

Analysis of Urban Land Use Changes with Emphasis on the Commodification of Space Process in Zahedan City Using Remote Sensing Data

Zeynab Sargazi¹, Mohammad Ajza Shokouhi^{2✉}, Mohammad Rahim Rahnama³

1. Ph.D Student of Geography and Urban Planning, Ferdowsi University of Mashhad

E-mail: z.sargazi_ac@yahoo.com

2. Associate Professor of Geography, Faculty of Letters and Humanities, Ferdowsi University of Mashhad

✉ E-mail: shokouhim@um.ac.ir

3. Professor of Geography, Faculty of Letters and Humanities, Ferdowsi University of Mashhad

E-mail: rahnama@um.ac.ir

How to Cite: Sargazi, Z; Shokouhi, M.A; & Rahnama, M. R. (2026). Analysis of Urban Land Use Changes with Emphasis on the Commodification of Space Process in Zahedan City Using Remote Sensing Data. *Geography and Development*, 24 (84), 221-250.

DOI: <http://dx.doi.org/10.22111/GDIJ.2025.52406.3748>

Received:

15 June 2025

Received in revised form:

29 June 2025

Accepted:

17 July 2025

Published online:

25 September 2026

ABSTRACT

Land use changes and urban peripheral expansion have intensified in recent years under the influence of the commodification process. The present study was conducted with the aim of analyzing the trend of land use changes over a 38-year period (1986 to 2024) and investigating the phenomenon of space commodification in Zahedan city. An attempt was made to use remote sensing data and the vector machine (SVM) algorithm to examine long-term land use changes and analyze the role of space commodification. Land use change was examined using pure change analysis and cross-tabulation matrix analysis methods. The findings indicate an increase in man-made areas during the study period from about 6.3% to 14.7%. Barren lands have experienced a decrease of about 10% from 92% to 82%, which has mainly benefited man-made lands. The change in land use of vegetation has also been accompanied by fluctuations and has finally experienced an increase of about (68%), with the increasing changes occurring more than the decreasing changes and outside the legal limits of the city. The results showed that man-made lands have been continuously expanding during the years 1986-2024 with a growth of 133%, while wasteland and vegetation have decreased or fluctuated. The analyses indicate that the commodification of space has led to market-based allocation of land and structural changes in the urban development pattern. Therefore, there is a need for management interventions to guide urban planning towards more equitable and sustainable cities, especially in cities that are expanding rapidly.

Keywords:

Spatial commodification,
Land use change,
Remote sensing,
SVM index,
Zahedan city.



© the Author(s).

Publisher: University of Sistan and Baluchestan

1. Introduction

The urbanization process has been accelerating in recent decades, especially in developing countries, and has had numerous consequences on the spatial-use structure of cities. One of the key concepts in this field is the commodification of space, which means the transformation of space into an economic and exchangeable commodity. This phenomenon is one of the main drivers in the spatial redistribution of capital and has caused the change of use of natural lands to man-made ones. The commodification of urban space refers to a process in which urban spaces, from land and housing to parks and streets, are separated from their social and public functions and become goods for exchange and profit. This phenomenon is inextricably linked to land use change, because land use change often serves the accumulation of capital and the increase of the exchange value of land. Therefore, land use change and the commodification of urban spaces are key phenomena in contemporary

urbanization that are shaped by political, economic, and social factors. These processes not only transform the physical structure of cities, but also affect social relations, spatial justice, and the quality of life of citizens. The increase in man-made lands is mainly due to the growing demand for housing, services, and urban structures. This trend reflects the capital-oriented logic of urban development, which is manifested in the form of the commodification of space. The allocation of land based on economic profitability has marginalized natural covers and wastelands and has led to an increase in the density of urban development.

2. Materials and Methods

This research is descriptive and analytical in nature and quantitative in methodology. Satellite data used were received from the Landsat ETM and TM sensors, Landsat 5,7,8,9, with a spatial resolution of 30 meters and in five decadal periods (1986, 1996, 2006, 2016 and 2024). For image processing, including geometric and radiometric corrections, geographic accuracy and reflectance were performed to reduce measurement errors caused by measurement conditions and camera angles. After initial corrections, the study area was separated from each image and prepared for the next steps. Two supervised methods were used to classify the images: the Maximum Likelihood algorithm, based on the assumption of a normal distribution of the variance-covariance of the reflectance of each class, calculates the probability of each pixel belonging to different classes, and the Support Vector Machine (SVM) with an RBF kernel. This non-parametric algorithm operates without assuming the distribution of the data and is suitable for separating classes that overlap in spectral space. SVM seeks to find the separating plane with the maximum margin and uses the boundary data (support vectors) to determine the model. Finally, ENVI software was used for radiometric corrections, calculation of spectral indices and initial classification, and ArcGIS was used for organizing layers, cutting the area, and preparing the final maps of land use changes.

3. Results and Discussion

Land use change and the process of urban space commodification is a challenging approach to dealing with urban issues that are shaped by political and economic factors. The role of governance and urban management in this field is very important, because with existing policies, land use change and urban expansion in peripheral areas are formalized and the process of space commodification is intensified. This study aimed to investigate land use change in Zahedan city with the approach of space commodification. The population of Zahedan city has increased by approximately 33 times and the area of the city has increased by 34 times from 1956 to 1991. What emphasizes the necessity of analyzing land use changes more than ever is the development of the city in the periphery, outside the comprehensive plan process, and marginalization, which is a serious threat to the aquifer in the southwest of the city and agricultural lands in the northeast of the city. For this purpose, a study of land use change over a 38-year period (1986-2024) was conducted using Landsat 5, 7, 8, and 9 satellite images and three land classes. The findings show that during the period 1986-2024, 5109.7 hectares of land use change (including vegetation, man-made and barren lands) occurred in the study area, which is equivalent to about 134.5 hectares per year. The largest change in land use occurred in barren lands, with a decrease of 2553.83 hectares (-10%) and an increase of 2251.98 hectares (+133%) in built-up areas during the study period (a large part of the barren lands has been built up outside the legal limits of the city). Despite the large fluctuations during the above years, the vegetation cover of the region has finally experienced an increase of 302.8 hectares (68.4%). According to the images, this change occurred mostly in pastures and agricultural lands located in the northeast of the city have shown a decreasing trend due to informal construction. Accordingly, land use change in Zahedan city shows that the area of barren lands has continuously experienced a decreasing trend in favor of man-made areas from 1986 to 2024, and has reached from about 248 square kilometers to 223 square kilometers. Considering that the population growth rate has been decreasing in the years 2006 to 2016. But the population growth index has occurred in the form of urban development towards the outer and marginal areas. As the marginal population of the city includes about 42% of the total population of the city. It seems that, considering the prediction of the comprehensive plan of Zahedan during the three periods of 64, 84 and 94 and the determination of the directions of the city's

development, there are no special requirements and emphasis on controlling the development of the city by the managers. Rather, we are also faced with irresponsible development resulting from the rent of government organizations involved in urban management, which has intensified the transfer and change of land use around the city, the construction of wasteland and unprecedented sprawl resulting from governance policies and ultimately the commodification of the city's space. This trend in recent years has led to the rapid expansion of the city with the annexation of 420 hectares in two separate areas (the Resalat neighborhood in the northwest and Maskan Mehr in the southeast of Zahedan) and Ghadirshahr with 191 hectares between 1996 and 2024. The assessment and monitoring of the expansion process of Zahedan over 38 years showed that the change in use and the process of expanding the city is not a "development", but rather the reproduction of inequality through the commodification of space, and remote sensing, as an efficient tool, has provided the possibility of tracking and analyzing these trends over the long term.

4. Conclusion

The transformation of land use change into a tool for commodification of space is proposed as a new paradigm in the expansion of Zahedan city, especially in the areas surrounding the city, and is closely related to the emergence or intensification of informal construction. In this approach, the role of urban governance and management is very noteworthy, because decision-making outside the approved mechanisms of development plans (such as issuing irregular permits or supporting specific projects) actually accelerates the process of land use change, the uncontrolled expansion of the city's physical structure, and strengthens the dominance of market interests over land location and pricing. This process, while progressively intensifying the commodification of space, leads to the excessive destruction of agricultural and natural lands on the outskirts of the city, the uneven growth of informal settlements, and disruption in the urban development management system. The fundamental strategy to contain and control this challenge is to redefine the land governance system by establishing transparent decision-making mechanisms, aligning projects with approved development plans, and closely monitoring changes in land use and sustainable land management to prevent uncontrolled urban sprawl.

Keywords: Spatial commodification, Land use change, Remote sensing, SVM index, Zahedan city.

5. Persian sources

- Abdollahy, Ali Asghar. Khabazi, Mostafa and Vadrizadeh, Zahra. (2019). Modeling land use changes using perceptron neural network, Lahijan. Quarterly Journal of Spatial Planning and Development, No. 1, 49-79.
<https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.16059689.1399.24.1.4.2>
- Alizadeh Rabiei, Hassan. (2013). Remote Sensing: Principles and Applications. Tehran, Publications of the Organization for the Study and Compilation of University Humanities Books (SAMAT).
<https://www.samt.ac.ir/fa/book/677>
- Arkhi, Saleh, and Esfahani, Mohaddeseh (2016). Prediction of Land Use Changes Using Multi-temporal Images and the Markov Chain Model (Case Study: Ilam City). *Journal of Geography and Urban-Regional Planning*, Vol. 9, No. 30, Spring 2019.
<https://www.sid.ir/paper/236645/fa>
- Bastien, Jean and Deser, Bernard. (2003). City, translated by Gholam Mohammad Ghare Chamani and Ali Ashrafi, Tehran, University of Arts Publications.
- Basak, D., Pal, S., & Patranabis, D. C. (2007). Support vector regression. Neural Information Processing-Letters and Reviews, 11(10), 203-224.
https://doi.org/10.1007/978-3-642-36543-0_20
- Belgiu & Drăguț (2016). Random forest in remote sensing: A review of applications and future directions. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 114, 24-31.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0924271616000265>
- Bekaaian ,Fateme ; Shamsipour, Ali Akbar ; Alikeh Asl ,Marzieh (2019). Monitoring the process of land use change with emphasis on physical development of Tehran. Journal: Environmental Science and Technology. Volume: 22, No.:1 (92) , 61-78.
<https://www.sid.ir/paper/364234/fa>

- Brown, G., Pijanowski, B., & Duh, J. (2000). Modeling the relationships between land use and land cover on private lands in the Upper Midwest USA. *Journal of Environmental Management*, 59(4). 247-263.
<https://doi.org/10.1006/jema.2000.0369>
- Burges, C. J. (1998). A Tutorial on Support Vector Machines for Pattern Recognition,” *Data Min. Knowl. Discov.* 22, Vol. 2, No. 2, 121–167, 1998.
<https://link.springer.com/article/10.1023/A:1009715923555>
- Consulting Engineers of the City of Zahedan, (2006). Zahedan City Comprehensive Plan. Housing and Urban Development Organization of Sistan and Baluchestan Province. Zahedan.
- Consulting Engineers of the City of Zahedan, (2019). Review of the Development and Construction Plan (Comprehensive) of the City of Zahedan. Investigation and recognition of the current situation and physical studies. Zahedan.
- Cui, Xuezhu & Wang, Xuedong. (2015). Urban land use change and its effect on social metabolism: An empirical study in Shanghai China Conventional Correlation Analysis (CCA)” *Habitat International*, Vol.49. 251-259.
<https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2015.05.018>
- Haase, D., Seppelt, R. & Haase, A. (2008). Land Use Impacts of Demographic Change - Lessons From Eastern German Urban Regions. In *Use of Landscape Sciences for the Assessment of Environmental Security*, (329-344). Springer Netherlands.
<https://link.springer.com/book/10.1007/978-1-4020-6594-1>
- Harvey, D. (1989). *The urban experience*. Baltimore, MD: Johns Hopkins University Press.
https://books.google.com/books/about/The_Urban_Experience.html?id=4WHsNbPIZsAC
- Harvey, D. (1985). *The geopolitics of capitalism* (128-163). Macmillan Education UK.
https://DOI:10.1007/978-1-349-27935-7_6
- Harvey, D. (2006). *Spaces of Global Capitalism: Towards a Theory of Uneven Geographical Development*. Verso.
https://www.researchgate.net/publication/235673992_Spaces_of_Global_Capitalism
- Holtgrave, A. K., Roder, N., Ackermann, A., Erasmi, S., & Kleinschmit, B. (2020). Comparing Sentinel-1 and-2 data and indices for agricultural land use monitoring. *Remote Sensing*, 12(18), 2020.
<https://doi.org/10.3390/rs12182919>
- Hosseiniabadi, Saeed. Akbari, Ebrahim and Naqadabishi, Afsaneh. (2019). Evaluation and simulation of land use changes using object-oriented classification and Markov chain model, case study: Birjand city and its surroundings. *Geography and Environmental Hazards*, No. 33, 168-189.
<https://doi.org/10.22067/geo.v0i0.81819>
- Huang, S., Tang, L., Hupy, J. P., Wang, Y., & Shao, G. (2021). A commentary review on the use of normalized difference vegetation index (NDVI) in the era of popular remote sensing. *Journal of Forestry Research*, 32(1), 1-6.
<https://link.springer.com/article/10.1007/s11676-020-01155-1>
- Imani Shamlou, Javad; Rafiiian, Mojtaba & Dadashpour, Hashem. (2016). Urban Speculation and Spatial Segregation: (Analysis of Spatial Evolution of Tehran Metropolis Based in the Context of Oil – Based Economy. *Quarterly Journal of Geopolitics*, 12(41): 104–1.
<https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.17354331.1395.12.41.5.1>
- Koskinen, J., Leinonen, U., Vollrath, A., Ortmann, A., Lindquist, E., d'Annunzio, R., Pekkarinen, A., Kayhko, N., 2019. Participatory mapping of forest plantations with Open Foris and Google Earth Engine. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 148.63-74.
<https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2018.12.011>
- Lefebvre, H. (1991). *The production of space*. Cambridge Massachusetts : BlackWell 1991 . Translated by Donald NicholsonSmith. Oxford: Blackwell.
https://www.researchgate.net/publication/385276893_Production_of_Space

