Amirkabir Journal of Civil Engineering

Amirkabir J. Civil Eng., 54(9) (2022) 695-698
DOI: 10.22060/ceej.2022.18192.7141

Agent-Base Modeling of Refueling Vehicles based on Demand Management Approach and Comparing its Result with the Stated Preferences Method in Tehran

M. Ramezani, H. Mirzahossein*, A. A. Rassafi

Department of Civil Engineering, Transportation Planning, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran

ABSTRACT: The increasing demand for private cars and the unbalanced and dense growth of land-uses in the north of Tehran metropolis have caused fuel supply stations (gas stations) to face the demand queue most of the time. On the other hand, the exorbitant price of land in these areas does not make the construction of a new location cost-effective. Demand management policies such as increasing the cost of using the facility are the possible solution to solve such problems. In this paper, the gas station users' data in the north of Tehran were collected using the stated preference method and analyzed using SPSS statistical analysis software to define the agent features and build agent-based modeling. The survey results were used to define the characteristics of factors and interactive rules in the NetLogo simulation software. Then, the existence of a fast-passing line (with five different pricing scenarios) was simulated compared to the normal condition. The results showed that although the price increase scenarios (scenarios 4 and 5) are more welcome by relying on the statistically-based stated preference method, the agent-based simulation shows the popularity of cheap scenarios (scenarios 1 and 2) based on the interactive behavior of people are more valid. This indicates that the stated preference method's responses cannot be reassured in cases where interactive behaviors exist. Also, due to the imbalance of supply and demand due to the region's context, creating a tolled high-speed passing line is an effective solution to adjust the queue length and reduce waiting time.

Review History:

Received: Nov. 30, 2020
Revised: Aug. 21, 2021
Accepted: Jan. 08, 2022
Available Online: Mar. 17, 2022

Keywords:

Demand Management
Agent-Base Modeling
Refueling Queue
Stated Preference

1- Introduction

The expansion of cities and metropolises has always been the source of new problems. These problems in the traffic sector include congestion, noise pollution, air pollution, etc., which are due to the lack of urban traffic facilities and inequality of supply and demand. One of these essential facilities is gas stations, where congestion and long queues can be formed, especially on holidays and weekends. This is especially the case in metropolitan areas such as Tehran, especially in the north, due to the high price of land. Waiting in line and wasting time is unpleasant and stressful for many users; this issue is more evident in users who have more time value.

Based on previous studies, one of the best ways to adjust the queue is to use supply and demand control policies. These policies, which usually link their characteristics to price changes, are examined as scenarios of price increases and their impact on congestion. Since time is not the same for everyone, raising fuel prices, in general, will not make sense to manage queue length. Therefore, this increase can be considered selectively and in a separate queue only for users who, for any reason, do not want to wait in line.

In this paper, using two methods of statistical analysis of the answers of the Stated Preference (SP) method and modeling the refueling method of vehicles and examining the queue length by the Agent-based method, the effects of different demand management scenarios of individuals with price increase policy are investigated.

2- Methodology

According to the objectives of this article, it is necessary to examine the views of users of fuel supply stations. Therefore, the data were collected through a questionnaire with a combination of open and closed questions and also the scenario in relation to pricing in 1398 from the metropolitan area of Tehran through face-to-face interviews. The experimental questionnaire has three parts: 1) demographic characteristics (individual characteristics and demographics) 2) information related to refueling (to determine the behavior of the Agents and the rules governing them and the environment in NetLogo software) 3) Scenarios (analysis Sensitivity in NetLogo software and comparison of results with preferred results). The number of scenarios in 5 classes is 1200, 1400, 1600, 1700, 1800 and 2000 Tomans (at the time of the research 17159 Tomans Iran = 1 US dollar). A total of 60 experimental

*Corresponding author's email: mirzahossein@eng.ikiu.ac.ir

Copyrights for this article are retained by the author(s) with publishing rights granted to Amirkabir University Press. The content of this article is subject to the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY-NC 4.0) License. For more information, please visit https://www.creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode.

questionnaires were collected from the statistical population, Velenjak gas stations, Yadegar Imam and Dadman (20 each). Of these, 39 were healthy questionnaires (13 each) and 21 were distorted and had defects. The reliability and validity of this questionnaire were assessed with SPSS software and some of its parts were removed due to low Cronbach's alpha score and the main questionnaire was designed. The statistical population according to the objectives of the article, field study and annual land price statistics randomly led to the selection of Velenjak (Zone 1), Yadegar Imam (Zone 2) and Dadman (Zone 2) gas stations. Also, to maintain random sampling at the appropriate hours and days of the week, collection was performed. The sample size is 387 according to Morgan's table. A total of 387 questionnaires were collected from three positions, the share of each position was 129. Of these, 360 were healthy questionnaires and 27 were distorted and had defects. After checking the reliability and validity of the main questionnaire (Cronbach's alpha = 0.948) data in SPSS software in two categories of the approximate value of the vehicle (million Tomans) and the waiting tolerance threshold in the classification queue and lead to recognition of Agents, attributes and rules They and the environment. Using these results, the environment in NetLogo software is considered as a regular gasoline line with two pumps and two refueling stations with a normal price of 1000 Tomans, and a fast-pass gasoline line with two pumps and two refueling stations with price scenarios. People waiting in the normal queue of gasoline applicants with a normal price of 1000 Tomans and willing to tolerate more waiting, and people waiting in the fast-passing queue of gasoline applicants with higher prices and do not want to tolerate more waiting. All drivers of waiting cars in two queues of solitude and crowds are considered as one operating group. The number of Agents is selected as a variable by the slider (Car-Number). The input rate of Agents per hour is selected as a variable by the slider (Inc). Wealth, waiting time and the degree of fullness or emptiness of the tank are defined as the attributes of the agents based on the information obtained from SPSS software. The rules governing agents were also defined in six paragraphs. Scenarios were also defined as a drop-down menu called (Scenario) with five prices of 1200, 1400, 1600, 1800 and 2000 Tomans (17159 Iranian Tomans = 1 US dollar - at the time of research). Software outputs in the form of a queue and queue diagram in a graph called "queue diagram", a diagram of the number of refueled and unused agents at the moment called "current status", a graph of the wealth of agents joining a crowded queue with The title of "crowded queue organizers", the chart of the amount of wealth of agents joining the queue with privacy as the title of "less crowded queue organizers", the threshold chart of tolerance of joining crowded queues as the "tolerance of crowded queue" and the chart of tolerance of crowded queues Privacy is defined as the "tolerance of a low-congestion queue." Finally, the simulation results in Net Logo software and the questionnaire were compared using SPSS software.

3- Results and Discussion

After validation, it was found that the simulation results are more in line with the research of Kho et al. [1] based on the effect of price increase on demand reduction. The results are also consistent with research by Khalilikhah et al. [2] in which increasing fuel prices to control demand was the least acceptable among users and reduced demand. On the other hand, the simulation results showed that increasing the number of nozzles regardless of their price can have positive effects on adjusting the queue length. This result is completely consistent with the results of other researches [3-5].

In this paper, agent recognition, data collection and analysis are the basis for Agent-based simulation of fuel supply stations. This data, which was analyzed in SPSS software, was mostly related to refueling methods and scenarios, and it was found that users often wait for 2-14 minutes in the queue from their point of view, while the simulation shows that the time most users can stand in the waiting queue is 10-18 minutes, however, their tolerance range is 2 to 42 minutes Based on inquiries. From the users' point of view, scenarios 4 and 5 are more popular for joining the privacy queue in terms of preferred analysis. Of course, their wealth and tolerance threshold have a significant effect on this, because it was found that users' wealth has a direct relationship with their willingness to pay. Also, users with a high tolerance threshold are less willing to pay or cancel, and even get to zero. These results were achieved while the simulation with the NetLogo software showed the popularity of scenarios 1 and 2 among users. In other words, as the cost of scenarios decreases, more users are joining the low-traffic or high-speed queue that they have to pay for. In lower-priced scenarios, users with lower categories of wealth are seen joining, and in scenario 5, where the price is higher than all scenarios, only users with category 6 wealth join the fast-pass queue. On the other hand, in all 5 scenarios, the wealth category 1 users are the most crowded members of the queue. Also, in all 5 scenarios, users who join the fast-pass queue have a tolerance threshold between categories 1 (2 to 10 minutes) and 2 (10 to 18 minutes), and people in the crowded queue are mostly in categories 3, 4 and 5 are tolerance thresholds. Comparison of SPSS and NetLogo results shows that individuals are more inclined to more expensive scenarios due to their own judgments and mental imagery in the preferred mode, while Agent-based simulation results show the opposite.

4- Conclusions

In a situation where users are faced with an abnormal situation where there is a long queue for refueling, relying on the answers obtained from the preferred method cannot be the correct basis for making a decision. In addition to the results, in general and based on each of the results, it can be said that the prediction of high-speed lanes at gas stations with long queues, higher prices and shorter queues in urban areas where land prices are much higher than the city average and most Residents also have a moderate to the high economic status of the community can be a way to adjust the queue length.

References

[1] H.L. Khoo, G.P. Ong, W.C. Khoo, Short-term impact analysis of fuel price policy change on travel demand in Malaysian cities, Transportation Planning and Technology, 35(7) (2012) 715-736.

[2] M. Khalilikhah, M. Habibian, K. Heaslip, Acceptability of increasing petrol price as a TDM pricing policy: A case study in Tehran, Transport Policy, 45 (2016) 136-144.

[3] A.O. Odior, Application of Queuing Theory to Petrol Stations in Benin-City Area ff Edo State, Nigeria, Nigerian Journal of Technology (Nijotech), 32 (2013) 325-332.

[4] M.R. Galankashi, E. Fallahiarezoudar, A. Moazzami, N.M. Yusof, S.A. Helmi, Performance evaluation of a petrol station queuing system: A simulation-based design of experiments study, Advances in Engineering Software, 92 (2016) 15-26.

[5] M.R. Galankashi, E. Fallahiarezoudar, A. Moazzami, S.A. Helmi, J.M. Rohani, N.M. Yusof, An efficient integrated simulation–Taguchi approach for sales rate evaluation of a petrol station, Neural Computing and Applications, 29(4) (2018) 1073-1085.

HOW TO CITE THIS ARTICLE

M. Ramezani, H. Mirzahossein, A. A. Rassafi, Agent-Base Modeling of Refueling Vehicles based on Demand Management Approach and Comparing its Result with the Stated Preferences Method in Tehran, Amirkabir J. Civil Eng., 54(9) (2022) 695-698.

DOI: 10.22060/ceej.2022.18192.7141

This page intentionally left blank

نشریه مهندسی عمران امیرکبیر

نشریه مهندسی عمران امیرکبیر، دوره ۵۴، شماره ۹، سال ۱۴۰۱، صفحات ۳۴۱۱ تا ۳۴۳۲
DOI: 10.22060/ceej.2022.18192.7141

مدل عامل-مبنای سوخت‌گیری وسایل نقلیه‌ی شخصی با رویکرد مدیریت تقاضا و مقایسه‌ی نتایج آن با رجحان بیان شده‌ی کاربران: مطالعه‌ی موردی کلان‌شهر تهران

محمد رمضانی، حمید میرزاحسین*، امیرعباس رصافی

دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی(ره)، قزوین، ایران.

خلاصه: تقاضای روزافزون استفاده از خودروی شخصی در ترکیب با رشد نامتوازن و متراکم کاربری‌ها در شمال کلان‌شهر تهران سبب گشته تا جایگاه‌های عرضه‌ی سوخت (پمپ بنزین‌ها) همواره با صف تقاضا روبرو باشند. از طرفی قیمت گزاف زمین در این مناطق احداث جایگاه جدید را مقرون به صرفه نمی‌سازد. از این جهت، سیاست‌هایی از مدیریت تقاضا که افزایش هزینه استفاده از تسهیلات را در پی دارد به عنوان راهکاری جهت حل این قبیل از مشکلات است که تأثیرات آن در مقاله‌ی حاضر به روش عامل-مبنا بررسی شده است. در این مقاله، داده کاربران پمپ بنزین‌های شمال شهر تهران با روش رجحان بیان شده جمع‌آوری و با استفاده از نرم‌افزار تحلیل آماری SPSS تحلیل گردید و از نتایج آن جهت تعریف خصوصیات عامل‌ها و قوانین تعاملی در نرم‌افزار شبیه‌سازی NetLogo استفاده شد. در ادامه وجود یک خط عبور سریع (با پنج سناریوی مختلف قیمت‌گذاری) در کنار یک خط معمولی شبیه‌سازی شد. نتایج نشان داد که اگر چه با اتکا به روش آماری مبتنی بر رجحان بیان شده تعدیل طول صف شلوغ متناسب با افزایش قیمت (سناریوهای ۴ و ۵) با استقبال بیشتری همراه است اما مدل عامل-مبنا نشان می‌دهد که محبوبیت سناریوهای ارزان قیمت (سناریوهای ۱ و ۲) یعنی تعدیل طول صف شلوغ متناسب با کاهش تدریجی قیمت بر اساس رفتار تعاملی افراد بیشتر مورد توجه کاربران است. این موضوع نشان دهنده آن است که پاسخ‌های روش رجحان بیان شده در مواردی که رفتارهای تعاملی متوجه کاربران است نمی‌تواند مورد اطمینان باشد. همچنین با توجه به عدم توازن عرضه و تقاضای ناشی از بافت منطقه از قبیل در دسترس بودن زمین بدون کاربری مشخص و ملاحظه قیمت اراضی، ایجاد یک خط عبور-سریع قیمت‌گذاری شده راهکاری موثر در تعدیل طول صف و کاهش زمان انتظار است.

