabriz, Iran.

2. Full Professor, Department of Geomorphology, Faculty of Planning and Environmental Sciences, University of Tabriz, Tabriz, Iran.

3. PhD Student of Geomorphology, Faculty of Planning and Environmental Sciences, University of Tabriz, Tabriz, Iran.

Extended Abstract

Introduction

Examining land use changes in the past and predicting these changes for the future are among the important principles of planning for urban development in the management of various risks in the future. Land use/land use mapping is one of the most important sources of information in the management of various natural and human hazards. One of the efficient methods for predicting land cover and land use changes is the Markov chain model. Land cover changes in the Zard River Basin of Khuzestan province during 2000, 2006, 2012, and 2018 were investigated in this study. Then, these changes were predicted for 2025 and 2050 using the Markov chain model.

Data and Methods

In this research, a map of land use changes was prepared using Landsat 7, 5, and 8 satellite images of 2000, 2006, 2012, and 2018, the specifications of which are given in Table 1. Data and related images were analyzed by ENVI 5.3, eCognition 9, TerrSet, and ArcGIS 10.5 software.

Table (1). Specifications of the satellite images

Satellite name	Landsat 5	Landsat 7	Landsat 7	Landsat 8
Sensor	TM	ETM+	ETM+	OLI-TIRS
Date of formation	08.18.2000	08.27.2006	08.11.2012	08.20.2018
Path	165	165	165	165
Row	38	38	38	38
Year	2000	2006	2012	2018

Methods

The general method of the research includes the following steps:

- Performing image preprocessing operations, including geometric correction, radiometric correction, and atmospheric correction, processing of satellite images by the object-oriented method and land use extraction, examining the accuracy of classification, calculating land use area, and modeling environmental changes using the Markov chain forecasting model to predict the future status of land use.

Results and Discussion

After the preprocessing steps, satellite images were processed to extract the required information about land use using the object-oriented processing of satellite images, which was performed in three general stages of segmentation, fuzzy classification, and evaluation of classification accuracy. Table 2 lists the parameters used to segment Landsat satellite imagery in the eCognition 9 software environment.

Table 2 - Parameters used to segment Landsat satellite imagery Numerical threshold parameter 10, 0.2 Compression coefficient 0.5

Table 2 - Parameters used to segment Landsat satellite imagery

Parameter	Numerical threshold
Scale	10
Figure coefficient	0.2
Compression coefficient	0.5

Results of the classification accuracy assessment

In object-oriented classification, the accuracy of classification can be assessed using the overall classification accuracy and kappa coefficient, both of which are extracted for each of the classified images in this section.

Table 3 - The classification accuracy of satellite images in different years

Year	Kappa coefficient	Overall accuracy
2000	0.89	91.3
2006	0.91	92.6
2012	0.92	93.8
2018	0.94	94.7

Land use area in different years

In this section, the classified shape was converted to a vector layer and entered into the ArcGIS software environment. Then, it was entered into the vector layer database environment, and the area of each class was calculated using the Calculate Geometry command, which was divided into hectares (Table 4).

Table 4 – The area of land uses in different years (in hectares) during the study period (2000,2006, 2012, & 2018)

Year Land use	2000	2006	2012	2018
Built areas	296.43	345.96	353.72	736.02
Green space and gardens	369	234.09	231.95	211.5
Barren land	86570.1	86476.86	86266.52	85747.52
Agricultural land	984.02	1036.8	1069.86	1119.57
Water	172.06	297.9	469.56	577

Detect changes

Classified maps were used to understand changes in the region over the 28-year period. The percentage of area and environment of each land cover class was calculated using the land cover map and land use prepared for each period. The percentage of each class in relation to the whole region was also obtained to determine the amount of changes that occurred in subsequent periods.

Results of the Markov chain prediction model

At this stage, the images of the year (2000-2012-2018) were introduced to the TerrSet software environment, and the possibility of converting each of the classes to each other was determined using the Markov model.

Table 9 – The conversion probability matrix for the period 2012-2018

	Surface waters	Agricultural lands	Spaces and gardens	Built-up areas	Barren lands
Surface water	0.8244	0.0122	0	0	0.1633
Arable land	0.0211	0.4812	0.0486	0.1	0.3491
Green space and gardens	0	0.1732	0.5453	0.1598	0.1217
Built areas	0	0.0422	0.0095	0.7078	0.2405
Barren land	0.002	0.0063	0.0003	0.0047	0.9866

Land changes in the region in 2025 and 2050 were predicted using the CA-Markov model (Figure 1).

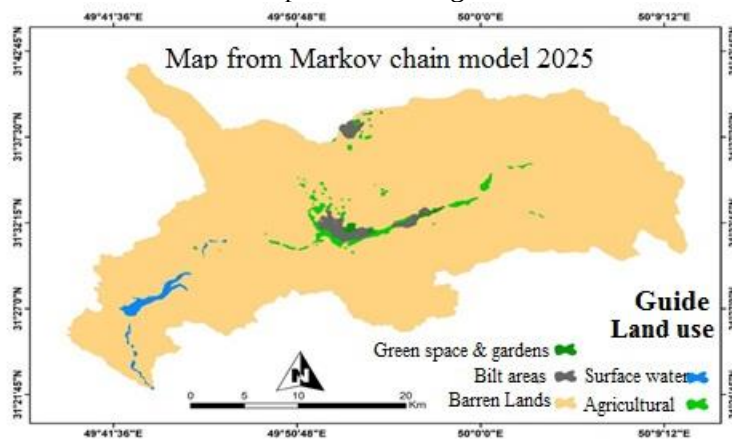


Figure (1). The map from the CA-Markov model for 2050

Conclusion

In this study, land use changes in the Zard River basin located in Baghmalek city (Khuzestan province) in the period 2000-2018 were predicted using Landsat satellite images. The ability to predict these land use changes based on the Markov chain modeling approach, changes in four classes of land uses were also predicted for two periods of 5 years (2025) and the next 30 years (2050). Agricultural land use will increase to 1154.52 hectares, and surface water use will increase to 666.54. In 2050, the use of built areas will increase to 1671.98 hectares, the use of green spaces and gardens will decrease to 192.62 hectares, the use of barren land will decrease to 8438.69 hectares, the use of arable land will increase to 1243.73 hectares, and surface water use will increase to 895.59.

Keywords: Zard Roud drainage basin. Satellite images, Change trend, Land use, CA-Markov model

References

- Azizi Qolani, Sara, Rangzen, Kazem, Sadidi, Javad, Heydarian, Peyman, Taghizadeh, Ayoub, (2016), predicting the trend of spatial changes in land use using the Markov chain CA model - case study: Kohmehreh Surkhi region of the province Fars), *Remote Sensing and Geographical Information System in Natural Resources*, 7th year/1st issue, pp. 59-71 (In Persian)
- CHU, X.-L., LU, Z., WEI, D., LEI, G.-P. (2022) Effects of land use/cover change (LUCC) on the spatiotemporal variability of precipitation and temperature in the Songnen Plain, China, *Journal of Integrative Agriculture*, Volume 21, Issue 1, January 2022. pp. 235-248
- Eastman, J. R., Van Fossen, M. E., & Solarzano, L. A. (2005). Transition potential modeling for land cover change. *GIS, spatial analysis and modeling*, 357-386.
- Ebrahimi, Hamid, Rasouli, Ali Akbar, Ahmedpour, Ahmad (2017), Modeling changes in land use dynamics using object-oriented processing of satellite images and CA-Markov model, a case study: Shiraz city, *Sepehr Geographic Information Quarterly*, 27 pp. 149-137. (In Persian)
- Faizizadeh, Bakhtiar, Jafari, Firoz, Nazm Far, Hossein (2007), The application of remote sensing data in revealing the changes in urban land use, a case study of green spaces in Tabriz city, *Fine Art Journal*, No. 34, Summer. page 24- (In Persian)
- Fang S, George Z, Gertner G Z, Sun Z, Anderson A. 2005. The Impact of Interactions in Spatial Simulation of the Dynamics of Urban Sprawl, *Landscape and Urban Planning*, 73: 294- 306. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.landurbplan.2004.08.006>
- Gross J, Nemani R, Turner W, Melton F. 2006. Remote sensing for the national parks. *Park Science*, 24(1): 30-36.
- Haji Biglo, Mahbobeh, Bardi Sheik, Hadi, Memarian Chooghi Kamgami, Bayram (2019), 3D calibration of land use changes using Markov chain automaton cell model in Gorgan River watershed, *Remote Sensing and Information System Quarterly. Geography in natural resources*, series 11, number 1, pp. 1-26. (In Persian)
- Hardy, E. E., & Anderson, J. R. (1973). A land use classification system for use with remote-sensor data. In *LARS Symposia* (p. 2).

- Jokar Arsanjani J, Kainz W, Mousivand A. 2011. Tracking Dynamic Land Use Change Using Spatially Explicit Markov Chain Based on Cellular Automata: the Case of Tehran. *International Journal of Image and Data Fusion*, 2: 329-345. doi:<https://doi.org/10.1080/19479832.2011.60539>. (In Persian)
- Kavian, Ataullah, Zargush, Zarifah, Jafarian, Zainab, Jolodar, Darabi, Hamid (2016) Land use change modeling in Haraz watershed using logistic regression and Markov chain, *Journal of Natural Environment*, Series 7, No. 2, pp. 397 -411. (In Persian)
- Khariaband, Saba, Attarchi, Sara (2019), Evaluation of Anzali Wetland depth changes using satellite images and meteorological data in a thirty-year period, *Iranian Remote Sensing and GIS Quarterly*, current issue: Volume 12, Number 2. Summer 2019, pp. 72-83 (In Persian)
- Lausch A, Herzog F. (2002) Applicability of landscape metrics for the monitoring of landscape change: issues of scale, resolution and interpretability. *Ecological Indicators*, 2(1-2): 3-15
- Li, H., & Reynolds, J. F. (1997). Modeling effects of spatial pattern, drought, and grazing on rates of rangeland degradation: A combined Markov and cellular automaton approach. *Scale in remote sensing and GIS*, 211-230.
- Lillesand, T., Kiefer, R. W., & Chipman, J. (2014). *Remote sensing and image interpretation*. John Wiley & Sons.
- Lu D., Weng Q. 2007. A survey of image classification methods and techniques for improving classification performance. *International Journal of Remote Sensing*, 5: 823– 870
- Mambani, Maryam, Askari, Hamidreza (2017), monitoring, investigation and prediction of spatial changes in land use/land cover using Markov chain model) case study: Shushtar-Khuzestan. *Geographical Information Quarterly (Sephar)*, :(105), pp. 35-47
- Matsa M, Mupepi O, Defe R, 2020, A GIS and remote sensing aided assessment of land use/cover changes in resettlement areas; a case of ward 32 of Mazowe district, Zimbabwe, *Journal of Environmental Management*, 227-293
- Meteorological Department of Khuzestan Province, 1400, department of meteorological statistics and information. (In Persian)
- Mir Alizadeh Fard, Seyed Reza, Ali Bakshi Seyedah Maryam (2015), monitoring and forecasting the trend of land use changes using the Markov chain model and land use change modeling (case study: Dasht Bartash, Dehrlan, Ilam). and geographic information system in natural resources, number 7. pp. 33-45 (In Persian)
- Mozni, Mehdi, Pourmohammadi, Mohammad Reza (2019), Temporal-Spatial Modeling of Urban Development Process with Emphasis on Land Use Changes Using Markov-Ca Model (Case Study: Parsabad City of Maan), *Scientific Journal of Geography and Planning*, year 24, number 73, pp. 349-377 (In Persian)
- Naboreh Amin, Rezaei Moghaddam Mohammad Hossein, Feizizadeh Bakhtiar, Blaschke Thomas, 2017, An integrated object-based image analysis and CA-Markov model approach for modeling land use, land cover trends in the Sarab plain, *Arabian Journal of Geosciences*, 10, 1-16
- Onate-vadiieso F, sendra J B. 2010. Application of GIS and Remote sensing techniques in generation of landuse scenario for hidrological modeling. *Journal of Hydrology*, 395 (4): 256-264. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2010.10.033>.
- Purswani, E., Verma, S., Jayakumar, S., Khan, M.L., Pathak, B. (2021), Examining and predicting land use change dynamics in Gandhinagar district, Gujarat, India, *Journal of Urban Management*
- Rasouli, Ali Akbar (2007), principles of applied remote sensing with an emphasis on satellite image processing, first edition, Tabriz: Publications of the University of Tabriz, (In Persian)
- Rasouli, Ali Akbar, Mahmoudzadeh, Hassan (2009), *Fundamentals of Basic Remote Sensing*, First Edition, Tabriz: Elmiran Publications, (In Persian)
- Raushiti, Shahram Mokhtari, Dawood, Valizadeh, Kamran, Khalil, Khodayi Qashlaq, Leila (2018), comparison of pixel based (most similar) and object oriented (support vector machine) method in land use classification (Ahar-Varzghan region). *Quantitative geomorphology researches*, eighth year, summer 2018, number 1 (consecutive 29), pp. 118-129 (In Persian)
- Sadat Ebrahimi, Farideh, Kamali, Erdovan (2016), Prediction of possible land use changes in Jopar plain using satellite images, *CA-Markov Journal of Water and Soil Protection* (4): 24 pp. 259-271 (In Persian)
- Salarian, Fatemeh, Tatian, Abdul Azim Qanqormeh, Mohammad Reza, Tamertash, Reza (2020), Modeling Land Cover Changes in Golestan Province Using Land Change Modeler, *Quarterly Journal of Remote Sensing and Geographical Information System in Natural resources*, series 12, number 4, pp. 47-70 (In Persian)
- Schneider, L. C., & Pontius Jr, R. G. (2001). Modeling land-use change in the Ipswich watershed, Massachusetts, USA. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 85(1-3), 83-94
- Schulz JJ, Cayuela L, Echeverria C, Salas J, Benayas JMR. (2010). Monitoring land cover change of the dryland forest landscape of Central Chile (1975–2008). *Applied Geography*, 30(3)

