



## **Projection of Urban Growth Impact on Cultural Ecosystem Services in Golestan Province**

**Document Type**  
Research Paper

**Received**  
2020/04/07

**Accepted**  
2025/06/02

**Maryam Kabiri Hendi<sup>1\*</sup>, Seyed Hamed Mirkarimi<sup>2</sup>, Abdolrassoul Salmanmahiny<sup>3</sup>**

1. PhD of environmental sciences, Dept. of Environmental Sci.- Gorgan Univ. of Agricultural Sciences & Natural Resources, Iran
2. Associate Prof., Dept. of Environmental Sci.- Gorgan Univ. of Agricultural Sciences & Natural Resources, Iran
3. Professor. Dept. of Environmental Sci.- Gorgan Univ. of Agricultural Sciences & Natural Resources, Iran



DOI: <http://doi.org/10.22034/eiap.2025.229954>

### **Absract**

This study aims to project the impact of urban growth on cultural services and identify the preferred scenario that could protect these services in Golestan Province. For this purpose, at first, the cultural services map produced by spatial multi-criteria evaluation. Then, the urban growth of the study area projected up to the year 2035 through the SLEUTH model under historical (1st), compact (2nd) and environmental providing cultural services conservation (3rd) scenarios. Cultural services evaluation showed that the services were mostly located in the central part of the province. According to the model, the total urban growth extent in the first scenario is 21197 ha. By changing the model coefficients, the growth extent in the second and third scenarios decreased to 21175 and 19691 ha. Urban extent, which occurred in cultural services zones, was 1387, 1425 and 917 ha under the first, second, and third scenario. Thus, the third scenario has decreased the total urban extent by 1488 and 1506 ha, compared to the first and second scenarios. Under the third scenario urban growth extent in cultural services zones, was 931 and 1161 ha less than those resulted by the first and second scenarios. Findings showed that urban growth had the most negative impact on aesthetics service. The largest and smallest urban growth in aesthetic zones happened under the third scenario (480 ha) and the second scenario (618 ha), respectively. Results of this study denote that a combination of the SLEUTH model and multi-criteria evaluation can inform decision-makers and planners of urban growth impacts on ecosystem services.

**Keywords:** Cultural ecosystem services, Multi-criteria evaluation, Urban growth, SLEUTH model, Scenario.

\* Corresponding author:

Email: [m\\_kabiri83@yahoo.com](mailto:m_kabiri83@yahoo.com)

## Introduction

Urban areas tend to have the fastest growth rate among different land uses and these areas currently encompass approximately 4 percent of the land's surfaces (Radford & James, 2013). Urban growth directly leads to the loss of natural habitat and ecosystem services through increased impervious surfaces and land cover changes. Urban growth also indirectly affects ecosystem services by altering biogeochemical cycles process. Therefore, assessing the impacts of urban growth on ecosystem services has become an important and urgent task for better understanding urban ecology and achieving urban sustainability (Zhang et al. 2017). Numerous studies confirm that urban growth leads to the simultaneous loss of regulating, productive, and supporting ecosystem services (Song et al., 2022). While the impact of urban growth on various ecosystem services has been extensively studied, research on its effect on cultural services is relatively less explored. Cultural ecosystem services are non-material benefits people obtain from nature, including spiritual enrichment, cognitive development, reflection, recreation, and aesthetic experiences (MEA, 2005). Today, there is a growing demand for cultural ecosystem services (CES) in urban areas, which is putting pressure on the areas that provide these services in the vicinity of cities (Tobias, 2013). Therefore, prediction of urban growth on cultural ecosystem services distribution areas is crucial for the conservation and exploitation planning of these services. In this regard, current paper aims to predict urban growth on cultural services and identify a preferred scenario for protecting these services in Golestan province.

## Methodology

Golestan province with an area of 20,893 km<sup>2</sup>, lies between 36°30' N–38°08' N and 53°57' E–56°22' E. This province consists of 14 townships, 27 towns, 27 parts, 60 villages, 1006 residential areas, and 47 nonresidential areas. Golestan has over 350 natural attractions and 1100 historical monuments (Sharbati, 2015). Moreover, there is considerable cultural diversity in Golestan due to the existence of different ethnic groups (Shahkoui, 2011).

This research includes two main steps: first, mapping cultural ecosystem services and, second developing urban growth scenarios. To map ecosystem services Multi criteria Decision Making (MCDM) method was used. To identify criteria for assessing cultural services a literature review was conducted. Subsequently, the criteria were screened and weighted using Delphi technique. Then, to create map layers a set of relevant indices were identified for each criterion. Later, Arc GIS 10.4 and IDRISI Selva were used to develop the criteria map. After standardizing layers, they were weighted through Analytical Hierarchy Process. Finally, these layers were combined using Weighted Linear Combination Method (Kabiri hendi et al., 2020).

The second step of the study focus on simulating and predicting urban growth scenario using the SLEUTH urban growth model. The SLEUTH model workflow involves 3 steps as follow:

1. Input data preparation: preparing required data is the first step of running model. Input data in this study include: 4 years of urban extent layers (1986, 2000, 2010 and 2018), 3 years of roads network layers (1986, 2010 and 2018), slope layer, excluded layers and hill shade layer.
2. Model calibration: The purpose of model calibration is to find the optimal values for the five growth control parameters including: coefficients of diffusion, breed and spread, slope resistance, and road gravity, with historical urban extent data and land use/cover as the reference (Saulawa al., 2023).
3. Model prediction: prediction as the final step of SLEUTH model, focuses on projecting future urban development by simulating the impacts of different growth scenarios based on current urban patterns (Abedini & Azizi, 2016). This study used two methods to develop future scenarios: assigning different values to excluded areas layer and changing model coefficients. To predict urban growth by 2035, three scenarios were developed: historical (1st), compact (2nd) and environmental aiming to preserve cultural services conservation (3rd).

## Results and discussion

According to the Delphi method results aesthetic, educational, heritage, inspirational, sense of place, recreational and spiritual aspects of cultural services gained the highest percentage and degree importance, respectively. Cultural services evaluation results showed that these services were mostly located in the central part of the province.

Model calibration was implemented in three phases; coarse, fine and final (Sharma et al., 2025). In model calibration, after each stage, results are sorted based on the optimal model value, which is then used to determine the next set of coefficients for subsequent stages (Saulawa al., 2023). Table (1) shows the results of calibration phases. Following the calibration phase, an averaging stage was performed to refine the coefficient values employed in the prediction phase. In the prediction phase of the SLEUTH model, urban growth for Golestan province was simulated from 2018 to 2035 using a single run with 150 iterations. A low diffusion coefficient, as indicated by the prediction phase results, signifies a slow rate of urban development. Therefore, it seems urban expansion occurs most significantly and densely around existing urban centers (Rafiee et al., 2009). The low birth value, indicates

that that while existing urban areas will likely continue to grow, the formation of entirely new settlements will be less probable (Abedini & Azizi, 2016). A higher spreading coefficient compared to the breed coefficient generally indicates a tendency for urban growth to occur at the edges of existing urban areas (Salmanmahiny & Gholamalifard, 2011). A very low slope coefficient value suggests that the topography did not significantly restrict urban growth in the province. The high road attraction value coefficient highlights the significant influence of road networks, especially main roads, on urban growth (Abedini & Azizi, 2016). A previous study using the SLEUTH urban growth model in Gorgan city, has mentioned the potential for expanding existing urban areas (Salmanmahiny & Gholamalifard, 2011). Other studies have also highlighted the substantial influence of road networks on urban development in other parts of the Golestan province (Rasouli et al., 2016; Saieidi et al., 2017). The finding, that topography has a slight influence on urban growth in the present study, is consistent with previous researches conducted in Gorgan city (Salmanmahiny & Gholamalifard, 2011; Salmanmahiny & Clarke, 2013; Sakieh et al., 2015).

**Table (1). The result of calibration phases**

Coefficient	Coarse calibration 312 Run Montcarlo:5		Fine calibration 6600 Run Montcarlo:8		Final calibration 720 Run Montcarlo:10		Result
	Range	Increment	Range	Increment	Range	Increment	
Diffusion	0-100	25	1-10	5	1-3	1	1
Breed	0-100	25	1-25	5	6-12	3	9
Spread	0-100	25	25-50	5	34-43	3	34
Slope resistance	0-100	25	1-50	5	1-7	2	3
Road gravity	0-100	25	25-75	5	64-76	3	73

Coefficients derived from the prediction stage were used to create a historical growth scenario. In this scenario, there is no constraints on urban growth, except for excluded areas such as existing urban areas and water bodies (Nigussie & Altunkaynak, 2017). Then, the compact urban growth scenario was developed by adjusting model coefficients to limit urban expansion and mitigate environmental damage. Subsequently, the environmental scenario aiming to conserve cultural services was created to guide urban growth based on ecological considerations. In this scenario cultural services map was included into excluded layer and coefficient values were changed. The coefficients values of the three scenarios are given in table (2).

