

Optimal pricing of selected public parking lots(Case study of Region 5 of Isfahan city)

Nahid Gohartash ^{1*}, Babak Safari ², Naser Yarmohammadian ³

1. Department of Economics, Persian Gulf University, Bushehr, Iran.

2. Assistant Professor, Faculty of Economics and Administrative Sciences, University of Isfahan, Iran.

3. Assistant Professor, Faculty of Entrepreneurship, Isfahan University of Art, Iran.

ARTICLE INFO

Research Paper

Article history:

Received:

20 March 2026

Accepted:

08 June 2026

Published online:

12 June 2026

Keywords: *Traffic, public parking lots, parking pricing, occupied space, Isfahan.*



<https://www.srds.ir/?adsc=4192>

Abstract

Background and Objective: Parking management is one of the most important instruments of urban transportation management. Appropriate parking pricing policies can significantly influence traffic efficiency, travel behavior, and urban quality of life. Among transportation demand management strategies, urban network pricing has been recognized as an effective mechanism for addressing two major urban transportation challenges, namely traffic congestion and environmental pollution. In this context, parking pricing can be employed as an economic tool to regulate parking demand, reduce cruising traffic, improve network performance, and optimize the utilization of limited urban land resources. This study aims to determine optimal parking prices for selected parking facilities in District 5 of Isfahan City by employing a mathematical programming framework based on Nash equilibrium. The proposed model minimizes total network costs while accounting for the equilibrium behavior of drivers in their parking location choices.

Methodology: The analytical framework assumes that travelers select parking facilities by minimizing their generalized travel costs, which consist of driving costs, parking fees, parking search time costs, and walking costs from parking locations to final destinations. Given fixed parking locations and travel destinations, optimal parking prices are determined through a network cost minimization problem under equilibrium conditions. The empirical analysis focuses on District 5 of Isfahan City. The study network consists of five origins (Tohid, Pole Felezi, Pole Azar, Hakim Nezami, and Mohtasham-Shariati), three major destinations (Hakim Nezami, Nazar, and Jolfa), and three public parking facilities (Tohid, Khaghani, and Jolfa). Traffic and parking demand data were analyzed over eight hourly periods. The optimization model was solved for each time period to estimate optimal parking prices and occupancy levels.

Results and findings: The results reveal significant temporal variations in optimal parking prices across the selected facilities. The average optimal parking fees were estimated at 7,040 Tomans for Tohid Parking, 8,520 Tomans for Jolfa Parking, and 9,140 Tomans for Khaghani Parking. Furthermore, the estimated optimal parking capacities indicate that Tohid Parking accommodates the highest average occupancy level with 308 parking spaces, followed by Khaghani Parking with 281 spaces and Jolfa Parking with 88 spaces. The findings also demonstrate a positive relationship between optimal parking prices and parking occupancy levels, suggesting relatively inelastic parking demand within the study area. This behavior can be attributed to the concentration of commercial, service, and recreational activities in District 5, which generates a stable demand for parking facilities despite changes in parking fees. The analysis further shows that parking occupancy closely follows traffic volume fluctuations throughout the day. As traffic demand increases during peak periods, parking utilization rises correspondingly, while reductions in traffic volumes are associated with lower parking occupancy rates. This finding highlights the strong interdependence between parking demand and urban traffic conditions.

Citation: Gohartash, N., Safari, B. and Yarmohammadian, N. (2026). Optimal pricing of selected public parking lots(Case study of Region 5 of Isfahan city). *Journal of Sustainable Urban & Regional Development Studies (JSURDS)*, 7(3), 553-569.

URL: https://www.srds.ir/article_245332.html?lang=en

© The Author(s). Publisher: Private.



* Corresponding author: n.gohartash892131@gmail.com

EXTENDED ABSTRACT

Introduction

Parking management is one of the most important instruments of urban transportation management. Appropriate parking pricing policies can significantly influence traffic efficiency, travel behavior, and urban quality of life. Among transportation demand management strategies, urban network pricing has been recognized as an effective mechanism for addressing two major urban transportation challenges, namely traffic congestion and environmental pollution. In this context, parking pricing can be employed as an economic tool to regulate parking demand, reduce cruising traffic, improve network performance, and optimize the utilization of limited urban land resources.

This study aims to determine optimal parking prices for selected parking facilities in District 5 of Isfahan City by employing a mathematical programming framework based on Nash equilibrium. The proposed model minimizes total network costs while accounting for the equilibrium behavior of drivers in their parking location choices.

Methodology

The analytical framework assumes that travelers select parking facilities by minimizing their generalized travel costs, which consist of driving costs, parking fees, parking search time costs, and walking costs from parking locations to final destinations. Given fixed parking locations and travel destinations, optimal parking prices are determined through a network cost minimization problem under equilibrium conditions. The empirical analysis focuses on District 5

of Isfahan City. The study network consists of five origins (Tohid, Pole Felezi, Pole Azar, Hakim Nezami, and Mohtasham-Shariati), three major destinations (Hakim Nezami, Nazar, and Jolfa), and three public parking facilities (Tohid, Khaghani, and Jolfa). Traffic and parking demand data were analyzed over eight hourly periods. The optimization model was solved for each time period to estimate optimal parking prices and occupancy levels.

Results and Discussion

The analytical framework assumes that travelers select parking facilities by minimizing their generalized travel costs, which consist of driving costs, parking fees, parking search time costs, and walking costs from parking locations to final destinations. Given fixed parking locations and travel destinations, optimal parking prices are determined through a network cost minimization problem under equilibrium conditions. The empirical analysis focuses on District 5 of Isfahan City. The study network consists of five origins (Tohid, Pole Felezi, Pole Azar, Hakim Nezami, and Mohtasham-Shariati), three major destinations (Hakim Nezami, Nazar, and Jolfa), and three public parking facilities (Tohid, Khaghani, and Jolfa). Traffic and parking demand data were analyzed over eight hourly periods. The optimization model was solved for each time period to estimate optimal parking prices and occupancy levels.

Conclusion

It was found that the parking occupancy pattern directly follows the changes in traffic volume, so that during peak traffic

hours, the occupancy of parking spaces increases and decreases during off-peak hours. Overall, the results of the study show that the use of a dynamic pricing policy based on demand conditions can lead to optimal allocation of parking capacity, reduce wandering traffic in search of parking space, reduce network costs, and improve the efficiency of the urban transportation system. It was found that the parking occupancy pattern directly follows the changes in traffic volume, so that during peak traffic hours, the occupancy of parking spaces increases and decreases during off-peak hours. Overall, the results of the study show that the use of a dynamic pricing policy based on demand conditions can

lead to optimal allocation of parking capacity, reduce wandering traffic in search of parking space, reduce network costs, and improve the efficiency of the urban transportation system.

Declarations

Funding: There is no funding support.

Authors' Contribution: The authors contributed equally to the conceptualization and writing of the article. All of the authors approved the content of the manuscript and agreed on all aspects of the work.

Conflict of Interest: The authors declared no conflict of interest.

Acknowledgments: We are grateful to all the scientific consultants of this paper.

References

1. Acierno, L., & Gallob, M., & Montella, B. (2007). Optimisation models for the urban parking pricing problem. *Transport Policy* 13 34–48. DOI :[10.1016/J.TRANPOL.2005.08.001](https://doi.org/10.1016/J.TRANPOL.2005.08.001).
2. Afsah A, Araghi M, Moradpour A. (2011), Presentation of a pricing model for Tehran's peripheral parking lots, 10th Iranian Conference on Transportation and Traffic Engineering, Tehran, Tehran Transportation and Traffic Organization, Tehran Municipality Transportation and Traffic Deputy. <https://civilica.com/doc/129742/>. (in Persian).
3. Arnott, R., de Palma, A., & Lindsey, R. (1991). A temporal and spatial equilibrium analysis of commuter parking. *Journal of Public Economics*, 45(3), 301–335. DOI :[10.1016/0047-2727\(91\)90030-6](https://doi.org/10.1016/0047-2727(91)90030-6).
4. Arnott, R.J., E. Inci and J, Rowse . (2013) . "Downtown Curbside Parking Capacity". *Journal of Urban Economics*, March 2015, Pages 83–97.
5. Ayala, D., Wolfson, O., Xu, B., Dasgupta, B., Lin, J., (2012). Pricing of parking for congestion reduction. In: Proceedings of the 20th ACM SIGSPATIAL International Conference on Advances in Geographic Information Systems (ACM GIS) Redondo Beach, CA. DOI:[10.20944/preprints202006.0227.v1](https://doi.org/10.20944/preprints202006.0227.v1)
6. Bates J.J. and M.A. Bradley . (1986). "The CLAMP Parking Policy Analysis Model", *Traff. Eng .and Control*, Vol.27", pp.410- 411.
7. Cachon, P.G., Netessine, S (2003). "Game Theory in Supply Chain Analysis," Handbook of Supply Chain Analysis in the Business Era Kluwer Academic Publisher, USA. DOI:[10.1287/educ.1063.0023](https://doi.org/10.1287/educ.1063.0023)
8. Cao, J., & Menendez. M. (2015). " A Parking-State-Based Transition Matrix of Traffic on Urban Networks". 21st International Symposium on Transportation and Traffic Theory, 5-7 August Kobe, Japan. DOI :[10.1016/j.trpro.2015.09.070](https://doi.org/10.1016/j.trpro.2015.09.070).
9. Caroline J. Rodier, Susan A. Shaheen.(2010). "Transit-based smart parking: An evaluation of the San Francisco Bay area field test". Transportation Research Part C: Emerging Technologies, Pages 225–233. DOI :[10.1016/j.trc.2009.05.006](https://doi.org/10.1016/j.trc.2009.05.006).
10. Central Bank of the Islamic Republic of Iran. General Directorate of Economic Statistics 2016. (in Persian).
11. Eghbali F and Eghadi F. (2015). Studying the role of multi-storey parking lots in improving urban transportation, a case study of the Alton Tower multi-storey parking lot in Mashhad, International Conference on New Research Findings in Science, Engineering and Technology with a Focus on Need-Driven Research,

