

Identifying Vulnerability Patterns among Smallholder Farmers to Climate Change: A Case Study of Pistachio Farmers in Yazd Province, Iran

Sara Pakzad Asl¹, Maryam Omidi Najafabadi^{2*}, Seyed Jamal Farajollah Hosseini³

1. PhD. student, Department of Agricultural Extension and Education, SR.C. Islamic Azad University, Tehran, Iran

2. **Corresponding Author**, Professor, Department of Agricultural Extension and Education, SR.C. Islamic Azad University, Tehran, Iran

Email: ma.omidi@iaau.ac.ir

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1830-7660>

3. Associate Professor, Department of Agricultural Extension and Education, SR.C. Islamic Azad University, Tehran, Iran

Article Info	ABSTRACT
Article type: Research Article	This study develops a typology of climate change vulnerability among smallholder farmers and derives targeted policy implications. The statistical population consisted of pistachio farmers in Yazd Province, and a sample size of 314 farmers was determined using Cochran's formula and selected through stratified random sampling. Data were collected using a questionnaire whose validity and reliability were confirmed. The data were analyzed using principal component analysis to identify the key dimensions of vulnerability and cluster analysis to classify farmers based on their vulnerability patterns. The results of the principal component analysis identified a set of environmental and socioeconomic factors, including climatic stresses, weather-related hazards, biotic stresses, Constraints on resources, inputs, and agricultural production, human capital, financial resources, social capital, and access to infrastructure and services. The cluster analysis revealed three distinct vulnerability clusters among the farmers. The first cluster accounted for 32.6% of the sample and was characterized by high adaptive capacity and low exposure, representing a low-vulnerability pattern. The second cluster, comprising 42.0% of the sample, was the largest group and was characterized by high vulnerability and low adaptive capacity. The third cluster accounted for 25.4% of the sample and represented an intermediate level of vulnerability and adaptive capacity. Overall, the findings demonstrate considerable heterogeneity in vulnerability patterns among smallholder pistachio farmers in Yazd Province and highlight the need to account for differences among farmer groups when designing policies and interventions aimed at reducing vulnerability and strengthening adaptive capacity to climate change.
Article history:	
Received:	
Revised:	
Accepted:	
Published:	
Keywords: Vulnerability; Climate Change; Adaptation; Principal Component Analysis; Cluster Analysis.	

How to Cite: Last Name, Initial., Last Name, Initial., & Last Name, Initial. (2021). Title of paper. *Journal of Natural Environmental Hazards*, -- (--), ---.



© The Author/Authors

Publisher: University of Sistan and Baluchestan

DOI: 0000000000000000

EXTENDED ABSTRACT

INTRODUCTION

Climate change has emerged as one of the most critical global challenges, posing a serious threat to the sustainability of agricultural systems, particularly in arid and semi-arid regions. Rising temperatures, declining precipitation, and the increasing frequency of extreme climate events have significantly undermined food security and the livelihoods of smallholder farmers, who generally possess limited adaptive capacity. In Iran, climatic evidence indicates a continuing trend of increasing temperatures, diminishing water resources, and intensifying environmental stresses, all of which have had growing adverse effects on agricultural production, especially strategic crops. Among the most vulnerable regions, Yazd Province is highly exposed due to its arid climate and strong economic dependence on pistachio cultivation. Climate change has led to declining yields, reduced product quality, and increased production risks in pistachio orchards. Despite the crucial role of smallholder farmers in ensuring food security and sustaining Iran's pistachio exports, previous studies have largely focused on macro-level assessments while overlooking structural differences among farmer groups. Therefore, this study adopts a vulnerability typology approach to identify distinct vulnerability patterns among smallholder pistachio farmers in Yazd Province, providing an evidence-based foundation for developing targeted, equitable, and effective climate change adaptation policies.

DATA AND METHODOLOGY

This applied, quantitative, cross-sectional, and descriptive study was conducted in 2026 to develop a typology of vulnerability patterns among smallholder pistachio farmers facing climate change in Yazd Province, Iran. The study population consisted of 20,578 smallholder orchard owners (≤ 2 ha). Using Cochran's formula, a sample of 314 farmers was selected through Multistage sampling. Data were collected using a structured questionnaire based on the Exposure-Sensitivity-Adaptive Capacity (ESA) framework, with indicators categorized into environmental and socio-economic dimensions. The questionnaire's face validity and reliability were confirmed before data collection. Data analysis was conducted in two stages. First, Principal Component Analysis (PCA) was employed to identify the key dimensions of vulnerability and reduce the number of variables. Subsequently, hierarchical cluster analysis followed by the K-means algorithm was applied to classify farmers into homogeneous vulnerability groups. Differences among the identified clusters were examined using one-way analysis of variance (ANOVA). All statistical analyses were performed using SPSS version 21.

RESULTS AND DISCUSSION

To identify homogeneous vulnerability patterns, factor scores derived from three environmental dimensions (climatic stresses, biotic stresses, and weather-related hazards) and six socio-economic dimensions (constraints on resources, inputs, and agricultural production, human capital and household demographic structure, financial resources and economic resilience, access to infrastructure and support services, access to welfare and health services, and social capital and institutional support) were used as input variables for cluster analysis. Hierarchical cluster analysis first identified three optimal clusters, after which the K-means algorithm was applied to classify farmers into their final groups. The resulting cluster centers indicated that each group exhibited a distinct pattern of environmental, social, and economic vulnerability. Furthermore, the results of the one-way analysis of variance (ANOVA) revealed statistically significant differences among the three clusters across all vulnerability dimensions (Table 1). These findings confirm the heterogeneous nature of vulnerability among smallholder farmers and highlight the need for differentiated adaptation strategies tailored to the characteristics of each vulnerability group.

Table 1. Results of the One-Way Analysis of Variance (ANOVA)

Factor	Cluster		Error		f	p
	Mean Square	df	Mean Square	df		
Climatic Stresses	87.427	2	0.444	311	196.817	0.000
Weather-Related Hazards	105.258	2	0.330	311	319.421	0.000
Biotic Stresses	101.055	2	0.357	311	283.419	0.000
Constraints on resources, inputs, and agricultural production	100.733	2	0.359	311	280.884	0.000
Human Capital and Household Demographic Structure	110.110	2	0.298	311	369.086	0.000
Financial Resources and Household Economic Resilience	94.154	2	0.401	311	234.835	0.000
Access to Infrastructure and Support Services	111.844	2	0.287	311	389.462	0.000
Access to Welfare and Health Services	111.878	2	0.287	311	389.881	0.000
Social Capital and Institutional Support	104.165	2	0.337	311	309.503	0.000

Cluster analysis identified three distinct vulnerability patterns among smallholder farmers. Cluster 1 (32.6 %) consisted of resilient farmers with the lowest level of vulnerability, characterized by lower exposure to environmental stresses and strong human, financial, social, infrastructural, and institutional capital, resulting in the highest adaptive capacity. For this group, adaptation policies should focus on maintaining and strengthening resilience through capacity-building programs, agricultural insurance, and enhanced support networks. Cluster 2 (42.0%) represented the most vulnerable farmers, experiencing the highest levels of environmental stress and production constraints while exhibiting the lowest adaptive capacity. Accordingly, this group should be prioritized in adaptation and support policies. Cluster 3 (25.4%) displayed a moderate level of vulnerability, suggesting that targeted investments in financial resources, infrastructure, and institutional support could prevent further vulnerability and facilitate the transition of these farmers toward greater resilience. These findings underscore the importance of tailoring climate adaptation policies to the specific vulnerability profiles of different farmer groups (Figure 1).

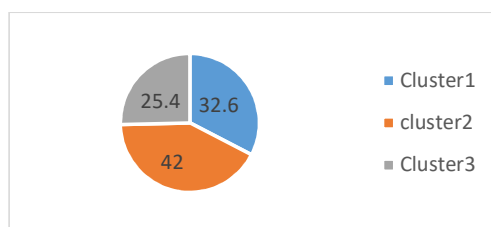


Figure 1. Number of Observations in Each Cluster

CONCLUSION

This study demonstrates that the vulnerability of smallholder farmers to climate change is a multidimensional and heterogeneous phenomenon, indicating that a one-size-fits-all approach to adaptation policy is unlikely to be effective. The vulnerability typology identified three distinct farmer groups, each characterized by different combinations of environmental exposure and adaptive capacity, thereby requiring tailored adaptation strategies. The findings further reveal that enhancing farmers' resilience depends not only on reducing exposure to climate-related hazards but also on strengthening human, financial, social, institutional, and infrastructural capital. Therefore, the effectiveness of climate change adaptation policies relies on shifting from generalized interventions toward evidence-based, targeted, and context-specific strategies that address the unique characteristics and needs of each vulnerability group. Such an approach can improve the efficiency of resource allocation, enhance farmers' adaptive capacity, and contribute to the long-term sustainability and resilience of agricultural systems.

ETHICAL CONSIDERATIONS

Conflict of Interest Statement: The authors declare no conflict of interest.

Ethical Statement: This article does not contain any studies with human participants or animals performed by any of the authors.

REFERENCES

References (in Persian)

- Ahmadi, M., Omid Najafabadi, M. and Motamedvaziri, B. (2023). Designing the adaptive behavior model of Varamin livestock farmers in dealing with climate change with a Bayesian approach. *Journal of Natural Environmental Hazards*, 12(38), 97-112. doi: 10.22111/jneh.2023.44345.1939 [In Persian]
- Akhgari, M. and Ghasemian Moghaddam, A. (2023). Prioritization of the effective factors on increasing the economic resilience of rural households against drought (Case study: Dastgerdan section of Tabas county). *Village and Space Sustainable Development*, 4(2), 112-129. doi: 10.22077/vssd.2023.5530.1121. [In Persian]
- Ardali, F., Tarazkar, M., Nasrniya, F. and Shokoohi, Z. (2024). Factors affecting livelihood Vulnerability of Farmers in Rural Areas of Southern Bakhtegan Lake. *Village and Development*, 26(4), 65-90. doi: 10.30490/rvt.2023.362242.1525. [In Persian]
- Asakereh, F. and Farajzadeh, Z. (2023). Assessing the vulnerability of Iranian provinces to climate change, *Agricultural Economics Research*, 15(1), 91-105. doi: 10.30495/jae.2023.28683.2280. [In Persian]
- Asimeh, M., Nooripoor, M., Karami, A. and Ahmadvand, M. (2026). Investigating the Adaptation Strategies of Smallholder Farmers in Zarghan County to Cope with Climate Change. *Village and Development*, 29(1), e132430 doi: 10.30490/rvt.2026.367538.1706. [In Persian]
- Baniasadi, A., Mazidi, A., Mozaffari, G.A. and Omidvar, K. (2023). Climate Change and its Effect on Agricultural Climate Indices of Pistachio Tree in Kerman Province: A case study of Rafsanjan Station. *The Journal of Geographical Research on Desert Areas*, 11(1), 179-191. doi: 10.22034/grd.2023.20098.1579. [In Persian]
- Hajarian, A. (2023). Perceived causes of farmers' vulnerability with emphasis on drought (Case study: desert areas of eastern Isfahan). *Geographical studies of arid regions*, 14(53), 137-121. doi: 10.22034/jargs.2023.392647.1021. [In Persian]
- Houshyar, S., Dehbashi, V., Mohammadi, H., Esmahilpormogadam, H., Sargazi, A., and Keikha, A. (2025). The effect of climate change on the economy of Iran's agricultural sector. *Management of Natural Ecosystems*, 3(4), 40-49. doi: 10.22034/emj.2025.722981. [In Persian]
- Khodaverdizadeh, M., Kazempuor, A., Shakeri Bostanabad, R., & Yousefzadeh, L. (2025). Investigating factors affecting Iran's Pistachios Virtual Land Exports. *Agricultural Economics Research*, 16(4), 43-58. doi: 10.30495/jae.2024.27856.2401. [In Persian]
- Statistical Center of Iran. (2024). Detailed results of the General Agricultural Census 2024, available at: file:///C:/Users/diamond/Downloads/Final%20Report%20-%20Agri%20Census%201403%20ed.%201.11_1.pdf [In Persian]
- Statistical Center of Iran. (2024). Detailed results of the General Agricultural Census 2024 (Yazd Province), available at: <https://amar.org.ir/statistical-information/statid/55675> [In Persian]
- Taghiloo, A. (2023). Analysis of Flexibility Capacity of Rural Livelihood System against Water Crisis Using Fuzzy Inference System (Urmia, Bakeshlou Chay). *Economic Geography Research*, 4(11), 56-69. doi: 20.1001.1.27173747.1402.4.11.4.6. [In Persian]
- Tajbakhsh, S. (2025). Examining the Latest State of the Climate and Its Changes on a Global and National Scale. *Nivar*, 49(128-129), 173-194. doi: 10.30467/nivar.2025.529698.1340. [In Persian]

References (in English)

- Ahmed, S.K. (2024). How to choose a sampling technique and determine sample size for research: A simplified guide for researchers, *Oral Oncol. Rep.* 12, 100662. <https://doi.org/10.1016/j.oor.2024.100662>.
- Ahouangan, B., Koura, B., Lesse, A., Ahoyo, C., Toyi, S., Vissin, E. and Houinato, M. (2024). Typology analysis and adaptive capacity of commercial gardening farmers to climate change in peri-urban areas along the coastal area of Benin (West Africa). *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 8, 1356665. doi: 10.3389/fsufs.2024.1356665
- Almasi, A., Fatemi, S.E. and Eghbalzadeh, A. (2026). Assessing the impact of climate change on rainfall patterns in Kermanshah, Iran: a machine learning approach. *Appl Water Sci* 16, 105. <https://doi.org/10.1007/s13201-026-02768-3>
- Andani, A., Jamhari, I., Suryantini, A., 2021. Assessing Multidimensional Resilience of Smallholder Plantations in Bengkulu Province, Indonesia, *Advances in Economics, Business and Management Research*, volume 199, Proceedings of 1st International Conference on Sustainable Agricultural Socio-economics, Agribusiness, and Rural Development (ICSASARD 2021)
- Azine, P.C., Mugumaarhahama, Y., Mutwedu, V.B., Mondo, J.M., Chuma, G.B., Buchekabiri, A., Mutume, T., Bagula, E.M., Ayagirwe, R.B., Baenyi, S.P., Bacigal, S.B., Karume, K., 2025. Assessing smallholder farmers' vulnerability to climate change and coping strategies in South Kivu Province, eastern Democratic Republic of Congo. *Environ Syst Res.* 14, 2. <https://doi.org/10.1186/s40068-025-00393-8>