تاریخچه داوری:
دریافت: ۱۳۹۹/۰۹/۱۰
بازنگری: ۱۴۰۰/۰۵/۳۰
پذیرش: ۱۴۰۰/۱۰/۱۸
ارائه آنلاین: ۱۴۰۰/۱۲/۲۶

کلمات کلیدی:
مدیریت تقاضا
رجحان بیان شده
مدل‌سازی عامل-مبنا
صف سوخت‌گیری

۱- مقدمه

گسترش شهرها و کلان‌شهرها همواره خاستگاه پیدایش مشکلات جدیدی بوده است که بعضاً سبب شده تا دولت‌ها در برابر توسعه‌ی شهرها و رشد جمعیت شهری، به علت مشکلات بلند مدت ناشی از پراکنده‌روی شهرها بایستند. این مشکلات در بخش ترافیک شامل ازدحام، آلودگی صوتی، آلودگی هوا و غیره می‌شود که ناشی از کمبود تسهیلات ترافیک شهری و عدم برابری عرضه و تقاضا است. از طرفی تمایل بیش‌تر افراد به استفاده از خودروهای شخصی به دلایل مختلفی همچون آسایش، زمان سفر، دسترسی و حریم خصوصی این مشکلات را دوچندان کرده است. هزینه‌های گزاف احداث تسهیلات جدید، سرعت رشد این تسهیلات را نسبت به سرعت رشد تقاضا کاهش داده و در نهایت منجر به پاسخ‌گو نبودن ظرفیت موجود شده است. یکی از این تسهیلات مهم به ویژه در کلان‌شهرها، جایگاه‌های عرضه‌ی بنزین می‌باشد که شکل‌گیری ازدحام و صف‌های طولانی در آن به ویژه در ایام تعطیل و روزهای پایانی هفته به چشم می‌آید. این مسئله به ویژه در کلان‌شهرهایی همچون تهران خصوصاً در شمال آن به دلایل بهای گزاف زمین، تراکم مسکونی بالا و نبود اراضی بدون کاربری مشخص که سبب شده تا احداث جایگاه‌های جدید عملاً غیرمنطقی و دور از ذهن سرمایه‌گذاران باشد بیش از پیش نمود می‌کند. انتظار در صف و اتلاف وقت برای بسیاری از کاربران ناخوشایند و تنش‌زا است، این مسئله در کاربرانی که ارزش زمانی بیشتری دارند بیش‌تر به چشم می‌خورد.

بسیاری از مطالعات پیشین بر مبنای نظریه‌های صف و اصول عرضه و تقاضا این موضوع را بررسی کرده‌اند. با توجه به این مطالعات یکی از بهترین روش‌های تعدیل صف در این دسته از مسائل بهره‌گیری از سیاست‌های

* نویسنده عهده‌دار مکاتبات: mirzahossein@eng.ikiu.ac.ir

حقوق مؤلفین به نویسندگان و حقوق ناشر به انتشارات دانشگاه امیرکبیر داده شده است. این مقاله تحت لیسانس آفرینندگی مردمی (Creative Commons License) در دسترس شما قرار گرفته است. برای جزئیات این لیسانس، از آدرس https://www.creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode دیدن فرمائید.

کنترل عرضه و تقاضا است. این سیاست‌ها که معمولاً ویژگی‌های خود را با تغییرات قیمت گره می‌زنند به صورت سناریوهای افزایش قیمت و سنجش تأثیر آن‌ها بر ازدحام بررسی می‌شوند. از آنجایی که زمان برای تمامی افراد از ارزش یکسانی برخوردار نیست، افزایش قیمت سوخت به صورت کلی جهت مدیریت طول صف منطقی نخواهد بود. لذا این افزایش را می‌توان به صورت انتخابی و در یک صف جداگانه تنها برای کاربرانی در نظر گرفت که به هر دلیل نمی‌خواهند انتظار در صف را متحمل شوند.

در این مقاله جهت بررسی این موضوع، دو روش بر مبنای تحلیل آماری پاسخ‌های روش رجحان بیان شده و مدل‌سازی عامل–مبنا مدنظر قرار گرفته است. روش مدل‌سازی عامل–مبنا، یکی از روش‌های نوین شبیه‌سازی بوده که امروزه نظر بسیاری از محققان را به خود جلب کرده است. این روش که گاها از آن به عنوان شبیه‌سازی عامل‌بنیان و چند عاملی نیز یاد می‌شود دارای دیدگاه پایین به بالا یا جزء به کل است که در آن عملکرد تک‌تک عامل‌ها، رفتار نهایی و کلی سیستم را تعیین می‌کند. در این مقاله سعی بر این است تا با توسعه‌ی مدل‌سازی شیوه‌ی سوخت‌گیری خودروها و بررسی طول صف به روش عامل–مبنا، اثرات مختلف سناریوهای مدیریت تقاضای افراد با سیاست افزایش قیمت بررسی شود. این در حالی است که همان‌طور که در بخش بعد به آن اشاره خواهد شد مدل‌سازی این موضوع با رویکرد عامل–مبنا با توجه به اینکه امری بین رشته‌ای است تاکنون مورد توجه پژوهش‌گران واقع نشده است.

۲- مروری بر ادبیات پیشین

مرور بر ادبیات گذشته در مقاله حاضر در سه بخش صورت گرفته است. در بخش اول به رابطه‌ی بین عرضه و تقاضا در حوزه سوخت‌گیری اشاره شده است. در بخش دوم به مبحث تحلیل طول صف در جایگاه‌های سوخت پرداخته شده و در آخر مطالعات عامل–مبنا به عنوان اساس مدل‌سازی این مقاله مورد بررسی قرار گرفته است.

۲- ۱- عرضه و تقاضا

دیدگاه کلاسیک از یک بازار اقتصادی برای یک محصول شامل دو گروه تعاملی است: تولید کنندگان و مصرف کنندگان. رفتار تولید کنندگان توسط یک تابع عرضه و رفتار مصرف کنندگان با یک تابع تقاضا مشخص می‌شود [۱]. بنزین نیز یک محصول است که در جایگاه‌های سوخت عرضه می‌شود و در موارد متعددی با متدهای مختلف و بر مبنای عرضه و تقاضا و پیش‌بینی آن مورد بررسی قرار گرفته است، به طوری که خیرال و همکاران [۲] در سال ۲۰۰۴ این مسئله را در چارچوب پیش‌بینی تقاضای جایگاه‌های بنزین برج‌های پتروناس به وسیله‌ی رایانه‌ای کردن آن‌ها انجام دادند. این پروژه با استفاده از چرخه‌ی توسعه‌ی همراه با اکتشاف انجام گرفت که باعث حذف فرم‌های کاغذی و پیش‌سفارش از یک هفته قبل شد. بر اساس همین تقاضا، مساله‌ی سوخت رسانی به جایگاه‌های بنزین نیز نکته‌ی مهمی است که پاپوویک و همکاران [۳] در سال ۲۰۱۵ به بررسی آن پرداختند. شبیه‌سازی آن‌ها جهت تحلیل کاربردی، راه‌حلی قطعی برای سیستم‌هایی با طبیعت اتفاقی بود. این نتیجه به علت بهره‌گیری از شبیه‌سازی نسبت به نتایج مطالعات قبلی ملموس‌تر بود. اما بنتار و همکاران [۴] در سال ۲۰۱۶ همین مسئله را با استفاده از پنجره‌ی زمانی با ارائه‌ی مدلی مرتفع نمودند. این پنجره‌ی زمانی جهت تعیین مسیرهای بهینه‌ی استفاده از یک ناوگان کامیون مخزن جهت ارائه به مجموعه‌ای از جایگاه‌های بنزین برای سوخت رسانی در یک افق برنامه‌ریزی مورد نیاز بود. همانگونه که بیان شد، تابع تقاضا رفتار مصرف کنندگان را به واسطه‌ی ارتباط نرخ محصول مصرف شده نسبت به قیمت آن توصیف می‌کند و با افزایش قیمت، میزان مصرف کاهش می‌یابد. ولی تابع عرضه نشان دهنده‌ی میزان کالاهایی است که تأمین کنندگان به عنوان تابعی از قیمت محصول تبیین می‌کنند و افزایش قیمت باعث سود در تولید بیش‌تر و افزایش عرضه می‌شود [۱]. بنابراین، قیمت عنصری کلیدی در مباحث عرضه و تقاضا است. بر همین اساس خو و همکاران [۵] در سال ۲۰۱۲ اثر کوتاه مدت سیاست تغییر قیمت سوخت بر تقاضای سفر در حمل و نقل عمومی و خصوصی را در مالزی با استفاده از تجزیه و تحلیل طیفی، برآورد ترافیک جاده‌ای و کشسانی تقاضای مسافرت مورد بررسی قرار دادند. نتایج آن‌ها حاکی از کاهش جریان ترافیک (به تعبیری تقاضای سفر) با افزایش قیمت، تغییر شیوه بالقوه از وسایل نقلیه‌ی خصوصی به حمل و نقل همگانی و مؤثر بودن راهبرد کاهش یارانه‌ی سوخت در مدیریت تقاضای سفر جهت کاهش تراکم بود. خلیلی‌خواه و همکاران [۶] نیز در سال ۲۰۱۶ افزایش قیمت سوخت را به عنوان یکی از سیاست‌های مدیریت تقاضا در مقایسه‌ی با سایر سیاست‌های قیمت‌گذاری مدیریت تقاضای سفر، از جمله قیمت‌گذاری عوارض محدوده‌ای یا قیمت‌گذاری پارکینگ در ایران مورد بررسی قرار دادند. تحلیل داده‌ها توسط آن‌ها مقبولیت اندک افزایش قیمت سوخت از میان سیاست‌های فوق را آشکار نمود و بر مطالعه‌ی خو و همکاران صحه گذاشت. در مطالعه‌ی دیگری در همین سال که به بررسی تعیین انتخاب جایگاه بنزین در کنیا با روش نمونه‌گیری تصادفی و تحلیل رگرسیون پرداخته شد، مندا و اولوکو [۷] نشان دادند که قیمت هیچ تأثیری بر این انتخاب ندارد، در صورتی

که کیفیت خدمات و دسترسی تأثیرگذار هستند. علاوه بر مباحث عرضه و تقاضا و بررسی تأثیرات قیمت بر بازار یک محصول خصوصاً بنزین، مطالعات دیگری نیز در رابطه با جایگاه‌های بنزین دیده می‌شود که صرفاً معطوف به بررسی قیمت نیست. بر این اساس هووا و همکاران [۸] در سال ۲۰۱۵ به بررسی فاکتورهای تأثیرگذار بر وفاداری مشتری در جایگاه‌های بنزین در مالزی با استفاده نمونه‌گیری تصادفی غیراحتمالی و پرسش‌نامه‌های خود مراقبتی و تحلیل با نرم‌افزار SPSS پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد که بین استراتژی‌های بازاریابی، وفاداری مشتری و رضایت مشتری هم‌بستگی مثبت معناداری وجود دارد. از سوی دیگر، محل نامناسب جایگاه‌های سوخت رابطه‌ی بین رضایت و وفاداری را کاهش می‌دهد. با توجه به مطالعات اخیر در خصوص خودروهای برقی، مفهوم عرضه و تقاضا با شناوری تامین برق در زمان‌های مختلف گره خورده است. به عنوان نمونه در مطالعه گرونوالد و دایکونوا در سال ۲۰۱۸ نشان داده شده است که برنامه‌ریزی منعطف می‌تواند پاسخگوی تغییرات احتمالی توابع تقاضا وابسته به عرضه باشد [۹]. البته در برخی از کشورها هر پمپ می‌تواند طیفی از مشتریان را پاسخگو باشد که با توجه به کیفیت خدمات مانند تنوع در درصد متفاوت اتانول موجود در سوخت دریافتی هزینه متفاوتی پرداخت کنند. لذا قیمت شاخصه‌ای جهت تنظیم عرضه و تقاضا است. به عنوان نمونه در مطالعات لی و اسکات در سال ۲۰۱۹ اثر تغییر قیمت در میزان استقبال افراد متقاضی سوخت‌گیری برای مینه سوتا در ایالات متحده آمریکا تحلیل شده است [۱۰].

متدلوژی مطالعات قبلی در کنترل عرضه و تقاضا بیش‌تر متمایل به مدیریت عرضه و تقاضا بر اساس توابع آن‌ها به ویژه افزایش قیمت است، در حالی که خلأ استفاده از شبیه‌سازی‌های مدرنی مانند روش عامل-مبنا که می‌تواند رفتار سمت تقاضا را در تعامل با هم ببیند ملموس است. این در حالی است که عرضه و تقاضا در یک بازار به ویژه جایگاه عرضه‌ی سوخت یا سایر حوزه‌های حمل و نقلی به علت ارتباط آن با انسان و تعداد عوامل دخیل گسترده در آن مبحثی پیچیده است و متدلوژی‌های صرفاً ریاضی که فرض‌های اولیه زیادی را در بر دارند در برابر آن کارایی پایینی دارند. با این حال بررسی عرضه و تقاضا و تشکیل صف از دیدگاه نظریه‌های ریاضی نیز قابل‌تأمل است اما توجه به رفتار تعاملی افراد حل مسائل را واقعی‌تر می‌سازد.