- Mashhad, Faraz Andishan Institute of International Knowledge.
<https://civilica.com/doc/557380/>. (in Persian).
12. Eghbali, F. and Eghbali, F. (2015). Investigating the role of multi-storey parking lots in improving urban transportation, a case study of the Alton Tower multi-storey parking lot in Mashhad, International Conference on New Research Findings in Science, Engineering and Technology with a Focus on Need-Driven Research, Mashhad, Faraz Andishan Institute of International Knowledge. <https://civilica.com/doc/469779> . (in Persian).
13. Gattuso, D (1992). Un Modello Di Assegnazione. Dinamica Della Domanda Di Sosta, "App cazione Per La Valutazione Del Programma Urbano Parcheggi Della Ciltà Di Reggio Calabria", In Modelli E Metodi Per L' Analisied Il Controllo Delle Reti Di Trasporto (E. Cascetta E G. Salerno Editors). Ed.
14. Izadi Laibidi, M, Nobakht Haghighi, Sh, Mokhtari Malekabadi, R. (2013). Studying the parking situation in District 2 of Rasht. *Quarterly Journal of Geography and Environmental Studies*, 1(4), 18-7. <https://civilica.com/doc/1309127/>. (in Persian).
15. Karimi, M., Mokhtari, N., Nikbakht, B. (2015). Needs assessment of Isfahan city area 3 based on public parking lots and their optimal location in line with integrated traffic management. International Conference on Civil Engineering, Architecture and Infrastructures. <https://www.noormags.ir/view/fa/articlepage/983946>. (in Persian).
16. Karimi, M., Mokhtari, N., Nikbakht, B. (2015). Needs assessment of area 3 of Isfahan city based on public parking lots and their optimal location in line with integrated traffic management. International Conference on Civil Engineering, Architecture and Infrastructure. (in Persian).
17. Kelly, J. A., & Clinch, J. P. (2006). Influence of varied parking tariffs on parking occupancy levels by trip purpose. *Transport Policy*, 13(6), 487-495. DOI: [10.1016/j.tranpol.2006.05.006](https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2006.05.006).
18. Keyshams Ardouti, E, Salahshoor, D and Sarafraz, V . (2026). Investigating pedestrian-based environmental quality in Andisheh Alley, Dezful City, with the 15-minute city approach. *Journal of Sustainable Urban & Regional Development Studies (JSURDS)*, 7(1), 104-122. (in Persian). https://www.srds.ir/article_219955.html?lang=en
19. Keyshams Ardouti, E and Mavedat, E . (2025). Site Selection of Public Multi-Story Parking in Izeh Using the AHP Method and SWOT Matrix. *Journal of Sustainable Urban & Regional Development Studies (JSURDS)*, 6(3), 253-265. (in Persian). https://www.srds.ir/article_216997.html?lang=en
20. Kodransky, M., & Hermann, G. (2010). Europe's parking U-Turn: From accomodation to regulation. New York, NY, USA: Institute for Transportation and Development Policy.
21. Lehe, L. (2019). Downtown parking supply, work trips, and urban form. *Journal of Transport and Land Use*, 12(1), 43-67. DOI: [10.1016/j.trb.2017.03.012](https://doi.org/10.1016/j.trb.2017.03.012).
22. Litman, T. (2021). Parking Management: Strategies, Evaluation and Planning. Victoria Transport Policy Institute. DOI: [10.4324/9781351179546-5](https://doi.org/10.4324/9781351179546-5).
23. Luca D'Acerno, Mariano Gallob, Bruno Montella (2007). Optimisation models for the urban parking pricing problem. *Transport Policy* 13 (2006) 34-48. DOI : [10.1016/j.tranpol.2006.02.002](https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2006.02.002).
24. Maleki, S., Goodarzi, M., & Sarvestani, R. (2016). The Geological Study of the Role of Citizens' Participation in Improvement of Municipal Services and Environment (Case Study: Urban Area of Bagh-e Malek in Khuzestan Province of Iran). *Journal of Open Geology*, 9 (5), 1187 - 1195. DOI: [10.4236/ojg.2016.69087](https://doi.org/10.4236/ojg.2016.69087).
25. Manville, M. (2017). Parking requirements and housing development: Regulation and reform in Los Angeles. *Urban Studies*, 54(2), 496-515. DOI: [10.1080/01944363.2013.785346](https://doi.org/10.1080/01944363.2013.785346).
26. Migliore, M., & Antonino Lo B., Giovanna, M. (2014). Parking pricing for a sustainable transport system. 17th Meeting of the EURO Working Group on Transportation, EWGT2014, 2-4 July 2014, Sevilla, Spain. DOI: [10.1016/j.trpro.2014.10.021](https://doi.org/10.1016/j.trpro.2014.10.021).
27. Nakhaipour, M. and Saffarzadeh, M. (2010). Presenting a pricing model for marginal parking lots with an approach to developing non-marginal parking lots, *Transportation Research Journal*. 7 (4). <https://civilica.com/doc/154938/>. (in Persian).
28. Pierce, G., & Shoup, D. (2013). Getting the prices right: An evaluation of variable parking pricing in Los Angeles. *Journal of the American Planning Association*, 79(1), 67-81. DOI: [10.1080/01944363.2013.787307](https://doi.org/10.1080/01944363.2013.787307).
29. Pindyck, R., & Rubinfeld, D. (2018). *Microeconomics* (9th ed.).



30. Qian, Z. S., & Rajagopal, R. (2014). Optimal dynamic parking pricing for morning commute considering expected cruising time. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 48, 468-490. DOI: [10.1016/j.trc.2014.08.020](https://doi.org/10.1016/j.trc.2014.08.020).
31. Qian, Z. S., Xiao, F., & Zhang, H. M. (2012). Managing morning commute traffic with parking. *Transportation Research Part B*, 46(7), 894-916. DOI: [10.1016/j.trb.2012.01.011](https://doi.org/10.1016/j.trb.2012.01.011).
32. Radfar, M. and Abouie Mehrizi, M. (2025). Investigating the impact of the placement of major travel-attractive uses around the entrance-exit points of urban squares on the occurrence of accidents of Mehriz city in Yazd Province. *Journal of Sustainable Urban & Regional Development Studies (JSURDS)*, 6(1), 84-99. (in Persian). https://www.srds.ir/article_203371.html?lang=en
33. Rutbi, A., Hatami, N., Hooshyar, M., Sharifpour, S. and Shah Moradi, S. (2024). Reviewing and evaluating the determination of the central cores of the city (case study: Tabriz city). *Journal of Sustainable Urban & Regional Development Studies (JSURDS)*, 5(2), 123-138. (in Persian). https://www.srds.ir/article_198816.html?lang=en
34. Safari, B., Nasr-e-Sfahani, R., Mardai, A. (2015). Optimal pricing of public parking lots (case study of areas 1 and 3 of Isfahan city). *Quarterly Journal of Economic Research*. 50(3), 776-751. DOI: [10.22059/JTE.2015.55811](https://doi.org/10.22059/JTE.2015.55811). (in Persian).
35. Saffari, B., Nasr-Esfahani, R., Marday, A. (2015). Optimal pricing of public parking lots (case study of areas 1 and 3 of Isfahan city). *Quarterly Journal of Economic Research*. 50(3), 776-751. DOI: [10.22059/jte.2015.55811](https://doi.org/10.22059/jte.2015.55811). (in Persian).
36. Shadmanfar, R. (2006). Urban Mechanized Parking Lots. *Urban Planning and Management Conference*. <https://sid.ir/paper/811763/fa>. (in Persian).
37. Shadmanfar, R. (2006). Urban Mechanized Parking Lots. *Urban Planning and Management Conference*. <https://sid.ir/paper/811763/fa>. (in Persian).
38. Shoup, D. C. (1999). The trouble with minimum parking requirements. *Transportation Research Part A*, 33(7-8), 549-574. DOI: [10.1108/S2044-994120140000005011](https://doi.org/10.1108/S2044-994120140000005011).
39. Shoup, D. C. (2005). *The High Cost of Free Parking*. Planners Press. DOI: [10.1177/0739456X9701700102](https://doi.org/10.1177/0739456X9701700102).
40. Shoup, D., (2005). Parking cash out, report 532. Tech. rep., Planning Advisory Service, American Planning Association and Annual Meeting of the Transportation Research Board, Paper No 03-3776.
41. Small, K. A., & Verhoef, E. T. (2007). *The Economics of Urban Transportation*. Routledge. DOI: [10.1016/j.jtrangeo.2008.07.001](https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2008.07.001).
42. Tirkhoni, J., Shirmohammadi, H. (2013). Parking Demand Management Using GIS and TOPSIS Technique in the Central Region of Tabriz, First National Conference on Geography, Urban Planning and Sustainable Development, Tehran, Koomesh Environmental Association, University of Aviation Industry. (in Persian).
43. Varian, H. R. (2010). *Intermediate Microeconomics* (8th ed.). W.W. Norton.
44. Verhoef, E. T. (2002). Second-best congestion pricing in general networks: Heuristic algorithms for finding second-best optimal toll levels and toll locations. *Transportation Research Part B*, 36(8), 707-729. DOI: [10.1016/S0191-2615\(01\)00025](https://doi.org/10.1016/S0191-2615(01)00025).
45. Vickrey, W. S. (1969). Congestion theory and transport investment. *The American Economic Review*, 59(2), 251-260. DOI: [10.2307/1830122](https://doi.org/10.2307/1830122).
46. Willson, R., & Shoup, D. (1990). Parking subsidies and travel choices: *Assessing the evidence*. *Transportation*, 17(2), 141-157. DOI: [10.1007/BF02125333](https://doi.org/10.1007/BF02125333).



نوع مقاله: پژوهشی

فصلنامه مطالعات توسعه پایدار شهری و منطقه ای

https://www.srds.ir/article_245332.html?lang=fa

دوره هفتم، شماره سوم، پیاپی (۲۵)، پاییز ۱۴۰۵

صص ۵۵۳-۵۶۹

قیمت گذاری بهینه پارکینگ‌های عمومی منتخب (مورد مطالعه: منطقه ۵ شهر اصفهان)

ناهید گوهرتاش*: گروه اقتصاد، دانشگاه خلیج فارس، بوشهر، ایران

بابک صفاری: استادیار، دانشکده علوم اقتصادی و اداری، دانشگاه اصفهان، ایران.

ناصر یارمحمدیان: استادیار، دانشکده کارآفرینی، دانشگاه هنر اصفهان، ایران.

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۳/۱۸

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۱۲/۲۹

چکیده

زمینه و هدف: مدیریت پارکینگ یکی از مهم‌ترین ابزارهای مدیریت حمل‌ونقل شهری است که می‌تواند نقش مؤثری در بهبود عملکرد شبکه ترافیکی، کاهش ازدحام، صرفه‌جویی در مصرف سوخت و ارتقای کیفیت زندگی شهری ایفا کند. در میان راهبردهای مدیریت تقاضای سفر، قیمت‌گذاری پارکینگ به‌عنوان یک ابزار اقتصادی کارآمد، امکان کنترل تقاضای پارک، کاهش ترافیک ناشی از جست‌وجوی فضای پارک و بهره‌برداری بهینه از فضاهای محدود شهری را فراهم می‌سازد.

روش‌شناسی: هدف این پژوهش تعیین قیمت‌های بهینه پارکینگ در ساعات مختلف روز برای پارکینگ‌های منتخب منطقه ۵ شهر اصفهان با استفاده از برنامه‌ریزی ریاضی مبتنی بر تعادل نش است. در این مدل، رانندگان با در نظر گرفتن هزینه‌های رانندگی، هزینه پارکینگ، هزینه زمانی جست‌وجوی فضای پارک و هزینه پیاده‌روی، پارکینگی را انتخاب می‌کنند که حداقل هزینه تعمیم‌یافته سفر را برای آنها به همراه داشته باشد. شبکه مورد مطالعه شامل پنج مبدأ (توحید، پل فلزی، پل آذر، حکیم نظامی، محتشم و شریعتی)، سه مقصد (حکیم نظامی، نظر و جلفا) و سه پارکینگ عمومی (توحید، خاقانی و جلفا) است. قیمت‌های بهینه و میزان اشغال پارکینگ‌ها در هشت بازه زمانی مختلف با حل مسئله حداقل‌سازی هزینه شبکه تعیین شد.

نتایج و یافته‌ها: نتایج نشان داد که قیمت‌های بهینه در طول روز متناسب با تغییرات تقاضا و حجم ترافیک تغییر می‌کنند؛ به‌گونه‌ای که میانگین قیمت بهینه برای پارکینگ توحید ۷۰۴۰ تومان، پارکینگ جلفا ۸۵۲۰ تومان و پارکینگ خاقانی ۹۱۴۰ تومان برآورد شد. همچنین بیشترین ظرفیت بهینه متعلق به پارکینگ توحید با ۳۰۸ فضای پارک، سپس پارکینگ خاقانی با ۲۸۱ فضای پارک و پارکینگ جلفا با ۸۸ فضای پارک بود. یافته‌ها بیانگر وجود رابطه مثبت میان قیمت‌های بهینه و میزان اشغال پارکینگ‌ها است. همچنین نتایج نشان داد که الگوی اشغال پارکینگ‌ها به‌طور مستقیم از تغییرات حجم ترافیک تبعیت می‌کند، به‌طوری که در ساعات اوج ترافیک، میزان اشغال فضاهای پارک افزایش یافته و در ساعات کم‌ترافیک کاهش می‌یابد. در مجموع، نتایج پژوهش نشان می‌دهد که استفاده از سیاست قیمت‌گذاری پویا و مبتنی بر شرایط تقاضا می‌تواند موجب تخصیص بهینه ظرفیت پارکینگ‌ها، کاهش تردد‌های سرگردان در جست‌وجوی فضای پارک، کاهش هزینه‌های شبکه و بهبود کارایی سیستم حمل‌ونقل شهری شود.

واژگان کلیدی: ترافیک، پارکینگ‌های عمومی، قیمت‌گذاری پارکینگ، مدیریت پارکینگ، فضای اشغالی، اصفهان.

* مسئول مکاتبات: n.gohartash892131@gmail.com

ارجاع به این مقاله: گوهرتاش، ناهید، صفاری، بابک و یارمحمدیان، ناصر. (۱۴۰۵). قیمت‌گذاری بهینه پارکینگ‌های عمومی منتخب (مورد مطالعه: منطقه ۵ شهر اصفهان). *فصلنامه مطالعات توسعه پایدار شهری و منطقه ای*، ۷(۳)، ۵۵۳-۵۶۹.

