

Abridged Paper

Original Research 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.

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.

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an exploratory-correlational method, with library data, first reviews the research literature and then, using authentic historical documents of the Haraz River, field observations and remote sensing images, develops a theoretical model with deductive-inferential analyses; finally, the ecological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.

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. *Iranian Urban Design Studies*, 1(2), 269–298.

*This article is extracted from the master's thesis of the author, [Fatemeh Moghadas], 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.

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:

- Review of theoretical literature and field studies within the framework of the theoretical foundations of the research.
- Identification of key factors in the ecological restoration of urban rivers and data analysis.
- Analysis of the research sample; Haraz Amol River
- Extraction of effective components in the restoration of the urban landscape of Haraz Amol River with an ecological resilience approach
- 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.

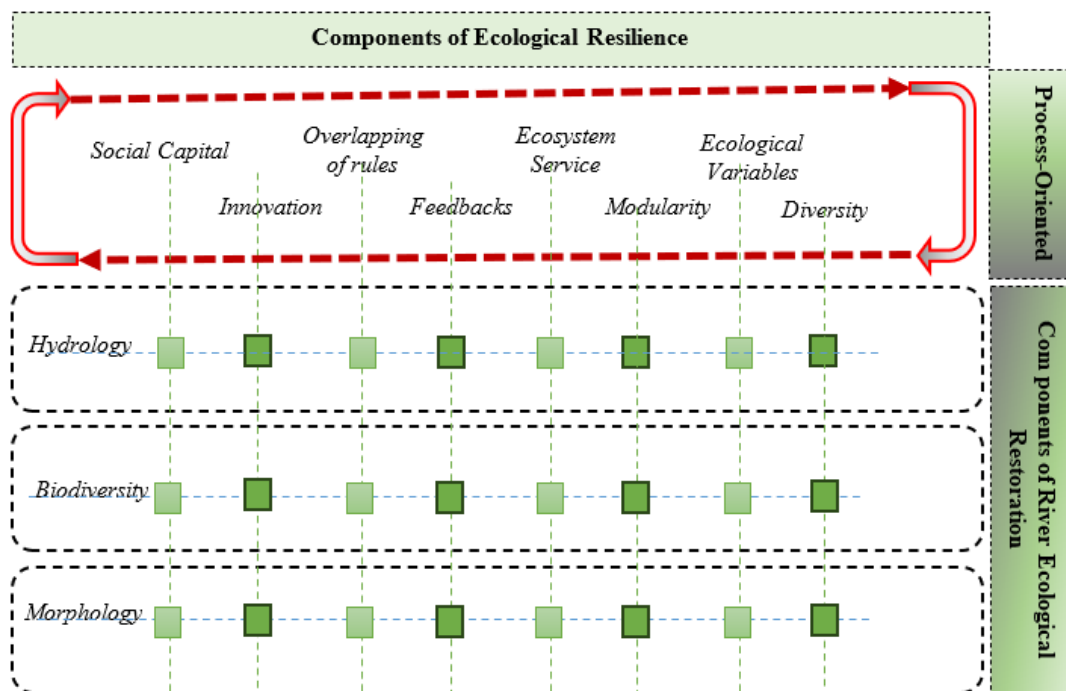


Figure 1. Theoretical model for Urban River restoration based on Ecological Components with an Ecological Resilience approach, source: (Authors 2025)

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

- 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].
- 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>
- 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].
- 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].
- Aminirad, H., Abessi, O., Golbabaee Kootenaee, 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>
- Amol County Natural Resources and Watershed Management. (2024). Comparative discharge report of the Haraz River from 2016. [in Persian].
- 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>
- 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>
- Atelier Dreiseitl. (2012). Kallang River-Bishan Park, Singapore. *World Landscape Architect*. <https://worldlandscapearchitect.com/kallang-river-bishan-park-singapore-atelier-dreiseitl/?v=3a1ed7090bfa>
- 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].
- 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 Uni-

versity. https://envs.sbu.ac.ir/article_96877.html [in Persian].

- 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
- Cieślak-Arkuszewska, A. (2020). A river in small town landscape. Selected issues. *Przestrzeń i Forma*. <https://doi.org/10.21005/pjf.2020.44.D-01>
- Cook, E. A. (1991). Urban landscape networks: an ecological planning framework. *Landscape Research*, 16(3), 7–15. <https://doi.org/10.1080/01426399108706345>
- 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>
- 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>
- 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>
- Esmaeili, R., & Nourzadeh 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].
- 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].
- 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>
- 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>
- 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>
- 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>
- 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>
- 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].
- 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].
- 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].
- Hassani, O., & Ebrahimi, F. (2023). Organization of urban landscape and green spaces in Amol: Green space identification document for Region 2 [in Persian].
- Iran Department of Environment. (2017). Haraz in the maze of consumption. *Iranian Department of Environ-*

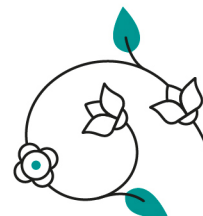


- ment. [in Persian]. <https://www.iana.ir>
- Jobin, L., & Namour, P. (2017). Bioremediation in water environment: controlled electro-stimulation of organic matter self-purification in aquatic environments. *Advances in Microbiology*, 7, 813–852. <https://doi.org/10.4236/aim.2017.712064>
 - Karbasi, 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>
 - 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>
 - 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>
 - 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>
 - 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>
 - 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>
 - 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>
 - 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>
 - 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>
 - Molaaghajzadeh, 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>
 - 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>
 - Online News Agency. (2023). Significant destruction of the protected river. *55 Online News*. [in Persian]. <https://www.55online.news>
 - 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].
 - 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>
 - 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 metropol-



itan areas. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 32(1), 127–157. <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.32.081501.114012>

- Pirnia, A., Darabi, H., Choubin, B., Omidvar, E., Onyutha, C., & Haghghi, 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>
- 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>
- 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
- 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.ecolecon.2012.07.004>.
- 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>
- Shafiei, B., Irani Behabehani, 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://dori.net>
- 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>
- 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
- Sobhe Amol. (2023). 50% reduction in the discharge of the Haraz River. *Sobhe Amol*. [in Persian]. <https://sobheamol.ir>
- 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>
- SWA Group. (2009). Buffalo Bayou Promenade, Houston, TX. *American Society of Landscape Architects*. <https://www.asla.org/2009awards/104.html>
- Tasnim News Agency. (2015). Images of the flood of the Great Haraz River in Amol. *Tasnim News*. [in Persian]. <https://www.tasnimnews.com>
- Trivedi, P. R. (2004). Environmental impact assessment. APH Publishing Corporation. <https://books.google.com/books?id=DAJ6PQAACAAJ>
- Turenscape .(2010) .Shanghai Houtan Park .ArchDaily .<https://www.archdaily.com/131747/shanghai-houtan-park-turenscape>
- Turenscape .(2010) .Shanghai Houtan Park .Chinese Architects. <https://www.chinese-architects.com/en/turenscape-haidian-district-beijing/project/shanghai-houtan-park>
- 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>
- 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>
- 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>
- Wikipedia. (2024). *Amol*. *Wikipedia, The Free Encyclopedia*. Retrieved from [in Persian]. <https://fa.wikipedia>.



[org/wiki/Amol](https://www.wikidata.org/wiki/Amol)

- Wikipedia. (2024). *Haraz River*. *Wikipedia, The Free Encyclopedia*. Retrieved from. [in Persian]. https://fa.wikipedia.org/wiki/Haraz_River
- 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>
- 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>
- Yifang Ecoscape. (2019). Weiliu Wetland Park, Xianyang, China. *World Landscape Architect*. <https://worldlandscapearchitect.com/weiliu-wetland-park-xianyang-china-yifang-ecoscape/?v=4f74d343f26b>
- Yu, K. (2015). A resilient landscape. *Topos*, 90, 84–89. <https://www.turenscape.com/en/news/detail/330.html>
- 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>
- 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.
- 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:

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

بخش فارسی: به منظور 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.

© [2026] 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/>

© [۲۰۲۶] 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/>



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

فاطمه مقدس نیایی^۱، ساناز حائری^{۲*}

۱. دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد منظر، بخش معماری، هنر و معماری، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران.
۲. استادیار، بخش معماری، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران.

نکات شاخص

- این پژوهش آسیب‌ها و تخریب‌های ناشی از توسعه شهری و مداخلات انسانی در تغییر ساختار اکوسیستم‌های طبیعی رودخانه‌های درون شهری را مورد بررسی 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.

