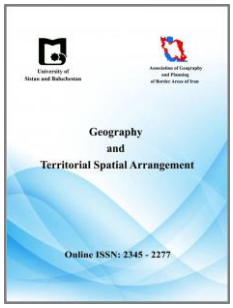
# Measuring Spatial Inequality of Infrastructure Development in Ardabil Province

**Sahar Hassanpour**
PhD Student in Geography and Urban Planning, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
**Mohamad Hasan Yazdani***
Full Professor of Geography and Urban Planning, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

Hassanpour, S & Yazdani, M.H. (2021). **[**Measuring Spatial Inequality of Infrastructure Development in Ardabil Province**]**. Geography and Territorial Spatial Arrangement, 11 (40), 29-56.
doi http://dx.doi.org/ 10.22111/GAIJ.2021.6414

**Received:**12/11/2020
**Accepted:**13/06/2021




**Keywords:**
Spatial Analysis, Unequal Development, Infrastructure, Bull's Eye Model, Ardabil Province.

## ABSTRACT

It is believed that equipping a country or region with adequate and appropriate infrastructure is an important factor for sustaining economic growth, attracting foreign investment, and expanding trade. However, several studies have shown that access to infrastructure facilities in the counties of ardabil province are unequal and there is insufficient infrastructure to exploit the potential of this province for economic growth. With awareness of the lack of a comprehensive study on the infrastructures of ardabil province, this study aimed to analyze the spatial inequality of infrastructure development in ardabil province. Purpose of research is applied, its approach is descriptive-analytical-comparative, and the data collection method is document-libraries. For this purpose, 100 infrastructure indicators were used, which were classified into six groups of transport and communications infrastructure, social-welfare, water and energy, agriculture, financial and green areas. To analyze these indices, the bull's eye model was used in the form of three parameters gray numbers, and their weight was calculated by preference selection index (psi) method. The calculations of this model showed that in positive (0.486) and relative bull's eye (0.522), moghan county and in comprehensive bull's eye (0.488), ardabil county are in the first place. Parsabad county was considered as the most deprived county with scores of 0.57, 0.19 and 5.776 in all three responses. Comprehensive bull's eye calculation by infrastructure groups showed that bilesavar county in transport and communication infrastructure, parsabad county in social-welfare infrastructure, neer county in energy infrastructure, khalkhal county in agricultural infrastructure, khalkhal and moghan county in financial infrastructure and ardabil in green infrastructure are severely lacking. Due to the great impact of health infrastructure on the gdp of the province, the priority of economic policy and public investment was given to health infrastructure. The result is that there is inequality in the distribution of infrastructure facilities in ardabil province, and for proper planning to address these shortcomings requires further studies to increase gdp, income convergence, and economic growth.

Copyright©2021, Geography and Territorial Spatial Arrangement. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution- noncommercial 4.0 International License which permits copy and redistribute the material just in noncommercial usages, provided the original work is properly cited.

## Extended Abstract

### 1- Introduction

Infrastructure is the arteries that determine the survival of societies in today's world. These arteries are used to produce and distribute goods and services in settlements, and the possibility of living in cities and villages also depends on the quality and quantity of function of these arteries; these include water supply, sewerage, solid waste management, storm water drains, urban roads, urban transport, traffic support infrastructure, street lighting, railways, bridges, tunnels, electrical grids, and telecommunications are the foundations of economic and social activity, which are the foundations of economic and social activity. Infrastructures provide the end-users with materials, energy and information and they have broad and long-term impacts on sustainable development of the area. Despite broad consensus on the vital role of Infrastructure, there is

***Corresponding Author:** Mohamad Hasan Yazdani
**E-mail:** yazdani@uma.ac.ir

no comprehensive and comparable measure available which encompasses all relevant components of economic infrastructure and is, at the same time, available for a large number of developing and developed countries and over a sufficiently long period of time. However, in this study, an attempt has been made to evaluate the various components of infrastructure in ardabil province by studying various sources. Infrastructure problems in ardabil province, including inequality in the distribution of foundation transportation and communication infrastructure (communication network, ict, internet), road network, capital and facilities, deterioration of energy distribution infrastructures, mismatch of production-demand position with quantitative and qualitative distribution of transportation infrastructure (supply factor), and the centralization of infrastructure development in the central and southern regions of the province. Therefore, this study was conducted with the aim of analyzing the spatial inequality of infrastructures development in the counties of ardabil province. The research guide question is what is the status of the counties of ardabil province in terms of infrastructure development? The answer to this question can provide a relatively comprehensive view of the current status of infrastructure facilities in ardabil province and help authorities to adopt better policies.

**2- Study area**

Ardabil province with an area of 17867 square kilometers (1.1% of the country's area) is located in northwestern iran. Its average height above sea level is more than 1400 meters._According to the latest administrative divisions, it has 10 counties, 29 districts, 26 cities, 71 rural districts and 1859 villages, and according to the 2016 census, its population was 1270420 people and 377423 households, of which 866034 people and households (68% of the population and households) lived in cities and 404236 people and 12048 households (32% of the population and households) lived in villages; also, the population density of the province in 2016 is estimated to be 71.4 people per square kilometer.

**3- Material and Methods**

This research is applied in terms of purpose and descriptive-analytical in terms of method. The required data and information have been collected through libraries and documents. To achieve the research goal, six infrastructure groups were considered: (1) transport and communications infrastructure (including road infrastructure, passenger terminals, transport cooperatives, telephone lines, government service office, post offices, and mailboxes), (2) social-welfare (including sewerage network, health facilities, pharmacy, medical and nuclear laboratories, rehabilitation centers, cinema and theater, children's and adolescents' intellectual center, libraries, fire department, waste recycling, public toilets, educational services), (3) water and energy (including fuel sales station, gas transmission lines, aqueducts, water treatment plants, water supply lines, power transmission lines), (4) agriculture (including agricultural cooperatives, veterinary pharmacy, livestock inoculation centers, livestock health services and laboratories), (5) financial (including banks and financial centers) and (6) green areas (including parks and green spaces), which include a total of 100 indicators. In order to analyze these indicators, the bull’s eye - bull’s eye method in the form of a three-parameter gray number system was used. To determine the external weight, the "preference selection index" method was used, to determine the final rank, the "borda" method was used, in order to evaluate the spatial distribution of infrastructure facilities, the coefficient of variation (cv) method was used, and also, regression analysis in spss software was used to evaluate the impact of infrastructure on the ardabil province's gdp.

**4- Result and Discussion**

The bull’s eye method is a multi-criteria decision method with three positive, relative and comprehensive answers. Calculations of this method show that in positive and relative bull’s eye, moghan county is the most developed county of ardabil province; however, a comprehensive bull’s eye announces the further development of ardabil county. Parsabad county was identified as the most underdeveloped county ardabil province in all three positive, relative and comprehensive answers. The result of combining the ranks with borda method shows the superiority of garmi (moghan) county over other counties of ardabil. Ardabil county was ranked second in terms of infrastructure development, which could be due to the increase in the population of this county and the decrease in the responsiveness of the infrastructure of this county. The result of the bull’s eye ranking of the counties of ardabil province in terms of infrastructure facilities is as follows: parsabad $\prec$ sarein $\prec$ bileshavar $\prec$ namin $\prec$ neer $\prec$ kowsar $\prec$ khalkhal $\prec$ meshginshahr $\prec$ ardabil $\prec$ moghan. Also, calculations show that most counties in ardabil province are not very different from each other in terms of infrastructure, but parsabad county is very different from other counties. From the amount of positive-comprehensive bull’s eye, it can be seen that in the transportation and communication infrastructure, namin county; in social-welfare

infrastructure, moghan county; in water and energy infrastructure, ardabil county; in agricultural infrastructure, meshginshahr county; in financial infrastructure, ardabil county and in green areas infrastructure, kowsar county is more developed. Also, counties of bileshavar in transportation and communications infrastructure; parsabad in social-welfare infrastructure; neer and namin in energy infrastructure; khalkhal in agricultural infrastructure; khalkhal and moghan in financial infrastructure and ardabil in urban green areas infrastructure are less developed than other counties. The leveling of financial infrastructure indicates that ardabil county as the political center of the province with the concentration of bank and capital units is the most developed county and moghan and khalkhal are the most deprived counties in the ardabil province. In urban green infrastructure, ardabil county, despite being a compact city with a predominantly apartment dwelling and increasing population, has the most unfavorable status, which has also reduced the responsiveness of the transport infrastructure. Coefficient of variation of transportation and communication infrastructure, 0.599; social-welfare infrastructure, 1.195; water and energy infrastructure, 0.173; agricultural infrastructure, 0.388; financial infrastructure, 0.133 and green area infrastructure is calculated as 1.574, which indicates a severe imbalance in the distribution of green area infrastructure and then social-welfare infrastructure among the counties of ardabil province. Financial infrastructure has a relatively better distribution. The calculation of the coefficient of variation for the research indicators showed a difference between 0.039 (index of villages with telephones) to 2.408 (index of veterinary laboratory). Among them, the indicators of veterinary laboratory, post office, rehabilitation centers, nuclear diagnostic institutes, cinema and its capacity, super gas station, industrial water sales, commercial electricity subscribers and financial cooperatives were more unbalanced than other indicators. This difference in levels of development has also been confirmed on an international scale (by donaubauer et al., 2014 for the world), national (tripathi, 2017 for india) and regional (by taherpour et al., 2016 for east azerbaijan province). Beta values in regression analysis, to investigation the impact of infrastructure development on the gdp of ardabil province during 10 years from 2006 to 2016, show that per unit of change in the development of health and energy infrastructure, 0.999 and 0.995, respectively, are added to the gdp of the province. In china, zhao and kanamori (2007) considered the impact of electricity, telecommunications and transportation infrastructure on gdp. In pakistan, mehmood alam et al. (2020) confirmed transport infrastructure; and in an international study, rasmussen et al. (2021) endorsed ecological infrastructure for gdp growth and economic growth. Therefore, it can be said that depending on economic conditions and time periods and different countries, the impact of infrastructure on economic growth will be different.

**5- Conclusion**

This article examined the inequality of development of infrastructure facilities in ardabil province and evaluated the causal relationship between infrastructure development and economic growth during 10 years from 2006 to 2016. The results of this study provide valuable insights into infrastructure development and solutions to increase economic growth in ardabil province; because no studies have been done in this case for ardabil province. The results of comprehensive bull's eye calculations show that the development and distribution of infrastructures in ardabil province is heterogeneous; as ardabil county (0.488) is about 12 times more developed than parsabad county (5.776) .the reason for this gap lies in the lack of transportation and communication infrastructures and especially social-welfare infrastructures pars abad county. In summary, there is a difference between the counties of ardabil province in terms of infrastructure development and health and energy infrastructures have played an important role in the economic development of the province; therefore, it is suggested that the authorities put the policy of decentralization and public-private partnership on their agenda to eliminate these differences. Develop more health and energy infrastructure in all sectors such as housing, industry, services, agriculture and trade. In the literature, the indirect impact of health infrastructure on economic growth has been confirmed and if health infrastructure projects are progressed, significant positive results can be achieved for ardabil province. It is necessary to introduce a suitable policy for the development of these infrastructures and to provide a suitable model to create the desired coverage of their services.

**Keywords**: spatial analysis, unequal development, infrastructure, bull's eye model, ardabil province.

**6- References (Persian)**

Al-Hashimi, Aida; Mansoori, Seyed Amir; Barati, Nasser. (1395). Urban infrastructure and the need to change the view in its definition and planning, the infrastructure of a new conceptual landscape in the definition of urban infrastructure of the twenty-first century, Bagh-e Nazar Magazine, Volume 13, Number 43, pp. 16-5.

http://www.bagh-sj.com/article_41070.html

Statistics, Timur; Khodadad, Mehdi; Muammari, Ibrahim. (1397). Assessing the spatial distribution of sustainable development components among the cities of Ilam province using VIKOR-SAW technique, Regional Planning Quarterly, Eighth Year, No. 29, pp. 78-65.

http://jzpm.miau.ac.ir/article_2775.html

Ismailzadeh, Hassan; Safarkhani, Rezvan; Ismailzadeh, Yaqub. (1396). Analysis of the levels of enjoyment and ranking of the cities of Hamadan province using TOPSIS and COPRAS multi-criteria models, Regional Planning Quarterly, Year 7, Issue 25, pp. 15-28.

http://jzpm.miau.ac.ir/article_2237.html

Rezaei Noor, Jalal; Ghazanfari Nasrabad, Mehdi; Droudy, Ali. (1395). Development of the Bulzai-Bullzai Method for Multi-Criteria Decision Making with Gray Numbers for the Selection of Equipment Supplier (Case Study: Selection and Purchase of Hospital Equipment), Industrial Management Quarterly, Volume 8, Number 4, pp. 624-601.

https://imj.ut.ac.ir/article_62697.html

Statistical yearbook of Ardabil province (2006, 2011, 2016). Publications of the country's program and budget organization.

https://ardabilmpo.ir/index.aspx?pageid=387&pageid=387

Soltani, Ali; Mousavi, Seyed Reza; Zali, Nader. (1396). Risk Analysis and Assessment of Regional Infrastructure from the Perspective of Passive Defense (Case Study: South Pars Industrial Zone), Regional Planning Quarterly, Year 7, No. 25, pp. 96-83.

http://jzpm.miau.ac.ir/article_2252.html

Taherpour, Fatemeh; Waezi, Musa; Date, Abel; Akbari, Majid. (1399). Evaluation of East Azarbaijan Province Cities in terms of Infrastructure Indicators Using Gray Relationship Analysis, Regional Planning Quarterly, Year 10, Issue 38, pp. 50-33.

http://jzpm.miau.ac.ir/article_3990.html

Land management plan of Ardabil province. (1397). Chapter Five: Summarizing and Concluding the Current Situation Studies, Ardabil Management and Planning Organization.

https://ardabilmpo.ir/index.aspx?siteid=1&fkeyid=&siteid=1&pageid=1317

Statistical Center of Iran. (1395). Population by age, sex and type of household (Ardabil), data and statistical information.

https://ssis.sci.org.ir/%D8%AC%D9%85%D8%B9%DB%8C%D8%AA-%D8%A7%D8%B1%D8%AF%D8%A8%_DB%_8C%D9% 84

Mirzakhani, Bahareh; Brandak, Farhad. (1393). Leveling the Development of Cities in Ardabil Province, Quarterly Journal of Geography and Environmental Studies, Third Year, No. 11, pp. 90-79.

http://ges.iaun.ac.ir/article_556027.html

Yazdani, Mohammad Hassan; Siddin, Afshar; Tribe of Jesus Khajehlu, Messenger. (1394). Assessing and Analyzing the Levels of Infrastructure Development in Rural Areas of Ardabil Province, Quarterly Journal of Space Economics and Rural Development, Fourth Year, Consecutive Issue 13, pp. 56-39.

https://serd.khu.ac.ir/article-1-2568-fa.html

**7- References (English)**

Agénor, P. R. (2010). A theory of infrastructure-led development. Journal of Economic Dynamics and Control, 34(5), 932-950.

https://econpapers.repec.org/paper/mancgbcrp/83.htm

Ahuja, Vanita (2014). Urbanization and Urban Infrastructure Management, International Symposium on the Advancement of Construction Management and Real Estate (CRIOCM), 11 pages.

https://www.researchgate.net/publication/270157007_Urbanization_and_Urban_Infrastructure_Management_-_Indian_Scenario

Bogart, Dan (2020). Infrastructure and institutions: lessons from history, Journal of Regional Science and Urban Economics, REGEC 103626.

https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0166046220303112?dgcid=rss_sd_all

Demurger, Sylvie (2001). Infrastructure Development and Economic Growth: An Explanation for Regional Disparities in China?, Journal of Comparative Economics, No 29, pp 95-117.

https://www.researchgate.net/publication/222298076_Infrastructure_Development_and_Economic_Growth_An_Explanation_for_Regional_Disparities_in_China

Donaubauer, Julian. Meyer, Birgit. Nunnenkamp, Peter (2014). A New Global Index of Infrastructure: Construction, Rankings and Applications, Kiel Working Paper 1929, Kiel Institute for the World Economy, Germany.

https://www.semanticscholar.org/paper/A-New-Global-Index-of-Infrastructure%3A-Construction%2C-Donaubauer-Meyer/47208c02f57f31422b04cd793f97ae711b5ab3be

https://www.cbi.ir/simplelist/4507.aspx.