- Baffour-Ata, F., Atta-Aidoo, J., Boakye, L., Adzigbli, W., Asenso Acheampong, M., Tettey Angmor, R., ... Davies, P. (2026). Vulnerability of smallholder vegetable farmers to climate variability in Bosome Freho, Ghana. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 1–29. <https://doi.org/10.1080/21683565.2026.2635087>
- Belew, K.Y., Kotila, V.A., Bello, K.A., Kadir, R.A., & Mohammed, S.M. (2026). The extreme vulnerability of smallholder farmers of changing climate along with its effect upon the production: evidence from Nigeria. *Nigerian Journal of Agriculture and Agricultural Technology*, 6(1A), 106–117. Retrieved from <https://njaat.com.ng/index.php/njaat/article/view/1446>
- Chapagain, P.S., Banskota, T.R., Shrestha, S. et al. (2025). Studies on adaptive capacity to climate change: a synthesis of changing concepts, dimensions, and indicators. *Humanit Soc Sci Commun* 12, 331. <https://doi.org/10.1057/s41599-025-04453-3>
- Chatsiwa, J. (2024). Vulnerability to Climate Variability of Smallholder Farmers in Gutu District, Zimbabwe: A Pro-Poor Asset Adaptation Approach. *Journal of Asian and African Studies*, 0(0). <https://doi.org/10.1177/00219096241284738>
- Davis, B., Mane, E., Gurbuzer, L., Caivano, G., Piedrahita, N., Schneider, K., et al. (2026). A new estimate for global and country-level employment in agrifood systems, *World Development*, 203, 107296. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2025.107296>
- Dzawanda, B., Chapungu, L., Maoela, M., Matsa, M. and Mapitsa, C. (2024). The trends and drivers of climate change vulnerability in rural southern Africa, in *Climate Change Resilience in Rural Southern Africa: Dynamics, Prospects and Challenges* (Springer book, page Springer Nature Switzerland: Cham), 31–48.
- Enerlan, G.P., 2023. An analysis of the economic resilience and vulnerability of local economies in the Philippines to hydrometeorological disasters. *Int. J. Disaster Risk Reduct.* 84, 103447. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2022.103447>
- Fang, M. & Wu, Y. (2025). Examining the effects of government subsidies on farmers' livelihoods for agricultural sustainability in the context of climate change: Evidence from 8,089 farmers in China, *Sustainable Futures*, 10, 101547. <https://doi.org/10.1016/j.sfr.2025.101547>
- Foreign Agricultural Service, 2025. Top Producing Countries, <https://www.fas.usda.gov/data/production/commodity/0577907>
- Goshu, K. G., Enyew, F. B., Debele, S. E., & Tarekegn, G. B. (2026). Smallholder Farmers' Vulnerability to Climate Variability in Different Agro-Ecological Zones of Legambo District, North-Central Ethiopia. *Agriculture*, 16(7), 766. <https://doi.org/10.3390/agriculture16070766>
- Ilić, D., Rastija, M., Šimić, D., Lončarić, Z., Drenjančević, L., Zebec, V., Samfira, I., Zoican, C., & Varga, I. (2025). Effects of Extreme Combined Abiotic Stress on Yield and Quality of Maize Hybrids. *Agronomy*, 15(6), 1440. <https://doi.org/10.3390/agronomy15061440>
- International Nut & Dried Fruit Council (2024). Pistachios Global Statistical Review. <https://inc.nutfruit.org/pistachios-global-statistical-review-2/#are>
- Intergovernmental Panel on Climate Change (2022). *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Cambridge & New York: Cambridge University Press.
- Islam, A.R., Alam, G. M.M., Samad, R. B., Sarker, M. N. I., Khatun, M. N., Bhandari, H., Hossain, M.D., Mallick, J. & Khan, M. S. (2026). Assessing smallholder farmers' vulnerability to climate change in northern Bangladesh. *Local Environment*, 31, 1–24. <https://doi.org/10.1080/13549839.2026.2631487>
- Jamshidi, O., Asadi, A., Kalantari, K., Azadi, H., Scheffran, J., 2019. Vulnerability to climate change of smallholder farmers in Hamadan province, Iran. *Clim. Risk Manag.* 23, 146–159. <https://doi.org/10.1016/j.crm.2018.06.002>
- Jha, C.K. and Gupta, V. (2021). Farmers' perceptions and factors determining the adaptation decisions to cope with climate change: Evidence from rural India, *Environmental and Sustainability Indicators*, 10, 100112. <https://doi.org/10.1016/j.indic.2021.100112>
- Khan, M. S. (2026). Assessing smallholder farmers' vulnerability to climate change in northern Bangladesh. *Local Environment*, 1–24. <https://doi.org/10.1080/13549839.2026.2631487>
- Konak, A., Balta-Ozkan, N., Shrimpton, E. et al. (2026). Operationalizing vulnerability and resilience interdependencies in drought risk management. *Sustainability Science*, 21(4). <https://doi.org/10.1007/s11625-026-01859-z>
- Lankamo, AA, R, D., Bati, B.E., Dira, S.J., 2025. Confronting the uncertainty: Vulnerability to climate change among smallholder farmers in Sidaama region, Ethiopia. *PLoS One*. 20(5), e0323469. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0323469>
- Li, E., Zhao, J., Pullens, J.W.M., Yang, X. (2022). The compound effects of drought and high temperature stresses will be the main constraints on maize yield in Northeast China. *Science of The Total Environment*, 812, 152461. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.152461>
- Li, W.L., Dong, S.C., Lin, H.Y., Li, F.J., Cheng, H., Jin, Z., Wang, S., Zhang, H., Hou, P.S. and Xia, B. (2023). Vulnerability of farmers and herdsman households in Inner Mongolian Plateau to arid climate disasters and their development model. *Journal of Cleaner Production*, 402, 136853. doi: [10.1016/j.jclepro.2023.136853](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.136853)
- Likinaw, A., Alemayehu, A., and Bewket, W. (2024). Smallholder farmers' vulnerability to climate change in northwest Ethiopia. *Climate Change Strategies and Management*, 16(5), 469–490. <https://doi.org/10.1108/IJCCSM-03-2023-0041>
- Liu, X., Liu, S., Wang, R., Tang, H., Zhang, F., Jia, L., Sun, X. (2024). Vulnerability of Farmer Households to Climate Change in Rocky Desertification Areas—A Case Study of Guizhou Province. *Land*, 13, 582. <https://doi.org/10.3390/land13050582>
- Lokonon, B. (2018). Farmers' vulnerability to climate shocks: insights from the Niger basin of Benin. *Clim Dev* 11(7), 585–596. <https://doi.org/10.1080/17565529.2018.1511403>

- Mandal, U., Karim, F., Yu, Y., Ghosh, A., Zahan, T., Mallick, S., Kamruzzaman, M., Paul, P. and Mainuddin, M. (2025). Assessing vulnerability and climate risk to agriculture for developing resilient farming strategies in the Ganges Delta, *Climate Risk Management*, 47, 100690. <https://doi.org/10.1016/j.crm.2025.100690>.
- Mehta, B. S., & Sudan, F. K. (2026). Assessing Climate-Induced Vulnerability and Adaptive Capacity of Mountain Communities in South and Central Asia: Comparative Evidence from the Himalayas and Central Asian Highlands. *Societies*, 16(7), 209. <https://doi.org/10.3390/soc16070209>
- Metiso, N.F. and Mboweni, S.H. (2025). Barriers and Enablers of Health Services Utilisation in Rural Communities of Nkomazi Sub-District in Mpumalanga Province, South Africa: A Quantitative Community Survey. *Health Serv Insights*. 18, 11786329251356931. doi: 10.1177/11786329251356931.
- Mirón, I.J., Linares, C., Díaz, J. (2023). The influence of climate change on food production and food safety. *Environ. Res.* 3, 114674.
- Mpofu, M., Makumbe, P., Du Toit, L., Chikwanda, D., Madzimure, J. and Chakeredza, S. (2025). The contribution of indigenous multipurpose trees found in southern Africa to increased livestock production and climate change adaptation: a review. *Frontiers in Climate*, 7: 1636284. doi: 10.3389/fclim.2025.1636284
- Mugisho, G.M., Ngalo, L.M., Lukeba, F.N. (2024). Vulnerability and adaptation of maize smallholder farmers to climate change: a Sub-Saharan African context. *Discov Agric*. 2(1). <https://doi.org/10.1007/s44279-024-00023-4>
- Musenge, P., Mafongoya, P., & Lottering, S. (2026). Social Capital and Climate Change Resilience of Smallholder Farmers in Bergville, KwaZulu-Natal, South Africa. *Agriculture*, 16(8), 856. <https://doi.org/10.3390/agriculture16080856>
- Nazari Nooghabi, S., Fleskens, L., Sietz, D., & Azadi, H. (2020). Typology of vulnerability of wheat farmers in Northeast Iran and implications for their adaptive capacity. *Climate and Development*, 12(8), 703–716. <https://doi.org/10.1080/17565529.2019.1679072>
- Olsson, L., Opondo, M., Tschakert, P., Agrawal, A., Eriksen, S., Ma, S., Perch, L., Zakeldeen, S. (2014). Livelihoods and Poverty: climate change 2014: impacts, adaptation, and vulnerability. Part A: Global and sectoral aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, p 793–832. <https://lup.lub.lu.se/search/publication/5bcb5b9f-e16b-4d4e-a8bc-d9096c560e5e>
- Omolo, N., and Mafongoya, P.L. (2019). Gender, social capital and adaptive capacity to climate variability: A case of pastoralists in arid and semi-arid regions in Kenya. *Climate Change Strategies and Management*, 11(5), 744–758, doi: <https://doi.org/10.1108/IJCCSM-01-2018-0009>
- Sarker, M.N.I., Peng, Y., Yiran, C., Shouse, R.C. (2020). Disaster resilience through big data: Way to environmental sustainability. *Disaster Risk Reduct.* 51, 101769. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2020.101769>
- Serkendiz, H., Tatli, H., Özcan, H., Çetin, M. and Sungur, A. (2023). Multidimensional assessment of agricultural drought vulnerability based on socioeconomic and biophysical indicators, *Disaster Risk Reduction*, 98, 104121. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2023.104121>
- Shahraki, A.S., Caloiero, T. and Bazrafshan, O. (2023). Influence of Climatic Factors on Yields of Pistachio, Mango, and Bananas in Iran. *Sustainability*, 15, 8962. <https://doi.org/10.3390/su15118962>
- Shehzad, M.F., Lyeo, J.S., Bleibel, N. et al. (2026). A scoping review of climate vulnerability indicators: implications for neighborhood-level vulnerability. *Climatic Change* 179, 49. <https://doi.org/10.1007/s10584-026-04122-7>
- Sigudla, J. & Maritz, J.E. (2023). Exploratory factor analysis of constructs used for investigating research uptake for public healthcare practice and policy in a resource-limited setting, South Africa. *BMC Health Serv Res* 23, 1423. <https://doi.org/10.1186/s12913-023-10165-8>
- Slayi, M., Muchaku, S., Kabiti, H., Ndhleve, S. and Dzvene, A.R. (2026). Climate vulnerability and adaptation pathways among smallholder sheep farmers in the Drakensberg Grasslands of South Africa. *Front. Clim.* 8:1785998. doi: [10.3389/fclim.2026.1785998](https://doi.org/10.3389/fclim.2026.1785998)
- Swami, D., Parthasarathy, D. (2021). Dynamics of exposure, sensitivity, adaptive capacity and agricultural vulnerability at district scale for Maharashtra, India. *Ecological Indicators* 121, 107206.
- Touch, V., Tan, D., Cook, B., Liu, D., Cross, R., Tran, T., Utomo, A., Yous, S., Grunbuhel, C. and Cowie, A. (2024). Smallholder farmers' challenges and opportunities: Implications for agricultural production, environment and food security, *Journal of Environmental Management*, 370, 122536. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.122536>.
- Wang, J. and Azam, W. (2024). Natural resource scarcity, fossil fuel energy consumption, and total greenhouse gas emissions in top emitting countries, *Geoscience Frontiers*, 15(2), 101757. <https://doi.org/10.1016/j.gsf.2023.101757>.
- World Bank. (2023). Working with Smallholders a Handbook for Firms Building Sustainable Supply Chains. <https://documents1.worldbank.org/curated/en/099539509192310890/pdf/IDU044aaba604a490412808a520ab7ba07b96ed.pdf>
- Yanqing, W., Jiao, L., Lu, Z., Hao, W., Yiming, Z., Irshad, A. and Guisheng, Z. (2026). Abiotic stress responses in crop plants: A multi-scale approach, *Journal of Integrative Agriculture*, 25(1), 1-15. <https://doi.org/10.1016/j.jia.2024.09.003>.
- Zaatra, A., Requier-Desjardins, M., Rey-Valette, H., Blayac, T., & Belhouchette, H. (2025). Assessment of Farm Vulnerability to Climate Change in Southern France. *Land*, 14(7), 1388. <https://doi.org/10.3390/land14071388>
- Zhang, R., Jiang, A., & Jiang, L. (2025). Exposure-Sensitivity-Adaptability (ESA) framework-based evaluation and characteristics analysis of urban disasters vulnerability in China, *Ecological Indicators*, 176, 113662. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2025.113662>.

شناسایی الگوهای آسیب‌پذیری کشاورزان خرده‌مالک در برابر تغییرات اقلیمی: مطالعه موردی پسته‌کاران استان یزد

سارا پاکزاد اصل^۱، مریم امیدی نجف آبادی^{۲*} ، سیدجمال فرج الله حسینی^۳

۱. دانشجوی دکتری ترویج و آموزش کشاورزی، گروه ترویج و آموزش کشاورزی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

۲. استاد گروه ترویج و آموزش کشاورزی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران (نویسنده مسئول)

ایمیل: ma.omidi@iau.ac.ir ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1830-7660>

۳. دانشیار گروه ترویج و آموزش کشاورزی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله پژوهشی تاریخ دریافت: ---/---/--- تاریخ ویرایش: ---/---/--- تاریخ پذیرش: ---/---/--- تاریخ انتشار: ---/---/--- واژه‌های کلیدی: آسیب‌پذیری، تغییرات اقلیمی، سازگاری، تحلیل مؤلفه‌های اصلی، تحلیل خوشه‌ای.	این پژوهش با هدف شناسایی الگوهای آسیب‌پذیری کشاورزان خرده‌مالک در برابر تغییرات اقلیمی با مطالعه موردی پسته‌کاران استان یزد انجام شد. جامعه آماری پژوهش را پسته‌کاران استان یزد تشکیل دادند و حجم نمونه بر اساس فرمول کوکران ۳۱۴ نفر تعیین شد که با استفاده از روش نمونه‌گیری تصادفی طبقه‌ای انتخاب شدند. ابزار گردآوری داده‌ها پرسشنامه بود که روایی و پایایی آن تأیید شد. داده‌ها با استفاده از تحلیل مؤلفه‌های اصلی برای شناسایی ابعاد کلیدی آسیب‌پذیری و تحلیل خوشه‌ای برای طبقه‌بندی کشاورزان بر اساس الگوهای آسیب‌پذیری مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. نتایج تحلیل مؤلفه‌های اصلی، مجموعه‌ای از عوامل محیطی و اجتماعی - اقتصادی شامل تنش‌های اقلیمی، مخاطرات جوی، تنش‌های زیستی، محدودیت‌های منابع، نهاده‌ها و تولید کشاورزی، سرمایه انسانی، منابع مالی، سرمایه اجتماعی و دسترسی به زیرساخت‌ها و خدمات را شناسایی کرد. نتایج تحلیل خوشه‌ای نشان داد که کشاورزان در سه خوشه متمایز آسیب‌پذیری طبقه‌بندی می‌شوند. خوشه اول شامل ۳۲/۶ درصد از نمونه بوده و با ظرفیت سازگاری بالا و مواجهه پایین، بیانگر الگوی آسیب‌پذیری پایین است. خوشه دوم با ۴۲/۰ درصد، بزرگ‌ترین گروه را تشکیل داده و با آسیب‌پذیری بالا و ظرفیت سازگاری پایین مشخص می‌شود. خوشه سوم نیز شامل ۲۵/۴ درصد از نمونه بوده و در وضعیت میانی از نظر آسیب‌پذیری و ظرفیت سازگاری قرار دارد. در مجموع، یافته‌ها نشان‌دهنده ناهمگنی قابل توجه الگوهای آسیب‌پذیری در میان پسته‌کاران خرده‌مالک استان یزد است و ضرورت توجه به تفاوت‌های موجود میان گروه‌های کشاورزان را در برنامه‌ریزی برای کاهش آسیب‌پذیری و تقویت ظرفیت سازگاری با تغییرات اقلیمی نشان می‌دهد.

استناد: نام خانوادگی، نام؛ نام خانوادگی، نام (۱۴۰۰). عنوان مقاله. مخاطرات محیط طبیعی، ---، ---، ---.

این نسخه موقت و قبل از چاپ نهایی می‌باشد. لطفاً برای ارجاع دقت کنید این نسخه بدون تاریخ و شماره است.

مقدمه

تغییرات اقلیمی به طور فزاینده‌ای به عنوان یکی از مهم‌ترین چالش‌های جهانی مؤثر بر سیستم‌های کشاورزی، به ویژه در مناطق در حال توسعه که معیشت به شدت وابسته به آب و هوا است، شناخته می‌شود (اسلای و همکاران^۱، ۲۰۲۶). بخش کشاورزی بیش از ۱/۳ میلیارد نفر در سراسر جهان را حمایت می‌کند و به طور قابل توجهی در امنیت غذایی، تولید درآمد و توسعه روستایی نقش دارد (دیویس و همکاران^۲، ۲۰۲۶). با این حال، افزایش دما، تغییر الگوهای بارندگی و افزایش فراوانی رویدادهای شدید اقلیمی مانند خشکسالی و سیل، سیستم‌های تولید کشاورزی را مختل کرده و پایداری آنها را تهدید می‌کند (امپوفا و همکاران^۳، ۲۰۲۵). پیامدهای این تغییرات در سیستم‌های کشاورزی خرده‌مالکی، به دلیل محدودیت منابع و ظرفیت‌های سازگاری، به مراتب محسوس‌تر است (دزاواندا و همکاران^۴، ۲۰۲۴).

بر اساس گزارش سال ۲۰۲۴ هیأت بین‌المللی تغییر اقلیم^۵، شواهد حاصل از داده‌های ثبت‌شده در ایستگاه‌های هواشناسی ایران، بیانگر روند افزایشی میانگین دمای سالانه و کاهش میزان بارندگی در کشور است (الماسی و همکاران^۶، ۲۰۲۶). سناریوهای ارائه‌شده توسط این هیأت، در صورت تداوم روند کنونی انتشار گازهای گلخانه‌ای، افزایش میانگین دمای ایران تا حدود ۵/۲ درجه سانتی‌گراد در سال ۲۰۵۰ و حدود ۵/۴ درجه سانتی‌گراد تا پایان قرن حاضر را پیش‌بینی می‌کنند. چنین روندی با پیامدهای قابل توجهی برای منابع آب، تولیدات کشاورزی و سلامت عمومی کشور همراه خواهد بود (تاجبخش، ۱۴۰۴). کشور ایران با مسائلی مانند کمبود آب، فرسایش خاک و بهره‌وری پایین کشاورزی روبرو است که در اثر بلایای زیست‌محیطی و اقلیمی تشدید می‌شود و پایداری آب و امنیت غذایی را بیشتر تحت فشار قرار می‌دهد (هوشیار و همکاران^۷، ۱۴۰۲).