مشخصات مقاله

چکیده

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

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 درون شهری 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 توسعه‌ای کاربردی، با روش اکتشافی همبستگی و داده‌های کتابخانه‌ای، ابتدا به بررسی ادبیات تحقیق می‌پردازد و سپس با استفاده از مستندات تاریخی معتبر رودخانه هراز، مشاهدات میدانی و تصاویر سنجش‌ازدور، با تحلیل‌های قیاسی‌استنتاجی مدل نظری تدوین می‌کند. در نهایت مؤلفه‌های اکولوژیک مؤثر بر بهسازی منظر شهری رودخانه‌های درون شهری 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 اکولوژیک استخراج می‌شوند تا در ساختار تکاملی فرایندگرا قرار گیرند، مدل نظری و راهبردهای مرتبط برای بهسازی رودخانه هراز تدوین شود تا در طرح‌های توسعه شهری لحاظ گردد. تصفیة 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 کرانه 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 توسعه فرهنگ حفاظت از محیط‌زیست است.

واژگان کلیدی

بهسازی منظرشهری
توسعه شهری
تاب‌آوری اکولوژیک
رودخانه هراز
مخاطرات محیطی.





Original Research Paper

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

Fatemeh Moghadas Niaki¹, 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.

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.

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.

© [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. *Iranian Urban Design Studies*, 1(2), 269–298.

*This article is extracted from the master's thesis of the author, [Fatemeh Moghadas], 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

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.



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. از همین رو، 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 به‌منزله 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 کرانه 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 توسعه شهری تهدیدی برای شهرها قلمداد می‌شوند و متأثر از چگونگی گسترش زیرساخت‌های شهری از ساختار اکولوژیکی خود خارج شده‌اند. برای کنترل سیلاب، بدنه رودخانه‌ها با دیواره‌های بتنی و سنگی به کانال تبدیل شده است (بهتاش و همکاران، ۱۳۸۹؛ بمانیان، ۱۳۸۷؛ دیوسالار و همکاران، ۱۳۹۰). رودخانه فرحزاد، کن، ولنجک در تهران، قمرود در قم، مهرانه رود در تبریز، رودخانه خشک (خرم‌رود) در شیراز از این جمله هستند. در این پژوهش، رودخانه هراز در شهر آمل، استان مازندران به‌عنوان نمونه مطالعه نقد و بررسی می‌شود تا تحلیل راهبردهای بهسازی منظر شهری رودخانه 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.

پیشینه پژوهش

در میان همه 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 نحوه استفاده از اراضی و کاربری‌های مختلف، از جمله توسعه بهینه 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 توسعه 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 مرحله 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، نحوه رویکرد به آن است. تأکید بر تاب‌آوری در سیستم‌های اکولوژیکی در گام اول، حول شناخت گونه‌های ارگانیک، 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 ثانویه متعدد، توانایی انطباق با شرایط جدید را داشته باشند. پذیرش تغییر به‌عنوان یک جنبه جدایی‌ناپذیر از سیستم تاب‌آور شناخته می‌شوند (Pickett et al., 2004). در زمینه 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. با این حال، مداخله‌های انسانی، توسعه 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). از این رو، 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)، رودخانه هادسون و رودخانه بوفالوی آمریکا (SWA Group, 2009)، رودخانه ائیر سوئیس (Astbury, 2017)، رودخانه کالانگ سنگاپور (Atelier Dreiseitl, 2012)، رودخانه چئون کره 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؛ به طوری که ساخت‌وسازهای شهری به دلیل نفوذپذیری کم، بیشتر در معرض خطر قرار دارند (گودرزی و همکاران، ۱۴۰۳).

داده‌ها و روش‌ها

حوزه جغرافیایی پژوهش

حوضه آبخیز هراز بین ۴۳' ۵۱° تا ۳۶' ۵۲° طول شرقی و ۴۵' ۳۵° تا ۲۲' ۳۶° عرض شمالی واقع شده است. منطقه مورد مطالعه در جنوب شهرستان آمل و استان مازندران قرار دارد. وسعت حوضه آبخیز به صورت تقریبی ۴۰۱۴ کیلومتر مربع است (شکل ۱). حداقل ارتفاع حوضه ۳۰۰ متر و حداکثر ارتفاع آن ۵۶۰۰ متر از 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 سکونت حوضه آبخیز هراز عبارت‌اند از پلور، نسل، 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 به دلیل بارندگی‌های مناسب و وجود قله‌های مرتفع، دارای آبدهی خوبی است. میانگین (میانگین ۴۵ ساله) آبدهی این حوضه حدود ۱۰۱ میلیارد متر مکعب برآورد شده است که بخشی از آن از طریق سد لار به تهران منتقل می‌شود (سازمان حفاظت محیط‌زیست ایران، ۱۳۹۶).

همچنین این حوضه به دلیل شیب بالا و شرایط جغرافیایی، جریان آب تند و سیلابی دارد که موجب فرسایش و انتقال آلاینده‌ها به مناطق پایین دست 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 ۳ و ۲). تا قبل از آن، بیشترین حجم دبی آب به ۱۳۱ متر مکعب در ثانیه می‌رسید. در سال ۱۳۹۴، سیلاب خسارات قابل توجهی به زیرساخت‌ها و واحدهای مسکونی در منطقه آمل و بخش لاریجان وارد کرد (خبرگزاری تسنیم، ۱۳۹۴). سد خاکی هراز از سال ۱۳۸۹ در دستور ساخت قرار گرفت و در زمان وقوع

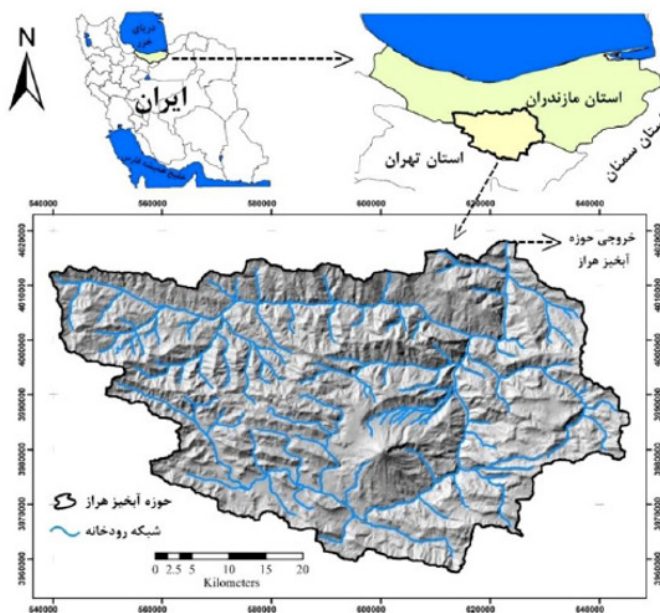


سیلاب سال ۱۳۹۴ ناتمام بود و بهره‌برداری نبود. نتایج مطالعات نشان می‌دهد که سیستم انحراف آب سد هراز قادر خواهد بود سیلاب با پیک ۲۳۴ متر مکعب در ثانیه را به میزان ۱۸۰ متر مکعب در ثانیه کاهش دهد. همچنین در زمان بهره‌برداری، با توجه به حجم زیاد سیلاب‌ها نسبت به حجم کم مخزن، پیک سیلاب خروجی حدود ۱۰ درصد، بدون اتخاذ هیچ‌گونه تمهید خاصی در طراحی، کاهش می‌یابد (خبرگزاری تسنیم، ۱۳۹۴). محدوده رودخانه هراز آمل با توجه به آسیب‌های ناشی از توسعه 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 توسعه شهر، در مواجهه با محیط‌زیست‌های درون‌شهری، نقصان برنامه‌ریزی اکولوژیکی به‌منظور حفظ و نگهداری اکوسیستم رودخانه‌های درون‌شهری با تمرکز بر رودخانه هراز در شهر آمل می‌پردازد. اهداف توسعه‌ای کاربردی بوده و روش پژوهش اکتشافی همبستگی است. در تجزیه و تحلیل داده‌ها نیز از روش قیاسی استنتاجی 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:

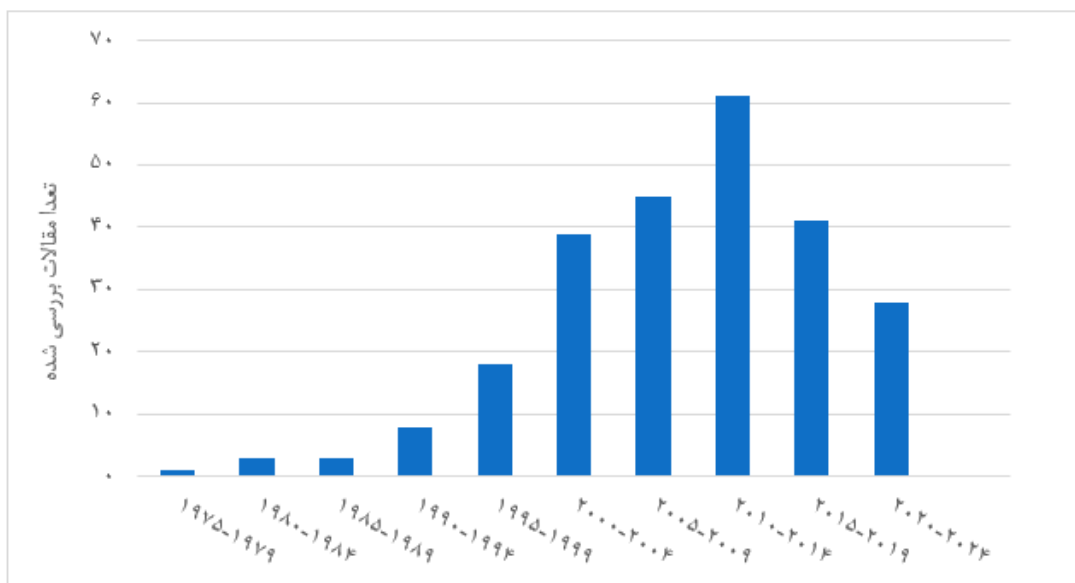
- مؤلفه‌های مؤثر در بهسازی منظر شهری رودخانه هراز آمل، با رویکرد تاب‌آوری اکولوژیکی کدام‌اند؟
- چه مدل نظری در جهت تحقق مولفه‌ها تاب‌آوری اکولوژیکی، در بهسازی اکولوژیکی رودخانه هراز آمل موثر است؟



شکل ۱. (راست) موقعیت جغرافیایی حوضه آبخیز هراز، در استان مازندران و ایران، منبع: (عطالله کاویان، ۱۳۹۶) شکل ۳ و ۲. (چپ) طغیان رودخانه در فروردین سال ۱۳۹۴، منبع: (خبرگزاری تسنیم، ۱۳۹۴)

به‌طور کلی، پژوهش در چهار مرحله 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 تجزیه و تحلیل داده‌ها؛
۳. تحلیل نمونه مورد مطالعه پژوهش: رودخانه هراز آمل؛
۴. استخراج مولفه‌های مؤثر در بهسازی منظر شهری رودخانه هراز آمل با رویکرد تاب‌آوری اکولوژیکی
۵. تدوین الگوی نظری بهسازی منظر شهری رودخانه‌های درون‌شهری.

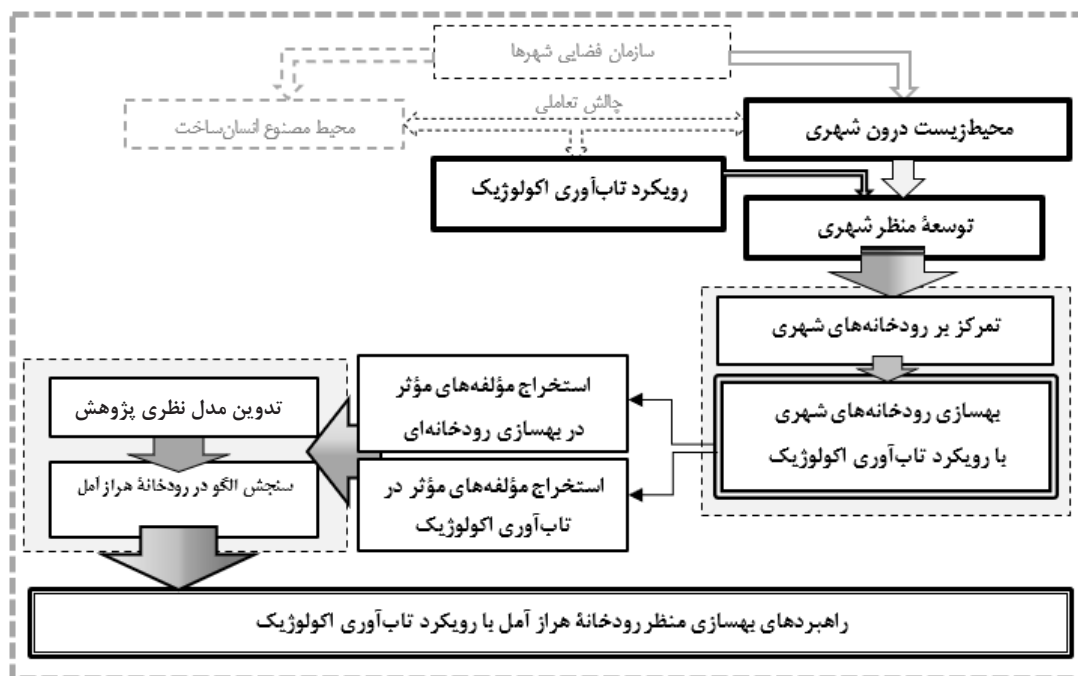


شکل ۴. پراکندگی سال نشر مقالات مرتبط در پژوهش پس از غربالگری، منبع: (نگارندگان، ۱۴۰۳)



شکل ۵: 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 قیاسی استنتاجی تحلیل شده است و در دو گروه کلی شامل مؤلفه‌های مؤثر بر بهسازی منظر شهری رودخانه‌های شهری و مؤلفه‌های مؤثر در تاب آوری اکولوژیک بررسی می‌شوند.

مؤلفه‌های مؤثر بر بهسازی منظر شهری رودخانه‌های شهری^۱

در بهسازی منظر شهری رودخانه مهم‌ترین و اثرگذارترین مؤلفه‌هایی که منجر به بازسازی اکوسیستم رودخانه می‌شود، مؤلفه‌های اکولوژیک است. مؤلفه‌های اکولوژیک شامل چهار مؤلفه 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 یکپارچه حوضه آبریز و امکان ذخیره‌سازی آب بر شرایط هیدرولوژیکی رودخانه (دائمی یا فصلی) اثر می‌گذارند. آزمون و سنجش کمی و کیفی مداوم موجب رفع اختلالات می‌شود و به تدریج 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. به‌علاوه توسعه 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 چرخه تعادل خارج شده است.

مورفولوژی کریدور آبی با فرم و ساختار طبیعی رود و کرانه‌های پوشیده از گونه‌های زیستی (پهروه‌های اکولوژیکی) تعریف می‌شود. حریم طبیعی رودخانه براساس مورفولوژی طبیعی آن حریم حفاظتی در برنامه‌های توسعه شهری قلمداد می‌شود؛ اما متأسفانه در بیشتر شهرهای معاصر باهدف توسعه شهر و کنترل سیلاب، جداره‌های رودخانه کانالیزه شده و کرانه‌های رودها برای توسعه معابر اشغال شده‌اند. همچنین رودخانه را از شکل متاندر خارج کرده و به کانال عبور سیلاب و رواناب‌های آلوده شهری تبدیل کرده‌اند. از این رو بازبانی 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، «بهبودی رودخانه مبتنی بر 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 اکولوژیکی اجتماعی 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:

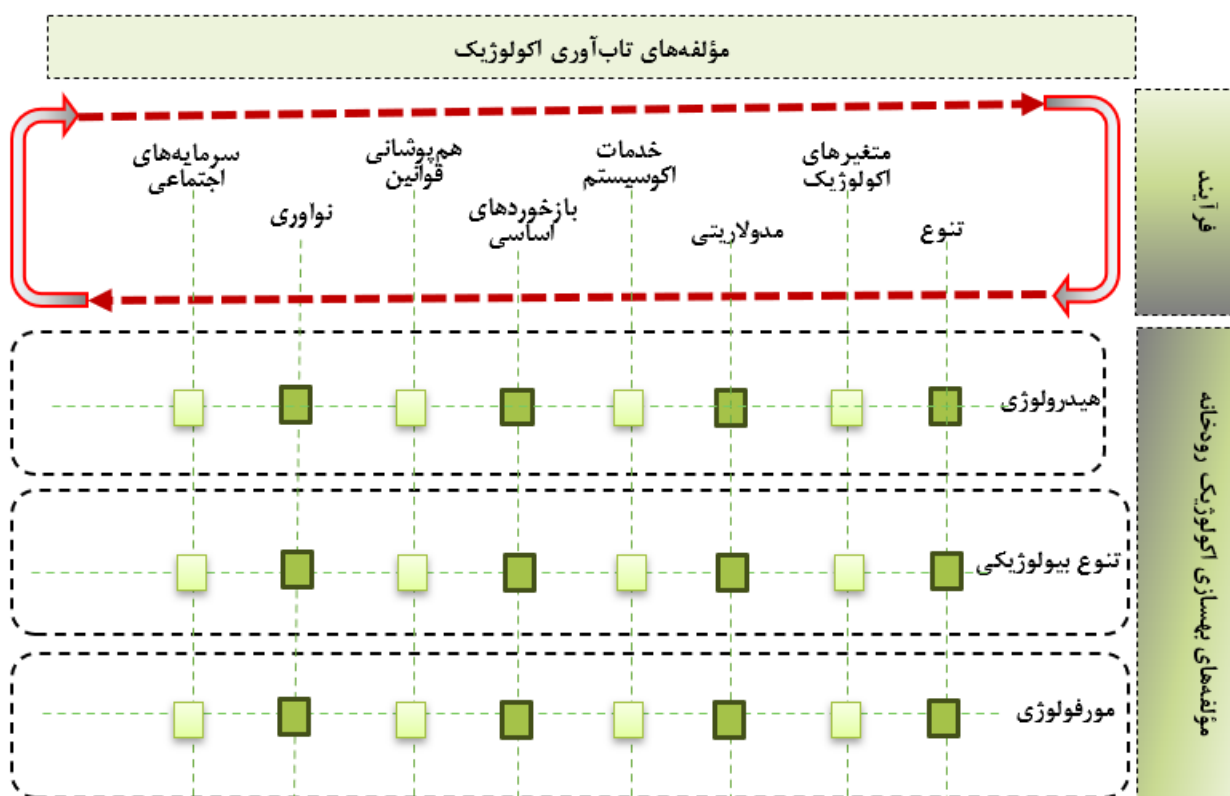
- تنوع به‌واسطه تنوعی (بیولوژی، منظر، اقتصاد، اجتماع) که در اجزای یک سیستم وجود دارد، آن سیستم می‌تواند به هنگام بروز اختلالات تاب‌آور عمل کند؛ در غیر این صورت، برابر مخاطرات آسیب‌پذیر می‌شود و ممکن است کارکرد خود را از دست بدهد.
- متغیرهای اکولوژیکی: یک جهان تاب‌آور با متغیرهای اکولوژیکی عمل می‌کند تا بتواند با تغییرات مواجه شود. کنترل، راه مقابله با مخاطرات نیست؛ بلکه باید در مرز و محدوده 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 به هم مرتبط بوده‌اند؛ ولی به‌طور کامل به هم وابسته نیستند. در نتیجه اختلالات به سرعت بر کل سیستم تأثیر نمی‌گذارند.
- بازخوردهای اساسی: شناخت و تحلیل بازخوردهای اساسی وضعیت هر سیستم در مواجهه با اختلالات، موجب می‌شود شیوه مواجهه مجدد شناسایی و در جهت تاب‌آوری برنامه‌ریزی شود.
- خدمات اکوسیستم به تعدادی از کارکردهای سیستم، گردافشانی، چرخه 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 سرمایه اجتماعی متأثر از ظرفیت افراد جامعه، از دیگر عوامل مؤثر در تاب‌آور ساختن هر اکوسیستم هستند. این عوامل با توجه به خرد 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 رودخانه هراز آمل ویژگی هیدرولوژیکی رودخانه هراز آمل

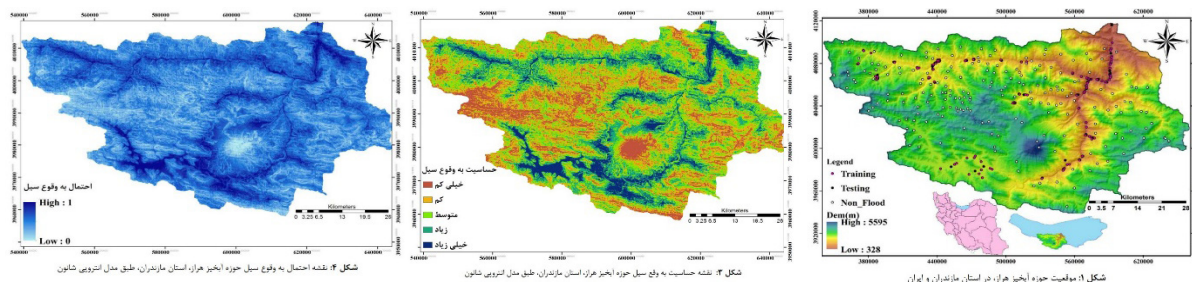
حوضه آبریز هراز یکی از زیرحوضه‌های اصلی دریای مازندران است که از دره لار در جنوب کوه دماوند سرچشمه گرفته و پس از گذر از شهرهای آمل و سرخرود به دریای خزر می‌ریزد (ویکی‌پدیا، ۱۴۰۳). مساحت حوضه آبریز هراز کمی بیش از ۴۸ هزار کیلومتر مربع و طول آن ۱۸۵ کیلومتر است و تنها ۳۰ کیلومتر انتهایی جلگه‌ای بوده و بقیه را مناطق کوهستانی تشکیل داده است. شیب میانگین رودخانه 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 حوضه آبریز به‌آسانی و سهولت خیلی بیشتری به مناطق پایین دست 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 نقشه نهایی (شکل ۸، ۹، ۱۰) حساسیت به وقوع سیل، اطراف رودخانه 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؛ شهبایی، ۱۴۰۰) و مواجهه صحیحی در زمان مخاطره سیلاب شکل گیرد.

شیب رودخانه هراز از مرز کوهستان تا شمال شهر آمل ۱۳ در هزار و در محدوده شهر آمل ۷ در هزار است. با کاهش شیب رودخانه در محدوده شهر آمل، دبی آب نیز کاهش می‌یابد. در قسمت‌های جنوبی محدوده 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 رودخانه هراز به حداکثر خود رسیده است. همچنین در قسمت‌های پرتراکم شهر به دلیل 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 ۸: موقعیت حوضه آبخیز هراز، در استان مازندران و ایران، منبع: (نوحانی و همکاران، ۱۳۹۵)

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

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

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

ویژگی بیولوژیکی رودخانه هراز آمل

اکوسیستم‌های آب شیرین به‌ویژه رودخانه، نقش حیاتی در حمایت از تنوع زیستی دارند؛ اما به دلیل 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 پایه مشاهدات محدود است و این امر نیازمند بررسی‌های جامع‌تری است (مکی و همکاران، ۱۳۹۵). تحقیقات انجام‌شده در بررسی رودخانه هراز (جدول ۲) نشان داده است که طی دهه‌های گذشته، کریدور رودخانه هراز در معرض کاربری‌ها و مداخلات گوناگون قرار گرفته است.

این موارد ناشی از توسعه شهر و کشاورزی، آلاینده‌ها، سدسازی، کانال‌سازی، صید بی‌رویه، برداشت آب و برداشت شن و ماسه از بستر در مقیاس‌های مختلف است. تخریب ساختار زیست‌محیطی رودخانه 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 تحت تأثیر 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 رودخانه 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 حاشیه رودخانه 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 رودخانه هراز آمل، منبع: (نگارندگان، ۱۴۰۳)

منابع	ویژگی‌های شناختی	مشخصات هیدرولوژیکی
	از غرب به زیرحوضه درجه دو چالوس از شرق به زیرحوضه‌های تالار بابل و از جنوب به زیرحوضه‌های کویر مرکزی و دریاچه نمک از حوضه اصلی ایران مرکزی	یکی از زیرحوضه‌های اصلی دریای مازندران از دره لار در جنوب کوه دماوند تا دریای خزر
(اسماعیلی، نوری‌زاده نشلی، ۱۴۰۳) (مهندسیین مشاور آب و انرژی، ۱۳۹۵) (سلیمانی، ۱۳۸۹) (غلامی و همکاران، ۱۴۰۰)	رودهای اصلی: هراز نور و رودلار در زیرحوضه اصلی منطقه پلور به هم می‌پیوندند. رودخانه‌های فرعی: شلود، تجرود، چاله‌رود، لکونی، آبی‌رود، میان‌رود، کیسه‌رود، پلک، شه‌رود و ننگاه تأثیر رودها بر میزان شدت جریان.	یک سیستم آبی غنی و پیچیده منابع آبی مورد نیاز منطقه نقش مهمی در حفظ تنوع زیستی و اکولوژیکی منطقه
	دریای خزر پذیرای حوضه‌های آبریز رودخانه هراز شامل: زیر حوضه‌های اصلی (رودلار و هراز نور) و فرعی	دریای خزر؛ فروهشتگاه حوضه‌های آبریز هراز
(منابع طبیعی و آبخیزداری شهرستان آمل، ۱۴۰۳)	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	ایستگاه‌ها در طول مسیر حوضه آبریز رودخانه: ایستگاه کره سنگ، سرخرو چلاو، پلور، دلچای، بلده
(غلامی و همکاران، ۱۴۰۰) (اختر و همکاران، ۱۴۰۰) (سلیمانی، ۱۳۸۹) (لاریجانی و همکاران، ۱۴۰۲) (کرباسی، کلانتری، ۱۳۸۶) (Trivedi, 2004)	دلایل: فعالیت‌های معدنی در دهه‌های اخیر، مزارع پرورش ماهی، انباشت زباله شهری در بالادست رودخانه، فاضلاب شهری، سموم دفع و آفات علف کش ها، فاضلاب صنعتی، آلودگی حاصل از حمل‌ونقل، هم‌جواری رودخانه هراز با جاده پرتدد 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	ورود آلودگی‌های فلزات سنگین به آب‌های زیرزمینی و سطحی با بررسی شاخص کیفی آب سازمان ملی بهداشت آمریکا ^۲ آب رودخانه هراز در محدوده متوسط قرار گرفته که حاکی از آن است شهر آمل در کیفیت آب رودخانه هراز تأثیر بسزایی نداشته است.
(صبح آمل، ۱۴۰۲)	کاهش دبی جریان بر اثر کاهش شیب بستر رود، برداشت آب برای مصارف صنعتی، در سال ۱۴۰۲ نسبت به سال قبل، کاهش دبی جریان رود بر اثر کاهش بارش سالانه	رژیم جریان آب (سیلاب) دبی رودخانه هراز در آمل
	علت وقوع سیلاب‌ها: ریزش کوه، وقوع بهمن، دخالت انسانی در بستر رودخانه	طغیان رودخانه هراز با توجه به شیب هیدرولیکی
	علت: ریزش کوه و سقوط بهمن در بالادست	در طغیان رودخانه هراز در ۱۳۸۳
(سلیمانی، ۱۳۸۹) (صداقت و همکاران، ۱۳۹۵) (نوحانی و همکاران، ۱۳۹۵) (شه‌ایی، ۱۴۰۰) (مشاهدات میدانی نگارندگان)	به دلیل شیب هیدرولیکی بالا در بستر پروفیل طولی بستر عامل تخلیه سریع آب به پایین دست سیلاب با دوره بازگشت ۲۰۰ ساله منجر به خسارات عمده به زمین‌های کشاورزی در حریم رودخانه	سیل خیزی حوضه آبریز رودخانه هراز (بر طبق نقشه پهنه‌بندی سیلاب)
	علت: تراکم مناطق مسکونی زیاد و نفوذپذیری کم	حساسیت به وقوع سیل، اطراف رودخانه هراز بسیار بالا
	ارتفاع زیاد زمین تراکم کم ساخت‌وساز	در قسمت‌های جنوبی شهر آمل؛ کمترین میزان حساسیت سیلاب