Dang, Luo; Wang, Xia (2012). The multi-attribute grey target decision method for attribute value within three-parameter interval grey number, Applied Mathematical Modelling, No 36, pp 1957-1963.

https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0307904X11004720

Mehmood Alam, Khalid. Baig, Saranjam. Li, Xuemei. Ghanem, Osman. Hanif, Salman (2020). Causality between transportation infrastructure and economic development in Pakistan: An ARDL analysis, Journal of Research in Transportation Economics, Available online, 12 pages.

https://www.researchgate.net/publication/345241327_Causality_between_transportation_infrastructure_and_economic_development_in_Pakistan_An_ARDL_analysis

Ojo, Adegbola. Papachristodoulou, Nikolaos. Ibeh, Samuel (2018). The Development of an Infrastructure Quality Index for Nigerian Metropolitan Areas Using Multivariate Geo-Statistical Data Fusion, journal of urban scince, Vol 2, pp 2-19.

https://www.mdpi.com/2413-8851/2/3/59

Rasmussen, Laura Vang. Fold, Niels. Olesen, Rasmus Skov. Shackleton, Sheona (2021). Socio-economic outcomes of ecological infrastructure investments, Journal of Ecosystem Services, No 47, pp 1-8.

https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212041620301844

Satish, P (2007). Rural Infrastructure and Growth: An Overview, Indian journal of agriculture economics, Vol 62, No 1, pp 32-51.

https://www.semanticscholar.org/paper/Rural-Infrastructure-and-Growth%3A-An-Overview-Satish/2a555a05be88e70bdc7a65714066d14816ff03b9

Schmucker, Robin (2018). Regional Infrastructure Investment Plans: Potential for Advancing Sustainable Development?, Published by the Heinrich Böll Foundation North America, Washington DC, 36 pages.

https://us.boell.org/index.php/en/2018/03/06/regional-infrastructure-investment-plans-potential-advancing-sustainable-development

Sijanec Zavrl, Marjana and Tanac Zeren, Mine (2010). Sustainability of Urban Infrastructures, Journal of Sustainability, No 2, pp 2950-2964.

https://www.mdpi.com/2071-1050/2/9/2950

Skayannis, Pantoleon. Markatou, Maria (2005). Physical Infrastructure and Competitiveness: theory and praxis, examples from the telecommunications sector, 8th International Conference on Technology Policy and Innovation, 14 pages.

https://www.academia.edu/11785240/PHYSICAL_INFRASTRUCTURE_AND_COMPETITIVENESS_THEORY_AND_PRAXIS_EXAMPLES_FROM_THE_TELECOMMUNICATIONS_SECTOR

Soyinka, Oluwole. Siu, Kin Wai Michael. Lawanson, Taibat. Adeniji, Olufemi (2016). Assessing smart infrastructure for sustainable urban development in the Lagos metropolis, Journal of Urban Management, No 5, pp 52-64.

https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2226585616300292

Tripathi, Sabyasachi (2017). Relationship between Infrastructure and Population Agglomeration in Urban India: An Empirical Assessment. ADBI Working Paper 731. Tokyo: Asian Development Bank Institute.

https://www.adb.org/publications/relationship-between-infrastructure-population-agglomeration-india

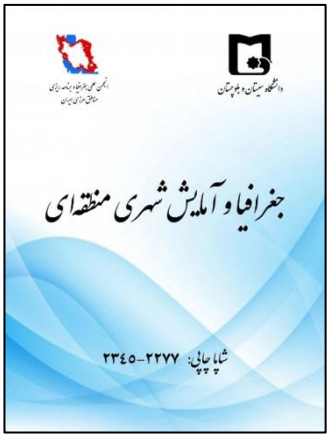
Zhao, Zhijun. Kanamori, Toshiki (2007). Infrastructure and Regional Development in the People's Republic of China, Tokyo: Asian Development Bank Institute, 48 pages.

https://www.adb.org/publications/infrastructure-and-regional-development-peoples-republic-china

# سنجش نابرابری فضایی توسعه‌یافتگی زیرساختی در استان اردبیل

**سحر حسن‌پور** (دانشجوی دکترا جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران)
**محمدحسن یزدانی** * (استاد جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران)

مقاله پژوهشی
تاریخ دریافت: ۲۲ آبان ۱۳۹۹
تاریخ پذیرش: ۲۳ خرداد ۱۴۰۰
صفحات:۵۶-۲۹




کلید واژه‌ها:
تحلیل فضایی، توسعهٔ نابرابر، زیرساخت‌ها، مدل بولزای، استان اردبیل.

## چکیده

اعتقاد بر این است که تجهیز یک کشور یا منطقه به زیرساخت‌های کافی و مناسب، یک عامل مهم برای تداوم رشد اقتصادی، جذب سرمایه‌گذاری خارجی و گسترش تجارت است. باوجوداین، نتایج چند پژوهش حاکی از این است که دسترسی به امکاناتِ زیرساختی در شهرستان‌های استان اردبیل نابرابر بوده‌است و زیرساخت‌های کافی برای بهره‌برداری از توان‌های بالقوهٔ طبیعی این استان درجهت رشد اقتصادی وجود ندارد. با آگاهی از نبود مطالعه‌ای جامع در مورد زیرساخت‌های استان اردبیل، پژوهش حاضر با هدف تحلیل نابرابری فضایی توسعه‌یافتگی زیرساخت‌ها در استان اردبیل انجام شده است. هدفِ پژوهش، کاربردی؛ رویکرد آن، توصیفی- تحلیلی و شیوهٔ گردآوردی داده‌ها، کتابخانه‌ای- اسنادی بوده است. برای نیل به این هدف، ۱۰۰ شاخص زیرساختی به‌کار برده شد که در شش گروهِ زیرساخت‌های حمل‌ونقل و ارتباطات، اجتماعی- رفاهی، آب و انرژی، کشاورزی، مالی و مناطق سبز دسته‌بندی شدند. برای تجزیه‌وتحلیل این شاخص‌ها از مدل بولزای در قالب اعداد خاکستری سه پارامتره استفاده شد که وزن آن‌ها با روش انتخاب ارجحیت (PSI) محاسبه شد. محاسبات این مدل نشان داد که در بولزای مثبت (۰/۴۸۶) و نسبی (۰/۵۲۲)، شهرستان مغان و در بولزای جامع (۰/۴۸۸)، شهرستان اردبیل در جایگاه اول قرار دارند. شهرستان پارس‌آباد در هر سه جواب با امتیازهای ۰/۵۷، ۰/۱۹ و ۵/۷۷۶ به‌عنوان محروم‌ترین شهرستان‌ها شناخته شد. محاسبهٔ بولزای جامع به تفکیک گروه‌های زیرساختی نشان داد که شهرستان «بیله‌سوار» در زیرساخت حمل‌ونقل و ارتباطات، شهرستان «پارس‌آباد» در زیرساخت اجتماعی- رفاهی، شهرستان «نیر» در زیرساخت انرژی، شهرستان »خلخال» در زیرساخت کشاورزی، شهرستان‌های «خلخال و مغان» در زیرساخت مالی و شهرستان «اردبیل» در زیرساخت سبز دچار کمبود شدیدی هستند. با توجه به تأثیر زیاد زیرساخت‌های سلامت بر توسعهٔ ناخالص داخلی استان، اولویت سیاست اقتصادی و سرمایه‌گذاری عمومی، به زیرساخت‌های بهداشت و درمان داده شد. نتیجه این است که در استان اردبیل در توزیع امکانات زیرساختی، نابرابری وجود دارد و برنامه‌ریزی درست برای رفع این کاستی‌ها به مطالعاتی فراتر از پژوهش حاضر درجهت افزایش تولید ناخالص داخلی، همگرایی درآمد و رشد اقتصادی نیاز دارد.

* نویسنده مسئول: دکتر محمدحسن یزدانی
پست الکترونیک: yazdani@uma.ac.ir

**مقدمه**

زیرساخت‌ها، شاهرگ‌های تعیین‌کنندهٔ بقای جوامع در دنیای امروز هستند. این شریان‌ها برای تولید و توزیع کالاها و خدمات در سکونتگاه‌ها به‌کار می‌روند و امکان زندگی در شهرها و روستاها نیز بستگی به کیفیت و کمیت کارکرد این شریان‌ها دارد (سلطانی و همکاران، ۱۳۹۶: ۸۴)؛ ازجملهٔ آن‌ها می‌توان از خطوط آب‌رسانی، شبکهٔ فاضلاب، مدیریت زباله‌های جامد، زهکشی سیلاب، جاده‌ها، زیرساخت‌های حمایت از ترافیک، روشنایی خیابان (Ahuja, 2014: 2)، خطوط راه‌آهن، پل‌ها، تونل‌ها، خطوط برق و ارتباطاتِ از راه دور نام برد که پایه و اساس فعالیت‌های اقتصادی و اجتماعی هستند (Bogart, 2020: 2). زیرساخت‌ها مواد، انرژی و اطلاعات را برای کاربران نهایی فراهم می‌سازند و می‌توانند اثراتِ بلندمدت و گسترده‌ای بر توسعهٔ پایدار منطقه بگذارند (Sijanec & Tanac, 2010: 2951).

توسعهٔ پایدار و متوازن فضاهای جغرافیایی، نیازمند بررسی دقیق و همه‌جانبهٔ مسائل اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی و شناخت بهتر نیازهای جامعه و بهبود آن‌هاست (طاهرپور و همکاران، ۱۳۹۹: ۳۴). برنامه‌ریزی فضایی/ منطقه‌ای به‌دلیل ساماندهی و تعادل‌بخشی در ارائهٔ انواع خدمات اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی، زیرساختی و کالبدی گام بسیار مؤثری در افزایش برخورداری مناطق به‌شمار می‌رود. عدم‌شناسایی کامل این نابرابری‌ها و تفاوت‌ها از یک برنامه‌ریزی دقیق ممانعت می‌کند؛ به‌همین‌دلیل، عدم‌تعادل‌های منطقه‌ای همواره به‌عنوان یک موضوع مهم و اساسی مورد توجه دولت‌ها و پژوهشگران قرار دارد (آمار و همکاران، ۱۳۹۷: ۶۶). برای دست‌یابی به چنین توسعه‌ای، اولین گام شناخت وضع موجود مناطق با استفاده از مدل‌ها و شاخص‌های مناسب است (اسماعیل‌زاده و همکاران، ۱۳۹۶: ۱۶).

با وجود اتفاق‌نظر گسترده در مورد نقش حیاتی زیرساخت‌ها، هنوز هیچ مجموع معیار جامع و قابل‌مقایسه‌ای در دسترس نیست که تمام مؤلفه‌های مرتبط با زیرساخت‌ها را در بر بگیرد و در عین حال، برای تعداد زیادی از کشورهای درحال‌توسعه و توسعه‌یافته و در یک دوره به اندازه کافی بلندمدت موجود باشد (Donaubauer et al, 2014: 2)؛ باوجوداین، در پژوهش حاضر سعی شده‌است تا با مطالعهٔ منابع گوناگون، تا حد امکان مؤلفه‌های مختلف زیرساختی در استان اردبیل مورد ارزیابی قرار گیرند.

در استان اردبیل بین توزیع زیرساخت‌های پایهٔ حمل‌ونقل و ارتباطات در منطقهٔ جنوبی استان نسبت‌به سایر مناطق در حوزهٔ شبکهٔ ارتباطی، ICT، ضریب نفوذ اینترنت و بین موقعیت‌های اصلی تولید- عامل تقاضا (دشت مغان، اردبیل، مشگین شهر و خلخال) با توزیع کمّی و کیفی زیرساخت‌های حمل‌ونقل (عامل عرضه) عدم‌توازن وجود دارد. از طرفی بررسی نسبتِ طول راه (کیلومتر) شهرستان‌های استان اردبیل به جمعیت شهرستانی نشان‌دهندهٔ عدم‌توازن در شبکهٔ راه‌های استان است. همچنین دلیل کارایی و بهره‌وری پایین انرژی سوخت و برق، فرسودگی زیرساخت‌های توزیع انرژی است (طرح آمایش سرزمین استان اردبیل، ۱۳۹۷: ۱۷۴-۱۷۳). مطالعات دیگری نشان می‌دهند که در شهرستان‌های استان اردبیل، سرمایه‌ها و امکانات از توزیع جغرافیایی متعادلی برخوردار نیستند و توسعه در مناطق مرکزی استان و سپس مناطق جنوبی ثقلیت یافته است (میرزاخانی و برندک، ۱۳۹۳: ۸۷)؛ حتی اختلاف نسبتاً زیادی میان دهستان‌های این استان در شاخص‌های زیربنایی وجود دارد (یزدانی و همکاران، ۱۳۹۴: ۸۷).

باوجوداین، هنوز جای یک بررسی جامع از شاخص‌های زیرساختی در استان اردبیل خالی است؛ به‌همین‌دلیل، پژوهش حاضر با هدف تحلیل نابرابری فضایی

توسعه‌یافتگی زیرساخت‌ها در سطح شهرستان‌های استان اردبیل انجام شده است. سؤال راهنمای پژوهش این است که وضعیت شهرستان‌های استان اردبیل ازلحاظ توسعه‌یافتگی زیرساخت‌ها چگونه است؟ پاسخ به این سؤال می‌تواند دیدی نسبتاً جامع از وضع موجودِ امکانات زیرساختی استان اردبیل به دست دهد و به مسئولان در اخذ سیاست‌های بهتر کمک کند.

## مبانی نظری

منظور از زیرساخت، مجموعه‌ای از سیستم‌ها، فعالیت‌های شکل‌دهنده به جوامع و اقتصادهای مدرن است و معمولاً برای نامیدن هر منبع و شبکهٔ انسان‌ساختِ مهم و در مقیاس کلان به‌کار می‌رود (آل‌هاشمی و همکاران، ۱۳۹۵: ۷). به‌طور کلی، زیرساخت‌ها به‌عنوان سرمایه‌گذاری نسبتاً دائمی و بنیادی یک کشور تعریف شده‌اند که موجب تسهیل فعالیت‌های اقتصادی می‌شوند. این خدمات شامل امکانات اداری، ارتباط از راه دور، حمل‌ونقل، خدمات شهری، آموزش، مراقبت‌های بهداشتی، تحقیق و توسعه و آموزش فنی هستند؛ به‌عبارت‌دیگر، آن‌ها شامل ساختمان‌های اصلی، مؤسسه‌ها، تأسیسات یا سایر عناصر اساسی می‌شوند که برای پایداری و امکان رشد اقتصادی ضروری هستند. آن‌ها در جوامع نقش کلیدی دارند و حکم چرخ‌های توسعه را ایفا می‌کنند. زیرساخت‌ها بهره‌وری اقتصادی و درجه تخصص را افزایش می‌دهند و موجب کاهش هزینه‌های تولید، بهبود کیفیت زندگی، کاهش فقر، افزایش رقابت بین‌المللی‌شده و سرمایه‌های خارجی را جذب می‌کنند، ناکارآمدی فنی و خسارات مالی را کاهش می‌دهند و در شهری‌سازی اقتصاد مفید هستند. سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌ها از طریق ضریب اشتغال، ضریب درآمد و ضریب سرمایه‌گذاری انجام می‌شود؛ بنابراین در کشورهای درحال‌توسعه به‌عنوان تنظیم‌کنندهٔ سرعت رشد و توسعهٔ اقتصادی درنظر گرفته می‌شوند (Tripathi, 2017: 3). زیرساخت‌ها می‌توانند کالبدی، اجتماعی، اقتصادی (Soyinka et al, 2016: 53)، اکولوژیکی (Rasmussen et al, 2021: 1) یا نهادی باشند (Tripathi, 2017: 1).

در ادبیات علمی و سیاست، سهم مثبت زیرساخت‌ها در رشد و توسعهٔ اقتصادی-اجتماعی به‌طور گسترده‌ای تأیید شده (Ojo et al, 2018: 1-2) و از زوایای مختلفی مورد مطالعه قرار گرفته است که در ادامه به آن‌ها اشاره می‌شود.

**زیرساخت‌ها و توسعه:** اقتصاددانانی مانند آرتور لویس، روستین رودان، رنجر نورکس و آلبرت هیرشمن[1]، زیرساخت‌ها را به چتری تشبیه کرده‌اند که بسیاری از فعالیت‌های توسعه‌ای لازم برای سطح بالای سرمایهٔ اجتماعی را پوشش می‌دهند. هیرشمن چهار مشخصه برای زیرساخت‌ها یا سرمایهٔ اجتماعی برمی‌شمارد: خدماتی که موجب تسهیل فعالیت‌های اقتصاد پایه می‌شوند، خدماتی که معمولاً از اثرات خارجی کالاهای عمومی حاصل می‌شوند، این خدمات را نمی‌توان وارد کرد و این سرمایه‌گذاری‌ها غیرقابل‌تقسیم هستند. بعدها در دههٔ شصت، علاوه‌بر موارد بالا، تأکید بر تحقیقات کشاورزی و مؤسسات مالی روستایی به‌عنوان عناصر مهم زیرساختی، با توجه به افزایش شناخت نقش کشاورزی در توسعهٔ اقتصادی مورد تأکید قرار گرفت (Satish, 2007: 32). امروزه این اتفاق‌نظر به‌وجود آمده‌است که سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌ها می‌تواند بهره‌وری تمام ورودی‌ها را در فرایند تولید بهبود ببخشد و با تسهیل معاملات بازار و ظهور سرمایه‌های خارجی در شرکت‌ها و صنایع، عملکرد رشد بلندمدت را تقویت کند (Demurger, 2001: 103). «استرن»[2] (۱۹۹۱) بر

1. Arthur Lewis, Rosenstein-Rodan, Ragner Nurkse and Albert Hirschman
2. Nicholas Stern

اهمیت زیرساخت‌ها، مدیریت و تخصیص منابع در رشد اقتصادی تأکید ویژه‌ای می‌کند. وی می‌گوید: بخش چشمگیری از بهره‌وری پایین در کشورهای درحال‌توسعه به کمبود زیرساخت‌ها و ضعف مدیریت و سازمان‌های اقتصادی مربوط است (Zhao & Kanamori, 2007: 5). همچنین، به باور «استراوپ»[1] (۲۰۰۸)، کمبود زیرساخت‌ها و کارایی پایین آن‌ها معمولاً مانع اصلی عملیات و رشد در محیط سرمایه‌گذاری و کسب‌وکار است. به‌ویژه در کشورهای درحال‌توسعه، کمبود زیرساخت‌ها می‌تواند بر زندگی روزمره و کار مردم تأثیر جدی بگذارد (Donaubauer et al, 2014: 2). همچنین، دولت علاوه‌بر سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌ها، خدمات بهداشتی نیز ارائه می‌دهد که به نوبهٔ خود باعث افزایش بهره‌وری نیروی کار و کاهش نرخ ترجیح زمان می‌شود (Agénor, 2010: 1).

