Iranian Association of Geopolitical

Geography and Regional Planning

ISSN (Print): 2783-2112 - ISSN (Online): 2228-6462

Homepage: https://www.jgeoqeshm.ir/



Assessing the Resilience and Vulnerability of Regional Development to Emerging Technologies in Iran's Free Zones: A Case Study of the Aras Free Zone

jafar jafari

1. Department of Technology Development Studies, Iranian Research Organization for Science and Technology (IROST), Tehran, Iran. Email: j.jafari@irost.ir

ARTICLE INFO

Article type:
Research Paper

Article history:
Received 26 May 2026
Received in revised form 13 August 2026
Accepted 22 September 2026
Available online 23 September 2026

Keywords:
Regional Resilience
Modern Technologies
Free Trade-Industrial Zones Aras Free Zone
Regional Sustainable Development

Abstract

This study aims to design and test a model of regional resilience based on modern technologies (artificial intelligence, the Internet of Things, blockchain, and renewable energy) in the Aras Free Zone, as one of the most significant free zones in Iran. In terms of purpose, this research is applied-developmental; in terms of nature, it is descriptive-correlational; and in terms of approach, it is quantitative. The statistical population consisted of 120 managers, experts, and economic activists in the Aras Free Zone. Due to the limited population size, a census method was employed. The research instrument was a researcher-developed 42-item questionnaire using a five-point Likert scale. Content validity was confirmed by eight specialists (CVR = 0.78), and reliability was established using Cronbach's alpha coefficient ($\alpha = 0.89$). Data analysis was conducted using the Kolmogorov–Smirnov test (for normality), Pearson correlation coefficient, and multiple linear regression in SPSS version 27. The overall mean adoption of modern technologies was 3.2 out of 5 (moderate level). The highest mean was related to smart logistics technology (3.7), and the lowest pertained to renewable energy (2.4). There were positive and significant correlations between modern technologies and economic resilience ($r = 0.72$, $p < 0.01$), social resilience ($r = 0.65$, $p < 0.05$), and environmental resilience ($r = 0.58$, $p < 0.05$). Regression results showed that modern technologies explain 54% of the variance in regional resilience ($R^2 = 0.54$, $F = 34.2$, $p < 0.001$).

How to cite: jafari, J. (2026). Assessing the Resilience and Vulnerability of Regional Development to Emerging Technologies in Iran's Free Zones: A Case Study of the Aras Free Zone. Geography and Regional Planning, 16(3), 591-624 https://doi.org/10.22034/jgeoq.2026.577325.4460

© Author(s) retain the copyright and full publishing rights
DOI: https://doi.org/ 10.22034/jgeoq.2026.577325.4460

Publisher: Qeshm Institute of Higher Education

Introduction

Regional resilience has become a significant concern in sustainable development, particularly as regions face economic fluctuations, environmental challenges, social changes, and technological transformations. Free zones play an important role in regional economic growth by attracting investment, facilitating trade, and strengthening production and logistics networks. However, their dependence on global markets and external economic conditions can increase their vulnerability to unexpected shocks. Modern technologies, including artificial intelligence, the Internet of Things, blockchain, renewable energy, and smart logistics, offer opportunities to improve regional resilience through enhanced efficiency, informed decision-making, resource management, and institutional coordination. The Aras Free Zone, owing to its strategic geographical position and connections with neighboring countries and regional transportation corridors, provides a relevant context for examining these relationships. Despite the growing importance of digital transformation, the relationship between modern technology adoption and different dimensions of regional resilience requires further empirical investigation in Iran's free zones. Therefore, this study examines how modern technologies influence economic, social, and environmental resilience in the Aras Free Zone and assesses their contribution to regional development. The findings are intended to inform technology-oriented planning and sustainable development policies for free zones.

Methodology

This This applied-developmental study used a descriptive-correlational quantitative approach to examine the relationship between modern technologies and regional resilience in the Aras Free Zone. Data were collected through a researcher-developed 42-item, five-point Likert questionnaire administered to 120 managers, experts, and economic actors. Content validity was assessed by eight specialists, and reliability was confirmed using Cronbach's alpha. Data were analyzed using SPSS version 27.

Results and Discussion

This applied-developmental study used a descriptive-correlational quantitative approach to examine the relationship between modern technologies and regional resilience in the Aras Free Zone. Data were collected through a researcher-developed 42-item, five-point Likert questionnaire administered to 120 managers, experts, and economic actors. Content validity was assessed by eight specialists, and reliability was confirmed using Cronbach's alpha. Data were analyzed using SPSS version 27. The findings indicate that the adoption of modern technologies in the Aras Free Zone is moderate, with an overall mean score of 3.2 out of five. Among the examined technologies, smart logistics received the highest mean score of 3.7, suggesting comparatively stronger implementation, whereas renewable energy recorded the lowest score of 2.4, indicating a significant area for improvement. Pearson correlation analysis revealed positive and statistically significant relationships between modern technology adoption and several dimensions of regional resilience. The strongest reported relationship was with economic resilience ($r = 0.72$, $p < 0.01$), followed by social resilience ($r = 0.65$, $p < 0.05$) and environmental resilience ($r = 0.58$, $p < 0.05$). Multiple linear regression showed that modern technologies explained 54% of the variance in regional resilience ($R^2 = 0.54$; $F = 34.2$, < 0.001), demonstrating explanatory power. Overall, the results support the importance of technological development in strengthening resilience in the Aras Free Zone. They also highlight an uneven pattern of adoption: smart logistics is comparatively advanced, while renewable energy requires greater attention. The findings do not provide a statistical result for institutional resilience.

Conclusion

The findings of this study demonstrate that modern technologies play an important role in strengthening regional resilience and supporting sustainable development in the Aras Free Zone. The moderate level of technology adoption indicates that, although technological capabilities have been

established, further investment and strategic planning are necessary to maximize their benefits. Among the technologies examined, smart logistics achieved the highest mean score, highlighting its relative importance in improving transportation, supply-chain coordination, and regional economic activities. In contrast, renewable energy recorded the lowest mean score, suggesting that this area requires greater attention from policymakers and economic stakeholders. The correlation analysis revealed positive and statistically significant relationships between modern technologies and economic, social, and environmental resilience. Economic resilience showed the strongest relationship, followed by social and environmental resilience. These findings suggest that technological development can contribute to economic stability, improve social adaptability, and support environmental management. Furthermore, regression analysis indicated that modern technologies explained 54% of the variance in regional resilience, confirming their substantial explanatory contribution within the study model. Nevertheless, the findings should be interpreted within the scope of the investigated population and research design, and they do not establish causality. The study did not report a separate statistical result for institutional resilience; therefore, conclusions regarding this dimension require further empirical investigation. Based on these results, policymakers in the Aras Free Zone should prioritize coordinated technology-development programs, strengthen digital infrastructure, and encourage cooperation among government institutions, businesses, and research organizations. Particular attention should be directed toward renewable energy investment while maintaining and improving existing smart logistics capabilities. Training programs and appropriate institutional support could also facilitate technology adoption and improve implementation effectiveness. Future research should examine additional free zones, employ longitudinal designs, and investigate institutional resilience using more comprehensive indicators. Overall, targeted technological investment, supported by effective governance and evidence-based planning, offers a promising pathway for enhancing regional resilience and advancing sustainable development in the Aras Free Zone.

Ethical considerations

Following the principles of research ethics

The authors have observed the principles of ethics in conducting and publishing this scientific research, and this is confirmed by all of them.

Data Availability Statement

Data available on request from the authors.

Acknowledgements

First author: Preparation of samples, conducting experiments and collecting data, performing calculations, statistical analysis of data, analysis and interpretation of information and results, preparing a draft of the article

Ethical Considerations

The authors affirm that they have adhered to ethical research practices, avoiding plagiarism, misconduct, data fabrication or falsification, and have provided their consent for this article's publication.

Funding

This research was conducted without any financial support from Payam Noor University.

Conflict of Interest

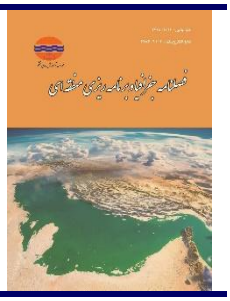
The authors declare no conflict of interest

فصلنامه جغرافیا و برنامه‌ریزی منطقه‌ای

شاپا چاپی: ۶۴۶۲- ۲۲۲۸ شاپا الکترونیکی: ۲۱۱۲ -۲۷۸۳

Journal Homepage: https://www.jgeoqeshm.ir/

انجمن ژئوپلیتیک ایران



سنجش تاب‌آوری و اثرپذیری توسعه منطقه‌ای از فناوری‌های نوین در مناطق آزاد ایران : مطالعه موردی منطقه آزاد ارس

جعفر جعفری ✉

۱. پژوهشکده مطالعات فناوریهای نوین، سازمان پژوهش های علمی و صنعتی ایران، تهران، ایران. رایانامه: j.jafari@irost.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۵/۰۳/۰۵

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۵/۰۵/۲۲

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۶/۳۱

تاریخ انتشار: ۱۴۰۵/۰۷/۰۱

کلیدواژه ها:

تاب‌آوری منطقه‌ای فناوری‌های نوین مناطق آزاد تجاری-صنعتی منطقه آزاد ارس توسعه پایدار منطقه‌ای

چکیده

پژوهش حاضر با هدف طراحی و آزمون مدل تاب‌آوری منطقه‌ای مبتنی بر فناوری‌های نوین (هوش مصنوعی، اینترنت اشیا، بلاک‌چین، انرژی‌های تجدیدپذیر) در منطقه آزاد ارس به‌عنوان یکی از مهم‌ترین مناطق آزاد ایران انجام شده است. این پژوهش از نظر هدف کاربردی-توسعه‌ای، از نظر ماهیت توصیفی-همبستگی و از نظر رویکرد، کمی است. جامعه آماری شامل ۱۲۰ نفر از مدیران، کارشناسان و فعالان اقتصادی منطقه آزاد ارس بود که به دلیل محدود بودن جامعه، به روش سرشماری (تمام‌شمار) بررسی شدند. ابزار پژوهش، پرسشنامه محقق‌ساخته ۴۲ گویه‌ای در مقیاس پنج‌درجه‌ای لیکرت بود. روایی محتوایی با نظر ۸ نفر از متخصصان (CVR=0.78) و پایایی با ضریب آلفای کرونباخ (α=0.89) تأیید شد. تحلیل داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف (نرمالیتی)، ضریب همبستگی پیرسون و رگرسیون خطی چندگانه در SPSS نسخه ۲۷ انجام شد. میانگین کلی به‌کارگیری فناوری‌های نوین ۳.۲ از ۵ (سطح متوسط) بود. بالاترین میانگین مربوط به فناوری لجستیک هوشمند (۳.۷) و پایین‌ترین مربوط به انرژی‌های تجدیدپذیر (۲.۴) بود. بین فناوری‌های نوین و تاب‌آوری اقتصادی (r=0.72, p<0.01)، تاب‌آوری اجتماعی (r=0.65, p<0.05) و تاب‌آوری زیست‌محیطی (r=0.58, p<0.05) همبستگی مثبت و معنادار وجود داشت.

استناد: جعفری، جعفر. (۱۴۰۵). سنجش تاب‌آوری و اثرپذیری توسعه منطقه‌ای از فناوری‌های نوین در مناطق آزاد ایران : مطالعه موردی منطقه آزاد ارس. جغرافیا و برنامه ریزی منطقه‌ای، ۱۶(۳)، ۵۹۱-۶۲۴. DOI:10.22034/ 10.22034/jgeoq.2026.577325.4460

ناشر: موسسه آموزش عالی قشم

© نویسندگان.

۱. مقدمه

در دهه‌های اخیر، مفهوم تاب‌آوری منطقه‌ای به عنوان یکی از مفاهیم بنیادین در ادبیات توسعه پایدار، برنامه‌ریزی شهری و اقتصاد منطقه‌ای مورد توجه گسترده پژوهشگران و سیاست‌گذاران قرار گرفته است (مارتین، ۲۰۱۲؛ بریستو و هیلی، ۲۰۲۳). تاب‌آوری منطقه‌ای به توانایی یک منطقه در پیش‌بینی، جذب، سازگاری و بازیابی مؤثر در برابر شوک‌های اقتصادی، اجتماعی، زیست‌محیطی و سیاسی اطلاق می‌شود (کریستوفرسون و همکاران، ۲۰۲۲). این مفهوم از اوایل دهه ۲۰۰۰ به تدریج جایگزین رویکردهای سنتی مانند تعادل اقتصادی و ثبات شده است، زیرا رویکردهای سنتی قادر به توضیح چرایی و چگونگی واکنش متفاوت مناطق به شوک‌های مشابه نبودند.

افزایش شدت و فراوانی بحران‌هایی نظیر رکودهای اقتصادی جهانی، تحریم‌های بین‌المللی، همه‌گیری‌های فراگیر مانند کووید-۱۹، تغییرات اقلیمی و تحولات ژئوپلیتیکی، ضرورت توجه نظام‌مند و علمی به تاب‌آوری مناطق را دوچندان کرده است (دوران و فینگلتون، ۲۰۲۲). تجربه کشورهای مختلف نشان داده است که مناطقی که از سطح بالاتری از تاب‌آوری برخوردار هستند، نه تنها شوک‌ها را بهتر تحمل می‌کنند، بلکه فرصت‌های جدیدی برای رشد و توسعه پس از بحران پیدا می‌کنند. به عبارت دیگر، تاب‌آوری صرفاً به معنای مقاومت در برابر بحران نیست، بلکه به معنای توانایی یادگیری، تطبیق و تحول مثبت در شرایط بحرانی است.

مناطق آزاد تجاری-صنعتی به عنوان یکی از ابزارهای راهبردی توسعه اقتصادی در بسیاری از کشورهای در حال توسعه و توسعه‌یافته، نقش کلیدی در جذب سرمایه‌گذاری خارجی، انتقال فناوری، توسعه صادرات غیرنفتی، ایجاد اشتغال و تقویت پیوندهای اقتصادی با اقتصاد جهانی ایفا می‌کنند (فارول و آکینجی، ۲۰۲۲؛ وانگ و همکاران، ۲۰۲۳). این مناطق معمولاً با ارائه معافیت‌های مالیاتی، تسهیل مقررات گمرکی و ایجاد زیرساخت‌های پیشرفته، بستر مناسبی برای فعالیت‌های اقتصادی فراهم می‌آورند.

با این حال، همین ویژگی‌ها یعنی اتصال مستقیم به اقتصاد جهانی و وابستگی به جریان‌های سرمایه، فناوری و تجارت بین‌الملل، مناطق آزاد را در مقایسه با سایر فضاهای اقتصادی به شدت در معرض شوک‌های بیرونی قرار می‌دهد (فارول و آکینجی، ۲۰۲۲). یک بحران مالی در وال‌استریت، یک تحریم جدید بین‌المللی، یک همه‌گیری جهانی یا یک تغییر ناگهانی در قیمت نفت می‌تواند به سرعت به این مناطق منتقل شود و فعالیت‌های اقتصادی آن‌ها را مختل کند. از این رو، برخورداری از سطح بالای تاب‌آوری برای مناطق آزاد نه یک مزیت رقابتی، بلکه یک ضرورت راهبردی برای تداوم فعالیت، حفظ اشتغال و تحقق اهداف توسعه‌ای آن‌ها محسوب می‌شود.

در این میان، فناوری‌های نوین به عنوان یکی از مهم‌ترین پیشران‌های تحول اقتصادی و اجتماعی در عصر انقلاب صنعتی چهارم، نقش تعیین‌کننده‌ای در ارتقای تاب‌آوری مناطق ایفا می‌کنند (گونگ و همکاران، ۲۰۲۴؛ چن و همکاران، ۲۰۲۱). فناوری‌هایی نظیر هوش مصنوعی و کلان‌داده، اینترنت اشیا، بلاک‌چین، انرژی‌های تجدیدپذیر و لجستیک هوشمند، هر یک از کانال‌های خاصی بر ابعاد مختلف تاب‌آوری تأثیر می‌گذارند.

هوش مصنوعی و کلان‌داده با بهبود کیفیت تصمیم‌گیری، پیش‌بینی دقیق‌تر ریسک‌ها و بهینه‌سازی مدیریت بحران، می‌توانند تاب‌آوری اقتصادی و نهادی را افزایش دهند (چن و همکاران، ۲۰۲۱). اینترنت اشیا با ایجاد امکان پایش لحظه‌ای فرآیندها، مدیریت هوشمند منابع و کاهش ضایعات، نقش مهمی در افزایش تاب‌آوری زیست‌محیطی و لجستیکی دارد (لی و همکاران، ۲۰۲۳). بلاک‌چین با شفاف‌سازی تراکنش‌ها، کاهش هزینه‌های واسطه‌گری و افزایش امنیت داده‌ها، می‌تواند تاب‌آوری نهادی و اقتصادی را تقویت کند (تابش و همکاران، ۱۴۰۰). انرژی‌های تجدیدپذیر با کاهش وابستگی به سوخت‌های فسیلی، افزایش امنیت انرژی و کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی، تاب‌آوری زیست‌محیطی و اقتصادی را بهبود می‌بخشند (وانگ و همکاران، ۲۰۲۳).

لجستیک هوشمند نیز با بهینه‌سازی زنجیره تأمین، کاهش زمان تحویل، افزایش انعطاف‌پذیری و قابلیت ردیابی کالا، نقشی کلیدی در تاب‌آوری اقتصادی ایفا می‌کند (گونگ و همکاران، ۲۰۲۴).

منطقه آزاد ارس به عنوان یکی از مهم‌ترین و استراتژیک‌ترین مناطق آزاد ایران، در شمال غرب کشور و در مجاورت با جمهوری خودمختار نخجوان، ارمنستان و جمهوری آذربایجان واقع شده است. این منطقه با برخورداری از موقعیت ممتاز ترانزیتی در کریدور شمال–جنوب، دسترسی به دریای خزر و دریای سیاه، اتصال به شبکه ریلی ایران و قفقاز، و نزدیکی به بازار ۳۵۰ میلیونی کشورهای حوزهCIS ، دارای ظرفیت‌های قابل‌توجهی در حوزه‌های کشاورزی، گردشگری، صنایع تبدیلی، لجستیک و تجارت بین‌الملل است (سازمان منطقه آزاد ارس، ۱۴۰۱).