مقدمه و بیان مسأله

در اکثر شهرهای پرجمعیت، زمان مربوط به یافتن جای پارک در طول ساعات پر ازدحام نه تنها باعث رنجش خاطر رانندگان می‌شود بلکه بطور قابل توجهی قابلیت دوام شرایط اجتماعی، محیطی و اقتصادی شهر را کاهش می‌دهد. از آنجا که تأثیرات اقتصادی، در منابع اتلاف شده (زمان یا سوخت) سنجیده می‌شود. به گونه‌ای که، به طور میانگین هر راننده ۸/۱ دقیقه بدنبال جای پارک می‌گردد (Shoup, 2005). این دور زدن‌های اضافی را می‌توان جزء ۳۰ درصد ازدحام شهری به حساب آورد، در این صورت هر وسیله نقلیه ۴۹۲۷ مایل اضافه در هر سال برای یافتن جای پارک جابجا می‌شود (Shoup, 2006).

بخش عظیمی از این دور زدن‌ها در تراکم زیاد در مراکز شهر به وقوع می‌پیوندد به علاوه برطبق بررسی صورت گرفته در سال ۲۰۱۱، ۶۰٪ ترافیک به دلیل جست و جوی برای جای پارک رانندگان می‌باشد (Bai et al, 2011). از آنجا که، در بسیاری از شهرها، حمل و نقل عمومی پاسخگوی نیاز شهروندان نیست و در نتیجه نیاز به استفاده از خودروی شخصی در سطح شهر، افزایش تردد خودروها را به دنبال خواهد داشت، با توجه به عدم تأمین ظرفیت‌های لازم برای پارک و جابجایی این خیل عظیم خودرو، معضلات شهری ویژه‌ای را پیش روی مدیریت شهری قرار داده است. از طرف دیگر، کاهش ظرفیت معابر به علت پارک حاشیه‌ای، حرکت‌های نامنظم و کند خودروهایی که به دنبال فضای مناسب برای پارک هستند، توقف‌های حاصل از ورود و یا خروج یک خودرو به پارک حاشیه خیابان در تشدید کندی ترافیک معابر موثر است (Shadman-Far, 2006). علاوه بر این موارد، افزایش بی رویه قیمت زمین شهری، در شهرها دست مدیران شهری را برای خلق آسان فضای پارکینگ بسته است. به سبب همین مسائل اقتصادی و محیطی اغلب به مدیریت پارکینگ شهری برای مثال از طریق قیمت‌گذاری کلی نیازمند می‌شود. تلاش‌هایی که می‌تواند باعث تأثیرات اجتماعی چشمگیر شود، از قبیل تأثیرات مستقیم بر جابجایی تقاضا و مسائل عدالتی برای مثال سیاست‌های پارکینگی منسوخ از قبیل پارکینگ مجانی یا معافیت مالیاتی بطور ذاتی یارانه‌ای برای صاحبان و متصدیان وسایل نقلیه فراهم می‌آورد که احتمالاً به ارزش هزاران دلار برای هر موتور در هر سال باشد (Litman, 2020). از این رو ساختار سنتی شهرسازی ایران موجب شده است که در بیشتر شهرها، بازارها و مراکز تجاری شهری در بافت‌های مرکزی و تاریخی شهرها بنا شوند و به همین علت این بخش‌ها همواره با مشکلات ترافیکی دست به گریبان بوده‌اند (Ghanbari, 2013). در این راستا، مدیریت پارکینگ یکی از مهمترین ابزار در مدیریت شهری است. سطوح مختلف امکانات پارکینگ می‌تواند بر کارایی ترافیک و کیفیت زندگی شهری تأثیر بگذارد. نیاز به مدیریت، و قیمت‌گذاری پارکینگ‌ها جهت سازماندهی ترافیک شهری، تسریع و سهولت حمل و نقل درون شهری از مقولات مهم در طراحی سیستم ترافیک درون شهری است، که توجه به آن ضروری به نظر می‌رسد (Louis, 1973). بنابراین، ضرورت پرداختن به مسأله پارکینگ و تعیین قیمت‌های پویا پارکینگ در سیستم حمل و نقل، به عنوان یکی از مهمترین نیازهای امروز شهرها، به شدت احساس می‌شود. مطالعه و بررسی موثر قیمت‌گذاری پویای پارکینگ بر استفاده هرچه بهتر از آن را به سمت خود می‌طلبد و رسیدگی به این امر می‌تواند به ارتقاء کیفیت این سیستم و جذب کاربران بیشتر کمک شایانی نماید. از طرف دیگر به تبع آن می‌تواند در جهت کاهش معضلات ترافیکی و آلودگی‌های زیست محیطی مفید واقع شود.

به منظور توسعه تقاضای پویا، بر اساس مدل قیمت‌گذاری در جهت افزایش فضاهای پارکینگ اختصاصی بهینه در مراکز شلوغ شهری، تراکم و دیگر هزینه‌های زیست محیطی و اقتصادی، مدل قیمت‌گذاری، به مدیریت پارکینگ‌ها مجوز تنظیم سیاست‌های بهینه قیمت‌گذاری در سیستم را می‌دهد (به عنوان مثال برای به حداقل رساندن تراکم، به حداکثر رساندن مازاد اقتصادی، به حداکثر رساندن درآمد) در حالیکه، رقابت کاربران و تعادل بازار را نیز در نظر می‌گیرد. تحقیق حاضر اولین گام در جهت قیمت‌گذاری پارکینگ‌های منتخب منطقه (۵) شهر اصفهان بوده است، که همانا تحلیل این تحقیق می‌تواند برای پژوهشگران و علاقمندان و برنامه‌ریزان، مجموعه پارکینگ‌های شهری اصفهان مفید باشد.

در این مقاله سعی شده که مسأله پارکینگ، به عنوان یکی از معضلات پیچیده شهری اصفهان، با بهره‌گیری از مدل‌های کاربردی برنامه‌ریزی منطقه‌ای بررسی و تجزیه و تحلیل گردد. هدف اصلی این پژوهش بهبود مدیریت پارکینگ از طریق وضع

قیمت‌های بهینه بر پارکینگ‌های منتخب است. علاوه بر این هدف به دنبال دستیابی به ظرفیت‌های بهینه برای پارکینگ‌های منتخب می‌باشد.

مبانی نظری پژوهش

زمین‌های شهری، به‌ویژه در مناطق مرکزی شهرها، از منابع ارزشمند و محدود هستند و استفاده‌ی بی‌برنامه از آن‌ها برای پارک خودرو می‌تواند موجب ناکارایی فضایی و اقتصادی شود. نظریه کلاسیک اقتصاد شهری بیان می‌کند که هر منبع کمیاب باید به شکلی تخصیص یابد که منافع نهایی اجتماعی با هزینه نهایی اجتماعی برابر شود (Shoup, 2005). بنابراین، تعیین نرخ پارکینگ باید بازتاب‌دهنده هزینه فرصت زمین شهری، هزینه سرمایه‌گذاری در تأسیسات پارکینگ و اثرات جانبی آن بر ترافیک و محیط‌زیست باشد (Litman, 2019). در ذیل به برخی نظریات مربوط به قیمت‌گذاری پرداخته شده است:

نظریه قیمت‌گذاری پویا^۱

نظریه‌ی قیمت‌گذاری پویا به این معناست که قیمت یک کالا یا خدمت، به‌صورت لحظه‌ای یا دوره‌ای بر اساس تغییرات عرضه و تقاضا تنظیم می‌شود (Varian, 2010). در این چارچوب، هدف اصلی، تخصیص کارآمد منابع از طریق تعدیل قیمت‌هاست، به‌گونه‌ای که در زمان اوج تقاضا قیمت افزایش یابد و در زمان رکود، کاهش پیدا کند. این الگو نخستین بار در تحلیل‌های اقتصادی بازارهای با ظرفیت محدود مانند حمل‌ونقل هوایی و انرژی دیده شد (Pindyck & Rubinfeld, 2018). در حوزه حمل‌ونقل شهری، قیمت‌گذاری پویا برای مدیریت تقاضای ترافیک و پارکینگ به‌کار می‌رود. بدین صورت که نرخ پارک یا عوارض تردد متناسب با تراکم ترافیک یا اشغال پارک‌ها تعیین می‌شود (Shoup, 2005). بر اساس تئوری تعادل جزئی، زمانی که قیمت به‌صورت پویا تنظیم شود، استفاده‌کنندگان، تصمیمات خود را بهینه کرده و کارایی کل شبکه حمل‌ونقل افزایش می‌یابد (Small & Verhoef, 2007). به‌علاوه، درآمد حاصل از قیمت‌گذاری پویا در بسیاری از شهرها صرف بهبود خدمات حمل‌ونقل عمومی می‌شود که موجب افزایش عدالت اجتماعی در استفاده از فضاهای شهری خواهد شد (Lehe, 2019).

نظریه پارکینگ به‌عنوان جایگزین عوارض جاده‌ای^۲

از دیدگاه اقتصادی، کارآمدترین راه کاهش ازدحام، تعیین عوارض تردد^۳ است، بدین معنا که هر راننده هزینه‌ای متناظر با هزینه نهایی اجتماعی ترافیک خود می‌پردازد (Pigou, 1920 و Vickrey, 1969). اما در بسیاری از شهرها اجرای چنین سیاستی از نظر سیاسی یا فنی ممکن نیست. در این حالت، اقتصاددانان مفهوم قیمت‌گذاری بهینه‌ی درجه دوم^۴ را مطرح کردند (Verhoef et al, 1996). بر اساس این نظریه، سیاست‌گذار می‌تواند از ابزارهای جانشین مانند قیمت‌گذاری پارکینگ برای اثرگذاری بر الگوی سفر استفاده کند، حتی اگر این ابزار مستقیماً هزینه ازدحام را هدف نگیرد (Arnott, Palma 1991 & Lindsey). در این مدل، هزینه‌ی پارکینگ به‌صورت ناهمگن در فضا و زمان طراحی می‌شود تا تقاضای سفر به مناطق پرتراکم کاهش یابد. به بیان دیگر، نرخ پارکینگ نقش مالیات ضمنی ازدحام را ایفا می‌کند (Verhoef, 2002). بنابراین در شرایطی که کنترل مستقیم بر عوارض تردد امکان‌پذیر نباشد، قیمت‌گذاری پارکینگ می‌تواند دست‌کم بخشی از ناکارایی ناشی از ازدحام را جبران کند (Qian et al, 2012). با این حال، کارایی این روش به همبستگی بین مقصد سفر، هزینه پارک، و زمان اوج ترافیک بستگی دارد. اگر عرضه پارکینگ بیش از حد زیاد باشد یا حداقل‌های قانونی پارکینگ مانع تعدیل عرضه شوند، اثر سیاست فوق کاهش می‌یابد (Banki and Lindsay, 1993).

1 . Dynamic Pricing Theory

2 . Second-Best Congestion Pricing

3 . first-best congestion pricing

4 . second-best

نظریه حداقل‌های پارکینگ و ناکارایی^۱

در طول نیم‌قرن گذشته، بسیاری از شهرها برای پروژه‌های ساختمانی، حداقل‌هایی برای تعداد جای پارک تعیین کرده‌اند. طبق این مقررات توسعه‌دهنده باید به ازای هر واحد مسکونی یا هر مترمربع فضای تجاری، تعداد مشخصی از محل‌های پارک را فراهم کند (Manville, 2017). این سیاست که ظاهراً برای رفع کمبود پارکینگ طراحی شده، در واقع اثرات منفی متعددی بر اقتصاد شهری دارد و منجر به ناکارایی در تخصیص زمین می‌شود (Shoup, 1999). نظریه‌ی ناکارایی حداقل‌های پارکینگ بر مبنای اصول اقتصاد رفاه شکل گرفته است. عرضه‌ی اجباری پارکینگ سبب می‌شود هزینه واقعی ساخت و نگهداری آن به تمام کاربران (اعم از دارندگان خودرو یا بدون خودرو) تحمیل گردد. در نتیجه، قیمت ساخت‌وساز بالا می‌رود و تراکم شهری کاهش می‌یابد (Shoup & Willso, 1990). از طرف دیگر، چون پارکینگ‌ها اغلب رایگان عرضه می‌شوند، «یارانه پنهان خودرو» به وجود می‌آید که تقاضا برای رانندگی را افزایش می‌دهد حلقه‌ای معیوب از عرضه‌ی بیش از حد و تقاضای فزاینده است (لیتمان، ۲۰۲۱). در شهرهایی که این حداقل‌ها را حذف کرده‌اند (مانند سیاتل، سان‌فرانسیسکو و زوریخ) توسعه‌دهندگان تمایل دارند پارکینگ‌های کمتری بسازند و فضاهای آزادشده صرف استفاده‌های مولدتر مانند مسکن با قیمت مناسب یا فضای سبز می‌شود (McDonnell et al, 2011). از دیدگاه نظری، حذف یا اصلاح حداقل‌های پارکینگ به‌عنوان ابزاری مکمل برای سیاست قیمت‌گذاری پویا مطرح می‌شود، زیرا اجازه می‌دهد قیمت‌ها نقش واقعی خود را در تعادل عرضه و تقاضای پارکینگ ایفا کنند (Lehe, 2020).

