University of Guilan

Urban Planning Knowledge

ISSN: 2645-5412

A Comparative Study of the Present Value of Various Investment Strategies in the Country's Transportation Network (Case Study: Iran's Intercity Freeway)

Samaneh Hasan Pour [1], Hassan Farazmand*[2], Seyed Morteza Afghah [3] and Seyed Aziz Arman [4]

[1] Ph.D. student, faculty of economics & social sciences, shahid chamran university of Ahvaz, Ahvaz, Khuzestan, Iran

[2] Associate Professor, faculty of economics & social sciences, shahid chamran university of Ahvaz, Ahvaz, Khuzestan, Iran

[3] Associate Professor, faculty of economics & Social sciences, Shahid chamran university of Ahvaz, Ahvaz, Khuzestan, Iran

[4] Associate Professor, faculty of economics & Social sciences, Shahid chamran university of Ahvaz, Ahvaz, Khuzestan, Iran

* Corresponding Author, hfrazmand@scu.ac.ir

ARTICLE INFO

UPK, 2023
VOL. 7, Issue 3, PP, 41-66
Received: 08 May 2023
Accepted: 07 Oct 2023
Research Articles

KEYWORDS: Freeway, public-private partnership strategy, traditional procurement, the net present value of project benefit, uncertainty and risk.

ABSTRACT

Introduction: Considering the importance of freeways in connecting urban settlements and their role as the country's main road transportation infrastructure in the development of settlements, a new risk-based modeling for optimal decision-making about the choice of construction and operation strategy - Pickup from freeways inside the country is provided. Maximizing the net present value of the profit for the general society is the function of the main goal.

Methodology: Here, the net present value of freeway projects is determined according to the project's income flow and costs as a criterion for choosing a public-private or traditional strategy. The freeway factors affecting the model include the length and number of freeway lanes, duration of private-sector participation, elasticity of demand, traffic volume ceiling, annual inflation rate, annual traffic volume and peak hours for parallel axes, toll avoidance percentage, annual toll rate, interest rate Without annual risk, the annual discount rate of the public and private sectors, the economic growth and the annual population of the country, the economic growth and the population of the two provinces that are connected by the freeway. The amount of increase in duty rates, loans, and private-sector taxes are considered. The volume of demand for traffic during the operation of freeways is uncertain, and the corresponding risk of income reduction is entered into the proposed model through the probability tree scenario and the genetic algorithm is used to solve it.

Results: The simulation results for case study 1 show that it is a better PPP strategy to build all five freeways. For case study 2, according to the occurrence probability and demand intensity of different scenarios for using the studied freeways, the amount of net present value for construction and operation of the freeway project is subject to change whether with the PPP strategy or with the traditional strategy. In this study, it can be seen that except for the Ghom-Central freeway, the rest of the studied freeways have a negative net present value for the use of the traditional strategy. The net present value for the construction and operation of the Ghom-Central freeway project with the traditional strategy is a more positive value than the public-private strategy, so this project is better to build in the traditional form. From the simulation results, based on the available information, it can be seen that the best option for all freeway construction and operation is the public-private strategy due to the short construction time the fast start of operation, and the repair quality, maintenance and improvement. Because the net present value of the freeway project becomes more positive by using this strategy compared to traditional procurement. In this paper the probabilistic model is developed to choose a public-private or traditional strategy for the mentioned five freeways inside the country concerning the traffic demand uncertainty and the simulation results show that the net present value of a freeway project has been affected by the probability and severity of traffic demand scenarios. on the other hand, the duration of private sector participation is a very important factor that can greatly affect the private sector profits and their motivation, and increasing this factor can

Cite this article:
HassanPour, S., Farazmand, H., Afagh, S.M., Arman, S.A. (2023) A Comparative Study of the Present Value of Various Investment Strategies in the Country's Transportation Network (Case Study: Iran's Intercity Freeway). Urban Planning Knowledge. 7(3), 41-66. Doi: 10.22124/UPK.2023.24445.1861

benefit them.

Discussion: The concept of a joint investment of private and public sectors, which is called PPP, refers to investments in which one of the subsets of the central government or the local government with one or more partners of the private sector undertakes the financing, construction, and operation of the social project, and the revenues resulting from the project's launch are divided among them in proportion to the contribution of each partner. PPP is an agreement between the government and the private sector, based on, which the private sector provides public services alongside the government services provision and effectively earns profits by accepting sufficient risk. Among the infrastructures, transportation is one of the basic requirements for economic and social development, and according to Rosto's theory, one of the conditions for passing the pre-rise stage is the transportation infrastructure expansion, which in addition to creating proper and fast distribution facilities provides the basis for increasing production and makes close to success the national effort towards achieving suitable production and increasing exports. Therefore, safe and smooth transportation is a development generator, from an economic point of view causing to reduction in production, distribution, goods consumption, and services costs, and from a social point of view plays a significant role in the culture exchange and the power balance and prosperity in society. Based on this, roads are considered the most important transportation infrastructures in the country, which include freeways, highways, main roads, secondary roads, and rural roads. The choice of investment strategies has a great impact on the freeway infrastructure implementation. About the public debts and other limitations of the government, the private partnership and public sector are introduced as an innovative investment model to solve this issue and help develop the freeway network. It has always been very important for governments and decision-makers to have a comprehensive quantitative analysis of proper strategy choosing effect on the construction of freeway projects to achieve reliable decision-making. Always, there is a significant concern about available uncertainties due to the long duration of construction and operation, the difficulty of predicting the income flow, and the potential reaction of the general public to the increase in taxes. Therefore, the use of private sector participation in the construction of freeways is a complex decision, and before choosing the appropriate strategy for freeway construction, a detailed and quantitative study is necessary so that policymakers' decisions are based on the results of economic cost-benefit analysis. Regardless of any strategy chosen for financing, the improvement of infrastructure the ability and willingness of vehicle owners to pay tolls, and the real costs of construction and maintenance should be evaluated. The result of this study shows the predictable revenues and expenses flows. Based on this, a comparative study of the net present value of the public-private partnership strategy and traditional procurement strategy about some uncertainties such as the volume of demand for annual travels in the construction of intercity freeways in the country using the probability tree analytical method has a special importance.

Conclusion: The results of the simulation prove the fact that the net present value of a freeway project is affected by the predicted values of the probability and intensity of the occurrence of exploitation scenarios, and on the other hand, the duration of participation is an important factor that can greatly affect the profit. The private sector and their motivation to participate should be effective and the increase of this period will bring maximum benefits for the private sector.

Highlight:

- The first case is to present a new risk-based modeling for optimal decision-making in connection with the selection of the construction and operation strategy of freeways in the country. Attention is paid to the uncertainty of forecasting the volume of traffic demand during the operation of freeways and the risk of income reduction corresponding to it through a scenario probability tree.
- The second case is the use of the net present value index to choose a public-private or traditional strategy based on the calculation of the income flow and costs of the freeway project to maximize the profit for the general society. The mentioned problem is solved through the genetic algorithm to achieve a solution close to the global optimum.

References

Abdul, Quium. (2011). A Guidebook on Public Private Partnership in Infrastructure. United. Nations. Economic and Social Commission for Asia and Pacific. ESCAP.

Abeyratne, R. (2014). Law and Regulation of Aerodromes. Springer.

Aladağ, H., & Işik, Z. (2022). Political and legal risks in public–private partnership mega transportation projects. Municipal Engineer, 175(2), 95-106.
Brown, J. W. (2009). Public Private Partnerships for Highway Infrastructure: Capitalizing on International Experience. American Trade Initiatives.
Burke, R., & Demirag, I. (2017). Risk Transfer and Stakeholder Relationships in Public Private Partnerships. Accounting Forum. 41(1), 28–43.
Chan, A. P. C., Lam, P.T. I., Chan, D. W. M., Cheung, E., & Ke, Yongjian. (2010). Critical Success Factors for PPPs in Infrastructure Developments: Chinese Perspective. Journal of Construction Engineering and Management. 136(5), 484-494.
Chan, A. P., Lam, P. T., Chan, D. W. & Cheung, E. (2008). Application of Public Private Partnership (PPP) in Hong Kong Special Administrative Region-The Critics Perspectives. Pakistan. First International Conference on Construction in developing countries.
Cheung, E. (2009b). Developing a Best Practice Framework for Implementing Public Private Partnership in Hong Kong. Thesis for the degree of Doctor of Philosophy. Queensland University, March.
Cruz, C. O., & Marques, R. C. (2013b). Flexible Contracts to Cope with Uncertainty in Public–Private Partnerships. International Journal of Project Management. 31, 473–483.
Fathi M., ASCE, A.M., Pramen P. S., & ASCE, P.E., F. (2023). Identification of Critical Success and Risk Factors for Public–Private Partnership Highway Projects. 15(1), 1-10.
Huang, Z., Zheng, P. Ma, Y., Li, X., Xu, W., & Anlu Zhu, W., (2016). A Simulation Study of the Impact of the Public–Private Partnership Strategy on the Performance of Transport Infrastructure. Springerplus. 2016; 5(1): 958.
Huang, Z., Zheng, P. Ma, Y., Li, X., Xu, W., & Anlu Zhu, W., (2016). A Simulation Study of the Impact of the Public–Private Partnership Strategy on the Performance of Transport Infrastructure. Springer plus. 5(1), 958-962.
Hueskes, M., & Verhoest, K., & Block, T. (2017). Governing Public–Private Partnerships for Sustainability: An Analysis of Procurement and Governance Practices of PPP Infrastructure Projects. International Journal of Project Management. Available online 22 March 2017. In Press, Corrected Proof - Note to Users.
Jalilisadrabad, S. & Parhizgar, Sh. (2022). Analyzing the Effects of Urban Highway Construction on the City with the Futuristic Approach. Journal of Iranian Architecture& Urbanism. 13(2). 435-456.
Jin, X.-H. (2011). Model for Efficient Risk Allocation in Privately Financed Public nfrastructure Projects Using Neuro-Fuzzy Techniques. Journal of Construction Engineering Management. Vol. 137, No. 11, pp. 1003-1014.
Kweun, J.Y., Wheeler, P. K., & Gifford, J. L. (2017). Evaluating Highway Public-Private Partnerships: Evidence from U.S. Value for Money Studies. Original Research Article Transport Policy, In Press. Corrected Proof.
Liang, Y., & Ashuri, B. (2020). Option Value of Contingent Finance Support in Transportation Public–Private Partnership Projects. Transportation Research Record, 7, 555–565.
Mittal, A., & Kalampukatt. (2010). Partnership Challenges in Achieving Ammon Goals: A Study of Public Private Partnership in e-Governance Projects. India, Umea School of Business.
Mohammadpour, S., & Amiri, S. (2020). Preparation and Assessment of Integrated Development Strategies of Transport Patterns for Sustainability, Using Analytic Network Process (Case Study: Kerman Province). Urban Planning Knowledge. 4(2), 115-143.
Molaei Qelichi, M., Ziari, K., Nosrati Heshi, M., & Kardgar, R. (2019). Spatial Prioritization of the Road Transport Development in Iran's Provinces with a Focus on WASPAS Decision Making Model. Urban Planning Knowledge. 2(1), 71-89.
Nastaran, M., Nouri, M.J. & Rikhtehgaran, F. (2019). Explaining and Evaluating the Criteria of Comfort and Convenience in Urban Public Transport Trips: A Case Study of the 28th Bus Line of Isfahan Metropolis Urban Planning Knowledge. 2(1), 105-121.
Omidi Shahabad, A., Badri, S. A., Rezvani, M. R., & Zali, N. (2019). Analysis of key factors affecting the formation of rural landscaping model with futuristic approach (Case study: Lorestan province). Journal of Rural Research, 10(1), 92-113.
Piran, H.R., Zarabadi, S.S.S., Ziari, Y. & Majedi, H. (2019). Explaining sustainable urban transport indicators using structural equations (Case study: Tehran Metro lines 1 and 2). Urban Transport Network Planning.9(34), 521-538.
Power, G. J., Burris, M., Vadali, S., & Vedenov, D. (2013). Valuation of Strategic Options for Public-Private Partnerships.
Power, G. J., Burris, M., Vadali, S., & Vedenov, D. (2016). Valuation of Strategic Options for Public-Private Partnerships. Transportation Research Part A, 90, 50–68.
Priyanka, A. S. (2009). Organizational and Risk Characteristics of Emerging Public- Private Partnership Models, Research and thesis submitted to the faculty of Virginia Polytechnic and State University in partial fulfillment of the

requirements for the degree Masters of Science in Civil and Environmental Engineering, Michael J. Garvin Anthony D. Songer Raman Kumar Blacksburg, Virginia, 5th January.

Rouhani, O. M., Geddes, R. R., Do, W., & Gao, H. O., Beheshtian, A. (2018). Revenue-risk-sharing approaches for public-private partnership provision of highway facilities. Elsevier, Case Studies on Transport Policy, 6(4), 439-448.

Takim, R., Abdul-Rahman, R., Ismail, K & Egbu, C. O. (2008). The Acceptability of Private Finance Initiative (PFI) Scheme in Malaysia. Asian Social Science. 4(12).

Torrisi, G. (2009). Public Infrastructure: Defnition, Classication and Measurement Issues. Munich Personal RePEc Archive.

Yongjian, K., Xinping, L., & Shouqing, W. (2008). Equitable Financial Evaluation Method for Public-Private Partnership Projects. TSINGHUA SCIENCE AND TECHNOLOGY. 13(5).

Yuan, J. F., Skibniewski, M. J., Li, Q. & Shan, J. (2010). The Driving Factors of China's Public-Private Partnership Projects in Metropolitan Transportation Systems: Public Sector's Viewpoint .Journal of Civil Engineering and Management. 16(1), 5-18.

Zali, N., & Mansouri Birjandi, S. (2015). Analysis of Key Factors Affecting the Development of Sustainable Transport in the Horizon of Tehran Metropolis 1404 (Structural Analysis Method). Spatial Planning and Planning, 19(2), 1-31.

Zali, N., Ahmadi, H., & Faroughi, S. M. (2013). An analysis of regional disparities situation in the East Azarbaijan province, Iran. Journal of Urban and Environmental Engineering (JUEE), 7(1), 1262-68.

Zhang, X., & Chen, S. (2013). A Systematic Framework for Infrastructure Development through Public Private Partnerships. Latss research. 36(2013). 88-97.

Zhang, X., & Chen, S. (2013). A Systematic Framework for Infrastructure Development through Public Private Partnerships. Lasts research. 36, 88-97.

UPK
شاپا: ۲۶۴۵-۵۴۱۲

بررسی تطبیقی ارزش حال انواع استراتژی‌های سرمایه‌گذاری در شبکه حمل‌ونقل کشور (نمونه موردی آزادراه‌های بین شهری ایران)

سمانه حسن‌پور [۱]، حسن فرازمند *[۲]، سید مرتضی افقه [۳] و سید عزیز آرمن [۴]

[۱] دانشجوی دکتری، اقتصاد و علوم اجتماعی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، خوزستان، ایران

[۲] استاد، اقتصاد و علوم اجتماعی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، خوزستان، ایران

[۳] دانشیار، اقتصاد و علوم اجتماعی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، خوزستان، ایران

[۴] استاد، اقتصاد و علوم اجتماعی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، خوزستان، ایران

* نویسنده مسئول: hfrazmand@scu.ac.ir

اطلاعات مقاله

دانش شهرسازی، ۱۴۰۲
دوره ۷، شماره ۳، صفحات ۶۶-۴۱
تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۲/۱۸
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۷/۱۵
مقاله پژوهشی

کلیدواژه‌ها: آزادراه، استراتژی مشارکت عمومی-خصوصی، تدارک سنتی، ارزش حال خالص سود پروژه، عدم قطعیت و ریسک

چکیده

بیان مسئله: با توجه به اهمیت آزادراه‌ها در اتصال سکونتگاه‌های شهری و نقش آن‌ها به عنوان زیرساخت اصلی حمل‌ونقل جاده‌ای کشور در توسعه شهرک‌ها، مدل سازی جدید مبتنی بر ریسک برای تصمیم‌گیری بهینه در مورد انتخاب استراتژی ساخت و بهره‌برداری – وانت از آزادراه‌ها در داخل شهرک‌ها کشور ارائه شده است. حداکثر کردن ارزش فعلی خالص سود برای جامعه عمومی تابع هدف اصلی است.

هدف: حداکثر کردن ارزش فعلی خالص سود برای جامعه عمومی تابع هدف اصلی است.

روش: در اینجا ارزش فعلی خالص پروژه‌های آزادراه با توجه به جریان درآمد و هزینه‌های پروژه به عنوان معیاری برای انتخاب استراتژی دولتی-خصوصی یا سنتی تعیین می‌شود. عوامل موثر بر مدل شامل طول و تعداد خطوط آزادراه، مدت زمان مشارکت بخش خصوصی، کشش تقاضا، سقف حجم ترافیک، نرخ تورم سالانه، حجم ترافیک سالانه و ساعات اوج مصرف برای محورهای موازی، درصد اجتناب از عوارض، نرخ عوارض سالانه. نرخ بهره بدون ریسک سالانه، نرخ تنزیل سالانه بخش دولتی و خصوصی، رشد اقتصادی و جمعیت سالانه کشور، رشد اقتصادی و جمعیت دو استانی که توسط آزادراه به هم متصل می‌شوند. میزان افزایش نرخ عوارض، وام‌ها و مالیات بخش خصوصی در نظر گرفته شده است. حجم تقاضا برای ترافیک در حین بهره‌برداری از آزادراه‌ها به عنوان یک عدم قطعیت و ریسک کاهش درآمد مربوطه از طریق سناریوی درخت احتمال در مدل پیشنهادی وارد شده و برای حل آن از الگوریتم ژنتیک استفاده شده است.

یافته‌ها: نتایج شبیه‌سازی برای مطالعه موردی ۱ نشان می‌دهد که ساخت هر پنج آزادراه، استراتژی PPP بهتر است. برای مطالعه موردی ۲، با توجه به احتمال وقوع و شدت تقاضای سناریوهای مختلف برای استفاده از آزادراه های مورد مطالعه، مقدار ارزش فعلی خالص برای ساخت و بهره‌برداری از پروژه آزادراه چه با استراتژی PPP و چه با استراتژی سنتی تغییر می‌کند.. در این تحقیق مشاهده می‌شود که به جز آزادراه قم – مرکزی، بقیه آزادراه‌های مورد مطالعه دارای ارزش خالص فعلی منفی برای استفاده از استراتژی سنتی هستند. ارزش فعلی خالص ساخت و بهره‌برداری از پروژه آزادراه قم – مرکزی با استراتژی سنتی نسبت به استراتژی دولتی – خصوصی ارزش مثبت تری دارد، بنابراین بهتر است. این پروژه به صورت سنتی ساخته شود. از نتایج شبیه‌سازی بر اساس اطلاعات موجود می‌توان دریافت که به دلیل زمان کوتاه ساخت و شروع سریع بهره برداری و کیفیت تعمیرات، نگهداری و تعمیرات، بهترین گزینه برای ساخت و بهره‌برداری تمامی آزادراه‌ها، استراتژی دولتی-خصوصی است. بهبود زیرا ارزش فعلی خالص پروژه آزادراه با استفاده از این استراتژی نسبت به تدارکات سنتی مثبت‌تر می‌شود. در این مقاله مدل احتمالی برای انتخاب یک استراتژی دولتی-خصوصی یا سنتی برای پنج آزادراه مذکور در داخل کشور با توجه به عدم قطعیت تقاضای ترافیک توسعه داده شده و نتایج شبیه‌سازی نشان می‌دهد که ارزش فعلی خالص یک پروژه آزادراهی تحت تأثیر قرار گرفته است. احتمال و شدت سناریوهای تقاضای ترافیک از سوی دیگر، مدت زمان مشارکت بخش خصوصی عامل بسیار مهمی است که می تواند تأثیر زیادی بر سود بخش خصوصی و انگیزه آن‌ها داشته باشد و افزایش این عامل می‌تواند موجب افزایش سود آن‌ها شود.

نتیجه‌گیری: نتایج شبیه‌سازی این واقعیت را ثابت می‌کند که ارزش فعلی خالص پروژه آزادراه تحت تأثیر مقادیر پیش‌بینی‌شده احتمال و شدت وقوع سناریوهای بهره‌برداری قرار می‌گیرد و از سوی دیگر، مدت زمان مشارکت عامل مهمی است که می‌تواند تاثیر زیادی بر سود داشته باشد. بخش خصوصی و انگیزه مشارکت آن‌ها باید موثر باشد و افزایش این مدت حداکثر سود را برای بخش خصوصی به همراه خواهد داشت.

نکات برجسته:

- مورد اول ارائه مدلسازی جدید مبتنی‌بر ریسک برای تصمیم‌گیری بهینه در ارتباط با انتخاب استراتژی ساخت و بهره‌برداری از آزادراه‌های داخل کشور است. توجه به عدم قطعیت پیش‌بینی حجم تقاضا برای تردد در هنگام بهره‌برداری آزادراه‌ها و رمولاسیون ریسک کاهش درآمد متناظر با آن از طریق سناریوپردازی درخت-احتمال است.
- مورد دوم استفاده از شاخص ارزش حال خالص برای انتخاب استراتژی عمومی-خصوصی و یا سنتی بر اساس محاسبه جریان درآمدی و هزینه‌های پروژه آزادراهی با هدف بیشینه‌سازی سود حاصله برای عموم جامعه است، حل مسئله مذکور از طریق الگوریتم ژنتیک به‌منظور دستیابی به جوابی نزدیک به بهینه گلوبال است.