**زیرساخت‌ها و رقابت‌پذیری:** در همهٔ تعاریف رقابت‌پذیری، این سه مؤلفهٔ اصلی وجود دارد: بُعد بلندمدت، عوامل اقتصادی اصلی ایجادکنندهٔ ارزش (بنگاه‌ها) و جنبه‌های غیراقتصادی (رفاه مردم). تحقیقات نشان داده‌اند که یکی از مهم‌ترین عوامل رقابت‌پذیری، زیرساخت‌های بنیادی و فناوری است. رفاه مردم، حاصل بهره‌وری بالاتر است که با سرمایه‌گذاری و استفاده از ICT افزایش می‌یابد. همچنین، در ادبیات مربوط به رقابت‌پذیری، این سؤال مهم مطرح شده‌است که «چه چیزی، با چه سرعتی باید تغییر کند تا مزیت رقابتی ایجاد کند؟». بخش اعظم زیرساخت‌ها را دولت تأمین می‌کند که تأثیر مثبتی نیز بر رشد اقتصادی داشته است. بااین‌وجود، در زمینهٔ آزادسازی، برای ایجاد این تأثیر مثبت، زیرساخت‌ها باید رقابتی باشند؛ ولی از آنجا که هیچ رقابت کاملی وجود ندارد، با وضع مقررات باید کمبودهای موجود در بازارهای ناقص و متفاوت را برطرف کرد تا بتوان از عملکرد بازار، بقای شرکت‌های زیرساختی و اهداف اجتماعی اطمینان حاصل کرد (Skayannis & Markatou, 2005: 13-14).

**زیرساخت‌ها و نهادها:** براساس این نظریه، بین نهادها، زیرساخت‌ها، مجاری دیگر (مانند هزینهٔ آموزش و پرورش) و توسعهٔ اقتصادی، ارتباطی دوسویه وجود دارد. اقتصاد سیاسی برای هزینه‌های زیرساختی، زمانی متفاوت است که پروژه‌ای توسط دولت مرکزی و محلی تأمین می‌شود. زیرساخت‌ها معمولاً اثرات محلی یا منطقه‌ای دارند، اما اگر بودجهٔ آن‌ها از مرکز تأمین شود، همهٔ مناطق معمولاً در آن سهیم هستند. تصمیم‌گیری در مورد هزینه‌های زیرساختی تا حدی به ترجیحات سرمایه‌گذاری افرادی که نمایندهٔ سیاسی را انتخاب می‌کنند، بستگی دارد و این خود به حق رأی فقرا و ثروتمندان نیز وابسته است. همچنین، سیاست‌های تأمین بودجه و مکان‌گزینی زیرساخت‌ها در موقعیت‌های جغرافیایی ویژه، نشانگر منافع و اهداف صاحبان قدرت و دارای نفوذ سیاسی است (Bogart, 2020: 18-19).

**زیرساخت‌ها و توسعهٔ پایدار:** رویکرد زیرساخت‌های پایدار بر جلوگیری از مصرف غیرضروری منابع طبیعی (به‌ویژه غیرقابل‌تجدید) و کاهش انتشار آلاینده‌های مضر متمرکز است. در این رویکرد پروژه‌های زیرساختی ازلحاظ ابعاد زیست‌محیطی، اقتصادی و اجتماعی ارزیابی می‌شوند و جایی که هر سه بُعد در تعادل با یکدیگر قرار می‌گیرند، نقطهٔ مطلوب پایداری پروژه تعیین می‌شود. در «بُعد اجتماعی» به دموکراتیک و مشارکتی‌بودن، شفافیت، رفتار مسئولانه و ایمن‌بودن زیرساخت‌ها؛ در «بُعد اقتصادی» به اثربخشی هزینه‌ها، تناسب سیستم معقول زیرساخت‌ها با اهداف سیاسی، تمایل ساکنان برای پرداخت هزینهٔ خدمات، مقرون‌به‌صرفگی و سرمایه‌گذاری سازمان‌ها و در «بُعد اکولوژیکی» بر آلاینده‌های ناشی از زیرساخت‌ها، استفادهٔ معقول از منابع طبیعی (آب و زمین) و تنوع زیستی توجه می‌شود

1. Straub

(Sijanec & Tanac, 2010: 2951, 2956). در این راستا، «بان کی‌مون»[1] می‌گوید: «باید بین صرفه‌جویی در منابع زمین، ریشه‌کن‌کردن فقر، پیشبُرد رشد اقتصادی و...، با مسئلهٔ تغییرات اقلیمی، کمبود آب و انرژی، بهداشت جهانی، امنیت غذایی و توانمندسازی زنان، ارتباط منطقی برقرار شود.» همچنین، «ماریان فای»[2] (۲۰۱۶) یکی از مقامات ارشد بانک جهانی، فاصلهٔ بین الگوهای قدیمی سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌ها و الگوهای جدید (در هماهنگی با انعطاف‌پذیری، دربرگیرندگی اجتماعی، سازگاری با محیط زیست، شدت کم کربن و سهم زیرساخت‌ها در رشد اقتصادی) برای زیرساخت‌های سبز را «شکاف سرمایه‌گذاری زیرساختی» نامید (Schmucker, 2018: 1-2).

## پیشینهٔ پژوهش

توسعه‌یافتگی و سطوح نابرابری امکانات زیرساختی در سطح منطقه‌ای، در پژوهش‌های معدودی مورد بررسی قرار گرفته‌است که در ادامه به آن‌ها اشاره می‌شود:

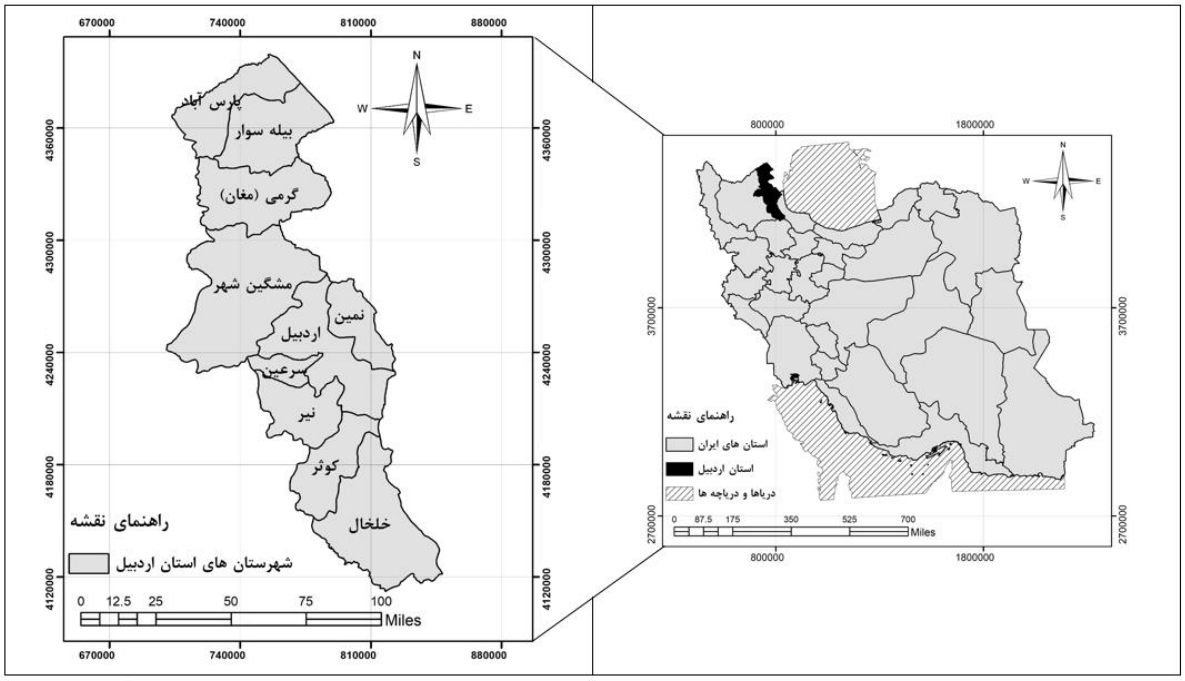
بیست سال پیش در سال ۲۰۰۱، دمورگر مطالعه‌ای دربارهٔ تفاوت استان‌های چین در خدمات زیرساختی و تأثیر آن بر رشد اقتصادی انجام داد و به این نتیجه رسید که طی سال‌های ۱۹۸۵ تا ۱۹۹۸، تفاوت استان‌ها ازلحاظ زیرساخت‌های حمل‌ونقل و مخابرات، بر رشد اقتصادی تأثیر زیادی داشته است (Demurger, 2001: 115). شش سال بعد در سال ۲۰۰۷، ژائو و کاناموری مطالعهٔ دیگری در مورد توسعهٔ زیرساخت‌ها در استان‌های چین انجام دادند. ایشان دریافتند که طی سال‌های ۱۹۸۷ تا ۲۰۰۵، توسعهٔ زیرساخت‌های برق، ارتباط از راه دور و حمل‌ونقل بر رشد اقتصادی شهرها و روستاها افزوده و استان‌های دارای جاده‌های بیشتر، سهم بالاتری در افزایش GDP داشته‌اند (Zhao & Kanamori, 2007: 42). در سطح بین‌المللی، دونابور و همکاران (۲۰۱۴) با استفاده از ۴ گروه شاخص زیرساختی (حمل‌ونقل، ICT، انرژی و مالی) و استفاده از مدل PCA به رتبه‌بندی کشورهای جهان پرداختند. آن‌ها هنگ‌کنگ را توسعه‌یافته‌ترین و کنگو را توسعه‌نیافته‌ترین کشور ازلحاظ امکانات زیرساختی معرفی کردند و دریافتند که بین توسعهٔ زیرساختی با درآمد کشورها ارتباط مستقیمی وجود دارد (Donaubauer et al, 2014: 18). تریپثی (۲۰۱۷) تأثیر توسعهٔ زیرساخت‌ها را بر تمرکز شهرنشینی بررسی کرد. او با لحاظ شاخص‌هایی چون طول جاده‌ها، تعداد بیمارستان‌ها، مدارس، شبکهٔ برق و آب و... و استفاده از مدل برداً[3] دریافت که شهرهای بزرگی مانند کلکته و بمبئی با دارا بودن امکانات مناسب زیرساختی، از جمعیت بیشتری نسبت‌به شهرهای کوچک برخوردار بوده‌اند (Tripathi, 2017: 19)؛ بنابراین یک راه‌حل برای تعدیل توزیع جمعیت و جلوگیری از قطبی‌شدن جمعیت در ایران، توسعهٔ امکانات زیرساختی و خدمات عمومی در شهرهای کوچک خواهد بود. محمود علم و همکاران (۲۰۲۰) تأثیر بلندمدت زیرساخت‌های حمل‌ونقل (جاده‌ای، ریلی، هوایی و بندری) را بر توسعهٔ اقتصادی پاکستان تأیید کردند و افزایش این زیرساخت‌ها را به دولت پیشنهاد دادند (Mehmood Alam et al, 2020: 1). همچنین در ایران، طاهرپور و همکاران (۱۳۹۹) با درنظرگرفتن شاخص‌های گاز، آب، تلفن و مسکن دریافتند که در استان آذربایجانِ شرقی، امکانات و زیرساخت‌ها در شهرهایی متمرکز شده‌است که از جمعیت بیشتری برخوردارند؛ اما بین میزان برخورداری

1. Ban Ki-moon
2. Marianne Fay
3. Borda

از زیرساخت‌ها و نرخ شهرنشینی شهرستان‌ها رابطهٔ معناداری وجود ندارد (طاهرپور و همکاران، ۱۳۹۹: ۳۳). در این پژوهش از شاخص‌های جامع‌تری برای ارزیابی زیرساخت‌ها استفاده شده است. وجه تمایز دیگر این پژوهش، نه‌تنها بررسی زیرساخت حمل‌ونقل و ارتباطات، بلکه زیرساخت‌های کشاورزی، تأمین برق و آب و گاز، مالی، سایر خدمات شهری و بهداشت و درمان بر تولید ناخالص داخلیِ (GDP) استان اردبیل است. همچنین تاکنون پژوهشی برای ارزیابی زیرساخت‌های استان اردبیل و به‌ویژه با مدل بولزای انجام نشده‌است.

## معرفی محدودهٔ مورد مطالعه

استان اردبیل با وسعتی معادل ۱۷۸۶۷ کیلومتر مربع (۱/۱ درصد از مساحت کشور)، در شمال‌غرب ایران واقع شده است. میانگین ارتفاع آن بیش از ۱۴۰۰ متر از سطح دریاست. براساس آخرین تقسیمات کشوری دارای ۱۰ شهرستان، ۲۹ بخش، ۲۶ شهر، ۷۱ دهستان و ۱۸۵۹ روستا است و براساس سرشماری سال ۱۳۹۵، جمعیت آن برابر با ۱۲۷۰۴۲۰ نفر و ۳۷۷۴۲۳ خانوار بوده که ۸۶۶۰۳۴ نفر و خانوار (۶۸ درصد از جمعیت و خانوار) در شهرها و ۴۰۴۲۳۶ نفر و ۱۲۰۴۸ خانوار (۳۲ درصد از جمعیت و خانوار) در روستاها ساکن بوده‌اند؛ همچنین تراکم جمعیت استان در سال ۱۳۹۵ برابر با ۷۱/۴ نفر در هر کیلومتر مربع برآورد شده است (سالنامهٔ آماری استان اردبیل، ۱۳۹۵). شکل شمارهٔ ۱ موقعیت جغرافیایی استان اردبیل و شهرستان‌های آن را نمایش داده است.




**شکل ۱. محدودهٔ مورد مطالعه**

(منبع: نویسندگان، ۱۳۹۸)

## روش‌شناسی تحقیق

این پژوهش از لحاظ هدف، کاربردی و از لحاظ روش، توصیفی- تحلیلی است. گردآوری داده‌ها و اطلاعات موردنیاز به‌صورت کتابخانه‌ای و اسنادی انجام شده است. برای دستیابی به هدف پژوهش، ۶ گروه زیرساخت‌های حمل‌ونقل و ارتباطات، اجتماعی- رفاهی، آب و انرژی، کشاورزی، مالی و مناطق سبز درنظر گرفته شده‌است که مجموعاً ۱۰۰ شاخص را شامل می‌شوند. به‌منظور تجزیه‌وتحلیل این شاخص‌ها از روش بولزای[1] در قالب سیستم اعداد خاکستری سه پارامتره استفاده و برای این کار از نرم‌افزار Excel کمک گرفته شد. برای تعیین وزن بیرونی، از روش «انتخاب ارجحیت»[2]، برای تعیین رتبهٔ نهایی از روش «بردا»، به‌منظور ارزیابی پراکندگی فضایی امکانات زیرساختی از روش ضریب تغییرات (CV) و برای تأثیر زیرساخت‌ها بر GDP استان از تحلیل رگرسیون در نرم‌افزار SPSS بهره‌گیری شد. در جدول شمارهٔ ۱ شاخص‌های پژوهش معرفی شده‌اند.

**جدول ۱. شاخص‌های زیرساختی**

| گروه | شاخص‌ها |
|---|---|
| حمل‌ونقل و ارتباطات | $I_1$: درصد راه‌های بین شهری از استان، $I_2$: درصد بزرگراه‌ها از استان، $I_3$: درصد راه اصلی از استان، $I_4$: درصد راه‌های فرعی استان، $I_5$: درصد راه‌های درون‌شهری از استان، $I_6$: درصد راه‌های آسفالت روستایی از استان، $I_7$: درصد راه‌های شوسهٔ روستایی از استان، $I_8$: تعداد پایانهٔ مسافربری به‌ازای ۱۰۰۰۰ نفر، $I_9$: تعداد شرکت‌های تعاونی حمل‌ونقل فعال به ۱۰۰۰۰ نفر، $I_{10}$: تعداد تلفن‌های منصوبهٔ شهری به‌ازای ۱۰۰۰ نفر شهری، $I_{11}$: تعداد تلفن‌های مشغول‌به‌کار شهری به‌ازای ۱۰۰۰ نفر شهری، $I_{12}$: تعداد تلفن‌های منصوبهٔ روستایی به ۱۰۰۰ نفر روستایی، $I_{13}$: تعداد تلفن‌های مشغول‌به‌کار روستایی به‌ازای هر ۱۰۰۰ نفر روستایی، $I_{14}$: درصد روستاهای دارای ارتباط تلفنی، $I_{15}$: تعداد دفتر پست شهری به‌ازای ۱۰۰۰ نفر شهری، $I_{16}$: تعداد نمایندگی پستی شهری به‌ازای هر ۱۰۰۰ نفر شهری، $I_{17}$: تعداد دفتر پیشخوان دولت به‌ازای هر ۱۰۰۰ نفر شهری، $I_{18}$: تعداد دفتر پست و مخابرات روستایی (ICT) به‌ازای هر ۱۰۰۰ نفر روستایی، $I_{19}$: تعداد صندوق پست شهری به‌ازای ۱۰۰۰ نفر شهری، $I_{20}$: تعداد صندوق پست روستایی به‌ازای هر ۱۰۰۰ نفر روستایی. |
| اجتماعی- رفاهی | $I_{21}$: طول شبکهٔ جمع‌آوری فاضلاب با قطر ۲۰۰ میلی‌متر و بیشتر شهری به ۱۰۰۰ نفر شهری، $I_{22}$: تعداد پایگاه‌های اورژانس پیش‌بیمارستانی به‌ازای هر ۱۰۰۰۰ نفر، $I_{23}$: تعداد پایگاه‌های اورژانس پیش‌بیمارستانی جاده‌ای به‌ازای هر ۱۰۰۰۰ نفر، $I_{24}$: تعداد بیمارستان به‌ازای هر ۱۰۰۰۰ نفر، $I_{25}$: تعداد تخت بیمارستانی به‌ازای هر ۱۰۰۰۰ نفر، $I_{26}$: تعداد ارائه‌دهندهٔ مراقبت‌های اولیهٔ بهداشتی به‌ازای هر ۱۰۰۰۰ نفر، $I_{27}$: تعداد پایگاه بهداشت به‌ازای هر ۱۰۰۰۰ نفر، $I_{28}$: تعداد تسهیلات زایمانی به‌ازای هر ۱۰۰۰ نفر زن در دورهٔ باروری (۱۵ تا ۴۵ سال)، $I_{29}$: درصد روستاهای دارای خانه‌های بهداشت فعال، $I_{30}$: تعداد آزمایشگاه طبی به‌ازای هر ۱۰۰۰۰ نفر، $I_{31}$: تعداد داروخانه به‌ازای هر ۱۰۰۰۰ نفر، $I_{32}$: تعداد مؤسسات تشخیصی- درمانی هسته‌ای از کل استان، $I_{33}$: تعداد مراکز توان‌بخشی از کل استان، $I_{34}$: تعداد سینما به‌ازای هر ۱۰۰۰۰ نفر، $I_{35}$: تعداد صندلی (گنجایش) سینما به‌ازای هر ۱۰۰۰۰ نفر، $I_{36}$: تعداد سالن نمایش به‌ازای هر ۱۰۰۰۰ نفر، $I_{37}$: گنجایش سالن نمایش به‌ازای هر ۱۰۰۰۰ نفر، $I_{38}$: تعداد چاپخانه به‌ازای هر ۱۰۰۰۰ نفر، $I_{39}$: تعداد کانون فکری کودکان و نوجوانان به‌ازای هر ۱۰۰۰ نفر کودک و نوجوان (۵ تا ۱۹ سال)، $I_{40}$: تعداد کتابخانه به‌ازای هر ۱۰۰۰۰ نفر، $I_{41}$: تعداد ایستگاه آتش‌نشانی به‌ازای هر ۱۰۰۰۰ نفر، $I_{42}$: تعداد اتومبیل حمل زباله به‌ازای هر ۱۰۰۰ نفر شهری، $I_{43}$: تعداد توالت‌های عمومی به‌ازای هر ۱۰۰۰ نفر شهری، $I_{44}$: تعداد کلاس در مدارس پیش‌دبستانی به‌ازای هر ۱۰۰۰ نفر بین سنین ۵ تا ۹ سال، $I_{45}$: تعداد کلاس در مدارس ابتدایی به‌ازای هر ۱۰۰۰ نفر بین سنین ۵ تا ۱۴ سال، $I_{46}$: تعداد کلاس در مدارس متوسطهٔ دورهٔ اول به‌ازای هر ۱۰۰۰ نفر بین سنین ۱۰ تا ۱۴ سال، $I_{47}$: تعداد کلاس در مدارس متوسطهٔ دورهٔ دوم به‌ازای هر ۱۰۰۰ نفر بین سنین ۱۰ تا ۱۹ سال. |