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

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



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

منبع	اثر تغییرات مورفولوژیکی بر ساختار اکولوژیکی	تغییرات مورفولوژیکی	اثر اکولوژیکی
	افزایش پوشش نفوذناپذیر گسست پهروهای سبز اکولوژیکی مجاور رودخانه	احداث کنارگذرها در بستر رودخانه	
	افزایش پوشش نفوذناپذیر و تثبیت تغییرات برای احداث معابر	احداث معبر در کرانه رودخانه	
	در سال ۱۳۴۷ میانگین عرض رودخانه ۱۴۱ متر بوده و در سال‌های ۱۳۸۵ و ۱۴۰۰ به ۵۵ متر کاهش یافت.	کاهش عرض (تنگ‌شدگی) رودخانه	
	شامل بستر فعال رود و موانع طولی در این دوره که به ترتیب ۵۰ و ۹۵ درصد کاهش یافت	کاهش مساحت لندفرم‌های رودخانه‌ای	از بین رفتن شرایط اکولوژیکی:
	تغییر پلانفرم رودخانه از حالت شریانی به تک‌کانالی کاهش جریان پایه رود و کانال‌های آبیاری، تغییر کاربری اراضی کرانه	تنگ‌شدگی رود و کاهش موانع طولی	۱. از بین رفتن ماتریس اکولوژیکی رودخانه
(حائری و مثنوی، ۱۴۰۲) (اسماعیلی و نوری‌زاده نشلی، ۱۴۰۳) (ملا آقاجانزاده و همکاران، ۱۴۰۰) (سلیمانی، ۱۳۸۹)	افزودن بر وسعت اراضی باغی، مسکونی و فاقد پوشش گیاهی کاهش وسعت مخازن آبی	تغییر کاربری اراضی کرانه رودخانه طی دوره ۲۳ ساله (۱۹۹۲-۲۰۱۵)	۲. اختلال در عملکرد اکوسیستم
(Buckley, 1991) (Zhang et al, 2022) (Cieślak-Arkusze- , 2020) (wska (Wu & Nepal , 2010)	تغییر واکنش هیدرولوژیکی در حوضه 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 کرانه رودخانه	۳. اختلال در خدمات اکوسیستم
	شیب زیاد بستر، شیب هیدرولیکی بالا وجود موانع جزیره‌مانند در مسیر رودخانه	افزایش حریم رودخانه 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 به واسطه تغییرات شدید در ژئومتری بستر (شیب بستر، جنس و عرض بستر)	تغییر ظاهری بستر رودخانه هراز (۱۳۶۳-۱۳۹۹)	
	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 پهنة سیلاب	تقویت شرایط اکولوژیکی	
	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	ایجاد مخزن آبی دریاچه سد	
(حائری و مثنوی، ۱۴۰۲)	توسعه زیستگاه‌های آبی جدید و پشتیبانی از گونه‌های مختلفی از جمله ماهی‌ها و گیاهان آبی و پرندگان و...	تقویت شرایط اکولوژیکی	
(Schmutz & Moog, 2018) (Zhang et al, 2022) (Yiet al ,2010) (Zargariet al , 2023) (Lin ,2011)	جلوگیری از فرسایش پایین‌دست و یکپارچگی سواحل رودخانه حفظ دشت‌های سیلابی به دام انداختن رسوبات توسط سد افزایش رشد گیاهان و بهبود کیفیت زیستگاه‌های نواحی بالادست	تقویت شرایط اکولوژیکی	
	ممانعت از فرسایش بستر رودخانه و ایجاد حوضه ذخیره آب پتانسیل شکل‌گیری پهروهای اکولوژیکی	احداث شیب شکن	
(حائری و مثنوی، ۱۴۰۲) (غلامی و همکاران، ۱۳۹۶)	جلوگیری از فرسایش جداره‌ها در سیلاب تثبیت کریدور رودخانه تشدید سرعت جریان با دیوارهای بتونی	کانالیزه کردن کریدور رودخانه	افزایش تاب‌آوری شهر در سیلاب کاهش شرایط اکولوژیکی

مولفه های اکولوژیکی بهسازی منظر شهری رودخانه هراز آمل

در مرحله شناسایی پروژه، بررسی هیدرولوژی و ارزیابی سیل‌خیزی حوزه‌های آبریز رودخانه هراز، تنوع زیستی و تأثیر تغییرات آن بر وضعیت اکولوژیکی این رودخانه و همچنین تحلیل مورفولوژی رودخانه و آثار تغییرات آن بر تاب‌آوری اکولوژیکی و سیل‌خیزی اکوسیستم انجام شد. این تحلیل‌ها به‌منظور



درک بهتر وضعیت کنونی و شناسایی چالش‌ها و فرصت‌ها برای بهبود شرایط اکولوژیک رودخانه هراز صورت گرفت تا بتوان با راهبردهایی در جهت بهسازی منظر شهری رودخانه هراز آمل با رویکرد تاب‌آوری اکولوژیک تدوین کرد.

مولفه هیدرولوژیکی

حوضه آبریز رودخانه هراز به‌عنوان یک اکوسیستم غنی و پیچیده، نقش مهمی در حفظ تنوع زیستی و تأمین منابع آبی منطقه ایفا می‌کند. با این حال، فعالیت‌های انسانی نظیر آلودگی ناشی از فاضلاب‌های شهری و صنعتی، برداشت بی‌رویه شن و ماسه و تغییرات در الگوی جریان آب به دلیل ساخت سدها، به تخریب اکوسیستم این رودخانه منجر شده است. در راستای تاب‌آوری اکولوژیکی، راهبردهایی برای بهسازی اکولوژیک رودخانه هراز تدوین می‌شود که متأثر از مؤلفه‌های تاب‌آوری است. این راهبردها شامل تصفیه فاضلاب، مدیریت زهاب‌های کشاورزی و نظارت بر کیفیت آب می‌شود. چنین اقداماتی می‌تواند به حفظ تنوع زیستی و بهبود شرایط اکولوژیک رودخانه هراز کمک کند. آلودگی رودخانه هراز ناشی از فعالیت‌های معدنی، مزارع پرورش ماهی، انباشت زباله‌های شهری، فاضلاب‌های صنعتی و شهری، سموم دفع آفات و ورود رواناب‌های آلوده همراه با بارش باران است که به کاهش کیفیت آب در مسیر پایین دست منجر می‌شود.