۲- ۲- طول صف

تشکیل صف انتظار، یک سناریوی شایع است که هنگام بیش‌تر بودن تقاضا برای یک سرویس از ظرفیت فعلی ارائه‌ی آن رخ می‌دهد. این اختلاف اگر چه ممکن است موقتی باشد، اما یک صف در طول دوره تجمع پیدا می‌کند. تشکیل صف موجب افزایش زمان انتظار مشتریان، استفاده‌ی بیش از حد از پمپ‌ها موجود و کاهش رضایت مشتری می‌شود در محل سوخت‌گیری می‌شود [۱۱]. یکی از عوامل اصلی موفقیت در دنیای رقابتی امروز، افزایش رضایت مشتری از طریق بهبود کیفیت خدمات است. در هر سازمان خدماتی، بیش‌تر مدیران در رابطه با زمان مورد نیاز مشتریان جهت دریافت خدمات دغدغه دارند [۱۲]. بر همین اساس مطالعات متعددی بر روی تشکیل صف انجام و نظریه‌های متعددی در رابطه با آن ارائه شده است. نظریه‌ی تشکیل صف، مطالعه‌ی ریاضی-مبنا شکل‌گیری خطوط انتظار است. این نظریه توسط ای.کی ارلانگ، ریاضی‌دان دانمارکی در دهه‌ی اول قرن بیستم ارائه شد که مشکلات مربوط به تراکم صفوف تلفن را مورد بررسی قرار داد [۱۳]. نظریه‌ی صف می‌تواند جهت پیش‌بینی برخی از پارامترهای مهم مانند میانگین زمان انتظار و طول صف در پمپ‌های بنزین استفاده شود [۱۴]. تجزیه و تحلیل صف بر مبنای ساخت یک مدل ریاضی نشانگر روند پیوستن عناصر ورودی به صف است [۱۳]. در سال‌های اخیر نظریه‌ها و مدل‌های صرفاً ریاضی جای خود را به شبیه‌سازی و مدل‌سازی‌های شیءگرا داده‌اند. به عنوان نمونه، شجاعی و همکاران [۱۵] در سال ۲۰۱۲ با بهره‌گیری از شبیه‌سازی به بهینه‌سازی سیستم‌های ترکیبی در صف‌های غیراستاندارد در یک جایگاه گاز طبیعی و فارغ از نظریات پیچیده‌ی ریاضی مانند ارلانگ پرداختند. هدف آن‌ها ارائه‌ی یک ترکیب مطلوب از سرورها (پمپ‌های موجود) و طرح‌های کارآمد برای جایگاه‌های گاز طبیعی بود. یک سال بعد، معظم و همکاران [۱۶] رفتار یک جایگاه بنزین را به کمک شبیه‌سازی تجزیه و تحلیل نمودند. در همین راستا، اودیر [۱۷] در همین سال صرفاً نظریه‌ی صف را در جایگاه‌های بنزین شهر بنین کشور نیجریه بررسی کرد. نتایج او حاکی از وجود صف در هر یک از جایگاه‌های بنزین منتخب بود که افزایش تعداد سرورها باعث تعدیل طول صف می‌شد. اما در سال ۲۰۱۵ معماری مستقل و فنّاوری ساخت و ساز جهت تعدیل طول صف پمپ بنزین‌ها با استفاده از اشتراک‌گذاری اطلاعات جایگاه‌ها و کاربران به طور هم‌زمان، توسط وی و همکاران [۱۸] پیشنهاد شد که منجر به کاهش زمان انتظار در صف گردید. یک سال بعد، قلنکاشی و همکاران [۱۹] اقدام به طراحی یک مدل شبیه‌سازی جهت بهینه‌سازی صف پمپ بنزین و میزان فروش نمودند که اهمیت تعداد سرورها (پمپ‌های سوخت‌گیری) و زمان ورود به جایگاه را در تعیین طول صف آشکار ساخت و با نتایج اودیر همسو بود. در مطالعه‌ی مشابهی در سال ۲۰۱۷، بالاجی [۱۴] اقدام به شبیه‌سازی سیستم تشکیل

صف در جایگاه‌های بزرگ بنزین نمود که امکان پیش‌بینی رفتار صف در زمان‌های مختلف را با هدف کاهش زمان انتظار فراهم می‌کرد. در ادامه، قلنکاشی و همکاران [۲۰] در سال ۲۰۱۸ با استفاده از شبیه‌سازی-تاگوچی ساخت یک مدل بهینه‌سازی میزان فروش سرورها (پمپ‌های سوخت‌گیری) با توجه به حداقل کردن طول صف را اجرا کردند که در آن تعداد پمپ‌ها به عنوان عامل بسیار مهم در میزان فروش شناخته شد. البته بسیاری از مطالعات حال حاضر به سوخت‌رسانی وسایل نقلیه همگانی مانند اتوبوس‌ها اشاره دارد که با گاز کار می‌کنند [۲۱] اما در تمام موارد هم در حوزه حمل و نقل شخصی و همگانی، شبیه‌سازی به عنوان یک راه‌کار قابل اعتماد جهت مدل‌سازی رفتار سوخت‌گیری کاربران مورد استفاده پژوهشگران بوده است [۲۲].

بنابراین بر مبنای مطالعات انجام شده یکی از عوامل مهم در تعدیل طول صف افزایش تعداد سرورها (پمپ‌های سوخت‌رسان) است که در مقاله‌ی حاضر به صورت عبور-سریع با سناریوهای قیمت‌گذاری بررسی و شبیه‌سازی شده است.

۲- ۳- مدل‌سازی عامل-مبنا

مدل‌سازی عامل-مبنا در علوم مختلف به شکل گسترده استفاده شده است. نمونه‌های کاربردی شامل مدل‌سازی رفتار سازمانی و روان‌شناسی، کار تیمی، مدیریت زنجیره‌ی تأمین و تدارکات، رفتار مصرف کننده، شبکه‌های اجتماعی، مدیریت حمل و نقل، بررسی محیط زیست و ... است [۲۳]. ویژگی‌های مطلوب مدل‌سازی عامل-مبنا، انعطاف‌پذیری زیاد، وضوح و امکان اجرای موازی است [۲۴]. از دیگر فواید مدل‌سازی عامل-مبنا تسهیل همکاری میان‌رشته‌ای و ارائه‌ی یک ابزار چندرشته‌ای مفید در زمان بروز مشکل در استفاده از ریاضیات است [۲۵]. ماکال و نورث [۲۶] در سال ۲۰۰۵ مبانی نظری و عملی مدل‌سازی عامل-مبنا را تشریح و ابزارها و روش‌های توسعه‌ی آن را مشخص نمودند. در مطالعات اخیر نیز صحت استفاده از این نوع از مدل‌سازی برای شبیه‌سازی و تحلیل فرآیند صف مورد تایید پژوهشگران قرار گرفته است [۲۷]. بنابراین، حوزه استفاده از مدل‌های عامل مبنا در مباحث حمل و نقلی به ویژه موارد مرتبط با موضوع تعریف شده این مقاله را می‌توان به سه دسته تقسیم کرد که به شکل خلاصه به صورت جداگانه مورد بررسی قرار می‌گیرند.

۲- ۳- ۱- مدیریت ترافیک

در بخش مدیریت جریان ترافیک، بلو و آلدر [۲۸] در سال ۲۰۰۲ یک راه‌حل چند عاملی بر مبنای همکاری ارائه دادند که عامل‌ها در آن مدیران شبکه، ارائه دهندگان خدمات اطلاعات و رانندگان مجهز به سیستم‌های هدایت مسیر بود. در حالی که فی‌یو [۲۹] در سال ۲۰۰۵ مفهوم کنترل عامل-مبنا را برای سیستم‌های شبکه در نظریه‌ی کنترل برای مدیریت ترافیک اعمال کرد و نتیجه گرفت که این روش کنترل یک رویکرد ارزان، قابل اعتماد و انعطاف‌پذیر جهت کنترل هوشمند و مؤثر سیستم‌های حمل و نقل می‌باشد. در همین راستا بالمر و همکاران [۳۰] در سال ۲۰۰۶ با استفاده از مدل‌سازی عامل-مبنای تقاضا، چارچوبی برای شبیه‌سازی‌های خردنگر انجام دادند. مزیت عمده‌ی مدل آن‌ها نسبت به مدل‌های چهار مرحله‌ای (ایجاد، توزیع، تفکیک و تخصیص) و سایر مطالعات پیشین، توانایی شبیه‌سازی هر مسافر به صورت جداگانه بود. در ادامه، اکسازن و همکاران [۳۱] در سال ۲۰۰۸ شبیه‌سازی این تقاضای سفر را به روش عامل-مبنا با استفاده از عملکرد محاسباتی و ساختاری نرم‌افزار متسیم (MATSim) نشان دادند. با این وجود اینکه نرم‌افزار متسیم (MATSim) مختص سیستم حمل و نقل است، اما در بسیاری از مطالعات به علت عقبه و جامع‌تر بودن نرم‌افزار نتلوگو (NetLogo) از آن استفاده شده است. اود و همکاران [۳۲] نیز در سال ۲۰۱۶، یک چارچوب مدل‌سازی اجرایی و توسعه‌ای عامل-مبنا برای تقاضای سفر و شبکه ارائه دادند که استفاده از آن عرضه‌ی شبکه و عملکرد آن را یکپارچه نمود. این روش مدل‌سازی در بخش‌های دیگری از حمل و نقل نیز مورد استفاده قرار گرفته است. به عنوان مثال هولمگرن و همکاران [۳۳] در سال ۲۰۱۲ شبیه‌ساز جابجایی کالا را به کمک مدل عامل-مبنا ارائه دادند که قدرتمندتر از رویکردهای پیشین بود و می‌توانست به طور صریح تقاضای تولید و تقاضای مشتری را مدل کند و تعامل بین بازیگران زنجیره‌ای حمل و نقل در سطح جزء را در نظر گیرد. به عنوان نمونه دگر در سال ۲۰۰۷ متیوز و همکاران [۳۴] کاربردهای مدل‌های کاربری زمین را با استفاده از مدل‌های عامل-مبنا تحت عناوین: الف) تجزیه و تحلیل سیاست، ب) مدل‌سازی مشارکتی، ج) توضیح الگوهای فضایی استقرار اراضی، د) بررسی مفاهیم علوم اجتماعی و ه) توضیح عملکرد توابع استفاده از زمین، مرور کردند. هم‌چنین ژانگ و همکاران [۳۵] در سال ۲۰۱۱ با استفاده از مدل‌سازی عامل-مبنا، فاکتورهایی که می‌توانست انتشار سوخت‌های جایگزین وسایل نقلیه را افزایش دهد نشان دادند. نتایج شبیه‌سازی آن‌ها نشان داد که فشار فنّاوری می‌تواند یک مکانیسم مهم در تسریع انتشار سوخت‌های جایگزین وسایل نقلیه باشد، کشش بازار به صورت زبانی دارای تأثیر مثبت در انتشار است، و فشار دولت بر تولید کننده منجر به

کاهش آلودگی هوا خواهد شد.