- Sharifi, Leila, Rasouli, Ali Akbar, Hijazi, Mirasdallah, Rostamzadeh, Hashem (2012), Revealing land use/cover changes with object-oriented processing of satellite images (case study: Tabriz city), *Scientific Journal of Geography and Planning*, Vol. 17, number 44 - serial number 44, pages 203-214 (In Persian)
- Suriya S, Mudgal B. (2012). Impact of urbanization on flooding: The Thirusoolam sub watershed–A case study. *Journal of Hydrology*, 412: 210-219.
- Suriya S, Mudgal B. (2012). Impact of urbanization on flooding: The Thirusoolam sub watershed–A case study. *Journal of Hydrology*, 412: 210-219.
- Tang J, Wang L, Yao Z. (2008). Analyses of urbanlandscape dynamics using multi-temporal satelliteimages: A comparison of two petroleum-orientedcities. *Landscape and Urban Planning*, 87(4): 269- 278.
- Václavík T, Rogan J. (2009). Identifying trends inland use/land cover changes in the context of postsocialist transformation in central Europe: a casestudy of the greater Olomouc region, CzechRepublic. *GIScience & Remote Sensing*, 46(1): 54-76
- Zari Sokhte, Sara, (2018) Investigation and prediction of spatial and temporal land use changes in the new city of Hashtgerd by combining remote sensing data and automatic Markov cells model, *Journal of Application of Geographical Information System and Remote Sensing in Planning*, serial 10, No. 4, pp. 7-26. (In Persian)
- Ziari, Karamatullah, Iraj, Hossein, (2020), physical-spatial expansion survey of Shiraz metropolis using remote sensing (Rs)), *Journal of Geography and Planning*, articles ready for publication, accepted, published online. (In Persian)

مقاله پژوهشی



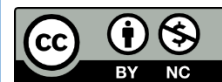
بررسی و پایش تغییرات کاربری اراضی حوزه آبریز رود زرد با استفاده از سنجش از دور و مدل زنجیره مارکوف



محمدحسین رضائی مقدم^{۱*}، معصومه رجبی^۲، معصومه موسوی^۳



این مقاله به صورت دسترسی باز و با لایسنس CC BY NC کپی‌رایت کاملاً قابل استفاده است.



ارجاع به این مقاله: رضائی مقدم، محمدحسین؛ رجبی، معصومه؛ موسوی، معصومه؛ بررسی و پایش تغییرات کاربری اراضی حوزه آبریز رود زرد با استفاده از سنجش از دور و مدل زنجیره مارکوف. نشریه جغرافیا و برنامه‌ریزی، ۲۷(۸۳): ۴۹-۶۱.

DOI: 10.22034/GP.2023.14704



کلیدواژه‌ها

حوضه رود زرد؛ تصاویر ماهواره‌ای، روند تغییرات؛ کاربری-پوشش اراضی، مدل CA-Markov

چکیده

برای استفاده بهینه از زمین، آگاهی از تغییرات کاربری اراضی و نوع استفاده از آن امری ضروری است؛ که این کار با ارزیابی و پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی امکان‌پذیر می‌گردد. هدف از این مطالعه بررسی روند تغییرات کاربری اراضی در بازه زمانی ۱۸ ساله (۲۰۰۰-۲۰۱۸) و پیش‌بینی آن با استفاده از مدل زنجیره مارکوف برای سال‌های ۲۰۲۵، ۲۰۵۰ در حوزه رود زرد شهرستان باغملک واقع در استان خوزستان می‌باشد. برای رسیدن به این هدف ابتدا تصحیحات (هندسی، رادیومتریک و اتمسفری) و پردازش‌های لازم بر روی تصاویر ماهواره لندست سال‌های ۲۰۰۰، ۲۰۰۶، ۲۰۱۲، ۲۰۱۸ انجام گرفت؛ سپس نقشه‌های کاربری برای چهار مقطع زمانی به پنج کلاس: فضای سبز و باغات، زمین‌های بایر، زمین‌های زراعی، سطوح آب (سدجره) و مناطق مسکونی-انسان ساخت طبقه‌بندی گردید. پس از آشکارسازی کاربری اراضی و تغییرات آن به پیش‌بینی روند این تغییرات با استفاده از مدل زنجیره مارکوف برای سال‌های ۲۰۲۵، ۲۰۵۰ پرداخته شد. پس از انجام تصحیحات لازم بر روی تصاویر لندست برآورد کاربری اراضی نشان داد که بیشترین درصد منطقه مورد مطالعه را اراضی بایر و زمین‌های زراعی تشکیل داده است دقت کلی و ضریب کاپا برای سال‌های ۲۰۰۰، ۲۰۰۶، ۲۰۱۸ و ۲۰۱۹ به ترتیب ۰/۸۰ و ۰/۹۲ می‌باشد. نتایج حاصل از آشکارسازی تغییرات بین بازه زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۸ نشان داد که اراضی بایر به میزان ۸۲۳/۵۱، فضای سبز و باغات ۱۵۷/۸۵ هکتار روند کاهشی داشته است. در مقابل نواحی ساخته شده-۴۳۹/۵۹ هکتار، زمین‌های زراعی ۱۳۵/۵۶ هکتار سطوح آبی ۴۰۴/۹۴ هکتار با روند افزایشی مواجه بوده است. همچنین نتایج حاصل از پیش‌بینی با استفاده از مدل CA-Markov تغییرات اراضی منطقه برای سال ۲۰۲۵ و ۲۰۵۰ نشان داد که در صورتی که سرعت تغییرات کاربری همچون سال‌های گذشته باشد در سال ۲۰۲۵ کاربری نواحی ساخته شده به ۱۰۸۹/۵۴، هکتار کاربری زمین زراعی به ۱۱۵۴/۵۲ هکتار و کاربری آب‌های سطحی به ۶۶۶/۵۴ افزایش خواهند یافت، کاربری فضای سبز و باغات به ۲۰۱/۴۲، کاربری زمین بایر به ۸۵۲۷۹/۵۹ هکتار کاهش می‌یابد و در سال ۲۰۵۰ کاربری فضای سبز و باغات به ۱۹۲/۶۲ هکتار کاهش، کاربری زمین بایر به ۸۴۳۸۷/۶۹ هکتار کاهش، کاربری زمین زراعی به ۱۲۴۳/۷۳ هکتار افزایش و کاربری آب‌های سطحی به ۸۹۵/۵۹ کاربری نواحی ساخته شده به ۱۶۷۱/۹۸ هکتار، افزایش پیدا می‌کنند. با بررسی تغییرات کاربری اراضی میتوان اطلاعات ارزشمندی درمورد تغییرات صورت گرفته توسط انسان و عوامل طبیعی به دست آورد از سوی دیگر نقشه پیش‌بینی حاصله از مدل زنجیره مارکوف برای ارائه دیدی کلی به منظور مدیریت بهتر منابع طبیعی بسیار حائز اهمیت است.

دریافت شده: ۱۴۰۰/۰۸/۲۸

پذیرفته شده: ۱۴۰۱/۰۳/۲۲

منتشر شده: ۱۴۰۲/۰۲/۳۱

* نویسنده مسئول: محمدحسین رضائی مقدم

رایانامه: Rezmogh@tabrizu.ac.ir

۱. استاد گروه ژئومورفولوژی، دانشکده برنامه‌ریزی و علوم محیطی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.

۲. استاد گروه ژئومورفولوژی، دانشکده برنامه‌ریزی و علوم محیطی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.

۳. دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشکده برنامه‌ریزی و علوم محیطی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.

مقدمه

پدیده تغییر کاربری اراضی از مخاطرات محیطی و بحران‌های اکولوژیکی است که امروزه جهان با آن روبرو است (سوریا، مدگل^۱، ۲۰۱۲: ۸۸). کاربری اراضی نحوه استفاده خاص از زمین و امکانات طبیعی موجود برحسب نیازهای انسانی است که این استفاده، ممکن است منطبق بر استعداد اراضی و به شیوه‌های علمی بوده یا به روش سنتی و احتمالاً تخریب کننده اراضی باشد و درعین حال ممکن است ساختارها و فرآیندهای موجود در محیط زیست را تغییر دهد (لو و همکاران^۲، ۲۰۰۷: ۸۴۵). با توجه به رشد روزافزون جمعیت، افزایش روند تغییرات کاربری اراضی نسبت به نیازهای انسانی و تأثیر آن بر محیط زیست، پایش و مدل سازی تغییرات کاربری اراضی، ازجمله موضوعات اصلی پژوهش در حوضه تغییرات جهانی محیط زیست و توسعه پایدار محسوب می‌گردد (فنگ و همکاران^۳، ۲۰۰۵: ۳۰۲). نظر به پویایی تغییرات کاربری اراضی و اثرات گسترده آن بر محیط زیست، ازجمله تأثیر بر خصوصیات خاک و فرسایش آن، تخریب، چندتکه شدن و از دست رفتن زیستگاه‌های مختلف تأثیر بر روی چرخه کربن، تغییر اقلیم، کاهش تنوع زیستی و موارد بسیار دیگر ازجمله مهمترین عوامل تأثیرگذار بر سیستم‌های اکولوژیکی بوده، لذا درک چگونگی این تغییرات چه از نظر الگوی مکانی و چه از نظر کمیت آن ضروری به نظر می‌رسد (جوکار و همکاران، ۲۰۱۱: ۳۴۰). در حال حاضر تغییر کاربری اراضی به صورت غیراصولی، به دلیل بی برنامه بودن تغییر اکثر کاربری‌ها و در نظر نگرفتن محدودیت‌های زیست محیطی، از مهمترین معضلات اقصی نقاط کشور ایران است. رشد بی‌رویه شهرها و افزایش آلودگی منابع، فرسایش زمین‌های کشاورزی، وقوع سیل‌های مخرب، از بین رفتن سطح وسیعی از جنگل‌ها، گسترش کویرها و اکوسیستم‌های بیابانی غالباً ناشی از تبدیل غیراصولی پوشش اراضی و اعمال روش‌های نادرست بهره برداری از کاربری است. لذا پایش این چنین تغییرات و داشتن آگاهی و شناخت صحیح از عوامل و فرآیندهای ایجادکننده و روند آتی آن‌ها و همچنین شیوه‌های مختلف مدیریت کاربری اراضی می‌تواند ما را در درک درستی از روند توسعه درگذشته و الگوهای رشد آینده یاری داده و اثرات قابل توجهی بر حل مشکلات مدیریتی منابع طبیعی داشته باشد. درحالی که مدل سازی و شبیه سازی تغییرات کاربری اراضی نقش به سزایی در درک پیامدهای تغییرات آتی با توجه، و تحولات احتمالی آینده ایفا می‌کند (کیندو و همکاران^۴، ۲۰۱۶: ۱۴۲-۱۴۰). به تغییرات روزافزون کاربری اراضی و ضرورت آگاهی کارشناسان و مدیران از چگونگی تغییرات و تحولات رخ داده در جهت سیاست‌گذاری و چاره اندیشی برای رفع مشکل موجود، آشکارسازی تغییرات برای مشخص کردن روند تغییرات در طول زمان ضروری به نظر می‌رسد به عبارتی با داشتن اطلاع از میزان هرکدام از کاربری اراضی، می‌توان نسبت به پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی، پیش‌گیری یا کاهش بلایای