**Table (2). The coefficients of prediction phase**

Coefficients	Historical Growth Scenario	Compact Growth Scenario	Environmental Growth Scenario
Diffusion	1	1	1
Breed	9	3	3
Spreed	34	44	44
Slope resistance	3	3	53
Road gravity	73	53	35

According to the model, the total urban growth extent in the historical growth scenario is 21197 hectares. Under compact and environmental scenarios, the urban growth extent is projected to decrease to 21,175 and 19,691 hectares, respectively. Therefore, the environmental scenario shows a reduction in total urban area compared to both historical and compact development scenarios, with decreases of 1488 and 1506 hectares, respectively. Under historical, compact, and environmental scenarios, the urban growth extents within cultural services zones were 1387, 1425, and 917 hectares respectively. Thus, the environmental scenario resulted in 931 and 1161 fewer hectares of urban growth within cultural services zones compared to the historical and compact scenarios, respectively. Under the environmental growth scenario, urban development in cultural service areas is projected to be 470 hectares less than the historical growth scenario and 508 hectares less than the compact growth scenario. The results indicate that the environmental growth is a suitable scenario for Golestan province as it leads to fewer urban patches. Moreover, this scenario restricts urban expansion within cultural services zones and steep slope area.

## Conclusion

Urban expansion and land use changes are indeed major drivers of spatial pattern transformation impacting on ecosystem services provision (Lyu et al., 2019). Therefore, integrating ecosystem services into urban development planning is crucial to mitigate the negative impacts of urban expansion and ensure the benefits that ecosystems provide. While the impact of urban growth on regulating, supporting, and provisioning ecosystem services is frequently studied; cultural ecosystem services (CES) often receive less research attention. Ignoring cultural ecosystem services (CES) in urban planning, especially in rapidly urbanizing areas, creates uncertainty about their future provision. Thus, Planners and managers need to understand the significance of cultural ecosystem services and the negative impact of urban growth on them. In this regard, ecosystem service mapping methods and urban growth models can be used (Zhang et al. 2017; Xie et al. 2018). The results of this study denote that a combination of the SLEUTH model and multi-criteria evaluation can inform decision-makers and planners of urban growth impacts on ecosystem services.

## References

- Abedini, A., & Azizi, P. 2016. Prediction of future urban growth scenarios using SLEUTH model (Case study: Urmia city, Iran). *Int. J. Architect. Eng, Urban Plan*, 26(2): 161-172.
- Kabiri Hendi, M.; Mirkarimi, S.H. & Salmanmahiny, A. 2020. Cultural ecosystem services assessment in Golestan Province. *Journal of Environmental Sciences Studies*. 5 (2), 2560-2568. (in Persian)
- Lyu, R., Zhang, J. and Xu, M.2018. Integrating ecosystem services evaluation and landscape pattern analysis into urban planning based on scenario prediction and regression model. *Chinese journal of population resources and environment*, 1491201: 1-16.
- Nigussie, T.A. & Altunkaynak, A. 2017. Modeling urbanization of Istanbul under different scenarios using SLEUTH urban growth model. *Urban plann. dev*,14 (32): pp. 1-14.
- Radford,K.G. & James, P. 2013. Changes in the value of ecosystem services along a rural–urban gradient:A case study of Greater Manchester, UK. *Landscape and urban planning*, 109: 117– 127.
- Rafiee, R., Salmanmahiny, A., Khorasani, N., Darvishsefat, A. A. & Danekar, A. 2009. Simulating urban growth in Mashad City, Iran through the SLEUTH model (UGM). *Cities*, (26): 19–26.
- Salmanmahiny, A. & Gholamalifard, M. 2011. Linking SLEUTH urban growth modeling to multi criteria evaluation for a dynamic allocation of sites to landfill. In: Murgante, B., Gervasi, O., Iglesias, A., Tanir, D. And Apduhan, B.O. (ED.) *Computational science and its Applications* (pp.32-43). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Saulawa, U.A., Ibrahim, Y., & Bello, A. 2024. Assessing the suitability of the SLEUTH cellular automata model for capturing heterogeneous urban growth in developing cities: A case study in Northern Nigeria. *Heliyon*. 22;10(17): e36504. doi: 10.1016/j.heliyon. 2024.e36504. PMID: 39281532; PMCID: PMC11399587.
- Shahkoubi, E. 2011. Investigating the Role of Climate in Tourism Planning in Golestan Province. *Scientific-Research Quarterly of Geographical Data (SEPEHR)*.20(79): 52-57.
- Sharbati, A. 2015. Investigating the Contribution of Tourism to Economic Development in Golestan Province. *Geographical Planning of Space* 15(5): 41-58. (in Persian)
- Sharma, A., Bisht, H., Nikam, B.R. & Bagri, D.S. 2025. Predicting and simulating urban expansion patterns in the Asan watershed, Uttarakhand, India using the SLEUTH model for sustainable land management. *Discov Cities* 2, 37.
- Song, S., He, C., Liu, Z. & Qi, T. 2020. Evaluating the influences of urban expansion on multiple ecosystem services in drylands. *Landsc Ecol* 37: 2783–2802.
- Xie, W., Huang, Q., Chunyang, X. & Xue, Z. 2018. Projecting the impacts of urban expansion on simultaneous losses of ecosystem services: A case study in Beijing, China. *Ecological Indicators*, 84: 183–193.
- Zhang, D., Huang, Q. He, C., & Wu, J. 2017. Impacts of urban expansion on ecosystem services in the Beijing-Tianjin- Hebei urban agglomeration, China: A scenario analysis based on the Shared Socioeconomic Pathways. *Resources, Conservation & Recycling* 125: 115–130.

## پیش‌بینی اثر رشد شهری بر خدمات فرهنگی اکوسیستم در استان گلستان

مریم کبیری هندی<sup>۱</sup>، سیدحامد میر کریمی<sup>۲</sup>، عبدالرسول سلمان ماهینی<sup>۳</sup>

۱. دکتری ارزیابی و آمایش سرزمین، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان ایران
۲. دانشیار گروه محیط‌زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران
۳. استاد گروه محیط‌زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۴/۰۳/۱۲

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۹/۰۹/۲۴

### چکیده

هدف این پژوهش پیش‌بینی اثر رشد شهری بر خدمات فرهنگی و شناسایی سناریوی ترجیحی برای حفاظت از این خدمات در استان گلستان است. برای این منظور، نخست نقشه خدمات فرهنگی با روش تصمیم‌گیری چند معیاره تولید شد. سپس، رشد شهری منطقه مورد مطالعه از طریق مدل SLEUTH تا سال ۲۰۳۵ تحت سناریوهای تاریخی (اول)، فشرده (دوم) و محیط‌زیستی با هدف حفظ خدمات فرهنگی (سوم) پیش‌بینی شد. ارزیابی خدمات فرهنگی نشان داد که آن‌ها بیشتر در قسمت مرکزی استان قرار دارند. طبق نتایج مدل، وسعت کل رشد شهری در سناریوی اول ۲۱۱۹۷ هکتار است. با تغییر ضرایب مدل، رشد شهری در سناریوی دوم و سوم به ۲۱۱۷۵ و ۱۹۶۹۱ هکتار کاهش پیدا کرد. وسعت رشد شهری که در پهنه‌های خدمات فرهنگی رخ داد تحت سناریوی های اول، دوم و سوم به ترتیب ۱۳۸۷، ۱۴۲۵ و ۹۱۶ هکتار بود. به این ترتیب، سناریوی سوم در مقایسه با دو سناریوی دیگر رشد کلی شهر را به میزان ۱۴۸۴ و ۱۵۰۶ هکتار کاهش داد. تحت سناریوی سوم وسعت رشد شهری که در پهنه‌های خدمات فرهنگی رخ داد ۹۳۱ و ۱۱۶۱ هکتار کمتر از سناریوهای اول و دوم بود. علاوه‌براین، یافته‌ها نشان داد که رشد شهری بیشترین اثر را بر خدمات زیبایی‌شناسی دارد. کمترین و بیشترین رشد شهری در پهنه‌های زیبایی‌شناختی به ترتیب تحت سناریوهای سوم (۵۹۰ هکتار) و دوم (۶۱۸ هکتار) اتفاق افتاد. نتایج این پژوهش حاکی از آن است که تلفیق روش ارزیابی چند معیاره و مدل SLEUTH می‌تواند تصمیم‌گیران و برنامه‌ریزان را از اثر رشد شهری بر خدمات اکوسیستم آگاه سازد.

