



Determining critical areas of land use change using remote sensing methods and satellite images (case study of Bandar Abbas city)

Mohammad Ebrahim Afifi¹, Faeze Bamri²

1. Associate Professor, Department of Geography, Larestan Branch, Islamic Azad University, Larestan, Iran. (Corresponding Author).

E: afifi.ebrahim6353@gmail.com

2. M.A of Remote Sensing and Geographical Information System, Larestan Branch, Islamic Azad University, Larestan, Iran.

E: afifi.ebrahim6353@gmail.com

ARTICLE INFO

ABSTRACT

Keywords

Land use
Critical points
Change in use
MLC classification
Bandar Abbas

Over time, land cover and land use patterns of cities and villages undergo fundamental changes and transformations, and human and natural factors cause these changes and transformations. Thus, the present study aims to identify critical points of land use changes in Bandar Abbas city using methods to detect urban land changes such as image subtraction methods, image segmentation (NDVI index), principal component analysis, and maximum similarity classification (MLC) on TM images of 1990 and OLI images of 2020 of Bandar Abbas city. Land use maps have been produced in five categories: cliffs, barren lands, residential areas, urban vegetation, and wetlands. The results of the study show that the use of barren lands in 2020 has decreased compared to 1990, and the largest change in this type of use is to residential areas in the northern and northeastern parts of Bandar Abbas city. Also, parts of the barren lands have been converted into green spaces, so that the green space has changed from 2.9 square kilometers in 1990 to 22.11 square kilometers in 2020. Therefore, the change in use related to barren lands has been negative and in relation to green space has been positive. In the wet lands section, there have been changes in the western part of the pier in Shahid Bamonar Port. Also, the map shows the unstable and critical zones of Bandar Abbas city based on the FANP model, according to which only 4.5 square kilometers of the study area were suitable, while 191.8 square kilometers were in an unsuitable condition.

Article History:

Received:

11 NOV 2024

Received in revised form:

02 JUN 2025

Accepted:

05 JUN 2025

Available online:

19 FEB 2025

Citation: Afifi, M. & Bamri, F. (2025). Determining critical areas of land use change using remote sensing methods and satellite images (case study of Bandar Abbas city). *Journal of Geography*, 22 (83), 45-68.

<http://doi.org/10.22034/iga.2025.2045564.1347>



© The Author (s).

Publisher: Iranian Geographical Association

This is an open access article under the CC BY license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

Extended Abstract

Introduction

Over time, land cover and land use patterns of cities and villages undergo fundamental changes and transformations, and human and natural factors cause these changes and transformations. Thus, the present study aims to identify critical points of land use changes in Bandar Abbas city using methods to detect urban land changes such as image subtraction, image segmentation (NDVI index), principal component analysis, and maximum similarity classification (MLC) on TM images of 1990 and OLI images of 2020 of Bandar Abbas city. Land use maps have been produced in five categories: cliffs, barren lands, residential areas, urban vegetation, and wet lands. The results show that the use of barren lands in 2020 has decreased compared to 1990, and the largest change in this type of use is to residential areas in the northern and northeastern parts of Bandar Abbas city. Also, parts of barren lands have been converted into green spaces, so that green space has changed from 2.9 square kilometers in 1990 to 22.11 square kilometers in 2020. Therefore, the change in use related to barren lands has been negative and related to green space has been positive. In the wet lands section, there have been changes in the western part of the pier in Shahid Bahonar Port.

Methodology

In this study, in order to achieve the objectives of the first stage of the work, the aim is to identify unstable and critical areas in relation to land use change within the city of Bandar Abbas. To achieve this goal, in the first step, land use maps were extracted in the years 1990 and 2020. In the second step, land use for the year 2030 was predicted using the Markov chain model. One of the most important models for predicting the physical expansion of cities is the Cellular Automata-Markov model, which is actually a combination of the cellular automata model and Markov chains in predicting cities, which is most widely used in predicting cities with greater accuracy. This model is tested in several stages using regression methods to have the best outputs in predicting the physical expansion of the city. The satellite images processed in this stage are the most important input data of the model. In the third step, by determining the weight of different land uses in the form of FANP method and using regional data, unstable and critical areas were identified in relation to land use change. Statistical and station data including meteorological, hydrological and demographic statistical data as well as social data collected from related data sources and classified in the form of a data bank. Topographic map of 1/50,000 of the region to extract slope and other information, geological map of 1/100,000 of the region to extract information on faults and rock types, use of remote sensing tools such as satellite images and aerial photographs with a distance from the ground to compare historical changes in urban development. Findings: In the present study, remote sensing techniques and geographic information systems were used to extract land use and vegetation cover of Bandar Abbas city. For this purpose, Landsat TM, ETM, and OLI satellite images of this region were downloaded in three frames in 1990 and 2020, then geographic, radiometric, and atmospheric corrections were performed using the ENVI 5.3 software package. Next, the NDVI index was calculated to detect and identify vegetation cover for the region. Then, using sampling and the maximum likelihood (ML) method and with the help of the NDVI index, remote sensing of satellite images was performed. The classification accuracy of the images was evaluated using systematic random sampling. For this purpose, 300 samples of classified images were collected and then their accuracy was evaluated using aerial photographs, land use and topographic maps, and satellite images for a specific land use type and an error matrix related to each class was formed, and the kappa index and overall accuracy were calculated. The overall accuracy index was calculated by dividing the number of pixels that were correctly classified for each of the aforementioned land use types by the total number of pixels in the sample examined. However, the kappa index calculates the accuracy rate, in contrast to the overall accuracy method, based on all pixels that were correctly and incorrectly classified. Future land use change prediction was performed using the Markov chain model. This model analyzes land use types at different times and produces data, transition matrices, and conditional probability values. The transition matrix represents the number of Pixels that change from one land use type to another in a given time unit. Therefore, the probability of changing from one land use type to another forms the data of the transition matrix. In the Markov chain model, land use change has random processes and different types of land use represent a state (condition) of the chain. Prioritization of

unstable and critical areas was carried out according to the five extracted land use types using the Fuzzy ANP method. For this purpose, questionnaires were initially completed to extract the pairwise comparison matrix of land use types from 30 environmental experts with sufficient knowledge of Bandar Abbas city.

Results and Discussion

The present study aimed to investigate and predict critical points of land use change under urban development on the outskirts of Bandar Abbas using Markov algorithms and remote sensing data. In this regard, the results showed that in all periods considered in the study, man-made land use has an increasing trend and green space use has a decreasing trend. The results also showed that a significant increase in the percentage of changes in water use was observed, which is indicative of intense construction around the sea in the years 1990-2020. Figure 1 shows the map of land use changes between 1990-2020. During this period, changes were made in rocky lands and then clay lands, and the water layer faced the least changes. This map shows the expansion of the city into peri-urban areas throughout the north of the city (from the northeast to the northwest); this could be due to the cheapness of land in the northern areas of the city compared to land near the coast. A notable point in these changes is the significant increase in the percentage of changes in water use, which indicates that construction on wetlands has increased during this period from 1990 to 2020; this could be due to the government's attention to beaches and ports for tourism and coastal trade. The table below shows the changes in each of the land cover classes to built-up land during the period 1990 to 2020. On the other hand, in the northern areas of Bandar Abbas, due to the possibility of city development, these peri-urban areas have been continuously seized during the study period. A point that should be particularly noted is that speculative activities in the land market have caused the growth of the city in the north of the city to progress rapidly.

Conclusion

In a final conclusion, it can be stated that further development of Bandar Abbas city is scattered and it has been spontaneous and has caused extensive land use changes. Constructions carried out around the sea and in areas with good climate have caused the emergence of heterogeneous and inconsistent urban expansion. In most cases, this incoherent process has been so great that it has caused significant changes in relation to changes in agricultural lands, and in general, the urban constructions of Bandar Abbas and the development process of this city have caused urban creep and changes in agricultural land use and the conversion of these lands to consumer and service use. Finally, the results of the research are consistent with the studies of Abbas and his colleagues (2020), Abedi (2012), Feizollah Pour (1403), based on the use of Markov models to simulate urban growth. It is also consistent with the studies of Mostafazadeh et al. (2022), Talebizadeh et al. (1401), based on the reduction of agricultural land and vegetation cover due to land use changes.

Funding

There is no funding support.

Authors' Contribution

All of the authors approved the content of the manuscript and agreed on all aspects of the work.

Conflict of Interest

Authors declared no conflict of interest.

Acknowledgments

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

References

- 1) Akter, R. & Mezbah-ul-Islam, M. (2016). Television as a medium of information for rural development in Bangladesh: A case study of Dinajpur District. In Proceedings of the NEHU Conference (pp 9-11). Shillong, Meghalaya, India: INFLIBNET Centre. https://www.du.ac.bd/faculty/faculty_details/LIS/1221
- 2) Azkia, M. & Eimani, A. (2015). Rural Sustainable Development, Information, Tehran, 2nd edition. [Persian].

- 3) Arkhi, S., Atta, B. & Shahkoei, E. (2022). Evaluation of techniques for vegetation/land use changes using satellite images and GIS, case study: Gorganrood basin. *Physical Development Planning*. 9(2), 41-60. [Persian]. https://psp.journals.pnu.ac.ir/article_9117.html 20.1001.1.26455471.1401.9.2.4.7
- 4) Bagherzadeh, M., Hosseini Mehr, S., Shahmari, R. and Asghari, H. (2021). An Analysis of the National Media's Influence on Rural Development (Case Study: Villages in Roudsar County), *Biannual Journal of the Scientific Publication of Geographic Engineering of the Land*, 5(9), 212-225. [Persian]. https://www.jget.ir/article_131090.html
- 5) Bahadori Amjez, F., Anabestani, A. & Tavakolinia, J. (2022). The Role of Key Components in Forming the Smart Growth Approach for Sustainable Development of Rural Settlements (Case Study: Jiroft County), *Spatial Planning*, 12(2), 91-118. [Persian]. <https://doi.org/10.22108/sppl.2022.132321.1639>
- 6) Bahat, S. (2003). Rural industrialization through small enterprises. Paper presented at the WASME 14th International Conference.
- 7) Daniali, T. (2018). Challenges of Sustainable Development Using Information and Communication Technology (ICT) (Case Study: Villages in Saveh County), *Geography (Scientific Quarterly of the Iranian Geographical Association)*, 16(58), 201-213. [Persian]. https://mag.iga.ir/article_253453.html
- 8) Drastikal, P. (2003). *Participatory Evaluation of Rural Communications: A New Approach to Research and Design of Communications for Development Programs and Strategies* (Translated by Ebrahim Mardani Beladachi), Tehran: Ministry of Jihad-e-Sazandegi. [Persian].
- 9) Estelaaji, A. & Hatefi, A. (2016). The Role of Information and Communication Technology in the Development of Tourism in Ardabil Province, *Geography (Scientific Quarterly of the Iranian Geographical Association)*, 14(50), 193-211. [Persian]. https://mag.iga.ir/article_700864.html
- 10) Eimani, B. & Abdollahi, M. (2021). The Impact of Information and Communication Technology on the Psychological Empowerment of Rural Farmers (Case Study: Villages in the Central District of Kuhdasht County), *Geography (Scientific Quarterly of the Iranian Geographical Association)*, 19(68), 219-231. [Persian]. https://mag.iga.ir/article_245439.html
- 11) Gelb, E. M. (1999). Adoption of IT by farmers—does it reflect the potential benefit? In *Proceedings of the Second European Conference of the European Federation for Information Technology in Agriculture, Food and the Environment* (pp. not specified). Bonn, Germany.
- 12) Gouvea, R., Kapelianis, D. & Kassicieh, S. (2018). Assessing the nexus of sustainability and information & communications technology. *Technological Forecasting and Social Change*, 131(3), 39-44. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2018.01.001>
- 13) Sanjari, Saleh, 2016. Study of the trend of land use changes in Bam region, *Journal of Land Management*, 4(1), pp. 31-21. [Persian]. https://lmj.areeo.ac.ir/article_107014.html 20.1001.1.23456205.1395.4.1.4.
- 14) Sirat, Mohammad Karim, Gomarki, Masoumeh. (2023). Investigating land use changes in Herat city using satellite images between 2015 and 2022. *Iranian Journal of Remote Sensing and GIS*. 1192 [Persian]. https://gisj.sbu.ac.ir/article_104238.html 10.48308/gisj.2024.234087.1192
- 15) Seif al-Dini, Frank, Panahandeh Khah, Musa, (2018). Evolution of theories and perspectives in land use planning with emphasis on sustainable development, *Sepehr Quarterly*, pp. 24-19. [Persian]. https://www.sepehr.org/article_27447.html 20.1001.1.25883860.1387.17.68.4.2
- 16) Taheri, Forouzan, Rahnama, Mohammad Rahim, Kharazmi, Omid Ali, Khakpour, Barat Ali. (2018). Investigating and predicting land use changes using multi-temporal satellite data of 20. Shandiz city (during 2010-2015). *Journal of Geography and Development*, 16(50), 127-142. [Persian]. https://gdij.usb.ac.ir/article_3563.html 10.22111/gdij.2018.3563



تعیین مناطق بحرانی تغییر کاربری اراضی از روشهای سنجش از دور و تصاویر ماهواره ای، مطالعه موردی: شهر بندرعباس

محمدابراهیم عقیفی^۱، فائزه بامری^۲

۱. دانشیار گروه جغرافیا، واحد لارستان، دانشگاه آزاد اسلامی، لارستان، ایران، ایران، (نویسنده مسئول). E: afifi.ebrahim6353@gmail.com
۲. کارشناسی ارشد سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، واحد لارستان، دانشگاه آزاد اسلامی، لارستان، ایران.

اطلاعات مقاله	چکیده
واژگان کلیدی: کاربری اراضی نقاط بحرانی تغییر کاربری طبقه بندی MLC بندرعباس تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۸/۲۱ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۱۰/۱۳ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۰/۱۶ تاریخ چاپ: ۱۴۰۳/۱۲/۰۱	در طول زمان، الگوهای پوشش زمین و کاربری اراضی شهرها و روستاها دستخوش تغییر و دگرگونی های اساسی می شوند و عوامل انسانی و طبیعی باعث این تغییر و تحولات بدین ترتیب تحقیق حاضر با هدف شناسایی نقاط بحرانی تغییرات کاربری اراضی شهر بندرعباس با استفاده از روش های آشکارسازی تغییرات اراضی شهری از قبیل روشهای تفریق تصاویر، تقسیم تصاویر شاخص NDVI آنالیز مؤلفه های اصلی و طبقه بندی حداکثر شباهت MLC بر روی تصاویر TM سال ۱۹۹۰ و OLI سال ۲۰۲۰ شهر بندرعباس انجام شده است. نقشه های کاربری اراضی در پنج طبقه صخره، اراضی بایر، مناطق مسکونی، پوشش گیاهی شهری و اراضی مرطوب تولید شده است. نتایج تحقیق نشان میدهد که کاربری اراضی بایر در سال ۲۰۲۰ نسبت به سال ۱۹۹۰ کمتر شده و بیشترین تغییر این نوع کاربری به مناطق مسکونی در قسمتهای شمالی و شمال شرقی شهر بندرعباس می باشد. همچنین، قسمت هایی از اراضی بایر به فضاهای سبز تبدیل شده است به طوری که فضای سبز از ۲/۹ کیلومتر مربع در سال ۱۹۹۰ به ۲۲/۱۱ کیلومتر مربع در سال ۲۰۲۰ تغییر یافته است. بنابراین تغییر کاربری مربوط به اراضی بایر به صورت منفی و در رابطه با فضای سبز به صورت مثبت بوده است. در بخش اراضی مرطوب، در بندر شهید باهنر تغییراتی در قسمت غربی اسکله به وجود آمده است. همچنین نقشه پهنه های ناپایدار و بحرانی شهر بندرعباس براساس مدل FANP را نشان میدهد که براساس آن، تنها ۵/۴ کیلومترمربع از محدوده مورد مطالعه مناسب بوده و در مقابل ۱۹۱/۸ کیلومترمربع وضعیت نامناسب داشته است.

استناد: عقیفی، محمدابراهیم و بامری، فائزه. (۱۴۰۳). تعیین مناطق بحرانی تغییر کاربری اراضی از روشهای سنجش از دور و تصاویر ماهواره ای، مطالعه موردی: شهر بندرعباس، فصلنامه علمی جغرافیا، (۸۳)، ۲۲، ۶۸-۴۵.

