

Developing an Operational Framework for Resilience Assessment of Socio-Ecological Systems to Improve the Strategic Environmental Assessment Process

Atefeh Mir¹, Naghmeh Mobarghaee Dinan^{2✉}, Roumina Sayahnia³

1. PhD Candidate of Environmental Planning and Design, Environmental Sciences Research Institute,

Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

E-mail: Atefeh.mir@uoz.ac.ir

2. Professor of Environmental Planning and Design, Environmental Sciences Research Institute,

Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

✉ E-mail: n_mobarghaee@sbu.ac.ir

3. Associate Professor of Environmental Planning and Design, Environmental Sciences Research Institute,

Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

E-mail: r_sayahnia@sbu.ac.ir

How to Cite: Mir, A; Mobarghaee Dinan, N; & Sayahnia, R. (2026). Developing an Operational Framework for Resilience Assessment of Socio-Ecological Systems to Improve the Strategic Environmental Assessment Process. *Geography and Development*, 24 (83), 243-266.

DOI: <http://dx.doi.org/10.22111/GDIJ.2025.51857.3734>

Received:

6 May 2025

Received in revised form:

23 June 2025

Accepted:

12 July 2025

Published online:

28 May 2026

Keywords:

Socio-ecological systems,
Environmental planning,
Spatial resilience,
Uncertainty,
Sustainable land
management.

ABSTRACT

Over the past fifty years, human activities have changed the landscape of ecosystems more rapidly and extensively than at any other time. The changes that have occurred highlight the need to better understand the processes of policy-making, planning and land management and their impacts on natural capital, and how to adapt to change. In traditional ecosystem management methods, the environment is considered as a static model, which causes gradual changes to not be seen, thus making the ecosystem more vulnerable. Therefore, sustainable environmental planning and management is needed, based on the attitude of changing the static view to dynamics and considering processes and trends in examining changes in ecosystem structure and function. To achieve this goal, the present study has utilized the resilience assessment property of social-ecological systems in the context of strategic environmental assessment as a paradigm shift from centralized ecosystem management including command and control to a focus on the management of continuous change; in order to overcome the existing challenges related to the assumption of system stability and sustainability, including the issue of uncertainty, failure to consider social and ecological impacts at multiple scales, and ignoring continuous changes in the early stages of the decision-making and planning process. The results of the research indicate that adopting a new approach to environmental planning is capable of preventing ecosystem vulnerability and change in its function in the future by improving the quality and confidence factor of development decisions and planning, and to provide sustainable land management. In addition, in order to enrich the developed framework, it is suggested that this framework be tested and measured for various development decisions.



© the Author(s).

Publisher: University of Sistan and Baluchestan

1. Introduction

With the advancement of technology in the twentieth century, the intensity and spatial extent of human interventions in the biosphere have increased markedly, resulting in environmental degradation, loss of ecosystem services, and a heightened risk of nonlinear changes across broad temporal and spatial scales. Given that a healthy and well-functioning natural environment constitutes the foundation of human well-being and economic development, increasing attention has been directed toward the intrinsic value of the environment and appropriate management approaches. Simplistic, command-and-control-based approaches to ecosystem management, by neglecting

complexity, system dynamics, and uncertainty, often lead to increased vulnerability of socio-ecological systems. In this context, Strategic Environmental Assessment (SEA), while serving as a key instrument for supporting development-related decision-making, is conventionally grounded in assumptions of linear, predictable cause–effect relationships and therefore does not fully correspond to the realities of complex systems. Accordingly, integrating a socio-ecological systems resilience perspective into SEA—emphasizing complexity, cross-scale interactions, and uncertainty—can facilitate a transition from a static, impact-oriented approach toward a dynamic, integrated, and sustainability-oriented framework. Such a shift opens new horizons for spatial planning and sustainable management at the landscape scale.

2. Materials and Methods

The present study is classified as fundamental research and aims to emphasize the necessity of integrating resilience assessment within the framework of SEA of development policies and plans. The research seeks to introduce an innovative approach for examining changes in socio-ecological systems and their synergistic interactions resulting from the implementation of development programs at the landscape scale. The main research question addresses how resilience assessment can be incorporated into the SEA process in order to improve the quality of development planning and decision-making. To achieve this objective, a meta-synthesis method—one of the emerging approaches in qualitative research—was employed. This method involves the systematic analysis and integration of findings from previous relevant studies to generate a more comprehensive understanding of the subject. By adopting a holistic perspective, the study addresses key challenges such as uncertainty in socio-ecological interactions, the multi-scale effects of disturbances, and the limitations of centralized environmental management approaches. Ultimately, the research aims to enhance ecosystem resilience and increase the reliability of development-related decision-making across the landscape.

3. Results and Discussion

The resilience approach provides a structured framework for understanding complexity, uncertainty, and interconnections within socio-ecological systems and can be effectively applied in the SEA process to manage uncertainty. Integrating resilience into SEA enables development policies, plans, and programs to address socio-ecological challenges more effectively and to avoid exacerbating negative future impacts. Operationalizing this approach requires establishing an explicit linkage between biotic and abiotic ecosystem components and resilience to disturbances across multiple scales. Accordingly, assessing baseline resilience and the resilience of future land-use change scenarios at scales beyond the local level is essential. Within this framework, system performance serves as a proxy for resilience and is influenced by changes in variables and their interactions over time, potentially increasing or decreasing. This perspective facilitates the identification of conditions under which system performance can be maintained or degraded in the future and supports the determination of appropriate levels of managerial intervention. However, performance-based resilience measurement remains challenging due to the nonlinear interactions among social, ecological, and economic components. For effective implementation of this approach within SEA, the process must begin at the screening and scoping stages to ensure that stakeholder concerns are incorporated from the outset. To address existing gaps, this study proposes a spatial framework for quantifying resilience at the landscape scale. The framework, grounded in the socio-ecological systems perspective, consists of three stages—screening, main assessment, and adaptive management—and emphasizes the use of structural and functional indicators to assess resilience and support decision-making under uncertainty.

4. Conclusion

The findings of this study indicate that traditional, static ecosystem management approaches are insufficient for addressing contemporary development conditions due to their neglect of gradual change, complexity, and uncertainty. In contrast, the resilience approach—by focusing on the capacities of socio-ecological systems to absorb, adapt, and recover—enables the management of continuous change and the reduction of ecosystem vulnerability. Applying this approach within the SEA framework facilitates a paradigm shift from centralized management toward adaptive management based on an understanding of landscape dynamics. By quantifying spatial resilience and emphasizing evolving baseline conditions, the proposed framework allows for the

identification of areas with higher carrying capacity as well as more vulnerable zones, thereby reducing the risks associated with development implementation. Selecting the landscape scale as the primary level of analysis helps address the mismatch between management scales and the scales at which environmental processes operate. Through the integrated and holistic consideration of biophysical, social, and economic components, the framework supports the prioritization of management actions and enhances the quality of decision-making. Finally, while the operationalization of resilience remains challenging, the proposed framework represents a meaningful step toward reducing uncertainty and improving the effectiveness of SEA, and it warrants further testing and refinement across diverse development decision-making contexts.

Keywords: Socio-ecological systems, Environmental development, Spatial resilience, Uncertainty, Sustainable land management

5. References

- Angeler, D.G. and Allen, C.R. (2016). Quantifying resilience, *J.Appl.Ecol*, 53, 617–624.
<https://doi.org/10.1111/1365-2664.12649>
- Assarkhaniki, Z., Rajabifard, A. and Sabri, S. (2020). The conceptualisation of resilience dimensions and comprehensive quantification of the associated indicators: A systematic approach. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 51, 101840.
<https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2020.101840>
- Antrop, M. (2006). Sustainable Landscapes-Contradiction, fiction or utopia? *Landscape and Urban Planning*, 75(3), 187–197.
<https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2005.02.014>
- Allen, C., Angeler, D., Cumming, G., Folke, C., et al. (2016). Quantifying spatial resilience. *Journal of Applied Ecology*, 53, 625–635.
<https://doi.org/10.1111/1365-2664.12634>
- Béné, C., Headey, D., Haddad, L., and von Grebmer, K. (2016). Is resilience a useful concept in the context of food security and nutrition programmes? Some conceptual and practical considerations, *Food Secur*, 8, 123–138.
<https://doi.org/10.1007/s12571-015-0526-x>
- Barbara, L. (2024). Resilience and the shift of paradigm in ecology: a new name for an old concept or a different explanatory tool? *HPLS*, 46, 2.
<https://doi.org/10.1007/s40656-023-00600-8>
- Baker, J., Eales, R. and Sheate, W. (2011). Integrating a Resilience Approach into Strategic Environmental Assessment (SEA). International Association of Impact Assessment Conference, Prague.
[DOI:10.13140/2.1.1301.3441](https://doi.org/10.13140/2.1.1301.3441)
- Bigard, C., Thiriet, P., Pioch, S., Thompson, J.D. (2020). Strategic landscape-scale planning to improve mitigation hierarchy implementation: An empirical case study in Mediterranean France, *Land Use Policy*, 90, 104286.
<https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.104286>
- Brunetta, G. and Caldarice, O. (2020). Spatial Resilience in Planning: Meanings, Challenges, and Perspectives for Urban Transition. In book: *Sustainable Cities and Communities*, 628–640.
[DOI:10.1007/978-3-319-71061-7_28-1](https://doi.org/10.1007/978-3-319-71061-7_28-1)
- Brand, F.S. and Jax, K. (2007). Focussing the meaning(s) of resilience: Resilience as a descriptive concept and a boundary object, *Ecology and Society*, 12, 23.
[DOI:10.5751/ES-02029-120123](https://doi.org/10.5751/ES-02029-120123)
- Brunckhorst, D. (2011). Ecological restoration across landscapes of politics, policy, and property. In: Egan, D., Hjerpe, E.E., Abrams, J. (Eds.), *Human dimensions of ecological restoration*. Island Press, Washington, Covelo and London, 149–161.
[DOI:10.5822/978-1-61091-039-2_11](https://doi.org/10.5822/978-1-61091-039-2_11)
- Cushman, S.A., and McGarigal, K. (2019). Metrics and models for quantifying ecological resilience at landscape scales, *Front.Ecol.Evol*, 7, 440.
<https://doi.org/10.3389/fevo.2019.00440>

- Chambers, J.C., Brown, J.L., Bradford, J.B., Board, D.I., et al. (2023). New indicators of ecological resilience and invasion resistance to support prioritization and management in the sagebrush biome, *Front.Ecol.Evol*, 10, 1009268.
<https://doi.org/10.3389/fevo.2022.1009268>
- Chambers, J.C., Allen, S.R. and Cushman, S.A. (2019). Operationalizing Ecological Resilience Concepts for Managing Species and Ecosystems at Risk, *Front.Ecol.Evol*, 7, 241.
<https://doi.org/10.3389/fevo.2019.00241>
- Davoudi, S., Porter, L., Shaw, K., Haider, L.J., Quinlan, A.E., et al. 2012. Interface: Applying the Resilience Perspective to Planning: Critical Thoughts from Theory and Practice. *Planning Theory & Practice*, 13(2): 299–333.
[DOI:10.1080/14649357.2012.677124](https://doi.org/10.1080/14649357.2012.677124)
- Delettre, O. (2021). Identity of ecological systems and the meaning of resilience, *Journal of Ecology*, 109(9).
<https://doi.org/10.1111/1365-2745.13655>
- Dessai, S., & Van Der Sluijs, J. (2007). Uncertainty and climate change adaptation: A scoping study (Vol. 2007). Utrecht: Copernicus Institute for Sustainable Development and Innovation, Department of Science Technology and Society.
https://www.researchgate.net/publication/27709101_Uncertainty_and_Climate_Change_Adaptation-a_Scoping_Study
- Esmalian, A., Yuan, F., Rajput, A.A., Farahmand, H., et al. (2022). Operationalizing resilience practices in transportation infrastructure planning and project development, *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 104, 103214.
<https://doi.org/10.1016/j.trd.2022.103214>
- Everard, M. and Waters, R. (2013). Ecosystem services assessment: How to do one in practice. Institution of Environmental Sciences, London.
<https://www.the-ies.org/resources/ecosystem-services-assessment>
- Franco-Gaviria, F., Amador-Jiménez, M., Millner, N., Durden, C. and Urrego, D.H. (2022). Quantifying resilience of socio-ecological systems through dynamic Bayesian networks, *Front. For. Glob. Change*, 5, 889274.
<https://doi.org/10.3389/ffgc.2022.889274>
- Folke, C. (2016). Resilience (Republished), *Ecology and Society*, 21(4): 44.
<https://www.jstor.org/stable/26269991>
- Fischer, A.P. 2018. Forest landscapes as social-ecological systems and implications for management. *Landscape and Urban Planning*, 177: 138-147.
doi.org/10.1016/j.landurbplan.2018.05.001
- Gunderson, L.H. (2010). Ecological and Human Community Resilience in Response to Natural Disasters, *Ecology and Society*, 15(2).
<https://www.jstor.org/stable/26268155>
- Gunderson, L.H. and Holling, C.S. (2002). *Panarchy: understanding transformations in human and natural systems*. Washington, DC: Island Press.
[DOI:10.1016/S0006-3207\(03\)00041-7](https://doi.org/10.1016/S0006-3207(03)00041-7)
- González-Quintero, C. and Avila-Foucat, V.S. (2019). Operationalization and Measurement of Social-Ecological Resilience: A Systematic Review, *Sustainability*, 11(21): 6073.
[DOI:10.3390/su11216073](https://doi.org/10.3390/su11216073)
- Greaves, C. and Parrott, L. (2024). Re-grounding cumulative effects assessments in ecological resilience, *Environmental Impact Assessment Review*, 105, 107403.
<https://doi.org/10.1016/j.eiar.2023.107403>
- Ives, C.D., Biggs, D., Hardy, M.J., Lechner, A.M., et al. (2015). Using social data in strategic environmental assessment to conserve biodiversity, *Land Use Policy*, 47: 332-341.
<https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2015.04.002>
- Jones, M. (2018). Strategic Environmental Assessment for Wetlands: Resilience Thinking. In: *The Wetland Book*, 2105-2115.
https://doi.org/10.1007/978-90-481-9659-3_283