**کلیدواژه‌ها:** خدمات فرهنگی اکوسیستم، ارزیابی چندمعیاره، رشد شهری، مدل SLEUTH، سناریو.

## سرآغاز

خدمات اکوسیستم منافع ارزشمندی هستند که یک محیط طبیعی به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم برای انسان فراهم می‌آورد و از این طریق در آسایش و شکوفایی اقتصادی او نقش مستقیم دارد. بر اساس طبقه‌بندی ارزیابی اکوسیستم هزاره، این خدمات در چهار طبقه تولیدی، تنظیمی، حمایتی و فرهنگی تقسیم‌بندی شده‌اند (MEA, 2005). عرضه خدمات اکوسیستم به‌صورت مستقیم تحت تأثیر کاربری سرزمین قرار دارد (Cabral et al. 2015). در میان کاربری‌های مختلف سرزمین محیط‌های شهری از سریع‌ترین نرخ رشد برخوردار هستند و هم‌اکنون تقریباً چهار درصد از سطح خشکی‌های سطح کره‌زمین را در بر گرفته‌اند (Radfor & James, 2013). رشد شهری با از بین بردن پوشش اراضی و افزایش سطوح نفوذ ناپذیر به صورت مستقیم موجب نابودی مقدار قابل توجهی از زیستگاه‌های طبیعی و خدمات اکوسیستم می‌شود. رشد شهری به‌صورت غیرمستقیم نیز با تغییر فرایندهای چرخه‌های زیست‌زمین‌شیمیایی بر خدمات اکوسیستم اثر می‌گذارد (Zhang et al. 2017). بنابراین بررسی اثر رشد شهری بر خدمات اکوسیستم به موضوعی مهم و ضروری برای درک بهتر بوم‌شناسی شهر و دستیابی به پایداری و توسعه پایدار در نواحی تبدیل شده است. ارزیابی و پیش‌بینی وضعیت کنونی و آینده خدمات اکوسیستم بر اساس سناریوهای مختلف می‌تواند به تصمیم‌گیران در خصوص اتخاذ اقدامات موثر به شیوه‌ای آگاهانه‌تر برای مقابله با مسایل محیط‌زیستی یاری رساند (Mohammadyari et al., 2023). مطالعات مختلف نشان داده است که رشد شهری تاکنون موجب نابودی هم‌زمان خدمات تنظیمی، تولیدی و حمایتی شده است (Song et al., 2022). با این حال، اثر رشد شهرها بر خدمات فرهنگی اکوسیستم که موضوع نوشتار حاضر نیز است، کمتر مورد مطالعه قرار گرفته است. این خدمات منافع غیرمادی هستند که مردم از طریق برقراری ارتباط مستقیم با طبیعت به‌واسطه اغنای معنوی، رشد شناختی، تفکر، تفریح و تجربیات زیبایی‌شناختی به دست می‌آورند (MEA, 2005). خدمات فرهنگی در کشورهای در حال توسعه برای حفظ هویت و حتی بقا افراد ضروری به شمار می‌روند. بر اساس پژوهش‌های صورت گرفته، جوامع صنعتی نیز به دلیل خاصیت درمانی و منافع تفریحی ارزش زیادی برای خدمات فرهنگی قایل هستند (Milcu et al., 2013). امروزه میزان تقاضا برای خدمات فرهنگی به‌ویژه در مناطق شهری رو به افزایش است

و این تقاضا فشار زیادی را بر نقاط عرضه‌کننده آن‌ها در مجاور شهرها وارد می‌کند (Tobias, 2013). بنابراین، پیش‌بینی اثر رشد شهری بر نواحی پراکنش خدمات فرهنگی به منظور برنامه‌ریزی برای حفاظت و بهره‌وری آن‌ها در آینده ضروری به نظر می‌رسد. مطالعات حاکی از آن است که ترکیب روش‌های نقشه‌سازی خدمات اکوسیستم با مدل رشد شهری، رویکردی کاربردی را برای آشکار ساختن اثرات رشد شهری بر نابودی هم‌زمان خدمات اکوسیستم در اختیار قرار می‌دهد. (Xie et al., 2018) نقشه‌سازی خدمات می‌تواند به‌منظور شناسایی نواحی با اهمیت برای حفاظت و بهره‌برداری پایدار در برنامه‌ریزی سیمای سرزمین مورد استفاده قرار گیرد (Hashimoto et al., 2015). رویکردهای مختلفی برای نقشه‌سازی خدمات اکوسیستم وجود دارد که برخی از آن‌ها عبارتند از: (Palomo et al., 2017; Dunford et al., 2017; Xiong et al., 2023) افزونه‌های تحلیلی موجود در بسته‌های سامانه اطلاعات جغرافیایی؛ مدل‌های بیوفیزیکی (مدل‌های هیدرولوژیکی مانند ابزار ارزیابی خاک و آب)، مدل‌های ارزیابی یکپارچه خدمات اکوسیستم (مانند InVest، Solves و ARIES) و مدل‌هایی برای کمک به تصمیم‌گیری (مانند تصمیم‌گیری چندمعیاره، نقشه‌سازی مشارکتی با ذی‌نفعان و شبکه بیزین). با این حال، نوع خدمت مورد مطالعه رویکرد یا ابزار مورد استفاده را مشخص می‌کند (Palomo et al., 2017). در این مطالعه برای ارزیابی خدمات فرهنگی از تصمیم‌گیری چندمعیاره استفاده شده است که یکی از متداول‌ترین روش‌های به کار رفته در مدیریت منابع طبیعی و آمایش سرزمین به‌شمار می‌رود (García Márquez et al., 2017). از تصمیم‌گیری چندمعیاره در مطالعات ارزیابی و نقشه‌سازی خدمات اکوسیستم نیز استفاده شده است (Saeidi et al., 2014; Gravagnuolo, 2016; García Márquez et al., 2017; Langemeyer et al., 2018; Brzoska et al., 2021). مدل‌های رشد شهری می‌توانند گسترش شهرها را در مقیاس‌های مختلف شبیه‌سازی نمایند (Xie et al., 2018). طی سه دهه اخیر مدل‌های شبیه‌سازی و پیش‌بینی‌کننده مبتنی بر سناریو نقش مهمی در ارزیابی خطمشی‌ها و راهبردهای رشد شهری ایفا کرده‌اند (Lyu et al., 2019). سناریوهای حاصل از این مدل‌ها می‌توانند نمایش مکانی از چگونگی رشد شهری و تغییرات سیمای سرزمین فراهم آورند (Villarreal et al., 2013). سیاست‌گذاران در راستای پشتیبانی از آمایش سرزمین با استفاده از

گسترش شهری و تغییر کاربری از مدل SLEUTH استفاده کردند. در این مقاله ۴ سناریو طی سال‌های ۲۰۱۵ تا ۲۰۳۵ تعیین شد. هدف از مطالعه حاضر بررسی اثر رشد شهری بر خدمات فرهنگی اکوسیستم و شناسایی سناریوی ترجیحی برای حفظ این خدمات با استفاده از مدل SLEUTH در استان گلستان است. بررسی‌ها نشان می‌دهد که شهرنشینی در این استان طی سال‌های ۱۳۶۵ تا ۱۳۹۵ افزایش یافته است. مطالعات آمایش سرزمین در استان گلستان نیز حاکی از آن است که تمرکز عمده جمعیت در بخش میانی استان قرار دارد. آثار منفی محیط‌زیستی استقرار جمعیت بر منابع آب و خاک و قرار گرفتن این مناطق در حوزه‌های زلزله‌خیز، کمبود منابع آبی و سایر مشکلات طبیعی موجب شده است تا ضرورت مکانیابی مناطق جدید برای استقرار جمعیت مورد توجه قرار گیرد (Management and Planning Organization of Golestan Province, 2017). با این حال قسمت‌های جنوبی استان گلستان برای استقرار جمعیت مناسب نیستند و محدوده شهرهای گرگان و علی‌آباد نیز به دلیل زلزله‌خیز بودن امکان توسعه بیشتر را ندارند. قلمروهای شمال و شمال‌شرقی این استان نیز امکانات لازم برای استقرار جمعیت را ندارند و نیازمند ایجاد زیرساخت‌های بیشتر هستند (Management and Planning Organization of Golestan Province, 2019). در مطالعات آمایش سرزمین مجموع وسعت لکه‌های مناسب برای رشد شهری در استان گلستان ۸۲۱۳ هکتار برآورد شده است و سناریوهایی برای توسعه شهری تا سال ۱۴۱۴ ارائه شده است که عبارتند از (Management and Planning Organization of Golestan Province, 2017): ۱. ادامه وضع موجود، توسعه در پیرامون شهرهای بزرگ، ۲. جلوگیری از توسعه شهرهای بزرگ و اجازه رشد به شهرهای کوچکتر در پیرامون آن‌ها، ۳. توسعه شهرهای جدید دور از شهرهای موجود، ۴. توسعه شهرهای جدید نزدیک شهرهای کوچک، ۵. توسعه شهرهای جدید نزدیک شهرهای بزرگ و ۶. توسعه شهرها به شکل عمودی. در این راستا مطالعه حاضر نیز تلاش کرده است تا با سناریوهایی وضعیت توسعه شهری استان را براساس روند تاریخی رشد آن پیش‌بینی کند و در ادامه به بررسی اثر هر یک از این سناریوها بر خدمات فرهنگی بپردازد.