ارجاع به این مقاله: حسن‌پور، سمانه، فرازمند، حسن، افقه، سید مرتضی، آرمن، سید عزیز .(۱۴۰۲). بررسی تطبیقی ارزش حال انواع استراتژی‌های سرمایه‌گذاری در شبکه حمل‌ونقل کشور (نمونه موردی آزادراه‌های بین شهری ایران). *دانش شهرسازی*، ۷(۳)، ۶۶-۴۱. Doi: 10.22124/UPK.2023.24445.1861

بیان مسأله

مدت‌های طولانی بود که پروژه‌های زیرساختی و خدماتی کشورهای در حال توسعه با برنامه‌ها و بودجه‌های دولتی تنظیم و اجرا می‌شد. مقامات دولتی در اکثر موارد تحت تأثیر اولویت‌های سیاسی، پروژه‌ها را طراحی، اجرا و مدیریت می‌کردند و پس از اتمام، آن را به بخش دیگری از دولت برای بهره‌برداری، تعمیر و نگهداری واگذار می‌کردند. گرچه این روش در اغلب موارد موثر و کارآمد نبود، ولی سازمان‌های دولتی درگیر این فرآیند بودند و ساختار موجود برای اجرای این نقش تعریف شده بود. در این ساختار، جایگاه کارکنان دولتی بازتاب اتخاذ تصمیم مالی و تکنیکی برای انتخاب مناسب پیمانکاران و ارایه خدمات دولتی بود. در سال‌های اخیر در بسیاری از کشورها، به دلیل رشد روز افزون جمعیت و پیچیدگی‌های جوامع شهری نیاز شدیدی به توسعه اقتصادی و ساختارهای زیربنایی متناسب با آن احساس می‌شود و بودجه‌های دولتی برای توسعه زیرساخت‌های مورد نیاز به صورت متعارف محدود و غیربهینه است (جین[1]، ۲۰۱۱). رشد فزاینده تقاضا برای سرمایه‌گذاری زیربنایی به دلیل محدودیت تأمین منابع مالی دولت از مهمترین عوامل فشار تأمین مالی در کشورهای در حال توسعه است. از سوی دیگر، دولت‌ها از تخصص و کارایی لازم در زمینه ارایه و ایجاد زیرساخت‌ها برخوردار نیستند، نیاز به بهره‌گیری از کمک، تخصص، کارایی و نوآوری بخش خصوصی در این زمینه از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشد (چئونگ[2]، ۲۰۰۹). نقطه اشتراک بسیاری از اقدامات اقتصادی دولت در این کشورها در مواجعه با محدودیت‌های مالی و تأمین منابع سرمایه‌گذاری‌های زیربنایی و عدم برخورداری از تخصص و کارایی، ایجاد تغییر و تحول در مدیریت اقتصادی کشور و تغییر مالکیت است به نحوی که سیاست کاهش تصدی‌گری و ممانعت از مداخله در مبادلات بازار و زمینه‌سازی برای حضور فعال بخش خصوصی در عرصه‌های مختلف اقتصادی اصلی‌ترین راهبردهای اتخاذ شده توسط این کشورها به شمار می‌رود. در فضای تمرکز زدایی اقتصادی دولت و واگذاری مسئولیت تصمیم‌گیری به سطوح دولت محلی، دولت‌ها دریافتند که نه به لحاظ منابع انسانی و نه به لحاظ منابع مالی قادر نیستند به تعهدات گسترده خود جامه عمل بپوشانند. از این‌رو مقامات دولتی در جستجوی نحوه بکارگیری پتانسیل موجود بخش خصوصی و مشارکت آن در حوزه سرمایه‌گذاری در بخش عمومی برآمدند. این فرآیند منجر به واگذاری تدارک کالاهای عمومی از دولت به بخش خصوصی شد. حضور و مشارکت بخش خصوصی در ایجاد و تدارک زیرساخت‌ها و خدمات اساسی نسبت به سایر فعالیت‌ها مهمتر و بحث برانگیزتر است و یکی از سازوکارهایی که می‌تواند توانایی‌های هر یک از بخش‌های دولتی و خصوصی را متناسب با ظرفیت آنها بکار گیرد، مشارکت عمومی ـ خصوصی (PPP[3]) لست (احمدی و موسوی، ۱۳۹۳). امروزه یکی از مهمترین ابزارهای تجربه‌شده در تأمین منابع مالی مورد نیاز پروژه‌های زیرساختی به کارگیری منابع مالی در اختیار بخش خصوصی با دو هدف مهم است. هدف اول فراهم‌سازی بستر لازم برای افزایش سطح مشارکت بخش خصوصی در سرمایه‌گذاری پروژه‌های زیرساختی و دوم ارتقای بهره‌وری و کارایی سرمایه‌گذاری ناشی از مدیریت بخش خصوصی است. اگرچه شتاب بخشیدن به روند رشد اقتصادی در هر کشور مستلزم کاهش سطح حضور دولت‌ها در فعالیت‌های غیر حاکمیتی است، آنچه موضوع PPP را از مفهوم خصوصی‌سازی متمایز می‌کند، این است که در بحث مشارکت عمومی ـ خصوصی دولت‌ها وظایف قانونی و مسئولیت‌های حاکمیتی خود را حفظ و با تقبل بخشی از ریسک[4] سرمایه‌گذاری و کمینه‌سازی آن زمینه تشویق بخش خصوصی را برای بکارگیری ظرفیت کامل آنها را فراهم می‌آورند. در حالی که در بحث خصوصی‌سازی تأکید بر انتقال مالکیت بنگاه‌های اقتصادی از بخش دولتی به بخش خصوصی، تغییر در نظام توزیع و کنترل منابع اقتصادی و بازنگری در سیستم باز توزیع ثروت ملی مورد نظر است. مفهوم سرمایه‌گذاری مشارکتی بخش‌های خصوصی و عمومی که به اختصار PPP نامیده می‌شود، به سرمایه‌گذاری‌هایی اطلاق می‌گردد که در آنها یکی از زیر مجموعه‌های دولت مرکزی و یا دولت محلی با مشارکت یک یا چند شریک خصوصی تأمین مالی، ساخت و بهره‌برداری پروژه اجتماعی را بر عهده می‌گیرد و درآمدهای[5] ناشی از راه‌اندازی پروژه هم به نسبت سهم مشارکت هر یک از شرکاء بین آن‌ها تقسیم می‌شود. در حقیقت PPP توافقنامه‌ای میان دولت و بخش خصوصی است که بر اساس آن بخش خصوصی نسبت به ارایه خدمات عمومی هم راستا با ارایه خدمات دولتی و سودآوری به نحو اثربخشی با پذیرش ریسک کافی اقدام می‌نماید. در نظام تأمین مالی PPP به جای اینکه بخش عمومی نسبت به تدارک دارایی سرمایه‌ای و ارایه خدمات عمومی اقدام نماید، بخش خصوصی

---

1 Jin, 2011
2 Cheung, 2009
3 Private-Public Participation (PPP)
4 Risk
5 Incom

منابع مالی مورد نیاز برای تدارک کالای عمومی و ارایه خدمات آن به عموم را دنبال می‌کند و در قبال کیفیت و میزان خدمات ارایه شده حق‌الزحمه تعریف‌شده‌ای را دریافت می‌نماید. در این روش بخش خصوصی از طریق قرارداد مشارکت عمومی ـ خصوصی با دولت ملی یا محلی به ارایه خدمات در طی مدت قرارداد معمولا بلندمدت بین ۱۵ تا ۳۰ سال می‌پردازد. در این روش دولت ضمن بهره‌مندی از تخصیص بهینه منابع و نوآوری بخش خصوصی، می‌تواند خدمات دولتی را در سطح گسترده، کارا و اثربخش ارایه نماید. بخش خصوصی در تأمین منابع، کسب تکنولوژی و جذب همکاری سایر کشورها با برخورداری از بازار، منابع، نیروها و تکنولوژی داخلی و بومی‌سازی برخی تکنولوژی‌ها می‌تواند در کنار بهره‌مندی از سود مشارکت در پروژه‌های زیرساختی، به بخش دولتی نیز کمک نماید. همچنین استراتژی PPP نقش مهمی در ایجاد رقابت بخش خصوصی در مقابل انحصارات عمومی در توسعه زیرساخت‌ها، ارایه خدمات و ادغام منابع دو بخش دولتی و خصوصی برای خدمت‌رسانی بهتر به نیازهای عمومی دارد. از این نوع استراتژی در زمینه‌ها و مقاصد بسیاری همچون ایجاد زیرساخت‌های فیزیکی تا ارایه خدمات بهداشتی و اجتماعی استفاده می‌شود. بررسی مطالعات تجربی نشان می‌دهد که کشورهای توسعه‌یافته توجه ویژه‌ای به نظام‌های پایه‌ای خود جهت تأمین مالی و احداث پروژه‌ها اعم از زیرساختی و عملیاتی داشته‌اند و اکثر پروژه‌های بزرگ کشورهای توسعه یافته نظیر انگلستان، چک، لهستان، مجارستان و استرالیا از طریق سازوکار مشارکت عمومی ـ خصوصی اجرا و احداث شده است. کشور انگلستان پیشرو استفاده از این سازوکار است و در کاربرد PPP به حد اشباع رسیده است (برون[1]، ۲۰۰۹). در ایران نیز از یکی از انواع مدل‌های PPP یعنی ساخت، بهره‌برداری و انتقال (BOT[2]) بیشتر استفاده می‌شود که البته، پروژه‌های بسیار کمی به این روش انجام شده است. زیرساخت در عمومی‌ترین حالت، یک دسته از عوامل ساختاری به هم پیوسته می‌باشد که هزینه‌های[3] مصرفی کالاهای عمومی توسط دولت را معرفی می‌نماید. اقتصاددانان زیرساخت‌های اقتصادی شامل حمل‌ونقل، مخابرات، اطلاعات، انرژی و غیره را نوعی پیامدهای جنبی مثبت برای عموم افراد جامعه می‌داند و معتقدند آثار جنبی مثبتی که از وجود زیرساخت‌های اقتصادی به دست می‌آید، مشمول حال عموم افراد جامعه قرار می‌گردد. در میان زیرساخت‌ها حمل‌ونقل یکی از نیازهای اساسی توسعه اقتصادی و اجتماعی به شمار می‌آید و طبق نظریه روستو یکی از شرایط عبور از مرحله ماقبل خیز، گسترش زیرساخت حمل‌ونقل است. حمل‌ونقل علاوه بر ایجاد امکانات توزیع صحیح و سریع تولیدات، زمینه افزایش تولید را فراهم می‌کند و کوشش ملی در مسیر دستیابی به تولیدات مناسب و افزایش صادرات را با موفقیت قرین می‌سازد. بدین روی حمل‌ونقل ایمن و روان، مولد توسعه است که به لحاظ اقتصادی سبب کاهش هزینه‌های تمام شده تولید، توزیع و مصرف کالا و خدمات می‌شود و به لحاظ اجتماعی نقش به سزایی در تبادل فرهنگ و توازن قدرت و رفاه در سکونتگاه‌ها دارد (توریسی[4]، ۲۰۰۹). به گونه‌ای که یکی از شاخص‌های اصلی توسعه‌یافتگی میزان توسعه بخش‌های حمل‌ونقل بین سکونتگاه‌های شهری است وکیفیت حمل‌ونقل بین شهری را می‌توان به عنوان یکی از عناصر محوری و موثر در رشد و توسعه شهرها دانست (جلیلی صدرآباد و پرهیزگار، ۱۴۰۱). اگر حمل‌ونقل را در ابعاد و تعاریف کلان آن در نظر بگیریم، هیچ فعلی در اقتصاد شهری بدون استفاده از این صنعت انجام نمی‌پذیرد. بر این اساس از میان سرمایه‌گذاری در بخش‌های مختلف اقتصادی سرمایه‌گذاری در بخش حمل‌ونقل از اهمیت و جایگاه خاصی برخوردار است (توریسی، ۲۰۰۹). در ایران با توجه به شرایط نامطلوب حمل‌ونقل هوایی و ریلی، توجه خاصی به توسعه حمل‌ونقل جاده‌ای وجود دارد و حمل‌ونقل جاده‌ای سهم بالایی در جابه‌جایی بار و مسافر بین سکونتگاه‌های شهری در داخل کشور دارد و شیوه غالب و متداول حمل‌ونقل در ایران محسوب می‌گردد. بر این اساس راه‌ها مهمترین زیرساخت‌های حمل‌ونقل در کشور محسوب می‌شوند که شامل آزادراه[5]، بزرگراه[6]، راه اصلی[7]، راه فرعی[8] و راه روستایی[9] هستند. آزادراه، راهی است با حداقل چهار خط عبور که در آن مسیرهای رفت و برگشت از هم جدا شده و بدون تقاطع هم سطح، بدون دسترسی از حاشیه، ممنوعیت عبور پیاده و دوچرخه و سایر وسایل نقلیه غیر موتوری، ورود و خروج با زاویه کم و در مواردی ممنوعیت عبور تمام یا بخشی از وسایل نقلیه تجاری است. علیرغم اهمیت آزادراه‌ها که به واسط مجزاسازی باند رفت از باند برگشت باعث

---

1 Brown, 2009
2 Building – Operating - Transfer
3 Cost
4 Torrisi, 2009
5 Express Way
6 High Way
7 Main Road
8 Secondary Road
9 Country Road

ارتقای ایمنی و تسهیل حمل‌ونقل می‌گردند، در کشور ما مجموع طول آزادراه‌ها نسبت به طول کل شبکه راه‌ها، میزان قابل ملاحظه‌ای نمی‌باشد (نیکوفرجام، ۱۳۹۱). همین امر توسعه شبکه آزادراهی کشور را ضروری می‌کند و البته مهمترین گلوگاه توسعه ساخت پروژه‌های آزادراهی ایران، تأمین مالی ساخت این پروژه‌های زیربنایی است (تقی‌زاده و دیگران، ۱۳۹۰). انتخاب راهبردهای سرمایه‌گذاری تأثیر زیادی بر اجرای زیرساخت آزادراهی دارد. با توجه به بدهی‌های عمومی و محدودیت‌های دیگر دولت، مشارکت بخش خصوصی و دولتی به عنوان یک مدل سرمایه‌گذاری نوآورانه برای حل این موضوع و کمک به توسعه شبکه آزادراهی معرفی شده است. شواهدی از پروژه‌های واقعی آزادراهی اجرا شده با روش مشارکت عمومی ـ خصوصی نشان می‌دهد استراتژی PPP مزیت کاهش زمان ساخت‌وساز در مقایسه با استراتژی سرمایه‌گذاری‌های سنتی را دارا است. به عبارتی این استراتژی می‌تواند عملکرد مربوط به آزادراه‌ها را توسط چهار عامل دوره ساخت‌وساز، کیفیت زیرساخت (تأسیسات)، قیمت خدمات و سطح خدمت متأثر سازد. به دلیل امکان اخذ عوارض از عبور و مرور وسایل نقلیه در آزادراه‌ها، امکان سودآوری ناشی از احداث و بهره‌برداری از آن به رسمیت شناخته شده است و همین امر می‌تواند جاذبه لازم را برای هدایت سرمایه‌گذاران و جذب آنان به حوزه احداث و بهره‌برداری از آزادراه‌ها فراهم کند و این پروژه‌ها مناسب‌ترین پروژه جهت استراتژی PPP محسوب می‌شوند. از این‌رو در ایران نیز این نوع استراتژی در احداث آزادراه‌ها از دهه ۷۰ و به ویژه دهه ۸۰ به بعد بکار گرفته شده است و در طول برنامه‌های توسعه رو به افزایش بوده است (نیکوفرجام، ۱۳۹۱). در سرمایه‌گذاری عمومی تمایل به تصمیم‌گیری در مدت زمان کوتاهی وجود دارد و مطالعه پروژه بر اساس استراتژی PPP اغلب قبل از زمان آغاز عملیات ساخت پروژه‌های حمل‌ونقل آغاز می‌شود. این مطالعات معمولا جامع نیستند و برخی از پروژه‌های حمل‌ونقل که در طول فاز ارزیابی، امکان‌پذیر بوده‌اند، پس از اجرا با شکست مواجه شده‌اند. بنابراین، برای دولت و تصمیم‌گیرندگان بسیار مهم است که یک تحلیل کمی جامع از اثر انتخاب استراتژی مناسب برای ساخت پروژه‌های آزادراهی به منظور دستیابی به تصمیم‌گیری قابل اعتماد داشته باشد (هیوآنگ، ژنگ، ما، لی، اکسو و آنلوژو[1]، ۲۰۱۶).

همواره نگرانی قابل توجهی نیز به دلیل عدم قطعیت در مورد مدت زمان طولانی ساخت و بهره‌برداری، دشواری پیش‌بینی جریان درآمدی و واکنش بالقوه عموم مردم در مقابل افزایش عوارض وجود دارد. بنابراین، بکارگیری مشارکت بخش خصوصی در ساخت آزادراه‌ها یک تصمیم پیچیده است و قبل از انتخاب استراتژی مناسب ساخت آزادراه یک بررسی تفصیلی و کمی لازم است تا تصمیمات سیاست‌گذاران بر اساس نتایج تجزیه‌وتحلیل هزینه ـ فایده اقتصادی قرار گیرد. صرف‌نظر از هر استراتژی که برای تأمین مالی انتخاب می‌گردد، بهبود زیرساخت و توانایی و تمایل دارندگان وسایل نقلیه برای پرداخت عوارض و هزینه‌های واقعی ساخت و نگهداری باید ارزیابی گردد. نتیجه این مطالعه جریان درآمدها و هزینه‌های قابل پیش‌بینی را نشان می‌دهد. بر این اساس بررسی تطبیقی ارزش حال خالص استراتژی مشارکت عمومی ـ خصوصی و ارزش حال خالص استراتژی تدارک سنتی با توجه به برخی عدم قطعیت‌ها نظیر حجم تقاضا برای مسافرت سالیانه در ساخت آزادراه‌های بین شهری کشور با استفاده از روش تحلیلی درخت–احتمال از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

مبانی نظری

روند توسعه شهرنشینی منجر به افزایش تقاضا برای زیرساخت‌ها نظیر تأمین آب آشامیدنی، شبکه برق و ایجاد امکانات حمل‌ونقل و ... گردیده است. عدم کفایت سیستم موجود یا مدیریت‌های موازی در بخش مدیریت ترافیک شهری موجب افزایش فاصله بین تقاضا و عرضه امکانات حمل‌ونقل گردیده است (رسولی، قرنجیک، قرنجیک، ۱۳۹۴). اولین و اساسی‌ترین انتخاب برای توسعه، مکان آن در ارتباط با مراکز شهر و کریدورهای حمل‌ونقل است. مطالعات پیشین نشاندهنده این است که عادت سفر افراد به شدت تحت تأثیر نوع کریدور حمل‌ونقلی نزدیک به محل فعالیت است. به عنوان مثال مقایسه‌ای میان توسعه مناطق مسکونی در اطراف شهر آکسفورد انجام گردید، بیانگر این است که خانوارهایی که در اطراف جاده‌ها قرار دارند نسبت به خانوارهایی که نزدیک ایستگاه قطار هستند بیشتر از خودرو شخصی خود استفاده می‌کنند (فرزین، ۱۴۰۰). تمامی عناصر موجود در یک شبکه می‌توانند به هر شکل، دارای ارتباط با یکدیگر باشند، به عبارت دیگر در یک شبکه بازخورد و ارتباط متقابل بین و میان خوشه‌ها امکانپذیر است (فنی، احمدی و رضویان، ۱۳۹۶). بنابراین می‌توان شبکه حمل‌ونقل زمینی را مجموعه‌ای از گره‌ها (شامل سکونتگاه‌های شهری و فعالیتی)

[1] Huang, Zheng, Ma, Li, Xu, Anlu Zhu, 2016

و خطوط (شامل کریدورها و محورهای زمینی) دانست که ارتباط متقابلی بین آن‌ها وجود دارد و هر یک از آن‌ها بر هم تأثیر دارند. برنامه‌ریزی حمل‌ونقل پایدار اثرات توسعه حمل‌ونقل را روی کارایی اقتصادی، موضوعات زیست‌محیطی، مصرف منابع، کاربری اراضی و عدالت اجتماعی مورد توجه قرار می‌دهد و به کاهش اثرات زیست‌محیطی، افزایش بازدهی سیستم حمل‌ونقل و بهبود وضعیت زندگی اجتماعی کمک می‌کند و هدف آن افزایش کارایی سیستم و جابجایی کالاها، خدمات و افراد با حداقل مشکلات دسترسی است (خزایی، ۱۳۹۷). یکی از شاخص‌های اصلی توسعه‌یافتگی میزان توسعه بخش‌های حمل‌ونقل بین سکونتگاه‌های شهری است وکیفیت حمل‌ونقل بین شهری را می‌توان به عنوان یکی از عناصر محوری و موثر در رشد و توسعه شهرها دانست (جلیلی صدرآباد و پرهیزگار، ۱۴۰۱). با توجه به مسائل حمل‌ونقل نظیر مشکلات مربوط به هزینه‌های بالای احداث شبکه‌های حمل‌ونقل و تأمین مالی آنها و مشکلات ترافیکی و آلودگی‌های صوتی وضع موجود و اتلاف وقت و سرمایه حائز اهمیت است. مدیران و برنامه‌ریزان شهری درصدد حل این مشکلات برآمده‌اند و معتقدند که ساخت آزادراه که یکی از راه‌های بهبود حمل‌ونقل بین شهری و تعدیل مسائل و مشکلات مربوط به آن است می‌بایست از روش‌هایی به غیر از تأمین مالی توسط دولت‌ها ایجاد شوند (جلیلی صدرآباد و پرهیزگار، ۱۴۰۱). زیرا آمار و شواهد بیانگر این است که پروژه‌های آزادراهی مابین سکونتگاه‌های شهری که توسط دولت‌ها شروع شده‌اند، تبدیل به پروژه‌های فرسایشی با عمر ساخت طولانی شده‌اند. این در حالی است که موضوع حمل‌ونقل با گسترش پدیده شهرنشینی ابعاد گسترده‌ای به خود گرفته است و وضعیت فعلی توسعه شبکه حمل‌ونقلی نمی‌تواند پاسخگوی نیازهای فعلی و آتی مردم در سطح شهرها باشد. از طرفی گسترش روز افزون جمعیت و رشد جمعیتی و کالبدی شهرها نیازمند ایجاد و گسترش شبکه آزادراه‌های بین سکونتگاه‌های شهری هستیم. همچنین یکی از مسائل و مشکلات اصلی کشور موضوع فرصت های نابرابر اشتغال در مناطق مختلف است که بعضاً منجر به عدم تعادل در ایجاد اشتغال در شهرهای مختلف شده است لذا یکی از اثرات مثبت احداث آزادراه‌های بین شهری در ایران، افزایش فرصت‌های کاری در صنایع مختلف در مجاورت سکونتگاه‌های شهری است (زال‌نژاد و علی‌پور، ۱۳۹۹). در حال حاضر تأمین مالی پروژه‌های ایجاد توسعه آزادراه‌ها به شکل‌های مختلفی صورت می‌گیرد. اول تأمین مالی از محل بودجه دولتی (تدارک سنتی دولت) و دوم تأمین مالی غیربودجه‌ای که عمده‌ترین روش آن مشارکت عمومی ـ خصوصی در پروژه‌های آزادراه‌سازی با مدل BOT است. تدارک سنتی دولتی تأمین مالی پروژه‌های دولتی از بودجه دولتی است. بر طبق قوانین و مقررات مالی هر کشور مالیات و عوارض مختلف و... جمع‌آوری می‌گردد و تحت عنوان بودجه عمومی به فعالیت‌های مختلف دولتی (جاری و عمرانی) تخصیص می‌یابد. کلیه مخارج تدارک زیرساخت‌ها اعم از هزینه‌های طراحی، تحقیق، ساخت، بهسازی، نگهداری و مدیریت جزء مخارج عمومی و تدارک سنتی کشور تلقی می‌گردند. در این روش، منافع حاصل از سرمایه‌گذاری دولت در پروژه‌های زیرساختی به شکل منافع غیرپولی استفاده‌کنندگان متجلی می‌گردد. با این حال ممکن است مداخلات سیاسی در سرمایه‌گذاری‌ها به احداث نه چندان منطقی زیرساخت‌ها بیانجامد. در این حالت سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های یک منطقه با فشارهای سیاسی اعمال شده است و این در حالی است که مخارج زیرساخت‌ها را بین تمام پرداخت‌کننده‌های مالیات سرشکن می‌کنند. در این نوع تخصیص منابع به زیر ساخت‌ها، دولت به معنی واقعی تمامی ریسک‌های پروژه را متحمل می‌شود. واضح است که نتیجه رکود اقتصادی یا اولویت‌های مخارج جاری دولت، محدودیت‌های زیادی بر تخصیص‌های بودجه‌ای وارد می‌سازد. علاوه بر این مخارج عمومی در معرض روش‌های تخصیص منابع منظم سالانه شامل سهم ساخت زیرساخت‌ها و نگهداری از آن‌ها است که برنامه‌ریزی مخارج و پیش‌بینی میان‌مدت را تا حد زیادی غیرقطعی می‌سازد. این امر ریسک افزایش هزینه سرمایه‌گذاری و زمان تکمیل پروژه‌ها را افزایش می‌دهد (عطارزاده و شاکری، ۱۳۸۷). مشارکت عمومی‌ـخصوصی یک واژه دقیقاً تعریف شده نیست. این مفهوم طیفی از ساختارها و مفاهیم را در برمی‌گیرد که شامل تخصیص ریسک‌ها، مسئولیت‌ها و منافع بین بخش‌های عمومی و خصوصی است. در ساده‌ترین شکل بخش خصوصی در ارایه خدمات عمومی مشارکت می‌نماید و یک خدمت عمومی را برای یک دوره و مبلغ توافقی با در نظر گرفتن ریسک مالی یا تجاری ارایه می‌دهد. وقتی بخش‌های عمومی و خصوصی یک خدمت را به صورت طرح مشترک در اختیار داشته باشند، اداره و یا تأمین مالی طرح تا حدی پیچیده‌تر می‌گردد. مشارکت بخش خصوصی‌ـعمومی نباید به صورت نوعی از خصوصی‌سازی نگریسته شود، بلکه این نوع مشارکت در حقیقت اتحاد دو جبهه مجزا از هم است ک هرکدام کار خود را به خوبی انجام می‌دهند. وظیفه اصلی بخش عمومی تضمین به کارگیری کامل خدمات در جهت توسعه مورد نظر دولت است. به این معنی که برنامه‌هایی هدفمند و