<http://doi.org/10.22034/iga.2025.2045564.1347>



مقدمه و پیشینه

پوشش اراضی شامل انواع بهره برداری از زمین به منظور رفع نیازهای گوناگون انسان است. یکی از پیش شرط های اصلی برای استفاده بهینه از زمین، اطلاع از الگوهای پوشش اراضی و تغییرات آن در طول زمان است (ارخی و همکاران ۱۴۰۱: ۴۴). آگاهی از سهم پوشش های محدوده های زراعی، باغات، مسکونی، زمین های شهری، زمین های بایر و همچنین اطلاع از نسبت تغییرات در طول زمان از ضروریات است (پور جعفر و همکاران، ۱۳۹۰: ۲۰). بررسی تغییرات پوشش اراضی دارای سوابق بسیار طولانی و همزمان با شروع زندگی بشر می باشد. بدین صورت که انسانهای نخستین پس از تشکیل جوامع و مهاجرت به زمین های مختلف که عمدتاً در حوالی رودخانه ها بوده و اقامت در آنها به عنوان مکان هایی برای زندگی، اقدام به تغییر دادن پوشش زمین های بدون کاربری به زمین های مناسب برای کشاورزی و دامداری نمودند (موسوی و همکاران، ۲۰۱۸). فعالیت های انسانی زمین را در مقیاس کره زمین تحت تاثیر قرار داده و همراه با پیشرفت های تکنولوژیک، پیامدهای فعالیت های انسانی هم جلوه بیشتری پیدا کرده است (پورمحمدی، ۱۳۹۵: ۳۲). تمدن بشر استعداد آن را دارد که اقلیم، خاک و آب را به شدت دگرگون کند و حتی بر شانس بقای حیات در این کره اثر بگذارد. تغییر کاربری زمین موجب تغییرات محلی و ناحیه ای در محیط زیست می شود، که تغییرات احتمالی دیگری به وجود می آورد (Abbas, Z. & Jaber, H.S. et al, 2020: 45). تغییر کاربری اراضی منجر به افزایش سطح خاک لخت، تشدید تبخیر و تعرق، ازدیاد ضریب رواناب و در پی آن، کاهش تنوع زیستی می شود که حاصل آن، هدر رفت منابع آب است. بدون شک، تداوم این تغییرات ناخوشایند، تشدید و گسترش جغرافیایی پدیده های بیابان زایی، سیل و ریزگرد که امروزه در ایران با آن سر و کار داریم و روز به روز بر دامنه و شدت آن افزوده می شود خود شاخص گویایی از پیامدهای تغییر کاربری اراضی است (Abedi, M et al, 2012: 75). این مسئله، چالش اصلی پایداری کشاورزی و محیط زیست بوده و در صورت ادامه روند فعلی، بحران های ملموس تری از قبیل نایابی منابع آب، مهاجرت و خسارات هنگفت اقتصادی دور از انتظار نخواهند بود (Al-Abudi, 2016: 95). تغییر کاربری زمین، شامل تبدیل عرصه های جنگلی و مرتعی به زمین های کشاورزی، خشکاندن چمنزارها، تالاب ها و حریم رودخانه ها به اراضی آبی، تغییر کاربری مخروط افکنه ها، کوهستان ها، تخریب سواحل و گسترش غیراصولی و بی برنامه مراکز مسکونی و صنعتی برشمرده. منابع آبی نیز متاثر از تغییر کاربری اراضی است (Al-Azzawi, T.M.F., 2019: 14). در جامعه امروز با بحران جدی تغییرات کاربری اراضی روبه رو هستیم اگر در زمینه فرهنگ عدم تغییر کاربری اقدامی صورت نگیرد، در سال های پیش رو جدی تر نیز خواهد بود. امروزه مسئله تغییر کاربری اراضی در بسیاری از مناطق جهان به ویژه ایران به یک بحران جدی تبدیل شده که این امر بازنگری مجدد در وضعیت و تعیین آمایش سرزمین را به عنوان یک ضرورت می طلبد (Chen, et al, 2015: 20). راه های مختلفی برای پایش و تشخیص تغییرات پوشش زمین جهت تعیین نقاط بحرانی حاصل از این تغییرات در طول زمان وجود دارد. که دو روش مطالعات میدانی و استفاده از داده های سنجش از دور به دلیل پوشش گسترده، قابلیت تکرارپذیری، سهل الوصول بودن داده ها، دقت بالای داده های حاصله و صرفه جویی در هزینه و زمان از ویژگی هایی است که ارجحیت استفاده از این اطلاعات را نسبت به سایر روش ها برای بررسی پوشش گیاهی، پوشش زمین و تغییرات آن فراهم نموده است. امروزه تصاویر حاصله از سنجش از دور به عنوان پرکاربردترین روش در جهت مطالعه پوشش اراضی شناخته شده است. (Cristianini, N. & Shawe-Taylor, J., 2000: 16).

در این پژوهش سعی شده تغییرات پوشش اراضی بایر و پوشش های طبیعی و انسان ساخت مورد بررسی قرار گرفته و براین اساس نقاط بحرانی حاصل از این تغییرات در شهر بندرعباس تعیین گردد. هدف از این پژوهش:

- تعیین نقاط بحرانی تغییر کاربری اراضی محدوده مورد مطالعه برای توسعه آبی شهری،
- امکان سنجی و پهنه بندی توسعه شهری بندرعباس برای دهه های آتی باتوجه به تغییرات کاربری اراضی
- شناسایی انواع کاربری و پوشش اراضی در شرایط فعلی و گذشته می باشد،
- شناخت مقدار تغییرات پوشش زمین و کاربری اراضی در بخشهای مختلف شهر بندرعباس سوالات تحقیق عبارتند از:
- تغییرات مکانی کاربری اراضی شهر بندرعباس در بخشهای مختلف، به چه میزان است؟
- بیشترین نقاط بحرانی تغییر کاربری اراضی در کدام ناحیه شهر بندرعباس صورت گرفته است؟
- داده های سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی چه تاثیری در تعیین مناطق بحرانی تغییر کاربری اراضی شهر بندرعباس دارد؟

لطفعلی زاده لاهرودی (۱۴۰۲) به بررسی روند تغییرات کاربری اراضی با استفاده از تصاویر ماهواره ای لندست پرداخته است. در تحقیق حاضر تغییرات کاربری اراضی حوضه آبریز شهرچای ارومیه از طریق تصاویر ماهواره ای لندست سنجنده های TM و OLI-TIRS برای سال های ۱۹۹۵، ۲۰۰۵ و ۲۰۲۱ مورد بررسی قرار گرفت. به منظور تهیه نقشه های کاربری اراضی منطقه از روش طبقه بندی نظارت شده و الگوریتم حداکثر احتمال در نرم افزار ENVI استفاده گردید. نتایج بررسی تغییرات کاربری اراضی نشان داد که در طول دوره آماری مورد مطالعه کاربری های اراضی کشاورزی و باغات، مناطق مسکونی و مناطق آبی روند افزایشی داشته اند و در هر دوره بر مساحت آن ها افزوده شده است. در مقابل مساحت اراضی بایر و مراتع روند کاهشی را نشان می دهند. به طوری که مساحت اراضی کشاورزی و باغات و مناطق مسکونی در سال ۱۹۹۵ به ترتیب ۱۸۸۰۲/۷۳ و ۲۷۸۴/۵۶ هکتار بوده است که این میزان در سال ۲۰۲۱ به ۱۹۷۳۸/۸۱ و ۵۷۳۵/۶۱ هکتار رسیده است. سیرت و گمرکی (۱۴۰۲) به بررسی تغییرات کاربری اراضی شهر هرات با استفاده از تصاویر ماهواره ای بین سال های ۲۰۱۵ الی ۲۰۲۲ پرداخته اند (Ding, J et al, 2018:20). هدف از این پژوهش بررسی روند تغییرات کاربری اراضی شهر هرات با استفاده از تصاویر ماهواره ای لندست ۸ سنجنده OLI بین سال های ۲۰۱۵ الی ۲۰۲۲ است. پس از تصحیح هندسی، رادیومتریک و اتمسفریک در این تصاویر ماهواره ای چهار کلاس؛ کاربری اراضی خاکی، گیاهی، مناطق مسکونی و آبی در منطقه مورد مطالعه شناسایی شد. برای طبقه بندی تصاویر ماهواره ای از دو روش حداکثر احتمال و شبکه عصبی مصنوعی جهت شناسایی تغییرات کاربری اراضی استفاده شده است. به صورت کلی طبقه بندی تصاویر مورد استفاده با روش حداکثر احتمال به نتایج بهتری دست پیدا کرده است. نتایج نشان دهنده آن است که در منطقه مورد مطالعه توسعه شهری رخ داده است و مناطق مسکونی و پوشش گیاهی با توسعه شهری افزایش و سطح اراضی آبی و خاکی کاهش یافته است که پیشنهاد می شود این توسعه با مدیریت بهتر منابع آبی به پیش رود (Chen, et al, 2015).

به شناسایی تغییرات پوشش زمین کاربری (LULC) با استفاده از سنجش از دور و رویکرد GIS مطالعه موردی در بنگلادش پرداخته اند. LULC برای بررسی الگوهای کاربری زمین و کمک به پیش بینی مدیریت پایدار زمین در آینده حیاتی است. منطقه مورد مطالعه یک منطقه تازه در حال ظهور و به سرعت صنعتی در میمنسینگ، بنگلادش است، که در آن فرآیند شهرنشینی نیز باعث تقویت و تغییر کاربری های چشم انداز شده است. این تغییر طی دو دهه گذشته در پنج کلاس با استفاده از تصاویر Landsat 7 و ۸ در Arc GIS 10.8 شناسایی شده است. دقت کلی ۲.۸۷ درصد برای سال ۲۰۰۲ و ۸۹.۶ درصد برای سال ۲۰۲۲ بود. منطقه ساخته شده با مهم ترین تغییرات مواجه شد، افزایش ۲۱۷.۱ درصد (۶.۵۶ کیلومتر مربع) توسط فرآیند شهرنشینی و صنعتی شدن که تأثیر قابل توجهی دارد.

El-Asmar et al, 2013 (۲۰۱۳) به بررسی تغییر پوشش زمین و کاربری زمین موثر بر اکوسیستم های جنگلی و نیمه طبیعی در منطقه شهری استانبول (ترکیه) بین سال های ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۸ پرداخته اند. برای این منظور با استفاده از

مجموعه داده های پوشش زمین کورین (۱۹۹۰، ۲۰۰۰، ۲۰۰۶، ۲۰۱۲ و ۲۰۱۸)، پوشش اراضی منطقه در ۵ کلاس مختلف (سطح مصنوعی، کشاورزی، جنگل، آب، آب) تعیین شد. تولید شد و داده های جدولی ایجاد شد. تغییرات LC/LU بین سال های ۱۹۹۰ و ۲۰۱۸ با توجه به نرخ تغییر پوشش زمین Puyravaud و روش های تحلیل نقطه داغ تعیین شد. طبق یافته های ما، ما تعیین کردیم که شهرنشینی در استانبول بیشترین گسترش را در جهت شرق به غرب داشته است و مناطق کشاورزی و جنگلی به تدریج به ترتیب ۳،۰۲٪ و ۶،۶۶٪ کاهش یافته اند. مناطق شهری با همان نرخ ۹،۶۹ درصد افزایش یافته است. پیش بینی می شود که این تغییر تا سال ۲۰۳۰ که روش پیش بینی در میدان اعمال شود، افزایشی ادامه خواهد داشت. مشخص شده است که مهم ترین دلایل این وضعیت، سیاست های دولت محلی، رشد جمعیت و ابتکارات توسعه اقتصادی اعمال شده در منطقه است. در نتیجه، مشخص شده است که اقداماتی باید بر اساس رویکردهای پایداری و طبیعی بودن برای طراحی طرح های توسعه شهری و حفاظت از مناطق طبیعی در مقیاس وسیع انجام شود تا تبدیل احتمالی LC/LU از ساختار طبیعی به شهرنشینی در منطقه محدود شود (El-Asmar et al, 2013:20).

روش تحقیق

در این پژوهش جهت تحقق اهداف مرحله اول از کار، شناسایی مناطق ناپایدار و بحرانی در رابطه با تغییر کاربری در محدوده ی شهر بندرعباس می باشد. جهت نیل به این هدف در گام نخست، نقشه های کاربری زمین در سالهای ۱۹۹۰ و ۲۰۲۰ استخراج شده است. در گام دوم با بکارگیری مدل زنجیره مارکف، کاربری زمین برای سال ۲۰۳۰، پیش بینی شد. از مهمترین مدل های پیش بینی گسترش فیزیکی شهرها، مدل Cellular Automata-Marcov می باشد که در واقع، ترکیبی از مدل سلول های خودکار و زنجیره های مارکوف در پیش بینی شهرها می باشد که بیشترین کاربرد در پیش بینی شهرها با دقت بیشتر می باشید این مدل در چندین مرحله با استفاده از روش های رگرسیون دقت سنجی می گردد تا بهترین خروجی ها در پیش بینی گسترش فیزیکی شهر را داشته باشد. تصاویر ماهواره ای پردازش شده در این مرحله، مهمترین داده های ورودی مدل می باشد. در گام سوم نیز با تعیین وزن کاربریهای مختلف در قالب روش FANP و استفاده از داده های منطقه، مناطق ناپایدار و بحرانی در رابطه با تغییر کاربری مشخص شد. (سنجری، ۱۳۹۵: ۱۹)

روش گردآوری اطلاعات

داده ای آماری و ایستگاهی شامل داده های هواشناسی، هیدرولوژی و داده های آماری جمعیتی و دموگرافیکی و نیز داده های اجتماعی جمع آوری شده از منابع داده ای مربوط به خود و طبقه بندی در قالب بانک داده ها.

ابزار گردآوری اطلاعات

❖ نقشه توپوگرافی ۱/۵۰۰۰۰ منطقه جهت استخراج شیب و سایر اطلاعات

❖ نقشه زمین شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ منطقه جهت استخراج اطلاعات گسل ها و جنس سنگ ها

استفاده از ابزار های سنجش از دور مانند تصاویر ماهواره ای و عکس های هوایی با فاصله از زمین مقایسه تاریخی تغییرات انجام گرفته در توسعه شهری از گذشته تا کنون

محدوده مورد مطالعه

شهر بندرعباس یکی از نقاط شهری پنجگانه شهرستان بندرعباس و مرکز استان هرمزگان، با وسعتی حدود ۱۳۰۰۰ هکتار در شمال تنگه هرمز و در قسمت جنوبی شهرستان در موقعیت ۲۷ درجه و ۱۰ دقیقه طول شرقی و ۵۴ درجه و ۳۰ دقیقه عرض شمالی واقع شده است. جهت عمومی شیب منطقه شمالی - جنوبی و حداقل ارتفاع از سطح آب های آزاد مبنای صفر در ساحل جنوبی حداکثر ۲۲۰۰ متر از سطح دریا در ارتفاعات کوه گنو می باشد. شهر بندرعباس مرکز استان هرمزگان در منتهی الیه جنوب ایران در ۲۶ درجه و ۵۸ دقیقه عرض شمالی و ۵۵ درجه و ۸۸ دقیقه طول شرقی از نصف النهار گرینویچ واقع شده است. محدوده شهر براساس طرح جامع در حدود ۵۳۲۳/۵ هکتار مساحت دارد. این شهر مرکز بخش مرکزی از شهرستان بندرعباس بوده که از شمال با بخش فین، از شرق با بخش قلعه قاضی و تخت و از غرب با شهرستان بندرخمیر همسایه بوده و جنوب آن را آب های گرم خلیج فارس دربر گرفته است. ارتفاع متوسط شهر در حدود ۲۰ متر از سطح دریا می باشد. از جمله عوامل موثر بر محیط، آب و هوا می باشد که نه تنها بر زندگی انسان بلکه در محیط زندگی و از جمله پوشش گیاهی آن شدیداً تأثیر می گذارد.

روزهای سال در بندرعباس، هوا آفتابی می باشد و تقریباً یک سوم سال هوا آرام و با وزش باد ملایم همراه می باشد و جهت غالب آن از سوی جنوب می باشد که به خاطر وجود دریا و تولید بادهای دریا - خشکی است. تقریباً در شش ماه از سال چه در شب و چه در روز درجه حرارت گرمتر از حد آسایش می باشد و در نتیجه استفاده بهینه از جریان هوا و ایجاد سایه های عمیق و جلوگیری از تبادلات سریع دمایی و هم چنین ایجاد محیطی با پوشش گیاهی مناسب در توسعه آتی شهر باید مورد نظر قرار گیرد.

منطقه مورد بررسی به علت قرار گرفتن در منطقه پرفشار جنب حاره ای دارای آب و هوای بیابانی ساحلی می باشد که از ویژگی های آن می توان به بارندگی بسیار کم سالیانه، روزهای بارانی محدود، بالا بودن درجه حرارت و نوسان کم درجه حرارت در طول سال، بالا بودن رطوبت هوا، بالا بودن ساعت آفتابی، و جریان آرام هوا را نام برد. حداکثر مطلق دما ۵۱ و حداقل مطلق ۲ درجه سانتی گراد و متوسط درجه حرارت سالیانه ۲۶ درجه سانتی گراد می باشد. میانگین بارندگی بر اساس آمار ۳۰ ساله (۱۳۷۱-۱۴۰۱) ایستگاه سینوپتیک بندرعباس ۱۸۵ میلیمتر می باشد که به علت بارش های سیل آسا و نبودن پوشش گیاهی مناسب بعضاً به ایجاد سیل در منطقه می انجامد. حداقل متوسط رطوبت نسبی ۴۹ و حداکثر آن ۸۲ درصد که با توجه به درجه حرارت بالا باعث ایجاد پدیده شرجی در منطقه می گردد و حدود ۶ ماه سال از منطقه تحت پدیده شرجی قرار دارد. (شکل ۱) موقعیت جغرافیایی محدوده مورد مطالعه را نمایش می دهد.