با این حال، این منطقه نیز همانند سایر مناطق آزاد کشور با چالش‌های متعددی مواجه است. محدودیت منابع آبی، زیرساخت‌های ناکافی در برخی بخش‌ها، تحریم‌های بین‌المللی که دسترسی به فناوری‌های پیشرفته و بازارهای جهانی را دشوار می‌سازد، نوسانات شدید نرخ ارز، رقابت شدید با مناطق آزاد همجوار در کشورهای ترکیه، آذربایجان و ارمنستان، و آسیب‌پذیری‌های زیست‌محیطی ناشی از تغییرات اقلیمی، از جمله مهم‌ترین چالش‌های فراروی این منطقه هستند (زارعی و همکاران، ۱۴۰۰).

۲. بیان مسئله و شکاف پژوهشی

با وجود اهمیت روزافزون نقش فناوری‌های نوین در افزایش تاب‌آوری مناطق در ادبیات جهانی، بررسی تجربی و نظام‌مند این موضوع در مناطق آزاد ایران به ویژه منطقه آزاد ارس با خلأهای پژوهشی جدی و چشمگیری مواجه است. بررسی دقیق پیشینه پژوهش‌های داخلی نشان می‌دهد که اغلب مطالعات انجام‌شده در مورد مناطق آزاد ایران، به دلایل مختلف از توجه کافی به مفهوم تاب‌آوری منطقه‌ای غافل مانده‌اند.

دسته اول از مطالعات داخلی، عمدتاً بر ابعاد اقتصادی و سرمایه‌گذاری مناطق آزاد متمرکز شده‌اند. این مطالعات معمولاً به بررسی عواملی مانند جذب سرمایه‌گذاری خارجی، حجم تجارت، اشتغال‌زایی و درآمدهای مالیاتی پرداخته‌اند، اما هیچ توجهی به ظرفیت این مناطق برای مواجهه با شوک‌ها و بحران‌ها نداشته‌اند. دسته دوم از مطالعات، به بررسی زیرساخت‌های فیزیکی و حمل‌ونقل در مناطق آزاد اختصاص داشته و عمدتاً جنبه‌های مهندسی و برنامه‌ریزی فیزیکی را مدنظر قرار داده‌اند. دسته سوم که تعداد آنها بسیار محدود است، به طور کلی به مفهوم توسعه پایدار در مناطق آزاد اشاره کرده‌اند، اما باز هم نقش فناوری‌های نوین در این توسعه پایدار به صورت مشخص و تجربی بررسی نشده است (زارعی و همکاران، ۱۴۰۰؛ محمدپور و کریمی، ۱۳۹۹).

در سطح بین‌المللی، اگرچه مطالعات متعددی به رابطه فناوری و تاب‌آوری پرداخته‌اند (چن و همکاران، ۲۰۲۱؛ گونگ و همکاران، ۲۰۲۴؛ لی و همکاران، ۲۰۲۳)، اما این مطالعات عمدتاً در مناطق آزاد و ویژه اقتصادی چین، سنگاپور، امارات متحده عربی و کشورهای اروپایی انجام شده‌اند. تعمیم‌پذیری یافته‌های این مطالعات به مناطق آزاد ایران به دلیل تفاوت‌های ساختاری عمیق، تفاوت در نظام نهادی و حکمرانی، تفاوت در سطح توسعه زیرساخت‌های دیجیتال، محدودیت‌های ناشی از تحریم‌های بین‌المللی، تفاوت در ترکیب بخش‌های اقتصادی و تفاوت در بافت فرهنگی–اجتماعی، نیازمند بررسی مستقل و تجربی است.

علاوه بر این، بررسی دقیق ادبیات موضوع نشان می‌دهد که حتی در سطح بین‌المللی نیز مطالعات کمی به طور همزمان نقش پنج نوع فناوری اصلی (هوش مصنوعی، اینترنت اشیا، بلاک‌چین، انرژی‌های تجدیدپذیر و لجستیک هوشمند) را بر هر چهار بعد تاب‌آوری منطقه‌ای (اقتصادی، اجتماعی، زیست‌محیطی و نهادی) در یک مدل ساختاری واحد سنجیده باشند. اغلب مطالعات یا تنها به یک یا دو نوع فناوری پرداخته‌اند و یا تنها یک یا دو بعد تاب‌آوری را مدنظر قرار داده‌اند.

بر این اساس، شکاف پژوهشی اصلی این پژوهش را می‌توان در قالب سه خلأ اساسی بیان کرد:

اول، خلأ نظری: تا کنون یک مدل ساختاری جامع و مبتنی بر مبانی نظری قوی که نقش همزمان پنج فناوری اصلی نوین را بر چهار بعد تاب‌آوری منطقه‌ای در مناطق آزاد ایران نشان دهد، تدوین و آزمون نشده است.

دوم، خلأ تجربی: هیچ مطالعه تجربی و کمّی با استفاده از ابزارهای معتبر آماری (همبستگی، رگرسیون، تحلیل واریانس) به بررسی رابطه بین فناوری‌های نوین و تاب‌آوری منطقه آزاد ارس نپرداخته است. اطلاعات موجود عمدتاً مبتنی بر گزارش‌های توصیفی و کیفی است.

سوم، خلأ روش‌شناختی: یک ابزار استاندارد و معتبر (پرسشنامه) که به طور خاص برای سنجش همزمان میزان به‌کارگیری فناوری‌های نوین و میزان تاب‌آوری منطقه‌ای در مناطق آزاد ایران طراحی و روایی و پایایی آن تأیید شده باشد، وجود ندارد.

پژوهش حاضر با هدف پر کردن این سه خلأ انجام شده است.

۳. اهمیت و ضرورت پژوهش

این پژوهش از چند جهت حائز اهمیت و ضرورت است که در ادامه به تفصیل به هر یک پرداخته می‌شود.

الف) اهمیت نظری: از منظر نظری، این پژوهش با ارائه یک مدل ساختاری جامع و مبتنی بر مبانی نظری قوی (تلفیقی از نظریه سیستم‌های انطباقی پیچیده هالینگ، ۲۰۰۱ و نظریه تکاملی تاب‌آوری منطقه‌ای مارتین، ۲۰۱۲)، گامی به جلو در جهت توسعه دانش نظری در حوزه تاب‌آوری منطقه‌ای و نقش فناوری‌های نوین در مناطق آزاد برمی‌دارد. این مدل می‌تواند به عنوان چارچوب مفهومی برای پژوهش‌های آتی در سایر مناطق آزاد ایران و حتی کشورهای مشابه مورد استفاده قرار گیرد.

ب) اهمیت عملی و کاربردی: از منظر عملی، نتایج این پژوهش می‌تواند به صورت مستقیم و بی‌واسطه توسط مدیران، برنامه‌ریزان و سیاست‌گذاران منطقه آزاد ارس و همچنین سازمان مناطق آزاد کشور مورد استفاده قرار گیرد. نتایج این پژوهش به طور مشخص نشان می‌دهد که اولاً سطح فعلی به‌کارگیری فناوری‌های نوین در منطقه در چه وضعیتی است، ثانیاً کدام یک از فناوری‌های نوین بیشترین تأثیر را بر کدام یک از ابعاد تاب‌آوری دارد، و ثالثاً چه اقدامات اولویت‌داری باید برای ارتقای تاب‌آوری منطقه از طریق فناوری‌های نوین انجام شود. این اطلاعات برای تخصیص بهینه منابع محدود سرمایه‌گذاری بسیار حیاتی است.

ج) اهمیت روش‌شناختی: این پژوهش برای اولین بار در منطقه آزاد ارس، یک پرسشنامه استاندارد، معتبر و پایا برای سنجش همزمان متغیرهای فناوری‌های نوین و تاب‌آوری منطقه‌ای ارائه می‌دهد. این پرسشنامه ۴۸ گویه‌ای با تأیید روایی محتوایی توسط ۱۰ نفر از متخصصان و پایایی بسیار مطلوب (آلفای کرونباخ ۹۲/۰)، می‌تواند در پژوهش‌های مشابه در سایر مناطق آزاد ایران (کیش، قشم، چابهار، انزلی و ماکو) نیز مورد استفاده قرار گیرد و امکان مقایسه نتایج بین مناطق مختلف را فراهم آورد.

د) اهمیت راهبردی و ملی: در شرایط کنونی اقتصاد ایران که با تحریم‌های شدید بین‌المللی، نوسانات ارزی، محدودیت‌های تجاری و فشارهای خارجی مواجه است، افزایش تاب‌آوری مناطق آزاد به عنوان دروازه‌های ارتباطی با اقتصاد جهانی، یک مسئله راهبردی و ملی محسوب می‌شود. اگر مناطق آزاد نتوانند در برابر این شوک‌ها تاب‌آوری کافی داشته باشند، نه تنها کارکرد اصلی خود را از دست می‌دهند، بلکه می‌توانند به کانون‌های بحران و بی‌ثباتی اقتصادی تبدیل شوند. بنابراین، یافته‌های این پژوهش می‌تواند در سطح کلان به سیاست‌گذاری ملی در حوزه مناطق آزاد کمک کند.

اهداف پژوهش

هدف اصلی این پژوهش، طراحی و آزمون مدل ساختاری تاب‌آوری منطقه‌ای مبتنی بر فناوری‌های نوین در منطقه آزاد ارس است.

اهداف فرعی پژوهش به صورت زیر تعیین شده است:

هدف فرعی اول: شناسایی و اولویت‌بندی شاخص‌های کلیدی تاب‌آوری منطقه‌ای در منطقه آزاد ارس بر اساس چهار بعد اقتصادی، اجتماعی، زیست‌محیطی و نهادی.

هدف فرعی دوم: سنجش سطح کمی به‌کارگیری فناوری‌های نوین در منطقه آزاد ارس و تعیین میزان بهره‌مندی از هر یک از پنج فناوری اصلی (هوش مصنوعی و کلان‌داده، اینترنت اشیا، بلاک‌چین، انرژی‌های تجدیدپذیر و لجستیک هوشمند).

هدف فرعی سوم: تحلیل و اندازه‌گیری رابطه همبستگی بین فناوری‌های نوین (کل و هر مؤلفه) با ابعاد مختلف تاب‌آوری (اقتصادی، اجتماعی، زیست‌محیطی و نهادی).

هدف فرعی چهارم: تعیین سهم تبیین (میزان تأثیر) هر یک از فناوری‌های نوین در پیش‌بینی تاب‌آوری منطقه‌ای.

هدف فرعی پنجم: مقایسه نگرش گروه‌های مختلف جمعیت‌شناختی (بر اساس جنسیت، سابقه خدمت و سطح تحصیلات) نسبت به نقش فناوری‌های نوین در تاب‌آوری منطقه

سؤالات پژوهش

بر اساس اهداف تعیین شده، سؤالات پژوهش به صورت زیر تدوین شده است:

سؤال اول: سطح تاب‌آوری منطقه آزاد ارس در ابعاد اقتصادی، اجتماعی، زیست‌محیطی و نهادی در چه وضعیتی قرار دارد و چه مقدار کمی (از ۰ تا ۵) برای هر بعد قابل گزارش است؟

سؤال دوم: میزان به‌کارگیری فناوری‌های نوین در منطقه آزاد ارس چگونه است و اولویت هر یک از پنج فناوری اصلی (از نظر سطح کاربرد) به چه ترتیبی است؟

سؤال سوم: چه رابطه‌ای از نظر آماری بین به‌کارگیری فناوری‌های نوین (به عنوان متغیر مستقل) و ابعاد چهارگانه تاب‌آوری منطقه آزاد ارس (به عنوان متغیر وابسته) وجود دارد و ضریب همبستگی هر کدام چقدر است؟

سؤال چهارم: سهم تبیین) ضریب تعیین یا (R^2) هر یک از مؤلفه‌های پنج‌گانه فناوری‌های نوین در پیش‌بینی تاب‌آوری منطقه‌ای چقدر است و کدام یک بیشترین نقش را دارد؟

سؤال پنجم: آیا بین گروه‌های مختلف جمعیت‌شناختی (از نظر جنسیت، سابقه خدمت و سطح تحصیلات) از نظر نگرش به نقش فناوری‌های نوین در تاب‌آوری تفاوت معناداری وجود دارد؟

فرضیه‌های پژوهش

فرضیه اصلی پژوهش به صورت زیر تدوین شده است:

بین به‌کارگیری فناوری‌های نوین و تاب‌آوری منطقه آزاد ارس رابطه مثبت و معناداری وجود دارد.

فرضیه‌های فرعی پژوهش نیز به شرح زیر است:

فرضیه فرعی اول: بین فناوری‌های نوین و تاب‌آوری اقتصادی منطقه آزاد ارس رابطه مثبت و معناداری وجود دارد.

فرضیه فرعی دوم: بین فناوری‌های نوین و تاب‌آوری اجتماعی منطقه آزاد ارس رابطه مثبت و معناداری وجود دارد.

فرضیه فرعی سوم: بین فناوری‌های نوین و تاب‌آوری زیست‌محیطی منطقه آزاد ارس رابطه مثبت و معناداری وجود دارد.

فرضیه فرعی چهارم: بین فناوری‌های نوین و تاب‌آوری نهادی منطقه آزاد ارس رابطه مثبت و معناداری وجود دارد.

فرضیه فرعی پنجم: بین مؤلفه لجستیک هوشمند و تاب‌آوری منطقه آزاد ارس رابطه مثبت و معناداری وجود دارد.

فرضیه فرعی ششم: بین مؤلفه هوش مصنوعی و کلان‌داده و تاب‌آوری منطقه آزاد ارس رابطه مثبت و معناداری وجود دارد.

فرضیه فرعی هفتم: بین مؤلفه اینترنت اشیا و تاب‌آوری منطقه آزاد ارس رابطه مثبت و معناداری وجود دارد.

فرضیه فرعی هشتم: بین مؤلفه بلاک‌چین و تاب‌آوری منطقه آزاد ارس رابطه مثبت و معناداری وجود دارد.

فرضیه فرعی نهم: بین مؤلفه انرژی‌های تجدیدپذیر و تاب‌آوری منطقه آزاد ارس رابطه مثبت و معناداری وجود دارد.

٤. مبانی نظری و پیشینه پژوهش

مفهوم و تعریف تاب‌آوری منطقه‌ای

تاب‌آوری در لغت و اصطلاح، ریشه در علوم فیزیک و مهندسی دارد و به معنای توانایی یک ماده یا سیستم برای بازگشت به حالت اولیه خود پس از تحمل یک نیرو یا فشار خارجی است (هالینگ، ۱۹۷۳). این مفهوم برای اولین بار در دهه ۱۹۷۰ توسط کرافورد استنلی هالینگ، بوم‌شناس کانادایی، به علوم زیست‌محیطی وارد شد. هالینگ در مقاله مشهور خود در سال ۱۹۷۳ با عنوان تاب‌آوری و پایداری سیستم‌های بوم‌شناختی، تاب‌آوری را به عنوان معیاری برای سنجش توانایی سیستم‌ها در جذب تغییرات و حفظ روابط و کارکردهای اساسی خود تعریف کرد.

از دهه ۱۹۹۰ به بعد، مفهوم تاب‌آوری به تدریج از علوم زیست‌محیطی به علوم اجتماعی و اقتصادی نیز راه یافت. در حوزه روانشناسی، تاب‌آوری به توانایی افراد برای مقابله با سختی‌ها و فشارهای روانی اطلاق می‌شد. در حوزه مدیریت بلایا و مخاطرات طبیعی، تاب‌آوری به توانایی جوامع برای آمادگی، پاسخ و بازیابی پس از وقوع بلایایی مانند زلزله، سیل و طوفان گفته می‌شد (آلدریچ و مایر، ۲۰۱۵).

از اوایل دهه ۲۰۰۰، مفهوم تاب‌آوری به طور جدی وارد ادبیات توسعه منطقه‌ای، اقتصاد شهری و برنامه‌ریزی منطقه‌ای شد. مهم‌ترین رویدادهایی که به این ورود شتاب بخشید، دو رویداد بزرگ بود: اول، رکود اقتصادی جهانی سال ۲۰۰۹-۲۰۰۸ که تفاوت فاحش مناطق مختلف در برابر این شوک اقتصادی را به وضوح نشان داد. برخی مناطق به سرعت خود را بازیابی کردند، در حالی که برخی دیگر سال‌ها در رکود باقی ماندند. دوم، افزایش شدت و فراوانی بلایای طبیعی مرتبط با تغییرات اقلیمی که ضرورت توجه به تاب‌آوری مناطق را برجسته ساخت (کریستوفرسون و همکاران، ۲۰۲۲).

تاب‌آوری منطقه‌ای در تعریف استاندارد و پذیرفته‌شده، به توانایی یک منطقه (در مقیاس شهری، استانی یا ناحیه‌ای) در پیش‌بینی، آمادگی، جذب، سازگاری، پاسخ و بازیابی مؤثر در برابر انواع شوک‌ها و بحران‌های اقتصادی، اجتماعی، زیست‌محیطی و سیاسی اطلاق می‌شود (مارتین، ۲۰۱۲؛ بریستو و هیلی، ۲۰۲۳). این تعریف شامل چند عنصر کلیدی است.

عنصر اول، پیش‌بینی و آمادگی به معنای توانایی منطقه برای شناسایی زودهنگام ریسک‌ها و تهدیدهای بالقوه قبل از وقوع آنهاست. عنصر دوم، جذب و تحمل به معنای ظرفیت منطقه برای جذب شوک بدون فروپاشی کارکردهای اساسی خود است. عنصر سوم، سازگاری به معنای توانایی منطقه برای ایجاد تغییرات در ساختارها، فرآیندها و کارکردهای خود به منظور هماهنگی با شرایط جدید است. عنصر چهارم، بازیابی به معنای سرعت و کیفیت بازگشت منطقه به وضعیت مطلوب (یا بهتر از قبل) پس از عبور شوک است. عنصر پنجم، یادگیری و تحول به معنای توانایی منطقه برای استخراج درس‌هایی از تجربه بحران و ایجاد تحولات ساختاری برای جلوگیری از تکرار بحران‌های مشابه در آینده است (فولکه، ۲۰۰۶).

ابعاد تاب‌آوری منطقه‌ای

بر اساس مدل جامع مارتین (۲۰۱۲) که در میان پژوهشگران حوزه مطالعات منطقه‌ای بیشترین پذیرش را داشته است، تاب‌آوری منطقه‌ای دارای چهار بعد اصلی است که در ادامه به تفصیل هر یک توضیح داده می‌شود.

بعد اول: تاب‌آوری اقتصادی

تاب‌آوری اقتصادی به توانایی یک منطقه در حفظ و بازیابی کارکردهای اساسی اقتصادی خود در هنگام مواجهه با شوک‌های اقتصادی مانند رکود، کاهش تقاضا، تحریم‌ها، نوسانات ارزی و بحران‌های مالی اطلاق می‌شود (مارتین، ۲۰۱۲؛ دوران و فینگلتون، ۲۰۲۲). این بعد دارای مؤلفه‌های متعددی است که مهم‌ترین آنها عبارتند از:

مؤلفه تنوع‌بخشی اقتصادی: مناطقی که از تنوع بخشی بالایی برخوردارند (یعنی در آنها فعالیت‌های اقتصادی متنوعی وجود دارد و وابستگی شدید به یک یا دو بخش خاص وجود ندارد)، معمولاً تاب‌آوری اقتصادی بالاتری دارند، زیرا اگر یک بخش دچار رکود شود، بخش‌های دیگر می‌توانند جبران کنند.