- Kørnø, L. and Larsen, S.V. (2012). The non-handling of climate change uncertainties in strategic environmental assessment of urban planning. Paper presented at Second ISA Forum of Sociology, Buenos Aires, Argentina.
https://www.researchgate.net/publication/268094085_The_nonhandling_of_climate_change_uncertainties_in_strategic_environmental_assessment_of_urban_planning
- Kharrazi, A., Yu, Y., Jacob, A., Nemi Vora, N. and Fath, B. (2020). Redundancy, Diversity, and Modularity in Network Resilience: Applications for International Trade and Implications for Public Policy, *Current Research in Environmental Sustainability*, Volume 2, 100006.
<https://doi.org/10.1016/j.crsust.2020.06.001>
- Lloret, F., Hurtado, P., Espelta, J.M., et al. (2024). ORF, an operational framework to measure resilience in social-ecological systems: the forest case study, *Sustain Sci*, 19, 1579–1593.
[DOI:10.1007/s11625-024-01518-1](https://doi.org/10.1007/s11625-024-01518-1)
- Larsen, S.V., Kørnø, L. and Driscoll, P. (2013). Avoiding climate change uncertainties in Strategic Environmental Assessment, *Environmental Impact Assessment Review*, 43, 144-150.
<https://doi.org/10.1016/j.eiar.2013.07.003>
- Linkov, I. and Kott, A. (2019). Fundamental concepts of cyber resilience: Introduction and overview, in *Cyber Resilience of Systems and Networks*, eds A. Kott and I. Linkov (Berlin: Springer), 1-25.
https://doi.org/10.1007/978-3-319-77492-3_1
- Lobos, V. and Partidario, M. (2014). Theory versus practice in Strategic Environmental Assessment (SEA), *Environmental Impact Assessment Review*, Volume 48, 34-46.
<https://doi.org/10.1016/j.eiar.2014.04.004>
- Martín, B., Ortega, E., Isidro, Á. and Iglesias-Merchan, C. (2021). Improvements in high-speed rail network environmental evaluation and planning: An assessment of accessibility gains and landscape connectivity costs in Spain, *Land Use Policy*, 103, 105301.
<https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2021.105301>
- Mayar, K., Carmichael, D.G. and Shen, X. (2022). Stability and Resilience-A Systematic Approach, *Buildings*, 12(8).
[DOI:10.3390/buildings12081242](https://doi.org/10.3390/buildings12081242)
- Millennium Ecosystem Assessment. (2005). *Ecosystems and human well-being: synthesis*. Island, Washington, DC.
- Meadows, D. (2008). *Thinking in systems. A primer*. London (UK): Earthscan. 240 p.
- Mo'rtberga, U.M., Balforsa, B. and Knolb, W.C. (2007). Landscape ecological assessment: A tool for integrating biodiversity issues in strategic environmental assessment and planning. *Journal of Environmental Management*, 82(4): 457-470.
doi.org/10.1016/j.jenvman.2006.01.005
- Partidário, M.R. and Clarke, R., eds. (2000). *Perspectives on Strategic Environmental Assessment*. Boca Raton: Lewis Publishers
- Patriarca, R., Paolis, A.D., Costantino, F., Di Gravio, G., 2021. Simulation model for simple yet robust resilience assessment metrics for engineered systems. *Reliab. Eng. Syst. Saf.* 209, 107467.
<https://doi.org/10.1016/j.ress.2021.107467>
- Parivar, P., Faryadi, S. and Sotoudeh, A. (2016). Application of resilience thinking to evaluate the urban environments (a case study of Tehran, Iran), *Scientia Iranica A*, 23(4), 1633-1640.
[DOI:10.24200/sci.2016.2234](https://doi.org/10.24200/sci.2016.2234)
- Parivar, P., Ahmadi, A., Vakili, F. and Sotoudeh, A. (2019). Developing a coherent framework for strategic environmental assessment based on the concepts and theories of resilience thinking, *Environmental Science and Technology*, 21(8), 51-63.
<https://sid.ir/paper/524438/fa>
- Resilience Alliance. (2010). *Assessing resilience in social-ecological systems: Workbook for practitioners*. Version 2.0.
- Redaei, M. and Malek-Mohammadi, B. (2019). A strategic social-ecological systems approach towards sustainable environmental management, *Environment and Development Journal*, 10(2), 69-82.
<https://www.magiran.com/p2178194>

- Sadler, B. (2016). SEA effectiveness in a no analogue world. In: Sadler B, Dusik J, editors. European and international experiences of strategic environmental assessment: recent progress and future prospects. London: Routledge, 17–53.
- Salvia, R. and Quaranta, G. (2015). Adaptive Cycle as a Tool to Select Resilient Patterns of Rural Development, *Sustainability*, 7, 11114-11138.
[DOI:10.3390/su70811114](https://doi.org/10.3390/su70811114)
- Slootweg, R. and Jones, M. (2011). Resilience thinking improves SEA: a discussion paper, *Impact Assessment and Project Appraisal*, 29(4), 263-276.
[DOI:10.3152/146155111X12959673795886](https://doi.org/10.3152/146155111X12959673795886)
- Suárez, M., Gómez-Baggethun, E., Benayas, J. and Tilbury, D. (2016). Towards an Urban Resilience Index: A Case Study in 50 Spanish Cities, *Sustainability*, 8, 774.
<https://doi.org/10.3390/su8080774>
- Sun, H., Yang, M. and Wang, H. (2022). Resilience-based approach to maintenance asset and operational cost planning, *Process Safety and Environmental Protection*, 162, 987-997.
<https://doi.org/10.1016/j.psep.2022.05.002>
- Swin, J., Clayton, S., Doherty, T., Gifford, R., Howard, G., Reser, J., Stern, P. and Weber, E. (2009). *Psychology and Global Climate Change: Addressing a Multi-faceted Phenomenon and Set of Challenges. A Report by the American Psychological Association's Task Force on the Interface Between Psychology and Global Climate Change.* Washington: The American Psychological Association; 2009.
<http://www.apa.org/science/about/publications/climate-change.aspx>
- Turner, B.L., Kasperson, R.E., Matson, P.A., McCarthy, J.J., et al. (2003). A framework for vulnerability analysis in sustainability science, *Proceedings of the national academy of sciences*, 100(14), 8074-8079.
<https://doi.org/10.1073/pnas.12313351>
- Tenney, A., Kværner, J., & Gjerstad, K. I. (2006). Uncertainty in environmental impact assessment predictions: the need for better communication and more transparency, *Impact Assessment and Project Appraisal*, 24(1), 45–56.
<https://doi.org/10.3152/147154606781765345>
- Viñals, E., Maneja, R., Rufi-Salís, M., Martí, M. and Puy, N. (2023). Reviewing social-ecological resilience for agroforestry systems under climate change conditions, *Science of The Total Environment*, 869, 161763.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.161763>
- Walker, B., Holling, C.S., Carpenter, S.S.R., and Kinzig, A. (2004). –Resilience, adaptability and transformability in social–ecological systems, *Ecology and Society*, 9(2).
<http://www.ecologyandsociety.org/vol9/iss2/art5/>
- Wang, K., Cai, Z., Xu, Y. and Zhang, F. (2022). Hexagonal cyclical network structure and operating mechanism of the social-ecological system, *Ecol. Ind.*, 141, 109099.
<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.109099>
- Wilson, G.A. and Wilson, O.J. (2019). Assessing the resilience of human systems: a critical evaluation of universal and contextual resilience variables, *Resilience*, 7(2), 126-148.
<https://doi.org/10.1080/21693293.2018.1539205>
- Wu, J. (2012). A landscape approach for sustainability science. In M. P. Weinstein, & R. E. Turner (Eds.). *Sustainability science - the emerging paradigm and the urban environment* (pp. 59–77). New York, NY: Springer.
[DOI:10.1007/978-1-4614-3188-6_3](https://doi.org/10.1007/978-1-4614-3188-6_3)
- Zhou, J., Hou, Q. and Li, W. (2022). Spatial resilience assessment and optimization of small watershed based on complex network theory, *Ecological Indicators*, 145, 109730.
<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.109730>



توسعه چارچوب عملیاتی ارزیابی تاب آوری سیستم‌های اجتماعی-اکولوژیک برای بهبود فرایند ارزیابی راهبردی محیط زیست

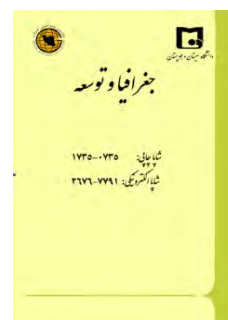
عاطفه میر^۱، دکتر نغمه مبرقی دینان^{۲*}، دکتر رومینا سیاح‌نیا^۳

مقاله پژوهشی

چکیده

در طول پنجاه سال گذشته، فعالیت‌های بشر با سرعت بیشتر و به‌صورت گسترده‌تر، بیش از هر دوره دیگری سیمای اکوسیستم‌ها را تغییر داده‌است. تغییرات رخ داده نیاز به درک بهتر از فرایندهای سیاست‌گذاری، برنامه‌ریزی و مدیریت‌سرزمین و اثراتشان بر سرمایه‌های طبیعی و چگونگی سازگارشدن نسبت به تغییرات را آشکار می‌کند. در روش‌های سنتی مدیریت اکوسیستم، محیط به‌عنوان یک مدل استاتیک در نظر گرفته می‌شود که این امر سبب می‌گردد تغییرات تدریجی دیده نشود، در نتیجه اکوسیستم آسیب‌پذیرتر گردد؛ لذا برنامه‌ریزی و مدیریت پایدار محیط‌زیست، براساس نگرش مبتنی بر تغییر نگاه استاتیک به دینامیک و لحاظ فرایندها و روندها در بررسی تغییرات ساختار و عملکرد اکوسیستم، مورد نیاز است. جهت نیل به این هدف، پژوهش حاضر از ویژگی ارزیابی تاب آوری سیستم‌های اجتماعی-اکولوژیک در بستر ارزیابی راهبردی محیط‌زیست به‌عنوان تغییر الگو از مدیریت متمرکز اکوسیستم‌ها شامل فرماندهی و کنترل به تمرکز بر مدیریت تغییرات مستمر بهره‌برده تا از این طریق بتوان برچالش‌های موجود در رابطه با فرض ثبات و پایداری سیستم‌ها از جمله مسئله عدم قطعیت، عدم در نظر گرفتن تأثیرات اجتماعی و بوم‌شناختی در مقیاس‌های چندگانه و نادیده گرفتن تغییرات مستمر در مراحل ابتدایی فرایند تصمیم‌گیری و برنامه‌ریزی فائق آمد. نتایج پژوهش حاکی از آن است که اتخاذ رویکرد جدید در برنامه‌ریزی محیط‌زیست، قادر است با استعلاء کیفیت و ضریب اطمینان تصمیم‌گیری‌ها و برنامه‌ریزی‌های توسعه، از آسیب‌پذیری اکوسیستم و تغییر عملکرد آن در آینده جلوگیری کرده و مدیریت پایدار سرزمین را فراهم نماید. به‌علاوه جهت غنی‌تر شدن چارچوب بسط داده شده، پیشنهاد می‌شود این چارچوب برای انواع تصمیمات توسعه، مورد آزمون و سنجش قرار گیرد.

جغرافیا و توسعه، شماره ۸۳، تابستان ۱۴۰۵
تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۲/۱۶
تاریخ بازنگری داوری: ۱۴۰۴/۰۴/۰۲
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۴/۲۱
صفحات: ۲۴۳-۲۶۶



واژه‌های کلیدی:

سیستم‌های اجتماعی-اکولوژیک، توسعه محیط‌زیست، تاب آوری فضایی، عدم قطعیت، مدیریت پایدار سرزمین.