- Molotch, H. (2018). The city as a growth machine: Toward a political economy of place 1. In *Classic readings in urban planning (180-196)*. Routledge.
<https://www.taylorfrancis.com/books/edit/10.4324/9781351179522>
- Maxwell, A. E., Warner, T. A., & Fang, F. (2018). Implementation of machine-learning classification in remote sensing: An applied review. *International journal of remote sensing*, 39(9), 2784-2817., May 2018.
<https://doi.org/10.1080/01431161.2018.1433343>
- Mountrakis, G., Im, J., & Ogole, C. (2011). Support vector machines in remote sensing: A review. *ISPRS journal of photogrammetry and remote sensing*, 66(3), 247-259.
<https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2010.11.001>
- Mohammad Nejad Arouq, Vahid, (2019). Identification of urban lands using Sentinel 1 and 2 satellite images based on Google Earth Engine (GEE) system. *Research in Urban Planning Geography*, Volume 8, Issue 3, Fall 2019, 630-613.
<https://doi.org/10.22059/jurbangeo.2020.301237.1270>
- Mehdizadeh, Javad. (1990). Land use planning from the perspective of sustainable development. Farnhad Consulting Engineers, Urban Planning and Design Journal, Tehran.
<https://sid.ir/paper/490342/fa>
- Nasiri, V., Deljouei, A., Moradi, F., Sadeghi, S.M.M. and Borz, S.A., 2022. Land use and land cover mapping using Sentinel-2, Landsat-8 Satellite Images, and Google Earth Engine: A comparison of two composition methods. *Remote Sensing*, 14(9): 1977.
<https://www.mdpi.com/2072-4292/14/9/1977>
- Poelmans, L., & Van Rompaey, A. (2010). Complexity and performance of urban expansion models. *Computers. Environment and Urban Systems*. 34(1), 17-27.
<https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2009.06.001>
- Pontius RG, Cheuk ML (2006) A generalized cross tabulating matrix to compare soft-classified maps at multiple resolution. *Int J Geogr Inf Sci* 20:1-30 .
<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/13658810500391024>
- Pontius RG, Shusas E, McEachern M. (2004). Detecting important categorical land changes while accounting for persistence. *Agric Ecosyst Environ* 101:251–268.
<https://doi.org/10.1016/j.agee.2003.09.008>
- Rahnama ,M,R (2021). Forecasting land-use changes in Mashhad Metropolitan area using Cellular Automata and Markov chain model for 2016-2030."Sustainable Cities and Society. Volume 64.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2210670720307642>
- Rahnama ,M,R (2021). Simulation of land use land cover change in Melbourne metropolitan area from 2014 to 2030: using multilayer perceptron neural networks and Markov chain model. *Australian Planner*. Volume 57. 36-49.
<https://doi.org/10.1080/07293682.2021.1920994>
- Rasti, Saeed; MahdaviFard, Mustafa; Sheikh Qaderi, Seyyed Hedayat; Nasiri, Abuzar and Taktaz, Nazanin Zahra). (2022). Improving classification accuracy by combining multi-season Sentinel 1 and 2 images to prepare land use maps in the Google Earth Engine cloud (Case study: Guilan province). Volume 5, No. 3, 357-373.
<https://doi.org/10.22034/GAHR.2022.336692.1696>
- Rousta, Zahra, Munavari, Seyed Masoud. Darvishi, Mehdi. Falhati, Fatemeh and Maruti, Maryam. (2013). Evaluation of the physical development trend of Shiraz city and the impact of physiographic conditions on the trend of land use changes. *Quarterly Journal of Geography and Environmental Planning*, Volume 24, Number 49, 183-200.
<https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.20085362.1392.24.1.14.9>
- Scholkopf, B., & Smola, A. J. (2002). Learning with kernels: support vector machines, regularization, optimization, and beyond. MIT press.
<https://doi.org/10.7551/mitpress/4175.001.0001>

- Seto L. C., Woodcock C. E., Song C., Huang X., Lu J. & Kaufmann R. K. (2002). Monitoring land use change in the Pearl river delta using Landsat TM. *International journal of remote sensing*, 23. (10), 989-1003.
<https://www.researchgate.net/publication/228969312>
- Shawe-Taylor, J., & Cristianini, N. (2004). *Kernel methods for pattern analysis*. Cambridge university press.
http://www.pzs.dstu.dp.ua/DataMining/svm/bibl/Kernel_Methods_for_Pattern_Analysis.pdf
- Sheikhi, Mohammad. Modiri, Mehdi and Varmezani, Sara. (2019). Identification and classification of factors affecting land use and land cover changes in Damavand city using Q method. *Quarterly Journal of Spatial Planning and Development*, Issue 2, 141-168.
<https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.16059689.1399.24.2.2.2>
- Simwandaa, Matamy, Murayama, Yuji. (2018). Spatiotemporal patterns of urban land use change in the rapidly growing city of Lusaka, Zambia: Implications for sustainable urban development. *Sustainable Cities and Society* 39, 262-274.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2210670717309186>
- Smith, N. (1990). *Uneven Development: Nature, Capital, and the Production of Space*. Blackwell.
https://www.google.com/books/edition/Uneven_Development/5dfKBAuUbwC?hl=en&gbpv=0
- Smith, N. (1996). *The New Urban Frontier: Gentrification and the Revanchist City*. Routledge.
<https://www.routledge.com/The-New-Urban-Frontier-Gentrification-and-the-Revanchist-City/Smith/p/book/9780415132558>
- Safyanian, Alireza and Khodakarami, Loghman. (2011). Preparing land use maps using fuzzy classification method, a case study of three sub-watersheds of Kabudarahang, Razan-Qahavand and Khonjin-Talkhab in Hamedan province. *Quarterly Journal of Land Planning*, Year 3, No. 4, 95-114.
<https://ensani.ir/file/download/article/20120329164819-5109-20>
- Vapnik, V. N. (2000). *The Nature of Statistical Learning Theory*, Nat. Stat. Learn. Theory, 2000.
https://www.google.com/books/edition/The_Nature_of_Statistical_Learning_Theor/EggACAAAQBAJ?hl=en&gbpv=0
- Van et al. (2017). Detection and Prediction of Urban Expansion of Hanoi Area (Vietnam) Using SPOT-5 Satellite Imagery and Markov Chain Model, *International Conference on Geo- Spatial Technologies and Earth Resources .Application in Geospatial Technology and Earth Resources*. 119-133.
<https://www.researchgate.net/publication/320255247>
- Yaban, M., Azmi, M. A. S. B., Zakaria, M. Z., & Isa, M. M. (2022). Comparison of support vector machines (SVMs) and maximum likelihood classification (MLC) for Nipa Palm (*Nypa fruticans*) extent in East Coast of Sabah, Malaysia. In *Asian Conference on Remote Sensing (ACRS 2022)* (1-8).
https://acrs-aars.org/proceeding/ACRS2022/ACRS22_4
- Ziari, Keramat Allah. (2005). *Urban Land Use Planning*. Yazd: Yazd University Press.
<https://ketab.ir/Book/B6E88E4F-2649-4428-A2B8-04A25926E00E>
- Ziari, Karamat Allah. (2004). *Urban Economics*. Tehran: Yazd University Press.



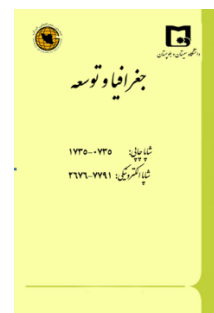
تحلیل تغییرات کاربری اراضی شهری با تأکید بر فرایند کالایی شدن فضا در شهر زاهدان با استفاده از داده‌های سنجش از دور

مقاله پژوهشی زینب سرگزی^۱، دکتر محمد اجزا شکوهی^{۲*}، دکتر محمد رحیم رهنما^۳

چکیده

تغییرات کاربری اراضی و گسترش پیرامونی شهرها تحت تأثیر فرایند کالایی شدن، در سال‌های اخیر شدت یافته است. پژوهش حاضر، با هدف تحلیل روند تغییرات کاربری اراضی در یک دوره ۳۸ ساله (۱۹۸۶ تا ۲۰۲۴) و بررسی پدیده کالایی شدن فضای شهر زاهدان، صورت گرفته است. تلاش شده با بهره‌گیری از داده‌های سنجش از دور و تصاویر طبقه‌بندی نظارت شده، با استفاده از الگوریتم ماشین بردار (SVM)، تغییرات بلندمدت کاربری اراضی بررسی و نقش کالایی شدن فضا تحلیل شود؛ بنابراین تغییر کاربری زمین با استفاده از روش‌های تحلیل تغییر خالص و تحلیل ماتریس جدول‌بندی متقاطع بررسی شد. یافته‌ها نشان می‌دهد، مناطق انسان‌ساخت در طی دوره مورد مطالعه، از حدود ۶٫۳٪ به ۱۴٫۷٪ افزایش داشته است. اراضی بایر از ۹۲٪ به ۸۲٪ روند کاهشی حدود ۱۰٪ را تجربه کرده که عمدتاً به نفع اراضی انسان‌ساخت صورت پذیرفته است. تغییر کاربری پوشش گیاهی، در سال‌های مورد مطالعه با نوساناتی همراه بوده و نهایتاً افزایشی حدود (۶۸٪) را تجربه نموده است؛ تغییرات افزایشی آن بیشتر از تغییرات کاهشی و در خارج از محدوده قانونی شهر اتفاق افتاده است. نتایج نشان می‌دهد، اراضی انسان‌ساخت در طی سال‌های ۱۹۸۶-۲۰۲۴ با رشد ۱۳۳ درصدی به‌طور پیوسته در حال گسترش بوده و در مقابل، زمین‌های بایر و پوشش‌های گیاهی کاهش یا نوسان داشته‌اند. تحلیل‌ها گویای آن است که کالایی شدن فضا منجر به تخصیص بازارمحور اراضی و تغییرات ساختاری در الگوی توسعه شهری شده است؛ بنابراین نیاز به مداخلات مدیریتی و حکمرانی در جهت هدایت برنامه‌ریزی شهری به‌سوی شهرهای عادلانه‌تر و پایدارتر به‌ویژه در شهرهایی که به‌سرعت در حال گسترش هستند، می‌باشد.

جغرافیا و توسعه، شماره ۸۴، پاییز ۱۴۰۵
تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۳/۲۵
تاریخ بازنگری داوری: ۱۴۰۴/۰۴/۰۸
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۴/۲۶
صفحات: ۲۵۰-۲۲۱



واژه‌های کلیدی:

کالایی شدن فضا، تغییر کاربری، سنجش از دور، شاخص «SVM»، شهر زاهدان.

مقدمه

کالایی شدن فضای شهری (Commodification of Urban Space)، به فرآیندی اشاره می‌کند که در آن فضاهای شهری از زمین و مسکن تا پارک‌ها و خیابان‌ها، از کارکردهای اجتماعی و عمومی خود جدا شده و به کالاهایی برای مبادله و سودآوری تبدیل می‌شوند. این پدیده، با تغییر کاربری اراضی شهری (Land Use Change) پیوندی ناگسستنی دارد؛ چرا که تغییر کاربری‌ها، اغلب در خدمت انباشت سرمایه و افزایش ارزش مبادله‌ای زمین صورت می‌گیرد. تغییر کاربری زمین و کالایی شدن فضاهای شهری، از پدیده‌های کلیدی در شهرنشینی معاصر هستند که تحت تأثیر عوامل سیاسی، اقتصادی و اجتماعی شکل می‌گیرند. این فرآیندها نه تنها ساختار فیزیکی شهرها را دگرگون می‌کنند، بلکه بر روابط اجتماعی، عدالت فضایی و کیفیت زندگی شهروندان نیز تأثیر می‌گذارند. این تغییرات، ازدو جنبه تغییر در ساختار و کارکرد یک نوع خاص از کاربری زمین (تغییر کیفی) و تغییر در ابعاد فضایی وسعت آن کاربری (تغییر کمی) دارای اهمیت می‌باشد (Seto et al, 2002: 989). تغییرات کاربری زمین با مدیریت

۱. دانشجوی دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

۲. دانشیار گروه جغرافیا، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران (نویسنده مسئول)

۳. استاد گروه جغرافیا، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

z.sargazi_ac@yahoo.com

shokouhim@um.ac.ir

rahnama@um.ac.ir

و برنامه‌ریزی ناموفق در شهرهای کشورهای جهان سوم، به نفع مالکان و توسعه‌گران (بسازفروش‌ها) در حال اتفاق است (Simwanda & Murayama, 2018: 262) و منجر به چالش‌هایی در محیط‌های شهری از جمله مسائل زیست‌محیطی (Poelmans & Van Rompaey, 2010: 17)، توسعه نامتوازن درون‌شهری (Haase et al, 2008: 329)، ناعادلانه شدن و در نهایت کالایی شدن فضای شهر (Simwanda & Murayama, 2018: 21) می‌شود. تحولات معاصر در ساختار فضایی شهرهای ایران، به‌ویژه در دهه‌های اخیر، به شکلی فزاینده تحت تأثیر فرآیندهای اقتصادی و سیاسی قرار گرفته‌اند که بر بنیان منطق بازار آزاد، منجر به شکل‌گیری پدیده‌ای به نام کالایی‌سازی فضا شده است. در این چارچوب، فضا دیگر نه به عنوان بستری برای زیست اجتماعی، بلکه به مثابه کالایی قابل خرید و فروش و منبعی برای انباشت سرمایه و کسب رانت در نظر گرفته می‌شود. از آنجا که تغییرات کاربری زمین به عنوان تغییرات برگشت‌ناپذیر تلقی می‌شود، داشتن آمار و اطلاعات به‌روز و پیگیری روند تغییرات، مهم‌ترین عامل در برنامه‌ریزی‌ها و تصمیم‌گیری‌های سازمانی می‌باشد (عبداللهی و همکاران، ۱۳۹۹: ۵۲). در این میان نقشه‌های کاربری اراضی که نمایانگر شرایط فعلی و نحوه استفاده انسان از زمین در فعالیت‌هایی مانند: کشاورزی، جنگل‌داری، شهرسازی و روند تغییرات می‌باشد، اهمیت زیادی دارند (سفینیان و خداکرمی، ۱۳۹۰: ۹۶). سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی، تکنیک‌های سنجش‌ازدور و تصاویر ماهواره‌ای با دارا بودن باندهای طیفی متنوع و رزولوشن مکانی (۱۰ تا ۶۰ متر)، ابزارهای مؤثری در مطالعه و پایش تغییر کاربری اراضی و پوشش سطح زمین می‌باشند (Brown et al, 2000: 247).

این تکنیک‌ها، به شناسایی الگوهای رشد و تغییرات کاربری زمین کمک می‌کند و می‌تواند برای برنامه‌ریزی شهری و ارزیابی تغییرات زمانی و فضایی مفید باشد. شهر زاهدان نیز به عنوان یکی از کلان‌شهرهای در حال رشد ایران، طی دهه‌های اخیر شاهد تحولات قابل توجهی در کاربری اراضی و ساختار فضایی خود بوده است؛ تحولی که نه صرفاً ناشی از روند طبیعی توسعه، بلکه به‌طور مستقیم متأثر از تصمیمات و سیاست‌های نهادی و قدرت‌های محلی است. در شرایطی که زمین شهری باید در راستای تحقق عدالت فضایی و پاسخگویی به نیازهای واقعی شهروندان تخصیص یابد، در عمل، سیاست‌های شهری و فرآیندهای تصمیم‌گیری به نحوی پیش رفته‌اند که تغییر کاربری اراضی شهری اغلب با هدف افزایش ارزش اقتصادی فضا و کسب سود برای گروه‌های خاص انجام شده است. این وضعیت منجر به تشدید نابرابری فضایی، افزایش قیمت زمین و مسکن، حاشیه‌نشینی و در نهایت تضعیف انسجام اجتماعی شده است. این پژوهش با استفاده از روش‌های پردازش تصاویر ماهواره‌ای، به شناسایی روند تغییرات کاربری زمین با رویکرد کالایی‌شدن در شهر زاهدان می‌پردازد تا بیان نماید که روند گسترش شهر و تغییرات کاربری، تحت تأثیر اقتصاد سیاسی صورت پذیرفته است. با توجه به این که بازنگری طرح جامع شهر زاهدان در سال ۱۳۹۵، توسعه درون‌افزا را برای گسترش آینده شهر پیش‌بینی نموده است، لیکن آن چه به نظر می‌رسد، گسترش شهر در اراضی پیرامون و خارج از محدوده، رویکرد کالایی‌سازی فضا را در ذهن متبادر می‌نماید؛ مسئله‌ای که در پژوهش‌های شهری در مورد زاهدان مغفول مانده است. در این راستا سؤالات اصلی تحقیق به این صورت می‌باشد: ۱. با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای، گستره تغییرات کاربری اراضی در منطقه مورد مطالعه چگونه است؟ ۲. چه رابطه‌ای میان روند تغییر کاربری اراضی و فرآیند کالایی‌سازی فضا وجود دارد؟ بنابراین فرضیه اصلی تحقیق بدین صورت می‌باشد: با استفاده از فناوری سنجش‌ازدور طی سال‌های ۱۹۸۶ تا ۲۰۲۴ شهر زاهدان شاهد توسعه فضایی و گسترش فیزیکی در جهات مختلف بوده است. همچنین تغییرات و انتقال کاربری اراضی آن، نه ناشی از نیاز شهر، بلکه منافع اقتصادی و کالایی‌شدن فضا می‌باشد. درک و تحلیل این تحولات از آن جهت اهمیت دارد که

تغییر کاربری اراضی شهری، نه تنها ساختار کالبدی شهر را دگرگون می‌کند، بلکه پیامدهایی اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی نیز به همراه دارد. از سوی دیگر، مطالعه کالایی‌سازی فضا در پیوند با مفاهیم اقتصاد سیاسی فضا، رانت شهری و نحوه توزیع منابع، می‌تواند در شناسایی سازوکارهای پنهان قدرت و منافع درون نظام برنامه‌ریزی شهری، مؤثر باشد. شهر زاهدان، به عنوان نمونه‌ای بارز از شهرهای پیرامونی با ویژگی‌های خاص مرزی، قومی و اقتصادی، بستری مناسب برای بررسی این پدیده‌ها فراهم می‌آورد و می‌تواند الگوی تحلیل مؤثری برای سایر شهرهای مشابه ارائه دهد.