اقتصادی ارایه نماید و کنترل نماید که آیا توسعه مناسب به انجام رسیده است یا خیر. یکی از مباحث بسیار مهم در گستره طیف PPP، میزان مشارکت بخش خصوصی در پروژه است. با افزایش مشارکت بخش خصوصی در پروژه بکارگیری سرمایه، توان مدیریتی و خلاقیت‌های بخش خصوصی بیشتر خواهد بود و به همان میزان نقش دولت در پروژه‌ها کمتر می‌شود. در مشارکت عمومی-خصوصی یک شریک خصوصی طراحی، ساخت، تأمین مالی و بهره‌برداری از زیرساخت را در ازای پرداخت توسط کاربران زیرساخت و یا توسط شریک بخش عمومی فراهم می‌کند. شرکای دولتی و خصوصی ریسک‌ها را تسهیم می‌کنند و به طور مشترک آن‌ها را از طریق استفاده بهتر از منابع و بهبود کنترل پروژه مدیریت می‌کنند. پروژه‌های PPP معمولا بر اساس یک قرارداد بلندمدت برای تشویق نوآوری‌ها و کاهش چرخه عمر هزینه‌ها انجام می‌شوند (زانگ و چن[1]، ۲۰۱۳). پروژه‌های مشارکت‌های عمومی-خصوصی از ابعاد و جنبه‌های ایجاد، راه‌اندازی و مدیریت پروژه با پروژه‌های ساخت معمولی و قراردادهای مرسومی که دولت‌ها از آن‌ها برای توسعه خدمات و زیرساخت‌ها بهره می‌گیرند چند تفاوت اساسی دارند. در این نوع قرارداد و مشارکت‌ها، فرآیندهای اداری و فرآیندهای تأییدی و مجوزها نیز با قراردادهای مرسوم متفاوت هستند. زمانی که بحث بر سر ایجاد یک کسب وکار قوی است، مدل PPP، برای پروژه‌های زیرساختی بسیار خودنمایی می‌کنند. در پروژه‌های شراکت عمومی-خصوصی تمرکز پروژه تنها بر روی ارایه و تحویل یک خدمت نیست؛ بلکه در آنها تمرکز بر ارایه خدماتی ویژه کمیت و کیفیت بسیار دقیق تعریف شده و مشخص از لحاظ کمی و کیفی می‌باشد (عبدول کویوم[2]، ۲۰۱۱). در BOT دولت امتیاز ساخت و بهره‌برداری را برای مدت معین از پیش تعیین شده به یک شرکت بخش خصوصی واگذار می‌کند و سپس این امتیاز به دولت واگذار می‌شود. در این روش مشارکت، نقش دولت صرفاً به هماهنگی و ایجاد نظم و ترتیب قراردادها تقلیل می‌یابد (آبیراتن[3]، ۲۰۱۴). پروژه BOT آزادراه‌ها دارای منحنی هزینه و درآمدی است که در صورت دست‌نیافتنی‌بودن نقطه سر به سر بالا و یا سطح آستانه درآمد (حجم ترافیک اسمی) زیان زیادی رخ خواهد داد و در صورت تجاوز حجم ترافیک از سطح آستانه پروژه از سودبخشی بالا بهره‌مند خواهد شد. بنابراین اقتصاد پروژه آزادراهی به سطح آستانه حجم ترافیک حساس می‌باشد. یک پروژه آزادراهی در حالت کلی سال‌های بهره‌برداری طولانی را برای تثبیت حجم ترافیک دارا می‌باشد. بنابراین سرمایه‌گذاران پروژه باید سال‌های زیادی را صبر کنند تا از سود سرمایه‌گذاری بهره‌مند شوند و جبران سرمایه‌گذاری به‌طور کلی زمان‌بر و ریسکی خواهد بود (پاور، بوریس، وادالی و ودنوو[4]، ۲۰۱۶).

هدف اصلی این مقاله توسعه یک مدل تحلیلی مبتنی بر ریسک برای تصمیم‌گیری در ارتباط با انتخاب استراتژی ساخت و بهره‌برداری از آزادراه‌های بین شهری با توجه به پارامترهای اصلی و تأثیرگذار شامل بازه زمانی مشارکت بخش خصوصی طبق قرارداد، سهم دولت در قبول هزینه‌های ساخت، زمان ساخت آزادراه توسط تدارک سنتی، نرخ تورم، نرخ بهره بدون ریسک، نرخ تنزیل دولتی و خصوصی، هزینه تعمیرات، نگهداری و بهسازی آزادراه‌ها، روزهای ترافیکی در طی سال، تعداد خطوط و حجم تقاضای تردد در آزادراه‌ها، نرخ عوارض دریافتی سالیانه، میزان مالیات اعمالی به بخش خصوصی و وام‌های قابل دریافت برای تکمیل پروژه و نحوه بازپرداخت می‌باشد. ارزش حال خالص سود پروژه ساخت و بهره‌برداری آزادراهای بین سکونتگاه‌های شهری کشور با بکارگیری آنالیز فایده-هزینه در تابع هدف بعنوان معیار انتخاب استراتژی پیشنهاد می‌گردد. ریسک کاهش درآمد بواسطه عدم قطعیت موجود در پیش‌بینی حجم تقاضای تردد آزادراه‌ها به روش سناریوپردازی درخت-احتمال به مدلسازی الحاق می‌شود. در نهایت، برای یافتن جواب مسأله بهینه‌سازی مذکور از الگوریتم ژنتیک استفاده می‌شود.

پیشینه پژوهش

با توجه به اهمیت حمل‌ونقل بعنوان یکی از مهم‌ترین ارکان توسعه شهری، (مولایی، زیاری، نصرتی هشی و کاردگر، ۱۳۹۸) با هدف انتخاب بهترین گزینه، سطح‌بندی توسعه‌یافتگی حمل‌ونقل جاده‌ای در استان‌های ایران را با بکارگیری تکنیک تصمیم‌گیری WASPAS بعنوان یکی از انواع مدل‌های جدید گسسته و جبرانی برای حل مسائل تصمیم‌گیری چندشاخصه بکار

[1] Zhang & Chen, 2013
[2] Abdul Quium, 2011
[3] Abeyratne, 2014
[4] Power, Burris, Vadali & Vedenov, 2016

گرفتند. نتایج نشان داد بین استان‌ها از نظر توسعه حمل‌ونقل جاده‌ای نابرابری زیادی وجود دارد، بطوریکه وجود کلانشهرهایی همچون شیراز، اصفهان، مشهد، تهران، تبریز، اهواز (به استثنای کلانشهر کرج) بر توسعه حمل‌ونقل استان موثر بوده و رتبه‌های بالایی را به خود اختصاص داده‌اند. از سوی دیگر استان‌های قم و البرز علی رغم نزدیکی به پایتخت، از وضعیت مناسبی در توسعه شبکه حمل‌ونقل جاده ای برخوردار نبوده‌اند. پژوهش‌ها نشان داده است که گرایش بیش از اندازه شهروندان به حمل‌ونقل شخصی می‌تواند پیامدهای ناگواری را برای شهر و شهروندان به همراه داشته باشد. هدف این مقاله، بازخوانی دو مقوله آسایش و آرامش سفر در بحث حمل‌ونقل همگانی بوده است. (نسترن، نوری و ریخته‌گران،۱۳۹۷) به این پرسش پاسخ داده‌اند که آسایش و آرامش در سفرهای درون شهری که به‌وسیله حمل‌ونقل عمومی انجام می‌شود، در قالب چه معیارها و شاخص‌هایی قابل تبیین است. یافته‌ها این پژوهش نشان می‌دهد که آسایش و آرامش در سفرهای درون شهری توسط ناوگان حمل‌ونقل عمومی متأثر از پنج عامل کیفیت ارائه خدمات و امکانات، ظرفیت مسافر و زیبایی محیط، کارایی حمل‌ونقل عمومی، کارآمدی سفر و امنیت است. از آنجایی که حصول توسعه پایدار و در سایه آن رفاه اجتماعی و توسعه اقتصادی بر بستر شبکه حمل‌ونقل است؛ بنابراین یکی از مهم‌ترین موضوعات مورد نظر در زمینه توسعه پایدار، راهبرد حمل‌ونقل پایدار است (محمدپور و امیری، ۲۰۲۰). با استفاده از نظر کارشناسان بواسطه مدل دلفی[1] و تکنیک سوات[2] تعدادی راهبرد جهت بهبود شرایط فعلی یکپارچگی حمل‌ونقل منطقه داده می‌شود. در ادامه راهبردهای حاصل، با استفاده از فرآیند تحلیل شبکه‌ای (ANP) اولویت‌بندی می‌شوند. نتیجه نهایی حاصل از فرآیند تحلیل شبکه‌ای نشان‌دهنده اهمیت و اولویت یکپارچگی مدیریتی- سازمانی بر سایر یکپارچگی‌های مطروحه در این پژوهش هست. تبیین شاخص‌های حمل‌ونقل پایدار شهری با بهره‌گیری از معادلات ساختاری توسط (پیران، زرآبادی، زیاری و ماجدی، ۱۳۹۸) ارائه شد. یافته‌ها فرضیه‌های پژوهش را تأیید می‌کند. بعلاوه، جهت اطمینان از کفایت داده‌های تحقیق برای انجام تحلیل عاملی، از مدل‌سازی معادلات ساختاری و با استفاده از نرم‌افزار آماری لیزرل استفاده شد. نتایج نشان می‌دهد که مؤثرترین شاخص‌های کالبدی در حمل‌ونقل پایدار شهری از دید شهروندان مؤلفه کیفیت زندگی است و متغیر دسترسی به مناطق پرتراکم کمترین سهم را دارد. با توجه به اهمیت انتخاب استراتژی PPP یا دولتی برای ساخت و بهره‌برداری از سیستم حمل‌ونقل بین شهری به‌ویژه آزادراه‌ها تا به امروز مطالعات زیادی در این حوزه انجام شده است، برای نمونه (چان، لم، چان و چیونگ[3]، ۲۰۰۸) تلاش کرده‌اند. با نظرسنجی از مشارکت‌کنندگان پروژه‌های اجرایی هنگ هنگ شکاف ادراکی میان بخش عمومی و خصوصی را حذف کنند (یوانگ‌جین، اکسین‌پینگ و شوکینگ[4]، ۲۰۰۸). برای تهیه طرح توجیه اقتصادی مشارکت بخش خصوصی بر اساس منافع عمومی از روش معادل‌سازی ارزیابی مالی پروژه‌ها استفاده کردند (تاکیم، عبدالرحمان، اسمالی و اگبو[5]، ۲۰۰۸). با نظرسنجی از خبرگان، بخش خصوصی و عمومی عوامل موثر بر مشارکت بخش خصوصی در پروژه‌های ساخت و بهره‌برداری جاده‌ای طبقه‌بندی کرد (میتال[6] و کالامپوکات، ۲۰۱۰). یک پژوهش جامع در ارتباط با بکارگیری استراتژی PPP در پروژه‌های دولت الکترونیک کشور هندوستان به روش مصاحبه انجام دادند و عوامل موفقیت آن را ارزیابی کردند. یوانگ، اسکیب‌نیوسکی، لی و شان[7](۲۰۱۰) و چان، لم، چان، چیونگ و یونگجین[8](۲۰۱۰) بترتیب عوامل محرک برای PPP در سیستم‌های حمل‌ونقل شهری از دیدگاه بخش عمومی و دولت در کشور چین بحث می‌کنند. ژانگ و چن(۲۰۱۳) یک ساختار نظام‌مند به روش تحلیلی به‌عنوان مشوق مشارکت عمومی ـ خصوصی برای توسعه زیرساخت‌ها کشور هنگ هنگ ارائه می‌کنند. پاور و همکاران (۲۰۱۳) یک مدل ارزیابی اقتصادی با هدف امکان‌سنجی خرید سهام شرکاء در قراردادهای پروژه‌های آزادراهی کشور امریکا ارائه کردند. هیوانگ و همکاران (۲۰۱۶) یک مدلسازی تحلیلی با هدف اثبات بهینگی فنی و اقتصادی بکارگیری استراتژی مشارکت عمومی ـ خصوصی در ساخت و مدیریت بهره‌برداری بزرگراه‌ها در کشور ایتالیا ارائه دادند. ارزش‌آفرینی پول در پروژه‌های بزرگراهی امریکا توسط کوین، ویلر و گیفورد[9] (۲۰۱۷) به شیوه تحلیلی از طریق ارتباط مستقیم با سازمان‌های حمل‌ونقل عمومی و جستجو از وب‌سایت پروژه‌ها پیشنهاد شد. هیوس‌کیس، ورهوست و

---

[1] Delphi
[2] SWOT
[3] Chan, Lam, Chan & Cheung, 2008
[4] Yongjian, Xinping & Shouqing, 2008
[5] Takim, Abdul-Rahman, Ismail & Egbu, 2008
[6] Mittal & Kalampukatt, 2010
[7] Yuan, Skibniewski, Li & Shan, 2010
[8] Chan, Lam, Chan, Cheung & Yongjian, 2010
[9] Kweun, Wheeler & Gifford, 2017

بلاک[1](۲۰۱۷) تحلیلی جامع بر تدارک و اقدامات دولت برای پروژه‌های زیربنایی به فرم مشارکت عمومی ـ خصوصی پایدار در کشور فنلاند به شیوه تحلیلی انجام داده‌اند. بورک و دمیرگ[2](۲۰۱۷) فرآیند انتقال ریسک و روابط ذی‌نفعان در استراتژی مشارکت عمومی ـ خصوصی بررسی کردند. عقد قراردادهای انعطاف‌پذیر برای مقابله با عدم قطعیت مشارکت عمومی ـ خصوصی در کشور پرتقال توسط کروز و مارکوس[3](۲۰۱۳) به روش تحلیلی امکان‌سنجی می‌شود نتایج حاصله نشان می‌دهد که این قراردادهای بلندمدت با حجم سرمایه‌گذاری بالا با عدم قطعیت‌های پیچیده‌ای مواجه هستند. این سوال توسط پاور و همکاران (۲۰۱۶) پاسخ داده شد که آیا استفاده از گزینه‌های استراتژیک در قرارداد مشارکت عمومی ـ خصوصی ساخت آزادراه‌ها به شیوه گرین‌فیلد شرایط کمینه‌سازی تخصیص ریسک را با توجه به عدم قطعیت‌ها و احتمال درگیری بین شرکاء برای کشور امریکا فراهم می‌سازد. رهیافت‌های اشتراک ریسک درآمد برای بکارگیری استراتژی مشارکت عمومی–خصوصی با توجه به پرداخت‌های در دسترس و قراردادهای مدت متغیر، تضمین‌های حداقل درآمد توسط روحانی، گدس، دو، گاوو و بهشتیان[4](۲۰۱۸) بررسی شد و نتایج نشان داد که انتخاب یک استراتژی مناسب به سطح ریسک تقاضا، ترجیحات ریسک‌پذیری هر دو شریک و ماهیت پروژه و برخی فاکتورهای دیگر بستگی دارد. یک مدل ارزشیابی واقعی یکپارچه با هدف اصلی تأمین مالی مجدد پروژه‌های بزرگ‌راهی دارای کمبود جریان نقدی توسط لیانگ و عاشوری[5](۲۰۲۰) ارائه گردید که از آنالیز سود–هزینه و ارزیابی ریسک خنثی بترتیب برای قیمت‌گذاری ریسک فنی پروژه و ارزیابی شرایط بازار در زمان ترافیک آینده استفاده می‌کرد. مهمترین عوامل موفقیت و ریسک بکارگیری استراتژی مشارکت عمومی–خصوصی برای پروژه‌های بزرگ‌راهی توسط فاسی، ای‌اس‌سی.ای ام، پرمن و ای‌اس‌سی.پی‌ای[6] (۲۰۲۳) از طریق رویکرد مطالعه دلفی با کمک متخصصان مجرب در بخش حمل‌ونقل شناسایی و رتبه‌بندی گردید. هدف اصلی پژوهش الاداگ و ایسیک[7](۲۰۲۲) تعیین ریسک‌های سیاسی و حقوقی و شناسایی تأثیر آنها بر موفقیت پروژه‌های بزرگ حمل‌ونقل با بکارگیری استراتژی PPP بوده است. از آنجایی که دقت پیش‌بینی مدل جاذبه چهار مرحله‌ای سنتی مورد استفاده به دلایل مختلف بالا نبود. با توجه به داده‌های دقیق‌تر حاصل از روش پیش‌بینی مبتنی بر فعالیت، این روش برای دستیابی به تقاضای دقیق تردد در آزادراه‌ها بیشتر استفاده شده است. تاکنون اکثر روش‌ها و مدل‌هایی که توسعه یافته‌اند تأثیر ریسک و عدم قطعیت حجم تقاضا با هدف انتخاب استراتژی‌های مناسب ساخت و بهره‌برداری آزادراه‌ها به روش ارزش حال خالص در بازه زمانی قراردادها کمتر مورد توجه بوده است.

روش پژوهش

در این بخش، نحوه مدلسازی مسئله انتخاب استراتژی‌های بهینه عمومی–خصوصی یا دولتی برای ساخت و بهره‌برداری پروژه‌های آزادراهی بر اساس محاسبه ارزش حال خالص سود ارائه می‌شود. برای تعیین ارزش حال خالص سود پروژه‌های آزادراهی بایستی هزینه‌ها طی زمان ساخت و جریان درآمدی دو نوع استراتژی طی سال‌های بهره‌برداری با توجه به عدم قطعیت پیش‌بینی حجم تقاضای برای تردد در آزادراه‌ها تعیین شود. مدت زمان تعیین شده در قرارداد مشارکت برای محاسبه میزان درآمد و جریان نقدینگی احتمالی طی دوره بهره‌برداری برای بکارگیری دو نوع استراتژی عمومی–خصوصی و سنتی در محاسبات لحاظ می‌گردد. در استراتژی PPP، بخش خصوصی می‌تواند مسئولیت ساخت پروژه را عهده‌دار شود و برای بهره‌برداری طبق مدت زمان قرارداد برنامه‌ریزی کرده و عوارض دریافت کند. در روش تدارک سنتی، دولت خود مسئول ساخت و بهره‌برداری از آزادراه‌ها است و می‌تواند حین دوره بهره‌برداری عوارض دریافت کند. برای محاسبه جریان درآمدی، متغیرهای ترافیکی عمده شامل PHPTV، PTA، DAYs، Lines و AEPHTV می‌باشند. پارامتر A_0 حجم ترافیک سالیانه برای سناریو پایه است و در مدل تقاضا برای محاسبه کمیت حجم ترافیک وقتی که عوارض صفر می‌باشد، طبق رابطه (۱) بکار گرفته می‌شود. حجم تقاضا برای تردد با توجه به ترافیک سالیانه وابسته به نرخ عوارض آزادراهی برای چرخ‌های هم‌تراز و نرخ عوارض آزادراهی سالیانه بترتیب طبق روابط (۲) و (۳) محاسبه می‌شوند. از رابطه (۳)، نرخ عوارض بر اساس ماکزیمم مقدار بین افزایش ۰/۱۲ نرخ عوارض سال قبل، نرخ رشد اقتصادی و جمعیت بین استان‌های

[1] Hueskes, Verhoest & Block,2017
[2] Burke & Demirag, 2017
[3] Cruz & Marques, 2013
[4] Rouhani, Geddes, Do, Gao & Beheshtian, 2018
[5] Liang & Ashuri, 2020
[6] Fathi, ASCE, Pramen & ASCE, 2023
[7] Aladağ & Işik, 2022

واصل توسط آزادراه ، نرخ رشد جمعیت و اقتصادی سالیانه کشور تعیین می‌گردد. نرخ رشد حجم ترافیک در سال tام طبق رابطه (۴) مدلسازی می‌شود. حجم ترافیک در هر سال بر اساس نرخ عوارض تعیین شده برای آن سال با توجه به نرخ رشد حجم ترافیک طبق رابطه (۵) محاسبه می‌شود. درآمد آزادراه طی زمان بهره‌برداری چه با استراتژی عمومی–خصوص و یا استراتژی دولتی ساخته شود از حاصلضرب تقاضای حجم ترافیکی سالیانه در نرخ عوارض دریافتی طی آن سال طبق رابطه (۶) محاسبه می‌گردد. باتوجه به اینکه اگر استراتژی عمومی–خصوصی برای ساخت آزادراه انتخاب شود، بخش خصوصی مجاز به ساخت مجتمع‌های خدماتی و رفاهی در مسیر آزادراه هستند؛ بنابراین، درآمد مازادی نیز از این طریق خواهند داشت که درآمد کل آنها طبق رابطه (۷) محاسبه می‌شود.