بنابراین، به نظر می‌رسد با توجه به آثار گسترده و متقابل تغییر اقلیم بر بخش کشاورزی و با توجه به سطح بالای آسیب‌پذیری کشاورزان خرده‌مالک و همچنین روند افزایشی تغییر اقلیم، کشاورزان نیازمند سازگاری و مقابله با این تغییرات هستند (آسیمه و همکاران، ۱۴۰۵). در سطح جهانی، حدود ۶۰۰ میلیون کشاورز خرده‌مالک بر روی اراضی کمتر از دو هکتار فعالیت می‌کنند (مجمع جهانی اقتصاد^۷، ۲۰۲۲). در ایران نیز بر اساس آخرین نتایج سرشماری عمومی کشاورزی (مرکز آمار ایران، ۱۴۰۳)، از مجموع ۳۶۵۵۲۸۵ واحد بهره‌برداری کشاورزی، تعداد ۱۹۶۰۳۱۱ واحد (حدود ۵۳/۶ درصد) در زمره بهره‌برداران خرده‌مالک قرار دارند و هر یک کمتر از دو هکتار اراضی کشاورزی در اختیار دارند. در استان یزد نیز وضعیت مشابهی مشاهده می‌شود. از مجموع ۷۳۸۶۱ واحد بهره‌برداری کشاورزی، تعداد ۵۹۸۰۸ واحد (حدود ۸۰/۹ درصد) خرده‌مالک هستند و کمتر از دو هکتار زمین کشاورزی را مدیریت می‌کنند (مرکز آمار ایران، ۱۴۰۳).

به همین دلیل، پژوهش‌های مرتبط با آسیب‌پذیری خرده‌مالکان گسترش یافته‌اند و اولویت اصلی آن‌ها حمایت از تدوین و اجرای سیاست‌های سازگاری است (احمدی و همکاران، ۱۴۰۲). درک بهتر آسیب‌پذیری جوامع، پیش‌نیاز

¹ Slay et al.

² Davis et al.

³ Mpofu et al.

⁴ Dzawanda et al.

⁵ Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)

⁶ Almasi et al.

⁷ World Economic Forum

این نسخه موقت و قبل از چاپ نهایی می‌باشد. لطفاً برای ارجاع دقت کنید این نسخه بدون تاریخ و شماره است.

تأمین امنیت غذایی و معیشتی از طریق کاهش اثرات نامطلوب رویدادهای حدی آب‌وهوایی و سایر مخاطرات بر نظام‌های کشاورزی و همچنین افزایش تاب‌آوری در برابر بلایا محسوب می‌شود (کوناک و همکاران^۱، ۲۰۲۶).

در حالی که تفاسیر متعددی از آسیب‌پذیری در برابر تغییرات اقلیمی وجود دارد، هیچ اجماعی در مورد تعریف دقیق آن وجود ندارد (ازین و همکاران^۲، ۲۰۲۵). جامع‌ترین و پذیرفته‌شده‌ترین تعریف آسیب‌پذیری از سوی هیأت بین‌دولتی تغییرات اقلیمی ارائه شده است: «میزان ناتوانی یک سیستم در مقابله با اثرات نامطلوب تغییرات اقلیمی، از جمله تغییرپذیری و شرایط حدی اقلیمی» (اولسون و همکاران^۳، ۲۰۱۴). آسیب‌پذیری تغییرات اقلیمی به میزان آسیب‌پذیری یک سیستم، مانند یک جامعه، منطقه یا بخش، در برابر اثرات نامطلوب تغییرات اقلیمی اشاره دارد. در نتیجه، آسیب‌پذیری با توجه به نوع، بزرگی و میزان تغییرپذیری اقلیمی که یک سیستم تجربه می‌کند و همچنین ظرفیت سازگاری آن تعیین می‌شود (لوکونون^۴، ۲۰۱۸). آسیب‌پذیری وابسته به شرایط است و توسط تعاملات بین آب و هوا، شیوه‌های کشاورزی و عوامل اجتماعی-سیاسی شکل می‌گیرد (موگیشو و همکاران^۵، ۲۰۲۴).

این مطالعه چارچوب مواجهه-حساسیت-تطبیق‌پذیری^۶ را اتخاذ و توسعه می‌دهد. این چارچوب، آسیب‌پذیری را از طریق سه بُعد اصلی به هم پیوسته مفهوم‌سازی می‌کند (ژانگ و همکاران^۷، ۲۰۲۵):

مواجهه: مواجهه به درجه، مدت، شدت و نوع تأثیر اختلالات بر یک سیستم اشاره دارد (اسوامی و پارتاساراتی^۸، ۲۰۲۱). در بخش کشاورزی، شدت و فراوانی مخاطرات طبیعی شاخص مهمی برای سنجش میزان مواجهه با تغییرات اقلیمی است (لی و همکاران^۹، ۲۰۲۳). این بخش به‌طور مداوم تحت تأثیر تنش‌های غیرزیستی مانند خشکسالی، کاهش بارندگی، موج‌های گرما، سرمازدگی، سیلاب، تگرگ و طوفان قرار دارد که با اختلال در فرآیندهای فیزیولوژیکی و ایجاد آسیب‌های فیزیکی، تولید را کاهش می‌دهند (لی و همکاران، ۲۰۲۲؛ لیو و همکاران^{۱۰}، ۲۰۲۴). همچنین، تنش‌های زیستی شامل آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز نیز با کاهش رشد و افزایش هزینه‌های تولید، آسیب‌پذیری کشاورزان را تشدید می‌کنند (یانکینگ و همکاران^{۱۱}، ۲۰۲۶). با تشدید تغییرات اقلیمی و افزایش رخداد پدیده‌های حدی، این تنش‌ها به یکی از مهم‌ترین چالش‌های پایداری کشاورزی تبدیل شده‌اند (ایلجکیس و همکاران^{۱۲}، ۲۰۲۵). افزون بر این، تعامل میان تنش‌های غیرزیستی و زیستی، از طریق تضعیف گیاه و افزایش شیوع آفات و بیماری‌ها، نقش مهمی در افزایش آسیب‌پذیری دارد (میرون و همکاران^{۱۳}، ۲۰۲۳). بنابراین، شناخت ابعاد مختلف مواجهه، مبنایی ضروری برای تدوین راهبردهای سازگاری و ارتقای تاب‌آوری نظام‌های کشاورزی است.

حساسیت: حساسیت بیانگر میزان واکنش یک سیستم به محرک‌های خارجی و آثار بالقوه تغییرات اقلیمی است؛ به‌گونه‌ای که سیستم‌های حساس حتی نسبت به تغییرات جزئی محیطی نیز واکنش قابل‌توجهی نشان می‌دهند.

¹ Konak et al.

² Azine et al.

³ Olsson et al.

⁴ Lokonon

⁵ Mugisho et al.

⁶ Exposure-Sensitivity-Adaptability (ESA)

⁷ Zhang et al.

⁸ Swami and Parthasarathy

⁹ Li et al.

¹⁰ Liu et al.

¹¹ Yanqing et al.

¹² Iljkić et al.

¹³ Mirón et al.

این نسخه موقت و قبل از چاپ نهایی می‌باشد. لطفاً برای ارجاع دقت کنید این نسخه بدون تاریخ و شماره است.

(لانکامو و همکاران^۱، ۲۰۲۵). این مفهوم علاوه بر رویدادهای اقلیمی، تحت تأثیر شرایط انسانی، اجتماعی، اقتصادی و محیطی قرار دارد که می‌توانند شدت پیامدهای مخاطرات را افزایش دهند (چاتسیوا^۲، ۲۰۲۴). در بخش کشاورزی، حساسیت تنها به ویژگی‌های محصولات محدود نیست، بلکه محدودیت‌های ساختاری و معیشتی کشاورزان، به‌ویژه خرده‌مالکان، نیز در افزایش آسیب‌پذیری نقش دارند (تاچ و همکاران^۳، ۲۰۲۴). از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر حساسیت می‌توان به کیفیت زیرساخت‌ها، دسترسی به انرژی، خدمات درمانی و منابع آب اشاره کرد که اختلال در آن‌ها توان تولید و معیشت کشاورزان را کاهش می‌دهد (وانگ و ازم^۴، ۲۰۲۴؛ متیسو و امبونی^۵، ۲۰۲۵؛ حجاریان، ۱۴۰۲). همچنین، ساختار جمعیتی خانوار، افزایش افراد وابسته، تکه‌تکه شدن اراضی، فرسودگی سرمایه‌های تولیدی و مشکلات مالی، ظرفیت مقابله با بحران‌ها را تضعیف کرده و آسیب‌پذیری نظام‌های کشاورزی را افزایش می‌دهد (جها و گوپتا^۶، ۲۰۲۱؛ بافور-آتا و همکاران^۷، ۲۰۲۶).

ظرفیت سازگاری: ظرفیت سازگاری به توانایی افراد، سازمان‌ها و نظام‌ها در استفاده از مهارت‌ها و منابع موجود برای مدیریت شرایط نامطلوب، مخاطرات و بلایا اشاره دارد و با شاخص‌هایی که توان مقاومت و پاسخ مؤثر سیستم را نشان می‌دهند، ارزیابی می‌شود (انرلان^۸، ۲۰۲۳). این مفهوم علاوه بر سازگاری‌های رفتاری، سازگاری‌های فناورانه را نیز در بر می‌گیرد (جمشیدی و همکاران^۹، ۲۰۱۹). در بخش کشاورزی، ظرفیت سازگاری به توانایی کشاورزان و نظام‌های تولیدی برای پیش‌بینی، مقابله و انطباق با تنش‌های اقلیمی، مدیریت مخاطرات و بهره‌گیری از فرصت‌ها به‌منظور حفظ یا بهبود معیشت اطلاق می‌شود و برخلاف حساسیت، بر توان پاسخگویی و سازگار شدن با شرایط جدید تأکید دارد (چاپاگیان و همکاران^{۱۰}، ۲۰۲۵).

این ظرفیت تحت تأثیر مجموعه‌ای از سرمایه‌های انسانی، اجتماعی، فیزیکی، مالی و نهادی قرار دارد. سرمایه انسانی شامل دانش، تحصیلات، تجربه و مهارت کشاورزان، سرمایه اجتماعی شامل شبکه‌های ارتباطی، اعتماد و همکاری، سرمایه فیزیکی شامل زیرساخت‌ها، تجهیزات و فناوری، و سرمایه مالی شامل درآمد، پس‌انداز، تنوع منابع درآمدی و دسترسی به اعتبارات است که امکان اجرای راهبردهای سازگاری را فراهم می‌کنند. همچنین، سرمایه نهادی از طریق سیاست‌های حمایتی، خدمات ترویجی، قوانین و عملکرد نهادهای مرتبط، نقش مهمی در تقویت ظرفیت سازگاری ایفا می‌کند (اومولو و مافونگویا^{۱۱}، ۲۰۱۹؛ تقی‌لو، ۱۴۰۲). بنابراین، افزایش تاب‌آوری کشاورزان مستلزم تقویت هم‌زمان این سرمایه‌ها و ایجاد هماهنگی میان آن‌ها است.

این سه مؤلفه به صورت جداگانه عمل نمی‌کنند. مواجهه بالا همراه با حساسیت بالا و ظرفیت سازگاری پایین منجر به آسیب‌پذیری بسیار بالا می‌شود (وانگ و همکاران، ۲۰۲۵). آسیب‌پذیری اقلیمی از تعامل مواجهه با خطرات،

¹ Lankamo et al.

² Chatsiwa

³ Touch et al.

⁴ Wang & Azam

⁵ Metiso & Mboweni

⁶ Jha & Gupta

⁷ Baffour-Ata et al.

⁸ Enerlan

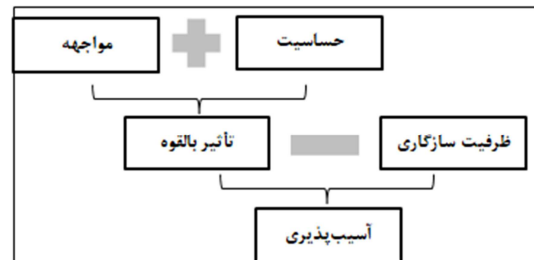
⁹ Jamshidi et al.

¹⁰ Chapagain et al.

¹¹ Omolo & Mafongoya

این نسخه موقت و قبل از چاپ نهایی می باشد. لطفاً برای ارجاع دقت کنید این نسخه بدون تاریخ و شماره است.

حساسیت به اثرات آنها و ظرفیت سازگاری ناشی می شود (سرکار و همکاران^۱، ۲۰۲۰). شکل (۱) ارتباط میان مولفه های آسیب پذیری را نشان می دهد.



شکل ۱: ارتباط میان مولفه های آسیب پذیری

پژوهش های مختلف نشان می دهند که الگوی آسیب پذیری کشاورزان تحت تأثیر عوامل اقتصادی، اجتماعی، نهادی، زیرساختی و محیطی قرار دارد. ایسلام و همکاران^۲ (۲۰۲۶) نشان دادند که درآمد، آموزش، دسترسی به زیرساخت ها، تسهیلات اعتباری و اندازه زمین های کشاورزی از مهم ترین عوامل تعیین کننده آسیب پذیری کشاورزان خرده پا هستند و بر ضرورت مداخلات آموزشی، مالی و نهادی برای تقویت ظرفیت سازگاری تأکید کردند. گوشا و همکاران^۳ (۲۰۲۶) نیز زیرساخت ها، شبکه های اجتماعی، ویژگی های جمعیت شناختی و راهبردهای معیشتی را از عوامل اصلی تعیین کننده آسیب پذیری در مناطق مختلف اتیوپی معرفی کردند. بلیوو و همکاران^۴ (۲۰۲۶) گزارش کردند که سن، تحصیلات، اندازه مزرعه و آگاهی از تغییرات اقلیمی بر آسیب پذیری کشاورزان مؤثر بوده، در حالی که تماس با مروجان، تجربه سیل و مواجهه آفات و بیماری ها نیز نقش معناداری در آن دارند. اسلای و همکاران (۲۰۲۶) نیز نقش شبکه های اجتماعی، انجمن های کشاورزان و زیرساخت ها را در کاهش آسیب پذیری برجسته کردند.

مهتا و سودان^۵ (۲۰۲۶) در بررسی جوامع کوهستانی در هیمالیا و ارتفاعات آسیای مرکزی گزارش کردند آسیب پذیری تنها با قرار گرفتن در معرض آب و هوا توضیح داده نمی شود؛ بلکه با شرایط اجتماعی-اقتصادی، دسترسی نهادی و دارایی های معیشتی نیز مرتبط است و آسیب پذیری عمدتاً با ظرفیت سازگاری محدود مرتبط است. مداخلات سیاستی مبتنی بر زمینه، فراگیر و دارایی محور می تواند به تقویت ظرفیت سازگاری و کاهش آسیب پذیری در اکوسیستم های کوهستانی شکننده کمک کند. موسنگ و همکاران^۶ (۲۰۲۶) نشان دادند اشکال مختلف سرمایه اجتماعی (پیوند، پل و ارتباط) بر اتخاذ استراتژی های سازگاری با تغییرات اقلیمی در میان کشاورزان خرده پا در برگویل، کوازولو-ناتال تأثیر می گذارد و بر نیاز به مداخلات سیاستی که پیوندهای نهادی را تقویت می کنند، تأکید می کند. فانگ و وو^۷ (۲۰۲۵) تأکید کردند که یارانه های دولتی به طور قابل توجهی پایداری معیشت کشاورزی را در برابر تغییرات اقلیمی در چین بهبود می بخشند، اگرچه اثربخشی آنها توسط مقیاس تولید کشاورزی تعدیل می شود.

¹ Sarker et al.

² Islam et al.

³ Goshu et al.

⁴ Belew et al.

⁵ Mehta & Sudan

⁶ Fang & Wu

⁷ Musenge et al.

این نسخه موقت و قبل از چاپ نهایی می‌باشد. لطفاً برای ارجاع دقت کنید این نسخه بدون تاریخ و شماره است.

زارتا و همکاران (۲۰۲۵) عوامل بیوفیزیکی مانند نوع خاک و آبیاری و همچنین متغیرهای اجتماعی-اقتصادی از جمله تجربه کشاورزی و بیمه محصولات را از عوامل تعیین‌کننده آسیب‌پذیری کشاورزان معرفی کردند. لیکیناو و همکاران^۱ (۲۰۲۴) نیز راهبردهای معیشتی، شبکه‌های اجتماعی، دسترسی به منابع آب، زیرساخت‌ها و خدمات بهداشتی را از عوامل مؤثر بر ظرفیت سازگاری و آسیب‌پذیری کشاورزان خرده‌پا دانستند. در ایران، اردالی و همکاران (۱۴۰۲) نشان دادند که سن و تحصیلات سرپرست خانوار، بعد خانوار، دسترسی به اطلاعات هواشناسی، عضویت در تعاونی‌ها، درآمد خارج از مزرعه و دریافت وام بانکی بر آسیب‌پذیری خانوارهای روستایی تأثیر معناداری دارند. همچنین، نظری نوقبادی و همکاران (۲۰۲۰) گزارش کردند که اگرچه خشکسالی عامل اصلی استرس‌زای محیطی است، اما در برخی گروه‌های کشاورزان، عوامل اجتماعی-اقتصادی مانند یکپارچه‌سازی اراضی و سیاست واردات گندم نقش تعیین‌کننده‌تری در آسیب‌پذیری ایفا می‌کنند.