به دنبال اهداف پژوهش، در ادامه به بررسی مفهوم‌شناسی تغییر کاربری اراضی شهری^۱ و کالایی‌شدن فضا^۲ پرداخته شده است. اقتصاد سیاسی فضا، به عنوان یک رویکرد نظری و تحلیلی، فضا را نه پدیده‌ای خنثی و طبیعی، بلکه محصولی اجتماعی، تاریخی و درهم‌تنیده با روابط قدرت و سرمایه می‌داند. این رویکرد بر پایه سنت‌های مارکسیستی و نظریات انتقادی شکل گرفته و به‌ویژه توسط نظریه پردازانی مانند: دیوید هاروی، مانوئل کاستلز و نیل اسمیت بسط یافته است.

دیوید هاروی در آثار خود، از جمله عدالت اجتماعی و شهر و امپریالیسم نو نشان می‌دهد که چگونه فضا در بستر منطق انباشت سرمایه، بازتولید می‌شود. به اعتقاد او شهرها و فضاهای شهری، ساختارهایی فیزیکی صرف نیستند، بلکه بازتاب روابط اقتصادی و اجتماعی‌اند که از دل سرمایه‌داری پدیدار می‌شوند. این فضاها در خدمت بازتولید نظم اجتماعی و اقتصادی سرمایه‌سالار قرار دارند (Harvey, 2006: 120). کالایی‌شدن فضا، فرآیندی است که طی آن فضاهای عمومی، زمین شهری و حتی فضاهای نمادین، به کالاهایی قابل مبادله و سرمایه‌پذیر در بازار تبدیل می‌شوند. به بیان نیل اسمیت در کتاب توسعه نامتوازن، فضای شهری دیگر برای سکونت یا کارکرد اجتماعی آن ارزش‌گذاری نمی‌شود، بلکه همانند سایر کالاها، بر اساس توان تولید سود در بازار ارزیابی می‌گردد (Smith, 1990: 152). در سرمایه‌داری متأخر (Late Capitalism) فضا به یکی از مهم‌ترین عرصه‌های انباشت سرمایه تبدیل شده است. بر اساس دیدگاه‌های دیوید هاروی و هانری لوفور، سرمایه‌داری برای تداوم فرایند انباشت، همواره به دنبال یافتن حوزه‌های جدید سرمایه‌گذاری است. هنگامی که نرخ سود در بخش‌های تولیدی سنتی کاهش می‌یابد یا امکان کسب سود در این بخش‌ها محدود می‌شود، سرمایه به سوی عرصه‌های جدیدی مانند بازار املاک و مستغلات، توسعه شهری، پروژه‌های زیرساختی و تولید فضا هدایت می‌شود (Lefebvre, 1991: 85; Harvey, 1989: 240-241). این تحول منجر به ظهور اشکال جدیدی از کالایی‌شدن فضا و تغییر کاربری زمین گردیده است. در این نگاه، فضا از حالت مصرف اجتماعی خارج شده و به یک کالای اقتصادی با ارزش مبادله‌ای بدل می‌گردد؛ وضعیتی که زمینه را برای رانت‌جویی، سودآوری و سلب مالکیت از اقشار فرودست فراهم می‌کند. در این میان سیاست‌ها و مقررات دولتی از جمله قوانین منطقه‌بندی و مقررات کاربری زمین که دولت‌ها از آن برای کنترل کاربری و توسعه زمین استفاده می‌کنند، می‌تواند کالایی‌سازی فضای شهری را ترویج یا محدود کند؛ برای مثال، قوانین منطقه‌بندی به نفع توسعه تجاری با تراکم بالا، می‌تواند منجر به جابه‌جایی ساکنان کم‌درآمد و اصل‌سازی محله‌ها شود (Smith, 1996: 38-45). همچنین سرمایه‌گذاری‌های دولت در زیرساخت‌های شهری، مانند: جاده‌ها، حمل‌ونقل عمومی و خدمات آب و برق، اغلب مناطق با پتانسیل اقتصادی بالا را در اولویت قرار می‌دهد که منجر به دسترسی نابرابر به منابع و خدمات شهری، افزایش قیمت و کالایی‌شدن فضای شهرها می‌گردد؛ لذا برخی مکانیسم‌های ارتباطی بین کالایی‌شدن و تغییر کاربری، بدین-

شرح است. الف) انگیزه‌های اقتصادی: افزایش ارزش زمین و تبدیل کاربری اراضی ارزان به کاربری‌های پرسود (Harvey, 1985: 78-83) نقش دولت و سیاست‌گذاری‌های شهری به‌طوری‌که قوانین منطقه‌بندی (Zoning Laws)، اغلب به‌نفع توسعه‌گران خصوصی تغییرمی‌کند (Molotch, 2018: 180-196). ج) مالی‌گرایی مسکن و تغییر کاربری‌های احتمیلی تبدیل فضا به دارایی مالی قابل مبادله در بازارهای جهانی؛ این فرآیندها، نه‌تنها جغرافیای شهری را دگرگون کرده، بلکه منجر به شکل‌گیری مناسبات قدرت جدیدی در شهرها شده است که توسعه فیزیکی شهر متأثر از آن می‌باشد (ایمانی شاملو و همکاران، ۱۳۹۵: ۱۱۵). چنان‌چه روند توسعه شهر بدون توجه به طرح‌های توسعه، سریع و بی‌برنامه باشد، ترکیب فیزیکی و ساختار کالبدی شهر نیز دچار بی‌نظمی خواهد شد (روستا و همکاران، ۱۳۹۲: ۱۹۵). بنابراین، منظور از نظام کاربری اراضی شهری، مشخص کردن نوع مصرف زمین، هدایت و ساماندهی فضای شهر، تعیین ساخت‌وسازها و چگونگی انطباق آن‌ها با یک‌دیگر و با سامانه‌های شهری می‌باشد (شیخی و همکاران، ۱۳۹۹: ۱۴۳). در دیدگاه نقش اجتماعی زمین، زمین از نظر ارزش و نقش اجتماعی در آسایش، امنیت، رفاه و کیفیت زندگی بشری تأثیر بسزایی دارد و همواره منشأ تعارضات میان منافع عمومی و خصوصی و نحوه بهره‌برداری از آن بوده است (زیاری، ۱۳۸۴: ۶). بر این اساس، شورای کیفیت محیط در سال ۱۹۷۱، نظریه‌ای تحت عنوان انقلاب آرام در کاربری زمین: «لزوم مشارکت و همکاری همه نهادهای ایالتی و منطقه‌ای در تصمیم‌گیری، برای استفاده از منابع محدود زمین را مطرح نمود و مورد تأکید قرارداد»؛ در واقع طی دهه‌های اخیر، نظریات متعددی در خصوص تغییر مفهوم حقوقی زمین و اطلاق زمین به مثابه یک کالای عمومی و ثروت همگانی در عرصه جهانی ابراز شده است (مهدیزاده، ۱۳۷۹: ۳-۲). نظریه پردازان نقش اقتصادی زمین معتقدند که زمین ثروت ملی محسوب می‌شود؛ بنابراین بازار زمین و مسکن یک بازار عادی نیست و نبایستی با تقاضا تطبیق داده شود. از آن‌جا که ارزش افزوده زمین بسیار بالاتر و سریع‌تر از سایر کالاهاست؛ بنابراین، ارزش اضافی زمین عامل اساسی تغییر فضاهای شهری است (باستیه و دزر، ۱۳۸۲: ۲۹۰-۱۹۳)؛ به بیان دیگر، دخالت در بازار زمین جهت تأمین منافع همگانی و راهبردهای مناسب کاربری زمین متناسب با راهبردهای محیطی و اجتماعی، در طرح‌های شهری ضروری است (زیاری، ۱۳۸۳: ۸). توجه به تغییرات و گسترش فضای شهری و کالایی‌شدن آن به‌عنوان ضرورتی اجتناب ناپذیر، موجب شده تا پژوهش‌های بسیاری در رابطه با تغییر کاربری شهری صورت‌پذیرد. در ارتباط با کاربرد روش‌های یادگیری ماشین در پردازش تصاویر ماهواره‌ای با هدف تعیین کاربری اراضی، می‌توان به مطالعات هووانگ و همکاران اشاره نمود (۲۰۲۱) که با استفاده از تصاویر لندست ۸ و الگوریتم «جنگل تصادفی»، نقشه کاربری اراضی شهر پکن را در محیط «GEE» تهیه نمودند.

در پژوهشی دیگر توسط کاسکینن و همکاران (۲۰۱۹)، از داده‌های نوری و راداری سنتینل و همچنین تصاویر رقومی ارتفاعی ماهواره «STRM»، نقشه کاربری اراضی مناطق مرتفع جنوب‌غربی تانزانیا را در محیط «GEE» تهیه نمودند (Koskinen et al, 2019: 63-74) در همین زمینه هالتگرو و همکاران، با استفاده از شاخص پوشش گیاهی نرمال‌شده و شاخص آب مستخرج از ماهواره سنتینل ۲ و تلفیق آن با داده‌های راداری ماهواره سنتینل ۱ به استخراج اراضی کشاورزی در شمال غربی کشور آلمان پرداختند. نتایج این پژوهش نشان داد که استفاده از داده‌های کمکی و راداری، نقش قابل‌توجهی در بهبود نتیجه نهایی دارد (Holtgrave et al, 2020: 2).

رهنما (۲۰۲۱)، شبیه‌سازی تغییر کاربری اراضی، با استفاده از شبکه‌های عصبی پرسپترون چندلایه و مدل زنجیره مارکوف را در کلان‌شهر ملبورن (۲۰۱۴ تا ۲۰۳۰) بررسی نموده است. نتایج نشان داد که دو کاربری زمین

مسکونی و زیرکشت، تغییرات مثبت و پوشش جنگلی، علف و فضای سبز، زمین‌های بایر و پهنه‌های آبی کاهش مساحت را تجربه کرده‌اند.

نام‌وان و همکاران (۲۰۱۷)، بررسی و پیش‌بینی گسترش شهری با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای «SPOT-5» و مدل زنجیره مارکوف را با هدف شناسایی و پیش‌بینی گسترش منطقه شهری در هانوی ویتنام برای سال‌های ۲۰۰۳، ۲۰۰۷ و ۲۰۱۱، مطالعه کرده‌اند. برای این منظور، چهار طبقه پوشش زمین، پهنه‌های آبی، پوشش گیاهی، اراضی بایر و مناطق مسکونی مطالعه شد. نتایج نشان داد که سطوح نفوذناپذیر هانوی از ۸/۲۷ درصد در سال ۲۰۱۹ به ۱۴/۰۹ درصد کل منطقه مورد مطالعه در سال ۲۰۲۷ افزایش می‌یابد. کوی و وانگ (۲۰۱۵) در پژوهشی به بررسی رابطه بین تغییر کاربری زمین و جریان متابولیسم اجتماعی از طریق تجزیه و تحلیل همبستگی متعارف (CCA) در شانگهای چین پرداخته‌اند تا ثابت شود مدیریت زمین شهری، می‌تواند به عنوان ابزاری برای متعادل سازی جریان متابولیسم اجتماعی تلقی شود.

در مطالعات داخلی، نصیری و همکاران (۲۰۲۲)، در پژوهشی با عنوان: «نقشه کاربری اراضی کلان‌شهر تهران در محیط «GEE»، از تصاویر سنتینل ۲ و لندست ۸ و همچنین داده رقومی ارتفاعی استفاده نمودند. علاوه بر این تلفیق داده‌های نوری و راداری و همچنین، استفاده از داده‌های کمکی دیگر مانند شاخص‌های پوشش گیاهی و توپوگرافی، نقش قابل توجهی در بهبود دقت نهایی نتایج دارند. راستی و همکاران (۱۴۰۱)، در پژوهش «چندفصلی سنتینل ۱ و ۲ به منظور تهیه نقشه کاربری اراضی در فضای ابری گوگل ارث انجین (مطالعه: استان گیلان)، به مقایسه و ارزیابی نقشه‌های تولید شده با استفاده از داده‌های چندفصلی راداری و اپتیکی و همچنین ترکیب این داده‌ها با یکدیگر به منظور بهبود دقت نقشه طبقه‌بندی شده پرداخته است.

رهنما (۲۰۲۱)، در مقاله‌ای به پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی، کلان‌شهر مشهد با استفاده از مدل اتوماسیون سلولی و زنجیره مارکوف (۲۰۳۰-۲۰۱۶) پرداخته است. هدف این مقاله شبیه‌سازی تغییرات کاربری و پوشش زمین در کلان‌شهر مشهد و پیش‌بینی تغییرات آینده (۲۰۳۰) است. حسین‌آبادی و دیگران (۱۳۹۹)، در پژوهشی ارزیابی و شبیه‌سازی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از طبقه‌بندی شیء‌گرا و مدل زنجیره مارکوف، شهر بیرجند را در سال‌های ۲۰۰۰، ۲۰۱۰ و ۲۰۱۷ مطالعه کرده‌اند. بر اساس مدل زنجیره مارکوف، طی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۷ مساحت محدوده ساخته شده، کشاورزی و باغات افزایش یافته و از مساحت اراضی بایر و مراتع کاسته شده است. بکائیان و همکاران (۱۳۹۹)، در مقاله‌ای با عنوان: «پایش روند تغییرات کاربری اراضی با تأکید بر توسعه فیزیکی شهر تهران، با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای، به پایش تغییر و تبدیل اراضی شهر تهران، در سه مقطع زمانی ۱۹۸۸، ۲۰۰۰ و ۲۰۱۰ پرداخته‌اند؛ نتایج نشان می‌دهد که اراضی شهری، به‌طور پیوسته با رشد همراه بوده و اراضی بایر نیز در مقیاس بسیار کم و آرام، در حال افزایش است. همچنین اراضی مرتعی در دهه گذشته با کاهش همراه بوده است. در حالی که اراضی کشاورزی، علی‌رغم کاهش نسبت به سال ۱۹۸۸، از سال ۲۰۰۰ روند افزایشی نشان می‌دهد. محمدنژاد آروق (۱۳۹۹)، «شناسایی اراضی شهری با استفاده از تصاویر ماهواره‌های سنتینل ۱ و ۲ بر پایه سامانه گوگل ارث انجین (GEE)»^۱ در برخی از شهرهای ایران را بررسی نموده است؛ نتایج نشان می‌دهد، میانگین ضریب کاپا برای ۲۰ شهر، ۸۶/۱۶ درصد است که بیشترین آن به شهر رشت و کمترین آن به کرمان مربوط است. همچنین مشخص شد سامانه «GEE»، قادر است حجم زیادی از داده‌ها را در زمان بسیار کم با دقت بالا پردازش نماید.