طبیعی، مدیریت منابع طبیعی و ارزیابی فشار محیطی ناشی از توسعه منابع انرژی در هر ناحیه اقدام کرد (اونیت وادیس و سندرا^۵، ۲۰۱۰: ۲۵۸). در واقع کسب اطلاعات از نسبت تغییرات پوشش گیاهی و کاربری اراضی نقش مهمی در مدیریت پوشش اراضی فعلی ایفا می‌کند. از سوی دیگر، پیش‌بینی و الگوسازی تغییرات آینده نیز برای آگاهی از کمیت و کیفیت تغییرات احتمالی آینده حائز اهمیت است. بنابراین آشکارسازی و پیش‌بینی تغییرات، لازمه مراقبت از یک اکوسیستم به ویژه در مناطقی با تغییرات سریع و اغلب بدون برنامه‌ریزی در کشورهای درحال توسعه است. در سال‌های اخیر، مطالعات متعددی در خصوص استفاده از مدلسازی تغییرات زمین در جهت پیش‌بینی تغییرات آتی کاربری اراضی صورت گرفته است. تانگ و همکاران (۲۰۰۸) سلول اتومات^۶ و زنجیره مارکوف را جهت مدل سازی تغییرات کاربری اراضی با هدف بررسی توازن رشد شهری و حفاظت از محیط زیست تا سال ۲۰۴۹ به کار گرفتند نتایج این پژوهش، افزایش اراضی شهری و کاهش اراضی کشاورزی و پوشش جنگلی را در منطقه مطالعاتی نشان داد. وسلوویک و راگان (۲۰۰۹) از مدل ساز تغییر زمین^۷ برای آشکارسازی تغییرات منطقه اولومک^۸ در جمهوری چک استفاده کردند. نتایج تحقیق آنها نشان داد که ۶٪ از جنگل مخلوط به جنگل پهن برگ تبدیل شده و مساحت مناطق مسکونی نیز ۳/۵٪ افزایش داشته است. ماتسا و همکاران^۹ (۲۰۲۰) در پژوهشی به ارزیابی تغییرات پوشش زمین در مناطق بازسازی شده. از بخش ۳۲ منطقه مازوو^{۱۰}، زیمبابوه با استفاده از GIS و سنجش از دور پرداختند این تحقیق نشان داد که بین سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۱۸ در بخش ۳۲ منطقه در جنگل‌ها، چمن‌زارها و پوشش تالاب ۱/ آب و افزایش در پوشش زمین‌های زراعی و لخت زیان قابل توجهی دیده شده است. پورسوانی^{۱۱} و همکاران (۲۰۲۱) به بررسی و پیش‌بینی تغییرات کاربری زمین در ناحیه گاندیناگار، گجرات، هند از سال ۱۹۹۵ تا ۲۰۱۶ و پیش‌بینی آینده برای سال ۲۰۲۵ با استفاده از مدل زنجیره مارکوف و نرم افزار IDRISI TERRSET پرداختند یافته‌ها نشان می‌دهد که رشد گسترده در مناطق روستایی و شهری، عمدتاً به از بین بردن زمین‌های کشاورزی و بوته‌زارها همراه بوده است. این امر زمینه زیادی برای تراکم شهری به وجود می‌آورد، زیرا طبق نقشه پوشش کاربری اراضی در سال ۲۰۱۶، شهرسازی تنها حدود ۵ درصد از کل پوشش زمین را اشغال می‌کند. رشد شهر گاندیناگار در مقایسه با شهرهای دیگر بسیار کند بوده است. شو^{۱۲} و همکاران (۲۰۲۲) به بررسی اثرات تغییر کاربری اراضی ۱۳ بر تغییرپذیری مکانی و زمانی بارش و دما در دشت سونگن^{۱۳}، چین برای سال‌های ۱۹۸۰ تا ۲۰۱۸ با استفاده از روش‌های آماری و شبیه‌سازی مدل مرکز گرانش پرداختند نتایج نشان داد، که روش ترکیب طبقه‌بندی نظارت شده و تفسیر بصری برای استخراج اطلاعات کاربری با میانگین دقت اطلاعات استخراج شده ۹۱.۳۲ درصد و ضریب کاپا کل ۰.۸۷۳ مناسب است. بنابراین

8. Olomouc
9. Matsa & all 2020
10. Mazowe
11. Purswani & all 2021
12. CHU & all 2022
13. LUCC
14. Songnen

1. Suriya, Mudgal
2. Lu & all 2007
3. Fang & all 2005
4. Kindu & all 2016
5. Onate-vadiieso, sendra 2010
6. Cellular Automata
7. Land Change Modeler

و تصویر سنجنده OLI ماهواره Landsat8 در محدوده‌ی حوضه آبریز اهر چای از منطقه اهر تا ورزقان پرداختند. نتایج مربوط به صحت کلی و ضریب کاپای طبقه‌بندی‌ها نشان می‌دهد که روش طبقه‌بندی شی گرا با افزایش دقت معادل ۵/۶ درصد صحت کلی و ۰/۰۴ درصد ضریب کاپا، در طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای از دقت بالاتری برخوردار است. خاریابند و عطارچی (۱۳۹۹) در پژوهشی به ارزیابی تغییرات عمق تالاب انزلی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و داده‌های هواشناسی در بازه سی‌ساله پرداختند یافته‌های تحقیق‌شان نشان می‌دهد که تغییرات عمق تالاب بیشتر از تغییرات تراز آب دریای خزر متاثر است و تغییرات بارش و دما، دلایل اصلی کاهش عمق تالاب انزلی نیستند. موذنی و پورمحمدی (۱۳۹۹) به مدل‌سازی روند توسعه شهر پارس آباد مغان با تاکید بر کاربری‌اراضی با استفاده از مدل زنجیره مارکوف^۱ پرداختند، نتایج بیانگر آن است که در طی ۱۳ سال آبی به شدت از مساحت کاربری مزارع و بایر اطراف شهر بخصوص قسمت جنوب غربی کاسته می‌شود. توسعه شهر نیز در سال‌های آینده بیشتر در قسمت جنوب غربی شهر صورت خواهد پذیرفت. زبیری و ایرجی (۱۴۰۰) به بررسی گسترش کالبدی - فضایی کلانشهر شیراز با استفاده از سنجش از دور و زنجیره مارکوف پرداختند نتایج نشان می‌دهد در ۳۶ سال گذشته مساحت کالبدی شهر شیراز با رشد ۹۰ درصدی به مساحت ۱۹۷۷۸ هکتار رسیده است و پیش‌بینی می‌شود در ۴۰ سال آینده مساحت شهری با نرخ رشد ۳۵٪ به ۴۱۵۰۶ هکتار خواهد رسید. نتایج مطالعات پیشین نشان می‌دهد که طی دهه‌های اخیر در ایران و سایر مناطق دنیا تغییرات کاربری به صورت تبدیل کاربری جنگل و مرتع به سایر کاربری‌ها مانند مناطق مسکونی بوده است. در طی سال‌های اخیر در حوضه رود زرد واقع در استان خوزستان نیز تغییرات کاربری زیادی در جنگل‌های و مناطق کشاورزی صورت گرفته است.

در طی چند دهه اخیر، تغییر کاربری اراضی به واسطه عوامل طبیعی و انسانی سبب بروز اثرات جدی بر محیط زیست و منابع طبیعی در شهرستان باغملک شده است. از طرفی عرصه‌های مرتعی و طبیعی وسیعی بدون رعایت اصول اکولوژیکی و علمی به زیر کشت محصولات زراعی رفته یا در جهت مقاصد خاص مورد بهره برداری قرار گرفته و تبدیل به سایر کاربری‌ها شده اند. درحالی‌که بسیاری از این اراضی استعداد کاربری‌های جدید را دارا نبوده به سبب این تغییرات نسنجیده بخش زیادی از زمین دچار فرسایش شده که در نتیجه این امر شاهد هدر رفت خاک به ویژه در اراضی شیبدار و ایجاد سیلاب‌های ویرانگر بوده ایم. لذا داشتن آگاهی از نوع و نحوه استفاده از اراضی و تغییرات احتمالی آن در طی زمان که از موارد مهم جهت برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری در این منطقه خواهد بود لازم و ضروری است. این مطالعه باهدف آشکارسازی تغییرات کاربری‌اراضی در حوضه رود زرد شهرستان باغملک در طی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۸ و پیش‌بینی تغییر وضعیت کاربری‌اراضی منطقه برای سال ۲۰۲۵ و ۲۰۵۰ با استفاده از رویکرد مدل زنجیره مارکوف انجام شد.

دقت می‌تواند پاسخ‌گوی نیازهای تحقیق باشد. همچنین. کاربری شالیزارها پس از آن زمین خشک بیشترین افزایش (۱۵۱۶۶.۴۳ کیلومتر مربع) را داشته و، در حالی که تالاب به دلیل استفاده و توسعه بیش از حد کشاورزی بیشترین کاهش (۱۹۹۷۷.۱۳ کیلومتر مربع) را داشته است از سوی دیگر میانگین سالانه بارندگی با نرخ ۹/۸۹- میلی متر در دهه کاهش یافت و روند گرمایش با افزایش ۰.۲۵۶ درجه سانتی گراد بر اثر تغییرات ایجاد شده افزایش داشته.

شریفی و همکاران (۱۳۹۲)، آشکارسازی تغییرات کاربری/پوشش اراضی با پردازش شیء‌گرای تصاویر ماهواره‌ای (مطالعه موردی: شهرستان تبریز) نتایج حاصله نشان می‌دهد که میزان تغییرات طی دوره‌های زمانی ۲۰۱۰-۱۹۸۹، ۲۰۰۷-۲۰۱۰، ۲۰۰۷-۲۰۰۱، ۲۰۰۱-۲۰۰۷، به ترتیب ۶۰/۸۰، ۶۶/۳۰، ۵۶/۸۰، ۵۶/۴۰ درصد می‌باشد، به‌طوری که کاربری پوشش گیاهی و سطوح آبی بیشترین میزان کاهش را داشته است. میرعلیزاده فرد و علی بخشی (۱۳۹۵) تغییرات کاربری‌اراضی در دشت برتش شهرستان دهلران واقع در استان ایلام را در سال‌های (۲۰۰۱، و ۲۰۱۳ و ۱۹۹۸) با استفاده از طبقه‌بندی شبکه عصبی کوهون و مدل پیش‌بینی مارکوف را بررسی کردند. و تغییرات کاربری‌اراضی برای سال ۲۰۳۰ را پیش‌بینی نمودند، نتایج این تحقیق نشان داد که وسعت پوشش جنگل کم تراکم و مراتع متوسط کاهش و سایر کاربری‌ها افزایش داشته است. عزیزی قلاتی و همکاران (۱۳۹۵) به مدل‌سازی و پیش‌بینی تغییرات کاربری‌اراضی در دوره ۲۵ ساله (۱۳۹۱-۱۳۶۶) با مدل زنجیره مارکوف CA-در منطقه کوهمره سرخی استان فارس پرداختند و تغییرات کاربری‌اراضی را برای سال ۱۴۰۳ پیش‌بینی نمودند. نتایج بررسی آن‌ها نشان داد، بیشترین تغییرات در تبدیل ناحیه جنگل به کاربری‌های کشاورزی آبی و مرتع می‌باشد. سادات ابراهیمی و کمالی (۱۳۹۶) از تصاویر ماهواره لندست سال‌های ۱۹۹۲، ۲۰۰۰ و ۲۰۱۵ و مدل زنجیره سلول خودکار مارکوف، برای پیش‌بینی تغییرات کاربری‌اراضی سال‌های ۲۰۲۵، ۲۰۳۰، ۲۰۲۰ و ۲۰۳۵ استفاده کردند. نتایج به دست آمده از پیش‌بینی تغییرات کاربری آینده در منطقه، مورد مطالعه بیانگر کاهش کاربری باغ و زراعت آبی و افزایش کاربری‌های مرتع و چراگاه و بستر رودخانه نسبت به سال ۲۰۱۵ بود. ممینی و عسگری (۱۳۹۷) به بررسی تغییرات پوشش اراضی ۲۶ سال گذشته و به پیش‌بینی‌روند تغییرات با استفاده از مدل زنجیره مارکوف در منطقه شوشتر پرداختند. در این تحقیق، از تصاویر سنجنده های TM لندست ۵،۴ و OLI لندست ۸ به ترتیب برای سال‌های ۱۹۸۹، ۲۰۰۰ و ۲۰۱۵ و نقشه های توپوگرافی و پوشش گیاهی منطقه استفاده گردید. تصاویر هر سه مقطع زمانی به چهار طبقه کاربری مرتع، اراضی کشاورزی دیم، اراضی مسکونی، و اراضی کشاورزی آبی طبقه‌بندی شدند. نتایج نشان داد به ترتیب ۱۲/۲۱ و ۵۱ درصد از مساحت کاربری مرتع و اراضی دیم کاسته شده و به مساحت کاربری مسکونی افزوده شده است روستایی و همکاران (۱۳۹۸) به مقایسه روش‌های طبقه‌بندی پیکسل پایه (الگوریتم بیشترین شباهت) و شی پایه (ماشین بردار پشتیبان) برای تهیه نقشه کاربری‌اراضی با استفاده از تصویر سنجنده HDR ماهواره ای SPOT5

روش

داده‌های مورد استفاده: در این تحقیق به منظور تهیه نقشه تغییرات کاربری اراضی از نقشه‌های توپوگرافی ETM 1:25000+ رقومی سازمان نقشه‌برداری و تصاویر ماهواره‌های لندست ۷ و ۸ مربوط به سال‌های ۲۰۰۶، ۲۰۱۲ و ۲۰۱۸ که مشخصات تاریخ، سنجنده، ردیف و گذر این تصاویر در جدول (۱) آورده شده است، استفاده گردید. برای پردازش داده‌ها، مدل‌سازی، شبیه‌سازی از نرم‌افزارهای ENVI و R ArcGIS، و احتمال و برای محاسبه تغییرات، پیش‌بینی و شبیه‌سازی تغییرات در سال‌های ۲۰۲۵ و ۲۰۵۰ از مدل سلول خودکار-مارکوف استفاده شده است.