اگرچه بسیاری از پژوهشگران تغییرپذیری اقلیمی را مهم‌ترین منشأ آسیب‌پذیری دانسته‌اند، اما نیاز به درک آسیب‌پذیری در سطحی نظام‌مند وجود دارد (زارتا و همکاران^۲، ۲۰۲۵)؛ سطحی که در آن عوامل محیطی و اجتماعی-اقتصادی به‌صورت پویا با یکدیگر تعامل داشته و آسیب‌پذیری نظام‌های کشاورزی را شکل می‌دهند (نظری نوقابی و همکاران، ۲۰۲۰). از این رو، یکی از گام‌های اساسی در مقابله با مخاطرات طبیعی و انسان‌ساخت، شناسایی مناطق و گروه‌های اجتماعی دارای بیشترین آسیب‌پذیری و همچنین عوامل اصلی ایجادکننده آن است (اهوانجان و همکاران^۳، ۲۰۲۴). نکته مهم آن است که آسیب‌پذیری می‌تواند در مناطق مختلف تفاوت قابل توجهی داشته باشد و این تفاوت تحت تأثیر عوامل اقتصادی، اجتماعی، جغرافیایی، جمعیتی، فرهنگی، نهادی، حکمرانی و زیست‌محیطی قرار دارد (مانندال و همکاران^۴، ۲۰۲۵). بنابراین، شرایط زمینه‌ای و عوامل مؤثر بر آسیب‌پذیری باید در هر منطقه یا قلمرو جغرافیایی به‌صورت اختصاصی بررسی شوند.

یکی از چالش‌های اصلی ارزیابی آسیب‌پذیری، شناسایی شاخص‌های مناسبی است که بتواند ویژگی‌های محیطی و اجتماعی-اقتصادی یک جامعه یا منطقه را به‌درستی بازنمایی کنند. از این رو، ارزیابی چندبعدی آسیب‌پذیری کشاورزی در مقیاس منطقه‌ای ضروری است (سرکندیز و همکاران^۵، ۲۰۲۵). مطالعات اخیر نشان داده‌اند که ترکیب‌های تکرارشونده‌ای از عوامل اجتماعی-بوم‌شناختی، آسیب‌پذیری کشاورزان خرده‌مالک مناطق خشک جهان را شکل می‌دهند (شهزاد و همکاران^۶، ۲۰۲۶). برای مثال، ساکنان مناطق خشک ایران با فشارهای فزاینده‌ای بر منابع طبیعی مواجه‌اند که ناشی از رشد جمعیت، دسترسی محدود و ناپایدار به آب و خاک حاصلخیز، و ضعف زیرساخت‌هایی است که ارتباط با بازارها را دشوار می‌سازد (اخگری و قاسمیان مقدم، ۱۴۰۲).

تحقیق حاضر در باغات پسته واقع در استان یزد در ایران انجام شد. پسته یکی از مهم‌ترین محصولات کشاورزی ایران است و ایران سهم قابل توجهی در تولید و صادرات جهانی آن دارد؛ به‌طوری‌که در سال ۲۰۲۴-۲۰۲۵ حدود ۲۰۰ هزار تن تولید و نزدیک به ۱/۵ میلیارد دلار صادرات داشته است (سرویس خارجی کشاورزی ایالات متحده^۷، ۲۰۲۵). با این حال، در دو دهه گذشته تغییرات اقلیمی موجب کاهش تولید و صادرات پسته ایران شده است (خداوردی‌زاده و

¹ Likinaw et al.

² Zaatra et al.

³ Ahouangan et al.

⁴ Mandal et al.

⁵ Serkendiz et al.

⁶ Shehzad et al.

⁷ Foreign Agricultural Service (FAS)

این نسخه موقت و قبل از چاپ نهایی می‌باشد. لطفاً برای ارجاع دقت کنید این نسخه بدون تاریخ و شماره است.

همکاران، ۱۴۰۳). به گزارش شورای جهانی مغزجات و خشکبار^۱ (۲۰۲۵) گزارش‌هایی از پوکی بیش از حد معمول و آسیب‌های ناشی از گرما به دلیل دمای بیش از حد تابستان و قطع آبیاری روزانه در کشور ایران وجود داشت. حتی از جمله دلایل اصلی افزایش آلودگی محصولات ایرانی به افلاتوکسین که منجر به هشدارها و کنترل‌های سختگیرانه اتحادیه اروپا شده، تغییر اقلیم، کم‌آبی و کاهش تولید محصول است. می‌توان گفت تغییر اقلیم بر پسته ایران به عنوان یک محصول آسیب‌پذیر تأثیر گذاشته (بنی‌اسدی و همکاران، ۱۴۰۲) و عملکرد و کیفیت آن را کاهش داده است (شهرکی و همکاران^۲، ۲۰۲۳). عساکره و فرج زاده (۱۴۰۲) نیز در پژوهشی نشان دادند که استان یزد در برابر تغییرات اقلیمی آسیب‌پذیر است و به ویژه مواجهه بالایی با رویدادهای تغییر اقلیمی دارد. کمبود بارش و افزایش تبخیر در این استان، تولید محصولات کشاورزی به ویژه پسته را تهدید کرده و آسیب‌پذیری خرده مالکان را دوچندان نموده است.

با توجه به شواهد فوق، تغییر اقلیم به مثابه یک تهدید وجودی، معیشت کشاورزان خرده‌مالک را که به دلیل پیوند مستقیم با اکوسیستم و محدودیت منابع در زمره آسیب‌پذیرترین اقشار هستند، با مخاطرات جدی روبه‌رو کرده است. با این حال، نگاه غالب در سیاست‌گذاری‌های کلان اغلب مبتنی بر تعمیم‌گرایی کاذب است که با نادیده گرفتن تنوع ساختاری و ذاتی میان گروه‌های مختلف کشاورزان، منجر به ناکارآمدی مداخلات حمایتی می‌شود. این نادیده‌انگاری سبب شده است که سیاست‌های سازگاری در عمل، یا کارایی لازم را نداشته و یا به صورت ناعادلانه تنها بخش کوچکی از کشاورزان را پوشش دهند. علیرغم اهمیت راهبردی خرده‌مالکان در امنیت غذایی و صادرات پسته، پژوهش‌های پیشین اغلب بر ارزیابی‌های کلان و کمی تغییر اقلیم متمرکز بوده و از واکاوی تفاوت‌های ساختاری میان کشاورزان غفلت ورزیده‌اند. از این رو، نوآوری اصلی پژوهش حاضر در گذار از این تعمیم‌گرایی به سمت گونه‌شناسی تحلیلی نهفته است. این مطالعه با فراتر رفتن از تحلیل‌های سنتی، از طریق دسته‌بندی دقیق کشاورزان بر اساس پروفایل‌های آسیب‌پذیری، بستری فراهم می‌آورد تا سیاست‌های سازگاری از حالت نسخه‌های واحد برای همه خارج شده و به سمت مداخلات هدفمند، عادلانه و متناسب با واقعیت‌های میدانی حرکت کنند؛ رویکردی که شکاف میان دانش نظری و مدیریت عملیاتی در مواجهه با بحران اقلیمی را پر می‌کند.

ضرورت این رویکرد گونه‌شناسانه در آن است که ابزاری تحلیلی برای درک تفاوت‌های ساختاری در حساسیت و ظرفیت سازگاری گروه‌های مختلف فراهم می‌کند. این امر نه تنها امکان طراحی مداخلات دقیق را فراهم می‌آورد، بلکه با بهینه‌سازی تخصیص منابع محدود دولتی و شناسایی گروه‌های به حاشیه رانده‌شده، نقشی کلیدی در تحقق عدالت اجتماعی و ارتقای تاب‌آوری پایدار ایفا می‌کند. بنابراین، پژوهش حاضر با هدف پاسخ به این پرسش که چگونه می‌توان با شناسایی گونه‌های مختلف آسیب‌پذیری، سیاست‌های سازگاری را از کلی‌گویی به سمت مداخلات هدفمند هدایت کرد؟، در پی تحلیل ابعاد آسیب‌پذیری پسته کاران خرده‌مالک در استان یزد است.

داده‌ها و روش‌ها

پژوهش حاضر با هدف گونه‌شناسی الگوهای آسیب‌پذیری کشاورزان خرده‌مالک در برابر تغییرات اقلیمی در استان یزد انجام شد. این پژوهش از نظر هدف کاربردی و از نظر روش ماهیت داده کمی، از نظر زمان پژوهش مقطعی و از نظر روش تجزیه و تحلیل داده‌ها توصیفی بود که در سال ۱۴۰۴ انجام گرفت.

¹ Nutfruit

² Shahraki et al.

این نسخه موقت و قبل از چاپ نهایی می باشد. لطفاً برای ارجاع دقت کنید این نسخه بدون تاریخ و شماره است.

جامعه آماری شامل پسته کاران خرده مالک استان یزد بودند. مطابق با معیار بانک جهانی^۱ (۲۰۲۳)، در این پژوهش، باغداران دارای باغ ۲ هکتار و یا کمتر، خرده مالک محسوب می شوند. با توجه به اینکه در نظام حقوقی ایران تعریف قانونی و واحدی برای «کشاورز خرده مالک» وجود ندارد، در این پژوهش از تعریف عملیاتی مبتنی بر طبقه بندی مرکز آمار ایران و ادبیات بین المللی استفاده شد. بر این اساس، بهره بردارانی که دارای دو هکتار یا کمتر اراضی باغی بودند، به عنوان باغداران خرده مالک در نظر گرفته شدند. این آستانه با طبقه بندی رسمی مرکز آمار ایران در سرشماری عمومی کشاورزی (۱۴۰۳)، که بهره برداران دارای کمتر از دو هکتار را به صورت یک گروه مستقل گزارش می کند، همخوانی دارد. بنا به استعلام صورت گرفته از مدیریت جهاد کشاورزی استان یزد، ۲۵۷۲۳ واحد بهره برداری تولید کننده پسته در استان یزد وجود دارد که مجموعاً ۳۷۶۵۷ هکتار از باغات استان یزد را زیر کشت بردند. در حدود ۸۰ درصد واحد بهره برداری تولید کننده پسته در استان یزد، دارای مساحت ۲ هکتار و کمتر هستند. در جدول (۱) توزیع فراوانی باغداران پسته در استان یزد به تفکیک شهرستان آورده شده است.

جدول ۱: توزیع فراوانی باغداران پسته در استان یزد

شهرستان	تعداد باغداران	سطح زیر کشت	تعداد باغداران خرده مالک	درصد از کل استان
ابركوه	۲۸۸۴	۶۲۶۸	۲۳۰۷	۱۱/۲۱
اردكان	۶۵۶۷	۳۸۴۰	۵۲۵۴	۲۵/۵۳
اشكنذ	۷۴۰	۴۲۵	۵۹۲	۲/۸۸
بافق	۲۶۴۳	۲۰۲۱	۲۱۱۴	۱۰/۲۷
بهباد	۱۹۰۰	۱۲۴۵	۷۲۰	۳/۵۰
تفت	۱۵۹۵	۳۳۴۱	۱۲۷۶	۶/۲۰
خاتم	۴۷۲۱	۴۱۳۳	۳۷۷۷	۱۸/۳۵
مهریز	۳۸۷۶	۵۷۰۸	۲۱۰۱	۱۵/۰۷
ميبد	۱۳۸۴	۲۰۰	۱۱۰۲	۵/۳۸
يزد	۴۱۳	۴۷۸	۳۳۰	۱/۶۰
مجموع	۲۵۷۲۳	۳۷۶۵۷	۲۰۵۷۸	۱۰۰

به دلیل این که جامعه آماری بزرگ است و به دلیل اطلاع از واریانس صفت مورد بررسی در جامعه آماری (احمد^۲، ۲۰۲۴)، از رابطه کوکران برای تعیین حجم نمونه استفاده شد.

$$n = \frac{N(ts)^2}{Nd^2 + (ts)^2} = \frac{20578 \times (1.96 \times 0.4556)^2}{20578(0.0025) + (1.96 \times 0.4556)^2} = \frac{20578 \times 0.7974}{51.44 + 0.7974} = \frac{16408.8972}{52.237} = 314.124 \approx 314 \quad (۱)$$

n: حجم نمونه

N: حجم جامعه آماری

S: انحراف معیار و S^2 واریانس متغیر آسیب پذیری در پیش آزمون برابر با ۰/۴۵۵۶

d: حاشیه خطای قابل قبول: ۰/۰۵

t: اطمینان از قرار گرفتن میانگین واقعی در بازه اطمینان: ۱/۹۶

بر این اساس، حجم نمونه ۳۱۴ نفر محاسبه گردید.

¹ World Bank

² Ahmed

این نسخه موقت و قبل از چاپ نهایی می‌باشد. لطفاً برای ارجاع دقت کنید این نسخه بدون تاریخ و شماره است.

در این پژوهش از **نمونه‌گیری چندمرحله‌ای** استفاده شد. در مرحله نخست، شهرستان‌های استان یزد به‌عنوان واحدهای اولیه نمونه‌گیری در نظر گرفته شدند. از میان آن‌ها، پنج شهرستان اردکان، خاتم، مهریز، ابرکوه و بافق به‌صورت **هدفمند** و بر اساس سهم و اهمیت آن‌ها در تولید پسته استان (از نظر تعداد پسته‌کاران و سطح زیرکشت) انتخاب شدند. در مرحله دوم، پسته‌کاران خرده‌مالک این شهرستان‌ها به‌عنوان جامعه قابل دسترس در نظر گرفته شدند. با توجه به تفاوت تعداد پسته‌کاران در شهرستان‌های منتخب، حجم نمونه هر شهرستان با استفاده از **روش انتساب متناسب** و متناسب با سهم آن شهرستان از کل جامعه آماری تعیین شد. در نهایت، افراد مورد مطالعه در هر شهرستان با استفاده از **نمونه‌گیری تصادفی ساده** انتخاب شدند. در جدول (۲) تعداد نمونه انتخاب شده در هر شهرستان آمده است.

جدول ۲: تعداد نمونه انتخاب شده در هر شهرستان

شهرستان	تعداد باغداران خرده مالک	تعداد نمونه
ابرکوه	۲۳۰۷	۴۴
اردکان	۵۲۵۴	۹۹
بافق	۲۱۱۴	۴۰
خاتم	۳۷۷۷	۷۲
مهریز	۳۱۰۱	۵۹
مجموع	۱۶۵۵۳	۳۱۴

در این پژوهش، انتخاب متغیرها بر اساس **چارچوب مفهومی مواجهه-حساسیت-ظرفیت** سازگاری ارائه شده توسط هیأت بین‌دولتی تغییر اقلیم (۲۰۲۲) انجام شد. این چارچوب یکی از رویکردهای پذیرفته شده در تحلیل آسیب‌پذیری به تغییرات اقلیمی است که امکان طبقه‌بندی نظام‌مند عوامل مؤثر بر آسیب‌پذیری را در سه بعد اصلی فراهم می‌سازد. در مرحله بعد، به منظور سازمان‌دهی و تحلیل دقیق‌تر داده‌ها، شاخص‌ها بر اساس ماهیت و منشأ اثرگذاری در دو گروه اصلی طبقه‌بندی شدند. در این فرآیند، شاخص‌هایی که به‌طور مستقیم به شرایط طبیعی، اقلیمی و زیست‌محیطی مرتبط بودند و بیانگر میزان مواجهه سیستم با تنش‌های محیطی محسوب می‌شدند، در گروه «شاخص‌های محیطی» قرار گرفتند. در مقابل، شاخص‌هایی که به ویژگی‌های انسانی، اقتصادی، نهادی و زیرساختی نظام تولید مربوط بودند و توانایی سیستم در مدیریت، واکنش و سازگاری با تنش‌ها را نشان می‌دادند، در گروه «شاخص‌های اجتماعی-اقتصادی» طبقه‌بندی شدند. این تفکیک با هدف تفکیک عوامل بیرونی (مواجهه) از عوامل درونی (ظرفیت سازگاری و حساسیت) انجام شد تا امکان تحلیل ساختاری آسیب‌پذیری در قالبی منسجم و قابل تفسیر فراهم گردد. در جدول (۳) شاخص‌های آسیب‌پذیری بر اساس ماهیت و منشأ آورده شده‌اند.

جدول ۳: شاخص‌های آسیب‌پذیری بر اساس ماهیت و منشأ

منشأ اثرگذاری	مولفه آسیب‌پذیری	ماهیت	شاخص
عوامل بیرونی	مواجهه	شاخص‌های محیطی	شدت آسیب آفت پسته، شدت آسیب تگرگ، شدت آسیب سیل / بارندگی شدید، شدت آسیب طوفان، شدت آسیب گرمای شدید، شدت آسیب کپک (آفت افلاتوکسین)، شدت آسیب بارندگی کم، شدت آسیب خشکسالی، شدت آسیب سرمای شدید / سرمازدگی و شدت آسیب ریزگرد
عوامل درونی	حساسیت و ظرفیت سازگاری	شاخص‌های اجتماعی-اقتصادی	زیرساخت مسکن، زیرساخت انرژی، زیرساخت بهداشت و درمان، زیرساخت جمعیت، زیرساخت منابع طبیعی، زیرساخت اقتصادی، سرمایه انسانی، سرمایه اجتماعی، سرمایه فیزیکی، سرمایه سیاسی و سرمایه مالی

این نسخه موقت و قبل از چاپ نهایی می‌باشد. لطفاً برای ارجاع دقت کنید این نسخه بدون تاریخ و شماره است.