$$A_0 = \left[(1 - PTA_t) \times \left(\frac{AEPHTV_t}{PHPTV_t}\right)\right] \times DAYs_t \times Lines \quad (۱)$$

$$Q_t = A_0(P_t + \psi)^{-\gamma} \quad (۲)$$

$$P_t = \max\left(0.12P_{t-1}, eg_i, pg_i, eg_{source}, pg_{sink}, eg_{source}, pg_{sink}\right) \quad (۳)$$

$$g_t = g_0 \exp\left(-\omega t + \sum_{\tau=1}^{t} v_t\right) \quad (۴)$$

$$A_t = A_0 \exp(g_t) = A_t = A_0 \exp\left(g_0 \exp\left(-\omega t + \sum_{\tau=1}^{t} v_t\right)\right) \quad (۵)$$

$$R_{Qt} = P_t \times Q_t \quad (۶)$$

$$TR_t = R_{Qt} + R_{ISt} \quad (۷)$$

باید متذکر شد که دولت در پروژه‌های آزادراهی ساخت تأسیسات و مجتمع‌های رفاهی را در دستور کار خود نخواهند داشت و بنابراین، پس در دوره ساخت آزادراه، هزینه‌ای برای ساخت تأسیسات جانبی نخواهد داشت. برآورد دقیق هزینه ساخت آزادراه به شدت بر سود بخش خصوصی و عمومی تأثیرگذار است. دوره ساخت و تأخیر در آن موجب تأخیر در افتتاح پروژه و کاهش ارزش حال جریان‌های نقدینگی در زمان بهره‌برداری آزادراه می‌گردد. روابط (۸) و (۹) بترتیب هزینه ساخت آزادراه را با بکارگیری دو استراتژی سنتی و عمومی–خصوصی مدلسازی می‌کنند. اختلاف این دو رابطه برای محاسبه هزینه‌های پروژه ساخت و بهره‌برداری آزادراه با بکارگیری دو استراتژی عمومی–خصوص و دولتی بواسطه دو ترم هزینه مالیات GC_{tt} و هزینه وام GC_{dt} است، زیرا دولت برای ساخت آزادراه وام نمی‌گیرد و پرداخت مالیات نیز ندارد. معافیت‌های معین هزینه مالیاتی بخش خصوصی PC_{tt} در برخی سال‌های بهره‌برداری بخشی از منافع آنها را تأمین می‌کند. ممکن است سازندگان آزادراه در استراتژی عمومی–خصوصی برخی از هزینه‌ها را از طریق وام تأمین کنند، سپس اقساط سالیانه آن را در بازه زمانی معین PC_{dt} پرداخت کنند که البته بازپرداخت این خدمات موجب کاهش سود خالص سالیانه آنها می‌گردد. در اینجا فرض می‌شود که دوره ساخت m سال با یک توزیع لگاریتم طبیعی است و هزینه‌های مرتبط با اتمام فسخ پروژه پیش از شروع ساخت قابل چشم‌پوشی می‌باشد، زمانی که پروژه آزادراهی شروع می‌شود تنها قابل تأخیر است و لغو آن ممکن نیست. هزینه‌های بهره‌برداری و نگهداری آزادراه برای دو استراتژی عمومی–خصوصی و سنتی تابعی از درآمد آنها در نظر گرفته شده است که بترتیب طبق روابط (۱۰) و (۱۱) مدلسازی می‌گردد. به منظور اعمال تنزیل در هزینه، از مدل قیمت‌گذاری دارایی سرمایه استفاده می‌شود. بخش خصوصی از نرخ تنزیل مطابق رابطه (۱۲) استفاده می‌کند.

$$GTC_t = GC_{Ct} + GC_{Ot} + GC_{Mt} + GC_{rt} \quad (۸)$$

$$PTC_t = PC_{Ct} + PC_{Ot} + PC_{Mt} + PC_{rt} + PC_{tt} + PC_{dt} \quad (۹)$$

$$PC_{Ot} = GC_{Ot} = \%10 \times R_{Qt} \quad (۱۰)$$

$$PC_{Mt} = GC_{Mt} = \%15 \times R_{Qt} \quad (۱۱)$$

$$r_e = r_f + \beta(r_m - r_f) \quad (۱۲)$$

باید متذکر شد که تفاوت‌های بین r_f و r_e در هزینه ریسک واحد است در حالی که تفاضل بین r_m و r_f هزینه بازار است. در ارزیابی اقتصادی ساخت آزادراه چه با بکارگیری استراتژی عمومی–خصوصی و چه با استراتژی دولتی، عدم قطعیت در برخی از پارامترهای مورد پیش‌بینی نظیر نرخ بهره، حجم تقاضا، زمان اتمام پروژه و شروع بهره‌برداری، نرخ تنزیل و غیره وجود دارد و البته میزان آن در فاکتورهای مذکور برای بخش خصوصی و دولتی متفاوت است. مدلسازی عدم قطعیت به دو روش تحلیلی و شبیه‌سازی انجام می‌شود. در روش تحلیلی، هدف از ایجاد سناریوهای متنوع در مدلسازی عدم قطعیت، ارزیابی تأثیر ریسک مالی متناظر با آن‌ها در تابع هدف است. در این مقاله حجم تقاضای تردد در آزادراه طی زمان بهره‌برداری به‌عنوان فاکتور غیرقطعی لحاظ می‌گردد و از مابقی پارامترهای غیرقطعی نظیر مدت زمان ساخت، نرخ بازگشت سرمایه و میزان هزینه بهره‌برداری و نگهداری و همچنین بهسازی صرف نظر می‌شود. سناریوهای محتمل و معتبر برای حجم تقاضاهای تردد در آزادراه‌های و احتمال متناظر با آن‌ها از تابع توزیع احتمالی استخراج می‌شود که برای هر یک متفاوت است. نتایج اقتصادی حاصله برای هزینه و درآمد ساخت و بهره‌برداری از آزادراه‌های داخل کشور با بکاگیری استراتژی‌های عمومی–خصوصی و دولتی تحت سناریوهای مختلف ارزیابی می‌گردد و رویکرد اقتصادی‌تر مناسب برای پروژه انتخاب می‌شود. برای احتمال مجموع بر روی کل سناریوهای حجم تقاضای تردد در آزادراه طبق رابطه (۱۳) خواهیم داشت. از آنجایی که حجم تقاضای تردد کمتر از پیش‌بینی در سناریو بهره‌برداری از آزادراه‌ها منجر به ریسک کمبود درآمد می‌شود بنابراین می‌توان مقدار انتظاری این ریسک مالی را طبق روابط (۱۴) و (۱۵) مدلسازی کرد. ارزیابی اقتصادی یک طرح از طریق نرخ سودآوری و مقایسه آن با چند طرح دیگر انجام می‌شود. مولفه‌های اصلی اقتصادی یک پروژه ساخت و بهره‌برداری آزادراه شامل هزینه‌ها، درآمدها و نیز ریسک با توجه به عدم قطعیت‌ها می‌باشد. روش ارزش حال خالص یکی از روش‌هایی است که در آن ارزش زمانی پول در نظر گرفته می‌شود. ارزش حال خالص مجموع ارزش حال تمام جریان‌های نقدی آینده (در بازه زمانی مورد مطالعه پروژه که معادل n سال است) برای تعیین ارزش حال است. جریان‌های نقدی شامل جریان ورودی (هزینه) و خروجی (درآمد) است که با نرخ تنزیل سازگار با ریسک پروژه با توجه به استراتژی عمومی–خصوصی و دولتی بترتیب طبق روابط (۱۶) و (۱۷) تنزیل می‌شوند. بنابراین، تابع هدف که ارزش حال خالص سود برای پروژه ساخت و بهره‌برداری آزادراه است با بکارگیری دو استراتژی عمومی–خصوصی و سنتی است که بترتیب طبق روابط (۱۸) و (۱۹) تعیین می‌شود.

$$Pr_t^{Sc1} + Pr_t^{Sc2} + \cdots + Pr_t^{Sc(N-1)} + Pr_t^{ScN} = 1 \quad (۱۳)$$

$$(Q_t - Q_t^{Sci}) \le u_t^{Sci} \le 1 + \frac{(Q_t - Q_t^{Sci})}{Q_t} \quad (۱٤)$$

$$Risk_t^F = \sum_{Sci=1}^{N_{sc}} \{Pr_t^{Sci} \times (Q_t - Q_t^{Sci}) \times u_t^{Sci}\} \quad (۱۵)$$

$$PV_{PTC} = \sum_{t=1}^{n} \frac{GTC_t}{(1+r_{pt})^t} \qquad PV_{PTr} = \sum_{t=1}^{n} \frac{Risk_t^F}{(1+r_{pt})^t} \qquad PV_{PTR} = \sum_{t=1}^{n} \frac{GTR_t}{(1+r_{pt})^t} \quad (۱٦)$$

$$PV_{GTC} = \sum_{t=1}^{n} \frac{PTC_t}{(1+r_{gt})^t} \qquad PV_{GTr} = \sum_{t=1}^{n} \frac{Risk_t^F}{(1+r_{gt})^t} \qquad PV_{GTR} = \sum_{t=1}^{n} \frac{PTR_t}{(1+r_{gt})^t} \quad (۱۷)$$

$$Ben_t^P = PV_{PTR} - (PV_{PTC} + PV_{PTr}) \quad (۱۸)$$

$$Ben_t^G = PV_{GTR} - (PV_{GTC} + PV_{GTr}) \quad (۱۹)$$

اگر ارزش حال خالص به ازای حداقل نرخ تنزیل به هنگام بکارگیری هر یک دو استراتژی عمومی–خصوصی و یا سنتی برای ساخت و بهره‌برداری آزادراه کوچکتر از صفر باشد، ارزش حال هزینه‌های پروژه بیشتر از درآمدهای آن بوده و بنابراین انجام پروژه از آن طریق مقرون به صرفه اقتصادی نخواهد بود. در مواردی که ارزش حال خالص بزرگتر از صفر باشد، ارزش حال هزینه‌ها کمتر از ارزش حال درآمد بوده و بکارگیری استراتژی ساخت و بهره‌برداری آزادراه مقرون به صرفه اقتصادی است، اما در مواردی که دو استراتژی عمومی–خصوصی و تدارک سنتی بوسیله روش ارزش حال خالص با هم مقایسه می‌شوند، استراتژی با بیشترین ارزش حال خالص اقتصادی‌تر خواهد بود. هر دوره‌ای که بخش سازنده خصوصی آزادراه جریان نقدینگی نرخ عوارض مربوط به حجم تقاضا برای تردد را گردآوری می‌کند، برای ارزیابی مقادیر انتظاری متغیرهای تصادفی بوسیله ارزش حال خالص از نرخ‌های تنزیل با ریسک محاسبه می‌شوند و این

در حالی‌که است که از نرخ تنزیل کمتر برای بخش دولتی استفاده می‌شود. تشریح روند کدسازی مسأله تصمیم‌گیری در ارتباط با بکارگیری استراتژی بهینه ساخت و بهره‌برداری پروژه‌های آزادراهی در الگوریتم ژنتیک بترتیب ذیل خواهد بود. برای بکارگیری الگوریتم ژنتیک و حل مسأله باید ابتدا ساختار کروموزوم‌ها را بر اساس متغیرهای مستقل مسأله یا ژن‌های الگوریتم مطابق جدول (۱) تشکیل دهیم.

جدول ۱

ساختار کروموزوم معادل جواب مسئله تصمیم‌گیری برای استراتژی ساخت و بهره‌برداری آزادراه‌های کشور

$BV^{FW1}{}_{PP}$	$BV^{FW1}{}_{G}$	$BV^{FW2}{}_{PP}$	$BV^{FW2}{}_{G}$	----	$BV^{FW(N)}{}_{PP}$	$BV^{FW(N)}{}_{G}$

برای هر یک از N آزادراه مورد مطالعه، دو متغیر باینری $BV^{FWi}{}_{PP}$ و $BV^{FWi}{}_{G}$ تعریف می‌شود که در صورت ۱ بودن بترتیب بر بکارگیری استراتژی عمومی–خصوصی و دولتی برای ساخت و بهره‌برداری آزادراه دلالت دارند. پس از تعیین ساختار کروموزوم، جمعیت اولیه معادل ۱۰۰ کروموزم به طور تصادفی برای تکرار اول الگوریتم تولید می‌شود. مقادیر برازندگی هر کروموزوم‌ها برای سنجش شرایط حضور در تکرار بعد طبق روابط (۲۰) و (۲۱) محاسبه می‌گردد. برازندگی هر کروموزوم بر اساس مقدار تابع هدف و جریمه بواسطه تخطی از قیود مدل پیشنهادی تعیین می‌شود. رابطه (۲۲) الزام به انتخاب یک استراتژی از بین دو استراتژی عمومی–خصوصی و دولتی را در طی روند حل مسئله توسط الگوریتم ژنتیک فراهم می‌آورد. تخطی از این قید برای ساخت و بهره‌برداری هر یک از پروژه‌های آزادراهی منجر به ورود یک پنالتی معادل 10^{+10} در تابع برازش کروموزوم می‌شود. بعد از آنکه برازندگی کلیه کروموزوم‌ها تعیین شد، از بین کل جمعیت طبق جدول (۲) تعداد $p_c \times n_{pop}$ کروموزوم برای اعمال فرآیند تقاطع بکار گرفته می‌شوند. از تقاطع جفت کروموزوم‌های والد کروموزوم‌های فرزند به وجود می‌آیند که تعداد $p_m \times n_{pop}$ از فرزندان تولید شده برای اعمال فرآیند جهش در این جدول نمایش شده است.

$$OF_i = \left\{BV^{FWi}{}_{G} \times Ben_t^{Gi}\right\} + \left\{BV^{FWi}{}_{PP} \times Ben_t^{PPi}\right\} \quad (۲۰)$$

$$\text{Fitness} = \sum_{FW_i=1}^{N} \frac{OF_i}{(1+Penalty_i)} \quad (۲۱)$$

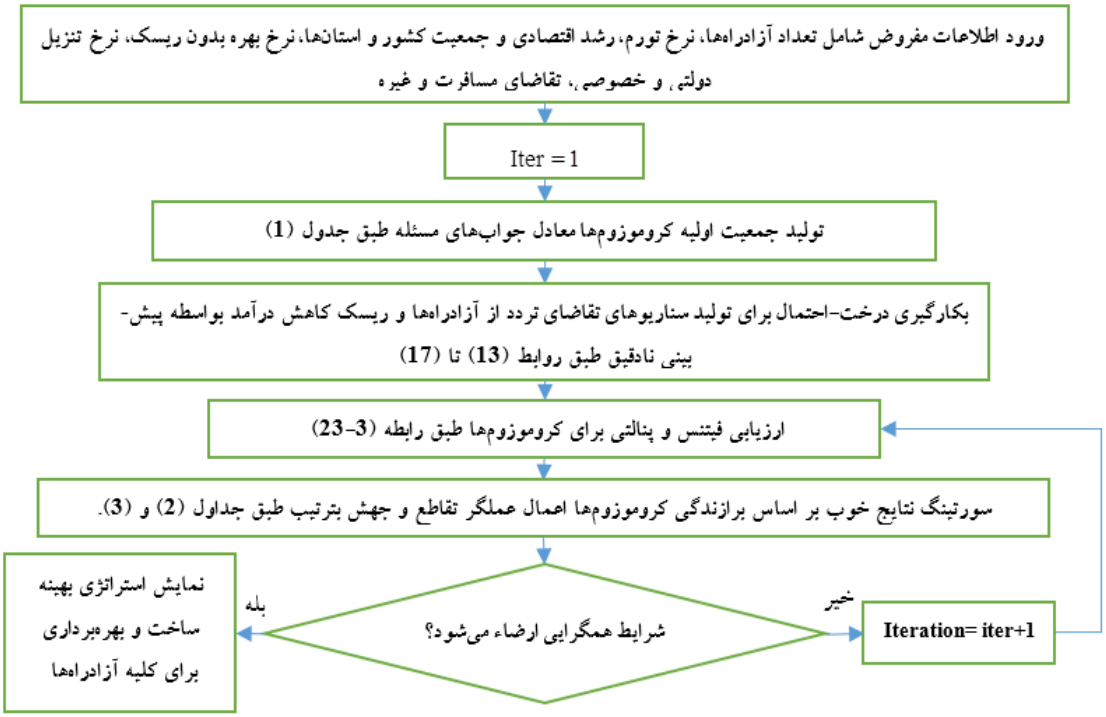
$$BV^{FWi}{}_{G} + BV^{FWi}{}_{pp} = 1 \quad (۲۲)$$

جدول ۲

فرآیند تقاطع برای جفت کروموزم‌های والد و جهش برای فرزند اول

$BV^{FW1}{}_{PP}$	$BV^{FW1}{}_{G}$	$BV^{FW2}{}_{PP}$	$BV^{FW2}{}_{G}$	----	$BV^{FW(N)}{}_{PP}$	$BV^{FW(N)}{}_{G}$
$BV^{FW1}{}_{PP}$ *	$BV^{FW1}{}_{G}$ *	$BV^{FW2}{}_{PP}$ *	$BV^{FW2}{}_{G}$ *	----	$BV^{FW(N)}{}_{PP}$ *	$BV^{FW(N)}{}_{G}$ *
فرزند ۱						
$BV^{FW1}{}_{PP}$ *	$BV^{FW1}{}_{G}$ *	$BV^{FW2}{}_{PP}$	$BV^{FW2}{}_{G}$	----	$BV^{FW(N)}{}_{PP}$	$BV^{FW(N)}{}_{G}$
فرزند ۲						
$BV^{FW1}{}_{PP}$ *	$BV^{FW1}{}_{G}$ *	$BV^{FW2}{}_{PP}$ *	$BV^{FW2}{}_{G}$ *	----	$BV^{FW(N)}{}_{PP}$	$BV^{FW(N)}{}_{G}$
جهش در فرزند ۱						
$BV^{FW1}{}_{PP}$ *	$BV^{FW1}{}_{G}$ *	$BV^{FW2}{}_{PP}$	$BV^{FW2}{}_{G}$ **	----	$BV^{FW(N)}{}_{PP}$	$BV^{FW(N)}{}_{G}$

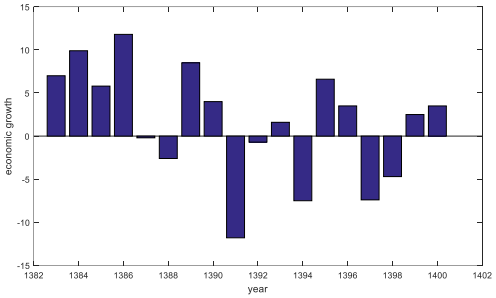
بعد از اینکه فرآیند تقاطع و جهش بر روی کروموزوم‌ها اعمال شد، حال بر اساس فیتنس بیشتر به کمتر کل جمعیت کروموزوم‌ها را مرتب می‌کنیم تعداد n_{pop} کروموزم مجدداً از بین بهترین کروموزوم‌ها برای اجرای تکرار بعد الگوریتم انتخاب می‌شوند. روند تقاطع و جهش بر روی کروموزوم‌ها با توجه به معیار همگرایی الگوریتم برای نمونه تعداد تکرار ماکزیمم انجام می‌شود و پس از رسیدن به شرط همگرایی الگوریتم متوقف شده و بهترین کروموزم در تکرار آخر به عنوان جواب بهینه مسأله تعیین بهترین استراتژی ساخت و بهره‌برداری پروژه‌های آزادراهی کشور معرفی می‌شود. فلوچارت بکارگیری الگوریتم ژنتیک برای حل مسئله در شکل (۲) نمایش شده است.



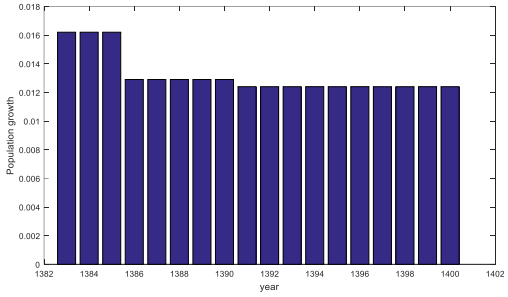
شکل ۲. فلوچارت کدسازی مسئله انتخاب استراتژی ساخت و بهره‌برداری آزادراه‌های کشور در الگوریتم ژنتیک

یافته‌ها و بحث

به منظور اعتبارسنجی مدل پیشنهادی، مطالعات عددی برای تعیین بهترین استراتژی ساخت و بهره‌برداری بر روی پنج آزادراه کشور شامل خرم آباد–پل زال، قم–مرکزی، پل زال–اندیمشک، اهواز–بندر امام و آزادراه غربی اصفهان بکار گرفته می‌شود. اطلاعات آزادراهی موجود شامل طول و تعداد خطوط آزادراه، مدت زمان مشارکت بخش خصوصی در صورت تصمیم به واگذاری پروژه برای ساخت، زمان ساخت برای دو استراتژی دولتی و عمومی–خصوصی، کشش تقاضای تردد از آزادراه، سقف حجم ترافیک، ضریب بتای بخش خصوصی، نرخ تورم سالیانه، حجم ترافیک سالیانه، حجم ترافیک در ساعات پیک برای محورهای همتراز شده، نسبت حجم ترافیک در ساعات پیک، درصد اجتناب از پرداخت عوارض، نرخ رشد اولیه تقاضا، شدت رفتار کاهشی قطعی تقاضا در رشد ترافیک، شک تصادفی برای نرخ رشد تقاضا، میزان تقاضا و سناریوهای احتمالی کاهش و افزایش سطح آن طی سال، نرخ عوارض سالیانه نرخ بهره بدون ریسک سالیانه، نرخ تنزیل سالیانه بخش دولتی و خصوصی، رشد اقتصادی و جمعیت سالیانه کشور، رشد اقتصادی و جمعیت دو استانی که آزادراه آن دو را به یکدیگر متصل می‌کند، مقدار افزایش در نرخ عوارض، هزینه ساخت و بهره‌برداری در دو وضعیت بکارگیری استراتژی دولتی و عمومی–خصوصی، وام و مالیات بخش خصوصی می‌باشد. از آنجایی که مدل پیشنهادی مبتنی بر ریسک کاهش تقاضا برای استفاده از آزادراه‌ها توسعه داده شده است، باید متذکر شد که سناریوهای احتمالی برای هر آزادراه به طور مصنوعی در نظر گرفته شده است تا تأثیر تغییر حجم تقاضا بر انتخاب استراتژی ساخت و بهره‌برداری آزادراه‌ها، درآمد و هزینه‌های انتظاری به تفکیک مشخص گردد. پارامترهای الگوریتم ژنتیک شامل تعداد جمعیت اولیه کروموزوم‌ها معادل ۱۰۰ و احتمال تقاطع بین جفت کروموزوم ۰.۵، احتمال جهش ۰.۴ و تعداد تکرار حل الگوریتم ۱۰۰ تکرار لحاظ گردیده است. مدلسازی پیشنهادی بر روی کامپیوتر ASUS با پردازشگر هفت هسته‌ای ۲.۴ گیگاهرتزی، ۸ گیگابایت حافظه جانبی اجرا می‌گردد، مدل پیشنهادی به فرم یک مسأله بهینه‌سازی ریاضیاتی احتمالاتی در نرم‌افزار MATLAB کدنویسی شده است و سپس نتایج عددی حاصله از مطالعات موردی در حضور و غیاب عدم قطعیت حجم تقاضای تردد از آزادراه‌های کشور بحث و مقایسه می‌گردند. رشد اقتصادی و جمعیت کشور طی سال‌های ۱۳۸۲ تا ۱۴۰۲ در شکل‌های (۳) و (۴) نمایش شده است.



