International Journal of Iranian Urban Design Studies.1(2):269-298, Fall & Winter 2025

International Journal of Iranian Urban Design Studies (IUDS)

https://iuds.shirazu.ac.ir/

ABRIDGED PAPER ORGINAL REASERCH PAPER

Developing a Theoretical model for Urban Landscape restoration of the Haraz River with an Ecological Resilience approach*

Fatemeh Moghadas Niaki [1], Sanaz Haeri [2,]**

1. Master of Landscape Architecture, Department of Architecture, Art and Architecture, Shiraz University, Shiraz, Iran.
2.Assistant Professor, Department of Architecture, Faculty of Art and Architecture, Shiraz University, Shiraz, Iran.

ABSTRACT

The ecological nature of the urban landscape of rivers, as one of the main pillars of natural ecosystems, has a significant impact on the environmental quality of cities. With the increase in urbanization and the expansion of human activities, these ecosystems have faced serious challenges in such a way that ecosystem pollution brings with it hydrological changes and destruction of animal habitats, which leads to the destruction of the river ecosystem and changes in its biological structure. In addition, interfering factors resulting from environmental hazards are also considered a serious threat to the ecosystem of inner-city rivers. Therefore, the necessity of ecological restoration of rivers in order to restore the urban landscape, natural ecosystems and increase their resilience to environmental changes and human interventions is a vital issue in the management of contemporary urban programs. This research, with developmental-applied objectives, with an exploratory-correlational method, with library data, first reviews the research literature and then, using authentic historical documents of the Haraz River, field observations and remote sensing images, develops a theoretical model with deductive-inferential analyses; finally, the ecological components effective in improving the urban landscape of inner-city rivers are extracted with a resilience approach. Hydrological components, biological and morphological diversity are known as key factors in the ecological structure of the river. Diversity, ecological variables, modularity, ecosystem services, development and overlap of rules, innovation, social capital and feedback review are the effective components in ecological resilience extracted to be placed in a process-oriented evolutionary structure and a theoretical model of restoration is developed. For this purpose, the study sample; The Haraz River in Amol city is examined and in order to realize the theoretical model, relevant strategies for improving the Haraz River are explained to be included in Amol urban development plans.

Highlights

- This research analyzes the damages and destruction caused by urban development and human interventions in altering the structure of natural ecosystems of urban rivers.
- This research emphasizes the necessity of forming an “ecological resilience” perspective in urban design and urban development programs and presents the related components.
- The results of the research are derived from the integration of components affecting the ecological characteristics of rivers and the components of ecological resilience.
- In this research, theoretical model for the urban landscape restoration of the Haraz River in Amol, influenced by ecological resilience components, are formulated.
- This research considers the improvement of urban river landscapes as a process over time, allowing changes in the evolutionary process to lead to the formation of a stable secondary ecosystem.

ARTICLE INFO

Received	08/10/2024
Revised	10/11/2024
Accepted	11/12/2024
Available Online	19/01/2025

Keywords

Urban landscape restoration
Haraz River
Environmental hazards
Urban development
Ecological resilience

© [2025] by the author(s).

Citation of the article

Moghadas Niaki, F., & Haeri, S. (2025). Formulation of strategies for the ecological landscape restoration of the Haraz River in Amol with an ecological resilience approach. *International Journal of Iranian Urban Design Studies*, 1(2), 269–298.

*This article is extracted from the master’s thesis of the author, [Fatemeh Moghades], titled “[Haraz landscape Restoration with approach to Ecological Landscape],” supervised by [Sanaz haeri] and advised by [Mansour Mosalla-Nejad], at [Shiraz University].

**Author Corresponding:
Email: haeri@shirazu.ac.ir

Introduction: As a natural, linear and ecological corridor, the river forms a heterogeneous range of ecosystems and spatial units that affect each other. Therefore, the river is an ecosystem intertwined in different scales that creates different patterns. By creating an ecological corridor, the river is effective in maintaining water health, improving the environment and protecting animal and plant species.
It also brings about dynamism, visual diversity in the urban landscape and improves the quality of life of citizens by transferring water resources. Urban rivers are of great importance as the edges of the urban environment, which, as a natural and ecological element, have a great impact on the city ecosystem, health, and vitality of the urban environment. Also, as a physical and visual element, they play an important role in urban beautification and the identity of most cities depends on them. With the expansion of urbanization and uncontrolled construction on the banks of rivers, destructive effects have been created on the water quality, morphology, and flora and fauna of the river ecosystem.
Many rivers in Iranian cities are also considered a threat to cities in urban development plans and, due to the expansion of urban infrastructure, have been removed from their ecological structure. In order to control floods, the river banks have been turned into channels with concrete and stone walls. The Farahzad River, the Kan River, and the Velenjak in Tehran, the Qomrud in Qom, the Mehraneh Rood in Tabriz, and the Khoshk River (Khoram Rood) in Shiraz are among them. In this study, the Haraz River in Amol city, Mazandaran province, is studied, criticized, and examined as a case study in order to develop a theoretical model and formulate urban landscape restoration strategies for the Haraz River in Amol with an ecological resilience approach, and its results, if generalizable, are studied in similar cases in geographical conditions and urban landscape structure.

IRANIAN URBAN DESIGN STUDIES

Materials and Methods: This research addresses the challenges in urban development plans in dealing with inner-city environments, the lack of ecological planning in order to preserve and maintain the ecosystem of inner-city rivers, focusing on the Haraz River in Amol. The objectives are developmental-applied and the research method is exploratory-correlational. In data analysis, it also uses the deductive-inductive method to achieve components for developing effective strategies in improving inner-city rivers with an ecological resilience approach and to answer the following main questions;

- What are the effective components in the urban landscape restoration of the Haraz River in Amol, with an ecological resilience approach?
- What theoretical model is effective in realizing the ecological resilience components in the ecological improvement of the Haraz-Amol River?

The research is carried out in the following 5 stages:

1. Review of theoretical literature and field studies within the framework of the theoretical foundations of the research.
2. Identification of key factors in the ecological restoration of urban rivers and data analysis.
3. Analysis of the research sample; Haraz Amol River
4. Extraction of effective components in the restoration of the urban landscape of Haraz Amol River with an ecological resilience approach
5. Developing a theoretical model for the urban landscape restoration of inner-city rivers

Findings: The data extracted from the research review were analyzed using a deductive-inductive method and were examined in two general groups, including the components effective in the urban landscape restoration of urban rivers and the components effective in ecological resilience:

1. Components effective in urban landscape restoration of urban rivers:

In urban landscape restoration of rivers, the most important and effective components that lead to the restoration of the river ecosystem are ecological components. Ecological components include four main components: river flow hydrology, biological diversity of biological species, river morphology, and aesthetics as a perceptual indicator of citizens.

The hydrological flow index defines the health of water in the river ecosystem and has a direct impact on the ecological conditions of the ecosystem. Biological diversity includes the diversity of plant and animal species, the diversity of micro and microbiological organisms, which is effective in the formation of ecosystem services. The morphology of the water corridor is defined by the natural form and structure of the river and the banks covered with biological species (ecological banks). The natural boundary of the river is considered a protective boundary in urban development plans based on its natural morphology. Aesthetics (mental perception) is a symbol of human understanding of space. In the discussions raised in ecological restoration, less human presence and non-interference in the natural ecological structure of the river are emphasized, but the presence of humans as citizens is inevitable. The definition of aesthetic symbols has an impact on the definition of the mental landscape of the river and is a factor in the formation of a culture of correct exposure to the inner-city river in preventing destruction and protection. The topic of aesthetics shapes the audience's mental landscape based on methods of perception, environmental psychology, and phenomenology. In this research, due to the emphasis on the structure of the river regardless of the presence of citizens, the topic of aesthetics is not addressed, which itself requires separate research.

2. Components affecting ecological resilience:

The goal of ecological resilience is to maintain the river ecosystem after the crisis so that the river ecosystem maintains its essence in secondary stable conditions. Ecological resilience of urban rivers is "process-based river restoration". A process that is appropriate to the ecosystem structure of the river and also covers the process-oriented structure of resilience. "Resilience thinking" affects the ecological dimensions of resilience and in the contemporary world aligns ecological-social resilience to make the "changing world" resilient.

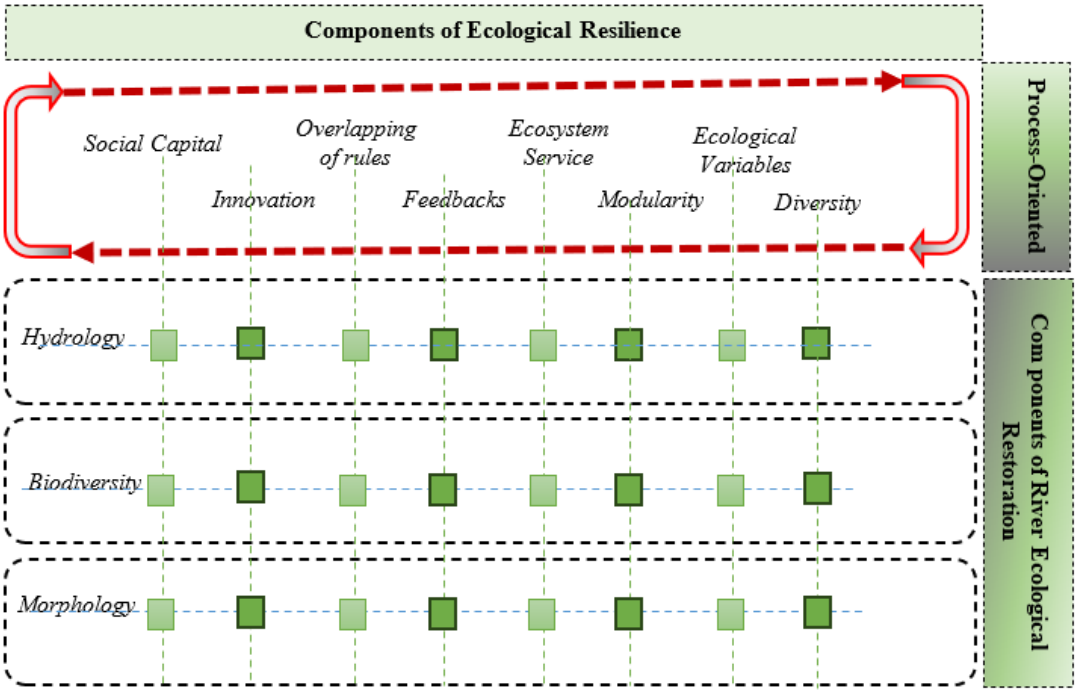


Figure 1. Theoretical model for Urban River restoration based on Ecological Components with an Ecological Resilience approach, source: (Authors 2025)

In this research process, at the project identification stage, hydrology and flood assessment of the Haraz River watersheds, biodiversity, and the impact of its changes on the ecological status of this river are examined, as well as river morphology and the effects of its changes on the ecological resilience of the ecosystem are analyzed. The strategies lead to the formation of effective components in resilience

(based on literature review); Diversity, ecological variables, modularity, ecosystem services, formulation and overlapping of rules, innovation, social capital and review of feedbacks, are in the three layers of hydrology, biology and morphology. But in fact; these strategies were common in the formation of many components and overlap. A strategy may lead to the formation of several components of resilience and restoration of part of the river ecosystem. What ultimately matters are that; the entire river ecosystem becomes resilient in its ecological structure in response to changes and recovers its ecological nature (Figure1).

Discussion and Conclusion: The Haraz River basin in Amol City, with its unique geographical features, is known as one of the flood-prone areas in Iran, which is affected by urban development factors and human interventions. Human activities such as excessive construction and pollution from industries threaten the ecosystem of this river and cause erosion and transfer of pollutants to downstream areas. These changes have led to the destruction of natural habitats and a decrease in biodiversity and, as a result, the Haraz River ecosystem. Therefore, the need for integrated watershed management and the implementation of conservation programs is necessary to achieve a healthy, resilient ecological ecosystem. Considering the exposure of the Haraz River ecosystem to the negative and harmful effects of urban development, it is necessary to influence resilient ecological components within the framework of urban development. This approach, by determining the resilient ecological nature of the river in the urban structure, facilitates its protection and restoration in the context of large-scale urban planning. Identifying a restoration plan based on the health of the river ecosystem, developing relevant strategies and solutions, implementing the restoration plan in coordination with urban development and management plans, and systematically monitoring and evaluating after the restoration is implemented, if carried out within a coherent framework and continued, will lead to the re-formation of the river ecosystem.

In fact, after implementing the restoration strategies, the river ecosystem enters a new state, which is a kind of secondary artificial ecosystem. At this stage, new conditions and possible weaknesses must be reviewed again and new strategies and solutions must be developed and implemented. Secondary monitoring and evaluation are also carried out so that the ecosystem can be improved in the evolutionary process, because rivers have a variable nature and are affected by climate change, environmental hazards, urban development and human interventions, which always require monitoring, evaluation and adaptation of strategies to new conditions so that the ecological restoration of the river ecosystem can continue. Resilient ecological restoration of rivers must be carried out based on a systemic approach and a “process-based” structure; this process is not a short-term program, but rather takes place in a process-oriented cycle so that the ecological characteristics of the ecosystem are restored and achieved sustainability. It is worth noting that the rivers of each city have unique characteristics that are affected by various factors, including the specific geography of the region, climate change and urban development. The strategies presented for ecological restoration of urban rivers with a resilience approach are generalizable on a macro scale, but on a micro scale and adopting specific solutions requires adaptation to the unique conditions of each river ecosystem, and the generalizability of the research results requires examining the specific conditions of each region.

Declarations

Conflict of Interest

Sanaz Haeri and Fatemeh Moghadas Niaki declare that there are no conflicts of interest related to this research.

Funding

This research did not use any financial sources granted by government or private organizations to advance the research.

Informed Consent
This research does not have human participants
Authors' Contributions
Ideology and study design: The subject of this research was proposed by Fatemeh Moghadas Niaki and the approach was proposed by Sanaz Haeri; Data collection and management: Fatemeh Moghadas Niaki; Data analysis and interpretation: Sanaz Haeri; Illustration: Sanaz Haeri; Writing the initial draft: Fatemeh Moghadas prepared the draft of the article in terms of the necessity of the topic, research background, field information and case study, and Sanaz Haeri wrote the tables, graphs and research method, data interpretation and results; Review and revision of the article: Sanaz Haeri; Research Project Management: Sanaz Haeri was responsible for the management, coordination, and planning of the implementation of this research project; Sanaz Haeri and Fatemeh Moghadas Niaki reviewed and approved the final version of the article.
Acknowledgments
No cases were reported by the authors.

References

1. Ab & Energy Consulting Engineers. (2016). Studies on determining the riverbed and buffer zone, Phase 1 rehabilitation and cadastral mapping of the Haraz River (Report Code: RE-BR-C-02). [in Persian].
2. Abedini, M., Faal Nazari, M., & Pirouzi, E. (2023). Flood hazard assessment and zoning using ARAS multi-criteria technique and unit hydrograph (Case study: Upstream basin of the Soltan Meshginshahr hydrometric station). *Natural Environmental Hazards, 12*(35), 115–138. [in Persian]. https://doi.org/10.22111/jneh.2022.40684.1863
3. Aghabeygi Amin, S. (2005). Temporal and spatial variation patterns of suspended sediment in the main sub-basins of the Haraz River. [Master's thesis, Tarbiat Modares University, Faculty of Natural Resources and Marine Sciences] [in Persian].
4. Akhtar, F., Fazl-Oliya, R., Darzi Naftchali, A., & Mashhadi Kholardi, F. (2021). Investigating and analyzing the impact of the urban area (Amol city) on the water quality of the Haraz River based on standard quality indices. *Water Resources Engineering Journal, 14*(50), 117–130. https://doi.org/10.30495/wej.2021.17270.2016 [in Persian].
5. Aminirad, H., Abessi, O., Golbabaei Kootenaei, F., Mirrezaei, M. A., Taghizadeh, T., Saeidi, P., & Darvishi, G. (2021). Investigation of self-purification capacity and water quality of Haraz river during dry and wet season. Journal of Applied Research in Water and Wastewater, 8(1), 21–27. https://doi.org/10.22126/arww.2021.6175.1201
6. Amol County Natural Resources and Watershed Management. (2024). Comparative discharge report of the Haraz River from 2016. [in Persian].
7. Anawar, M., & Chowdhury, R. (2020). Remediation of polluted river water by biological, chemical, ecological and engineering processes. Sustainability, 12(17), 7017. https://doi.org/10.3390/su12177017
8. Astbury, J. (2017). River Aire by Superpositions: Where the line between the natural and planned is blurred. *Architectural Review*. https://www.architectural-review.com/buildings/river-aire-by-superpositions-where-the-line-between-the-natural-and-planned-is-blurred
9. Atelier Dreiseitl. (2012). Kallang River-Bishan Park, Singapore. *World Landscape Architect*. https://worldlandscapearchitect.com/kallang-river-bishan-park-singapore-atelier-dreiseitl/?v=3a1ed7090bfa
10. Azari, K. (2021). Feasibility study on the use of abandoned riverbank areas in inner-city rivers for formulating a large-scale regeneration program for the Haraz Riverbank in Amol. [Master's thesis, Tarbiat Modares University, Faculty of Art and Architecture] [in Persian].
11. Bamanian, M. R. (2008). Planning for the restoration of Tehran's natural river valleys using SWOT strategic factor analysis (Case study: Velenjak river valley). *Environmental Sciences Quarterly, 5*(4). Shahid Beheshti University. https://envs.sbu.ac.ir/article_96877.html [in Persian].
12. Buckley, R. (1991). Environmental impacts of recreation in parks and reserves. Perspectives in Environmental