نظریه کارایی^۲ در قیمت‌گذاری پارکینگ

بر مبنای نظریه کارایی پارتو، نرخ پارکینگ بهینه هنگامی حاصل می‌شود که هیچ فردی نتواند بدون آسیب به رفاه دیگران وضعیت خود را بهبود دهد. در این چارچوب، قیمت پارک باید منعکس‌کننده هزینه‌های بیرونی مانند تراکم ترافیک، آلودگی هوا و مصرف سوخت اضافی ناشی از جست‌وجوی جای پارک باشد (Kelly & Clinch, 2006). این نوع قیمت‌گذاری را قیمت‌گذاری پیگویی^۳ نیز می‌نامند، زیرا هدف آن جبران هزینه‌های خارجی است. یکی از چالش‌های مهم در سیاست‌گذاری پارکینگ، توجه به عدالت اجتماعی^۴ است. قیمت‌گذاری باید به گونه‌ای انجام شود که ضمن بازتاب هزینه واقعی استفاده از زمین، اقشار کم‌درآمد از دسترسی به خدمات شهری محروم نشوند (Hermann & Kodransky, 2011). ترکیب تخفیف‌های خاص، تعرفه‌های اقامتی و نرخ‌های ترجیحی برای ساکنین محلی، از جمله سیاست‌های مکمل در این زمینه‌اند. از طرفی افزایش نرخ پارکینگ در مناطق پرتراکم، تقاضا برای ورود خودرو شخصی به مرکز شهر را کاهش می‌دهد و در نتیجه حجم ترافیک، آلودگی هوا و مصرف سوخت کاهش می‌یابد.

پیشینه پژوهش

مسئله قیمت‌گذاری پارکینگ‌های شهری توسط لوکا دی آسیرنو^۵، ماریانو گالو^۶ و برونو مونتلا^۷ در دانشکده حمل و نقل دانشگاه ناپلی ایتالیا در سال ۲۰۰۷ انجام شد. معمولاً در اکثر روش‌های تعیین قیمت استفاده از پارکینگ، یا قیمت ثابتی در کل منطقه یا شهر تعیین شده است و یا در حالت پیشرفته‌تر، قیمت پارک به محل پارک بستگی داشته و در مکان‌های مختلف، دارای مقادیر متفاوتی است.

در ادامه مطالعات خارجی و داخلی مرتبط با قیمت‌گذاری پارکینگ ذکر شده است:

- 1 . Minimum Parking Requirements Inefficiency
- 2 . Efficiency Theory
- 3 . Pigovian Pricing
- 4 . Social Equity
- 5 . Acierno
- 6 . Gallo
- 7 . Bruno Montella

کاو و همکاران (۲۰۱۵)، مدل سازی تعاملات بین سیستم پارکینگ و ترافیک شهری را مورد ارزیابی قرار دادند، نتایج اولیه آنها نشان داد که سیاست های کنترل زمانی می تواند مسائل ترافیکی ناشی از پارکینگ را بدون نیاز به ارائه امکانات اضافی پارکینگ کاهش دهد، نتایج آنها همچنین ثابت کرد که سیاست های پارکینگ که قصد کاهش تاخیر ترافیک را دارند، همزمان باعث افزایش فاصله محور رانندگی و کاهش اثرات جانبی منفی می شود. مدل ارائه شده آنها برای برآورد، چگونگی در دسترس بودن پارکینگ بر عملکرد ترافیک (به عنوان مثال، زمان متوسط جستجو برای پارکینگ، تعداد اتومبیل های جست و جو برای پارکینگ) و در شرایط مختلف ترافیک (به عنوان مثال، سرعت سفر، تراکم در سیستم) که رانندگان چگونه می توانند مناسب ترین پارکینگ را پیدا کنند، تاثیرگذار باشد. (Cao et al, 2015).

میگلیوریا و همکاران (۲۰۱۴) در پژوهشی با عنوان "قیمت گذاری پارکینگ برای یک سیستم حمل و نقل پایدار" در منطقه مرکزی تجاری پالمو، به دنبال ایجاد مدلی برای طراحی یک سیاست کارآمد برای قیمت گذاری پارکینگ، با هدف کنترل هوشمندانه و سیستم مدیریت قیمت گذاری پارکینگ بودند. تقاضای حمل و نقل را در این منطقه از شهر، به منظور طراحی سناریوهای گوناگون قیمت گذاری پارکینگ همراه با تقاضای هزینه ای اضافی در داخل پارکینگ منطقه ای انتخابی CBD مورد بررسی قرار دادند. مدل آنها نشان داد که با یک روش خیلی ساده و نسبتاً سریع می توان پیشنهادی برای تغییر و اصلاح طرح کلی قیمت گذاری پارکینگ مطرح کرد که دیگر مرکز شهر توسط ماشین های شخصی، پرتراffic نشود. (Migliore et al, 2014).

کیان و راجاگوپال در سال (۲۰۱۳) در مقاله ای "مدیریت فضای پارکینگ با عملکرد پویا مبتنی بر قیمت گذاری" به دنبال حداکثر رساندن منافع مدیریت پارکینگ با قیمت گذاری بهینه بودند و یک مدل پارکینگ عمومی را برای مجموعه ای از پارکینگ های زنجیره ای با اطلاعات پارکینگ ارائه کردند. مدل آنها مسافران را در محل انتخاب پارکینگ و یا انتخاب زمان خروج برای اینکه هزینه سفر کل خود را به حداقل برسانند، یاری نمود. آنها یک تابع زمانی جست و جو برای پارکینگ های عمومی را با توجه به ظرفیت پارکینگ نظر گرفتند. این مدل می تواند در عمل با استفاده از سنسورهای پارکینگ برای مجموعه قیمت های بهینه پارکینگ اشغال شده به اجرا در بیاید. همچنین نتایج آنها نشان داد که قیمت گذاری پارکینگ و ارائه اطلاعات اشغالی به صورت مشترک، راهی موثر برای مدیریت ترافیک است. (Qian & Rajagopal, 2013).

مونتلا و همکاران (۲۰۰۶) در پژوهشی تحت عنوان "مدل های بهینه سازی برای مشکلات قیمت گذاری پارکینگ شهری" استراتژی های قیمت گذاری پارکینگ را ابزار مهم برای ایجاد توازن در تقسیم بندی معین بین وسیله نقلیه شخصی و حمل و نقل عمومی در مناطق شهری اعلام نمودند. آنها همچنین، سطح تراکم بالا را به طور عمده ناشی از اولویت کاربران به استفاده از وسایل نقلیه شخصی می دانستند و استدلال نمودند جهت به دست آوردن یک مدل متعادل تر، همراه با بهبود در کیفیت سیستم حمل و نقل، به مجموعه هزینه ها بر استفاده از خودروهای شخصی از طریق قیمت گذاری جاده ها و یا استراتژی های قیمت گذاری پارکینگ نیازمند است، که استراتژی های قیمت گذاری پارکینگ را ساده تر ارزیابی می کند. (Montella et al, 2006).

نخعی پور و همکاران (۱۳۸۹) در پژوهشی با ارائه مدل قیمت گذاری پارکینگ های حاشیه ای با رویکرد توسعه پارکینگ های غیرحاشیه ای در تهران، ابتدا عوامل مؤثر در قیمت گذاری فضاهای پارک حاشیه ای با روش نظرسنجی مورد شناسایی قرار دادند و به دو دسته عوامل کنترلی و عوامل مستقیم تقسیم اشاره کردند. عوامل کنترلی، به منظور تضمین اقتصادی بودن سرمایه گذاری در زمینه پارکینگ و عوامل مستقیم جهت برآورد قیمت یک فضای پارک حاشیه ای را در نظر گرفتند و برای محاسبه وزن ضرایب عوامل مستقیم، روش تحلیل سلسله مراتبی را مورد استفاده قرار دادند. در مرحله بعد، یک مدل رفتاری در قبال تغییرات قیمت و نیز یک فرآیند تکراری بر مبنای آن به منظور تعیین قیمت مناسب فضاهای پارک ساخته شد. (Nakhaei-Pour et al, 2010).

افصاحی و همکاران (۱۳۹۰)، با ارائه مدل قیمت گذاری پارکینگ حاشیه ای در شهر تهران، ساخت مدلی برای تعیین هزینه پارک براساس متغیرهای مختلف را مورد توجه قرار دادند و با ملحوظ کردن متغیرهای مختلف، تناسب مطلوبی را بین قیمت های پارک حاشیه ای برای معابر شهر تهران پیشنهاد کردند. (Afsahi et al, 2011).

صفاری و همکاران (۱۳۹۳) در پژوهشی با عنوان "قیمت‌گذاری بهینه پارکینگ‌ها در شبکه عمومی شهری در منطقه ۱ و ۳ اصفهان" به مطالعه پرداختند، در این پژوهش، مدلسازی برای مناطق مرکزی شهر اصفهان با ۶ مبدا، ۵ مقصد و ۱۱ پارکینگ عمومی انجام گرفت. بر اساس نتایج حاصل از مدلسازی، محدوده قیمت‌ها از ۱۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰ ریال بدست آمد که بالاترین قیمت مربوط به پارکینگ فرشادی گزارش شد. همچنین تعیین مقدار بهینه فضای اشغالی هر پارکینگ و تعیین الگوی بهینه جریان پارک از دیگر نتایج این پژوهش بود. (Safari et al, 2014).

مختاری، کریمی و نیکبخت در سال ۱۳۹۴، نیازسنجی منطقه ۳ شهر اصفهان براساس پارکینگ‌های عمومی و مکان‌یابی بهینه آنها در راستای مدیریت یکپارچه ترافیک در منطقه ۳ شهر اصفهان با هدف، مناسب‌سازی منطقه ۳ شهر اصفهان در خصوص عملکردهای زیربنایی، حمل و نقل شهری و ارائه راهکارهای مدیریتی و اجرایی در جهت رفع و کاهش تقاضا جهت توقفگاه‌های شهری با استفاده از مدل‌های آماری و بهره‌مندی از فنون تخصصی و نرم افزارهای ویژه سنجش مکانی که با استفاده از روش تحلیلی توصیفی و با استفاده از نرم افزارهای، GIS، اتوکد به بررسی منطقه پرداختند. نتایج تحلیلی آنها حاکی از آن بود که اجرای استراتژی‌های مدیریت پارک حاشیه‌ای، می‌تواند در استفاده بهینه مکان‌های حاشیه‌ای مراکز مختلف تاثیرگذار باشد و باید توزیع پارکینگ‌های عمومی این منطقه را نسبت به پهنه‌های بهینه مکان‌یابی و نیازسنجی کرد. (Mokhtari, Karimi and Nikbakht, 2015).

در مجموع همزمان با افزایش معضلات ترافیکی شهرها و به تبع آن کاهش رضایت شهروندان، مطالعات گوناگونی توسط پژوهشگران خارجی و داخلی به منظور ساماندهی و برنامه ریزی فضایی صحیح در زمینه حمل و نقل شهری و به طور اخص کاربری پارکینگ با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی و مدل تحلیل سلسله مراتبی صورت گرفته که در این پژوهش‌ها توجه اندکی به قیمت‌گذاری پارکینگ‌های عمومی شده است. هدف این پژوهش قیمت‌گذاری شبکه پارکینگ عمومی می‌باشد که با استفاده از آن بتوان به قیمت بهینه برای پارکینگ‌ها دست یافت.