ارخی و همکاران (۱۳۹۸)، پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از تصاویر چندزمانه و مدل زنجیره «MARKOV»، شهر ایلام را در سال‌های ۱۹۷۶، ۲۰۰۱ و ۲۰۰۷ مطالعه نموده و تغییرات کاربری اراضی با تأکید بر پیش‌بینی تغییرات و گسترش فضایی شهر را در سال ۲۰۲۰ بررسی کرده‌اند؛ نتایج حاکی از افزایش ۳۸۴/۸ هکتاری مناطق مسکونی و تخریب ۲۱۶/۹۴ هکتار باغات و کاهش کاربری اراضی بایر می‌باشد. در این تحقیق سعی شده با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای، تغییر کاربری اراضی شهری را طی سال‌های ۱۹۸۶ تا ۲۰۲۴ بررسی نماییم. با استفاده از نتایج تحقیقات گذشته، در می‌یابیم که علت اصلی گسترش شهر در پیرامون، علاوه بر رشد جمعیت و مهاجرت روستاییان، کم‌توجهی مدیریت شهری به نتایج مطالعات طرح‌های توسعه شهری و واگذاری زمین‌های دولتی به اشخاص و نهادهای خاص می‌باشد. اگر گسترش شهر در جهات مشخص و کنترل شده انجام‌پذیرد، از تخریب اراضی کشاورزی و تحمیل هزینه خدمات‌رسانی به شهر جلوگیری می‌شود.

نیل‌اسمیت در کتاب توسعه نامتوازن^۱ (۱۹۹۰)، با تمرکز بر فرایند اعیانی‌سازی^۲، نشان می‌دهد که چگونه ارزش مکانی و نه نیاز اجتماعی، محرک اصلی بازتولید فضاهای شهری است. در این منطق، ارزش مصرفی فضا (مانند مسکن، خدمات، یا فضاهای عمومی) تحت‌الشعاع ارزش مبادله‌ای قرار می‌گیرد و فضای شهری دیگر برای سکونت یا کارکرد اجتماعی آن ارزش‌گذاری نمی‌شود، بلکه همانند سایر کالاها بر اساس توان تولید سود در بازار، ارزیابی می‌گردد.

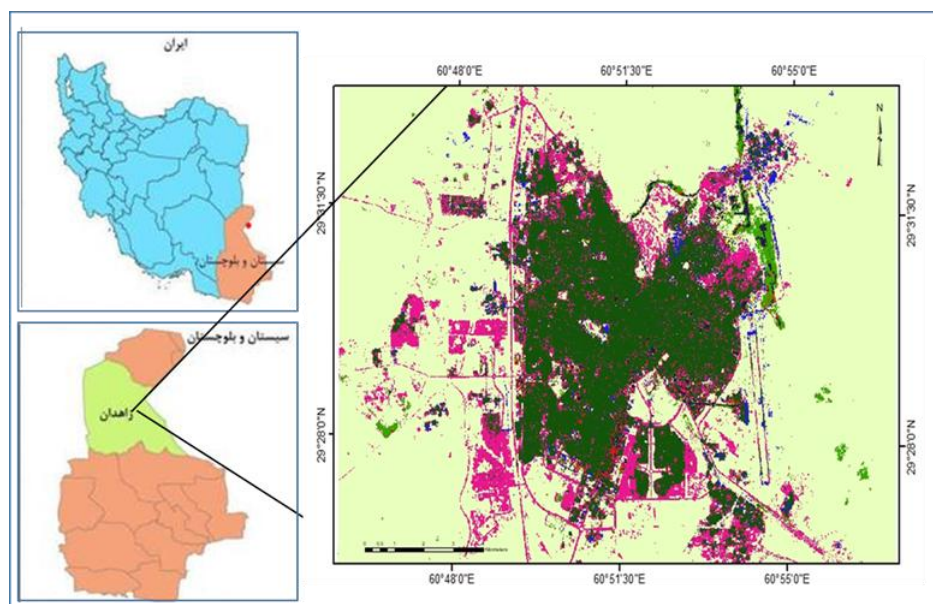
بررسی ادبیات پژوهش نشان می‌دهد که هرچند موضوعات مرتبط با تغییر کاربری زمین، گسترش افقی شهر و نابرابری فضایی در زاهدان، در برخی مطالعات بررسی شده‌اند، اما رویکردهای رایج، عمدتاً به تحلیل‌های فنی یا توصیفی محدود شده و کمتر به رویکردهای ساختارگرایانه یا مبتنی بر نظریه رانت و کالایی‌سازی پرداخته‌اند؛ به‌ویژه، ارتباط ساختاری میان تغییر کاربری اراضی، فرآیند کالایی‌سازی فضا و انباشت از طریق سلب مالکیت در زاهدان، کمتر مورد تحلیل نظری و تجربی قرار گرفته است؛ بنابراین، پژوهش حاضر می‌کوشد این شکاف را با استفاده از رویکرد اقتصاد سیاسی شهری و تحلیل موردی پر کند.

هدف از این پژوهش، تحلیل روند تغییر کاربری زمین با فرایند کالایی‌سازی فضای شهر زاهدان با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای می‌باشد.

داده‌ها و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

شهر زاهدان، در جنوب‌شرق ایران واقع شده است. زاهدان، از شمال به شهرستان زابل، شمال‌شرق به کشور افغانستان، از شمال‌غرب به استان خراسان و غرب به کویر لوت و استان کرمان، از شرق به کشور پاکستان، از جنوب‌غرب به شهرستان ایرانشهر و از جنوب‌شرق به شهرستان خاش محدود می‌شود (شکل ۱). از لحاظ موقعیت ریاضی، در طول جغرافیایی ۶۰ درجه و ۵۱ دقیقه و ۲۵ ثانیه شرقی و عرض جغرافیایی ۲۹ درجه و ۳۰ دقیقه و ۴۵ ثانیه شمالی قرار دارد. ارتفاع آن از سطح دریا حدود ۱۳۸۵ متر می‌باشد. جمعیت شهر زاهدان از ۱۷۴۹۵ نفر در سال ۱۳۳۵ به حدود ۶۷۳،۰۸۰ نفر در سال ۱۴۰۰ افزایش داشته و مساحت آن شامل مناطق تحت پوشش خدمات شهرداری و طرح‌های مصوب، حدود ۶۵ کیلومتر مربع است (مهندسین مشاور شهر و خانه، ۱۳۹۸).



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۴۰۴

روش مطالعه

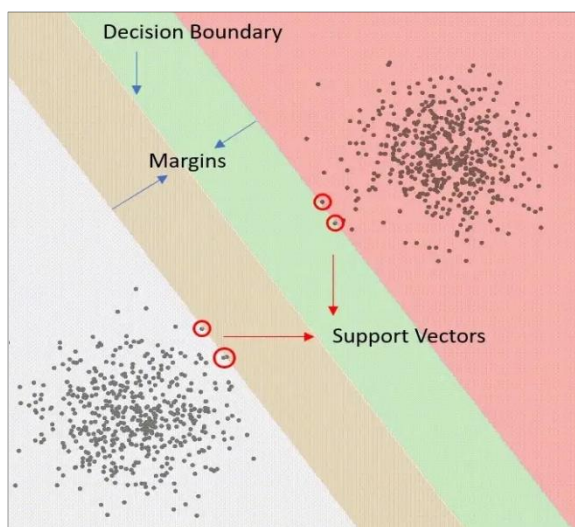
این تحقیق از نظر ماهیت، توصیفی-تحلیلی و از نظر روش‌شناسی، تحقیق کمی است. تصاویر از سنجنده ETM، Landsat 5,7,8,9، با فاصله زمانی هر ده سال (در سال‌های ۱۹۸۶، ۲۰۱۶، ۲۰۰۶، ۱۹۹۶ و ۲۰۲۴) با وضوح ۳۰ متر (سازمان زمین‌شناسی آمریکا (USGS) می‌باشد. برای پردازش تصاویر، تحلیل داده‌ها و پایش تغییرات، از نرم‌افزار ENVI و ArcGIS استفاده شد. محدوده مورد مطالعه از تصاویر جدا شد و اقدام به طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای، با هندسی و رادیو متریک شد. محدوده مورد مطالعه از تصاویر جدا شد و اقدام به طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای، با استفاده از روش نظارت‌شده مانند ماشین بردار پشتیبان (SVM)^۱ و همچنین الگوریتم حداکثر مشابهت جهت طبقه‌بندی گردید. در این روش، ارزش بازتابی هر پیکسل شناخته و بر اساس واریانس و کوواریانس آن طبقه واکنش طیفی ویژه، مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد و فرض بر این است که توزیع داده‌های هر طبقه، بر اساس توزیع نرمال در اطراف پیکسل میانگین آن طبقه قرار گرفته است (علیزاده ربیعی، ۱۳۹۲: ۱۶۷-۱۶۵). در ادامه واریانس و کوواریانس و میانگین طبقات مختلف هر تصویر ماهواره‌ای، برای طبقه‌بندی پدیده‌ها محاسبه می‌شود تا هر یک از پیکسل‌ها، به طبقه‌ای تعلق یابد که حضورش در آن طبقه از احتمال بیشتری برخوردار است. روش‌های متعددی برای پردازش تصاویر ماهواره‌ای با هدف تهیه نقشه تغییرات کاربری اراضی طی دوره‌های زمانی استفاده می‌شود که به‌طور کلی به دو دسته پارامتریک و غیرپارامتریک تقسیم‌بندی می‌شوند. در این بین، روش‌های غیرپارامتریک مانند روش‌های یادگیری ماشین، به دلیل توانایی در تعدیل برخی خطاهای موجود در تصاویر ماهواره‌ای مانند نویزها، توانمندتر از روش‌های پارامتریک هستند (Belgiu & Drăguț, 2016: 24-31). رویکرد این مدل‌ها، همواره ارائه روش‌های کارآمدتر برای بهبود دقت و صحت نتایج و افزایش سرعت پردازش داده‌ها و اطلاعات بوده است.

امروزه، روش‌های هوش مصنوعی^۱ و بینایی ماشین^۲ به‌عنوان ابزارهای قدرتمند در تشخیص، طبقه‌بندی و تلفیق داده‌ها در حوزهٔ سنجش‌ازدور، بسیار مورد اقبال جامعهٔ سنجش‌ازدور قرار گرفته است. همچنین روش‌های طبقه‌بندی نظارت‌شده علاوه بر تصاویر ورودی، نیازمند یک سری اطلاعات دربارهٔ کلاس‌های موجود در منطقه هستند؛ لذا استفاده از عامل انسانی در طبقه‌بندی نظارت‌شدهٔ کلاس‌های دینامیک، امری اجتناب‌ناپذیر است. این داده‌ها که دادهٔ واقعی زمینی نامیده می‌شوند، معمولاً از طریق بازدید میدانی جمع‌آوری می‌شوند و به‌صورت یک سری پیکسل معلوم به الگوریتم معرفی می‌شوند. الگوریتم‌های طبقه‌بندی، طی مدل‌سازی از طریق روش‌های مشخص با استفاده از بردار ویژگی‌های این پیکسل‌های معلوم در داده‌های ورودی، در مورد سایر پیکسل‌های تصویر، تصمیم‌گیری کرده و آن‌ها را به کلاس‌های مدنظر منتسب می‌نمایند (Maxwell et al, 2018: 2792).

الگوریتم ماشین بردار پشتیبان در پروژه حاضر

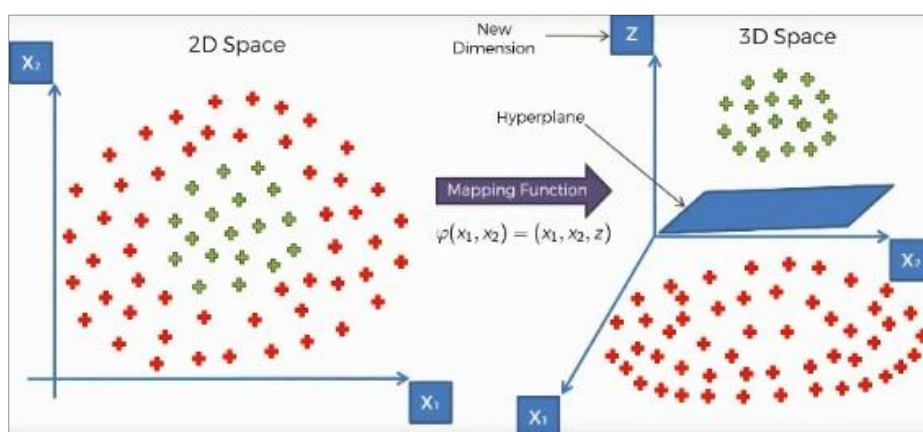
ماشین بردار پشتیبان، به‌عنوان یک الگوریتم طبقه‌بندی، از روش‌های آماری نظارت‌شدهٔ غیر پارامتریک بوده که برای دسته‌بندی الگوها استفاده می‌شود (Yaban, 2022:1-8). این الگوریتم به شکلی که امروزه مورد استفاده قرار می‌گیرد، توسط واپنیک و همکاران توسعه داده شده است (Vapnik, 2000: 77-80). با توجه به غیرپارامتریک بودن این روش، ماشین بردار پشتیبان بدون هیچ پیش‌فرضی در مورد توزیع داده‌ها، روی توزیع طبقات عمل می‌نماید (Burges, 1998:122). ویژگی‌های اصلی این روش را می‌توان در توانایی طبقه‌بندی با استفاده از تعداد نمونه‌های آموزشی محدود و همچنین قابلیت رسیدن به دقت بالاتر در مقایسه با سایر روش‌های طبقه‌بندی ذکر کرد (Basak & Patranabis, 2007:205-210). علاوه بر شرایطی که تعداد ویژگی‌های مجموعه داده‌ها زیاد باشد، این الگوریتم دارای سرعت بالا، انعطاف‌پذیری و مقیاس‌پذیری است؛ لذا الگوریتم ماشین بردار پشتیبان، به‌عنوان الگوریتم یادگیری ماشین مورد استفاده در پروژه حاضر انتخاب شده است.

عملکرد طبقه‌بندی ماشین بردار پشتیبان (Mountrakis et al, 2011:247) را می‌توان عبور دادن یک^۳ صفحهٔ جداکننده با بیشترین مقدار^۴ حاشیه، در میان داده‌ها ذکر کرد؛ بدین‌صورت که ابتدا نمونه‌های مرزی کلاس‌ها، توسط الگوریتم شناسایی می‌شوند و سپس بردار پشتیبان، توسط تعدادی از نقاط آموزشی با کمترین فاصله از مرز جداکنندهٔ تصمیم‌گیری، تشکیل می‌شود. شکل ۲ عملکرد این الگوریتم را نشان می‌دهد.



شکل ۲: نحوه طبقه‌بندی در الگوریتم ماشین بردار پشتیبان
مأخذ: Vapnik, 2000

همان‌گونه که در شکل ۲ مشاهده می‌شود، این الگوریتم در حالت پایه می‌تواند فقط دوطبقه را با استفاده از یک مرز خطی از هم جدا می‌کند؛ لذا در حالتی که تعداد طبقات افزایش یابد، الگوریتم نیاز به توسعه دارد. در این الگوریتم، با افزایش بُعد داده‌ها، نتیجه مطلوب‌تری حاصل می‌شود. در صورتی که تداخل طبقات در فضای طیفی وجود داشته باشد، داده‌ها با انتقال به فضایی با بُعد بالاتر، می‌توانند متمایز شوند. الگوریتم ماشین بردار پشتیبان، به دنبال یافتن بیشترین فاصله بین دو کلاس و افزایش صحت طبقه‌بندی در عین کاهش خطای تعمیم است. شکل ۳ نقش این افزایش بُعد را جهت تفکیک طبقات، به صورت شماتیک نشان می‌دهد.