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی شهر بندرعباس
منبع: (ترسیم از نگارندگان، ۱۴۰۳)

بحث و یافته‌ها

استخراج نقشه های کاربری زمین:

در مطالعه حاضر از تکنیکهای سنجش از راه دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی برای استخراج کاربری زمین و پوشش گیاهی شهر بندرعباس بهره گرفته شد. برای این منظور، تصاویر ماهواره ای لندست TM، ETM و OLI از این منطقه در سال های ۱۹۹۰ و ۲۰۲۰ و در سه فریم دانلود شد سپس با استفاده از بسته نرم افزار ENVI 5.3، تصحیح جغرافیایی، رادیومتریک و اتمسفری صورت گرفت. در ادامه شاخص NDVI جهت تشخیص و شناسایی پوشش گیاهی برای سطح منطقه محاسبه گردید. سپس با استفاده از نمونه برداری و روش حداکثر راستنمایی (ML) و با کمک شاخص NDVI، سنجش از راه دور تصاویر ماهواره ای انجام گرفت. دقت طبقه بندی تصاویر با استفاده از نمونه گیری سیستماتیک تصادفی ارزیابی شد. برای این منظور، ۳۰۰ نمونه از تصاویر طبقه بندی جمع آوری و سپس دقت آنها با استفاده از عکسهای هوایی، نقشه های کاربری و توپوگرافی و تصاویر ماهواره ای برای نوع کاربری مشخص و ماتریس خطای مربوط به هر طبقه تشکیل و شاخص کاپا و دقت کلی محاسبه شد. شاخص دقت کلی از تقسیم تعداد پیکسلهایی که برای هر یک از انواع کاربری های مذکور به درستی طبقه بندی شده اند به تمامی تعداد پیکسلهای نمونه بررسی شده، محاسبه گردید. حال آنکه، شاخص کاپا میزان دقت را بر عکس روش دقت کلی بر اساس تمامی پیکسلهایی که درست و غلط طبقه بندی شده اند محاسبه می نماید (Mostafazadeh, et al, 2022: 29).

پیش بینی کاربری زمین با استفاده از مدل زنجیره مارکوف:

پیش بینی آینده تغییر کاربری زمین با استفاده از مدل زنجیره مارکوف صورت گرفت. این مدل انواع کاربری زمین در زمانهای مختلف را تحلیل و داده ها، ماتریسهای انتقال و همچنین مقادیر احتمال شرطی را تولید میکند. ماتریس انتقال بیانگر تعداد پیکسلهایی است که از یک نوع کاربری به نوع دیگر در یک واحد زمانی مشخص تغییر می یابد. بنابراین، میزان احتمال تغییر از یک نوع به نوع دیگر کاربری زمین، داده های ماتریس انتقال را تشکیل میدهند. در مدل زنجیره مارکوف، تغییر در کاربری زمین دارای فرایندهای تصادفی است و انواع مختلف کاربری زمین بیان کننده ی یک حالت (وضعیت) از زنجیره می باشند.

تعیین اولویت نهایی مناطق ناپایدار و بحرانی با توجه به تغییرات کاربری زمین

اولویت بندی مناطق ناپایدار و بحرانی با توجه به پنج نوع کاربری زمین استخراج شده، با استفاده از روش Fuzzy ANP صورت گرفت. برای این منظور، در ابتدا پرسشنامه هایی جهت استخراج ماتریس مقایسه زوجی انواع کاربری زمین از ۳۰ کارشناس زیست محیطی با شناخت کافی نسبت به شهر بندرعباس تکمیل شد. بدین صورت که مقایسه اهمیت میان طبقات کاربری زمین به صورت زوجی پرسیده شد و کارشناسان پاسخهای کلامی مختلف را انتخاب کردند و سپس با توجه به یک تناظر، عبارات کلامی به اعداد فازی مثلثی تبدیل شد. در ادامه تمامی داده های کاربری زمین نرمال سازی شد تا اثرات هر عامل دقیق نشان داده شود. در پایان اولویت هر منطقه تخمین زده شد (Li, 2013: 85).

روش های پردازش تصاویر ماهواره ای:

اولین گام در پردازش تصاویر مذکور، ترکیب رنگی باندهای تصاویر ماهواره ای می باشد. ترکیب رنگی تصاویر ماهواره ای به منظور تحلیل بصری تصاویر انجام می پذیرد در واقع ترکیب رنگی تصاویر ماهواره ای، قابلیت شناخت عوارض و پدیده های زمینی را برای چشم انسان بوجود می آورد از طرفی برای انتخاب باندهای مناسب برای طبقه بندی و همچنین برداشت نمونه های آموزشی، بایستی از ویژگی های طیفی عوارض زمینی در باندهای مختلف مطلع بود تا در برداشت نمونه های آموزشی بیشترین دقت حاصل شود. با توجه به اینکه ترکیبهای رنگی تصاویر TM&ETM+ هر کدام در آشکارسازی پدیده های مختلف توانایی دارند بهترین ترکیب رنگی باندهای Landsat8 ترکیب باندهای ۴-۶-۷ می باشد که ترکیب منتخب در این پژوهش می باشد. بعد از ترکیب تصاویر، طبقه بندی تصاویر مدنظر است.

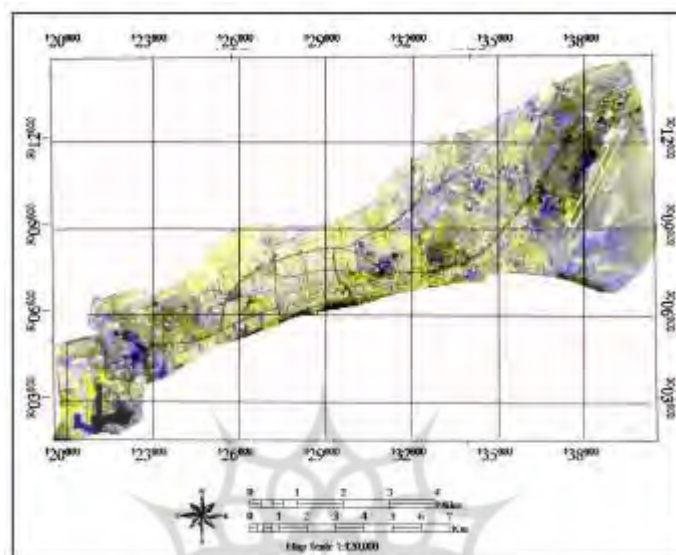
با توجه به میزان دقت بالا در روش طبقه بندی نظارت شده، از این روش برای طبقه بندی تصاویر استفاده میشود. در این روش، ابتدا اقدام به برداشت نمونه های آموزشی شده است. پس از جمع آوری نمونه ها، باید الگوریتمی جهت تعمیم نمونه های آموزشی انتخاب گردد. در این پژوهش از الگوریتم ترکیبی فازی و نظریه تشدید انطباقی برای طبقه بندی تصاویر ماهواره ای استفاده شده است. بعد از انتخاب الگوریتم طبقه بندی، به انتخاب نمونه های آموزشی از هفت طبقه پرداخته می شود. هفت طبقه در نظر گرفته شده برای نقشه های کاربری اراضی عبارتند از: کاربری اراضی ساخته شده، اراضی مرطوب، آب، خاک، سنگ و پوشش گیاهی. معمولاً در هر طبقه بندی، هر چند در کلیه مراحل دقت کافی صورت گرفته باشد، تعدادی از پیکسلها به هیچ یک از گروه ها تعلق نگرفته و به صورت ناشناخته باقی می ماند. یکی از مواردی که تا حدود زیادی، اشکالات تصاویر طبقه بندی شده را برطرف میکند، اجرای فیلتر مد بر روی تصویر است. با اعمال فیلتر عبور پایین مد، مقادیر فراوان کلاسهای طبقه بندی شده، انتخاب و به ارزشهای کوچک و پراکنده ی تصاویر طبقه بندی شده نسبت داده می شود و بدین ترتیب پیکسلهای طبقه بندی نشده و مجزا رفع شده و به کلاسهای اطراف تعلق میگیرند. برای ارزیابی دقت نقشه های طبقه بندی شده، از عکس های هوایی منطقه استفاده شده است. پس از طبقه بندی تصاویر ماهواره ای در کلاس های ذکر شده، به استخراج قسمت های ساخته شده شهر در بازه های زمانی ۱۹۹۰ و ۲۰۲۰ پرداخته می شود. مرحله مذکور در نرم افزار Terrset انجام می گیرد (سیف الدینی و پناهنده خواه، ۱۳۹۷: ۱۷).

-آشکارسازی تغییرات

- ترکیب رنگی کاذب

در روش ترکیب رنگی کاذب میتوان سه باند مختلف را در فضای RGB ترکیب نمود که در این صورت تصویر حاصل به شکل رنگی میباشد و پدیده های مختلف به رنگهای متفاوتی نمایان میشوند که شناسایی و تفکیک آنها آسانتر میشود. در تولید تصاویر ترکیب رنگی کاذب (FCC) از یک تصویر معمولاً هر یک از باندها به یکی از سه رنگ اصلی آبی، سبز و قرمز

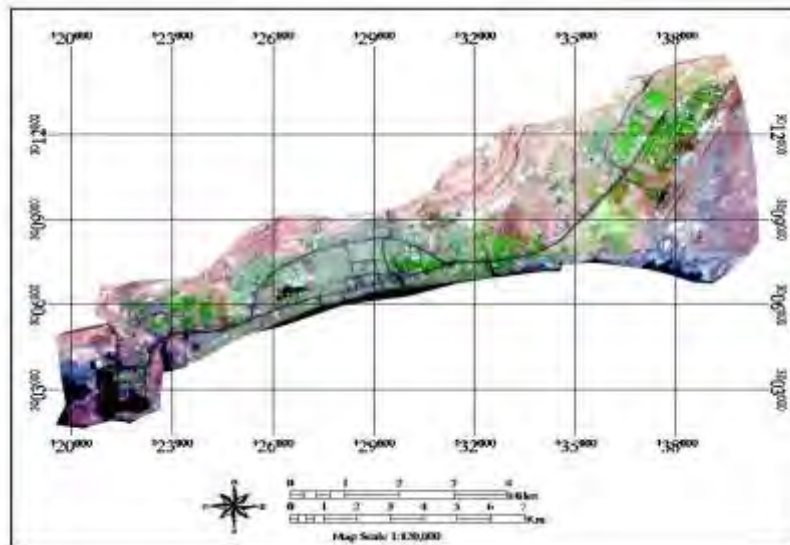
اختصاص می یابند که از تصویر حاصله که در حقیقت تصویر رنگی مجازی است میتوان در تفسیر بصری استفاده کرد. برای تفسیر چشمی تغییرات در این تحقیق از این تکنیک استفاده شد (Talebi Khiavi, 2022:50). در تصاویر مورد مطالعه باند دوم از تصویر سال ۱۹۹۰ به عنوان رنگ آبی و باند دوم از تصویر سال ۲۰۲۰ به عنوان لایه های سبز و قرمز برای تهیه تصویر رنگی کاذب مورد استفاده قرار گرفتند. در این تصویر رنگهای زرد و آبی نشان دهنده تغییرات هستند تصاویر ۱۰ ترکیب رنگی کاذب می باشد که در این تصویر مناطق تغییر از اراضی بایر و مناطق مسکونی قابل مشاهده است. این روش یک دید کلی نسبت به تغییرات می دهد.



شکل ۲. تغییرات شهر بندرعباس به رنگ زرد و آبی در فاصله زمانی ۳۰ سال (۱۹۹۰-۲۰۲۰)
منبع: (ترسیم از نگارندگان، ۱۴۰۳)

تفریق تصاویر

بعد از انجام تصحیحات هندسی و رادیومتریکی تفریق تصاویر انجام شد. در تفریق تصاویر هریک از باندها به صورت متناظر از هم کم میشود و میتوان از آن برای مشاهده شمای کلی تغییرات در هر باند استفاده کرد. از این روش بیشتر برای تشخیص مقدار گسترش فیزیکی شهر در دو دوره ی متفاوت، تشخیص مناطق آتش سوزی، تشخیص سیل، تعیین مقدار آلودگی شهرها و افزایش یا کاهش محصولات گیاهی استفاده میشود. در تصاویر چندزمانه چنانچه پدیده هایی در دوره ی اول وجود داشته باشد که در دوره ی بعد دچار تغییر شده باشد، متناسب با آن رنگ و انعکاس پدیده نیز تغییر میکند که این حالت نشان از تغییرات در طی دو دوره مورد نظر دارد. در صورتی که پدیده ها در دو دوره ی تصویر تغییر نکرده باشند، دارای بازتاب و درجات روشنایی یکسانی خواهند بود. اما اثر عواملی نظیر تاریخ تهیه تصویر، زاویه تابش خورشید در موقع تصویربرداری، سایه و اثرات جوی که هر کدام در مقادیر بازتاب تأثیر خواهند گذاشت را نباید نادیده گرفت که این امر دقت طبقه بندی را کاهش میدهد. بنابراین توجه به تمام پارامترهای مذکور لازم است. این روش اطلاعاتی در مورد ماهیت تغییرات در اختیار قرار نمیدهد و تنها دیدی وسیع از تغییرات موجود در منطقه مورد مطالعه را ارائه میدهد. (طاهری و همکاران، ۱۳۹۷:۴۰) در تصاویر تفریقی مناطق با تغییرات زیاد به رنگ روشن و مناطق با تغییرات کم به رنگ تیره نمایش داده میشود. در تحقیق حاضر تفریق باندهای متناظر از دو سنجنده TM و OLI انجام شد که تفریق باندهای آبی، سبز و قرمز را نشان میدهد. همانطور که در شکل دیده میشود، در تفریق باند آبی تغییرات زمینهای بایر به مناطق مسکونی به وضوح مشخص است. (فیض اله پور، ۱۴۰۳).



شکل ۳. تفریق باندهای آبی، سبز و قرمز مربوط به سنجنده OLI از باندهای آبی، سبز و قرمز سنجنده TM
منبع: (ترسیم از نگارندگان، ۱۴۰۳)

تقسیم تصاویر

شاخص پوشش گیاهی NDVI

شاخص پوشش گیاهی برای آشکار نمودن مناطقی که ارزشهای مختلف طیفی دارند مؤثر است. جهت تهیه نقشه تغییرات پوشش گیاهی منطقه مورد مطالعه از شاخص پوشش گیاهی استفاده شده است که محاسبه این شاخص در تصاویر TM و

OLI به شرح زیر

انجام گرفته است.

(رابطه ۱)

TM=

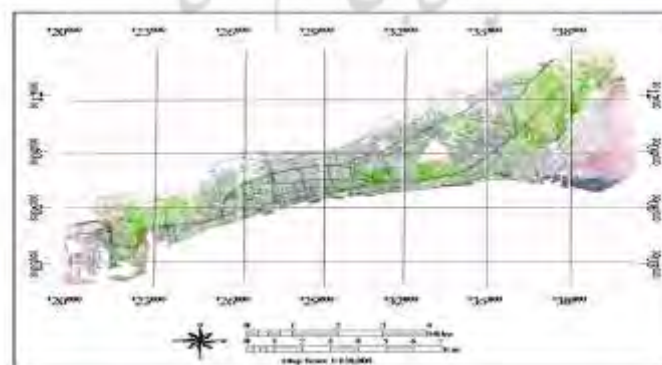
$$(4-3)/(4+3)$$

NDVI

(رابطه ۲)

$$OLI = (5-4)/(5+4) \text{ NDVI}$$

برای بازیابی تغییرات مربوط به پوشش گیاهی NDVI سال ۱۹۹۰ از NDVI سال ۲۰۲۰ تفریق گردید که در تصویر تفریقی، مناطق با تغییرات زیاد به رنگ روشن و مناطق بدون تغییر به رنگ تیره مشخص می باشند.