1. Bull's eye - Bull's eye Method
2. Preference Selection Index (PSI)

| | |
|---|---|
| **آب و انرژی** | I۴۸: تعداد جایگاه فروش مواد سوختی به‌ازای هر ۱۰۰۰۰ نفر، I۴۹: درصد پمپ بنزین سوپر از کل استان، I۵۰: تعداد پمپ بنزین به ازای هر ۱۰۰۰۰ نفر، I۵۱: تعداد پمپ گاز به‌ازای هر ۱۰۰۰۰ نفر، I۵۲: تعداد شعب فروش نفت به ازای هر ۱۰۰۰۰ نفر، I۵۳: تعداد جایگاه سوخت‌گیری گاز فشرده طبیعی (CNG) به ازای هر ۱۰۰۰۰ نفر، I۵۴: درصد روستاهای گازرسانی‌شده، I۵۵: تعداد مصرف کنندهٔ گاز تجاری به‌ازای هر ۱۰۰۰۰ نفر، I۵۶: تعداد انشعاب گاز خانگی- تجاری به‌ازای ۱۰۰۰ خانوار، I۵۷: درصد انشعاب گاز صنعتی از کل انشعابات، I۵۸: تعداد مصرف‌کنندهٔ گاز خانگی به‌ازای ۱۰۰۰۰ نفر، I۵۹: تعداد مصرف‌کنندهٔ گاز صنعتی از کل استان، I۶۰: میزان مصرف گاز طبیعی (هزار متر مکعب) به‌ازای هر ۱۰۰۰۰ نفر، I۶۱: درصد تعداد قنات از کل استان، I۶۲: تعداد تصفیه‌خانهٔ آب به‌ازای هر ۱۰۰۰۰ نفر، I۶۳: درصد حجم مخازن آب به‌ازای هر ۱۰۰۰۰ نفر، I۶۴: درصد تأمین آب از تصفیه‌خانه از کل استان، I۶۵: تعداد انشعاب آب به‌ازای هر ۱۰۰۰ خانوار، I۶۶: درصد تعداد انشعاب آب صنعتی از کل انشعابات، I۶۷: حجم فروش آب صنعتی از کل استان، I۶۸: درصد تعداد انشعاب آب عمومی و دولتی از کل استان، I۶۹: حجم فروش آب عمومی و دولتی به‌ازای هر ۱۰۰۰۰ نفر، I۷۰: درصد تعداد انشعاب آب تجاری از کل انشعابات، I۷۱: حجم فروش آب تجاری به‌ازای ۱۰۰۰۰ نفر، I۷۲: درصد حداکثر ظرفیت منابع آب (هزار مترمکعب) در روستاها از کل روستاهای استان، I۷۳: درصد تولید آب در روستا (هزار مترمکعب) از کل روستاهای استان، I۷۴: حجم فروش آب در روستا (هزار مترمکعب) به‌ازای هر ۱۰۰۰ نفر روستایی، I۷۵: تعداد انشعاب آب روستایی از کل روستاهای استان، I۷۶: حجم مخازن آب در مدار بهره‌برداری در روستا (مترمکعب) از کل استان، I۷۷: طول شبکهٔ توزیع آب روستایی (مترمکعب- کیلومتر) از کل استان، I۷۸: طول خطوط انتقال آب روستایی (مترمکعب- کیلومتر) از کل استان، I۷۹: تعداد مشترکین برق عمومی به‌ازای هر ۱۰۰۰۰ نفر، I۸۰: درصد مشترکین برق کشاورزی از کل استان، I۸۱: تعداد مشترکین برق خانگی به‌ازای هر ۱۰۰۰ خانوار، I۸۲: درصد مشترکین برق صنعتی از کل استان، I۸۳: درصد مشترکین برق تجاری از کل مشترکین، I۸۴: مقدار فروش برق خانگی به‌ازای هر ۱۰۰۰۰ نفر، I۸۵: مقدار فروش برق عمومی به‌ازای هر ۱۰۰۰۰ نفر، I۸۶: مقدار فروش برق کشاورزی از کل استان، I۸۷: مقدار فروش برق صنعتی از کل استان، I۸۸: مقدار فروش برق برای روشنایی معابر از کل استان. |
| **کشاورزی** | I۸۹: درصد تعداد شرکت‌های رسمی/ مؤسسهٔ عمومی کشاورزی از کل استان، I۹۰: درصد تعداد شرکت‌های تعاونی کشاورزی فعال تحت‌پوشش ادارهٔ کل تعاون از کل استان، I۹۱: درصد تعداد شرکت‌های تعاونی کشاورزی فعال تحت‌پوشش ادارهٔ کل تعاون روستایی از کل استان، I۹۲: درصد داروخانهٔ دامپزشکی از کل استان، I۹۳: درصد مرکز مایه‌کوبی دام از کل استان، I۹۴: درصد درمانگاه دامپزشکی از کل استان، I۹۵: درصد آزمایشگاه دامپزشکی از کل استان. |
| **مالی** | I۹۶: تعداد واحدهای بانکی به‌ازای هر ۱۰۰۰۰ نفر، I۹۷: تعداد شرکت‌های تعاونی مالی فعال به‌ازای هر ۱۰۰۰۰ نفر. |
| **مناطق سبز** | I۹۸: تعداد پارک‌های عمومی شهری به‌ازای هر ۱۰۰۰ نفر شهری، I۹۹: وسعت پارک‌های عمومی شهری (مترمربع) به‌ازای هر ۱۰۰۰ نفر شهری، I۱۰۰: وسعت فضای سبز شهری (مترمربع) به‌ازای هر ۱۰۰۰ نفر شهری. |

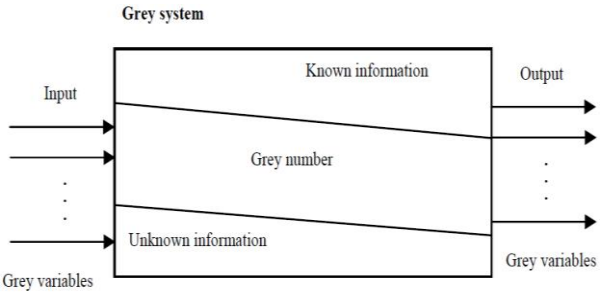
(منبع: سالنامهٔ آماری استان اردبیل، ۱۳۹۵؛ جمعیت بر حسب سن، جنس و نوع خانوار (اردبیل) مرکز آمار ایران، ۱۳۹۵؛ نویسندگان، ۱۳۹۸)

قابل‌ذکر است که تمام داده‌های موردنیاز از سالنامهٔ آماری استان اردبیل در سال ۱۳۹۵ استخراج شده‌است که با درنظرگرفتن جمعیت (به‌ازای هر ۱۰۰۰ نفر شهری یا روستایی و ۱۰۰۰۰ نفر برای جمعیت کل شهرستان) یا درصد نسبت به کل استان به شاخص تبدیل شده‌اند. اما نحوهٔ محاسبهٔ شاخص‌های شمارهٔ ۲۸ و ۴۴ تا ۴۷ با سایر شاخص‌ها متفاوت است. برای شاخص ۲۸، تعداد تسهیلات زایمانی از سالنامهٔ آماری استان اردبیل و جمعیت زنان واقع در سن باروری (۱۵ تا ۴۵ سال) از جداول داده‌های تفصیلی جمعیت در سایت مرکز آمار ایران استخراج شده است. برای شاخص‌های ۴۴ تا ۴۷ نیز از همین جدول استفاده شده است.

## معرفی نظریهٔ اعداد خاکستری و مدل بولزای- بولزای

### ۱- عدد خاکستری

تئوری سیستم‌های خاکستری را اولین بار «دنگ»[1] در سال ۱۹۸۲ مطرح کرد و بعدها توسط پژوهشگران دیگر بسط داده شد. اساساً این منطق این‌گونه ساخت‌دهی می‌شود که اگر سیاه، گویای اطلاعات کاملاً ناشناخته و سفید، بیانگر اطلاعات کاملاً روشن و واضح باشد، خاکستری اطلاعاتی است که تا حدی نامعلوم است. به سیستمی که حاوی اطلاعات خاکستری باشد، «سیستم خاکستری» می‌گویند. در شکل ۲ نمایی از مفهوم سیستم خاکستری نمایش داده شده است.




**شکل ۲. سیستم خاکستری**

(منبع: رضایی نور و همکاران، ۱۳۹۵)

در نظریهٔ سیستم خاکستری، عدد خاکستری یک عدد واقعی است که ارزش آن برای تصمیم‌گیرنده نامعلوم است. این روش به‌طور مستقیم داده‌های اصلی را مورد استفاده قرار می‌دهد و نظم درونی و ذاتی داده‌ها را بررسی می‌کند. مزیت مدل خاکستری نسبت‌به مدل‌های آماری متداول این است که سیستم‌های خاکستری برای برآورد رفتار سیستم‌های ناشناخته، به داده‌های کم و محدودی نیاز دارند. تفاوت بین اعداد خاکستری و فازی در نحوهٔ محاسبهٔ کران بالا و پایین این دو نظریه نهفته است. کران بالا و پایین اعداد خاکستری با استفاده از نظر خبرگان به‌دست می‌آید و در بازه‌های مربوط به هر معیار زبانی ثابت درنظر گرفته می‌شود؛ درحالی‌که در اعداد فازی این دو کران با محاسبهٔ تابع عضویت به‌دست می‌آیند. تبدیل معیارهای زبانی به اعداد خاکستری نسبت به اعداد فازی محاسبات را ساده‌تر می‌کند.

در صورتی که $a \otimes$: یک عدد خاکستریِ سه پارامتره باشد، به‌صورت $a \otimes \in [\underline{a}, \tilde{a}, \overline{a}]$ نمایش داده می‌شود که در آن $\underline{a}$: کران پایین، $\tilde{a}$: مرکز ثقل یعنی عددی که بیشترین امکان را دارد و $\overline{a}$ را کران بالا می‌نامند. در صورتی که مرکز ثقل یک عدد خاکستری سه پارامترهٔ مشخص نباشد، عدد خاکستری سه پارامتره به عدد خاکستری معمولی یعنی دو پارامتره تبدیل خواهد شد.

اگر $a(\otimes)$ و $b(\otimes)$ را دو عدد خاکستری سه پارامتره درنظر بگیریم، در این صورت خواهیم داشت (روابط ۱ و ۲):

(۱)

$$a(\otimes) + b(\otimes) \in [\underline{a} + \underline{b}, \tilde{a} + \tilde{b}, \overline{a} + \overline{b}]$$

(۲)

$$a(\otimes) + b(\otimes) \in \begin{bmatrix} \min\{\underline{a} \div \underline{b}, \underline{a} \div \overline{b}, \overline{a} \div \underline{b}, \overline{a} \div \overline{b}\}, \\ \tilde{a} \div \tilde{b}, \max\{\underline{a} \div \underline{b}, \underline{a} \div \overline{b}, \overline{a} \div \underline{b}, \overline{a} \div \overline{b}\} \end{bmatrix}$$

### فاصلهٔ دو عدد خاکستری سه پارامتره

فاصلهٔ بین دو عدد خاکستری $a(\otimes)$ و $b(\otimes)$ را با $d(a(\otimes), b(\otimes))$ نمایش می‌دهند (رابطهٔ ۳):

$$d(a(\otimes), b(\otimes)) \geq 0$$
$$d(a(\otimes), b(\otimes)) = d(a(\otimes), c(\otimes))$$
$$d(a(\otimes), b(\otimes)) \leq d(a(\otimes), c(\otimes) + d(c(\otimes), b(\otimes))$$

(۳)

$$L(a(\otimes), b(\otimes)) = 3\sqrt[\frac{1}{2}]{(\underline{a} - \underline{b})^2 + (\tilde{a} - \tilde{b})^2 + (\overline{a} - \overline{b})^2}$$

1. Deng

**نرمال‌سازی ماتریس اعداد خاکستری سه پارامتره**

اگر ماتریس تصمیم‌گیری را به‌صورت زیر تعریف کنیم (رابطهٔ ۴):

(۴)

$$S=\left\{\mu_{ij}(\otimes)\middle|\begin{matrix}\mu_{ij}(\otimes)\in(\underline{\mu}_{ij},\tilde{\mu}_{ij},\overline{\mu}_{ij}),\ 0\le\underline{\mu}_{ij}\le\tilde{\mu}_{ij}\le\overline{\mu}_{ij}\\ ;\ i=1,2,\ldots,n\ ;\ j=1,2,\ldots,m\end{matrix}\right\}$$

برای بی‌مقیاس‌سازی ماتریس از رابطه‌های زیر استفاده می‌شود:

در صورتی که مقادیر ما از نوع مثبت باشد (رابطهٔ ۵): $i = ۱، ۲، ۳، ...، m$ و $j = ۱، ۲، ۳، ....، n$

(۵)

$$\underline{\mu}_{ij}=\frac{\underline{\mu}_{ij}-\underline{\mu}_{j}^{\nabla}}{\overline{\mu}_{j}^{+}-\underline{\mu}_{j}^{\nabla}}\ ;\ \tilde{\mu}_{ij}=\frac{\tilde{\mu}_{ij}-\underline{\mu}_{j}^{\nabla}}{\overline{\mu}_{j}^{+}-\underline{\mu}_{j}^{\nabla}}\ ;\ \overline{\mu}_{ij}=\frac{\overline{\mu}_{ij}-\underline{\mu}_{j}^{\nabla}}{\overline{\mu}_{j}^{+}-\underline{\mu}_{j}^{\nabla}}$$

و برای مقادیر از نوع منفی به‌صورت رابطهٔ ۶ است: $i = ۱، ۲، ۳، ...، m$ و $j = ۱، ۲، ۳، ....، n$

(۶)

$$\underline{x}_{ij}=\frac{\overline{\mu}_{j}^{+}-\overline{\mu}_{ij}}{\overline{\mu}_{j}^{+}-\underline{\mu}_{j}^{\nabla}}\ ;\ \tilde{x}_{ij}=\frac{\overline{\mu}_{j}^{+}-\tilde{\mu}_{ij}}{\overline{\mu}_{j}^{+}-\underline{\mu}_{j}^{\nabla}}\ ;\ \overline{x}_{ij}=\frac{\overline{\mu}_{j}^{+}-\underline{\mu}_{ij}}{\overline{\mu}_{j}^{+}-\underline{\mu}_{j}^{\nabla}}$$

که در این رابطه‌ها $\underline{\mu}_{j}^{\nabla}=\min_{1\le i\le n}\{\underline{\mu}_{ij}\}$ و $\overline{\mu}_{j}^{+}=\max_{1\le i\le n}\{\overline{\mu}_{ij}\}$ است. همچنین در صورتی که $\overline{\mu}_{j}^{+}-\underline{\mu}_{j}^{\nabla}=0$ باشد، این شاخص یک شاخص بی‌تأثیر بوده و می‌توان آن را از ماتریس حذف کرد. با بی‌مقیاس‌سازی ماتریس اولیه، ماتریس تصمیم‌گیری استاندارد به‌صورت زیر خواهد بود (رابطهٔ ۷):

(۷)

$$R=\begin{bmatrix}x_{11}&\cdots&x_{1n}\\ \vdots&\ddots&\vdots\\ x_{m1}&\cdots&x_{mn}\end{bmatrix}$$

که $x_{ij}\in(\underline{x}_{ij},\tilde{x}_{ij},\overline{x}_{ij})$ یک عدد خاکستری سه پارامتره در بازهٔ [0,1] است.