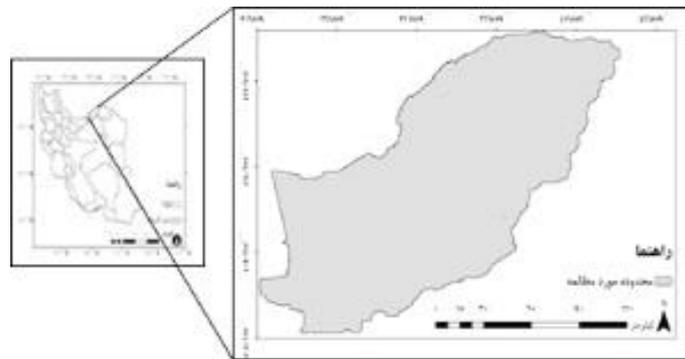
این مدل‌ها می‌توانند سناریوهای مختلف مرتبط با رشد شهری و کاربری اراضی را بررسی کنند و اثرات مختلف حاصل از آن‌ها را مورد ارزیابی قرار دهند (Hua et al., 2014). تاکنون مدل‌های تحلیلی و ایستای<sup>(۱)</sup> مختلفی مبتنی بر فرضیات گوناگون ایجاد شده است. اما این مدل‌ها بیشتر برای تشریح گسترش و الگوهای تحول شهر توسعه یافته‌اند و چندان به پیش‌بینی رشد آتی آن نمی‌پردازند. رویکرد مدل‌سازی پویا برای درک پیامدهای مکانی رشد شهری مناسب‌تر هستند. مدل‌های پویای شهری توانایی زیادی برای ارزیابی رشد آینده شهر و ایجاد سناریوهای برنامه‌ریزی دارند (Abedini & Azizi, 2016). در این میان شبکه خودکار به دلیل انعطاف‌پذیری، سهولت استفاده، امکان وارد کردن ابعاد زمانی و مکانی فرایند رشد شهری و همچنین وجود رابطه نزدیک با سامانه اطلاعات جغرافیایی و سنجش‌ازدور یکی از بهترین مدل‌های پویا به شمار می‌رود (Saulawa et al., 2024). شبکه خودکار شامل مدل‌هایی مانند SLEUTH، مدل نظام چندعامله - شبکه خودکار<sup>(۲)</sup>، مارکوف و غیره است (Hua et al., 2014). در این میان SLEUTH به دلیل سهولت اجرا، نیاز به داده‌های ورودی کمتر و ارائه سناریوهای مختلف مورد توجه قرار گرفته است (Goodarzi et al. 2017). مدل SLEUTH برای بررسی اثر رشد شهری بر خدمات اکوسیستم نیز توسط برخی از پژوهشگران مورد استفاده قرار گرفته است که عبارتند از: Saeidi و همکاران (۲۰۱۷) اثر رشد شهری بر زیبایی‌شناسی را در شهر گرگان بررسی کردند. در این مطالعه با استفاده از مدل SLEUTH سه سناریو برای رشد شهری در نظر گرفته شد. Norman و همکاران (۲۰۱۰) ساختار ارزیابی چند معیاره مبتنی بر سناریو را به‌منظور بهبود تخصیص منابع آبی و مدیریت اراضی برای یکی از آبخیزهای آمریکا تدوین کردند. نویسندگان در بخشی از پژوهش خود، اثر رشد شهری و تغییر کاربری اراضی بر دو خدمت اکوسیستم شامل فراهم‌آوری آب و زیستگاه را با استفاده از مدل SLEUTH در قالب دو سناریو تا سال ۲۰۵۰ پیش‌بینی کردند. Shi و همکاران (۲۰۱۷) به‌منظور شبیه‌سازی و پیش‌بینی گسترش شهری بر ارزش خدمات بوم‌شناختی در شهر شانگهای از مدل SLEUTH استفاده کردند. نویسندگان رشد شهری را تحت دو سناریو تا سال ۲۰۲۰ بررسی کردند. Lyu و همکاران (۲۰۱۹) در مقاله‌ای اثرات رشد شهری و تغییر کاربری اراضی بر ذخیره کربن منطقه‌ای را در یکی از شهرهای چین ارزیابی کردند. نویسندگان برای بررسی اثرات

## روش تحقیق

## محدوده و قلمروی مورد مطالعه

استان گلستان طبق شکل (۱) بین ۳۶ درجه و ۲۴ دقیقه تا ۳۸ درجه و ۵ دقیقه عرض شمالی تا ۵۳ درجه و ۵۱ دقیقه تا ۵۶ درجه و ۱۴ دقیقه طول شرقی از نصف‌النهار گرینویچ واقع شده است و ۱/۳ درصد مساحت کل کشور را تشکیل می‌دهد (Sharbati, 2015). طبق آخرین تقسیمات کشوری این استان دارای ۱۴ شهرستان، ۲۷ بخش، ۳۰ شهر، ۶۰ دهستان و ۹۹۶ آبادی دارای سکنه است (Management and Planning Organization of Golestan Province, 2015). استان گلستان از جاذبه‌های طبیعی متنوع و ارزشمندی برخوردار است و از این لحاظ یکی از

قطب‌های طبیعت‌گردی در شمال کشور به‌شمار می‌رود. این استان به‌عنوان بخشی از سرزمین پهناور ایران، از نظر تاریخی سابقه‌ای درخشان دارد. استان بزرگ‌ترین و آبادترین سرزمین در شمال کشور در سده‌های اسلامی و قبل از آن بوده است. سابقه تمدن آن با توجه به کاوش‌های باستان‌شناسی به حدود ۶ هزار سال قبل برمی‌گردد (Sharbati, 2015). در این محدوده جغرافیایی بیش از ۱۱۰۰ اثر و یادمان تاریخی وجود دارد (Sharbati, 2015). استان گلستان به‌واسطه سکونت اقوام مختلف فارس، بلوچ، کرد، ترک، ترکمن و قزاق از تنوع قومی و فرهنگی خاصی نیز برخوردار است (Shahkoubi, 2011).



شکل (۱): موقعیت منطقه مورد مطالعه

لایه‌های مکانی اعمال شد. در انتها، لایه‌های مکانی پس از استانداردسازی با منطق فازی، به کمک روش ترکیب خطی وزن‌دار با یکدیگر ادغام شدند (Kabiri Hendi et al., 2020).

**شبیه‌سازی رشد شهری:** به‌منظور تدوین سناریوهای رشد شهری تا سال ۲۰۳۵ از مدل SLEUTH استفاده شد که شامل مراحل زیر بود:

۱- **آماده‌سازی داده‌ها:** در مرحله نخست داده‌های مورد نیاز مدل به شرح زیر تهیه شد:

- لایه‌های کاربری شهری: به‌منظور استخراج لایه‌های شهری از تصاویر ماهواره لندست استفاده شد. این تصاویر مربوط به چهار دوره زمانی شامل سال‌های ۱۹۸۶، ۲۰۰۰، ۲۰۱۰ و ۲۰۱۸ بودند که از پایگاه زمین‌شناسی آمریکا (USGS) تهیه شدند و لایه کاربری شهری با استفاده از طبقه‌بندی نظارت نشده از این تصاویر در نرم‌افزار TerrSet به‌دست آمد. به‌منظور صحت‌سنجی طبقه‌بندی از ماتریس خطا و ضریب کاپا بهره گرفته شد.

مراحل اصلی این پژوهش شامل دو گام نقشه‌سازی خدمات فرهنگی و تدوین سناریوهای رشد شهری است که در ادامه تشریح می‌شود:

**نقشه‌سازی خدمات فرهنگی:** به منظور تهیه نقشه پراکنش خدمات فرهنگی، در مرحله نخست معیارهای این خدمات با بررسی ۶۵ منبع شامل مقالات، پایان‌نامه‌ها، رساله‌ها و گزارش‌های دولتی و غیردولتی موجود در زمینه خدمات بوم‌سازگان و طبقه فرهنگی آن استخراج شد. سپس این معیارها در اختیار ۲۱ متخصص قرار گرفت تا با استفاده از روش دلفی غربالگری و اولویت‌بندی شوند. در ادامه به‌منظور تهیه لایه‌های مکانی معیارها، شاخص‌هایی بر اساس مرور منابع و نظرات کارشناسی در نظر گرفته شد. سپس با بررسی میدانی و داده‌های موجود در دستگاه‌های اجرایی، لایه‌های مکانی شاخص‌های هر معیار در محیط نرم‌افزارهای Idrisi selva و ArcMap 10.4 به دست آمد. در ادامه با بهره‌گیری از روش تحلیل سلسله مراتبی وزن شاخص‌های هر معیار محاسبه و در

در مطالعه حاضر فرایند کالیبراسیون در سه مرحله درشت، ریز و نهایی اجرا شد.

۳- پیش‌بینی: گام آخر در مدل‌سازی مرحله پیش‌بینی است. اجرای این مرحله با داده‌های ورودی و نتایج نهایی مرحله کالیبراسیون طی یک اجرا انجام گرفت. در این مرحله تلاش شد تا با مدل‌سازی رشد شهری در زمان حاضر، تغییرات حاصل از اجرای هر یک از سناریوها در آینده پیش‌بینی شود. برای تعیین سناریوی پیش‌بینی آینده روش‌های مختلفی وجود دارد که در این مطالعه از دو روش شامل اختصاص ارزش‌های مختلف به لایه مناطق مستثنی از توسعه و تغییر ضرایب مدل استفاده شد (Abedini & Azizi, 2016). بر اساس آنچه مورد اشاره قرار گرفت سناریوهایی به شرح زیر برای بررسی اثر رشد شهری بر خدمات فرهنگی در استان تدوین شد:

۱- رشد تاریخی: این سناریو نمایانگر تداوم رشد شهری بر اساس روند کنونی آن است. بر این اساس هیچ محدودیتی برای رشد شهری جز در مناطق مستثنی از توسعه وجود ندارد (Nigussie & Altunkaynak, 2016). در رشد تاریخی ضرایب کنترل‌کننده تغییر داده نمی‌شوند. این شکل از رشد نمایانگر الگوهای رشد شهری وسیع است. بر این اساس لکه‌های شهری با اندازه‌های مختلف، گسترش قابل‌توجهی را در چرخه رشد خود تجربه خواهند کرد که می‌تواند به ایجاد نواحی شهری وسیع‌تر و مخاطرات بوم‌شناختی بیشتر منجر شود (Nigussie & Altunkaynak, 2016; Goodarzi et al., 2017).

۲- رشد فشرده: در این سناریو لایه مستثنی از توسعه مشابه سناریو اول است اما ضرایب مدل اصلاح می‌شود تا ضمن افزایش تراکم رشد شهری محیط‌زیست نیز مورد حفاظت قرار گیرند. در این صورت خوشه‌های شهری می‌توانند رشد کنند اما مقدار و الگوی رشد آن‌ها به‌گونه‌ای کنترل می‌شود که به‌هم‌پیوسته و یکپارچه شوند (Goodarzi et al., 2017).