Management, 243–258. https://doi.org/10.1007/978-3-642-76502-5_13
13. Cieślak-Arkuszewska, A. (2020). A river in small town landscape. Selected issues. Przestrzeń i Forma. https://doi.org/10.21005/pif.2020.44.D-01
14. Cook, E. A. (1991). Urban landscape networks: an ecological planning framework. *Landscape Research*, 16(3), 7–15. https://doi.org/10.1080/01426399108706345
15. Deyousalar, A., Shokri Firouzjah, P., & Ferdowsi, S. (2011). Comparative analysis of urban space revitalization in Iran and successful global experiences in flood channels and urban rivers. *Urban Ecology Research Journal, 2*(4). [in Persian]. https://dorl.net
16. Ebadi, A. G., Toughani, M., Najafi, A., & Babaee, M. (2020). A brief overview on current environmental issues in Iran. Central Asian Journal of Environmental Science and Technology Innovation, 1(1), 1–11. https://doi.org/10.22034/CAJESTI.2020.01.08
17. Emlaei, Z., Pourebrahim, S., Heidari, H., & Lee, K. E. (2022). The impact of climate change as well as land-use and land-cover changes on water yield services in Haraz Basin. Sustainability, 14(13), 7578. https://doi.org/doi.org/10.3390/su14137578
18. Esmaeili, R., & Nourizadeh Nashli, N. (2024). Assessment of morphological changes in the Haraz River due to human pressures in the Amol city area, Mazandaran. *Hydrogeomorphology, 11*(40), 40–57. https://doi.org/10.22034/hyd.2024.61151.1733 [in Persian].
19. Farzadbehtash, M. R., Aghababaei, M. T., & Mohammadamini, M. (2010). Examining the condition of Farahzad River Valley before and after rehabilitation. *Tehran Urban Studies and Planning Center, 15.* [in Persian].
20. Francis, R. A. (2012). Positioning urban rivers within urban ecology. Urban Ecosystems, 15(2), 285–291. https://doi.org/10.1007/s11252-012-0227-6
21. Gholami, L., Karimi, N., & Kavian, A. (2017). Bioengineering methods for soil management and steep slope stabilization. *Ecohydrology, 4*(1), 149–162. [in Persian]. https://doi.org/10.22059/ije.2017.60897
22. Gholami, N., Soleimani, K., Kavian, A., & Gholami, V. (2021). Investigating the impact of mining activities on determining the quantitative buffer zone of the Haraz River. *Watershed Engineering and Management, 13*(4), 758–768. [in Persian]. https://doi.org/10.22092/ijwmse.2021.353093.1871
23. Goudarzi, M., Soltani, Z., & Ebrahimi, A. (2024). Evaluation and trend analysis of physical development in Gotvand towards flood-prone areas. *Natural Environmental Hazards, 13*(42), 15–30. [in Persian]. https://doi.org/10.22111/jneh.2024.47298.2004
24. Green, C. (2010). Towards sustainable flood risk management. International Journal of Disaster Risk Science, 1, 33–43. https://doi.org/10.3974/j. issn.2095-0055.2010.01.006
25. Haeri, S., & Masnavi, M. R. (2023). Analysis of ecological enhancement strategies for the Dry River landscape in Shiraz within the framework of sustainable urban development with an emphasis on flood hazard management. *Environmental Hazard Management, 10*(1), 71–89. https://doi.org/10.22059/jhsci.2023.356409.771 [in Persian].
26. Haeri, S., Habibi, A., Sheibani, M., & Saeedi Zadeh Naeini, M. (2022). Strategies for improving seasonal urban rivers' resilience against environmental hazards with ecological resilience. *Manzar, 14*(60), 62–77. https://doi.org/10.22034/manzar.2022.325484.2178 [in Persian].
27. Hajarian, A. (2024). Identification and analysis of coastal area resilience against natural hazards (Case study: Mahshahr Port). *Natural Environmental Hazards, 13*(42), 31–52. https://doi.org/10.22111/jneh.2024.47336.2007 [in Persian].
28. Hassani, O., & Ebrahimi, F. (2023). Organization of urban landscape and green spaces in Amol: Green space identification document for Region 2 [in Persian].
29. Iran Department of Environment. (2017). Haraz in the maze of consumption. *Iranian Department of Environment.* [in Persian]. https://www.iana.ir
30. Jobin, L., & Namour, P. (2017). Bioremediation in water environment: controlled electro-stimulation of or-

ganic matter self-purification in aquatic environments. Advances in Microbiology, 7, 813–852. https://doi.org/10.4236/aim.2017.712064

31. Karbasi, A., & Kalantari, F. (2007). Investigation of pollution sources in the Haraz River and proposing management strategies for its control. *Environmental Science and Technology, 3*(9), 61–70. [in Persian]. https://sanad.iau.ir/journal/jest/Article/839304
32. Kavian, A. (2017). Application of the semi-physical distributed SWAT model in simulating the impact of land use changes on runoff in the Haraz Dam watershed. *Research and Applied Studies Group, Mazandaran Regional Water Company.* [in Persian]. https://civilica.com/doc/1282783
33. Khayyat Rostami, B., & Anvar, A. (2017). A review of practical experiences in river restoration worldwide. *Proceedings of the 16th Iranian Hydraulic Conference, Ardabil.* [in Persian]. https://civilica.com/doc/727636
34. Larijani, S., Bannejad, H., Kavian, A., & Ziaei, A. N. (2023). Water quality assessment of the Haraz River using health, pollution, weighted, and social accounting indices (Case study: Punjab to upstream of Haraz Dam). *Iranian Journal of Irrigation and Water Engineering, 13*(Summer Special Issue), 369–387. [in Persian]. https://doi.org/10.22125/iwe.2022.345003.1638
35. Lin, Q. (2011). Influence of Dams on River Ecosystem and Its Countermeasures. Journal of Water Resource and Protection, 3(1), 60–66. https://doi.org/10.4236/jwarp.2011.31007
36. Maki, T., Mostafavi, H., & Abdoli, A. (2016). Conservation of river biodiversity using the landscape ecology approach. *Proceedings of the 2nd International Conference on Landscape Ecology, Isfahan.* [in Persian]. https://civilica.com/doc/547671
37. Marzluff, J. M., Shulenberger, E., Endlicher, W., Alberti, M., Bradley, G., Ryan, C., ZumBrunnen, C., & Simon, U. (2008). An international perspective on the interaction between humans and nature. https://doi.org/10.1007/978-0-387-73412-5
38. Minaei, M., & Vahidinia, M. H. (2022). Preventive strategies for flood mitigation using remote sensing and agent-based modeling (Case study: Shush County). *Natural Environmental Hazards, 11*(33), 197–216. [in Persian]. https://doi.org/10.22111/jneh.2022.38718.1812
39. Mohammadi, M., Egli, M., Kavian, A., & Lizaga, I. (2023). Static and dynamic source identification of trace elements in river and soil environments under anthropogenic activities in the Haraz plain, Northern Iran. Science of the Total Environment, 892, 164432. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.164432
40. Molaaghajanzadeh, S., Soleimani, K., Habibnejad, M., Kavian, A., & Rahmani, M. (2021). Application of remote sensing in assessing land use changes in the Haraz watershed. *Geographical Research Journal, 36*(3), 275–284. [in Persian]. http://georesearch.ir/article-1-981-fa.html
41. Nouhani, E., Darabi, F., Maroufinia, E., & Khosravi, K. (2016). Evaluation of the Shannon entropy model in preparing flood susceptibility and probability maps in the Haraz watershed. *Natural Environmental Hazards, 5*(10), 99–116. [in Persian]. https://doi.org/10.22111/jneh.2017.2958
42. Online News Agency. (2023). Significant destruction of the protected river. *55 Online News.* [in Persian]. https://www.55online.news
43. Pariour, P., Faryadi, Sh., Yavari, A. R., Salehi, E., & Herati, P. (2013). Expanding ecological sustainability strategies to increase urban environmental resilience (Case study: Tehran Municipality Districts 1 and 3). *Environmental Studies, 39*(1), 123–132. https://doi.org/10.22059/jes.2013.30393 [in Persian].
44. Pickett, S. T., Cadenasso, M. L., & Grove, J. M. (2004). Resilient cities: meaning, models, and metaphor for integrating the ecological, socio-economic, and planning realms. Landscape and Urban Planning, 69(4), 369–384. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2003.10.035
45. Pickett, S. T., Cadenasso, M. L., Grove, J. M., Nilon, C. H., Pouyat, R. V., Zipperer, W. C., & Costanza, R. (2001). Urban ecological systems: linking terrestrial ecological, physical, and socioeconomic components of metropolitan areas. Annual Review of Ecology and Systematics, 32(1), 127–157. https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.32.081501.114012

46. Pirnia, A., Darabi, H., Choubin, B., Omidvar, E., Onyutha, C., & Haghighi, A. T. (2019). Contribution of climatic variability and human activities to stream flow changes in the Haraz River basin, northern Iran. Journal of Hydro-Environment Research, 25, 12–24. https://doi.org/10.1016/j.jher.2019.05.001
47. Sashourpour, M., & Elyasi, E. (2015). Urban design of Abkenar with a sustainable development approach (Case study: Mahabad River). *Journal of Urban Landscape Research, 4*, 19. [in Persian]. https://www.magiran.com
48. Schmutz, S., & Moog, O. (2018). Dams: ecological impacts and management. Riverine Ecosystem Management: Science for Governing towards a Sustainable Future, 111–127. https://doi.org/10.1007/978-3-319-73250-3_6
49. Schouten, M. A., Van der Heide, C. M., Heijman, W. J., & Opdam, P. F. (2012). A resilience-based policy evaluation framework: Application to European rural development policies. Ecological Economics, 81, 165-175. https//:doi.org/10.1016/j.ecolecon2012.07.004.
50. Sedaghat, M., Soleimani, K., & Rashidpour, M. (2016). Assessment of flood sensitivity in Amol city using GIS technique. *Proceedings of the 3rd Scientific-Research Conference on New Horizons in Geography, Planning, Architecture, and Urban Planning of Iran, Tehran.* [in Persian]. https://civilica.com/doc/505482
51. Shafiei, B., Irani Behabahani, H., Mokhtoum, M., Yavari, A. R., & Karimi, K. (2003). Presenting design and restoration models in riverside areas considering ecological landscape principles. *Environmental Studies, 29*(32), 1–14. [in Persian]. https://dorl.net
52. Shahabi, H. (2021). Flood susceptibility zoning in northern Iran using advanced data mining algorithms (Case study: Haraz watershed). *Regional Planning Quarterly, 11*(41), 165–182. [in Persian]. https://doi.org/10.30495/jzpm.2021.4246
53. Simsek, G. (2012). Urban river rehabilitation as an integrative part of sustainable urban water systems. Proceedings of the 48th International Society of City and Regional Planners Congress, Perm, Russia, 10–13. https//:www.isocarp.net/data/case_studies.2239/pdf
54. Sobhe Amol. (2023). 50% reduction in the discharge of the Haraz River. *Sobhe Amol.* [in Persian]. https://sobheamol.ir
55. Soleimani, K. (2010). Flood hazard zoning in the Haraz Basin. *Proceedings of the 1st Conference on Applied Water Resources Research, Kermanshah.* [in Persian]. https://civilica.com/doc/112818
56. SWA Group. (2009). Buffalo Bayou Promenade, Houston, TX. *American Society of Landscape Architects*. https://www.asla.org/2009awards/104.html
57. Tasnim News Agency. (2015). Images of the flood of the Great Haraz River in Amol. *Tasnim News.* [in Persian]. https://www.tasnimnews.com
58. Trivedi, P. R. (2004). Environmental impact assessment. APH Publishing Corporation. https//:books.google.com/books?id=DAJ6PQAACAAJ
59. Turenscape .(2010) .Shanghai Houtan Park .ArchDaily .https//:www.archdaily.com/131747/shanghai-houtan-park-turenscape
60. Turenscape .(2010) .Shanghai Houtan Park .*Chinese Architects*. https://www.chinese-architects.com/en/turenscape-haidian-district-beijing/project/shanghai-houtan-park
61. Turner, M. G. (2005). Landscape ecology: what is the state of the science? Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst., 36(1), 319–344. https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.36.102003.152614
62. Walker, B. H., Salt, D., & Reid, W. V. (2006). *Resilience thinking: sustaining ecosystems and people in a changing world*. Island Press. https://cir.nii.ac.jp/crid/1130282271507962752
63. Wang, D., Zhu, X., Xi, W., Pan, H., Yao, H., & Du, Y. (2023). Purification capacity of natural biofilms and their physiochemical and biological properties: a case study in the Jishan River, a heavily polluted river. Water Supply, 23(4), 1611–1625. https://doi.org/10.2166/ws.2023.078
64. Wikipedia. (2024). *Amol*. *Wikipedia, The Free Encyclopedia*. Retrieved from [in Persian]. https://fa.wikipedia.org/wiki/Amol
65. Wikipedia. (2024). *Haraz River*. *Wikipedia, The Free Encyclopedia*. Retrieved from. [in Persian]. https://fa.wiki-

pedia.org/wiki/Haraz_River
66. Wu, C., & Nepal, S. K. (2010). Introduction to Outdoor Recreation: Providing and Managing Natural Resource Based Opportunities. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2010.07.016
67. Yi, Y., Yang, Z., & Zhang, S. (2010). Ecological influence of dam construction and river-lake connectivity on migration fish habitat in the Yangtze River basin, China. Procedia Environmental Sciences, 2, 1942–1954. https://doi.org/10.1016/j.proenv.2010.10.207
68. Yifang Ecoscape. (2019). Weiliu Wetland Park, Xianyang, China. *World Landscape Architect*. https://worldlandscapearchitect.com/weiliu-wetland-park-xianyang-china-yifang-ecoscape/?v=4f74d343f26b
69. Yu, K. (2015). A resilient landscape. Topos, 90, 84–89. https://www.turenscape.com/en/news/detail/330.html
70. Zargari, A., Salarijazi, M., Ghorbani, K., & Ahmad Dehghani, A. (2023). Effect of dam construction on changes in river's environmental flow (case study: Gorganrood river in the south of the Caspian Sea). Applied Water Science, 13(11), 212. https://doi.org/10.1007/s13201-023-02011-3
71. Zevenbergen, C. (2016). Flood resilience. An edited collection of authored pieces comparing, contrasting, and integrating risk and resilience with an emphasis on ways to measure resilience, 1(1), 277.
72. Zhang ,X ,.Fang ,C ,.Wang ,Y ,.Lou ,X ,.Su ,Y & ,.Huang ,D .(2022) .Review of Effects of Dam Construction on the Ecosystems of River Estuary and Nearby Marine Areas .Sustainability .5974 ,(10)14 ,https//:doi.org/10.3390/su14105974

Note for Readers:

This paper contains an identical English abstract in two sections:

Abridged Paper: To provide an overview for international readers.

Persian Section: To meet the standardized structure of Persian academic publications.

This repetition is intentional to ensure alignment with academic standards and facilitate readability for both audiences. Readers are encouraged to review the full paper for comprehensive details.

یادداشت برای خوانندگان:

این مقاله شامل یک چکیده انگلیسی در دو بخش است:

بخش Abridged Paper: برای ارائه یک دید کلی به خوانندگان بین‌المللی.

بخش فارسی: به‌منظور رعایت استانداردهای ساختار مقالات علمی فارسی.

تکرار این چکیده، با هدف انطباق با استانداردهای علمی و تسهیل مطالعه برای هر دو گروه از مخاطبان طراحی شده است. خوانندگان می‌توانند برای دریافت جزئیات کامل، به متن اصلی مقاله مراجعه کنند.

© [2025] by the author(s). This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0). The authors retain copyright, and this work may be shared and redistributed with proper attribution.
License link: https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

CC BY 4.0

© [۲۰۲۵] نویسنده(گان). این مقاله تحت مجوز Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) منتشر شده است. نویسنده(گان) مالک حقوق مادی و معنوی اثر خود هستند، و این مقاله می‌تواند با ذکر منبع مورد استفاده، بازنشر و توزیع شود.
لینک مجوز: https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

نشریهٔ علمی مطالعات طراحی شهری ایران. دوره ۱. شماره ۲. صفحات ۲۹۸-۲۶۹. پاییز و زمستان۱۴۰۳

نشریهٔ علمی مطالعات طراحی شهری ایران
International Journal of Iranian Urban Design Studies (IUDS)
https://iuds.shirazu.ac.ir/

مقاله علمی - پژوهشی

تدوین مدل نظری بهسازی منظر شهری رودخانه هراز آمل با رویکرد تاب آوری اکولوژیک*

فاطمه مقدس نیاکی [۱]، ساناز حائری [۲،**]

۱. دانش‌آموختهٔ کارشناسی‌ارشد منظر، بخش معماری، هنر و معماری، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران.
۲. استادیار، بخش معماری، دانشکدهٔ هنر و معماری، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران.

چکیده

ماهیت اکولوژیک منظر شهری رودخانه‌ها به‌عنوان یکی از ارکان اصلی اکوسیستم‌های طبیعی، تأثیر بسزایی بر کیفیت زیست‌محیطی شهرها دارد. با افزایش شهرنشینی و گسترش فعالیت‌های انسانی، این اکوسیستم‌ها با چالش‌های جدی روبه‌رو شده‌اند. به‌گونه‌ای که آلودگی اکوسیستم، تغییرات هیدرولوژیکی و تخریب زیستگاه‌های جانوری را به‌همراه دارد که به تخریب اکوسیستم رودخانه و تغییر ساختار بیولوژیکی وابسته به آن برمی‌گردد. علاوه بر این، عوامل مداخله‌گر ناشی از مخاطرات محیطی نیز تهدیدی جدی برای اکوسیستم رودخانه‌های درون‌شهری محسوب می‌شود؛ لذا ضرورت بهسازی اکولوژیک رودخانه‌ها به‌منظور احیای منظر شهری، اکوسیستم‌های طبیعی و افزایش تاب‌آوری آن‌ها برابر تغییرات محیطی و مداخلات انسانی، امری حیاتی در مدیریت برنامه‌های شهری معاصر است. این پژوهش با اهداف توسعه‌ای‌کاربردی، با روش اکتشافی‌همبستگی و داده‌های کتابخانه‌ای، ابتدا به بررسی ادبیات تحقیق می‌پردازد و سپس با استفاده از مستندات تاریخی معتبر رودخانهٔ هراز، مشاهدات میدانی و تصاویر سنجش‌ازدور، با تحلیل‌های قیاسی‌استنتاجی مدل نظری تدوین می‌کند. در نهایت مؤلفه‌های اکولوژیک مؤثر بر بهسازی منظر شهری رودخانه‌های درون‌شهری با رویکرد تاب‌آوری استخراج می‌شود. مؤلفه‌های هیدرولوژیکی، تنوع بیولوژیکی و مورفولوژیکی به‌عنوان عوامل کلیدی در ساختار اکولوژیک رودخانه شناخته می‌شود. تنوع، متغیرهای اکولوژیکی، مدولاریتی، خدمات اکوسیستم، تدوین و هم‌پوشانی قوانین، نوآوری، سرمایه‌های اجتماعی و بررسی بازخوردها مؤلفه‌های مؤثر در تاب‌آوری اکولوژیکی استخراج می‌شوند تا در ساختار تکاملی فرایندگرا قرار گیرند، مدل نظری و راهبردهای مرتبط برای بهسازی رودخانهٔ هراز تدوین شود تا در طرح‌های توسعهٔ شهری لحاظ گردد. تصفیهٔ فاضلاب‌های شهری و صنعتی قبل از ورود به رودخانه، مدیریت زهاب‌های کشاورزی، مدیریت رواناب‌های شهری، حفاظت از بستر رودخانه، جلوگیری از گسترش مناطق مسکونی و باغات در کرانهٔ رودخانه، انجام عملیات آبخیزداری، حفظ پهروهای اکولوژیکی حریم رودخانه، ایجاد سیستم‌های پایش سلامت آب، اجرای قوانین مربوط به حفاظت حریم و بستر رودخانه و بهره‌گیری از سرمایه‌های اجتماعی در توسعهٔ فرهنگ حفاظت از محیط‌زیست است.