## ۲- روش بولزای- بولزای

این روش را دو نفر از پژوهشگران به نام‌های دانگ و وانگ[1] (۲۰۱۲) برای وزن‌دهی و رتبه‌بندی در ماتریس تصمیم خاکستری سه پارامتره به‌کار بردند. مزیت روش بولزای این است که برخلاف سایر روش‌های رتبه‌بندی که تنها یک جواب به‌دست می‌دهند، این مدل سه جواب مثبت، نسبی و منفی به دست می‌دهد که قابلیت مقایسه با یکدیگر را دارند و این امر کارایی این روش را با درصد بالایی از دقت به اثبات می‌رساند. همچنین، روش بولزای با تعدیل و محاسبهٔ مجدد وزن‌های حاصل از نظر خبرگان یا روش‌های ریاضی وزن‌دهی، اثر قضاوت‌های انسانی یا قصورات روش‌های ریاضی را تا حد زیادی کاهش می‌دهد. در ادامه به شرح این روش جدید پرداخته شده است.

**وزن‌دهی بولزای**

گام اول: بی‌مقیاس‌سازی ماتریس تصمیم‌گیری اولیه با استفاده از روابط ۵ و ۶.

گام دوم: تعیین بولزای مثبت[2] که منظور، مجموعهٔ $z^{+}=(z_1^{+},z_2^{+},\ldots,z_n^{+})$ است از رابطهٔ ۸ محاسبه می‌شود.

(۸)

$$z_j^{+}\in\left(\underline{x}_j^{+},\tilde{x}_j^{+},\overline{x}_j^{+}\right)$$

به‌طوری که:

$$\tilde{x}_j^{+}=\max_{1\le i\le m}\{\tilde{x}_{ij}\}\ ;\ \overline{x}_j^{+}=\max_{1\le i\le m}\{\overline{x}_{ij}\}\ ;\ \underline{x}_j^{+}=\max_{1\le i\le m}\{\underline{x}_{ij}\}$$

گام سوم: در آخرین گام، وزن تعدیل‌شدهٔ شاخص‌ها را با استفاده از رابطهٔ ۹ محاسبه می‌کنیم:

1. Dang and Wang
2. Positive Bull's eye

(۹)

$$\omega_j^* = b_j \left[ \alpha\omega_j^0 - \left( \sum_{j=1}^{n} \alpha\, \omega_j^0 b_j - 1 \right) \div \sum_{j=1}^{n} b_j \right]$$

در رابطهٔ بالا $b_j$ از رابطهٔ ۱۰ محاسبه می‌شود:

(۱۰)

$$b_j = \frac{1}{\alpha + \beta \sum_{i=1}^{m} \left[ \left( \underline{x}_{ij} - \underline{x}_{ij}^{+} \right)^2 + \left( \tilde{x}_{ij} - \tilde{x}_{ij}^{+} \right)^2 + \left( \overline{x}_{ij} - \overline{x}_{ij}^{+} \right)^2 \right]}$$

مقادیر $\alpha$ و $\beta$ در رابطهٔ ۱۰ اهمیت وزن‌های بیرونی و درونی را مشخص می‌کنند و حاصل جمع این دو برابر با یک و هر دو غیرمنفی هستند. این مقادیر معمولاً توسط تصمیم‌گیرنده یا براساس نظر خبرگان تعیین می‌شود. در این پژوهش، هر دو با مقدار ۰/۵ درنظر گرفته شده‌اند. $\omega_j^0$ وزن‌های بیرونی هستند که توسط خبرگان یا روش‌های مختلف وزن‌دهی تعیین می‌شوند و می‌توان آن‌ها را به‌صورت $\omega_j^0 = (\omega_1^0 , \omega_2^0 , \dots , \omega_n^0)$ نشان داد که در این مقاله از روش وزن‌دهی شاخص انتخاب ارجحیت (PSI) برای این منظور استفاده شده‌است.

**روش رتبه‌بندی بولزای- بولزای**

روش رتبه‌بندی بولزای- بولزای را می‌توان به سه بخش مستقل تقسیم کرد که عبارت‌اند از:

**الف) بولزای مثبت- بولزای مثبت در اعداد خاکستری سه پارامتره**

گام‌های حل مسئله در این بخش عبارت‌اند از: (۱) نرمال‌سازی ماتریس تصمیم، (۲) تعیین وزن معیارها با استفاده از روش بولزای مثبت، (۳) تعیین رتبهٔ گزینه‌ها با استفاده از رابطهٔ ۱۱:

(۱۱)

$$\varepsilon_i^{+} = 3^{-\frac{1}{2}} \left\{ \sum_{j=1}^{m} \omega_j \left[ \left( \underline{x}_{ij} - \underline{x}_{ij}^{+} \right)^2 + \left( \tilde{x}_{ij} - \tilde{x}_{ij}^{+} \right)^2 + \left( \overline{x}_{ij} - \overline{x}_{ij}^{+} \right)^2 \right] \right\}^{\frac{1}{2}}$$

در رابطهٔ بالا، مقدار بولزای مثبت گزینه‌ها را با درنظرگرفتن وزن هر معیار مشخص می‌کند و هر چه این مقدار برای گزینه‌های مدنظر کمتر باشد، آن گزینه انتخاب بهتری خواهد بود.

**ب) بولزای مثبت- بولزای نسبی در اعداد خاکستری سه پارامتره**

گام‌های رتبه‌بندی با این روش به این صورت است: (۱) نرمال‌سازی ماتریس تصمیم، (۲) تعیین وزن معیارها با استفاده از روش بولزای مثبت، (۳) محاسبهٔ فاصلهٔ بولزای منفی- مثبت[1].

ابتدا مجموعه

$$z^{-} = \left\{ z_1^{-} , z_2^{-} , \dots , z_m^{-} \right\} = \left\{ \left[ \underline{x}_{i1}^{-}, \tilde{x}_{i1}^{-}, \overline{x}_{i1}^{-} \right], \dots, \left[ \underline{x}_{im}^{-}, \tilde{x}_{im}^{-}, \overline{x}_{im}^{-} \right] \right\}$$

را شکل داده و با استفاده از رابطهٔ ۱۲ شاخص فاصلهٔ بولزای مثبت- منفی را محاسبه می‌کنیم:

(۱۲)

$$\varepsilon_i^{0} = 3^{-\frac{1}{2}} \left\{ \sum_{j=1}^{m} \omega_j \left[ \left( \underline{x}_{ij}^{+} - \underline{x}_{ij}^{-} \right)^2 + \left( \tilde{x}_{ij}^{+} - \tilde{x}_{ij}^{-} \right)^2 + \left( \overline{x}_{ij}^{+} - \overline{x}_{ij}^{-} \right)^2 \right] \right\}^{\frac{1}{2}}$$

گام آخر به محاسبهٔ فاصلهٔ بولزای نسبی[2] که از رابطه‌های ۱۳ محاسبه می‌شود، اختصاص دارد.

$$\varepsilon_i = \frac{\varepsilon_i^{0}}{\varepsilon_i^{+} + \varepsilon_i^{0}} \qquad (۱۳)$$

براساس این رابطه، هر چه این کمیت برای گزینه‌ها بیشتر باشد، آن گزینه انتخاب بهتری خواهد بود.

**ج) بولزای مثبت- بولزای جامع در اعداد خاکستری سه پارامتره**

«رتبه‌بندی با روش بولزای جامع»[3] به این صورت انجام می‌شود: (۱) نرمال‌سازی ماتریس تصمیم، (۲)

1. Positive–Negative Bull's eye Distance
2. Relative Bull's eye Distance
3. Comprehensive The Bull's eye Distance

تعیین وزن معیارها با استفاده از روش بـولزای مثبـت، (۳) «محاسبهٔ فاصلهٔ بولزای منفی»[1] (رابطهٔ ۱۴):

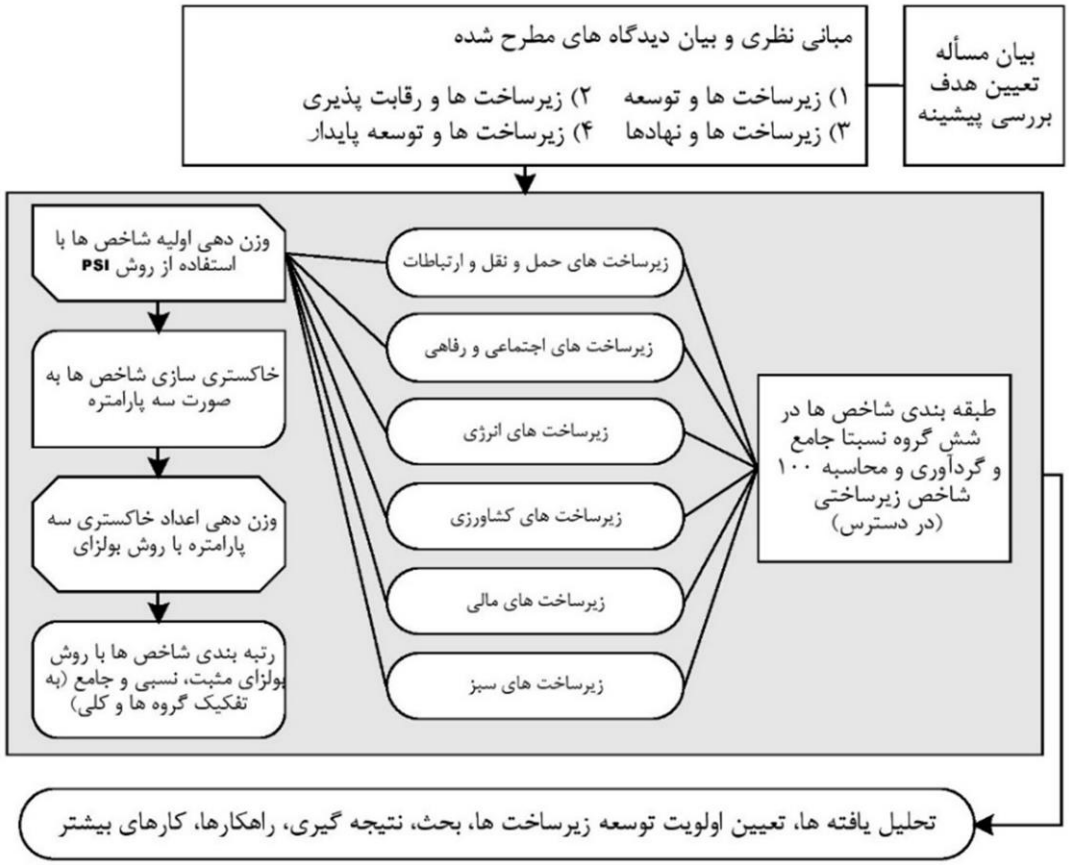
(۱۴)

$$\varepsilon_i^- = 3^{-\frac{1}{2}} \left\{ \sum_{j=1}^{m} \omega_j \left[ \left( \underline{x}_{ij} - \underline{x}_{ij}^- \right)^2 + \left( \tilde{x}_{ij} - \tilde{x}_{ij}^- \right)^2 + \left( \overline{x}_{ij} - \overline{x}_{ij}^- \right)^2 \right] \right\}^{\frac{1}{2}}$$

در نهایت، برای محاسـبهٔ فاصـلهٔ بـولزای جـامع ($\varepsilon_i$) از رابطهٔ ۱۵ استفاده می‌شود.

$$\varepsilon_i = \frac{(\varepsilon_i^+)^2 + (\varepsilon_i^0)^2 + (\varepsilon_i^-)^2}{2\,\varepsilon_i^0} \qquad (۱۵)$$

در فاصلهٔ بولزای جامع هـر چـه $\varepsilon_i$ کمتـر باشـد، فاصـلهٔ گزینهٔ انتخاب‌شده از مقدار ایده‌آل بهتر است و گزینه بـا $\varepsilon_i$ کمتر از اولویت بالاتری برخوردار است (رضایی نـور و همکـــاران، ۱۳۹۵: ۶۱۳-۶۰۷ و Luo & Wang, 2012: 1958-1961). در شکل ۳ مدل مفهومی انجـام پژوهش ترسیم شده است.




**شکل ۳. مدل مفهومی پژوهش**

(منبع: نویسندگان، ۱۳۹۸)

1. Negative Bull's eye Distance

## یافته‌های تحقیق

تبدیل ماتریس تصمیم‌گیری به اعداد خاکستری، نیاز به تعیین کران بالا و پایین دارد. به این منظور، داده‌ها به ۸ طیف بین ۰ و ۱ به‌صورت [۰/۲۲، ۰]، [۰/۳۳، ۰/۲۲]، [۰/۴۴، ۰/۳۳]، [۰/۵۶، ۰/۴۴]، [۰/۶۸، ۰/۵۶]، [۰/۷۸، ۰/۶۸]، [۰/۸۹، ۰/۷۸]، [۱، ۰/۸۹] دسته‌بندی شدند که چهار طیف آخر مبنای تعیین کران بالا و پایین قرار گرفت. سپس برای تعیین اینکه کدام طیف به کدام شاخص اختصاص یابد، وزن شاخص‌ها با استفاده از روش PSI برآورد شد و براساس بیشترین وزن (۰/۰۴۳) و کمترین وزن (۰/۰۰۰۰۴-)، وزن‌ها به چهار دسته، از ۰/۰۰۰۰۴- تا ۰/۰۱۱، ۰/۰۱۲ تا ۰/۰۲۱، ۰/۰۲۲ تا ۰/۰۳۲ و ۰/۰۳۳ تا ۰/۰۴۳ تقسیم شدند و درنهایت، شاخص‌های با وزن کمتر، عدد خاکستری کمتری یعنی [۰/۶۸، ۰/۵۶] را گرفتند و... (جدول ۲).

**جدول ۲. کران پایین ($\underline{a}$) و کران بالا ($\overline{a}$) اعداد خاکستری سه پارامتره**

| Index | I۱ | I۲ | I۳ | I۴ | I۵ | I۶ | I۷ | I۸ | I۹ | I۱۰ | I۱۱ | I۱۲ | I۱۳ | I۱۴ | I۱۵ | I۱۶ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\overline{a}$ | ۰/۷۸ | ۰/۶۷ | ۰/۶۷ | ۰/۷۸ | ۰/۶۷ | ۰/۷۸ | ۰/۶۷ | ۰/۷۸ | ۰/۷۸ | ۰/۷۸ | ۰/۷۸ | ۰/۷۸ | ۰/۷۸ | ۱ | ۰/۶۷ | ۰/۶۷ |
| $\underline{a}$ | ۰/۶۸ | ۰/۵۶ | ۰/۵۶ | ۰/۶۷ | ۰/۵۶ | ۰/۶۷ | ۰/۵۶ | ۰/۶۷ | ۰/۶۷ | ۰/۶۷ | ۰/۶۷ | ۰/۶۷ | ۰/۶۷ | ۰/۸۹ | ۰/۵۶ | ۰/۵۶ |
| I۱۷ | I۱۸ | I۱۹ | I۲۰ | I۲۱ | I۲۲ | I۲۳ | I۲۴ | I۲۵ | I۲۶ | I۲۷ | I۲۸ | I۲۹ | I۳۰ | I۳۱ | I۳۲ | I۳۳ |
| ۰/۶۷ | ۰/۶۷ | ۰/۶۷ | ۰/۶۷ | ۰/۶۷ | ۰/۶۷ | ۰/۶۷ | ۰/۶۷ | ۰/۷۸ | ۰/۷۸ | ۰/۶۷ | ۰/۶۷ | ۰/۷۸ | ۰/۶۷ | ۰/۷۸ | ۰/۶۷ | ۰/۶۷ |
| ۰/۵۶ | ۰/۵۶ | ۰/۵۶ | ۰/۵۶ | ۰/۵۶ | ۰/۵۶ | ۰/۵۶ | ۰/۵۶ | ۰/۶۷ | ۰/۶۷ | ۰/۵۶ | ۰/۵۶ | ۰/۶۷ | ۰/۵۶ | ۰/۶۷ | ۰/۵۶ | ۰/۵۶ |
| I۳۴ | I۳۵ | I۳۶ | I۳۷ | I۳۸ | I۳۹ | I۴۰ | I۴۱ | I۴۲ | I۴۳ | I۴۴ | I۴۵ | I۴۶ | I۴۷ | I۴۸ | I۴۹ | I۵۰ |
| ۰/۶۷ | ۰/۶۷ | ۰/۶۷ | ۰/۷۸ | ۰/۶۷ | ۰/۶۷ | ۰/۷۸ | ۰/۶۷ | ۰/۶۷ | ۰/۶۷ | ۰/۷۸ | ۰/۸۹ | ۰/۸۹ | ۱ | ۱ | ۰/۶۷ | ۰/۷۸ |
| ۰/۵۶ | ۰/۵۶ | ۰/۵۶ | ۰/۶۷ | ۰/۵۶ | ۰/۵۶ | ۰/۶۷ | ۰/۵۶ | ۰/۵۶ | ۰/۵۶ | ۰/۶۷ | ۰/۷۸ | ۰/۷۸ | ۰/۸۹ | ۰/۸۹ | ۰/۵۶ | ۰/۶۷ |
| I۵۱ | I۵۲ | I۵۳ | I۵۴ | I۵۵ | I۵۶ | I۵۷ | I۵۸ | I۵۹ | I۶۰ | I۶۱ | I۶۲ | I۶۳ | I۶۴ | I۶۵ | I۶۶ | I۶۷ |
| ۰/۷۸ | ۰/۶۷ | ۰/۶۷ | ۰/۷۸ | ۰/۷۸ | ۰/۷۸ | ۰/۶۷ | ۰/۷۸ | ۰/۶۷ | ۰/۶۷ | ۰/۶۷ | ۰/۶۷ | ۰/۶۷ | ۰/۶۷ | ۰/۶۷ | ۰/۶۷ | ۰/۶۷ |
| ۰/۶۷ | ۰/۵۶ | ۰/۵۶ | ۰/۶۷ | ۰/۵۶ | ۰/۶۷ | ۰/۵۶ | ۰/۵۶ | ۰/۵۶ | ۰/۵۶ | ۰/۵۶ | ۰/۵۶ | ۰/۵۶ | ۰/۵۶ | ۰/۵۶ | ۰/۵۶ | ۰/۵۶ |
| I۶۸ | I۶۹ | I۷۰ | I۷۱ | I۷۲ | I۷۳ | I۷۴ | I۷۵ | I۷۶ | I۷۷ | I۷۸ | I۷۹ | I۸۰ | I۸۱ | I۸۲ | I۸۳ | I۸۴ |
| ۰/۶۷ | ۰/۶۷ | ۰/۶۷ | ۰/۶۷ | ۰/۷۸ | ۰/۷۸ | ۰/۸۹ | ۰/۷۸ | ۰/۷۸ | ۰/۷۸ | ۰/۷۸ | ۰/۷۸ | ۰/۶۷ | ۰/۸۹ | ۰/۶۷ | ۰/۶۷ | ۰/۸۹ |
| ۰/۵۶ | ۰/۵۶ | ۰/۵۶ | ۰/۵۶ | ۰/۶۷ | ۰/۶۷ | ۰/۷۸ | ۰/۶۷ | ۰/۶۷ | ۰/۶۷ | ۰/۶۷ | ۰/۶۷ | ۰/۵۶ | ۰/۷۸ | ۰/۵۶ | ۰/۵۶ | ۰/۷۸ |
| I۸۵ | I۸۶ | I۸۷ | I۸۸ | I۸۹ | I۹۰ | I۹۱ | I۹۲ | I۹۳ | I۹۴ | I۹۵ | I۹۶ | I۹۷ | I۹۸ | I۹۹ | I۱۰۰ | Index |
| ۰/۷۸ | ۰/۶۷ | ۰/۶۷ | ۰/۷۸ | ۰/۶۷ | ۰/۷۸ | ۰/۶۷ | ۰/۶۷ | ۰/۶۷ | ۰/۶۷ | ۰/۶۷ | ۰/۷۸ | ۰/۶۷ | ۰/۶۷ | ۰/۶۷ | ۰/۶۷ | $\overline{a}$ |
| ۰/۶۷ | ۰/۵۶ | ۰/۵۶ | ۰/۶۷ | ۰/۵۶ | ۰/۶۷ | ۰/۵۶ | ۰/۵۶ | ۰/۵۶ | ۰/۵۶ | ۰/۵۶ | ۰/۶۷ | ۰/۵۶ | ۰/۵۶ | ۰/۵۶ | ۰/۵۶ | $\underline{a}$ |