۳- سناریوی رشد محیط‌زیستی با هدف حفظ خدمات فرهنگی: در این سناریو رشد شهری با توجه به ملاحظات بوم‌شناختی کنترل می‌شود (Goodarzi et al., 2017). در سناریوی محیط‌زیستی به منظور حفاظت از نواحی پراکنش خدمات فرهنگی، نقشه این خدمات به لایه مناطق مستثنی از توسعه مدل افزوده شد. علاوه بر این، با تغییر ضرایب مدل تلاش

– لایه‌های شبکه جاده‌ای: در این مطالعه از لایه شبکه جاده‌ای سه دوره زمانی مربوط به سال‌های ۱۹۸۶، ۲۰۱۰ و ۲۰۱۸ استفاده شد. لایه اول از نقشه کاربری اراضی استان گلستان استخراج شد. سایر لایه‌ها با استفاده از نرم‌افزار Google Earth تهیه شد.

– لایه مناطق مستثنی از توسعه: این لایه مناطقی را شامل می‌شود که امکان توسعه در آن‌ها وجود ندارد. در این مطالعه، در سناریوهای اول و دوم، شهرها و پهنه‌های آبی به‌صورت مناطق مستثنی از توسعه در نظر گرفته شدند. در سناریو سوم لایه خدمات فرهنگی به مناطق مستثنی از توسعه افزوده شد.

– لایه شیب: این لایه برحسب درصد از مدل رقومی ارتفاع استان گلستان با اندازه پیکسل ۳۰ متر استخراج شد.

۲- کالیبراسیون مدل: کالیبراسیون مهم‌ترین بخش شبیه‌سازی رشد شهری است که در سه گام درشت، نازک و نهایی براساس اندازه سلول، دامنه جستجو و تعداد اجرای مونت کارلو به دست می‌آید (Eghbali et al., 2024; Sharma et al., 2025). هدف اولیه این مرحله یافتن متناسب‌ترین ارزش‌ها برای پنج ضریب کنترل‌کننده رشد شهری شامل پخش، زایش، گسترش، مقاومت شیب و جاذبه جاده است تا بتوان بر اساس داده‌های تاریخی مربوط به محل، شبیه‌سازی بهتری ارایه کرد (Saulawa et al., 2024). در کالیبراسیون این مدل از روش Brute Force استفاده شد که به‌صورت متوالی دامنه ارزش‌های سنجه‌ها را محدود می‌کند (Chaudhuri & Clarke, 2013). این فرایند از طریق تعداد تکرارهای مونت کارلو<sup>(۳)</sup> به اجرا در می‌آید. در پایان هر کالیبراسیون ۱۳ سنجه تولید شد تا ارزش مربوط به قسمت‌های آغاز، گام و توقف ضرایب پنج‌گانه مورد نیاز برای اجرای مراحل بعد مشخص شود. به‌منظور محدود کردن دامنه ضرایب، رویکردهای مختلفی وجود دارد که در این مطالعه از سنجه بهینه مدل<sup>(۴)</sup> برای این منظور استفاده شد (Karasaka & Güneş, 2024). این سنجه زیرمجموعه‌ای ۷ عضوی از سنجه‌های حاصل از مدل است. از ضرب اعضای این زیرمجموعه سنجه بهینه به دست آمد که در محدوده صفر تا ۱۰۰ قرار می‌گیرد. سپس نتایج حاصل از تکرارها بر اساس این سنجه مرتب شدند و بهترین ضرایب برای مرحله بعدی کالیبراسیون انتخاب به‌دست آمد (Sakieh et al., 2015).

متعامد<sup>(۶)</sup> مورد بررسی قرار گرفت.

### یافته‌ها

#### نقشه‌سازی خدمات فرهنگی

بر اساس نظرات کارشناسی حاصل از روش دلفی به ترتیب زیبایی‌شناسی، آموزشی، میراث، الهام‌بخشی، حس مکان، تفرج و معنوی و مذهبی از بیشترین درجه اهمیت برخوردار بودند. جدول (۱) ضرایب و اولویت‌بندی معیارهای ارزیابی خدمات فرهنگی را نشان می‌دهد. به منظور تهیه لایه‌های مکانی هر معیار از شاخص‌هایی مطابق با جدول (۲) استفاده شد. سپس لایه‌های مکانی مربوط به معیارها نیز با اعمال وزن‌های حاصل از روش دلفی وزن‌دهی به روش مذکور با یکدیگر تجمیع شدند و نقشه نهایی خدمات فرهنگی با استفاده از روش ترکیب خطی وزن‌دار به دست آمد (شکل ۲). همان‌گونه که در نقشه نیز قابل مشاهده است بخشی از خدمات فرهنگی در قسمت مرکزی استان قرار گرفته‌اند.

شد تا رشد شهری در مناطق پرشیب محدود شود. یکی از خروجی‌های مدل پس از اجرای مرحله پیش‌بینی، تصاویری هستند که سلول‌های آن‌ها ارزشی بین صفر تا ۱۰۰ دارند و احتمال شهری شدن سلول‌ها در آینده را نشان می‌دهند (Mesta et al., 2022). این تصاویر به‌منظور بررسی رشد شهری، پس از ورود به محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی و بررسی نمودار هیستوگرام طبقه‌بندی می‌شود. تصمیم‌گیران و مدیران می‌توانند با استفاده از این تصاویر مناطقی که احتمال رشد شهر و تراکم حاصل از آن زیادتر است را به‌راحتی تشخیص دهند (Salmanmahiny & Gholamalifard, 2011). در این مطالعه نیز برای محاسبه وسعت رشد شهری سناریوها و اثر آن‌ها بر خدمات فرهنگی نخست این تصاویر طبقه‌بندی شدند. سپس نقشه‌های خدمات فرهنگی با استفاده از دستور شایستگی ناحیه‌ای سرزمین<sup>(۵)</sup> در نرم‌افزار TerrSet پهنه‌بندی شدند و میزان هم‌پوشانی پهنه‌های اضافه شده با نواحی پراکنش این خدمات با استفاده از دستور جدول

جدول (۱): ضرایب و اولویت‌بندی معیارهای ارزیابی خدمات فرهنگی

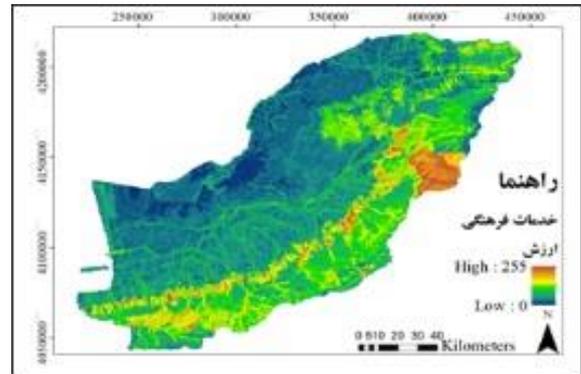
رتبه و اولویت معیارها	حاصل ضرب نرمال شده	حاصل ضرب درجه و درصد اهمیت	درصد اهمیت معیار	درجه اهمیت معیار	معیار	ضریب فرمول
۱	۰/۱۸۰۸	۲/۳۹	۳۱/۵۵	۷/۵۷	زیبایی‌شناسی	E
۲	۰/۱۵۴۵	۲/۰۴	۲۹/۱۷	۷	آموزشی	A
۳	۰/۱۵۰۴	۱/۹۹	۲۸/۷۷	۶/۹۰	میراث	G
۴	۰/۱۳۸۲	۱/۸۳	۲۷/۵۸	۶/۶۲	الهام‌بخشی	B
۵	۰/۱۳۰۳	۱/۷۲	۲۶/۷۹	۶/۴۳	حس مکان	D
۶	۰/۱۲۶۵	۱/۶۷	۲۶/۳۹	۶/۳۳	تفرج	C
۷	۰/۱۱۹۰	۱/۵۷	۲۵/۶۰	۶/۱۴	معنوی و مذهبی	F

جدول (۲): شاخص‌های مربوط به معیارهای ارزیابی خدمات فرهنگی

شاخص‌ها	معیارهای ارزیابی خدمات فرهنگی
مکان‌های الهام‌بخش برای خلق آثار هنری و ادبی	الهام‌بخشی
مراکز آموزشی و تحقیقاتی برای مطالعه و حفاظت از طبیعت	آموزشی
فعالیت‌ها و منابع تفریحی	تفرج
آثار تاریخی، دسترسی، امنیت، محل گذران اوقات فراغت، جاده‌های خوش منظره، روستاهایی با قابلیت دید جاذبه‌های طبیعی، چشمه‌های آبگرم	حس مکان
تیپ و تراکم پوشش گیاهی، تنوع تراکم پوشش گیاهی، اکوتون پوشش گیاهی، قابلیت دید (نقاط پرتنوع، رودخانه، قله‌ها و آبشار) و شکل زمین	زیبایی‌شناسی
مکان‌های مذهبی و پدیده‌های با ارزش معنوی	معنوی و مذهبی
میراث‌های طبیعی و فرهنگی	میراث

ارائه سناریوهای مختلف رشد شهری: در این مرحله با اجرای مدل SLEUTH سناریوهای مختلفی طبق مراحل زیر برای استان تهیه شد:

**کالیبراسیون مدل:** کالیبراسیون در سه مرحله طبق جدول (۲) به اجرا در آمد. در پایان هر مرحله، نتایج حاصل از کالیبراسیون بر اساس مقدار بهینه مدل مرتب شدند تا ضرایب مرحله بعدی مشخص شوند. پس از پایان کالیبراسیون، مرحله میانگین‌گیری به اجرا درآمد تا مقادیر مربوط به ضرایب مرحله پیش‌بینی مشخص شوند.