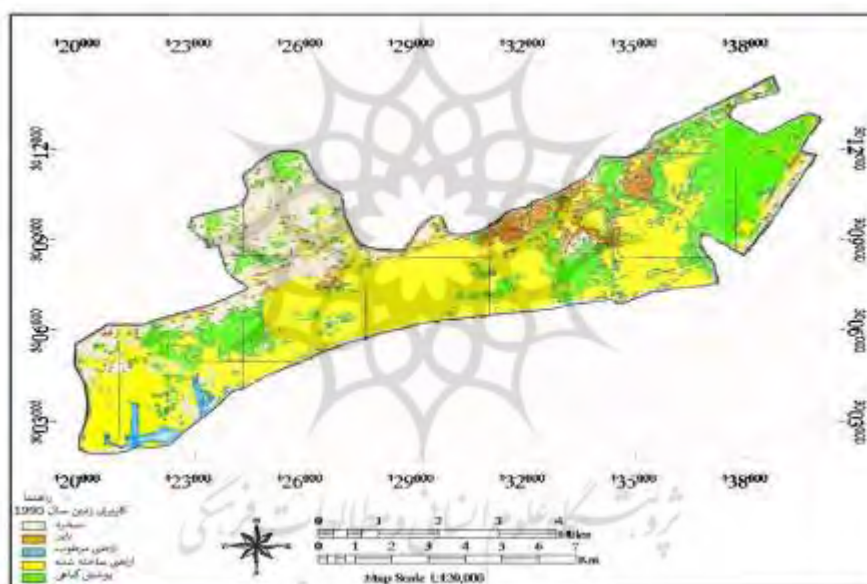


شکل ۴. تصویر تفریق NDVI سال ۲۰۲۰ از NDVI سال ۱۹۹۰

منبع: (ترسیم از نگارندگان، ۱۴۰۳)

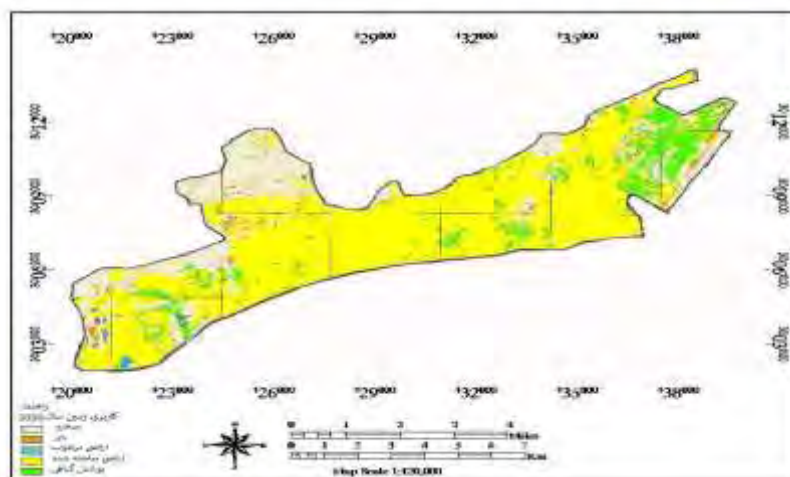
طبقه بندی تصاویر

به منظور بررسی تغییر کاربری در منطقه مورد مطالعه هر یک از تصاویر، به طور جداگانه طبقه بندی گردید. بنابراین با کمک گرفتن از عکسهای هوایی و نقشه های موضوعی دیگر و نیز بازدید زمینی و با توجه به محدودیتهای موجود هر یک از تصاویر به چهار طبقه از قبیل اراضی بایر، مناطق مسکونی، پوشش گیاهی شهری و اراضی مرطوب تقسیم گردید. بعد از اینکه مناطق آموزشی بر روی دو تصویر انتخاب شدند مرحله بعدی انتخاب روش طبقه بندی بود که در این مرحله از روش طبقه بندی حداکثر احتمال استفاده شد. این طبقه بندی بدین دلیل انتخاب شد که از قوانین احتمالات جهت طبقه بندی استفاده میکند و از روشهای دقیق نسبت به سایر روشهای طبقه بندی میباشد و پیکسلهایی که دارای میزان احتمال کمتری میباشد جزء کلاسه های ناشناخته محسوب میشوند. همچنین برای از بین بردن ارزشهای کوچک و پراکنده که غالباً در اثر نویز و خطاهای طبقه بندی به وجود می آیند از فیلتر مد ۵×۵ برای تصاویر طبقه بندی استفاده شد (Wang, Z. Y., Lee, J. H., & Melching, C. S. (2014):25). شکلها به ترتیب نتایج طبقه بندی تصاویر ۱۹۹۰ TM و ۲۰۲۰ OLI را نشان میدهد. برای ارزیابی و بررسی تغییرات کاربری در منطقه از روش مقایسه طبقه بندیها استفاده شده است که در این روش تصاویر طبقه بندی شده سال ۱۹۹۰ و ۲۰۲۰ با یکدیگر مورد مقایسه قرار گرفته است.



شکل ۵. تصویر نقشه طبقه بندی پوشش اراضی شهر بندرعباس مربوط به سال ۱۹۹۰
منبع: (ترسیم از نگارندگان، ۱۴۰۳)

در سال ۱۹۹۰ میلادی، بیشترین سطح مربوط به مناطق صخره های و سنگلاخی با مساحت ۱۵۳۷۵ هکتار از پوشش منطقه مورد مطالعه بوده است، در رتبه بعد آب با مساحت ۱۳۳۶۴ هکتار میباشد. مناطق ساخته شده در رتبه سوم با ۵۰۴ هکتار، پوشش گیاهی در رتبه بعدی و ۴۷۰ هکتار از کل منطقه را به خود اختصاص میدهد. همچنین اراضی مرطوب کمترین میزان پوشش را به خود اختصاص داده اند. در این نقشه و با توجه محدود شهر، فضاهای پیراشهری غالباً در شمال شهر به صورت لکه های منفرد در شمال شهر دیده میشوند که پتانسیل اتصال به بدنه اصلی شهر را در آینده دارند.



شکل ۶. تصویر نقشه طبقه بندی پوشش اراضی شهر بندرعباس مربوط به سال ۲۰۲۰
منبع: (ترسیم از نگارندگان، ۱۴۰۳)

همانطور که در شکل ملاحظه می‌گردد در سال ۲۰۲۰ میلادی، مناطق ساخته شده با ۷۹۷۶ هکتار، نسبت به دوره پیشین روند افزایشی داشته است. به طور کلی روند تغییرات نشان دهنده کاهش قابل توجه اراضی پوشش گیاهی در منطقه و افزایش اراضی ساخته در طول زمان مورد نظر می‌باشد. با مقایسه این نقشه با نقشه های چند دوره قبل متوجه می‌شویم که رشد شهر به شدت در ناحیه پیراشهری شمال غرب و شمال شهر بندرعباس روند رو به گسترشی داشته است. در ادامه نیز، مساحت پوشش اراضی از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۰ بیان شده است. مطابق این جدول سطوح ساخته شده، آب و سنگلاخی به طور مستمر افزایش یافته اند و سطوح دارای پوشش گیاهی و اراضی مرطوب کاهش پیدا کرده اند (سنجری، ۱۳۹۵: ۱۲) نکته جالب و حائز اهمیت، افزایش پوشش خاک است افزایش زیادی یافته است و دلیل آن می‌تواند آماده سازی زمین برای ساخت و ساز در پیرامون شهر در آینده باشد. از دیگر نکات دیگر مطابق (جدول ۱) کاهش منظم پوشش گیاهی و اراضی مرطوب/ ساحلی و جایگزینی آن با کاربری شهری دانست.

جدول ۱. مساحت پوشش اراضی از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۰

کاربری اراضی	مساحت بر حسب % سال ۱۹۹۰	مساحت بر حسب % سال ۲۰۲۰
صخره	۳۲/۶۲	۳۶/۴۳
بایر	۱۰/۴۴	۸/۲۷
مرطوب	۵/۱۱	۰/۹۸
ساخته شده	۱۲/۴۸	۱۸/۰۳
پوشش گیاهی	۱۰	۴/۵۱

منبع: (یافته های تحقیق)



شکل ۷. تغییرات هر یک از طبقات پوشش زمین در بازه زمانی ۱۹۹۰-۲۰۲۰
منبع: (ترسیم از نگارندگان، ۱۴۰۳)

(شکل ۴-۶) نقشه تغییرات کاربری اراضی بین سالهای ۱۹۹۰-۲۰۲۰ را نشان میدهد. در این دوره تغییرات در زمینهای سنگلاخی و سپس زمینهای خاکی ایجاد شده، و کمترین تغییرات را طبقه آب مواجه بوده است. این نقشه نشان از گسترش شهر به مناطق پیراشهری در سراسر شمال شهر (از شمال شرق تا شمال غرب) می دهد؛ این مسئله می تواند به خاطر ارزان بودن زمین در مناطق شمال شهر به نسبت زمینهای نزدیک به ساحل باشد (سیرت و همکاران، ۱۴۰۲: ۱۷). نکته قابل توجه در این تغییرات افزایش درصد قابلیت توجه تغییرات در کاربری آب میباشد که نشان دهنده این است که در این دوره از سال ۱۹۹۰ تا سال ۲۰۲۰ ساخت و ساز در زمین های مرطوب افزایش یافته است؛ این مسئله میتواند نشأت گرفته از توجه دولت به سواحل و بندرگاه ها برای گردشگری و تجارت ساحلی باشد. در ادامه نیز، جدول تغییرات هر یک از طبقات پوشش زمین به اراضی ساخته شده در بازه زمانی ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۰ را نشان میدهد. مطابق این جدول بیشترین تغییرات تبدیل به اراضی سنگلاخی و کمترین تغییرات مربوط به زمینهای مرطوب بود. نکته جالب در خصوص سال ۲۰۲۰ (که بیشترین رشد شهری) این است که در این دوره بیشترین نرخ تبدیل به خاک رخ داده است و بیانگر آماده شدن زمین برای ساخت و ساز آبی است. دومین موردی که در این خصوص میتوان بیان کرد؛ این نکته است که: دلیل اول و مهمتر می تواند در تخریب بافت قدیمی شهر برای نوسازی (در این زمان کاربری به شکل خاک است و افزایش کاربری خاک نیز می تواند گواه بر این مسئله باشد)؛ دلیل دوم و کم اهمیت تر میتواند خطاهای تهیه نقشه باشد.

جدول ۲. تغییرات هر یک از طبقات پوشش زمین به اراضی ساخته شده در بازه زمانی ۱۹۹۰-۲۰۲۰

کاربری اراضی	مساحت بر حسب % سال ۱۹۹۰-۲۰۲۰
صخره	۳۳/۷
بایر	۱۲/۵۲
مرطوب	۰/۸۸
ساخته شده	۷/۵
پوشش گیاهی	۴/۳۹
اراضی بدون تغییر	۳۳۷/۹۹

منبع: (تحقیقات نگارندگان، ۱۴۰۳)

ارزیابی دقت

ارزیابی دقت نتایج طبقه بندی آخرین بخش از مراحل یک فرایند طبقه بندی است. پس از به دست آمدن نتایج باید معلوم کرد آیا داده های به دست آمده متناسب با کاربرد مورد نظر از دقت لازم برخوردار هستند. بدین ترتیب ارزش گذاری تمام مراحل قبلی در این بخش انجام می گردد. در تحقیق حاضر، طبق نمونه های آزمایشی برداشت شده از تصاویر طبقه بندی شده سال ۱۹۹۰ و ۲۰۲۰ از منطقه مورد مطالعه و کنترل آنها بوسیله مدارک و نقشه ها و عکسهای هوایی و مشاهدات زمینی، مقدار دقت طبقه بندی برای ۱۹۹۰ برابر ۸۳.۸۶ درصد و در سال ۲۰۲۰ معادل ۸۳.۹۰ درصد برآورد گردید. جداول نتایج حاصل از دقت طبقه بندی تصاویر منطقه مورد مطالعه را نشان می دهند.

جدول ۳. نتایج حاصل از ارزیابی دقت طبقه بندی تصویر سال ۱۹۹۰

واقعیت زمینی					
بایر	پوشش گیاهی	ساخته شده	مرطوب	صخره	
۱/۱	۰/۴۵	۰	۰	۰/۰۱	طبقه بندی نشده
۰	۰/۵۱	۱/۱۰	۹۵/۷۶	۰/۴۶	بایر
۰	۰/۶۴	۹۷/۹۰	۰/۷۷	۵/۵	پوشش گیاهی
۰	۹۸/۵۵	۱	۳/۴۵	۰/۲۵	ساخته شده
۹۹/۵	۰/۳۰	۰	۰/۰۱	۰	مرطوب
۰	۰/۶۱	۰	۰/۱۰	۰/۵۴	صخره
	۹۲/۹۶	ضریب کاپا:	۹۶/۵۹		دقت کلی

منبع: (تحقیقات نگارندگان، ۱۴۰۳)

جدول ۴. نتایج حاصل از ارزیابی دقت طبقه بندی تصویر سال ۲۰۲۰

واقعیت زمینی					
بایر	پوشش گیاهی	ساخته شده	مرطوب	صخره	
۰	۳/۱۸	۳/۳۹	۰	۰/۰۸	طبقه بندی نشده
۰/۰۵	۰	۹۱/۴۶	۰	۰/۰۲	بایر
۰/۰۸	۰	۱/۰۲	۹۵/۲۵	۰	پوشش گیاهی
۹۹/۸۷	۳/۹۸	۴/۱۴	۰/۷۵	۰/۰۱	ساخته شده
۰	۹۲/۸۴	۰	۰	۰	مرطوب
۰	۰	۰/۲۵	۰	۰	صخره
	۹۲/۸۵	ضریب کاپا:	۹۵/۶۳		دقت کلی

شبیه سازی

نتایج عملیات پردازش داده های ماهواره ای

در این تحقیق، برای مختصات کردن تصاویر از دو روش استفاده شد: الف) روش تصحیح با نقشه وب) روش تصحیح با تصویر. جهت هم مختصات سازی تصاویر، ابتدا باند پانکروماتیک تصویر سال ۱۹۹۰ به دلیل دارا بودن قدرت تفکیک بهتر (حدود 15 متر) و با استفاده از نقشه های شهری و با استفاده از تابع چند جمله ای درجه اول تصحیح شد سپس تصویر چند باندی این سال با استفاده از تصویر تصحیح شده پانکروماتیک، تصحیح تصویر به تصویر شد. بعد از این مرحله تصاویر سال های دیگر با استفاده از تصویر چند باندی تصحیح شده سال ۱۹۹۰ به همین روش تصحیح گردید (سیف الدینی و همکاران، ۱۳۹۷: ۱۲). در نتیجه اعمال تصحیحات روی تصاویر خطای مجذور مربعات (RMSE) کمتر از حد مجاز ۱/۵ پیکسل بود. در این تحقیق، محدوده مورد مطالعه کلیه باندها در هر سری زمانی در تصاویر مذکور برش داده شد.

جدول ۵. تعداد نقاط کنترل و خطای (RMSE) در تصحیح هندسی تصاویر

تصویر	دقت کلی	شاخص کاپا
Pan (1990)	10	74%
ETM(1990)	10	25%
ETM(2020)	10	32%

نتایج طبقه بندی تصاویر ماهواره ای

برای استفاده مطلوب از داده های سنجش از دور در مدل های Urban-CA در این مطالعه برای طبقه بندی تصاویر ماهواره لندست ارائه شد در آن از پارامترها و داده های جانبی و بیرونی نیز استفاده گردید. برای طبقه بندی از روش های طبقه بندی نظارت شده و الگوریتم طبقه بندی حداکثر احتمال استفاده شده است. برای افزایش دقت طبقه بندی و بهبود نتایج حاصل از پردازش این تصاویر و به دلیل شرایط خاص منطقه مورد مطالعه از داده های جانبی (شیب، محدوده، DEM، ساخته شده، نقشه های شهری) استفاده شد.

برای ترکیبات رنگی در تصاویر ETM⁺ ترکیب باندی RGB 753: انتخاب گردید. داده های جانبی، که در فصل قبل در مورد آن ها بحث شد، به فرمت تصویری و قابل انطباق با تصاویر ماهواره ای تبدیل شده و به صورت باند هایی به تصاویر اضافه گردید و در هنگام انتخاب نمونه های آموزشی و طبقه بندی بر اساس نوع کلاس مورد نظر از آن ها استفاده گردید. برای طبقه بندی از طبقه بندی Anderson-Level که توسط USGS توسعه داده شده است، استفاده گردید که با توجه به کلاس های مورد نیاز و شرایط طبیعی منطقه، این روش اصلاح شد کلاس های اولیه که از تصاویر استخراج شد عبارتند از اراضی ساخته شده، اراضی کشاورزی، اراضی بایر و پهنه های آبی (ملکی و همکاران، ۱۳۹۵: ۱۵) برای انتخاب نمونه های آموزشی از تصویر، برای هر کلاس تعداد N+1 نمونه و با پراکندگی مناسب بر روی تصویر، با کمک داده های تصویر، جانبی، انتخاب گردید. برای بررسی تفکیک پذیری نمونه های آموزشی از شاخص واگرایی تبدیل شده، استفاده گردید که نتایج قابل قبولی به دست آمد و در اکثر کلاس ها برابر ۲ یا نزدیک به ۲ بود. برای ارزیابی دقت طبقه بندی از ضرایب دقت کلی و شاخص کاپا استفاده گردید. با توجه به نتایج بدست آمده و بر اساس استاندارد های سازمان زمین شناسی آمریکا، دقت های بدست آمده از طبقه بندی مورد پذیرش قرار گرفت.