وجود مواد مغذی و کلیفرم مدفوعی ناشی از زهاب‌های کشاورزی و شهری، به شدت بر کیفیت آب تأثیر گذاشته و موجب اختلال در متغیرهای اکولوژیکی و خدمات اکوسیستم می‌شود که ناشی از نبودن هم‌پوشانی قوانین در جهت حفظ محیط‌زیست شهری و توسعه شهر، ضعف مدیریت شهری و توجه نکردن به منابع آلودگی بالادست هستند. به‌منظور بهبود وضعیت سلامت آب، تصفیه فاضلاب‌های شهری و صنعتی، توسعه زیرساخت‌های سبز (حوضچه‌های ذخیره‌سازی آب سیستم‌های طبیعی تصفیه آب) در کنار زیرساخت‌های خاکستری، مدیریت زهاب‌های کشاورزی، جلوگیری از برداشت بی‌رویه شن و ماسه از بستر رود، نظارت مستمر بر کیفیت آب، حفاظت از کناره‌ها و برداشتن موانع در مسیر رودخانه، راهبردهای مؤثری خواهند بود. همچنین اقداماتی نظیر ساخت دیواره‌های سیل‌بند و گوراب، انجام عملیات آبخیزداری در بالادست حوضه، حفظ مراتع و جنگل‌ها، استفاده از حوضچه‌های تأخیری، روکش‌های نفوذپذیر و چاه‌های تزریق برای مدیریت رواناب‌ها، موجب کاهش سیلاب شده است و مدیریت رواناب و سیلاب را به‌همراه دارد. نوآوری در استفاده از نقشه‌های سنجش‌از‌دور حساسیت به سیلاب، می‌تواند در تعیین مکان‌های توسعه و کاهش آسیب‌پذیری انسانی مؤثر باشند. توجه به بازخوردهای اساسی ناشی از ایجاد تغییرات و پایش اکوسیستم می‌تواند در تداوم فرایند بهسازی نقش کلیدی ایفا کند. در نهایت، با فرهنگ‌سازی در حفظ محیط‌زیست و بهره‌برداری از سرمایه‌های اجتماعی، می‌توان مدافعان خودجوش مردمی ایجاد کرد و به حیات محیط‌زیست فراتر از چهارچوب قوانین و مسئولان تداوم بخشید.

مولفه بیولوژیکی

تغییرات اقلیمی، فعالیت‌های انسانی ناپایدار و توسعه ناپایدار شهری به تخریب اکوسیستم‌ها و تهدید زیستگاه‌های آبی منجر شده است. برای جلوگیری از این تخریب، راهبردهایی در راستای حفاظت از ویژگی‌های اکولوژیکی اکوسیستم رودخانه هراز و تاب‌آوری اکولوژیکی آن تدوین می‌شود. مدیریت پایدار منابع آبی در جهت حفظ گونه‌های جانوری (پرنندگان مهاجر) و پوشش‌های گیاهی به‌ویژه در ساختار مدولار، کنترل آلودگی‌های آب و افزایش ظرفیت خودپالایی رودخانه هراز (خدمات اکوسیستم)، استفاده از روش‌های پایدار در فعالیت‌های کشاورزی و صنعتی، حفظ و احیای پوشش گیاهی کرانه رودخانه در جهت تثبیت خاک، حفظ و نگهداری پهروهای سبز پارک‌های شهری در امتداد مسیر رودخانه، جلوگیری از گسست آن‌ها، حفظ گونه‌های گیاهی موجود در بستر رودخانه، کاشت گونه‌های گیاهی بومی و انتقال گونه‌های جانوری غیرمهاجم متناسب با شرایط موجود می‌تواند به تداوم خدمات اکوسیستم و ساختار اکولوژیک اکوسیستم رودخانه منجر شود.

ایجاد سیستم‌های نظارتی براساس قوانین با استفاده از سرمایه‌های اجتماعی برای پایش پهنه‌های گونه‌های گیاهی، توجه به بازخورد تغییرات، پایش و ارزیابی مستمر تنوع زیستی از طریق 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 دخل و تصرف شهروندان در اراضی پهروهای اکولوژیکی، افزایش آگاهی عمومی و آموزش جوامع محلی درباره اهمیت تنوع زیستی و روش‌های حفاظت از آن و مشارکت فعال تر مردم (سرمایه‌های اجتماعی) در حفاظت از محیط‌زیست رودخانه، حمایت از پروژه‌های تحقیقاتی در زمینه تنوع زیستی و اکولوژی رودخانه هراز، از راهبردهای مؤثر در تداوم بهسازی اکولوژیکی و تاب‌آور اکوسیستم رودخانه هراز در برابر تغییرات اقلیمی، مخاطرات محیطی و فعالیت‌های انسانی است.

مولفه مورفولوژیکی

تصرف حریم کمی رودخانه هراز به دلیل افزایش تنش‌های اجتماعی ناشی از فعالیت‌های انسانی در بستر و اطراف آن و همچنین تغییرات در رژیم جریان رودخانه، به‌طور چشمگیری افزایش یافته است. از این‌رو، 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 کرانه رودخانه به حفظ تنوع زیستی و ساختار اکولوژیکی اکوسیستم رودخانه کمک می‌کند. 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 حاشیه رودخانه هراز، احداث باغچه‌های باران، تغذیه آب‌های سطحی و سیستم‌های زهکشی پایدار حاشیه 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 می‌تواند به تصمیم‌گیری‌های بهینه در مدیریت منابع آب و کنترل سیلاب کمک کند. ایجاد بافر یا کمربندهای سبز در حاشیه رودخانه به‌عنوان عرصه 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 حاشیه رودخانه) و تشویق به استفاده 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 رودخانه هراز است. همچنین، جلب مشارکت جوامع محلی (سرمایه‌های اجتماعی) در فرایند نظارت و بهسازی می‌تواند به افزایش آگاهی و مسئولیت‌پذیری در حفاظت از رودخانه هراز کمک کند. این امر شامل آموزش و اطلاع‌رسانی درباره اهمیت حفظ اکوسیستم‌های آبی است. با اجرای این راهکارها، می‌توان به بهسازی اکولوژیک مورفولوژی رودخانه هراز دست یافت. راهبردها به شکل‌گیری مؤلفه‌های مؤثر در تاب‌آوری، از جمله تنوع، متغیرهای اکولوژیک، مدولاریتی، خدمات اکوسیستم، تدوین و هم‌پوشانی قوانین، نوآوری، سرمایه‌های اجتماعی و بررسی بازخوردها، در سه لایه 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 مؤلفه 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 اکولوژیک خود تاب‌آور شود و ماهیت اکولوژیک خود را بازیابی کند.

ساختار فرایندگرا در بهسازی منظر شهری رودخانه هراز آمل

نظام مدیریت شهری باید پس از تدوین راهبردها، هماهنگی‌های لازم را برای اجرای برنامه‌های مرتبط با توسعه پایدار شهری اعمال کند تا این راهبردها در مقیاس کلان و راهکارهای مربوط در مقیاس خرد 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 سیماء، 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، از جمله 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 خرد در چهارچوب مؤلفه‌های اکولوژیک و تاب‌آور در برنامه‌ریزی کوتاه‌مدت و بلندمدت، امکان مدیریت مؤثر پروژه را فراهم می‌آورد. در صورت بروز اختلاف 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 اکولوژیک، به فازبندی اجرایی کمک می‌کند. اقدامات در اجرای راهبردهای بهسازی رودخانه 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 اکولوژیک 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 غیرقابل پیش‌بینی 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 قابل اندازه‌گیری 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. در مجموع، 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 کمی و کیفی دستاوردها، به‌عنوان ابزاری برای تضمین بهسازی اکوسیستم بر مبنای مؤلفه‌های اکولوژیک، جهت تاب‌آوری رودخانه هراز و مناطق شهری پیرامونی ضروری است. این رویکرد نه تنها به شناسایی قوت‌ها و ضعف‌ها در فرایند اجرا کمک می‌کند، بلکه امکان اصلاح راهبردها را نیز فراهم می‌آورد.



نتیجه گیری

رودخانه هراز در شهرستان آمل با ویژگی‌های خاص خود به‌عنوان یکی از مناطق مستعد سیل‌خیزی در ایران شناخته می‌شود که تحت تأثیر 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 پایین دست 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 مواجهه اکوسیستم رودخانه با اثرات منفی و زیان‌بار توسعه شهر، اثرگذاری مؤلفه‌های اکولوژیکی تاب‌آور در چهارچوب توسعه 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 ثابته 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، توسعه 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. از این‌رو، بهسازی اکولوژیکی تاب‌آور رودخانه براساس نگرش سیستمی و ساختار «مبتنی بر فرایند» انجام می‌شود و این فرایند برنامه‌ای کوتاه‌مدت نیست؛ بلکه در چرخه فرایندگرا شکل می‌گیرد تا ویژگی‌های اکولوژیکی اکوسیستم بازیابی و به پایداری برسد.