شکل (۲): نقشه نهایی خدمات فرهنگی در استان گلستان

جدول (۲): نتایج مراحل کالیبراسیون

نتیجه	کالیبراسیون نهایی تعداد اجرا: ۷۲۰ تعداد مونت کارلو: ۱۰		کالیبراسیون ریز تعداد اجرا: ۶۶۰۰ تعداد مونت کارلو: ۸		کالیبراسیون درشت تعداد اجرا: ۳۱۲۱ تعداد مونت کارلو: ۵		مراحل ضرایب
	دامنه	حرکت	دامنه	حرکت	دامنه	حرکت	
۱	۱-۳	۱	۱-۱۰	۵	۰-۱۰۰	۲۵	پخش
۹	۶-۱۲	۳	۱-۲۵	۵	۰-۱۰۰	۲۵	زایش
۳۴	۳۴-۴۳	۳	۲۵-۵۰	۵	۰-۱۰۰	۲۵	گسترش
۳	۱-۷	۲	۱-۵۰	۵	۰-۱۰۰	۲۵	مقاومت به شیب
۷۳	۶۴-۷۶	۳	۲۵-۷۵	۵	۰-۱۰۰	۲۵	جاذبه جاده

آمده پیش‌بینی می‌شود رشد شهری در استان بیشتر در پیرامون شهرهای کنونی و به موازات شبکه حمل‌ونقل رخ دهد. اجرای مدل با ضرایب حاصل از مرحله پیش‌بینی به ایجاد سناریوی رشد تاریخی منجر شد. در این سناریو هیچ محدودیت فیزیکی یا محیط‌زیستی برای رشد شهری وجود ندارد. از این‌رو، در ادامه تلاش شد تا طبق اعداد جدول (۳) با تغییر ضرایب، سناریوهای دیگری از جمله رشد فشرده و محیط‌زیستی برای استان در نظر گرفته شود.

در سناریوی فشرده برای کاهش اثر شبکه جاده‌ای و افزایش تراکم رشد شهری، از مقدار ضرایب زایش و جاذبه جاده کاسته شد و بر ارزش ضریب گسترش افزوده شد. به منظور اجرای سناریوی رشد محیط‌زیستی با هدف حفظ خدمات فرهنگی ضمن افزایش مناطق مستثنی از توسعه، ضریب مقاومت به شیب افزایش و ضریب جاذبه جاده کاهش داده شد تا رشد شهری در پهنه‌های خدمات فرهنگی و مناطق پرشیب محدودتر شود (مقادیر سایر ضرایب مانند سناریو فشرده بود).

**پیش‌بینی مدل:** در این مرحله که شامل یک اجرا و ۱۵۰ تکرار بود، روند رشد شهری استان گلستان طی سال‌های ۲۰۱۸ تا ۲۰۳۵ شبیه‌سازی شد. نتایج حاصل از مرحله پیش‌بینی بیانگر مقدار بسیار اندک ضریب پخش بود. از این‌رو، به نظر می‌رسد که رشد شهری در استان به صورت متراکم و بیشتر در اطراف مراکز شهری موجود رخ دهد (Rafiee et al., 2009). مقدار کم ضریب زایش ضمن تقویت امکان رشد مراکز شهری موجود، از احتمال پایین رشد سکونتگاه‌های جدید حکایت دارد (Abedini & Azizi, 2016). ارزش بیشتر ضریب گسترش نسبت به زایش به احتمال وقوع رشد به سمت حاشیه شهرهای فعلی اشاره دارد (Salmanmahiny & Gholamalifard, 2011). میزان بسیار کم ضریب مقاومت شیب در منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد که ناهمواری‌ها عامل محدودکننده‌ای در گسترش افقی شهر نبوده‌اند. ارزش زیاد ضریب جاذبه جاده حاکی از آن بود که رشد شهری بیشتر تحت تأثیر شبکه حمل‌ونقل قرار دارد و به موازات جاده‌های اصلی رخ می‌دهد (Abedinin & Azizi, 2016). با توجه به نتایج ضرایب به دست

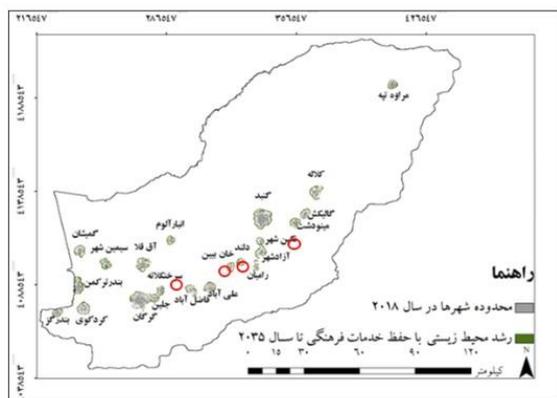
تاریخی وسعت پهنه‌های شهری اضافه شده در سال ۲۰۳۵ نسبت به سال ۲۰۱۸ به میزان ۲۱۱۹۷ هکتار افزایش یافته است.

وسعت پهنه‌های اضافه شده شهری در سناریوهای مختلف: بررسی نتایج مدل مطابق شکل (۳) نشان داد که با اجرای سناریوی

جدول (۳): ضرایب مرحله پیش‌بینی

ضرایب	سناریوها		
	رشد تاریخی	رشد فشرده	رشد محیط‌زیستی با هدف حفظ خدمات فرهنگی
پخش	۱	۱	۱
زایش	۹	۳	۳
گسترش	۳۴	۴۴	۴۴
مقاومت به شیب	۳	۳	۵۳
جاذبه جاده	۷۳	۵۳	۳۵

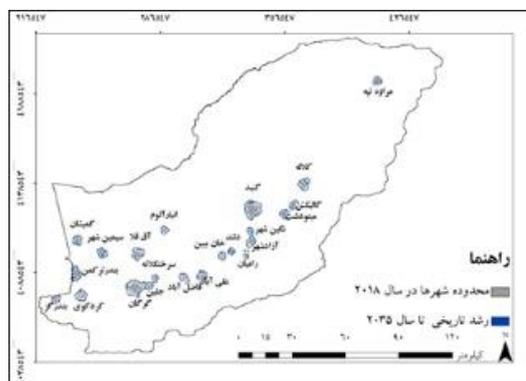
شهری اضافه شده به ۱۹۶۹۱ هکتار رسید شکل (۵). این سناریو ضمن حذف پیوستگی میان آزادشهر و نگین شهر و همچنین سرخنگلاته و جلین، موجب کاهش رشد در بخش‌هایی از شهرهای گرگان، رامیان، فاضل‌آباد و علی‌آباد شده است (دوایر قرمز رنگ شکل ۵).



شکل (۵): نقشه احتمال سناریوی رشد محیط‌زیستی با هدف حفظ خدمات فرهنگی

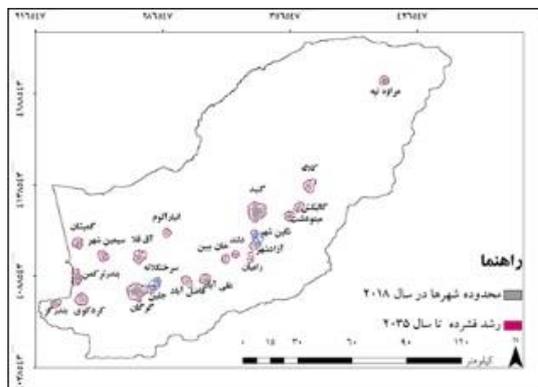
وسعت پهنه‌های شهری اضافه شده در مناطق پرشیب نیز با اجرای سناریوهای رشد تاریخی و فشرده به ترتیب برابر ۲۶۹۶ و ۲۸۳۸ هکتار بود که این مقدار در سناریوی محیط‌زیستی با هدف حفظ خدمات فرهنگی به ۱۷۶۵ هکتار کاهش پیدا کرد.

وسعت رشد شهری در پهنه‌های خدمات فرهنگی طبق سناریوهای تاریخی، فشرده و محیط‌زیستی با هدف حفظ خدمات فرهنگی به ترتیب برابر ۱۳۸۷، ۱۴۲۵ و ۹۱۷ هکتار بود. میزان رشد شهری در پهنه‌های هر یک از خدمات فرهنگی نیز به تفکیک مطابق با جدول (۴) بود. بر این اساس، بیشترین رشد شهری در پهنه‌های زیبایی‌شناسی رخ داد و وسعت لکه‌های شهری تحت سناریوهای



شکل (۳): نقشه احتمال سناریوی رشد تاریخی

با تغییر ضرایب در سناریوهای رشد فشرده طبق شکل (۴) وسعت پهنه‌های جدید شهری برابر ۲۱۱۷۵ هکتار گردید. اجرای این سناریو علاوه بر افزایش تراکم رشد شهری، موجب ایجاد پیوستگی بین برخی از شهرهای استان مانند آزادشهر و نگین شهر یا سرخنگلاته و جلین شد (دوایر آبی رنگ در شکل ۴).



شکل (۴): نقشه احتمال سناریوی رشد فشرده

کمترین میزان رشد شهری با اجرای سناریوی محیط‌زیستی با هدف حفظ خدمات فرهنگی رخ داد که طی آن وسعت پهنه‌های

مختلف این مطالعه، در پهنة‌های آن بین ۵۸۰ تا ۶۱۸ هکتار بود. تفرج پس از زیبایی‌شناسی با بیشترین مقدار رشد شهری مواجه شد و وسعت رشد شهری در پهنة‌های آن به ۱۳۱ تا ۱۵۳ هکتار رسید. در این میان سناریوهای رشد شهری تنها بر الهام‌بخشی اثرگذار نبودند.