نکات شاخص

- این پژوهش آسیب‌ها و تخریب‌های ناشی از توسعه شهری و مداخلات انسانی در تغییر ساختار اکوسیستم‌های طبیعی رودخانه‌های درون‌شهری را موردبررسی قرار می‌دهد.
- این پژوهش بر ضرورت شکل‌گیری دیدگاه " تاب‌آوری اکولوژیک " در طراحی شهری و برنامه‌های توسعه شهری تأکید دارد و مؤلفه‌های مرتبط را ارائه می‌دهد.
- نتایج پژوهش حاصل برآیند مؤلفه‌های مؤثر بر ویژگی‌های اکولوژیکی رودخانه و مؤلفه‌های تاب‌آوری اکولوژیک می‌باشد.
- در این پژوهش الگوی نظری بهسازی منظر شهری رودخانه هراز آمل متأثر از مؤلفه‌های تاب‌آوری اکولوژیک تدوین می‌شود.
- این پژوهش بهسازی منظر شهری رودخانه‌ای را مبتنی بر فرآیند در طول زمان می‌داند تا تغییرات در روند تکاملی خود موجب شکل‌گیری اکوسیستم پایدار ثانویه شود.

© [۲۰۲۵] نویسنده(گان).

مشخصات مقاله

تاریخ ارسال ۱۴۰۳/۰۷/۱۷
تاریخ بازنگری ۱۴۰۳/۰۸/۲۰
تاریخ پذیرش ۱۴۰۳/۰۹/۲۱
تاریخ انتشار آنلاین ۱۴۰۳/۱۰/۳۰

واژگان کلیدی

بهسازی منظرشهری
توسعهٔ شهری
تاب‌آوری اکولوژیک
رودخانهٔ هراز
مخاطرات محیطی

نحوه ارجاع دهی به این مقاله

مقدس نیاکی، فاطمه، و حائری، ساناز. (۱۴۰۳). تدوین راهبردهای بهسازی منظر شهری رودخانهٔ هراز آمل با رویکرد تاب‌آوری اکولوژیک. *نشریه علمی مطالعات طراحی شهری ایران*، ۱ (۲)، ۲۹۸-۲۶۹.

* این مقاله مستخرج از پایان‌نامهٔ کارشناسی‌ارشد نویسنده، فاطمه مقدس با عنوان «بازآفرینی منظر رودخانه هراز آمل با رویکرد منظر اکولوژیک» به راهنمایی دکتر ساناز حائری و مشاورهٔ دکتر منصور مصلی‌نژاد در اسفند ۱۴۰۲ در دانشگاه شیراز است.

** آدرس پستی نویسندهٔ مسئول: haeri@shirazu.ac.ir

نشریهٔ علمی مطالعات طراحی شهری ایران. دوره ۱. شماره ۲. صفحات ۲۹۸-۲۶۹. پاییز و زمستان۱۴۰۳

نشریهٔ علمی مطالعات طراحی شهری ایران

International Journal of Iranian Urban Design Studies (IUDS)

https://iuds.shirazu.ac.ir/

ORGINAL REASERCH PAPER

Developing a Theoretical model for Urban Landscape restoration of the Haraz River with an Ecological Resilience approach*

Fatemeh Moghadas Niaki [1], Sanaz Haeri [2,]**

1. Master of Landscape Architecture, Department of Architecture, Art and Architecture, Shiraz University, Shiraz, Iran.
2.Assistant Professor, Department of Architecture, Faculty of Art and Architecture, Shiraz University, Shiraz, Iran.

ABSTRACT

The ecological nature of the urban landscape of rivers, as one of the main pillars of natural ecosystems, has a significant impact on the environmental quality of cities. With the increase in urbanization and the expansion of human activities, these ecosystems have faced serious challenges in such a way that ecosystem pollution brings with it hydrological changes and destruction of animal habitats, which leads to the destruction of the river ecosystem and changes in its biological structure. In addition, interfering factors resulting from environmental hazards are also considered a serious threat to the ecosystem of inner-city rivers. Therefore, the necessity of ecological restoration of rivers in order to restore the urban landscape, natural ecosystems and increase their resilience to environmental changes and human interventions is a vital issue in the management of contemporary urban programs. This research, with developmental-applied objectives, with an exploratory-correlational method, with library data, first reviews the research literature and then, using authentic historical documents of the Haraz River, field observations and remote sensing images, develops a theoretical model with deductive-inferential analyses; finally, the ecological components effective in improving the urban landscape of inner-city rivers are extracted with a resilience approach. Hydrological components, biological and morphological diversity are known as key factors in the ecological structure of the river. Diversity, ecological variables, modularity, ecosystem services, development and overlap of rules, innovation, social capital and feedback review are the effective components in ecological resilience extracted to be placed in a process-oriented evolutionary structure and a theoretical model of restoration is developed. For this purpose, the study sample; The Haraz River in Amol city is examined and in order to realize the theoretical model, relevant strategies for improving the Haraz River are explained to be included in Amol urban development plans.

Highlights

- This research analyzes the damages and destruction caused by urban development and human interventions in altering the structure of natural ecosystems of urban rivers.
- This research emphasizes the necessity of forming an “ecological resilience” perspective in urban design and urban development programs and presents the related components.
- The results of the research are derived from the integration of components affecting the ecological characteristics of rivers and the components of ecological resilience.
- In this research, theoretical model for the urban landscape restoration of the Haraz River in Amol, influenced by ecological resilience components, are formulated.
- This research considers the improvement of urban river landscapes as a process over time, allowing changes in the evolutionary process to lead to the formation of a stable secondary ecosystem.

© [2025] by the author(s).

ARTICLE INFO

Received	08/10/2024
Revised	10/11/2024
Accepted	11/12/2024
Available Online	19/01/2025

Keywords

Urban landscape restoration
Haraz River
Environmental hazards
Urban development
Ecological resilience

Citation of the article

Moghadas Niaki, F., & Haeri, S. (2025). Formulation of strategies for the ecological landscape restoration of the Haraz River in Amol with an ecological resilience approach. *International Journal of Iranian Urban Design Studies*, 1(2), 269–298.

*This article is extracted from the master’s thesis of the author, [Fatemeh Moghades], titled “[Haraz landscape Restoration with approach to Ecological Landscape],” supervised by [Sanaz haeri] and advised by [Mansour Mosalla-Nejad], at [Shiraz University].

**Author Corresponding:
Email: haeri@shirazu.ac.ir

مقدمه

رودخانه به‌عنوان یک کریدور طبیعی، خطی و جریانی اکولوژیکی، محدوده‌ای ناهمگن از اکوسیستم‌ها و واحدهای فضایی را تشکیل می‌دهد که این اکوسیستم‌ها بر یکدیگر تأثیر می‌گذارند. ازهمین‌رو، رودخانه اکوسیستمی درهم‌تنیده در مقیاس‌های متفاوت است که الگوهای مختلفی را ایجاد می‌کند (شفیعی و همکاران، ۱۳۸۲). رودخانه با ایجاد کریدور اکولوژیکی، در حفظ سلامت آب، بهبود محیطزیست و حفاظت از گونه‌های جانوری و گیاهی اثرگذار است (Turner, 2005). همچنین با انتقال منابع آب موجب پویایی، تنوع بصری در منظر شهری و ارتقای کیفیت زندگی ساکنان می‌شود (Cook,1991).

رودخانه‌های شهری به‌عنوان لبه‌های محیطزیستی شهری، از اهمیت بسزایی برخوردارند و به‌منزلهٔ عنصر طبیعی و اکولوژیک، بر اکوسیستم شهر، سلامت، سرزندگی محیط شهری تأثیر زیادی دارند. علاوه بر این، به‌عنوان عنصر کالبدی و بصری شاخص، نقش مهمی بر زیباسازی شهری ایفا می‌کند و هویت بیشتر شهرها به آن‌ها وابسته است (Francis, 2012؛ ساشورپور و الیاسی، ۱۳۹۴). با گسترش شهرنشینی و ساخت‌وسازهای بی‌رویه در کرانهٔ رودخانه‌ها، آثار مخربی بر کیفیت آب، مورفولوژی و پوشش گیاهی و جانوری اکوسیستم رودخانه‌ها، ایجاد شده و منظر رودخانه‌ها تغییر ماهیت داده است (Marzluff et al., 2008). درحالی‌که دوام و پایداری اکولوژیک شهرها به محیطزیست‌های درون‌شهری بستگی دارد که بیشتر آن‌ها به‌دلیل مدیریت، برنامه‌ریزی و طراحی شهری نامناسب آسیب دیده‌اند (Simsek, 2012).

رودخانه‌های متعدد در شهرهای ایران نیز در برنامه‌های توسعهٔ شهری تهدیدی برای شهرها قلمداد می‌شوند و متأثر از چگونگی گسترش زیرساخت‌های شهری از ساختار اکولوژیکی خود خارج شده‌اند. برای کنترل سیلاب، بدنهٔ رودخانه‌ها با دیواره‌های بتنی و سنگی به کانال تبدیل شده است (بهتاش و همکاران، ۱۳۸۹؛ بمانیان، ۱۳۸۷؛ دیوسالار و همکاران، ۱۳۹۰). رودخانهٔ فرحزاد، کن، ولنجک در تهران، قمرود در قم، مهرانه رود در تبریز، رودخانهٔ خشک (خرم‌رود) در شیراز از این جمله هستند. در این پژوهش، رودخانهٔ هراز در شهر آمل، استان مازندران به‌عنوان نمونهٔ مطالعه نقد و بررسی می‌شود تا تحلیل راهبردهای بهسازی منظر شهری رودخانهٔ هراز آمل با رویکرد تاب‌آوری اکولوژیک تدوین شود و نتایج آن در صورت تعمیم‌پذیری در نمونه‌های مشابه در شرایط جغرافیایی و ساختار شهری مورد پژوهش قرار گیرد.

پیشینهٔ پژوهش

در میان همهٔ مخاطرات طبیعی کشور، با توجه به آمارهای ثبت‌شده و مشاهدات میدانی، سیل از مخرب‌ترین آن‌ها بوده و بیشترین فراوانی وقوع را داراست. امروزه به‌دلیل تجاوز شهرنشینی به حریم رودخانه‌ها، تغییر کاربری زمین و تخریب پوشش‌های گیاهی، خسارت‌های ناشی از وقوع سیل افزایش یافته است. افزایش خسارت‌های جانی و مالی و فرسایش خاک رسوب‌گذاری از آن جمله است (مینایی، وحیدنیا، ۱۴۰۱).

کاهش آثار زیان‌بار ناشی از سیلاب‌ها نیازمند شناسایی دقیق مناطق سیل‌گیر است. این فرآیند به تصمیم‌گیری درمورد نحوهٔ استفاده از اراضی و کاربری‌های مختلف، ازجمله توسعهٔ بهینهٔ شهرها و روستاها کمک می‌کند و می‌تواند زیان‌های ناشی از وقوع سیلاب را کاهش دهد و به حفظ ایمنی جوامع محلی منجر شود (عابدینی و همکاران، ۱۴۰۲). در این راستا مفهوم تاب‌آوری به‌عنوان یکی از رویکردهای مؤثر برای مقابله با بحران‌های محیطی مطرح می‌شود. تاب‌آوری به معنای توانایی جوامع در ایستادگی و سازگاری با حوادث طبیعی است و از دیدگاه بسیاری از پژوهشگران، یکی از مهم‌ترین موضوعات برای دستیابی به پایداری محسوب می‌شود. با توجه به چالش‌های ناشی از توسعهٔ شهرها در حریم رودخانه‌ها، تقویت تاب‌آوری ضروری است. در حقیقت، سیستم‌های تاب‌آور عملکردها و ساختارهای هویت خود را در مواجهه با بحران‌ها حفظ می‌کنند. تاب‌آوری هم به مرحلهٔ پیش از بحران‌ها و هم به مواجهه و بازسازی پس از آن‌ها مرتبط است (حجاریان، ۱۴۰۳).

با توجه به ضرورت بهسازی اکوسیستم رودخانه در فرایندی ساختاری و منسجم، یکی از چالش‌های اصلی در بهسازی رودخانه، نحوهٔ رویکرد به آن است. تأکید بر تاب‌آوری در سیستم‌های اکولوژیکی در گام اول، حول شناخت گونه‌های ارگانیسم، روابط متقابل آن‌ها و تأثیر عوامل طبیعی محیطی شکل می‌گیرد و تأثیر انسان به‌عنوان یک عامل مداخله‌گر در سیستم مشهود است (Pickett et al.,2001). با تکامل و پیشرفت علم اکولوژیک، تغییر نگرش نسبت به تاب‌آوری اکولوژی صورت گرفته است. سیستم‌های اکولوژیکی ذاتاً سیستم‌های منعطف هستند که با محیط اطراف خود تعامل دارند و بر عملکرد آن‌ها

تأثیر می‌گذارند. این سیستم‌ها می‌توانند در صورت تغییر، در حالت‌های ثانویهٔ متعدد، توانایی انطباق با شرایط جدید را داشته باشند. پذیرش تغییر به‌عنوان یک جنبه جدایی‌ناپذیر از سیستم تاب‌آور شناخته می‌شوند (Pickett et al., 2004). درزمینهٔ سیل، تاب‌آوری مربوط به ظرفیت و سازگاری سیستم برای تحمل یا جذب اختلالات است. علاوه بر این، سیستم در میان طیف گسترده‌ای از اختلالات، خواه سیل یا بارندگی شدید، عملکرد و قابلیت خود را از دست نمی‌دهد (Zevenbergen, 2016).

این تعریف به اهمیت عملکرد سیستم تأکید دارد. در اصل، تعریف بر ساختار و عملکرد اکوسیستم، توانایی دستیابی به شرایط پایدار پس از اختلال و حفظ هویت سیستم در مواجهه با سیل تأکید می‌کند. پس از بروز اختلال، اکوسیستم رودخانه می‌تواند خود را بازیابی کند و به پایداری ثانویه دست یابد و به لحاظ اکولوژیکی تاب‌آور شود (حائری و همکاران، ۱۴۰۱). استفاده از حداکثر مزایای سیل برای تقویت توسعه و افزایش قابلیت‌های سیستم می‌تواند انعطاف‌پذیری رودخانه را برابر سیل افزایش دهد؛ چراکه سیل یکی از ویژگی‌های ذاتی رودخانه‌هاست. بااین‌حال، مداخله‌های انسانی، توسعهٔ شهری و تغییرات اقلیمی، این ویژگی طبیعی را به یک بلای طبیعی تبدیل کرده است.

برنامه‌ریزی برای کاهش خطر سیل رودخانه‌های شهری و بهینه‌سازی استفاده از مزایای آن، می‌تواند به تاب‌آوری رودخانه‌ها بیفزاید (Green, 2010). ازاین‌رو، با درک انسان به‌عنوان عضو جدایی‌ناپذیر اکوسیستم‌ها، نقش آن‌ها در شکل دادن به سرنوشت این اکوسیستم‌ها اهمیت پیدا کرده است (پریور و همکاران، ۱۳۹۲). نمونه‌های بهسازی اکولوژیک رودخانه‌های شهری در تجارب جهانی، از قبیل رودخانه‌های یانویژو (Yu,2015)، هوانگپو، هوتان (Turenscape, 2010)، (Yifang, 2019 Ecoscape)، رودخانهٔ هادسون و رودخانهٔ بوفالوی آمریکا (SWA Group, 2009)، رودخانهٔ ائیر سوئیس (Astbury, 2017)، رودخانهٔ کالانگ سنگاپور (Atelier Dreiseitl, 2012)، رودخانهٔ چئون کرهٔ جنوبی (خیاط رستمی، انوار، ۱۳۹۶)، تأثیر چشمگیری بر محیط شهری گذاشته‌اند و به تاب‌آوری رودخانه در برابر سیل افزوده‌اند.

شایان ذکر است که راهبردهای مرتبط ثابت نیستند، بلکه به‌عنوان راهبردهای تطبیقی در نظر گرفته می‌شوند که در پاسخ به شرایط محیطی و تغییرات ناشی از مخاطرات، در فرایند بهبود تکامل می‌یابند.

شناسایی مناطق مستعد وقوع سیلاب، یکی از چالش‌های مهم در مدیریت منابع آب و برنامه‌ریزی شهری است. نزدیکی به رودخانه‌ها می‌تواند به افزایش خطر سیلاب منجر شود. نوع کاربری اراضی نیز بر پتانسیل سیل‌خیزی تأثیرگذار است؛ به‌طوری‌که ساخت‌وسازهای شهری به‌دلیل نفوذپذیری کم، بیشتر در معرض خطر قرار دارند (گودرزی و همکاران، ۱۴۰۳).

داده‌ها و روش‌ها

حوزهٔ جغرافیایی پژوهش

حوضهٔ آبخیز هراز بین ′۴۳ °۵۱ تا ′۳۶ °۵۲ طول شرقی و ′۴۵ °۳۵ تا ′۲۲ °۳۶ عرض شمالی واقع شده است. منطقهٔ مورد مطالعه در جنوب شهرستان آمل و استان مازندران قرار دارد. وسعت حوضهٔ آبخیز به‌صورت تقریبی ۴۰۱۴ کیلومتر مربع است (شکل۱). حداقل ارتفاع حوضه ۳۰۰ متر و حداکثر ارتفاع آن ۵۶۰۰ متراز سطح دریاست. میانگین بارندگی سالانه در سال ۲۰۰۶ برابر با ۷۲۳/۰۷ میلی‌متر و در سال ۲۰۱۲ برابر با ۸۳۱/۳۸ میلی‌متر برآورده شده است. مراکز مهم سکونتی حوزهٔ آبخیز هراز عبارت‌اند از پلور، نشل، تیران، رینه، کندوان، آب اسک، گزنک، بایجان، بلقلم، بلده و نور (شهابی، ۱۴۰۰).

این حوضه یکی از مناطق مستعد سیل‌خیزی در ایران است که با دریافت میزان بارندگی سالیانه، پتانسیل بالایی برای تولید رواناب و وقوع سیلاب دارد. حوضه آبریز هراز به‌دلیل بارندگی‌های مناسب و وجود قله‌های مرتفع، دارای آبدهی خوبی است. میانگین (میانگین ۴۵ساله) آبدهی این حوضه حدود ۱.۱ میلیارد متر مکعب برآورد شده است که بخشی از آن ازطریق سد لار به تهران منتقل می‌شود (سازمان حفاظت محیط‌زیست ایران، ۱۳۹۶).