مقدمه

با پیشرفت تکنولوژی در قرن بیستم، انسان بیش از هر زمان دیگری قدرتش بر زیست‌کره افزایش پیدا کرده است، چنان‌چه مطابق با گزارش‌های ارزیابی اکوسیستم هزاره، طی پنجاه سال گذشته نتایج آن‌را می‌توان با تغییر و تخریب در محیط‌زیست، ازدست‌دادن خدمات اکوسیستمی و افزایش خطر تغییرات غیرخطی در مقیاس‌های زمانی و مکانی وسیع مشاهده کرد (MEA, 2005: 1)؛ لذا از آنجایی که یک محیط طبیعی سالم و با عملکرد مناسب بستر رشد اقتصادی، شکوفایی جوامع و رفاه انسان است، توجه به ارزش ذاتی محیط‌زیست بسیار حائز اهمیت است (Everard & Waters, 2013: 5). در این راستا نه تنها باید درباره نحوه تعامل انسان و محیط‌زیست به‌معنای وسیع‌تر اندیشیده شود بلکه همچنین لازم است در اکوسیستم‌هایی که رفاه انسان به آن‌ها وابسته است مداخله و مدیریت گردد اما به این جهت که رویکردهای ساده‌گرایانه در اداره اکوسیستم‌ها شامل مدیریت متمرکز، فرماندهی و

۱. دانشجوی دکتری علوم و مهندسی محیط‌زیست، گروه برنامه‌ریزی و طراحی محیط، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران
Atefeh.mir@uoz.ac.ir
۲. دانشیار برنامه‌ریزی محیط‌زیست، گروه برنامه‌ریزی و طراحی محیط، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران (نویسنده مسئول)
n_mobarghaee@sbu.ac.ir
۳. دانشیار برنامه‌ریزی محیط‌زیست، گروه برنامه‌ریزی و طراحی محیط، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران
r_sayahnia@sbu.ac.ir

کنترل با پوشاندن ویژگی‌های حیاتی سیستم آن را آسیب‌پذیرتر می‌کند، نیاز به رویکردی است که در کنار در نظر گرفتن تأثیرات متقابل اجتماعی و بوم‌شناختی در مقیاس‌های چندگانه، تغییرات مستمر را نیز در برگیرد و همچنین عدم قطعیت^۱ را تصدیق نماید. چنین رویکردی علاوه بر افزایش پتانسیل تاب‌آوری^۲ سیستم در برابر اختلال و انطباق آن با تغییر (Resilience Alliance, 2010: 3-5) به جلوگیری و کاهش اثرات و ترویج توسعه پایدار کمک خواهد کرد. در این راستا ارزیابی راهبردی محیط‌زیست^۳ نیز به عنوان ابزاری برای پیش‌بینی نتایج توسعه برنامه‌ریزی‌شده، بر این فرض استوار است که اکوسیستم‌ها و افرادی که از آن‌ها استفاده می‌کنند رفتار قابل پیش‌بینی و رابطه علت و معلولی مستقیم و خطی دارند. این در حالی است که فرض قابل پیش‌بینی بودن نتایج، با واقعیتی که با عدم قطعیت و پیچیدگی مشخص می‌شود؛ همخوانی ندارد (Slootweg & Jones, 2011: 263)؛ بنابراین ضروری است که عملکرد «SEA» از الگوی فعلی فرماندهی و کنترل به رویکرد مبتنی بر پیچیدگی و عدم قطعیت تغییر نماید. در این شرایط رویکرد تاب‌آوری به عنوان ابزار توسعه استراتژی (Jones, 2018: 2106) با در نظر گرفتن پیچیدگی و ارتباط متقابل سیستم‌ها و فرآیندها هنگام برخورد با برنامه‌ریزی و مدیریت پایدار سیستم‌های اجتماعی-اکولوژیک مورد توجه قرار می‌گیرد (Lloret et al, 2024: 1579). سیستم‌های اجتماعی-اکولوژیک^۴ به عنوان نوعی از سیستم‌های پیچیده، سیستم‌های یکپارچه‌ای از طبیعت و جامعه بشری با بازخورد و وابستگی متقابل هستند که اگرچه دارای مؤلفه‌های اجتماعی و اکولوژیکی قابل شناسایی‌اند اما نمی‌توان آن‌ها را به راحتی برای اهداف تحلیلی یا عملی جدا کرد (Slootweg & Jones, 2011: 266). در این سیستم‌ها عناصر مختلف اکولوژیکی، اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی و سیاسی در مقیاس‌های مختلف زمانی و مکانی به طرق ساده و پیچیده با یکدیگر تعامل می‌کنند که به دنبال آن تغییراتی در اجزای سیستم پدید می‌آید که غیرقابل پیش‌بینی و کنترل هستند (Gunderson, 2010: 2). در نتیجه پیچیدگی این سیستم‌ها یک چالش بزرگ برای متخصصان است که انتظاری‌رود پیش‌بینی‌های مطمئن و توصیه‌های مدیریتی انجام‌دهند؛ از این رو تفکر تاب‌آوری از طریق مفهوم چندمقیاسی^۵ و انتخاب مقیاس‌های زمانی و مکانی مناسب، بینشی برای در نظر گرفتن آینده غیرقابل پیش‌بینی، اجتناب‌ناپذیری تغییر و آسیب‌پذیری در سیستم‌ها ارائه می‌کند که پیچیدگی‌ها، عدم قطعیت‌ها و وابستگی متقابل سیستم‌ها و فرآیندها را در بر گرفته، همچنین راه را برای روش‌های جدید برنامه‌ریزی و کاربرد دقیق‌تر ارزیابی و تفکر پایداری در اداره اکوسیستم‌ها و منابع هموار می‌کند (Parivar et al, 2016: 1634)؛ بنابراین اگر قرار است «SEA» ابزاری مؤثر برای دستیابی به پایداری باشد، داشتن یک رویکرد جامع و یکپارچه ضروری است و از آن-جایی که یکپارچگی اکولوژیکی و رفاه انسان به شیوه‌های عمیق، پیچیده و اجتناب‌ناپذیر به هم مرتبط هستند، باید با هم مورد بررسی قرار گیرند (Partidário & Clarke, 2000: 10)؛ لذا در «SEA»، دامنه ارزیابی باید جنبه‌های بیوفیزیکی، اجتماعی و اقتصادی را «به شیوه‌ای یکپارچه و کل‌نگر» دربرگیرد، به جای این که به بررسی جنبه‌های بیوفیزیکی و اقتصادی-اجتماعی محیط‌زیست، به صورت توأم و یا جداگانه بدون ادغام آن‌ها در سیمای سرزمین محدود شود؛ از این رو با توجه به مطالب ارائه‌شده می‌توان در عمل از ویژگی تاب‌آوری سیستم‌های اجتماعی-اکولوژیک، با وجود موانع بالقوه‌ای برای جذب این نوع تفکر بهره‌برد و به ایجاد یک رویکرد صریح فضایی در فرایند

1. Uncertainty

2. Resilience

3. Strategic Environmental Assessment (SEA)

4. Socio-Ecological Systems (SES)

5. Multi Scale

ارزیابی سیاست‌ها، طرح‌ها و برنامه‌ها در مقیاس سیمای سرزمین پرداخت. پرداختن به این چالش‌ها برای رسیدن به پاسخ‌های مناسب، طی انجام تحقیق مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

باتوجه به این که یکی از استراتژی‌های رسیدگی به عدم قطعیت، استفاده از ویژگی ارزیابی تاب‌آوری سیستم‌های اجتماعی-اکولوژیک است، در نتیجه بررسی ادبیات در مورد چگونگی یکپارچه‌سازی و عملیاتی‌سازی تاب‌آوری در فرایند «SEA»، جهت رسیدگی به عدم قطعیت، مورد نیاز است. با این وجود تاکنون تحقیقات تجربی اندکی، در داخل و خارج از کشور به این مهم پرداخته‌اند. پریور و دیگران (۱۳۹۸)، با اشاره به این که فرایند معمول «SEA» توانایی ارزیابی جامع اثرات در بستر فرهنگی، اجتماعی و اکولوژیکی را ندارد، براساس رویکرد تاب‌آوری، فرایند و ساختار «SEA» را ارتقاء داده و نشان‌دادند که براین اساس عدم قطعیت‌ها و اختلالات قابل تحلیل است. اسلوتج و جونز^۱ (۲۰۱۱)، ضمن معرفی مفاهیم تاب‌آوری، استفاده از آن را در «SEA» برای مقابله با عدم قطعیت‌ها بدون ارائه چارچوب و رویه مشخصی برای این یکپارچه‌سازی مورد تأکید قرار دادند و بر اهمیت در نظر گرفتن سیمای سرزمین به جای محیط بیوفیزیکی تأکید کردند. بکر^۲ و دیگران (۲۰۱۱)، از یکپارچه‌سازی مفهوم تاب‌آوری در «SEA» استفاده کرده و نشان‌دادند که چگونه این یکپارچه‌سازی می‌تواند به توسعه طرح‌ها و برنامه‌های تاب‌آور منجر شود. سدلر^۳ (۲۰۱۶) با اشاره به برخی ویژگی‌های ارزیابی تاب‌آوری و قابلیت استفاده آن در کل مراحل «SEA»، به اهمیت به کارگیری آن در فرایند و ساختار «SEA»، جهت مقابله با مسائل عدم قطعیت می‌پردازد. جونز^۴ (۲۰۱۸) معتقد است که عمل «SEA» باید از فرایند مبتنی بر فرض نادرست پیش‌بینی پذیری، به فرایندی مبتنی بر فرض پیچیدگی و غیرقابل پیش‌بینی تبدیل شود. اسمالیان^۵ و دیگران (۲۰۲۲)، بر عملیاتی‌کردن تاب‌آوری جهت مقابله با عدم قطعیت‌ها در طرح‌ها و برنامه‌های توسعه در سطح پروژه متمرکز شدند و نشان‌دادند که وجود معیارها و داده‌های مناسب جهت تسهیل در نظر گرفتن تاب‌آوری در برنامه‌ریزی طرح‌های توسعه مورد نیاز است. ملاحظه می‌شود که از زمان پیدایش مفهوم تاب‌آوری در نشست سالانه انجمن بین‌المللی ارزیابی اثرات در سال ۲۰۱۰، مطالعات اندکی تاکنون با درک پتانسیل بالقوه تاب‌آوری در بهبود عملکرد «SEA» در پاسخ به عدم قطعیت‌ها به این موضوع تنها از طریق بیان نظریات، تعاریف و مفهوم‌سازی‌های گسترده در مورد کاربرد مفاهیم تاب‌آوری پرداخته‌اند؛ بنابراین به وضوح نیاز به عملیاتی‌سازی و کمی‌سازی تاب‌آوری در «SEA» همان‌طور که در دیگر مطالعات (Kørnø & Larsen, 2012: 5; Larsen et al, 2013: 148) بر انجام آن تأکید شده، احساس می‌شود. در این راستا آلن^۶ و همکاران (۲۰۱۶)، تاب‌آوری فضایی را در خط مقدم تلاش‌ها، برای عملیاتی‌کردن مفهوم تاب‌آوری در مقیاس سیمای سرزمین، در دنیای واقعی دانستند. آن‌ها بیان کردند که چگونه درک ساختار فضایی و تنوع در متغیرهای سیمای سرزمین، بر تاب‌آوری در برابر اختلال تأثیر می‌گذارد و از این طریق به کمی‌سازی تاب‌آوری و مدیریت سیستم‌ها کمک می‌کند. چامبرز^۷ و همکاران (۲۰۱۹)، از ویژگی‌های ترکیب، پیکربندی و عملکرد لکه‌های درون سیمای سرزمین برای عملیاتی‌سازی تاب‌آوری فضایی جهت هدایت اقدامات مدیریت منابع طبیعی با تأکید بر اکوسیستم‌ها و سیمای سرزمین استفاده کردند. بروناتا و کلداریس^۸ (۲۰۲۰) با بررسی مفاهیم و چالش‌های

1. Slootweg & Jones

2. Baker

3. Sadler

4. Jones

5. Esmalian

6. Allen

7. Chambers

8. Brunetta & Caldarice

تاب‌آوری فضایی در فرایند برنامه‌ریزی، عملیاتی‌سازی تاب‌آوری فضایی را یکی از تأثیرگذارترین موضوعات جهانی در تحقیقات آینده در این زمینه دانسته‌اند. با توجه به مطالب ارائه‌شده پرواضح است که تاب‌آوری فضایی به‌عنوان یکی از مهمترین مفاهیم تاب‌آوری اکولوژیکی، اهمیت بسیاری در مکان‌یابی اقدامات مدیریتی، براساس توانایی آن در پرداختن به اثرات اختلالات در مقیاس سیمای سرزمین را داراست.