جمع‌آوری داده‌ها از طریق پرسشنامه‌های خوداظهاری انجام شد. برای سنجش آسیب‌پذیری پسته‌کاران در برابر تغییرات اقلیمی، از پرسشنامه آسیب‌پذیری ارائه‌شده توسط جمشیدی و همکاران (۲۰۱۹) استفاده شد. در این ابزار، سازه آسیب‌پذیری در سه مؤلفه اصلی شامل مواجهه (۱۰ گویه)، ظرفیت سازگاری (۱۸ گویه) و حساسیت (۱۳ گویه) سنجیده شدند. پاسخ‌ها در مقیاس لیکرت از ۱ تا ۵ ثبت شدند (۱ = بسیار کم و ۵ = بسیار زیاد). برای اطمینان از این‌که پرسشنامه به‌درستی سازه‌های مورد نظر را اندازه‌گیری می‌کند، روایی صوری مورد بررسی قرار گرفت. برای این منظور، هیأتی از متخصصان گروه ترویج کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران، سوالات پرسشنامه را بررسی کرده و نظرات خود را درباره میزان دشواری، ناهماهنگی و ابهام سوالات ارائه دادند. سپس اصلاحات لازم در پرسشنامه اعمال شد. همچنین یک مطالعه مقدماتی با ۳۰ نفر از جامعه آماری انجام شد و پایایی با استفاده از ضریب آلفای کرونباخ برای ارزیابی همسانی درونی سنجیده شد، که مقدار آن بیش از ۰/۷ به دست آمد.

برای تجزیه و تحلیل داده‌های پژوهش از دو روش تحلیلی اصلی شامل **تحلیل مؤلفه‌های اصلی^۱** و **تحلیل خوشه‌ای^۲** استفاده شد. **تحلیل مؤلفه‌های اصلی**، با هدف کاهش تعداد متغیرها و شناسایی مهم‌ترین ابعاد مؤثر بر آسیب‌پذیری کشاورزان در برابر تغییرات اقلیمی به کار گرفته شد. در ابتدا، داده‌ها به منظور حذف اثر تفاوت مقیاس اندازه‌گیری متغیرها استانداردسازی شدند. تمامی متغیرها ابتدا با استفاده از **نمرات استاندارد Z** نرمال‌سازی شدند. سپس با استفاده از تحلیل مؤلفه‌های اصلی، مجموعه شاخص‌های مربوط به ابعاد آسیب‌پذیری شامل مواجهه، حساسیت و ظرفیت سازگاری به تعداد محدودی مؤلفه معنادار تقلیل یافت. مؤلفه‌های استخراج‌شده بیانگر مهم‌ترین عوامل تعیین‌کننده آسیب‌پذیری کشاورزان بوده و مبنای تحلیل‌های بعدی قرار گرفتند.

تحلیل خوشه‌ای، به منظور شناسایی و طبقه‌بندی کشاورزان بر اساس الگوهای مشابه آسیب‌پذیری، استفاده شد. در این مرحله، امتیازات حاصل از مؤلفه‌های استخراج‌شده در **تحلیل مؤلفه‌های اصلی** به عنوان متغیرهای ورودی تحلیل خوشه‌ای در نظر گرفته شدند. ابتدا با استفاده از خوشه‌بندی سلسله‌مراتبی^۳ به روش وارد^۴ و معیار فاصله **اقلیدسی مجذور^۵**، تعداد بهینه خوشه‌ها تعیین شد. سپس به منظور افزایش دقت طبقه‌بندی، الگوریتم خوشه‌بندی K-Means برای تخصیص نهایی کشاورزان به خوشه‌های مختلف به کار گرفته شد. در نهایت، گروه‌های حاصل بر اساس ویژگی‌های غالب هر خوشه تفسیر و نام‌گذاری شدند تا الگوهای مختلف آسیب‌پذیری کشاورزان خرده‌مالک در برابر تغییرات اقلیمی شناسایی شود. برای بررسی معناداری تفاوت میان میانگین خوشه‌ها، از آزمون تحلیل واریانس یک‌طرفه^۶ استفاده گردید. داده‌پردازی و محاسبات این پژوهش با استفاده از نرم‌افزار SPSS²¹ انجام شد.

یافته‌های تحقیق

به‌منظور شناسایی گروه‌های همگن کشاورزان از نظر میزان آسیب‌پذیری، ابتدا تحلیل عاملی بر شاخص‌های محیطی و اجتماعی - اقتصادی انجام شد.

¹ Principal Component Analysis (PCA)

² Cluster Analysis

³ Hierarchical Clustering

⁴ Ward

⁵ Squared Euclidean Distance

⁶ One-way Analysis of variance (ANOVA)

این نسخه موقت و قبل از چاپ نهایی می باشد. لطفاً برای ارجاع دقت کنید این نسخه بدون تاریخ و شماره است.

تحلیل مؤلفه‌های اصلی شاخص‌های محیطی: پیش از اجرای تحلیل مؤلفه‌های اصلی، جهت اطمینان از کفایت نمونه‌گیری و مناسب بودن داده‌ها برای کاهش متغیرها، از دو آزمون کایزر-مایر-اولکین^۱ و کرویت بارتلت^۲ استفاده شد. مقدار شاخص KMO برابر با ۰/۸۰۶ به دست آمد که با توجه به آستانه استاندارد (بزرگتر از ۰/۵)، نشان‌دهنده کفایت و تناسب مطلوب داده‌ها برای تحلیل عاملی است. همچنین، آزمون کرویت بارتلت با سطح معناداری ($P < 0.001$) نشان داد که ماتریس همبستگی بین متغیرها با ماتریس همانی تفاوت معناداری دارد؛ به عبارت دیگر، همبستگی‌های موجود میان متغیرهای مشاهده‌شده به اندازه‌ای قوی و معنادار است که مدل تحلیل عاملی اکتشافی را توجیه‌پذیر می‌سازد (جدول ۴).

جدول ۴: آزمون KMO و بارتلت تحلیل مؤلفه‌های اصلی شاخص‌های محیطی

۰/۸۰۶	Kaiser-Meyer-Olkin	
۷۰۳/۱۶۵	کای دو	Bartlett's Test
۴۵	درجه آزادی	
۰/۰۰۰	سطح معناداری	

جدول (۵) خلاصه‌ای از نتایج تجزیه واریانس کل در تحلیل عاملی اکتشافی با چرخش واریمکس را نشان می‌دهد. چرخش واریمکس در این پژوهش با هدف توزیع مجدد واریانس میان مؤلفه‌ها انجام شد تا تفسیر نتایج تسهیل شود. نتایج نشان داد که عامل اول با مقدار ویژه ۲/۶۸۶ به تنهایی ۲۶/۸۶۵ درصد از واریانس کل را تبیین می‌کند. همچنین عامل دوم و عامل سوم به ترتیب با مقادیر ویژه ۱/۸۰۰ و ۱/۳۴۲، ۱۹/۹۹۸ درصد و ۱۳/۴۲۴ درصد از واریانس عوامل محیطی مؤثر بر آسیب‌پذیری کشاورزان خرده‌مالک را توضیح می‌دهند. در مجموع، این سه عامل توانستند ۶۰/۲۸۷ درصد از کل واریانس را تبیین کنند.

جدول ۵: تحلیل مؤلفه‌های اصلی شاخص‌های محیطی

عامل	مقدار ویژه	واریانس	واریانس تجمعی
۱	۲/۶۸۶	۲۶/۸۶۵	۲۶/۸۶۵
۲	۱/۸۰۰	۱۹/۹۹۸	۴۶/۸۶۲
۳	۱/۳۴۲	۱۳/۴۲۴	۶۰/۲۸۷

با توجه به متغیرهایی که به هر عامل اختصاص داده شده، می‌توان آنها را به شرح زیر نام‌گذاری کرد:

عامل اول که بیانگر تنش‌های مرتبط با تغییرات دما و کمبود آب است که مستقیماً بر رشد و عملکرد باغ‌های پسته تأثیر می‌گذارد، تنش‌های اقلیمی نامیده شد.

عامل دوم، شامل آفات و بیماری‌های مؤثر بر باغ پسته است که به‌عنوان مهم‌ترین تنش‌های زیستی شناخته می‌شوند؛ بنابراین، عامل تنش‌های زیستی نامیده شد.

عامل سوم، نشان‌دهنده پدیده‌های شدید و ناگهانی آب‌وهوایی است که خسارت فیزیکی و مستقیم به باغ‌های پسته وارد می‌کنند، از این‌رو، مخاطرات جوی نامیده شد.

^۱ Kaiser-Meyer-Olkin (KMO)

^۲ Bartlett's Test

این نسخه موقت و قبل از چاپ نهایی می‌باشد. لطفاً برای ارجاع دقت کنید این نسخه بدون تاریخ و شماره است.

در جدول (۶) عوامل شناسایی شده از تحلیل مؤلفه‌های اصلی شاخص‌های محیطی و شاخص‌های هر عامل به همراه بار عاملی آورده شده است. به‌منظور تعیین گویه‌های قابل قبول در تحلیل عاملی اکتشافی، حداقل بار عاملی ۰/۵۰ به‌عنوان معیار پذیرش در نظر گرفته شد (سیگودلا و مارتیز^۱، ۲۰۲۳). بر این اساس، گویه‌هایی که بار عاملی کمتر از ۰/۵۰ داشتند، در صورت وجود، از تحلیل حذف می‌شدند.

جدول ۶: عوامل شناسایی شده از تحلیل مؤلفه‌های اصلی شاخص‌های محیطی

شاخص	بار عاملی	عامل
شدت آسیب گرمای شدید/موج گرما	۰/۸۲۱	تنش‌های اقلیمی
شدت آسیب بارندگی کم	۰/۷۹۵	
شدت آسیب خشکسالی	۰/۶۹۷	
شدت آسیب سرمای شدید / سرمازدگی	۰/۶۹۰	
شدت آسیب کپک (آفت افلاتوکسین)	۰/۷۹۱	تنش‌های زیستی
شدت آسیب آفت پسته	۰/۶۵۸	
شدت آسیب ریزگرد	۰/۷۷۴	مخاطرات جوی
شدت آسیب طوفان	۰/۵۸۸	
شدت آسیب تگرگ	۰/۵۸۷	
شدت آسیب سیل / بارندگی	۰/۵۳۶	

تحلیل مؤلفه‌های اصلی شاخص‌های اجتماعی - اقتصادی: مقدار شاخص KMO در این بخش برابر با ۰/۹۱۴ به‌دست آمد که نشان‌دهنده کفایت بسیار مطلوب نمونه‌گیری و تناسب بالای داده‌ها برای انجام تحلیل عاملی است. همچنین، نتایج آزمون کرویت بارتلت با سطح معناداری کمتر از ۰/۰۰۱ بیانگر آن است که ساختار همبستگی بین متغیرها به‌طور معناداری از ماتریس همانی فاصله دارد و در نتیجه، روابط موجود میان متغیرها برای استخراج عوامل پنهان کاملاً معنادار و قابل اتکا است (جدول ۷). بر این اساس، می‌توان نتیجه گرفت که داده‌های مورد استفاده از اعتبار آماری لازم برای اجرای تحلیل عاملی برخوردار بوده و امکان شناسایی ساختار زیربنایی شاخص‌های اجتماعی و اقتصادی آسیب‌پذیری را به‌صورت قابل اعتماد فراهم می‌سازند.

جدول ۷: آزمون KMO و بارتلت تحلیل مؤلفه‌های اصلی شاخص‌های اجتماعی - اقتصادی

۰/۹۱۴	Kaiser-Meyer-Olkin	
۴۵۳۳/۰۰۰	کای دو	Bartlett's Test
۴۶۵	درجه آزادی	
۰/۰۰۰	سطح معناداری	

جدول (۸) خلاصه‌ای از نتایج تجزیه واریانس کل در تحلیل عاملی اکتشافی با چرخش واریمکس را نشان می‌دهد.

¹ Sigudla & Maritz

این نسخه موقت و قبل از چاپ نهایی می‌باشد. لطفاً برای ارجاع دقت کنید این نسخه بدون تاریخ و شماره است.

نتایج تحلیل مؤلفه‌های اصلی نشان داد که شش عامل دارای مقدار ویژه بزرگ‌تر از یک بوده و در مجموع ۵۸/۲۴۲ درصد از واریانس کل را تبیین می‌کنند. عامل اول با مقدار ویژه ۴/۷۲۱، ۱۵/۲۲۹ درصد از واریانس کل را تبیین کرد. در مجموع، این شش عامل توانستند ۵۸/۲۴۲ درصد از تغییرات کل داده‌ها را توضیح دهند. با توجه به ماهیت پیچیده و چندبعدی پدیده‌ی آسیب‌پذیری در مطالعات اجتماعی-اقتصادی، مقدار ۵۸/۲۴۲ درصد به‌دست‌آمده در این مطالعه، در محدوده‌ی قابل‌قبول قرار داشته و نشان‌دهنده‌ی توان تبیینی مطلوب مدل در شناسایی الگوهای اصلی آسیب‌پذیری در جامعه‌ی مورد مطالعه است.

جدول ۸: تحلیل مؤلفه‌های اصلی شاخص‌های اجتماعی-اقتصادی

عامل	مقدار ویژه	واریانس	واریانس تجمعی
۱	۴/۷۲۱	۱۵/۲۲۹	۱۵/۲۲۹
۲	۴/۴۸۳	۱۴/۴۶۲	۲۹/۶۹۱
۳	۳/۵۵۵	۱۱/۴۶۷	۴۱/۱۵۸
۴	۲/۴۱۱	۷/۷۷۸	۴۸/۹۳۶
۵	۱/۴۴۵	۴/۶۶۴	۵۳/۶۰۰
۶	۱/۴۳۹	۴/۶۴۲	۵۸/۲۴۲

با توجه به متغیرهایی که به هر عامل اختصاص داده شده، می‌توان آنها را به شرح زیر نام‌گذاری کرد:

عامل اول که بازتاب‌دهنده محدودیت‌های طبیعی، فنی و تولیدی مؤثر بر پایداری و عملکرد باغداری است، این عامل محدودیت‌های منابع، نهاده‌ها و تولید کشاورزی نامیده شد.

عامل دوم که منعکس‌کننده سطح دانش، تجربه، ظرفیت یادگیری و ساختار جمعیتی خانوار در مواجهه با تغییرات اقلیمی است، سرمایه انسانی و ساختار جمعیتی خانوار نامیده شد.

عامل سوم که نشان‌دهنده توان مالی خانوار کشاورز برای مدیریت شوک‌ها و تأمین هزینه‌های تولید و سازگاری است، منابع مالی و تاب‌آوری اقتصادی خانوار نامیده شد.

عامل چهارم که سطح دسترسی خانوار به خدمات عمومی، زیرساخت‌های حیاتی و نهاده‌های موردنیاز برای ادامه فعالیت کشاورزی را نشان می‌دهد، دسترسی به زیرساخت‌ها و خدمات پشتیبان نامیده شد.

عامل پنجم که نشان‌دهنده میزان برخورداری خانوار از خدمات سلامت و رفاه اجتماعی در مواجهه با شرایط دشوار است، دسترسی به خدمات رفاهی و سلامت نامیده شد.

عامل ششم که بیانگر میزان ارتباطات اجتماعی، همکاری‌های محلی و بهره‌مندی از حمایت‌های نهادی و دولتی است، سرمایه اجتماعی و پشتیبانی نهادی نامیده شد.

در جدول (۹) عوامل شناسایی شده از تحلیل مؤلفه‌های اصلی شاخص‌های اجتماعی-اقتصادی و شاخص‌های هر عامل به همراه بار عاملی آورده شده است. به‌منظور تعیین گویه‌های قابل قبول در تحلیل عاملی اکتشافی، حداقل بار عاملی ۰/۵۰ به‌عنوان معیار پذیرش در نظر گرفته شد. بر این اساس، گویه‌هایی که بار عاملی کمتر از ۰/۵۰ داشتند، در صورت وجود، از تحلیل حذف می‌شدند.

جدول ۹: عوامل شناسایی شده از تحلیل مؤلفه‌های اصلی شاخص‌های اجتماعی-اقتصادی

این نسخه موقت و قبل از چاپ نهایی می باشد. لطفاً برای ارجاع دقت کنید این نسخه بدون تاریخ و شماره است.