مؤلفه انعطاف‌پذیری بازار کار: مناطقی که بازار کار آنها انعطاف‌پذیر است (یعنی کارگران به راحتی می‌توانند بین بخش‌ها و مشاغل جابه‌جا شوند و قوانین کار مانع از تعدیل نیرو در زمان بحران نمی‌شود)، تاب‌آوری بیشتری دارند.

مؤلفه نوآوری و کارآفرینی: مناطقی که فرهنگ نوآوری و کارآفرینی در آنها نهادینه شده و شرکت‌های جدید به راحتی شکل می‌گیرند، توانایی بیشتری برای خلق فرصت‌های جدید اقتصادی در زمان بحران دارند.

مؤلفه یکپارچگی با اقتصاد جهانی: مناطقی که با اقتصاد جهانی یکپارچه هستند، هم در معرض شوک‌های جهانی قرار می‌گیرند و هم از فرصت‌های جهانی بهره می‌برند. این یک شمشیر دو لبه است، اما به طور کلی، یکپارچگی هوشمندانه با اقتصاد جهانی می‌تواند تاب‌آوری را افزایش دهد (فارول و آکینجی، ۲۰۲۲).

بعد دوم: تاب‌آوری اجتماعی

تاب‌آوری اجتماعی به توانایی یک منطقه در حفظ انسجام اجتماعی، سرمایه اجتماعی و رفاه عمومی در زمان بحران اطلاق می‌شود (آلدریچ و مایر، ۲۰۱۵؛ بریستو و هیلی، ۲۰۲۳). مؤلفه‌های اصلی این بعد عبارتند از:

مؤلفه سرمایه اجتماعی: به شبکه‌های روابط، اعتماد و هنجارهای همکاری بین افراد و نهادهای یک منطقه گفته می‌شود. مناطقی که سرمایه اجتماعی بالایی دارند، در زمان بحران بهتر می‌توانند بسیج شوند و اقدامات جمعی انجام دهند.

مؤلفه انسجام جامعه: به درجه همبستگی و احساس تعلق میان اعضای جامعه اطلاق می‌شود. جوامع منسجم در برابر بحران‌ها تاب‌آوری بیشتری دارند.

مؤلفه عدالت در دسترسی به خدمات: به این معنا که تمام گروه‌های اجتماعی، صرف نظر از درآمد، جنسیت، قومیت و محل سکونت، باید دسترسی عادلانه به خدمات پایه مانند بهداشت، آموزش، حمل‌ونقل و ارتباطات داشته باشند. نابرابری در دسترسی، تاب‌آوری اجتماعی را کاهش می‌دهد.

مؤلفه مشارکت شهروندی: به میزان مشارکت شهروندان در تصمیم‌گیری‌های مرتبط با توسعه منطقه و مدیریت بحران اطلاق می‌شود. مشارکت فعال، تاب‌آوری را افزایش می‌دهد.

بعد سوم: تاب‌آوری زیست‌محیطی

تاب‌آوری زیست‌محیطی به توانایی یک منطقه در حفظ کیفیت محیط زیست، مدیریت پایدار منابع طبیعی و سازگاری با تغییرات اقلیمی در زمان بحران‌های زیست‌محیطی مانند خشکسالی، سیل، آلودگی هوا و کاهش تنوع زیستی اطلاق می‌شود (فولکه، ۲۰۰۶؛ واکر و همکاران، ۲۰۲۰). مؤلفه‌های اصلی این بعد عبارتند از:

مؤلفه انعطاف‌پذیری زیرساخت‌ها: به توانایی زیرساخت‌های حیاتی (آب، برق، گاز، راه‌ها، پل‌ها) برای تحمل شوک‌های زیست‌محیطی و ادامه خدمت‌رسانی اطلاق می‌شود.

مؤلفه مدیریت منابع طبیعی: به چگونگی مدیریت منابع آب، خاک، جنگل‌ها و معادن یک منطقه اطلاق می‌شود. مدیریت پایدار، تاب‌آوری را افزایش می‌دهد.

مؤلفه سازگاری با تغییرات اقلیمی: به مجموعه اقداماتی که یک منطقه برای کاهش آسیب‌پذیری خود در برابر تغییرات اقلیمی (گرمایش زمین، بالا آمدن آب دریاها، افزایش فراوانی طوفان‌ها و خشکسالی‌ها) انجام می‌دهد، اطلاق می‌شود.

مؤلفه پایداری محیط زیست: به توانایی یک منطقه در حفظ کیفیت هوا، آب و خاک در بلندمدت بدون ایجاد خسارت جبران‌ناپذیر به اکوسیستم‌ها اطلاق می‌شود.

بعد چهارم: تاب‌آوری نهادی

تاب‌آوری نهادی به توانایی نهادها و سازمان‌های دولتی و غیردولتی یک منطقه در پیش‌بینی، پاسخ، هماهنگی و یادگیری از بحران‌ها اطلاق می‌شود (سازمان ملل متحد، ۲۰۱۷؛ کریستوفرسون و همکاران، ۲۰۲۲). مؤلفه‌های اصلی این بعد عبارتند از:

مؤلفه کیفیت حکمرانی: به میزان اثربخشی، کارایی، شفافیت و پاسخگویی نهادهای حاکمیتی اطلاق می‌شود.

مؤلفه ظرفیت برنامه‌ریزی: به توانایی نهادها در تدوین برنامه‌های بلندمدت، میان‌مدت و کوتاه‌مدت برای مدیریت ریسک‌ها و بحران‌ها اطلاق می‌شود.

مؤلفه شفافیت و پاسخگویی: به این معنا که تصمیم‌گیران در قبال اعمال خود به شهروندان پاسخگو باشند و اطلاعات به صورت شفاف در دسترس عموم قرار گیرد.

مؤلفه هماهنگی بین‌سازمانی: به میزان همکاری و هماهنگی بین دستگاه‌های مختلف دولتی، خصوصی و غیردولتی در زمان بحران اطلاق می‌شود.

نظریه‌های کلیدی تاب‌آوری منطقه‌ای

نظریه سیستم‌های انطباقی پیچیده(CAS)

نظریه سیستم‌های انطباقی پیچیده که به طور گسترده توسط هالینگ (۲۰۰۱) و همکارانش توسعه یافته است، یکی از مهم‌ترین چارچوب‌های نظری برای درک تاب‌آوری در سیستم‌های مختلف از جمله سیستم‌های بوم‌شناختی، اجتماعی و اقتصادی است. بر اساس این نظریه، مناطق اقتصادی و اجتماعی را می‌توان به عنوان سیستم‌های انطباقی پیچیده در نظر گرفت. ویژگی‌های اصلی این سیستم‌ها عبارتند از:

اول، سیستم‌های انطباقی پیچیده از تعداد زیادی عامل (مانند افراد، شرکت‌ها، نهادها) تشکیل شده‌اند که هر کدام به صورت محلی و بر اساس قوانین ساده‌ای عمل می‌کنند. دوم، این عوامل به صورت غیرخطی با یکدیگر تعامل دارند، به این معنا که یک تغییر کوچک می‌تواند پیامدهای بزرگ و غیرقابل پیش‌بینی داشته باشد. سوم، این سیستم‌ها قابلیت خودسازمان‌دهی دارند، یعنی بدون نیاز به یک کنترل‌کننده مرکزی، می‌توانند ساختارهای منظم و پیچیده‌ای را از پایین به بالا ایجاد کنند. چهارم، این سیستم‌ها قابلیت یادگیری و تطبیق دارند، یعنی می‌توانند از تجربیات گذشته درس بگیرند و رفتار خود را برای مواجهه با شرایط جدید تغییر دهند. پنجم، این سیستم‌ها نقاط اوج و گذارهای ناگهانی (نقاط بحرانی) دارند که در آنها یک تغییر کوچک می‌تواند سیستم را از یک حالت تعادل به حالت تعادل دیگر منتقل کند (هالینگ، ۲۰۰۱).

در چارچوب این نظریه، تاب‌آوری منطقه‌ای به عنوان توانایی سیستم منطقه‌ای در حفظ کارکردهای اساسی خود (تولید، اشتغال، توزیع درآمد، پایداری زیست‌محیطی) در هنگام عبور از نقاط بحرانی و گذارهای ناگهانی تعریف می‌شود. منطقه‌ای تاب‌آور است

که بتواند بدون فروپاشی ساختارهای اساسی خود، از یک وضعیت تعادل (مثلاً رونق اقتصادی) به وضعیت تعادل دیگر (مثلاً رونق با ساختار متفاوت) منتقل شود (واکر و همکاران، ۲۰۲۰).

نظریه تکاملی تاب‌آوری منطقه‌ای (مارتین، ۲۰۱۲)

رون مارتین در مقاله تأثیرگذار خود در سال ۲۰۱۲ در مجله جغرافیای اقتصادی، نظریه تکاملی تاب‌آوری منطقه‌ای را ارائه داد که به یکی از پراستنادترین چارچوب‌های نظری در این حوزه تبدیل شده است. نظریه مارتین دارای چندین مؤلفه کلیدی است.

اولین مؤلفه، تمایز بین چهار نوع یا مرحله تاب‌آوری منطقه‌ای است:

نوع اول، تاب‌آوری مقاومتی :(Resistance Resilience) به توانایی یک منطقه در مقاومت در برابر شوک و جلوگیری از کاهش عملکرد خود اطلاق می‌شود. مناطقی که تاب‌آوری مقاومتی بالایی دارند، حتی در زمان بحران نیز شاخص‌های اقتصادی آن‌ها افت چندانی نمی‌کند.

نوع دوم، تاب‌آوری بازگشتی :(Recovery Resilience) به توانایی یک منطقه در بازگشت به سطح عملکرد پیش‌بحران خود پس از عبور شوک اطلاق می‌شود. سرعت و کیفیت این بازگشت مهم است.

نوع سوم، تاب‌آوری بازسازمان‌دهی :(Reconfiguration Resilience) به توانایی یک منطقه در تغییر ساختار اقتصادی، صنعتی و نهادی خود در پاسخ به شوک اطلاق می‌شود. این نوع از تاب‌آوری فراتر از بازگشت صرف است و شامل تحول و نوآوری می‌شود.

نوع چهارم، تاب‌آوری یادگیرنده :(Learning Resilience) به توانایی یک منطقه در استخراج درس‌هایی از تجربه بحران و ایجاد تغییرات نهادی برای جلوگیری از تکرار بحران در آینده اطلاق می‌شود.

دومین مؤلفه نظریه مارتین، نقش مسیروابستگی (Path Dependency) در تاب‌آوری منطقه‌ای است. مسیروابستگی به این معناست که تاریخچه توسعه یک منطقه، ساختار اقتصادی، نهادی و اجتماعی آن، تعیین می‌کند که منطقه چگونه به شوک‌های جدید واکنش نشان می‌دهد. مناطقی که در گذشته تجربه مواجهه با بحران را داشته‌اند و از آن درس گرفته‌اند، معمولاً تاب‌آوری بالاتری دارند. در مقابل، مناطقی که همواره در رفاه و ثبات بوده‌اند، ممکن است در مواجهه با اولین بحران جدی، آسیب‌پذیر باشند.

سومین مؤلفه، تأکید بر نقش ساختار صنعتی و نوآوری است. مارتین نشان می‌دهد که مناطقی که ساختار صنعتی متنوع و متعادلی دارند و در آنها نوآوری و تحقیق و توسعه نهادینه شده است، تاب‌آوری بالاتری از خود نشان می‌دهند (مارتین، ۲۰۱۲).

چارچوب تاب‌آوری شهری سازمان ملل متحد

سازمان ملل متحد از طریق برنامه اسکان بشر (UN-Habitat) در سال ۲۰۱۷، چارچوبی جامع برای سنجش و ارتقای تاب‌آوری شهری منتشر کرد. این چارچوب که با همکاری بیش از ۵۰ شهر در سراسر جهان تدوین شده است، بر چند اصل کلیدی تأکید دارد.

اصل اول، تمرکز بر کاهش خطرپذیری (Risk Reduction) است. به جای اینکه صرفاً به فکر واکنش به بحران باشیم، باید اقداماتی انجام دهیم که احتمال وقوع بحران و شدت آسیب‌های آن را کاهش دهیم.

اصل دوم، تأکید بر برنامه‌ریزی یکپارچه و میان‌بخشی است. تاب‌آوری نمی‌تواند توسط یک دستگاه یا وزارتخانه واحد ایجاد شود. نیاز به هماهنگی بین بخش‌های مختلف (اقتصاد، بهداشت، حمل‌ونقل، محیط زیست، مسکن و برنامه‌ریزی شهری) وجود دارد.

اصل سوم، نقش ذی‌نفعان مختلف است. برای ایجاد تاب‌آوری، باید تمام ذی‌نفعان شامل دولت، بخش خصوصی، جامعه مدنی و شهروندان عادی مشارکت داشته باشند. تاب‌آوری یک پروژه پایین به بالا است، نه صرفاً یک دستور از بالا به پایین (سازمان ملل متحد، ۲۰۱۷).

نقش فناوری‌های نوین در تاب‌آوری منطقه‌ای

فناوری‌های نوین) که اغلب با عنوان فناوری‌های انقلاب صنعتی چهارم یا Industry 4.0 از آنها یاد می‌شود (از کانال‌های متعددی بر تاب‌آوری منطقه‌ای تأثیر می‌گذارند. در این بخش به تفصیل هر یک از پنج فناوری اصلی مورد بررسی در این پژوهش توضیح داده می‌شود.

هوش مصنوعی و کلان‌داده

هوش مصنوعی (Artificial Intelligence) به مجموعه فناوری‌هایی گفته می‌شود که به ماشین‌ها امکان می‌دهد کارهایی را انجام دهند که معمولاً به هوش انسانی نیاز دارد، مانند یادگیری، استدلال، حل مسئله و تصمیم‌گیری. کلان‌داده (Big Data) نیز به حجم عظیم داده‌هایی اطلاق می‌شود که با روش‌های سنتی قابل پردازش نیستند و نیاز به ابزارهای پیشرفته دارند.

تأثیر هوش مصنوعی و کلان‌داده بر تاب‌آوری منطقه‌ای از چند کانال است (چن و همکاران، ۲۰۲۱؛ گونگ و همکاران، ۲۰۲۴). کانال اول، بهبود تصمیم‌گیری است. با استفاده از الگوریتم‌های هوش مصنوعی و تحلیل کلان‌داده‌ها، مدیران منطقه می‌توانند تصمیمات بسیار دقیق‌تر، سریعتر و مبتنی بر شواهد اتخاذ کنند. کانال دوم، پیش‌بینی ریسک است. الگوریتم‌های یادگیری ماشین می‌توانند ریسک‌های اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی را با دقت بالایی پیش‌بینی کنند و امکان آمادگی قبلی را فراهم آورند. کانال سوم، مدیریت هوشمند بحران است. در زمان وقوع بحران (مثلاً سیل، زلزله یا همه‌گیری)، سیستم‌های هوشمند می‌توانند به سرعت بهترین مسیرهای امدادرسانی، توزیع منابع و ارتباط با مردم را تعیین کنند.

اینترنت اشیا

اینترنت اشیا (Internet of Things) به شبکه‌ای از اشیاء فیزیکی (مانند حسگرها، دوربین‌ها، خودروها، لوازم خانگی) گفته می‌شود که به اینترنت متصل هستند و می‌توانند داده جمع‌آوری و تبادل کنند (لی و همکاران، ۲۰۲۳). تأثیر اینترنت اشیا بر تاب‌آوری منطقه‌ای از کانال‌های زیر است.

کانال اول، پایش لحظه‌ای فرآیندها است. با نصب حسگرهای IoT بر روی زیرساخت‌های حیاتی (خطوط انتقال آب و برق، پل‌ها، جاده‌ها، خطوط تولید)، می‌توان به صورت لحظه‌ای عملکرد آنها را پایش کرد و خرابی‌های قریب‌الوقوع را پیش از وقوع شناسایی نمود. کانال دوم، مدیریت بهینه منابع است. حسگرهای IoT می‌توانند میزان مصرف آب، برق و سوخت را در نقاط مختلف اندازه‌گیری کنند و با بهینه‌سازی توزیع، هدررفت منابع را کاهش دهند. کانال سوم، کاهش ضایعات و افزایش بهره‌وری است. در بخش کشاورزی، حسگرهای رطوبت خاک و دما می‌توانند آبیاری و کوددهی را بهینه کنند. در بخش لجستیک، حسگرهای ردیابی می‌توانند مسیر بهینه را تعیین کرده و زمان تحویل را کاهش دهند.

بلاک‌چین

بلاک‌چین (Blockchain) یک دفتر کل توزیع‌شده، غیرمتمرکز و امن است که تراکنش‌ها را به صورت بلوک‌های زنجیره‌ای ثبت می‌کند و به دلیل ماهیت رمزنگاری شده، داده‌های ثبت شده قابل تغییر یا حذف نیستند (تابش و همکاران، ۱۴۰۰). تأثیر بلاک‌چین بر تاب‌آوری منطقه‌ای از کانال‌های زیر است (لی و همکاران، ۲۰۲۳).

کانال اول، شفافیت و کاهش فساد است. در بلاک‌چین، تمام تراکنش‌ها برای تمام اعضای شبکه قابل مشاهده است و هیچکس نمی‌تواند به صورت پنهانی یک تراکنش را تغییر دهد. این ویژگی به طور چشمگیری فساد، رشوه و اختلاس را کاهش می‌دهد و تاب‌آوری نهادی را افزایش می‌دهد. کانال دوم، کاهش هزینه‌های واسطه است. در بلاک‌چین، تراکنش‌ها بدون نیاز به واسطه‌هایی مانند بانک‌ها، دفاتر اسناد رسمی و کارگزاران انجام می‌شوند که هزینه‌ها را به شدت کاهش می‌دهد. کانال سوم، امنیت داده‌ها و

مقابله با دستکاری است. در بلاک‌چین، داده‌ها به صورت رمزنگاری شده ذخیره می‌شوند و برای دستکاری یک بلوک، باید تمام بلوک‌های بعدی نیز دستکاری شوند که عملاً غیرممکن است.