شکل ۳. نرخ رشد اقتصادی کشور طی سال‌های ۱۳۸۳ تا ۱۴۰۰



شکل ۴. نرخ رشد جمعیت کشور طی سال‌های ۱۳۸۳ تا ۱۴۰۰

البته مابقی اطلاعات تا سال ۱۴۱۱ از طریق درون‌یابی تخمین زده می‌شود تا در محاسبات عوارض آزادراهی استفاده شوند. آزادراه خرم‌آباد – پل‌زال به طول ۱۰۴ کیلومتر از طریق دو خط استان لرستان را به خوزستان وصل می‌کند. بازه زمانی مطالعه بر روی این آزادراه با توجه به قرارداد مشارکت بخش خصوصی از سال ۱۳۸۳ تا سال ۱۴۱۱ می‌باشد. برای ساخت آزادراه سال ۱۳۸۳ تا ۱۳۸۹ برای بخش خصوصی و سال ۱۳۸۳ تا ۱۳۹۷ برای دولت در نظر گرفته شده است. ضریب کشش تقاضا ۰.۵ و ضریب بتای مالی بخش خصوصی ۲.۵۲ در نظر گرفته شده است. نرخ تورم برای تجهیزات و سرویس‌ها از سال ۱۳۸۳ تا سال ۱۳۹۷ بترتیب معادل ۱۵.۲، ۱۰.۴، ۱۱.۹، ۱۸.۴، ۲۵.۴، ۱۰.۸، ۱۲.۴، ۲۱.۵، ۳۰.۵، ۳۴.۷، ۱۵.۶، ۱۱.۹، ۹.۰۰، ۹.۶۰ و ۱۸.۴ است که مابقی اطلاعات از طریق درون‌یابی تخمین شده است. تعداد روزهایی که آزادراه از سال ۱۳۹۰ تا سال ۱۴۱۱ با ترافیک مواجه است، میزان شوک ترافیکی و عوارض سالیانه در جدول (۳) آمده است.

جدول ۳

حجم ترافیک، شوک ترافیکی، عوارض و ترافیک سالیانه بعد اتمام ساخت پروژه آزادراه خرم‌آباد- پل‌زال

حجم ترافیک	۱۳۹۰	۱۳۹۱	۱۳۹۲	۱۳۹۳	۱۳۹٤	۱۳۹٥	۱۳۹٦	۱۳۹۷	۱۳۹۸	۱۳۹۹	۱٤۰۰
	۲۱۳	۲۱۲	۲٦۰	۳۲٥	۳۲٦	۳٦۲	۳۲٤	۳٤٥	۳٥۱	۳٦۱	۳٤۹
	۲۱۳	۲۱۱	۲٥۹	۳۱۲	۳۲٦	۳٥۰	۳۰۱	۳۳٦	۳٤۲	۳٥۸	۳۲۲
	۱٤۰۱	۱٤۰۲	۱٤۰۳	۱٤۰٤	۱٤۰٥	۱٤۰٦	۱٤۰۷	۱٤۰۸	۱٤۰۹	۱٤۱۰	۱٤۱۱
	۳٥۸	۳٦۲	۳٦٥	۳٦۱	۳٦٥	۳٥٥	۳٥۲	۳٥۷	۳٥۰	۳٥۲	۳٦۰
	۳٤٦	۳٤۸	۳٥۰	۳٤۸	۳٥۷	۳٤٥	۳٥۰	۳٥۳	۳٤۸	۳٥۰	۳٥۱
شوک تصادفی	۱۳۹۰	۱۳۹۱	۱۳۹۲	۱۳۹۳	۱۳۹٤	۱۳۹٥	۱۳۹٦	۱۳۹۷	۱۳۹۸	۱۳۹۹	۱٤۰۰
	۰/۲۲۸	۰/۳۷۰	۰/۸۹۰	۰/۸٥٦	۰/۴۰۲	/۳۱۸۰ ۰	۰/۶۰۸	۰/۹۱۰	۰/۹۰۹	۰/٥۹۱	/۳۳۲٥ ۰
	۱٤۰۱	۱٤۰۲	۱٤۰۳	۱٤۰٤	۱٤۰٥	۱٤۰٦	۱٤۰۷	۱٤۰۸	۱٤۰۹	۱۴۱۰	۱۴۱۱
	/۸٥۳۰ ۰	۰/۴۴۲	/۹۰۴۳ ۰	/۰۳۳۱ ۰	/٥۳۲۴ ۰	۰/۷۱۶	۰/۱۷۹	/۳۳۶٥ ۰	/۱۸۷۷ ۰	/۳۲۱۹ ۰	/۴۰۳۸ ۰
عوارض سالیانه	۱۳۹۰	۱۳۹۱	۱۳۹۲	۱۳۹۳	۱۳۹٤	۱۳۹٥	۱۳۹٦	۱۳۹۷	۱۳۹۸	۱۳۹۹	۱٤۰۰
	۱۳۰۰۰	۱۶۰۰ ۰	۱۹۰۰۰	۲۴۰۰۰	۲۹۰۰۰	۳۳۰۰۰	۳۹۰۰ ۰	۴۰۰۰۰	۴۲۰۰۰	۴٥۰۰۰	۴۹۰۰۰
ترافیک سالانه	۱۳۹۰	۱۳۹۱	۱۳۹۲	۱۳۹۳	۱۳۹٤	۱۳۹٥	۱۳۹٦	۱۳۹۷	۱۳۹۸	۱۳۹۹	۱٤۰۰
	۴۲۱	۳۱۷	۴۰۸	٥۰٥	۶۱۰	۶۶۲	۷۹۱	۷۱۸	۶۲۴	۴۰۳	۶۶۹
	٥۰۲	۳۱۲	٥۳۴	۶۹٥	۶۸۷	۶۶۰	۸۰٥	۷۰٥	۶۶٥	۴۲۷	۷۲۱

نسبت حجم ترافیک در ساعات پیک معادل ۷.۶٪، اجتناب افراد از پرداخت عوارض آزادراهی معادل ۰.۰۱۵، رشد اولیه تقاضا معادل ۰.۵۲ و شدت رفتار کاهشی قطعی در رشد ترافیکی معادل ۰.۴ لحاظ شده است. شوک تصادفی به نرخ رشد ترافیک از سال ۱۳۹۰ تا ۱۴۱۱ که عددی بین ۰ و ۱ است. اطلاعات تقاضای استفاده خودروها برای دو خط آزادراه با سطوح همتراز شده از سال ۱۳۹۰ تا سال ۱۴۰۰ در جدول (۴) در دسترس می‌باشد و مابقی اطلاعات از درون‌یابی محاسبه می‌شوند. اطلاعات مربوط به نرخ تنزیل دولتی و نرخ بهره بدون ریسک از سال ۱۳۸۳ تا ۱۳۹۶ و رشد اقتصادی استان‌های لرستان و خوزستان از سال ۱۳۹۱ تا ۱۴۰۰ بترتیب در جدول‌های (۵) و (۶) نمایش شده است.

جدول ۴

تقاضای استفاده برای خودروها با سطوح همتراز شده برای دو خط آزادراه از سال ۱۳۹۰ تا ۱۴۰۰

۱۳۹۰	۱۳۹۱	۱۳۹۲	۱۳۹۳	۱۳۹٤	۱۳۹٥
۱۱۷۹۵۹۸	۸۸۳۲۵۷	۱۳۹۷۰۱۷	۲۱۶۱۰۰۱	۲۶۱۴۷۷۳	۳۱۵۱۱۰۹
۱۴۰۷۵۶۲	۸۶۷۴۰۷	۱۸۲۰۲۰۶	۲۸۵۳۸۱۸	۲۹۴۷۸۵۲	۳۰۴۰۷۱۰
۱۳۹۶	۱۳۹۷	۱۳۹۸	۱۳۹۹	۱٤۰۰	-
۳۳۷۱۷۲۸	۳۲۶۱۴۱۸	۲۸۸۲۹۴۱	۱۹۱۶۳۵۰	۳۰۷۲۱۷۹	-
۳۱۸۹۹۷۷	۳۱۱۵۳۴۳	۲۹۹۴۲۸۱	۲۰۱۲۵۶۷	۳۰۵۴۸۱۲	-

جدول ۵

نرخ تنزیل دولتی و نرخ بهره بدون ریسک از سال ۱۳۸۳ تا ۱۳۹۶

۱۳۸۳	۱۳۸٤	۱۳۸٥	۱۳۸٦	۱۳۸۷	۱۳۸۸	۱۳۸۹
۷	۷	۷	۷	۹	۹	۶
۱۷	۱۶۶	۱۵۵	۱۵۵	۱۸	۱۶	۱۶۷
۱۳۹۰	۱۳۹۱	۱۳۹۲	۱۳۹۳	۱۳۹۴	۱۳۹۵	۱۳۹۶
۱۱	۱۱	۱۳۱	۱۶۱	۱۴	۱۰	۱۱
۱۹۹	۲۰	۲۰	۲۲	۲۰۶	۱۷۸	۱۵۱

جدول ۶

رشد اقتصادی استان‌های لرستان و خوزستان طی سال‌های ۱۳۹۱ تا ۱۴۰۰

سال	۱۳۹۱	۱۳۹۲	۱۳۹۳	۱۳۹٤	۱۳۹٥	۱۳۹٦	۱۳۹۷	۱۳۹۸	۱۳۹۹	۱۴۰۰
Egl	-۱/۹	-۱/۰	-۱/۲	۰/۲	۳/۵	۶/۶	۰/۷	۲/۶	۵/۰	۴/۱
Egkh	-۲۰/۳	-۱۳/۸	۲/۵	-۰/۲	۳۲/۱	۵/۵	-۸/۹	-۲۲/۵	۲/۸	۷/۶

رشد جمعیت استان لرستان در سال‌های ۱۳۸۳ تا ۱۳۸۵ معادل ۰.۰۰۸، سال‌های ۱۳۸۶ تا ۱۳۹۰ معادل ۰.۰۴۴، سال‌های ۱۳۹۱ تا ۱۴۰۱ معادل ۰.۰۰۰۷ تعیین شده است این درحالی است که اطلاعات رشد جمعیت برای استان خوزستان از سال ۱۳۸۳ تا ۱۳۸۵ معادل ۰.۰۱۳۳، ۱۳۸۶ تا ۱۳۹۰ معادل ۰.۰۱۱۷، ۱۳۹۱ تا ۱۴۰۰ معادل ۰.۰۰۷۸ و برای سال ۱۴۰۱ معادل ۰.۰۱ تعیین شده است. قم – مرکزی به طول ۷۰ کیلومتر از طریق شش خط استان قم را به مرکزی متصل می‌کند. بازه زمانی مطالعه برای این آزادراه با توجه به قرارداد مشارکت بخش خصوصی از سال ۱۳۸۰ تا ۱۴۰۲ است. ساخت آزادراه توسط بخش خصوصی طی سال ۱۳۸۰ و ۱۳۸۱ انجام شده است در حالی‌که اگر توسط بخش دولتی اقدام می‌شد، اتمام ساخت تا سال ۱۳۸۵ طول می‌کشید. ضریب کشش تقاضا و ضریب بتای مالی بخش خصوصی مشابه آزادراه خرم‌آباد – پل زال در نظر گرفته شده است. نرخ تورم برای تجهیزات و سرویس‌ها از سال ۱۳۸۳ تا سال ۱۳۹۷ بترتیب معادل ۱۰.۸، ۱۱.۱، ۱۲.۵، ۱۵.۲، ۱۰.۴، ۱۱.۹، ۱۸.۴، ۲۵.۴، ۱۰.۸، ۱۲.۴، ۲۱.۵، ۳۰.۵، ۳۴.۷، ۱۵.۶، ۱۱.۹، ۹، ۹.۶ و ۱۸.۴ است که مابقی اطلاعات از طریق درون‌یابی تخمین شده است. تعداد روزهایی که آزادراه از سال ۱۳۸۲ تا سال ۱۴۰۳ با ترافیک مواجه است، مطابق جدول (۷) می‌باشد. اطلاعات مربوط به تقاضای تردد و حجم ترافیک آزادراه برای خودروها با سطوح همتراز شده در شش خط آزادراه از سال ۱۳۸۲ تا ۱۳۹۲ بترتیب طبق جداول (۸) و (۹) موجود است و مابقی اطلاعات از درون‌یابی محاسبه می‌شوند.

جدول ۷

تعداد روزهای ترافیکی سالیانه بعد اتمام ساخت پروژه از سال ۱۳۸۲ تا ۱۴۰۳

۱۳۸۲	۱۳۸۳	۱۳۸٤	۱۳۸٥	۱۳۸٦	۱۳۸۷	۱۳۸۸	۱۳۸۹	۱۳۹۰	۱۳۹۱	۱۳۹۲
۱۰۳	۱۱۲	۱۶۰	۲۲۵	۲۲۶	۲۶۲	۲۲۴	۲۴۵	۲۵۱	۲۶۱	۲۴۹
۱۰۵	۱۱۱	۱۵۹	۲۱۲	۲۲۶	۲۵۰	۲۰۱	۲۳۶	۲۴۲	۲۵۸	۲۲۲
۱۰۰	۱۱۲	۱۶۰	۱۲۵	۲۲۶	۲۶۲	۲۲۴	۲۴۵	۲۵۱	۲۶۲	۲۵۰
۱۰۱	۱۱۱	۱۵۹	۲۱۰	۲۲۶	۲۵۰	۲۰۱	۲۳۶	۲۴۳	۲۵۸	۲۲۳
۱۱۳	۱۱۰	۱۶۵	۲۱۵	۲۱۶	۲۲۲	۲۲۴	۲۳۵	۲۴۱	۲۵۱	۲۴۵
۱۱۳	۱۱۱	۱۵۹	۱۱۲	۱۲۶	۱۵۰	۱۰۱	۱۳۶	۱۴۲	۱۵۸	۱۲۵
۱۳۹۳	۱۳۹٤	۱۳۹٥	۱۳۹٦	۱۳۹۷	۱۳۹۸	۱۳۹۹	۱٤۰۰	۱٤۰۱	۱۴۰۲	۱۴۰۳
۲۵۸	۲۶۲	۲۶۵	۲۶۰	۲۶۵	۳۰۵	۳۱۲	۳۲۷	۳۳۰	۳۳۲	۳۵۵
۲۴۶	۲۴۸	۲۵۵	۲۵۰	۲۵۷	۲۶۵	۲۷۰	۲۸۳	۲۹۸	۳۰۰	۳۲۲
۲۵۵	۲۶۰	۲۶۰	۲۶۲	۲۶۰	۲۶۶	۲۶۲	۲۷۷	۲۸۰	۲۹۸	۳۴۸
۲۴۷	۲۵۰	۲۵۰	۲۴۸	۲۵۷	۲۴۵	۲۵۰	۲۵۳	۲۴۸	۲۵۰	۲۸۰
۲۳۸	۲۴۰	۲۳۵	۲۴۲	۲۲۵	۲۳۵	۲۳۲	۲۴۷	۲۳۰	۲۲۲	۲۵۲
۱۴۶	۱۴۵	۱۵۰	۱۴۸	۱۵۷	۱۴۵	۱۵۰	۱۵۳	۱۴۸	۱۵۰	۱۸۰

به طور مشابه با آزادراه خرم‌آباد–پل زال، برای آزادراه قم–مرکزی نیز نسبت حجم ترافیک در ساعات پیک معادل ۷.۶٪ است. درصد اجتناب افراد از پرداخت عوارض آزادراه قم–مرکزی معادل ۰.۰۱۵ است. رشد اولیه تقاضا g0 معادل ۰.۴۲، شدت رفتار کاهشی قطعی

در رشد ترافیکی **W** معادل ۰.۴ و شوک تصادفی برای نرخ رشد ترافیک از سال ۱۳۸۲ تا ۱۳۹۲ بین ۰ و ۱ است که به همراه نرخ عوارض در جدول (۱۰) آمده است. بر اساس اطلاعات موجود نرخ عوارض برای شش خط آزادراه قم–مرکزی برابر است. اطلاعات مربوط به نرخ تنزیل دولتی و نرخ بهره بدون ریسک و همچنین رشد اقتصادی استان‌های قم و مرکزی از سال ۱۳۸۲ تا سال ۱۳۹۲ در جدول (۱۱) آمده است. رشد جمعیت استان قم از سال ۱۳۸۵ تا ۱۳۸۹ معادل ۱.۹۳، ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۵ معادل ۲.۳۳ است و این درحالی است که اطلاعات رشد جمعیت برای استان مرکزی از سال ۱۳۸۵ تا ۱۳۸۹ معادل ۰.۹۱ و ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۵ معادل ۰.۲۲ تعیین شده است. در اینجا فرض شده است که هر ۱۰ سال بهسازی مسیر از طرف سازنده آزادراه انجام می‌شود. آزادراه پل زال– اندیمشک به طول ۴۵ کیلومتر از طریق یک خط استان لرستان را به خوزستان متصل می‌کند. بازه زمانی مطالعه این آزادراه بر اساس قرارداد مشارکت بخش خصوصی از سال ۱۳۹۰ تا ۱۴۱۷ است. زمان ساخت آزادراه پل زال اندیمشک توسط بخش خصوصی از سال ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۱ می‌باشد؛ در حالی‌که اگر این آزادراه توسط بخش دولتی ساخته می‌شد، مدت زمان ساخت از سال ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۴ پیش‌بینی شده است.

جدول ۸

تقاضای استفاده سالیانه پس از اتمام ساخت پروژه از سال ۱۳۸۲ تا ۱۳۹۲

۱۳۸۲	۱۳۸۳	۱۳۸۴	۱۳۸۵	۱۳۸۶	۱۳۸۷
۱۱۷۹۵۹۸	۸۸۳۲۵۷	۱۳۹۷۰۱۷	۲۱۶۱۰۰۱	۲۶۱۴۷۷۳	۲۱۵۱۱۰۹
۱۴۰۷۵۶۲	۸۶۷۴۲۷	۱۸۲۰۲۰۶	۲۸۵۳۸۱۸	۲۹۴۷۸۵۲	۲۰۴۰۷۱۰
۱۱۷۹۵۹۸	۸۸۳۲۵۷	۱۳۹۷۰۱۷	۲۱۶۱۰۰۱	۲۶۱۴۷۷۳	۲۱۵۱۱۰۹
۱۴۰۷۵۶۲	۸۶۷۴۳۷	۱۸۲۰۲۰۶	۲۸۵۳۸۱۸	۲۹۴۷۸۵۲	۲۰۴۰۷۱۰
۱۱۷۹۵۹۸	۸۸۳۲۵۷	۱۳۹۷۰۱۷	۲۱۶۱۰۰۱	۲۶۱۴۷۷۳	۲۱۵۱۱۰۹
۱۴۰۷۵۶۲	۸۶۷۴۱۷	۱۸۲۰۲۰۶	۲۸۵۳۸۱۸	۲۹۴۷۸۵۲	۲۰۴۰۷۱۰
۱۳۸۸	۱۳۸۹	۱۳۹۰	۱۳۹۱	۱۳۹۲	-
۲۳۷۱۷۲۸	۲۲۶۱۴۱۸	۲۸۸۲۹۴۱	۱۹۱۶۳۵۰	۳۱۷۲۱۷۹	-
۲۱۸۹۹۷۷	۲۱۱۵۳۴۳	۲۹۹۴۲۸۱	۲۰۱۲۵۶۷	۳۱۵۴۸۱۲	-
۲۳۷۱۷۲۸	۲۲۶۱۴۱۸	۲۸۸۲۹۴۱	۱۹۱۶۳۵۰	۳۲۷۲۱۷۹	-
۲۱۸۹۹۷۷	۲۱۱۵۳۴۳	۲۹۹۴۲۸۱	۲۰۱۲۵۶۷	۳۲۵۴۸۱۲	-
۲۳۷۱۷۲۸	۲۲۶۱۴۱۸	۲۸۸۲۹۴۱	۱۹۱۶۵۳۰	۳۳۷۲۱۷۹	-
۲۱۸۹۹۷۷	۲۱۱۵۳۴۳	۲۹۹۴۲۸۱	۲۰۱۲۵۶۷	۳۳۴۸۱۲	-

جدول ۹

حجم ترافیک سالیانه پس از اتمام ساخت پروژه از سال ۱۳۸۲ تا ۱۳۹۲

۱۳۸۲	۱۳۸۳	۱۳۸٤	۱۳۸٥	۱۳۸٦	۱۳۸۷	۱۳۸۸	۱۳۸۹	۱۳۹۰	۱۳۹۱	۱۳۹۲
۲۲۱	۳۱۷	۴۰۸	۵۳۵	۶۳۰	۶۶۲	۷۹۱	۷۹۸	۶۲۴	۴۱۳	۶۶۹
۲۲۲	۳۱۲	۴۳۴	۵۹۵	۶۸۷	۶۶۰	۷۱۵	۷۹۵	۶۳۵	۴۲۷	۷۲۱
۲۲۱	۳۱۷	۴۱۰	۵۲۵	۶۱۰	۶۶۵	۷۹۵	۷۸۸	۶۳۴	۴۲۳	۶۶۹
۲۰۲	۳۱۲	۴۳۵	۵۸۵	۶۳۷	۶۵۰	۷۷۵	۷۸۵	۶۶۵	۴۲۷	۷۲۱
۲۰۱	۳۱۵	۴۰۵	۵۵۵	۶۲۵	۶۶۵	۷۸۵	۷۸۸	۶۵۴	۴۴۳	۶۶۹
۳۰۲	۳۱۰	۴۳۵	۵۴۵	۶۱۷	۶۶۴	۷۲۵	۷۸۵	۶۲۵	۴۵۷	۷۲۱

جدول ۱۰

شوک تصادفی به نرخ رشد ترافیک از سال ۱۳۸۲ تا ۱۳۹۲

شوک	۱۳۸۲	۱۳۸۳	۱۳۸٤	۱۳۸٥	۱۳۸٦	۱۳۸۷	۱۳۸۸	۱۳۸۹	۱۳۹۰	۱۳۹۱	۱۳۹۲
تصادفی	۰/۲۲۸	۰/۳۷۰	۰/۸۹۰	۰/۸۵۶	۰/۴۰۲۴	۰/۳۱۸	۰/۶۰۸	۰/۹۱۰	۰/۹۰۹	۰/۵۹۱	۰/۳۳
نرخ	۱۳۸۲	۱۳۸۳	۱۳۸٤	۱۳۸٥	۱۳۸٦	۱۳۸۷	۱۳۸۸	۱۳۸۹	۱۳۹۰	۱۳۹۱	۱۳۹۲
عوارض	۷۰۰۰	۱۲۰۰۰	۱۷۰۰۰	۲۰۰۰۰	۲۲۰۰۰	۲۵۰۰۰	۲۹۰۰۰	۳۲۰۰۰	۳۵۰۰۰	۳۷۰۰۰	۴۰۰۰۰