۲- ۳- ۲- زنجیره‌های عرضه و تقاضا و فناوری نوظهور

بررسی عرضه و تقاضا در مطالعات قبلی، بیش‌تر بر مبنای منحنی عرضه و تقاضا بوده است. با این حال به دلیل پیچیدگی‌های آن و بعضاً دخیل بودن عوامل متعدد، از مدل‌سازی عامل-مبنا در زنجیره‌های تأمین و تقاضا بهره گرفته شده است. به عنوان نمونه، گجردروم و همکاران [۳۶] در سال ۲۰۰۱ ترکیب بهینه‌سازی و روش عامل-مبنا را برای مدل‌سازی و ارزیابی عملکرد بررسی کردند. اما جولکا و همکاران [۳۷] و [۳۸] در سال ۲۰۰۲ در راستای مدیریت این زنجیره به روش عامل-مبنا گام برداشتند که در نهایت منجر به پیشنهاد یک چارچوب یکپارچه جهت مدل‌سازی، نظارت و مدیریت زنجیره‌های عرضه در یک پالایشگاه شد. در اقدامی مشابه، اون و لی [۳۹] نیز در سال ۲۰۰۴ یک چارچوب همکاری عملیاتی جهت مدیریت زنجیره‌ی تأمین ارائه کردند که در آن سیستم‌های چندعاملی، شبکه‌های اطلاعاتی پویا را تشکیل می‌داد و برنامه‌ریزی تولید و سفارش بر اساس برآوردهای تقاضای بازار، آن‌ها را هماهنگ می‌کرد. این در حالی بود که فارغ از مقوله‌ی مدیریت در این زنجیره، کیمبرگ و همکاران [۴۰] در سال ۲۰۰۲ خود یک زنجیره‌ی تأمین را به وسیله‌ی عامل‌های مصنوعی جهت درک توانایی این عامل‌ها در کشف راه‌کارهای کسب و کار مؤثر، کشف سیاست‌های کاهش اثر شلاقی، توانایی در مواجهه با تقاضای احتمالی و همکاری در زنجیره‌ی عرضه مدل نمودند. در همین راستا، لیانگ و هوانگ [۴۱] نیز در سال ۲۰۰۶ یک سیستم چندعاملی برای شبیه‌سازی یک زنجیره‌ی عرضه به منظور افزایش اثربخشی آن، به حداقل رساندن هزینه‌ی کل و کاهش اثر شلاقی، ادغام و هماهنگی این سیستم‌ها در زنجیره‌ی تأمین با استفاده از فناوری اطلاعات و ارتباطات پیشنهاد کردند. در حالی که کریستوفر و همکاران [۴۲] در سال ۲۰۰۷ ناکارآمدی رویکردهای مدل‌سازی پیشین ریاضی در برخورد با زنجیره‌های عرضه‌ی پویای مرکب را بررسی و چارچوب محاسباتی عامل-مبنا را ارائه دادند. لبارته و همکاران [۴۳] نیز در همین سال چارچوب مدل‌سازی عامل-مبنا برای زنجیره‌های عرضه در یک قالب سفارشی‌سازی حجیم برای تسهیل مدیریت پیشنهاد کردند. اما کوان و همکاران [۴۴] در سال ۲۰۰۷ چارچوبی یکپارچه مبتنی بر همکاری چند عامل و استدلال مبتنی بر نمونه ارائه دادند که می‌توانست مشکلات مختلف همکاری در زنجیره‌ی تأمین را حل کند. در مطالعه‌ی دیگری، زو و همکاران [۴۵] در سال ۲۰۰۵ هماهنگی این زنجیره در ساخت و ساز را بر اساس روش عامل-مبنا مورد بررسی قرار دادند. با این حال مدل‌سازی عامل-مبنا در مباحث عرضه و تقاضا در اشکال دیگری نیز خودنمایی می‌کند به طوری که در مطالعه‌ی گالن و همکاران [۴۶] در سال ۲۰۰۹ مدل‌سازی عامل-مبنا جهت مدیریت آب خانگی در ناحیه‌ی شهری والادولید با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی به کار برده شده است که نتایج آن حاکی از تأثیر پویایی شهری و دیگر اثرات اجتماعی-جغرافیایی در تقاضای داخلی آب است. یکی دیگر از مواردی که از مدل‌سازی عامل-مبنا بهره می‌برد و به نوعی با عرضه و تقاضا در ارتباط است، فناوری نوظهور در محصولات جدید می‌باشد. این امر در مطالعه‌ی گارسیا [۴۷] در سال ۲۰۰۵ با استفاده از تکنیک‌های مدل‌سازی عامل-مبنا مورد بررسی قرار گرفته است. استومر و همکاران [۴۸] نیز در سال ۲۰۱۲ این مسئله را با بهره‌گیری از شبیه‌سازی بررسی کرده که منجر به شناخت نقاط قوت و محدودیت مدل‌سازی عامل-مبنا در زمینه‌ی فناوری‌های نوظهور گردیده است.

۲- ۳- ۳- تخلیه‌ی اضطراری

یکی از موارد مهم دیگر که در سال‌های اخیر به کمک مدل‌سازی عامل-مبنا انجام می‌شود موضوع تخلیه‌ی اضطراری است که از نوع تحلیل ساختارهای پیچیده است. پیچیدگی این موضوع به علت حضور انسان و رفتارهای متعدد احتمالی اوست. به طوری که بونیبو [۴۹] در سال ۲۰۰۲ با استفاده از مدل‌سازی عامل-مبنا تکنیک‌هایی برای تحلیل این رفتارها مطرح نمود. این مطالعه با مقاله‌ی پن و همکاران [۵۰] در سال ۲۰۰۷ با ارائه‌ی چارچوبی بر مبنای مدل چندعاملی جهت شبیه‌سازی این رفتارهای انسانی و اجتماعی در طول تخلیه‌ی اضطراری کامل‌تر شد که قادر به نمایش ظهور بعضی از رفتارها نظیر رقابت، تشکیل صف، و تجمع بود. رن و همکاران [۵۱] نیز در سال ۲۰۰۹ با استفاده از همین روش، تخلیه‌ی اضطراری را در مواجهه با آتش‌سوزی مورد مطالعه قرار دادند. نتایج این مدل‌سازی منجر به تعریف استراتژی فرار بهینه جهت کاهش عواقب این دست از حوادث بود. اما یک مورد از آنچه ژنگ و همکاران [۵۲] در سال ۲۰۰۹ در هفت روش روش‌شناختی خود جهت تخلیه‌ی جمعیت شناسایی کردند کارآمدی روش عامل-مبنا بود. نتایج آن‌ها حاکی از تأثیرگذاری المان‌های روان‌شناسی در رفتارهای جمعی و فردی بود که بایستی در مدل‌های تخلیه‌ی اضطراری گنجانده شود. ها و لیکوتراسیت [۵۳] در سال ۲۰۱۲ تخلیه‌ی اضطراری را در شکلی پیچیده‌تر در مقایسه با مطالعات قبلی با مدنظر قرار دادن ساختمان‌های چند طبقه با چند اتاق مورد بررسی قرار دادند که در نهایت منجر به تعیین اندازه‌ی درب اتاق، اندازه‌ی خروجی اصلی، سرعت مطلوب

و ضریب اصطکاک مؤثر بر زمان تخلیه در راستای بهبود در راندمان تخلیه شد. اما نوآوری که یین و همکاران [۵۴] در سال ۲۰۱۴ در مطالعه‌ی خود انجام دادند، برآورد تقاضای سفر به هنگام تخلیه در شبیه‌سازی بود. این مدل مسیر و رفتار تصمیم‌گیری را در طول فرآیند تخلیه نشان می‌داد. در صورتی که چن و ژان [۵۵] در سال ۲۰۰۸ مطالعه‌ی خود را به بررسی اثربخشی استراتژی‌های تخلیه‌ی هم‌زمان و مقدماتی جریان‌های ترافیکی وسایل نقلیه در سطح جزء و بررسی رفتار تخلیه‌ی جمعی خودروها با استفاده از روش عامل–مبنا سوق دادند.

نقطه مشترک مطالعات مروری انجام شده در سه بخش پیشین عدم نیاز به حل مسائل پیچیده‌ی ریاضی با وجود مدل‌سازی عامل–مبنا است. با توجه به این مطالعات، به خوبی می‌توان دریافت که روش مدل‌سازی عامل–مبنا یکی از به‌روزترین روش‌های مدل‌سازی می‌باشد که محاسبات پیچیده‌ی ریاضی را کنار زده و به سمت مدل‌سازی شیءگرا حرکت می‌کند. این در حالی است که در مطالعات انجام شده به کمک آن بررسی طول صف در حوزه حمل و نقل، بهینه‌سازی آن و ارائه‌ی راه‌کارهای تعدیلی به چشم نمی‌خورد. لیکن این بررسی با استفاده از مباحث عرضه و تقاضا و نظریه‌های ریاضی تشکیل صف صورت گرفته است.

۳- روش‌شناسی

با توجه به مسئله و اهداف این مقاله، به بررسی و جمع‌آوری دیدگاه‌های مختلف کاربران جایگاه‌های عرضه‌ی سوخت در حوزه جامعه‌ی آماری مورد نظر نیاز است. لذا داده‌های مورد نظر از طریق پرسش‌نامه با ترکیبی از سؤالات باز و بسته و نیز سناریوسازی در سال ۱۳۹۸ از سطح کلان‌شهر تهران جمع‌آوری شد. به علت وجود برخی سؤالات در رابطه با قیمت و نحوه‌ی قیمت‌گذاری سوخت در پرسش‌نامه و نیز سناریوسازی و بعضی از واژه‌های تخصصی حوزه‌ی حمل و نقل، احتمال ابهام و سردرگمی مصاحبه شوندگان وجود داشت، بنابراین پرسش‌نامه‌ها از طریق مصاحبه‌ی حضوری و توسط مصاحبه کننده تکمیل شده است. مراحل انجام پژوهش به صورت شکل ۱ می‌باشد.

۳- ۱- طراحی پرسش‌نامه‌ی آزمایشی

پرسش‌نامه‌ی اولیه سه بخش اساسی را شامل می‌شود که عبارت است از:

الف) مشخصات فردی: اغلب در هر پرسش‌نامه بخشی از سؤالات بایستی به ویژگی‌های فردی و جمعیت‌شناختی اختصاص یابد که مشخص کننده جایگاه اجتماعی و اقتصادی فرد است.

ب) اطلاعات مرتبط با سوخت‌گیری: در نرم‌افزار NetLogo نحوه‌ی سوخت‌گیری کاربران در پلان پمپ بنزین شبیه‌سازی خواهد شد. لذا بایستی ویژگی رانندگان به عنوان عامل‌ها، رفتار و قوانین حاکم بر آن‌ها در طول این روند مشخص شود و نیز اطلاعات کافی در رابطه با پمپ بنزین به عنوان محیط آن‌ها وجود داشته باشد.

ج) سناریوها: در نرم‌افزار NetLogo علاوه بر شیوه‌ی سوخت‌گیری کاربران، حساسیت آن‌ها نسبت به سناریوهای قیمت‌گذاری بنزین و طول صف سنجیده شده و نتایج آن با نتایج آماری حاصل از پرسش‌گری در شرایط فرضی طبق رجحان بیان شده (Stated Preference - SP) مقایسه خواهد شد. چرا که امکان تغییر قیمت بنزین و سنجش واکنش کاربران به صورت واقعی وجود ندارد رجحان آشکار شده (Revealed Preference - RP).

در سناریوسازی با توجه به رجحان بیان شده‌ی افراد، معمولاً یک یا چند ویژگی مانند قیمت در سطوح مختلف تغییر داده شده و نظر افراد پرسیده می‌شود. معمولاً در اولین و آخرین سطح که به ترتیب بالاترین و پایین‌ترین سطوح قیمتی است، انتظار پاسخ منفی از افراد وجود دارد. در این مقاله اولین سطح قیمت با توجه به نرخ فعلی قیمت بنزین (۱۰۰۰ تومان) و نظرات اولیه‌ی کاربران در نظر گرفته شده است.

در این سناریوها فرض بر این است که دو صف در پمپ بنزین وجود دارد، صف اول پر ازدحام با زمان انتظار زیاد و قیمت مصوب دولتی ۱۰۰۰ تومان، و صف دوم کم ازدحام با زمان انتظار کم و قیمتی بالاتر از قیمت مصوب دولتی ۱۰۰۰ تومان. حال در این شرایط فرضی نظر افراد در بازه‌های مختلف قیمت و طول صف به صورت گزینه‌های بسته پرسیده می‌شود. تعداد سناریوها بایستی استاندارد باشد. تعداد ناکافی سناریوها باعث عدم دست‌یابی پژوهشگر به داده‌های لازم و تعداد زیاد آن باعث سردرگمی و خستگی مصاحبه شوندگان می‌شود. در این مقاله تعداد ۵ سناریو در نظر گرفته شده است که عبارت‌اند از (در زمان انجام پژوهش ۱۷۱۵۹ تومان ایران = ۱ دلار آمریکا):