جدول ۶. دقت کلی و شاخص کاپای بدست آمده در طبقه بندی تصاویر (منبع: تحقیقات نگارندگان، ۱۴۰۳)

تصویر	دقت کلی	شاخص کاپا
ETM(1990)	۰/۸۸	۰/۸۵
ETM(2020)	۰/۹۰	۰/۸۶

نتایج پردازش داده های کارتو گرافی و انتخاب ورودی های مدل Urban-CA

با توجه به این که، تغییرات کاربری اراضی غیر شهری به شهری بواسطه عوامل مختلف صورت می گیرد در این بخش درصدد برآمدیم تا عوامل ساختاری موثر در تغییرات کاربری ها را در منطقه مورد مطالعه شناسایی کنیم. البته در عوامل و متغیر ها، قابلیت ورود این پارامتر ها به مدل های CA مد نظر قرار گرفت. با بررسی پیشینه تاریخی، ساختار کالبد شهری و الگوی رشد شهری در این ناحیه شهری و مطالعه مدل های Urban-CA اجرا شده در جهان، پارامترهای موثر در رشد شهری شهر بندرعباس انتخاب گردید. عواملی که انتخاب گردید عبارتند از: توپوگرافی، فاصله از شبکه حمل و نقل، و شیب منطقه. ابتدا داده های برداری مورد نیاز اصلاح شده، سپس، نقشه های فاصله هم برای عوارض خطی مانند جاده ها و هم برای عوارض چند ضلعی مانند کاربری ساخته شده در دوره قبل بدست آمد. پس از این مرحله، نقشه های رستری از این داده ها، استخراج که لایه های اطلاعاتی برای سال ها و دوره های مختلف تولید گردید. برای اجرای مدل Urban-CA و اعمال روش های آماری برای استخراج قوانین تبدیل، عملیات مختلف کارتو گرافی و GIS بر روی متغیر انتخاب شده صورت گرفت و در نهایت ورودی های مدل در روش های آماری WoE انتخاب گردید.

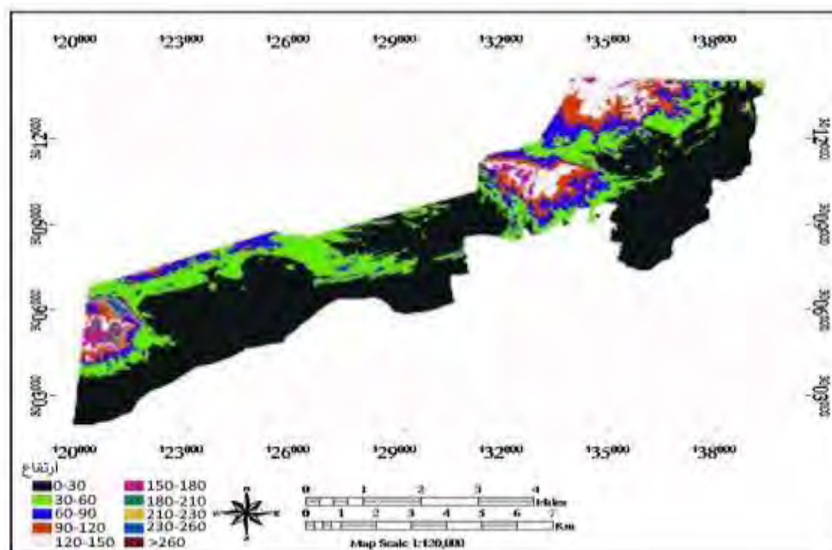
نتایج روش های آماری محاسبه قوانین تبدیل در مدل شبیه سازی

نتایج بدست آمده از روش WoE برای محدوده زمانی ۱۹۹۰-۲۰۲۰

در این تحقیق، معیارهایی که برای تعیین استقلال متغیرها از هم دیگر به کار برده شد تا حد زیادی اختیاری بوده است. گذشته از کمیت های مورد استفاده، هر نوع ضریب تشابه یا تطابق که در تجزیه و تحلیل نقشه های دو تایی مورد استفاده قرار می گیرد می تواند در آنالیز متغیرهای مورد استفاده در مدل شبیه سازی Urban-CA به کار رود. نتایج بدست آمده از روش WoE برای محدوده زمانی ۱۹۹۰-۲۰۲۰ برای متغیر های مورد استفاده در مدل به صورت زیر می باشد:

ارتفاع

مهمترین ستون در جداول حاصل از روش WoE، ستون کنتراست می باشد. در مورد لایه ارتفاع، همان طور که در جدول مشاهده می شود، تا کلاس چهارم کنتراست مثبت بوده و از این کلاس به بعد کنتراست منفی می شود. توزیع نقاط توسعه یافته در کلاس های مربوط به ارتفاع، همان طور که در جدول مشاهده می شود، تا کلاس چهارم کنتراست مثبت بوده و از این کلاس به بعد کنتراست منفی می شود. توزیع نقاط توسعه یافته در کلاس های مربوط به ارتفاع از الگوی خاصی پیروی نمی کند و بیشترین تعداد نقاط در کلاس چهارم، ۱۰۴۸ نقطه، مشاهده می گردد. منحنی حاصل از کنتراست روند منظم نزولی با افزایش شماره کلاس را نشان می دهد و به جز فاصله بین کلاس پنجم و ششم منحنی اغتشاش خاصی ندارد. از آنجایی که بیشترین عدد کنتراست با مقدار ۱/۵۰۵۲ مربوط به کلاس اول می باشد لذا کلاس اول بهترین پیش بینی کننده به حساب می آید. از جدول متوجه می شویم که انحراف معیار وزن های مثبت و منفی با افزایش ارتفاع افزایش می یابد. مقدار (Stdv C) تا کلاس چهارم مثبت بوده و کلاس های بعدی دارای مقادیر منفی می باشد. این نتایج بدین معنی است که احتمال تغییر کاربری اراضی از ساخته نشده به ساخته شده، با افزایش ارتفاع کاهش می یابد.

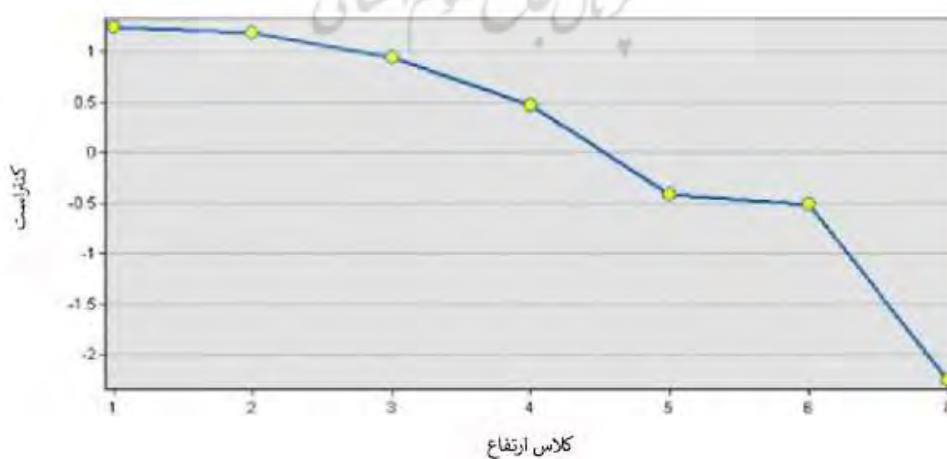


شکل ۸. نقشه ارتفاع منطقه مورد مطالعه به منظور استخراج احتمالات تبدیل محلی (۱۹۹۰-۲۰۲۰)
منبع: (ترسیم از نگارندگان، ۱۴۰۳)

جدول ۷. نتایج بدست آمده از اجرای روش WoE بر روی لایه ارتفاع

Class	Area Sq Km	Area Units	#Points	W+	(+ w)s	W-	S(w-)	Contrast	S(c)	stud (C)
۱	۶/۴۰۶	۶/۴۰۶	۸۹۴	۱/۱۰۸	۰/۰۳۵	-۰/۱۴۱	۰/۰۱۶	۱/۲۵۰	۰/۳۹۳	۳۱/۸۲۴
۲	۶/۴۰۹	۶/۴۰۹	۸۶۰	۱/۰۶۳	۰/۳۶۴	-۰/۱۳۲	۰/۰۱۶۲	۱/۱۹۶	۰/۰۳۹	۳۰/۰۵۶
۳	۸/۰۱۷۲	۸/۰۱۷۲	۸۷۲	۰/۸۲۸	۰/۰۳۵۷	-۰/۱۱۷	۰/۰۱۶۲	۰/۹۴۵	۰/۰۳۹۲	۲۴/۱۳۰
۴	۱۴/۴۴۸	۱۴/۴۴۸	۱۰۴۸	۰/۳۷۸	۰/۰۳۲	-۰/۰۸۵۴	۰/۰۱۶۶	۰/۴۷۳	۰/۰۳۶	۱۲/۱۳۳
۵	۱۲/۴۵۹	۱۲/۴۵۹	۴۷۵	-۰/۳۶۸	۰/۰۴۶۶	-۰/۰۴۹۸	۰/۰۱۵۵	-۰/۴۱۷	۰/۰۴۹	-۸/۵۰۱
۶	۱۲/۰۰۶	۱۲/۰۰۶	۳۸۵	-۰/۴۶۶	۰/۰۵۱۷	-۰/۰۵۲۹	۰/۰۱۵۴	-۰/۵۱۹	۰/۰۵۴	-۹/۶۲۳
۷	۳۵/۳۶۹	۳۵/۳۶۹	۲۹۳	-۱/۸۴۲	۰/۰۵۸۶	-۰/۰۴۲۰	۰/۰۱۵۴	-۲/۲۶۲	۰/۰۶۰۶	-۳۷/۳۱۹

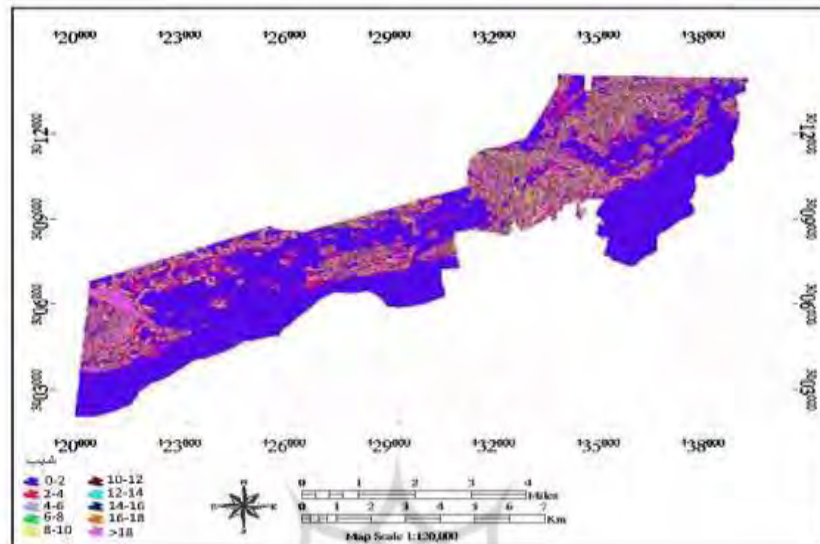
منبع: (یافته های پژوهش)



شکل ۹. ارتباط بین ارتفاع و تغییر کاربری بر اساس شاخص کنتراست
منبع: (ترسیم از نگارندگان، ۱۴۰۳)

- شیب

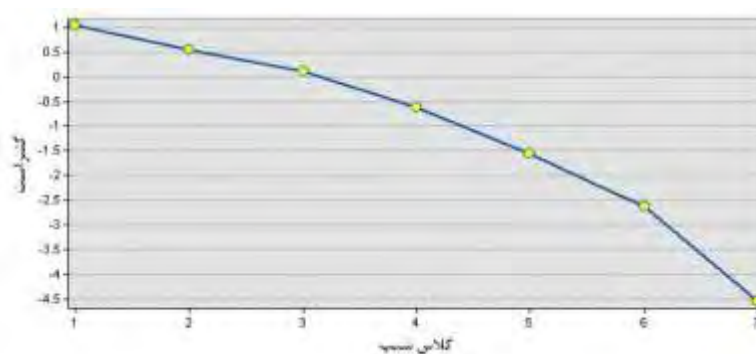
همان طور که در جدول مشاهده می گردد، بیشترین وزن و به تبع آن کنتراست مربوط به کلاس اول بوده و با افزایش شماره کلاس مقادیر این دو فیلد کاهش می یابد نتایج نشان می دهد با افزایش شیب، احتمال تغییر کاربری اراضی ساخته نشده به ساخته شده کاهش پیدا می کند و در شیب های پایین تر احتمال تبدیل بیشتر است.



شکل ۱۰. نقشه شیب منطقه مورد مطالعه به منظور استخراج احتمالات تبدیل محلی (۱۹۹۰-۲۰۲۰)
منبع: (ترسیم از نگارندگان، ۱۴۰۳)

جدول ۷. نتایج بدست آمده از اجرای روش WoE بر روی لایه شیب (منبع: تحقیقات از نگارندگان)

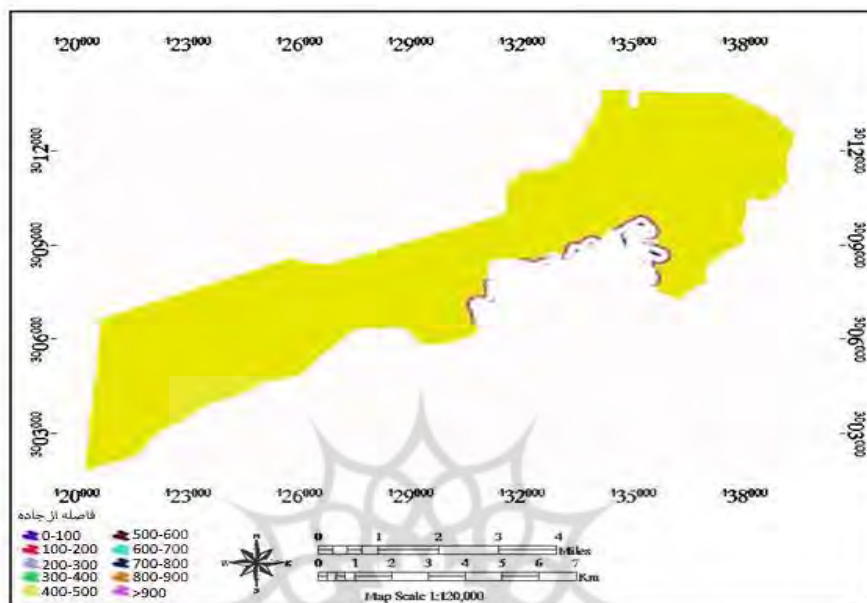
Class	Area Sq Km	Area Units	#Points	W+	(+ w)s	W-	S(w-)	Contrast	S(c)	stud (C)
۱	۴۴/۹۲۸	۴۹۲۱	۳۳۹۸	۰/۴۳۲	۰/۰۱۷۸	-۰/۶۰۶	۰/۰۲۶۸	۱/۰۳۹۳	۰/۰۳۲۲	۳۲/۳۲۷
۲	۱۰/۳۴۲	۱۱۴۹	۸۱۲	۰/۴۷۳	۰/۰۳۶۴	-۰/۰۷۳۷	۰/۰۱۶۱	۰/۵۴۷	۰/۰۳۹۸	۱۲/۷۵۸
۳	۶/۹۰۲	۷۶۶۹	۳۸۱	۰/۰۹۸	۰/۰۵۲۶	-۰/۰۰۸	۰/۰۱۵۳	۰/۱۰۶	۰/۰۵۴۷	۱/۹۳۵
۴	۵/۳۶۰	۵۹۵۶	۱۵۲	-۰/۵۹۳	۰/۰۸۲۲	۰/۰۲۶۷	۰/۰۱۵	-۰/۶۱۹	۰/۰۸۳۵	-۷/۴۲۲
۵	۴/۵۶۵	۵۰۷۳	۵۲	-۱/۵۲۱	۰/۱۳۹	۰/۰۳۹۷	۰/۰۱۴۸	-۱/۵۶۰	۰/۱۴۰	-۱۱/۱۳۳
۶	۴/۲۸۶	۴۷۶۳	۱۷	-۲/۵۸۲	۰/۲۴۳	۰/۰۴۴	۰/۰۱۴۸	-۲/۶۲۶	۰/۲۴۳	-۱۰/۷۹۱
۷	۱۹/۷۲۴	۲۱۹۱	۱۴	-۴/۳۰۶	۰/۲۶۷	۰/۲۳۹	۰/۰۱۴۸	-۴/۵۴۵	۰/۲۶۷۸	-۱۶/۹۷۵



شکل ۱۱. ارتباط بین شیب و تغییر کاربری بر اساس شاخص کنتراست
منبع: (ترسیم از نگارندگان، ۱۴۰۳)

– فاصله از جاده

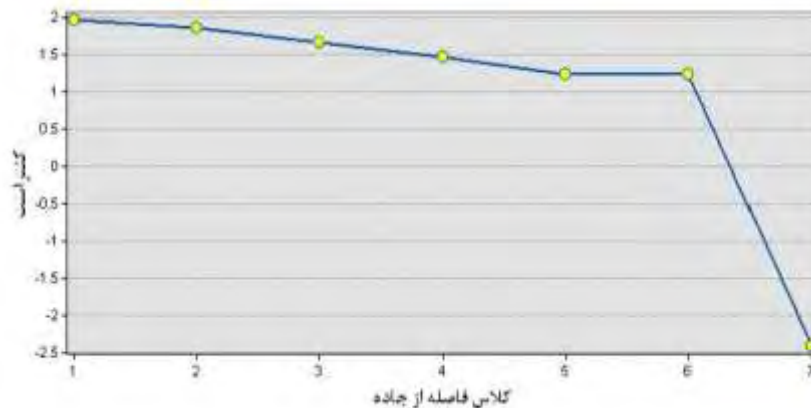
در مورد لایه فاصله از جاده تا کلاس ششم وزن و کنتراست مثبت وجود دارد و در کلاس هفتم یک کاهش شدید در کنتراست و وزن مثبت اتفاق می افتد نتایج بدست آمده نشان می دهد با فاصله گرفتن از زیر ساخت های حمل و نقل جاده ای احتمال تبدیل کاربری های ساخته شده کاهش پیدا می یابد.