همچنین این حوضه به‌دلیل شیب بالا و شرایط جغرافیایی، جریان آب تند و سیلابی دارد که موجب فرسایش و انتقال آلاینده‌ها به مناطق پایین‌دست می‌شود. در فروردین ۱۳۹۴ سیل مهیبی رخ داد که حجم دبی آب رود هراز به بیش از ۲۰۰ متر مکعب در ثانیه رسید که بیشترین حجم آب در ۳۵ سال اخیر بود (شکل ۲و۳). تا قبل از آن، بیشترین حجم دبی آب به ۱۳۱ متر مکعب در ثانیه می‌رسید. در سال ۱۳۹۴، سیلاب خسارات قابل‌توجهی به زیرساخت‌ها و واحدهای مسکونی در منطقهٔ آمل و بخش لاریجان وارد کرد (خبرگزاری تسنیم، ۱۳۹۴). سد خاکی هراز از سال ۱۳۸۹ در دستور ساخت قرار گرفت و در زمان وقوع

سیلاب سال ۱۳۹۴ ناتمام بود و بهره‌برداری نبود. نتایج مطالعات نشان می‌دهد که سیستم انحراف آب سد هراز قادر خواهد بود سیلاب با پیک ۲۳۴ متر مکعب در ثانیه را به میزان ۱۸۰ متر مکعب در ثانیه کاهش دهد. همچنین در زمان بهره‌برداری، با توجه به حجم زیاد سیلاب‌ها نسبت به حجم کم مخزن، پیک سیلاب خروجی حدود ۱۰درصد، بدون اتخاذ هیچ‌گونه تمهید خاصی در طراحی، کاهش می‌یابد (خبرگزاری تسنیم، ۱۳۹۴). محدودهٔ رودخانهٔ هراز آمل با توجه به آسیب‌های ناشی از توسعهٔ شهر، بررسی و تحلیل می‌شود تا ماهیت آن با رویکرد تاب‌آوری اکولوژیکی بهسازی و راهبردهای مربوط تدوین شود.

روش‌شناسی پژوهش

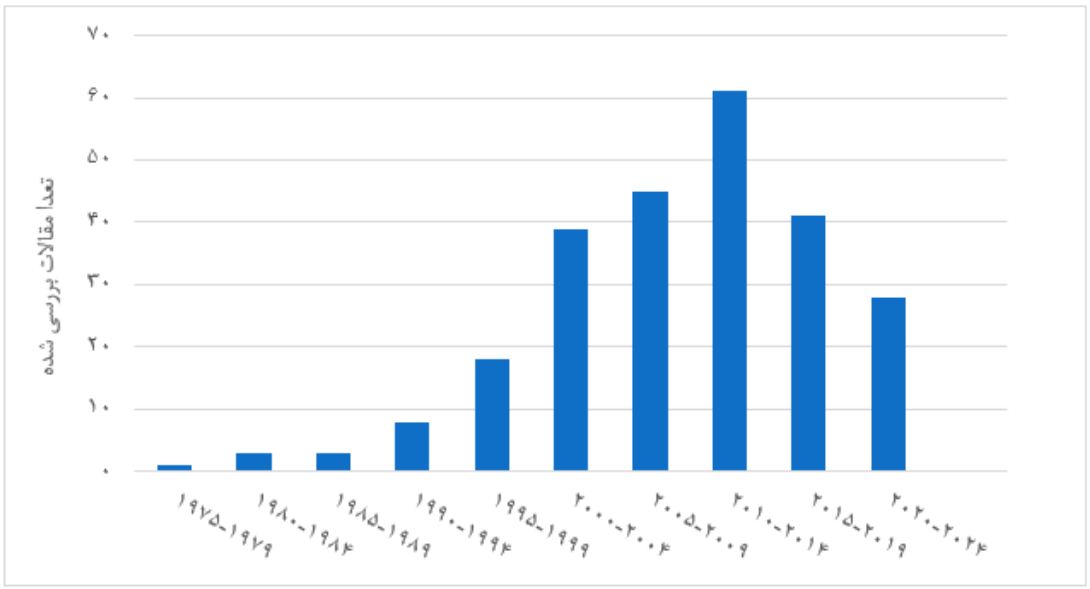
این پژوهش به چالش‌های موجود در طرح‌های توسعهٔ شهر، در مواجهه با محیطزیست‌های درون‌شهری، نقصان برنامه‌ریزی اکولوژیکی به‌منظور حفظ و نگهداری اکوسیستم رودخانه‌های درون‌شهری با تمرکز بر رودخانهٔ هراز در شهر آمل می‌پردازد. اهداف توسعه‌ای‌کاربردی بوده و روش پژوهش اکتشافی‌همبستگی است. در تجزیه‌وتحلیل داده‌ها نیز از روش قیاسی‌استنتاجی بهره می‌گیرد تا به مؤلفه‌هایی برای تدوین راهبردهای مؤثر در بهسازی رودخانه‌های درون‌شهری با رویکرد تاب‌آوری اکولوژیکی دست یابد و به سؤالات اصلی زیر پاسخ دهد:

- مؤلفه‌های مؤثر در بهسازی منظر شهری رودخانهٔ هراز آمل، با رویکرد تاب‌آوری اکولوژیک کدام‌اند؟
- چه مدل نظری در جهت تحقق مولفه ها تاب آوری اکولوژیک، در بهسازی اکولوژیک رودخانه هراز آمل موثر است؟

شکل ۱. (راست) موقعیت جغرافیایی حوضهٔ آبخیز هراز، در استان مازندران و ایران، منبع: (عطاالله کاویان، ۱۳۹۶)
شکل ۲و۳. (چپ) طغیان رودخانه درفروردین سال ۱۳۹۴، منبع: (خبرگزاری تسنیم، ۱۳۹۴)

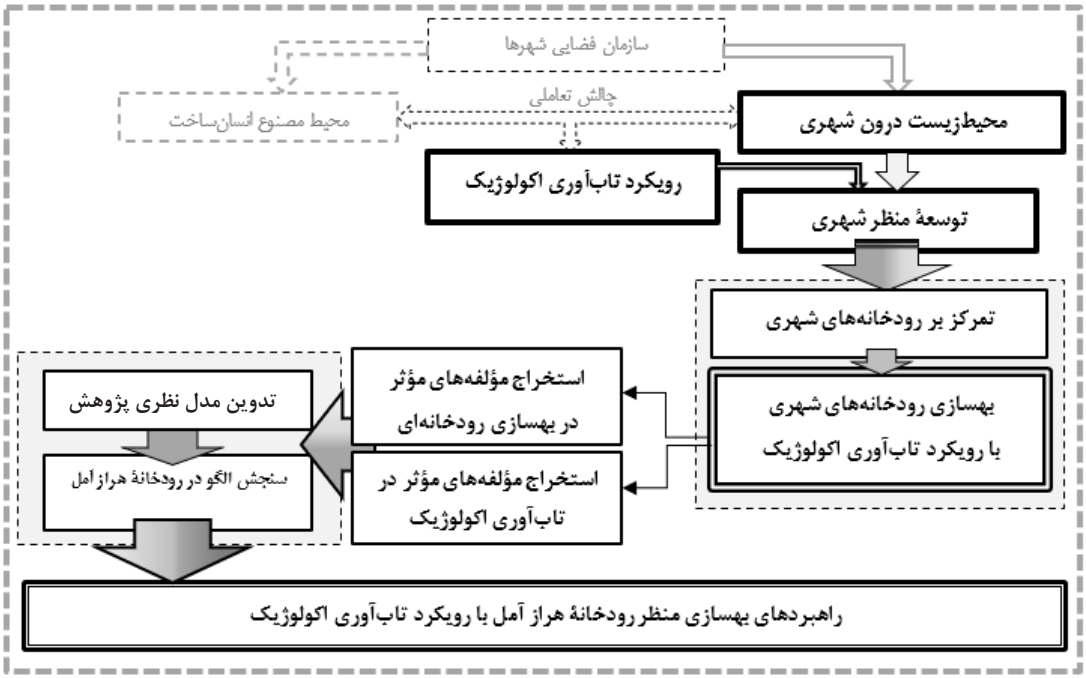
به‌طورکلی، پژوهش در چهار مرحلهٔ ذیل صورت می‌گیرد که در شکل ۵ به‌تفصیل شرح داده شده است:

۱. مرور ادبیات نظری و مطالعات زمینه‌ای در چهارچوب مبانی نظری پژوهش (شکل ۶)؛
۲. شناسایی عوامل کلیدی در بهبود اکولوژیکی رودخانه‌های شهری و تجزیه‌وتحلیل داده‌ها؛
۳. تحلیل نمونهٔ مورد مطالعهٔ پژوهش: رودخانهٔ هراز آمل؛
۴. استخراج مولفه های موثردر بهسازی منظر شهری رودخانه هراز آمل با رویکرد تاب آوری اکولوژیک
۵. تدوین الگوی نظری بهسازی منظر شهری رودخانه های درون شهری.



شکل ۴. پراکندگی سال نشر مقالات مرتبط در پژوهش پس از غربالگری، منبع: (نگارندگان، ۱۴۰۳)

شکل۵: روند پژوهش در ۴ گام، منبع: (نگارندگان، ۱۴۰۳)



شکل ۶. چارچوب نظری پژوهش، منبع: (نگارندگان، ۱۴۰۳)

یافته‌های تحقیق

داده‌های مستخرج از تحقیقات مروری پژوهش به روش قیاسی‌استنتاجی تحلیل شده است و در دو گروه کلی شامل مؤلفه‌های مؤثر بر بهسازی منظرشهری رودخانه‌های شهری و مؤلفه‌های مؤثر درتاب‌آوری اکولوژیک بررسی می‌شوند.

مؤلفه‌های مؤثر بر بهسازی منظر شهری رودخانه‌های شهری[1]

در بهسازی منظر شهری رودخانه مهم‌ترین و اثرگذارترین مؤلفه‌هایی که منجر به بازسازی اکوسیستم رودخانه می‌شود، مؤلفه‌های اکولوژیک است. مؤلفه‌های اکولوژیک شامل چهار مؤلفهٔ اصلی می‌شود: هیدرولوژی جریان رودخانه، تنوع بیولوژیکی گونه‌های زیستی، مورفولوژی رودخانه و زیبایی‌شناسی به‌عنوان شاخص ادراکی شهروندان.

شاخص هیدرولوژی جریان سلامت آب در اکوسیستم رودخانه را تعریف می‌کند و تأثیر مستقیم بر شرایط اکولوژیک اکوسیستم می‌گذارد. راهبردهای ایجاد زهکش‌های طبیعی و مصنوعی، ممانعت از انتقال آلودگی رواناب‌های شهری، مدیریت یکپارچهٔ حوضهٔ آبریز و امکان ذخیره‌سازی آب بر شرایط هیدرولوژیکی رودخانه (دائمی یا فصلی) اثر می‌گذارند. آزمون و سنجش کمّی و کیفی مداوم موجب رفع اختلالات می‌شود و به‌تدریج در فرایند اکوسیستمی خودپالایی، کیفیت هیدرولوژیکی جریان آب بهبود می‌یابد.

تنوع بیولوژیکی شامل تنوع گونه‌های گیاهی و جانوری، تنوع موجودات میکرو و ماکروبیولوژیکی می‌شود که در شکل‌گیری خدمات اکوسیستم مؤثر است. به‌علت توسعهٔ ناپایدار شهری، تغییرات اقلیمی و مخاطرات محیطی، زیستگاه‌های گیاهی و جانوری متعددی آسیب دیده و تخریب شده و اتصال و تداوم خود را از دست داده‌اند. بخشی از ساختار اکوسیستم رودخانه نیز دچار اختلال شده و از چرخهٔ تعادل خارج شده است.

مورفولوژی کریدور آبی با فرم و ساختار طبیعی رود و کرانه‌های پوشیده از گونه‌های زیستی (پهروهای اکولوژیکی) تعریف می‌شود. حریم طبیعی رودخانه براساس مورفولوژی طبیعی آن حریم حفاظتی در برنامه‌های توسعهٔ شهری قلمداد می‌شود؛ اما متأسفانه در بیشتر شهرهای معاصر باهدفِ توسعهٔ شهر و کنترل سیلاب، جاده‌های رودخانه کانالیزه شده و کرانه‌های رودها برای توسعهٔ معابر اشغال شده‌اند. همچنین رودخانه را از شکل مئاندر خارج کرده و به کانال عبور سیلاب و رواناب‌های آلودهٔ شهری تبدیل کرده‌اند. ازاین‌رو بازیابی فرم طبیعی رودخانه بر بهسازی شرایط اکولوژیک رود اثرگذار است و عرصه‌های تغییر و

طغیان فصلی را پوشش می‌دهد (حائری و مثنوی، ۱۴۰۲).

در این پژوهش مؤلفه‌های هیدرولوژی جریان، تنوع بیولوژیکی و مورفولوژی انتخاب و بررسی می‌شوند؛ چراکه از مؤلفه‌های مؤثر بر بهبود ساختار اکولوژیک رودخانه به حساب می‌آیند. با توجه به تأکید بر ساختار اکوسیستم رودخانه، به مبحث زیبایی‌شناسی (ادراک محیطی و اصول روان‌شناسی محیطی) پرداخته نمی‌شود؛ چراکه خود نیازمند پژوهش مجزایی است. جایگزین این مؤلفه، «سرمایه‌های اجتماعی» به‌عنوان یکی از مؤلفه‌های تاب‌آوری است که به اثر اجتماعی و فرهنگی حضور شهروندان در حفاظت از محیط‌زیست درون‌شهری می‌پردازد.

مؤلفه‌های مؤثر بر تاب‌آوری اکولوژیک

هدف از تاب‌آوری اکولوژیک حفظ اکوسیستم رودخانه پس از بحران است تا در شرایط پایدار ثانویه نیز، اکوسیستم رودخانه ماهیت خود را حفظ کند. تاب‌آوری اکولوژیک رودخانه‌های شهری، «بهسازی رودخانه مبتنی‌بر فرایند» است. فرایندی که متناسب با ساختار اکوسیستمی رودخانه باشد و ساختار فرایندگرای تاب‌آوری را نیز پوشش دهد (حائری و همکاران، ۱۴۰۱). تفکر تاب‌آوری بر ابعاد اکولوژیکی در تاب‌آوری نیز تأثیرگذار بوده است و در جهان معاصر تاب‌آوری اکولوژیکی‌اجتماعی را همسو می‌سازد تا جهان در حال تغییر را تاب‌آور کند (Walker & Salt Schouten, Van der Heide, 2012; Heijman & Opdam, 2006) براساس ادبیات مروری تحقیق، مؤلفه‌های مؤثر بر تاب‌آوری اکولوژیک موارد ذیل را در بر می‌گیرد:

- تنوع

به‌واسطهٔ تنوعی (بیولوژی، منظر، اقتصاد، اجتماع) که در اجزای یک سیستم وجود دارد، آن سیستم می‌تواند به هنگام بروز اختلالات تاب‌آور عمل کند؛ در غیر این صورت، برابر مخاطرات آسیب‌پذیر می‌شود و ممکن است کارکرد خود را از دست بدهد. متغیرهای اکولوژیکی: یک جهان تاب‌آور با متغیرهای اکولوژیکی عمل می‌کند تا بتواند با تغییرات مواجه شود. کنترل، راه مقابله با مخاطرات نیست؛ بلکه باید در مرز و محدودهٔ آن کاوش کرد و راهبرد مرتبط در جهت افزایش انعطاف‌پذیری و تاب‌آوری سیستم را یافت.

- مدولاریتی یا پودمانگی

یک سیستم از بخش‌های عملکردی جداگانه تشکیل شده است و هر بخش به‌طور مستقل تکامل پیدا می‌کند. در سیستم‌های اکولوژیکی تاب‌آور، بخش‌های مختلف با قاعده‌های متعدد به‌هم مرتبط بوده‌اند؛ ولی به‌طور کامل به‌هم‌وابسته نیستند. در نتیجه اختلالات به‌سرعت بر کل سیستم تأثیر نمی‌گذارند.

بازخوردهای اساسی: شناخت و تحلیل بازخوردهای اساسی وضعیت هر سیستم در مواجهه با اختلالات، موجب می‌شود شیوهٔ مواجههٔ مجدد شناسایی و در جهت تاب‌آوری برنامه‌ریزی شود.

- خدمات اکوسیستم

به تعدادی از کارکردهای سیستم، گردافشانی، چرخهٔ مواد مغذی و پالایش آب و خدمات اکوسیستمی می‌گویند که می‌تواند به تاب‌آور شدن یک سیستم کمک کند. این خدمات از راهبردهای مؤثر در تاب‌آوری هستند.

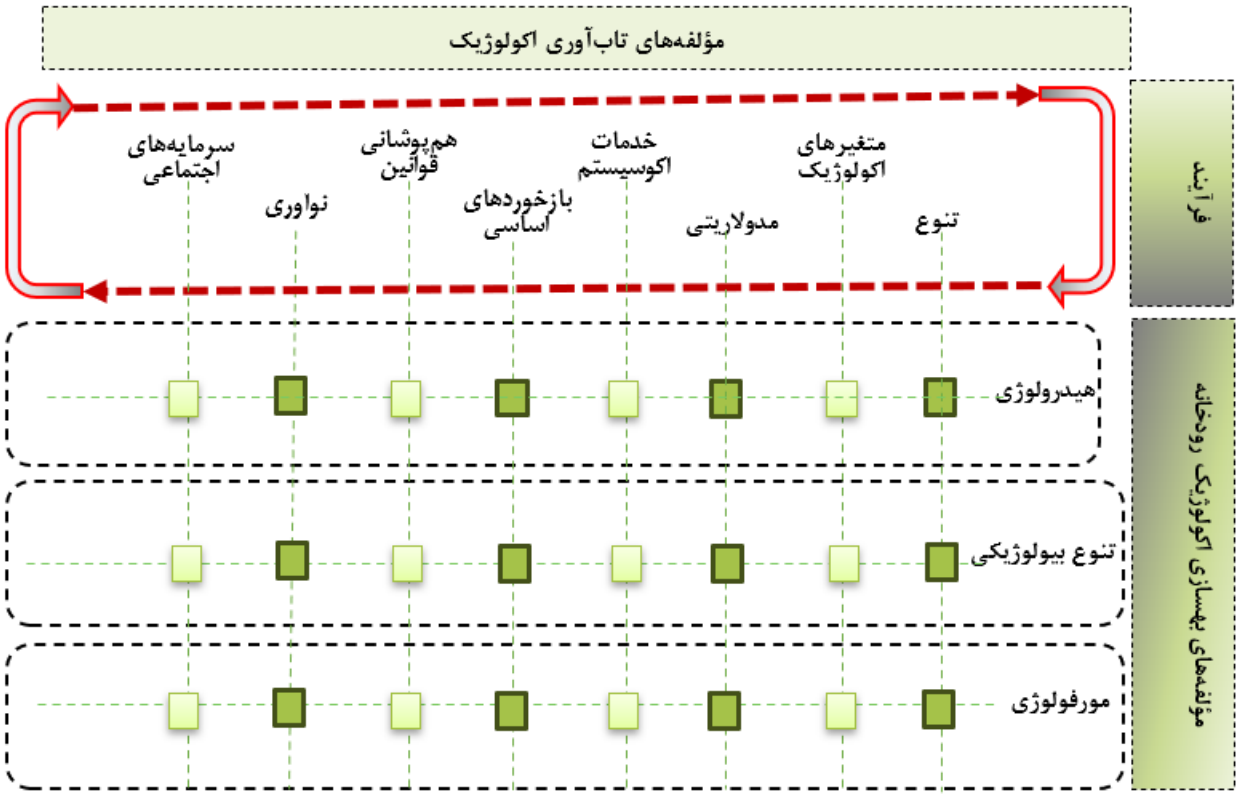
نوآوری در مواجهه با اختلالات و پذیرش تغییرات، هم‌پوشانی قوانین در سطوح مختلف نظارتی در ساختارهای اجرایی و سرمایهٔ اجتماعی متأثر از ظرفیت افراد جامعه، از دیگر عوامل مؤثر در تاب‌آور ساختن هر اکوسیستم هستند. این عوامل با توجه به خِرَد جمعی شهروندان، مطالبه‌گری جامعه برابر قانون‌گذاران و قدرت‌های اجرایی سازمان‌ها، در دوره‌های متعدد تغییر می‌کنند. برآیند مؤلفه‌های مؤثر بر بهسازی اکولوژیک رودخانه‌های شهری و مؤلفه‌های تاب‌آوری اکولوژیکی (شکل ۷)، منجر به دستیابی به راهبردهای مؤثر بر شکل‌گیری و تداوم هر دو گروه از مؤلفه‌های مذکور می‌شود. با توجه به ماهیت متغیر و پویای طبیعت، بهسازی اکولوژیک رودخانه ناگهانی نیست و در فرایندی تدریجی و در طول زمان متمادی امکان‌پذیر می‌شود. چنانچه راهبردهای تدوین‌شده در ساختاری منسجم فرایندگرا تداوم یابند، بهسازی اکولوژیک رودخانه‌های شهری با رویکرد تاب‌آوری اکولوژیک امکان‌پذیر می‌شود.