جدول ۱: مشخصات تصاویر ماهواره‌ای لندست مربوط به سال ۲۰۱۸، ۲۰۱۲، ۲۰۰۶ میلادی

نام ماهواره	Landsat 5	Landsat 7	Landsat 7	Landsat 8
سنجنده	TM	ETM+	ETM+	OLI-TIRS
تاریخ تصویربرداری	۲۰۰۶/۰۸/۱۸	۲۰۰۶/۰۸/۲۷	۲۰۱۲/۰۸/۱۱	۲۰۱۸/۰۸/۲۰
گذر (Path)	۱۶۵	۱۶۵	۱۶۵	۱۶۵
ردیف (Row)	۳۸	۳۸	۳۸	۳۸
سال	۲۰۰۶	۲۰۱۲	۲۰۱۸	۲۰۱۸

پیش‌پردازش تصاویر ماهواره‌ای

در این مرحله برای آماده‌سازی تصاویر جهت پردازش عملیات تصحیح هندسی، تصحیح رادیومتریک و تصحیح اتمسفری بر روی تصاویر ماهواره‌ای انجام شد.

تصحیح هندسی

در اغلب موارد تصاویر ماهواره‌ای دارای اعوجاج‌هایی هستند، که ناشی از کروی‌های زمین یا ویژگی‌های سنجنده است (رسولی، ۱۳۸۷). معمولاً تصاویر رقومی دارای انحراف‌هایی هستند، به‌طوری‌که این‌گونه تصاویر نمی‌توانند به عنوان نقشه مورد استفاده قرار گیرند. به نحوی که شکل تصحیح شده قابلیت انطباق با نقشه را داشته باشد (علوی‌پناه، ۱۳۸۲: ۹۵). این تصحیحات در محیط نرم‌افزار ENVI 5.3 و به روش تصویر به تصویر انجام گردید.

تصحیح رادیومتریک

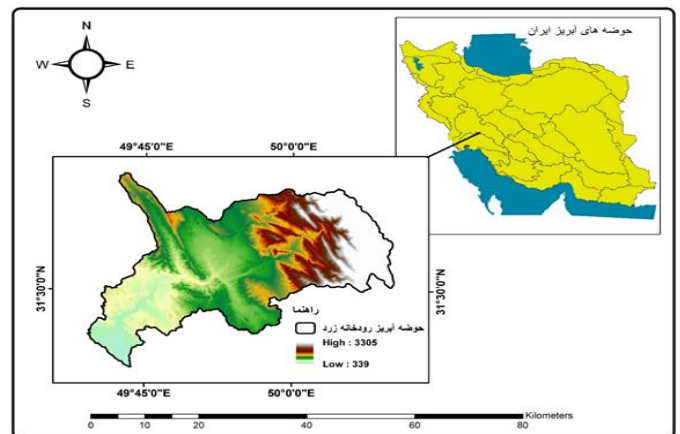
به‌طور کلی، تصحیح‌های رادیومتریک زمانی انجام می‌شود که داده‌های تصویری در روند ثبت مقادیر روشنایی مربوط به پیکسل‌ها دارای خطاهایی باشند که می‌تواند ناشی از عواملی نظیر عدم کارایی تجهیزات ثبات و تاثیرهای اتمسفری باشد. از طریق اصلاحات رادیومتریک، مقادیر روشنایی تصویر تغییر می‌یابد (رسولی، ۱۳۸۷). تصحیح رادیومتریک در تصاویر لندست ۷، ۸، ۵، از طریق تبدیل DN به Radiance در باندهای حرارتی و تبدیل DN به Reflectance در باندهای انعکاسی از طریق روابط زیر در محیط نرم‌افزار ENVI 5.3 انجام شد. در رابطه ۱ ارزش عددی (DN) به Radiance تصاویر لندست رابطه (۱)

$$L_{\lambda} = \left(\frac{L_{MAX} - L_{MIN}}{255} \right) * DN + L_{MIN}$$

L_λ = رادیانس باندهای حرارتی

L_{MAX} و L_{MIN} = مقادیر کالیبره شده برای هر باند

معرفی منطقه مورد مطالعه: حوضه آبریز رودخانه زرد با مساحت ۸۸۳/۴۸ کیلومترمربع در شهرستان باغملک در استان خوزستان (جنوب غربی ایران) قرار دارد از نظر جغرافیایی در طول ۴۹ درجه و ۲۵ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۵ دقیقه شرقی و ۳۱ درجه و ۲۳ دقیقه تا ۳۱ درجه و ۴۲ دقیقه عرض شمالی واقع گردیده است (شکل ۱). متوسط بارندگی سالانه ۵۰۰ میلیمتر و موقعیت جغرافیایی و توپوگرافی محدوده حوضه موجب شده که تحت تأثیر عوامل مختلف آب و هوایی باشد که این امر سبب به وجود آمدن ریز اقلیم‌های متفاوت در آن شده است. در نتیجه در این منطقه از اقلیم نیمه خشک در نوار جنوبی و غربی تا معتدل و نیمه مرطوب در مناطق شرقی و شمال شرقی و اقلیم سرد کوهستان در مناطق مرتفع و کوهستانی آن قابل مشاهده باشد. میزان ریزش‌های جوی نیز در مناطق مختلف حوضه متفاوت است. به‌طوری‌که در مناطق جنوب و جنوب غربی مقدار بارندگی حدود ۲۰۰ میلی‌متر و در نواحی شرقی و شمال شرقی تا ۸۰۰ میلی‌متر متغیر می‌باشد (اداره کل هواشناسی استان خوزستان، ۱۴۰۰، ۷). از لحاظ وضعیت توپوگرافی منطقه مورد مطالعه شامل دشت، کوهستان و پایکوه است در قسمت شرق و شمال شرق منطقه کوهستانی با ارتفاع بالای ۳۰۰۰ متر است در مناطق مرکزی و بخش غربی به صورت پایکوه و دشت است دشت‌های قلعه تل و ابوالعباس در این محدوده قرار دارند، و مناطق جنوب غربی نواحی انتهایی حوضه به صورت تپه ماهور می‌باشد بخش عمده کاربری‌های اراضی شامل زمین‌های بایر، مراتع بخش‌های از جنگل‌های زاگرس که بیشتر درختان بلوط و بادام در بخش‌های شرقی و شمال شرق حوضه قرار گرفته است. علاوه بر این با احداث سد جره در بخش انتهایی حوضه یکی از کاربری آن سطوح آبی است علاوه بر این حوضه مورد مطالعه یکی از مناطق با تراکم بالا به لحاظ سکونت انسانی است، مناطق شهری باغ‌ملک، قلعه تل، رستم‌آباد، منجنیق، بخش صیدون و اسلام‌آباد و بیش از پنجاه نقطه روستایی در این حوضه قرار دارند (یافته‌های میدانی نگارندگان).



شکل (۱): مختصات و موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه (منبع: نویسندگان)

DN = ارزش عددی هر باند

رابطه ۲- تبدیل DN به Radiance تصاویر لندست ۷

رابطه (۲)

$$L\lambda = (Gain \times DN) + Bias$$

$L\lambda$ = مقدار Radiance هر باند

Gain و Bias ارزش‌های ثابت هر باند (موجود در Header File تصویر)

DN = ارزش عددی هر باند

رابطه ۳- تبدیل DN به Reflectance در تصاویر لندست

۵.۷

(۳)

$$\rho\lambda = \frac{\pi * L\lambda}{ESUN_{\lambda} * \cos \theta * d_r}$$

$\rho\lambda$ مقدار Reflectance هر باند

$L\lambda$ = مقدار Radiance هر باند

$ESUN_{\lambda}$ میانگین بازتابش اتمسفری هر باند

$\cos \theta$ کسینوس زاویه برخورد تشعشع خورشیدی از نقطه نادیر

d_r معکوس مربع فاصله نسبی زمین از خورشید که مقدار آن از رابطه زیر

محاسبه می‌شود:

رابطه ۴- فرمول محاسبه d_r

رابطه (۴)

$$d_r = 1 + 0.033 \cos \left(DOY \frac{2\pi}{365} \right)$$

DOY روز از سال

رابطه ۵- تبدیل DN به Radiance تصاویر لندست ۸

رابطه

$$L\phi = ML * Qcal + AL$$

$L\phi$ = مقدار Radiance هر باند

ML = ضریب چند گانه مخصوص هر باند

$Qcal$ = ارزش عددی هر باند

AL = ضریب تجمعی هر باند

مقادیر ML و AL در متادیتای تصویر موجود می‌باشد.

رابطه ۶- تبدیل DN به Reflectance تصاویر لندست ۸

رابطه

(۶)

$$\rho\lambda' = Mp * Qcal + Ap$$

$\rho\lambda'$ = مقدار Reflectance هر باند بدون در نظر گرفتن زاویه تابش

خورشیدی

Mp = ضریب چندگانه مخصوص هر باند (در متادیتای تصویر موجود

می‌باشد)

Ap = ضریب تجمعی هر باند (در متادیتای تصویر موجود می‌باشد)

$Qcal$ = ارزش عددی هر باند

رابطه (۷)

$$p\lambda = \frac{p\lambda_{\cos(\theta_{SZ})}}{\sin(\theta_{SE})} = \frac{p\lambda_{\cos(\theta_{SZ})}}{\sin(\theta_{SE})}$$

$p\lambda$ = مقدار Reflectance هر باند با در نظر گرفتن زاویه خورشید.

θ_{SE} = زاویه خورشید (در متادیتای تصویر تحت عنوان SUN

ELEVATION موجود است)

$$\theta_{SZ} = 90^\circ - \theta_{SE}$$

تصحیح اتمسفری

خطاهای اتمسفری در اثر جذب و پراکنش ذرات اتمسفر پیش می‌آید. خطاهای اتمسفری باعث محو جزئیات تصویر می‌شوند و به این وسیله از قدرت تفکیک مکانی سنجنده نیز می‌کاهد. بیشترین اثر اتمسفری مربوط به پراکنش است که وابستگی زیادی به طول موج دارد. بنابراین اثر اتمسفری در باندهای مختلف یک سنجنده با هم یکسان نیست. هر چه طول موج بیشتر شود اثر پراکنش اتمسفری نیز کمتر خواهد شد. زاویه دید سنجنده نیز عامل دیگری است که بر مقدار خطای اتمسفری موثر است. در این تحقیق از تصحیح کلی اتمسفری به روش AAIC استفاده شده‌است.

پردازش تصاویر ماهواره‌ای به روش شیء گرا

آن دسته از روش‌های پردازش تصاویر ماهواره‌ای که علاوه بر اطلاعات طیفی حاصله از سنجنده، از سایر منابع متعدد اطلاعاتی نیز در فرآیند پردازش تصویر استفاده می‌کنند تحت عنوان روش‌های شیء گرا یاد می‌شود. در این راستا و برای پردازش شیء گرای تصاویر ماهواره‌ای سه مرحله اصلی سگمنت‌سازی، طبقه‌بندی فازی و ارزیابی صحت انجام شد.

سگمنت‌سازی

سگمنت‌سازی اولین و مهمترین مرحله، در ریز طبقه‌بندی تصویر به واحدهای تصویری مجزا می‌باشد. سگمنت به معنی گروهی از پیکسل‌های همسایه در داخل یک ناحیه است که شباهت (نظیر ارزش عددی و بافت) مهمترین معیار مشترک آنها است (فیضی‌زاده و همکاران، ۱۳۸۷).

برای انجام سگمنت‌سازی از الگوریتم Multiresolution Segmentation استفاده شد، این الگوریتم یکی از پرکاربردترین الگوریتم‌ها جهت سگمنت‌سازی تصاویر ماهواره‌ای می‌باشد و با به حداقل رساندن میانگین مکانی ناهمگنی‌ها در تصویر اقدام به ایجاد Object ها می‌کند. این الگوریتم قابلیت اجرا در سطح Object و همچنین در سطح Pixel را دارد.

طبقه‌بندی فازی

طبقه‌بندی فازی که در پردازش شیء گرای تصاویر ماهواره‌ای صورت می‌گیرد به عنوان طبقه‌بندی نرم شناخته می‌شود که از درجه عضویت برای ارزیابی اشیا (سگمنت) در کلاس‌ها استفاده می‌کند. درجه عضویت بین صفر و یک در تغییر می‌باشد که در آن عدد یک بیان‌گر عضویت کامل و عدد صفر بیان‌گر عدم عضویت مطلق است. درجه عضویت بستگی به نسبتی دارد که اشیا با

(۵)

شاخص نرمال شده تفاضلی سطوح نفوذ ناپذیر (اراضی ساخته شده) با استفاده از رابطه (۱۰) محاسبه گردید.

$$NDISI = \text{رابطه (۱۰)}$$

$$\frac{[T_b - (MNDWI + \rho_{NIR} + \rho_{SWIR1})/3]}{[T_b + (MNDWI + \rho_{NIR} + \rho_{SWIR1})/3]}$$

در رابطه شماره ۱۰، T_b دمای روشنایی باند حرارتی می‌باشد، $MNDWI$ شاخص اصلاح شده نرمال شده آب می‌باشد، ρ_{NIR} بازتاب سطحی (Reflectance) محدوده طیفی مادون قرمز نزدیک و ρ_{SWIR1} بازتاب سطحی (Reflectance) محدوده طیفی مادون قرمز میانی می‌باشد. نحوه محاسبه دمای روشنایی در تصاویر ماهواره‌ای لندست به صورت زیر می‌باشد.