جدول ۱۱

نرخ تنزیل دولتی و نرخ بهره بدون ریسک از سال ۱۳۸۲ تا ۱۳۹۲

سال	۱۳۸۲	۱۳۸۳	۱۳۸٤	۱۳۸٥	۱۳۸٦	۱۳۸۷	۱۳۸۸	۱۳۸۹	۱۳۹۰	۱۳۹۱	۱۳۹۲
تنزیل دولتی	۱۶/۵	۱۷	۱۶/۶	۱۵/۵	۱۵/۵	۱۸	۱۶	۱۶/۷	۱۹/۹	۲۰	۲۰
فاقد ریسک	۵	۷	۷	۷	۷	۹	۹	٦	۱۱	۱۱	۱۳/۱
سال	۱۳۸۲	۱۳۸۳	۱۳۸٤	۱۳۸٥	۱۳۸٦	۱۳۸۷	۱۳۸۸	۱۳۸۹	۱۳۹۰	۱۳۹۱	۱۳۹۲

EgGH	-۵/۶	-۵/۹	-۷/۰۰	-۰/۷	۲/۸	۱۳/۰۰	-۱/۲	۱/۵	۵/۵	۰/۶	۵/۲
EgM	-۴/۱	-۴/۱	۲/۷	۵/۸	-۱/۵	۱/۶	۶/۲	۱/۶	۱/۴	۲/۶	۴/۲

ضریب کشش تقاضا و ضریب بتای مالی بخش خصوصی مشابه آزادراه خرم‌آباد – پل زال و قم–مرکزی است. نرخ تورم برای تجهیزات و سرویس‌ها از سال ۱۳۹۰ تا سال ۱۳۹۷ بترتیب معادل ۲۱.۵، ۳۰.۵، ۳۴.۷، ۱۵.۶، ۱۱.۹، ۹، ۹.۶ و ۱۸.۴ است که مابقی اطلاعات از طریق درون‌یابی تخمین می‌شوند. تعداد روزهای ترافیکی سالیانه بعد اتمام ساخت آزادراه پل‌زال–اندیمشک از سال ۱۳۹۰ تا سال ۱۴۱۷ مطابق جدول (۱۲) می‌باشد. اطلاعات مربوط به تقاضای تردد و حجم ترافیک برای خودروها با سطوح همتراز شده برای یک خط آزادراه پل‌زال–اندیمشک از سال ۱۳۹۲ تا سال ۱۴۰۰ بترتیب طبق جدول (۱۳) موجود است و مابقی اطلاعات از درون‌یابی محاسبه می‌شوند. نسبت حجم ترافیک در ساعات پیک آزادراه پل‌زال–اندیمشک مشابه با آزادراه خرم‌آباد–پل زال و قم–مرکزی است. درصد اجتناب افراد از پرداخت عوارض آزادراهی PTA معادل ۰.۰۱۵ در نظر گرفته شده است. رشد اولیه تقاضا g0 معادل ۰.۵۲ فرض شده است و شدت رفتار کاهشی قطعی در رشد ترافیکی w معادل ۰.۴ لحاظ شده است. شوک تصادفی برای نرخ رشد ترافیک از سال ۱۳۹۲ تا سال ۱۴۰۰ بین ۰ و ۱ است، به همراه نرخ عوارض برای یک خط آزادراه پل‌زال – اندیمشک در جدول (۱۴) آمده است و البته به طور مشابه بقیه اطلاعات از روش درون‌یابی تخمین زده می‌شود. اطلاعات مربوط به نرخ تنزیل دولتی و نرخ بهره بدون ریسک از سال ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۵ در جدول (۱۵) نمایش شده است. به طور مشابه با آزادراه‌های خرم‌آباد–پل‌زال، قم–مرکزی، فرض شده است که آزادراه پل‌زال–اندیمشک نیز هر ۱۰ سال یک بار بهسازی مسیر از طرف سازنده آزادراه چه بخش خصوصی یا چه بخش دولتی باید انجام می‌شود.

جدول ۱۲

تعداد روزهای ترافیکی بعد اتمام ساخت پل‌زال–اندیمشک از سال ۱۳۹۰ تا ۱۴۱۷

۱۳۹۰	۱۳۹۱	۱۳۹۲	۱۳۹۳	۱۳۹٤	۱۳۹۵	۱۳۹٦	۱۳۹۷	۱۳۹۸	۱۳۹۹
۲۱۳	۲۱۲	۲۶۰	۳۲۵	۳۲۶	۳۶۲	۳۲۴	۳۴۵	۳۵۱	۳۶۱
۱٤۰۰	۱٤۰۱	۱٤۰۲	۱٤۰۳	۱٤۰٤	۱٤۰۵	۱٤۰٦	۱٤۰۷	۱٤۰۸	۱٤۰۹
۳۴۹	۳۵۸	۳۵۹	۳۵۶	۳۵۸	۳۶۲	۳۶۳	۳۵۹	۳۶۰	۳۵۷
۱۴۱۰	۱۴۱۱	۱۴۱۲	۱۴۱۳	۱۴۱۴	۱۴۱۵	۱۴۱۶	۱۴۱۷	-	-
۳۵۸	۳۶۰	۳۶۲	۳۶۳	۳۶۰	۳۶۲	۳۶۳	۳۶۴	-	-

جدول ۱۳

تقاضای استفاده و حجم ترافیک برای خودروها با سطوح همتراز سالیانه پس از اتمام ساخت پل‌زال–اندیمشک از سال ۱۳۹۲ تا ۱۴۰۰

تقاضای استفاده	۱۳۹۲	۱۳۹۳	۱۳۹٤	۱۳۹۵	۱۳۹٦	۱۳۹۷	۱۳۹۸	۱۳۹۹	۱٤۰۰
	۱۱۹۷۰۱۷	۱۲۰۱۰۰۱	۱۶۱۴۷۷۳	۲۱۵۱۱۰۹	۲۲۷۱۷۲۱	۲۸۶۱۴۱ ۸	۳۱۸۲۹۴۱	۳۲۶۳۵۰۲	۳۳۷۱۷۹
حجم ترافیک	۱۳۹۲	۱۳۹۳	۱۳۹٤	۱۳۹۵	۱۳۹٦	۱۳۹۷	۱۳۹۸	۱۳۹۹	۱۴۰۰
	۲۷۸	۳۰۵	۳۶۰	۳۸۵	۳۹۱	۴۱۸	۴۲۴	۴۶۳	۴۹۹

جدول ۱۴

شوک تصادفی به نرخ رشد ترافیک و نرخ عوارض آزادراه پل‌زال – اندیمشک از سال ۱۳۹۲ تا سال ۱۴۰۰

شوک تصادفی	۱۳۹۲	۱۳۹۳	۱۳۹٤	۱۳۹۵	۱۳۹٦	۱۳۹۷	۱۳۹۸	۱۳۹۹	۱٤۰۰
	۰/۳۲۸	۰/۳۳۰	۰/۷۹۰	۰/۶۵۶	۰/۴۰۲۴	۰/۳۲۸	۰/۶۱۸	۰/۶۱۰	۰/۹۵۵
عوارض	۱۳۹۲	۱۳۹۳	۱۳۹٤	۱۳۹۵	۱۳۹٦	۱۳۹۷	۱۳۹۸	۱۳۹۹	۱٤۰۰
	۴۰۰۰	۷۰۰۰	۹۰۰۰	۱۲۰۰۰	۱۵۰۰۰	۱۸۰۰۰	۲۰۰۰۰	۲۲۰۰۰	۲۵۰۰۰

جدول ۱۵

نرخ تنزیل دولتی و نرخ بهره بدون ریسک از سال ۱۳۹۰ تا سال ۱۳۹۵

۱۳۹۰	۱۳۹۱	۱۳۹۲	۱۳۹۳	۱۳۹٤	۱۳۹۵
۱۹/۹	۲۰	۲۰	۲۲	۲۰/۶	۱۷/۸
۱۱	۱۱	۱۳/۱	۱۶/۱	۱۴	۱۰

آزادراه اهواز – بندر امام به طول ۹۰ کیلومتر از طریق یک خط داخل استان خوزستان شهر اهواز را به بندر امام متصل می‌سازد. بازه زمانی مطالعه بر روی آزادراه اهواز–بندر امام طبق قرارداد مشارکت بخش خصوصی از سال ۱۳۸۳ تا سال ۱۴۱۷ می‌باشد. بازه زمانی ساخت آزادراه اهواز–بندر امام از سال ۱۳۸۱ تا ۱۳۸۴ برای بخش خصوصی و برای دولت از سال ۱۳۸۱ تا ۱۳۸۸ برآورد شده است. ضریب کشش تقاضا ۰.۵ و ضریب بتای مالی بخش خصوصی ۲.۵۲ مشابه با اطلاعات آزادراه‌های خرم‌آباد–پل‌زال، قم–مرکزی، پل

زال–اندیمشک می‌باشد. نرخ تورم برای تجهیزات و سرویس‌ها در سال ۱۳۸۱ معادل ۱۱.۱، سال ۱۳۸۲ معادل ۱۲.۵ و از سال ۱۳۸۳ تا سال ۱۳۹۷ بترتیب معادل ۱۵.۲، ۱۰.۴، ۱۱.۹، ۱۸.۴، ۲۵.۴، ۱۰.۸، ۱۲.۴، ۲۱.۵، ۳۰.۵، ۳۴.۷، ۱۵.۶، ۱۱.۹، ۹.۰۰، ۹.۶۰ و ۱۸.۴ است که مابقی اطلاعات نرخ تورم تا سال ۱۴۱۷ پایان دوره مطالعات آزادراه از درون‌یابی تخمین می‌شود. تعداد روزهای ترافیکی این آزادراه مطابق جدول (۱۶) می‌باشد.

جدول ۱۶

تعداد روزهایی ترافیکی آزادراه اهواز–بندر امام از سال ۱۳۸۵ تا ۱۴۱۷

۱۳۹۶	۱۳۹۵	۱۳۹۴	۱۳۹۳	۱۳۹۲	۱۳۹۱	۱۳۹۰	۱۳۸۹	۱۳۸۸	۱۳۸۷	۱۳۸۶	۱۳۸۵
۳۲۴	۳۶۲	۳۲۶	۳۲۵	۲۶۰	۲۱۲	۲۱۰	۱۹۱	۱۸۱	۱۷۵	۱۷۴	۱۶۲
۱۴۰۸	۱۴۰۷	۱۴۰۶	۱۴۰۵	۱۴۰۴	۱۴۰۳	۱۴۰۲	۱۴۰۱	۱۴۰۰	۱۳۹۹	۱۳۹۸	۱۳۹۷
۳۶۰	۳۵۹	۳۶۳	۳۶۲	۳۵۸	۳۵۶	۳۵۹	۳۵۸	۳۴۹	۳۶۱	۳۵۱	۳۴۵
-	-	-	۱۴۱۷	۱۴۱۶	۱۴۱۵	۱۴۱۴	۱۴۱۳	۱۴۱۲	۱۴۱۱	۱۴۱۰	۱۴۰۹
-	-	-	-	۳۶۴	۳۶۳	۳۶۰	۳۶۳	۳۶۲	۳۶۰	۳۵۸	۳۵۷

اطلاعات مربوط به تقاضای تردد طبق جدول (۱۷) آمده است، حجم ترافیک برای خودروها با سطوح همتراز شده و نرخ عوارض در یک خط آزادراه اهواز–بندر امام از سال ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۴ بترتیب در جدول (۱۸) آمده است و مابقی اطلاعات مورد نیاز برای این آزادراه از درون‌یابی محاسبه می‌گردد.

جدول ۱۷

تقاضای استفاده سالیانه بعد اتمام ساخت اهواز–بندر امام از سال ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۴

۱۳۹۴	۱۳۹۳	۱۳۹۲	۱۳۹۱	۱۳۹۰	۱۳۸۹	۱۳۸۸	۱۳۸۷	۱۳۸۶	۱۳۸۵
۲۳۹۳۰۶	۲۳۷۲۱۷	۲۲۶۳۵۰	۲۱۸۲۹۴	۱۸۶۱۴۱	۱۵۷۱۷۲	۱۴۵۱۱۰	۱۲۱۴۷۷	۱۱۰۱۰۰	۱۰۹۷۰۱
۸	۹	۲	۱	۸	۱	۹	۳	۱	۷

جدول ۱۸

حجم ترافیک برای خودروها با سطوح همتراز و نرخ عوارض در آزادراه اهواز–بندر امام از سال ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۴

	۱۳۹۴	۱۳۹۳	۱۳۹۲	۱۳۹۱	۱۳۹۰	۱۳۸۹	۱۳۸۸	۱۳۸۷	۱۳۸۶	۱۳۸۵
حجم تقاضا	۴۹۹	۴۶۳	۴۲۴	۴۱۸	۳۹۱	۳۸۵	۳۶۰	۳۰۵	۲۷۸	۲۴۷
	۱۳۹۴	۱۳۹۳	۱۳۹۲	۱۳۹۱	۱۳۹۰	۱۳۸۹	۱۳۸۸	۱۳۸۷	۱۳۸۶	۱۳۸۵
نرخ عوارض	۵۴۰۰۰	۵۰۰۰۰	۴۵۰۰۰	۴۰۰۰۰	۳۶۰۰۰	۳۰۰۰۰	۲۴۰۰۰	۱۸۰۰۰	۱۴۰۰۰	۸۰۰۰

اطلاعات مربوط به نرخ تنزیل دولتی و نرخ بهره بدون ریسک از سال ۱۳۸۳ تا سال ۱۳۹۶ در جدول (۱۹) نمایش شده است که البته نرخ تنزیل دولتی برای سال‌های ۱۳۸۱ و ۱۳۸۲ بترتیب ۱۲.۵ و ۱۶.۵ درصد است و نرخ بهره بدون ریسک نیز ۵ درصد است. به طور مشابه با آزادراه‌های خرم‌آباد–پل‌زال، قم–مرکزی، پل‌زال–اندیمشک فرض شده است که آزادراه اهواز–بندر امام نیز هر ۱۰ سال یکبار بهسازی مسیر از طرف سازنده آزادراه چه بخش خصوصی یا چه دولتی باید انجام می‌شود. اطلاعات مربوط به نرخ تنزیل دولتی و نرخ بهره بدون ریسک از سال ۱۳۸۳ تا سال ۱۳۹۶ در جدول (۱۹) آمده است.

جدول ۱۹

نرخ تنزیل دولتی و نرخ بهره بدون ریسک از سال ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۳

۱۳۸۳	۱۳۸۴	۱۳۸۵	۱۳۸۶	۱۳۸۷	۱۳۸۸	۱۳۸۹
۷	۷	۷	۷	۹	۹	۶
۱۷	۱۶/۶	۱۵/۵	۱۵/۵	۱۸	۱۶	۱۶/۷
۱۳۹۰	۱۳۹۱	۱۳۹۲	۱۳۹۳	۱۳۹۴	۱۳۹۵	۱۳۹۶
۱۱	۱۱	۱۳/۱	۱۶/۱	۱۴	۱۰	۱۱
۱۹/۹	۲۰	۲۰	۲۲	۲۰/۶	۱۷/۸	۱۵/۱

آزادراه غربی اصفهان به طول ۸۰ کیلومتر شامل سه خط است. بازه زمانی مشارکت بخش خصوصی برای ساخت و بهره‌برداری از سال ۱۳۸۲ تا ۱۳۹۷ است. اگر این آزادراه توسط بخش دولتی ساخته می‌شد از سال ۱۳۸۲ تا ۱۳۸۷ زمان نیاز بود درحالی‌که بخش خصوصی ساخت این آزادراه را از سال ۱۳۸۲ تا ۱۳۸۵ انجام داده است. پارامترهای کشش تقاضا و ضریب بتای مالی شرکت خصوصی مشابه با آزادراه‌های ماقبل است. نرخ تورم برای تجهیزات و سرویس‌ها در سال ۱۳۸۲ معادل ۱۲.۵ و از سال ۱۳۸۳ تا ۱۳۹۷ بترتیب معادل ۱۵.۲، ۱۰.۴، ۱۱.۹، ۱۸.۴، ۲۵.۴، ۱۰.۸، ۱۲.۴، ۲۱.۵، ۳۰.۵، ۳۴.۷، ۱۵.۶، ۱۱.۹، ۹.۰۰، ۹.۶۰ و ۱۸.۴ است. تعداد روزهایی که آزادراه کنارگذر غربی اصفهان از سال ۱۳۸۶ تا سال ۱۳۹۷ با ترافیک مواجه است، مطابق جدول (۲۰) می‌باشد. اطلاعات مربوط به

تقاضای استفاده و حجم ترافیک برای خودروها با سطوح همتراز شده و نرخ عوارض آزادراهی در سه خط آزادراه کنارگذر غربی اصفهان از سال ۱۳۸۶ تا ۱۳۹۲ در جدول (۲۱) موجود است و مابقی اطلاعات مورد نیاز برای این آزادراه از درون‌یابی محاسبه می‌گردد. بر اساس اطلاعات در دسترس نرخ عوارض از سال ۱۳۸۶ تا ۱۳۹۲ برای سه خط آزادراه کنارگذر غربی اصفهان برابر فرض می‌شود و البته به طور مشابه آزادراه‌های خرم‌آباد –پل زال، قم–مرکزی، پل‌زال–اندیمشک و اهواز–بندر امام بقیه اطلاعات از روش درون‌یابی تعیین می‌گردد.

جدول ۲۰

تعداد روزهایی ترافیکی آزادراه اهواز–بندر امام از سال ۱۳۸۶ تا ۱۳۹۷

۱۳۸٦	۱۳۸۷	۱۳۸۸	۱۳۸۹	۱۳۹۰	۱۳۹۱	۱۳۹۲	۱۳۹۳	۱۳۹٤	۱۳۹٥	۱۳۹٦	۱۳۹۷
۲٥۶	۲۸۲	۳۲۴	۳۴٥	۳٥۱	۳۶۱	۳۴۹	۳٥۸	۳۶۲	۳۶٥	۳۶۳	۳۶٥
۲٥۶	۲۸۰	۳۰۱	۳۳۶	۳۴۲	۳٥۸	۳۲۲	۳۴۶	۳۴۸	۳٥۰	۳۴۸	۳٥۷
۲٥۶	۲۹۲	۳۲۴	۳۴٥	۳٥۰	۳۶۱	۳۴۹	۳٥۸	۳۶۰	۳۶۲	۳۶۱	۳۶٥

جدول ۲۱

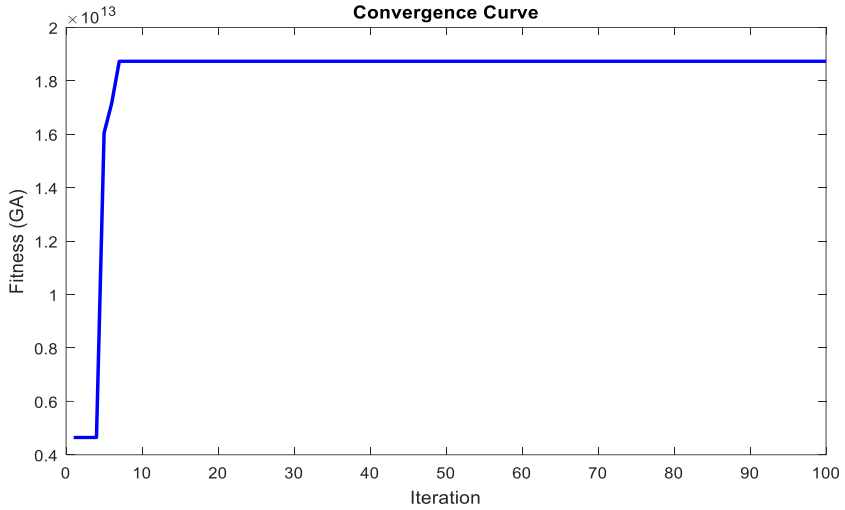
تقاضای استفاده، حجم ترافیک خودروها با سطوح همتراز و نرخ عوارض سالیانه بعد اتمام ساخت آزادراه غربی اصفهان از سال ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۷

	۱۳۸٦	۱۳۸۷	۱۳۸۸	۱۳۸۹	۱۳۹۰	۱۳۹۱	۱۳۹۲
تقاضای تردد	۲۶۱۴۷۷۳	۲۱٥۱۱۰۹	۲۳۷۱۷۲۸	۲۲۶۱۴۱۸	۳۸۲۹۴۱	۲۴۸۲۹۴۱	۲٥۸۲۹۴۱
	۱٥۴۷۸٥۲	۱۶۴۰۷۱۰	۱۷۸۹۹۷۷	۱۸۸٥۳۴۳	۱۹۹۴۲۸۱	۲۰۰۰۰۰۱	۲۰۰۰۲۸۱
	۱۶۱۴۷۷۳	۱۱٥۱۱۰۹	۱۳۷۱۷۲۸	۱۲۶۱۴۱۸	۱۲۸۲۹۴۱	۱۳۸۲۹۴۱	۱۴۸۲۹۴۱
حجم ترافیک	۱۳۸٦	۱۳۸۷	۱۳۸۸	۱۳۸۹	۱۳۹۰	۱۳۹۱	۱۳۹۲
	۶۳۰	۶۶۲	۷۹۱	۷۹۸	۶۲۴	۶۴۷	۶۷۸
	۶۸۷	۶۶۰	۶۱٥	۶۹٥	۶۳٥	۶٥۷	۶۴۷
	٥۱۰	٥۶۲	٥۹۱	٥۸۸	۶۳۴	٥۴۷	٥٥٥
نرخ عوارض	۱۳۸٦	۱۳۸۷	۱۳۸۸	۱۳۸۹	۱۳۹۰	۱۳۹۱	۱۳۹۲
	۲۴۰۰۰	۲۷۰۰۰	۳۳۰۰۰	۳٥۰۰۰	۳۸۰۰۰	۴۰۰۰۰	۴٥۰۰۰

رشد اقتصادی اصفهان از سال ۱۳۹۱ تا ۱۳۹۷ بترتیب معادل ۲.۳–، ۶.۳، ۰.۵–، ۱.۴–، ۵.۵، ۶.۴ و ۲ درصد بوده است. رشد جمعیت استان اصفهان از سال ۱۳۸۵ تا ۱۳۸۹ معادل ۱.۳۷ درصد و از سال ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۵ معادل ۰.۹۷ درصد بوده است. با توجه به اطلاعات مفروض آزادراه‌های مذکور، دو مطالعه مورد در غیاب و حضور عدم قطعیت تقاضای تردد در آزادراه‌ها مطابق ذیل انجام می‌شود.