بحث

شناخت رودخانهٔ هراز آمل

ویژگی هیدرولوژیکی رودخانهٔ هراز آمل

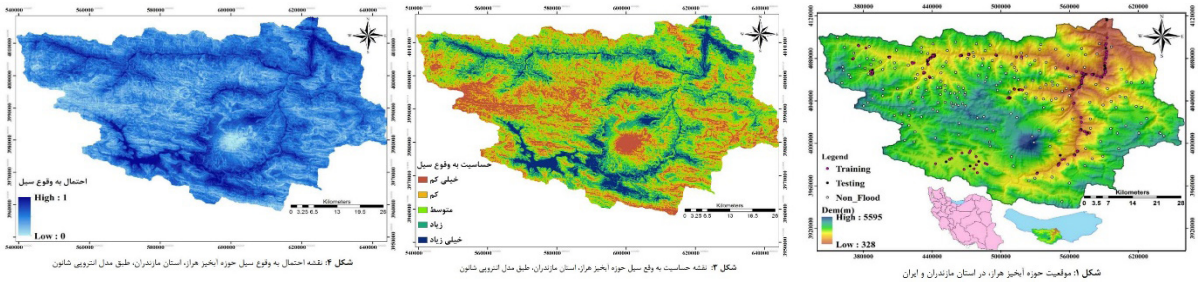
حوضهٔ آبریز هراز یکی از زیرحوضه‌های اصلی دریای مازندران است که از درهٔ لار در جنوب کوه دماوند سرچشمه گرفته و پس از گذر از شهرهای آمل و سرخرود به دریای خزر می‌ریزد (ویکی‌پدیا، ۱۴۰۳) .مساحت حوضهٔ آبریز هراز کمی بیش از ۴۸ هزار کیلومتر مربع و طول آن ۱۸۵ کیلومتر است و تنها ۳۰ کیلومتر انتهایی جلگه‌ای بوده و بقیه را مناطق کوهستانی تشکیل داده است. شیب میانگین رودخانهٔ هراز بالاست و جریان آب در این رودخانه تند و سیلابی است و حالتی فرسایشی دارد. این شرایط باعث می‌شود آلاینده‌ها با کمترین تغییر و خودپالایی از بالادست حوضهٔ آبریز به‌آسانی و سهولت خیلی بیشتری به مناطق پایین‌دست انتقال یابند (خبرگزاری ۵۵ آنلاین، ۱۴۰۲).



شکل ۷. مدل نظری بهسازی رودخانه‌های شهری براساس مؤلفه‌های اکولوژیکی با رویکرد اکولوژیک، منبع: (نگارندگان، ۳۰۴۱) در ساختار فرایندگرا

بر طبق نقشهٔ نهایی (شکل ۸، ۹، ۱۰) حساسیت به وقوع سیل، اطراف رودخانهٔ هراز بسیار زیاد است؛ لذا در فضای شهری اطراف رودخانه باید تمهیداتی اندیشیده شود تا از خسارات زیاد به این بخش‌ها جلوگیری شود (نوحانی و همکاران، ۱۳۹۵؛ شهابی، ۱۴۰۰) و مواجههٔ صحیحی در زمان مخاطرهٔ سیلاب شکل گیرد.

شیب رودخانهٔ هراز از مرز کوهستان تا شمال شهر آمل ۱۳ در هزار و در محدودهٔ شهر آمل ۷ در هزار است. با کاهش شیب رودخانه در محدودهٔ شهر آمل، دبی آب نیز کاهش می‌یابد. در قسمت‌های جنوبی محدودهٔ شهر آمل که ارتفاعات بیشتری دارد و نیز تقریباً بدون تراکم ساختمانی است، کمترین میزان حساسیت به سیلاب وجود دارد. با نزدیک شدن به شمال شهر، حساسیت به سیلاب نیز افزایش یافته و این میزان در اطراف رودخانهٔ هراز به حداکثر خود رسیده است. همچنین در قسمت‌های پرتراکم شهر به‌دلیل کاهش نفوذپذیری و افزایش سطوح نفوذناپذیر، حساسیت به سیلاب بالاست که این وضعیت با مشاهدات میدانی نقاط دارای آب‌گرفتگی شهر نیز مطابقت کامل دارد (صداقت و همکاران، ۱۳۹۵).



شکل ۱: موقعیت حوزه آبخیز هراز، در استان مازندران و ایران

شکل ۳: نقشه حساسیت به وقع سیل حوزه آبخیز هراز، استان مازندران، طبق مدل انتروپی شانون

شکل ۴: نقشه احتمال به وقوع سیل حوزه آبخیز هراز، استان مازندران، طبق مدل انتروپی شانون

شکل ۸: موقعیت حوضهٔ آبخیز هراز، در استان مازندران و ایران، منبع: (نوحانی و همکاران، ۱۳۹۵)

شکل ۹، راست: نقشهٔ حساسیت به وقوع سیل حوضهٔ آبخیز هراز، استان مازندران، طبق مدل آنتروپی شانون، منبع: (نوحانی و همکاران، ۱۳۹۵)

شکل ۱۰ ، چپ: نقشهٔ احتمال وقوع سیل حوضهٔ آبخیز هراز، استان مازندران، طبق مدل آنتروپی شانون، منبع: (نوحانی و همکاران، ۱۳۹۵)

داده‌های هیدرولوژیکی رودخانهٔ هراز شامل شناسایی مقدار دبی جریان در ایستگاه‌های شبکهٔ آب‌سنجی، ارزیابی کیفیت آب در زمان‌های مختلف و ایستگاه‌های متفاوت در طول کریدور آبی رودخانه، آزمون سنجش میزان آلودگی‌ها و دلایل آن، امکان‌سنجی پتانسیل ذخیرهٔ آب برای کنترل سیلاب و بهبود وضعیت آبخیزداری در مناطق پیرامونی، بررسی رژیم جریان آب و عوامل مؤثر بر شدت جریان، ایجاد حقابهٔ زیست‌محیطی و سنجش حد سیل‌خیزی حوضهٔ آبریز است. این اطلاعات به‌منظور مدیریت بهینهٔ منابع آبی و حفظ اکوسیستم‌های آبی ضروری است (جدول ۱).

ویژگی بیولوژیکی رودخانهٔ هراز آمل

اکوسیستم‌های آب شیرین به‌ویژه رودخانه، نقش حیاتی در حمایت از تنوع زیستی دارند؛ اما به‌دلیل آسیب‌پذیری زیاد نسبت به مداخلات انسانی نیاز به رویکردهای جامع و مؤثر برای حفاظت از این زیستگاه‌ها احساس می‌شود. دانش کنونی ما از اکولوژی رودخانه عمدتاً بر پایهٔ مشاهدات محدود است و این امر نیازمند بررسی‌های جامع‌تری است (مکی و همکاران، ۱۳۹۵). تحقیقات انجام‌شده در بررسی رودخانهٔ هراز (جدول ۲) نشان داده است که طی دهه‌های گذشته، کریدور رودخانهٔ هراز در معرض کاربری‌ها و مداخلات گوناگون قرار گرفته است.

این موارد ناشی از توسعهٔ شهر و کشاورزی، آلاینده‌ها، سدسازی، کانال‌سازی، صید بی‌رویه، برداشت آب و برداشت شن و ماسه از بستر در مقیاس‌های مختلف است. تخریب ساختار زیست‌محیطی رودخانهٔ هراز موجب کاهش تنوع زیستی شده است؛ لذا حفاظت از این اکوسیستم به حفظ تنوع زیستی و خدمات اکوسیستمی کمک می‌کند. امروزه ماهیت این اکوسیستم تحت‌تأثیر فعالیت‌های انسانی تغییر کرده و نیازمند بهسازی اکولوژیکی است تا ساختار اکوسیستمی آن در ساختاری ثانویه بازسازی شود و در فرایند تکامل به پایداری دست یابد.

ویژگی‌های مورفولوژیکی اکوسیستم رودخانهٔ هراز آمل

گسترش شهرنشینی و تغییر کاربری اراضی مرتعی، جنگلی، زراعت آبی به اراضی باغی، مسکونی و فاقد پوشش گیاهی و در نتیجه گسترش زمین‌های کشاورزی به‌ویژه در حاشیهٔ رودخانهٔ هراز آمل، تأثیرات چشمگیری بر اکوسیستم و مورفولوژی این رودخانه گذاشته است. با کاهش عرض رودخانه از ۱۴۱ متر در سال ۱۳۴۷ به ۵۵ متر در سال ۱۴۰۰، تنگ‌شدگی و کاهش مساحت لندفرم‌های رودخانه‌ای مشاهده شده است.

این تغییرات به اختلال در عملکرد اکوسیستم و خدمات آن، کاهش کیفیت آب، افزایش فرسایش کناری رودخانه، ایجاد پوشش‌های نفوذناپذیر(ساخت‌وساز و کف‌سازی) در کرانه و گسست پهروهای سبز منجر شده است (اسماعیلی، نوری‌زاده نشلی، ۱۴۰۳). بهسازی مورفولوژیکی رودخانه می‌تواند به بهبود شرایط اکولوژیکی و افزایش تاب‌آوری در برابر مخاطرات محیطی منجر شود (جدول ۳).

جدول ۱: مشخصات هیدرولوژیکی رودخانهٔ هراز آمل، منبع: (نگارندگان، ۱۴۰۳)

	مشخصات هیدرولوژیکی	ویژگی‌های شناختی	منابع
حوضه آبریز رودخانهٔ هراز	یکی از زیرحوضه‌های اصلی دریای مازندران از درهٔ لار در جنوب کوه دماوند تا دریای خزر	از غرب به زیرحوضهٔ درجه دو چالوس از شرق به زیرحوضه‌های تالار بابل و از جنوب به زیرحوضه‌های کویر مرکزی و دریاچهٔ نمک از حوضهٔ اصلی ایران مرکزی	(اسماعیلی، نوری‌زاده نشلی، ۱۴۰۳) (مهندسین مشاورآب و انرژی، ۱۳۹۵) (سلیمانی، ۱۳۸۹) (غلامی و همکاران، ۱۴۰۰)
	یک سیستم آبی غنی و پیچیده منابع آبی مورد نیاز منطقه نقش مهمی در حفظ تنوع زیستی و اکولوژیکی منطقه	رودهای اصلی: هراز نور و رودلار در زیرحوضهٔ اصلی منطقهٔ پلور به هم می‌پیوندند. رودخانه‌های فرعی: شلود، تجرود، چاله‌رود، لکونی، آبی‌رود، میان‌رود، کیسه‌رود، پلک، شه‌رود و نفنگاه تأثیر رودها بر میزان شدت جریان.	
	دریای خزر؛ فروهشتنگاه حوضه‌های آبریز هراز	دریای خزر پذیرای حوضه‌های آبریز رودخانهٔ هراز شامل: زیر حوضه‌های اصلی (رودلار و هراز نور) و فرعی	
شبکهٔ آب‌سنجی	ایستگاه‌ها در طول مسیر حوضهٔ آبریز رودخانه: ایستگاه کره سنگ، سرخرو چلاو، پلور، دلیچای، بلده	نتایج حاصل در ۱۳۹۵-۱۴۰۳: میانگین دبی رودخانه در سال ۱۳۹۹ بیشترین مقدار و برابر با ۵۲/۷ و کمترین مقدار در سال ۱۳۹۷ و برابر ۱۸/۹	(منابع طبیعی و آبخیزداری شهرستان آمل، ۱۴۰۳)
کیفیت آب	ورود آلودگی‌های فلزات سنگین به آب‌های زیرزمینی و سطحی با بررسی شاخص کیفی آب سازمان ملی بهداشت آمریکا،[۲] آب رودخانهٔ هراز در محدودهٔ متوسط قرار گرفته که حاکی از آن است شهر آمل در کیفیت آب رودخانهٔ هراز تأثیر بسزایی نداشته است.	دلایل: فعالیت‌های معدنی در دهه‌های اخیر، مزارع پرورش ماهی، انباشت زبالهٔ شهری در بالادست رودخانه، فاضلاب شهری، سموم دفع و آفات علف کش ها، فاضلاب صنعتی، آلودگی حاصل از حمل‌ونقل، هم‌جواری رودخانهٔ هراز با جادهٔ پرتردد هراز و وجود زباله‌ها در مسیر رودخانه، بارش باران و ورود رواناب‌های حاوی سرب به رودخانه، وجود مقدار مواد مغذی زیاد و کلیفرم مدفوعی ناشی از زهاب‌های کشاورزی و شهری و فعالیت‌های تفریحی ضعف مدیریت شهری	(غلامی و همکاران، ۱۴۰۰) (اختر و همکاران، ۱۴۰۰) (سلیمانی، ۱۳۸۹) (لاریجانی و همکاران، ۱۴۰۲) (کرباسی، کلانتری، ۱۳۸۶) (Trivedi,2004)
رژیم جریان آب (سیلاب)	دبی رودخانهٔ هراز در آمل	کاهش دبی جریان بر اثر کاهش شیب بستر رود، برداشت آب برای مصارف صنعتی، در سال۱۴۰۲ نسبت به سال قبل، کاهش دبی جریان رود بر اثر کاهش بارش سالانه	(صبح آمل، ۱۴۰۲)
سیل‌خیزی حوضهٔ آبریز رودخانهٔ هراز (بر طبق نقشهٔ پهنه‌بندی سیلاب)	طغیان رودخانهٔ هراز با توجه به شیب هیدرولیکی	علت وقوع سیلاب‌ها : ریزش کوه، وقوع بهمن، دخالت انسانی در بستر رودخانه	(سلیمانی، ۱۳۸۹) (صداقت و همکاران، ۱۳۹۵) (نوحانی و همکاران، ۱۳۹۵) (شهابی، ۱۴۰۰) (مشاهدات میدانی نگارندگان)
	درطغیان رودخانهٔ هراز در ۱۳۸۳	علت: ریزش کوه و سقوط بهمن در بالادست	
	در شهرستان آمل، سیلاب‌های ۵۰ساله خسارات قابل‌توجهی ایجاد نکرده‌اند	به‌دلیل شیب هیدرولیکی بالا در بستر پروفیل طولی بستر عامل تخلیهٔ سریع آب به پایین‌دست سیلاب با دورهٔ بازگشت ۲۰۰ساله منجر به خسارات عمده به زمین‌های کشاورزی در حریم رودخانه	
	حساسیت به وقوع سیل، اطراف رودخانهٔ هراز بسیار بالا	علت: تراکم مناطق مسکونی زیاد و نفوذپذیری کم	
	در قسمت‌های جنوبی شهر آمل؛ کمترین میزان حساسیت سیلاب	ارتفاع زیاد زمین تراکم کم ساخت‌وساز	

جدول ۲: ویژگی‌های تنوع بیولوژیکی رودخانهٔ هراز آمل، منبع: (نگارندگان، ۱۴۰۳)

تنوع بیولوژیکی	تنوع بیولوژیکی اکوسیستم	مشخصات تنوع بیولوژیکی اکوسیستم	منبع
تنوع گونه‌های گیاهی و جانوری	تنوع گونه‌های گیاهی در کرانهٔ رودخانه	درختان جنگلی: توسکا، ممرز، ازگیل، انجیر، افرا، بلوط و ولیک گیاهی طبیعی محلی: تمشک، سرخس، آویشن، پونهٔ کوهی	(آذری، ۱۴۰۰) (حسنی و ابراهیمی، ۱۴۰۲) (آقابیگی امین، ۱۳۸۴)
	تنوع گونهٔ گیاهی در پارک‌ها و محیط شهری اطراف رودخانه	درختان بومی و غیربومی: بید، مرکبات، کاج، سرو، زبان گنجشک، اسپیره، لاوسون، چنار، تویا، سرو نقره‌ای، نارنج، کاج سوزنی، بید مجنون، نارون	
	تنوع گونه‌های کشاورزی و باغبانی اطراف رودخانه	کشت برنج، گندم، نیشکر، سویا، مرکبات و انواع سبزیجات، سیب، گیلاس، گلابی و گردو	
	تنوع گونه‌های جانوری (پستانداران)	پلنگ، خرس قهوه‌ای، خوک وحشی، شوکا، تَشی، مرال، کَل و بز وحشی، گرگ، روباه، شغال، سیاه گوش، راسو، سمور، گورکن، خرگوش، قوچ و میش، آهو، موش صحرایی	
	پرندگان بومی و مهاجر	پرندگان بومی: کبک خزر، قرقاول، کبک، بلدرچین، کبوتر، قرقی، شاهین، قوش، دال، عقاب، جغد، گنجشک، سار، واشه، شهباز، خفاش و دارکوب پرندگان مهاجر: باکلان، حواصیل سفید و خاکستری	
	خزندگان، دوزیستان	افعی دماوندی، افعی البرزی، یله‌مار، بزمجه، مارمولک، لاک‌پشت، قورباغه	
	آبزیان	ماهی قزل‌آلای خال قرمز (غیربومی)	
خدمات اکوسیستم	پالایش اتمسفر از کربن	جذب کربن هوا در پهروهای اکولوژیک پوشش‌های گیاهی	(حائری و مثنوی، ۱۴۰۲) (Wang, 2023)
	خودپالایی رودخانه	تجزیهٔ میکروبی: تجزیهٔ مواد آلی و آلودگی‌ها و رسوبات تشکیل بیوفیلم: فیلتر ذرات معلق و آلاینده‌ها فتوسنتز جذب گیاهی: افزایش اکسیژن با فتوسنتز واکنش‌های شیمیایی: مؤثر در تجزیه و حذف آلاینده‌ها جریان آب سریع: کاهش غلظت آلاینده‌ها ظرفیت خودپالایی: ظرفیت کافی خودپالایی بخش‌های بالادست رودخانهٔ هراز نسبت به مناطق میانه و پایین‌دست	Jobin & ,2017) (Namour Anawar & ,2020) (Chowdhury
	وجود زیستگاه‌های اکولوژیکی	زیستگاه‌های گونه‌های متعدد جانوری پهروهای متنوع پوشش گیاهی	Aminirad., 2021) (et al
دلایل تخریب اکوسیستم	تغییرات اقلیمی	تغییرات اقلیمی منجر به کاهش بارش شمال ایران، تشدید شرایط خشکسالی، کاهش جریان و سطوح آب پایین‌تر، تراکم آلاینده‌های آبی	(ملا آقاجانزاده و همکاران،۱۴۰۰)
	فعالیت‌های انسانی ناپایدار	انباشت آلاینده‌های شیمیایی و فلزات سنگین در رودخانه ومحیط‌های خاکی، فاضلاب صنعتی و شهری، رواناب‌های کشاورزی استفادهٔ بیش‌ازحد از منابع آبی (برای آبیاری، صنعت و مصرف خانگی) سطح آب‌های زیرزمینی را کاهش داده است.	Moham-. ,2023) (madi et al Pirnia et.,2019) (al
	توسعهٔ ناپایدار شهری	جنگل‌زدایی، شهرنشینی و تغییرکاربری اراضی مرتعی، جنگلی و زراعت آبی به اراضی باغی، کشاورزی و مسکونی و از دست رفتن پوشش گیاهی	Emlaei.,2022) (et al Ebadi et.,2020) (al