شکل ۱۲. نقشه فاصله از جاده منطقه مورد مطالعه به منظور استخراج احتمالات تبدیل محلی (۱۹۹۰-۲۰۲۰)
منبع: (ترسیم از نگارندگان، ۱۴۰۳)

جدول ۸. نتایج بدست آمده از اجرای روش **WoE** بر روی لایه فاصله از جاده (منبع: تحقیقات نگارندگان، ۱۴۰۳)

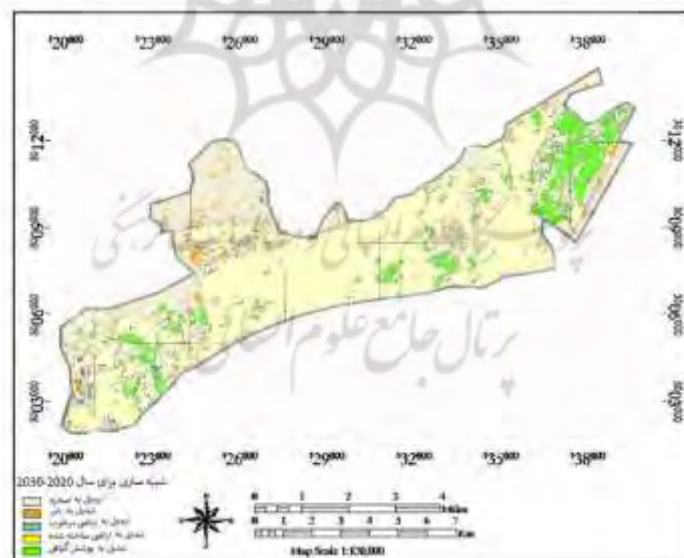
Class	Area Sq Km	Area Units	#Points	W+	(+ w)s	W-	S(w-)	Contrast	S(c)	stud (C)
۱	۴۴/۹۲۸	۴۹۲۱	۳۳۹۸	۰/۴۳۲	۰/۰۱۷۸	-۰/۶۰۶	۰/۰۲۶۸	۱/۰۳۹۳	۰/۰۳۲۲	۳۲/۳۲۷
۲	۱۰/۳۴۲	۱۱۴۹	۸۱۲	۰/۴۷۳	۰/۰۳۶۴	-۰/۰۷۳۷	۰/۰۱۶۱	۰/۵۴۷	۰/۰۳۹۸	۱۲/۷۵۸
۳	۶/۹۰۲	۷۶۶۹	۳۸۱	۰/۰۹۸	۰/۰۵۲۶	-۰/۰۰۸	۰/۰۱۵۳	۰/۱۰۶	۰/۰۵۴۷	۱/۹۳۵
۴	۵/۳۶۰	۵۹۵۶	۱۵۲	-۰/۵۹۳	-۰/۰۸۲۲	-۰/۰۲۶۷	۰/۰۱۵	-۰/۶۱۹	۰/۰۸۳۵	-۷/۴۲۲
۵	۴/۵۶۵	۵۰۷۳	۵۲	-۱/۵۲۱	-۰/۱۳۹	-۰/۰۳۹۷	۰/۰۱۴۸	-۱/۵۶۰	۰/۱۴۰	-۱۱/۱۳۳
۶	۴/۲۸۶	۴۷۶۳	۱۷	-۲/۵۸۲	-۰/۲۴۳	۰/۰۴۴	۰/۰۱۴۸	-۲/۶۲۶	۰/۲۴۳	-۱۰/۷۹۱
۷	۱۹/۷۲۴	۲۱۹۱	۱۴	-۴/۳۰۶	-۰/۲۶۷	۰/۲۳۹	۰/۰۱۴۸	-۴/۵۴۵	۰/۲۶۷۸	-۱۶/۹۷۵



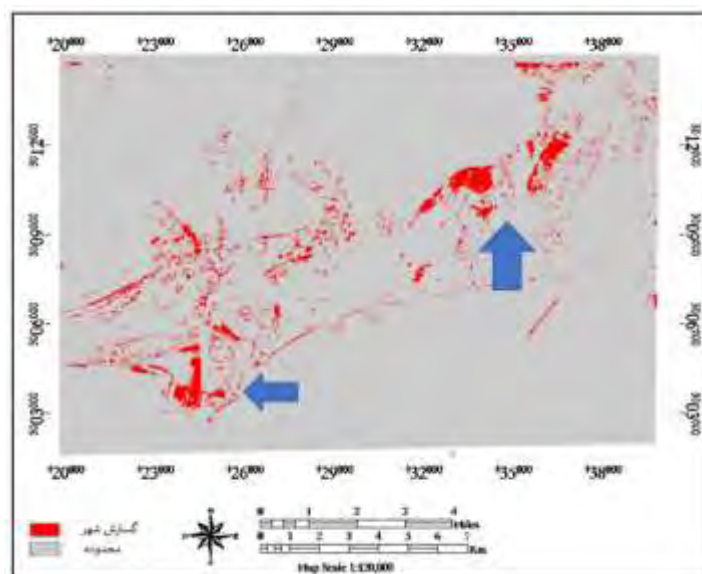
شکل ۱۳. ارتباط بین فاصله از جاده و تغییر کاربری بر اساس شاخص کنتراست
منبع: (ترسیم از نگارندگان، ۱۴۰۳)

نتایج شبیه سازی

پس از بررسی تغییرات کاربری، با استفاده از مدل سلولهای خودکار و با توجه به روند تغییرات کاربری / پوشش زمین در منطقه مورد مطالعه، کاربری / پوشش زمین برای سال ۲۰۳۰ پیشبینی شد. ابتدا برای ارزیابی مدل، نقشه سال ۲۰۲۰ پیش بینی شد. شکل (۴-۱۳) نتایج پیش بینی برای سال ۲۰۲۰ را نشان می دهد و شکل نتایج پیش بینی برای سال ۲۰۳۰ را نشان می دهد. با مقایسه نقشه پیش بینی سال ۲۰۲۰ با نقشه کاربری اراضی سال ۲۰۲۰ تطابق عمده ای را نشان میدهد که این موضوع، اعتبار پیش بینی برای سال ۲۰۳۰ را به وجود خواهد آورد. با مشاهده شکل (۴-۱۳)، یک نکته حائز اهمیت است و آن پیش بینی بیش از حد مناطق ساخته شده در نواحی پیراشهری است که مؤید رشد بیش از حد شهر در نواحی پیراشهری در آینده ای نزدیک است.



شکل ۱۴. نتایج شبیه سازی برای سال ۲۰۳۰-۲۰۲۰
منبع: (ترسیم از نگارندگان، ۱۴۰۳)



شکل ۱۵. نتایج شبیه سازی رشد شهر برای سال ۲۰۳۰
منبع: (ترسیم از نگارندگان، ۱۴۰۳)

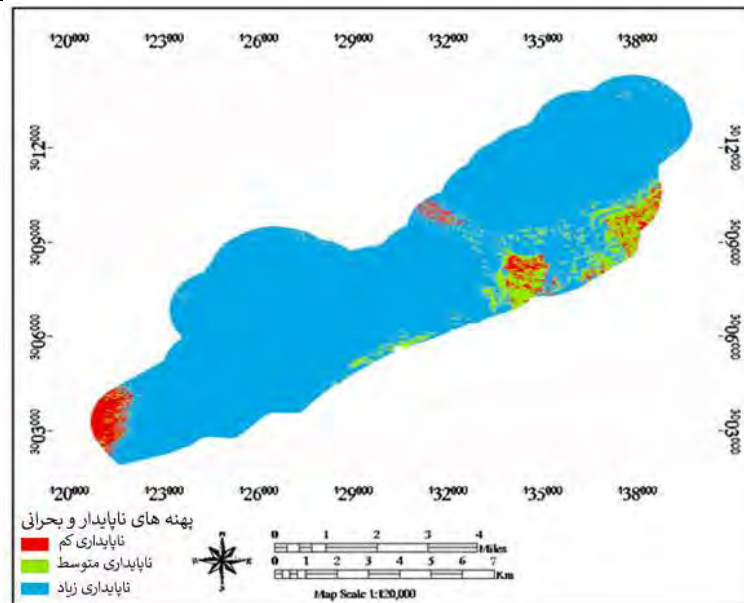
شکل نقشه پیش بینی مناطق افزوده شده به شهر را در سال ۲۰۳۰ نشان می‌دهد، که براساس آن، بیشترین رشد در شمال شرق و جنوب غرب است. با توجه به نتایج به دست آمده، میتوان گفت در آینده شهر بندرعباس به به طور عمده به سمت نواحی پیراشهری در شمال و شمال غرب و واحدی به سمت نواحی پیراشهری جنوب غرب پیشروی خواهد کرد. در ادامه نیز اولویت بندی مناطق ناپایدار و بحرانی با توجه به پنج نوع کاربری زمین استخراج شده، با استفاده از روش Fuzzy ANP صورت گرفت. جهت اولویت بندی مناطق ناپایدار و بحرانی جدول نتایج روش FANP برای اهمیت معیارها را نشان میدهد که مطابق آن تغییرات اراضی ساخته شده و پوشش گیاهی مهمترین معیار بود.

جدول ۹. وزن معیارها جهت تعیین مناطق ناپایدار و بحرانی با روش FANP (۱۴۰۳)

وزن	معیار
۰/۱۴۳	محدوده
۰/۱۴۵	ساخته شده
۰/۰۹۵	بایر
۰/۰۵۷	صخره
۰/۰۹۴	اراضی مرطوب
۰/۱۲۸	پوشش گیاهی

منبع: (تحقیقات از نگارندگان، ۱۴۰۳)

شکل نقشه پهنه های ناپایدار و بحرانی شهر بندرعباس براساس مدل FANP را نشان می دهد که براساس آن، تنها ۵/۴ کیلومتر مربع از محدوده مورد مطالعه مناسب بوده و در مقابل ۱۹۱/۸ کیلومتر مربع وضعیت نامناسب داشته است.



شکل ۱۶. نقشه بهنه های ناپایدار و بحرانی شهر بندرعباس براساس مدل FANP
منبع: (ترسیم از نگارندگان، ۱۴۰۳)

نتیجه گیری

پژوهش حاضر با هدف بررسی، پیش بینی نقاط بحرانی تغییر کاربری تحت توسعه شهر در حاشیه بندرعباس با استفاده از الگوریتم های مارکوف و با استفاده از داده های سنجش از دور انجام شده است. در این راستا، نتایج نشان داد که در تمام دوره های موردنظر در پژوهش، کاربری انباشتد دارای روند افزایشی و کاربری فضای سبز دارای روند کاهشی می باشد. همچنین، نتایج نشان داد افزایش درصد قابلیتتوجه تغییرات در کاربری آب مشاهده شد، که این گویای ساخت و ساز شدید در اطراف دریا در سال های ۱۹۹۰-۲۰۲۰ است. شکل، نقشه تغییرات کاربری اراضی بین سالهای ۱۹۹۰-۲۰۲۰ را نشان میدهد. در این دوره تغییرات در زمینهای سنگلاخی و سپس زمینهای خاکی ایجاد شده، و کمترین تغییرات را طبقه آب مواجه بوده است. این نقشه نشان از گسترش شهر به مناطق پیراشهری در سراسر شمال شهر (از شمال شرق تا شمال غرب) می دهد؛ این مسئله میتواند به خاطر ارزان بودن زمین در مناطق شمال شهر به نسبت زمینهای نزدیک به ساحل باشد. نکته قابل توجه در این تغییرات افزایش درصد قابلیتتوجه تغییرات در کاربری آب میباشد که نشان دهنده این است که در این دوره از سال ۱۹۹۰ تا سال ۲۰۲۰ ساخت و ساز در زمین های مرطوب افزایش یافته است؛ این مسئله میتواند نشات گرفته از توجه دولت به سواحل و بندرگاهها برای گردشگری و تجارت ساحلی باشد.

در ادامه نیز، جدول تغییرات هر یک از طبقات پوشش زمین به اراضی ساخته شده در بازه زمانی ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۰ را نشان می دهد. مطابق این جدول بیشترین تغییرات تبدیل به اراضی سنگلاخی و کمترین تغییرات مربوط به زمینهای مرطوب بود. نکته جالب در خصوص سال ۲۰۲۰ (که بیشترین رشد شهری) این است که در این دوره بیشترین نرخ تبدیل به خاک رخ داده است و بیانگر آماده شدن زمین برای ساخت و ساز آبی است. دومین موردی که در این خصوص میتوان بیان کرد؛ این نکته است که: دلیل اول و مهمتر میتواند در تخریب بافت قدیمی شهر برای نوسازی (در این زمان کاربری به شکل خاک است و افزایش کاربری خاک نیز میتواند گواه بر این مسئله باشد)؛ دلیل دوم و کم اهمیت

تر میتواند خطاهای تهیه نقشه باشد. طبق یافته های به دست آمده از نتایج مدل FANP بیشترین پارامتر تأثیرگذار در توسعه شهر شاخص راه اصلی بود. همچنین نتایج این تحقیق و با استفاده از پردازش تصاویر ماهوره ای نشان داد که نواحی پیراشهری شهر بندرعباس در طول ۳۰ سال (سال ۱۹۹۰ تا سال ۲۰۲۰) بیش از محدوده های دورتر و مرکز شهر دستخوش تغییر شده اند. بررسی نقشه های کاربری اراضی در این مطالعه نشان داد که روند تغییرات و گسترش شهر بندرعباس از یک روند یکنواخت تبعیت نمیکند و از لحاظ تغییرات دارای نوسانات است. رشد شهر به خارج از محدوده، در قسمت جنوبی با توجه به اینکه در این قسمت یک محدوده عمده به عنوان دریا وجود دارد که امکان گسترش در این نواحی بسیار کم است؛ بااین وجود تا حد امکان رشد شهر در حاشیه جنوبی به دلیل تصمیمات دولت برای رشد گردشگری و همچنین تجارت دریایی باعث گسترش سازه های انسانی در این محدوده شده است. در طرف مقابل، در نواحی شمال شهر بندرعباس به دلیل وجود امکان توسعه شهر، در طول دوره مطالعه به طور پیوسته به این نواحی پیراشهری چنگ اندازی شده است. نکته ای که بایستی به طور ویژه بدان توجه کرد، که فعالیتهای سوداگرانه بازار زمین باعث شده است که رشد شهر در شمال شهر پیشروی زیادی داشته باشد. در یک جمع بندی نهایی میتوان چنین مطرح نمود، توسعه بیشتر شهر بندرعباس به صورت پراکنده و خودجوش بوده و باعث تغییرات کاربری اراضی به صورت گسترده شده است. ساخت وسازه های صورت گرفته در اطراف دریا و مناطق خوش آب و هوا باعث پیدایش گسترش شهر به صورت ناهمگون و نامتجانس شده است. در بیشتر مواقع این روند نامنسجم به اندازه ای زیاد بوده که تغییرات قابل ملاحظه ای را در رابطه با تغییرات اراضی کشاورزی ایجاد کرده است، و به صورت کلی ساخت وسازه های شهری بندرعباس و روند توسعه این شهر باعث خزش شهر و تغییرات کاربری اراضی کشاورزی و تبدیل این اراضی به کاربری مصرفی و خدماتی شده است. در نهایت نتایج پژوهش با مطالعات، عباس و همکارش (۲۰۲۰)، عابدی (۲۰۱۲)، فیض اله پور (۱۴۰۳)، مبنی بر استفاده از مدل مارکوف برای شبیه سازی رشد شهری همخوانی و مطابقت دارد. همچنین با مطالعات مصطفی زاده و همکاران (۲۰۲۲)، طالبی زاده و همکاران (۱۴۰۱)، مبنی بر کاهش اراضی کشاورزی و پوشش گیاهی در اثر تغییرات کاربری اراضی، مطابقت دارد. در این راستا پیشنهادهای اجرایی زیر کاربرد دارد:

- ❖ اجرای طرحهای بهبود الگوی مصرف منابع و جلوگیری از تغییرات نابجا و غیراصولی کاربریها.
- ❖ افزایش سرانه فضای سبز شهری و اجرای طرحهای کمربند سبز
- ❖ طراحی و برنامه ریزی شهری با هدف مصرف منابع طبیعی و استفاده معقول از آنها و تلاش در جهت ایجاد رابطه متعادل بین انسان و فعالیت و فضا به منظور تحقق توسعه پایدار شهری
- ❖ استفاده بهینه از اراضی با الگوهای جدید شهرسازی
- ❖ بکارگیری روشهای نوین ارزیابی اثرات توسعه شهری در فرایند شهرسازی قبل از هرگونه توسعه
- ❖ توسعه بافت شهری به صورت عمودی (ایجاد مجتمعهای مسکونی) به منظور جلوگیری از گسترش فیزیکی اراضی شهری در جهت طولی.