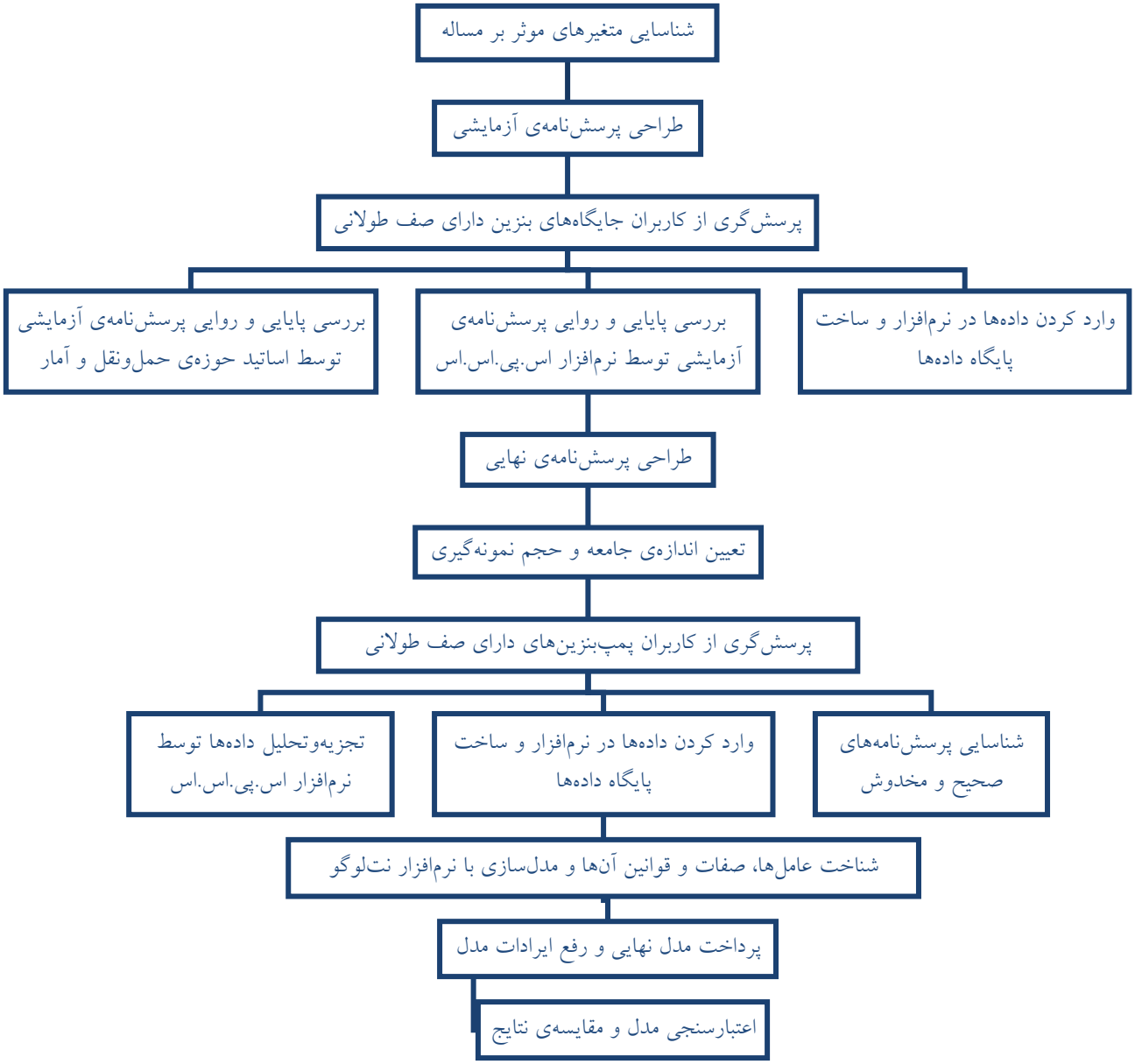
۱- قیمت عرضه‌ی بنزین در صف دوم ۱۲۰۰ تومان.

۲- قیمت عرضه‌ی بنزین در صف دوم ۱۴۰۰ تومان.

۳- قیمت عرضه‌ی بنزین در صف دوم ۱۶۰۰ تومان.

۴- قیمت عرضه‌ی بنزین در صف دوم ۱۸۰۰ تومان.

۵- قیمت عرضه‌ی بنزین در صف دوم ۲۰۰۰ تومان.



شکل ۱. مراحل انجام پژوهش

Fig. 1. Research steps

جدول ۱. نتایج بررسی پایایی بخش (ب) از پرسش‌نامه‌ی آزمایشی

Table 1. Results of the reliability study of section (b) of the experimental questionnaire

تعداد سؤالات	آلفای کرونباخ
٤	۰/۳۵۶

جدول ۲. نتایج بررسی پایایی بخش (ج) از پرسش‌نامه‌ی آزمایشی

Table 2. Results of the reliability study of section (c) of the experimental questionnaire

تعداد سؤالات	آلفای کرونباخ
۵	۰/۹۷۲

۳- ۱- ۱- پرسش‌گری آزمایشی

در مقاله‌ی حاضر تعداد ۶۰ پرسش‌نامه‌ی آزمایشی از جامعه‌ی آماری مدنظر جمع‌آوری شد که سهم هر یک از پمپ بنزین‌های ولنجک، یادگار امام و دادمان ۲۰ عدد است. از این تعداد ۳۹ پرسش‌نامه سالم و ۲۱ عدد مخدوش و دارای نواقص بود. تعداد پرسش‌نامه‌های سالم و بدون نواقص مربوط به هر جایگاه ۱۳ عدد می‌باشد.

۳- ۱- ۲- بررسی پایایی و روایی پرسش‌نامه‌ی آزمایشی

داده‌های حاصل از پرسش‌گری آزمایشی جمع‌آوری و در نرم‌افزار SPSS وارد و مورد تجزیه و تحلیل‌های مدنظر قرار گرفت. پرسش‌نامه‌ی آزمایشی دارای سه بخش (الف)، (ب) و (ج) است که پایایی آن‌ها در سه بخش جداگانه به صورت زیر بررسی شد.

پایایی بخش (الف) بر مبنای نظر اساتید حوزه‌ی حمل و نقل و آمار به تعداد ۷ نفر تأمین شد. از طرفی این بخش بر مبنای ادبیات گذشته و مقالات معتبر پیشین طراحی شده است.

پایایی بخش (ب) از طریق آزمون آلفای کرونباخ بر روی داده‌های آزمایشی مورد بررسی قرار گرفت. در این بررسی سؤالات دوگزینه‌ای با هم بررسی و نتایج به شرح جدول ۱ حاصل شد. بر مبنای این نتایج برخی از سؤالات از پایایی خوبی برخوردار نبوده و بایستی در پرسش‌نامه‌ی نهایی حذف شوند.

پایایی بخش (ج) از طریق آزمون آلفای کرونباخ بر روی داده‌های آزمایشی مورد بررسی قرار گرفت. در این بررسی هر پنج سناریو که دارای چهار گزینه بودند با هم بررسی و نتایج به شرح جدول ۲ حاصل شد. بر مبنای این نتایج سناریوهای طراحی شده از پایایی بسیار خوبی برخوردار بوده و در پرسش‌نامه‌ی نهایی قرار خواهند گرفت.

در نهایت، روایی هر سه بخش (الف)، (ب) و (ج) توسط اساتید حوزه‌ی حمل و نقل و آمار به تعداد ۷ نفر بررسی و نظرات آن‌ها در پرسش‌نامه‌ی نهایی تأمین شد.

۳- ۲- طراحی پرسش‌نامه اصلی

پرسش‌نامه‌ی اصلی پس از بررسی پایایی و روایی پرسش‌نامه‌ی آزمایشی و حذف و تغییر تعدادی از سؤالات طراحی شد که در ادامه به طرح و نتایج آن اشاره شده است.

۳- ۲- ۱- طرح نمونه‌گیری

جمع‌آوری داده بایستی در نمونه‌ای کوچک‌تر و کم حجم‌تر از جامعه با ویژگی‌های یکسان انجام و نتایج حاصل به کل جامعه تعمیم داده شود. جامعه‌ی آماری در پژوهش حاضر پمپ بنزین‌های دارای صف انتظار طولانی و پر ازدحام در کلان‌شهر تهران می‌باشد. در یک بررسی میدانی و آمار سالانه قیمت اراضی مشخص شد که پمپ بنزین‌های شمال تهران به علت قیمت گزاف زمین و تراکم مسکونی بالا و به تبع آن کاهش جذابیت برای سرمایه‌گذاری دارای این وضعیت می‌باشند، به همین دلیل شمال تهران به عنوان جامعه مدنظر قرار گرفت.

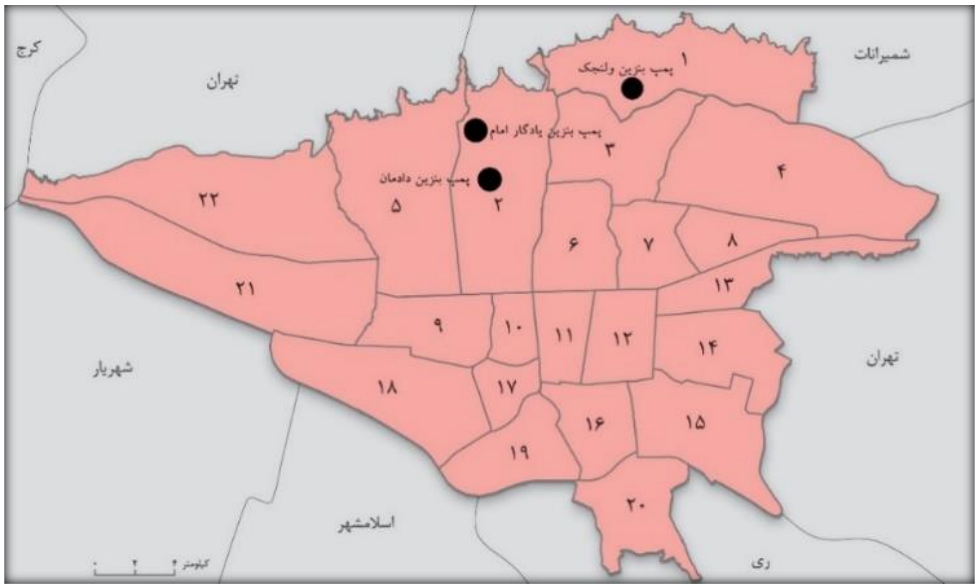
با توجه شکل ۲ و نوع جامعه، سه پمپ بنزین به صورت تصادفی از پمپ بنزین‌های شمال تهران جهت نمونه‌گیری و جمع‌آوری داده انتخاب شد که عبارت‌اند از:

پمپ بنزین ولنجک، واقع در منطقه‌ی ۱.

پمپ بنزین یادگارامام، واقع در منطقه‌ی ۲.

پمپ بنزین دادمان، واقع در منطقه‌ی ۲.

هر فرد برای سوخت‌گیری معمولاً روز و ساعت خاصی از ایام هفته را انتخاب می‌کند. این مسئله برای عده‌ای دیگر اهمیت نداشته و هر زمان، در هر روزی که باک خودروی آن‌ها خالی شود اقدام به سوخت‌گیری می‌نمایند. برای حفظ تصادفی بودن نمونه‌گیری و داشتن نمونه‌ای صحیح از جامعه



شکل ۲. نقشه‌ی مناطق ۲۲ گانه‌ی تهران و پمپ بنزین‌های منتخب

Fig. 2. Map of 22 districts of Tehran and selected gas stations

بایستی در ساعات و روزهای مناسب از هفته اقدام به جمع‌آوری داده شود. برای مثال اگر در روزهای شنبه و یک‌شنبه داده‌برداری شود، افرادی که در اواسط و اواخر هفته اقدام به سوخت‌گیری می‌کنند نادیده گرفته خواهند شد. به همین دلیل ترجیح داده شد که از ایام هفته در روزهای شنبه، سه‌شنبه و پنج‌شنبه، اقدام به نمونه‌گیری و داده‌برداری شود. هم‌چنین، ساعات نمونه‌برداری از جامعه‌ی مورد نظر در اوقات مختلف روز یعنی صبح، ظهر و عصر به صورت جدول ۳ تعریف شد.

با توجه به اینکه با اطمینان کامل نمی‌توان گفت که کاربران پمپ بنزین‌های شمال تهران تنها ساکن شمال تهران هستند، مسافران و کاربرانی را که از مناطق دیگر به این جایگاه‌ها مراجعه می‌کنند نیز باید در نظر گرفت که البته امری دشوار است. بنابراین جهت انتخاب حجم نمونه ترجیح داده شد از جدول مورگان که با استفاده از فرمول کوکران با درصد خطای مشخص برای مقادیر مختلفی از حجم جامعه محاسبه شده است، استفاده شود. بیش‌ترین مقدار حجم توصیه شده جهت بررسی بر اساس محاسبات کوکران و جدول مورگان برای حجم نمونه‌گیری به صورت تقریبی عدد ۳۸۴ می‌باشد. این عدد در حجم‌های بالایی از جامعه نیز تغییر چندانی نکرده و هم‌چنان ۳۸۴ یا ۳۸۵ در نظر گرفته می‌شود [۵۶]. بنابراین در این مقاله، حجم نمونه‌گیری ۳۸۷ نفر در نظر گرفته می‌شود.

۳- ۲- ۲- پرسش‌گری نهایی

با مشخص شدن مکان، زمان، روزها و حجم نمونه‌گیری پرسش‌گری نهایی از سه پمپ بنزین ولنجک، یادگار امام و دادمان انجام شد. در مجموع ۳۸۷ پرسش‌نامه از سه جایگاه جمع‌آوری شد که سهم هر جایگاه ۱۲۹ عدد بود. از این تعداد ۳۶۰ پرسش‌نامه سالم و ۲۷ عدد مخدوش و دارای نواقص بود.

۳- ۲- ۳- بررسی پایایی و روایی پرسش‌نامه‌ی اصلی

پس از وارد کردن داده‌های حاصل از پرسش‌نامه‌های اصلی، پایایی و روایی سؤالات به صورت زیر بررسی شد:

پایایی و روایی قسمت (الف) در بخش‌های قبلی تأمین شد.

پایایی و روایی قسمت (ب) با حذف سؤالات نامرتبط و دارای ضریب آلفای کرونباخ پایین تأمین شد.

روایی بخش (ج) در بخش‌های قبلی تأمین شد. پایایی آن نیز مجدداً به صورت جدول ۴ بررسی شد.