مبانی نظری

سیمای سرزمین به‌عنوان یک سیستم اجتماعی-اکولوژیک، دلالت بر تأثیرات بیوژئوفیزیکی و اجتماعی-فرهنگی بر سرزمین و نیاز به در نظر گرفتن این تأثیرات و تعاملات بین آن‌ها در مدیریت دارد (Fischer, 2018: 138-139). در مطالعات متعددی بر نقش سیمای سرزمین به‌عنوان یکی از مناسب‌ترین واحدهای فضایی برای مدیریت سیستم‌ها و همین‌طور به‌عنوان پایه‌ای برای تغییر در مطالعه اکوسیستم‌ها تأکید شده‌است (Mo'rterberga et al, 2007: 458; Brunckhorst, 2011: 150; Wu, 2012: 62). به این دلیل که سیمای سرزمین طیف گسترده‌ای از پوشش‌های زمین و انواع زیستگاه، از مناطق روستایی و بیابانی گرفته تا شهرها و جوامع حومه شهر را در بر می‌گیرد (Kharrazi et al, 2020: 3). به‌علاوه بسیاری از فرآیندهای اجتماعی و اکولوژیکی در مقیاس‌های زمانی و مکانی که نمونه‌ای از مناطق قابل مشاهده از زمین تحت عنوان سیمای سرزمین است، رخ می‌دهند. این فرآیندها در گستره‌های جغرافیایی بزرگ‌تر از لکه و در عین حال کوچک‌تر از منطقه و در طول افق‌های زمانی به‌ترتیب دهه‌ها و قرن‌ها آشکار می‌شوند (Antrop, 2006: 189)؛ از این‌رو توجه گسترده به فرآیندهای سیاست‌گذاری، برنامه‌ریزی و مدیریت زمین و اثراتشان بر سرمایه‌های طبیعی و ظرفیت ارائه خدمات اکوسیستمی در مقیاس‌های مختلف سیمای سرزمین از اهمیت بسیاری برخوردار است (ردایی و ملک محمدی، ۱۳۹۸: ۷۰). چنان‌چه بررسی ادبیات نیز نشان می‌دهد که به‌کارگیری نادرست مقیاس بر نتایج ارزیابی‌های محیط‌زیست تأثیر می‌گذارد و منجر به درک نادرست از اثرات بالقوه (مثبت و منفی) طرح‌ها و پروژه‌هایی می‌شود که در مناطق جغرافیایی بزرگ ارزیابی می‌شوند؛ بنابراین پرداختن به پیش‌بینی‌ها در مقیاس صحیح، برای فضایی که اثر در آن رخ می‌دهد بسیار مهم است (Martín et al, 2021: 10). این در حالی است که رویه فعلی «SEA» به‌طور غالب نشان می‌دهد که «SEA» تمایل دارد که تنها بر شناسایی اثرات محیط‌زیستی جداشده، تمرکز نماید (Lobos & Partidário, 2014: 35) و دیدگاهی کل‌نگر در مطالعات وجود ندارد و علی‌رغم تأکید انجمن بین‌المللی ارزیابی اثرات در سال ۲۰۰۲ مبنی بر این که «SEA» نباید تنها به تمرکز بر اثرات محیط‌زیستی بپردازد بلکه باید روابط متقابل بین اثرات بیوفیزیکی، اجتماعی و اقتصادی را نیز در نظر بگیرد (Ives et al, 2015: 333)؛ با این‌وجود، این مسئله هنوز در سطح سیمای سرزمین به‌خوبی مورد مطالعه قرار نگرفته و تنها تعداد بسیار اندکی از مطالعات به این مهم پرداخته‌اند (Cushman & McGarigal, 2019: 3; Bigard et al, 2020: 2; Chambers et al, 2023: 3). به این دلیل که سیمای سرزمین اغلب به‌عنوان یک عنصر جداگانه از محیط‌زیست در نظر گرفته‌شده و ارزیابی آن معمولاً به‌طور مستقل توسط کارشناسان انجام می‌شود.

در هر حال، با توجه به اهمیت ارزیابی و پیش‌بینی دقیق اثرات در مراحل اولیه فرآیندهای تصمیم‌گیری و برنامه‌ریزی، ضروری است تا مقیاس تحقیقات از مطالعه اکوسیستم‌ها به‌صورت مجزا به رویکردهای جدید در مقیاس سیمای سرزمین بزرگ شود. هدف این است که سیمای سرزمینی متصور شود که شامل چندین زیستگاه یا

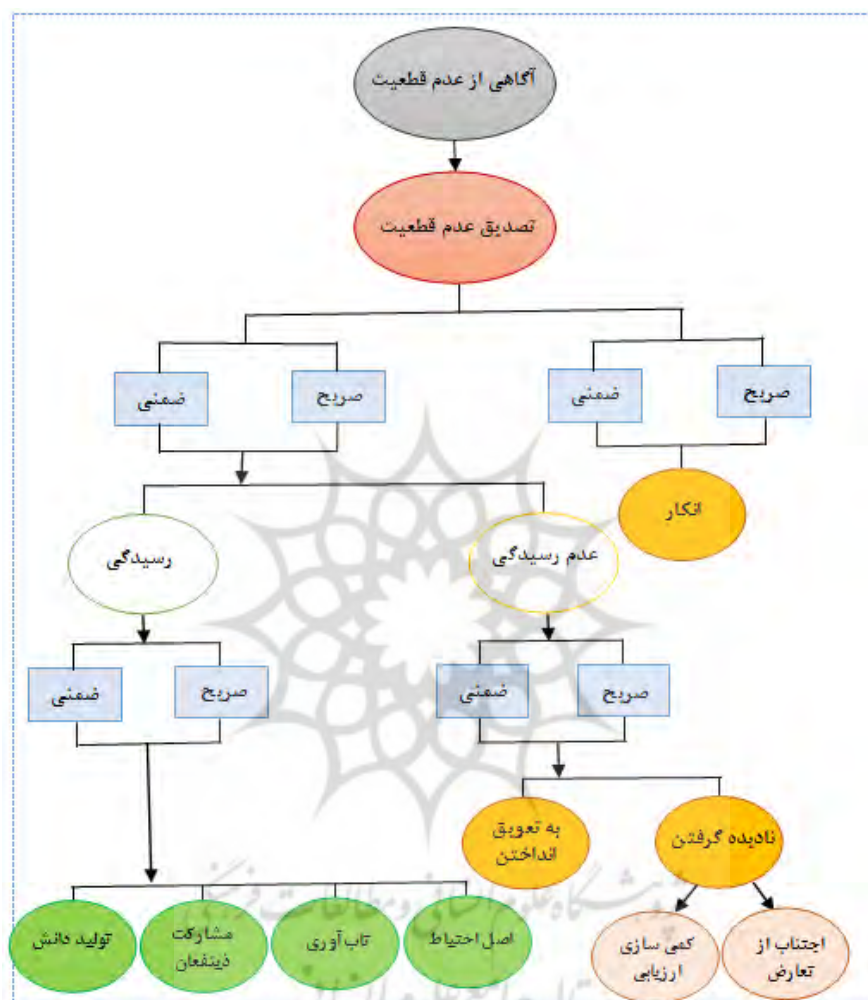
اکوسیستم است که در مقیاس‌های فضایی بزرگ در تعامل اند و سطوح بالایی از عملکردهای اکولوژیکی و تنوع زیستی مطلوب را در طول زمان پشتیبانی می‌کند، حتی زمانی که برخی تغییرات و دگرگونی‌ها در ساختار، شکل و شرایط آن رخ می‌دهد (Kharrazi et al, 2020: 2-3). براین اساس در این پژوهش بر سیمای سرزمین و اکوسیستم‌ها به عنوان سطوح کانونی ارزیابی، با علم به این که بسیاری از اثرات توسعه در سطح سیمای سرزمین رخ می‌دهد، تأکید می‌شود و در مقیاس فضایی بالاتر، محدوده جغرافیایی به عنوان مجموعه‌ای از سیماهای سرزمین سازمان‌یافته، با انسجام فضایی متغیر متصور می‌گردد. در این رابطه مطالعات موردی صورت می‌تواند به عنوان وسیله‌ای برای کشف پیوندهای گمشده عمل کنند.

مدیریت عدم قطعیت در تصمیم‌گیری، می‌تواند بر اساس استراتژی‌های مختلف اتفاق بیفتد (شکل ۱). یک پیش‌فرض اساسی در درک این که دست‌اندرکاران «SEA» چگونه با عدم قطعیت برخورد می‌کنند این است که مشخص شود آیا آن‌ها از عدم قطعیت مورد نظر آگاه هستند و آیا حضور آن‌را می‌پذیرند؛ بنابراین آیا عدم قطعیت تأیید می‌شود یا خیر؟ اگر عدم قطعیت تأیید نشود، انکار^۱ صریح یا ضمنی، یک استراتژی محتمل است. در این استراتژی، عدم قطعیت به صراحت از طریق انکار وجود آن، رد می‌شود (Swin et al, 2009: 126). از سوی دیگر، اگر عدم قطعیت تصدیق شود، ابتدا این سؤال مطرح می‌شود که آیا این امر به طور صریح (مستند در گزارش «SEA») یا ضمنی (توسط شخص یا گروهی که ارزیابی اثرات را انجام می‌دهند، مورد بحث قرار گیرد اما در گزارش مستند نشود) انجام می‌شود و بنابراین آیا عدم قطعیت ارائه می‌شود یا خیر؟ (Larsen et al, 2013: 147). پس از تأیید عدم قطعیت (صریح یا ضمنی)، دو استراتژی رسیدگی^۲ و عدم رسیدگی^۳ مشخص می‌شود. یک استراتژی عدم رسیدگی، نادیده گرفتن عدم قطعیت است، جایی که برنامه‌ریزی و ارزیابی بدون توجه به عدم قطعیت انجام می‌شود. می‌توان یکی از دلایل نادیده گرفتن عدم قطعیت را نیاز درک‌شده برای کمی‌سازی ارزیابی دانست. به این ترتیب، برنامه‌ریزان و تصمیم‌گیرندگان ممکن است از عدم قطعیت اجتناب کنند زیرا همیشه تقاضا برای کمی‌سازی را برآورده نمی‌کند دلیل دیگر را می‌توان نیاز یا تمایل به اجتناب از تعارض ذکر کرد. بخشی از این استدلال، ممکن است این باشد که برنامه‌ریزان و تصمیم‌گیران برای ایجاد حس امنیت کاذب و القاء اعتماد، عدم قطعیت را نادیده بگیرند (Dessai & van der Sluijs, 2007: 11).

استراتژی دیگر عدم رسیدگی، به تعویق انداختن^۴ عدم قطعیت است. با این استدلال که مسائل نامطمئن زندگی، زمانی رسیدگی می‌شود که دانش و اطلاعات بیشتر و بهتری وجود داشته باشد و در نتیجه عدم قطعیت کاهش یابد؛ از این‌رو همان‌طور که شکل (۱) نشان می‌دهد سه استراتژی برای توصیف عدم تأیید و عدم رسیدگی به عدم قطعیت در «SEA» شناسایی شده است: ۱- انکار عدم قطعیت ۲- نادیده گرفتن عدم قطعیت و ۳- به تعویق انداختن بررسی عدم قطعیت تا در دسترس بودن اطلاعات بیشتر (Larsen et al, 2013: 146). به علاوه، در مقابل استراتژی‌های عدم رسیدگی به عدم قطعیت در پیش‌بینی اثرات، رسیدگی به عدم قطعیت‌ها «به‌ویژه در اسنادی که اغلب به دست تصمیم‌گیرندگان، مردم و سایر ذی‌نفعان می‌رسند» بسیار مهم است (Tennøy et al, 2006: 55). به‌طور کلی برخورد و رسیدگی به عدم قطعیت‌ها در «SEA»، هم با کاهش عدم قطعیت و هم با مدیریت عدم قطعیت ارتباط دارد. در این رابطه بررسی مطالعات مختلف چهار رویکرد تولید دانش، مشارکت ذی‌نفعان، تاب‌آوری و اصل احتیاط را به

1. Denial
2. Handling
3. Non-Handling
4. Postponing

عنوان استراتژی‌های مقابله و رسیدگی به عدم قطعیت در «SEA» معرفی کرده‌اند. تمرکز این پژوهش بر استراتژی تاب‌آوری جهت مدیریت عدم قطعیت‌ها و پیچیدگی‌ها در «SEA» است.



شکل ۱: مدلی از استراتژی‌ها در درک چگونگی برخورد با عدم قطعیت در SEA

مأخذ: Larsen et al, 2013

محور تفکر تاب‌آوری، مفهوم یک سیستم اجتماعی-اکولوژیک به عنوان مفهومی نوظهور برای درک ماهیت درهم تنیده سیستم‌های انسانی و طبیعی است (Folke, 2016:1). در توصیف اهمیت این سیستم‌ها، مطالعات متعددی بیان کرده‌اند که موفقیت یا شکست توسعه پایدار به توانایی تجزیه و تحلیل مسائل از دیدگاه «SES» بستگی دارد. «SES»‌ها یک رویکرد علمی جامع و سیستماتیک ارائه می‌دهند که می‌تواند به درک بهتر کنش‌های متقابل بین سیستم‌های انسانی و طبیعی منجر شود (Wang et al, 2022: 2) و به عنوان یک سیستم پویا پیچیده دارای سه ویژگی مهم هستند: توانایی خود سازماندهی^۱، تمایل به تکامل سلسله مراتب پیچیدگی^۲ فزاینده به گونه‌ای که هر سیستم از زیرسیستم‌های تودرتو از هم تشکیل شده است و تاب‌آوری به این معنا که آن‌ها توانایی ذاتی برای بازیابی

از شوک‌ها و اختلالات را دارند (Meadows, 2008: 75). تاب‌آوری یک مفهوم عملیاتی است که امکان تجزیه و تحلیل تغییر در سیستم‌های اجتماعی-اکولوژیک را فراهم می‌کند و ارتباط نزدیکی با مفهوم پایداری دارد (Franco-Gaviria et al, 2022: 2). چنان‌چه به‌عنوان یکی از مؤلفه‌های کلیدی پایداری در دستور کار ۲۰۳۰ برای توسعه پایدار گنجانده شده است (Assarkhaniki et al, 2020: 1).