دمای روشنایی تصاویر لندست از طریق محاسبه (رابطه ۱۱) به دست آمد

$$T_b = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{L_\lambda} + 1\right)}$$

K_1 و K_2 ضرایب ثابت ماهواره و L_λ رادیانس باند حرارتی می‌باشد. شاخص اصلاح شده نرمال شده آب با استفاده از رابطه زیر می‌شود (رابطه ۱۲).

$$MNDWI = \frac{\rho_{Green} - \rho_{SWIR1}}{\rho_{Green} + \rho_{SWIR1}}$$

در رابطه شماره ۱۲، ρ_{Green} بازتاب سطحی (Reflectance) محدوده طیفی سبز و ρ_{SWIR1} بازتاب سطحی (Reflectance) محدوده طیفی مادون قرمز میانی می‌باشد.

همچنین برای انجام طبقه‌بندی از چند شاخص از پیش تعریف شده در نرم افزار eCognition 9 نیز استفاده گردید که عبارت‌اند از: Shape Index, Asymmetry, Rectangular Fit, Length

ارزیابی صحت طبقه‌بندی

هیچ طبقه‌بندی تا زمانی که دقت آن مورد ارزیابی قرار نگرفته است تکمیل نیست و برای کسب اطمینان از نسبت صحت تصویر طبقه‌بندی شده، دقت آن باید مورد ارزیابی قرار گیرد (لیلسند و همکاران، ۲۰۱۴). لذا برای اطمینان از صحت طبقه‌بندی اقدام به ارزیابی دقت طبقه‌بندی می‌شود (هاردی و اندرسون، ۱۹۷۳). دقت طبقه‌بندی بیانگر سطح اعتماد به نقشه استخراج شده می‌باشد. بر این اساس در محیط نرم‌افزار eCognition 9 به منظور ارزیابی صحت طبقه‌بندی از ماتریس خطا که بر اساس آن دقت کلی برآورد می‌گردد و ضریب کاپا استفاده گردیده است. ماتریس خطا رابطه بین داده‌های حقایق زمینی و نتایج ذیربط یک طبقه‌بندی خودکار را به صورت رده به رده مقایسه می‌کند. چنین ماتریسی به صورت مربع می‌باشد که تعداد سطر و ستون‌های آن برابر با تعداد رده‌هایی است که دقت طبقه‌بندی آن‌ها بررسی شده است. در این نوع ماتریس‌ها پیکسل‌های واقع بر روی قطر اصلی، آن دسته از پیکسل‌هایی است که به درستی طبقه‌بندی شده‌اند و پیکسل‌هایی که خارج از قطر اصلی ماتریس هستند، به درستی طبقه‌بندی نشده‌اند؛ با

توجه به شرایط توصیفی کلاس‌ها به خود اختصاص می‌دهند (رسولی و محمودزاده، ۲۲۳: ۱۳۸۹)، در این پژوهش به منظور طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای از طبقه‌بندی فازی در محیط نرم‌افزار eCognition 9 استفاده گردیده است. در محیط این نرم‌افزار شرایط به وسیله اظهاراتی که برای توصیف‌های کلاس‌ها وارد می‌شود تعریف می‌شود. برای این منظور سه حالت زیر در نظر گرفته می‌شود: شرایط انفرادی ۱، ترکیب‌های منطقی ۲ و تابع نزدیک‌ترین همسایه ۳. شرایط انفرادی به وسیله تابع عضویت تک‌بعدی تعریف می‌شود. به وسیله تابع عضویت تک‌بعدی تمام اطلاعات موجود درباره ارتباط بین سطوح و تخصیص کلاس‌ها می‌تواند تکمیل گردد. در شرایط ترکیبی از توابعی نظیر: and, or, not در طبقه‌بندی کلاس‌ها استفاده می‌شود. در تابع نزدیک‌ترین همسایه که در محیط نرم‌افزار eCognition 9 ارائه می‌شود از تابع عضویت چند بعدی به طور اتوماتیک استفاده می‌شود. اصول تابع نزدیک‌ترین همسایه عبارت‌است از: ارائه مجموعه‌ای از شی‌های نمونه برای هر یک از کلاس‌ها و انجام عملیات جستجو برای شی‌های مشخص در فضای عوارض سطوح برای هر کدام از شی‌های تصویری. تمام کلاس‌های ارزیابی در محیط نرم‌افزار eCognition 9 به وسیله ارزیابی ارزش‌هایی در محدوده صفر (عدم ارزیابی) تا یک (ارزیابی کامل) انجام می‌شود. در نتیجه شی‌های تصویری مستقر در فضای عوارض نمونه‌ها، از درجه عضویت بالایی برای آن کلاس برخوردارند. کلاس‌های مورد نظر شامل: آب‌های سطحی، نواحی ساخته شده، فضای سبز و باغات، زمین بایر و زمین زراعی می‌باشند که با استفاده از روابط زیر و تحلیل‌های مبتنی بر بافت و شکل (در روش شی‌گرا) مورد بررسی قرار گرفته‌اند:

- شاخص آب از طریق رابطه (۷) زیر محاسبه گردید

رابطه (۷)

$$NDWI = \frac{Green - SWIR}{Green + SWIR}$$

در رابطه شماره ۷، $Green$ محدوده طیفی سبز و $SWIR$ محدوده طیفی مادون قرمز میانی می‌باشد.

- شاخص پوشش گیاهی از طریق رابطه (۸) به دست آمد

رابطه (۸)

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

در رابطه شماره ۸، NIR محدوده طیفی مادون قرمز نزدیک و RED محدوده طیفی قرمز می‌باشد.

- شاخص نرمال شده تفاضلی اراضی بایر بر اساس رابطه (۹) محاسبه گردید

رابطه (۹)

$$NDBal = \frac{MIR - TIR}{MIR + TIR}$$

در رابطه شماره ۹، MIR محدوده طیفی مادون قرمز میانی و TIR محدوده طیفی مادون قرمز حرارتی می‌باشد.

به لحاظ رنگ نتایج بهتری ارائه می‌دهد ولی نمایش داده‌های حاصل از اسکنرها در تک باندها با استفاده از گام خاکستری است، تصویر رنگی کاذب هر تاریخ با استفاده از ترکیب باندهای ۲۳۴ به ترتیب بارنگهای ۸.۴ مادون قرمز، قرمز و سبز تولید در محیط نرم‌افزار ENVI تولید شد (خویی و میریما، ۲۰۱۰: ۶۸). این تصاویر به تجسم انواع کاربری‌ها در منطقه کمک می‌کنند. از روش طبقه‌بندی نظارت شده برای تهیه نقشه‌های پوشش اراضی استفاده شد برای این مرحله با تفسیر بصری تصویر ترکیب رنگی کاذب و با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ سازمان نقشه برداری کشور، نمونه‌های تعلیمی برای هر کلاس تعریف شدند، سپس نمونه‌های تعلیمی به شیوه رقومی کردن روی صفحه رایانه رقومی شدند. در مرحله دوم، نمونه‌های تعلیمی تفکیک شدند و مرحله سوم طبقه‌بندی کاربری‌اراضی با الگوریتم حداکثر احتمال در طبقه‌بندی نظارت شده در ۵ کلاس کاربری شامل فضای سبز و باغات، زمین‌های بایر، زمین‌های زراعی، سطوح آب و مناطق مسکونی - انسان ساخت صورت گرفت. در این روش طبقه‌بندی از داده‌هایی مانند میانگین متوسط برآورد و واریانس‌های طبقات استفاده می‌کند که بعدها به منظور احتمال‌های برآورد به کار برده می‌شوند. الگوریتم حداکثر احتمال، فرض می‌کند که احتمال‌های برآورد برای همه طبقات برابر هستند و هیستوگرام باندهای ورودی جهت به دست آوردن یک خروجی دقیق، دارای توزیع نرمالی می‌باشند. این روش متوسط، واریانس‌ها و تغییرپذیری در ارزش‌های طیفی هر کلاس را به عنوان مجموعه‌ای از داده‌های زمینی به دست می‌آورد؛ بنابراین، نیازمند داده‌های زمینی دقیق است. مزیت اصلی این روش آمار مبنا بودن آن است که برآوردی از همپوشانی نواحی را فراهم می‌کند (گرس و همکاران ۲۰۰۶، ۳۴). درنهایت برای حذف قطعات کوچک و ساده سازی تصاویر حاصل از طبقه‌بندی‌ها از فیلتر مد استفاده شد. پس از این فرآیند، طبقه‌بندی‌های به دست آمده در محیط ArcMap، محیط پایگاه داده لایه وکتور شده و با استفاده از دستور Calculate Geometry اقدام به محاسبه مساحت هر یک از کلاس‌های طبقه‌بندی شده بر حسب هکتار شد.

ارزیابی صحت نقشه‌های کاربری اراضی

با اعمال ۳۰ نقطه تعلیمی در هر کلاس کاربری بر روی تصویر گوگل ارث و برداشت میدانی توسط دستگاه موقعیت یاب زمینی ۱ صحت نقشه تهیه شده سال ۲۰۱۸ با واقعیت زمینی، ارزیابی گردید. مقادیر ضریب کاپا بالای ۸۰ درصد، نشانه دهنده این است که به طور کلی تطابق خوبی بین طبقه‌بندی و انواع طبقات کاربری موجود در زمین وجود دارد به منظور تولید نقشه‌های کاربری اراضی صحیح در سال‌های ۲۰۰۶ و ۲۰۱۲، از ضرایب کاپای به دست آمده و تطابق با نقشه‌های موجود از منطقه استفاده گردید

مدل پیش‌بینی CA-Markov

زنجیره مارکوف و CA هر دو، مدل دینامیک گسسته در زمان و موقعیت هستند. مشکل ذاتی زنجیره مارکوف این است که هیچ درک جغرافیایی تولید نمی‌کند. احتمال تبدیل ممکن است روی هر گروه پایه، با صحت و دقت همراه باشد، اما فاقد دانش و آگاهی از توزیع مکانی تصادفی درون هر گروه

تقسیم کل پیکسل‌هایی که درست طبقه‌بندی شده، بر تعداد کل پیکسل‌های مورد طبقه‌بندی دقت کلی به دست می‌آید؛ مقدار عددی دقت کلی بین صفر تا ۱۰۰ درصد متغیر می‌باشد که هرچه به ۱۰۰ نزدیک شود نشان‌گر دقت بالای تصویر طبقه‌بندی شده می‌باشد رابطه

رابطه (۱۳)

$$OA = \frac{\sum_{k=1}^N a_{kk}}{\sum_{i,k=1}^N a_{ik}} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^N a_{kk}$$

در رابطه فوق، OA نشان‌دهنده دقت کلی و N معرف تعداد کل پیکسل‌های طبقه‌بندی شده و $\sum_{k=1}^N a_{kk}$ نمایه مجموع پیکسل‌های قطر اصلی ماتریس خطا می‌باشد.

ضریب کاپا تکنیک چند متغیره گسسته‌ای است که در ارزیابی صحت برای تصمیم‌گیری‌های آماری مورد استفاده قرار می‌گیرد (رسولی، ۱۳۸۷). نتیجه تحلیل کاپا شاخص KHAT یا K می‌باشد که شاخصی است برای اندازه‌گیری صحت طبقه‌بندی بر اساس تفاوت بین صحت واقعی در ماتریس خطا و تغییرهای صحت که به وسیله مجموع سطر و ستون نشان داده شده است. شاخص K در واقع شاخص معرف اختلاف بین توافق واقعی در داده‌های مرجع و یک طبقه‌بندی کننده خودکار و توافق احتمالی بین داده‌های مرجع و طبقه‌بندی کننده تصادفی است (رسولی و محمودزاده ۱۳۸۹: ۹۰). (رابطه ۱۴)

رابطه ۱۴-

$$K = \frac{(\text{احتمال توافق}) - (\text{دقت مشاهده شده})}{\text{احتمال توافق} - 1}$$

دقت مشاهده شده در واقع همان دقت کلی طبقه‌بندی می‌باشد که از تقسیم کل پیکسل‌هایی که درست طبقه‌بندی شده، بر تعداد کل پیکسل‌های مورد طبقه‌بندی دقت کلی به دست می‌آید. احتمال توافق نیز بر اساس ماتریس خطا و از رابطه زیر (رابطه ۱۵) محاسبه می‌گردد:

رابطه ۱۵-

$$\sum p_i \times p_j = \text{احتمال توافق}$$

در رابطه فوق p_i از تقسیم پیکسل‌های هر ردیف بر تعداد کل پیکسل‌های طبقه‌بندی شده به دست می‌آید و p_j از تقسیم پیکسل‌های هر ستون بر تعداد کل پیکسل‌های طبقه‌بندی شده به دست می‌آید. در واقع شاخص کاپا، درصد صحت کلی را با کم کردن سهم برآورده شده احتمال توافق، تعدیل می‌کند. در مواردی که توافق حقیقی (مشاهده شده) به یک و توافق احتمالی به صفر نزدیک شود، مقدار K به یک نزدیک می‌گردد که این حالت ایده‌آل است. در واقع شاخص کاپا مقداری بین صفر و یک دارد، اگر مقدار کاپا صفر باشد نشان‌گر یک طبقه‌بندی کاملاً تصادفی است و اگر مقدار شاخص کاپا یک باشد نشان‌دهنده یک طبقه‌بندی کاملاً صحیح است و مقدار منفی نیز به معنی وجود خطا در طبقه‌بندی است.