شکل ۳: نقش انتقال به فضایی با بُعد بالاتر در طبقه‌بندی ماشین بردار پشتیبان
مأخذ: Shawe & Cristianini: 2004

کرانل مورد استفاده

همان‌طور که پیش‌تر گفته شد، هدف الگوریتم ماشین بردار پشتیبان، یافتن جداکننده با بیشترین فاصله بین طبقات است. خروجی این الگوریتم یک طبقه‌بندی است که به هر پیکسل یکی از k کلاس معرفی شده را اختصاص می‌دهد. در اینجا بردارهای آموزشی (x_i, x_j) با استفاده از تابع Φ به فضایی با ابعاد بالاتر انتقال داده می‌شود (Scholkopf & Smola: 2002:11).

از کرنل‌های مختلفی برای پیاده‌سازی مدل ماشین بردار پشتیبان استفاده شده است که از آن جمله می‌توان به کرنل‌های خطی، چندجمله‌ای، سیگموئید و RBF^۱ اشاره کرد. هریک از این کرنل‌ها دارای مجموعه‌ای از پارامترهای داخلی هستند (Mountrakis & Ogole: 2011:247).

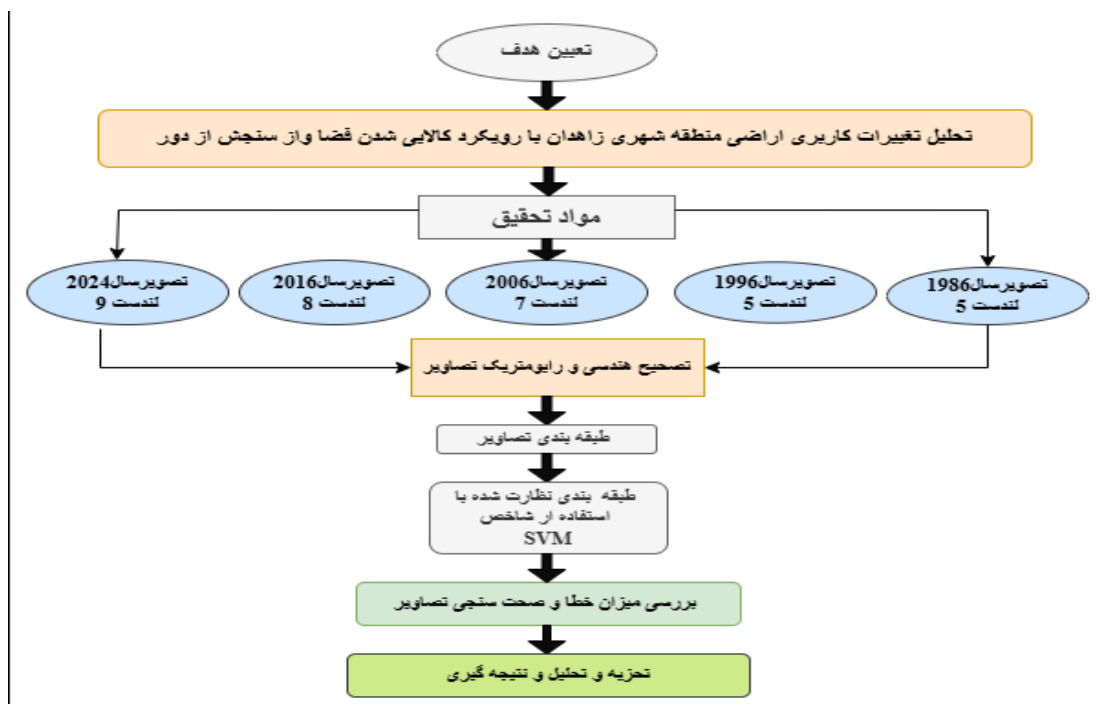
در صورتی که داده‌ها، دارای تداخل زیادی باشند، استفاده از کرنل RBF می‌تواند راهگشا باشد. تاکنون در مطالعات مختلفی از کرنل RBF استفاده شده است و به قابلیت اطمینان و صحت بالاتر این تابع هسته در طبقه‌بندی با هدف شناسایی نوع محصول اشاره شده است [۸۵]، [۸۶]؛ لذا در پروژه حاضر، از این کرنل استفاده شده است. رابطه ۱، فرمول این کرنل را نشان می‌دهد.

رابطه ۱:

$$K(x_i, x_j) = \exp(-\gamma \|x_i - x_j\|^2), \gamma > 0$$

در رابطه فوق، γ پارامتر گاما و x_i, x_j نشان‌دهنده بردار مؤلفه i ام و j ام است. K تابعی از مقادیر x_i, x_j به عنوان ورودی‌ها در نظر گرفته می‌شود. (Shawe & Cristianini: 2004:213)

شکل ۴، نمودار جریانی روش مطالعه را نشان می‌دهد.



شکل ۴: روند مطالعه تغییر کاربری اراضی شهر زاهدان

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۴۰۴

جدول ۱: تحولات جمعیتی شهر زاهدان طی سال‌های ۱۴۰۰-۱۳۳۵

سال	۱۳۳۵	۱۳۴۵	۱۳۵۵	۱۳۶۵	۱۳۷۵	۱۳۸۵	۱۳۹۰	۱۳۹۵	۱۴۰۰
جمعیت (نفر)	۱۷۴۹۵	۳۹۷۲۳	۹۳۷۴۰	۲۸۱۹۲۳	۴۱۹۵۱۸	۵۶۷۴۵۰	۵۶۰۷۲۵	۵۸۷۷۳۰	۶۷۳۰۸۰
متوسط رشد سالانه	-	۸/۵	۹	۱۱/۶	۴/۰۵	۳/۰۷	-۰/۲۴	۰/۹۵	۲/۶

مأخذ: مرکز آمار ایران، ۱۴۰۰

نتایج و بحث

برای ارزیابی صحت طبقه‌بندی، تصاویر طبقه‌بندی‌شده با استفاده از نمونه واقعی (نمونه‌هایی که دقت صد در صدی داشتند) در محیط نرم‌افزار، صحت‌سنجی شد (جدول ۲). صحت‌سنجی میزان پیش‌بینی، از طریق شاخص کاپا به‌دست‌آمد. ضریب صحت کاپا، بالاتر از ۸۲٪ ارزیابی‌گردید. این مقادیر نشان‌دهنده این است که به‌طور کلی، توافق خوبی بین طبقه‌بندی و انواع طبقات کاربری موجود در زمین وجود دارد؛ لذا پیش‌بینی انجام و نتایج آن ارائه‌شد.

جدول ۲: ارزیابی صحت طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای

سال	تصویر	سنجنده	شاخص کاپا	ضریب صحت
16/05/1986	Landsat 5	TM	۰/۹۶	۵۴/۸۹
27/05/1996	Landsat 5	TM	۰/۸۷	۴۶/۹۱
16/06/2006	Landsat 7	ETM+	۰/۹۳	۶۵/۸۸
18/05/2016	Landsat 8	OLI	۰/۸۲	۴۶/۹۱
08/06/2024	Landsat 9	OLI	۰/۸۹	۶۵/۸۸

مأخذ: نگارندگان، ۱۴۰۴

تحلیل تغییرات کاربری اراضی

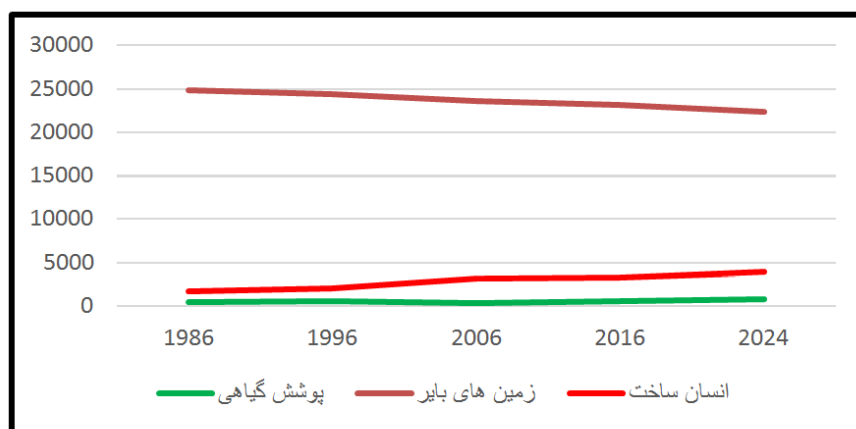
بررسی روند تغییر کاربری زمین در منطقه شهری زاهدان، با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای (پوشش گیاهی، انسان‌ساخت و اراضی بایر) در طی یک دوره زمانی ۳۸ ساله (۲۰۲۴-۱۹۸۶) نشان از گسترش بی‌رویه شهر در نواحی پیرامونی دارد. هم‌زمانی دریافت اولین تصویر با آغاز تهیه و تصویب اولین طرح جامع شهر زاهدان (۱۹۸۶)، بررسی روند تحلیل تغییرات را دقیق‌تر می‌نماید. (جدول ۳)، سهم هر یک از طبقات کاربری اراضی را طی سال‌های مورد مطالعه نشان می‌دهد. مساحت پوشش گیاهی (شامل اراضی کشاورزی و پوشش گیاهی پراکنده) در سال ۱۹۹۶ به نسبت سال ۱۹۸۶ در طول یک دهه، از ۴/۴ کیلومتر مربع به ۶ کیلومترمربع (حدود ۰/۸ درصد نسبت به مجموع کاربری‌ها) افزایش داشته است. اراضی بایر در محدوده مورد مطالعه، به‌طور پیوسته روند کاهشی را تجربه کرده است و مرتباً از سهم این اراضی کاسته و به سهم اراضی انسان‌ساخت افزوده شده است. این اراضی، از ۹۲ درصد در سال ۱۹۸۶ به ۹۰/۴ درصد در سال ۱۹۹۶ کاهش نشان می‌دهد. سهم اراضی انسان‌ساخت در سال ۱۹۸۶ از ۱۰۰ درصد مساحت کاربری‌ها حدود ۶/۳ درصد معادل ۱۷ کیلومتر مربع بوده است. مساحت این کاربری در دهه بعد ۷/۴ درصد (۲۰ کیلومتر مربع) رسیده است. در سال ۲۰۰۶ نسبت به دهه قبل، روند تغییرات با نوساناتی در کاربری پوشش گیاهی همراه است. مساحت این اراضی در سال ۲۰۰۶ به حدود ۱/۳ درصد (۳/۵ کیلومتر مربع) کاهش داشته، اراضی بایر

با ادامه روند کاهشی در سال ۲۰۰۶ به ۸۷/۱ درصد رسیده است و (۳/۸) کیلومتر مربع کاهش مساحت را تجربه کرده است. اراضی انسان‌ساخت در سال ۲۰۰۶ نسبت به دهه قبل، افزایش داشته و ۱۱/۶ درصد سهم کل اراضی را به خود اختصاص داده است. پوشش گیاهی منطقه از سال ۲۰۱۶ روند افزایشی را تجربه کرده و مساحت آن از ۱/۳ درصد در سال ۲۰۰۶ به ۲/۲ درصد در سال ۲۰۱۶ و ۲/۸ درصد مجموع کاربری‌ها در سال ۲۰۲۴، رسیده است، اما پوشش انسان‌ساخت، به عنوان مهمترین و اصلی‌ترین کاربری، پیوسته تغییرات افزایشی را تجربه کرده است؛ سهم این اراضی از ۱۱/۶ درصد، به ۱۲/۱ و ۱۴/۷ درصد در طی دوره‌های ۲۰۰۶، ۲۰۱۶ و ۲۰۲۴ رسیده است. در بررسی تغییرات کاربری پوشش گیاهی، شاهد تغییرات افزایشی و کاهشی در میزان این کاربری به‌ویژه در شمال‌شرق شهر و تخریب اراضی کشاورزی و ساخت‌وساز غیررسمی می‌باشیم که به‌وضوح در تصاویر ماهواره‌ای قابل‌مشاهده است، اما تغییرات افزایشی آن بیشتر از تغییرات کاهشی و بیشتر در خارج از محدوده قانونی شهر اتفاق افتاده است. حداکثر تغییر افزایشی آن در طول سال‌های ۲۰۲۴-۲۰۱۶ (که مساحت آن از ۶ به ۷/۴ کیلومتر مربع) و حداکثر تغییر کاهشی آن در طول سال‌های ۲۰۰۶-۱۹۹۶ (۲/۵ کیلومترمربع) مشاهده شد. در (جدول ۳)، درصد تغییرات کاربری زمین نشان‌دهنده پوشش گیاهی محدوده مورد مطالعه در یک دوره ۳۸ ساله، علی‌رغم ناپایداری دوره‌ای، در مجموع ۶۸ درصد افزایش داشته است. زمین‌های بایر ۱۰ درصد کاهش را تجربه نموده که عمدتاً به نفع اراضی انسان‌ساخت کاهش داشته است و اراضی انسان‌ساخت با افزایش ۱۳۳ درصدی بیشترین تغییرات را در دوره مورد مطالعه تجربه کرده است. این شدت تغییرات مساحت و رشد پراکنده و پیرامونی، نشان از کالایی‌شدن فضای شهری دارد؛ ضمن این‌که باید تأکید کنیم که عمده زمین‌های بایر خارج از محدوده قانونی شهر، در اختیار دولت می‌باشد؛ لذا تصمیم به واگذاری و ساخت‌وساز آن‌ها، سیاست‌های و برنامه‌های مدیریت شهری را انعکاس می‌دهد.