مطالعه موردی ۱ (در غیاب عدم قطعیت تقاضا)

در مطالعه موردی ۱ برای تصمیم‌گیری در ارتباط با ساخت و بهره‌برداری از آزادراه‌های خرم‌آباد–پل‌زال، پل‌زال–اندیمشک، قم–مرکزی، اهواز–بندر امام خمینی و کنارگذر غربی اصفهان به شکل عمومی–خصوصی و یا دولتی مدل پیشنهادی در غیاب عدم قطعیت تقاضا برای تردد در پنج آزادراه توسط الگوریتم ژنتیک حل می‌شود. منحنی همگرایی فیتنس به جواب بهینه مسئله در شکل (۵) نمایش شده است. الگوریتم ژنتیک کمتر از ۱۰ تکرار به جواب بهینه همگرا می‌شود نتایج شبیه‌سازی در جدول (۲۲) واگذاری آزادراه‌ها بر اساس مقادیر ارزش حال خالص سود پروژه به بخش خصوصی برای ساخت و بهره‌برداری با استراتژی عمومی–خصوصی را طبق تأیید می‌کنند. ارزش حال خالص کل محاسبه شده معادل ۱۸۷۳۱.۷۶ میلیارد تومان ارزیابی شده است. نتایج شبیه‌سازی نشان می‌دهد به جز آزادراه قم–مرکزی بقیه آزادراه‌های مورد مطالعه دارای ارزش حال خالص سود منفی برای بکارگیری استراتژی دولتی برای ساخت و بهره‌برداری هستند.



شکل ۵. منحنی همگرایی به جواب بهینه مسأله تصمیم‌گیری در ارتباط با ساخت و بهره‌برداری از پنج آزادراه

از آنجایی که ارزش حال خالص سود پروژه ساخت و بهره‌برداری آزادراه قم–مرکزی با استراتژی عمومی–خصوصی مقدار مثبت‌تری است؛ پس این پروژه نیز برای ساخت و بهره‌برداری بهتر است که به بخش خصوصی واگذار گردد. با توجه به تقاضای سالیانه استفاده از آزادراه‌ها و عوارض سالیانه، درآمد سالیانه هر یک از آزادراه‌های مورد طی بازه زمانی مشارکت بخش خصوصی با بکارگیری استراتژی عمومی–خصوصی بر حسب میلیارد تومن در جدول (۳۵) به تفکیک نمایش شده است.

جدول ۲۲

نتایج شبیه‌سازی برای انتخاب و ارزش حال خالص سود استراتژی‌های ساخت و بهره‌برداری از آزادراه‌ها

کنار گذر غربی اصفهان		اهواز–بندر امام		پل‌زال–اندیمشک		قم–مرکزی		خرم‌آباد–پل‌زال	
G	PP	G	PP	G	PP	G	PP	G	PP
۰	۱	۰	۱	۰	۱	۰	۱	۰	۱
$-3.17\times10^{+11}$	$4.29\times10^{+10}$	$-4.76\times10^{+11}$	$5.72\times10^{+12}$	$-2.74\times10^{+11}$	$9.39\times10^{+11}$	$2.54\times10^{+12}$	$5.22\times10^{+12}$	$-4.24\times10^{+12}$	$6.79\times10^{+12}$

جدول ۲۳

نتایج شبیه‌سازی درآمد آزادراه‌ها با بکاگیری استراتژی عمومی – خصوصی و یا سنتی

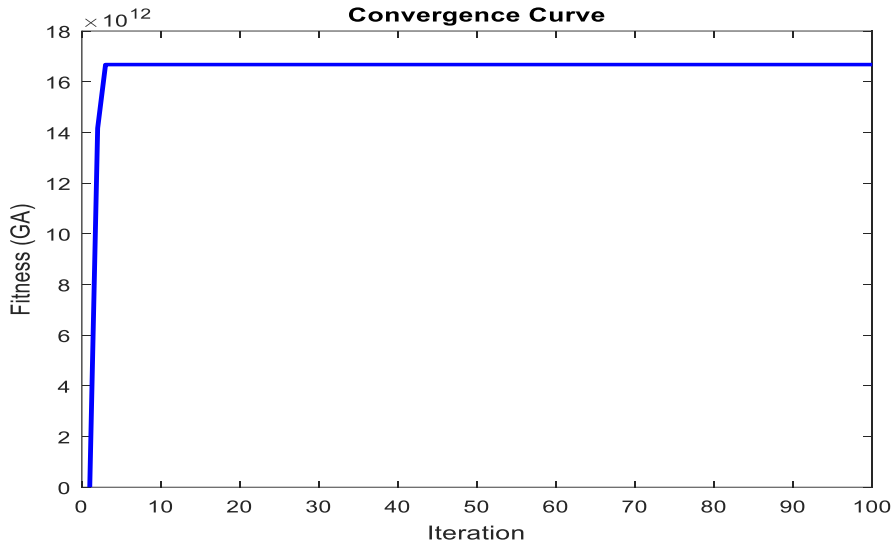
کنار گذر غربی اصفهان (PP)	اهواز–بندر امام (PP)	پل‌زال–اندیمشک (PP)	قم–مرکزی (PP)	خرم‌آباد–پل‌زال (PP)	سال
-	-	-	۳*۱۸/۱	-	۱۳۸۲
-	-	-	۳*۲۰/۶۳	-	۱۳۸۳
-	-	-	۳*۵۴/۶	-	۱۳۸٤
-	۸/۷۷	-	۳*۱۰۰/۲۷	-	۱۳۸۵
۱۳۷/۳۰	۱۵/۴۱	-	۳*۱۲۲/۳۵	-	۱۳۸٦
۱۳۳/۰۱	۲۱/۸۶	-	۳*۱۰۴/۷۱	-	۱۳۸۷
۱۸۴/۸	۳۴/۸۲	-	۳*۱۳۲/۲	-	۱۳۸۸
۱۸۹/۵	۴۷/۱۵	-	۳*۱۳۹/۹	-	۱۳۸۹
۲۱۴/۳	۶۷/۰۱	-	۳*۲۰۵/۷	۳۳,٦۲	۱۳۹۰
۲۳۵/۲	۸۷/۳۱	-	۳*۱۴۵/۳	۲۸/۰۰	۱۳۹۱
۲۷۲/۷	۱۰۱/۸۶	۴/۷۹	۳*۲۵۲/۹	۷۰/۱۲	۱۳۹۲
۱/۴۰۳	۱۱۸/۶۱	۸/۴	۳*۴۴	۱۲۰/۳۵	۱۳۹۳
۲/۸۸	۲/۹۲	۱۴/۵	۳*۶۵/۹	۱۶۱/۰۳	۱۳۹٤
۲/۱۵	۳/۱۴	۲۵/۸	۳*۵۱۳۲/۵	۲۰۴/۲	۱۳۹۵
۱/۹۵	۳۰/۱	۳۴/۰۸	۳*۲۱۸/۵	۲۵۵/۹	۱۳۹٦
۶/۱۷	۴۹/۴۴	۵۱/۵۰	۳*۷۴۴/۵	۳۵۵/۰۷	۱۳۹۷
-	۴۰۰/۶	۶۳/۶	۳*۲۱۹۰۰	۴۴۶/۸۴	۱۳۹۸
-	۱۸۵/۱	۷۱/۸	۳*۱۶۶۴	۵۷۶/۷۵	۱۳۹۹
-	۵۹۷/۵	۸۴/۳	۳*۱۸۵۲	۸۰۰/۱	۱٤۰۰
-	۱۶۵/۴	۲/۷	۳*۴۲۴/۷۹	۸۶۶/۵۸	۱٤۰۱
-	۱۹۸/۲	۱/۸	۳*۲۹۶/۲	۸۰۱/۳۱	۱٤۰۲
-	۱۳۰/۷	۱۹/۱۳	-	۹۵۷/۲۲	۱٤۰۳
-	۲۹۲/۹	۲۸/۴	-	۹۴۸/۰۸	۱٤۰٤
-	۲۰۵/۶	۲۲۰/۳	-	۹۶۱/۴۱	۱٤۰۵
-	۲۴۸/۶	۹۵/۰۷	-	۱۱۷۶/۸	۱٤۰٦

۱۴۰۷	۱۱۹۱/۹	-	۳۰۱/۱	۱۷۷/۳	-
۱۴۰۸	۱۲۰۱/۷	-	۷۸۲/۸	۸۰/۵	-
۱۴۰۹	۹۹۳/۷۳	-	۸۹۶/۱	۸۱/۲	-
۱۴۱۰	۹۷۳/۱۲	-	۵۸۱/۷	۲۱۹/۵	-
۱۴۱۱	۹۰۲/۱۵	-	۱۲۷/۶	۸۸/۴۲	-
۱۴۱۲	-	-	۸۷/۲	۱۰۶/۷	-
۱۴۱۳	-	-	۱۰۴/۷	۷۲۳/۷	-
۱۴۱۴	-	-	۷۴/۴	۱۶۷/۹	-
۱۴۱۵	-	-	۵۶/۰۳	۱۳۰/۰۲	-
۱۴۱۶	-	-	۶۷/۹۸	۷۲/۰۹	-
۱۴۱۷	-	-	-	۴۳/۲۹	-

مطالعه موردی ۲ (در حضور عدم قطعیت تقاضای تردد در آزادراه)

در این مطالعه عدم قطعیت در حجم تقاضای تردد در آزادراه‌های مورد مطالعه از طریق ابزار درخت-احتمال سناریوپردازی شده است و تأثیر آن بر نتایج حل مسأله انتخاب استراتژی ساخت و بهره‌برداری به فرم عمومی-خصوصی یا دولتی توسط الگوریتم ژنتیک ارزیابی می‌شود. برای بهره‌برداری از آزادراه خرم‌آباد – پل‌زال با استراتژی عمومی-خصوصی ۳ سناریو تقاضا فرض شده است که برای نیمه اول و دوم کل زمان بهره‌برداری است. برای سناریوهای ۱ و ۲ در نمیه اول بازه زمانی بهره‌برداری آزادراه خرم‌آباد- پل زال فرض شده است که با احتمال ۰.۲۵ دقت پیش‌بینی تقاضا ۰.۹۸ است و برای سناریو ۳ دقت پیش‌بینی حجم تقاضا با احتمال ۰.۵ معادل ۱.۱ است. برای نیمه دوم بازه زمانی بهره‌برداری از آزادراه فرض شده است که سناریو ۱ تقاضا با احتمال ۰.۴ معادل ۱.۰۵ و برای سناریوهای ۲ و ۳ با احتمال ۰.۳ معادل ۰.۹۵ است. برای بهره‌برداری از آزادراه خرم‌آباد – پل‌زال با استراتژی دولتی نیز ۳ سناریو تقاضا لحاظ شده است که برای نیمه اول و دوم کل زمان بهره‌برداری می‌باشد. برای سناریوهای ۱ و ۲ در نیمه اول بازه زمانی بهره‌برداری آزادراه خرم‌آباد- پل زال فرض شده است که با احتمال ۰.۲۵ دقت پیش‌بینی تقاضا ۰.۹۸ است و برای سناریو ۳ دقت پیش‌بینی حجم تقاضا با احتمال ۰.۵ معادل ۱.۲۵ است. برای نیمه دوم بازه زمانی بهره‌برداری از آزادراه فرض شده است که سناریو ۱ تقاضا با احتمال ۰.۳ معادل ۱.۱۵ و برای سناریوهای ۲ و ۳ با احتمال ۰.۳۵ معادل ۰.۹۰ است. برای نیمه اول و دوم کل بازه زمانی بهره‌برداری از آزادراه قم-مرکزی با استراتژی عمومی-خصوصی نیز ۳ سناریو تقاضا لحاظ شده است. برای سناریوهای ۱ و ۲ در نمیه اول بازه زمانی بهره‌برداری آزادراه قم-مرکزی فرض شده است که با احتمال ۰.۳۵ دقت پیش‌بینی حجم تقاضا تردد آزادراه معادل ۰.۹۸ است و برای سناریو ۳ دقت پیش‌بینی حجم تقاضا با احتمال ۰.۳ معادل ۱.۱۵ است. برای نیمه دوم بازه زمانی بهره‌برداری از آزادراه فرض شده است که سناریو ۱ تقاضا با احتمال ۰.۲ معادل ۱.۰۵ و برای سناریوهای ۲ و ۳ با احتمال ۰.۴ معادل ۰.۹۵ است. برای بهره‌برداری از آزادراه قم-مرکزی با استراتژی دولتی نیز سه سناریو تقاضا در نظر گرفته شده است که برای نیمه اول و دوم کل بازه زمان بهره‌برداری خواهد بود. برای سناریوهای ۱ و ۲ در نیمه اول بازه زمانی بهره‌برداری آزادراه قم-مرکزی فرض شده است که با احتمال ۰.۲ دقت پیش‌بینی تقاضا ۰.۹۹ است و برای سناریو ۳ دقت پیش‌بینی حجم تقاضا با احتمال ۰.۶ معادل ۱.۱۴ است. برای نیمه دوم بازه زمانی بهره‌برداری از آزادراه فرض شده است که سناریو ۱ تقاضا با احتمال ۰.۴ معادل ۱.۲۴ و برای سناریوهای ۲ و ۳ با احتمال ۰.۳ معادل ۰.۹۲ است. برای نیمه اول و دوم کل بازه زمانی بهره‌برداری از آزادراه پل‌زال-اندیمشک با استراتژی عمومی-خصوصی ۵ سناریو تقاضا لحاظ شده است. برای سناریوهای ۱ و ۲ در نمیه اول بازه زمانی بهره‌برداری آزادراه پل‌زال-اندیمشک فرض شده است که با احتمال ۰.۳۵ دقت پیش‌بینی حجم تقاضا برای استفاده از آزادراه معادل ۱.۰۵ است و برای سناریو ۳ تا ۵ دقت پیش‌بینی حجم تقاضا با احتمال ۰.۱ معادل ۱.۱۰ است. برای نیمه دوم بازه زمانی بهره‌برداری از آزادراه فرض شده است که سناریوهای ۱ تا ۳ حجم تقاضا با احتمال ۰.۲ معادل ۱.۱۰ و برای سناریوهای ۴ و ۵ با احتمال ۰.۲ معادل ۱.۲۰ است. برای بهره‌برداری از آزادراه پل‌زال-اندیمشک با استراتژی دولتی نیز ۵ سناریو حجم تقاضا لحاظ می‌گردد که برای نیمه اول و دوم کل بازه زمان بهره‌برداری خواهد بود. برای دو سناریوهای ۱ و ۲ در نیمه اول بازه زمانی بهره‌برداری فرض شده است که با احتمال ۰.۲ دقت پیش‌بینی تقاضا ۰.۹۹ است و برای سناریو ۳ تا ۵ دقت پیش‌بینی حجم تقاضا با احتمال ۰.۲ معادل ۱.۱۵ است. برای نیمه دوم بازه زمانی بهره‌برداری از آزادراه پل‌زال-اندیمشک فرض شده است که سناریو ۱ تقاضا با احتمال ۰.۵ معادل ۱.۰۵ و برای سناریوهای ۲ تا ۵ با احتمال ۱.۳۳ معادل ۰.۹۴ است. برای نیمه اول و دوم کل بازه زمانی بهره‌برداری از آزادراه اهواز – بندر امام خمینی با استراتژی عمومی-خصوصی ۴ سناریو تقاضا لحاظ می‌شود. برای سناریوهای ۱ و ۲ در نمیه اول بازه زمانی بهره‌برداری آزادراه اهواز – بندر امام خمینی فرض شده است که با احتمال ۰.۳۵ دقت پیش‌بینی حجم تقاضا برای استفاده از آزادراه معادل ۱.۰۳ است و برای سناریو سوم و چهارم دقت پیش‌بینی حجم تقاضا با احتمال ۰.۱۵ معادل ۱.۰۸ است. برای نیمه دوم بازه زمانی بهره‌برداری از آزادراه فرض شده است که

سناریوهای ۱ تا ۳ حجم تقاضا با احتمال ۰.۲ معادل ۱.۰۶ و برای سناریو ۴ با احتمال ۰.۴ معادل ۱.۱۱ است. برای بهره‌برداری از آزادراه اهواز – بندر امام خمینی با استراتژی دولتی نیز ۴ سناریو حجم تقاضا لحاظ شده است که برای نیمه اول و دوم کل بازه زمان بهره‌برداری خواهد بود. برای سناریوهای ۱ و ۲ در نیمه اول بازه زمانی بهره‌برداری فرض شده است که با احتمال ۰.۲۵ دقت پیش‌بینی تقاضا ۰.۹۷ است و برای سناریوهای ۳ و ۴ دقت پیش‌بینی حجم تقاضا با احتمال ۰.۲۵ معادل ۱.۰۳ است. برای نیمه دوم بازه زمانی بهره‌برداری از آزادراه اهواز – بندر امام خمینی فرض شده است که سناریو ۱ تقاضا با احتمال ۰.۴ معادل ۱.۰۳۵ و برای سناریوهای ۲ تا ۴ با احتمال ۰.۴ معادل ۰.۹۶ است. برای نیمه اول و دوم کل بازه زمانی بهره‌برداری از آزادراه کنارگذر غربی اصفهان با استراتژی عمومی–خصوصی ۱۰ سناریو تقاضا لحاظ می‌شود. برای سناریوهای ۱ و ۲ در نمیه اول بازه زمانی بهره‌برداری آزادراه فرض می‌شود که با احتمال ۰.۱ دقت پیش‌بینی حجم تقاضا برای استفاده از آزادراه معادل ۱.۰۶ است و برای سناریو ۳ تا ۱۰ دقت پیش‌بینی حجم تقاضا با احتمال ۰.۴ معادل ۱.۰۴ است. برای نیمه دوم بازه زمانی بهره‌برداری از آزادراه غربی اصفهان فرض شده است که سناریوهای ۱ تا ۵ حجم تقاضا با احتمال ۰.۱ معادل ۱.۰۲ و برای سناریوهای ۶ تا ۱۰ با احتمال ۰.۴ معادل ۱.۲۱ است. برای بهره‌برداری از آزادراه کنارگذر غربی اصفهان با استراتژی دولتی نیز ۱۰ سناریو حجم تقاضا لحاظ شده است که برای نیمه اول و دوم کل بازه زمان بهره‌برداری خواهد بود. برای سناریوهای ۱ تا ۶ در نیمه اول بازه زمانی بهره‌برداری فرض شده است که با احتمال ۰.۱ دقت پیش‌بینی تقاضا معادل ۰.۹۹ و برای سناریو ۷ تا ۱۰ دقت پیش‌بینی حجم تقاضا با احتمال ۰.۱ معادل ۱.۱۶ است. برای نیمه دوم بازه زمانی بهره‌برداری از آزادراه نیز فرض شده است که سناریوهای ۱ تا ۳ برای حجم تقاضا با احتمال ۰.۴ معادل ۱.۰۴ و برای سناریوهای ۴ تا ۱۰ با احتمال ۰.۴ معادل ۰.۹۸ است. به طور مشابه با مطالعه موردی ۱ با توجه به اینکه اطلاعات آزادراه‌های خرم‌آباد–پل‌زال، قم–مرکزی، پل‌زال–اندیمشک، اهواز–بندر امام و کنارگذر غربی اصفهان به طور کامل در اختیار نبوده است، دیتاهای مورد نیاز برای ارزیابی از درون‌یابی اطلاعات موجود برای پیش‌بینی تغییرات سالیانه تخمین زده می‌شوند. الگوریتم ژنتیک برای مدل احتمالاتی توسعه یافته بکار گرفته می‌شود و نتایج برای همگرایی به جواب بهینه در شکل (۶) نمایش شده است.



شکل ۶. نتایج برای همگرایی به جواب بهینه مسأله تصمیم‌گیری در ارتباط با ساخت و بهره‌برداری از پنج آزادراه با حضور عدم قعیت در حجم تقاضای تردد

در این مطالعه ارزش حال خالص کل معادل ۱۶۶۷۱.۴۴ میلیاد تومان ارزیابی می‌شود که در مقایسه با مطالعه موردی ۱ که ۱۸۷۳۱.۷۶ میلیارد تومان ارزیابی شده بود به مقدار ۲۰۶۰.۳ میلیارد تومان کاهش در ارزش حال پروژه دیده می‌شود. علت در سناریوهای احتمالاتی حجم تقاضا برای استفاده از آزادراه قم–مرکزی با بکارگیری استراتژی عمومی–خصوصی است که رخداد سناریو ۱ و ۲ آن در نیمه اول بازه زمانی بهره‌برداری از آزادراه با احتمال مجموع ۷۰ درصد به کاهش ۲ درصدی تقاضا و در نیمه دوم بازه زمانی با احتمال مجموع ۸۰ درصد به کاهش ۵ درصدی تقاضای تردد اشاره دارد. در حالی‌که اگر استراتژی دولتی برای ساخت و بهره‌برداری آزادراه قم–مرکزی انتخاب شود، برای نیمه اول بازه زمانی مورد مطالعه دو سناریو کاهش ۱ درصدی تقاضا با احتمال مجموع ۴۰ درصد و

برای نیمه دوم بازه زمانی بهره‌برداری کاهش ۴ درصدی با احتمال مجموع ۶۰ درصد نشان می‌دهند؛ بنابراین انتظار می‌رود با توجه به عدم قطعیت حجم تقاضای تردد استراتژی دولتی برای استفاده از آزادراه انتخاب شود و از آنجایی که زمان ساخت آزادراه قم-مرکزی با استراتژی دولتی بازه زمانی طولانی‌تری نسبت به استراتژی عمومی-خصوصی خواهد داشت و اینکه مدت زمان گرفتن عوارض در مدت زمان مطالعه پروژه کاهش داشته و همین طور حجم تقاضا برای استفاده از آزادراه نیز در برخی سناریوهای بهره‌برداری کاهشی است در نتیجه توقع می‌رود که ارزش حال خالص این پروژه کاهش یابد. نتایج شبیه‌سازی برای استراتژی بهینه و ارزش حال خالص سود پروژه‌های ساخت و بهره‌برداری از پنج آزادراه مورد مطالعه تحت شرایط عدم قطعیت حجم تقاضا با بکارگیری مدل احتمالاتی پیشنهادی در جدول (۲۴) انتظاراتمان را تایید می‌کند.

جدول ۲۴

نتایج شبیه‌سازی برای استراتژی بهینه و ارزش حال خالص سود پروژه‌های ساخت و بهره‌برداری از پنج آزادراه مورد مطالعه تحت شرایط عدم قطعیت حجم تقاضا

کنار گذر غربی اصفهان		اهواز-بندر امام		پل‌زال-اندیمشک		قم-مرکزی		خرم‌آباد-پل‌زال	
G	PP	G	PP	G	PP	G	PP	G	PP
۰	۱	۰	۱	۰	۱	۱	۰	۰	۱
$-3.06\times10^{+11}$	$5.67\times10^{+10}$	$-4.76\times10^{+11}$	$6.12\times10^{+12}$	$-2.74\times10^{+11}$	$1.07\times10^{+12}$	$2.69\times10^{+12}$	$1.89\times10^{+12}$	$-4.23\times10^{+12}$	$6.71\times10^{+12}$

نتایج شبیه‌سازی تحت شرایط جدید نشان می‌دهد با توجه به احتمال رخداد سناریوهای مختلف و دقت پیش‌بینی حجم تقاضا برای استفاده از آزادراه‌های مورد مطالعه میزان ارزش حال خالص ساخت و بهره‌برداری پروژه چه با استراتژی عمومی-خصوصی و چه با استراتژی دولتی دستخوش تغییر می‌شود. همچنان در این مطالعه موردی نیز به جز آزادراه قم-مرکزی بقیه آزادراه‌های مورد مطالعه دارای ارزش حال خالص منفی برای بکارگیری استراتژی دولتی برای ساخت و بهره‌برداری هستند. اما در اینجا ارزش حال خالص برای پروژه ساخت و بهره‌برداری آزادراه قم-مرکزی با استراتژی دولتی مقدار مثبت‌تری نسبت به استراتژی عمومی-خصوصی می‌باشد، پس این پروژه برای ساخت و بهره‌برداری بهتر است که به فرم سنتی ساخته شود. تحت شرایط جدید عدم قطعیت در حجم تقاضا برای استفاده از آزادراه‌ها و عوارض سالیانه درآمد سالیانه هر یک از آزادراه‌های مورد طی بازه زمانی مشارکت بخش خصوصی در صورت بکارگیری دو استراتژی ممکن در جدول (۲۶) به تفکیک نمایش شده‌اند.