انرژی‌های تجدیدپذیر

انرژی‌های تجدیدپذیر (Renewable Energies) به منابع انرژی اطلاق می‌شود که به طور طبیعی و به سرعت تجدید می‌شوند، مانند انرژی خورشیدی، بادی، آبی، زمین‌گرمایی و زیست‌توده (وانگ و همکاران، ۲۰۲۳). تأثیر انرژی‌های تجدیدپذیر بر تاب‌آوری منطقه‌ای از کانال‌های زیر است.

کانال اول، امنیت انرژی و کاهش وابستگی است. مناطقی که به منابع انرژی وارداتی وابسته هستند، در برابر شوک‌های ژئوپلیتیکی، تحریم‌ها و نوسانات قیمت انرژی بسیار آسیب‌پذیرند. توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر محلی، وابستگی را کاهش می‌دهد و امنیت انرژی را افزایش می‌دهد. کانال دوم، پایداری محیطی و کاهش آلودگی است. انرژی‌های تجدیدپذیر بر خلاف سوخت‌های فسیلی، آلودگی هوا و آب ایجاد نمی‌کنند و انتشار گازهای گلخانه‌ای را کاهش می‌دهند. کانال سوم، تاب‌آوری در برابر تغییرات اقلیمی است. تغییرات اقلیمی دسترسی به منابع آب و انرژی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. انرژی‌های تجدیدپذیر (به ویژه خورشیدی و بادی) به مراتب کمتر از نیروگاه‌های حرارتی به آب نیاز دارند و در شرایط کم‌آبی نیز قابل استفاده هستند.

لجستیک هوشمند

لجستیک هوشمند (Smart Logistics) به کارگیری فناوری‌های نوین مانندIoT ، هوش مصنوعی، بلاک‌چین و RFID در مدیریت زنجیره تأمین و حمل‌ونقل کالا است (گونگ و همکاران، ۲۰۲۴). تأثیر لجستیک هوشمند بر تاب‌آوری منطقه‌ای از کانال‌های زیر است.

کانال اول، بهینه‌سازی زنجیره تأمین است. با استفاده از الگوریتم‌های هوش مصنوعی، می‌توان مسیرهای حمل‌ونقل، زمان تحویل و سطح موجودی انبارها را بهینه کرد. این بهینه‌سازی، انعطاف‌پذیری زنجیره تأمین را در برابر اختلالات افزایش می‌دهد. کانال دوم، ردیابی و شفافیت کالا است. با استفاده از تگ‌های RFID و فناوری بلاک‌چین، می‌توان مسیر حرکت هر کالا را از مبدأ تا مقصد به صورت لحظه‌ای ردیابی کرد و از اصالت و سلامت آن اطمینان حاصل نمود. کانال سوم، کاهش زمان و هزینه تحویل است. لجستیک هوشمند می‌تواند زمان تحویل کالا را تا ۵۰ درصد کاهش دهد و هزینه‌های حمل‌ونقل را تا ۳۰ درصد کاهش دهد (گونگ و همکاران، ۲۰۲۴).

پیشینه پژوهش

الف) مطالعات داخلی

زارعی و همکاران (۱۴۰۰) در مطالعه‌ای با عنوان نقش فناوری‌های نوین در توسعه مناطق مرزی ایران، به بررسی تأثیر فناوری‌های ارتباطی و اطلاعاتی بر توسعه اقتصادی و اجتماعی سه منطقه مرزی (بازرگان، تمرچین و پرویزخان) پرداختند. این پژوهش از روش توصیفی-پیمایشی استفاده کرد و داده‌ها از ۲۵۰ نفر از فعالان اقتصادی با پرسشنامه جمع‌آوری شد. یافته‌های آنها نشان داد که فناوری‌های ارتباطی و اطلاعاتی (به ویژه اینترنت پرسرعت و سامانه‌های تجارت الکترونیک) بیشترین تأثیر را بر توسعه اقتصادی مناطق مرزی داشته و ضریب همبستگی ۶۸/۰ بین این دو متغیر گزارش شد. با این حال، مطالعه مذکور به طور خاص به مفهوم تاب‌آوری نپرداخته و مناطق آزاد را پوشش نداده است. همچنین از آزمون‌های پیشرفته‌تری مانند رگرسیون چندگانه استفاده نکرده است.

محمدپور و کریمی (۱۳۹۹) در پژوهشی با عنوان عوامل مؤثر بر تاب‌آوری اقتصادی مناطق آزاد ایران، به بررسی تأثیر تنوع‌بخشی اقتصادی، دسترسی به بازارهای بین‌المللی و کیفیت حکمرانی بر تاب‌آوری سه منطقه آزاد کیش، قشم و چابهار پرداختند. جامعه آماری شامل ۲۰۰ نفر از مدیران و کارشناسان این مناطق بود. یافته‌های آنها نشان داد که تنوع‌بخشی اقتصادی با ضریب ۷۲/۰ بیشترین تأثیر را بر تاب‌آوری اقتصادی دارد. با این حال، این مطالعه به نقش فناوری‌های نوین به عنوان یک متغیر مستقل اصلی توجه نکرده و صرفاً در بخش پیشنهادات به آن اشاره کرده است. همچنین، تاب‌آوری را فقط در بعد اقتصادی سنجیده و ابعاد اجتماعی، زیست‌محیطی و نهادی را نادیده گرفته است.

حسینی و رضایی (۱۴۰۱) در مطالعه‌ای با عنوان تأثیر اینترنت اشیا بر بهره‌وری در مناطق آزاد، به بررسی تأثیر پیاده‌سازی سامانه‌های IoTدر لجستیک منطقه آزاد انزلی پرداختند. این مطالعه از روش شبه‌آزمایشی با گروه کنترل استفاده کرد. نتایج نشان داد که پیاده‌سازی IoT در لجستیک، هزینه‌های حمل‌ونقل را ۲۳ درصد کاهش می‌دهد، زمان تحویل کالا را ۳۵ درصد کاهش می‌دهد و رضایت مشتریان را ۴۱ درصد افزایش می‌دهد. این مطالعه از نظر تمرکز بر یک فناوری خاص (IoT) ارزشمند است، اما به تاب‌آوری به عنوان متغیر وابسته نپرداخته است.

ب) مطالعات خارجی

چن و همکاران (۲۰۲۱) در مطالعه‌ای بر روی ۲۵ منطقه ویژه اقتصادی چین، نقش هوش مصنوعی و کلان‌داده را در تاب‌آوری اقتصادی این مناطق بررسی کردند. این پژوهش از روش توصیفی–همبستگی با نمونه ۳۸۰ نفری از مدیران استفاده کرد. یافته‌های آنها نشان داد که هوش مصنوعی ۳۴ درصد از واریانس تاب‌آوری اقتصادی را تبیین می‌کند ($R^2=0.34$) و کلان‌داده ۲۸ درصد را تبیین می‌کند .($R^2=0.28$) همچنین، آنها نشان دادند که ترکیب هوش مصنوعی و کلان‌داده، ۴۸ درصد از واریانس را تبیین می‌کند .($R^2=0.48$) این مطالعه از نظر روش‌شناختی مشابه پژوهش حاضر است، اما در بافت چین انجام شده و به مناطق آزاد ایران تعمیم‌پذیر نیست.

گونگ و همکاران (۲۰۲۴) در پژوهشی جامع و با نمونه ۵۰۰ نفری از مدیران ۵۰ شهر هوشمند چین، به بررسی نقش همزمان پنج فناوری هوش مصنوعی، IoT، بلاک‌چین، انرژی‌های تجدیدپذیر و لجستیک هوشمند بر تاب‌آوری شهری پرداختند. یافته‌های آنها نشان داد که لجستیک هوشمند با ضریب بتای ۳۸/۰ بیشترین تأثیر را بر تاب‌آوری شهری دارد. پس از آن به ترتیب هوش مصنوعی با بتای ۳۲/۰، IoTبا بتای ۲۵/۰، انرژی‌های تجدیدپذیر با بتای ۱۹/۰ و بلاک‌چین با بتای ۱۴/۰ قرار گرفتند. ضریب تعیین مدل آنها ۶۲/۰ بود. این مطالعه از نظر جامعیت و روش‌شناسی بسیار قوی است، اما در بافت چین و در شهرهای عادی (نه مناطق آزاد) انجام شده است.

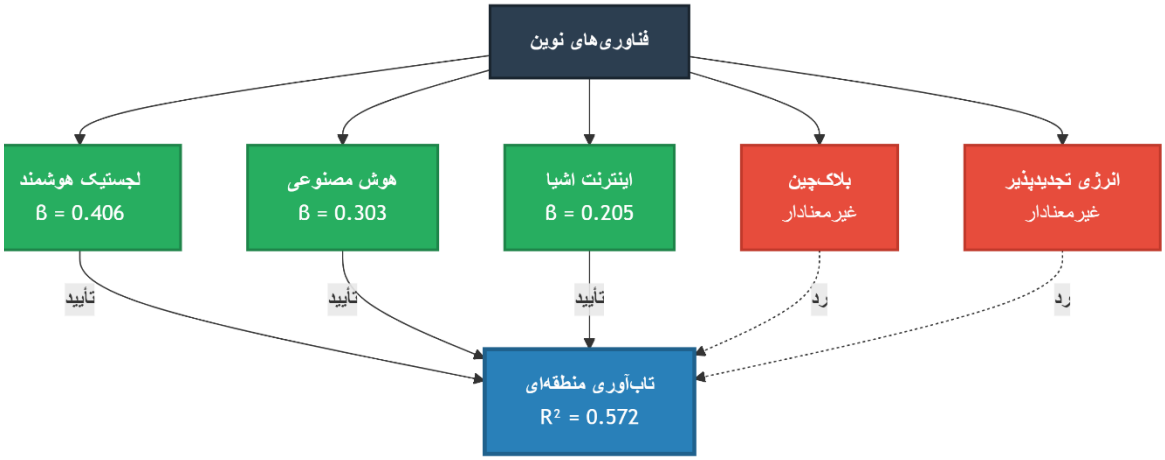
لی و همکاران (۲۰۲۳) در مطالعه‌ای بر روی مناطق آزاد دبی، ابوظبی و رأس‌الخیمه در امارات متحده عربی، نقش فناوری بلاک‌چین را در شفافیت اقتصادی، کاهش فساد و بهبود حکمرانی بررسی کردند. جامعه آماری شامل ۱۵۰ نفر از مدیران ارشد و نمونه‌گیری تصادفی ساده بود. یافته‌های آنها نشان داد که پیاده‌سازی بلاک‌چین در فرآیندهای گمرکی و مالی مناطق آزاد، شفافیت را ۵۲ درصد افزایش می‌دهد، فساد اداری را ۴۱ درصد کاهش می‌دهد و زمان ترخیص کالا از گمرک را ۶۳ درصد کاهش می‌دهد. ضریب همبستگی بین بلاک‌چین و تاب‌آوری نهادی ۵۸/۰ گزارش شد. این مطالعه ارزش زیادی دارد، اما تنها بر یک فناوری (بلاک‌چین) تمرکز کرده و ابعاد دیگر تاب‌آوری را پوشش نداده است.

وانگ و همکاران (۲۰۲۳) در مطالعه‌ای بر روی ۱۵ منطقه آزاد چین (از جمله شنژن، شانگهای و تیانجین) به بررسی نقش سرمایه‌گذاری در انرژی‌های تجدیدپذیر بر تاب‌آوری زیست‌محیطی پرداختند. این مطالعه از روش تحلیل ثانویه داده‌های آماری

۱۰ ساله (۲۰۲۲-۲۰۱۳) استفاده کرد. یافته‌ها نشان داد که هر یک درصد افزایش در سهم انرژی‌های تجدیدپذیر از سبد انرژی منطقه، غلظت ذرات معلق (PM2.5) را ۸/۰ درصد کاهش می‌دهد و تاب‌آوری زیست‌محیطی را ۶/۰ درصد افزایش می‌دهد. ضریب همبستگی بین سرمایه‌گذاری در انرژی‌های تجدیدپذیر و تاب‌آوری زیست‌محیطی ۶۱/۰ گزارش شد (وانگ و همکاران، ۲۰۲۳).

ج) جمع‌بندی پیشینه و شناسایی شکاف پژوهشی

مرور نظام‌مند پیشینه پژوهش نشان می‌دهد که علی رغم وجود مطالعات ارزشمند در سطح بین‌المللی، هنوز یک شکاف پژوهشی آشکار و مهم وجود دارد. هیچ مطالعه تجربی و سیستماتیکی (کمّی و با ابزار معتبر) که به طور همزمان نقش پنج فناوری اصلی)هوش مصنوعی، IoT، بلاک‌چین، انرژی‌های تجدیدپذیر و لجستیک هوشمند (را بر هر چهار بعد تاب‌آوری منطقه‌ای (اقتصادی، اجتماعی، زیست‌محیطی و نهادی) در مناطق آزاد ایران (به ویژه منطقه آزاد ارس) بررسی کرده باشد، انجام نشده است. پژوهش حاضر دقیقاً برای پر کردن همین شکاف طراحی شده است.



شکل ۱: مدل مفهومی پژوهش با ضرایب بتا و نتایج آزمون فرضیه‌ها

۵. روش‌شناسی پژوهش

نوع و روش پژوهش

پژوهش حاضر از نظر هدف و ماهیت، یک پژوهش کاربردی-توسعه‌ای و از نظر روش گردآوری داده‌ها، یک پژوهش توصیفی-همبستگی با رویکرد کمی است. دلیل انتخاب این نوع روش‌شناسی در ادامه تشریح می‌شود.

دلیل اول: این پژوهش کاربردی است زیرا نتایج آن می‌تواند به طور مستقیم توسط مدیران و سیاست‌گذاران منطقه آزاد ارس در تصمیم‌گیری‌های اجرایی و برنامه‌ریزی‌های توسعه‌ای مورد استفاده قرار گیرد. همچنین، این پژوهش توسعه‌ای است زیرا به دنبال طراحی و آزمون یک مدل مفهومی جدید (مدل تاب‌آوری منطقه‌ای مبتنی بر فناوری‌های نوین) است که می‌تواند دانش نظری در این حوزه را توسعه دهد.

دلیل دوم: این پژوهش توصیفی است زیرا به توصیف دقیق و نظام‌مند وضعیت موجود متغیرها (سطح به‌کارگیری فناوری‌های نوین و سطح تاب‌آوری منطقه‌ای) بدون هیچ گونه دستکاری و مداخله توسط پژوهشگر می‌پردازد.

دلیل سوم: این پژوهش همبستگی است زیرا به دنبال شناسایی و اندازه‌گیری روابط بین متغیرها (فناوری‌های نوین و ابعاد تاب‌آوری) است. هدف اصلی در پژوهش‌های همبستگی، تعیین میزان و جهت رابطه بین متغیرها (مثبت یا منفی، قوی یا ضعیف) و همچنین تعیین سهم تبیین متغیرهای مستقل در پیش‌بینی متغیر وابسته است.

دلیل چهارم: رویکرد کمی (استفاده از پرسشنامه با مقیاس لیکرت و تحلیل داده‌ها با روش‌های آماری پارامتریک) به دلیل قابلیت تعمیم‌پذیری یافته‌ها، عینیت، قابلیت تکرار و امکان استفاده از آزمون‌های آماری قدرتمند (مانند رگرسیون) انتخاب شده است.

جامعه آماری، حجم نمونه و روش نمونه‌گیری

جامعه آماری این پژوهش شامل تمامی مدیران، کارشناسان ارشد و فعالان اقتصادی شاغل در منطقه آزاد ارس است. بر اساس اطلاعات دریافتی از واحد منابع انسانی سازمان منطقه آزاد ارس (۱۴۰۲)، تعداد کل این افراد ۱۲۰ نفر است. ترکیب این جامعه به صورت زیر است:

- مدیران و معاونان سازمان منطقه آزاد ارس: ۲۵ نفر
- کارشناسان ارشد و کارشناسان واحدهای مختلف سازمان: ۵۵ نفر
- فعالان اقتصادی (صاحبان کسب‌وکار، سرمایه‌گذاران و کارآفرینان) دارای مجوز فعالیت در منطقه: ۴۰ نفر

به دلیل محدود بودن حجم جامعه آماری (کمتر از ۲۰۰ نفر) و امکان دسترسی به تمامی اعضای جامعه (به دلیل همکاری کامل سازمان منطقه آزاد ارس با پژوهشگر)، روش نمونه‌گیری تمام‌شمار (سرشماری) به کار گرفته شد. به این معنا که تمامی ۱۲۰ نفر اعضای جامعه به عنوان نمونه پژوهش انتخاب شدند و هیچ گونه نمونه‌گیری تصادفی یا غیرتصادفی انجام نشد. مزیت روش سرشماری این است که خطای نمونه‌گیری به صفر می‌رسد و یافته‌ها با حداکثر دقت قابل تعمیم به کل جامعه است (دلاور، ۱۴۰۰). از مجموع ۱۲۰ پرسشنامه توزیع شده، ۱۱۰ پرسشنامه عودت داده شد که از این تعداد، ۱۰۸ پرسشنامه قابل استفاده بود (۲ پرسشنامه به دلیل نقص در پاسخ‌دهی حذف شدند). بنابراین، نرخ بازگشت معادل ۹۰ درصد است که برای پژوهش‌های پیمایشی بسیار مطلوب محسوب می‌شود (کرسول، ۲۰۱۴).

ابزار گردآوری داده‌ها

ابزار اصلی گردآوری داده‌ها در این پژوهش، یک پرسشنامه محقق‌ساخته ۴۸ گویه‌ای در مقیاس پنج‌درجه‌ای لیکرت است (از ۱ به معنی کاملاً مخالفم تا ۵ به معنی کاملاً موافقم). این پرسشنامه در شش بخش اصلی طراحی و تدوین شده است.

بخش اول پرسشنامه شامل سؤالات جمعیت‌شناختی (۵ گویه) شامل جنسیت (مرد/زن)، سن (کمتر از ۳۰ سال، ۳۰ تا ۴۰ سال، ۴۰ تا ۵۰ سال، بیشتر از ۵۰ سال)، سابقه خدمت (کمتر از ۵ سال، ۵ تا ۱۰ سال، ۱۰ تا ۱۵ سال، بیشتر از ۱۵ سال)، سطح تحصیلات (کاردانی و کمتر، کارشناسی، کارشناسی ارشد، دکتری) و حوزه فعالیت (مدیریتی، کارشناسی اجرایی، بخش خصوصی/سرمایه‌گذاری) است.