شایان ذکر است که رودخانه‌های هر شهری ویژگی‌های منحصربه‌فردی دارند که تحت‌تأثیر عوامل مختلفی از جمله جغرافیای خاص منطقه، تغییرات اقلیمی و توسعه شهر قرار می‌گیرند. راهبردهای ارائه‌شده جهت بهسازی اکولوژیک رودخانه‌های شهری با رویکرد تاب‌آوری در مقیاس کلان قابل‌تعمیم است؛ اما در مقیاس خرد 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 منافی 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 نیاکی؛ پیش‌نویس مقاله را در صورت موضوع، پیشینه پژوهش، اطلاعات میدانی و نمونه موردی تهیه‌شده و ساناز حائری جدول، 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 مؤلفه 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 فضا است. 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 مواجهه صحیح با رودخانه درون‌شهری در ممانعت از تخریب و حفاظت است. میحت زیبایی‌شناسی بر مبنای 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 میحت 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

- اختر، فاطمه؛ فضل اولی، رامین؛ درزی نفتچالی، عبدالله؛ مشهدی خردی، فرهاد. (۱۴۰۰). بررسی و تحلیل تأثیر وجود منطقه شهری (شهر آمل) بر کیفیت آب رودخانه هراز براساس شاخص‌های استاندارد کیفی. فصلنامه علمی مهندسی منابع آب، ۱۴(۵۰)، ۱۱۷-۱۳۰. <https://doi.org/10.30495/wej.2021.17270.2016>
- اسماعیلی، رضا؛ نوری‌زاده نسلی، نبوشا. (۱۴۰۳). ارزیابی تغییرات مورفولوژیکی رودخانه هراز در اثر فشارهای انسانی در محدوده شهر آمل، مازندران. هیدروژئومورفولوژی، ۱۱(۴۰)، ۴۰-۵۷. <https://doi.org/10.22034/hyd.2024.61151.1733>
- آذری، خشایار. (۱۴۰۰). امکان‌سنجی استفاده از نواحی رهاشده حاشیه رودخانه‌های درون‌شهری به‌منظور تدوین برنامه بازآفرینی کلان پهنه کناررود هراز شهر آمل، رساله کارشناسی‌ارشد رشته برنامه‌ریزی شهری، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه تربیت مدرس.
- آقابایی امین، سهیلا. (۱۳۸۴). الگوی تغییرات زمانی و مکانی رسوب معلق زیرحوزه‌های مهم رودخانه هراز، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس.
- بمانیان، محمدرضا. (۱۳۸۷). برنامه‌ریزی در راستای احیای محیط طبیعی رود دره‌های شهر تهران در رویکرد تحلیل عوامل راهبردی (SWOT) (نمونه موردی: رود دره ولنجک). فصلنامه علوم محیطی، ۵(۴)، دانشگاه شهید بهشتی. https://envs.sbu.ac.ir/article_96877.html
- پریور، پرستو؛ فریادی، شهرزاد؛ یآوری، احمدرضا؛ صالحی، اسماعیل؛ هراتی، پگاه. (۱۳۹۲). بسط راهبردهای پایداری اکولوژیک برای افزایش تاب‌آوری محیط‌زیست شهری (نمونه موردی: مناطق ۱ و ۳ شهرداری تهران). محیط‌شناسی، ۳۹(۱)، ۱۳۲-۱۳۳. <https://doi.org/10.22059/jes.2013.30393>
- 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>
- حائری، ساناز؛ مثنوی، محمدرضا. (۱۴۰۲). تحلیل راهبردهای بهسازی اکولوژیک منظر رودخانه خشک شیراز در چهارچوب توسعه پایدار شهری با تأکید بر مدیریت مخاطرات سیلاب. مدیریت مخاطرات محیطی، ۱۱(۱)، ۷۱-۸۹. <https://doi.org/10.22059/jhsci.2023.356409.771>
- حجاریان، احمد. (۱۴۰۳). شناسایی و تحلیل تاب‌آوری نواحی ساحلی در برابر مخاطرات طبیعی (مطالعه موردی: بندر ماهشهر). مخاطرات محیط طبیعی، ۱۳(۴۲)، ۳۱-۵۲. <https://doi.org/10.22111/jneh.2024.47336.2007>
- حسینی، امید؛ ابراهیمی، فاطمه. (۱۴۰۲). سازمان سیما، منظر و فضای سبز شهر آمل، شناسنامه فضای سبز منطقه ۲.
- خبرگزاری ۵۵ آنلاین. (۱۴۰۲). تخریب چشمگیر رودخانه حفاظت‌شده. <https://www.55online.news/>
- خبرگزاری تسنیم. (۱۳۹۴). تصاویر طغیان رودخانه کبیر هراز در آمل. <https://www.tasnimnews.com/fa/news/1394/01/24/709560>
- کیبیر-هراز-در-آمل
- خیاط رستمی، بابک؛ انوار، عارف. (۱۳۹۶). مروری بر تجربیات عملی احیای رودخانه‌ها در جهان، شانزدهمین کنفرانس هیدرولیک ایران، اردبیل. <https://civilica.com/doc/727636>
- دیوسالار، اسداله؛ شکری فیروزجاه، پری؛ فردوسی، سجاد. (۱۳۹۰). تحلیل مقایسه‌ای باز زنده‌سازی فضاهای شهری ایران و تجارب جهانی موفق در حوزه مسیل‌ها و رودخانه‌های شهری. فصلنامه علمی پژوهش‌های بوم‌شناسی شهری، ۲(۴)، ۷۴. <https://dorl.net/dor/20.1001.1.25383930.1390.2.4.7.4>
- سازمان حفاظت محیط‌زیست ایران. (۱۳۹۶). هراز در هزارتوی مصرف. <https://www.iana.ir/>
- سائورپور، مهدی و الیاسی، ابراهیم. (۱۳۹۴). طراحی شهری آبکنار با رویکرد توسعه پایدار (مورد مطالعه: رودخانه مهاباد). مجله پژوهش‌های منظر شهر، ۴، ۱۹. <https://www.magiran.com/p1499217>
- سلیمانی، کریم. (۱۳۸۹). پهنه‌بندی خطر سیل در حوضه هراز، نخستین کنفرانس پژوهش‌های کاربردی منابع آب ایران، کرمانشاه. <https://civilica.com/doc/112818>
- شفیعی، بنفشه؛ ایرانی بهبهانی، هما؛ مخدوم، مجید؛ یآوری، احمدرضا؛ کریمی، کیوان. (۱۳۸۲). ارائه الگوهای طراحی و احیا در مناطق رود کناری با رعایت اصول اکولوژیک منظر. نشریه محیط‌شناسی، ۲۹(۳۲)، ۱-۱۴. <https://dorl.net/dor/20.1001.1.10258620.1382.29.32.1.3>
- شهبایی، هیمین. (۱۴۰۰). پهنه‌بندی حساسیت وقوع سیل در مناطق شمالی ایران با استفاده از الگوریتم‌های پیشرفته داده‌کاوی (منطقه مورد مطالعه: حوزه آبخیز هراز). فصلنامه علمی برنامه‌ریزی منطقه‌ای، ۱۱(۴۱)، ۱۶۵-۱۸۲. <https://doi.org/10.30495/jzpm.2021.4246>
- صبح آمل. (۱۴۰۲). کاهش ۵۰ درصدی دبی آب رودخانه هراز. <https://sobheamol.ir/2023/04/14/>
- صداقت، محسن؛ سلیمانی، کریم؛ رشیدپور، مصطفی. (۱۳۹۵). ارزیابی حساسیت ناشی از سیلاب در شهر آمل با استفاده از تکنیک GIS. سومین کنفرانس علمی پژوهشی افق‌های نوین در علوم جغرافیا و برنامه‌ریزی معماری و شهرسازی ایران، تهران. <https://civilica.com/doc/505482>
- عابدینی، موسی؛ فعال نذیری، مهدی؛ و پیروزی، الناز. (۱۴۰۲). ارزیابی و پهنه‌بندی خطر سیلاب با استفاده از تکنیک چندمعیاره آراس و هیدروگراف واحد (مطالعه موردی: حوضه بالادست ایستگاه هیدرومتری پل سلطان مشکین‌شهر). مخاطرات محیط طبیعی، ۱۲(۳۵)، ۱۱۵-۱۳۸. <https://doi.org/10.22111/jneh.2022.40684.1863>
- غلامی، لیلا؛ کریمی، نیبه؛ کاویان، عطالله. (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>
- غلامی، نورانگیز؛ سلیمانی، کریم؛ کاویان، عطالله؛ غلامی، وحید. (۱۴۰۰). بررسی اثر فعالیت‌های معدنی بر تعیین حریم کمی رودخانه هراز. مهندسی و مدیریت آبخیز، ۱۳(۴)، ۷۶۸-۷۵۸. <https://doi.org/10.22092/ijwmse.2021.353093.1871>
- فرزادبهاش، محمدرضا؛ آقابایی، محمدتقی؛ محمدامینی، مروارید. (۱۳۸۹). بررسی وضعیت روددره فرحزاد قبل و بعد از ساماندهی، مرکز مطالعات و برنامه‌ریزی شهر تهران. ۱۵. کاویان، عطالله. (۱۳۹۶). به‌کارگیری مدل نیمه فیزیکی توزیعی SWAT در شبیه‌سازی اثر تغییرات کاربری اراضی بر رواناب حوزه آبخیز سد هراز. گروه تحقیقات و پژوهش‌های کاربردی. شرکت آب منطقه‌ای مازندران. <https://civilica.com/doc/1282783>
- کریاسی، عبدالرضا؛ کلاتری، فرزاد. (۱۳۸۶). بررسی منابع آلاینده رودخانه هراز و ارائه راهکارهای مدیریتی جهت کنترل آن. علوم و تکنولوژی محیط‌زیست، ۳(۹)، ۶۱-۷۰. <https://sanad.iau.ir/journal/jest/Article/839304>
- گودرزی، مجید؛ سلطانی، زهرا؛ ابراهیمی، اعظم. (۱۴۰۳). ارزیابی و تحلیل روند توسعه فیزیکی نواحی شهری گنوند به‌سمت مناطق سیل‌خیز. مخاطرات محیط طبیعی، ۱۳(۴۲)، ۱۵-۳۰. <https://doi.org/10.22111/jneh.2024.47298.2004>
- لاریجانی، شمیم؛ بانزاد، حسین؛ کاویان، عطالله؛ ضیایی، علی‌نقی. (۱۴۰۲). ارزیابی کیفیت آب رودخانه هراز با استفاده از شاخص‌های بهداشتی، آلودگی، وزنی و حسابداری اجتماعی (مطالعه موردی: بازه پنجاب تا بالادست سد هراز). نشریه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب ایران، ۱۳ (ویژه‌نامه تابستان ۱۴۰۲)، ۳۶۹-۳۸۷. <https://doi.org/10.22125/iwe.2022.345003.1638>