جدول ۲۵

نتایج شبیه‌سازی درآمد آزادراه‌ها با بکاگیری استراتژی عمومی – خصوصی و یا سنتی با توجه به عدم قطعیت در تقاضای تردد آزادراه‌ها

کنار گذر غربی اصفهان(PP)	اهواز-بندر امام (PP)	پل‌زال-اندیمشک(PP)	قم-مرکزی(G)	خرم‌آباد-پل‌زال (PP)	سال
-	-	-	۳*۱۸/۱	-	۱۳۸۲
-	-	-	۳*۲۰/٦۳	-	۱۳۸۳
-	-	-	۳*٥٤/٦	-	۱۳۸٤
-	۸/۷۷	-	۳*۱۰۰/۲۷	-	۱۳۸٥
۱۲٥/۳۰	۱٥/٤٥	-	۳*۱۲۱/۳۱	-	۱۳۸٦
۱۳۳/۰۱	۲۲/٥٥	-	۳*۱۰۲/٥	-	۱۳۸۷
۱٥٥/۸	۳٥/٥۰	-	۳*۱۳۰/۱	-	۱۳۸۸
۱٤٥/٥	٥٥/۱۰	-	۳*۱۳۹/۹	-	۱۳۸۹
۲٥٤/۳	۷٥/۰۱	-	۳*۲۰٥/۷	۳۳/٥	۱۳۹۰
۲٥٥/۲	۸٥/۳۰	-	۳*۱٤۱/۱	۲۷/۹	۱۳۹۱
۲۸۲/۷	۱۰٥/٤٥	٤/۷۱	۳*۲٥۰/٥	٦۰/۱	۱۳۹۲
۱/۸۰۳	۱۲٥/٦۱	۸/٤	۳*٤۲/٥	۱۲۰/۲	۱۳۹۳
۲/۸۸	۲/۹٥	۱٦/٥	۳*٦٥/۹	۱٦۰/٤	۱۳۹٤
۲٥.۲	۳/۱٥	۲٥/۸	۳*٥۱۳۰/۱	۲۰۱/۲	۱۳۹٥
۳/٥٥	۳٥/٥	۳٥/۰۷	۳*۲۱٥/۳	۲٥٥/۹	۱۳۹٦
٥/٥	٤٥۰/٤٥	۷٥/٥	۳*۷٤۰/۲	۲٥٥/۷	۱۳۹۷
-	٤۰۰/٦	۷۳/٦	۳*۲۱٥۰۰	۲٤٦/۷	۱۳۹۸
-	۱۸٥/٥	۷٥/۷	۳*۱٦٦۰	۱۷٦/۷	۱۳۹۹
-	٥۹۷/٥	۸٤/۳	۳*۱۸٥۰	۲۹۹/٦	۱٤۰۰
-	۱٦٥/٥	۲/۰۷	۳*٤۲۰/٥٥	٦٦/٥	۱٤۰۱
-	۱۹۸/۲	۱/۸	۳*۲۹٥/۲	۱۰۱/٦	۱٤۰۲
-	۱۳۰/۷	۱۹/۱	-	۷۹٦/۸۱	۱٤۰۳
-	۲۹٥/٥	۳۳/٤	-	۳٤۸/۲	۱٤۰٤
-	۲۰٥/٦	۲۲۸/۳	-	۱۱٥۹/۱	۱٤۰٥
-	۲٤۸/٦	۹٥/۰۷	-	۱۹۷۳/٦	۱٤۰٦

۱۴۰۷	۳۴۹/۸	-	۲۲۲/۰۱	۱۸۰/۱	-
۱۴۰۸	۲۳۰/۱۷	-	۵۸۵/۵	۸۰/۵	-
۱۴۰۹	۴۳۹/۶	-	۷۲۵/۵	۸۵/۵	-
۱۴۱۰	۳۳۸/۲	-	۴۸۱/۷	۲۲۵/۵	-
۱۴۱۱	۴۰۳/۵	-	۱۰۵/۶	۹۱/۴۵	-
۱۴۱۲	-	-	۸۷/۲	۱۱۰/۲	-
۱۴۱۳	-	-	۱۵۰/۷	۷۵۵/۲	-
۱۴۱۴	-	-	۵۴/۴	۱۷۵/۱	-
۱۴۱۵	-	-	۵۵/۰۳	۱۳۵/۰۲	-
۱۴۱۶	-	-	۴۹/۹۵	۷۵/۰۹	-
۱۴۱۷	-	-	-	۴۵/۲۵	-

نتیجه‌گیری

شبکه‌های حمل‌ونقل اساس و بنیاد اصلی جابجایی و دسترسی است و این زیرساخت تعامل اجتماعی و تبادل کالا و سرمایه را بین سکونتگاه‌های شهری تسهیل می‌کند. یکی از عناصر کلیدی در توسعه اقتصادی و به تبع آن توسعه اجتماعی شهرها، کیفیت و کمیت شبکه‌های حمل‌ونقل و لجستیک آن است. یکی از شاخص‌های اصلی توسعه‌یافتگی میزان توسعه بخش‌های حمل‌ونقل بین سکونتگاه‌های شهری است و کیفیت حمل‌ونقل بین شهری را می‌توان به عنوان یکی از عناصر محوری و موثر در رشد و توسعه شهرها دانست. بعلاوه اهمیت حمل‌ونقل مابین شهرهای در حال افزایش است. گرایش‌هایی که در دوران معاصر ایجاد شده‌اند می‌توانند به درک بهتر این موضوع کمک کنند. در نیم قرن اخیر ما شاهد رشد چشمگیر تقاضای حمل‌ونقل در رابطه با افراد (مسافران) و کالاها بین شهرها و حتی روستاها بوده‌ایم و البته این رشد نتیجه تعداد زیاد مسافران و بارهایی است که باید حمل می‌شوند، اما مسافتی که آنها باید طی کنند نیز افزایش یافته است. زیربنای یک روند رو به جلو در رشد تحرک است که به افزایش تعداد سفرهایی منجر می‌شود که شامل مجموعه متنوعی از تقاضای خدمات حمل‌ونقل می‌باشد. حتی اگر سبک‌های متفاوت حمل‌ونقل برای تملک و اجرا بسیار گران باشند (برای مثال هوایی و دریایی)، باز هم هزینه‌های هر واحد سفر به صورت قابل ملاحظه‌ای در دهه اخیر کاهش یافته است و این امر اغلب بر مسافت‌های طولانی‌تر و استفاده آتی از مزایای رقابتی فضا را امکان‌پذیر می‌سازد. در نتیجه، علیرغم هزینه‌های پایین‌تر سهم فعالیت‌های حمل‌ونقل در اقتصاد در طول زمان نسبتاً ثابت مانده است. بنابراین نیاز به افزایش زیرساخت‌های حمل‌ونقل را هم از جنبه کیفی و هم از کمی مشهود است. جاده‌ها، بندرگاه‌ها، فرودگاه‌ها، امکانات ارتباطاتی و خطوط لوله به صورت چشمگیری برای خدمت‌رسانی به سکونتگاه‌های شهری و روستایی و همچنین مناطق جدید و افزایش ظرفیت شبکه‌های موجود، افزایش یافته‌اند. زیرساخت‌های حمل‌ونقل جزء مهمی از استفاده از زمین به ویژه در کشورهای توسعه‌یافته می‌باشند. مواجه با این گرایش‌ها در دوران معاصر، بخشی مهم از تفکیک فضایی اقتصادی است که به این که منابع در کجا هستند (مواد خام، سرمایه، افراد، اطلاعات و غیره) و چگونه آنها توزیع می‌شوند، بستگی دارد. راه‌های حمل‌ونقل به منظور توزیع منابع بین مکان‌های غنی و فقیر ایجاد شده‌اند، اما فقط در صورتی که هزینه‌ها کمتر از مزایای آن باشد. با توجه به مسائل حمل‌ونقل نظیر مشکلات مربوط به هزینه‌های بالای احداث و تأمین مالی زیرساخت‌های حمل‌ونقل و مشکلات ترافیکی و آلودگی‌های صوتی وضع موجود، جلوگیری اتلاف وقت و سرمایه، حائز اهمیت است. مدیران و برنامه‌ریزان شهری درصدد حل این مشکلات برآمده‌اند و معتقدند که ساخت آزادراه که یکی از راه‌های بهبود حمل‌ونقل بین شهری و تعدیل مسائل و مشکلات مربوط به آن است. علاوه بر این یکی از اثرات مثبت احداث آزادراه‌های بین شهری در ایران، افزایش فرصت‌های کاری در صنایع مختلف در مجاورت سکونتگاه‌های شهری است. با توسعه شبکه آزادراهی بین شهری، امکان دسترسی به شهرهای بزرگتر (بازارهای بزرگتر) برای دستیابی به مشاغل متنوع و پایدار افزایش می‌یابد و حتی می‌تواند به گسترش تجارت، صنعت و خدمات در شهرهای کشور کمک کند. ضمن اینکه توسعه شبکه حمل‌ونقلی از نوع آزادراهی در بین شهرهای ایران نقش اثرگذاری بر اقتصاد کشور دارد. به طور خاص، تسریع در ایجاد آزادراه‌های بین شهری در مدت زمان کوتاه می‌تواند به تسریع در افزایش تولید و اشتغال، توسعه گردشگری و به تبع خدمات گردشگری و بهبود سطح خدمات در کشور و نهایتاً رشد اقتصادی، کمک کند. همین امر توسعه شبکه آزادراهی کشور را ضروری می‌کند و البته مهمترین گلوگاه توسعه ساخت پروژه‌های آزادراهی ایران، تأمین مالی ساخت این پروژه‌های زیربنایی است. در این مقاله، یک مدل مبتنی بر ریسک برای انتخاب استراتژی بهینه ساخت و بهره‌برداری پروژه‌های آزادراهی بین سکونتگاه‌های شهری کشور پیشنهاد شده است که توسط الگوریتم ژنتیک حل می‌شود. به منظور اعتبارسنجی و تایید کارایی مدل، مطالعات عددی و شبیه‌سازی بر روی آزادراه‌های خرم‌آباد–پل‌زال، قم–مرکزی، پل‌زال–اندیمشک، اهواز–بندر امام خمینی و کنارگذر غربی کلانشهر اصفهان در غیاب و حضور

عدم‌قطعیت پیش‌بینی حجم تقاضای تردد بکار گرفته شده است. از نتایج شبیه‌سازی بر اساس اطلاعات موجود می‌توان دریافت که بهترین گزینه برای ساخت و بهره‌برداری کلیه آزادراه‌ها بواسطه کوتاهی زمان ساخت و سرعت شروع بهره‌برداری و کیفیت تعمیرات، نگهداری و بهسازی استراتژی عمومی–خصوصی می‌باشد؛ زیرا مقادیر ارزش حال خالص سود پروژه‌های آزادراهی بین سکونتگاه‌های شهری با بکارگیری این استراتژی در مقایسه با تدارک سنتی مثبت‌تر می‌شود. مدل احتمالاتی توسعه‌یافته با توجه به عدم‌قطعیت حجم تقاضای تردد آزادراه‌های مذکور داخل کشور برای انتخاب استراتژی عمومی–خصوصی و یا دولتی مورد مطالعه قرار گرفت و نتایج شبیه‌سازی نشان داد که ارزش حال خالص سود یک پروژه آزادراهی از پیش‌بینی مقادیر احتمال و شدت رخداد سناریوهای بهره‌برداری متأثر می‌شود و از طرف دیگر مدت زمان مشارکت یک فاکتور بسیار مهم است که می‌توانند به شدت بر سود بخش خصوصی و تهییج آنها برای مشارکت تأثیرگذار باشد و افزایش این بازه زمانی منافع حداکثری برای بخش خصوصی را فرآهم آورد. بنابراین پیشنهاد می‌شود از روش مشارکت عمومی ــ خصوصی برای ساخت آزادراه‌های بین شهری کشور استفاده شود.

منابع

احمدی، موسی و موسوی، سید محسن. (۱۳۹۳). مشارکت عمومی ـ خصوصی مبانی نظری و مطالعات موردی. تهران: انتشارات امام صادق. چاپ دوم.

پیران، حمیدرضا، سعیده زرآبادی، زهرا سادات، زیاری، یوسفعلی و ماجدی، حمید. (۱۳۹۸). تبیین شاخص‌های حمل و نقل پایدار شهری با بهره‌گیری از معادلات ساختاری (مورد پژوهی: خطوط ۱ و ۲ متروی تهران)، فصلنامه جغرافیا (برنامه‌ریزی منطقه‌ای)، ۹(۳۴)، ۵۳۸-۵۲۱.

تقی‌زاده، کتایون، نورزایی، عصمت الله و قارونی جعفری، کبری. (۱۳۹۰). شناسایی مهمترین چالش‌های سیستم‌های اجرای حال حاضر در ایران. ششمین کنفرانس مدیریت پروژه، تهران.

جلیلی صدرآباد، سمانه، پرهیزگار، شقایق .(۱۴۰۱). تحلیل اثرات ایجاد بزرگراه‌های درون شهری بر شهر با استفاده از رویکرد آینده‌نگاری، معماری و شهرسازی ایران،۱۳(۲)،۴۴۲-۴۲۱.

خزایی، مصطفی.(۱۳۹۷). تحلیل شاخص‌های و ارزیابی حمل‌ونقل پایدار شهری. جغرافیا و روابط انسانی. ۱(۳). ۴۲۴-۴۳۶.

رسولی، سید حسن. قرنجیک، عبدالرشید و عبدالغفار. (۱۳۹۴). بررسی و ارزیابی حمل‌ونقل شهری بر توسعه پایدار شهری. استانبول–ترکیه: دومین کنفرانس بین‌المللی برای پژوهش‌های نوین در عمران، معماری و شهرسازی.

زال‌نژاد، کاوه و علی‌پور، یوسف. (۱۳۹۹). تحلیل اثرات احداث آزادراه تهران–شمال بر روستاهای پیرامونی. فصلنامه اقتصاد فضا و توسعه روستایی. ۱(۳۱). ۱۶۸-۱۵۰.

عطارزاده، مقداد و شاکری، اقبال. (۱۳۸۷). ارایه یک مدل برای پروژه‌های BOT آزادراهی ایران. چهارمین کنفرانس بین‌المللی مدیریت پروژه. ۱-۲۱ .

فرزین، ایمان. (۱۴۰۰). یکپارچگی در برنامه‌ریزی شهری و حمل‌ونقل. شهرسازی ایران. ۴ (۶). ۹۷-۱۰۸.

فنی، زهره، احمدی، توحید و رضویان، محمدتقی. (۱۳۹۶). راهبردهای توسعه پایدار حمل‌ونقل شهری با استفاده از تحلیل شبکه (مطالعه موردی: ساختار مدیریت حمل‌ونقل کلانشهر تبریز). نشریه علمی – پژوهشی جغرافیا و برنامه‌ریزی. ۲۱(۵۹). ۲۲۱-۲۴۲.

محمدپور، صابر و امیری، سارا .(۱۳۹۹). تدوین و ارزیابی راهبردهای توسعه یکپارچه الگوهای حمل‌ونقل در راستای پایداری، با بکارگیری فرآیند تحلیل شبکه‌ای (مطالعه موردی: استان کرمان)، دانش شهرسازی،۴(۲)،۱۴۳-۱۱۵.

مولائی قلیچی، محمد، زیاری، کرامت الله، نصرتی هشی، مرتضی و کاردگر، راضیه .(۱۳۹۷). اولویت‌بندی فضایی توسعه حمل‌ونقل جاده‌ای در استان‌های ایران با تأکید بر مدل تصمیمگیری WASPAS دانش شهرسازی،۱(۲)، ۸۹-۷۱.

نسترن، مهین، نوری، محمدجواد و ریخته‌گران، فریناز .(۱۳۹۷). تبیین و ارزیابی معیارهای آسایش و آرامش در حمل‌ونقل همگانی درون شهری، مورد مطالعه: خط ۲۸ اتوبوس‌رانی کلان‌شهر اصفهان، دانش شهرسازی، ۱(۲)، ۱۲۱-۱۰۵.

نیکوفرجام، محمد .(۱۳۹۱). بررسی جنبه‌های مشارکت عمومی ـ خصوصی (PPP) در بخش حمل‌ونقل در ایران. مجموعه مقالات همایش ملی: مشارکت عمومی و خصوصی در توسعه زیرساخت‌ها. تهران: موسسه عالی آموزش و پژوهش مدیریت و برنامه‌ریزی. چاپ اول.

References

Abeyratne, R. (2014). Law and Regulation of Aerodromes. Springer.

Abdul, Quium. (2011). A Guidebook on Public Private Partnership in Infrastructure. United. Nations. Economic and Social Commission for Asia and Pacific. ESCAP.

Aladağ, H., & Işik, Z. (2022). Political and legal risks in public–private partnership mega transportation projects. Municipal Engineer, 175(2), 95-106.

Brown, J. W. (2009). Public Private Partnerships for Highway Infrastructure: Capitalizing on International Experience. American Trade Initiatives.

Burke, R., & Demirag, I. (2017). Risk Transfer and Stakeholder Relationships in Public Private Partnerships. Accounting Forum. 41(1), 28–43.

Chan, A. P., Lam, P. T., Chan, D. W. & Cheung, E. (2008). Application of Public Private Partnership (PPP) in Hong Kong Special Administrative Region-The Critics Perspectives. Pakistan. First International Conference on Construction in developing countries.

Chan, A. P. C., Lam, P.T. I., Chan, D. W. M., Cheung, E., & Ke, Yongjian. (2010). Critical Success Factors for PPPs in Infrastructure Developments: Chinese Perspective. Journal of Construction Engineering and Management. 136(5), 484-494.

Cheung, E. (2009). Developing a Best Practice Framework for Implementing Public Private Partnership in Hong Kong. Thesis for the degree of Doctor of Philosophy. Queensland University, March.

Cruz, C. O., & Marques, R. C. (2013b). Flexible Contracts to Cope with Uncertainty in Public–Private Partnerships. International Journal of Project Management. 31, 473–483.

Fathi M., ASCE, A.M., Pramen P. S., & ASCE, P.E., F. (2023). Identification of Critical Success and Risk Factors for Public–Private Partnership Highway Projects. 15(1), 1-10.

Huang, Z., Zheng, P. Ma, Y., Li, X., Xu, W., & Anlu Zhu, W., (2016). A Simulation Study of the Impact of the Public–Private Partnership Strategy on the Performance of Transport Infrastructure. Springerplus. 2016; 5(1): 958.

Hueskes, M., & Verhoest, K., & Block, T. (2017). Governing Public–Private Partnerships for Sustainability: An Analysis of Procurement and Governance Practices of PPP Infrastructure Projects. International Journal of Project Management. Available online 22 March 2017. In Press, Corrected Proof - Note to Users.

Jin, X.-H. (2011). Model for Efficient Risk Allocation in Privately Financed Public nfrastructure Projects Using Neuro-Fuzzy Techniques. Journal of Construction Engineering Management. Vol. 137, No. 11, pp. 1003-1014.

Kweun, J.Y., Wheeler, P. K., & Gifford, J. L. (2017). Evaluating Highway Public-Private Partnerships: Evidence from U.S. Value for Money Studies. Original Research Article Transport Policy, In Press. Corrected Proof.

Liang, Y., & Ashuri, B. (2020). Option Value of Contingent Finance Support in Transportation Public–Private Partnership Projects. Transportation Research Record, 7, 555–565.

Mittal, A., & Kalampukatt. (2010). Partnership Challenges in Achieving Ammon Goals: A Study of Public Private Partnership in e-Governance Projects. India, Umea School of Business.

Omidi Shahabad, A., Badri, S. A., Rezvani, M. R., & Zali, N. (2019). Analysis of key factors affecting the formation of rural landscaping model with futuristic approach (Case study: Lorestan province). Journal of Rural Research, 10(1), 92-113.

Power, G. J., Burris, M., Vadali, S., & Vedenov, D. (2013). Valuation of Strategic Options for Public-Private Partnerships.

Power, G. J., Burris, M., Vadali, S., & Vedenov, D. (2016). Valuation of Strategic Options for Public-Private Partnerships. Transportation Research Part A, 90, 50–68.

Priyanka, A. S. (2009). Organizational and Risk Characteristics of Emerging Public- Private Partnership Models, Research and thesis submitted to the faculty of Virginia Polytechnic and State University in partial fulfillment of the requirements for the degree Masters of Science in Civil and Environmental Engineering, Michael J. Garvin Anthony D. Songer Raman Kumar Blacksburg, Virginia, 5th January.

Rouhani, O. M., Geddes, R. R., Do, W., & Gao, H. O., Beheshtian, A. (2018). Revenue-risk-sharing approaches for public-private partnership provision of highway facilities. Elsevier, Case Studies on Transport Policy, 6(4), 439-448.

Takim, R., Abdul-Rahman, R., Ismail, K & Egbu, C. O. (2008). The Acceptability of Private Finance Initiative (PFI) Scheme in Malaysia. Asian Social Science. 4(12).

Torrisi, G. (2009). Public Infrastructure: Defnition, Classication and Measurement Issues. Munich Personal RePEc Archive.

Yongjian, K., Xinping, L., & Shouqing, W. (2008). Equitable Financial Evaluation Method for Public-Private Partnership Projects. TSINGHUA SCIENCE AND TECHNOLOGY. 13(5).

Yuan, J. F., Skibniewski, M. J., Li, Q. & Shan, J. (2010). The Driving Factors of China's Public-Private Partnership Projects in Metropolitan Transportation Systems: Public Sector's Viewpoint .Journal of Civil Engineering and Management. 16(1), 5-18.

Zali, N., & Mansouri Birjandi, S. (2015). Analysis of Key Factors Affecting the Development of Sustainable Transport in the Horizon of Tehran Metropolis 1404 (Structural Analysis Method). Spatial Planning and Planning, 19(2), 1-31.

Zali, N., Ahmadi, H., & Faroughi, S. M. (2013). An analysis of regional disparities situation in the East Azarbaijan province, Iran. Journal of Urban and Environmental Engineering (JUEE), 7(1), 1262-68.

Zhang, X., & Chen, S. (2013). A Systematic Framework for Infrastructure Development through Public Private Partnerships. Lasts research. 36, 88-97.