حامی مالی

این اثر حامی مالی نداشته است.

سهام نویسندگان

نویسندگان در انجام این پژوهش سهم برابر دارند.

تضاد منافع

نویسندگان اعلام می دارند، هیچ تضاد منافی در رابطه با نویسندگی و یا انتشار این مقاله ندارند.

تقدیر و تشکر

بنا به اظهار نویسنده مسئول، این مقاله حامی نداشته است.

منابع

- (۱) ارخی، صالح، عطا، بهنام، شاهکویی، اسمعیل. (۱۴۰۱). ارزیابی تکنیک‌های تغییرات پوشش گیاهی / کاربری اراضی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و GIS مطالعه موردی: حوضه گرگانرود. برنامه ریزی توسعه کالبدی. ۹(۲)، ۴۱-۶۰.
https://psp.journals.pnu.ac.ir/article_9117.html
- (۲) سنجر، صالح، ۱۳۹۵. بررسی روند تغییرات کاربری اراضی منطقه بزم، نشریه مدیریت اراضی، ۴(۱)، ۳۱-۲۱.
https://lmj.areeo.ac.ir/article_107014.html 20.1001.1.23456205.1395.4.1.4.6
- (۳) سیرت، محمد کریم، گمرکی، معصومه. (۱۴۰۲). بررسی تغییرات کاربری اراضی شهر هرات با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای بین سال‌های ۲۰۱۵ الی ۲۰۲۲. نشریه سنجش از دور و GIS ایران. ۱۱۹۲. https://gisj.sbu.ac.ir/article_104238.html 10.48308/gisj.2024.234087.1192
- (۴) سیف الدینی، فرانک، پناهنده خواه، موسی، ۱۳۹۷. سیر تحول نظریات و دیدگاهها در برنامه ریزی کاربری زمین با تأکید بر توسعه پایدار، فصلنامه سپهر، صص ۲۴-۱۹. https://www.sepehr.org/article_27447.html 20.1001.1.25883860.1387.17.68.4.2
- (۵) طاهری، فروزان، رهنما، محمدرحیم، خوارزمی، امیدعلی، خاکپور، براتعلی. (۱۳۹۷). بررسی و پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای چندزمانه شهر شاندیز (طی سال‌های ۱۳۷۹-۱۳۹۴). نشریه جغرافیا و توسعه، ۱۶(۵۰)، ۱۲۷-۱۴۲.
https://gdij.usb.ac.ir/article_3563.html 10.22111/gdij.2018.3563.۱۴۲
- (۶) فیض اله پور، مهدی، ارزیابی تغییرات سطح آب دریاچه زری وار در بازه زمانی ۳۰ سال (۱۹۹۳ تا ۲۰۲۳)، فصلنامه علمی جغرافیا، دوره ۲۲، شماره ۱۴۰۳، ۸۱، ۱۲۸۰، ۱۲۸۱، ۱۲۸۲، ۱۲۸۳، ۱۲۸۴، ۱۲۸۵، ۱۲۸۶، ۱۲۸۷، ۱۲۸۸، ۱۲۸۹، ۱۲۹۰، ۱۲۹۱، ۱۲۹۲، ۱۲۹۳، ۱۲۹۴، ۱۲۹۵، ۱۲۹۶، ۱۲۹۷، ۱۲۹۸، ۱۲۹۹، ۱۳۰۰، ۱۳۰۱، ۱۳۰۲، ۱۳۰۳، ۱۳۰۴، ۱۳۰۵، ۱۳۰۶، ۱۳۰۷، ۱۳۰۸، ۱۳۰۹، ۱۳۱۰، ۱۳۱۱، ۱۳۱۲، ۱۳۱۳، ۱۳۱۴، ۱۳۱۵، ۱۳۱۶، ۱۳۱۷، ۱۳۱۸، ۱۳۱۹، ۱۳۲۰، ۱۳۲۱، ۱۳۲۲، ۱۳۲۳، ۱۳۲۴، ۱۳۲۵، ۱۳۲۶، ۱۳۲۷، ۱۳۲۸، ۱۳۲۹، ۱۳۳۰، ۱۳۳۱، ۱۳۳۲، ۱۳۳۳، ۱۳۳۴، ۱۳۳۵، ۱۳۳۶، ۱۳۳۷، ۱۳۳۸، ۱۳۳۹، ۱۳۴۰، ۱۳۴۱، ۱۳۴۲، ۱۳۴۳، ۱۳۴۴، ۱۳۴۵، ۱۳۴۶، ۱۳۴۷، ۱۳۴۸، ۱۳۴۹، ۱۳۵۰، ۱۳۵۱، ۱۳۵۲، ۱۳۵۳، ۱۳۵۴، ۱۳۵۵، ۱۳۵۶، ۱۳۵۷، ۱۳۵۸، ۱۳۵۹، ۱۳۶۰، ۱۳۶۱، ۱۳۶۲، ۱۳۶۳، ۱۳۶۴، ۱۳۶۵، ۱۳۶۶، ۱۳۶۷، ۱۳۶۸، ۱۳۶۹، ۱۳۷۰، ۱۳۷۱، ۱۳۷۲، ۱۳۷۳، ۱۳۷۴، ۱۳۷۵، ۱۳۷۶، ۱۳۷۷، ۱۳۷۸، ۱۳۷۹، ۱۳۸۰، ۱۳۸۱، ۱۳۸۲، ۱۳۸۳، ۱۳۸۴، ۱۳۸۵، ۱۳۸۶، ۱۳۸۷، ۱۳۸۸، ۱۳۸۹، ۱۳۹۰، ۱۳۹۱، ۱۳۹۲، ۱۳۹۳، ۱۳۹۴، ۱۳۹۵، ۱۳۹۶، ۱۳۹۷، ۱۳۹۸، ۱۳۹۹، ۱۴۰۰، ۱۴۰۱، ۱۴۰۲، ۱۴۰۳، ۱۴۰۴، ۱۴۰۵، ۱۴۰۶، ۱۴۰۷، ۱۴۰۸، ۱۴۰۹، ۱۴۱۰، ۱۴۱۱، ۱۴۱۲، ۱۴۱۳، ۱۴۱۴، ۱۴۱۵، ۱۴۱۶، ۱۴۱۷، ۱۴۱۸، ۱۴۱۹، ۱۴۲۰، ۱۴۲۱، ۱۴۲۲، ۱۴۲۳، ۱۴۲۴، ۱۴۲۵، ۱۴۲۶، ۱۴۲۷، ۱۴۲۸، ۱۴۲۹، ۱۴۳۰، ۱۴۳۱، ۱۴۳۲، ۱۴۳۳، ۱۴۳۴، ۱۴۳۵، ۱۴۳۶، ۱۴۳۷، ۱۴۳۸، ۱۴۳۹، ۱۴۴۰، ۱۴۴۱، ۱۴۴۲، ۱۴۴۳، ۱۴۴۴، ۱۴۴۵، ۱۴۴۶، ۱۴۴۷، ۱۴۴۸، ۱۴۴۹، ۱۴۵۰، ۱۴۵۱، ۱۴۵۲، ۱۴۵۳، ۱۴۵۴، ۱۴۵۵، ۱۴۵۶، ۱۴۵۷، ۱۴۵۸، ۱۴۵۹، ۱۴۶۰، ۱۴۶۱، ۱۴۶۲، ۱۴۶۳، ۱۴۶۴، ۱۴۶۵، ۱۴۶۶، ۱۴۶۷، ۱۴۶۸، ۱۴۶۹، ۱۴۷۰، ۱۴۷۱، ۱۴۷۲، ۱۴۷۳، ۱۴۷۴، ۱۴۷۵، ۱۴۷۶، ۱۴۷۷، ۱۴۷۸، ۱۴۷۹، ۱۴۸۰، ۱۴۸۱، ۱۴۸۲، ۱۴۸۳، ۱۴۸۴، ۱۴۸۵، ۱۴۸۶، ۱۴۸۷، ۱۴۸۸، ۱۴۸۹، ۱۴۹۰، ۱۴۹۱، ۱۴۹۲، ۱۴۹۳، ۱۴۹۴، ۱۴۹۵، ۱۴۹۶، ۱۴۹۷، ۱۴۹۸، ۱۴۹۹، ۱۵۰۰، ۱۵۰۱، ۱۵۰۲، ۱۵۰۳، ۱۵۰۴، ۱۵۰۵، ۱۵۰۶، ۱۵۰۷، ۱۵۰۸، ۱۵۰۹، ۱۵۱۰، ۱۵۱۱، ۱۵۱۲، ۱۵۱۳، ۱۵۱۴، ۱۵۱۵، ۱۵۱۶، ۱۵۱۷، ۱۵۱۸، ۱۵۱۹، ۱۵۲۰، ۱۵۲۱، ۱۵۲۲، ۱۵۲۳، ۱۵۲۴، ۱۵۲۵، ۱۵۲۶، ۱۵۲۷، ۱۵۲۸، ۱۵۲۹، ۱۵۳۰، ۱۵۳۱، ۱۵۳۲، ۱۵۳۳، ۱۵۳۴، ۱۵۳۵، ۱۵۳۶، ۱۵۳۷، ۱۵۳۸، ۱۵۳۹، ۱۵۴۰، ۱۵۴۱، ۱۵۴۲، ۱۵۴۳، ۱۵۴۴، ۱۵۴۵، ۱۵۴۶، ۱۵۴۷، ۱۵۴۸، ۱۵۴۹، ۱۵۵۰، ۱۵۵۱، ۱۵۵۲، ۱۵۵۳، ۱۵۵۴، ۱۵۵۵، ۱۵۵۶، ۱۵۵۷، ۱۵۵۸، ۱۵۵۹، ۱۵۶۰، ۱۵۶۱، ۱۵۶۲، ۱۵۶۳، ۱۵۶۴، ۱۵۶۵، ۱۵۶۶، ۱۵۶۷، ۱۵۶۸، ۱۵۶۹، ۱۵۷۰، ۱۵۷۱، ۱۵۷۲، ۱۵۷۳، ۱۵۷۴، ۱۵۷۵، ۱۵۷۶، ۱۵۷۷، ۱۵۷۸، ۱۵۷۹، ۱۵۸۰، ۱۵۸۱، ۱۵۸۲، ۱۵۸۳، ۱۵۸۴، ۱۵۸۵، ۱۵۸۶، ۱۵۸۷، ۱۵۸۸، ۱۵۸۹، ۱۵۹۰، ۱۵۹۱، ۱۵۹۲، ۱۵۹۳، ۱۵۹۴، ۱۵۹۵، ۱۵۹۶، ۱۵۹۷، ۱۵۹۸، ۱۵۹۹، ۱۶۰۰، ۱۶۰۱، ۱۶۰۲، ۱۶۰۳، ۱۶۰۴، ۱۶۰۵، ۱۶۰۶، ۱۶۰۷، ۱۶۰۸، ۱۶۰۹، ۱۶۱۰، ۱۶۱۱، ۱۶۱۲، ۱۶۱۳، ۱۶۱۴، ۱۶۱۵، ۱۶۱۶، ۱۶۱۷، ۱۶۱۸، ۱۶۱۹، ۱۶۲۰، ۱۶۲۱، ۱۶۲۲، ۱۶۲۳، ۱۶۲۴، ۱۶۲۵، ۱۶۲۶، ۱۶۲۷، ۱۶۲۸، ۱۶۲۹، ۱۶۳۰، ۱۶۳۱، ۱۶۳۲، ۱۶۳۳، ۱۶۳۴، ۱۶۳۵، ۱۶۳۶، ۱۶۳۷، ۱۶۳۸، ۱۶۳۹، ۱۶۴۰، ۱۶۴۱، ۱۶۴۲، ۱۶۴۳، ۱۶۴۴، ۱۶۴۵، ۱۶۴۶، ۱۶۴۷، ۱۶۴۸، ۱۶۴۹، ۱۶۵۰، ۱۶۵۱، ۱۶۵۲، ۱۶۵۳، ۱۶۵۴، ۱۶۵۵، ۱۶۵۶، ۱۶۵۷، ۱۶۵۸، ۱۶۵۹، ۱۶۶۰، ۱۶۶۱، ۱۶۶۲، ۱۶۶۳، ۱۶۶۴، ۱۶۶۵، ۱۶۶۶، ۱۶۶۷، ۱۶۶۸، ۱۶۶۹، ۱۶۷۰، ۱۶۷۱، ۱۶۷۲، ۱۶۷۳، ۱۶۷۴، ۱۶۷۵، ۱۶۷۶، ۱۶۷۷، ۱۶۷۸، ۱۶۷۹، ۱۶۸۰، ۱۶۸۱، ۱۶۸۲، ۱۶۸۳، ۱۶۸۴، ۱۶۸۵، ۱۶۸۶، ۱۶۸۷، ۱۶۸۸، ۱۶۸۹، ۱۶۹۰، ۱۶۹۱، ۱۶۹۲، ۱۶۹۳، ۱۶۹۴، ۱۶۹۵، ۱۶۹۶، ۱۶۹۷، ۱۶۹۸، ۱۶۹۹، ۱۷۰۰، ۱۷۰۱، ۱۷۰۲، ۱۷۰۳، ۱۷۰۴، ۱۷۰۵، ۱۷۰۶، ۱۷۰۷، ۱۷۰۸، ۱۷۰۹، ۱۷۱۰، ۱۷۱۱، ۱۷۱۲، ۱۷۱۳، ۱۷۱۴، ۱۷۱۵، ۱۷۱۶، ۱۷۱۷، ۱۷۱۸، ۱۷۱۹، ۱۷۲۰، ۱۷۲۱، ۱۷۲۲، ۱۷۲۳، ۱۷۲۴، ۱۷۲۵، ۱۷۲۶، ۱۷۲۷، ۱۷۲۸، ۱۷۲۹، ۱۷۳۰، ۱۷۳۱، ۱۷۳۲، ۱۷۳۳، ۱۷۳۴، ۱۷۳۵، ۱۷۳۶، ۱۷۳۷، ۱۷۳۸، ۱۷۳۹، ۱۷۴۰، ۱۷۴۱، ۱۷۴۲، ۱۷۴۳، ۱۷۴۴، ۱۷۴۵، ۱۷۴۶، ۱۷۴۷، ۱۷۴۸، ۱۷۴۹، ۱۷۵۰، ۱۷۵۱، ۱۷۵۲، ۱۷۵۳، ۱۷۵۴، ۱۷۵۵، ۱۷۵۶، ۱۷۵۷، ۱۷۵۸، ۱۷۵۹، ۱۷۶۰، ۱۷۶۱، ۱۷۶۲، ۱۷۶۳، ۱۷۶۴، ۱۷۶۵، ۱۷۶۶، ۱۷۶۷، ۱۷۶۸، ۱۷۶۹، ۱۷۷۰، ۱۷۷۱، ۱۷۷۲، ۱۷۷۳، ۱۷۷۴، ۱۷۷۵، ۱۷۷۶، ۱۷۷۷، ۱۷۷۸، ۱۷۷۹، ۱۷۸۰، ۱۷۸۱، ۱۷۸۲، ۱۷۸۳، ۱۷۸۴، ۱۷۸۵، ۱۷۸۶، ۱۷۸۷، ۱۷۸۸، ۱۷۸۹، ۱۷۹۰، ۱۷۹۱، ۱۷۹۲، ۱۷۹۳، ۱۷۹۴، ۱۷۹۵، ۱۷۹۶، ۱۷۹۷، ۱۷۹۸، ۱۷۹۹، ۱۸۰۰، ۱۸۰۱، ۱۸۰۲، ۱۸۰۳، ۱۸۰۴، ۱۸۰۵، ۱۸۰۶، ۱۸۰۷، ۱۸۰۸، ۱۸۰۹، ۱۸۱۰، ۱۸۱۱، ۱۸۱۲، ۱۸۱۳، ۱۸۱۴، ۱۸۱۵، ۱۸۱۶، ۱۸۱۷، ۱۸۱۸، ۱۸۱۹، ۱۸۲۰، ۱۸۲۱، ۱۸۲۲، ۱۸۲۳، ۱۸۲۴، ۱۸۲۵، ۱۸۲۶، ۱۸۲۷، ۱۸۲۸، ۱۸۲۹، ۱۸۳۰، ۱۸۳۱، ۱۸۳۲، ۱۸۳۳، ۱۸۳۴، ۱۸۳۵، ۱۸۳۶، ۱۸۳۷، ۱۸۳۸، ۱۸۳۹، ۱۸۴۰، ۱۸۴۱، ۱۸۴۲، ۱۸۴۳، ۱۸۴۴، ۱۸۴۵، ۱۸۴۶، ۱۸۴۷، ۱۸۴۸، ۱۸۴۹، ۱۸۵۰، ۱۸۵۱، ۱۸۵۲، ۱۸۵۳، ۱۸۵۴، ۱۸۵۵، ۱۸۵۶، ۱۸۵۷، ۱۸۵۸، ۱۸۵۹، ۱۸۶۰، ۱۸۶۱، ۱۸۶۲، ۱۸۶۳، ۱۸۶۴، ۱۸۶۵، ۱۸۶۶، ۱۸۶۷، ۱۸۶۸، ۱۸۶۹، ۱۸۷۰، ۱۸۷۱، ۱۸۷۲، ۱۸۷۳، ۱۸۷۴، ۱۸۷۵، ۱۸۷۶، ۱۸۷۷، ۱۸۷۸، ۱۸۷۹، ۱۸۸۰، ۱۸۸۱، ۱۸۸۲، ۱۸۸۳، ۱۸۸۴، ۱۸۸۵، ۱۸۸۶، ۱۸۸۷، ۱۸۸۸، ۱۸۸۹، ۱۸۹۰، ۱۸۹۱، ۱۸۹۲، ۱۸۹۳، ۱۸۹۴، ۱۸۹۵، ۱۸۹۶، ۱۸۹۷، ۱۸۹۸، ۱۸۹۹، ۱۹۰۰، ۱۹۰۱، ۱۹۰۲، ۱۹۰۳، ۱۹۰۴، ۱۹۰۵، ۱۹۰۶، ۱۹۰۷، ۱۹۰۸، ۱۹۰۹، ۱۹۱۰، ۱۹۱۱، ۱۹۱۲، ۱۹۱۳، ۱۹۱۴، ۱۹۱۵، ۱۹۱۶، ۱۹۱۷، ۱۹۱۸، ۱۹۱۹، ۱۹۲۰، ۱۹۲۱، ۱۹۲۲، ۱۹۲۳، ۱۹۲۴، ۱۹۲۵، ۱۹۲۶، ۱۹۲۷، ۱۹۲۸، ۱۹۲۹، ۱۹۳۰، ۱۹۳۱، ۱۹۳۲، ۱۹۳۳، ۱۹۳۴، ۱۹۳۵، ۱۹۳۶، ۱۹۳۷، ۱۹۳۸، ۱۹۳۹، ۱۹۴۰، ۱۹۴۱، ۱۹۴۲، ۱۹۴۳، ۱۹۴۴، ۱۹۴۵، ۱۹۴۶، ۱۹۴۷، ۱۹۴۸، ۱۹۴۹، ۱۹۵۰، ۱۹۵۱، ۱۹۵۲، ۱۹۵۳، ۱۹۵۴، ۱۹۵۵، ۱۹۵۶، ۱۹۵۷، ۱۹۵۸، ۱۹۵۹، ۱۹۶۰، ۱۹۶۱، ۱۹۶۲، ۱۹۶۳، ۱۹۶۴، ۱۹۶۵، ۱۹۶۶، ۱۹۶۷، ۱۹۶۸، ۱۹۶۹، ۱۹۷۰، ۱۹۷۱، ۱۹۷۲، ۱۹۷۳، ۱۹۷۴، ۱۹۷۵، ۱۹۷۶، ۱۹۷۷، ۱۹۷۸، ۱۹۷۹، ۱۹۸۰، ۱۹۸۱، ۱۹۸۲، ۱۹۸۳، ۱۹۸۴، ۱۹۸۵، ۱۹۸۶، ۱۹۸۷، ۱۹۸۸، ۱۹۸۹، ۱۹۹۰، ۱۹۹۱، ۱۹۹۲، ۱۹۹۳، ۱۹۹۴، ۱۹۹۵، ۱۹۹۶، ۱۹۹۷، ۱۹۹۸، ۱۹۹۹، ۲۰۰۰، ۲۰۰۱، ۲۰۰۲، ۲۰۰۳، ۲۰۰۴، ۲۰۰۵، ۲۰۰۶، ۲۰۰۷، ۲۰۰۸، ۲۰۰۹، ۲۰۱۰، ۲۰۱۱، ۲۰۱۲، ۲۰۱۳، ۲۰۱۴، ۲۰۱۵، ۲۰۱۶، ۲۰۱۷، ۲۰۱۸، ۲۰۱۹، ۲۰۲۰، ۲۰۲۱، ۲۰۲۲، ۲۰۲۳، ۲۰۲۴، ۲۰۲۵، ۲۰۲۶، ۲۰۲۷، ۲۰۲۸، ۲۰۲۹، ۲۰۳۰، ۲۰۳۱، ۲۰۳۲، ۲۰۳۳، ۲۰۳۴، ۲۰۳۵، ۲۰۳۶، ۲۰۳۷، ۲۰۳۸، ۲۰۳۹، ۲۰۴۰، ۲۰۴۱، ۲۰۴۲، ۲۰۴۳، ۲۰۴۴، ۲۰۴۵، ۲۰۴۶، ۲۰۴۷، ۲۰۴۸، ۲۰۴۹، ۲۰۵۰، ۲۰۵۱، ۲۰۵۲، ۲۰۵۳، ۲۰۵۴، ۲۰۵۵، ۲۰۵۶، ۲۰۵۷، ۲۰۵۸، ۲۰۵۹، ۲۰۶۰، ۲۰۶۱، ۲۰۶۲، ۲۰۶۳، ۲۰۶۴، ۲۰۶۵، ۲۰۶۶، ۲۰۶۷، ۲۰۶۸، ۲۰۶۹، ۲۰۷۰، ۲۰۷۱، ۲۰۷۲، ۲۰۷۳، ۲۰۷۴، ۲۰۷۵، ۲۰۷۶، ۲۰۷۷، ۲۰۷۸، ۲۰۷۹، ۲۰۸۰، ۲۰۸۱، ۲۰۸۲، ۲۰۸۳، ۲۰۸۴، ۲۰۸۵، ۲۰۸۶، ۲۰۸۷، ۲۰۸۸، ۲۰۸۹، ۲۰۹۰، ۲۰۹۱، ۲۰۹۲، ۲۰۹۳، ۲۰۹۴، ۲۰۹۵، ۲۰۹۶، ۲۰۹۷، ۲۰۹۸، ۲۰۹۹، ۲۱۰۰، ۲۱۰۱، ۲۱۰۲، ۲۱۰۳، ۲۱۰۴، ۲۱۰۵، ۲۱۰۶، ۲۱۰۷، ۲۱۰۸، ۲۱۰۹، ۲۱۱۰، ۲۱۱۱، ۲۱۱۲، ۲۱۱۳، ۲۱۱۴، ۲۱۱۵، ۲۱۱۶، ۲۱۱۷، ۲۱۱۸، ۲۱۱۹، ۲۱۲۰، ۲۱۲۱، ۲۱۲۲، ۲۱۲۳، ۲۱۲۴، ۲۱۲۵، ۲۱۲۶، ۲۱۲۷، ۲۱۲۸، ۲۱۲۹، ۲۱۳۰، ۲۱۳۱، ۲۱۳۲، ۲۱۳۳، ۲۱۳۴، ۲۱۳۵، ۲۱۳۶، ۲۱۳۷، ۲۱۳۸، ۲۱۳۹، ۲۱۴۰، ۲۱۴۱، ۲۱۴۲، ۲۱۴۳، ۲۱۴۴، ۲۱۴۵، ۲۱۴۶، ۲۱۴۷، ۲۱۴۸، ۲۱۴۹، ۲۱۵۰، ۲۱۵۱، ۲۱۵۲، ۲۱۵۳، ۲۱۵۴، ۲۱۵۵، ۲۱۵۶، ۲۱۵۷، ۲۱۵۸، ۲۱۵۹، ۲۱۶۰، ۲۱۶۱، ۲۱۶۲، ۲۱۶۳، ۲۱۶۴، ۲۱۶۵، ۲۱۶۶، ۲۱۶۷، ۲۱۶۸، ۲۱۶۹، ۲۱۷۰، ۲۱۷۱، ۲۱۷۲، ۲۱۷۳، ۲۱۷۴، ۲۱۷۵، ۲۱۷۶، ۲۱۷۷، ۲۱۷۸، ۲۱۷۹، ۲۱۸۰، ۲۱۸۱، ۲۱۸۲، ۲۱۸۳، ۲۱۸۴، ۲۱۸۵، ۲۱۸۶، ۲۱۸۷، ۲۱۸۸، ۲۱۸۹، ۲۱۹۰، ۲۱۹۱، ۲۱۹۲، ۲۱۹۳، ۲۱۹۴، ۲۱۹۵، ۲۱۹۶، ۲۱۹۷، ۲۱۹۸، ۲۱۹۹، ۲۲۰۰، ۲۲۰۱، ۲۲۰۲، ۲۲۰۳، ۲۲۰۴، ۲۲۰۵، ۲۲۰۶، ۲۲۰۷، ۲۲۰۸، ۲۲۰۹، ۲۲۱۰، ۲۲۱۱، ۲۲۱۲، ۲۲۱۳، ۲۲۱۴، ۲۲۱۵، ۲۲۱۶، ۲۲۱۷، ۲۲۱۸، ۲۲۱۹، ۲۲۲۰، ۲۲۲۱، ۲۲۲۲، ۲۲۲۳، ۲۲۲۴، ۲۲۲۵، ۲۲۲۶، ۲۲۲۷، ۲۲۲۸، ۲۲۲۹، ۲۲۳۰، ۲۲۳۱، ۲۲۳۲، ۲۲۳۳، ۲۲۳۴، ۲۲۳۵، ۲۲۳۶، ۲۲۳۷، ۲۲۳۸، ۲۲۳۹، ۲۲۴۰، ۲۲۴۱، ۲۲۴۲، ۲۲۴۳، ۲۲۴۴، ۲۲۴۵، ۲۲۴۶، ۲۲۴۷، ۲۲۴۸، ۲۲۴۹، ۲۲۵۰، ۲۲۵۱، ۲۲۵۲، ۲۲۵۳، ۲۲۵۴، ۲۲۵۵، ۲۲۵۶، ۲۲۵۷، ۲۲۵۸، ۲۲۵۹، ۲۲۶۰، ۲۲۶۱، ۲۲۶۲، ۲۲۶۳، ۲۲۶۴، ۲۲۶۵، ۲۲۶۶، ۲۲۶۷، ۲۲۶۸، ۲۲۶۹، ۲۲۷۰، ۲۲۷۱، ۲۲۷۲، ۲۲۷۳، ۲۲۷۴، ۲۲۷۵، ۲۲۷۶، ۲۲۷۷، ۲۲۷۸، ۲۲۷۹، ۲۲۸۰، ۲۲۸۱، ۲۲۸۲، ۲۲۸۳، ۲۲۸۴، ۲۲۸۵، ۲۲۸۶، ۲۲۸۷، ۲۲۸۸، ۲۲۸۹، ۲۲۹۰، ۲۲۹۱، ۲۲۹۲، ۲۲۹۳، ۲۲۹۴، ۲۲۹۵، ۲۲۹۶، ۲۲۹۷، ۲۲۹۸، ۲۲۹۹، ۲۳۰۰، ۲۳۰۱، ۲۳۰۲، ۲۳۰۳، ۲۳۰۴، ۲۳۰۵، ۲۳۰۶، ۲۳۰۷، ۲۳۰۸، ۲۳۰۹، ۲۳۱۰، ۲۳۱۱، ۲۳۱۲، ۲۳۱۳، ۲۳۱۴، ۲۳۱۵، ۲۳۱۶، ۲۳۱۷، ۲۳۱۸، ۲۳۱۹، ۲۳۲۰، ۲۳۲۱، ۲۳۲۲، ۲۳۲۳، ۲۳۲۴، ۲۳۲۵، ۲۳۲۶، ۲۳۲۷، ۲۳۲۸، ۲۳۲۹، ۲۳۳۰، ۲۳۳۱، ۲۳۳۲، ۲۳۳۳، ۲۳۳۴، ۲۳۳۵، ۲۳۳۶، ۲۳۳۷، ۲۳۳۸، ۲۳۳۹، ۲۳۴۰، ۲۳۴۱، ۲۳۴۲، ۲۳۴۳، ۲۳۴۴، ۲۳۴۵، ۲۳۴۶، ۲۳۴۷، ۲۳۴۸، ۲۳۴۹، ۲۳۵۰، ۲۳۵۱، ۲۳۵۲، ۲۳۵۳، ۲۳۵۴، ۲۳۵۵، ۲۳۵۶، ۲۳۵۷، ۲۳۵۸، ۲۳۵۹، ۲۳۶۰، ۲۳۶۱، ۲۳۶۲، ۲۳۶۳، ۲۳۶۴، ۲۳۶۵، ۲۳۶۶، ۲۳۶۷، ۲۳۶۸، ۲۳۶۹، ۲۳۷۰، ۲۳۷۱، ۲۳۷۲، ۲۳۷۳، ۲۳۷۴، ۲۳۷۵، ۲۳۷۶،