جدول ۳: تغییرات مورفولوژیکی رودخانهٔ هراز آمل، منبع: (نگارندگان، ۱۴۰۳)

اثر اکولوژیکی	تغییرات مورفولوژیکی	اثر تغییرات مورفولوژیکی بر ساختار اکولوژیک	منبع
از بین رفتن شرایط اکولوژیکی: ۱. از بین رفتن ماتریس اکولوژیکی رودخانه	احداث کنارگذرها در بستر رودخانه	افزایش پوشش نفوذناپذیر گسست پهروهای سبز اکولوژیک مجاور رودخانه	(حائری و مثنوی، ۱۴۰۲) (اسماعیلی و نوری‌زاده نشلی، ۱۴۰۳) (ملا آقاجانزاده و همکاران، ۱۴۰۰) (سلیمانی، ۱۳۸۹) (Buckley, 1991) Zhang et ,2022) (.al , 2020) Cieślak-Arkusze- (wska Wu & , 2010) (Nepal
	احداث معبر در کرانه رودخانه	افزایش پوشش نفوذناپذیر و تثبیت تغییرات برای احداث معابر	
	کاهش عرض (تنگ‌شدگی) رودخانه	در سال ۱۳۴۷میانگین عرض رودخانه ۱۴۱ متر بوده و در سال‌های ۱۳۸۵ و ۱۴۰۰ به ۵۵ متر کاهش یافت.	
	کاهش مساحت لندفرم‌های رودخانه‌ای	شامل بستر فعال رود و موانع طولی در این دوره که به‌ترتیب ۵۰ و ۹۵ درصد کاهش یافت	
	تنگ‌شدگی رود و کاهش موانع طولی	تغییر پلانفرم رودخانه از حالت شریانی به تک‌کانالی کاهش جریان پایه رود وکانال‌های آبیاری،تغییر کاربری اراضی کرانه	
۲. اختلال در عملکرد اکوسیستم ۳. اختلال در خدمات اکوسیستم	تغییر کاربری اراضی کرانه رودخانه طی دورهٔ ۲۳ساله (۱۹۹۲-۲۰۱۵)	افزودن بر وسعت اراضی باغی، مسکونی و فاقد پوشش گیاهی کاهش وسعت مخازن آبی تغییر واکنش هیدرولوژیکی در حوضهٔ آبخیز افزایش رواناب و تغییر رژیم طبیعی جریان تخریب ماتریس اکولوژی و کاهش تنوع زیستی آلودگی و کاهش کیفیت آب رودخانه اختلال در فرایندهای طبیعی فرسایش و رسوب‌گذاری	
	تشدید فرسایش کرانهٔ رودخانه	شیب زیاد بستر، شیب هیدرولیکی بالا وجود موانع جزیره‌مانند در مسیر رودخانه	
	افزایش حریم رودخانهٔ هراز از ۹ متر در سال ۱۳۰۰ به ۱۷ متر در سال ۱۳۹۹	دلایل اصلی: افزایش تنش اجتماعی (فعالیت‌های انسانی در بستر و اطراف رودخانه) و تغییرات در رژیم جریان رودخانه به‌واسطهٔ تغییرات شدید در ژئومتری بستر (شیب بستر، جنس و عرض بستر)	
	تغییر ظاهری بستر رودخانهٔ هراز (۱۳۹۹-۱۳۶۳)	افزایش فعالیت‌های معدنی (از ۱۳۹۳ به بعد) و تجاوز به بستر رودخانه به‌عنوان یک عامل تأثیرگذار در ریزش سواحل و فرسایش کناری رودخانه و تشدید خطر سیلاب و افزایش پهنهٔ سیلاب	
تقویت شرایط اکولوژیکی	احداث سد به‌منظور ذخیرهٔ آب با تغییر فرم مئاندر در جداره‌ها	افزایش سطح آب در مناطق تالابی ایجاد پهروی اکولوژیکی آبی برای پرندگان مهاجر تقویت ارتباط بین زیستگاه‌های مختلف در امتداد رودخانه تقویت یکپارچگی اکولوژیکی سیستم رودخانه	(حائری و مثنوی، ۱۴۰۲)
تقویت شرایط اکولوژیکی	ایجاد مخزن آبی دریاچه سد	توسعهٔ زیستگاه‌های آبی جدید و پشتیبانی از گونه‌های مختلفی ازجمله ماهی‌ها و گیاهان آبزی و پرندگان و...	Schmutz, 2018) (& Moog
	احداث سد جهت مدیریت رسوبات رودخانه	جلوگیری از فرسایش پایین‌دست و یکپارچگی سواحل رودخانه حفظ دشت‌های سیلابی به دام انداختن رسوبات توسط سد افزایش رشد گیاهان و بهبود کیفیت زیستگاه های نواحی بالادست	Zhang et, 2022) (.al Yi ,2010) (.et al
	احداث شیب شکن	ممانعت از فرسایش بستر رودخانه و ایجاد حوضهٔ ذخیره آب پتانسیل شکل‌گیری پهروهای اکولوژیکی	Zargari , 2023) (.et al (Lin ,2011)
افزایش تاب‌آوری شهر در سیلاب کاهش شرایط اکولوژیکی	کانالیزه کردن کریدور رودخانه	جلوگیری از فرسایش جداره‌ها در سیلاب تثبیت کریدور رودخانه تشدید سرعت جریان با دیوارهای بتونی	(حائری و مثنوی، ۱۴۰۲) (غلامی و همکاران، ۱۳۹۶)

مولفه های اکولوژیکی بهسازی منظرشهری رودخانهٔ هراز آمل

در مرحلـهٔ شناسـایی پـروژه، بررسـی هیدرولـوژی و ارزیابـی سـیل‌خیزی حوزه‌هـای آبریـز رودخانـهٔ هـراز، تنـوع زیسـتی و تأثیـر تغییـرات آن بـر وضعیـت اکولوژیـک ایـن رودخانـه و همچنیـن تحلیـل مورفولـوژی رودخانـه و آثـار تغییـرات آن بـر تـاب‌آوری اکولوژیکـی و سـیل‌خیزی اکوسیسـتم انجـام شـد. ایـن تحلیل‌هـا به‌منظـور درک بهتـر وضعیـت کنونـی و شناسـایی چالش‌هـا و فرصت‌هـا بـرای بهبـود شـرایط اکولوژیـک رودخانـهٔ هـراز صـورت گرفـت تـا بتـوان بـا راهبردهایـی در جهـت بهسـازی منظـر شـهری رودخانـهٔ هـراز آمـل بـا رویکـرد تـاب‌آوری اکولوژیـک تدویـن کـرد.

مولفه هیدرولوژیکی

حوضـهٔ آبریـز رودخانـهٔ هـراز به‌عنـوان یـک اکوسیسـتم غنـی و پیچیـده، نقـش مهمـی در حفـظ تنـوع زیسـتی و تأمیـن منابـع آبـی منطقـه ایفـا می‌کنـد.

بااین‌حـال، فعالیت‌هـای انسـانی نظیـر آلودگـی ناشـی از فاضلاب‌هـای شـهری و صنعتـی، برداشـت بی‌رویـهٔ شـن و ماسـه و تغییـرات در الگـوی جریـان آب به‌دلیـل سـاخت سـدها، بـه تخریـب اکوسیسـتم ایـن رودخانـه منجـر شـده اسـت. در راسـتای تـاب‌آوری اکولوژیکـی، راهبردهایـی بـرای بهسـازی اکولوژیـک رودخانـهٔ هـراز تدویـن می‌شـود کـه متأثـر از مؤلفه‌هـای تـاب‌آوری اسـت. ایـن راهبردهـا شـامل تصفیـهٔ فاضـلاب، مدیریـت زهاب‌هـای کشـاورزی و نظـارت بـر کیفیـت آب می‌شـود. چنیـن اقداماتـی می‌تواننـد بـه حفـظ تنـوع زیسـتی و بهبـود شـرایط اکولوژیـک رودخانـهٔ هـراز کمـک کننـد. آلودگـی رودخانـهٔ هـراز ناشـی از فعالیت‌هـای معدنـی، مـزارع پـرورش ماهـی، انباشـت زباله‌هـای شـهری، فاضلاب‌هـای صنعتـی و شـهری، سـموم دفـع آفـات و ورود رواناب‌هـای آلـوده همـراه بـا بـارش بـاران اسـت کـه بـه کاهـش کیفیـت آب در مسـیر پایین‌دسـت منجـر می‌شـود.

وجـود مـواد مغـذی و کلیفـرم مدفوعـی ناشـی از زهاب‌هـای کشـاورزی و شـهری، به‌شـدت بـر کیفیـت آب تأثیـر گذاشـته و موجـب اختـلال در متغیرهـای اکولوژیکـی و خدمـات اکوسیسـتم می‌شـود کـه ناشـی از نبـودن هم‌پوشـانی قوانیـن در جهـت حفـظ محیط‌زیسـت شـهری و توسـعهٔ شـهر، ضعـف مدیریـت شـهری و توجـه نکـردن بـه منابـع آلودگـی بالادسـت هسـتند. به‌منظـور بهبـود وضعیـت سـلامت آب، تصفیـهٔ فاضلاب‌هـای شـهری و صنعتـی، توسـعهٔ زیرسـاخت‌های سـبز (حوضچه‌هـای ذخیره‌سـازی آب سیسـتم‌های طبیعـی تصفیـهٔ آب) در کنـار زیرسـاخت‌های خاکسـتری، مدیریـت زهاب‌هـای کشـاورزی، جلوگیـری از برداشـت بی‌رویـهٔ شـن و ماسـه از بسـتر رود، نظـارت مسـتمر بـر کیفیـت آب، حفاظـت از کناره‌هـا و برداشـتن موانـع در مسـیر رودخانـه، راهبردهـای مؤثـری خواهنـد بـود. همچنیـن اقداماتـی نظیـر سـاخت دیواره‌هـای سـیل‌بند و گـوراب، انجـام عملیـات آبخیـزداری در بالادسـت حوضـه، حفـظ مراتـع و جنگل‌هـا، اسـتفاده از حوضچه‌هـای تأخیـری، روکش‌هـای نفوذپذیـر و چاه‌هـای تزریـق بـرای مدیریـت رواناب‌هـا، موجـب کاهـش سـیلاب شـده اسـت و مدیریـت رونـاب و سـیلاب را به‌همـراه دارد. نـوآوری در اسـتفاده از نقشـه‌های سـنجش‌ازدور حساسـیت بـه سـیلاب، می‌تواننـد در تعییـن مکان‌هـای توسـعه و کاهـش آسـیب‌پذیری انسـانی مؤثـر باشـند. توجـه بـه بازخوردهـای اساسـی ناشـی از ایجـاد تغییـرات و پایـش اکوسیسـتم می‌توانـد در تـداوم فراینـد بهسـازی نقـش کلیـدی ایفـا کنـد. در نهایـت، بـا فرهنگ‌سـازی در حفـظ محیط‌زیسـت و بهره‌بـرداری از سـرمایه‌های اجتماعـی، می‌تـوان مدافعـان خودجـوش مردمـی ایجـاد کـرد و بـه حیـات محیط‌زیسـت فراتـر از چهارچـوب قوانیـن و مسـئولان تـداوم بخشـید.

مولفه بیولوژیکی

تغییـرات اقلیمـی، فعالیت‌هـای انسـانی ناپایـدار و توسـعهٔ ناپایـدار شـهری بـه تخریـب اکوسیسـتم‌ها و تهدیـد زیسـتگاه‌های آبـی منجـر شـده اسـت. بـرای جلوگیـری از ایـن تخریـب، راهبردهایـی در راسـتای حفاظـت از ویژگی‌هـای اکولوژیکـی اکوسیسـتم رودخانـهٔ هـراز و تـاب‌آوری اکولوژیکـی آن تدویـن می‌شـود. مدیریـت پایـدار منابـع آبـی در جهـت حفـظ گونه‌هـای جانـوری (پرنـدگان مهاجـر) و پوشـش‌های گیاهـی به‌ویـژه در سـاختار مـدولار، کنتـرل آلودگی‌هـای آب و افزایـش ظرفیـت خودپالایـی رودخانـهٔ هـراز (خدمـات اکوسیسـتم)، اسـتفاده از روش‌هـای پایـدار در فعالیت‌هـای کشـاورزی و صنعتـی، حفـظ و احیـای پوشـش گیاهـی کرانـهٔ رودخانـه در جهـت تثبیـت خـاک، حفـظ و نگهـداری پهروهـای سـبز پارک‌هـای شـهری در امتـداد مسـیر رودخانـه، جلوگیـری از گسسـت آن‌هـا، حفـظ گونه‌هـای گیاهـی موجـود در بسـتر رودخانـه، کاشـت گونه‌هـای گیاهـی بومـی و انتقـال گونه‌هـای جانـوری غیرمهاجـم متناسـب بـا شـرایط موجـود می‌توانـد بـه تـداوم خدمـات اکوسیسـتم و سـاختار اکولوژیـک اکوسیسـتم رودخانـه منجـر شـود.

ایجـاد سیسـتم‌های نظارتـی براسـاس قوانیـن بـا اسـتفاده از سـرمایه‌های اجتماعـی بـرای پایـش پهنه‌هـای گونه‌هـای گیاهـی، توجـه

به بازخورد تغییرات، پایش و ارزیابی مستمر تنوع زیستی ازطریق شمارش گونه‌ها و ارزیابی شاخص‌های زیستی برای سنجش سلامت اکوسیستم رودخانه، نوآوری در بهره‌گیری از فناوری‌های نوین برای نظارت بر تغییرات اکوسیستم و ارزیابی سلامت زیستگاه‌ها، ایجاد کریدورهای زیستی برای حفاظت از تنوع گونه‌های زیستی جهت تسهیل امکان حرکت و جابه‌جایی گونه‌ها، عدم دخل‌وتصرف شهروندان در اراضی پهروهای اکولوژیکی، افزایش آگاهی عمومی و آموزش جوامع محلی دربارهٔ اهمیت تنوع زیستی و روش‌های حفاظت از آن و مشارکت فعال‌تر مردم (سرمایه‌های اجتماعی) در حفاظت از محیط‌زیست رودخانه، حمایت از پروژه‌های تحقیقاتی درزمینهٔ تنوع زیستی و اکولوژی رودخانهٔ هراز، از راهبردهای مؤثر درتداوم بهسازی اکولوژیکی و تاب‌آور اکوسیستم رودخانهٔ هراز در برابر تغییرات اقلیمی، مخاطرات محیطی و فعالیت‌های انسانی است.

مولفه مورفولوژیکی

تصرف حریم کمّی رودخانهٔ هراز به‌دلیل افزایش تنش‌های اجتماعی ناشی از فعالیت‌های انسانی در بستر و اطراف آن و همچنین تغییرات در رژیم جریان رودخانه، به‌طور چشمگیری افزایش یافته است. ازاین‌رو، ضروری است قوانین و مقررات مربوط به حریم و بستر رودخانه در تمامی ارگان‌ها به‌طور دقیق و جدی اجرا شوند. این قوانین شامل محدودیت‌های ساخت‌وساز و ممانعت از تغییر کاربری در حریم رودخانه و نظارت بر فعالیت‌های انسانی در اطراف آن هستند. تعیین و حفاظت از حریم پوشش‌های گیاهی و زیستگاه‌های جانوری کرانهٔ رودخانه به حفظ تنوع زیستی و ساختار اکولوژیکی اکوسیستم رودخانه کمک می‌کنند. چنانچه در مورفولوژیک عرصه‌های سبز اکولوژیکی ساختار مدولار در نظر گرفته شود، از گسترش مخاطرات و آسیب‌های احتمالی ممانعت به عمل آمده و موجب تداوم حیات در بخش دیگر گونه‌ها می‌شود.

افزایش سطوح نفوذناپذیر در اثر گسترش معابر شهری، موجب افزایش رواناب و بروز مشکلات ناشی از آب‌گرفتگی معابر در هنگام وقوع سیلاب می‌شود. با نوآوری در ایجاد زیرساخت‌های خاکستری و تغییر نوع مصالح به سطوح نفوذپذیر در معابر حاشیهٔ رودخانهٔ هراز، احداث باغچه‌های باران، تغذیهٔ آب‌های سطحی و سیستم‌های زهکشی پایدار حاشیهٔ رودخانه می‌توان رواناب‌ها را کاهش داد و آب‌های زیرزمینی را تغذیه کرد. همچنین انتخاب موقعیت مکانی مناسب برای ایجاد شیب‌شکن‌های طبیعی جهت کاهش شدت جریان رودخانه و فرسایش جداره‌ها، با استفاده از فناوری‌های سنجش‌ازدور و تحلیل‌های مکانی و شناسایی تغییرات مورفولوژیکی و پیش‌بینی سیلاب‌ها می‌توانند به تصمیم‌گیری‌های بهینه در مدیریت منابع آب و کنترل سیلاب کمک کند. ایجاد بافر یا کمربندهای سبز در حاشیهٔ رودخانه به‌عنوان عرصهٔ طغیان سیلاب، تاب‌آوری فضاهای شهری پیرامونی را در برابر سیلاب افزایش می‌دهد.