مدل پژوهش

بر پایه مطالعه (Bai et al, 2013) و (Makowski and Ouyang, 2015)، یک منطقه شهری و مجموعه‌ای از وقفه‌های زمانی مشخص در یک دوره زمانی T را در نظر گرفته، $J \in I$ دارای ظرفیت C_j می‌باشد، تصمیم مدیران پارکینگ‌ها برای قیمت‌دهی در هر منطقه‌ی پارکینگ در هر فاصله زمانی، P می‌باشد. برخی کاربران از مبدا O برای مثال مناطق پرتراffیکی تقاضای پارکینگ دارند و به سمت مجموعه‌ای از مقاصد D می‌روند. یک راننده از مبدا $O \in O$ برای رسیدن به مقصد $d \in D$ در منطقه پارکینگ مورد نظر در زمان $t \in T$ رانندگی می‌کند و زمان رسیدن و مدت پارک کردن مشخص است، زمان جابجایی با ماشین بین مبدا O و پارکینگ j ، v_{oj} است و زمان پیاده روی، بین پارکینگ j و مقصد d با w_j سنجیده می‌شود. $h_{j,od}^t$ تعداد کاربرانی هستند که پارک در پارکینگ j را انتخاب می‌کنند. از آنجا که ظرفیت محدود پارکینگ در همه مناطق در سیستم برای تامین کردن همه تقاضاها کافی نمی‌باشند و یا به لحاظ اقتصادی به صرفه نیست، لذا در چنین شرایطی فرض می‌شود که کاربران از پارکینگ خدمتی دریافت نمی‌کنند یا زمین‌های خارج از سیستم را انتخاب می‌کنند، از این رو خواهیم داشت:

$$H(u_{od}^t) = \sum_{j=1} h_j^t$$

در نهایت فرض می‌شود که کاربران (رانندگان)، هزینه‌ی p_j^t را برای هر وقفه‌ی زمانی می‌پردازند، اگر آنها پارک خود را در وقفه‌ی زمانی t انجام دهند، میزان اشغال پارکینگ j ام در زمان t ، f_j^t خواهد بود، میزان ورودی پارکینگ j در هر زمان براساس انتخاب رانندگان:

$$\sum_{n=1}^n q_j^{n,t}$$

و خروجی پارکینگ زام:

$$g_j^t = \sum_{m=1}^{t-1} q_j^{m,t}$$

می باشد.

این مدل قیمت گذاری با در نظرگیری دو تابع هدف، یکی برای مدیران پارکینگ و دیگری برای رانندگان، یک مدل ریاضی به فرم پویا را در نظر می گیرد.

هدف مدیران پارکینگ

هدف اصلی در رابطه (۱.۱) به حداقل رساندن نقاط اشغال نشده در پارکینگ ز نسبت به سطح مورد نظرش $k_j \cdot c_j$ است، k درصد هدف اشغالی در ازای β ، که پناستی در هر منطقه، در هر وقعه‌ی زمانی می باشد، است. بنابراین تابع هدف مدیران پارکینگ بصورت رابطه زیر بیان می شود:

$$\min_{f,p,q,h,g \geq 0} \beta \sum_{t=1}^8 \sum_j |(k_j \cdot c_j - f_j^t)| \quad (1)$$

S.t.

$$\gamma_j \leq p_j^t \leq \eta_j, \quad t \in (1,2,3,4,5,6,7,8) \quad (2)$$

$$f_j^t = f_j^{t-1} - g_j^t + \sum_{n=1}^n q_j^{n,t}, \quad t \in (1,2,3,4,5,6,7,8) \quad (3)$$

$$q_j^{t,n} = \sum_{o \in O} \sum_{d \in D} h_{j,d}^{t,n}, \quad n \in (1,2,3,4), \quad t \in (1,2,3,4,5,6,7,8) \quad (4)$$

$$g_j^t = \sum_{m=1}^{t-1} q_j^{m,t-m}, \quad \forall j \in (1,2,3), \quad t \in (1,2,3,4,5,6,7,8) \quad (5)$$

رابطه (۱) بر فضای پارکینگ نسبت به سطوح اشغال شده در ساعت مورد نظر (هشت ساعت هدف) تاکید می کند. مهمترین محدودیت های پارکینگی که باید آنها را موجه کرد، محدودیت های مربوط به سیاست های قیمت گذاری توسط قوانین شهری یا سیاست هایی که به پذیرش عمومی مربوط می شود، هستند. در روابط فوق، محدودیت (۲) تنوعات قیمتی در فاصله های زمانی مختلف با یک حداقل قیمت τ_j و یک حداکثر قیمت η_j که به هر پارکینگ، تحمیل می شود. محدودیت (۳)، فضای باقی مانده از پارکینگ در بین فاصله های زمانی مختلف را نشان می دهد. محدودیت (۴) و (۵) به ترتیب، کل تقاضا در فاصله زمانی t ، که به هر منطقه ی پارکینگ می رسد و خروجی پارکینگ ها در هر فاصله ی زمانی است، بنابراین این مدل، قیمت ها را نزدیک به قیمت بازار تنظیم می کند تا کاربران زیادی از این سیستم استفاده کنند.

هدف رانندگان

$l_{od}^{t,m}$ را به عنوان مجموعه ای از رانندگان بین مبدا od و مقصد OD ، در فاصله زمانی t با زمان جست و جوی پارکینگ $l_{od}^{t,n}$ تعریف کرده. سپس، متغیر دوگانه:

$$Z_L = (0,1)$$

به عنوان تصمیم راننده برای پارک کردن می باشد. برای مثال در صورتی که $Z_{jL} = 1$ ، راننده ی L ، پارکینگ j را برای پارک انتخاب می کند و یا بالعکس اگر $Z_{jL} = 0$ باشد، راننده پارک در پارکینگ j را انتخاب نمی کند. هزینه ی تحمیلی به کاربران از مبدا od به مقصد OD ، برای پارک، به صورت زیر می باشد:

$$\varphi_{j,od}^{t,n} = \theta' \cdot v_{oj} + \theta \cdot w_{jd} + n \cdot p_j^t$$

برای هر کاربر، تصمیم گیری برای پارک، طبق مسئله به حداقل رساندن هزینه های تحمیلی به وی، صورت می گیرد:

$$\min \sum_{j=1} \phi_{j,od}^{t,n} \cdot z_{jl} \quad (۶)$$

$$\text{s.t. } z_{jl} \in (0,1) \quad (۷)$$

$$\sum_{j=1} z_{jl} = 1 \quad (۸)$$

$$z_{jl} + \sum_{n=1} z_{j,-l} + f_j^{t-1} - g_j^t \leq c_j \quad (۹)$$

محدودیت (۷) و (۸) این اطمینان را می‌دهد که تنها یک جای پارک (پارکینگ) توسط هر کاربر انتخاب می‌شود. محدودیت (۹) محدودیت ظرفیتی (گنجایشی پارکینگ) هستند.

بنابراین مدل ارائه شده در این پژوهش بر اساس برنامه ریزی ریاضی و یک تعادل نش است. بدین صورت که قیمت‌های بهینه پارکینگ‌ها در شبکه بر اساس روش حداقل سازی هزینه شبکه با در نظر گرفتن شرایط تعادلی کاربران به دست آید. افراد با توجه به هزینه‌های رانندگی، قیمت پارکینگ، هزینه زمانی جست و جو برای پارک و هزینه پیاده‌روی، پارکینگ را برای پارک وسیله نقلیه خود انتخاب می‌کنند که حداقل هزینه را داشته باشد. در این پژوهش با در نظر گرفتن هزینه‌های دسترسی به مقاصد سفر و با فرض مشخص بودن محل پارکینگ‌های منتخب قیمت بهینه برای پارکینگ‌های موجود، با حل نمودن مسئله حداقل سازی هزینه شبکه تعیین می‌شود.

معرفی محدوده مورد مطالعه

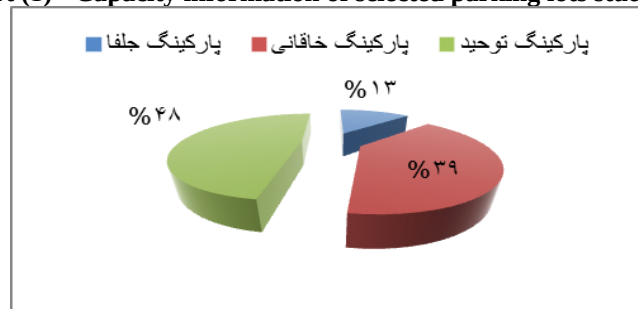
شکل ۱ جامعه پژوهش را نشان می‌دهد. با توجه به جامعه پژوهش که منطقه پنج شهر اصفهان است، با مساحتی حدود ۲۷۵۳۱۱۰۰ متر مربع سهمی قریب به ۱۵٪ (۱۷۷۸۹۳۶۰۰ کل مساحت اصفهان) کل شهر اصفهان را دارا می‌باشد، تعداد پارکینگ‌ها در این منطقه ۱۵ عدد می‌باشد. پارکینگ توحید با ظرفیت ۴۰۰ جای پارک دارای بیشترین ظرفیت پارک و پارکینگ طبقاتی جلفا با ۱۱۰ جای پارک کمترین ظرفیت پارک می‌باشد، پارکینگ خاقانی با ۳۴۰ جای پارک می‌باشد، با توجه به نمونه پژوهش پارکینگ‌های موجود در جدول ۱ نشان داده شده است (معاونت پژوهشی و برنامه‌ریزی شهرداری شهر اصفهان).



شکل ۱- موقعیت شبکه پژوهش

Figure 1 - Research network location (Source: Google maps)

نمودار (۱) - اطلاعات ظرفیتی پارکینگ‌های منتخب مورد مطالعه
Chart (1) - Capacity information of selected parking lots studied



منبع: (معاونت پژوهشی و برنامه‌ریزی شهرداری شهر اصفهان)

تجزیه و تحلیل داده‌ها

با فرض اینکه جست‌وجو برای پارک وجود ندارد. میانگین زمان رانندگی از هر مبدا به پارکینگ‌ها و زمان پیاده‌روی از هر پارکینگ به هر مقصد که تقریباً برابر مسافت بین دو نقطه تقسیم بر متوسط سرعت پیاده‌روی است زمان ترکیبی سفر نیز از مجموع زمان رانندگی و زمان پیاده‌روی بدست می‌آید. داده‌های زمان رانندگی از مبدا به پارکینگ مورد نظر و زمان پیاده‌روی از پارکینگ مورد نظر به مقصد از Google maps استخراج شده است. اطلاعات زمان رانندگی از مبدا به هر پارکینگ، برحسب دقیقه و زمان پیاده‌روی از پارکینگ هدف به مقصد بر حسب دقیقه، به ترتیب در جدول (۱) و (۲) آمده است.

جدول (۱) - زمان رانندگی از مبدا ۵ تا پارکینگ زام (زمان بر حسب دقیقه)
Table (1) - Driving time from the 5th origin to the jth parking lot

پارکینگ	توحید	جلفا	خاقانی	مبدا
مبدا ۱ (شریعتی)	۴	۸	۱۰	
مبدا ۲ (محتشم)	۶	۷	۱۰	
مبدا ۳ (خاقانی)	۱۰	۴	۳	
مبدا ۴ (فلزی)	۸	۶	۷	
مبدا ۵ (آذر)	۵	۹	۱۲	

Source: Google maps)

جدول (۲) زمان پیاده‌روی از پارکینگ زام به مقصد d (زمان بر حسب دقیقه)
Table (2) Walking time from parking lot j to destination d

پارکینگ	توحید	جلفا	خاقانی	مقصد
مقصد ۱	۶	۱۰	۱۵	
مقصد ۲	۱۰	۵	۹	
مقصد ۳	۱۵	۹	۵	

Source: Google maps)

تقاضای سفر

از دیگر داده‌های مورد نیاز در این پژوهش تقاضای سفر از هر مبدا به هر مقصد ($q_{ij}^{t,n}$) برای هر مدت زمان پارک در ساعات مورد نظر می‌باشد. برای دستیابی به این داده‌ها ابتدا از مصاحبه و سپس نسبت‌گیری از داده‌های مربوط به حجم ترافیک با استفاده از ضریب اوج حجم ترافیک در ساعت‌های مختلف این منطقه که شامل خیابان‌های حکیم نظامی، توحید، خاقانی،

محتشم و پل فلزی و پل آذر بدست آمده است. با مراجعه به هر یک از پارکینگ‌های مورد مطالعه و از طریق پرسش از مسافران، مبادی و مقاصد سفر و همچنین مدت زمان پارک در هر پارکینگ برای هر ساعت را بدست آورده است.