جدول (۴): وسعت سناریوهای رشد شهری در پهنة‌های هر یک از خدمات فرهنگی (برحسب هکتار)

سناریوی محیط‌زیستی با هدف حفظ خدمات فرهنگی	سناریوی فشرده	سناریوی تاریخی	معیارها
۵	۱۱	۸	آموزشی
۰	۰	۰	الهام بخشی
۱۳۱	۱۵۳	۱۴۱	تفرج
۹۰	۱۱۵	۱۰۸	حس مکان
۵۸۰	۶۱۸	۶۰۷	زیبایی‌شناسی
۱۵	۲۶	۲۲	معنوی و مذهبی
۹۲	۱۱۷	۱۰۸	میراث

### بحث و نتیجه‌گیری

گسترش شهرها و پیامدهای حاصل از تغییرات کاربری سرزمین از اصلی‌ترین پیش‌ران‌های دگرگونی الگوی مکانی و عرضه خدمات اکوسیستم هستند. از این‌رو یکپارچه‌سازی خدمات اکوسیستم در برنامه‌ریزی رشد شهری به لحاظ کاهش اثرات آن و حفظ محیط‌زیست حایز اهمیت است (Lyu et al., 2019). بنابراین، به رویکردهایی برای آگاه‌سازی برنامه‌ریزان و مدیران از اهمیت خدمات اکوسیستم و اثر رشد شهری بر آن‌ها نیاز است. در این راستا همان‌گونه که در پژوهش‌های دیگر نیز اشاره شده است می‌توان از نقشه‌سازی خدمات اکوسیستم و مدل‌های رشد شهری بهره گرفت (Zhang et al. 2017; Xie et al. 2019). این قبیل مطالعات تاکنون برای برخی از خدمات اکوسیستم‌ها انجام شده است. با این حال، طبقه فرهنگی خدمات اکوسیستم کمتر مورد مطالعه قرار گرفته است. بی‌توجهی به این خدمات، تداوم فراهم‌آوری آن‌ها در آینده به ویژه در مناطق شهری را با تردید روبه‌رو می‌کند. در این راستا شناسایی نواحی پراکنش خدمات اکوسیستم و پیش‌بینی اثر پیش‌ران‌هایی مانند رشد شهری بر فراهم‌آوری آن‌ها در آینده می‌تواند به برنامه‌ریزی موثرتر برای حفاظت از این خدمات یاری رساند. در این پژوهش به منظور شبیه‌سازی رشد شهری از مدل SLEUTH استفاده شد که کارایی آن در شبیه‌سازی رشد شهری در مطالعات انجام شده در نقاط مختلف ایران به اثبات رسیده است (Salmanmahiny & Gholamalifard, 2011; Bihamta et al., 2014; Goodarzi et al., 2017). کالیبراسیون مدل در استان گلستان

سناریوی ترجیحی استان گلستان: در سناریوی تاریخی (اول) وسعت کل پهنة‌های اضافه شده نسبت به سایر سناریوها بیشتر بود. تغییر ضرایب مدل در سناریوی فشرده (دوم) موجب شد که وسعت رشد شهری نسبت به سناریوی اول با کاهش ۲۲ هکتاری روبه‌رو شود. با این حال، در سناریوی فشرده نسبت به سناریوی تاریخی، وسعت لکه‌های اضافه شده در مناطق پرشیب و نواحی پراکنش خدمات فرهنگی به ترتیب با افزایش ۱۴۲ و ۱۰۶ هکتاری همراه بود. در سناریوی محیط‌زیستی باهدف حفظ خدمات فرهنگی (سوم) تغییر ضرایب مدل همراه با اعمال محدودیت‌های بوم‌شناختی موجب شد تا وسعت کلی شهرها در مقایسه با سناریوهای تاریخی و فشرده به ترتیب به میزان ۱۵۰۶ و ۱۴۸۴ هکتار کمتر شود. در سناریوی سوم همچنین وسعت لکه‌های شهری اضافه شده در مناطق پرشیب نسبت به سناریوی تاریخی و فشرده به ترتیب به میزان ۹۳۱ و ۱۰۷۳ هکتار کمتر شد. اجرای سناریوی سوم در مقایسه با سناریوی اول و دوم توانست به ترتیب رشد شهری در پهنة‌های خدمات فرهنگی را نیز به میزان ۴۷۰ و ۵۰۸ هکتار کاهش دهد. علاوه بر این، بررسی میزان اثرگذاری سناریوهای شهری بر هر یک از خدمات فرهنگی نشان داد که رشد فشرده و محیط‌زیستی به ترتیب بیشترین و کمترین اثر را بر پهنة‌های این خدمات وارد کرده‌اند. در این میان سناریوی رشد محیط‌زیستی نسبت به سایر سناریوها به دلیل ایجاد لکه‌های شهری کمتر در استان گلستان و همچنین رشد حداقلی در مناطق پرشیب و پهنة‌های خدمات فرهنگی می‌تواند به عنوان سناریوی ترجیحی مورد توجه قرار گیرد.

همان‌گونه که نتایج این مطالعه نیز نشان داد تداوم رشد شهرهای استان می‌تواند بر ۹۱۷ تا ۱۴۲۵ هکتار از پهنه‌های خدمات فرهنگی اثرگذار باشد. علاوه بر این ارزیابی خدمات فرهنگی نشان داد بخشی از این خدمات در قسمت مرکزی استان قرار دارند جایی که براساس مطالعات انجام شده محل تمرکز سکونتگاه‌های انسانی نیز است. در این بین، آگاهی تصمیم‌گیران و برنامه‌ریزان از پیامدهای حاصل از سناریوهای مختلف شهری می‌تواند زمینه‌ساز اخذ اقدامات پیشگیرانه جهت کاهش اثرات ناشی از مشکلات رشد شهری باشد. در این راستا پیشنهاد می‌شود تا با توجه به آن که سناریوهای دیگری نیز برای توسعه شهری در استان مطرح شده است مطالعات بیشتری برای بررسی وسعت رشد احتمالی حاصل از سناریوهای مورد اشاره و میزان اثرگذاری آن‌ها بر خدمات اکوسیستم به ویژه خدمات فرهنگی صورت پذیرد.

#### یادداشت‌ها

1. Static
2. The multi-agent system (MAS)-CA model
3. Montcarlo
4. SLEUTH optimum metric (SOM)
5. Zonal land suitability
6. Cross tab

نشان داد که رشد شهری به موازات شبکه حمل و نقل و در اطراف شهرهای کنونی به وقوع می‌پیوندد. به احتمال رشد شهرهای فعلی در مطالعه به عمل آمده در شهر گرگان نیز اشاره شده بود (Salmanmahiny & Gholamalifard, 2011). در پژوهش‌های دیگری که در قسمت‌هایی از استان انجام شده بودند نیز اثر زیاد شبکه جاده‌ای بر رشد شهری مورد توجه قرار گرفته بود (Rasouli et al., 2016; Saieidi et al., 2017). علاوه بر این عدم تاثیر ناهمواری‌ها در رشد، یکی دیگر از نتایج حاصل از اجرای این مدل بود که با یافته‌های مطالعات انجام شده در شهر گرگان همخوانی دارد (Salmanmahiny & Gholamalifard, 2011; Salmanmahiny & Clarke, 2013; Sakieh et al., 2015).

بر اساس سناریوهای این مطالعه، شهرهای فعلی استان گلستان طی سال‌های ۱۳۹۷ تا ۱۴۱۵ با رشد ۱۹ تا ۲۱ هزار هکتاری روبه‌رو می‌شوند که این مقدار حدود ۲/۴ تا ۲/۶ برابر وسعت حدود ۸ هزار هکتاری لکه‌های پیشنهادی سند آمایش است. این مسئله می‌تواند موجب تشدید مشکلاتی مانند تغییر کاربری اراضی، رشد شهری در نواحی نامناسب (مانند مناطق پرشیب، کم‌آب و زلزله‌خیز)، رشد حاشیه‌ای شهرهای بزرگ، تخریب محیط‌زیست و نابودی منابع طبیعی در این منطقه شود. در این میان چنین به نظر می‌رسد که خدمات فرهنگی نیز با تهدید جدی روبه‌رو شوند.