- 14) Bahat, S. (2003). Rural industrialization through small enterprises. Paper presented at the WASME 14th International Conference.
- 15) Daniali, T. (2018). Challenges of Sustainable Development Using Information and Communication Technology (ICT) (Case Study: Villages in Saveh County), Geography (Scientific Quarterly of the Iranian Geographical Association), 16(58), 201-213. [Persian]. https://mag.iga.ir/article_253453.html
- 16) Drastikal, P. (2003). Participatory Evaluation of Rural Communications: A New Approach to Research and Design of Communications for Development Programs and Strategies (Translated by Ebrahim Mardani Beladachi), Tehran: Ministry of Jihad-e-Sazandegi. [Persian].
- 17) Estelaaji, A. & Hatefi, A. (2016). The Role of Information and Communication Technology in the Development of Tourism in Ardabil Province, Geography (Scientific Quarterly of the Iranian Geographical Association), 14(50), 193-211. [Persian]. https://mag.iga.ir/article_700864.html
- 18) Eimani, B. & Abdollahi, M. (2021). The Impact of Information and Communication Technology on the Psychological Empowerment of Rural Farmers (Case Study: Villages in the Central District of Kuhdasht County), Geography (Scientific Quarterly of the Iranian Geographical Association), 19(68), 219-231. [Persian]. https://mag.iga.ir/article_245439.html
- 19) Gelb, E. M. (1999). Adoption of IT by farmers—does it reflect the potential benefit? In Proceedings of the Second European Conference of the European Federation for Information Technology in Agriculture, Food and the Environment (pp. not specified). Bonn, Germany.
- 20) Gouvea, R., Kapelianis, D. & Kassicieh, S. (2018). Assessing the nexus of sustainability and information & communications technology. Technological Forecasting and Social Change, 131(3), 39-44. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2018.01.001>
- 21) Sanjari, Saleh, 2016. Study of the trend of land use changes in Bam region, Journal of Land Management, 4(1), pp. 31-21. [Persian]. https://lmj.areeo.ac.ir/article_107014.html
- 22) Sirat, Mohammad Karim, Gomarki, Masoumeh. (2023). Investigating land use changes in Herat city using satellite images between 2015 and 2022. Iranian Journal of Remote Sensing and GIS..1192 [Persian]. https://gisj.sbu.ac.ir/article_104238.html 10.48308/gisj.2024.234087.1192
- 23) Seif al-Dini, Frank, Panahandeh Khah, Musa, (2018). Evolution of theories and perspectives in land use planning with emphasis on sustainable development, Sepehr Quarterly, pp. 24-19. [Persian]. https://www.sepehr.org/article_27447.html 20.1001.1.25883860.1387.17.68.4.2
- 24) Taheri, Forouzan, Rahnama, Mohammad Rahim, Kharazmi, Omid Ali, Khakpour, Barat Ali. (2018). Investigating and predicting land use changes using multi-temporal satellite data of 20. Shandiz city (during 2010-2015). Journal of Geography and Development, 16(50), 127-142. [Persian]. https://gdij.usb.ac.ir/article_3563.html 10.22111/gdij.2018.3563