جدول (۳) - ضرایب تردد در کل شهر

Table (3) - Traffic coefficients in the entire city

ساعت شروع سفر	ضریب ساعت اوج
۸ تا ۹	۰.۵۹
۹ تا ۱۰	۰.۵۵
۱۰ تا ۱۱	۰.۴۰
۱۱ تا ۱۲	۰.۳۹
۱۲ تا ۱۶	۰.۵۴
۱۶ تا ۱۸	۰.۵۷
۱۸ تا ۱۹	۰.۵۵
۱۹ تا ۲۰	۰.۵۰

منبع: (معاونت ترافیکی استان اصفهان، ۱۴۰۴)

جدول (۴) - کل تردد در محدوده نمونه پژوهش

Table (4) - Total traffic within the research sample area

محتشم	۱۴۲۱
خاقانی	۱۵۹۰
پل آذر	۱۳۸۷
پل فلزی	۱۰۱۱
شریعتی	۱۵۹۰

منبع: (معاونت ترافیکی استان اصفهان، ۱۴۰۴)

جدول (۵) - کل تردد در ساعت‌های مختلف در محدوده نمونه پژوهش

Table (5) - Total traffic at different hours within the research sample area

ساعت ۸	۴۸۰۳
ساعت ۹	۵۴۱۰
ساعت ۱۰	۴۸۴۶
ساعت ۱۱	۵۸۳۶
ساعت ۱۶	۵۳۹۷
ساعت ۱۷	۵۶۸۵
ساعت ۱۸	۵۴۳۷
ساعت ۱۹	۴۹۱۸

جدول (۶) - برآورد تقاضای سفر برای پارکینگ جلفا از مبدا o به مقصد d

Table (6) - Estimated travel demand for Jolfa parking lot from origin o to destination d

مقصد	مقصد ۱ (توحید)	مقصد ۲ (جلفا)	مقصد ۳ (خاقانی)	تقاضای کل
زمان				
ساعت ۸	۰	۵۲	۲۶	۷۸
ساعت ۹	۱۹	۵۷	۱۰	۸۶

۵۰۵	۱۱۸	۲۸۶	۱۰۱	ساعت ۱۰
۱۴۰	۷۱	۵۲	۱۷	ساعت ۱۱
۷۳	۲۲	۴۱	۱۰	ساعت ۱۶
۱۹۰	۶۶	۹۲	۳۳	ساعت ۱۷
۱۲۴	۳۸	۵۹	۲۷	ساعت ۱۸
۱۵۸	۵۱	۹۱	۱۶	ساعت ۱۹
۱۳۵۵	۴۲۲	۷۳۱	۲۲۲	تقاضای کل

جدول (۷) - برآورد تقاضای سفر برای پارکینگ خاقانی از مبدا o به مقصد d
Table (7) - Estimated travel demand for Khaghani parking lot from origin O to destination D

مقصد	مقصد ۱ (توحید)	مقصد ۲ (جلفا)	مقصد ۳ (خاقانی و حکیم نظامی)	تقاضای کل	زمان
ساعت ۸	۱۰	۱۰	۸۹	۱۱۰	
ساعت ۹	۵	۱۰	۱۲۹	۱۴۴	
ساعت ۱۰	۸	۸۴	۳۰۳	۳۹۵	
ساعت ۱۱	۱۷	۳۷	۸۶	۱۴۰	
ساعت ۱۶	۲۲	۱۰	۵۱	۸۳	
ساعت ۱۷	۰	۲۶	۱۰۸	۱۳۴	
ساعت ۱۸	۸	۱۶	۱۱۳	۱۳۷	
ساعت ۱۹	۸	۱۶	۱۵۴	۱۷۸	
کل تقاضا	۷۹	۲۰۹	۱۰۳۳	۱۳۲۱	

جدول (۸) - برآورد تقاضای سفر برای پارکینگ توحید از مبدا o به مقصد d
Table (8) - Estimated travel demand for Tohid parking lot from origin o to destination d

مقصد	مقصد ۱ (توحید)	مقصد ۲ (جلفا)	مقصد ۳ (خاقانی)	تقاضای کل	ساعت
ساعت ۸	۶۸	۰	۱۰	۷۸	
ساعت ۹	۹۷	۱۰	۱۰	۱۱۶	
ساعت ۱۰	۲۸۶	۸	۰	۲۴۹	
ساعت ۱۱	۸۸	۱۵	۲۰	۱۲۲	
ساعت ۱۶	۸۶	۳۸	۱۳	۱۳۶	
ساعت ۱۷	۱۳۱	۳۹	۱۶	۱۸۷	
ساعت ۱۸	۷۰	۳۲	۸	۱۱۰	
ساعت ۱۹	۱۲۷	۱۲	۸	۱۴۶	
جمع	۹۵۲	۱۵۴	۸۵	۱۱۹۱	

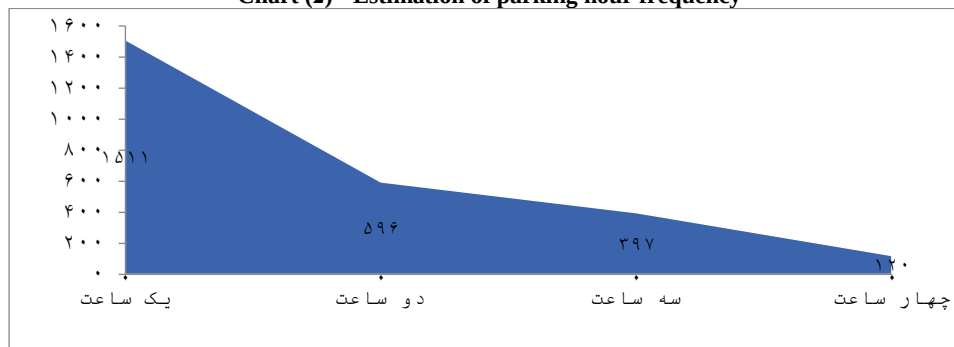
جدول (۹) - برآورد تقاضای ترافیک از مبدا o به مقصد d
Table (9) - Estimated traffic demand from origin o to destination d

مقصد	مبدا ۱	مبدا ۲	مبدا ۳	مبدا ۴	مبدا ۵	تقاضای کل
مقصد ۱	۲۹۴	۱۴۳	۱۳۹	۳۱۷	۲۹۰	۱۱۸۳
مقصد ۲	۱۴۷	۱۴۷	۲۴۸	۳۱۳	۱۹۰	۱۰۴۵
مقصد ۳	۲۰۳	۲۰۵	۳۱۷	۴۳۶	۲۳۶	۱۳۹۷
کل	۶۴۴	۴۹۵	۷۰۲	۱۰۶	۷۱۶	۳۶۲۵

۶

نمودار (۲) فراوانی برآوردی برای مدت زمان پارک در ۸ ساعت مورد مطالعه در منطقه پنج را نمایش می‌دهد، بیشترین تقاضای مدت زمان پارک در پارکینگ‌ها برای یک ساعت پارک، به ترتیب برای دو و سه و چهار ساعت پارک می‌باشد.

نمودار (۲) - برآورد فراوانی مدت ساعت پارک
Chart (2) - Estimation of parking hour frequency



در این پژوهش افق زمانی به دو دوره چهار ساعته بین ساعت ۸ تا ۱۲ صبح و ۱۶ تا ۲۰ عصر تقسیم شده است. داده‌های مربوط به تقاضای ترافیک از مبدأ o به مقصد d ام که از طریق مصاحبه به دست آمد نیز بر اساس همین افق زمانی است. برای به دست آوردن ارزش پولی زمان از داده‌های مجموع درآمد پولی و غیرپولی ناخالص خانوار شهر اصفهان استفاده شده است. با فرض اینکه جمعیت هر خانوار ۴ نفر هست. مجموع درآمد پولی و غیرپولی ناخالص هر خانوار به طور میانگین ۵۶۰۰۰۰۰۰ تومان می‌باشد. هر سال ۵۲ هفته است و با احتساب ۴ هفته مرخصی که هر فرد در سال دارد، بنابراین هر فرد ۴۸ هفته در سال را کار می‌کند. تعداد ساعتی که هر فرد در هفته کار می‌کند ۴۹ ساعت است. با توجه به داده‌های فوق ارزش پولی زمان برابر با ۱۴۲ تومان در دقیقه است (بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران، مدیریت کل آمارهای اقتصادی ۱۳۹۵).

$$\theta = 142$$

مدل ارائه شده در این پژوهش بر اساس برنامه‌ریزی ریاضی است. تابع هدف (هزینه) بر اساس قیود مربوطه، حداقل می‌شود. برای حل مسئله برنامه‌ریزی این پژوهش از نرم افزار Matlab استفاده شده است.

قیمت‌های بهینه و مقدار بهینه فضای اشغالی و همچنین هزینه فرصت فضای خالی برای هر پارکینگ در ۸ ساعت پژوهش در جدول ۱۰ آمده است. در این جدول قیمت‌هایی که برای هر پارکینگ وضع شده است، را نمایش می‌دهد، براساس مدل قیمت‌های بهینه تعیین شد، با توجه به ارزش پولی که ۱۴۲ تومان در هر دقیقه برای مسافران، در نظر گرفته شده است، پارکینگ توحید با قیمت پارک ۵۶۰۰ تومان حداقل قیمت را بین پارکینگ‌ها در کل بازه های زمانی داراست. همچنین پارکینگ‌های جلفا و خاقانی با قیمت ۹۵۰۰ و ۱۰۰۰۰ تومان بالاترین قیمت را در کل بازه ی مورد پژوهش خواهند داشت.

بالاترین ظرفیت نیز برای پارکینگ توحید برآورد گردید. همچنین روند این امر نشانگر بی‌کاهش بودن تقاضای قیمتی برای دو پارکینگ جلفا و خاقانی است، اما پارکینگ توحید روند تقاضایی تقریباً با کاهش را خواهد داشت.