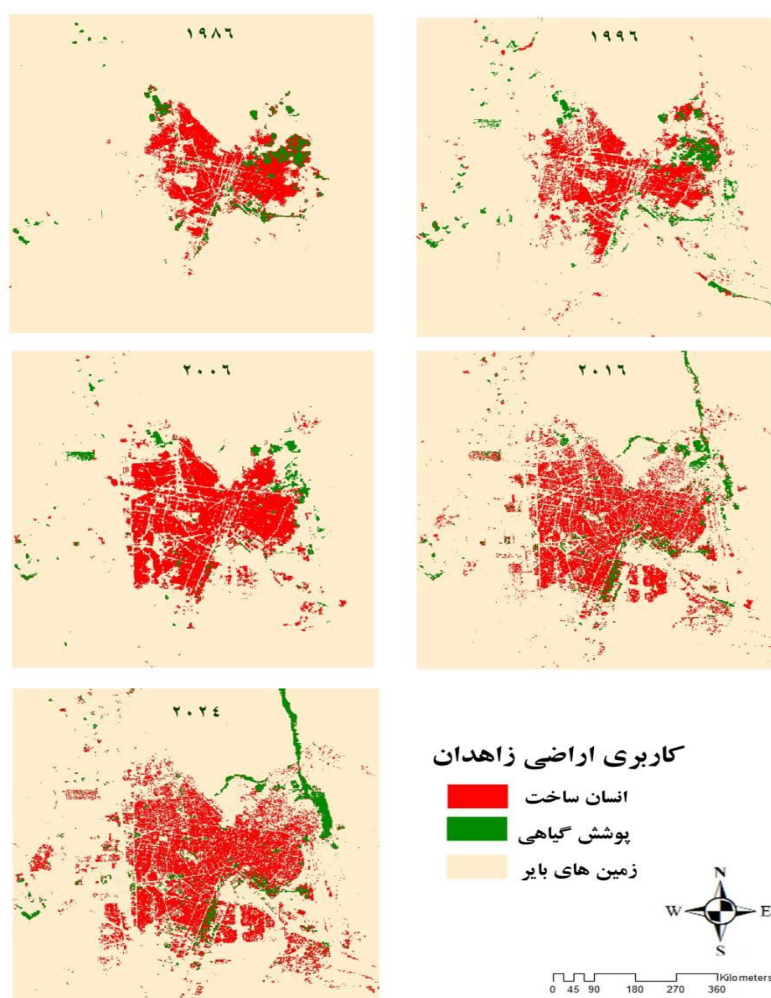
جدول ۳: وسعت کاربری اراضی شهر زاهدان در بازه زمانی ۱۹۸۶-۲۰۲۴

کاربری اراضی	۱۹۸۶		۱۹۹۶		۲۰۰۶		۲۰۱۶		۲۰۲۴		درصد تغییرات ۱۹۸۶-۲۰۲۴
	مساحت (هکتار)	درصد	مساحت (هکتار)	درصد	مساحت (هکتار)	درصد	مساحت (هکتار)	درصد	مساحت (هکتار)	درصد	
پوشش گیاهی	۴۴۲/۷۱	۱/۶	۶۰۱/۷۴	۲/۲	۳۵۶/۶۷	۱/۳	۵۹۴/۱۸	۲/۲	۷۴۵/۵۶	۲/۸	۶۸
زمین‌های بایر	۲۴۸۷۸/۲۵	۹۲	۲۴۴۳۲/۶۶	۹۰/۴	۲۳۵۵۵/۵۲	۸۷/۱	۲۳۱۷۷/۶۱	۸۵/۷	۲۲۳۲۳/۴۲	۸۲/۶	-۱۰
انسان‌ساخت	۱۷۱۴/۱۴	۶/۳	۲۰۰۰/۷	۷/۴	۳۱۲۲/۹۱	۱۱/۶	۳۲۶۳/۳۱	۱۲/۱	۳۹۶۶/۱۲	۱۴/۷	۱۳۳
مجموع	۲۷۰۳۵/۱	۱۰۰	۲۷۰۳۵/۱	۱۰۰	۲۷۰۳۵/۱	۱۰۰	۲۷۰۳۵/۱	۱۰۰	۲۷۰۳۵/۱	۱۰۰	---

مأخذ: نگارندگان، ۱۴۰۴



شکل ۵: تغییرات کاربری اراضی در شهر زاهدان طی سال‌های ۱۹۸۶-۲۰۲۴
تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۴۰۴



شکل ۶: نقشه روند تغییر پوشش زمین شهر زاهدان طی سال‌های ۱۹۸۶-۲۰۲۴
تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۴۰۴

با بررسی تغییر خالص انواع مختلف کاربری زمین و تجزیه و تحلیل روند آن‌ها در طول زمان، می‌توان اطلاعات اولیه مفیدی در مورد پوشش زمین به دست آورد؛ اگرچه بدیهی است که این امر دانش خاصی در مورد تبدیل یک کاربری به کاربری دیگر ارائه نمی‌دهد؛ به عبارت دیگر، نمی‌توان تعیین کرد که کدام طبقه پوشش زمین به طبقه دیگر تبدیل شده است یا کدام طبقه باعث تغییرات اساسی در سایر انواع پوشش زمین شده است (Pontius et al, 2004: 251). بنابراین، برای رفع این نقطه ضعف، استفاده از روش‌های دیگری که بتوانند اطلاعات بیشتری در این زمینه ارائه دهند، ضروری بود. یکی از این روش‌ها، ماتریس جدول‌بندی متقاطع بود (Pontius and Cheuk, 2006: 3-5) به همین جهت، تغییرات و پویایی کاربری زمین، با استفاده از روش‌های تحلیل تغییر خالص و تحلیل ماتریس جدول‌بندی متقاطع بررسی شد. ماتریس تغییرات یک ابزار کمی و آماری است که برای شناسایی، طبقه‌بندی و اندازه‌گیری تغییرات در کاربری اراضی و پوشش زمین (Land Use/Land Cover - LULC) بین دو یا چند دوره زمانی مختلف، استفاده می‌شود. این ماتریس به‌ویژه در مطالعات توسعه شهری، جنگل‌زدایی، کشاورزی و مدیریت منابع طبیعی کاربرد دارد.

ماتریس انتقال کاربری اراضی، چارچوب کمی دقیق‌تری برای فهم جهت، شدت تغییرات، اندازه‌گیری و نحوه تبدیل دسته‌بندی کاربری اراضی (مانند «اراضی بایر»، «پوشش گیاهی»، «اراضی انسان‌ساخت» و...) از یک زمان مشخص (t_1) به یک زمان بعدی (t_2) را ارائه می‌دهد. یک ماتریس، مربعی است که در سطرهای آن، دسته‌بندی‌های کاربری اراضی در زمان اولیه (t_1) و در ستون‌های آن همان دسته‌بندی‌ها در زمان نهایی (t_2) درج شده است. هر سلول (i, j) از این ماتریس نشان‌دهنده میزان (مساحت یا درصد) اراضی است که از کلاس i در لحظه t_1 به کلاس j در لحظه t_2 تغییر پیدا کرده‌اند.

(t_1 کاربری در) کلاس اولیه $i \leftrightarrow$ سطر

(t_2 کاربری در) کلاس ثانویه $j \leftrightarrow$ ستون

خانه $\leftrightarrow (i, j)$ مساحت (هکتار، کیلومتر مربع یا درصد) اراضی که از کلاس i در t_1 به کلاس j در t_2 تبدیل شده‌اند. ماتریس‌های جدول‌بندی متقاطع، بر اساس داده‌های رستری با یک مؤلفه مکانی محاسبه شدند؛ بنابراین، ماتریس جدول‌بندی متقاطع را می‌توان به‌عنوان خلاصه‌ای از داده‌های اساسی حاوی اطلاعات مکانی در نظر گرفت. فرمول ساده‌شده مورد استفاده برای محاسبه رستر جدول‌بندی متقاطع، به شرح زیر بود:

رابطه (۲)

($t+1$ زمان) j کلاس
 کلاس i | P_{11} P_{12} ... P_{1n}

(t زمان) | P_{21} P_{22} ... P_{2n}

|
 | P_{n1} P_{n2} ... P_{nn}

$$P_{ij} = \frac{j \text{ به } i \text{ مساحت تبدیل شده از کلاس } i}{t \text{ در زمان } i \text{ مساحت کل کلاس}} \times 100$$

این فرمول برای همه کلاس‌های پوشش زمین از سال ۱۹۸۶ تا ۲۰۲۴ استفاده شد، ماتریس‌های جدول‌بندی متقاطع ۴×۴ تهیه شدند. مقایسه دو نقطه متمایز در این جدول‌بندی متقاطع در طول زمان، مکان‌هایی را که تغییرات جغرافیایی خاصی در آن‌ها رخ داده است، نشان می‌دهد.

تحلیل تغییرات خالص کاربری زمین ۱۹۹۶-۱۹۸۶

تحلیل پویایی کلاس‌های کاربری زمین نیز نشان‌داد که روابط تقریباً معکوس متقابلی بین زمین‌های بایر و انسان‌ساخت وجود دارد. هرچه از مساحت اراضی بایر کاسته می‌شود، اراضی انسان‌ساخت افزایش می‌یابد. این شتاب در گسترش شهر، نه ناشی از رشد جمعیت بلکه تا حدود زیادی کالایی‌شدن فضای شهر و جنبه سودآوری و سرمایه‌گذاری را در ذهن متبادر می‌نماید. بررسی (جدول ۴) ماتریس تغییرات کاربری زمین در فاصله سال‌های ۱۹۸۶ و ۱۹۹۶ نشان می‌دهد، حدود ۱۵۹ هکتار اراضی بایر به پوشش گیاهی و ۲۸۷ هکتار به کاربری انسان‌ساخت تبدیل شده است (افزایش ۳۶٪ پوشش گیاهی، ۱۷٪ کاربری انسان‌ساخت و کاهش ۴۴۵ هکتار (۲٪) اراضی بایر) قابل مشاهده است.

جدول ۴: ماتریس تغییرات خالص کاربری زمین (۱۹۸۶-۱۹۹۶) هکتار

مقصد \ کلاس مبدأ	پوشش گیاهی	زمین بایر	انسان‌ساخت	جمع مبدأ	تغییر مساحت	درصد تغییر
پوشش گیاهی	۴۴۲/۷۱	۰۰	۰۰	۴۴۲/۷۱	+۱۵۹	+۳۵/۹
زمین بایر	۱۵۹	۲۴۴۳۲/۶۶	۲۸۶/۵۶	۲۴۸۷۸/۲۵	-۴۴۵/۵۹	-۱/۸
انسان‌ساخت	۰۰	۰۰	۱۷۱۴/۱۴	۱۷۱۴/۱۴	+۲۸۶/۵۶	+۱۶/۷
جمع مقصد	۶۰۱/۷۴	۲۴۴۳۲/۶۶	۲۰۰۰/۷	۲۷۰۳۵/۱	-----	-----

مأخذ: نگارندگان، ۱۴۰۴

(جدول ۵) ماتریس تغییرات خالص کاربری زمین در سال‌های ۲۰۰۶-۱۹۹۶ نشان می‌دهد، پوشش گیاهی ۲۴۵ هکتار (۴۱٪) و اراضی بایر ۸۷۷ هکتار (۳/۶٪) کاهش داشته است که ۱۰۰٪ کاهش مساحت این کاربری‌ها، به نفع اراضی انسان‌ساخت بوده و منجر به افزایش (۵۶٪) اراضی مورد نظر گردیده است. رشد انسان‌ساخت هم‌زمان با کاهش پوشش گیاهی و کاهش زمین بایر، نشانه توسعه ناپایدار و تخریب محیط‌زیست می‌باشد.

جدول ۵: ماتریس تغییرات خالص کاربری زمین (۱۹۹۶-۲۰۰۶) هکتار

مقصد \ کلاس مبدأ	پوشش گیاهی	زمین بایر	انسان‌ساخت	جمع مبدأ	تغییر مساحت	درصد تغییر
پوشش گیاهی	۳۵۶/۶۷	۰۰	۲۴۵/۰۷	۶۰۱/۷۴	-۲۴۵/۰۷	-۴۰/۷
زمین بایر	۰۰	۲۳۵۵۵/۵۲	۸۷۷/۱۴	۲۴۴۳۲/۶۶	-۸۷۷/۱۴	-۳/۶
انسان‌ساخت	۰۰	۰۰	۲۰۰۰/۷	۲۰۰۰/۷	+۱۱۲۲/۲۱	+۵۶/۱
جمع مقصد	۳۵۶/۶۷	۲۳۵۵۵/۵۲	۳۱۲۲/۹۱	۲۷۰۳۵/۱	-----	-----

مأخذ: نگارندگان، ۱۴۰۴

با ارزیابی تغییرات کاربری زمین (جدول ۶)، در سال‌های ۲۰۱۶-۲۰۰۶، مشخص می‌شود که پوشش گیاهی، افزایش ۲۳۸ هکتاری (۶۷٪) و اراضی انسان‌ساخت، افزایش ۱۴۰ هکتار (۴/۵٪) را تجربه کرده است. با مشاهده تغییرات کاهشی حدود ۳۷۸ هکتار (۱/۶٪) اراضی بایر، مشخص می‌شود از مجموع سهم کاهشی اراضی ۶۲/۸٪ آن به پوشش گیاهی و ۳۷/۲٪ به مناطق انسان‌ساخت تبدیل شده است. رشد کاربری انسان‌ساخت، تنها ۴/۵٪ (۱۴۰/۴ هکتار) بوده که نسبت به دهه‌های قبل T رشد (۵۶٪ در دهه ۲۰۰۶-۱۹۹۶) کاهش محسوسی را نشان می‌دهد.

جدول ۶: ماتریس تغییرات خالص کاربری زمین (۲۰۱۶-۲۰۰۶) هکتار

کلاس مبدأ / کلاس مقصد	پوشش گیاهی	زمین بایر	انسان ساخت	مجموع مبدأ	تغییر مساحت	درصد تغییر
پوشش گیاهی	۳۵۶,۶۷	۰۰	۰۰	۳۵۶,۶۷	+۲۳۷,۵۱	+۶۶,۶
زمین بایر	۲۳۷,۵۱	۲۳۱۷۷/۶۱	۱۴۰,۴۰	۲۳۵۵۵/۵۲	-۳۷۷,۹۱	-۱,۶
انسان ساخت	۰۰	۰۰	۳۱۲۲/۹۱	۳۱۲۲/۹۱	+۱۴۰,۴۰	+۴,۵
مجموع مقصد	۵۹۴,۱۸	۲۳۱۷۷/۶۱	۳۲۶۳/۳۱	۲۷۰۳۵/۱	-----	-----

مأخذ: نگارندگان، ۱۴۰۴

بررسی ماتریس تغییرات کاربری زمین (جدول ۷) نشان می‌دهد، پوشش گیاهی ۱۵۱ هکتار (۲۵/۵٪) و مناطق انسان ساخت ۷۰۲ هکتار (۲۱/۵٪) افزایش را در فاصله سال‌های ۲۰۲۴-۲۰۱۶ تجربه کرده است. ۱۰۰٪ افزایش این کاربری‌ها، ناشی از سهم کاهشی اراضی بایر (۸۵۴ هکتار) می‌باشد. دقت و ارزیابی در تصاویر ماهواره‌ای نشان می‌دهد که بیشترین افزایش مساحت مناطق انسان ساخت در سال‌های مورد اشاره در خارج از محدوده شهر و به صورت پراکنده به‌ویژه سمت غرب، شمال غرب و جنوب غرب شهر (افزایش ۲۵٪ مناطق انسان ساخت) اتفاق افتاده است.

جدول ۷: ماتریس تغییرات خالص کاربری زمین (۲۰۲۴-۲۰۱۶) هکتار

کلاس مبدأ / کلاس مقصد	پوشش گیاهی	زمین بایر	انسان ساخت	جمع مبدأ	تغییر مساحت	درصد تغییر
پوشش گیاهی	۵۹۴,۱۸	۰۰	۰۰	۵۹۴,۱۸	+۱۵۱/۳۸	+۲۵/۵
زمین بایر	۱۵۱/۳۸	۲۲۳۲۳/۴۲	۷۰۲/۸۱	۲۳۱۷۷/۶۱	-۸۵۴/۱۹	-۳/۷
انسان ساخت	۰۰	۰۰	۳۲۶۳/۳۱	۳۲۶۳/۳۱	+۷۰۲/۸۱	+۲۱/۵
جمع مقصد	۷۴۵/۵۶	۲۲۳۲۳/۴۲	۳۹۶۶/۱۲	۲۷۰۳۵/۱	-----	-----

مأخذ: نگارندگان، ۱۴۰۴

(جدول ۸) ماتریس تغییرات خالص کاربری زمین در یک دوره ۳۸ ساله، نشان از احیای نسبی پوشش گیاهی دارد که طبق مطالعات قبلی نویسندگان، این افزایش ناشی از بهبود نسبی وضعیت مراتع می‌باشد. در این راستا، شاهد کاهش شدیدی در مساحت اراضی بایر هستیم که ۱۰۰٪ آن به پوشش گیاهی و انسان ساخت تبدیل گردیده است؛ به‌طوری‌که شاهد افزایش (۶۸/۴٪) پوشش گیاهی و (۱۳۱/۴٪) مناطق انسان ساخت در محدوده مورد مطالعه می‌باشیم. طی این دوره، ساخت‌وسازها و رشد فیزیکی شهر، بیشتر در جهت شمال غرب، غرب، جنوب، جنوب غرب و تا حدودی به سمت شمال شرق بوده است؛ البته وجود باغات و اراضی کشاورزی واقع در شمال شرق، شهر را با محدودیت توسعه قانونی در این جهت روبه‌رو می‌سازد، اما افزایش ساخت‌وسازهای غیرقانونی و تشدید حاشیه‌نشینی، باعث کاهش و تخریب باغات و اراضی کشاورزی در این محدوده شده است.