- مکی، تکتکم؛ مصطفوی، حسین؛ عبدلی، اصغر. (۱۳۹۵). حفاظت از تنوع زیستی رودخانه‌ها با استفاده از رویکرد لنداسکیپ اکولوژی، دومین کنفرانس بین‌المللی اکولوژی سیمای سرزمین، اصفهان، <https://civilica.com/doc/547671>
- ملاآقاخان‌زاده، ساره؛ سلیمانی، کریم؛ حبیب‌نژاد، محمود؛ کاویان، عطاالله، رحمانی، محمد. (۱۴۰۰). کاربرد سنجش‌ازدور در ارزیابی تغییرات کاربری اراضی حوزه آبخیز هراز. فصل‌نامه تحقیقات جغرافیایی. ۳۶ (۳): ۲۷۵-۲۸۴. <http://georesearch.ir/article-1-981-fa.html>
- منابع طبیعی و آبخیزداری شهرستان آمل. (۱۴۰۳). گزارش دبی مقایسه‌ای رودخانه هراز از سال ۱۳۹۵.
- مهندسین مشاور آب و انرژی (۱۳۹۵). مطالعات تعیین بستروحریم، مرحله اول ساماندهی و عملیات نقشه‌برداری و کاداستر رودخانه هراز، کد گزارش: ۰۲-C-BR-RE.
- مینایی، مژده؛ وحیدنیا، محمدحسن. (۱۴۰۱). راهکارهای بازدارنده برای جلوگیری از سیل به کمک سنجش‌ازدور و مدل‌سازی عامل مینا (مطالعه موردی: شهرستان شوش). مخاطرات محیط طبیعی، ۱۱(۳۳): ۱۹۷-۲۱۶. <https://doi.org/10.22111/jneh.2022.38718.1812>
- نوحانی، ابراهیم؛ دارابی، فریبا؛ معروفی نیا، ادریس؛ خسروی، خه بات (۱۳۹۵). ارزیابی مدل آنتروپی شانون در تهیه نقشه حساسیت و احتمال به وقوع سیل در حوزه آبخیز هراز، مجله مخاطرات محیط طبیعی، ۵ (۱۰)، ۱۱۶-۹۹. <https://doi.org/10.22111/jneh.2017.2958.99-116>
- ویکی‌پدیا. (۱۴۰۳). آمل. ویکی‌پدیا، دانشنامه آزاد. <https://fa.wikipedia.org/wiki/آمل>
- ویکی‌پدیا. (۱۴۰۳). رودخانه هراز. ویکی‌پدیا، دانشنامه آزاد. https://fa.wikipedia.org/wiki/رودخانه_هراز
- 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].
- 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>
- 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].
- 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].
- Aminirad, H., Abessi, O., Golbabaei Kootanaei, 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>
- Amol County Natural Resources and Watershed Management. (2024). Comparative discharge report of the Haraz River from 2016. [in Persian].
- 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>
- 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>
- Atelier Dreiseitl. (2012). Kallang River-Bishan Park, Singapore. *World Landscape Architect*. <https://worldlandscapearchitect.com/kallang-river-bishan-park-singapore-atelier-dreiseitl/?v=3a1ed7090bfa>
- 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].
- Bamania, 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].
- 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
- 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>
- Cook, E. A. (1991). Urban landscape networks: an ecological planning framework. *Landscape Research*, 16(3), 7-15. <https://doi.org/10.1080/01426399108706345>
- Deyousalar, A., Shokri Firouzjeh, 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://dori.net>
- Ebadi, A. G., Toughani, M., Najafi, A., & Babae, 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>
- Emlaci, 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/10.3390/su14137578>
- Esmacili, 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].
- 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].
- 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>



- Gholami, L., Karimi, N., & Kavian, A. (2017). Bioengineering methods for soil management and steep slope stabilization. *Ecohydrol-ogy*, 4(1), 149–162. [in Persian]. <https://doi.org/10.22059/ije.2017.60897>
- 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>
- 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>
- 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>
- 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].
- 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].
- 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].
- Hassani, O., & Ebrahimi, F. (2023). Organization of urban landscape and green spaces in Amol: Green space identification document for Region 2 [in Persian].
- Iran Department of Environment. (2017). Haraz in the maze of consumption. *Iranian Department of Environment*. [in Persian]. <https://www.iana.ir>
- 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>
- 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>
- 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>
- 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>
- 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>
- 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>
- 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>
- 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>
- 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>
- 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>
- 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>
- 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>
- Online News Agency. (2023). Significant destruction of the protected river. *55 Online News*. [in Persian]. <https://www.55online.news>
- 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].
- 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>
- 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>
- 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>
 - 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>
 - 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
 - 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.ecolecon.2012.07.004>
 - 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>
 - Shafiei, B., Irani Behabani, 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>
 - 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>
 - 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
 - Sobhe Amol. (2023). 50% reduction in the discharge of the Haraz River. *Sobhe Amol*. [in Persian]. <https://sobheamol.ir>
 - 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>
 - SWA Group. (2009). Buffalo Bayou Promenade, Houston, TX. *American Society of Landscape Architects*. <https://www.asla.org/2009awards/104.html>
 - Tasnim News Agency. (2015). Images of the flood of the Great Haraz River in Amol. *Tasnim News*. [in Persian]. <https://www.tasnim-news.com>
 - Trivedi, P. R. (2004). *Environmental impact assessment*. APH Publishing Corporation. <https://books.google.com/books?id=DAJ6PQAACAAJ>
 - Turenscape. (2010). Shanghai Houtan Park. *ArchDaily*. <https://www.archdaily.com/131747/shanghai-houtan-park-turenscape>
 - Turenscape. (2010). Shanghai Houtan Park. *Chinese Architects*. <https://www.chinese-architects.com/en/turenscape-haidian-district-beijing/project/shanghai-houtan-park>
 - 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>
 - 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>
 - 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>
 - Wikipedia. (2024). *Amol*. *Wikipedia, The Free Encyclopedia*. Retrieved from [in Persian]. <https://fa.wikipedia.org/wiki/Amol>
 - Wikipedia. (2024). *Haraz River*. *Wikipedia, The Free Encyclopedia*. Retrieved from. [in Persian]. https://fa.wikipedia.org/wiki/Haraz_River
 - 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>
 - 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>
 - Yifang Ecoscape. (2019). Weiliu Wetland Park, Xianyang, China. *World Landscape Architect*. <https://worldlandscapearchitect.com/weiliu-wetland-park-xianyang-china-yifang-ecoscape/?v=4f74d343f26b>
 - Yu, K. (2015). A resilient landscape. *Topos*, 90, 84–89. <https://www.turenscape.com/en/news/detail/330.html>
 - Zargari, A., Salarjazi, 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>
 - 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.
 - 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*, 14(10), 5974. <https://doi.org/10.3390/su14105974>