آن‌چه سبب تحول در مفهوم تاب‌آوری شد، مقاله‌ای است که در سال ۱۹۷۳ توسط یک بوم‌شناس کانادایی، هولینگ منتشر شد (Brand & Jax, 2007: 1-2). هولینگ نشان داد که اکوسیستم‌ها به‌جای ماندن در یک حالت پایدار، می‌توانند از یک حالت به حالت دیگر تغییر کنند و حالت‌های جایگزین ممکن است از دیدگاه انسانی نامطلوب باشند. این تغییر الگو در درک ساختار و عملکرد اکوسیستم، نیاز به تغییر از یک رویکرد صرفاً خطی و تقلیل‌گرایانه مبتنی بر دانش تخصصی برای مدیریت اکوسیستم را به یک رویکرد جامع و کل‌نگر ایجاد می‌نماید و دانش رشته‌های علمی را با دانش تجربی افرادی که در سیستم تحت مدیریت زندگی می‌کنند، یکپارچه می‌کند (Davoudi et al, 2012: 301-302). هولینگ در این مقاله بین تاب‌آوری مهندسی و تاب‌آوری اکولوژیکی^۱ تفاوت قائل شد (Delettre, 2021: 3147). او تاب‌آوری مهندسی را توانایی سیستم برای بازگشت به حالت تعادل یا حالت پایدار پس از ایجاد اختلال تعریف کرد (Mayar et al, 2022: 2-3) که این اختلال می‌تواند یک فاجعه طبیعی یا آشفتگی اجتماعی باشد. در مقابل، تاب‌آوری اکولوژیکی به‌عنوان "بزرگی آشفتگی قابل جذب، قبل از ایجاد تغییر در سیستم" تعریف شده است؛ یعنی ظرفیت یک سیستم برای جذب اغتشاش و سازمندی مجدد به‌گونه‌ای که ساختار، عملکرد و هویت اصلی خود را حفظ کرده و در عین حال ظرفیت سازگاری، یادگیری و تحول را نیز حفظ نماید (Walker et al, 2004: 2). این یک ویژگی ذاتی در سطح اکوسیستم است که با تغییرات سیمای سرزمین در طول مسیرهای مطلوب و نامطلوب سروکار دارد؛ در نتیجه چشم‌اندازی قدرتمند، در درک این‌که چگونه فعالیت‌های انسانی به‌طور تجمعی بر رفتارهای اکوسیستم در سطح سیمای سرزمین تأثیر می‌گذارند، ارائه می‌دهد (Greaves & Parrott, 2024: 3).

چندین پژوهش، تاب‌آوری فضایی^۲ را به‌عنوان یکی از مؤلفه‌های مهم تاب‌آوری اکولوژیکی، به‌منظور تحقق تاب‌آوری و کمی کردن مفاهیم آن معرفی کرده‌اند (Chambers et al, 2019: 4; Zhou et al, 2022: 2; Greaves & Parrott, 2024: 3-4) و برای ارزیابی آن سهم ویژگی‌های فضایی که باعث ایجاد تاب‌آوری در اکوسیستم‌ها و سایر سیستم‌های پیچیده می‌شود، مورد توجه قرار گرفته است. تاب‌آوری فضایی به‌طور ساده به‌عنوان تاب‌آوری اکولوژیکی در مقیاس‌های وسیع‌تر از زیستگاه‌های محلی تعریف شده است (Allen et al, 2016: 627). این نوع ارزیابی برای بررسی ظرفیت سیمای سرزمین در حمایت از اکوسیستم‌ها و تنوع‌زیستی در طول زمان استفاده می‌شود و براساس درک تغییرات در ترکیب^۳ و پیکربندی^۴ سیمای سرزمین در پاسخ به اختلالات و اثرات آن بر اکوسیستم‌ها و گونه‌ها است (Cushman & McGarigal, 2019: 2). از این‌رو ادغام مفاهیم تاب‌آوری اکولوژیکی با مفاهیم سیمای سرزمین، مبنایی را برای درک چگونگی تعامل ویژگی‌ها و فرایندهای اکوسیستم با ساختار سیمای سرزمین فراهم می‌کند تا بر پاسخ‌های اکوسیستم، به اختلالات و عوامل استرس‌زا و ظرفیت آن‌ها برای حمایت از منابع، زیستگاه‌ها و گونه‌ها در طول زمان تأثیر بگذارد؛ بنابراین با درک مفاهیم تاب‌آوری اکولوژیکی، ظرفیت توسعه چارچوب‌های

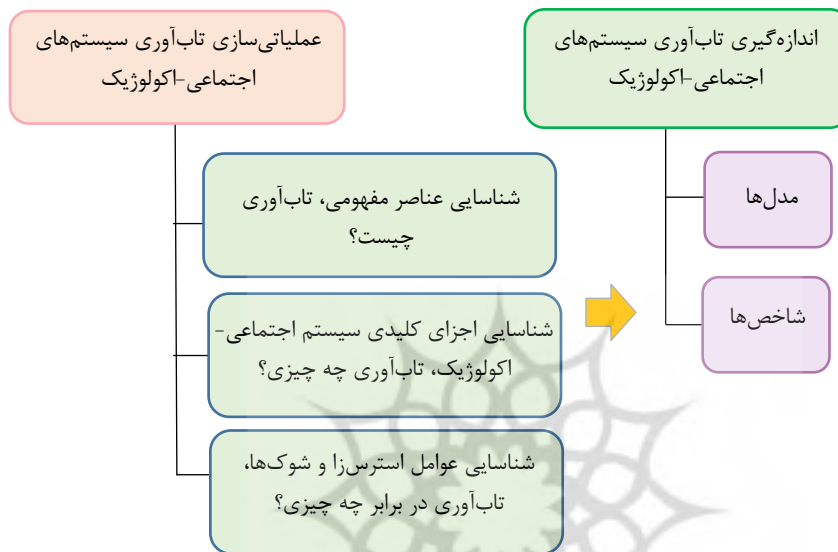
مبتنی بر تاب‌آوری و ابزارهای پشتیبان تصمیم‌گیری، برای اطلاع‌رسانی به سیاست‌ها، اهداف و اقدامات مدیریت فراهم می‌شود.

داده‌ها و روش‌ها

پژوهش حاضر از نوع پژوهش‌های بنیادی به حساب می‌آید که هدف از ارائه آن تأکید بر اهمیت یکپارچه‌سازی ارزیابی تاب‌آوری در چارچوب ارزیابی راهبردی سیاست‌ها و طرح‌های توسعه است تا با معرفی رویکردی نوین در مطالعات، به بررسی تغییرات سیستم‌های اجتماعی-اکولوژیک و تعاملات هم‌افزایی آن در نتیجه اجرای طرح‌ها و برنامه‌های توسعه در مقیاس سیمای سرزمین بپردازد؛ بنابراین چگونگی استفاده از ارزیابی تاب‌آوری در فرایند ارزیابی راهبردی به منظور بهبود عملکرد برنامه‌ریزی‌ها و تصمیم‌گیری‌های توسعه به عنوان سؤال اصلی تحقیق مطرح است. جهت نیل به هدف، در این پژوهش از روش فراترکیب^۱ از روش‌های نوظهور در مطالعات کیفی برای تولید دانش جدید، استفاده می‌گردد. فراترکیب یک روش پژوهشی است که در آن نتایج مطالعات کیفی مختلف با هم ترکیب می‌شوند تا یک درک عمیق‌تر و جامع‌تر از یک موضوع به دست آید؛ بنابراین در این پژوهش با استفاده از روش فراترکیب به بررسی ایده‌ها، ذهنیات، رویکردها، نتایج و یافته‌های پژوهش‌های پیشین مرتبط با موضوع پرداخته تا از طریق اتخاذ رویکردی جامع و کل‌نگر، بر چالش‌های مدیریت متمرکز محیط‌زیست در ارتباط با مسئله عدم قطعیت در تعاملات مؤلفه‌های اجتماعی و بوم‌شناختی، اثرات اختلال در مقیاس‌های چندگانه، عدم مدیریت سازگاران در برابر تغییرات ناگهانی و نادیده گرفتن تغییرات مستمر در مراحل ابتدایی فرایند تصمیم‌گیری و برنامه‌ریزی فائق آمده و ضمن جلوگیری از آسیب‌پذیری اکوسیستم و تغییر عملکرد آن در آینده، بتوان تا حد امکان کیفیت و ضریب اطمینان تصمیم‌گیری‌ها و برنامه‌ریزی‌های توسعه در سرزمین را استعلا بخشید.

چارچوب عملیاتی‌سازی تاب‌آوری در شکل (۲) آورده شده است. مطابق با آن ابتدا باید عناصر مفهومی شامل ظرفیت‌های جذب، سازگاری و بازیابی شناسایی شوند (González-Quintero & Avila-Foucat, 2019: 2). جذب، ظرفیت ذاتی یک سیستم برای تحمل و مقاومت در برابر یک اختلال است. این ظرفیت می‌تواند تأثیر را جذب کرده و عواقب ناشی از اختلالات را کاهش دهد. تحت شدت اختلال ثابت، ظرفیت جذب سیستم‌های مختلف متفاوت است. این ظرفیت، نرخ تخریب عملکرد سیستم را در زمانی که اختلال اجتناب‌ناپذیر است، کاهش می‌دهد. به‌طور خاص‌تر، ظرفیت جذب بیشتر، از دست دادن عملکرد یک سیستم را کاهش می‌دهد (Sun et al, 2022: 989). مفهوم سازگاری ظرفیت افراد را برای یادگیری، ترکیب تجربه و دانش، نوآوری و تنظیم پاسخ‌ها و نهادها به محرک‌های بیرونی و فرآیندهای درونی تغییر می‌دهد (Folke, 2016: 4). این ظرفیت امکان بازیابی مقدار مشخصی از عملکرد از دست‌رفته را فراهم می‌کند. به عبارت دیگر، سازگاری بیشتر نشان‌دهنده سطوح عملکرد بالاتر پس از یک اختلال است. ظرفیت جذب و سازگاری یک سیستم، به ساختار سیستم بستگی دارد. هنگامی که سیستم دارای ظرفیت‌های جذب و سازگاری قوی باشد، سیستم کمتر به ظرفیت بازیابی وابسته است. ظرفیت بازیابی، تجلی قابلیت‌های نگهداری سیستم است. این که چه سطحی از تاب‌آوری سیستم قابل بازیابی است، به ظرفیت بازیابی سیستم بستگی دارد (Patriarca et al, 2021: 4-5).

بنابراین یکی از جنبه‌های اساسی این مفهوم‌سازی تشخیص این است که تاب‌آوری از ترکیب سه ظرفیت اصلی جذب که به پایداری، سازگاری که منجر به تغییرات و انطباق تدریجی و بازیابی که رسیدن به حالت تعادل جدید است، حاصل می‌شود (Béné et al, 2016: 2). نکته قابل توجه این است که تاب‌آوری چه برای سازگاری و چه بازیابی عمل کند باید در سطوح و مقیاس‌ها مورد توجه قرار گیرد (Gunderson & Holling, 2002: 6).



شکل ۲: نمایش چگونگی عملیاتی‌سازی تاب‌آوری سیستم‌های اجتماعی-اکولوژیک و روش‌های اندازه‌گیری آن
مأخذ: González-Quintero & Avila-Foucat, 2019

مرحله دوم عملیاتی‌سازی، تلاش برای درک اجزای کلیدی سیستم است. طبق نظر انجمن تاب‌آوری راه‌حل ایده‌آل برای اندازه‌گیری تاب‌آوری، تعریف آن بر اساس متغیرهای اکولوژیکی و اجتماعی متقابل است (Resilience Alliance, 2010: 21). به عبارتی تاب‌آوری در «SES»، به قدرت بازخوردهای ناشی از تعاملات بین متغیرهای زیرسیستم اجتماعی و اکولوژیک بستگی دارد. در نهایت برای پاسخ به این سؤال که سیستم در برابر چه چیزی باید تاب‌آور باشد؟ شوک‌ها و عوامل استرس‌زای مؤثر بر سیستم، باید شناسایی شوند. با شناسایی این که کدام اختلالات اکولوژیکی یا اقتصادی-اجتماعی سیستم را به چالش می‌کشد، مشخص می‌شود که کدام ویژگی‌ها باید برای رویارویی با آن‌ها تاب‌آور باشند (Viñals et al, 2023: 2). شوک‌ها، رویدادهای ناگهانی و بسیار غیرقابل پیش‌بینی‌اند که می‌توانند به دگرگونی سیستم منجر شوند (Salvia & Quaranta, 2015: 11116). در مقابل، عوامل استرس‌زا فشارهای پیوسته‌ای هستند که معمولاً به آرامی در محدوده تغییرپذیری طبیعی سیستم افزایش می‌یابند اما یک اثر تجمعی دارند که باعث تغییر سیستم می‌شود (Turner et al, 2003: 8074).