تدوین و اجرای سیاست‌های حفاظتی و قانونی برای محدود کردن فعالیت‌های مخرب انسانی (مانند ساخت‌وساز در حاشیهٔ رودخانه) و تشویق به استفادهٔ پایدار از منابع آبی، نظارت بر تنوع زیستی در حوضه‌های آبریز و تأثیر آن بر مورفولوژی رودخانه، شامل بررسی گونه‌های گیاهی و جانوری کمک‌کننده در تثبیت بستر رودخانه، تدوین چهارچوب‌های مدیریتی برای مهندسان و برنامه‌ریزان شهری به‌منظور حفظ و بهبود مورفولوژی رودخانه در پروژه‌های عمرانی و توسعه‌ای، ایجاد بانک اطلاعاتی جامع از داده‌های مورفولوژیک رودخانه به‌منظور تسهیل دسترسی به اطلاعات و تحلیل‌های مربوط به تغییرات و پایش بازخوردهای اکولوژیک ناشی از آن، از راهبردهای کلیدی و مؤثر در نظارت بر بهسازی مورفولوژیک رودخانهٔ هراز است. همچنین، جلب مشارکت جوامع محلی (سرمایه‌های اجتماعی) در فرایند نظارت و بهسازی می‌توانند به افزایش آگاهی و مسئولیت‌پذیری در حفاظت از رودخانهٔ هراز کمک کند. این امر شامل آموزش و اطلاع‌رسانی دربارهٔ اهمیت حفظ اکوسیستم‌های آبی است. با اجرای این راهکارها، می‌توان به بهسازی اکولوژیک مورفولوژی رودخانهٔ هراز دست یافت.

راهبردها به شکل‌گیری مؤلفه‌های مؤثر در تاب‌آوری، ازجمله تنوع، متغیرهای اکولوژیکی، مدولاریتی، خدمات اکوسیستم، تدوین و هم‌پوشانی قوانین، نوآوری، سرمایه‌های اجتماعی و بررسی بازخوردها، در سه لایهٔ هیدرولوژی و بیولوژی و مورفولوژی منجر می‌شود. در حقیقت، این راهبردها در شکل‌گیری بسیاری از مؤلفه‌ها مشترک هستند و هم‌پوشانی دارند. یک راهبرد ممکن است سبب شکل‌گیری چند مؤلفهٔ تاب‌آوری و بهسازی بخشی از اکوسیستم رودخانه شود. آنچه که در نهایت اهمیت دارد، این است که کل اکوسیستم رودخانه در پاسخ به تغییرات، در ساختار اکولوژیکی خود تاب‌آور شود و ماهیت اکولوژیکی خود را بازیابی کند.

ساختار فرایندگرا در بهسازی منظرشهری رودخانهٔ هراز آمل

نظام مدیریت شهری باید پس از تدوین راهبردها، هماهنگی‌های لازم را برای اجرای برنامه‌های مرتبط با توسعهٔ پایدار شهری اعمال کند تا این راهبردها در مقیاس کلان و راهکارهای مربوط در مقیاس خُرد قابلیت اجرا داشته باشند. سازمان‌ها و ارگان‌های مختلف مانند سازمان‌ها و ارگان‌های شهرداری آمل، سازمان آب منطقه‌ای مازندران، منابع طبیعی و آبخیزداری شهرستان آمل، سازمان سیما، منظر و فضاهای سبز شهرداری آمل، سازمان حفاظت محیطزیست مازندران و سازمان هواشناسی استان مازندران، باید به اجماع نظر در تدوین این راهبردها دست یابند. همکاری میان‌رشته‌ای متخصصان در حوزه‌های مختلف، ازجمله آب‌شناسی، هیدرولوژی، زمین‌شناسی، زیست‌شناسی، بوم‌شناسی، شهرسازی، برنامه‌ریزی شهری، طراحان منظر، طراحان معمار، مدیریت شهری و مدیریت ترافیک شهری می‌تواند به کاهش احتمال خطا در اجرای پروژه‌ها کمک کند.

ایجاد اهداف کلان و خُرد در چهارچوب مؤلفه‌های اکولوژیک و تاب‌آور در برنامه‌ریزی کوتاه‌مدت و بلندمدت، امکان مدیریت مؤثر پروژه را فراهم می‌آورد. در صورت بروز اختلال در تأمین بودجه یا عوامل اجرایی، امکان اتمام طرح در یکی از فازهای اجرایی و برنامه‌ریزی مجدد برای فاز بعدی وجود خواهد داشت. همچنین، اولویت‌بندی اقدامات براساس شرایط بستر رودخانه و نیازهای اکولوژیکی، به فازبندی اجرایی کمک می‌کند.

اقدامات در اجرای راهبردهای بهسازی رودخانهٔ هراز از اهمیت بالایی برخوردار است. با توجه به شرایط مختلف رودخانه در طول مسیر خود، ممکن است در بخش‌های خاصی اولویت‌بندی ساخت به سیستم‌های زهکشی و لوله‌های دفع فاضلاب اختصاص یابد؛ درحالی‌که در مناطق دیگر برای مهار سیلاب، نیاز به ایجاد سیل‌بند و گوراب محدود شود .برنامه‌ریزی استراتژیک مسیر رودخانه باید در هماهنگی با مراحل اجرا و شرایط اکولوژیکی موجود صورت گیرد.

در پروژه‌های مرتبط با محیطزیست، ارزیابی و مدیریت ریسک و عدم قطعیت امری ضروری است؛ زیرا واکنش‌های پیچیده و غیرخطی محیطزیست به تغییرات انسانی اغلب غیرقابل‌پیش‌بینی هستند. برای مدیریت مؤثر این ریسک‌ها و عدم قطعیت‌ها، طرح‌های بهسازی باید براساس سیاست‌های ملی و منطقه‌ای تدوین شود و با هماهنگی بین ارگان‌های مختلف دولتی و غیردولتی به اجرا درآیند. همچنین، معیارها و شاخص‌های قابل‌اندازه‌گیری برای ارزیابی اثربخشی تغییرات ایجادشده باید تعریف شوند. برنامه‌ریزی مالی کوتاه‌مدت، میان‌مدت و بلندمدت برای تأمین منابع پایدار برای اجرا و نگهداری پروژه‌ها ضروری است. اطلاع‌رسانی به شهروندان و جلب مشارکت آنان در تمام مراحل پروژه می‌تواند به جذب سرمایه‌های اجتماعی و اقتصادی کمک کند و پذیرش عمومی طرح‌ها را افزایش دهد. درمجموع، مدیریت مؤثر ریسک و عدم قطعیت در پروژه‌های زیست‌محیطی ساختاری فرایندگرا دارد که مستلزم رویکردی جامع و یکپارچه است و با بهره‌گیری از ابزارهای مختلف، به کاهش اثرات منفی و بهینه‌سازی نتایج پروژه‌ها کمک می‌کند.

پایش مستمر طرح‌های بهسازی، ارزیابی کمّی و کیفی دستاوردها، به‌عنوان ابزاری برای تضمین بهسازی اکوسیستم بر مبنای مؤلفه‌های اکولوژیک، جهت تاب‌آوری رودخانهٔ هراز و مناطق شهری پیرامونی ضروری است. این رویکرد نه‌تنها به شناسایی قوت‌ها و ضعف‌ها در فرایند اجرا کمک می‌کند، بلکه امکان اصلاح راهبردها را نیز فراهم می‌آورد.

نتیجه‌گیری

رودخانهٔ هراز در شهرستان آمل با ویژگی‌های خاص خود به‌عنوان یکی از مناطق مستعد سیل‌خیزی در ایران شناخته می‌شود که تحت‌تأثیر شهرنشینی و مداخلات انسانی قرار دارد. فعالیت‌های انسانی مانند ساخت‌وسازهای بی‌رویه و آلودگی‌های ناشی از صنایع، اکوسیستم این رودخانه را تهدید می‌کند و موجب فرسایش و انتقال آلاینده‌ها به مناطق پایین‌دست می‌شود. این تغییرات به تخریب زیستگاه‌های طبیعی و کاهش تنوع زیستی و در نتیجه اکوسیستم رودخانه هراز منجر شده است. لذا ضرورت مدیریت یکپارچه حوضه آبخیز و اجرای برنامه‌های حفاظتی، جهت دستیابی به سلامت اکوسیستم اکولوژیک تاب آور را ایجاب می‌کند.

در یک چهارچوب منسجم، باید شناسایی طرح بهسازی مبتنی بر سلامت اکوسیستم رودخانه، تدوین راهبردها و راهکارهای مرتبط، اجرای طرح بهسازی در هماهنگی با برنامه‌های توسعه و مدیریت شهری، نظارت و ارزیابی سیستماتیک پس از اجرای بهسازی صورت پذیرد. در نتیجه، با توجه به مواجههٔ اکوسیستم رودخانه با اثرات منفی و زیان‌بار توسعهٔ شهر، اثرگذاری مؤلفه‌های اکولوژیکی تاب‌آور در چهارچوب توسعهٔ شهر ضروری است. این رویکرد با تعیین ماهیت اکولوژیکی تاب‌آور رودخانه

در ساختار شهری، حفظ و بهسازی آن در بستر برنامه‌ریزی شهری در مقیاس کلان را تسهیل می‌کند.

پس از اجرای راهبردهای بهسازی، اکوسیستم رودخانه وارد وضعیت جدیدی می‌شود که به‌نوعی اکوسیستم مصنوع ثانویه است. در این مرحله، باید دوباره شرایط جدید و نقاط ضعف احتمالی بررسی شود و راهبردها و راهکارهای جدید تدوین و اجرا گردد. همچنین نظارت و ارزیابی ثانویه نیز صورت گیرد تا اکوسیستم در فرایند تکاملی بهسازی شود؛ زیرا رودخانه‌ها ماهیتی متغیر و متأثر از تغییرات اقلیمی، مخاطرات محیطی، توسعهٔ شهر و مداخلات انسانی دارند که همواره نیازمند نظارت و ارزیابی و تطبیق راهبردها با شرایط جدید هستند تا بهسازی اکولوژیکی اکوسیستم رودخانه تداوم یابد. ازاین‌رو، بهسازی اکولوژیکی تاب‌آور رودخانه براساس نگرش سیستمی و ساختار «مبتنی بر فرایند» انجام می‌شود و این فرایند برنامه‌ای کوتاه‌مدت نیست؛ بلکه در چرخهٔ فرایندگرا شکل می‌گیرد تا ویژگی‌های اکولوژیک اکوسیستم بازیابی و به پایداری برسد.

شایان ذکر است که رودخانه‌های هر شهری ویژگی‌های منحصربه‌فردی دارند که تحتتأثیر عوامل مختلفی ازجمله جغرافیای خاص منطقه، تغییرات اقلیمی و توسعهٔ شهر قرار می‌گیرند. راهبردهای ارائه‌شده جهت بهسازی اکولوژیک رودخانه‌های شهری با رویکرد تاب‌آوری در مقیاس کلان قابل‌تعمیم است؛ اما در مقیاس خُرد و اتخاذ راهکارهای خاص، نیازمند انطباق با شرایط منحصربه‌فرد هر اکوسیستم رودخانه‌ای است؛ بنابراین تعمیم‌پذیری نتایج پژوهش در این زمینه نیازمند بررسی شرایط خاص هر منطقه است.

بیانیه‌ها

تعارض منافع
نویسندگان اعلام می‌کنند که هیچ تضاد منافعی مرتبط با این پژوهش وجود ندارد.

مشارکت مالی
این پژوهش از هیچ منبع مالی اعطایی سازمان‌های دولتی یا خصوصی برای پیشبرد تحقیق استفاده نکرده است.

رضایت آگاهانه
این پژوهش دارای مشارکت‌کننده انسانی نمی‌باشد.

مشارکت نویسندگان
ایده‌پردازی و طراحی مطالعه: موضوع این پژوهش پیشنهاد فاطمه مقدس نیاکی بوده و رویکرد را ساناز حائری پیشنهاد داده است؛ گردآوری و مدیریت داده‌ها: فاطمه مقدس نیاکی؛ تحلیل و تفسیر داده‌ها: ساناز حائری؛ تصویرسازی: ساناز حائری؛ نگارش پیش‌نویس اولیه: فاطمه مقدس پیش‌نویس مقاله را در ضرورت موضوع، پیشینه پژوهش، اطلاعات میدانی و نمونه موردی تهیه‌کرده و ساناز حائری جداول، نمودارها و روش تحقیق،تفسیر داده‌ها و نتایج را نوشته است؛ بازبینی و اصلاح مقاله: ساناز حائری؛ مدیریت پروژه تحقیقاتی: ساناز حائری عهده‌دار مسئولیت مدیریت، هماهنگی و برنامه‌ریزی اجرای این پروژه تحقیقاتی بوده است؛ اعتبار سنجی و تأیید نهایی نسخه نهایی مقاله را ساناز حائری و فاطمه مقدس نیاکی مطالعه و تأیید کرده‌اند.

تشکر و قدردانی
موردی توسط نویسندگان گزارش نشده است.

پی‌نوشت
۱.مؤلفه‌های اکولوژیک شامل چهار مؤلفهٔ اصلی است: هیدرولوژی جریان رودخانه، تنوع بیولوژیکی گونه‌های زیستی، مورفولوژی رودخانه و زیبایی‌شناسی به‌عنوان شاخص ادراکی شهروندان.

زیبایی‌شناسی (ادراک ذهنی) نمادی از درک انسان از فضاست. در مباحث مطرح‌شده در بهسازی اکولوژیک، بر حضور کمتر انسان و مداخله نکردن در ساختار اکولوژیکی طبیعی رودخانه تأکید می‌شود؛ اما حضور انسان به‌عنوان شهروند اجتناب‌ناپذیر است. تعریف نمادهای زیبایی‌شناسی بر تعریف منظر ذهنی از رودخانه تأثیرگذار بوده و عامل شکل‌گیری فرهنگ مواجههٔ صحیح با رودخانهٔ درون‌شهری در ممانعت از تخریب و حفاظت است. مبحث زیبایی‌شناسی برمبنای شیوه‌های ادراک، روان‌شناسی محیط و پدیدارشناسی منظر ذهنی مخاطب را شکل می‌دهد.

در این پژوهش با توجه به تأکید بر ساختار رودخانه فارغ از حضور شهروندان، به مبحث زیبایی‌شناسی پرداخته نمی‌شود که خود نیازمند پژوهش مجزایی است.

۲. سازمان ملی بهداشت آمریکا (NSFWQI) یک شاخص کیفیت آب است که برای ارزیابی و پایش کیفیت منابع آبی طراحی شده است. این شاخص به مدیریت منابع آب و حفاظت از اکوسیستم‌های آبی کمک می‌کند.

منابع

۱. اختر، فاطمه؛ فضل اولی، رامین؛ درزی نفتچالی، عبدالله؛ مشهدی خلردی، فرهاد. (۱۴۰۰). بررسی و تحلیل تأثیر وجود منطقهٔ شهری (شهر آمل) بر

کیفیت آب رودخانهٔ هراز براساس شاخص‌های استاندارد کیفی. فصلنامهٔ علمی مهندسی منابع آب، ۱۴(۵۰)، ۱۱۷-۱۳۰. https://doi.org/10.30495/wej.2016.17270.2021

۲. اسماعیلی، رضا؛ نوری‌زاده نشلی، نیوشا. (۱۴۰۳). ارزیابی تغییرات مورفولوژیکی رودخانهٔ هراز در اثر فشارهای انسانی در محدودهٔ شهر آمل، مازندران. هیدروژئومورفولوژی، ۱۱(۴۰)، ۴۰-۵۷. https://doi.org/10.22034/hyd.2024.61151.1733

۳. آذری، خشایار. (۱۴۰۰). امکان‌سنجی استفاده از نواحی رهاشدهٔ حاشیهٔ رودخانه‌های درون‌شهری به‌منظور تدوین برنامهٔ بازآفرینی کلان پهنهٔ کناررود هراز شهر آمل، رسالهٔ کارشناسی‌ارشد رشتهٔ برنامه‌ریزی شهری، دانشکدهٔ هنر و معماری، دانشگاه تربیت مدرس.

۴. آقابیگی امین، سهیلا. (۱۳۸۴). الگوی تغییرات زمانی و مکانی رسوب معلق زیرحوزه‌های مهم رودخانهٔ هراز، پایان‌نامهٔ کارشناسی‌ارشد، دانشکدهٔ منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس.

۵. بمانیان، محمدرضا. (۱۳۸۷). برنامه‌ریزی در راستای احیای محیط طبیعی رود دره‌های شهر تهران در رویکرد تحلیل عوامل راهبردی (SWOT) (نمونهٔ موردی: رود دره ولنجک). فصلنامهٔ علوم محیطی، ۵(۴)، دانشگاه شهید بهشتی. https://www.sid.ir/article_96877.html

۶. پریور، پرستو؛ فریادی، شهرزاد؛ یاوری، احمدرضا؛ صالحی، اسماعیل؛ هراتی، پگاه. (۱۳۹۲). بسط راهبردهای پایداری اکولوژیک برای افزایش تاب‌آوری محیط‌زیست شهری (نمونهٔ موردی: مناطق ۱ و ۳ شهرداری تهران). محیط‌شناسی، ۳۹(۱)، ۱۳۲-۱۲۳. https://doi.org/10.22059/jes.2013.30393

۷. حائری، ساناز؛ حبیبی، امین؛ شیبانی، مهدی؛ سعیدی زاده نائینی، مهسا. (۱۴۰۱). راهبردهای بهسازی رودخانه‌های شهری فصلی در برابر مخاطرات محیطی با تاب‌آوری اکولوژیک. منظر، ۱۴(۶۰)، ۶۲-۷۷. https://doi.org/10.22034/manzar.2022.325484.2178

۸. حائری، ساناز؛ مثنوی، محمدرضا. (۱۴۰۲). تحلیل راهبردهای بهسازی اکولوژیک منظر رودخانهٔ خشک شیراز در چهارچوب توسعهٔ پایدار شهری با تأکید بر مدیریت مخاطرات سیلاب. مدیریت مخاطرات محیطی، ۱۰(۱)، ۷۱-۸۹. https://doi.org/10.22059/jhsci.2023.356409.771

۹. حجاریان، احمد. (۱۴۰۳). شناسایی و تحلیل تاب‌آوری نواحی ساحلی در برابر مخاطرات طبیعی (مطالعهٔ موردی: بندر ماهشهر). مخاطرات محیط طبیعی، ۱۳(۴۲)، ۳۱-۵۲.. https://doi.org/10.22111/jneh.2024.47336.2007

۱۰. حسنی، امید؛ ابراهیمی، فاطمه. (۱۴۰۲). سازمان سیما، منظر و فضای سبز شهر آمل، شناسنامهٔ فضای سبز منطقهٔ ۲.