۳- ۲- ۴- دسته‌بندی داده‌ها در نرم‌افزار SPSS

بعضی از سؤالات پرسش‌نامه بازطراحی شده‌اند تا مقادیر عددی به خود

جدول ۳. نحوه‌ی نمونه‌گیری از ساعات مختلف روز (سلول‌های تیره رنگ ساعات نمونه‌گیری هستند)

Table 3. Sampling at different times of the day (Dark cells are the sampling hours)

۱:۰۰–۲٤:۰۰	۱۷:۰۰–۱٦:۰۰	۹:۰۰–۸:۰۰
۲:۰۰–۱:۰۰	۱۸:۰۰–۱۷:۰۰	۱۰:۰۰–۹:۰۰
۳:۰۰–۲:۰۰	۱۹:۰۰–۱۸:۰۰	۱۱:۰۰–۱۰:۰۰
٤:۰۰–۳:۰۰	۲۰:۰۰–۱۹:۰۰	۱۲:۰۰–۱۱:۰۰
۵:۰۰–٤:۰۰	۲۱:۰۰–۲۰:۰۰	۱۳:۰۰–۱۲:۰۰
٦:۰۰–۵:۰۰	۲۲:۰۰–۲۱:۰۰	۱۴:۰۰–۱۳:۰۰
۷:۰۰–٦:۰۰	۲۳:۰۰–۲۲:۰۰	۱۵:۰۰–۱۴:۰۰
۸:۰۰–۷:۰۰	۲۴:۰۰–۲۳:۰۰	۱۶:۰۰–۱۵:۰۰

جدول ۴. نتایج بررسی پایایی بخش (ج) از پرسش‌نامه‌ی اصلی

Table 4. Results of the reliability study of section (c) of the main questionnaire

تعداد سؤالات	آلفای کرونباخ
۵	۰/۹۴۸

گیرند. این مقادیر در نرم‌افزار به صورت واقعی وارد شده و سپس در ستون جدیدی دسته‌بندی شدند تا داده‌ها با سرعت بیش‌تری مورد بررسی قرار گیرد. دسته‌بندی بر اساس مفاهیم پایه‌ی آماری صورت می‌پذیرد تا معناداری دسته حفظ شود. در مقاله‌ی حاضر، داده‌ها به ۵ و ۶ دسته طبقه‌بندی شده‌اند که در جدول ۵ نمایش داده شده است.

۳– ۳– پلان پمپ بنزین در نرم‌افزار NetLogo

پلان ترسیم شده در نرم‌افزار NetLogo مطابق آنچه در شکل ۳ نمایش داده شده است، دارای یک خط بنزین معمولی با دو پمپ و دو جایگاه سوخت‌گیری با قیمت عادی ۱۰۰۰ تومان، و یک خط بنزین عبور–سریع با دو پمپ و دو جایگاه سوخت‌گیری با سناریوهای قیمتی مدنظر است. افراد منتظر در صف معمولی متقاضی بنزین با قیمت عادی ۱۰۰۰ تومان و حاضر به تحمل انتظار بیش‌تر، و افراد منتظر در صف عبور–سریع متقاضی بنزین با قیمت‌های بالاتر بوده و تمایلی به تحمل انتظار بیش‌تر ندارند.

۳– ۴– روند شبیه‌سازی

روند شبیه‌سازی در نرم‌افزار NetLogo مشخصاً بر مبنای شکل ۳ و با مراحل ذکر شده در شکل ۴ دنبال می‌شود.

۳– ۵– تعریف عامل‌ها

عامل‌ها در این شبیه‌سازی به صورت زیر تعریف می‌شوند:

۱–تمامی رانندگان خودروهای منتظر در دو صف خلوت و شلوغ به عنوان یک دسته عامل در نظر گرفته می‌شوند.

۲–تعداد عامل‌ها به صورت متغیر توسط نوار لغزنده‌ی (Car-Number) انتخاب می‌شود. می‌توان تعداد خودروها را با هر تعداد دلخواه بسته به محدودیت‌های نرم‌افزار و پردازش‌گر رایانه، در نظر گرفت.

۳–نرخ ورود عامل‌ها در هر ساعت، به صورت متغیر توسط نوار لغزنده‌ی (Inc) انتخاب می‌شود. این مقدار بسته به محدودیت‌های نرم‌افزار و پردازش‌گر رایانه دلخواه می‌باشد.

۳– ۶– صفات عامل‌ها

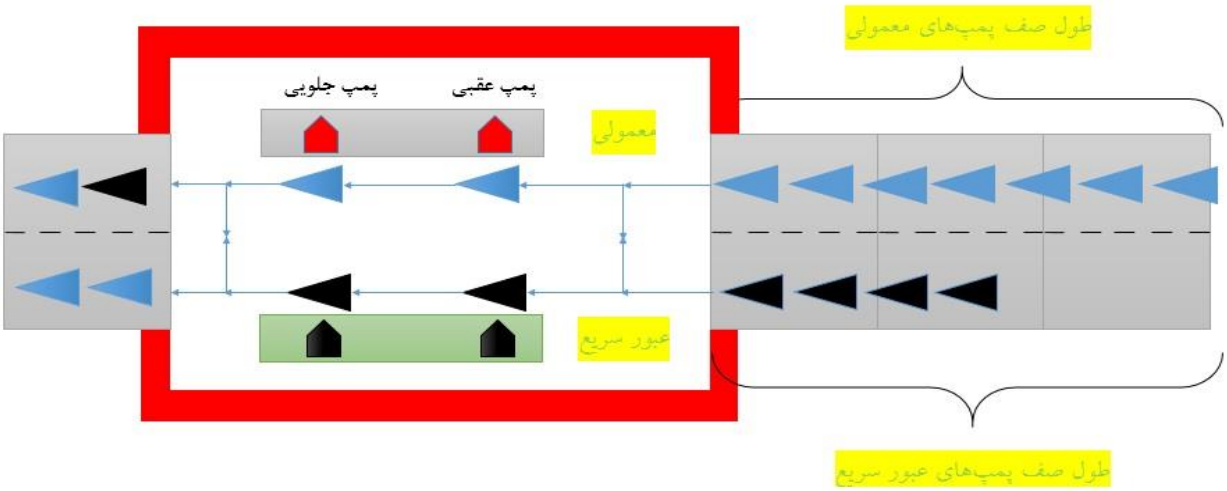
صفات عامل‌ها بر اساس اطلاعات حاصل از نرم‌افزار SPSS به صورت زیر تعریف می‌شود:

۱–ثروت (۱۷۱۵۹ تومان ایران = ۱ دلار آمریکا):

جدول ۵. دسته‌بندی متغیرهای کمی

Table 5. Classification of quantitative variables

متغیر	بازه‌ی دسته	نام دسته
ارزش تقریبی خودرو (میلیون تومان)	[۱۵–۱۱۵)	۱
	[۱۱۵–۲۱۵)	۲
	[۲۱۵–۳۱۵)	۳
	[۳۱۵–۴۱۵)	۴
	[۴۱۵–۵۱۵)	۵
	>۵۱۵	۶
آستانه‌ی تحمل انتظار در صف	[۲–۱۰)	۱
	[۱۰–۱۸)	۲
	[۱۸–۲۶)	۳
	[۲۶–۳۴)	۴
	[۳۴–۴۲]	۵



شکل ۳. پلان پمپ بنزین در نرم‌افزار NetLogo

Fig. 3. Gas station plan in NetLogo software

شکل ۴. مراحل پیگیری روند شبیه‌سازی

Fig. 4. Steps to follow the simulation process

میزان ثروت عامل‌ها بر مبنای قیمت تقریبی خودروی آن‌ها تعریف شده است.

ثروت عامل‌ها از ۱۵/۰۰۰/۰۰۰ تومان تا ۲/۵۰۰/۰۰۰/۰۰۰ تومان بر اساس جدول ۵ تعریف می‌شود.

هر چه ارزش خودروی عامل‌ها بیش‌تر باشد، تمایل آن‌ها به انتظار در صف شلوغ کم‌تر، و تمایل به پیوستن به صف خلوت بیش‌تر می‌شود.

۲–زمان انتظار:

این زمان، مدتی است که عامل‌ها در صف می‌توانند تحمل کنند و در واقع آستانه‌ی تحمل انتظار آن‌هاست.

آستانه‌ی تحمل انتظار عامل‌ها، از ۲ تا ۴۲ دقیقه بر اساس جدول ۵ تعریف می‌شود.

عامل‌ها، پس از سپری شدن این زمان، یا از سوخت‌گیری منصرف می‌شوند (اگر باک خودروی آن‌ها به صورت کامل خالی نباشد) یا به صف خلوت با قیمت‌های بالاتر می‌پیوندند.

۳–میزان پر یا خالی بودن باک:

عامل‌هایی که وارد صف می‌شوند، مقداری بنزین در باک خودروی آن‌ها موجود است.

در شبیه‌سازی متوسط ظرفیت باک خودروی تمامی عامل‌ها ظرفیت ۵۰ لیتر در نظر گرفته شده است.

عامل‌هایی که به صف بنزین مراجعه می‌کنند، باک خودروی آن‌ها به صورت تصادفی از ۲۰ تا ۵۰ لیتر خالی است (یعنی اگر کم‌تر از ۲۰ لیتر فضای باک خودروی آن‌ها خالی باشد به جایگاه مراجعه نمی‌کنند).

هر چه باک بیش‌تر خالی باشد، زمان بیش‌تری برای پر کردن آن صرف می‌شود.

برای هر لیتر خالی از فضای باک یک تیک در نرم‌افزار در نظر گرفته می‌شود.

۳– ۷– قوانین حاکم بر عامل‌ها

قوانین حاکم بر عامل‌ها در نرم‌افزار به صورت زیر تعریف می‌شود:

۱–تمامی عامل‌ها، باک خودروی خود را به صورت کامل پر می‌کنند.

۲–خروج از محل پمپ‌های عقبی منوط به خالی شدن پمپ‌های جلویی است (زیرا تا پمپ‌های جلویی خالی نشود، عامل‌های موجود در پمپ‌های عقبی نیز نمی‌توانند از جایگاه خارج شوند).

۳–هر عامل تا اتمام آستانه‌ی تحمل زمان انتظار خود در صف می‌ایستد

و بعد از آن اقدام به تصمیم‌گیری می‌کند (منصرف شدن یا پیوستن به صف خلوت).

۴-عامل‌هایی که باک خودروی آن‌ها به طور کامل خالی است، هرگز نمی‌توانند از سوخت‌گیری منصرف شوند.

۵-تنها ۲ الی ۳ درصد، رفتار غیرعادی برای عامل‌ها پیش‌بینی می‌شود. به عنوان مثال هنگامی که عامل ثروتش ۲/۵۰۰/۰۰۰/۰۰۰ تومان باشد و ممکن است به صف خلوت نپیوندد، همین‌طور ممکن است ثروت عامل ۱۵/۰۰۰/۰۰۰ تومان باشد و به صف خلوت بپیوندد. برای آستانه‌ی تحمل نیز چنین است.

۶-اگر در صف خلوت نیز بعد از گذر زمان و پیوستن عامل‌ها به آن، به اندازه‌ی صف شلوغ ازدحام شکل گیرد، عامل‌ها مجدداً اقدام به تصمیم‌گیری می‌کنند (منصرف شوند، در صف بمانند یا دوباره به صف شلوغ بروند).

۳- ۸- سناریوها

سناریوها در نرم‌افزار به صورت منوی کشویی با عنوان (Scenario) با قابلیت انتخاب جداگانه‌ی قیمت و امکان اخذ خروجی به صورت زیر تعریف می‌شوند (۱۷۱۵۹ تومان ایران = ۱ دلار آمریکا – در زمان انجام پژوهش):

۱. ۱۲۰۰ تومان
۲. ۱۴۰۰ تومان
۳. ۱۶۰۰ تومان
۴. ۱۸۰۰ تومان
۵. ۲۰۰۰ تومان

۳- ۹- خروجی‌ها

خروجی‌های مدنظر از نرم‌افزار NetLogo با عناوین و کارکردهای زیر در نظر گرفته می‌شوند:

۱-هر دو نمودار صف خلوت و صف شلوغ در یک گراف با عنوان «نمودار صفوف» در نظر گرفته می‌شود.

۲-با توجه به این که تعداد عامل‌ها در طول ۲۴ ساعت و با نرخ ورود مشخص در هر ساعت وارد جایگاه می‌شوند، لذا لازم است مشخص شود که در لحظه چند عامل اقدام به سوخت‌گیری کرده و یا چند عامل هنوز سوخت‌گیری نکرده است. این دو نمودار هر دو در یک گراف با عنوان «وضعیت جاری» در نظر گرفته می‌شود.

۳-نمودار میزان ثروت عامل‌های ملحق شده به صف شلوغ در یک گراف با عنوان «متشکلین صف پر ازدحام» در نظر گرفته شده است.

۴-نمودار میزان ثروت عامل‌های ملحق شده به صف خلوت در یک گراف با عنوان «متشکلین صف کم ازدحام» در نظر گرفته شده است.

۵-نمودار آستانه‌ی تحمل عامل‌های ملحق شده به صف شلوغ در یک گراف با عنوان «میزان تحمل صف پر ازدحام» در نظر گرفته شده است.

۶-نمودار آستانه‌ی تحمل عامل‌های ملحق شده به صف خلوت در یک گراف با عنوان «میزان تحمل صف کم ازدحام» در نظر گرفته شده است.