شاخص	بارعاملی	عامل
مصرف نامتوازن یا بیش از نیاز کودهای شیمیایی	۰/۶۸۹	محدودیت های منابع، نهاده ها و تولید کشاورزی
خشک شدن چشمه ها و قنات	۰/۶۹۵	
گسترش تکه تکه شدن زمین	۰/۶۹۰	
تعداد درختان پیر و آفت زده	۰/۵۷۶	
مساحت زمین های کشت نشده به دلیل کمبود آب	۰/۶۵۱	
قطع برق و ناتوانی در پمپاژ آب چاه	۰/۷۳۰	
عدم دسترسی به گازوئیل برای ماشین آلات کشاورزی	۰/۶۷۸	
تعداد افراد کم توان و معلول در خانواده	۰/۵۸۳	سرمایه انسانی و ساختار جمعیتی خانوار
تعداد افراد بالای ۶۵ سال در خانواده	۰/۶۴۲	
تعداد افراد زیر ۱۵ سال در خانواده	۰/۷۲۴	
شرکت در دوره های آموزشی تغییر اقلیم	۰/۶۵۲	
تجربه کشاورزی	۰/۵۰۶	
سال های تحصیلات	۰/۶۲۸	
تعداد افراد درگیر فعالیت کشاورزی در خانواده	۰/۶۰۱	
تعداد افراد بیکار در خانواده	۰/۶۶۶	منابع مالی و تاب آوری اقتصادی خانوار
میزان بدهی	۰/۶۰۸	
دسترسی به اعتبارات بانکی	۰/۶۶۶	
میزان پس انداز سالانه خانوار کشاورز	۰/۵۶۶	
تعدد منابع تامین درآمد	۰/۵۱۶	
دسترسی به بازار	۰/۶۶۵	دسترسی به زیرساخت ها و خدمات پشتیبان
دسترسی به نهاده های کشاورزی	۰/۵۴۴	
دسترسی به ماشین آلات کشاورزی	۰/۵۴۶	
دسترسی به مرکز خدمات کشاورزی	۰/۶۴۷	
دسترسی به زیرساخت ها (جاده، برق، گاز و تلفن)	۰/۶۸۸	
کیفیت خدمات درمانی	۰/۵۳۳	دسترسی به خدمات رفاهی و سلامت
دسترسی به خدمات درمانی	۰/۶۹۸	
مشارکت در تعاونی روستایی	۰/۶۵۸	سرمایه اجتماعی و پشتیبانی نهادی
همراهی دوستان و خانواده در مشکلات	۰/۵۱۸	
همکاری باغداران با یکدیگر	۰/۵۰۶	
تعامل با نهادهای دولتی محلی	۰/۵۱۸	
برخورداری از سوبسیدهای دولتی	۰/۶۷۱	

تحلیل خوشه ای: در مرحله قبل، نتایج تحلیل عاملی منجر به استخراج سه عامل محیطی و شش عامل اجتماعی - اقتصادی شد. در این مرحله، به جای استفاده از متغیرهای اولیه، از امتیازهای عاملی استخراج شده برای هر یک از عوامل به عنوان متغیرهای ورودی تحلیل خوشه ای استفاده شد. استفاده از امتیازهای عاملی چند مزیت دارد؛ نخست، تعداد متغیرهای مورد استفاده را کاهش می دهد و از پیچیدگی تحلیل می کاهد. دوم، با حذف همبستگی میان متغیرهای اولیه و خلاصه سازی آن ها در قالب چند عامل مستقل، از بروز مشکل هم خطی جلوگیری می کند. سوم، تفسیر نتایج خوشه بندی را تسهیل کرده و امکان شناسایی الگوهای متفاوت آسیب پذیری را فراهم می سازد. بنابراین، امتیازهای نه عامل استخراج شده شامل سه عامل محیطی و شش عامل اجتماعی - اقتصادی به عنوان متغیرهای

این نسخه موقت و قبل از چاپ نهایی می باشد. لطفا برای ارجاع دقت کنید این نسخه بدون تاریخ و شماره است.

ورودی تحلیل خوشه‌ای مورد استفاده قرار گرفت تا کشاورزان بر اساس شباهت در ویژگی‌های آسیب‌پذیری در گروه‌های همگن طبقه‌بندی شوند.

در ابتدا با استفاده از تحلیل خوشه‌ای سلسله‌مراتبی، تعداد بهینه خوشه‌ها ۳ خوشه تعیین شد. سپس از روش خوشه‌بندی غیرسلسله‌مراتبی K-Means برای طبقه‌بندی نهایی کشاورزان استفاده شد. روش K-Means با هدف بیشینه کردن همگنی درون خوشه‌ای و بیشینه کردن ناهمگنی بین خوشه‌ای، افراد را در گروه‌هایی قرار می‌دهد که اعضای هر گروه بیشترین شباهت را به یکدیگر و بیشترین تفاوت را با اعضای سایر گروه‌ها داشته باشند. تحلیل K-Means با مراکز اولیه تعیین شده توسط نرم‌افزار اجرا شد. این تحلیل پس از شش تکرار همگرا شد (جدول ۱۰) و مراکز خوشه نهایی به دست آمد. مراکز نهایی خوشه‌ها بیانگر میانگین هر یک از ابعاد آسیب‌پذیری در خوشه‌های شناسایی شده است. مقایسه این مقادیر نشان می‌دهد که خوشه‌ها از الگوهای متفاوتی از آسیب‌پذیری برخوردار هستند. بنابراین، مراکز خوشه نهایی مبنای اصلی تفسیر و نام‌گذاری خوشه‌ها را تشکیل می‌دهند (جدول ۱۱).

جدول ۱۰: دفعات تغییر در مراکز خوشه

تکرار	خوشه ۱	خوشه ۲	خوشه ۳
۱	۳/۳۷۳	۳/۲۰۲	۳/۲۴۰
۲	۰/۴۲۵	۰/۵۸۲	۰/۲۹۸
۳	۰/۰۲۶	۰/۱۰۷	۰/۰۹۶
۴	۰/۰۲۵	۰/۰۸۳	۰/۰۸۴
۵	۰/۰۰۰	۰/۰۳۵	۰/۰۳۱
۶	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰

جدول ۹: مراکز خوشه نهایی

عامل	خوشه ۱	خوشه ۲	خوشه ۳
تنش‌های اقلیمی	-۰/۹۳۲	۰/۹۲۲	-۰/۰۳۴
مخاطرات جوی	-۱/۰۵۶	۰/۹۷۱	-۰/۱۰۵
تنش‌های زیستی	-۰/۹۹۵	۰/۹۹۹	-۰/۰۲۳
محدودیت‌های منابع، نهاده‌ها و تولید کشاورزی	-۱/۰۰۹	۰/۹۸۱	۰/۰۵۲
سرمایه انسانی و ساختار جمعیتی خانوار	۱/۰۱۷	-۱/۰۶۵	۰/۰۱۶
منابع مالی و تاب‌آوری اقتصادی خانوار	۰/۹۹۰	-۰/۹۲۹	-۰/۰۸۲
دسترسی به زیرساخت‌ها و خدمات	۱/۰۹۷	-۰/۹۸۸	-۰/۱۲۷
دسترسی به خدمات رفاهی و سلامت	۱/۰۲۸	-۱/۰۷۱	-۰/۰۱۱
سرمایه اجتماعی و پشتیبانی نهادی	۱/۰۷۲	-۰/۹۳۳	۰/۱۵۴

به منظور بررسی معناداری تفاوت میانگین عوامل بین سه خوشه شناسایی شده، آزمون تحلیل واریانس یک طرفه برای تمامی مؤلفه‌های مورد مطالعه انجام شد. نتایج حاصل نشان داد که بین میانگین خوشه‌ها در تمام عوامل مورد بررسی، تفاوت‌های آماری معناداری وجود دارد. این امر بیانگر آن است که خوشه‌های استخراج شده تنها از نظر آماری همگن نبوده و از نظر ویژگی‌های محیطی، اجتماعی و اقتصادی تفاوت‌های معناداری با یکدیگر دارند. می‌توان گفت

این نسخه موقت و قبل از چاپ نهایی می باشد. لطفاً برای ارجاع دقت کنید این نسخه بدون تاریخ و شماره است.

عوامل مورد بررسی نقش تعیین کننده ای در تمایز خوشه ها داشته اند و تفاوت های مشاهده شده بین گروه ها تصادفی نبوده، بلکه ناشی از تفاوت های واقعی در ویژگی های ساختاری و سطح آسیب پذیری آن ها است (جدول ۱۲).

ANOVA جدول ۱۲: نتایج آزمون

عامل	خوشه		خطا		آماره f	سطح معناداری
	میانگین	درجه آزادی	میانگین	درجه آزادی		
تنش های اقلیمی	۸۷/۴۲۷	۲	۰/۴۴۴	۳۱۱	۱۹۶/۸۱۷	۰/۰۰۰
مخاطرات جوی	۱۰۵/۲۵۸	۲	۰/۳۳۰	۳۱۱	۳۱۹/۴۲۱	۰/۰۰۰
تنش های زیستی	۱۰۱/۰۵۵	۲	۰/۳۵۷	۳۱۱	۲۸۳/۴۱۹	۰/۰۰۰
محدودیت های منابع، نهاده ها و تولید کشاورزی	۱۰۰/۷۳۳	۲	۰/۳۵۹	۳۱۱	۲۸۰/۸۸۴	۰/۰۰۰
سرمایه انسانی و ساختار جمعیتی خانوار	۱۱۰/۱۱۰	۲	۰/۲۹۸	۳۱۱	۳۶۹/۰۸۶	۰/۰۰۰
منابع مالی و تاب آوری اقتصادی خانوار	۹۴/۱۵۴	۲	۰/۴۰۱	۳۱۱	۲۳۴/۸۳۵	۰/۰۰۰
دسترسی به زیرساخت ها و خدمات	۱۱۱/۸۴۴	۲	۰/۲۸۷	۳۱۱	۳۸۹/۴۶۲	۰/۰۰۰
دسترسی به خدمات رفاهی و سلامت	۱۱۱/۸۷۸	۲	۰/۲۸۷	۳۱۱	۳۸۹/۸۸۱	۰/۰۰۰
سرمایه اجتماعی و پشتیبانی نهادی	۱۰۴/۱۶۵	۲	۰/۳۳۷	۳۱۱	۳۰۹/۵۰۳	۰/۰۰۰

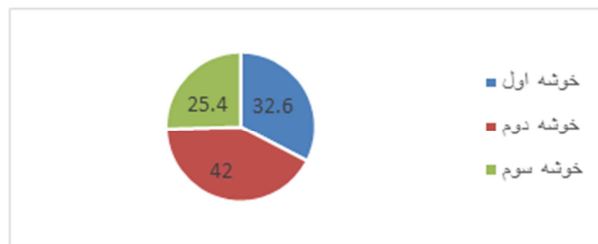
فواصل اقلیدسی بین مراکز نهایی خوشه ها نشان داد که خوشه ها از نظر ابعاد آسیب پذیری دارای تمایز قابل توجهی هستند. بیشترین فاصله اقلیدسی (۶/۰۲۶) بین خوشه های ۱ و ۲ مشاهده شد که بیانگر بیشترین ناهمگنی بین این دو گروه است. در مقابل، کمترین فاصله بین خوشه های ۲ و ۳ (۲/۷۸۷) به دست آمد که نشان می دهد این دو خوشه از نظر الگوی آسیب پذیری شباهت بیشتری به یکدیگر دارند (جدول ۱۳).

جدول ۱۳: فواصل اقلیدسی بین مراکز خوشه های نهایی

	خوشه ۱	خوشه ۲	خوشه ۳
خوشه ۱		۶/۰۲۶	۳/۲۶۲
خوشه ۲	۶/۰۲۶		۲/۷۸۷
خوشه ۳	۳/۲۶۲	۲/۷۸۷	

بر اساس نتایج الگوریتم K-means، نمونه ها در سه خوشه متمایز طبقه بندی شدند. خوشه اول شامل ۱۰۰ مشاهده (معادل ۳۲/۶ درصد از کل نمونه معتبر) است. خوشه دوم با ۱۲۹ مشاهده (۴۲/۰ درصد) بزرگترین سهم را در میان خوشه ها به خود اختصاص داده و نشان دهنده غلبه این الگوی آسیب پذیری در جامعه مورد مطالعه است. خوشه سوم نیز شامل ۷۸ مشاهده (۲۵/۴ درصد) از کل نمونه معتبر می باشد. لازم به ذکر است که تحلیل خوشه ای بر اساس ۳۰۷ مشاهده معتبر انجام شد و ۷ مشاهده از نمونه اولیه ۳۱۴ نفری به دلیل ناقص بودن داده های مورد نیاز برای تحلیل از این مرحله حذف شدند. به طور کلی، توزیع خوشه ها بیانگر ناهمگنی قابل توجه در الگوهای آسیب پذیری است؛ به گونه ای که بخش عمده ای از نمونه در خوشه دوم (با سطح بالاتر آسیب پذیری) قرار گرفته است، در حالی که خوشه اول و سوم به ترتیب نمایانگر گروه های تاب آورتر و وضعیت میانی هستند (شکل ۲).

شکل ۲: تعداد مشاهدات در هر خوشه



نتایج و بحث

خوشه اول: کشاورزان تاب آور با آسیب پذیری پایین

کشاورزان قرارگرفته در خوشه اول، الگویی از مواجهه نسبتاً پایین با تنش های محیطی همراه با ظرفیت بالای سازگاری را نشان می دهند. وضعیت مطلوب این گروه در ابعاد مختلف ظرفیت سازگاری، از جمله سرمایه انسانی و ساختار جمعیتی خانوار، منابع مالی و تاب آوری اقتصادی، دسترسی به زیرساخت ها و خدمات، خدمات رفاهی و سلامت و سرمایه اجتماعی و پشتیبانی نهادی، در کنار سطوح پایین تر برخی از تنش های محیطی و محدودیت های تولید، نشان دهنده برخورداری این کشاورزان از مجموعه ای نسبتاً متوازن از منابع و قابلیت های سازگاری است. بنابراین، تاب آوری این گروه را می توان حاصل هم افزایی میان سرمایه های انسانی، اقتصادی، اجتماعی و نهادی و شرایط مناسب تر مواجهه محیطی دانست. برخورداری از دانش و تجربه، توان اقتصادی، دسترسی به خدمات و زیرساخت و شبکه های حمایتی، امکان می دهد که این کشاورزان نه تنها در برابر شرایط نامطلوب موجود واکنش مؤثرتری داشته باشند، بلکه ظرفیت بیشتری برای بهره گیری از فرصت های جدید سازگاری نیز پیدا کنند.

این الگو با مطالعات اسلای و همکاران (۲۰۲۶) و زارثا و همکاران (۲۰۲۵) که بر نقش سرمایه های انسانی، مالی و اجتماعی در تقویت ظرفیت سازگاری و تاب آوری کشاورزان تأکید کرده اند، همسویی مفهومی دارد؛ زیرا در هر دو، برخورداری از منابع و قابلیت های درونی، توان کشاورزان برای مواجهه با تغییرات اقلیمی را افزایش می دهد. با این حال، یافته حاضر از این مطالعات از این جهت متمایز است که تاب آوری را نه حاصل اثر مستقل یک سرمایه، بلکه حاصل ترکیب هم زمان چندین ظرفیت در کنار سطح مواجهه محیطی نشان می دهد. در برخی از مطالعات مانند موسنگ و همکاران (۲۰۲۶) بر نقش اشکال مختلف سرمایه اجتماعی و فانگ و وو (۲۰۲۵) بر نقش یارانه های دولتی در تقویت ظرفیت سازگاری تأکید شده است، در حالی که گونه شناسی حاضر نشان می دهد که قرار گرفتن در یک وضعیت کم آسیب پذیر زمانی شکل می گیرد که مجموعه ای از ظرفیت ها به طور هم زمان در سطح مطلوب قرار داشته باشند.

بر اساس ویژگی های این خوشه، جهت گیری سیاستی مناسب، «حفظ و تقویت ظرفیت های موجود» است. در این راستا، توسعه فناوری های نوین و سازگار با اقلیم، به ویژه فناوری های مدیریت هوشمند آب، پایش شرایط اقلیمی و افزایش بهره وری منابع، می تواند ظرفیت های موجود را ارتقا دهد. همچنین، تقویت دانش و مهارت های تخصصی کشاورزان از طریق آموزش های مزرعه محور و توسعه شبکه های یادگیری، تعاونی ها و برنامه های کشاورز به کشاورز، زمینه انتقال تجربیات موفق سازگاری به سایر کشاورزان را فراهم می کند. در کنار این اقدامات، حمایت از سرمایه گذاری های سازگار با اقلیم، توسعه زنجیره های ارزش و تقویت ابزارهای بیمه و مدیریت ریسک، به حفظ

این نسخه موقت و قبل از چاپ نهایی می‌باشد. لطفاً برای ارجاع دقت کنید این نسخه بدون تاریخ و شماره است.

سرمایه‌های اقتصادی و اجتماعی و پایداری تاب‌آوری این گروه کمک خواهد کرد. در این چارچوب، هدف سیاست‌گذاری تعمیق تاب‌آوری کشاورزان به سطحی پایدارتر و آینده‌نگرتر از سازگاری است؛ به‌گونه‌ای که ظرفیت‌های فعلی آنان در برابر تشدید تغییرات اقلیمی حفظ شده و هم‌زمان بتواند به سایر گروه‌های کشاورزی نیز تسری پیدا کند.

خوشه دوم: کشاورزان با آسیب‌پذیری بالا

کشاورزان قرارگرفته در خوشه دوم، نامطلوب‌ترین الگوی آسیب‌پذیری را در میان سه گروه نشان می‌دهند. ویژگی متمایز این خوشه، هم‌زمانی مواجهه بالا با مجموعه‌ای از تنش‌های محیطی و برخورداری پایین از ظرفیت‌های سازگاری است. این کشاورزان علاوه بر تجربه بیشتر تنش‌های اقلیمی، مخاطرات جوی، تنش‌های زیستی و محدودیت‌های منابع طبیعی و تولید، در زمینه سرمایه انسانی، منابع مالی و تاب‌آوری اقتصادی، دسترسی به زیرساخت‌ها و خدمات، خدمات رفاهی و سلامت و سرمایه اجتماعی و پشتیبانی نهادی نیز در وضعیت نامطلوب‌تری قرار دارند. بنابراین، آسیب‌پذیری بالا در این خوشه حاصل یک عامل منفرد نیست، بلکه از تجمع هم‌زمان فشارهای بیرونی و کمبود منابع درونی برای پاسخ‌گویی به آنها ناشی می‌شود. در چنین شرایطی، یک شوک اقلیمی می‌تواند آثار گسترده‌تری بر تولید و معیشت ایجاد کند، زیرا منابع لازم برای جذب شوک، بازیابی و اتخاذ راهبردهای سازگاری در سطح پایینی قرار دارند.