۱۱. خبرگزاری ۵۵ آنلاین. (۱۴۰۲). تخریب چشمگیر رودخانهٔ حفاظت‌شده. https://www.55online.news/بخش-۱۷/۳۰۱۶۳-تخریب-چشمگیر-رودخانه-حفاظت-شده

۱۲. خبرگزاری تسنیم. (۱۳۹۴). تصاویر طغیان رودخانهٔ کبیر هراز در آمل. https://www.tasnimnews.com/fa/news/۱۳۹۴/۰۱/۲۴/۷۰۹۵۶۰/تصاویر-طغیان-رودخانه-کبیر-هراز-در-آمل

۱۳. خیاط رستمی، بابک؛ انوار، عارف. (۱۳۹۶). مروری بر تجربیات عملی احیای رودخانه‌ها در جهان، شانزدهمین کنفرانس هیدرولیک ایران، اردبیل. https://civilica.com/doc/727636

۱۴. دیوسالار، اسداله؛ شکری فیروزجاه، پری؛ فردوسی، سجاد. (۱۳۹۰). تحلیل مقایسه‌ای باز زنده‌سازی فضاهای شهری ایران و تجارب جهانی موفق در حوزهٔ مسیل‌ها و رودخانه‌های شهری. فصلنامهٔ علمی پژوهش‌های بوم‌شناسی شهری، ۲(۴)، https://dorl.net/dor/20.1001.1.25383930.1390.2.4.7.4

۱۵. سازمان حفاظت محیط‌زیست ایران. (۱۳۹۶). هراز در هزارتوی مصرف. https://www.iana.ir/بخش-عمومی-۴۵۴۲۴/۶۴-هراز-در-هزارتوی-آلودگی

۱۶. ساشورپور، مهدی و الیاسی، ابراهیم. (۱۳۹۴). طراحی شهری آبکنار با رویکرد توسعهٔ پایدار (مورد مطالعه: رودخانهٔ مهاباد). مجلهٔ پژوهش‌های منظر شهر، ۴، ۱۹. https://magiran.com/p۱۴۹۹۲۱۷

۱۷. سلیمانی، کریم. (۱۳۸۹)، پهنه‌بندی خطر سیل در حوضه هراز، نخستین کنفرانس پژوهش‌های کاربردی منابع آب ایران،کرمانشاه، https://civilica.com/doc/۱۱۲۸۱۸

۱۸. شفیعی، بنفشه؛ ایرانی بهبهانی، هما؛ مخدوم، مجید؛ یاوری، احمدرضا؛ کریمی، کیوان. (۱۳۸۲). ارائه الگوهای طراحی و احیا در مناطق رود کناری با رعایت اصول اکولوژیک منظر. نشریهٔ محیط‌شناسی، ۲۹(۳۲)، ۱-۱۴. https://dorl.net/dor/20.1001.1.10258620.1382.29.32.1.3

۱۹. شهابی، هیمن. (۱۴۰۰). پهنه‌بندی حساسیت وقوع سیل در مناطق شمالی ایران با استفاده از الگوریتم‌های پیشرفته داده‌کاوی (منطقهٔ مورد مطالعه: حوزهٔ آبخیز هراز). فصلنامه علمی برنامه‌ریزی منطقه‌ای، ۱۱(۴۱)، ۱۶۵-۱۸۲. https://doi.org/10.30495/jzpm.2021.4246

۲۰. صبح آمل. (۱۴۰۲). کاهش ۵۰ درصدی دبی آب رودخانهٔ هراز. https://sobheamol.ir/۱۴۰۲/۰۴/۱۴/کاهش-۵۰-درصدی-دبی-آب-رودخانه-هراز/

۲۱. صداقت، محسن؛ سلیمانی، کریم؛ رشیدپور، مصطفی. (۱۳۹۵)، ارزیابی حساسیت ناشی از سیلاب در شهر آمل با استفاده از تکنیک GIS، سومین کنفرانس علمی‌پژوهشی افق‌های نوین در علوم جغرافیا و برنامه‌ریزی معماری و شهرسازی ایران، تهران. https://civilica.com/doc/۵۰۵۴۸۲

۲۲. عابدینی، موسی؛ فعال نذیری، مهدی؛ و پیروزی، الناز. (۱۴۰۲). ارزیابی و پهنه‌بندی خطر سیلاب با استفاده از تکنیک چندمعیارهٔ آراس و هیدروگراف واحد (مطالعهٔ موردی: حوضهٔ بالادست ایستگاه هیدرومتری پل سلطان مشکین‌شهر). مخاطرات محیط طبیعی، ۱۲(۳۵)، ۱۱۵-۱۳۸. https://doi.org/10.22111/jneh.2022.40684.1863

۲۳. غلامی، لیلا؛ کریمی، نبیه؛ کاویان، عطاالله. (۱۳۹۶). روش‌های مهندسی زیستی خاک استفاده‌شده در مدیریت آب و تثبیت شیب‌های تند. اکوهیدرولوژی، ۴(۱)، ۱۴۹-۱۶۲. https://doi.org/10.22059/ije.2017.60897

۲۴. غلامی، نورانگیز؛ سلیمانی، کریم؛ کاویان، عطاالله؛ غلامی، وحید. (۱۴۰۰). بررسی اثر فعالیت‌های معدنی بر تعیین حریم کمی رودخانهٔ هراز. مهندسی و مدیریت آبخیز، ۱۳(۴)، ۷۵۸-۷۶۸. https://doi.org/10.22092/ijwmse.2021.353093.1871

۲۵. فرزادبهتاش، محمدرضا؛ آقابابایی، محمدتقی؛ محمدامینی، مروارید. (۱۳۸۹). بررسی وضعیت رودره فرحزاد قبل و بعد از ساماندهی، مرکز مطالعات و برنامه‌ریزی شهر تهران. ۱۵.

۲۶. کاویان، عطاالـه.(۱۳۹۶). به‌کارگیری مدل نیمه فیزیکی توزیعی SWAT در شبیه‌سازی اثر تغییرات کاربری اراضی بر رواناب حوزه آبخیزسد هراز. گروه تحقیقات و پژوهشهای کاربردی. شرکت آب منطقه‌ای مازندران. https://doc/com.civilica/۱۲۸۲۷۸۳

۲۷. کرباسی، عبدالرضا؛ کلانتری، فرزاد. (۱۳۸۶). بررسی منابع آلایندهٔ رودخانهٔ هراز و ارائهٔ راهکارهای مدیریتی جهت کنترل آن. علوم و تکنولوژی محیطزیست، ۳(۹)، ۶۱-۷۰. https://jest/journal/ir.iau.sanad/۸۳۹۳۰۴/Article

۲۸. گودرزی، مجید؛ سلطانی، زهرا؛ ابراهیمی، اعظم. (۱۴۰۳). ارزیابی و تحلیل روند توسعهٔ فیزیکی نواحی شهری گتوند به‌سمت مناطق سیل‌خیز. مخاطرات محیط طبیعی، ۱۳(۴۲)، ۱۵-۳۰. https://doi.org/۱۰,۲۲۱۱۱/jneh.۲۰۰۴,۴۷۲۹۸,۲۰۲۴

۲۹. لاریجانی، شمیم؛ بانژاد، حسین؛ کاویان، عطاالـه؛ ضیایی، علی‌نقی. (۱۴۰۲). ارزیابی کیفیت آب رودخانهٔ هراز با استفاده از شاخص‌های بهداشتی، آلودگی، وزنی و حسابداری اجتماعی (مطالعهٔ موردی: بازهٔ پنجاب تا بالادست سد هراز). نشریهٔ علمی‌پژوهشی مهندسی آبیاری و آب ایران، ۱۳ (ویژه‌نامهٔ تابستان ۱۴۰۲)، ۳۶۹-۳۸۷. https://doi.org/۱۰,۲۲۱۲۵/iwe.۱۶۳۸,۳۴۵۰۰۳,۲۰۲۲

۳۰. مکی، تکتم؛ مصطفوی، حسین؛ عبدلی، اصغر. (۱۳۹۵). حفاظت از تنوع زیستی رودخانه‌ها با استفاده از رویکرد لنداسکیپ اکولوژی، دومین کنفرانس بین‌المللی اکولوژی سیمای سرزمین، اصفهان، https://doc/com.civilica/۵۴۷۶۷۱

۳۱. ملاآقاجان‌زاده، ساره؛ سلیمانی، کریم؛ حبیب‌نژاد، محمود؛ کاویان، عطاالله، رحمانی، محمد. (۱۴۰۰). کاربرد سنجش‌ازدور در ارزیابی تغییرات کاربری اراضی حوزهٔ آبخیز هراز. فصل‌نامهٔ تحقیقات جغرافیایی. ۳۶ (۳): ۲۷۵-۲۸۴. http://article/ir.georesearch/html.fa-۹۸۱-۱

۳۲. منابع طبیعی و آبخیزداری شهرستان آمل. (۱۴۰۳). گزارش دبی مقایسه‌ای رودخانهٔ هراز از سال ۱۳۹۵.

۳۳. مهندسین مشاورآب و انرژی (۱۳۹۵). مطالعات تعیین بستروحریم، مرحلهٔ اول ساماندهی و عملیات نقشه‌برداری و کاداستر رودخانهٔ هراز، کد گزارش : ۰۲-C-BR-RE.

۳۴. مینایی، مژده؛ وحیدنیا، محمدحسن. (۱۴۰۱). راهکارهای بازدارنده برای جلوگیری از سیل به کمک سنجش‌ازدور و مدل‌سازی عامل مبنا (مطالعهٔ موردی: شهرستان شوش). مخاطرات محیط طبیعی، ۱۱(۳۳)، ۱۹۷-۲۱۶. https://doi.org/۱۰,۲۲۱۱۱/jneh.۱۸۱۲,۳۸۷۱۸,۲۰۲۲

۳۵. نوحانی، ابراهیم؛ دارابی، فریبا؛ معروفی نیا، ادریس؛ خسروی، خه بات (۱۳۹۵). ارزیابی مدل آنتروپی شانون در تهیهٔ نقشهٔ حساسیت و احتمال به وقوع سیل در حوزهٔ آبخیز هراز، مجلهٔ مخاطرات محیط طبیعی، ۵ (۱۰)، ۱۱۶-۹۹. https://doi.org/۱۰,۲۲۱۱۱/jneh.۲۹۵۸,۲۰۱۷

۳۶. ویکی‌پدیا. (۱۴۰۳). آمل. ویکی‌پدیا، دانشنامهٔ آزاد. https://fa.wikipedia.org/wiki/آمل

۳۷. ویکی‌پدیا. (۱۴۰۳). رودخانهٔ هراز. ویکی‌پدیا، دانشنامهٔ آزاد. https://fa.wikipedia.org/wiki/رودخانه_هراز

38. Aminirad, H., Abessi, O., Golbabaei Kootenaei, F., Mirrezaei, M. A., Taghizadeh, T., Saeidi, P., & Darvishi, G. (2021). Investigation of self-purification capacity and water quality of Haraz river during dry and wet season. Journal of Applied Research in Water and Wastewater, 8(1), 21–27. https://doi.org/10.22126/arww.2021.6175.1201

39. Anawar, M., & Chowdhury, R. (2020). Remediation of polluted river water by biological, chemical, ecological and engineering processes. Sustainability, 12(17), 7017. https://doi.org/10.3390/su12177017

40. Astbury, J. (2017). River Aire by Superpositions: Where the line between the natural and planned is blurred. *Architectural Review*. https://www.architectural-review.com/buildings/river-aire-by-superpositions-where-the-line-between-the-natural-and-planned-is-blurred

41. Atelier Dreiseitl. (2012). Kallang River-Bishan Park, Singapore. *World Landscape Architect*. https://worldlandscapearchitect.com/kallang-river-bishan-park-singapore-atelier-dreiseitl/?v=3a1ed7090bfa

42. Buckley, R. (1991). Environmental impacts of recreation in parks and reserves. Perspectives in Environmental Management, 243–258. https://doi.org/10.1007/978-3-642-76502-5_13

43. Cieślak-Arkuszewska, A. (2020). A river in small town landscape. Selected issues. Przestrzeń i Forma. https://doi.org/10.21005/pif.2020.44.D-01

44. Cook, E. A. (1991). Urban landscape networks: an ecological planning framework. *Landscape Research*, 16(3), 7–15. https://doi.org/10.1080/01426399108706345

45. Ebadi, A. G., Toughani, M., Najafi, A., & Babaee, M. (2020). A brief overview on current environmental issues in Iran. Central Asian Journal of Environmental Science and Technology Innovation, 1(1), 1–11. https://doi.org/10.22034/CAJESTI.2020.01.08

46. Emlaei, Z., Pourebrahim, S., Heidari, H., & Lee, K. E. (2022). The impact of climate change as well as land-use and land-cover changes on water yield services in Haraz Basin. Sustainability, 14(13), 7578. https://doi.org/doi.org/10.3390/su14137578

47. Francis, R. A. (2012). Positioning urban rivers within urban ecology. Urban Ecosystems, 15(2), 285–291. https://doi.org/10.1007/s11252-012-0227-6

48. Green, C. (2010). Towards sustainable flood risk management. International Journal of Disaster Risk Science, 1, 33–43. https://doi.org/10.3974/j. issn.2095-0055.2010.01.006

49. Jobin, L., & Namour, P. (2017). Bioremediation in water environment: controlled electro-stimulation of organic matter self-purification in aquatic environments. Advances in Microbiology, 7, 813–852. https://doi.org/10.4236/aim.2017.712064

50. Lin, Q. (2011). Influence of Dams on River Ecosystem and Its Countermeasures. Journal of Water Resource and Protection,

3(1), 60–66. https://doi.org/10.4236/jwarp.2011.31007
51. Marzluff, J. M., Shulenberger, E., Endlicher, W., Alberti, M., Bradley, G., Ryan, C., ZumBrunnen, C., & Simon, U. (2008). An international perspective on the interaction between humans and nature. https://doi.org/10.1007/978-0-387-73412-5
52. Mohammadi, M., Egli, M., Kavian, A., & Lizaga, I. (2023). Static and dynamic source identification of trace elements in river and soil environments under anthropogenic activities in the Haraz plain, Northern Iran. Science of the Total Environment, 892, 164432.https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.164432
53. Pickett, S. T., Cadenasso, M. L., & Grove, J. M. (2004). Resilient cities: meaning, models, and metaphor for integrating the ecological, socio-economic, and planning realms. Landscape and Urban Planning, 69(4), 369–384. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2003.10.035
54. Pickett, S. T., Cadenasso, M. L., Grove, J. M., Nilon, C. H., Pouyat, R. V., Zipperer, W. C., & Costanza, R. (2001). Urban ecological systems: linking terrestrial ecological, physical, and socioeconomic components of metropolitan areas. Annual Review of Ecology and Systematics, 32(1), 127–157. https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.32.081501.114012
55. Pirnia, A., Darabi, H., Choubin, B., Omidvar, E., Onyutha, C., & Haghighi, A. T. (2019). Contribution of climatic variability and human activities to stream flow changes in the Haraz River basin, northern Iran. Journal of Hydro-Environment Research, 25, 12–24. https://doi.org/10.1016/j.jher.2019.05.001
56. Schmutz, S., & Moog, O. (2018). Dams: ecological impacts and management. Riverine Ecosystem Management: Science for Governing towards a Sustainable Future, 111–127. https://doi.org/10.1007/978-3-319-73250-3_6
57. Schouten, M. A., Van der Heide, C. M., Heijman, W. J., & Opdam, P. F. (2012). A resilience-based policy evaluation framework: Application to European rural development policies. Ecological Economics, 81, 165-175. https//:doi.org/10.1016/j.ecolecon2012.07.004.
58. Simsek ,G .(2012) .Urban river rehabilitation as an integrative part of sustainable urban water systems .Proceedings of the48 th International Society of City and Regional Planners Congress ,Perm ,Russia .13–10 ,https//:www.isocarp.net/data/case_studies.2239/pdf
59. SWA Group .(2009) .Buffalo Bayou Promenade ,Houston ,TX .*American Society of Landscape Architects*. https://www.asla.org/2009awards/104.html
60. Trivedi, P. R. (2004). Environmental impact assessment. APH Publishing Corporation. https//:books.google.com/books?id=DAJ6PQAACAAJ
61. Turenscape .(2010) .Shanghai Houtan Park .ArchDaily .https//:www.archdaily.com/131747/shanghai-houtan-park-turenscape
62. Turenscape .(2010) .Shanghai Houtan Park .*Chinese Architects*. https://www.chinese-architects.com/en/turenscape-haidian-district-beijing/project/shanghai-houtan-park
63. Turner, M. G. (2005). Landscape ecology: what is the state of the science? Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst., 36(1), 319–344. https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.36.102003.152614
64. Walker, B. H., Salt, D., & Reid, W. V. (2006). *Resilience thinking*: *sustaining ecosystems and people in a changing world*. Island Press. https://cir.nii.ac.jp/crid/1130282271507962752
65. Wang, D., Zhu, X., Xi, W., Pan, H., Yao, H., & Du, Y. (2023). Purification capacity of natural biofilms and their physiochemical and biological properties: a case study in the Jishan River, a heavily polluted river. Water Supply, 23(4), 1611–1625. https://doi.org/10.2166/ws.2023.078
66. Wu, C., & Nepal, S. K. (2010). Introduction to Outdoor Recreation: Providing and Managing Natural Resource Based Opportunities.https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2010.07.016
67. Yi, Y., Yang, Z., & Zhang, S. (2010). Ecological influence of dam construction and river-lake connectivity on migration fish habitat in the Yangtze River basin, China. Procedia Environmental Sciences, 2, 1942–1954. https://doi.org/10.1016/j.proenv.2010.10.207
68. Yifang Ecoscape. (2019). Weiliu Wetland Park, Xianyang, China. *World Landscape Architect*. https://worldlandscapearchitect.com/weiliu-wetland-park-xianyang-china-yifang-ecoscape/?v=4f74d343f26b
69. Yu, K. (2015). A resilient landscape. Topos, 90, 84–89. https://www.turenscape.com/en/news/detail/330.html
70. Zargari, A., Salarijazi, M., Ghorbani, K., & Ahmad Dehghani, A. (2023). Effect of dam construction on changes in river's environmental flow (case study: Gorganrood river in the south of the Caspian Sea). Applied Water Science, 13(11), 212. https://doi.org/10.1007/s13201-023-02011-3
71. Zevenbergen, C. (2016). Flood resilience. An edited collection of authored pieces comparing, contrasting, and integrating risk and resilience with an emphasis on ways to measure resilience, 1(1), 277.
72. Zhang ,X ,.Fang ,C ,.Wang ,Y ,.Lou ,X ,.Su ,Y & ,.Huang ,D .(2022) .Review of Effects of Dam Construction on the Ecosys-