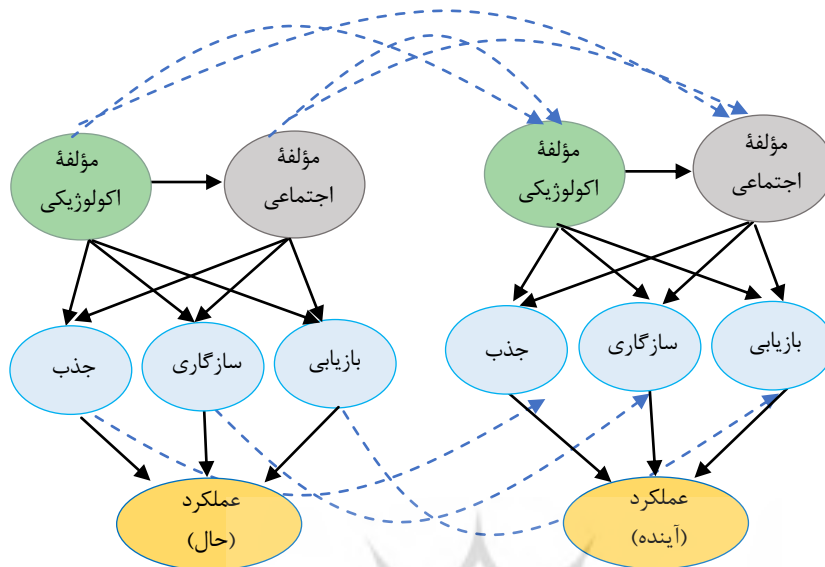
بررسی روش‌های اندازه‌گیری تاب‌آوری در ادبیات، رویکردهای کیفی و کمی را شامل می‌شود. نمونه‌هایی از ارزیابی‌های کیفی شامل روش‌های مصاحبه و مشارکت با ذی‌نفعان است (Wilson & Wilson, 2019: 3). این روش‌ها تنها آگاهی از تاب‌آوری و محرک‌های آن را افزایش می‌دهند. در مقابل، روش‌های کمی الگوهای اساسی و توضیحات علی تغییر «SES» را شناسایی می‌کنند و به دو نوع؛ رویکردهای مبتنی بر مدل و رویکردهای مبتنی بر شاخص تقسیم‌بندی می‌شوند (Angeler & Allen, 2016: 621). رویکردهای مبتنی بر مدل، از مدل‌سازی

پیکربندی سیستم، برای پیش‌بینی تکامل سیستم استفاده می‌کنند و بر نمایش دنیای واقعی و تعریف تاب‌آوری با استفاده از مفاهیم ریاضی و فیزیک به‌کار رفته در «SES» تمرکز دارند. در حالی که رویکردهای مبتنی بر شاخص، از معیارهای ویژگی‌های فردی، برای ارزیابی عملکرد کلی سیستم استفاده می‌کنند (Linkov & Kott, 2019: 11-12). در حقیقت ماهیت انتزاعی و "فازی" تاب‌آوری به‌عنوان یک مفهوم، به این معنا است که هیچ متغیر تاب‌آوری واحدی، وجود ندارد که بتوان آن را اندازه‌گیری کرد. در عوض، تاب‌آوری باید از طریق تعدادی متغیر یا شاخص استنتاج شود (Wilson & Wilson, 2019: 2). مزیت مطالعه تاب‌آوری به این روش، این است که شاخص‌ها می‌توانند هم برای اهداف تحقیقاتی و هم تصمیم‌گیری و ارتباطات عمومی استفاده شوند زیرا پیچیدگی سیستم‌ها را به اطلاعات قابل مدیریت و فشرده تبدیل می‌کنند (Suárez et al, 2016: 3). با این حال، شاخص‌ها و ابزارهای اندازه‌گیری تاب‌آوری همچنان در مراحل اولیه درک و توسعه هستند و هیچ چارچوب واحدی برای ارزیابی کمی آن وجود ندارد (Lloret et al, 2024: 1581). با توجه به فقدان معیارهای تاب‌آوری قابل اجرای جهانی و ناتوانی در رسمیت بخشیدن به این معیارها، تمرکز مطالعات بعدی باید بر این باشد که چگونه می‌توان تاب‌آوری را به‌روشی معنادار، از نظر عملیاتی اندازه‌گیری کرد؟

نتایج و بحث

تاب‌آوری روشی ساختاریافته برای نگرستن به پیچیدگی، عدم قطعیت و ارتباط متقابل سیستم‌ها و فرآیندها ارائه می‌کند که می‌توان از این ویژگی سیستم‌های اجتماعی-اکولوژیک در طول فرایند «SES» جهت مدیریت عدم قطعیت‌ها همان‌طور که توسط دیگر محققان به آن اشاره شده استفاده کرد. چارچوب یکپارچه‌سازی تاب‌آوری در فرایند «SES» می‌تواند این اطمینان را حاصل کند که طرح‌ها و برنامه‌های توسعه به چالش‌های سیستم‌های اجتماعی-اکولوژیک رسیدگی می‌کنند؛ بنابراین پیشرفت‌های آینده انعطاف‌پذیر هستند و اثرات آن‌ها، تأثیرات این چالش‌ها را بدتر نمی‌کند. در این راستا جهت عملیاتی کردن مفهوم تاب‌آوری، یک پیوند صریح بین محیط غیرزنده و اجزای زنده اکوسیستم و تاب‌آوری در برابر اختلال، در مقیاس‌های مختلف مورد نیاز است. برای انجام این کار، باید بتوان تاب‌آوری اکولوژیکی شرایط فعلی و تاب‌آوری پروژه را در سناریوهای آینده تغییر سیمای سرزمین اندازه‌گیری کرد. بدین منظور، ویژگی‌های اکوسیستم باید در مقیاس‌های بزرگ‌تر از اندازه‌گیری‌های محلی اندازه‌گیری شود. شکل (۳) نشان می‌دهد که چگونه مؤلفه‌های اکولوژیکی و اجتماعی در پاسخ به اختلالات، بر ظرفیت‌های تاب‌آوری تأثیر گذاشته و از این طریق عملکرد سیستم مشخص می‌شود. همین‌طور با تغییر متغیرها و تعاملات آن‌ها در طول زمان، تأثیرشان بر ظرفیت‌های تاب‌آوری تغییر کرده و بنابراین عملکرد سیستم ممکن است افزایش یا کاهش یابد. این دیدگاه می‌تواند به شناسایی شرایطی کمک کند که تحت آن مشخص می‌شود که آیا عملکرد سیستم در آینده حفظ خواهد شد یا خیر؟ بنابراین می‌تواند مدیران را در مورد سطح مداخله مورد نیاز، آگاه کند. چراکه اگر عملکرد «SES» به‌دنبال یک اختلال ادامه پیدا نکند، نمی‌تواند ساختار اصلی خود را جذب، تطبیق یا بازیابی کند؛ لذا عملکرد می‌تواند به‌عنوان نماینده تاب‌آوری عمل کند و ارزیابی آن باید شامل عدم قطعیت‌های مرتبط با پیچیدگی‌های مؤلفه‌های اکولوژیکی و اجتماعی و درک فعلی از پویایی «SES» باشد. با این حال، اندازه‌گیری تاب‌آوری مبتنی بر عملکرد و ظرفیت‌های تاب‌آوری، چالش‌برانگیز است زیرا غیرخطی بودن، از تعاملات تجمعی اختلالات و فرآیندهای محیط‌زیستی، اکولوژیکی، اقتصادی و اجتماعی-فرهنگی در طول زمان پدیدار

می‌شود.



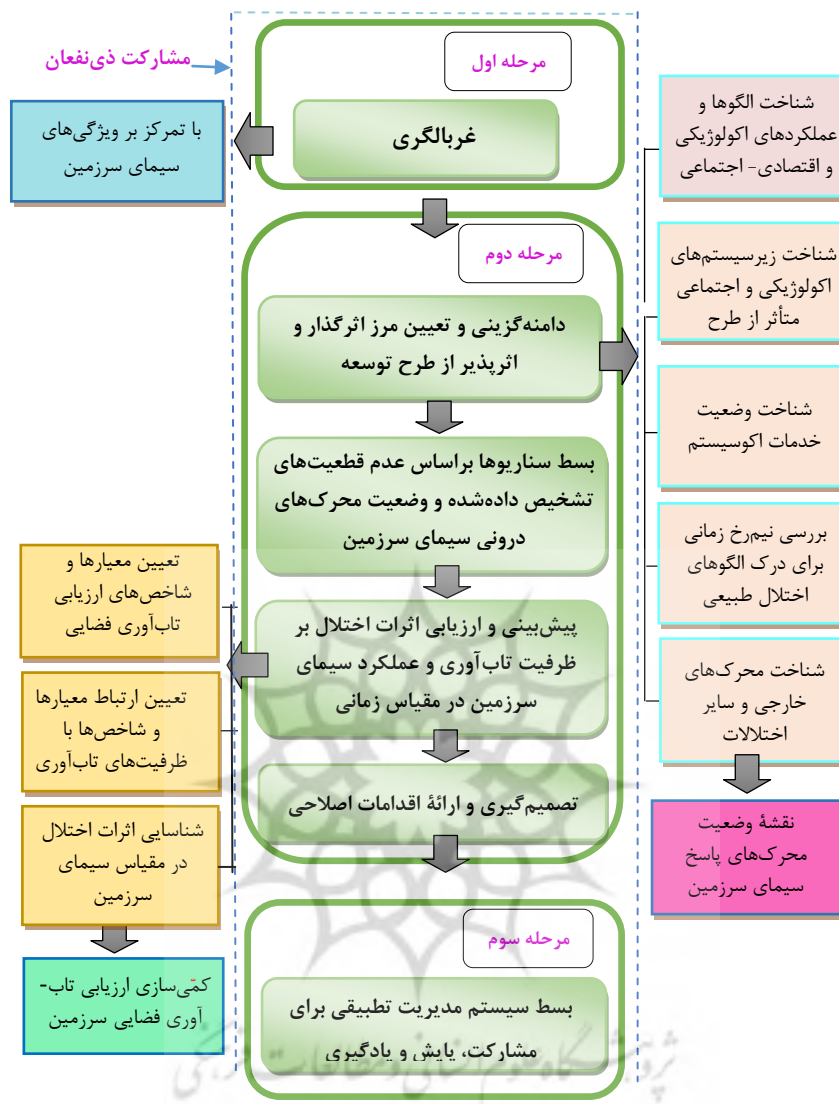
شکل ۳: ارتباط علی بین متغیرها و تأثیرشان بر ظرفیت‌های تاب‌آوری

و عملکرد «SES» در مقیاس زمانی

تهیه و ترسیم: یافته‌های پژوهش

در این رابطه برای اجرای موفقیت‌آمیز این رویکرد در فرایند «SES»، باید از مراحل غربالگری^۱ و دامنه‌یابی^۲ شروع کرد تا از همان ابتدا نگرانی‌ها در افکار همه طرف‌های درگیر جای گیرد؛ لذا تحقیق حاضر به دنبال پرکردن شکاف‌های موجود در ادبیات، به معرفی یک رویکرد صریح فضایی از طریق کمی‌سازی ویژگی‌های تاب‌آوری در عمل «SES»، برای رسیدگی و مدیریت عدم قطعیت سیستم‌های اجتماعی-اکولوژیک، در مواجهه با اختلالات در مقیاس سیمای سرزمین، از مراحل ابتدایی برنامه‌ریزی سیاست‌ها، طرح‌ها و برنامه‌های توسعه می‌پردازد تا از این طریق رویکردی نوین را برای تحقیقات آتی فراهم نماید؛ لذا جهت پیوند بین دسته مطالعات صورت گرفته در زمینه‌های خاص مدنظر این تحقیق، رویکردی جدید تحت چارچوب مفهومی سیستم‌های اجتماعی-اکولوژیک جهت استعلا ارزیابی راهبردی محیط‌زیست در مواجهه با عدم قطعیت‌ها، براساس ارتباط بین اجزای اکولوژیکی و اجتماعی و ویژگی تاب‌آوری سیستم‌ها در برابر اختلال در مقیاس سیمای سرزمین، تحت شرایط خط‌پایه در حال تحول (حال-آینده)، مطابق شکل (۴) ارائه می‌شود. این دیدگاه بلندمدت، می‌تواند به شناسایی شرایطی کمک کند که تحت آن مشخص می‌شود که آیا در نتیجه توسعه مدنظر، عملکرد سیستم حفظ خواهد شد یا خیر؟ به علاوه این مدل مبتنی بر دیدگاه یکپارچگی سیستم‌های اجتماعی-اکولوژیک است که بر روابط متقابل بین زیرسیستم‌های اکولوژیکی و اجتماعی و همچنین تأثیر محرک‌ها و اختلالات خارجی بر عملکرد سیستم تأکید دارد. در این مدل همچنین از رویکرد مبتنی بر شاخص جهت اندازه‌گیری تاب‌آوری و عملکرد سیستم استفاده می‌شود. مطابق شکل (۴) چارچوب