۳- ۱۰- پاسخ کاربران در رابطه با سناریوها

نتیجه انتخاب افراد با رجحان بیان شده برای هر پنج سناریو طرح‌ریزی شده در جدول ۶ آمده است. از نتایج جدول ۶ در بخش‌های بعد جهت مقایسه با نتایج حاصل از نرم‌افزار NetLogo استفاده خواهد شد. اما به جهت روشن‌تر شدن فضای شبیه‌سازی در نرم‌افزار و رفتار کاربران در فضای واقعی، تفسیری کوتاه از نتایج این جدول با توجه به سناریوهای طرح‌ریزی شده ارائه می‌شود که عبارت است از:

۱-در هر سناریو، درصد قابل توجهی از کاربران (به صورت میانگین ۷۳/۶۸ درصد) حاضر به تحمل مدت زمان انتظار در صف شلوغ بوده و تمایلی به پرداخت بهای بیش‌تر و تحمل زمان انتظار کم‌تر در صف خلوت را ندارند. این دسته از کاربران یا ثروت کمی (با توجه به معیار نوع خودرو) دارند، یا زمان برای آن‌ها فاقد ارزش است، یا با حوصله هستند (نسبت به پاسخگویی به سوالات علاقه‌مند بوده و عجله‌ای در اتمام پرسشگری نشان نمی‌دهند)، و یا ترکیبی از این دلایل می‌تواند باشد.

۲-در هر سناریو، درصد قابل توجهی از کاربران (به صورت میانگین ۲۰/۵۶ درصد) حاضر به پرداخت بهای بیش‌تر و تحمل زمان انتظار کم‌تر هستند، بنابراین به صف خلوت می‌پیوندند. این دسته از کاربران یا ثروت بالایی دارند، یا زمان برای آن‌ها ارزشمند است، یا کم‌حوصله هستند، و یا ترکیبی از این دلایل می‌تواند باشد.

۳-در هر سناریو، درصد کمی از افراد (به صورت میانگین ۵/۷۸ درصد) نه تنها حاضر به پرداخت بهای بیش‌تر نیستند، بلکه تحمل انتظار در صف شلوغ را نداشته و از سوخت‌گیری منصرف خواهند شد. این افراد قطعاً مقدار قابل قبولی از سوخت را در باک خودروی خود به هنگام مراجعه به جایگاه دارند، در غیر این صورت نمی‌توانند منصرف شوند.

۴-در بین سناریوها، سناریوهای ۴ و ۵ از محبوبیت بیش‌تری جهت پیوستن به صف خلوت برخوردارند، اگر چه بهای صف خلوت در این سناریوها بالاتر است. دلیل این است که شاید کاربران احساس می‌کنند اگر بهای

جدول ۶. خلاصه‌ای از آمار توصیفی سناریوها (۱۷۱۵۹ تومان ایران = ۱ دلار آمریکا)

Table 6. Summary of descriptive statistics of scenarios (17159 Iranian Tomans = 1 US Dollar)

ردیف	سناریو	قیمت (تومان)	انتخاب	سهم هر انتخاب
۱	سناریو ۱	۱۲۰۰	انتخاب صف شلوغ	۸۲/۸
			انتخاب صف خلوت	۱۱/۱
			انصراف از سوخت‌گیری	۶/۱
۲	سناریو ۲	۱۴۰۰	انتخاب صف شلوغ	۸۰/۶
			انتخاب صف خلوت	۱۲/۸
			انصراف از سوخت‌گیری	۶/۷
۳	سناریو ۳	۱۶۰۰	انتخاب صف شلوغ	۷۱/۷
			انتخاب صف خلوت	۲۲/۲
			انصراف از سوخت‌گیری	۶/۱
٤	سناریو ۴	۱۸۰۰	انتخاب صف شلوغ	۶۷/۲
			انتخاب صف خلوت	۲۷/۸
			انصراف از سوخت‌گیری	۵
۵	سناریو ۵	۲۰۰۰	انتخاب صف شلوغ	۶۶/۱
			انتخاب صف خلوت	۲۸/۹
			انصراف از سوخت‌گیری	۵

سوخت به اندازه‌ی ۲۰، ۴۰ یا ۶۰ درصد بالاتر باشد، کاربران زیادی به این صف‌ها مراجعه خواهند کرد و این صف‌ها به لحاظ مدت زمان انتظار تفاوت چندانی با صف شلوغ نخواهد داشت. بنابراین در این سناریوها بیش‌تر کاربران صف شلوغ را ترجیح داده‌اند. ولی در دو سناریوی چهارم و پنجم برداشت کاربران این است که به دلیل بهای بالا (تقریباً ۲ برابر نرخ مصوب ۱۰۰۰ تومان)، کاربران کم‌تری به این صفوف مراجعه کرده و در نتیجه مدت زمان انتظار آن‌ها با صف شلوغ به مقدار زیادی تفاوت خواهد داشت. بنابراین صف خلوت (دارای هزینه) در این سناریوها از محبوبیت بالاتری برخوردار است.

۳- ۱۱- نمودار صفوف در سناریوها

با توجه به نمودارهای شکل ۵ که خروجی شبیه‌سازی به کمک مدل عامل-مبنا در نرم‌افزار نت‌لگو است، نتایج زیر حاصل می‌شود:

۱-در لحظات اولیه‌ی اجرای شبیه‌سازی، صف پر ازدحام شروع به شلوغ‌تر شدن می‌شود. پس از مدتی، زمان انتظاری که بعضی از کاربران تحمل می‌کنند به آستانه‌ی تحمل آن‌ها رسیده و به صف کم ازدحام می‌پیوندند یا منصرف می‌شوند.

۲-پیوستن کاربران به صف کم ازدحام باعث خلوت شدن صف پر ازدحام شده و این نمودار بعد از اندکی سقوط به یک نرخ ثابت می‌رسد. چون صف کم ازدحام نیز با یک نرخ ثابتی حرکت می‌کند. در نهایت هر دو صف به یک تعادل نسبی می‌رسند.

۳-دو نتیجه‌ی فوق تقریباً مربوط به همه‌ی سناریوها است.

۴-با افزایش قیمت سناریوها، کاربران کم‌تری به صف خلوت می‌پیوندند که امری طبیعی است. زیرا قیمت بیش‌تر، باعث کاهش رغبت کاربران برای پیوستن به صف خلوت می‌شود.

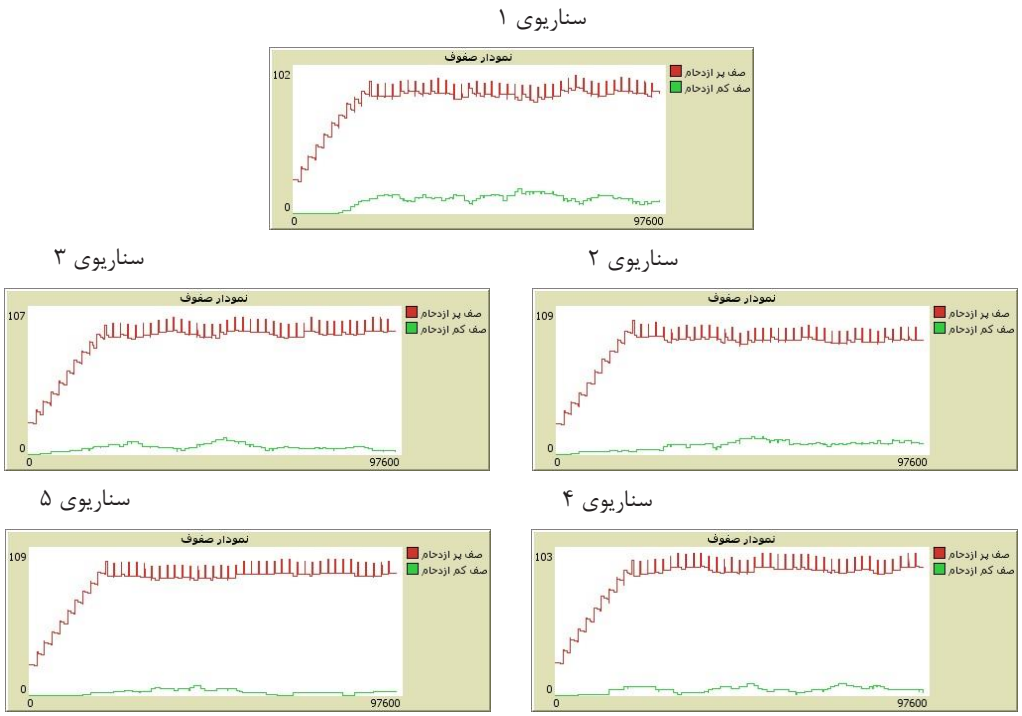
۵-سناریوهای ۱ و ۲ از سناریوهای محبوب کاربران است.

۳- ۱۲- نمودار وضعیت جاری در سناریوها

این نمودارها مربوط به نرخ ورود عامل‌ها در هر ثانیه در نرم‌افزار است. همان‌طور که مشاهده می‌شود در تمام سناریوها، نرخ ورود عامل‌ها برای ایجاد شرایط برابر در شبیه‌سازی یکسان است.

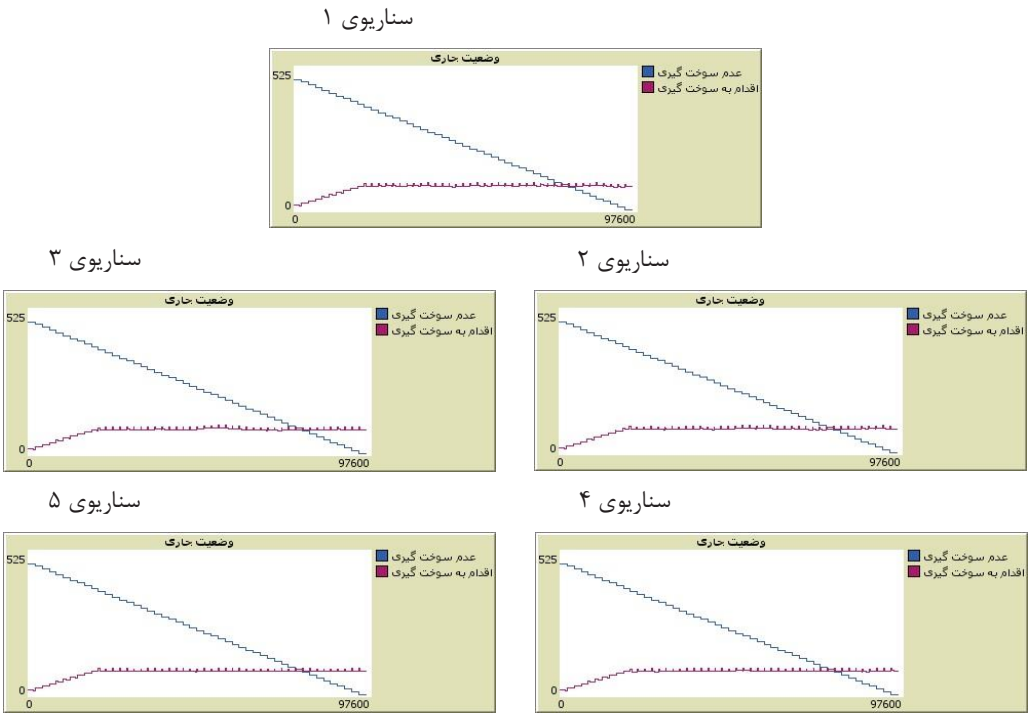
۳- ۱۳- نمودار حاضرین در صف کم ازدحام در سناریوها

این نمودارها نشان دهنده‌ی بازه‌ی ثروتی کاربرانی است که به صف خلوت پیوسته‌اند. با توجه به شکل ۷ نتایج ذیل حاصل می‌شود:



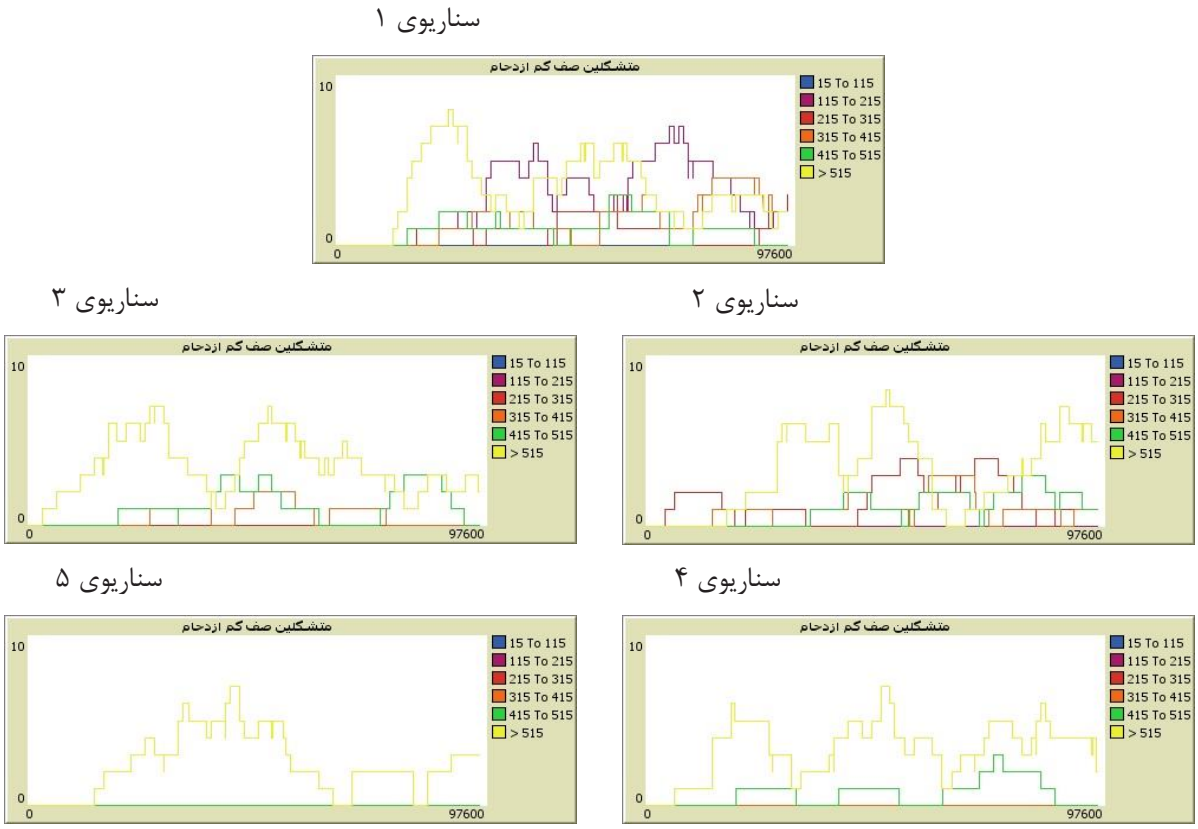
شکل ۵. وضعیت نمودار صفوف در سناریوهای ۱ تا ۵ (محور x: زمان، محور y: تعداد عامل‌ها در صف)