#### منابع

- Abedini, A., & Azizi, P. 2016. Prediction of future urban growth scenarios using SLEUTH model (Case study: Urmia city, Iran). *Int. J. Architect. Eng, Urban Plan*, 26(2): 161-172.
- Bihamta, N., Soffianian, A. Fakheran, S. & Gholamalifard, M. 2014. Using the SLEUTH urban growth model to simulate future urban expansion of the Isfahan metropolitan area, Iran. *Journal of the Indian society of remote sensing*, 43(2): 407-414.
- Brzoska, P., Grunewald, K. & Bastian, O. 2021. A multi-criteria analytical method to assess ecosystem services at urban site level, exemplified by two German city districts, *Ecosystem Services*, Elsevier, vol. 49 (C).
- Cabral, P., Levrel, H., Feger, C., Chambolle, M. & Basque, D. 2015. Ecosystem service assessment for urban planning: A French case study. *Annual Meeting of the French Economic Association*.
- Chaudhuri, G. & Clarke, C.K. 2013. Temporal accuracy in urban growth forecasting: A study using the SLEUTH model. *Transactions in GIS*, 1-19.
- Dunford, R. Harrison, P. & Bagstad, K.J. 2017. Computer modeling for ecosystem service assessment, In: B. Burkhurad, and Maes, J (Eds). *Mapping ecosystem services*. Pensoft Publishers, Sofia, 374 pp.
- Eghbali, M., Jozi, S. A., Hejazi, R. & Zaeimdar, M. 2024. Simulation of urban development using the combined method of multi-criteria evaluation and SLEUTH model in Nazarabad city', *Journal of Environmental Studies*, 50(2), pp. 167-186. doi: 10.22059/jes.2024.370630.1008468 (In Persian)

- Goodarzi, M., Sakieh, Y. & Navardi, S. 2017. Measuring the effect of an ongoing urbanization process on biodiversity conservation suitability index: integrating scenario-based urban growth modelling with conservation assessment and prioritization system (CAPS). *Geocarto international*, 32: 834-852.
- Gravagnuolo, A. 2016. Evaluation and mapping of cultural services in terraced landscapes. The case study of the Amalfi Coast, *Territorio Italia – Land Administration, Cadastre, Real Estate, Agenzia delle Entrate*, n. 1/2016, pp. 107-132.
- Hashimoto, S., Nakamura, S., Saito, O., Kohsaka, R., Kamiyama, C., Tomiyoshi, M. & Kishioka, T. 2015. Mapping and characterizing ecosystem services of social-ecological production landscapes: case study of Noto, Japan, *Sustainability Science*, 10: 257-273.
- Hua, L., Tang, L., Cui, S. & Yin, K. 2014. Simulating urban growth using the SLEUTH model in a coastal peri-urban district in China. *Sustainability*, 6: 3899-3914.
- Karasaka, L. & Güneş, M. 2024. Analysing the impact of urban growth on agricultural lands using SLEUTH model and Google earth engine. *Konya journal of engineering science* 2(4):1006–1021, doi: 10.36306/konjes.1563738
- Langemeyer, J. Palomo, I. Baraibar, S. & Gómez-Baggethun, E. 2018. Participatory multi-criteria decision aid: Operationalizing an integrated assessment of ecosystem services. *Ecosystem services*. 30: 49–60.
- Lyu, R., Zhang, J. & Xu, M. 2018. Integrating ecosystem services evaluation and landscape pattern analysis into urban planning based on scenario prediction and regression model. *Chinese journal of population resources and environment*, 1491201: 1-16.
- Kabiri Hendi, M.; Mirkarimi, S.H. & Salmanmahiny, A. 2020. Cultural ecosystem services assessment in Golestan Province. *Journal of Environmental Sciences Studies*. 5 (2), 2560-2568. (In Persian)
- Management and Planning Organization of Golestan Province. 2015. Golestan Land use planning official documents. Management and Planning Organization of Golestan Province, Iran. (In Persian)
- Management and Planning Organization of Golestan Province. 2017. The summary document of Golestan Land use planning documents. Management and Planning Organization of Golestan Province, Iran. (In Persian)
- Management and Planning Organization of Golestan Province. 2018. Golestan province Strategic Plan. Management and Planning Organization of Golestan Province, Iran. (In Persian)
- Mesta, C., Cremen, G. & Galasso, C. 2022. Urban growth modelling and social vulnerability assessment for a hazardous Kathmandu Valley. *Sci Rep* 12, 6152. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-09347-x>
- Milcu, A. Hanspach, J., Abson, D., & Fischer, J. 2013. Cultural ecosystem services: A literature review and prospects for future research. *Ecology and society*, 18(3): 44-78.
- Millennium ecosystem assessment (MA). 2005. *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Island Press, Washington, DC, USA.
- Mohammadyari, F., Zarandian, A., Mirsanjari, M.M., Suziedelyte Visockiene., J & Tumeliene, E. 2023. Modelling Impact of Urban Expansion on Ecosystem Services: A Scenario-Based Approach in a Mixed Natural/Urbanised Landscape. *Land*. 12(2):291. <https://doi.org/10.3390/land12020291>
- Nigussie, T.A. & Altunkaynak, A. 2017. Modeling urbanization of Istanbul under different scenarios using SLEUTH urban growth model. *Urban plann. dev*, 14 (32): pp. 1-14.
- Norman, L., Feller, M. & Villareal, M.L. 2012. Developing spatially explicit footprints of plausible land-use scenarios in the Santa Cruz Watershed, Arizona and Sonora. *Landscape and Urban Planning*, 107 (3): 225-235.

- Palomo, I., Bagstad, K., Nedkov, S., Klug, H., Adamescu, M. & Cazacu, C. 2017. Tools for mapping ecosystem services. In: B. Burkhrad, and Maes, J (Eds). Mapping ecosystem services. Pensoft Publishers, Sofia, 374 pp.
- Radford, K.G. & James, P. 2013. Changes in the value of ecosystem services along a rural–urban gradient: A case study of Greater Manchester, UK. *Landscape and urban planning*, 109: 117– 127.
- Rafiee, R., Salmanmahiny, A., Khorasani, N., Darvishsefat, A. A. & Danekar, A. 2009. Simulating urban growth in Mashad City, Iran through the SLEUTH model (UGM). *Cities*, (26): 19–26.
- Rasouli, M., Salmanmahiny, A., & Kamyab, H. 2016. Determination of coefficient affecting urban growth in SLEUTH model for Ali Abad, ramiyan and Azadshahr regions. *Geographic Planning of Space* 6 (21):1-12.
- Saeidi, S., Mirkarimi, S.H. Mohammadzadeh, M., Salmanmahiny, A. & Arrowsmith, C. 2017. Designing an integrated urban growth prediction model: a scenario-based approach for preserving scenic landscapes. *Geocarto international*, 1-17.
- Saeidi, S., mohammadzadeh, M., Salmanmahiny, A., & Mirkarimi, S. H. 2014. Assessing & modeling of landscape scenic values using the method of weighted linear combination (Case study: Walking tracks of Ziarat watershed, Golestan Province). *Journal of Natural Environment*, 67(3): 301-311. doi: 10.22059/jne.2014.52729. (In Persian)
- Sakieh, Y., Salmanmahiny, A., Jafarnejad, J., Mehri, A., Kamyab, H. & Galdavi, S. 2015. Evaluating the strategy of decentralized urban land-use planning in developing region. *Land use policy*, 48: 534–551.
- Salmanmahiny, A. & Clarke. K. 2013. Simulating hydrologic impacts of urban growth using SLEUTH, multi criteria evaluation and runoff modeling. *Journal of environmental informatics*, 22(1): 27-38.
- Salmanmahiny, A. & Gholamalifard, M. 2011. Linking SLEUTH urban growth modeling to multi criteria evaluation for a dynamic allocation of sites to landfill. In: Murgante, B., Gervasi, O., Iglesias, A., Taniar, D. and Apduhan, B.O. (ED.) *Computational science and its Applications* (pp.32-43). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Saulawa, U.A., Ibrahim, Y., & Bello, A. 2024. Assessing the suitability of the SLEUTH cellular automata model for capturing heterogeneous urban growth in developing cities: A case study in Northern Nigeria. *Heliyon*. 22; 10(17): e36504. doi: 10.1016/j.heliyon. 2024. e36504. PMID: 39281532; PMCID: PMC11399587.
- Shahkoubi, E. 2011. Investigating the Role of Climate in Tourism Planning in Golestan Province. *Scientific-Research Quarterly of Geographical Data (SEPEHR)*.20(79): 52-57. (In Persian)
- Sharbati, A. 2015. Investigating the Contribution of Tourism to Economic Development in Golestan Province. *Geographical Planning of Space* 15(5): 41-58. (in Persian)
- Sharma, A., Bisht, H., Nikam, B.R. & Bagri, D.S. 2025. Predicting and simulating urban expansion patterns in the Asan watershed, Uttarakhand, India using the SLEUTH model for sustainable land management. *Discov Cities* 2, 37.
- Shi, Y., Wu., J. & Shi, S. 2017. Study of the simulated expansion boundary of construction land in Shanghai based on a SLEUTH model. *Sustainability*, 9(6):876- 891.
- Song, S., He, C., Liu, Z. & Qi, T. 2020. Evaluating the influences of urban expansion on multiple ecosystem services in drylands. *Landsc Ecol* 37: 2783–2802.
- Tobias, S. 2013. Preserving ecosystem services in urban regions: Challenges for Planning and Best Practice Examples from Switzerland. *Integrated environmental assessment and management*, 9 (2): 243–251.
- Villarreal, M.L., Norman, L.M., Boykin, K.G. & Wallace, C.S.A. 2013. Biodiversity losses and conservation trade-offs: Assessing future urban growth scenarios for a North American trade corridor. *Int. J. Biodivers. Sci. Ecosyst.Serv. Manag*, 9: 90–103.

- Xie, W., Huang, Q., Chunyang, X. & Xue, Z. 2018. Projecting the impacts of urban expansion on simultaneous losses of ecosystem services: A case study in Beijing, China. *Ecological Indicators*, 84: 183–193.
- Xiong, M., Li, F., Liu, X., Liu, J., Luo, X., Xing, L., Wang, R., Li, H. & Guo, F. 2023. Characterization of Ecosystem Services and Their Trade-Off and Synergistic Relationships under Different Land-Use Scenarios on the Loess Plateau. *Land* 12: 2087. <https://doi.org/10.3390/land12122087>
- Zhang, D., Huang, Q. He, C. & Wu, J. 2017. Impacts of urban expansion on ecosystem services in the Beijing-Tianjin- Hebei urban agglomeration, China: A scenario analysis based on the Shared Socioeconomic Pathways. *Resources, Conservation & Recycling* 125: 115–130.