(منبع: نویسندگان، ۱۳۹۸)

پس از تعیین کران بالا و پایین، مقداردهی هر گزینه مطرح می‌شود. برای این منظور، ابتدا ماتریس شاخص‌ها با استفاده از فرمول ۱۶، بی‌مقیاس و به ۵ رده تقسیم شد (تمام شاخص‌های این پژوهش مثبت هستند). سپس براساس کران بالا و پایینی هر شاخص، بازهٔ اولیه به ۵ زیربازهٔ دیگر دسته‌بندی شد و مرکز ثقل آن نیز با میانگین‌گیری از کران بالا و پایین همان بازهٔ جدید به دست آمد. نحوهٔ مقداردهی ماتریس بی‌مقیاس‌شده در جدول ۳ قابل‌مشاهده است.

**جدول ۳. نحوهٔ مقداردهی برای آلترناتیوهای ماتریس بی‌مقیاس‌شده**

| رده | بازهٔ اعداد خاکستری سه پارامتره | | | | معیار زبانی |
|---|---|---|---|---|---|
| | $\underline{a}=$ ۰/۵۶ ; $\bar{a}=$ ۰/۶۷ | $\underline{a}=$ ۰/۶۷ ; $\bar{a}=$ ۰/۷۸ | $\underline{a}=$ ۰/۷۸ ; $\bar{a}=$ ۰/۸۹ | $\underline{a}=$ ۰/۸۹ ; $\bar{a}=$ ۱ | |
| ۰ تا ۰/۲۰ | [۰/۵۶۰ ،۰/۵۷۱ ،۰/۵۸۲] | [۰/۶۹۳ ،۰/۶۸۲ ،۰/۶۷۱] | [۰/۸۰۲ ،۰/۷۹۲ ،۰/۷۸۱] | [۰/۹۱۲ ،۰/۹۰۱ ،۰/۸۹۱] | بسیار مخالف |
| ۰/۲۱ تا ۰/۴۰ | [۰/۵۸۳ ،۰/۵۹۴ ،۰/۶۰۴] | [۰/۷۱۷ ،۰/۷۰۵ ،۰/۶۹۴] | [۰/۸۲۴ ،۰/۸۱۴ ،۰/۸۰۳] | [۰/۹۳۴ ،۰/۹۲۴ ،۰/۹۱۳] | مخالف |
| ۰/۴۱ تا ۰/۶۰ | [۰/۶۰۵ ،۰/۶۱۶ ،۰/۶۲۶] | [۰/۷۴۰ ،۰/۷۲۸ ،۰/۷۱۸] | [۰/۸۴۶ ،۰/۸۳۵ ،۰/۸۲۵] | [۰/۹۵۶ ،۰/۹۴۶ ،۰/۹۳۵] | میانه |
| ۰/۶۱ تا ۰/۸۰ | [۰/۶۲۷ ،۰/۶۳۸ ،۰/۶۴۸] | [۰/۷۶۱ ،۰/۷۵۱ ،۰/۷۴۱] | [۰/۸۶۹ ،۰/۸۵۸ ،۰/۸۴۷] | [۰/۹۷۸ ،۰/۹۶۷ ،۰/۹۵۷] | موافق |
| ۰/۸۱ تا ۱ | [۰/۶۴۹ ،۰/۶۵۹ ،۰/۶۷۰] | [۰/۷۸۰ ،۰/۷۷۲ ،۰/۷۶۲] | [۰/۸۹۰ ،۰/۸۸۰ ،۰/۸۷۰] | [۱/۰۰ ،۰/۹۹۰ ،۰/۹۷۹] | بسیار موافق |

(منبع: نویسندگان، ۱۳۹۸)

مطابق‌با بازه‌های مندرج در جدول ۳، ماتریس اعداد خاکستری سه پارامتره تشکیل شد که به‌دلیل محاسبات طولانی در اینجا آورده نشده‌اند. پس از تشکیل این ماتریس، جزء مثبت (ماکزیمم هر ستون به تفکیک هر سه پارامتر) مشخص شد و با استفاده از روابط ۹ و ۱۰ وزن تعدیل‌شده بولزای به تفکیک شاخص‌ها محاسبه شد. مجموع وزن‌ها برابر با ۱ است. مقادیر وزن PSI و بولزای تعدیل‌شده در جدول ۴ آورده شده‌اند.

**جدول ۴. وزن بیرونی ($w_j^0$) و وزن تعدیل‌شدهٔ بولزای ($w_j^*$)**

| Index | $I_1$ | $I_2$ | $I_3$ | $I_4$ | $I_5$ | $I_6$ | $I_7$ | $I_8$ | $I_9$ | $I_{10}$ | $I_{11}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $w_j^0$ | ۰/۰۱۵ | ۰/۰۰۱ | ۰/۰۱۰ | ۰/۰۱۱ | ۰/۰۰۲ | ۰/۰۱۲ | ۰/۰۱۰ | ۰/۰۱۸ | ۰/۰۱۱ | ۰/۰۱۴ | ۰/۰۱۴ |
| $w_j^*$ | ۰/۰۱۵ | ۰/۰۰۵ | ۰/۰۱۰ | ۰/۰۰۹ | ۰/۰۰۵ | ۰/۰۱۱ | ۰/۰۰۹ | ۰/۰۱۲ | ۰/۰۰۷ | ۰/۰۱۲ | ۰/۰۱۴ |
| $I_{12}$ | $I_{13}$ | $I_{14}$ | $I_{15}$ | $I_{16}$ | $I_{17}$ | $I_{18}$ | $I_{19}$ | $I_{20}$ | $I_{21}$ | $I_{22}$ | $I_{23}$ |
| ۰/۰۱۵ | ۰/۰۱۶ | ۰/۰۴۳ | ۰/۰۰۰۲ | ۰/۰۰۶ | ۰/۰۰۳ | ۰/۰۰۸ | ۰/۰۱۰ | ۰/۰۰۱ | ۰/۰۰۲ | ۰/۰۰۴ | ۰/۰۰۵ | ۰/۰۰۳ |
| ۰/۰۱۳ | ۰/۰۱۳ | ۰/۰۶۰ | ۰/۰۰۵ | ۰/۰۰۶ | ۰/۰۰۶ | ۰/۰۱۱ | ۰/۰۱۰ | ۰/۰۰۵ | ۰/۰۰۵ | ۰/۰۰۷ | ۰/۰۰۶ | ۰/۰۰۷ |
| $I_{25}$ | $I_{26}$ | $I_{27}$ | $I_{28}$ | $I_{29}$ | $I_{30}$ | $I_{31}$ | $I_{32}$ | $I_{33}$ | $I_{34}$ | $I_{35}$ | $I_{36}$ | $I_{37}$ |
| ۰/۰۱۱ | ۰/۰۱۱ | ۰/۰۰۳ | ۰/۰۰۷ | ۰/۰۱۸ | ۰/۰۱۰ | ۰/۰۱۳ | ۰/۰۰۰۳ | -۰/۰۰۰۰۴ | ۰/۰۰۲ | ۰/۰۰۳ | ۰/۰۰۹ | ۰/۰۱۱ |
| ۰/۰۱۱ | ۰/۰۱۴ | ۰/۰۰۷ | ۰/۰۰۷ | ۰/۰۲۰ | ۰/۰۰۹ | ۰/۰۱۰ | ۰/۰۰۵ | ۰/۰۰۴ | ۰/۰۰۵ | ۰/۰۰۵ | ۰/۰۰۷ | ۰/۰۱۰ |
| $I_{38}$ | $I_{39}$ | $I_{40}$ | $I_{41}$ | $I_{42}$ | $I_{43}$ | $I_{44}$ | $I_{45}$ | $I_{46}$ | $I_{47}$ | $I_{48}$ | $I_{49}$ | $I_{50}$ |
| ۰/۰۱۰ | ۰/۰۰۸ | ۰/۰۱۳ | ۰/۰۰۸ | ۰/۰۰۶ | ۰/۰۰۵ | ۰/۰۱۹ | ۰/۰۲۶ | ۰/۰۳۰ | ۰/۰۳۲ | ۰/۰۳۳ | ۰/۰۰۱ | ۰/۰۲۰ |
| ۰/۰۰۹ | ۰/۰۱۰ | ۰/۰۱۲ | ۰/۰۱۱ | ۰/۰۰۷ | ۰/۰۰۶ | ۰/۰۱۳ | ۰/۰۲۵ | ۰/۰۱۹ | ۰/۰۲۳ | ۰/۰۲۳ | ۰/۰۰۵ | ۰/۰۱۵ |
| $I_{51}$ | $I_{52}$ | $I_{53}$ | $I_{54}$ | $I_{55}$ | $I_{56}$ | $I_{57}$ | $I_{58}$ | $I_{59}$ | $I_{60}$ | $I_{61}$ | $I_{62}$ | $I_{63}$ |
| ۰/۰۱۳ | ۰/۰۰۵ | ۰/۰۰۷ | ۰/۰۱۸ | ۰/۰۱۷ | ۰/۰۱۴ | ۰/۰۰۳ | ۰/۰۱۵ | ۰/۰۰۰۳ | ۰/۰۰۲ | ۰/۰۰۳ | ۰/۰۰۴ | ۰/۰۰۵ |
| ۰/۰۱۰ | ۰/۰۰۸ | ۰/۰۰۶ | ۰/۰۱۶ | ۰/۰۱۰ | ۰/۰۱۳ | ۰/۰۰۶ | ۰/۰۱۳ | ۰/۰۰۴ | ۰/۰۰۶ | ۰/۰۰۵ | ۰/۰۰۵ | ۰/۰۰۸ |
| $I_{64}$ | $I_{65}$ | $I_{66}$ | $I_{67}$ | $I_{68}$ | $I_{69}$ | $I_{70}$ | $I_{71}$ | $I_{72}$ | $I_{73}$ | $I_{74}$ | $I_{75}$ | $I_{76}$ |
| ۰/۰۰۱ | ۰/۰۰۹ | ۰/۰۰۲ | -۰/۰۰۰۰۲ | ۰/۰۰۳ | ۰/۰۰۳ | ۰/۰۰۰۴ | ۰/۰۰۲ | ۰/۰۱۷ | ۰/۰۱۶ | ۰/۰۲۹ | ۰/۰۱۶ | ۰/۰۱۹ |
| ۰/۰۰۵ | ۰/۰۱۰ | ۰/۰۰۵ | ۰/۰۰۴ | ۰/۰۰۵ | ۰/۰۰۶ | ۰/۰۰۵ | ۰/۰۰۵ | ۰/۰۱۱ | ۰/۰۱۵ | ۰/۰۱۶ | ۰/۰۱۳ | ۰/۰۱۵ |
| $I_{77}$ | $I_{78}$ | $I_{79}$ | $I_{80}$ | $I_{81}$ | $I_{82}$ | $I_{83}$ | $I_{84}$ | $I_{85}$ | $I_{86}$ | $I_{87}$ | $I_{88}$ | $I_{89}$ |
| ۰/۰۱۷ | ۰/۰۱۸ | ۰/۰۱۸ | ۰/۰۰۵ | ۰/۰۲۸ | ۰/۰۰۱ | ۰/۰۰۰۲ | ۰/۰۲۵ | ۰/۰۲۰ | ۰/۰۰۶ | ۰/۰۰۲ | ۰/۰۲۰ | ۰/۰۰۸ |
| ۰/۰۱۱ | ۰/۰۱۴ | ۰/۰۱۲ | ۰/۰۰۵ | ۰/۰۱۶ | ۰/۰۰۵ | ۰/۰۰۴ | ۰/۰۲۵ | ۰/۰۱۶ | ۰/۰۰۷ | ۰/۰۰۵ | ۰/۰۱۳ | ۰/۰۰۷ |
| $I_{90}$ | $I_{91}$ | $I_{92}$ | $I_{93}$ | $I_{94}$ | $I_{95}$ | $I_{96}$ | $I_{97}$ | $I_{98}$ | $I_{99}$ | $I_{100}$ | Index | |
| ۰/۰۱۴ | ۰/۰۰۹ | ۰/۰۰۲ | ۰/۰۰۳ | ۰/۰۰۱ | ۰/۰۰۰۲ | ۰/۰۱۸ | ۰/۰۰۰۴ | ۰/۰۰۸ | ۰/۰۰۵ | ۰/۰۰۹ | $w_j^0$ | |
| ۰/۰۱۱ | ۰/۰۰۸ | ۰/۰۰۵ | ۰/۰۰۶ | ۰/۰۰۵ | ۰/۰۰۵ | ۰/۰۱۲ | ۰/۰۰۵ | ۰/۰۰۸ | ۰/۰۰۷ | ۰/۰۰۹ | $w_j^*$ | |

(منبع: نویسندگان، ۱۳۹۸)

پس از تعیین وزن‌ها، با استفاده از روابط ۱۱ تا ۱۵ شهرستان‌های استان اردبیل، ازلحاظ برخورداری از زیرساخت‌ها با سه پاسخ مثبت، نسبی و منفی رتبه‌بندی شدند (جدول ۵). شهرستان مغان در دو جواب بولزای مثبت- مثبت و مثبت- نسبی توسعه‌یافته‌ترین شهرستان شناخته شد؛ ولی بولزای مثبت- جامع بیانگر توسعه‌یافتگی بیشتر شهرستان اردبیل است. هر سه جواب بولزای شهرستان پارس‌آباد را به‌عنوان توسعه‌نیافته‌ترین شهرستان استان معرفی کردند.