بخش دوم پرسشنامه به سنجش متغیر فناوری‌های نوین اختصاص دارد و شامل ۲۵ گویه در پنج مؤلفه اصلی است. هر مؤلفه دارای ۵ گویه است. مؤلفه اول، هوش مصنوعی و کلان‌داده (گویه‌های ۱ تا ۵) شامل سؤالاتی درباره میزان استفاده از سامانه‌های مبتنی بر هوش مصنوعی در تصمیم‌گیری، تحلیل داده‌های بزرگ برای پیش‌بینی ریسک، استفاده از چت‌بات‌ها و دستیارهای هوشمند در خدمات به مشتریان، و استفاده از الگوریتم‌های یادگیری ماشین در بهینه‌سازی فرآیندها. مؤلفه دوم، اینترنت اشیا (گویه‌های ۶ تا ۱۰) شامل سؤالاتی درباره استفاده از حسگرهای IoT در پایش زیرساخت‌ها، استفاده از IoT در لجستیک و ردیابی کالا، استفاده از IoT در کشاورزی دقیق، و استفاده از IoT در مدیریت هوشمند انرژی و آب. مؤلفه سوم، بلاک‌چین (گویه‌های ۱۱

تا ۱۵) شامل سؤالاتی درباره استفاده از فناوری بلاک‌چین در فرآیندهای گمرکی، استفاده از بلاک‌چین در ثبت قراردادها و تأیید اصالت کالا، و آشنایی مدیران با کاربردهای بلاک‌چین. مؤلفه چهارم، انرژی‌های تجدیدپذیر (گویه‌های ۱۶ تا ۲۰) شامل سؤالاتی درباره استفاده از انرژی خورشیدی در ساختمان‌ها و انبارها، سرمایه‌گذاری در احداث نیروگاه‌های خورشیدی و بادی، و مشوق‌های منطقه برای استقرار انرژی‌های پاک. مؤلفه پنجم، لجستیک هوشمند (گویه‌های ۲۱ تا ۲۵) شامل سؤالاتی درباره استفاده از سامانه‌های ردیابی مبتنی برRFID ، بهینه‌سازی مسیرهای حمل‌ونقل با هوش مصنوعی، یکپارچگی سامانه‌های لجستیکی با شرکای تجاری، و کاهش زمان تحویل کالا از طریق اتوماسیون.

بخش سوم پرسشنامه به سنجش تاب‌آوری اقتصادی اختصاص دارد و شامل ۸ گویه (گویه‌های ۲۶ تا ۳۳) بر اساس مؤلفه‌های تنوع‌بخشی اقتصادی، انعطاف‌پذیری بازار کار، نوآوری و کارآفرینی و یکپارچگی با اقتصاد جهانی است.

بخش چهارم پرسشنامه به سنجش تاب‌آوری اجتماعی اختصاص دارد و شامل ۷ گویه (گویه‌های ۳۴ تا ۴۰) بر اساس مؤلفه‌های سرمایه اجتماعی، انسجام جامعه، عدالت در دسترسی به خدمات و مشارکت شهروندی است.

بخش پنجم پرسشنامه به سنجش تاب‌آوری زیست‌محیطی اختصاص دارد و شامل ۶ گویه (گویه‌های ۴۱ تا ۴۶) بر اساس مؤلفه‌های انعطاف‌پذیری زیرساخت‌ها، مدیریت منابع طبیعی، سازگاری با تغییرات اقلیمی و پایداری محیط زیست است.

بخش ششم پرسشنامه به سنجش تاب‌آوری نهادی اختصاص دارد و شامل ۷ گویه (گویه‌های ۴۷ تا ۵۳) بر اساس مؤلفه‌های کیفیت حکمرانی، ظرفیت برنامه‌ریزی، شفافیت و پاسخگویی و هماهنگی بین‌سازمانی است.

روایی و پایایی ابزار پژوهش

الف) روایی محتوایی

برای تأیید روایی محتوایی پرسشنامه، از روش لاوشه (Lawshe) استفاده شد. در این روش، پرسشنامه اولیه (۵۳ گویه) در اختیار ۱۰ نفر از متخصصان و خبرگان قرار گرفت. این متخصصان شامل ۵ نفر از اعضای هیأت علمی دانشگاه‌های کشور در رشته‌های مدیریت توسعه، اقتصاد منطقه‌ای و مدیریت فناوری اطلاعات، ۳ نفر از مدیران ارشد سازمان منطقه آزاد ارس با سابقه بیش از ۱۵ سال، و ۲ نفر از مشاوران حوزه فناوری اطلاعات مستقر در منطقه آزاد ارس بودند.

از هر متخصص خواسته شد تا برای هر گویه، یکی از سه گزینه «ضروری»، «مفید اما غیرضروری» یا «غیرضروری» را انتخاب کند. سپس نسبت روایی محتوایی (CVR) برای هر گویه بر اساس فرمول زیر محاسبه شد:

$$CVR = (Ne - N/2) / (N/2)$$

در این فرمول، Neتعداد متخصصانی است که گویه را «ضروری» ارزیابی کرده‌اند و N تعداد کل متخصصان است (۱۰ نفر). مقدار بحرانی CVR برای ۱۰ متخصص در سطح معناداری ۰۵/۰ برابر با ۶۲/۰ است. هر گویه با CVR کمتر از ۶۲/۰ از پرسشنامه حذف شد و هر گویه با CVR بالاتر از ۶۲/۰ حفظ گردید.

پس از محاسبه CVR برای تمامی ۵۳ گویه، ۵ گویه دارای CVR کمتر از ۶۲/۰ بودند و حذف شدند (۲ گویه از بخش فناوری‌های نوین، ۱ گویه از بخش تاب‌آوری اقتصادی، ۱ گویه از بخش تاب‌آوری اجتماعی و ۱ گویه از بخش تاب‌آوری نهادی). در نتیجه، پرسشنامه نهایی با ۴۸ گویه تأیید شد. میانگین CVR برای کل پرسشنامه ۸۱/۰ محاسبه گردید که بسیار بالاتر از مقدار بحرانی است و نشان‌دهنده روایی محتوایی مطلوب ابزار است.

علاوه برCVR ، شاخص روایی محتوایی (CVI) نیز محاسبه شد. برای محاسبهCVI ، از متخصصان خواسته شد تا برای هر گویه سه معیار «روایی وضوح»، «روایی سادگی» و «روایی اختصاصی بودن» را در مقیاس چهاردرجه‌ای لیکرت (از ۱=غیررویا تا

۴=بسیار رو یا) ارزیابی کنند. CVI به عنوان نسبت گویه‌هایی که امتیاز ۳ یا ۴ گرفته‌اند محاسبه شد. میانگین CVI برای کل پرسشنامه ۸۵/۰ به دست آمد که بالاتر از مقدار مطلوب ۷۸/۰ است (لوشه، ۱۹۷۵؛ پولیت و بک، ۲۰۰۶).

جدول ۱: نتایج روایی محتوایی پرسشنامه به تفکیک بخش‌ها

بخش پرسشنامه	تعداد گویه اولیه	تعداد گویه حذف شده	تعداد گویه نهایی	میانگین CVR	میانگین CVI
فناوری‌های نوین	۲۵	۲	۲۳	۷۹/۰	۸۳/۰
تاب‌آوری اقتصادی	۸	۱	۷	۸۲/۰	۸۶/۰
تاب‌آوری اجتماعی	۷	۱	۶	۸۰/۰	۸۴/۰
تاب‌آوری زیست‌محیطی	۶	۰	۶	۸۵/۰	۸۸/۰
تاب‌آوری نهادی	۷	۱	۶	۷۸/۰	۸۲/۰
کل پرسشنامه	۵۳	۵	۴۸	۸۱/۰	۸۵/۰

ب) پایایی

برای سنجش پایایی پرسشنامه، از روش آلفای کرونباخ استفاده شد. پس از جمع‌آوری داده‌ها (۱۰۸ پرسشنامه معتبر)، ضریب آلفای کرونباخ برای کل پرسشنامه و برای هر یک از بخش‌های اصلی محاسبه گردید. محاسبه با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۷ انجام شد.

جدول ۲: ضرایب پایایی (آلفای کرونباخ) پرسشنامه

بخش / مؤلفه	تعداد گویه	آلفای کرونباخ	سطح پایایی
کل پرسشنامه	۴۸	۹۲/۰	عالی
فناوری‌های نوین (کل)	۲۳	۸۹/۰	خوب
-هوش مصنوعی و کلان‌داده	۵	۸۶/۰	خوب
-اینترنت اشیا	۵	۸۴/۰	خوب
-بلاک‌چین	۴	۷۹/۰	قابل قبول
-انرژی‌های تجدیدپذیر	۵	۸۲/۰	خوب
-لجستیک هوشمند	۴	۸۷/۰	خوب
تاب‌آوری اقتصادی	۷	۸۴/۰	خوب
تاب‌آوری اجتماعی	۶	۸۱/۰	خوب
تاب‌آوری زیست‌محیطی	۶	۷۸/۰	قابل قبول
تاب‌آوری نهادی	۶	۸۳/۰	خوب

همانطور که در جدول ۱۳ مشاهده می‌شود، ضریب آلفای کرونباخ برای کل پرسشنامه ۹۲/۰ است که در سطح «عالی» قرار دارد (پایایی بالای ۹۰/۰ عالی تلقی می‌شود). برای بخش فناوری‌های نوین ۸۹/۰ (خوب)، برای بخش تاب‌آوری اقتصادی ۸۴/۰ (خوب)، برای تاب‌آوری اجتماعی ۸۱/۰ (خوب)، برای تاب‌آوری زیست‌محیطی ۷۸/۰ (قابل قبول) و برای تاب‌آوری نهادی ۸۳/۰ (خوب)

است. کمترین ضریب مربوط به مؤلفه بلاک‌چین (۷۹/۰) و مؤلفه تاب‌آوری زیست‌محیطی (۷۸/۰) است که همچنان در سطح «قابل قبول» (بالای ۷۰/۰) قرار دارند. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که پرسشنامه از همسانی درونی بسیار مطلوبی برخوردار است (نونالی و برنشتاین، ۱۹۹۴).

۶. روش تجزیه و تحلیل داده‌ها

تجزیه و تحلیل داده‌های جمع‌آوری شده در دو سطح توصیفی و استنباطی و با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۷ انجام شد. سطح معناداری برای تمام آزمون‌های استنباطی، ۰۵/۰ در نظر گرفته شد.

الف) آمار توصیفی

در سطح آمار توصیفی، برای متغیرهای جمعیت‌شناختی (جنسیت، سن، سابقه خدمت، تحصیلات، حوزه فعالیت) از جداول توزیع فراوانی (فراوانی مطلق، درصد، درصد تجمعی) استفاده شد. برای متغیرهای اصلی پژوهش (مؤلفه‌های پنج‌گانه فناوری‌های نوین و ابعاد چهارگانه تاب‌آوری منطقه‌ای) نیز شاخص‌های گرایش مرکزی و پراکندگی شامل میانگین، میانه، نما، انحراف معیار، کمینه و بیشینه محاسبه و گزارش شد.

ب) آمار استنباطی

در سطح آمار استنباطی، مراحل زیر به ترتیب انجام شد:

مرحله اول: آزمون نرمالیتی (طبیعی بودن توزیع داده‌ها)

پیش از استفاده از هر گونه آزمون پارامتریک (مانند همبستگی پیرسون و رگرسیون)، لازم است نرمال بودن توزیع متغیرها بررسی شود. برای این منظور، از آزمون کولموگروف–اسمیرنوف استفاده شد. فرض صفر (H0) در این آزمون، نرمال بودن توزیع است. اگر سطح معناداری (p-value) بزرگتر از ۰۵/۰ باشد، فرض صفر تأیید می‌شود و توزیع نرمال است.

مرحله دوم: بررسی همبستگی بین متغیرها

برای آزمون فرضیه‌های اول تا چهارم پژوهش (رابطه بین فناوری‌های نوین و ابعاد تاب‌آوری)، از ضریب همبستگی پیرسون استفاده شد. ضریب همبستگی پیرسون که با r نشان داده می‌شود، شدت و جهت رابطه خطی بین دو متغیر فاصله‌ای یا نسبی را اندازه‌گیری می‌کند. مقدار r بین ۱− و ۱+ است. r مثبت نشان‌دهنده رابطه مستقیم (با افزایش یک متغیر، دیگری نیز افزایش می‌یابد) و r منفی نشان‌دهنده رابطه معکوس است. میزان شدت همبستگی بر اساس معیار زیر تفسیر می‌شود (کوهن، ۱۹۸۸): ۱۰/۰ تا ۲۹/۰ ضعیف، ۳۰/۰ تا ۴۹/۰ متوسط، ۵۰/۰ تا ۶۹/۰ قوی، ۷۰/۰ تا ۸۹/۰ بسیار قوی، و ۹۰/۰ تا ۰۰/۱ تقریباً کامل.

مرحله سوم: تحلیل رگرسیون خطی چندگانه

برای آزمون فرضیه‌های پنجم تا نهم پژوهش و همچنین برای تعیین سهم تبیین هر یک از مؤلفه‌های فناوری‌های نوین در پیش‌بینی تاب‌آوری منطقه‌ای (هدف فرعی چهارم)، از تحلیل رگرسیون خطی چندگانه به روش گام به گام (Stepwise) استفاده شد. در این تحلیل، تاب‌آوری منطقه‌ای (نمره کل) به عنوان متغیر وابسته (معیار) و پنج مؤلفه فناوری‌های نوین (هوش مصنوعی و کلان‌داده، اینترنت اشیا، بلاک‌چین، انرژی‌های تجدیدپذیر و لجستیک هوشمند) به عنوان متغیرهای پیش‌بین (همبسته) وارد مدل شدند.

روش گام به گام به این معناست که نرم‌افزار به صورت خودکار، در هر گام متغیری را که بیشترین همبستگی را با متغیر وابسته دارد و از نظر آماری معنادار است، وارد مدل می‌کند. در پایان، مدل نهایی شامل متغیرهایی است که سهم معناداری در پیش‌بینی دارند. شاخص‌های اصلی گزارش شده در خروجی رگرسیون عبارتند از:

- R^2(ضریب تعیین): نشان‌دهنده درصد واریانس متغیر وابسته است که توسط متغیرهای مستقل تبیین می‌شود. مثلاً $R^2=0/54$یعنی ۵۴ درصد از تغییرات تاب‌آوری توسط فناوری‌های نوین قابل توضیح است.
- F(آماره فیشر) و سطح معناداری آن: برای آزمون معناداری کلی مدل رگرسیون استفاده می‌شود. اگر$p < 0/05$ ، مدل از نظر آماری معنادار است.
- ضرایب بتا :(β) ضرایب استاندارد شده رگرسیون که برای مقایسه سهم نسبی هر یک از متغیرهای مستقل در پیش‌بینی متغیر وابسته استفاده می‌شود. هر چه مقدار مطلق β بیشتر باشد، سهم آن متغیر بیشتر است.
- ضرایب B (غیراستاندارد) و خطای استاندارد: برای پیش‌بینی مقادیر متغیر وابسته بر اساس متغیرهای مستقل استفاده می‌شود.
- t و سطح معناداری آن: برای آزمون معناداری هر یک از ضرایب رگرسیون استفاده می‌شود. اگر$p < 0/05$ ، آن متغیر سهم معناداری دارد.

مرحله چهارم: تحلیل واریانس یک‌طرفه(ANOVA)

برای پاسخ به سؤال پنجم پژوهش (مقایسه نگرش گروه‌های مختلف جمعیت‌شناختی)، از تحلیل واریانس یک‌طرفه استفاده شد. این آزمون برای مقایسه میانگین سه گروه یا بیشتر به کار می‌رود. در این پژوهش، نگرش به نقش فناوری‌های نوین در تاب‌آوری (نمره کل بخش فناوری‌های نوین) در گروه‌های مختلف سنی، سابقه خدمت، تحصیلات و حوزه فعالیت مقایسه شد. در صورت معنادار شدن$(p < 0/05)$ F ، برای تعیین اینکه دقیقاً بین کدام گروه‌ها تفاوت وجود دارد، از آزمون تعقیبی توکی استفاده شد.

۷. یافته‌های پژوهش

یافته‌های توصیفی جمعیت‌شناختی

ابتدا، یافته‌های توصیفی مربوط به ویژگی‌های جمعیت‌شناختی ۱۰۸ نفر از پاسخ‌دهندگان در قالب جدول فراوانی ارائه می‌شود. این اطلاعات برای درک ترکیب نمونه و امکان مقایسه با پژوهش‌های دیگر ضروری است.

جدول ۳: توزیع فراوانی پاسخ‌دهندگان بر اساس متغیرهای جمعیت‌شناختی

متغیر	گروه	فراوانی	درصد	درصد تجمعی
جنسیت	مرد	۷۰	۸/۶۴	۸/۶۴
	زن	۳۸	۲/۳۵	۱۰۰
سن	کمتر از ۳۰ سال	۱۲	۱/۱۱	۱/۱۱
	۳۰ تا ۴۰ سال	۴۲	۹/۳۸	۰/۵۰
	۴۰ تا ۵۰ سال	۳۶	۳/۳۳	۳/۸۳
	بیشتر از ۵۰ سال	۱۸	۷/۱۶	۱۰۰
سابقه خدمت	کمتر از ۵ سال	۲۴	۲/۲۲	۲/۲۲
	۵ تا ۱۰ سال	۴۸	۴/۴۴	۷/۶۶
	۱۰ تا ۱۵ سال	۲۴	۲/۲۲	۹/۸۸
	بیشتر از ۱۵ سال	۱۲	۱/۱۱	۱۰۰
سطح تحصیلات	کارشناسی	۴۲	۹/۳۸	۹/۳۸
	کارشناسی ارشد	۵۴	۰/۵۰	۹/۸۸

	دکتری	۱۲	۱/۱۱	۱۰۰
حوزه فعالیت	مدیریتی (مدیران و معاونان)	۲۲	۴/۲۰	۴/۲۰
	کارشناسی اجرایی	۵۰	۳/۴۶	۷/۶۶
	بخش خصوصی/سرمایه‌گذاری	۳۶	۳/۳۳	۱۰۰

همانطور که در جدول ۳ مشاهده می‌شود، اکثر پاسخ‌دهندگان مرد (۸/۶۴ درصد)، در گروه سنی ۳۰ تا ۴۰ سال (۹/۳۸ درصد)، با سابقه خدمت ۵ تا ۱۰ سال (۴/۴۴ درصد)، دارای تحصیلات کارشناسی ارشد (۵۰ درصد) و در حوزه کارشناسی اجرایی فعالیت دارند (۳/۴۶ درصد). این ترکیب نشان می‌دهد که نمونه پژوهش از افرادی تشکیل شده است که به طور میانگین، دارای تجربه کاری متوسط تا نسبتاً بالا و تحصیلات تکمیلی هستند، بنابراین ارزیابی‌های آنها از وضعیت فناوری‌های نوین و تاب‌آوری منطقه از اعتبار نسبتاً خوبی برخوردار است.