پیشنهادی دارای ۳ مرحله است. در مرحله اول، ابتدا غربالگری برای تعیین این که آیا سیاست، برنامه یا طرح پیشنهادی مشمول «SEA» هست یا خیر؟ انجام می شود. این مرحله باید با تمرکز ویژه بر یکپارچگی سیستم های اجتماعی-اکولوژیک و ویژگی های سیمای سرزمین انجام شود. در مرحله دوم بستر محیط زیستی و سیاسی تأثیرگذار و تأثیرپذیر از طرح توسعه، براساس زیرسیستم های اکولوژیکی و اجتماعی، الگوها و عملکردهای اکولوژیکی و اقتصادی-اجتماعی، الگوهای اختلال طبیعی، وضعیت خدمات اکوسیستم و محرک های خارجی و سایر اختلالات قابل شناسایی است. در این مرحله باید جمع بندی جامعی از شرایط بستر به عنوان یک «SES» ارائه شود. با توجه به صحت و دقتی که از این مرحله حاصل می شود، عدم قطعیت در مراحل بعدی ارزیابی کاهش خواهد یافت. در ادامه به منظور پیش بینی و ارزیابی اثرات اختلال بر ظرفیت های تاب آوری و عملکرد سیمای سرزمین، معیارها و شاخص های ارزیابی تاب آوری فضایی شناسایی می شوند. از آنجائی که تاب آوری فضایی در برابر اغتشاش، تا حد زیادی توسط ترکیب، پیکربندی و عملکرد لکه های درون سیمای سرزمین تعیین می شود؛ لذا انتخاب معیارها و شاخص های اکولوژیکی از بین متریک های سیمای سرزمین انجام می شود. سیمای سرزمین به عنوان یک سیستم اجتماعی-اکولوژیک دارای دو مؤلفه اکولوژیکی و اجتماعی است که هر یک از این مؤلفه ها خود به دو جزء ساختاری و عملکردی قابل تفکیک هستند. جزء ساختاری مؤلفه اکولوژیکی، الگوهای ساختار بیوفیزیکی و جزء عملکردی آن، عملکردها و پویایی های اکولوژیکی مربوط به خدمات اکوسیستمی است. همچنین جزء ساختاری مؤلفه اجتماعی شامل الگوهای اقتصادی-اجتماعی و نیز جزء عملکردی آن شامل عملکردهای اقتصادی-اجتماعی است؛ لذا براساس این مؤلفه ها و اجزاء ساختاری و عملکردی، معیارهای اولیه مورد نیاز در سنجش تاب آوری سرزمین بسط داده می شود. در نهایت با تعیین ارتباط معیارها و شاخص ها با ظرفیت های تاب آوری و شناسایی اثرات اختلال در مقیاس سیمای سرزمین، کمی سازی تاب آوری فضایی صورت می گیرد. در مرحله سوم کیفیت تصمیم گیری در مواجهه با عدم قطعیت و همچنین پیشرفت به سمت نتایج مطلوب، مورد قضاوت قرار می گیرد. مدیریت تطبیقی متشکل از برنامه زمانی پایش و نظارت برای مشارکت مردمی، سازمان ها و نهادهای مسئول، متناسب با مقیاس اثرگذاری و اثرپذیری طرح است. پایش نشان می دهد که تا چه حد اهداف یا توصیه های محیط زیستی در گزارش «SEA»، توسط اقدامات مدیریت برآورده شده، همچنین برای ارزیابی اثربخشی اقدامات مدیریت نسبت به اهداف، ضروری است. در یک سیستم مدیریت تطبیقی، نظارت، حلقه بازخوردی را برای یادگیری در مورد سیستم، جهت دستیابی بهتر به اهداف مدیریت فراهم می کند. به کمک مدیریت تطبیقی با آزمایش استراتژی های مختلف در طول فرآیند مدیریت، دانش بیشتری از سیستم ها به دست آورده و با اندازه گیری پاسخ های سیستم که به بهترین وجه نشان می دهند که آیا سیستم به سمت اهداف مدیریت حرکت می کند یا خیر؟ نتایج به فرآیند تصمیم گیری بازخورد داده می شود.



شکل ۴: مدل عمومی پیشنهادی برای یکپارچه‌سازی ارزیابی تاب‌آوری در فرایند «SES»

تهیه و ترسیم: یافته‌های پژوهش

نتیجه‌گیری

در طول پنجاه سال گذشته، فعالیت‌های بشر با سرعت بیشتر و به‌صورت گسترده‌تر بیش از هر دوره دیگری سیمای اکوسیستم‌ها را تغییر داده است. تغییرات رخ داده نیاز به درک بهتر از فرایندهای سیاست‌گذاری، برنامه‌ریزی و مدیریت سرزمین و اثرات‌شان بر سرمایه‌های طبیعی و چگونگی سازگارشده نسبت به تغییرات را آشکار می‌کند. در روش‌های سنتی مدیریت اکوسیستم، محیط به‌عنوان یک مدل استاتیک در نظر گرفته می‌شود که این امر سبب می‌گردد تغییرات تدریجی دیده نشود و نتیجه آن آسیب‌پذیرتر شدن اکوسیستم است؛ بنابراین اگرچه به‌نظر می‌رسد الگوی قدیمی مدیریت اکوسیستم مبتنی بر نظریه یک حالت پایدار واحد که در آن فرض بر آن است که جریان‌های منابع می‌توانند کنترل شوند و با حذف عوامل تنش‌زای انسانی، طبیعت به‌خودی‌خود می‌تواند به حالت

تعادل برسد، برای دنیای قبل از شدت گرفتن توسعه و تغییرات انسانی کافی بوده باشد اما اکنون دیگر برای هدف، گزینه مناسبی نیست چرا که چنین دیدگاهی، بینش اندکی در مورد رفتار گذرای سیستم‌هایی ارائه می‌دهد که نزدیک به تعادل نیستند (Barbara, 2024: 11). در مقابل دیدگاه تاب‌آوری، سیاست‌ها را از سیاست‌هایی که می‌خواهند تغییرات در سیستم‌هایی که فرض می‌شود پایدار هستند؛ را کنترل کنند، به مدیریت سیستم‌های اجتماعی-اکولوژیک با ظرفیت جذب، سازگاری و بازیابی، تغییر می‌دهد. استدلال می‌شود که مدیریت مبتنی بر تاب‌آوری، احتمال حفظ مسیرهای مطلوب برای توسعه را، در محیط‌های متغیر، جایی که آینده غیرقابل پیش‌بینی و غافلگیری محتمل است، افزایش می‌دهد.

از این رو در پژوهش حاضر، به کارگیری رویکرد تاب‌آوری سیستم‌های اجتماعی-اکولوژیک در «SEA»، به عنوان تغییر الگو از مدیریت متمرکز اکوسیستم‌ها به تمرکز بر مدیریت تغییرات مستمر، مورد توجه قرار می‌گیرد. در این راستا، یک چارچوب عملیاتی برای کمی‌سازی تاب‌آوری ارائه می‌شود. برای این کار، تعریف تاب‌آوری اکولوژیکی انتخاب می‌شود که در آن انسان‌ها جزئی از طبیعت‌اند و به سه ظرفیت اصلی؛ جذب، سازگاری و بازیابی تقسیم می‌شود. چارچوب ارائه شده، چگونگی ایفای نقش سیمای سرزمین در توصیف رابطه متقابل بین انسان و طبیعت در مقیاس‌های زمانی و مکانی مختلف را نشان می‌دهد و همین‌طور طریقه به کارگیری و یکپارچه‌سازی رویکرد ارزیابی تاب‌آوری فضایی را براساس تعامل مؤلفه‌های اکولوژیکی و اجتماعی با اختلالات در مقیاس سیمای سرزمین، تحت شرایط خط‌پایه در حال تحول، در بستر «SEA» مورد بحث قرار می‌دهد. از آنجائی که هدف از ارزیابی تاب‌آوری، تشویق افراد به ایجاد توسعه مطابق با درک آن‌ها از محیط‌زیست است؛ لذا تأکید این چارچوب بر این خواهد بود که در ارزیابی محیط‌زیستی سیاست، طرح یا برنامه پیشنهادی، ابتدا باید به شرایط محیط‌زیست و بستری که قرار است توسعه در آن به اجرا درآید، توجه شود؛ بنابراین با اندازه‌گیری دقیق تاب‌آوری فضایی بستر محیط‌زیست، مشخص می‌شود که کدام قسمت‌ها از منطقه از قابلیت بارپذیری و تاب‌آوری بیشتر برخوردار بوده و کدام قسمت‌ها نسبت به بارگذاری و انتشار آلاینده‌ها آسیب‌پذیرتر هستند. در نتیجه این عمل، اجرای اقدامات توسعه، کمترین ریسک ممکن در سرزمین را خواهد داشت. همچنین انتخاب سیمای سرزمین به عنوان مناسب‌ترین مقیاس، برای ارزیابی اثرات بلندمدت سرمایه‌گذاری‌های توسعه، از آن جهت است که بسیاری از مشکلاتی که مدیریت منابع طبیعی با آن مواجه است، به عدم تطابق بین مقیاس مدیریت و مقیاس فرایندهای محیط‌زیست در حال مدیریت مربوط می‌شود. مهم‌تر از همه، عملیاتی کردن مفهوم تاب‌آوری در یک چارچوب تحلیلی، می‌تواند به جلوگیری و کاهش اثرات و بهبود عملکرد برنامه‌ریزی‌ها و تصمیم‌گیری‌های توسعه منجر شود و در نتیجه توسعه‌ای پایدار را رقم‌بزند که نشان‌دهنده یک گام احتمالی رو به جلو است. این چارچوب، ارزیابی جامع و کمی و مقایسه شرایط اکولوژیکی در فضا و زمان را برای اندازه‌گیری ویژگی‌های شرایط فعلی سرزمین ضروری می‌داند، با این فرض که شرایط فعلی سیمای سرزمین مرجع، برخی از جنبه‌های مهم شرایط گذشته آن را منعکس می‌کند که برای ارزیابی تاب‌آوری حائز اهمیت است و از این طریق به حذف عدم قطعیت ناشی از پیش‌بینی‌های مدل‌سازی منجر می‌شود. این چارچوب همچنین با در نظر گرفتن روابط متقابل بین اثرات بیوفیزیکی، اجتماعی و اقتصادی به شیوه‌ای یکپارچه و کل‌نگر و جلوگیری از

بخشی دیدن سیستم، می‌تواند فرصتی برای اولویت‌بندی اقدامات مدیریتی و تعیین استراتژی‌های مؤثر در سرزمین فراهم‌نماید. در نهایت، با توجه به این‌که این ارزیابی به رابطه بین عملکردها و الگوهای سیمای سرزمین و فرآیندهای اکولوژیکی خاص مرتبط است، از این طریق مبنایی را برای درک چگونگی تعامل ویژگی‌ها و فرایندهای اکوسیستم با ویژگی‌ها و خصوصیات سیمای سرزمین (ساختار و عملکرد) در پاسخ به اختلالات فراهم‌می‌نماید و در نهایت محدودیت‌های مدیریت را در سرزمین تعیین می‌کند. همین‌طور اندازه‌گیری تاب‌آوری با رویکردهای مبتنی بر شاخص، امکان استفاده از معیارهای کمی (متریک‌های سیمای سرزمین) در ارزیابی را فراهم‌می‌کند که خود زمینه‌ای را برای مشارکت فعال افراد در سطوح و مراحل مختلف ارزیابی می‌طلبد. در نهایت براساس این یکپارچه‌سازی، به چالش‌های موجود در رابطه با مسئله عدم قطعیت در مطالعات «SEA» رسیدگی شده و تا حد امکان استعلاء کیفیت و ضریب اطمینان تصمیم‌گیری‌ها و برنامه‌ریزی‌های توسعه در سرزمین فراهم‌می‌شود. با این حال، برآورد تاب‌آوری و انتقال آن از تئوری به عمل، چالش برانگیز است و عوامل مؤثر در آن اغلب ناشناخته هستند؛ بنابراین جهت غنی‌تر شدن چارچوب بسط داده‌شده، پیشنهاد می‌شود؛ این چارچوب برای انواع تصمیمات توسعه، مورد آزمون و سنجش قرارگیرد.

منابع

- پریور، پرستو؛ آیدا احمدی؛ فرزانه وکیلی؛ احد ستوده (۱۳۹۸). تدوین چارچوبی منسجم برای ارزیابی راهبردی محیط‌زیستی بر اساس مفاهیم و تئوری‌های تفکر تاب‌آوری، علوم و تکنولوژی محیط‌زیست. دوره ۲۱. شماره ۸. صفحات ۶۳-۵۱.
<https://sid.ir/paper/524438/fa>
- ردایی، مهجبین؛ بهرام ملک‌محمدی (۱۳۹۸). رویکرد سیستم‌های اجتماعی- اکولوژیک راهبردی به سوی مدیریت محیط‌زیستی پایدار، محیط‌زیست و توسعه. دوره ۱۰. پیاپی ۲۰. صفحات ۸۲-۶۹.
<https://www.magiran.com/p2178194>

References

- Angeler, D.G. and Allen, C.R. (2016). Quantifying resilience, J. Appl.Ecol, 53, 617-624.
<https://doi.org/10.1111/1365-2664.12649>
- Assarkhaniki, Z., Rajabifard, A. and Sabri, S. (2020). The conceptualisation of resilience dimensions and comprehensive quantification of the associated indicators: A systematic approach. International Journal of Disaster Risk Reduction, 51, 101840.
<https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2020.101840>
- Antrop, M. (2006). Sustainable Landscapes-Contradiction, fiction or utopia? Landscape and Urban Planning, 75(3), 187-197.
<https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2005.02.014>
- Allen, C., Angeler, D., Cumming, G., Folke, C., et al. (2016). Quantifying spatial resilience. Journal of Applied Ecology, 53, 625-635.
<https://doi.org/10.1111/1365-2664.12634>
- Béné, C., Headey, D., Haddad, L., and von Grebmer, K. (2016). Is resilience a useful concept in the context of food security and nutrition programmes? Some conceptual and practical considerations, Food Secur, 8, 123-138.
<https://doi.org/10.1007/s12571-015-0526-x>
- Barbara, L. (2024). Resilience and the shift of paradigm in ecology: a new name for an old concept or a different explanatory tool? HPLS, 46, 2.
<https://doi.org/10.1007/s40656-023-00600-8>