**جدول ۵. رتبه‌بندی کلی شهرستان‌های استان اردبیل در برخورداری از شاخص‌های زیرساختی**

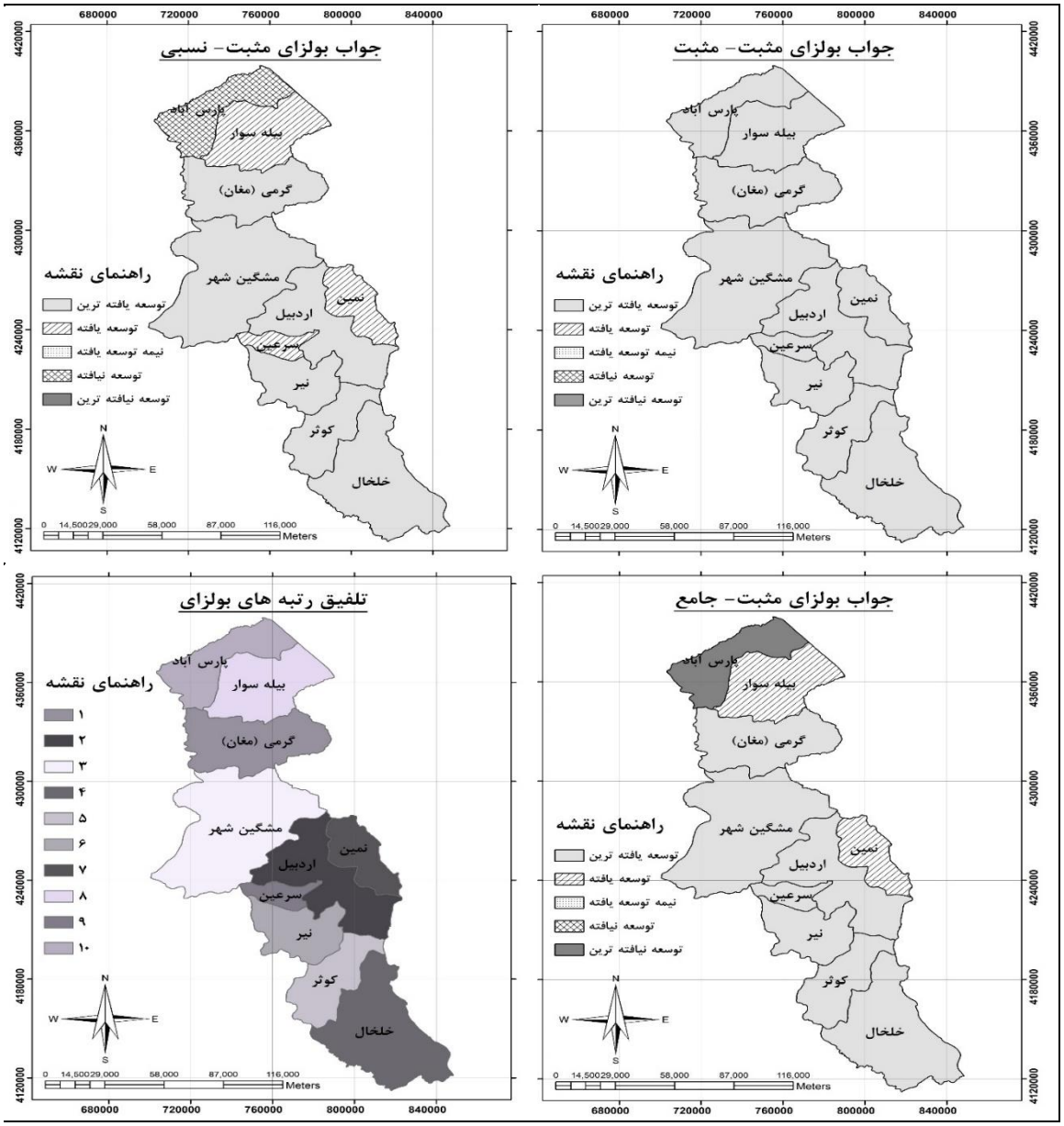
| نام شهرستان‌ها | بولزای مثبت- مثبت | | بولزای مثبت- نسبی | | | بولزای مثبت- جامع | | | تلفیق رتبه‌ها با روش بردا |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $\varepsilon_i^+$ | رتبه | $\varepsilon_i^0$ | $\varepsilon_i$ | رتبه | $\varepsilon_i^-$ | $\varepsilon_i$ | رتبه | |
| **اردبیل** | ۰/۴۸۷ | ۲ | ۰/۴۵۲ | ۰/۴۸۱ | ۴ | ۰/۴۹۲ | ۰/۴۸۸ | ۱ | ۲ |
| **بیله‌سوار** | ۰/۵۴۲ | ۸ | ۰/۳۲۱ | ۰/۳۷۲ | ۸ | ۰/۳۶۴ | ۱/۲۸۴ | ۹ | ۸ |
| **پارس‌آباد** | ۰/۵۷۰ | ۱۰ | ۰/۱۳۴ | ۰/۱۹۰ | ۱۰ | ۰/۳۶۹ | ۵/۷۷۶ | ۱۰ | ۱۰ |
| **خلخال** | ۰/۴۹۵ | ۴ | ۰/۴۹۹ | ۰/۵۰۲ | ۳ | ۰/۳۹۹ | ۰/۶۷۳ | ۵ | ۴ |
| **سرعین** | ۰/۵۴۲ | ۹ | ۰/۲۸۲ | ۰/۳۴۲ | ۹ | ۰/۴۶۳ | ۱/۰۰۲ | ۷ | ۹ |
| **کوثر** | ۰/۵۰۴ | ۵ | ۰/۴۴۸ | ۰/۴۷۰ | ۵ | ۰/۴۶۹ | ۰/۵۸۴ | ۲ | ۵ |
| **مشگین شهر** | ۰/۴۹۲ | ۳ | ۰/۵۰۰ | ۰/۵۰۴ | ۲ | ۰/۴۳۳ | ۰/۶۰۹ | ۳ | ۳ |
| **مغان (گرمی)** | ۰/۴۸۶ | ۱ | ۰/۵۳۱ | ۰/۵۲۲ | ۱ | ۰/۴۱۷ | ۰/۶۱۰ | ۴ | ۱ |
| **نمین** | ۰/۵۴۱ | ۷ | ۰/۳۷۶ | ۰/۴۱۰ | ۷ | ۰/۳۳۶ | ۱/۱۳۷ | ۸ | ۷ |
| **نیر** | ۰/۵۱۹ | ۶ | ۰/۴۴۵ | ۰/۴۶۲ | ۶ | ۰/۴۳۵ | ۰/۷۰۲ | ۶ | ۶ |

(منبع: نویسندگان، ۱۳۹۸)

ازآنجاکه ۳ جواب تا اندازه‌ای با یکدیگر مغایرت دارند، از روش بردا برای تلفیق رتبه‌ها استفاده شد. حاصل روش بردا نشانگر برتری شهرستان گرمی (مغان) بر سایر شهرستان‌هاست. شهرستان اردبیل در رتبهٔ دوم توسعه‌یافتگی زیرساختی قرار گرفت که این امر می‌تواند ناشی از افزایش جمعیت این شهرستان و کاهش پاسخگویی زیرساخت‌های این شهرستان باشد. شهرستان پارس‌آباد نیز به‌عنوان محروم‌ترین شهرستان استان اردبیل شناسایی شد.

پارس آباد ≺ سرعین ≺ بیله‌سوار ≺ نمین ≺ نیر ≺ کوثر ≺ خلخال ≺ مشگین شهر ≺ اردبیل ≺ مغان

برای تعیین سطوح‌یافتگی، جواب‌ها نرمال شده و به‌ترتیب ۰/۲-۰ (توسعه‌نیافته‌ترین)، ۰/۴-۰/۲ (توسعه‌نیافته)، ۰/۶-۰/۴ (نیمه‌توسعه‌یافته)، ۰/۸-۰/۶ (توسعه‌یافته) و ۱-۰/۸ (توسعه‌یافته‌ترین) دسته‌بندی شدند (شکل ۴). این شکل نشان می‌دهد که بیشتر شهرستان‌های استان اردبیل در شاخص‌های زیرساختی تفاوت زیادی با یکدیگر ندارند، ولی شهرستان پارس‌آباد اختلاف زیادی با سایر شهرستان‌ها دارد.




**شکل ۴. سطوح توسعه‌یافتگی زیرساختی در شهرستان‌های استان اردبیل**

(منبع: نویسندگان، ۱۳۹۸)

برای تحلیل بهتر وضعیت زیرساخت‌ها در استان اردبیل، مقدار بولزای مثبت- جامع به تفکیک گروه‌های زیرساختی محاسبه شد (جدول ۶). اطلاعات مندرج در این جدول روشن می‌سازد که در زیرساخت‌های حمل‌ونقل و ارتباطات، شهرستان نمین؛ در زیرساخت‌های اجتماعی- رفاهی، شهرستان مغان؛ در زیرساخت‌های آب و انرژی، شهرستان اردبیل؛ در زیرساخت‌های کشاورزی، شهرستان مشگین شهر؛ در زیرساخت‌های مالی، شهرستان اردبیل و در زیرساخت مناطق سبز، شهرستان کوثر از توسعه‌یافتگی بیشتری برخوردارند؛ همچنین، شهرستان‌های بیله‌سوار در زیرساخت‌های حمل‌ونقل و ارتباطات؛ شهرستان پارس‌آباد در زیرساخت‌های اجتماعی- رفاهی؛ شهرستان نیر و نمین در زیرساخت‌های انرژی؛

شهرستان خلخال در زیرساخت‌های کشاورزی؛ شهرستان‌های خلخال و مغان در زیرساخت مالی و شهرستان اردبیل در زیرساخت مناطق سبز شهری نسبت‌به سایر شهرستان‌ها کمترتوسعه‌یافته‌اند. لازم به اشاره است که در گروه زیرساخت‌های کشاورزی، با وجود اینکه شهرستان‌های خلخال و مغان قابلیت بسیاری برای کشاورزی دارند و شغل اصلی ساکنان شهرستان خلخال کشاورزی (دامداری و زراعت) و بیش از ۵۰ درصد از تولید ناخالص داخلی شهرستان مغان ناشی از فعالیت‌های زراعت و دامداری است، ولی نسبت‌به سایر شهرستان‌ها توسعه‌یافتگی پایین‌تری داشته‌اند. سطح‌بندی زیرساخت‌های مالی بیانگر این است که شهرستان اردبیل به‌عنوان مرکز سیاسی استان با تمرکز واحدهای بانکی و سرمایه‌ای و شهرستان نمین با توجه به فاصلهٔ کمی که از مرکز استان دارد، برخوردارترین شهرستان‌های استان و شهرستان‌های مغان و خلخال محروم‌ترین هستند. در زیرساخت‌های سبز شهری، شهرستان اردبیل با وجود اینکه یک شهر فشرده با سکونت غالب آپارتمان‌نشینی است و با افزایش جمعیت روبرو است، نامطلوب‌ترین وضعیت را دارد که این امر بر کاهش پاسخگویی زیرساخت حمل‌ونقل نیز تأثیر داشته است. ضریب پراکندگی زیرساخت‌های حمل‌ونقل و ارتباطات، ۰/۵۹۹؛ زیرساخت‌های اجتماعی- رفاهی، ۱/۱۹۵؛ زیرساخت‌های آب و انرژی، ۰/۱۷۳؛ زیرساخت‌های کشاورزی، ۰/۳۸۸؛ زیرساخت‌های مالی، ۰/۱۳۳ و زیرساخت‌های مناطق سبز، ۱/۵۷۴ محاسبه شده که بیانگر عدم‌توازن شدید در توزیع زیرساخت‌های مناطق سبز و سپس زیرساخت‌های اجتماعی- رفاهی در بین شهرستان‌های استان اردبیل است. زیرساخت‌های مالی از توزیع نسبتاً بهتری برخوردار بوده‌اند.

**جدول ۶- مقدار بولزای جامع و رتبه‌بندی شهرستان‌های استان اردبیل به تفکیک گروه‌های ۶ گانهٔ زیرساختی**

| شهرستان | حمل‌ونقل و ارتباطات | | اجتماعی- رفاهی | | انرژی | | کشاورزی | | مالی | | مناطق سبز | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $\varepsilon_i$ | رتبه | $\varepsilon_i$ | رتبه | $\varepsilon_i$ | رتبه | $\varepsilon_i$ | رتبه | $\varepsilon_i$ | رتبه | $\varepsilon_i$ | رتبه |
| اردبیل | ۰/۴۹۰ | ۸ | ۰/۴۴۰ | ۸ | ۰/۴۳۲ | ۱ | ۰/۱۷۶ | ۷ | ۰/۰۷۶ | ۱ | ۲۵/۰۶ | ۱۰ |
| بیله‌سوار | ۱/۱۷۹ | ۱۰ | ۰/۳۶۰ | ۶ | ۰/۵۳۸ | ۶ | ۰/۲۱۹ | ۸ | ۰/۰۸۷ | ۴ | ۱۵/۹۹ | ۹ |
| پارس‌آباد | ۰/۶۱۸ | ۹ | ۲/۶۸۴ | ۱۰ | ۰/۵۸۵ | ۸ | ۰/۱۴۹ | ۲ | ۰/۱۰۲ | ۵ | ۲/۶۳۰ | ۲ |
| خلخال | ۰/۳۱۳ | ۴ | ۰/۳۳۴ | ۲ | ۰/۴۳۷ | ۲ | ۰/۳۷۰ | ۱۰ | ۰/۱۱۴ | ۹ | ۴/۵۵۶ | ۶ |
| سرعین | ۰/۴۳۹ | ۷ | ۰/۵۳۰ | ۹ | ۰/۴۸۵ | ۴ | ۰/۱۷۵ | ۶ | ۰/۱۰۳ | ۷ | ۳/۴۳۲ | ۳ |
| کوثر | ۰/۳۲۶ | ۶ | ۰/۳۵۷ | ۵ | ۰/۵۴۲ | ۷ | ۰/۱۶۵ | ۴ | ۰/۰۸۷ | ۳ | ۲/۵۱۸ | ۱ |
| مشگین شهر | ۰/۳۱۲ | ۳ | ۰/۳۴۰ | ۳ | ۰/۵۲۶ | ۵ | ۰/۱۴۳ | ۱ | ۰/۱۰۲ | ۶ | ۴/۳۴۱ | ۵ |
| مغان (گرمی) | ۰/۲۹۸ | ۲ | ۰/۳۳۳ | ۱ | ۰/۴۵۴ | ۳ | ۰/۳۳۴ | ۹ | ۰/۱۱۴ | ۹ | ۳/۷۱۳ | ۴ |
| نمین | ۰/۲۹۵ | ۱ | ۰/۳۵۷ | ۴ | ۰/۶۸۱ | ۹ | ۰/۱۶۴ | ۳ | ۰/۰۸۴ | ۲ | ۶/۶۱۴ | ۷ |
| نیر | ۰/۳۱۶ | ۵ | ۰/۳۷۹ | ۷ | ۰/۶۹۱ | ۱۰ | ۰/۱۶۵ | ۵ | ۰/۱۰۳ | ۸ | ۷/۰۷۸ | ۸ |

(منبع: نویسندگان، ۱۳۹۸)

محاسبهٔ ضریب پراکندگی برای شاخص‌های پژوهش نشان‌دهندهٔ اختلافی بین ۰/۰۳۹ (شاخص روستاهای دارای تلفن) تا ۲/۴۰۸ (شاخص آزمایشگاه دامپزشکی) بود. در این میان، شاخص‌های آزمایشگاه دامپزشکی، دفتر پست شهری، مراکز توانبخشی، مؤسسات درمانی- تشخیصی هسته‌ای، سینما و گنجایش آن، پمپ بنزین سوپر، فروش آب صنعتی، مشترکین برق تجاری و شرکت‌ها تعاونی مالی نسبت‌به سایر شاخص‌ها پراکندگی و توزیع نامتوازن‌تری داشتند. زیرساخت‌های شمارهٔ ۲، ۵، ۹، ۱۶، ۱۷، ۲۰، ۲۱، ۲۳، ۲۴، ۲۸، ۴۳،

۵۷، ۵۹، ۶۱، ۶۲، ۶۴، ۶۶، ۶۸، ۷۰، ۷۱، ۸۰، ۸۲، ۸۶، ۸۷، ۸۹، ۹۱ تا ۹۴ توزیعی نیمه‌پراکنده- نیمه‌متوازن و سایر شاخص‌ها از توزیع متوازنی برخوردار بودند.

توسعهٔ اقتصادی، معیار مهمی برای افزایش استانداردهای زندگی مردم است و سرانهٔ تولید ناخالص داخلی (GDP) یا درآمد سرانه، معیاری برای سنجش توسعهٔ اقتصادی بلندمدت منطقه است (Mehmood Alam et al, 2020: 1). در این پژوهش، برای بررسی تأثیر زیرساخت‌های مختلف بر GDP استان اردبیل، از تحلیل رگرسیون در نرم‌افزار SPSS استفاده شده است. به تعریف بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران در حساب‌های ملی، روش تولید (جمع ارزش افزوده‌ها) به‌عنوان روش اصلی محاسبهٔ تولید ناخالص داخلی (GDP) به کار برده می‌شود (www.cbi.ir). ارزش افزوده، ارزش اضافی ایجادشده در جریان تولید است. تفاوت بین ارزش ستانده و مصرف واسطه در هر فعالیت اقتصادی را ارزش افزودهٔ ناخالص می‌گویند (سالنامهٔ آماری استان اردبیل، ۱۳۹۵: ۶۱۶)؛ بنابراین در اینجا از جدول حساب‌های استان در سالنامهٔ آماری استان اردبیل استفاده شده تا ارزش افزودهٔ بخش‌های ۱- حمل‌ونقل و انبارداری و ارتباطات، ۲- کشاورزی، ۳- تأمین برق و آب و گاز طبیعی، ۴- واسطه‌گری مالی، ۵- بهداشت و مددکاری اجتماعی، ۶- خدمات شهری، عمومی، اجتماعی و... به‌دست آید.

ازآنجاکه محاسبهٔ میزان GDP به تفکیک شهرستان‌ها ممکن نبود، تأثیر امکانات زیرساختی بر GDP کل استان براساس سرشماری‌های سال‌های ۱۳۸۵، ۱۳۹۰ و ۱۳۹۵ لحاظ شده‌است تا روند توسعهٔ زیرساخت‌ها طی ۱۰ سال و تأثیر آن بر رشد اقتصادی مورد بررسی قرار گیرد. در اینجا امکانات زیرساختی به‌عنوان متغیر مستقل (متغیر اثرگذار) یا x و میزان GDP به‌عنوان متغیر وابسته یا y درنظر گرفته شده است (جدول ۷).