جدول ۸: ماتریس تغییرات خالص کاربری زمین ۲۰۲۴-۱۹۸۶ (هکتار)

کاربری اراضی	مساحت ۱۹۸۶	مساحت ۲۰۲۴	تغییرات مساحت	درصد تغییر	روند
پوشش گیاهی	۴۴۲/۷۱	۷۴۵۰/۵۶	+۳۰۲/۸۵	+۶۸/۴	احیای نسبی
زمین بایر	۲۴۸۷۸/۲۵	۲۲۳۲۳/۴۲	-۲۵۵۴/۸۳	-۱۰/۳	کاهش شدید
انسان ساخت	۱۷۱۴/۱۴	۳۹۶۶/۱۲	+۲۲۵۱/۹۸	+۱۳۱/۴	رشد انفجاری
جمع	۲۷۰۳۵/۱	۲۷۰۳۵/۱	۰۰	۰۰	-----

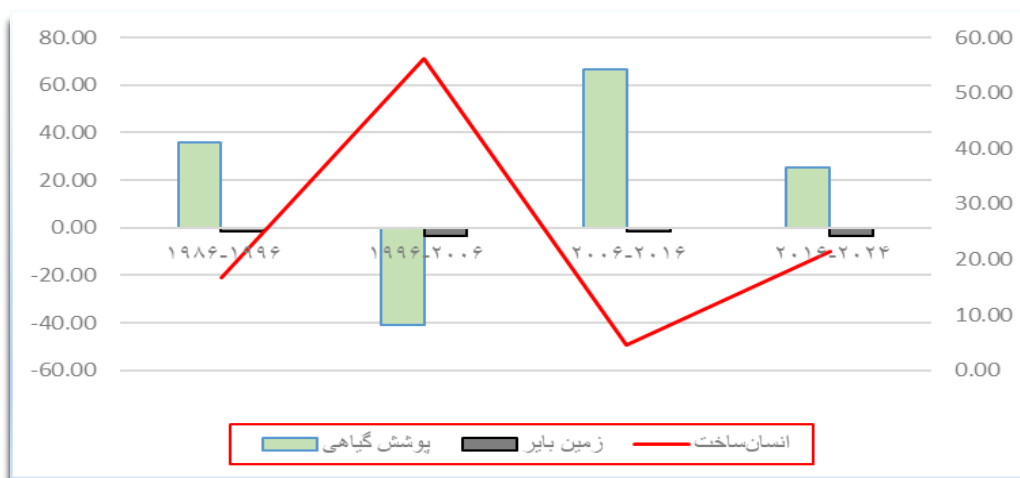
مأخذ: نگارندگان، ۱۴۰۴

شکل ۷، تغییر خالص نوع کاربری زمین هر دهه نسبت به دهه قبل (برحسب کیلومتر مربع) را نشان می‌دهد. مقادیر ایتالیک، نشان‌دهنده کاهش کلاس کاربری زمین و مقادیر پررنگ، نشان‌دهنده افزایش کلاس کاربری زمین است. اراضی بایر نسبت به دهه‌های قبل پیوسته روند کاهشی را تجربه نموده است و مناطق انسان‌ساخت مرتباً روند افزایشی داشته است، به‌ویژه این که میزان شدت تغییرات در سال‌های ۲۰۱۶ تا ۲۰۲۴ روند معکوسی را در این دو کاربری تجربه کرده است، به‌طوری که کاهش مساحت اراضی بایر، منجر به افزایش مناطق انسان‌ساخت شده است؛ البته که مقداری از کاهش سهم اراضی بایر را در افزایش نسبی پوشش گیاهی منطقه مشاهده می‌کنیم.

جدول ۹: تغییر خالص نوع کاربری زمین طی سال‌های ۲۰۲۴-۱۹۸۶ (کیلومتر مربع)

کلاس کاربری	۱۹۸۶-۱۹۹۶	۱۹۹۶-۲۰۰۶	۲۰۰۶-۲۰۱۶	۲۰۱۶-۲۰۲۴
پوشش گیاهی	۱/۶	۲/۵	۲/۴	۱/۵
اراضی بایر	۴/۵	۸/۸	۳/۸	۸/۵
انسان‌ساخت	۲/۹	۱/۱	۱/۴	۷

مأخذ: نگارندگان، ۱۴۰۴



شکل ۷: درصد تغییر کاربری نسبت به دهه قبل سال‌های (۱۹۸۶-۲۰۲۴)

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۴۰۴

تحلیل تغییرات کاربری اراضی طی ۳۸ سال در شهر زاهدان، نشان می‌دهد که تغییر کاربری، بازوی اجرایی کالایی‌سازی فضای شهری است، نه پیامد خودکار توسعه کالبدی. روند گسترش شهر، تابع مستقیم سیاست‌های حکمرانی زمین‌محور (شامل واگذاری زمین‌های دولتی و احداث شهرک‌های انحصاری) و تجلی فرآیند کالایی‌سازی فضا است. سنجش‌ازدور به‌عنوان ابزاری راهبردی، امکان پایش نظام‌مند بلندمدت این مکانیسم‌ها را فراهم کرده است. بر این اساس، پیشنهاد می‌شود سیاست‌گذاران با اتخاذ رویکرد برنامه‌ریزی فضایی (Spatial-Planning)، پایداری اکولوژیک-اجتماعی را محور برنامه‌ریزی شهری قرار دهند.

جدول ۱۰: همبستگی تغییر کاربری زمین-کالایی‌سازی فضای شهر

شاخص	روند (۱۹۸۶-۲۰۲۴)	همبستگی با کالایی‌سازی (R^2)
افزایش مناطق انسان‌ساخت	+۱۳۳٪	۰٫۹۲
کاهش اراضی بایر	-۱۰٪	۰٫۸۷
نوسان پوشش گیاهی	+۶۸٪ خارج محدوده شهری	۰٫۴۵

مأخذ: پردازش تصاویر Landsat

در کل، تغییر کاربری زمین و فرایند کالایی‌شدن فضای شهری، رویکردی چالش‌برانگیز در مواجهه با مسائل شهری می‌باشد. این فرایند تحت‌تأثیر عوامل سیاسی-اقتصادی شکل می‌گیرد. نقش حکمرانی و مدیریت شهری در این زمینه بسیار حائز اهمیت است؛ چرا که با سیاست‌گذاری موجود، تغییر کاربری زمین و گسترش شهر در مناطق پیرامونی را رسمیت داده و به تعمیق فرآیند کالایی‌شدن فضا شدت می‌بخشد. تغییر کاربری اراضی در زاهدان، صرفاً یک تحول کالبدی نیست، بلکه بازتاب سلطه منطق سرمایه‌داری نئولیبرال و منطق کالایی‌سازی بر فضای شهری است که از طریق پیوند نهادهای سیاسی-اقتصادی بازتولید می‌شود. خروج از این چرخه معیوب، مستلزم عبور از "مدیریت سودمحور" به "حکمرانی حق‌محور" است، تحولی که فضا را از کالایی خصوصی به بستری برای شکوفایی حیات جمعی تبدیل می‌نماید. این گذار تنها با بازتعریف رابطه سه‌گانه "سرمایه-فضا-جامعه" ممکن خواهد بود. تحولات کالبدی شهر زاهدان در چند دهه اخیر، تجلی گویایی از فرآیند «کالایی‌شدن فضا» تحت‌تأثیر سیاست‌های مدیریت زمین است. این مطالعه، با هدف بررسی تغییر کاربری زمین در شهر زاهدان، با رویکرد کالایی‌شدن فضا انجام شد. جمعیت شهر زاهدان طی سال‌های ۱۳۳۵ تا ۱۴۰۰، حدوداً ۳۳ برابر و وسعت شهر تقریباً ۳۴ برابر افزایش داشته است. آنچه بیش‌ازپیش بر ضرورت تجزیه و تحلیل تغییرات کاربری اراضی تأکید می‌کند، توسعه شهر در پیرامون، خارج از روند طرح‌های جامع می‌باشد و گسترش حاشیه‌نشینی که تهدید جدی برای آبخوان در جنوب‌غرب شهر و زمین‌های کشاورزی در شمال‌شرق شهر می‌باشد. به این منظور، مطالعه تغییر کاربری اراضی در دوره ۳۸ ساله (۱۹۸۶-۲۰۲۴) با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای Landsat 5, 7, 8, 9 در سه طبقه اراضی انجام شد. یافته‌ها نشان می‌دهد، طی دوره ۱۹۸۶-۲۰۲۴ در منطقه مورد مطالعه، ۵۱۰۹/۷ هکتار تغییر کاربری زمین (شامل: پوشش گیاهی، انسان‌ساخت و اراضی بایر) رخ داده که برابر با حدود ۱۳۴/۵ هکتار در سال است. بیشترین تغییر در استفاده از زمین، در اراضی بایر، ۲۵۵۳/۸۳ هکتار (۱۰٪-) کاهش مساحت و مناطق ساخته‌شده حدود ۲۲۵۱/۹۸ هکتار (۱۳۳٪+) افزایش مساحت طی دوره مورد مطالعه اتفاق افتاده است (بخش زیادی از اراضی بایر خارج از محدوده قانونی شهر، ساخت‌وساز شده است). پوشش گیاهی منطقه، علی‌رغم نوسانات زیاد طی سال‌های فوق، در

نهایت افزایش ۳۰۲/۸ هکتار (۶۸/۴٪) را تجربه نموده است که این میزان تغییرات طبق تصاویر بیشتر در مراتع اتفاق افتاده و اراضی کشاورزی واقع در شمال شرق شهر و باغات غرب شهر به دلیل ساخت و سازهای بی رویه، روندی کاهشی داشته است. نتایج این مطالعه، با نتایج سه تحقیق دیگر در شهر ملبورن (۲۰۲۱)، تهران (۱۳۹۹) و بیرجند (۱۳۹۹) (رهنما، بکائیان و همکاران و حسین آبادی و همکاران) که با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای ۷ و ۸ Landsat با وضوح ۳۰ متر، انجام شده است، یکسان می‌باشد. در همه موارد، تغییر شدید کاربری و کاهش سطح اراضی کشاورزی، پوشش گیاهی و اراضی بایر، به نفع زمین‌های ساخته شده اتفاق افتاده است؛ لذا نتایج تمامی مطالعات با اندکی اختلاف، در کاهش سطح اراضی بایر و پوشش گیاهی همسو است. بر این اساس، تغییر کاربری زمین در شهر زاهدان، نشان می‌دهد که مساحت اراضی بایر در سال ۱۹۸۶ تا سال ۲۰۲۴ پیوسته روند کاهشی را به نفع مناطق انسان ساخت تجربه کرده است و از حدود ۲۴۸ کیلومترمربع، به ۲۲۳ کیلومترمربع رسیده است. مساحت محدوده‌های ساخته شده، در طی سال‌های فوق پیوسته روند افزایشی داشته و از حدود ۱۷ کیلومترمربع به ۴۰ کیلومترمربع رسیده است، اما شدت این افزایش در فاصله سال‌های ۲۰۱۶ تا ۲۰۲۴ (۷ کیلومترمربع) اتفاق افتاده است. مساحت پوشش گیاهی در سال‌های ۱۹۸۶ تا ۲۰۲۴ به ترتیب (۴/۴، ۶، ۳/۶، ۵/۹ و ۷/۴) کیلومترمربع، با نوساناتی همراه بوده است. نهایتاً از حدود ۴/۴ کیلومترمربع در سال ۱۹۸۶ به ۷/۴ کیلومترمربع در سال ۲۰۲۴ رسیده است. بیشترین تغییرات کاربری اراضی در منطقه مورد مطالعه، در اراضی بایر و ساخته شده مشاهده شده است که به ترتیب از حدود ۲۴۹ و ۱۷ کیلومترمربع در سال ۱۹۸۶ به ۲۲۳ و ۴۰ کیلومترمربع در سال ۲۰۲۴ رسیده است. بررسی تصاویر و نقشه‌های کاربری زمین نشان می‌دهد، در سال‌های مورد مطالعه بخش زیادی از اراضی خارج از محدوده شهر، ساخت و ساز شده است. مقایسه تصاویر سال ۱۹۸۶ با سال ۲۰۲۴ این تغییرات را به ویژه به نفع زمین‌های ساخته شده، نشان می‌دهد. با توجه به این که نرخ رشد جمعیت در سال‌های ۲۰۰۶ تا ۲۰۱۶ روند کاهشی داشته، اما شاخص رشد جمعیت در قالب توسعه شهری، به سمت مناطق بیرونی و حاشیه اتفاق افتاده است؛ به طوری که جمعیت حاشیه نشین شهر، حدود ۴۲٪ کل جمعیت شهر را شامل می‌شود. چنین به نظر می‌رسد، با توجه به پیش‌بینی طرح جامع شهر زاهدان طی سه دوره ۶۴، ۸۴ و ۹۴ و تعیین جهات توسعه شهر، الزامات و تأکید ویژه‌ای مبنی بر کنترل توسعه شهر از سوی مدیران مشاهده نمی‌شود، بلکه با توسعه غیرمستولانه و ناشی از رانت سازمان‌های دولتی سهم در مدیریت شهری نیز روبه‌رو هستیم که واگذاری و تغییر کاربری اراضی پیرامون شهر و ساخت و ساز اراضی بایر و پراکنده، رویه بی‌سابقه ناشی از سیاست‌های حکمرانی را شدت بخشیده است. این روند در سال‌های اخیر، باعث شده تا با الحاق ۴۲۰ هکتار در دو قطعه تفکیکی (محله رسالت واقع در شمال غرب و مسکن مهر در جنوب شرق زاهدان) و غدیرشهر با ۱۹۱ هکتار در فاصله سال‌های ۲۰۲۴-۱۹۹۶، گسترش شهر با سرعت بیشتری اتفاق افتد. ارزیابی روند تغییرات، نشان از گسست اجتماعی و اقتصادی شهر دارد. جمعیت کم‌درآمد که توان خرید زمین و مسکن در شهر را نداشته، به حاشیه‌ها رانده شده‌اند؛ از این‌رو شاهد سوداگری زمین، کاهش تدریجی فضاهای عمومی و افزایش قیمت زمین و مسکن می‌باشیم. پایش روند تغییرات کاربری طی سال‌های مورد مطالعه، نشان داد که تغییر کاربری و روند گسترش شهر، نه یک «توسعه»، بلکه بازتولید نابرابری از طریق کالایی‌سازی فضا است و سنجش‌ازدور، به عنوان ابزاری کارآمد، امکان ردیابی و تحلیل بلندمدت این روندها را فراهم کرده است.