الگوی مشاهده‌شده با مطالعات لیو و همکاران (۲۰۲۴) و حجاریان (۱۴۰۲) که آسیب‌پذیری بالای خانوارهای کشاورزی را حاصل هم‌زمانی مواجهه شدید با مخاطرات و ضعف سرمایه‌های انسانی، اقتصادی و اجتماعی می‌دانند، همسویی مفهومی دارد. در مطالعات گوشا و همکاران (۲۰۲۶) و لیکیناوا و همکاران (۲۰۲۴) نیز تأکید شده است که شدت پیامدهای تغییر اقلیم تنها به شدت یا فراوانی مخاطرات وابسته نیست، بلکه به توانایی خانوار برای دسترسی به منابع، اتخاذ تصمیم و اجرای اقدامات سازگاری نیز بستگی دارد. با این حال، یافته حاضر از این ادبیات از این جهت متمایز است که این عوامل را در قالب یک تیپ مشخص از کشاورزان با ترکیب هم‌زمان مواجهه بالا و ظرفیت پایین شناسایی می‌کند. بنابراین، به جای آنکه صرفاً اثر منفی هر یک از محدودیت‌های اقتصادی، اجتماعی یا محیطی را جداگانه نشان دهد، مشخص می‌کند که تجمع این شرایط چگونه به شکل‌گیری یک گروه با آسیب‌پذیری بالا منجر می‌شود.

از نظر سیاستی، ویژگی‌های این خوشه بیانگر نیاز به «مداخله حمایتی و توانمندسازی هدفمند» است؛ به‌گونه‌ای که ابتدا شکاف‌های اساسی ظرفیت سازگاری و منابع موردنیاز برای مدیریت مخاطرات کاهش یابد. در این راستا، تسهیل دسترسی به منابع مالی و بیمه‌ای، بهبود زیرساخت‌های آب و خدمات فنی - ترویجی و فراهم کردن فناوری‌های ضروری می‌تواند محدودیت‌های اقتصادی و ساختاری این گروه را کاهش دهد. هم‌زمان، آموزش‌های کاربردی در زمینه مدیریت آب، خشکسالی و ریسک‌های اقلیمی و ارائه مشاوره مزرعه‌ای، ظرفیت تصمیم‌گیری و سرمایه انسانی کشاورزان را تقویت می‌کند. همچنین، تقویت تعاونی‌ها و شبکه‌های محلی، دسترسی به اطلاعات اقلیمی و هشدارهای زودهنگام و افزایش حمایت نهادی، امکان واکنش مؤثرتر به مخاطرات و کاهش آسیب‌پذیری این گروه را فراهم خواهد کرد. برخلاف خوشه اول که سیاست آن بر تعمیق ظرفیت‌های موجود استوار است، در این خوشه ابتدا باید بر رفع محدودیت‌های اساسی اقتصادی، انسانی، زیرساختی و نهادی متمرکز شود و حداقل منابع لازم برای مواجهه با

این نسخه موقت و قبل از چاپ نهایی می‌باشد. لطفاً برای ارجاع دقت کنید این نسخه بدون تاریخ و شماره است.

مخاطرات فراهم شود. هدف نهایی این مداخلات، انتقال تدریجی کشاورزان این خوشه از وضعیت آسیب‌پذیری بالا به سطح بالاتری از ظرفیت سازگاری و کاهش شکاف میان مواجهه محیطی و توان پاسخ‌گویی آنان است.

خوشه سوم: کشاورزان با آسیب‌پذیری متوسط و ظرفیت سازگاری میانی

کشاورزان قرارگرفته در خوشه سوم در وضعیت میانی میان دو خوشه دیگر قرار دارند. ویژگی اصلی این گروه، سطح مواجهه با مخاطرات محیطی نزدیک به میانگین جامعه و برخورداری از ظرفیت سازگاری متوسط، همراه با برخی شکاف‌های مشخص در منابع اقتصادی، زیرساختی و خدماتی است. در حالی که وضعیت سرمایه انسانی و ساختار جمعیتی خانوار و همچنین سرمایه اجتماعی و پشتیبانی نهادی این گروه نسبتاً مطلوب و نزدیک به میانگین است، منابع مالی و تاب‌آوری اقتصادی، دسترسی به زیرساخت‌ها و خدمات و دسترسی به خدمات رفاهی و سلامت اندکی پایین‌تر از میانگین قرار دارند. بنابراین، این گروه از یک سو از برخی پایه‌های لازم برای سازگاری، به‌ویژه در زمینه سرمایه انسانی و اجتماعی، برخوردار است و از سوی دیگر، در برخی منابع پشتیبان سازگاری با محدودیت مواجه است. این ترکیب نشان می‌دهد که آسیب‌پذیری متوسط این گروه بیشتر از آنکه ناشی از مواجهه شدید با مخاطرات باشد، با وجود شکاف‌های قابل بهبود در ظرفیت‌های اقتصادی و خدماتی ارتباط دارد.

این الگو با یافته‌های مهتا و سودان (۲۰۲۶) همخوانی مفهومی دارد. آنان نیز نشان دادند که آسیب‌پذیری تنها با میزان مواجهه با مخاطرات اقلیمی توضیح داده نمی‌شود، بلکه شرایط اجتماعی-اقتصادی، دسترسی نهادی و دارایی‌های معیشتی و در نهایت ظرفیت سازگاری نیز در شکل‌گیری آن نقش دارند. از سوی دیگر، نتایج مطالعات ایسلام و همکاران (۲۰۲۶) و اردالی و همکاران (۲۰۲۲) بر اهمیت تقویت هدفمند ظرفیت‌های اقتصادی و نهادی در کاهش آسیب‌پذیری و ارتقای پایداری تأکید دارند. این یافته‌ها با وضعیت خوشه سوم همخوان است؛ زیرا تقویت شکاف‌های اقتصادی و خدماتی این گروه، در کنار بهره‌گیری از ظرفیت‌های انسانی و اجتماعی موجود، می‌تواند زمینه ارتقای ظرفیت سازگاری را فراهم کند.

بر اساس ویژگی‌های این خوشه، جهت‌گیری سیاستی مناسب، «پیشگیری از تشدید آسیب‌پذیری و ارتقای تدریجی ظرفیت سازگاری» است. در این راستا، تقویت تدریجی منابع مالی و فراهم‌کردن امکان سرمایه‌گذاری در اقدامات سازگاری کم‌هزینه، همراه با رفع شکاف‌های زیرساختی و بهبود دسترسی به خدمات فنی، مشاوره‌ای و فناوری‌های متناسب با مقیاس مزرعه، در اولویت قرار دارد. همچنین، تقویت توان پیش‌بینی و تصمیم‌گیری پیشگیرانه از طریق آموزش مدیریت ریسک، خشکسالی و مصرف آب می‌تواند ظرفیت‌های موجود این گروه را به اقدامات عملی سازگاری تبدیل کند. بهره‌گیری از سرمایه اجتماعی از طریق تعاونی‌ها و شبکه‌های یادگیری و نیز تنوع‌بخشی به منابع درآمدی، به کاهش هزینه‌های سازگاری و ایجاد حاشیه امن اقتصادی برای خانوارها کمک خواهد کرد. در مجموع، هدف این مداخلات جلوگیری از انتقال این گروه به وضعیت آسیب‌پذیری بالا و فراهم‌کردن زمینه حرکت تدریجی آن‌ها به سمت تاب‌آوری بیشتر است. تفاوت این رویکرد با دو خوشه دیگر در آن است که مداخله برای این گروه باید پیش از تشدید محدودیت‌ها انجام شود و بر شکاف‌های مشخص و قابل اصلاح تمرکز داشته باشد. بدین ترتیب، سیاست‌گذاری پیشگیرانه می‌تواند ظرفیت‌های انسانی و اجتماعی موجود را با منابع اقتصادی و خدماتی پیوند داده و زمینه ارتقای تدریجی این گروه به سطح بالاتری از تاب‌آوری را فراهم کند.

این نسخه موقت و قبل از چاپ نهایی می‌باشد. لطفاً برای ارجاع دقت کنید این نسخه بدون تاریخ و شماره است.

بر اساس نتایج و یافته‌های پژوهش، چارچوب مفهومی پیشنهادی مطابق شکل (۳) ترسیم شده است که تلاش می‌کند ارتباط میان گونه‌های مختلف آسیب‌پذیری کشاورزان و الزامات سیاستی متناسب با هر گونه را نشان دهد. منطق محوری چارچوب پیشنهادی، «تناسب سیاستی» است؛ به این معنا که اثربخشی سیاست‌های سازگاری به میزان انطباق آن‌ها با ویژگی‌ها و نیازهای هر الگوی آسیب‌پذیری بستگی دارد. از این منظر، سیاست‌گذاری باید از مسیر گونه‌شناسی آسیب‌پذیری به شناسایی ظرفیت‌ها و شکاف‌ها، انتخاب مداخله متناسب و ارتقای تاب‌آوری حرکت کند. بنابراین، برخلاف رویکرد «یکسان برای همه»، چارچوب حاضر بر ضرورت طراحی و اولویت‌بندی مداخلات متناسب با شرایط گروه‌های مختلف کشاورزان تأکید دارد. نوآوری چارچوب پیشنهادی در این است که گونه‌شناسی آسیب‌پذیری را از یک ابزار صرفاً توصیفی فراتر برده و آن را به مبنایی برای تعیین اولویت‌های سیاستی، تخصیص هدفمند منابع و طراحی مداخلات متفاوت برای گروه‌های ناهمگون کشاورزان تبدیل می‌کند.

شکل ۳: چارچوب مفهومی از گونه‌شناسی آسیب‌پذیری تا تناسب سیاستی



نتیجه‌گیری

این پژوهش با هدف شناسایی الگوهای متفاوت آسیب‌پذیری کشاورزان خرده‌مالک در برابر تغییرات اقلیمی انجام شد. با توجه به اینکه کشاورزان از نظر میزان مواجهه با تنش‌های محیطی و برخورداری از ظرفیت‌های سازگاری شرایط یکسانی ندارند، شناسایی گروه‌های همگن می‌تواند مبنایی برای فاصله گرفتن از سیاست‌های یکسان و حرکت به سوی مداخلات متناسب با شرایط هر گروه فراهم کند. در این راستا، با استفاده از تحلیل مؤلفه‌های اصلی و تحلیل خوشه‌ای، پسته‌کاران استان یزد بر اساس ابعاد محیطی، اجتماعی، اقتصادی و نهادی آسیب‌پذیری طبقه‌بندی شدند. نتایج نشان داد که کشاورزان در سه تیپ متمایز قرار می‌گیرند: کشاورزان تاب‌آور با آسیب‌پذیری پایین و ظرفیت سازگاری بالا، کشاورزان آسیب‌پذیر با مواجهه بالا و ظرفیت سازگاری پایین، و کشاورزان با آسیب‌پذیری متوسط و ظرفیت سازگاری میانی. این یافته نشان می‌دهد که آسیب‌پذیری پدیده‌ای چندبعدی و ناهمگن است و ترکیب متفاوت مواجهه و ظرفیت سازگاری، نیازهای متفاوتی برای سازگاری ایجاد می‌کند. در مجموع، مهم‌ترین نتیجه پژوهش آن است که سیاست سازگاری مؤثر باید متناسب با الگوی آسیب‌پذیری گروه‌های مختلف طراحی شود. بر

این نسخه موقت و قبل از چاپ نهایی می‌باشد. لطفاً برای ارجاع دقت کنید این نسخه بدون تاریخ و شماره است.

این اساس، برای کشاورزان تاب‌آور، حفظ و تقویت ظرفیت‌های موجود؛ برای کشاورزان آسیب‌پذیر، حمایت و توانمندسازی هدفمند؛ و برای کشاورزان با آسیب‌پذیری متوسط، اقدامات پیشگیرانه و ارتقای تدریجی ظرفیت سازگاری ضرورت دارد. بنابراین، گذار از سیاست‌های یکسان برای همه به سیاست‌گذاری تیپ‌محور و مبتنی بر تناسب میان الگوی آسیب‌پذیری و مداخله سیاستی می‌تواند به تخصیص هدفمندتر منابع، کاهش آسیب‌پذیری و تقویت تاب‌آوری نظام‌های کشاورزی در برابر تغییرات اقلیمی کمک کند.

از بعد نظری، این پژوهش با به‌کارگیری رویکرد ترکیبی تحلیل عاملی و خوشه‌ای، به توسعه ادبیات آسیب‌پذیری در برابر تغییرات اقلیمی کمک می‌کند و نشان می‌دهد که آسیب‌پذیری باید به‌صورت چندبعدی و در قالب تعامل میان مواجهه، حساسیت و ظرفیت سازگاری تحلیل شود. همچنین، تفکیک کشاورزان به خوشه‌های متمایز، درک دقیق‌تری از ناهمگنی درون‌گروهی در نظام‌های تولید کشاورزی ارائه می‌دهد. از بعد کاربردی، نتایج پژوهش می‌تواند به سیاست‌گذاران کمک کند تا برنامه‌های سازگاری را به‌صورت هدفمند و متناسب با ویژگی‌های هر گروه طراحی کنند. به‌ویژه، تمرکز بر تقویت سرمایه‌های انسانی، مالی، اجتماعی و زیرساختی در گروه‌های آسیب‌پذیرتر و حفظ و ارتقای تاب‌آوری در گروه‌های کم‌آسیب‌پذیر، می‌تواند به کاهش ریسک‌های اقلیمی و افزایش پایداری تولید کشاورزی منجر شود.

از جمله محدودیت‌های این پژوهش می‌توان به ماهیت مقطعی داده‌ها اشاره کرد که امکان بررسی تغییرات آسیب‌پذیری در طول زمان را محدود می‌سازد. همچنین، استفاده از داده‌های خوداظهاری ممکن است تحت تأثیر خطای ادراکی پاسخ‌دهندگان قرار گرفته باشد. علاوه بر این، تمرکز پژوهش بر مجموعه محدودی از شاخص‌ها، می‌تواند برخی ابعاد پیچیده‌تر آسیب‌پذیری مانند عوامل نهادی، کلان یا اثرات سیاست‌های منطقه‌ای را کمتر پوشش دهد. در پژوهش‌های آینده پیشنهاد می‌شود تحلیل‌های طولی برای بررسی تغییرات الگوهای آسیب‌پذیری در گذر زمان انجام شود. همچنین، ترکیب روش‌های کمی با رویکردهای کیفی می‌تواند به درک عمیق‌تر از سازوکارهای شکل‌گیری آسیب‌پذیری کمک کند. افزون بر این، به‌کارگیری مدل‌های پیشرفته‌تر مانند مدل‌های معادلات ساختاری یا رویکردهای مکانی می‌تواند دقت تحلیل و قابلیت تعمیم نتایج را افزایش دهد.

منابع

- آسیمه، محبوبه، نوری پور، مهدی، کرمی کالوس، آیت‌الله. و احمدوند، مصطفی. (۱۴۰۵). بررسی راهبردهای سازگاری کشاورزان خرده مالک شهرستان زرقان برای مقابله با تغییر اقلیم. *روستا و توسعه*، ۲۹(۱)، ۱۳۲۴۳۰. doi: 10.30490/rvt.2026.367538.1706
- احمدی، محمود. امیدی نجف آبادی، مریم. و معتمد وزیری، بهارک. (۱۴۰۲). طراحی الگوی رفتار سازگاری دامداران شهرستان ورامین در راستای تغییرات اقلیمی با رویکرد بیزی. *مخاطرات محیط طبیعی*، ۱۲(۳۸)، ۹۷-۱۱۲. doi: 10.22111/jneh.2023.44345.1939
- اخگری، مهدی. و قاسمیان مقدم، علیرضا. (۱۴۰۲). اولویت بندی عوامل موثر بر تاب آوری اقتصادی خانوارهای روستایی در برابر خشکسالی (مورد مطالعه: بخش دستگردان شهرستان طبس). *روستا و توسعه پایدار فضا*، ۴(۲)، ۱۱۲-۱۲۹. doi: 10.22077/vssd.2023.5530.1121
- اردالی، فاطمه، طرازکار، محمدحسن، نصر نیا، فاطمه. و شکوهی، زینب. (۱۴۰۲). عوامل مؤثر بر آسیب پذیری معیشتی کشاورزان در مناطق روستایی جنوب دریاچه بختگان. *روستا و توسعه*، ۲۶(۴)، ۶۵-۹۰. doi: 10.30490/rvt.2023.362242.1525
- بنی اسدی، علیرضا، مزیدی، احمد، مظفری، غلامعلی. و امیدوار، کمال. (۱۴۰۲). تغییر اقلیم و تاثیر آن بر شاخص های اقلیم کشاورزی درخت پسته در استان کرمان مطالعه موردی ایستگاه رفسنجان. *کاوش‌های جغرافیایی مناطق بیابانی*، ۱۱(۱)، ۱۷۹-۱۹۱. doi: 10.22034/grd.2023.20098.1579
- تاج بخش، سحر. (۱۴۰۴). بررسی آخرین وضعیت اقلیم و تغییرات آن در مقیاس جهانی و ملی. *نیوار*، ۴۹(۱۲۸-۱۲۹)، ۱۷۳-۱۹۴. doi: 10.30467/nivar.2025.529698.1340

این نسخه موقت و قبل از چاپ نهایی می‌باشد. لطفاً برای ارجاع دقت کنید این نسخه بدون تاریخ و شماره است.