**جدول ۷. نتایج محاسبات رگرسیون برای تعیین تأثیر توسعهٔ زیرساخت‌ها بر افزایش تولید ناخالص داخلی**

| زیرساخت‌ها | x | y | a | b | sig. | β | معناداری |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **کشاورزی** | ۳/۸۳۵<br>۴/۸۳۶<br>۶/۲۷۶ | ۴۵۵۲۰۰۰<br>۸۹۱۷۳۱۵<br>۳۱۵۸۱۹۲۸ | -۱/۳۲۳ | ۲/۲۶۶ | ۰/۱۷۱ | ۰/۹۶۴ | معنادار نیست |
| **آب، گاز، برق و فاضلاب، پسماند و تصفیه** | ۱۲/۸۰۹<br>۱۶/۶۵۶<br>۱۹/۸۳۰ | ۱۲۶۰۰۰<br>۱۴۹۲۵۱۸<br>۳۱۱۰۹۶۰ | -۱/۷۲۶ | ۲/۶۹۴ | ۰/۰۶۶ | ۰/۹۹۵ | تا حدودی معنادار |
| **حمل‌ونقل و ارتباطات** | ۸/۷۱۳<br>۱۲/۱۵۰<br>۱۳/۲۷۰ | ۹۱۸۰۰۰<br>۳۰۷۴۸۱۹<br>۱۰۳۹۲۰۹۰ | -۱/۴۴۱ | ۲/۲۱۸ | ۰/۳۷۶ | ۰/۸۳۰ | معنادار نیست |
| **خدمات شهری، عمومی، فرهنگی، اجتماعی، تفریحی** | ۱۳/۴۷۵<br>۱۶/۹۶<br>۱۸/۹۳۶ | ۱۴۸۳۰۰۰<br>۳۹۵۲۰۸۶<br>۱۰۲۸۰۰۷۵ | -۱/۹۰۳ | ۲/۷۷۹ | ۰/۲۵۹ | ۰/۹۱۹ | معنادار نیست |
| **واسطه‌گری مالی** | ۲/۱۸۰<br>۳/۹۴۸<br>۲/۹۷۱ | ۲۷۵۰۰۰<br>۱۱۵۸۱۰۵<br>۱۲۵۵۳۲۲ | -۰/۴۳۷ | ۱/۴۹۹ | ۰/۴۲۹ | ۰/۷۸۱ | معنادار نیست |
| **فعالیت‌های مربوط به سلامت انسان و مددکاری اجتماعی** | ۹/۹۸۲<br>۱۰/۸۱۰<br>۱۲/۶۰۰ | ۷۵۵۰۰۰<br>۲۹۱۴۲۷۳<br>۸۶۸۲۸۳۱ | -۳/۴۴۴ | ۴/۴۳۴ | ۰/۰۳۰ | ۰/۹۹۹ | معنادار است |

در ستون x و y اعداد به‌ترتیب از بالا به پایین بیانگر مقادیر نرمال‌شدهٔ زیرساخت‌ها و GDP (به میلیون ریال) در سال‌های ۱۳۸۵، ۱۳۹۰ و ۱۳۹۵ هستند.
(منبع: سالنامه‌های آماری استان اردبیل، ۱۳۸۵، ۱۳۹۰، ۱۳۹۵؛ نویسندگان، ۱۳۹۸)

براساس جدول بالا، به غیر از شاخص‌های سلامت و مددکاری اجتماعی و تا حدودی زیرساخت‌های تأمین آب، گاز و برق، توسعهٔ سایر گروه‌های زیرساختی تأثیری بر رشد اقتصادی استان نداشته است. مقادیر بتا در زیرساخت‌های سلامت و آب، گاز و برق نشان می‌دهد که به‌ازای یک واحد تغییر در توسعهٔ زیرساخت‌های مذکور، به‌ترتیب ۰/۹۹۹ و ۰/۹۹۵ تولید ناخالص داخلی استان افزایش می‌یابد؛ بنابراین لازم است برنامه‌ریزان و مسئولان برای افزایش رشد اقتصادی استان اردبیل به سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های سلامت و آب، گاز و برق توجه کافی مبذول دارند.

## نتیجه‌گیری

این مقاله نابرابری توسعه‌یافتگی امکانات زیرساختی را در استان اردبیل مورد بررسی قرار داد و رابطهٔ علّی بین توسعهٔ زیرساخت‌ها و رشد اقتصادی را طی ۱۰ سال از سال ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۵ ارزیابی کرد. نتایج این پژوهش بینش ارزشمندی از توسعهٔ زیرساختی و راه‌حلی برای افزایش رشد اقتصادی استان اردبیل به دست می‌دهد؛ زیرا هیچ مطالعه‌ای در این مورد برای استان اردبیل انجام نشده است. نتایج محاسبات بولزای جامع نشان می‌دهد که توسعه و توزیع زیرساخت‌ها در استان اردبیل نامتوازن است؛ به‌طوری‌که شهرستان اردبیل (۰/۴۸۸) حدود ۱۲ برابر، از شهرستان پارس‌آباد (۵/۷۷۶) توسعه‌یافته‌تر است. علت این شکاف در کمبود زیرساخت‌های حمل‌ونقل و ارتباطات و به‌ویژه زیرساخت‌های اجتماعی- رفاهی شهرستان پارس‌آباد نهفته است. همچنین، شهرستان بیله‌سوار در زیرساخت‌های حمل‌ونقل و ارتباطات، شهرستان پارس‌آباد در زیرساخت‌های اجتماعی- رفاهی، شهرستان‌های نمین، نیر و پارس‌آباد در زیرساخت‌های انرژی، شهرستان‌های خلخال و مغان در زیرساخت‌های کشاورزی و مالی و شهرستان‌های اردبیل و بیله‌سوار در زیرساخت‌های سبز شهری در وضعیت محروم‌تری قرار دارند. این اختلاف سطوح توسعه‌یافتگی در مقیاس بین‌المللی (با پژوهش دونابور و همکاران، ۲۰۱۴ برای کشورهای جهان)، ملی (تریپثی، ۲۰۱۷ برای هند) و منطقه‌ای (با پژوهش طاهرپور و همکاران، ۱۳۹۹ برای استان آذربایجان شرقی) نیز تأیید شده است. محاسبات ضریب پراکندگی نشان داد که بعضی از زیرساخت‌ها مانند آزمایشگاه دامپزشکی، فروش آب صنعتی، پمپ بنزین سوپر و... به‌طور بسیار نامتوازن و پراکنده‌ای توزیع شده‌اند. نتایج تحلیل رگرسیون بیانگر تأثیر بالای افزایش زیرساخت‌های سلامت و سپس آب، گاز و برق بر افزایش تولید ناخالص داخلی استان اردبیل طی ۱۰ سال (۱۳۸۵ تا ۱۳۹۵) بوده است. در چین، ژائو و کاناموری (۲۰۰۷) تأثیر زیرساخت‌های برق، مخابرات و حمل‌ونقل را بر GDP مؤثر دانستند. در پاکستان، محمود علم و همکاران (۲۰۲۰) زیرساخت‌های حمل‌ونقل و در یک مطالعه بین‌المللی، راسموسن و همکاران (۲۰۲۱) زیرساخت‌های اکولوژیکی را بر افزایش GDP و رشد اقتصادی مورد تأیید قرار دادند؛ بنابراین می‌توان گفت، براساس شرایط اقتصادی و دوره‌های زمانی و کشورهای مختلف، تأثیر زیرساخت‌ها بر رشد اقتصادی متفاوت خواهد بود (Mehmood Alam et al, 2020: 10).

به‌طور خلاصه، بین شهرستان‌های استان اردبیل در توسعه‌یافتگی زیرساختی تفاوت وجود دارد و زیرساخت‌های سلامت، آب، برق و گاز نقش مهمی در توسعهٔ اقتصادی استان ایفا کرده‌اند؛ بنابراین پیشنهاد می‌شود سیاست تمرکززدایی و مشارکت دولتی- خصوصی برای رفع این عدم‌توازن‌ها، در دستور کار مسئولان قرار گیرد. زیرساخت‌های بهداشت و درمان و آب، برق و گاز بیشتری در همهٔ بخش‌ها مانند سکونتگاه‌ها، صنعت، خدمات، کشاورزی و تجارت توسعه یابد. در ادبیات، تأثیر غیرمستقیم زیرساخت‌های

بهداشتی بر رشد اقتصادی تأیید شده و در صورت پیشرفت پروژه‌های زیرساخت‌های بهداشتی، نتایج مثبت قابل‌توجهی می‌تواند برای استان اردبیل به وجود آید. لازم است سیاست مناسبی برای پیشبُرد این زیرساخت‌ها معرفی شود و مدل مناسبی برای ایجاد پوشش مطلوب آن‌ها ارائه گردد.

برای درک بهتر شرایط زیرساختی استان اردبیل که با درنظرگرفتن تمام جوانب، به یک برنامه‌ریزی معقولانه با درجه اطمینان زیاد منجر شود، نیاز به مطالعات و کارهای بیشتری است. در این راستا موارد زیر پیشنهاد می‌شود:

۱- استفاده از بخش‌های زیرساختی (مانند صنعت) و شاخص‌های بیشتر (مانند زندان‌ها، خانه‌های سالمندان، خوابگاه‌ها و...).

۲- تأثیر افزایش زیرساخت‌های مختلف بر اشتغال و درآمد سرانه.

۳- تأثیر زیرساخت‌های روستایی و کشاورزی بر افزایش تولیدات کشاورزی با تأکید بر توان اکولوژیکی سرزمین.

۴- تأثیر و تأثر زیرساخت های مختلف و محیط زیست و پیش‌بینی آن.

۵- سهم بخش خصوصی و دولتی در تأمین سرمایه و اجرای پروژه‌های زیرساختی.

۶- تأثیرات اجتماعی- اقتصادی توسعهٔ زیرساخت‌ها.

## منابع


آل‌هاشمی، آیدا؛ منصوری، سید امیر؛ براتی، ناصر. (۱۳۹۵). زیرساخت شهری و لزوم تغییر نگاه در تعریف و برنامه‌ریزی آن، زیرساخت منظرین مفهومی نو در تعریف زیرساخت‌های شهری قرن بیست‌ویک، نشریه باغ نظر، سال ۱۳، شماره پیاپی ۴۳، صص ۱۶-۵.

http://www.bagh-sj.com/article_41070.html

آمار، تیمور؛ خداداد، مهدی؛ معمری، ابراهیم. (۱۳۹۷). ارزیابی توزیع فضایی مؤلفه های توسعه پایدار در بین شهرستان های استان ایلام با استفاده از تکنیک VIKOR-SAW، فصلنامهٔ برنامه‌ریزی منطقه‌ای، سال هشتم، شمارهٔ ۲۹، صص ۷۸-۶۵.

http://jzpm.miau.ac.ir/article_2775.html

اسماعیل زاده، حسن؛ صفرخانی، رضوان؛ اسماعیل زاده، یعقوب. (۱۳۹۶). تحلیل سطوح برخورداری و رتبه‌بندی شهرستان‌های استان همدان با استفاده از مدل های چندمعیارهٔ TOPSIS و COPRAS، فصلنامهٔ برنامه ریزی منطقه‌ای، سال هفتم، شمارهٔ پیاپی ۲۵، صص ۲۸-۱۵.

http://jzpm.miau.ac.ir/article_2237.html

رضایی‌نور، جلال؛ غضنفری نصرآباد، مهدی؛ درودی، علی. (۱۳۹۵). توسعهٔ روش بولزای- بولزای برای تصمیم‌گیری چندمعیاره با اعداد خاکستری به‌منظور انتخاب تأمین‌کنندهٔ تجهیزات (مطالعهٔ موردی: انتخاب و خرید تجهیزات بیمارستانی)، فصلنامهٔ مدیریت صنعتی، دورهٔ هشتم، شمارهٔ ۴، صص ۶۲۴-۶۰۱.

https://imj.ut.ac.ir/article_62697.html

سالنامهٔ آماری استان اردبیل (۱۳۸۵، ۱۳۹۰، ۱۳۹۵). انتشارات سازمان برنامه و بودجهٔ کشور.

https://ardabilmpo.ir/index.aspx?pageid=387&pageid=387

سلطانی، علی؛ موسوی، سید رضا؛ زالی، نادر. (۱۳۹۶). تحلیل و ارزیابی ریسک زیرساخت‌های منطقه‌ای از منظر پدافند غیرعامل (نمونهٔ موردی: منطقهٔ صنعتی پارس یک جنوبی)، فصلنامهٔ برنامه‌ریزی منطقه‌ای، سال هفتم، شمارهٔ ۲۵، صص ۹۶-۸۳.

http://jzpm.miau.ac.ir/article_2252.html

طاهرپور، فاطمه؛ واعظی، موسی؛ خرمی، هابیل؛ اکبری، مجید. (۱۳۹۹). ارزیابی شهرستان های استان آذربایجان شرقی از لحاظ شاخص های زیربنایی با استفاده از تحلیل رابطهٔ خاکستری، فصلنامهٔ برنامه‌ریزی منطقه‌ای، سال دهم، شمارهٔ ۳۸، صص ۵۰-۳۳.

http://jzpm.miau.ac.ir/article_3990.html

طرح آمایش سرزمین استان اردبیل. (۱۳۹۷). فصل پنجم: جمع بندی و نتیجه گیری از مطالعات وضع موجود، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استان اردبیل.

https://ardabilmpo.ir/index.aspx?siteid=1&fkeyid=&siteid=1&pageid=1317

مرکز آمار ایران. (۱۳۹۵). جمعیت بر حسب سن، جنس و نوع خانوار (اردبیل)، داده‌ها و اطلاعات آماری.

https://ssis.sci.org.ir/%D8%AC%D9%85%D8%B9%DB%8C%D8%AA-%D8%A7%D8%B1%D8%AF%D8%A8%DB%8C%D9%84

میرزاخانی، بهاره؛ برندک، فرهاد. (۱۳۹۳). سطح‌بندی توسعه یافتگی شهرستان های استان اردبیل، فصلنامهٔ جغرافیا و مطالعات محیطی، سال سوم، شمارهٔ ۱۱، صص ۹۰-۷۹.

http://ges.iaun.ac.ir/article_556027.html

یزدانی، محمدحسن؛ سیدین، افشار؛ طایفه عیسی خواجه لو، رسول. (۱۳۹۴). سنجش و تحلیل سطوح توسعه یافتگی زیربنایی در نواحی روستایی استان اردبیل، فصلنامهٔ اقتصاد فضا و توسعهٔ روستایی، سال چهارم، شمارهٔ پیاپی ۱۳، صص ۵۶-۳۹.

https://serd.khu.ac.ir/article-1-2568-fa.html

Agénor, P. R. (2010). A theory of infrastructure-led development. Journal of Economic Dynamics and Control, 34(5), 932-950.

https://econpapers.repec.org/paper/mancgbcrp/83.htm

Ahuja, Vanita (2014). Urbanization and Urban Infrastructure Management, International Symposium on the Advancement of Construction Management and Real Estate (CRIOCM), 11 pages.

https://www.researchgate.net/publication/270157007_Urbanization_and_Urban_Infrastructure_Management_-_Indian_Scenario

Bogart, Dan (2020). Infrastructure and institutions: lessons from history, Journal of Regional Science and Urban Economics, REGEC 103626.

https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0166046220303112?dgcid=rss_sd_all

Demurger, Sylvie (2001). Infrastructure Development and Economic Growth: An Explanation for Regional Disparities in China?, Journal of Comparative Economics, No 29, pp 95-117.

https://www.researchgate.net/publication/222298076_Infrastructure_Development_and_Economic_Growth_An_Explanation_for_Regional_Disparities_in_China

Donaubauer, Julian. Meyer, Birgit. Nunnenkamp, Peter (2014). A New Global Index of Infrastructure: Construction, Rankings and Applications, Kiel Working Paper 1929, Kiel Institute for the World Economy, Germany.

https://www.semanticscholar.org/paper/A-New-Global-Index-of-Infrastructure%3A-Construction%2C-Donaubauer-Meyer/47208c02f57f31422b04cd793f97ae711b5ab3be

https://www.cbi.ir/simplelist/4507.aspx.

Dang, Luo; Wang, Xia (2012). The multi-attribute grey target decision method for attribute value within three-parameter interval grey number, Applied Mathematical Modelling, No 36, pp 1957-1963.

https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0307904X11004720

Mehmood Alam, Khalid. Baig, Saranjam. Li, Xuemei. Ghanem, Osman. Hanif, Salman (2020). Causality between transportation infrastructure and economic development in Pakistan: An ARDL analysis, Journal of Research in Transportation Economics, Available online, 12 pages.

https://www.researchgate.net/publication/345241327_Causality_between_transportation_infrastructure_and_economic_development_in_Pakistan_An_ARDL_analysis

Ojo, Adegbola. Papachristodoulou, Nikolaos. Ibeh, Samuel (2018). The Development of an Infrastructure Quality Index for Nigerian Metropolitan Areas Using Multivariate Geo-Statistical Data Fusion, journal of urban scince, Vol 2, pp 2-19.

https://www.mdpi.com/2413-8851/2/3/59

Rasmussen, Laura Vang. Fold, Niels. Olesen, Rasmus Skov. Shackleton, Sheona (2021). Socio-economic outcomes of ecological infrastructure investments, Journal of Ecosystem Services, No 47, pp 1-8.

https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212041620301844

Satish, P (2007). Rural Infrastructure and Growth: An Overview, Indian journal of agriculture economics, Vol 62, No 1, pp 32-51.

https://www.semanticscholar.org/paper/Rural-Infrastructure-and-Growth%3A-An-Overview-Satish/2a555a05be88e70bdc7a65714066d14816ff03b9

Schmucker, Robin (2018). Regional Infrastructure Investment Plans: Potential for Advancing Sustainable Development?, Published by the Heinrich Böll Foundation North America, Washington DC, 36 pages.

https://us.boell.org/index.php/en/2018/03/06/regional-infrastructure-investment-plans-potential-advancing-sustainable-development

https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2226585616300292

Tripathi, Sabyasachi (2017). Relationship between Infrastructure and Population Agglomeration in Urban India: An Empirical Assessment. ADBI Working Paper 731. Tokyo: Asian Development Bank Institute.

https://www.adb.org/publications/relationship-between-infrastructure-population-agglomeration-india

Zhao, Zhijun. Kanamori, Toshiki (2007). Infrastructure and Regional Development in the People's Republic of China, Tokyo: Asian Development Bank Institute, 48 pages.

https://www.adb.org/publications/infrastructure-and-regional-development-peoples-republic-china

Sijanec Zavrl, Marjana and Tanac Zeren, Mine (2010). Sustainability of Urban Infrastructures, Journal of Sustainability, No 2, pp 2950-2964.

https://www.mdpi.com/2071-1050/2/9/2950

Skayannis, Pantoleon. Markatou, Maria (2005). Physical Infrastructure and Competitiveness: theory and praxis, examples from the telecommunications sector, 8th International Conference on Technology Policy and Innovation, 14 pages.

https://www.academia.edu/11785240/PHYSICAL_INFRASTRUCTURE_AND_COMPETITIVENESS_THEORY_AND_PRAXIS_EXAMPLES_FROM_THE_TELECOMMUNICATIONS_SECTOR

Soyinka, Oluwole. Siu, Kin Wai Michael. Lawanson, Taibat. Adeniji, Olufemi (2016). Assessing smart infrastructure for sustainable urban development in the Lagos metropolis, Journal of Urban Management, No 5, pp 52-64.