تهیه نقشه‌ها و محاسبه مساحت کاربری اراضی

به منظور بررسی تغییرات کاربری اراضی، از تصاویر ماهواره‌ای سال‌های ۲۰۰۰، ۲۰۰۶، ۲۰۱۴ و ۲۰۱۸ استفاده شد. از آنجاکه تفکیک و شناسایی پدیده‌ها

قسمت از پردازش شیء‌گرایی تصاویر ماهواره‌ای استفاده گردیده است که در سه مرحله کلی سگمنت‌سازی، طبقه‌بندی فازی و ارزیابی صحت طبقه‌بندی انجام گردید.

نتایج سگمنت‌سازی

برای انجام سگمنت‌سازی از الگوریتم Multiresolution Segmentation استفاده گردید، این الگوریتم یکی از پرکاربردترین الگوریتم‌ها جهت سگمنت‌سازی تصاویر ماهواره‌ای می‌باشد و با به حداقل رساندن میانگین مکانی ناهمگویی‌ها در شکل اقدام به ایجاد سگمنت‌ها می‌کند. در جدول زیر پارامترهای به کار رفته جهت سگمنت‌سازی تصاویر ماهواره‌ای Landsat در محیط نرم‌افزار eCognition 9 ذکر شده است (جدول ۳).

جدول (۳)- پارامترهای به کار رفته جهت سگمنت‌سازی تصاویر ماهواره‌ای

Landsat	
پارامتر	آستانه عددی
مقیاس	۱۰
ضریب شکل	۰/۲
ضریب فشردگی	۰/۵

نتایج ارزیابی صحت طبقه‌بندی

دقت طبقه‌بندی بیانگر سطح اعتماد به شکل طبقه‌بندی شده می‌باشد. در طبقه‌بندی شیء‌گرا می‌توان با استفاده از دقت کلی طبقه‌بندی و ضریب کاپا به ارزیابی دقت طبقه‌بندی پرداخت. در این قسمت، ضریب آماری کاپا و همچنین دقت کلی طبقه‌بندی برای هر یک از تصاویر طبقه‌بندی شده استخراج گردیده است دامنه تغییرات نمایه توافق کاپا از ۱- تا ۱+ است و نشان دهنده درجه تشابه بین تصاویر است. در صورتی که دو تصویر تشابه کامل داشته باشند، ضریب کاپا یک است و اگر هیچ پیکسلی ارزش ثابت در دو تصویر نداشته باشد، ضریب کاپا برابر ۱- است. استنتاج صحت کلی و ضریب کاپا برای تصاویر طبقه‌بندی شده سال‌های ۲۰۰۶، ۲۰۱۲ و ۲۰۱۸، در جدول ۴ ارائه شده است. با توجه به مقدار قابل قبول شاخص کاپا و صحت کلی می‌توان از این تصاویر برای مدل‌سازی الگوی مکانی تغییرات پوشش اراضی استفاده نمود.

جدول (۴)- نتایج ارزیابی صحت کلی و ضریب کاپا برای نقشه‌های

طبقه‌بندی شده کاربری سال‌های (۲۰۱۸ تا ۲۰۰۰)

سال	ضریب کاپا	دقت کلی (درصد)
۲۰۰۰	۰/۸۹	۹۱/۳
۲۰۰۶	۰/۹۱	۹۲/۶
۲۰۱۲	۰/۹۲	۹۳/۸
۲۰۱۸	۰/۹۴	۹۴/۷

کاربری زمین است و به عبارتی مؤلفه مکانی در خروجی مدل‌سازی وجود ندارد. در نتیجه مدل CA-Markov روشی مناسب در مدل‌سازی دینامیک زمانی و مکانی تغییرات پوشش و کاربری زمین است و داده‌های سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی می‌توانند به طور موثری در آن مشارکت داده شوند (لی و رینولدز، ۱۹۹۷: ۱۷۲).

در مدل CA-Markov، پروسه زنجیره مارکوف تغییرات زمانی را میان کلاس پوشش/کاربری زمین بر اساس احتمالات تبدیل می‌کند، در حالی که تغییرات مکانی به وسیله قوانین محلی تعیین شده از طریق فیلتر مکانی CA کنترل می‌گردند (ایستمن و همکاران، ۲۰۰۵: ۲۲۳). برای پایش الگوهای مکانی پوشش و کاربری اراضی محدوده ساحل شرقی دریاچه ارومیه، یک مدل شبیه‌سازی تغییرات پوشش و کاربری زمین توسعه داده شد، که شامل سه مرحله است:

محاسبه احتمالات تبدیل با استفاده از آنالیز زنجیره مارکوف
محاسبه نقشه‌های شایستگی پوشش و کاربری زمین بر اساس ارزیابی چند معیاره
اختصاص مکانی پوشش و کاربری زمین شبیه‌سازی شده بر اساس عملگر مکانی CA

در مرحله دوم این مدل از روش ارزیابی چند معیاره (MCE) جهت ارزیابی شایستگی پوشش و کاربری زمین و تولید نقشه‌های شایستگی، استفاده خواهد شد. توجه ویژه‌ای به شایستگی پوشش‌های گیاهی صورت خواهد گرفت، چرا که دینامیک تغییر آن دارای شتاب بیشتری می‌باشد. در روش MCE فاکتورها و محدودیت‌های مکانی تأثیرگذار بر روی مدل در نظر گرفته می‌شود. سپس تحلیل چند معیاره با مشارکت محدودیت‌های فوق و فاکتورهای وزن‌دهی شده، اجرا می‌شود (اشنایدر و پنتیوس، ۲۰۰۱: ۸۸). در نهایت یک فیلتر CA جهت تغییر حالت سلول‌ها بر اساس همسایگی آن مورد استفاده قرار می‌گیرد. این فیلتر، یک فیلتر مجاورت ۵ × ۵ به صورت زیر می‌باشد (جدول ۲):

۰	۰	۱	۰	۰
۰	۱	۱	۱	۰
۱	۱	۱	۱	۱
۰	۱	۱	۱	۰
۰	۰	۱	۰	۰

جدول (۲)- فیلتر مجاورت به کار رفته در تصاویر

یافته‌ها

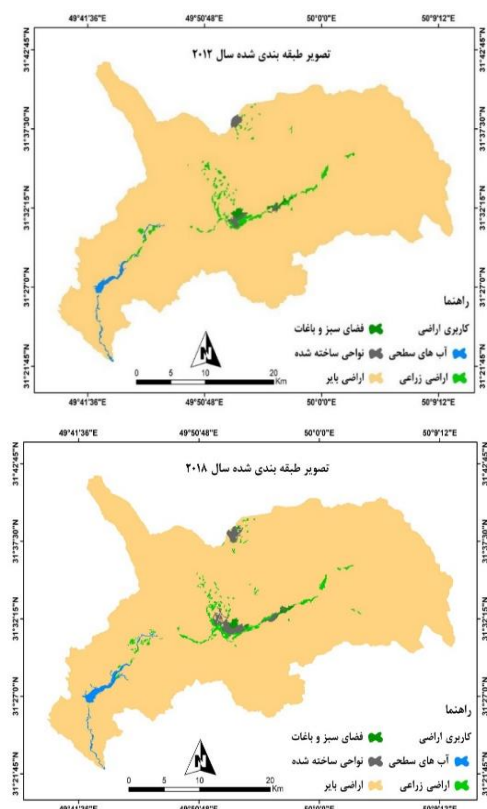
نتایج پردازش تصاویر ماهواره‌ای به روش شیء‌گرا پس از انجام مراحل پیش‌پردازش، تصاویر ماهواره‌ای مورد پردازش قرار گرفته تا اطلاعات مورد نیاز در مورد کاربری اراضی از آن‌ها استخراج گردد. در این

مساحت کاربری اراضی در سال‌های مختلف

در این قسمت شکل طبقه‌بندی شده به لایه وکتور تبدیل گردید و وارد محیط نرم‌افزار ArcGIS شد، در ادامه وارد محیط پایگاه داده لایه وکتور شده و با استفاده از دستور Calculate Geometry اقدام به محاسبه مساحت هر یک از کلاس‌های طبقه‌بندی شده بر حسب هکتار گردید (جدول ۵).

جدول (۵) - مساحت کاربری‌ها در سال‌های مختلف (بر حسب هکتار) در طول دوره مطالعه (۲۰۰۰، ۲۰۰۶، ۲۰۱۲، ۲۰۱۸)

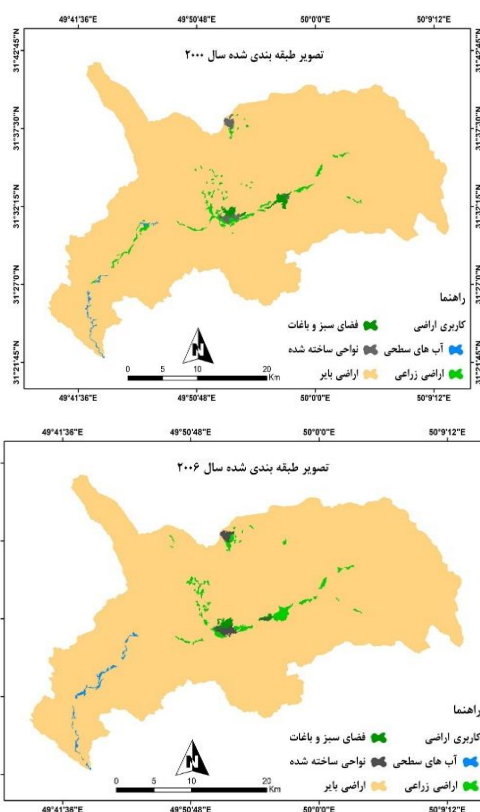
سال کاربری اراضی	۲۰۰۰	۲۰۰۶	۲۰۱۲	۲۰۱۸
نواحی ساخته شده	۲۹۶/۴۳	۳۴۵/۹۶	۳۵۳/۷۲	۷۳۶/۰۲
فضای سبز و باغات	۳۶۹	۲۳۴/۰۹	۲۳۱/۹۵	۲۱۱/۵
زمین بایر	۸۶۵۷۰/۱	۸۶۴۷۶/۸۶	۸۶۲۶۶/۵۲	۸۵۷۴۷/۵۲
زمین زراعی	۹۸۴/۰۲	۱۰۳۶/۸	۱۰۶۹/۸۶	۱۱۱۹/۵۷
آب	۱۷۲/۰۶	۲۹۷/۹	۴۶۹/۵۶	۵۷۷



اشکال (۵ تا ۵) نقشه کاربری اراضی حوضه رود زرد (۲۰۰۰، ۲۰۰۶، ۲۰۱۲، ۲۰۱۸)

آشکارسازی تغییرات

برای درک اینکه طی دوره ۱۸ ساله، تغییرات منطقه چگونه بوده و کدام کلاس‌ها گسترش و کدامیک کاهش مساحت داشته‌اند، از نقشه‌های طبقه‌بندی شده استفاده شد. با استفاده از نقشه پوشش و کاربری اراضی تهیه شده برای هر دوره، مساحت هر کلاس پوشش زمین محاسبه شد. همچنین درصد هر کلاس نسبت به کل منطقه، برای آگاهی از میزان تغییرات به وقوع پیوسته در دوره‌های بعدی به دست آمده است. شکل‌های ۲ تا ۵ روند تغییرات درصد مساحت کاربری اراضی در دوره‌های زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۸ را نشان می‌دهد و در جدول ۶ تغییرات در مقطع زمانی در هر دوره نسبت به سال ۲۰۰۰ آورده شده است. با توجه به جدول ۵ مشاهده می‌گردد، نواحی ساخته شده در سال ۲۰۰۰ برابر با ۲۹۶/۴۳ کیلومترمربع که در سال ۲۰۱۸ به ۷۳۶/۰۲ کیلومترمربع که نشان دهنده افزایش ۲/۵ درصدی نواحی ساخته شده است. فضای سبز و باغات در سال ۲۰۰۰ برابر ۳۶۹ کیلومترمربع و در سال ۲۰۱۸ به ۲۱۱/۵ کیلومترمربع تغییر یافته که نشان دهنده کاهش ۲۲ درصدی مساحت فضای سبز و باغات است، زمین‌های بایر از ۸۶۵۷۰/۱ کیلومتر در سال ۲۰۱۸ به ۸۵۷۴۷/۵۲ تغییر یافت که بیانگر کاهش ۱ درصدی آن است، زمین‌های زراعی از ۹۸۴/۰۲ به ۱۱۱۹/۵۷ کیلومتر معادل ۰/۲ افزایش داشته است، همچنین سطوح آبی از ۱۷۲/۰۶ به ۵۷۷ کیلومتر برابر با ۰/۴۵ درصد نسبت که کل وسعت حوضه افزایش داشته است که دلیل اصلی آن آگیری سد جره در این انتهای این حوضه است.