نتیجه‌گیری

تبدیل تغییر کاربری زمین، به ابزار انباشت سرمایه و سلب مالکیت، به‌عنوان پارادایمی نوین در گسترش شهر زاهدان به‌ویژه در مناطق پیرامون شهر مطرح‌است و با بروز یا تشدید ساخت‌وسازهای غیررسمی، رابطه‌ای تنگاتنگ دارد. سیاست واگذاری زمین و تغییر کاربری‌های دولتی، شهرها را به ماشین رشد سرمایه‌دارانه تبدیل کرده که در آن، زمین‌خواری و سوداگری بر عدالت فضایی و پایداری اکولوژیک اولویت دارد. در این رویکرد، نقش حکمرانی و مدیریت شهری بسیار قابل‌تأمل است. مصاحبه‌ها و بررسی‌های اسنادی نشان‌می‌دهند که پروژه‌های تغییر کاربری، اغلب به پیشنهاد یا با مشارکت شوراهای محلی و برخی دستگاه‌های دولتی و نظامی انجام‌می‌شود. این فرایند، بیانگر عملکرد فضای شهری به‌مثابه ابزار قدرت و نه صرفاً کالبدی برای زندگی است، همان‌گونه که کاستلز و بوردیو مطرح کرده‌اند. شکل‌گیری الگوهای فضایی نامتوازن مناطق شمال و شمال‌غرب شهر زاهدان نشان‌می‌دهد که این بخش‌ها، بیشتر دستخوش سرمایه‌گذاری و کالایی‌سازی شده‌اند و مناطق جنوب و شرق با توسعه‌نیافتگی و فقر فضایی مواجه‌اند. این وضعیت، همان مفهومی است که نیل‌اسمیت از آن با عنوان توسعه نامتوازن یاد می‌کند و بیانگر سلطه سرمایه بر منطق برنامه‌ریزی است. یافته‌ها، نشان‌می‌دهند که کالایی‌شدن فضا نه پدیده‌ای انتزاعی، بلکه واقعیتی عینی در زندگی مردم و ساختارهای تصمیم‌گیری شهری است و با تغییرات کاربری زمین به‌نفع منافع سوداگرانه همراه است، از دل روابط قدرت و رانت شکل‌می‌گیرد و منجر به طرد اجتماعی و نابرابری فضایی می‌شود. راهبرد بنیادین برای مهار و کنترل این چالش، بازتعریف نظام حکمرانی زمین از طریق استقرار سازوکارهای شفاف تصمیم‌گیری، انطباق پروژه‌ها با طرح‌های توسعه مصوب و نظارت دقیق بر تغییرات کاربری و مدیریت پایدار اراضی می‌باشد تا از گسترش بی‌ضابطه شهر در پیرامون جلوگیری شود.

منابع

- آرخی، صالح؛ محدثه اصفهانی (۱۳۹۸). پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از تصاویر چند زمانه و مدل زنجیره‌ای مارکوف (مورد شناسی: شهرایلام) فصلنامه جغرافیا و آمایش شهری- منطقه ای. سال نهم، شماره ۳۰. صفحات ۹۵-۱۱۲.
- <https://www.sid.ir/paper/236645/fa>
- باستیه، ژان؛ برنارد دزر (۱۳۸۲). شهر، ترجمه غلام محمد قره‌چمنی و علی اشرفی. تهران. انتشارات دانشگاه هنر.
- بکائیان، فاطمه؛ علی‌اکبر شمسی‌پور؛ مرضیه علی‌خواه‌اصل (۱۳۹۹). پایش روند تغییرات کاربری اراضی با تاکید بر توسعه فیزیکی شهر تهران، فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط زیست. دوره ۲۲. شماره ۱.
- <https://www.sid.ir/paper/364234/fa>
- حسین‌آبادی، سعید؛ ابراهیم اکبری؛ افسانه نقدبیشی (۱۳۹۹). ارزیابی و شبیه‌سازی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از طبقه‌بندی شی‌گرا و مدل زنجیره مارکوف، مورد مطالعه: شهر بیرجند و پیرامون آن. جغرافیا و مخاطرات محیطی. شماره ۳۳. صفحات ۱۶۸-۱۸۹.
- <https://doi.org/10.22067/geo.v0i0.81819>
- راستی، سعید؛ مصطفی مهدوی‌فرد؛ سیده‌هدایت شیخ‌قادر؛ ابوذر نصیری؛ نازنین‌زهره تکتازا (۱۴۰۱). چند فصلی سنتینل ۱ و ۲ به منظور تهیه نقشه کاربری اراضی در فضای ابری گوگل ارث انجین (مطالعه موردی: استان گیلان)، جغرافیا و روابط انسانی. دوره ۵. شماره ۱۹. صفحات ۳۷۳-۳۵۷.
- <https://doi:10.22034/GAHR.2022.336692.1696>
- ایمانی شاملو، جواد؛ مجتبی رفیعیان؛ هاشم دادش‌پور (۱۳۹۵). سوداگری شهری و واگرایی فضایی: تحلیل تحولات فضایی کلان‌شهر تهران مبتنی بر اقتصاد نفت، فصلنامه ژئوپلیتیک. دوره ۱۲. شماره ۴۱. صفحات ۱۳۵-۱۰۴.
- <https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.17354331.1395.12.41.5.1>
- روستا، زهرا؛ سیدمسعود منوری؛ مهدی درویشی؛ فاطمه فالحتی؛ مریم مروتی (۱۳۹۲). ارزیابی روند توسعه فیزیکی شهر شیراز و تأثیر شرایط فیزیوگرافیک بر روی روند تغییرات کاربری اراضی. فصلنامه جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی. دوره ۲۴. شماره ۴۹. صفحات ۲۰۰-۱۸۳.
- <https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.20085362.1392.24.1.14.9>
- زیاری، کرامت‌الله (۱۳۸۴). برنامه‌ریزی کاربری اراضی شهری، یزد. انتشارات دانشگاه یزد.
- <https://ketab.ir/Book/B6E88E4F-2649-4428-A2B8-04A25926E00E>
- زیاری، کرامت‌الله (۱۳۸۳). اقتصاد شهری، تهران. انتشارات دانشگاه یزد.
- سفیانیان، علیرضا؛ لقمان خداکرمی (۱۳۹۰). تهیه نقشه کاربری اراضی با استفاده از روش طبقه‌بندی فازی، مطالعه موردی سه زیر حوزه آبخیز کبودرآهنگ، رزن- قهاوند و خونجین- تلخاب در استان همدان. فصلنامه آمایش سرزمین. سال سوم. شماره ۴. صفحات ۹۵-۱۱۴.
- <https://ensani.ir/file/download/article/20120329164819-5109-20>
- شیخی، محمد؛ مهدی مدیری؛ سارا رضانی (۱۳۹۹). شناسایی و طبقه‌بندی عوامل موثر بر تغییرات کاربری و پوشش اراضی شهر دماوندبا استفاده از روش کیو، فصلنامه برنامه‌ریزی و آمایش فضا. شماره ۲. صفحات ۱۶۸-۱۴۱.
- <https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.16059689.1399.24.2.2.2>

عبدالهی، علی اصغر، مصطفی خبازی، زهرا درانی زاده (۱۳۹۹). مدل سازی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از شبکه عصبی پرسپترون، لاهیجان. فصلنامه برنامه ریزی و آمایش فضا. شماره ۱. صفحات ۷۹-۴۹.

<https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.16059689.1399.24.1.4.2>

علیزاده ربیعی، حسن (۱۳۹۲). سنجش از دور: اصول و کاربرد، تهران. انتشارات سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاه ها. (سمت).

<https://www.samt.ac.ir/fa/book/677>

محمدنژاد آروق، وحید (۱۳۹۹). شناسایی اراضی شهری با استفاده از تصاویر ماهواره های سنتینل ۱ و ۲ پایه سامانه گوگل ارث انجین (GEE)، پژوهش های جغرافیای برنامه ریزی شهری. دوره ۸، شماره ۳. پاییز ۱۳۹۹. صفحات ۶۳۰-۶۱۳.

<https://doi.org/10.22059/jurbangeo.2020.301237.1270>

مهدی زاده، جواد (۱۳۷۹). برنامه ریزی کاربری زمین از دیدگاه توسعه پایدار، مهندسين مشاور فرهنگ. نشریه جستارهای برنامه ریزی و طراحی شهری. تهران.

<https://sid.ir/paper/490342/fa>

مهندسين مشاور شهر و خانه (۱۳۸۵). طرح جامع شهر زاهدان. سازمان مسکن و شهرسازی استان سیستان و بلوچستان. زاهدان.

مهندسين مشاور شهر و خانه (۱۳۹۸). بازنگری طرح توسعه و عمران (جامع) شهر زاهدان، بررسی و شناخت وضع موجود و مطالعات کالبدی. زاهدان.

References

- Bastien, Jean and Deser, Bernard. (2003). City, translated by Gholam Mohammad Ghare Chamani and Ali Ashrafi, Tehran, University of Arts Publications.
- Basak, D., Pal, S., & Patranabis, D. C. (2007). Support vector regression. Neural Information Processing-Letters and Reviews, 11(10), 203-224.
- https://doi.org/10.1007/978-3-642-36543-0_20
- Belgiu & Drăguț (2016). Random forest in remote sensing: A review of applications and future directions. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 114, 24-31.
- <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0924271616000265>
- Brown, G., Pijanowski, B., & Duh, J. (2000). Modeling the relationships between land use and land cover on private lands in the Upper Midwest USA. Journal of Environmental Management, 59(4), 247-263.
- <https://doi.org/10.1006/jema.2000.0369>
- Burges, C. J. (1998). A Tutorial on Support Vector Machines for Pattern Recognition," Data Min. Knowl. Discov. 22, Vol. 2, No. 2, 121-167, 1998.
- <https://link.springer.com/article/10.1023/A:1009715923555>
- Cui, Xuezhu & Wang, Xuedong. (2015). Urban land use change and its effect on social metabolism: An empirical study in Shanghai China Conventional Correlation Analysis (CCA)" Habitat International, Vol.49. 251-259.
- <https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2015.05.018>
- Haase, D., Seppelt, R. & Haase, A. (2008). Land Use Impacts of Demographic Change - Lessons From Eastern German Urban Regions. In Use of Landscape Sciences for the Assessment of Environmental Security, (329-344). Springer Netherlands.
- <https://link.springer.com/book/10.1007/978-1-4020-6594-1>
- Harvey, D. (1989). The urban experience. Baltimore, MD: Johns Hopkins University Press.
- https://books.google.com/books/about/The_Urban_Experience.html?id=4WHsNbPIZsAc

- Harvey, D. (1985). The geopolitics of capitalism (128-163). Macmillan Education UK.
https://DOI:10.1007/978-1-349-27935-7_6
- Harvey, D. (2006). Spaces of Global Capitalism: Towards a Theory of Uneven Geographical Development. Verso.
https://www.researchgate.net/publication/235673992_Spaces_of_Global_Capitalism
- Holtgrave, A. K., Roder, N., Ackermann, A., Erasmi, S., & Kleinschmit, B. (2020). Comparing Sentinel-1 and-2 data and indices for agricultural land use monitoring. Remote Sensing, 12(18), 2020.
<https://doi.org/10.3390/rs12182919>
- Huang, S., Tang, L., Hupy, J. P., Wang, Y., & Shao, G. (2021). A commentary review on the use of normalized difference vegetation index (NDVI) in the era of popular remote sensing. Journal of Forestry Research, 32(1), 1-6.
<https://link.springer.com/article/10.1007/s11676-020-01155-1>
- Koskinen, J., Leinonen, U., Vollrath, A., Ortmann, A., Lindquist, E., d'Annunzio, R., Pekkarinen, A., Kayhko, N., 2019. Participatory mapping of forest plantations with Open Foris and Google Earth Engine. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 148, 63-74.
<https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2018.12.011>
- Lefebvre, H. (1991). The production of space. Cambridge Massachusets : BlackWell 1991 . Translated by Donald NicholsonSmith. Oxford: Blackwell.
https://www.researchgate.net/publication/385276893_Production_of_Space
- Molotch, H. (2018). The city as a growth machine: Toward a political economy of place 1. In Classic readings in urban planning (180-196). Routledge.
<https://www.taylorfrancis.com/books/edit/10.4324/9781351179522>
- Maxwell, A. E., Warner, T. A., & Fang, F. (2018). Implementation of machine-learning classification in remote sensing: An applied review. International journal of remote sensing, 39(9), 2784-2817., May 2018.
<https://doi:10.1080/01431161.2018.1433343>
- Mountrakis, G., Im, J., & Ogole, C. (2011). Support vector machines in remote sensing: A review. ISPRS journal of photogrammetry and remote sensing, 66(3), 247-259.
<https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2010.11.001>
- Poelmans, L., & Van Rompaey, A. (2010). Complexity and performance of urban expansion models. Computers. Environment and Urban Systems. 34(1), 17-27.
<https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2009.06.001>
- Pontius RG, Cheuk ML (2006) A generalized cross tabulating matrix to compare soft-classified maps at multiple resolution. Int J Geogr Inf Sci 20:1-30 .
<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/13658810500391024>
- Pontius RG, Shusas E, McEachern M. (2004). Detecting important categorical land changes while accounting for persistence. Agric Ecosyst Environ 101:251–268.
<https://doi.org/10.1016/j.agee.2003.09.008>
- Rahnama , M, R (2021). Forecasting land-use changes in Mashhad Metropolitan area using Cellular Automata and Markov chain model for 2016-2030."Sustainable Cities and Society. Volume 64.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2210670720307642>
- Rahnama ,M,R (2021). Simulation of land use land cover change in Melbourne metropolitan area from 2014 to 2030: using multilayer perceptron neural networks and Markov chain model. Australian Planner. Volume 57. 36-49.
<https://doi.org/10.1080/07293682.2021.1920994>
- Scholkopf, B., & Smola, A. J. (2002). Learning with kernels: support vector machines, regularization, optimization, and beyond. MIT press.
<https://doi.org/10.7551/mitpress/4175.001.0001>

- Seto L. C., Woodcock C. E., Song C., Huang X., Lu J. & Kaufmann R. K. (2002). Monitoring land use change in the Pearl river delta using Landsat TM. *International journal of remote sensing*, 23 (10), 989-1003.
<https://www.researchgate.net/publication/228969312>
- Shawe-Taylor, J., & Cristianini, N. (2004). *Kernel methods for pattern analysis*. Cambridge university press.
http://www.pzs.dstu.dp.ua/DataMining/svm/bibl/Kernel_Methods_for_Pattern_Analysis.pdf
- Simwandaa, Matamy, Murayama, Yuji. (2018). Spatiotemporal patterns of urban land use change in the rapidly growing city of Lusaka, Zambia: Implications for sustainable urban development. *Sustainable Cities and Society* 39, 262–274.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2210670717309186>
- Smith, N. (1990). *Uneven Development: Nature, Capital, and the Production of Space*. Blackwell.
https://www.google.com/books/edition/Uneven_Development/5dfKBaNoUbwC?hl=en&gbpv=0
- Smith, N. (1996). *The New Urban Frontier: Gentrification and the Revanchist City*. Routledge.
<https://www.routledge.com/The-New-Urban-Frontier-Gentrification-and-the-Revanchist-City/Smith/p/book/9780415132558>
- Vapnik, V. N. (2000). *The Nature of Statistical Learning Theory*, Nat. Stat. Learn. Theory, 2000.
https://www.google.com/books/edition/The_Nature_of_Statistical_Learning_Theor/EggACAAQBAJ?hl=en&gbpv=0
- Van et al. (2017). Detection and Prediction of Urban Expansion of Hanoi Area (Vietnam) Using SPOT-5 Satellite Imagery and Markov Chain Model, *International Conference on Geo- Spatial Technologies and Earth Resources .Application in Geospatial Technology and Earth Resources*. 119-133.
<https://www.researchgate.net/publication/320255247>
- Yaban, M., Azmi, M. A. S. B., Zakaria, M. Z., & Isa, M. M. (2022). Comparison of support vector machines (SVMs) and maximum likelihood classification (MLC) for Nipa Palm (*Nypa fruticans*) extent in East Coast of Sabah, Malaysia. In *Asian Conference on Remote Sensing (ACRS 2022)* (1-8).
https://acrs-aars.org/proceeding/ACRS2022/ACRS22_4