جدول (۱۰) - قیمت و ظرفیت‌های بهینه پارکینگ‌های منتخب

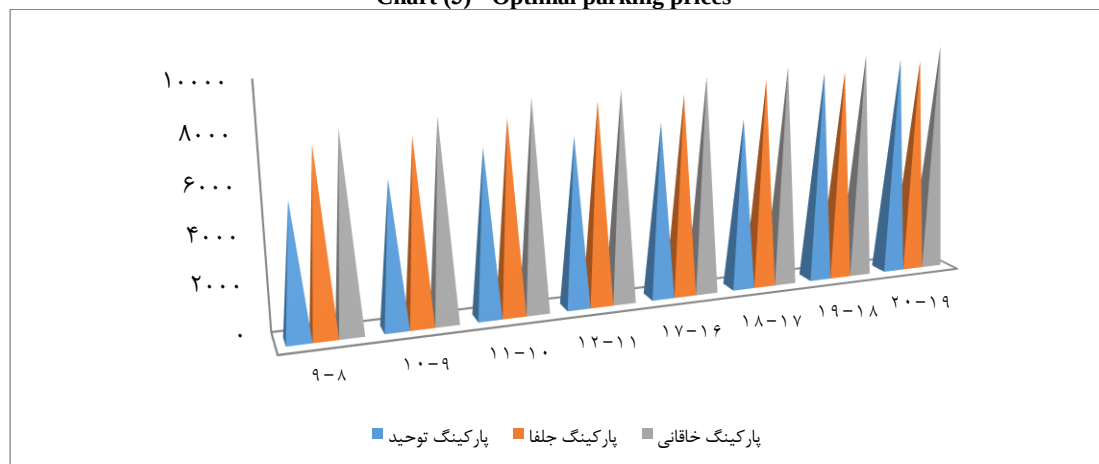
Table (10) - Optimal prices and capacities of selected parking lots

ساعت	۹-۸	۱۰-۹	۱۱-۱۰	۱۲-۱۱	۱۶-۱۷	۱۷-۱۸	۱۸-۱۹	۱۹-۲۰
قیمت بهینه پارکینگ توحید	۵۶۰۰	۶۱۰۰	۷۰۵۰	۷۲۱۰	۷۵۰۰	۷۴۰۰	۹۱۵۰	۹۵۰۰
ظرفیت بهینه پارکینگ توحید	۱۴۶	۱۷۶	۲۹۰	۳۲۰	۳۳۰	۴۰۰	۴۰۰	۴۰۰
قیمت بهینه پارکینگ جلفا	۷۶۵۰	۷۷۰۰	۸۱۵۰	۸۵۷۰	۸۶۰۰	۹۰۰۰	۹۱۴۰	۹۴۲۰
ظرفیت بهینه پارکینگ جلفا	۴۷	۵۵	۹۰	۹۲	۹۹	۱۰۰	۱۰۱	۱۱۰
قیمت بهینه پارکینگ خاقانی	۸۲۰۰	۸۴۰۰	۸۹۰۰	۹۰۰۰	۹۳۰۰	۹۵۰۰	۹۸۰۰	۱۰۰۰۰
ظرفیت بهینه پارکینگ خاقانی	۱۶۵	۲۰۲	۳۴۱	۲۵۵	۲۹۰	۳۲۰	۳۳۴	۳۴۰

نمودار (۳) روند قیمت‌های بهینه پارکینگ‌ها را در ساعات مختلف پژوهش نشان می‌دهد. همانطور مشاهده می‌شود قیمت‌های بهینه هر سه پارکینگ رو به افزایش است، از طرفی دیگر قیمت‌های بهینه پارکینگ خاقانی برای تمامی ساعات نسبت به دو پارکینگ دیگر بیشتر می‌باشد و ثابت‌کننده این موضع است که تقاضا برای پارکینگ در شبکه پژوهش حاضر، تا حدودی بی‌کاهش است. نکته دیگر در افزایش قیمت‌های بهینه این است که قیمت بهینه برای پارکینگ‌ها افزایش یافته است علت عمده آن رشد تقاضای گردشگری و تجاری در این ساعات مورد مطالعه است این واقعیت توسط داده‌های مربوط به توزیع تقاضا در منطقه ۵ شهر اصفهان، قابل تایید است.

نمودار (۳) - قیمت‌های بهینه پارکینگ‌ها

Chart (3) - Optimal parking prices

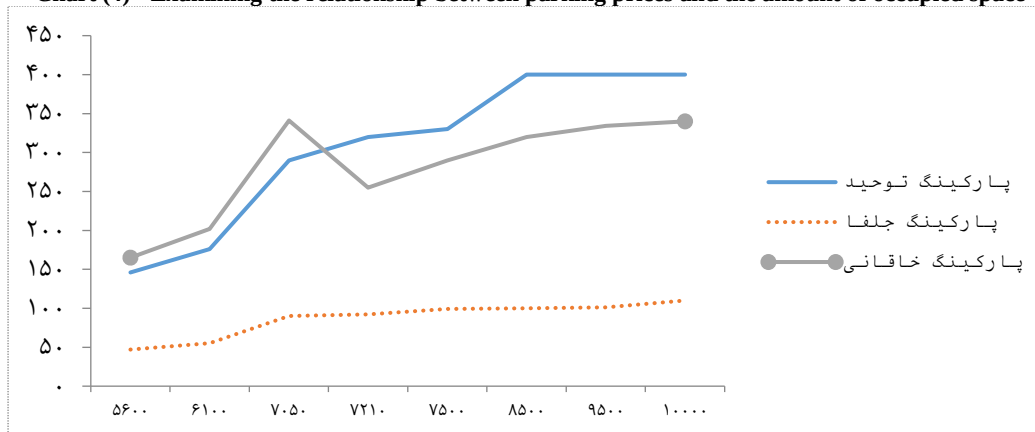


برای بررسی رابطه بین قیمت پارکینگ و مقدار فضای اشغالی آن پارکینگ، کافی است تغییرات این دو متغیر را نسبت به هم بررسی کرده از آنجا که رانندگان فضای پارک مربوطه خود را به گونه‌ای انتخاب می‌کنند که هزینه سفرشان به حداقل برسد. بنابراین با توجه به این فرض با تغییرات قیمت هر پارکینگ می‌توان مقدار فضای اشغالی را پیش بینی کرد. با ثابت بودن قیمت سایر پارکینگ‌ها و با تغییرات قیمت این پارکینگ‌ها از قیمت صفر تا ۱۰۰۰۰ تومان مقدار فضای اشغالی سه پارکینگ مورد نظر در ۴ بازه زمانی در نمودار (۴) آمده است. همانطور که مشاهده می‌شود تابع معکوس تقاضای دو پارکینگ جلفا و توحید دارای شیب مثبت است. یعنی بین دو متغیر قیمت پارکینگ و مقدار فضای اشغالی آنها یک رابطه مستقیم وجود دارد. این

رابطه قانون منفی بودن تابع تقاضا را نقض می‌کند و با افزایش قیمت مقدار فضای اشغالی آن نیز افزایش می‌یابد، لذا تابع تقاضا رانندگان در شبکه مورد نظر برای هر سه پارکینگ تا حدودی بی‌کشش است.

نمودار (۴) - بررسی رابطه بین قیمت پارکینگ‌ها و مقدار فضای اشغالی

Chart (4) - Examining the relationship between parking prices and the amount of occupied space



نتیجه‌گیری و پیشنهادها

قیمت‌گذاری پارکینگ‌ها می‌تواند یک ابزار اقتصادی کارآمد برای تعادل در عرضه و تقاضای سفر باشد. از این رو مدیریت کارآمد پارکینگ‌ها به ویژه در مناطق پرتراکم و مرکزی شهر علاوه بر صرفه‌جویی در زمان تلف شده برای جست و جوی فضای پارک، صرفه‌جویی در مصرف سوخت، کاهش استهلاک وسایل نقلیه و اثرات نامطلوب روانی، می‌تواند باعث کاهش حجم اتومبیل‌های سرگردان در جست و جوی فضای پارک و در نتیجه کاهش زمان تأخیر در شبکه شود.

هدف از این تحقیق، به دست آوردن قیمت‌های بهینه در ساعات مختلف در پارکینگ‌های منتخب در منطقه ۵ شهر اصفهان است. بر اساس برنامه‌ریزی ریاضی و تعادل نش، قیمت‌های بهینه پارکینگ در شبکه با به حداقل رساندن هزینه شبکه و در نظر گرفتن شرایط تعادلی رانندگان و مدیران پارکینگ حاصل شد. افراد با در نظر گرفتن هزینه‌های رانندگی، قیمت پارکینگ، هزینه زمانی جستجوی پارکینگ و هزینه‌های پیاده‌روی، پارکینگی را برای پارک وسیله نقلیه خود انتخاب می‌کنند که کمترین هزینه را داشته باشد. بنابراین در این تحقیق، با در نظر گرفتن شبکه‌ای با پنج مبدا (توحید، پل فلزی، پل آذر، حکیم نظامی، محتشم و شریعتی) و سه مقصد (حکیم نظامی، نظر، جلفا) و سه پارکینگ (توحید، خاقانی و جلفا) در منطقه ۵ شهر اصفهان، به عنوان نمونه تحقیق انتخاب شد. سپس با کمینه‌سازی توابع هزینه، در هر ساعت برای هر یک از پارکینگ‌های انتخاب شده در این منطقه، قیمت بهینه و میزان فضای اشغال شده توسط پارکینگ‌ها در ۸ ساعت تحقیق به دست آمد. نتایج حاصل از جدول (۱۰)، روند قیمت‌های بهینه پارکینگ توحید محدوده (۵۶۰۰ تا ۹۵۰۰ تومان)، پارکینگ جلفا (۷۶۵۰ تا ۹۴۲۰ تومان) و برای پارکینگ خاقانی (۸۲۰۰ تا ۱۰۰۰۰ تومان) را نشان داد. از دیگر نتایج به دست آمده از این مطالعه می‌توان به میانگین ظرفیت بهینه پارکینگ‌ها اشاره کرد که بیشترین ظرفیت مربوط به پارکینگ توحید با ۳۰۸، پارکینگ خاقانی با ۲۸۱ و پارکینگ جلفا با ۸۸ فضای پارک است. این در حالیست که قیمت‌های بهینه پارکینگ‌های منتخب برای تمامی ساعات با ظرفیت بهینه آنها ارتباط مثبتی دارد و ثابت کننده آنست که تقاضا برای پارکینگ‌ها تا حدودی بی‌کشش است. که علت عمده آن رشد تقاضای گردشگری و تجاری در این ساعات روز است این واقعیت توسط داده‌های مربوط به توزیع تقاضا در منطقه ۵ شهر اصفهان، قابل تایید است.

نکته دیگر در این است با توجه به ظرفیت پارکینگ‌های توحید و جلفا و خاقانی در شبکه مورد مطالعه و تطبیق آنها با مقدار حجم ترافیک در ساعات مختلف شبانه روز در منطقه، تقریباً می‌توان گفت هر سه پارکینگ از حجم ترافیک پیروی می‌کنند یعنی با افزایش و یا کاهش ترافیک در ساعات مختلف، ظرفیت پارکینگ‌ها نیز افزایش یا کاهش می‌یابد.

لذا می توان پیشنهادهای سیاستی و کاربردی زیر را برای بهبود شبکه حمل و نقل شهری ارائه نمود:

- ۱- استقرار نظام قیمت گذاری پویا پارکینگ ها، بر اساس ساعات اوج و غیر اوج ترافیک به منظور مدیریت تقاضا و افزایش کارایی بهره برداری از ظرفیت پارکینگ ها.
- ۲- استفاده از سامانه های هوشمند مدیریت پارکینگ، برای اطلاع رسانی لحظه ای ظرفیت خالی پارکینگ ها و هدایت رانندگان به نزدیک ترین فضای پارک موجود، با هدف کاهش ترافیک ناشی از جستجوی پارکینگ.
- ۳- تخصیص بخشی از درآمد حاصل از قیمت گذاری پارکینگ، به توسعه حمل و نقل عمومی، پیاده راه ها و زیرساخت های حمل و نقل پاک در منطقه ۵ شهر اصفهان.
- ۴- اعمال سیاست های تشویقی برای استفاده از پارکینگ های کم تقاضا، از طریق تخفیف های زمانی یا تعرفه های ترجیحی به منظور توزیع متعادل تر تقاضا میان پارکینگ های مختلف.
- ۵- هماهنگی سیاست های مدیریت پارکینگ با مدیریت ترافیک شهری، به گونه ای که تغییرات تعرفه پارکینگ به عنوان بخشی از راهبرد جامع کنترل ازدحام و بهبود جریان ترافیک مورد استفاده قرار گیرد.

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق پژوهش

نویسندگان اصول اخلاقی را در انجام و انتشار این پژوهش علمی رعایت نموده اند و این موضوع مورد تایید آنهاست.

مشارکت نویسندگان

مشارکت نویسندگان در مقاله توضیح داده شده و از سوی مجله مورد تایید نویسندگان این مقاله است.

تعارض منافع

بنا به اظهار نویسندگان این مقاله تعارض منافع ندارد.

حامی مالی

مقاله حاضر فاقد حمایت مالی است.

سپاسگزاری

از کلیه کسانی که در مراحل مختلف نوشتن این مقاله با نظرات خود ما را یاری دادند سپاس گزاری می کنیم.