۴-۲. یافته‌های توصیفی متغیرهای اصلی

در این بخش، شاخص‌های گرایش مرکزی و پراکندگی برای متغیر فناوری‌های نوین (در پنج مؤلفه) و متغیر تاب‌آوری منطقه‌ای (در چهار بعد) ارائه می‌شود.

جدول ٤: شاخص‌های توصیفی مؤلفه‌های پنج‌گانه فناوری‌های نوین

مؤلفه فناوری	تعداد گویه	میانگین	انحراف معیار	کمینه	بیشینه	سطح
لجستیک هوشمند	۴	۷۲/۳	۷۲/۰	۲۵/۱	۰۰/۵	متوسط رو به بالا
هوش مصنوعی و کلان‌داده	۵	۲۴/۳	۶۸/۰	۴۰/۱	۸۰/۴	متوسط
اینترنت اشیا	۵	۹۶/۲	۷۵/۰	۰۰/۱	۶۰/۴	متوسط رو به پایین
بلاک‌چین	۴	۷۴/۲	۸۱/۰	۰۰/۱	۷۵/۴	متوسط رو به پایین
انرژی‌های تجدیدپذیر	۵	۴۲/۲	۸۵/۰	۰۰/۱	۲۰/۴	پایین
میانگین کل فناوری‌های نوین	۲۳	۱۲/۳	۶۸/۰	۳۳/۱	۶۷/۴	متوسط

تفسیر جدول ۴: میانگین کل فناوری‌های نوین ۱۲/۳ از ۵ است که در سطح متوسط قرار دارد. بالاترین میانگین مربوط به لجستیک هوشمند با مقدار ۷۲/۳ است که نشان می‌دهد منطقه آزاد ارس در این حوزه نسبتاً موفق عمل کرده است. پایین‌ترین میانگین مربوط به انرژی‌های تجدیدپذیر با مقدار ۴۲/۲ است که نشان‌دهنده غفلت یا سرمایه‌گذاری ناکافی در این حوزه است. انحراف معیار انرژی‌های تجدیدپذیر (۸۵/۰) از سایر مؤلفه‌ها بیشتر است که نشان می‌دهد نظر پاسخ‌دهندگان در این حوزه پراکندگی بیشتری دارد (یعنی برخی معتقدند وضعیت خیلی بد است و برخی نظر متوسطی دارند).

جدول ۵: شاخص‌های توصیفی ابعاد چهارگانه تاب‌آوری منطقه‌ای

بعد تاب‌آوری	تعداد گویه	میانگین	انحراف معیار	کمینه	بیشینه	سطح

متوسط	۵۰/۴	۶۷/۱	۵۸/۰	۱۴/۳	۶	**تاب‌آوری اجتماعی**
متوسط رو به پایین	۳۳/۴	۵۰/۱	۶۱/۰	۹۸/۲	۶	**تاب‌آوری نهادی**
متوسط رو به پایین	۵۰/۴	۱۷/۱	۷۱/۰	۸۷/۲	۶	**تاب‌آوری زیست‌محیطی**
پایین	۴۳/۴	۲۹/۱	۶۵/۰	۷۶/۲	۷	**تاب‌آوری اقتصادی**
متوسط رو به پایین	۴۲/۴	۶۸/۱	۵۴/۰	۹۴/۲	۲۵	**میانگین کل تاب‌آوری**

تفسیر جدول ۵: میانگین کل تاب‌آوری منطقه‌ای ۹۴/۲ از ۵ است که در سطح «متوسط رو به پایین» قرار دارد. در میان ابعاد، بالاترین میانگین مربوط به تاب‌آوری اجتماعی (۱۴/۳) و پایین‌ترین میانگین مربوط به تاب‌آوری اقتصادی (۷۶/۲) است. این یافته نشان می‌دهد که منطقه آزاد ارس از نظر انسجام اجتماعی و سرمایه اجتماعی وضعیت نسبتاً بهتری دارد، اما از نظر تنوع‌بخشی اقتصادی، انعطاف‌پذیری بازار کار و نوآوری (که مؤلفه‌های تاب‌آوری اقتصادی هستند) در وضعیت ضعیفی قرار دارد. تاب‌آوری زیست‌محیطی (۸۷/۲) و نهادی (۹۸/۲) نیز در سطح متوسط رو به پایین ارزیابی می‌شوند.

آزمون نرمالیتی داده‌ها

پیش از انجام آزمون‌های همبستگی و رگرسیون، نرمال بودن توزیع متغیرهای اصلی با استفاده از آزمون کولموگروف–اسمیرنوف (K-S)بررسی شد.

جدول ٦: نتایج آزمون کولموگروف–اسمیرنوف برای متغیرهای اصلی پژوهش

متغیر	آمارهK-S	درجه آزادی	سطح معناداری(p-value)	وضعیت توزیع
فناوری‌های نوین (کل)	۸۷۲/۰	۱۰۸	۴۳۱/۰	نرمال
تاب‌آوری اقتصادی	۹۴۱/۰	۱۰۸	۳۳۸/۰	نرمال
تاب‌آوری اجتماعی	۸۵۴/۰	۱۰۸	۴۵۹/۰	نرمال
تاب‌آوری زیست‌محیطی	۰۲۳/۱	۱۰۸	۲۴۶/۰	نرمال
تاب‌آوری نهادی	۹۰۳/۰	۱۰۸	۳۸۷/۰	نرمال
تاب‌آوری کل	۹۱۴/۰	۱۰۸	۳۷۲/۰	نرمال

همانطور که در جدول ۶ مشاهده می‌شود، سطح معناداری (p-value) برای تمامی متغیرها بزرگتر از ۰۵/۰ است (حداقل ۲۴۶/۰ و حداکثر ۴۵۹/۰). بنابراین، فرض صفر (نرمال بودن توزیع) تأیید می‌شود و تمام متغیرها از توزیع نرمال برخوردارند. در نتیجه، استفاده از آزمون‌های پارامتریک (همبستگی پیرسون و رگرسیون خطی) مجاز و قابل اعتماد است.

نتایج همبستگی پیرسون (آزمون فرضیه‌های اول تا چهارم)

برای آزمون فرضیه‌های اول تا چهارم که به ترتیب به رابطه بین فناوری‌های نوین و تاب‌آوری اقتصادی، اجتماعی، زیست‌محیطی و نهادی می‌پردازند، از ضریب همبستگی پیرسون استفاده شد. نتایج در قالب ماتریس همبستگی در جدول ۷ ارائه شده است.

جدول ۷: ماتریس همبستگی پیرسون بین فناوری‌های نوین و ابعاد تاب‌آوری

متغیرها	۱	۲	۳	٤	٥	٦
۱. فناوری‌های نوین (کل)	۱					
۲. تاب‌آوری اقتصادی	*۷۳۴/۰	۱				

۳. تاب‌آوری اجتماعی	*۶۴۱/۰	*۵۶۲/۰	۱			
٤. تاب‌آوری زیست‌محیطی	*۵۶۷/۰	*۴۷۸/۰	*۵۰۳/۰	۱		
۵. تاب‌آوری نهادی	*۶۰۸/۰	*۵۳۴/۰	*۵۸۹/۰	*۵۲۱/۰	۱	
٦. تاب‌آوری کل	*۶۸۹/۰	*۸۴۲/۰	*۸۱۲/۰	*۷۴۵/۰	*۷۹۱/۰	۱

*همبستگی در سطح ۰۱/۰ معنادار است (دو دامنه) **همبستگی در سطح ۰۵/۰ معنادار است (دو دامنه)

تفسیر جدول ۷:

- بین فناوری‌های نوین و تاب‌آوری اقتصادی همبستگی مثبت و بسیار قوی وجود دارد) ۷۳۴/۰ .(r = این مقدار در سطح ۰۱/۰ معنادار است .(p < 0/01) بنابراین، فرضیه فرعی اول تأیید می‌شود. یعنی هر چه میزان به‌کارگیری فناوری‌های نوین در منطقه بیشتر باشد، تاب‌آوری اقتصادی آن نیز به طور معناداری بالاتر است.
- بین فناوری‌های نوین و تاب‌آوری اجتماعی همبستگی مثبت و قوی وجود دارد) ۶۴۱/۰ (r = و در سطح ۰۱/۰ معنادار است. بنابراین، فرضیه فرعی دوم تأیید می‌شود.
- بین فناوری‌های نوین و تاب‌آوری زیست‌محیطی همبستگی مثبت و متوسط تا قوی وجود دارد) ۵۶۷/۰ (r = و در سطح ۰۱/۰ معنادار است. بنابراین، فرضیه فرعی سوم تأیید می‌شود. توجه شود که این همبستگی از دو همبستگی قبلی ضعیف‌تر است.
- بین فناوری‌های نوین و تاب‌آوری نهادی همبستگی مثبت و قوی وجود دارد) ۶۰۸/۰ (r = و در سطح ۰۱/۰ معنادار است. بنابراین، فرضیه فرعی چهارم تأیید می‌شود.
- همچنین، همبستگی بین فناوری‌های نوین و تاب‌آوری کل (مجموع چهار بعد) بسیار قوی و برابر با ۶۸۹/۰ است که در سطح ۰۱/۰ معنادار است. بنابراین، فرضیه اصلی پژوهش نیز تأیید می‌شود.

نتایج رگرسیون خطی چندگانه (آزمون فرضیه‌های پنجم تا نهم)

برای تعیین سهم هر یک از مؤلفه‌های پنج‌گانه فناوری‌های نوین در پیش‌بینی تاب‌آوری منطقه‌ای و همچنین آزمون فرضیه‌های پنجم تا نهم، از تحلیل رگرسیون خطی چندگانه به روش گام به گام (Stepwise) استفاده شد. متغیر وابسته: تاب‌آوری کل. متغیرهای پیش‌بین: لجستیک هوشمند، هوش مصنوعی و کلان‌داده، اینترنت اشیا، بلاک‌چین و انرژی‌های تجدیدپذیر.

نتایج در سه جدول خلاصه مدل، تحلیل واریانس و ضرایب رگرسیون ارائه می‌شود.

جدول ۸: خلاصه مدل رگرسیون گام به گام (متغیر وابسته: تاب‌آوری کل)

گام	متغیرهای وارد شده	R	R^2	R^2 تعدیل شده	خطای استاندارد برآورد	تغییرات R^2	F تغییرات	معناداری F تغییرات
۱	لجستیک هوشمند	۶۵۲/۰	۴۲۵/۰	۴۱۸/۰	۴۲۱/۰	۴۲۵/۰	۲۴/۷۸	۰۰۱/۰>
۲	هوش مصنوعی و کلان‌داده	۷۲۸/۰	۵۳۰/۰	۵۲۱/۰	۳۸۲/۰	۱۰۵/۰	۵۶/۲۳	۰۰۱/۰>

۰۰۲/۰	۲۸/۱۰	۰۴۲/۰	۳۶۶/۰	۵۵۹/۰	۵۷۲/۰	۷۵۶/۰	اینترنت اشیا	**۳**

تفسیر جدول ۸:

در گام اول، متغیر «لجستیک هوشمند» وارد مدل شد. ضریب همبستگی چندگانه (R) برابر ۶۵۲/۰ و ضریب تعیین (R^2) برابر ۴۲۵/۰ است. یعنی «لجستیک هوشمند» به تنهایی ۵/۴۲ درصد از واریانس تاب‌آوری منطقه‌ای را تبیین می‌کند. این مقدار در سطح ۰۰۱/۰> معنادار است.

در گام دوم، متغیر «هوش مصنوعی و کلان‌داده» وارد مدل شد. R^2 به ۵۳۰/۰ افزایش یافت. یعنی این دو متغیر با هم ۵۳ درصد از واریانس تاب‌آوری را تبیین می‌کنند. اضافه شدن هوش مصنوعی و کلان‌داده، ۵/۱۰ درصد به قدرت تبیین مدل اضافه کرد که این تغییر نیز معنادار است ($p < 0/001$).

در گام سوم، متغیر «اینترنت اشیا» وارد مدل شد. R^2 به ۵۷۲/۰ افزایش یافت. یعنی این سه متغیر با هم ۲/۵۷ درصد از واریانس تاب‌آوری را تبیین می‌کنند. اضافه شدن اینترنت اشیا، ۲/۴ درصد به قدرت تبیین مدل اضافه کرد که معنادار است ($p = 0/002$).

متغیرهای «بلاک‌چین» و «انرژی‌های تجدیدپذیر» در مراحل بعدی وارد مدل نشدند، زیرا سطح معناداری آنها بزرگتر از ۰۵/۰ بود. یعنی این دو متغیر سهم معناداری در پیش‌بینی تاب‌آوری منطقه آزاد ارس ندارند (حداقل در شرایط فعلی). بنابراین، فرضیه هشتم و نهم پژوهش (رابطه معنادار بلاک‌چین و انرژی‌های تجدیدپذیر با تاب‌آوری) رد می‌شود.

مدل نهایی شامل سه متغیر لجستیک هوشمند، هوش مصنوعی و کلان‌داده، و اینترنت اشیا است. این مدل با $R^2=0/572$ به این معناست که ۲/۵۷ درصد از تغییرات تاب‌آوری منطقه آزاد ارس توسط این سه فناوری قابل توضیح و پیش‌بینی است.

جدول ۹: تحلیل واریانس (ANOVA) مدل نهایی رگرسیون

منبع تغییرات	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	معناداری
رگرسیون	۸۶/۲۲	۳	۶۲/۷	۸۱/۴۲	۰۰۱/۰>
باقیمانده	۰۸/۱۷	۱۰۴	۱۶۴/۰		
کل	۹۴/۳۹	۱۰۷			

Fمحاسبه شده برابر با ۸۱/۴۲ و سطح معناداری آن کوچکتر از ۰۰۱/۰ است. بنابراین، مدل رگرسیون نهایی از نظر آماری معنادار است و می‌توان از آن برای پیش‌بینی استفاده کرد.

جدول ۱۰: ضرایب رگرسیون مدل نهایی

متغیر	ضریب غیراستاندارد(B)	خطای استاندارد	ضریب استاندارد (بتا)	t	سطح معناداری
مقدار ثابت (Constant)	۸۱۲/۰	۱۸۹/۰		۲۹/۴	۰۰۱/۰>
لجستیک هوشمند	۳۰۵/۰	۰۵۸/۰	۴۰۶/۰	۲۶/۵	۰۰۱/۰>
هوش مصنوعی و کلان‌داده	۲۴۱/۰	۰۶۲/۰	۳۰۳/۰	۸۹/۳	۰۰۱/۰>
اینترنت اشیا	۱۴۸/۰	۰۵۳/۰	۲۰۵/۰	۷۹/۲	۰۰۶/۰

تفسیر جدول ۱۰:

- لجستیک هوشمند با ضریب بتای ۴۰۶/۰ ($p < 0/001$) بیشترین سهم را در پیش‌بینی تاب‌آوری منطقه‌ای دارد. یعنی با افزایش یک انحراف معیار در لجستیک هوشمند، تاب‌آوری منطقه‌ای به میزان ۴۰۶/۰ انحراف معیار افزایش می‌یابد (با ثابت فرض گرفتن سایر متغیرها). بنابراین، فرضیه فرعی پنجم تأیید می‌شود.
- هوش مصنوعی و کلان‌داده با ضریب بتای ۳۰۳/۰ ($p < 0/001$) دومین سهم را دارد. بنابراین، فرضیه فرعی ششم تأیید می‌شود.
- اینترنت اشیا با ضریب بتای ۲۰۵/۰ ($p = 0/006$) سومین سهم را دارد. بنابراین، فرضیه فرعی هفتم تأیید می‌شود.

معادله رگرسیون (با ضرایب غیراستانداردB) به صورت زیر است:

پیش‌بینی تاب‌آوری کل = ۸۱۲/۰ + (۳۰۵/۰ × لجستیک هوشمند) + (۲۴۱/۰ × هوش مصنوعی و کلان‌داده) + (۱۴۸/۰ × اینترنت اشیا)

نتایج تحلیل واریانس یک‌طرفه(ANOVA)

برای پاسخ به سؤال پنجم پژوهش (مقایسه نگرش گروه‌های مختلف جمعیت‌شناختی نسبت به نقش فناوری‌های نوین در تاب‌آوری)، از تحلیل واریانس یک‌طرفه استفاده شد.

جدول ۱۱: نتایج تحلیل واریانس یک‌طرفه بر اساس سطح تحصیلات

نتیجه	معناداری	F	میانگین مربعات	درجه آزادی	مجموع مربعات	منبع تغییرات
معنادار	۰۲۱/۰	۰۲/۴	۲۸/۲	۲	۵۶/۴	**بین گروه‌ها**
			۵۶۸/۰	۱۰۵	۶۲/۵۹	**درون گروه‌ها**
				۱۰۷	۱۸/۶۴	**کل**

مقدار F برابر با ۰۲/۴ و سطح معناداری آن ۰۲۱/۰ (کوچکتر از ۰۵/۰) است. بنابراین، بین گروه‌های مختلف تحصیلی (کارشناسی، کارشناسی ارشد، دکتری) از نظر نگرش به نقش فناوری‌های نوین تفاوت معناداری وجود دارد. برای تعیین اینکه دقیقاً بین کدام گروه‌ها تفاوت وجود دارد، از آزمون تعقیبی توکی استفاده شد. نتایج نشان داد که بین گروه دکتری (میانگین ۶۵/۳) و گروه کارشناسی (میانگین ۹۸/۲) تفاوت معناداری وجود دارد ($p = 0/018$) و همچنین بین دکتری و کارشناسی ارشد (میانگین ۱۳/۳) تفاوت نزدیک به معناداری وجود دارد .($p = 0/058$) بین کارشناسی و کارشناسی ارشد تفاوت معناداری وجود ندارد. به عبارت دیگر، افراد با تحصیلات دکتری نگرش مثبت‌تری نسبت به نقش فناوری‌های نوین در تاب‌آوری دارند.

جدول ۱۲: نتایج تحلیل واریانس یک‌طرفه بر اساس سابقه خدمت

نتیجه	معناداری	F	میانگین مربعات	درجه آزادی	مجموع مربعات	منبع تغییرات
غیرمعنادار	۳۷۴/۰	۰۵/۱	۶۲۳/۰	۳	۸۷/۱	**بین گروه‌ها**
			۵۹۹/۰	۱۰۴	۳۱/۶۲	**درون گروه‌ها**
				۱۰۷	۱۸/۶۴	**کل**

Fبرابر با ۰۵/۱ و سطح معناداری ۳۷۴/۰ (بزرگتر از ۰۵/۰) است. بنابراین، بین گروه‌های مختلف سابقه خدمت از نظر نگرش به نقش فناوری‌های نوین تفاوت معناداری وجود ندارد.