نتایج مدل پیش‌بینی زنجیره مارکوف

در این مرحله تصاویر سال (۲۰۰۰-۲۰۱۲-۲۰۱۸) به محیط نرم‌افزار TerrSet معرفی گردید و احتمال تبدیل هر یک از کلاس‌ها به یکدیگر با استفاده از مدل مارکوف مشخص شد.

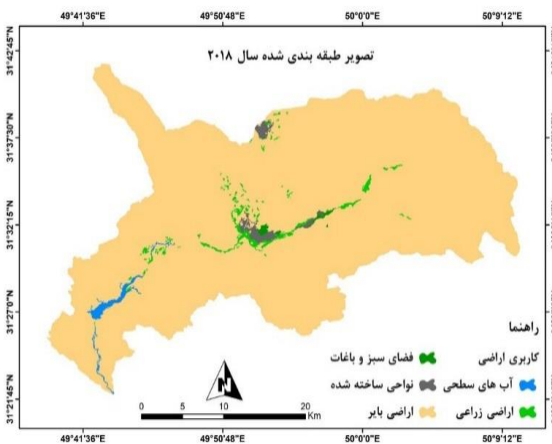
جدول (۶)- ماتریس احتمالات تبدیل برای بازه زمانی ۲۰۰۰ الی ۲۰۱۲

آب‌های سطحی	زمین زراعی	فضای سبز و باغات	نواحی ساخته شده	زمین بایر
۰/۷۹۸۲	۰/۰۲۴۶	۰	۰	۰/۱۷۷۲
۰/۰۴۲۹	۰/۷۱۲۹	۰/۰۳۱۷	۰/۰۲۰۴	۰/۱۹۲۲
۰	۰/۱۵۱۷	۰/۶۲۹۵	۰/۰۳۱۷	۰/۱۸۷۱
۰	۰/۱۲۹۹	۰	۰/۷۶۲۱	۰/۱۰۸۰
۰/۰۰۱۹	۰/۰۰۲۷	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۹	۰/۹۹۴۳

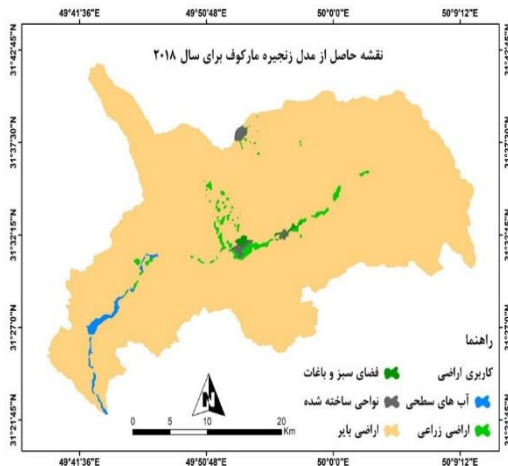
جدول (۷)- ماتریس احتمالات تبدیل برای بازه زمانی ۲۰۱۲ الی ۲۰۱۸

آب‌های سطحی	زمین زراعی	فضای سبز و باغات	نواحی ساخته شده	زمین بایر
۰/۸۲۴۴	۰/۰۱۲۲	۰	۰	۰/۱۶۳۳
۰/۰۲۱۱	۰/۴۸۱۲	۰/۰۴۸۶	۰/۱	۰/۳۴۹۱
۰	۰/۱۷۳۲	۰/۵۴۵۳	۰/۱۵۹۸	۰/۱۲۱۷
۰	۰/۰۴۲۲	۰/۰۰۹۵	۰/۷۰۷۸	۰/۲۴۰۵
۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۶۳	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۴۷	۰/۹۸۶۶

سه مجموعه داده‌ها، شامل: الف) نقشه پوشش / کاربری اراضی سال ۲۰۱۲ به عنوان نقشه مبنا، ب) نقشه‌های شایستگی سال ۲۰۱۲ و پ) ماتریس مناطق تبدیل ۲۰۰۰-۲۰۱۲، با استفاده از عملگر مکانی CA برای پیش‌بینی نقشه کاربری اراضی سال ۲۰۱۸ در محیط نرم‌افزار TerrSet با یکدیگر تلفیق شدند. ۱۲ بار تکرار برای مدل CA به دلیل فاصله زمانی ۲۰۰۰ و ۲۰۱۲ اختصاص داده شد. بدین‌رتیب در پایان هر تکرار، نقشه پوشش و کاربری اراضی جدیدی به وسیله همپوشانی تمامی نتایج به دست آمده از مراحل پیشین تولید گردید. در ادامه نقشه خروجی از مدل CA-Markov و نقشه حاصل از طبقه‌بندی شکل سال ۲۰۱۸ نشان داده شده‌اند.



شکل (۶)- نقشه مرجع سال ۲۰۱۸ (منبع نویسندگان)



شکل (۷)- نقشه حاصل از مدل CA-Markov برای سال ۲۰۱۸ (منبع نویسندگان)

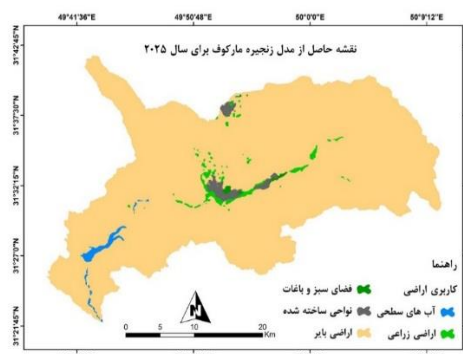
با توجه به نقشه پوشش / کاربری به دست آمده از اجرای مدل برای سال ۲۰۱۸، کلاس‌های موجود در نقشه شبیه‌سازی شده، با کلاس‌های متناظر در نقشه پوشش / کاربری اراضی مرجع در سال ۲۰۱۸ نسبتاً مشابه‌اند. دقت کلی این مدل ۸۷.۴ درصد حاصل گشته است.

با استفاده از مدل CA-Markov پیش‌بینی تغییرات اراضی منطقه در سال ۲۰۲۵ و ۲۰۵۰ انجام شد. در صورتی که سرعت تغییرات کاربری همچون سال‌های گذشته باشد با توجه به جدول شماره ۸ در سال ۲۰۲۵ کاربری نواحی ساخته شده به ۱۰۸۹/۵۴ هکتار افزایش خواهد یافت، کاربری فضای سبز و باغات به ۲۰۱/۴۲ هکتار کاهش خواهد یافت، کاربری زمین بایر به ۱۱۵۴/۵۲ هکتار کاهش خواهد یافت، کاربری زمین زراعی به ۶۶۶/۵۴ افزایش خواهد یافت. در سال ۲۰۵۰ کاربری نواحی ساخته شده به ۱۶۷۱/۹۸ هکتار افزایش خواهد یافت، کاربری فضای سبز و باغات به ۱۹۲/۶۲ هکتار کاهش خواهد یافت، کاربری زمین بایر به ۸۴۳۸۷/۶۹ هکتار کاهش خواهد یافت، کاربری زمین زراعی به ۱۲۴۳/۷۳ هکتار افزایش خواهد یافت و کاربری آب‌های سطحی به ۸۹۵/۵۹ افزایش خواهد یافت (شکل ۹ و ۸). تغییرات

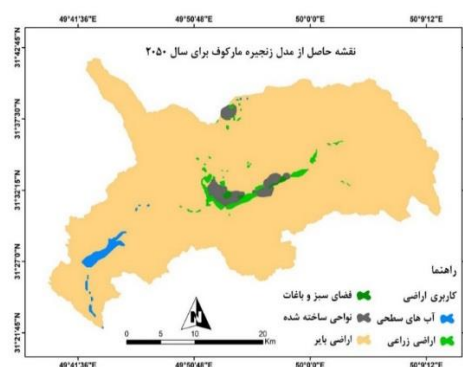
نتیجه‌گیری

تغییر کاربری اراضی به عنوان عاملی پایه در تغییرات زیست محیطی عمل کرده و به یک خطر جهانی تبدیل شده است. بازبینی این تغییرات از طریق تصاویر ماهواره‌ای و پیش‌بینی و ارزیابی پتانسیل آنها از طریق مدل‌سازی می‌تواند به برنامه‌ریزان منابع طبیعی برای تصمیمات آگاهانه‌تر کمک کند. یکی از مهمترین عوامل تأثیرگذار در فرسایش‌های اراضی و از بین رفتن فضای سبز حوضه رود زرد، تغییرات کاربری اراضی است. از این رو، تهیه نقشه‌های مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی برای مشخص کردن این مسئله که کجا، چگونه و چه زمانی تغییرات رخ داده حائز اهمیت است. لذا در تحقیق حاضر، تغییرات کاربری اراضی حوزه آبخیز رود زرد در چهار بازه زمانی ۲۰۰۰، ۲۰۰۶، ۲۰۱۲ و ۲۰۱۸ با استفاده از تصاویر لندست ارزیابی شد و با استفاده از مدل زنجیره مارکوف، تغییرات کاربری اراضی برای سال‌های ۲۰۲۵ و ۲۰۵۰ پیش‌بینی گردید. با توجه به نتایج آشکارسازی، در دوره مطالعاتی ۲۵ ساله، نتایج نشان داد در فاصله زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۵، فضای سبز و باغات، زمین‌های بایر، به ترتیب به میزان ۱۶۷/۵۸، ۱۲۹۰/۵ کیلومتر مربع کاهش و در مقابل اراضی زراعی، نواحی ساخته شده، و آب‌های سطحی به ترتیب ۱۷۰/۵، ۷۹۳/۱۱ و ۴۹۴/۳۴ کیلومتر افزایش داشته‌اند. این نتایج نشان می‌دهد، بیشترین کاهش در زمین‌های بایر و فضای سبز و باغات صورت گرفته است. ادامه این روند می‌تواند به تشدید آسیب‌های زیست محیطی و کاهش هر چه بیشتر فضای سبز منطقه و تخریب زیست بوم‌ها و فرسایش خاک در منطقه منجر شود. اصلی‌ترین قابلیت مدل مارکوف توانایی آنها در پیش‌بینی آینده بر اساس وضعیت تغییرات در گذشته است. نتایج حاصل از ماتریس پیش‌بینی تغییرات بر مبنای نقشه‌های سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۱۸ نشان داد که احتمال می‌رود در فاصله زمانی ۲۰۱۸-۲۰۵۰، فضای سبز و باغات و زمین‌های بایر به ترتیب به میزان ۱۸/۸۸ و ۱۰۸۳/۸۳ کیلومتر کاهش و در مقابل نواحی ساخته شده، زمین‌های زراعی و آب‌های سطحی به میزان ۹۳۵/۹۶، ۱۰۱۲۴/۱۶ و ۳۱۸/۵۹ کیلومتر افزایش داشته‌اند. این موضوع نشان دهنده این است که درحوضه به علت افزایش جمعیت ساخت و سازهای روزبه‌روز در حال افزایش و از فضای سبز و باغات و زمین‌های بایر کاسته و به اراضی مسکونی و زمین‌های زراعی افزوده می‌گردد، نتایج بررسی تغییرات دوره ۵۰ ساله هم بیانگر این است که اگر تغییرات صورت گرفته به همین صورت ادامه داشته باشد و کنترل و بررسی نشود، نواحی ساخته شده ۴۶/۴ درصد، زمین‌های زراعی ۲۶/۳۹ و آب‌های سطحی که عمدتاً حاصل ذخیره شدن آب در پشت سد موجود در حوضه است ۴۲/۵ درصد افزایش خواهند داشت در مقابل فضای سبز ۴۷/۸۰ درصد، زمین‌های بایر ۲/۵۲ درصد کاهش خواهند داشت. عامل انسانی از تأثیرگذارترین عوامل در این تغییرات بوده تبدیل اراضی بایر به زمین‌های زراعی و دیم در صورت وقوع خشکسالی و رها کردن زمین‌های دیم خطر فرسایش را در منطقه به شدت افزایش خواهد داد. نتایج به دست آمده در این پژوهش با نتایج حاصل از عزیزقلاتی و همکاران (۱۳۹۵)، کاویان و همکاران (۱۳۹۶)، ابراهیمی و همکاران (۱۳۹۷)، زاری سوخته (۱۳۹۸)، حاجی بیگلر و همکاران (۱۳۹۹) و سالاریان و همکاران (۱۴۰۰) مبنی بر تغییرات کاربری‌ها در جهت افزایش مناطق

کاربری در محدوده مطالعه بیشتر تحت تأثیر عوامل انسانی از بین بردن فضای سبز و باغات تبدیل آن‌ها به مناطق مسکونی یکی از دلایل است از دیگر دلایل تراکم بالای جمعیت در این حوضه این حوضه یکی از مهاجرپذیرترین مناطق استان خوزستان است جمعیت بالا سبب شده بسیاری از اراضی بایر به زمین‌های دیم تبدیل گردد. همچنین احداث سده جره در بخش انتهایی حوضه سبب افزایش سطوح آبی در این منطقه شده است.