- Baker, J., Eales, R. and Sheate, W. (2011). Integrating a Resilience Approach into Strategic Environmental Assessment (SEA). International Association of Impact Assessment Conference, Prague.
[DOI:10.13140/2.1.1301.3441](https://doi.org/10.13140/2.1.1301.3441)
- Bigard, C., Thiriet, P., Pioch, S., Thompson, J.D. (2020). Strategic landscape-scale planning to improve mitigation hierarchy implementation: An empirical case study in Mediterranean France, *Land Use Policy*, 90, 104286.
<https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.104286>
- Brunetta, G. and Caldarice, O. (2020). Spatial Resilience in Planning: Meanings, Challenges, and Perspectives for Urban Transition. In book: *Sustainable Cities and Communities*, 628-640.
[DOI:10.1007/978-3-319-71061-7_28-1](https://doi.org/10.1007/978-3-319-71061-7_28-1)
- Brand, F.S. and Jax, K. (2007). Focussing the meaning(s) of resilience: Resilience as a descriptive concept and a boundary object, *Ecology and Society*, 12, 23.
[DOI:10.5751/ES-02029-120123](https://doi.org/10.5751/ES-02029-120123)
- Brunckhorst, D. (2011). Ecological restoration across landscapes of politics, policy, and property. In: Egan, D., Hjerpe, E.E., Abrams, J. (Eds.), *Human dimensions of ecological restoration*. Island Press, Washington, Covelo and London, 149-161.
[DOI:10.5822/978-1-61091-039-2_11](https://doi.org/10.5822/978-1-61091-039-2_11)
- Cushman, S.A., and McGarigal, K. (2019). Metrics and models for quantifying ecological resilience at landscape scales, *Front.Ecol.Evol*, 7, 440.
<https://doi.org/10.3389/fevo.2019.00440>
- Chambers, J.C., Brown, J.L., Bradford, J.B., Board, D.I., et al. (2023). New indicators of ecological resilience and invasion resistance to support prioritization and management in the sagebrush biome, *Front.Ecol.Evol*, 10, 1009268.
<https://doi.org/10.3389/fevo.2022.1009268>
- Chambers, J.C., Allen, S.R. and Cushman, S.A. (2019). Operationalizing Ecological Resilience Concepts for Managing Species and Ecosystems at Risk, *Front.Ecol.Evol*, 7, 241.
<https://doi.org/10.3389/fevo.2019.00241>
- Davoudi, S., Porter, L., Shaw, K., Haider, L.J., Quinlan, A.E., et al. (2012). Interface: Applying the Resilience Perspective to Planning: Critical Thoughts from Theory and Practice. *Planning Theory & Practice*, 13(2): 299-333.
[DOI:10.1080/14649357.2012.677124](https://doi.org/10.1080/14649357.2012.677124)
- Delettre, O. (2021). Identity of ecological systems and the meaning of resilience, *Journal of Ecology*, 109(9).
<https://doi.org/10.1111/1365-2745.13655>
- Dessai, S., & Van Der Sluijs, J. (2007). *Uncertainty and climate change adaptation: A scoping study* (Vol. 2007). Utrecht: Copernicus Institute for Sustainable Development and Innovation, Department of Science Technology and Society.
https://www.researchgate.net/publication/27709101_Uncertainty_and_Climate_Change_Adaptation-a_Scoping_Study
- Esmalian, A., Yuan, F., Rajput, A.A., Farahmand, H., et al. (2022). Operationalizing resilience practices in transportation infrastructure planning and project development, *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 104, 103214.
<https://doi.org/10.1016/j.trd.2022.103214>
- Everard, M. and Waters, R. (2013). *Ecosystem services assessment: How to do one in practice*. Institution of Environmental Sciences, London.
<https://www.the-ies.org/resources/ecosystem-services-assessment>
- Franco-Gaviria, F., Amador-Jiménez, M., Millner, N., Durden, C. and Urrego, D.H. (2022). Quantifying resilience of socio-ecological systems through dynamic Bayesian networks, *Front. For. Glob. Change*, 5, 889274.
<https://doi.org/10.3389/ffgc.2022.889274>
- Folke, C. (2016). Resilience (Republished), *Ecology and Society*, 21(4): 44.
<https://www.jstor.org/stable/26269991>
- Fischer, A.P. (2018). Forest landscapes as social-ecological systems and implications for management. *Landscape and Urban Planning*, 177: 138-147,
doi.org/10.1016/j.landurbplan.2018.05.001
- Gunderson, L.H. (2010). Ecological and Human Community Resilience in Response to Natural Disasters, *Ecology and Society*, 15(2).
<https://www.jstor.org/stable/26268155>

- Gunderson, L.H. and Holling, C.S. (2002). *Panarchy: understanding transformations in human and natural systems*. Washington, DC: Island Press.
[DOI:10.1016/S0006-3207\(03\)00041-7](https://doi.org/10.1016/S0006-3207(03)00041-7)
- González-Quintero, C. and Avila-Foucat, V.S. (2019). Operationalization and Measurement of Social-Ecological Resilience: A Systematic Review, *Sustainability*, 11(21): 6073.
[DOI:10.3390/su11216073](https://doi.org/10.3390/su11216073)
- Greaves, C. and Parrott, L. (2024). Re-grounding cumulative effects assessments in ecological resilience, *Environmental Impact Assessment Review*, 105, 107403.
<https://doi.org/10.1016/j.eiar.2023.107403>
- Ives, C.D., Biggs, D., Hardy, M.J., Lechner, A.M., et al. (2015). Using social data in strategic environmental assessment to conserve biodiversity, *Land Use Policy*, 47: 332-341.
<https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2015.04.002>
- Jones, M. (2018). Strategic Environmental Assessment for Wetlands: Resilience Thinking. In: *The Wetland Book*, 2105-2115.
https://doi.org/10.1007/978-90-481-9659-3_283
- Kørnøv, L. and Larsen, S.V. (2012). The non-handling of climate change uncertainties in strategic environmental assessment of urban planning. Paper presented at Second ISA Forum of Sociology, Buenos Aires, Argentina.
https://www.researchgate.net/publication/268094085_The_nonhandling_of_climate_change_uncertaintiesin_strategic_environmental_assessment_of_urban_planning
- Kharrazi, A., Yu, Y., Jacob, A., Nemi Vora, N. and Fath, B. (2020). Redundancy, Diversity, and Modularity in Network Resilience: Applications for International Trade and Implications for Public Policy, *Current Research in Environmental Sustainability*, Volume 2, 100006.
<https://doi.org/10.1016/j.crsust.2020.06.001>
- Lloret, F., Hurtado, P., Espelta, J.M., et al. (2024). ORF, an operational framework to measure resilience in social-ecological systems: the forest case study, *Sustain Sci*, 19, 1579-1593.
[DOI:10.1007/s11625-024-01518-1](https://doi.org/10.1007/s11625-024-01518-1)
- Larsen, S.V., Kørnøv, L. and Driscoll, P. (2013). Avoiding climate change uncertainties in Strategic Environmental Assessment, *Environmental Impact Assessment Review*, 43, 144-150.
<https://doi.org/10.1016/j.eiar.2013.07.003>
- Linkov, I. and Kott, A. (2019). Fundamental concepts of cyber resilience: Introduction and overview, in *Cyber Resilience of Systems and Networks*, eds A. Kott and I. Linkov (Berlin: Springer), 1-25.
https://doi.org/10.1007/978-3-319-77492-3_1
- Lobos, V. and Partidario, M. (2014). Theory versus practice in Strategic Environmental Assessment (SEA), *Environmental Impact Assessment Review*, Volume 48, 34-46.
<https://doi.org/10.1016/j.eiar.2014.04.004>
- Martín, B., Ortega, E., Isidro, Á. and Iglesias-Merchan, C. (2021). Improvements in high-speed rail network environmental evaluation and planning: An assessment of accessibility gains and landscape connectivity costs in Spain, *Land Use Policy*, 103, 105301.
<https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2021.105301>
- Mayar, K., Carmichael, D.G. and Shen, X. (2022). Stability and Resilience-A Systematic Approach, *Buildings*, 12(8).
[DOI:10.3390/buildings12081242](https://doi.org/10.3390/buildings12081242)
- Millennium Ecosystem Assessment. (2005). *Ecosystems and human well-being: synthesis*. Island, Washington, DC.
- Meadows, D. (2008). *Thinking in systems. A primer*. London (UK): Earthscan. 240 p.
- Mörtberg, U.M., Balfors, B. and Knolb, W.C. (2007). Landscape ecological assessment: A tool for integrating biodiversity issues in strategic environmental assessment and planning, *Journal of Environmental Management*, 82(4): 457-470.
doi.org/10.1016/j.jenvman.2006.01.005
- Partidário, M.R. and Clarke, R., eds. (2000). *Perspectives on Strategic Environmental Assessment*. Boca Raton: Lewis Publishers
- Patriarca, R., Paolis, A.D., Costantino, F., Di Gravio, G., 2021. Simulation model for simple yet robust resilience assessment metrics for engineered systems. *Reliab. Eng. Syst. Saf.* 209, 107467.
<https://doi.org/10.1016/j.ress.2021.107467>

- Parivar, P., Faryadi, S. and Sotoudeh, A. (2016). Application of resilience thinking to evaluate the urban environments (a case study of Tehran, Iran), *Scientia Iranica A*, 23(4), 1633-1640.
[DOI:10.24200/sci.2016.2234](https://doi.org/10.24200/sci.2016.2234)
- Resilience Alliance. (2010). Assessing resilience in social-ecological systems: Workbook for practitioners. Version 2.0.
- Sadler, B. (2016). SEA effectiveness in a no analogue world. In: Sadler B, Dusik J, editors. European and international experiences of strategic environmental assessment: recent progress and future prospects. London: Routledge, 17-53.
- Salvia, R. and Quaranta, G. (2015). Adaptive Cycle as a Tool to Select Resilient Patterns of Rural Development, *Sustainability*, 7, 11114-11138.
[DOI:10.3390/su70811114](https://doi.org/10.3390/su70811114)
- Slootweg, R. and Jones, M. (2011). Resilience thinking improves SEA: a discussion paper, *Impact Assessment and Project Appraisal*, 29(4), 263-276.
[DOI:10.3152/14615511X12959673795886](https://doi.org/10.3152/14615511X12959673795886)
- Suárez, M., Gómez-Baggethun, E., Benayas, J. and Tilbury, D. (2016). Towards an Urban Resilience Index: A Case Study in 50 Spanish Cities, *Sustainability*, 8, 774.
<https://doi.org/10.3390/su8080774>
- Sun, H., Yang, M. and Wang, H. (2022). Resilience-based approach to maintenance asset and operational cost planning, *Process Safety and Environmental Protection*, 162, 987-997.
<https://doi.org/10.1016/j.psep.2022.05.002>
- Swin, J., Clayton, S., Doherty, T., Gifford, R., Howard, G., Reser, J., Stern, P. and Weber, E. (2009). Psychology and Global Climate Change: Addressing a Multi-faceted Phenomenon and Set of Challenges. A Report by the American Psychological Association's Task Force on the Interface Between Psychology and Global Climate Change. Washington: The American Psychological Association; 2009.
<http://www.apa.org/science/about/publications/climate-change.aspx>
- Turner, B.L., Kasperson, R.E., Matson, P.A., McCarthy, J.J., et al. (2003). A framework for vulnerability analysis in sustainability science, *Proceedings of the national academy of sciences*, 100(14), 8074-8079.
<https://doi.org/10.1073/pnas.12313351>
- Tenney, A., Kværner, J., & Gjerstad, K. I. (2006). Uncertainty in environmental impact assessment predictions: the need for better communication and more transparency, *Impact Assessment and Project Appraisal*, 24(1), 45-56.
<https://doi.org/10.3152/147154606781765345>
- Viñals, E., Maneja, R., Rufi-Salís, M., Martí, M. and Puy, N. (2023). Reviewing social-ecological resilience for agroforestry systems under climate change conditions, *Science of The Total Environment*, 869, 161763.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.161763>
- Walker, B., Holling, C.S., Carpenter, S.S.R., and Kinzig, A. (2004). Resilience, adaptability and transformability in social-ecological systems, *Ecology and Society*, 9(2).
<http://www.ecologyandsociety.org/vol9/iss2/art5/>
- Wang, K., Cai, Z., Xu, Y. and Zhang, F. (2022). Hexagonal cyclical network structure and operating mechanism of the social-ecological system, *Ecol. Ind.*, 141, 109099.
<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.109099>
- Wilson, G.A. and Wilson, O.J. (2019). Assessing the resilience of human systems: a critical evaluation of universal and contextual resilience variables, *Resilience*, 7(2), 126-148.
<https://doi.org/10.1080/21693293.2018.1539205>
- Wu, J. (2012). A landscape approach for sustainability science. In M. P. Weinstein, & R. E. Turner (Eds.). *Sustainability science - the emerging paradigm and the urban environment* (59-77). New York, NY: Springer.
[DOI:10.1007/978-1-4614-3188-6_3](https://doi.org/10.1007/978-1-4614-3188-6_3)
- Zhou, J., Hou, Q. and Li, W. (2022). Spatial resilience assessment and optimization of small watershed based on complex network theory, *Ecological Indicators*, 145, 109730.
<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.109730>