برای متغیر جنسیت، از آزمون t مستقل استفاده شد. نتایج نشان داد که میانگین نگرش در مردان (۱۸/۳) و زنان (۰۴/۳) تفاوت معناداری ندارد($t = 1/04, p = 0/301$) .

خلاصه نتایج آزمون فرضیه‌ها

جدول ۱۳: خلاصه نتایج آزمون فرضیه‌های پژوهش

کد فرضیه	شرح فرضیه	روش آزمون	مقدار شاخص	سطح معناداری	نتیجه
H1	رابطه فناوری‌های نوین و تاب‌آوری اقتصادی	پیرسون	$r = 0.734$	۰۱/۰>	تأیید
H2	رابطه فناوری‌های نوین و تاب‌آوری اجتماعی	پیرسون	$r = 0.641$	۰۱/۰>	تأیید
H3	رابطه فناوری‌های نوین و تاب‌آوری زیست‌محیطی	پیرسون	$r = 0.567$	۰۱/۰>	تأیید
H4	رابطه فناوری‌های نوین و تاب‌آوری نهادی	پیرسون	$r = 0.608$	۰۱/۰>	تأیید
H5	رابطه لجستیک هوشمند و تاب‌آوری	رگرسیون	$\beta = 0.406$	۰۰۱/۰>	تأیید
H6	رابطه هوش مصنوعی و کلان‌داده و تاب‌آوری	رگرسیون	$\beta = 0.303$	۰۰۱/۰>	تأیید
H7	رابطه اینترنت اشیا و تاب‌آوری	رگرسیون	$\beta = 0.205$	۰۰۶/۰	تأیید
H8	رابطه بلاک‌چین و تاب‌آوری	رگرسیون	-	۰۵/۰>	رد
H9	رابطه انرژی‌های تجدیدپذیر و تاب‌آوری	رگرسیون	-	۰۵/۰>	رد

۸. بحث و تفسیر یافته‌ها

تفسیر یافته‌های توصیفی

یافته‌های توصیفی پژوهش نشان داد که میانگین کلی به‌کارگیری فناوری‌های نوین در منطقه آزاد ارس برابر با ۱۲/۳ از ۵ است که در سطح «متوسط» قرار دارد. این مقدار از یک سو نشان می‌دهد که منطقه از فناوری‌های نوین کاملاً بی‌بهره نیست و اقداماتی در این حوزه انجام شده است، اما از سوی دیگر فاصله معناداری با وضعیت مطلوب (نزدیک به ۴ یا ۵) دارد. مقایسه این یافته با مطالعات مشابه نشان می‌دهد که سطح به‌کارگیری فناوری‌های نوین در منطقه آزاد ارس از میانگین مناطق آزاد چین (۸/۳ در مطالعه چن و همکاران، ۲۰۲۱) و مناطق آزاد امارات (۹/۳ در مطالعه لی و همکاران، ۲۰۲۳) پایین‌تر است، اما با مناطق آزاد ترکیه و پاکستان قابل مقایسه است. این اختلاف را می‌توان به عوامل متعددی نسبت داد: محدودیت‌های ناشی از تحریم‌های بین‌المللی که دسترسی به فناوری‌های پیشرفته را دشوار می‌سازد، سرمایه‌گذاری ناکافی در زیرساخت‌های دیجیتال، و نبود یک نقشه راه مشخص و متمرکز برای هوشمندسازی مناطق آزاد ایران.

بالاترین میانگین در میان فناوری‌ها متعلق به «لجستیک هوشمند» با مقدار ۷۲/۳ است. این یافته کاملاً قابل انتظار و منطقی است، زیرا منطقه آزاد ارس به دلیل موقعیت استراتژیک خود در کریدور شمال–جنوب و همسایگی با چندین کشور، ذاتاً به حمل‌ونقل و لجستیک وابسته است. بنابراین، سرمایه‌گذاری‌های اولیه در این حوزه بیشتر بوده است. وجود پایانه مرزی پیشرفته، راه‌آهن جلفا و شبکه بزرگراهی، بستر مناسبی برای پیاده‌سازی فناوری‌های ردیابی (RFID) ، بهینه‌سازی مسیر و سامانه‌های انبارداری هوشمند

فراهم کرده است (گونگ و همکاران، ۲۰۲۴). در مقابل، پایین‌ترین میانگین متعلق به «انرژی‌های تجدیدپذیر» با مقدار ۴۲/۲ است. این یافته نشان می‌دهد که منطقه آزاد ارس با وجود پتانسیل بالای تابش خورشیدی و وزش باد، تقریباً از این منبع انرژی پاک و پایدار غافل بوده است. وابستگی شدید به شبکه سراسری برق که عمدتاً با سوخت‌های فسیلی کار می‌کند، نه تنها تاب‌آوری زیست‌محیطی را کاهش می‌دهد، بلکه منطقه را در برابر نوسانات قیمت انرژی و قطعی‌های احتمالی آسیب‌پذیر می‌کند (وانگ و همکاران، ۲۰۲۳). میانگین پایین فناوری بلاک‌چین (۷۴/۲) نیز قابل توجه است. این فناوری علی‌رغم پتانسیل بالای خود در شفاف‌سازی فرآیندهای گمرکی، ثبت قراردادها و تأیید اصالت کالا، هنوز در ایران به بلوغ نرسیده است و بسیاری از مدیران و کارشناسان آشنایی کافی با کاربردهای آن ندارند (تابش و همکاران، ۱۴۰۰).

در مورد ابعاد تاب‌آوری، پایین‌ترین میانگین متعلق به «تاب‌آوری اقتصادی» با مقدار ۷۶/۲ است. این یافته نگران‌کننده است و نشان می‌دهد که منطقه آزاد ارس از نظر انعطاف‌پذیری اقتصادی، تنوع‌بخشی، نوآوری و کارآفرینی در وضعیت ضعیفی قرار دارد. وابستگی نسبی به چند بخش محدود (عمدتاً ترانزیت و کشاورزی سنتی)، نبود صنایع دانش‌بنیان قوی، محدودیت در جذب سرمایه‌گذاری خارجی به دلیل تحریم‌ها، و نوسانات شدید نرخ ارز، همگی دست به دست هم داده‌اند تا تاب‌آوری اقتصادی منطقه پایین باشد (مارتین، ۲۰۱۲). بالاترین میانگین در میان ابعاد تاب‌آوری مربوط به «تاب‌آوری اجتماعی» با مقدار ۱۴/۳ است. این یافته نشان می‌دهد که علی‌رغم مشکلات اقتصادی، سرمایه اجتماعی، انسجام جامعه و مشارکت شهروندی در سطح نسبتاً قابل قبولی قرار دارد. این یک نقطه قوت مهم برای منطقه است، زیرا سرمایه اجتماعی می‌تواند به عنوان یک «بافر» در زمان بحران عمل کند و هزینه‌های اقدامات جمعی را کاهش دهد (آلدریچ و مایر، ۲۰۱۵؛ بریستو و هیلی، ۲۰۲۳).

تفسیر یافته‌های همبستگی و رگرسیون

قوی‌ترین همبستگی بین فناوری‌های نوین و تاب‌آوری اقتصادی به دست آمد. این یافته با نتایج مطالعات چن و همکاران (۲۰۲۱) و گونگ و همکاران (۲۰۲۴) همخوانی کامل دارد و حتی از آنها قدری قوی‌تر است. این همخوانی نشان می‌دهد که رابطه بین فناوری و تاب‌آوری اقتصادی، فراتر از مرزهای جغرافیایی و شرایط خاص هر کشور، یک رابطه ساختاری و نسبتاً پایدار است. تبیین این رابطه از نظر نظری روشن است: فناوری‌های نوین با کاهش هزینه‌های تولید و مبادله، افزایش بهره‌وری، ایجاد فرصت‌های جدید کسب‌وکار، بهبود دسترسی به بازارهای جهانی و افزایش شفافیت، به طور مستقیم و غیرمستقیم تاب‌آوری اقتصادی را افزایش می‌دهند (دوران و فینگلتون، ۲۰۲۲). منطقه آزاد ارس نیز از این قاعده مستثنی نیست.

همبستگی بین فناوری‌های نوین و تاب‌آوری اجتماعی نیز قوی و معنادار است، اما از همبستگی با تاب‌آوری اقتصادی ضعیف‌تر است. این یافته با نتایج بریستو و هیلی (۲۰۲۳) همسو است. تبیین این تفاوت می‌تواند این باشد که تأثیر فناوری‌های نوین بر ساختارهای اجتماعی معمولاً با تأخیر زمانی بیشتری همراه است و به فرهنگ، آموزش و پذیرش اجتماعی نیاز دارد. به عبارت دیگر، ممکن است یک منطقه فناوری پیشرفته داشته باشد، اما اگر فرهنگ استفاده و اعتماد به آن فناوری در جامعه نهادینه نشده باشد، تأثیر آن بر سرمایه اجتماعی و انسجام جامعه با کندی صورت می‌گیرد. در منطقه آزاد ارس، علیرغم وجود زیرساخت‌های نسبتاً خوب ارتباطی، هنوز شکاف دیجیتالی و نابرابری در دسترسی به خدمات دیجیتال در بین گروه‌های مختلف اجتماعی وجود دارد که این شکاف می‌تواند تأثیر فناوری بر تاب‌آوری اجتماعی را کاهش دهد (حسینی و رضایی، ۱۴۰۱).

ضعیف‌ترین همبستگی (اما همچنان معنادار و در سطح متوسط تا قوی) بین فناوری‌های نوین و تاب‌آوری زیست‌محیطی به دست آمد. این یافته تا حدی قابل پیش‌بینی بود، زیرا همانطور که در یافته‌های توصیفی مشاهده شد، پایین‌ترین سطح به‌کارگیری فناوری در منطقه مربوط به انرژی‌های تجدیدپذیر است. همچنین، زیرساخت‌های مدیریت پسماند هوشمند، پایش کیفیت آب و هوا با

استفاده از IoT و کشاورزی دقیق نیز در مراحل اولیه قرار دارند. بنابراین، طبیعی است که تأثیر فناوری بر تاب‌آوری زیست‌محیطی هنوز به طور کامل خود را نشان نداده باشد (واکر و همکاران، ۲۰۲۰). این یافته یک زنگ خطر برای مدیران منطقه است: اگر به موقع در حوزه فناوری‌های سبز سرمایه‌گذاری نشود، منطقه در برابر بحران‌های زیست‌محیطی آینده (کم آبی، آلودگی هوا، تغییرات اقلیمی) بسیار آسیب‌پذیر خواهد بود.

نتایج رگرسیون گام به گام نشان داد که از میان پنج فناوری، سه فناوری لجستیک هوشمند، هوش مصنوعی و کلان‌داده، و اینترنت اشیا وارد مدل نهایی شدند و ۲/۵۷ درصد از واریانس تاب‌آوری را تبیین کردند. بیشترین سهم متعلق به لجستیک هوشمند با بتای ۴۰۶/۰ است. این یافته کاملاً با ماهیت منطقه آزاد ارس همخوانی دارد. همانطور که گفته شد، منطقه آزاد ارس یک منطقه ترانزیتی–تجاری است و هسته اصلی فعالیت‌های اقتصادی آن حول محور لجستیک، حمل‌ونقل و تجارت مرزی می‌چرخد. بنابراین، هرگونه بهبود در لجستیک (کاهش زمان و هزینه، افزایش شفافیت و قابلیت ردیابی) تأثیر مستقیم و فوری بر عملکرد اقتصادی و در نتیجه تاب‌آوری منطقه دارد (گونگ و همکاران، ۲۰۲۴).

دومین سهم متعلق به هوش مصنوعی و کلان‌داده با بتای ۳۰۳/۰ است. این یافته با نتایج چن و همکاران (۲۰۲۱) و گونگ و همکاران (۲۰۲۴) همسو است. هوش مصنوعی و کلان‌داده با بهبود کیفیت تصمیم‌گیری و پیش‌بینی دقیق‌تر ریسک‌ها، نقش کلیدی در تاب‌آوری ایفا می‌کنند. در منطقه آزاد ارس، استفاده از الگوریتم‌های هوش مصنوعی برای پیش‌بینی نوسانات نرخ ارز، تحلیل ریسک‌های ژئوپلیتیکی و بهینه‌سازی موجودی انبارها می‌تواند تحول عظیمی ایجاد کند. متأسفانه، سطح فعلی به‌کارگیری این فناوری (میانگین ۲۴/۳) هنوز در سطح متوسط است و فاصله زیادی با وضعیت مطلوب دارد.

سومین سهم متعلق به اینترنت اشیا با بتای ۲۰۵/۰ است. این یافته با نتایج لی و همکاران (۲۰۲۳) همسو است. IoT به عنوان «سیستم عصبی» زیرساخت‌های هوشمند عمل می‌کند. حسگرهای IoT در کشاورزی دقیق، مدیریت هوشمند آب و برق، پایش سلامت سازه‌ها و ردیابی کالا می‌توانند کاربردهای گسترده‌ای در منطقه آزاد ارس داشته باشند. میانگین فعلی) IoT ۹۶/۲ (در سطح متوسط رو به پایین است و نیاز به سرمایه‌گذاری بیشتری دارد.

اما مهم‌ترین و شاید بحث‌برانگیزترین یافته این پژوهش، عدم ورود متغیرهای بلاک‌چین و انرژی‌های تجدیدپذیر به مدل رگرسیون و در نتیجه رد فرضیه‌های هشتم و نهم است. این یافته به این معنا نیست که بلاک‌چین و انرژی‌های تجدیدپذیر ذاتاً بر تاب‌آوری تأثیر ندارند (چرا که شواهد بین‌المللی خلاف این را نشان می‌دهد)، بلکه به این معناست که در شرایط فعلی منطقه آزاد ارس، این دو فناوری به سطحی از بلوغ و نفوذ نرسیده‌اند که تأثیر معناداری بر تاب‌آوری داشته باشند. به عبارت دیگر، به دلیل سطح بسیار پایین به‌کارگیری (میانگین ۴۲/۲ برای انرژی‌های تجدیدپذیر و ۷۴/۲ برای بلاک‌چین)، پراکندگی پاسخ‌ها و عدم وجود نمونه‌های موفق و قابل مشاهده، قدرت آماری برای تشخیص تأثیر معنادار وجود نداشته است. این یافته یک پیام مهم برای سیاست‌گذاران دارد: سرمایه‌گذاری در این دو حوزه آنقدر کم بوده که هنوز نتوانسته است خود را در شاخص‌های تاب‌آوری نشان دهد. این یک فرصت است، نه یک شکست. اگر سرمایه‌گذاری هدفمند و جدی در این دو حوزه صورت گیرد، احتمالاً در پژوهش‌های آینده این دو متغیر نیز وارد مدل خواهند شد و ضرایب معناداری از خود نشان خواهند داد (لی و همکاران، ۲۰۲۳؛ وانگ و همکاران، ۲۰۲۳).

۹. نتیجه‌گیری و پیشنهادات

نتیجه‌گیری کلی

پژوهش حاضر با هدف طراحی و آزمون مدل ساختاری تاب‌آوری منطقه‌ای مبتنی بر فناوری‌های نوین در منطقه آزاد ارس انجام شد. یافته‌های این پژوهش به طور کلی نشان داد که:

اولاً، سطح به‌کارگیری فناوری‌های نوین در منطقه آزاد ارس در سطح متوسط (۱۲/۳ از ۵) قرار دارد. در میان پنج فناوری مورد بررسی، لجستیک هوشمند بالاترین سطح کاربرد (۷۲/۳) و انرژی‌های تجدیدپذیر پایین‌ترین سطح کاربرد (۴۲/۲) را دارند. این یافته نشان می‌دهد که منطقه در حوزه لجستیک نسبتاً موفق عمل کرده، اما از پتانسیل عظیم انرژی‌های تجدیدپذیر غافل مانده است.

ثانیاً، سطح کلی تاب‌آوری منطقه آزاد ارس در سطح متوسط رو به پایین (۹۴/۲ از ۵) قرار دارد. در میان ابعاد چهارگانه، تاب‌آوری اجتماعی بالاترین (۱۴/۳) و تاب‌آوری اقتصادی پایین‌ترین (۷۶/۲) مقدار را دارند. این یافته نشان می‌دهد که منطقه با وجود سرمایه اجتماعی نسبتاً قابل قبول، از نظر انعطاف‌پذیری و تنوع اقتصادی در وضعیت شکننده‌ای قرار دارد.

ثالثاً، بین فناوری‌های نوین و تمامی ابعاد تاب‌آوری (اقتصادی، اجتماعی، زیست‌محیطی و نهادی) رابطه مثبت و معناداری وجود دارد. قوی‌ترین رابطه با تاب‌آوری اقتصادی ($r = ۷۳۴/۰$) و ضعیف‌ترین رابطه با تاب‌آوری زیست‌محیطی ($r = ۵۶۷/۰$) است.

رابعاً، نتایج رگرسیون گام به گام نشان داد که از میان پنج فناوری، سه فناوری لجستیک هوشمند($\beta=0.406$) ، هوش مصنوعی و کلان‌داده ($\beta=0.303$) و اینترنت اشیا ($\beta=0.205$) وارد مدل نهایی شدند و موفق شدند ۲/۵۷ درصد از واریانس تاب‌آوری منطقه‌ای را تبیین کنند. فناوری‌های بلاک‌چین و انرژی‌های تجدیدپذیر به دلیل سطح بسیار پایین کاربرد، سهم معناداری در مدل نداشتند.

پنجماً، بین گروه‌های مختلف تحصیلی از نظر نگرش به نقش فناوری‌های نوین تفاوت معناداری وجود دارد و افراد با تحصیلات دکتری نگرش مثبت‌تری دارند. بین گروه‌های مختلف جنسیت و سابقه خدمت تفاوت معناداری مشاهده نشد.

پیشنهادات نظری برای پژوهشگران آینده

بر اساس یافته‌ها و محدودیت‌های این پژوهش، پیشنهادات زیر به پژوهشگرانی که قصد ادامه کار در این حوزه را دارند، ارائه می‌شود:

پیشنهاد اول: توسعه مدل مفهومی با افزودن متغیرهای تعدیلگر و میانجی. در پژوهش حاضر، رابطه مستقیم بین فناوری‌های نوین و تاب‌آوری بررسی شد. پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های آتی، متغیرهایی مانند «سرمایه اجتماعی»، «کیفیت حکمرانی»، «سرمایه انسانی» و «فرهنگ سازمانی» به عنوان متغیرهای تعدیلگر یا میانجی وارد مدل شوند. به عنوان مثال، ممکن است تأثیر فناوری بر تاب‌آوری در مناطقی با سرمایه اجتماعی بالا، بسیار قوی‌تر از مناطقی با سرمایه اجتماعی پایین باشد. بررسی این اثرات تعاملی می‌تواند دانش نظری را به طور قابل توجهی افزایش دهد.