شکل (۸) - نقشه حاصل از مدل CA-Markov برای سال ۲۰۲۵



شکل (۹) - نقشه حاصل از مدل CA-Markov برای سال ۲۰۵۰

(منبع: نویسندگان)

جدول ۸- کلاس‌های مورد نظر: نواحی ساخته شده، فضای سبز و باغات، زمین بایر، زمین زراعی، آب‌های سطحی پیش‌بینی برای سال ۲۰۲۵ و ۲۰۵۰

نواحی ساخته شده	فضای سبز و باغات	زمین بایر	زمین زراعی	آب	مجموع
مساحت در سال ۲۰۲۵ به هکتار	۱۰۸۹/۵۴	۲۰۱/۴۲	۸۵۲۷۹/۵۲	۱۱۵۴/۵۲	۶۶۶/۵۴
مساحت در سال ۲۰۵۰ به هکتار	۱۶۷۱/۹۸	۱۹۲/۶۲	۸۴۲۸۷/۶۹	۱۲۴۳/۷۳	۸۹۵/۵۹

مسکونی و نواحی ساخته شده و کاهش فضای سبز و زمین‌های کشاورزی و پیش‌بینی تغییرات کاربری با مدل مارکوف قابل قبول است مطابقت دارد. بهره‌گیری از مدل مارکوف در پیش‌بینی تغییرات ۵۰ ساله و تهیه نقشه پیش‌بینی تغییرات کاربری‌های مختلف از جنبه‌های مهم نوآوری این مطالعه محسوب می‌شود. از سوی دیگر بررسی نقشه‌ها با یافته‌های میدانی بیانگر این است انطباق آنها با واقعیت‌های زمینی همسو است نتایج به دست آمده می‌تواند راهنمای مناسبی برای مدیران و برنامه‌ریزان در بخش منابع طبیعی باشد. علاوه بر این، نقشه‌های کاربری شبیه‌سازی شده می‌توانند، به عنوان سامانه هشداردهنده پیامدها و تأثیر آینده تغییر کاربری مورد استفاده قرار گیرد. پیش‌بینی روند گسترش و تغییرات کاربری‌ها در محدوده منطقه این امکان را برای برنامه‌ریزان و مدیران شهری و منطقه‌ای از جمله شهرداری و فرمانداری فراهم می‌کند تا با شناخت بهتر تحولات کالبدی فضایی منطقه به خوبی بتوانند برنامه‌های توسعه‌ای را اجرا نمایند.

منابع

- ابراهیمی، حمید، رسولی، علی اکبر، احمدپور، احمد (۱۳۹۷)، مدل‌سازی تغییرات دینامیک کاربری‌اراضی با استفاده از پردازش شیء گرا تصاویر ماهواره‌ای و مدل CA-Markov (مطالعه موردی: شهر شیراز، فصلنامه اطلاعات جغرافیایی سپهر)، ۲۷ (صص ۱۳۷-۱۴۹).
- اداره هواشناسی استان خوزستان، ۱۴۰۰، بخش آمار و اطلاعات هواشناسی،
- حاجی بیگلر، محبوبه، واحد بردی شیخ، هادی، معماریان چوقی کمکی، بایرام (۱۳۹۹)، کالیبراسیون سه بعدی تغییرات کاربری‌اراضی با استفاده از مدل تلفیقی سلول اتومای زنجیره مارکوف در حوزه آبخیز گرگان‌رود، فصلنامه سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، پیاپی ۱۱ شماره ۱ صص ۱-۲۶.
- خارباوند، سببا، عطارچی، سارا (۱۳۹۹)، ارزیابی تغییرات عمق تالاب انزلی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و داده‌های هواشناسی در بازه سی ساله، فصلنامه سنجش از دور و GIS ایران شماره جاری: دوره ۱۲، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۹، صص ۷۲-۸۳.
- رسولی، علی اکبر (۱۳۸۷)، اصول سنجش از دور کاربردی با تأکید بر پردازش تصاویر ماهواره‌ای، چاپ اول، تبریز: انتشارات دانشگاه تبریز.
- رسولی، علی اکبر، محمودزاده، حسن (۱۳۸۹)، مبانی سنجش از دور دانش پایه، چاپ اول، تبریز: انتشارات علمیران
- روستایی، شهرام مختاری، داوود، ولی زاده، کامران، خلیل، خدایی قشلاق، لایلا (۱۳۹۸)، مقایسه روش پیکسل پایه (بیشترین شباهت) و شیء گرا (ماشین بردار پشتیبان) در طبقه‌بندی کاربری اراضی (منطقه اهر - ورزقان) پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی سال هشتم تابستان ۱۳۹۸ شماره ۱ (پیاپی ۲۹) صص، ۱۱۸ - ۱۲۹
- زاری سوخته، سارا (۱۳۹۸)، بررسی و پیش‌بینی تغییرات مکانی و زمانی کاربری‌اراضی شهر جدید هشتگرد با تلفیق داده‌های سنجش از دوری و مدل سلول‌های خودکار مارکوف، مجله کاربرد سیستم اطلاعات جغرافیایی و سنجش از دور در برنامه ریزی، پیاپی ۱۰ شماره ۴ صص ۷-۲۶.
- زیاری، کرامت الله، ایرجی، حسین، (۱۴۰۰)، بررسی گسترش کالبدی - فضایی کلانشهر شیراز با استفاده از سنجش از دور (RS)، نشریه جغرافیا و برنامه ریزی، مقالات آماده انتشار، پذیرفته شده، انتشار آنلاین از تاریخ ۱۲ شهریور ۱۴۰۰
- سادات ابراهیمی، فریده، کمالی، اردوان (۱۳۹۶)، پیش‌بینی تغییرات احتمالی کاربری اراضی دشت جویبار با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای، CA-Markov، نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک (۴): ۲۴ صص ۲۵۹-۲۷۱

سالاریان، فاطمه، طاطیان، عبدالعظیم قانقرمه، محمدرضا، تمرش، رضا (۱۴۰۰)، مدل سازی تغییرات پوشش اراضی استان گلستان با استفاده از مدل سازی تغییرات کاربری (Land Change Modeler)، فصلنامه سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، پیاپی ۱۲ شماره ۴ صص ۴۷-۷۰

شریفی، لایلا، رسولی، علی اکبر، حجازی، میراسدالله، رستم زاده، هاشم (۱۳۹۲)، آشکارسازی تغییرات کاربری/پوشش اراضی با پردازش شیء‌گرای تصاویر ماهواره‌ای (مطالعه موردی: شهرستان تبریز)، نشریه علمی جغرافیا و برنامه ریزی، دوره ۱۷، شماره ۴۴ - شماره پیاپی ۴۴ صفحه ۲۰۳-۲۱۴

عزیزی قلانی، سارا، رنگزن، کاظم، سیدی، جواد، حیدریان، پیمان، تقی زاده، ایوب، (۱۳۹۵)، پیش‌بینی روند تغییرات مکانی کاربری اراضی با استفاده از مدل زنجیره مارکوف-CA (مطالعه موردی: منطقه کوهمره سرخی استان فارس)، سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، سال هفتم/ شماره اول، صص ۷۱-۵۹

فیضی زاده، بختیار، جعفری، فیروز، نظم فر، حسین (۱۳۸۷)، کاربرد داده‌های سنجش از دور در آشکارسازی تغییرات کاربری‌های اراضی شهری مطالعه موردی فضای سبز شهر تبریز، نشریه هنرهای زیبا، شماره ۳۴، تابستان، صفحه ۲۴-

کاوایان، عطاالله، زرگوش، ظریفه، جعفریان، زینب، جلودار، دارابی، حمید (۱۳۹۶) مدل سازی تغییرات کاربری‌اراضی در حوزه آبخیز هراز با استفاده از رگرسیون لجستیک و زنجیره مارکوف، نشریه محیط زیست طبیعی، پیاپی ۷ شماره ۲ صص ۳۹۷-۴۱۱.

ممبئی، مریم، عسگری، حمیدرضا (۱۳۹۷)، پایش، بررسی و پیش‌بینی روند تغییرات مکانی کاربری اراضی/ پوشش زمین با استفاده از مدل زنجیره‌های مارکوف (مطالعه موردی: شوشتر-خوزستان). (فصلنامه اطلاعات جغرافیایی سپهر، ۱۰۵): صص ۳۵-۴۷

مودنی، مهدی، پورمحمدی، محمدرضا (۱۳۹۹)، مدل سازی زمانی - مکانی روند توسعه شهرها با تأکید بر تغییرات کاربری اراضی با استفاده از مدل Markov- ca (مطالعه موردی: شهر پارس آباد معان)، نشریه علمی جغرافیا و برنامه ریزی، سال ۲۴، شماره ۷۳، صص ۳۷۷-۳۴۹

میرعلیزاده فرد، سید رضا، علی بخشی سیده مریم (۱۳۹۵)، پایش و پیش‌بینی روند تغییرات کاربری اراضی با استفاده از مدل زنجیره مارکوف و مدل سازی تغییر کاربری اراضی (مطالعه موردی: دشت برتش دهلران، ایلام)، نشریه سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، شماره ۷، صص ۴۵-۳۳

- CHU, X.-L., LU, Z., WEI, D., LEI, G.-P. (2022) Effects of land use/cover change (LUCC) on the spatiotemporal variability of precipitation and temperature in the Songnen Plain, China, *Journal of Integrative Agriculture*, Volume 21, Issue 1, January 2022. pp. 235–248
- Eastman, J. R., Van Fossen, M. E., & Solarzano, L. A. (2005). Transition potential modeling for land cover change. GIS, spatial analysis and modeling, 357-386.
- Fang S, George Z, Gertner G Z, Sun Z, Anderson A. 2005. The Impact of Interactions in Spatial Simulation of the Dynamics of Urban Sprawl, *Landscape and Urban Planning*, 73: 294– 306. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.landurbplan.2004.08.006
- Gross J, Nemani R, Turner W, Melton F. 2006. Remote sensing for the national parks. *Park Science*, 24(1): 30-36.
- Hardy, E. E., & Anderson, J. R. (1973). A land use classification system for use with remote-sensor data. In *LARS Symposia* (p. 2).
- Jokar Arsanjani J, Kainz W, Mousivand A. 2011. Tracking Dynamic Land Use Change Using Spatially Explicit Markov Chain Based on Cellular Automata: the Case of Tehran. *International Journal of Image and Data Fusion*, 2: 329-345. doi:https://doi.org/10.1080/19479832.2011.60539.
- Kindu M, Schneider T, Teketay D, Knoke T. 2016. Changes of ecosystem service values in response to land use/land cover dynamics in Munessa– Shashemene landscape of the Ethiopian highlands. *Science of The Total Environment*, 547: 137-147. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.12.127.
- Lausch A, Herzog F. (2002), Applicability of landscape metrics for the monitoring of landscape change: issues of scale, resolution and interpretability. *Ecological Indicators*, 2(1-2): 3-15
- Li, H., & Reynolds, J. F. (1997). Modeling effects of spatial pattern, drought, and grazing on rates of rangeland degradation: A combined Markov and cellular automaton approach. *Scale in remote sensing and GIS*, 211-230.
- Lillesand, T., Kiefer, R. W., & Chipman, J. (2014). *Remote sensing and image interpretation*. John Wiley & Sons.
- Lu D., Weng Q. 2007. A survey of image classification methods and techniques for improving classification performance. *International Journal of Remote Sensing*, 5: 823– 870
- Matsa M, Mupepi O, Defe R, (2020) A GIS and remote sensing aided assessment of land use/cover changes in resettlement areas; a case of ward 32 of Mazowe district, Zimbabwe, *Journal of Environmental Management*, 227-293
- Naboreh Amin, Rezaei Moghaddam Mohammad Hossein, Feizizadeh Bakhtiar, Blaschke Thomas, 2017, An integrated object-based image analysis and CA-Markov model approach for modeling land use/land cover trends in the Sarab plain, *Arabian Journal of Geosciences*, 10, 1-16
- Onate-vadiieso F, sendra J B. 2010. Application of GIS and Remote sensing techniques in generation of land use scenario for hydrological modeling. *Journal of Hydrology*, 395 (4): 256-264. doi:https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2010.10.033.
- Purswani, E., Verma, S., Jayakumar, S., Khan, M.L., Pathak, B. (2021), Examining and predicting land use change dynamics in Gandhinagar district, Gujarat, India, *Journal of Urban Management*
- Schneider, L. C., & Pontius Jr, R. G. (2001). Modeling land-use change in the Ipswich watershed, Massachusetts, USA. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 85(1-3), 83-94
- Schulz JJ, Cayuela L, Echeverria C, Salas J, Benayas JMR. (2010). Monitoring land cover change of the dryland forest landscape of Central Chile (1975–2008). *Applied Geography*, 30(3)
- Suriya S, Mudgal B. (2012). Impact of urbanization on flooding: The Thirusoolam sub watershed–A case study. *Journal of Hydrology*, 412: 210-219.
- Tang J, Wang L, Yao Z. (2008). Analyses of urban landscape dynamics using multi-temporal satellite images: A comparison of two petroleum-oriented cities. *Landscape and Urban Planning*, 87(4): 269- 278.
- Václavík T, Rogan J. (2009). Identifying trends in land use/land cover changes in the context of postsocialist transformation in central Europe: a case study of the greater Olomouc region, Czech Republic. *GIScience & Remote Sensing*, 46(1): 54-76.