References:

1. Acierno, L., & Gallob, M., & Montella, B. (2007). Optimisation models for the urban parking pricing problem. *Transport Policy* 13 34-48. DOI: [10.1016/J.TRANPOL.2005.08.001](https://doi.org/10.1016/J.TRANPOL.2005.08.001).
2. Afsah A, Araghi M, Moradpour A. (2011), Presentation of a pricing model for Tehran's peripheral parking lots, 10th Iranian Conference on Transportation and Traffic Engineering, Tehran, Tehran Transportation and Traffic Organization, Tehran Municipality Transportation and Traffic Deputy. <https://civilica.com/doc/129742/>. (in Persian).
3. Arnott, R., de Palma, A., & Lindsey, R. (1991). A temporal and spatial equilibrium analysis of commuter parking. *Journal of Public Economics*, 45(3), 301-335. DOI: [10.1016/0047-2727\(91\)90030-6](https://doi.org/10.1016/0047-2727(91)90030-6).
4. Arnott, R.J., E. Inci and J, Rowse . (2013) . "Downtown Curbside Parking Capacity". *Journal of Urban Economics*, March 2015, Pages 83-97.
5. Ayala, D., Wolfson, O., Xu, B., Dasgupta, B., Lin, J., (2012). Pricing of parking for congestion reduction. In: Proceedings of the 20th ACM SIGSPATIAL International

- Conference on Advances in Geographic Information Systems (ACM GIS) Redondo Beach, CA. DOI:[10.20944/preprints202006.0227.v1](https://doi.org/10.20944/preprints202006.0227.v1)
6. Bates J.J. and M.A.Bradley . (1986). "The CLAMP Parking Policy Analysis Model", *Traff. Eng .and Control*, Vol.27", pp.410- 411.
 7. Cachon, P.G., Netessine, S (2003). "Game Theory in Supply Chain Analysis," Handbook of Supply Chain Analysis in the Business Era Kluwer Academic Publisher, USA. DOI:[10.1287/educ.1063.0023](https://doi.org/10.1287/educ.1063.0023)
 8. Cao, J., & Menendez. M. (2015)." A Parking-State-Based Transition Matrix of Traffic on Urban Networks". 21st International Symposium on Transportation and Traffic Theory, 5-7 August Kobe, Japan. DOI :[10.1016/j.trpro.2015.09.070](https://doi.org/10.1016/j.trpro.2015.09.070).
 9. Caroline J. Rodier, Susan A. Shaheen.(2010). "Transit-based smart parking: An evaluation of the San Francisco Bay area field test". Transportation Research Part C: Emerging Technologies, Pages 225–233. DOI :[10.1016/j.trc.2009.05.006](https://doi.org/10.1016/j.trc.2009.05.006).
 10. Central Bank of the Islamic Republic of Iran. General Directorate of Economic Statistics 2016. (in Persian).
 11. Eghbali F and Eghadi F. (2015). Studying the role of multi-storey parking lots in improving urban transportation, a case study of the Alton Tower multi-storey parking lot in Mashhad, International Conference on New Research Findings in Science, Engineering and Technology with a Focus on Need-Driven Research, Mashhad, Faraz Andishan Institute of International Knowledge. <https://civilica.com/doc/557380/>.(in Persian).
 12. Eghbali, F. and Eghbali, F. (2015). Investigating the role of multi-storey parking lots in improving urban transportation, a case study of the Alton Tower multi-storey parking lot in Mashhad, International Conference on New Research Findings in Science, Engineering and Technology with a Focus on Need-Driven Research, Mashhad, Faraz Andishan Institute of International Knowledge. <https://civilica.com/doc/469779> . (in Persian).
 13. Gattuso, D (1992). Un Modello Di Assegnazione. Dinamica Della Domanda Di Sosta, "App cazione Per La Valutazione Del Programma Urbano Parcheggi Della Cilta Di Reggio Calabria", In Modelli E Metodi Per L' Analisied Il Controllo Delle Reti Di Trasporto (E.Cascetta E G.Salerno Editors).Ed.
 14. Izadi Laibidi, M, Nobakht Haghighi, Sh, Mokhtari Malekabadi, R. (2013). Studying the parking situation in District 2 of Rasht. *Quarterly Journal of Geography and Environmental Studies*, 1(4), 18-7. <https://civilica.com/doc/1309127/>.(in Persian).
 15. Karimi, M., Mokhtari, N., Nikbakht, B. (2015). Needs assessment of Isfahan city area 3 based on public parking lots and their optimal location in line with integrated traffic management. International Conference on Civil Engineering, *Architecture and Infrastructures*. <https://www.noormags.ir/view/fa/articlepage/983946>. (in Persian).
 16. Karimi, M., Mokhtari, N., Nikbakht, B. (2015). Needs assessment of area 3 of Isfahan city based on public parking lots and their optimal location in line with integrated traffic management. International Conference on Civil Engineering, *Architecture and Infrastructure*. (in Persian).
 17. Kelly, J. A., & Clinch, J. P. (2006). Influence of varied parking tariffs on parking occupancy levels by trip purpose. *Transport Policy*, 13(6), 487-495. DOI:[10.1016/j.tranpol.2006.05.006](https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2006.05.006).
 18. Keyshams Ardouti, E , Salahshoor, D and Sarafraz, V . (2026). Investigating pedestrian-based environmental quality in Andisheh Alley, Dezful City, with the 15-minute city approach. *Journal of Sustainable Urban & Regional Development Studies (JSURDS)*, 7(1), 104-122. (in Persian). https://www.srds.ir/article_219955.html?lang=en

19. Keyshams Ardouti, E. and Mavedat, E. (2025). Site Selection of Public Multi-Story Parking in Izeh Using the AHP Method and SWOT Matrix. *Journal of Sustainable Urban & Regional Development Studies (JSURDS)*, 6(3), 253-265. (in Persian). https://www.srds.ir/article_216997.html?lang=en
20. Kodransky, M., & Hermann, G. (2010). Europe's parking U-Turn: From accommodation to regulation. New York, NY, USA: Institute for Transportation and Development Policy.
21. Lehe, L. (2019). Downtown parking supply, work trips, and urban form. *Journal of Transport and Land Use*, 12(1), 43–67. DOI: [10.1016/j.trb.2017.03.012](https://doi.org/10.1016/j.trb.2017.03.012).
22. Litman, T. (2021). Parking Management: Strategies, Evaluation and Planning. Victoria Transport Policy Institute. DOI: [10.4324/9781351179546-5](https://doi.org/10.4324/9781351179546-5).
23. Luca D'Acierno, Mariano Gallo, Bruno Montella (2007). Optimisation models for the urban parking pricing problem. *Transport Policy* 13 (2006) 34–48. DOI: [10.1016/j.tranpol.2006.02.002](https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2006.02.002).
24. Maleki, S., Goodarzi, M., & Sarvestani, R. (2016). The Geological Study of the Role of Citizens' Participation in Improvement of Municipal Services and Environment (Case Study: Urban Area of Bagh-e Malek in Khuzestan Province of Iran). *Journal of Open Geology*, 9 (5), 1187 - 1195. DOI: [10.4236/ojg.2016.69087](https://doi.org/10.4236/ojg.2016.69087).
25. Manville, M. (2017). Parking requirements and housing development: Regulation and reform in Los Angeles. *Urban Studies*, 54(2), 496–515. DOI: [10.1080/01944363.2013.785346](https://doi.org/10.1080/01944363.2013.785346).
26. Migliore, M., & Antonino Lo B., Giovanna, M. (2014). Parking pricing for a sustainable transport system. 17th Meeting of the EURO Working Group on Transportation, EWGT2014, 2-4 July 2014, Sevilla, Spain. DOI: [10.1016/j.trpro.2014.10.021](https://doi.org/10.1016/j.trpro.2014.10.021).
27. Nakhaipour, M. and Saffarzadeh, M. (2010). Presenting a pricing model for marginal parking lots with an approach to developing non-marginal parking lots, *Transportation Research Journal*. 7 (4). <https://civilica.com/doc/154938/>. (in Persian).
28. Pierce, G., & Shoup, D. (2013). Getting the prices right: An evaluation of variable parking pricing in Los Angeles. *Journal of the American Planning Association*, 79(1), 67–81. DOI: [10.1080/01944363.2013.787307](https://doi.org/10.1080/01944363.2013.787307).
29. Pindyck, R., & Rubinfeld, D. (2018). Microeconomics (9th ed.).
30. Qian, Z. S., & Rajagopal, R. (2014). Optimal dynamic parking pricing for morning commute considering expected cruising time. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 48, 468-490. DOI: [10.1016/j.trc.2014.08.020](https://doi.org/10.1016/j.trc.2014.08.020).
31. Qian, Z. S., Xiao, F., & Zhang, H. M. (2012). Managing morning commute traffic with parking. *Transportation Research Part B*, 46(7), 894–916. DOI: [10.1016/j.trb.2012.01.011](https://doi.org/10.1016/j.trb.2012.01.011).
32. Radfar, M. and Abouie Mehrizi, M. (2025). Investigating the impact of the placement of major travel-attractive uses around the entrance-exit points of urban squares on the occurrence of accidents of Mehriz city in Yazd Province. *Journal of Sustainable Urban & Regional Development Studies (JSURDS)*, 6(1), 84-99. (in Persian). https://www.srds.ir/article_203371.html?lang=en
33. Rutbi, A., Hatami, N., Hooshyar, M., Sharifpour, S. and Shah Moradi, S. (2024). Reviewing and evaluating the determination of the central cores of the city (case study: Tabriz city). *Journal of Sustainable Urban & Regional Development Studies (JSURDS)*, 5(2), 123-138. (in Persian). https://www.srds.ir/article_198816.html?lang=en
34. Safari, B., Nasr-e-Sfahani, R., Mardai, A. (2015). Optimal pricing of public parking lots (case study of areas 1 and 3 of Isfahan city). *Quarterly Journal of Economic Research*. 50(3), 776-751. DOI: [10.22059/JTE.2015.55811](https://doi.org/10.22059/JTE.2015.55811). (in Persian).

35. Saffari, B., Nasr-Esfahani, R., Marday, A. (2015). Optimal pricing of public parking lots (case study of areas 1 and 3 of Isfahan city. *Quarterly Journal of Economic Research*. 50(3), 776-751. DOI :[10.22059/jte.2015.55811](https://doi.org/10.22059/jte.2015.55811). (in Persian).
36. Shadmanfar, R. (2006). Urban Mechanized Parking Lots. *Urban Planning and Management Conference*. <https://sid.ir/paper/811763/fa>. (in Persian).
37. Shadmanfar, R. (2006). Urban Mechanized Parking Lots. *Urban Planning and Management Conference*. <https://sid.ir/paper/811763/fa>. (in Persian).
38. Shoup, D. C. (1999). The trouble with minimum parking requirements. *Transportation Research Part A*, 33(7-8), 549-574. DOI: [10.1108/S2044-994120140000005011](https://doi.org/10.1108/S2044-994120140000005011).
39. Shoup, D. C. (2005). *The High Cost of Free Parking*. Planners Press. DOI: [10.1177/0739456X9701700102](https://doi.org/10.1177/0739456X9701700102).
40. Shoup, D., (2005). Parking cash out, report 532. Tech. rep., Planning Advisory Service, American Planning Association and Annual Meeting of the Transportation Research Board, Paper No 03-3776.
41. Small, K. A., & Verhoef, E. T. (2007). *The Economics of Urban Transportation*. Routledge. DOI: [10.1016/j.jtrangeo.2008.07.001](https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2008.07.001).
42. Tirkhoni, J., Shirmohammadi, H. (2013). Parking Demand Management Using GIS and TOPSIS Technique in the Central Region of Tabriz, First National Conference on Geography, Urban Planning and Sustainable Development, Tehran, Koomesh Environmental Association, University of Aviation Industry. (in Persian).
43. Varian, H. R. (2010). *Intermediate Microeconomics* (8th ed.). W.W. Norton.
44. Verhoef, E. T. (2002). Second-best congestion pricing in general networks: Heuristic algorithms for finding second-best optimal toll levels and toll locations. *Transportation Research Part B*, 36(8), 707-729. DOI : [10.1016/S0191-2615\(01\)00025](https://doi.org/10.1016/S0191-2615(01)00025).
45. Vickrey, W. S. (1969). Congestion theory and transport investment. *The American Economic Review*, 59(2), 251-260. DOI: [10.2307/1830122](https://doi.org/10.2307/1830122).
46. Willson, R., & Shoup, D. (1990). Parking subsidies and travel choices: *Assessing the evidence*. *Transportation*, 17(2), 141-157. DOI: [10.1007/BF02125333](https://doi.org/10.1007/BF02125333).



COPYRIGHTS



© The Author(s). This is an open access article under the CC BY-NC license:
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>

Publisher: Private.