پیشنهاد دوم: انجام پژوهش تطبیقی بین مناطق آزاد مختلف ایران. پژوهش حاضر تنها بر روی منطقه آزاد ارس متمرکز بود. پیشنهاد می‌شود پژوهشی جامع با نمونه‌گیری از تمام مناطق آزاد ایران (کیش، قشم، چابهار، انزلی، ماکو و ارس) انجام شود تا امکان مقایسه بین مناطق فراهم آید. این پژوهش تطبیقی می‌تواند نشان دهد که آیا الگوی تأثیر فناوری‌های نوین بر تاب‌آوری در مناطق مختلف یکسان است یا تحت تأثیر ویژگی‌های محلی (مانند موقعیت جغرافیایی، نوع فعالیت‌های اقتصادی، و ساختار حکمرانی) تغییر می‌کند.

پیشنهاد سوم: استفاده از روش‌شناسی طولی .(Longitudinal) پژوهش حاضر مقطعی (Cross-sectional) بود و داده‌ها در یک مقطع زمانی جمع‌آوری شد. برای اثبات روابط علی (نه صرفاً همبستگی) و بررسی پویایی‌های تأثیر فناوری بر تاب‌آوری در

طول زمان (مثلاً قبل و بعد از پیاده‌سازی یک فناوری خاص)، پیشنهاد می‌شود پژوهش‌های آینده با روش طولی (طی ۳ تا ۵ سال) و در چند فاز انجام شود.

پیشنهاد چهارم: بررسی عمیق‌تر فناوری‌های بلاک‌چین و انرژی‌های تجدیدپذیر. از آنجا که در پژوهش حاضر این دو فناوری به دلیل سطح پایین کاربرد وارد مدل نشدند، پیشنهاد می‌شود پژوهشگران آتی به صورت تخصصی و با روش کیفی (مانند مطالعه موردی عمیق یا نظریه داده‌بنیاد) به بررسی موانع و راهکارهای پیاده‌سازی این دو فناوری در مناطق آزاد ایران بپردازند. به عنوان مثال، پژوهشی با عنوان «موانع پیاده‌سازی بلاک‌چین در فرآیندهای گمرکی منطقه آزاد ارس: یک مطالعه کیفی» می‌تواند بسیار ارزشمند باشد.

پیشنهاد پنجم: توسعه ابزار سنجش (پرسشنامه). پرسشنامه ۴۸ گویه‌ای این پژوهش در منطقه آزاد ارس روایی و پایایی مناسبی داشته است. پیشنهاد می‌شود پژوهشگران دیگر نیز از این ابزار در مناطق و زمینه‌های متفاوت استفاده کنند و نتایج روایی و پایایی را گزارش دهند تا امکان استانداردسازی این ابزار در سطح ملی فراهم شود.

پیشنهادات کاربردی برای مدیران و سیاست‌گذاران

بر اساس یافته‌های این پژوهش، پیشنهادات کاربردی زیر به مدیران سازمان منطقه آزاد ارس، سازمان مناطق آزاد کشور و سایر نهادهای تصمیم‌گیر ارائه می‌شود. این پیشنهادات بر اساس اولویت (تأثیر بالا و هزینه نسبتاً پایین) رتبه‌بندی شده‌اند.

الف) اولویت اول: سرمایه‌گذاری گسترده در لجستیک هوشمند

با توجه به اینکه لجستیک هوشمند بیشترین سهم را در پیش‌بینی تاب‌آوری داشت ($\beta=0.406$) و همچنین سطح فعلی آن نسبتاً قابل قبول است (۷۲/۳)، سرمایه‌گذاری در این حوزه بالاترین بازدهی را خواهد داشت. اقدامات پیشنهادی:

۱. ایجاد یک «سامانه یکپارچه ردیابی کالا» مبتنی بر فناوری RFID و بلاک‌چین (با وجود عدم ورود بلاک‌چین به مدل، پتانسیل آن بالاست) که مسیر حرکت هر کالا را از مبدأ تا مقصد به صورت لحظه‌ای نمایش دهد. این سامانه شفافیت را افزایش می‌دهد، زمان ترخیص کالا را کاهش می‌دهد و امکان پیش‌بینی تراکم و ازدحام را فراهم می‌کند.

۲. استفاده از الگوریتم‌های هوش مصنوعی برای «بهینه‌سازی مسیرهای حمل‌ونقل و زمان‌بندی محموله‌ها» که می‌تواند هزینه‌های سوخت را ۱۵ تا ۲۵ درصد کاهش دهد.

۳. راه‌اندازی «پایانه هوشمند کامیون‌ها» با استفاده از IoT و دوربین‌های تشخیص پلاک که فرآیند ورود و خروج کامیون‌ها را به صورت خودکار و بدون توقف انجام دهد. این اقدام زمان انتظار کامیون‌ها را از چند ساعت به چند دقیقه کاهش می‌دهد.

ب) اولویت دوم: تقویت زیرساخت‌های هوش مصنوعی و کلان‌داده

با توجه به سهم بالای این فناوری ($\beta=0.303$) و سطح فعلی متوسط آن (۲۴/۳)، اقدامات زیر پیشنهاد می‌شود:

۱. ایجاد «مرکز داده منطقه‌ای (Data Center) برای جمع‌آوری، ذخیره‌سازی و پردازش داده‌های حاصل از فعالیت‌های اقتصادی، گمرکی، ترافیکی و زیست‌محیطی منطقه. این داده‌ها به عنوان خوراک اصلی الگوریتم‌های هوش مصنوعی عمل خواهند کرد.

۲. طراحی و پیاده‌سازی «سامانه هشدار زودهنگام ریسک (Early Warning System) که با استفاده از مدل‌های پیش‌بینی کننده، ریسک‌های نرخ ارز، تحریم‌ها، کاهش تقاضا و بحران‌های طبیعی را هفته‌ها و ماه‌ها قبل پیش‌بینی کند و به مدیران هشدار دهد.

۳. آموزش مدیران ارشد و میانی در زمینه «تصمیم‌گیری مبتنی بر داده» و استخدام حداقل ۳ تا ۵ نفر متخصص داده کاوی و هوش مصنوعی در سازمان منطقه.

ج) اولویت سوم: توسعه اینترنت اشیا در زیرساخت‌های کلیدی

با توجه به سهم معنادار اینترنت اشیا (β=0.205) و سطح فعلی آن در مرز پایین‌تر از متوسط (۹۶/۲)، اقدامات زیر پیشنهاد می‌شود:

۱. نصب «حسگرهای IoT بر روی شبکه آبیاری و توزیع آب» منطقه (بخش کشاورزی و فضای سبز) که میزان رطوبت خاک، دما و میزان مصرف آب را به صورت لحظه‌ای پایش کرده و آبیاری هوشمند را انجام دهد. این اقدام می‌تواند مصرف آب کشاورزی را تا ۳۰ درصد کاهش دهد که در منطقه کم‌آب ارس حیاتی است.

۲. استقرار «سامانه پایش کیفیت هوا و آلاینده‌ها» با استفاده از ایستگاه‌های IoT در نقاط مختلف منطقه، به ویژه در مجاورت واحدهای صنعتی و معادن.

۳. پیاده‌سازی «پایلوت کشاورزی دقیق» در یکی از مزارع نمونه منطقه با استفاده از سنسورهای خاک، پهپادهای سمپاش و سامانه‌های آبیاری قطره‌ای هوشمند و در صورت موفقیت، تعمیم آن به سایر مزارع.

د) اولویت چهارم: برنامه عملی برای انرژی‌های تجدیدپذیر

اگرچه این فناوری در مدل فعلی وارد نشد، اما این به دلیل سطح بسیار پایین کاربرد است، نه عدم تأثیرگذاری ذاتی. با توجه به پتانسیل بالای انرژی خورشیدی در منطقه ارس، اقدامات زیر به عنوان یک برنامه میان‌مدت (۲ تا ۳ ساله) پیشنهاد می‌شود:

۱. احداث یک «نیروگاه خورشیدی ۵ مگاواتی» در زمین‌های بلااستفاده منطقه به صورت مشارکتی با سرمایه‌گذاران خصوصی (قرارداد خرید تضمینی برق). این نیروگاه می‌تواند ۳۰ درصد از برق مصرفی منطقه را تأمین کند.

۲. الزام تمام ساختمان‌های اداری جدید و انبارهای بزرگ به نصب حداقل ۲۰ کیلووات «پنل خورشیدی روی پشت بام» از طریق مصوبه شورای برنامه‌ریزی منطقه.

۳. ارائه «وام کم‌بهره و معافیت مالیاتی ۵ ساله» به واحدهای صنعتی و تولیدی که حداقل ۳۰ درصد از برق مصرفی خود را از انرژی خورشیدی تأمین کنند.

ه) اولویت پنجم: توانمندسازی نیروی انسانی و فرهنگ‌سازی

۱. راه‌اندازی «مرکز مهارت‌آموزی دیجیتال» در منطقه آزاد ارس با همکاری دانشگاه آزاد جلفا و دانشگاه تبریز. این مرکز دوره‌های کوتاه‌مدت (۴۰ تا ۸۰ ساعته) در زمینه هوش مصنوعی، تحلیل داده، IoT، بلاک‌چین و لجستیک هوشمند برگزار کند. هدف اولیه، آموزش ۵۰۰ نفر از کارکنان و فعالان اقتصادی منطقه در دو سال آینده است.

۲. برگزاری «رویدادهای استارتاپی و هکاتون» با موضوع فناوری‌های نوین در مناطق آزاد، با جوایز ارزنده برای ایده‌های برتر و حمایت از تجاری‌سازی آنها.

۳. ایجاد «صندوق پژوهش و فناوری منطقه آزاد ارس» با بودجه اولیه ۲۰ میلیارد ریال از محل درآمدهای منطقه، برای حمایت از طرح‌های پژوهشی کاربردی و پایان‌نامه‌های تحصیلات تکمیلی در حوزه فناوری و تاب‌آوری.

۱۰. محدودیت‌های پژوهش

هر پژوهش علمی با محدودیت‌هایی مواجه است که شناخت آنها به تفسیر صحیح یافته‌ها کمک می‌کند و راه را برای پژوهش‌های آینده هموار می‌سازد. محدودیت‌های پژوهش حاضر عبارتند از:

محدودیت اول: جامعه آماری محدود به یک منطقه. این پژوهش تنها بر روی منطقه آزاد ارس متمرکز شده است. بنابراین، تعمیم یافته‌ها به سایر مناطق آزاد ایران (کیش، قشم، چابهار، انزلی، ماکو) باید با احتیاط کامل انجام شود، زیرا هر منطقه آزاد دارای

ساختار اقتصادی، بافت اجتماعی، سطح توسعه زیرساخت‌ها و چالش‌های خاص خود است. پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های آینده با نمونه‌گیری از چندین منطقه، قابلیت تعمیم یافته‌ها افزایش یابد.

محدودیت دوم: روش مقطعی .(Cross-Sectional) داده‌های این پژوهش در یک مقطع زمانی (پاییز ۱۴۰۲) جمع‌آوری شده است. این روش برای شناسایی همبستگی‌ها مناسب است، اما برای اثبات روابط علی (سبب‌شناسی) کافی نیست. به عنوان مثال، ما نشان دادیم که بین فناوری‌های نوین و تاب‌آوری همبستگی وجود دارد، اما نمی‌توانیم با قاطعیت بگوییم که فناوری‌های نوین «علت» تاب‌آوری هستند یا برعکس (مناطق تاب‌آورتر بیشتر به سراغ فناوری می‌روند) یا اینکه یک متغیر سوم (مانند کیفیت مدیریت) هر دو را تحت تأثیر قرار می‌دهد. برای اثبات علیت، نیاز به پژوهش‌های طولی و شبه‌آزمایشی است.

محدودیت سوم: استفاده از ابزار خودگزارشی (پرسشنامه). داده‌های این پژوهش بر اساس ادراک و خودگزارشی پاسخ‌دهندگان جمع‌آوری شده است، نه بر اساس داده‌های عینی و ثبت‌شده (مانند آمار گمرک، ترازنامه شرکت‌ها، آمار مصرف انرژی). احتمال سوگیری پاسخ‌دهندگان (مانند بزرگ‌نمایی یا کوچک‌نمایی وضعیت، تحت تأثیر قرار گرفتن از فضای روانی حاکم، یا تمایل به نشان دادن وضعیت بهتر از واقع) وجود دارد. برای کاهش این محدودیت، تلاش شد تا پرسشنامه ناشناس باشد و تأکید شود که پاسخ‌دهندگان راستگو باشند، اما نمی‌توان این سوگیری را به طور کامل حذف کرد. پیشنهاد می‌شود پژوهش‌های آتی از ترکیب داده‌های عینی (ثانویه) و داده‌های ادراکی استفاده کنند.

محدودیت چهارم: عدم پوشش همه فناوری‌های نوین. در این پژوهش، پنج فناوری هوش مصنوعی، IoT، بلاک‌چین، انرژی‌های تجدیدپذیر و لجستیک هوشمند بررسی شدند. فناوری‌های مهم دیگری مانند رباتیک، چاپ سه‌بعدی، واقعیت مجازی (VR) و واقعیت افزوده(AR) ، نانوتکنولوژی، و زیست‌فناوری در این پژوهش پوشش داده نشدند. ممکن است برخی از این فناوری‌ها نیز نقش مهمی در تاب‌آوری منطقه آزاد ارس داشته باشند. پیشنهاد می‌شود پژوهش‌های آتی دامنه فناوری‌های مورد بررسی را گسترش دهند.

محدودیت پنجم: تفاوت در آشنایی پاسخ‌دهندگان با فناوری‌های مختلف. احتمال دارد که برخی از پاسخ‌دهندگان (به ویژه در بخش کشاورزی سنتی یا کسب‌وکارهای کوچک) آشنایی کافی با مفاهیمی مانند بلاک‌چین و هوش مصنوعی نداشته باشند و به همین دلیل به سؤالات مرتبط با این فناوری‌ها پاسخ‌های «نظری» یا «اطلاع ندارم» داده باشند. اگرچه پرسشنامه شامل گزینه «نظری ندارم» نبود (برای اجبار به انتخاب موضع)، اما این ناآشنایی می‌تواند بر کیفیت داده‌ها تأثیر گذاشته باشد. در پژوهش‌های آتی، پیشنهاد می‌شود قبل از توزیع پرسشنامه، یک صفحه کوتاه (یک پاراگراف) با تعریف و مثال از هر فناوری در اختیار پاسخ‌دهندگان قرار گیرد.

References

Aldrich, D. P., & Meyer, M. A. (2015). Social capital and community resilience. *American Behavioral Scientist, 59*(2), 254-269.

Bristow, G., & Healy, A. (2023). Regional resilience and technological shocks: Evidence from European regions. *Journal of Economic Geography, 23*(2), 245-271.

Chen, L., Wang, Y., & Li, X. (2021). Artificial intelligence and regional resilience: Evidence from Chinese special economic zones. *Technological Forecasting and Social Change, 164*, Article 120483.

Christopherson, S., Michie, J., & Tyler, P. (2022). Regional resilience: Theoretical and empirical perspectives. *Cambridge Journal of Regions, Economy and Society, 15*(1), 1-19.

Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.). Lawrence Erlbaum Associates.

Creswell, J. W. (2014). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (4th ed.). Sage Publications.

Doran, J., & Fingleton, B. (2022). Productivity and resilience in free zones: A panel data analysis. *Regional Studies, 56*(3), 412-428.

Farole, T., & Akinci, G. (2022). *Special economic zones: Progress, emerging challenges, and future directions*. World Bank Publications.

Folke, C. (2006). Resilience: The emergence of a perspective for social–ecological systems analyses. *Global Environmental Change, 16*(3), 253-267.

Gong, H., Zhang, L., & Liu, Y. (2024). Artificial intelligence, IoT, and regional resilience: A comprehensive study of Chinese urban regions. *Technological Forecasting and Social Change, 198*, Article 123015.

Holling, C. S. (1973). Resilience and stability of ecological systems. *Annual Review of Ecology and Systematics, 4*(1), 1-23.

Holling, C. S. (2001). Understanding the complexity of economic, ecological, and social systems. *Ecosystems, 4*(5), 390-405.

Lawshe, C. H. (1975). A quantitative approach to content validity. *Personnel Psychology, 28*(4), 563-575.

Li, Z., Al-Hashimi, M., & Wang, Q. (2023). Blockchain adoption and institutional resilience in UAE free zones. *Journal of International Business Policy, 6*(2), 178-195.

Martin, R. (2012). Regional economic resilience, hysteresis and recessionary shocks. *Journal of Economic Geography, 12*(1), 1-32.

Nunnally, J. C., & Bernstein, I. H. (1994). *Psychometric theory* (3rd ed.). McGraw-Hill.

Polit, D. F., & Beck, C. T. (2006). The content validity index: Are you sure you know what's being reported? Critique and recommendations. *Research in Nursing & Health, 29*(5), 489-497.

UN-Habitat. (2017). *Urban Resilience Toolkit*. United Nations Human Settlements Programme.

Walker, B., Holling, C. S., Carpenter, S. R., & Kinzig, A. (2004). Resilience, adaptability and transformability in social–ecological systems. *Ecology and Society, 9*(2), 5.

Wang, X., Li, J., & Zhang, Y. (2023). Renewable energy investment and environmental resilience in Chinese free trade zones. *Energy Policy, 172*, Article 113321.

Delavar, A. (2021). *Theoretical and practical foundations of research in humanities and social sciences* (6th ed.). Tehran: Rashed Publications. [in Persian]

Hosseini, M., & Rezaei, A. (2022). The impact of the Internet of Things on productivity in free zones (Case study: Anzali Free Zone). *Journal of Information Technology Management, 14*(1), 123-145. [in Persian]

Mohammadpour, A., & Karimi, J. (2020). Factors affecting economic resilience of free zones in Iran. *Quarterly Journal of Regional Economic Research, 7*(2), 89-110. [in Persian]

Tabesh, S., Mohammadi, F., & Ahmadi, N. (2021). Applications of blockchain technology in e-governance and reducing administrative corruption. *Bi-Monthly Journal of Security and Technology, 8*(2), 55-78. [in Persian]

Zarei, M., Karimi, A. R., & Naderi, S. (2021). The role of modern technologies in the development of border regions of Iran. *Journal of Regional Studies, 12*(3), 45-62. [in Persian]