- تقی لو، علی اکبر. (۱۴۰۲). تحلیل ظرفیت انعطاف پذیری نظام معیشت روستایی در برابر بحران آب با استفاده از سیستم استنباط فازی (دهستان بکشلو جای ارومیه). *پژوهش‌های جغرافیایی اقتصادی*، ۴(۱۱)، ۵۶-۶۹. doi: 20.1001.1.27173747.1402.4.11.4.6
- حجاریان، احمد. (۱۴۰۲). علل ادراک شده آسیب پذیری کشاورزان با تاکید بر خشکسالی (مطالعه موردی: مناطق بیابانی شرق اصفهان). *مطالعات جغرافیایی مناطق خشک*، ۱۴(۵۳)، ۱۲۱-۱۳۷. doi: 10.22034/jargs.2023.392647.1021
- خدودر دیزاده، محمد، کاظم پور، اتابک، شاکری بستان آباد، رضا. و یوسف زاده، لیل. (۱۴۰۳). بررسی عوامل موثر بر صادرات زمین مجازی پسته ایران. *تحقیقات اقتصاد کشاورزی*، ۱۶(۴)، ۴۳-۵۸. doi: 10.30495/jae.2024.27856.2401
- عساکره، فاطمه. و فرج زاده، زکریا. (۱۴۰۲). سنجش آسیب پذیری استان‌های ایران از تغییرات اقلیمی. *تحقیقات اقتصاد کشاورزی*، ۱۵(ویژه‌نامه)، ۸۹-۱۰۶. doi: 10.30495/jae.2023.28683.2280
- مرکز آمار ایران. (۱۴۰۳). نتایج تفصیلی سرشماری عمومی کشاورزی ۱۴۰۳. قابل دسترس در: <file:///C:/Users/diamond/Downloads/Final%20Report%20-%20Agri%20Census%201403%20ed.%201.11.1.pdf>
- مرکز آمار ایران. (۱۴۰۳). نتایج تفصیلی سرشماری عمومی کشاورزی ۱۴۰۳ (استان یزد). قابل دسترس در: <https://amar.org.ir/statistical-information/statid/55675>
- هوشیار، ساسان، دهباشی، وحید، محمدی، حمید، اسماعیلپورمقدم، هادی، سرگزی، علیرضا. و کیخا، احمدعلی. (۱۴۰۲). اثر تغییرات اقلیم بر اقتصاد بخش کشاورزی ایران. *مدیریت اکوسیستم‌های طبیعی*، ۳(۴)، ۴۰-۴۰.
- Ahmed, S.K. (2024). How to choose a sampling technique and determine sample size for research: A simplified guide for researchers, *Oral Oncol. Rep.* 12, 100662. <https://doi.org/10.1016/j.oor.2024.100662>.
- Ahouangan, B., Koura, B., Lesse, A., Ahoyo, C., Toyi, S., Vissin, E. and Houinato, M. (2024). Typology analysis and adaptive capacity of commercial gardening farmers to climate change in peri-urban areas along the coastal area of Benin (West Africa). *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 8, 1356665. doi: 10.3389/fsufs.2024.1356665
- Almasi, A., Fatemi, S.E. and Eghbalzadeh, A. (2026). Assessing the impact of climate change on rainfall patterns in Kermanshah, Iran: a machine learning approach. *Appl Water Sci* 16, 105. <https://doi.org/10.1007/s13201-026-02768-3>
- Andani, A., Jamhari, I., Suryantini, A., 2021. Assessing Multidimensional Resilience of Smallholder Plantations in Bengkulu Province, Indonesia, *Advances in Economics, Business and Management Research*, volume 199, Proceedings of 1st International Conference on Sustainable Agricultural Socio-economics, Agribusiness, and Rural Development (ICSASARD 2021)
- Azine, P.C., Mugumaarhahama, Y., Mutwedu, V.B., Mondo, J.M., Chuma, G.B., Buchekabiri, A., Mutume, T., Bagula, E.M., Ayagirwe, R.B., Baenyi, S.P., Bacigal, S.B., Karume K. (2025). Assessing smallholder farmers' vulnerability to climate change and coping strategies in South Kivu Province, eastern Democratic Republic of Congo. *Environ Syst Res.* 14, 2. <https://doi.org/10.1186/s40068-025-00393-8>
- Baffour-Ata, F., Atta-Aidoo, L., Boakye, L., Adzigbli, W., Asenso Acheampong, M., Tettey Angmor, R., ... Davies, P. (2026). Vulnerability of smallholder vegetable farmers to climate variability in Bosome Freho, Ghana. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 1–29. <https://doi.org/10.1080/21683565.2026.2635087>
- Belewu, K.Y., Kotila, V.A., Bello, K.A., Kadir, R.A., & Mohammed, S.M. (2026). The extreme vulnerability of smallholder farmers of changing climate along with its effect upon the production: evidence from Nigeria. *Nigerian Journal of Agriculture and Agricultural Technology*, 6(1A), 106–117. Retrieved from <https://njaat.com.ng/index.php/njaat/article/view/1446>
- Chapagain, P.S., Banskota, T.R., Shrestha, S. et al. (2025). Studies on adaptive capacity to climate change: a synthesis of changing concepts, dimensions, and indicators. *Humanit Soc Sci Commun* 12, 331. <https://doi.org/10.1057/s41599-025-04453-3>
- Chatsiwa, J. (2024). Vulnerability to Climate Variability of Smallholder Farmers in Gutu District, Zimbabwe: A Pro-Poor Asset Adaptation Approach. *Journal of Asian and African Studies*, 0(0). <https://doi.org/10.1177/00219096241284738>
- Davis, B., Mane, E., Gurbuzer, L., Caivano, G., Piedrahita, N., Schneider, K., et al. (2026). A new estimate for global and country-level employment in agrifood systems, *World Development*, 203, 107296. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2025.107296>.
- Dzawanda, B., Chapungu, L., Maoela, M., Matsa, M. and Mapitsa, C. (2024). The trends and drivers of climate change vulnerability in rural southern Africa, in *Climate Change Resilience in Rural Southern Africa: Dynamics, Prospects and Challenges* (Springer book, page Springer Nature Switzerland: Cham), 31–48.
- Enerlan, G.P., 2023. An analysis of the economic resilience and vulnerability of local economies in the Philippines to hydrometeorological disasters. *Int. J. Disaster Risk Reduct.* 84, 103447. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2022.103447>
- Fang, M. & Wu, Y. (2025). Examining the effects of government subsidies on farmers' livelihoods for agricultural sustainability in the context of climate change: Evidence from 8,089 farmers in China, *Sustainable Futures*, 10, 101547. <https://doi.org/10.1016/j.sfr.2025.101547>.
- Foreign Agricultural Service, 2025. Top Producing Countries, <https://www.fas.usda.gov/data/production/commodity/0577907>
- Goshu, K. G., Enyew, F. B., Debele, S. E., & Tarekegn, G. B. (2026). Smallholder Farmers' Vulnerability to Climate Variability in Different Agro-Ecological Zones of Legambo District, North-Central Ethiopia. *Agriculture*, 16(7), 766. <https://doi.org/10.3390/agriculture16070766>

- Iljkić, D., Rastija, M., Šimić, D., Lončarić, Z., Drenjančević, L., Zebec, V., Samfira, I., Zoican, C., & Varga, I. (2025). Effects of Extreme Combined Abiotic Stress on Yield and Quality of Maize Hybrids. *Agronomy*, 15(6), 1440. <https://doi.org/10.3390/agronomy15061440>
- International Nut & Dried Fruit Council (2024). Pistachios Global Statistical Review. <https://inc.nutfruit.org/pistachios-global-statistical-review-2/#are>
- Intergovernmental Panel on Climate Change (2022). *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Cambridge & New York: Cambridge University Press.
- Islam, A.R., Alam, G. M.M., Samad, R. B., Sarker, M. N. I., Khatun, M. N., Bhandari, H., Hossain, M.D., Mallick, J. & Khan, M. S. (2026). Assessing smallholder farmers' vulnerability to climate change in northern Bangladesh. *Local Environment*, 31, 1–24. <https://doi.org/10.1080/13549839.2026.2631487>
- Jamshidi, O., Asadi, A., Kalantari, K., Azadi, H., Scheffran, J., 2019. Vulnerability to climate change of smallholder farmers in Hamadan province, Iran. *Clim. Risk Manag.* 23, 146–159. <https://doi.org/10.1016/j.crm.2018.06.002>
- Jha, C.K. and Gupta, V. (2021). Farmers' perceptions and factors determining the adaptation decisions to cope with climate change: Evidence from rural India, *Environmental and Sustainability Indicators*, 10, 100112. <https://doi.org/10.1016/j.indic.2021.100112>.
- Khan, M. S. (2026). Assessing smallholder farmers' vulnerability to climate change in northern Bangladesh. *Local Environment*, 1–24. <https://doi.org/10.1080/13549839.2026.2631487>
- Konak, A., Balta-Ozkan, N., Shrimpton, E. et al. (2026). Operationalizing vulnerability and resilience interdependencies in drought risk management. *Sustainability Science*, 21(4). <https://doi.org/10.1007/s11625-026-01859-z>
- Lankamo, A.A., R. D., Bati, B.E., Dira, S.J., 2025. Confronting the uncertainty: Vulnerability to climate change among smallholder farmers in Sidaama region, Ethiopia. *PLoS One*. 20(5), e0323469. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0323469>
- Li, E., Zhao, J., Pullens, J.W.M., Yang, X. (2022). The compound effects of drought and high temperature stresses will be the main constraints on maize yield in Northeast China. *Science of The Total Environment*, 812, 152461. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.152461>
- Li, W.L., Dong, S.C., Lin, H.Y., Li, F.J., Cheng, H., Jin, Z., Wang, S., Zhang, H., Hou, P.S. and Xia, B. (2023). Vulnerability of farmers and herdsman households in Inner Mongolian Plateau to arid climate disasters and their development model. *Journal of Cleaner Production*, 402, 136853. doi: [10.1016/j.jclepro.2023.136853](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.136853)
- Likinaw, A., Alemayehu, A., and Bewket, W. (2024). Smallholder farmers' vulnerability to climate change in northwest Ethiopia. *Climate Change Strategies and Management*, 16(5), 469–490. <https://doi.org/10.1108/IJCCSM-03-2023-0041>
- Liu, X., Liu, S., Wang, R., Tang, H., Zhang, F., Jia, L., Sun, X. (2024). Vulnerability of Farmer Households to Climate Change in Rocky Desertification Areas—A Case Study of Guizhou Province, Land, 13, 582. <https://doi.org/10.3390/Land.13.582>
- Lokonon, B. (2018). Farmers' vulnerability to climate shocks: insights from the Niger basin of Benin. *Clim Dev* 11(7), 585–596. <https://doi.org/10.1080/17565529.2018.1511403>
- Mandal, U., Karim, F., Yu, Y., Ghosh, A., Zahan, T., Mallick, S., Kamruzzaman, M., Paul, P. and Mainuddin, M. (2025). Assessing vulnerability and climate risk to agriculture for developing resilient farming strategies in the Ganges Delta, *Climate Risk Management*, 47, 100690. <https://doi.org/10.1016/j.crm.2025.100690>.
- Mehta, B. S., & Sudan, F. K. (2026). Assessing Climate-Induced Vulnerability and Adaptive Capacity of Mountain Communities in South and Central Asia: Comparative Evidence from the Himalayas and Central Asian Highlands. *Societies*, 16(7), 209. <https://doi.org/10.3390/soc16070209>
- Metiso, N.F. and Mboweni, S.H. (2025). Barriers and Enablers of Health Services Utilisation in Rural Communities of Nkomazi Sub-District in Mpumalanga Province, South Africa: A Quantitative Community Survey. *Health Serv Insights*. 18, 11786329251356931. doi: [10.1177/11786329251356931](https://doi.org/10.1177/11786329251356931).
- Mirón, I.J., Linares, C., Díaz, J. (2023). The influence of climate change on food production and food safety. *Environ. Res.* 3, 114674.
- Mpofu, M., Makumbe, P., Du Toit, L., Chikwanda, D., Madzimore, J. and Chakeredza, S. (2025). The contribution of indigenous multipurpose trees found in southern Africa to increased livestock production and climate change adaptation: a review. *Frontiers in Climate*, 7: 1636284. doi: [10.3389/fclim.2025.1636284](https://doi.org/10.3389/fclim.2025.1636284)
- Mugisho, G.M., Ngalo, L.M., Lukeba, F.N. (2024). Vulnerability and adaptation of maize smallholder farmers to climate change: a Sub-Saharan African context. *Discov Agric*. 2(1). <https://doi.org/10.1007/s44279-024-00023-4> 3.
- Musenge, P., Mafongoya, P., & Lottering, S. (2026). Social Capital and Climate Change Resilience of Smallholder Farmers in Bergville, KwaZulu-Natal, South Africa. *Agriculture*, 16(8), 856. <https://doi.org/10.3390/agriculture16080856>
- Nazari Nooghabi, S., Fleskens, L., Sietz, D., & Azadi, H. (2020). Typology of vulnerability of wheat farmers in Northeast Iran and implications for their adaptive capacity. *Climate and Development*, 12(8), 703–716. <https://doi.org/10.1080/17565529.2019.1679072>
- Olsson, L., Opondo, M., Tschakert, P., Agrawal, A., Eriksen, S., Ma, S., Perch, L., Zakeldeen, S. (2014). Livelihoods and Poverty: climate change 2014: impacts, adaptation, and vulnerability. Part A: Global and sectoral aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, p 793–832. <https://lup.lub.lu.se/search/publication/5bcb5b9f-e16b-4d4e-a8bc-d9096c560e5e>
- Omolo, N., and Mafongoya, P.L. (2019). Gender, social capital and adaptive capacity to climate variability: A case of pastoralists in arid and semi-arid regions in Kenya. *Climate Change Strategies and Management*, 11(5), 744–758, doi: <https://doi.org/10.1108/IJCCSM-01-2018-0009>
- Sarker, M.N.I., Peng, Y., Yiran, C., Shouse, R.C. (2020). Disaster resilience through big data: Way to environmental sustainability. *Disaster Risk Reduct.* 51, 101769. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2020.101769>

- Serkendiz, H., Tatli, H., Özcan, H., Çetin, M. and Sungur, A. (2023). Multidimensional assessment of agricultural drought vulnerability based on socioeconomic and biophysical indicators, *Disaster Risk Reduction*, 98, 104121. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2023.104121>
- Shahraki, A.S., Caloiero, T. and Bazrafshan, O. (2023). Influence of Climatic Factors on Yields of Pistachio, Mango, and Bananas in Iran. *Sustainability*, 15, 8962. <https://doi.org/10.3390/su15118962>
- Shehzad, M.F., Lyeo, J.S., Bleibel, N. et al. (2026). A scoping review of climate vulnerability indicators: implications for neighborhood-level vulnerability. *Climatic Change* 179, 49. <https://doi.org/10.1007/s10584-026-04122-7>
- Sigudla, J. & Maritz, J.E. (2023). Exploratory factor analysis of constructs used for investigating research uptake for public healthcare practice and policy in a resource-limited setting, South Africa. *BMC Health Serv Res* 23, 1423. <https://doi.org/10.1186/s12913-023-10165-8>
- Slayi, M., Muchaku, S., Kabiti, H., Ndhleve, S. and Dzvene, A.R. (2026). Climate vulnerability and adaptation pathways among smallholder sheep farmers in the Drakensberg Grasslands of South Africa. *Front. Clim.* 8:1785998. doi: [10.3389/fclim.2026.1785998](https://doi.org/10.3389/fclim.2026.1785998)
- Swami, D., Parthasarathy, D. (2021). Dynamics of exposure, sensitivity, adaptive capacity and agricultural vulnerability at district scale for Maharashtra, India. *Ecological Indicators* 121, 107206.
- Touch, V., Tan, D., Cook, B., Liu, D., Cross, R., Tran, T., Utomo, A., Yous, S., Grunbuhel, C. and Cowie, A. (2024). Smallholder farmers' challenges and opportunities: Implications for agricultural production, environment and food security, *Journal of Environmental Management*, 370, 122536. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.122536>.
- Wang, J. and Azam, W. (2024). Natural resource scarcity, fossil fuel energy consumption, and total greenhouse gas emissions in top emitting countries, *Geoscience Frontiers*, 15(2), 101757. <https://doi.org/10.1016/j.gsf.2023.101757>.
- World Bank. (2023). Working with Smallholders a Handbook for Firms Building Sustainable Supply Chains. <https://documents1.worldbank.org/curated/en/099539509192310890/pdf/IDU044aabaa604a490412808a520ab7ba07b96ed.pdf>
- Yanqing, W., Jiao, L., Lu, Z., Hao, W., Yiming, Z., Irshad, A. and Guisheng, Z. (2026). Abiotic stress responses in crop plants: A multi-scale approach, *Journal of Integrative Agriculture*, 25(1), 1-15. <https://doi.org/10.1016/j.jia.2024.09.003>.
- Zaatra, A., Requier-Desjardins, M., Rey-Valette, H., Blayac, T., & Belhouchette, H. (2025). Assessment of Farm Vulnerability to Climate Change in Southern France. *Land*, 14(7), 1388. <https://doi.org/10.3390/land14071388>
- Zhang, R., Jiang, A., & Jiang, L. (2025). Exposure-Sensitivity-Adaptability (ESA) framework-based evaluation and characteristics analysis of urban disasters vulnerability in China. *Ecological Indicators*, 176, 113662. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2025.113662>.

این نسخه موقت و قبل از چاپ نهایی می‌باشد. لطفاً برای ارجاع دقت کنید این نسخه بدون تاریخ و شماره است.