Fig. 5. Status of row diagrams in scenarios 1 to 5 (x-axis: time, y-axis: number of factors in the queue)



شکل ۶. نمودار وضعیت جاری در سناریوهای ۱ تا ۵ (محور x: زمان، محور y: تعداد عامل‌ها)

Fig. 6. Current situation diagram in scenarios 1 to 5 (x-axis: time, y-axis: number of factors)



شکل ۷. نمودار متشکلین صف کم ازدحام در سناریوهای ۱ تا ۵ (محور x: زمان، محور y: تعداد عامل‌ها در صف کم ازدحام)

Fig. 7. Diagram of low-congestion queue organizers in scenarios 1 to 5 (x-axis: time, y-axis: number of factors in low-congestion queue)

۱–با توجه به این که در نمودارهای سناریوهای ۱ و ۲، به علت بهای کم‌تر تمامی دسته‌های ثروتی حضور دارند، لذا سناریوهای ۱ و ۲ از سناریوهای محبوب برای کاربران است.

۲–در سناریوی ۵ که قیمت از همه‌ی سناریوها بالاتر است، تنها کاربران با ثروت دسته‌ی ۶ (بالاترین طبقه ثروتی – برحسب نوع خودروی سواری) به صف کم ازدحام پیوسته‌اند. البته تعدادی از کاربران با ثروت دسته‌ی ۵ نیز به چشم می‌خورد. ولی از پیوستن دیگر کاربران در این شرایط خبری نیست.

۳–در سناریوهای با قیمت پایین‌تر، کاربران با دسته‌های پایین‌تر مشارکت داشته‌اند، که این امری طبیعی است. یعنی با کاهش نرخ قیمت‌گذاری، تمایل کاربران با ثروت کم‌تر برای پیوستن به صف کم ازدحام بیش‌تر می‌شود.

۳– ۱۴– نمودار حاضرین در صف پر ازدحام در سناریوها

این نمودارها نشان دهنده‌ی بازه‌ی ثروتی کاربرانی است که به صف شلوغ پیوسته و حاضر به تحمل انتظار بیش‌تر در این صف شده‌اند. با توجه به شکل ۸ نتایج ذیل حاصل می‌شود:

۱–در هر ۵ سناریو، کاربران دسته‌ی ثروت ۱ با اختلاف بیش‌ترین اعضای صف شلوغ هستند که امری طبیعی است.

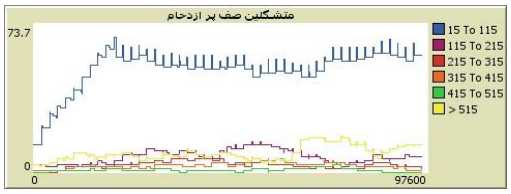
۲–تنوع دسته‌های ثروتی در هر ۵ سناریو مشاهده می‌شود. این نیز امری طبیعی است. چرا که ممکن است بعضی از کاربران هر چند ثروتمند، ولی باحوصله بوده و تمایلی به پرداخت بیش‌تر نداشته و در همان صف شلوغ بمانند.

۳– ۱۵– نمودار میزان تحمل صف کم ازدحام در سناریوها

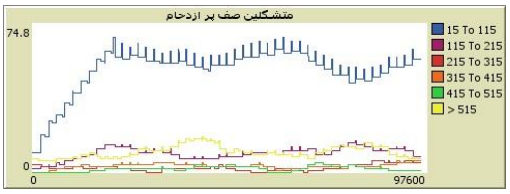
این نمودارها نشان دهنده‌ی آستانه‌ی تحمل کاربرانی است که به صف خلوت یا کم ازدحام که جهت ورود به آن باید هزینه پرداخت کنند پیوسته‌اند. با توجه به شکل ۹ نتایج زیر حاصل می‌شود:

۱–در هر ۵ سناریو، کاربرانی که به صف خلوت پیوسته‌اند دارای آستانه‌ی تحمل در دسته‌های ۱ و ۲ هستند که این امر کاملاً طبیعی است.

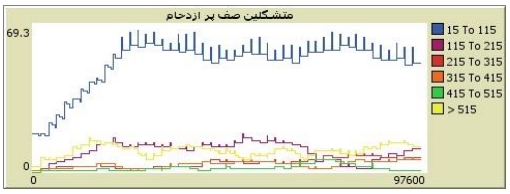
سناریوی ۱



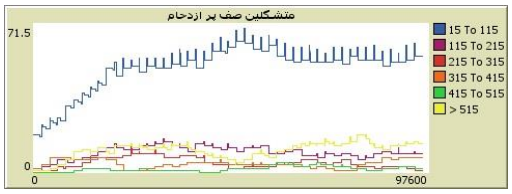
سناریوی ۲



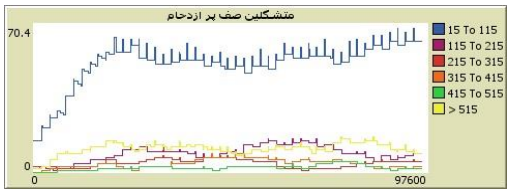
سناریوی ۳



سناریوی ۴



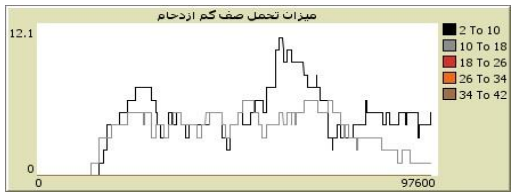
سناریوی ۵



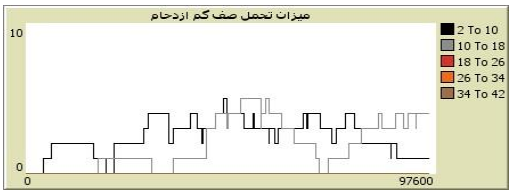
شکل ۸. نمودار متشکلین صف پر ازدحام در سناریوهای ۱ تا ۵ (محور x: زمان، محور y: تعداد عامل‌ها در صف پر ازدحام)

Fig. 8. Diagram of crowded queue organizers in scenarios 1 to 5 (x-axis: time, y-axis: number of agents in a crowded queue))

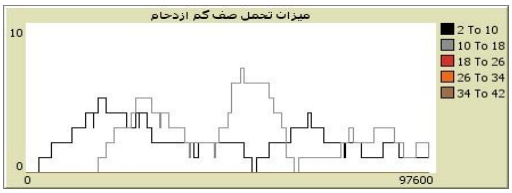
سناریوی ۱



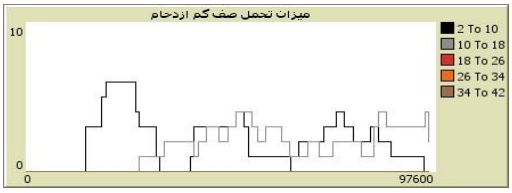
سناریوی ۲



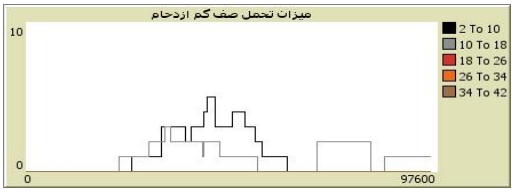
سناریوی ۳



سناریوی ۴

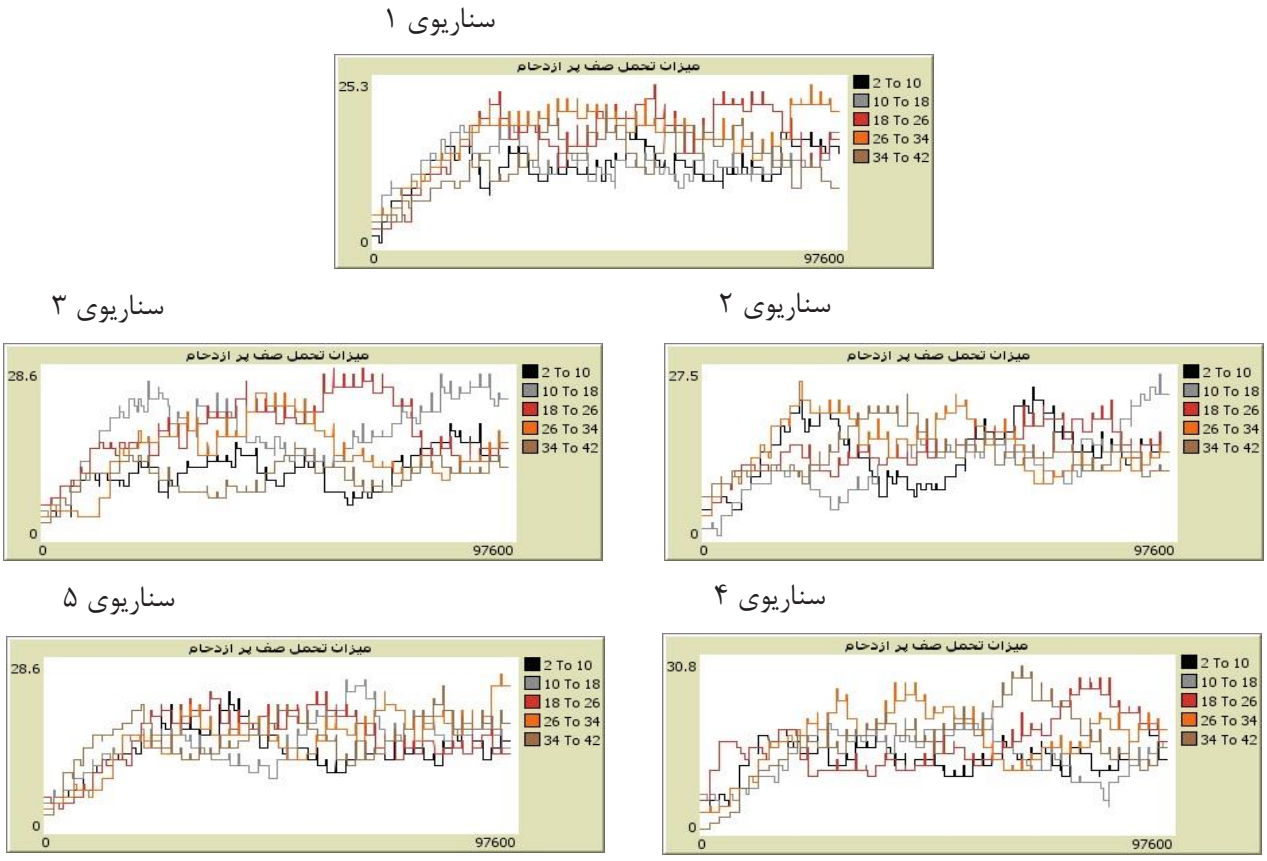


سناریوی ۵



شکل ۹. نمودار میزان تحمل صف کم ازدحام در سناریوهای ۱ تا ۵ (محور x: زمان، محور y: تعداد عامل‌ها در صف کم ازدحام)

Fig. 9. Diagram of low-congestion queue tolerance in scenarios 1 to 5 (x-axis: time, y-axis: number of factors in low-congestion queue)



شکل ۱۰. نمودار میزان تحمل صف پر ازدحام در سناریوهای ۱ تا ۵ (محور x: زمان، محور y: تعداد عامل‌ها در صف پر ازدحام)

Fig. 10. Diagram of overcrowding tolerance in scenarios 1 to 5 (x-axis: time, y-axis: number of factors in overcrowding)

۲-هر چه قیمت سناریوها کاهش می‌یابد درصد این افراد و تمایل آن‌ها جهت پیوستن به صف خلوت بیش‌تر می‌شود.

۳-سناریوی ۱ بیش‌ترین محبوبیت را برای این دسته از افراد دارا است.

۳- ۱۶- نمودار میزان تحمل صف پرازدحام در سناریوها

این نمودارها نشان دهنده‌ی آستانه‌ی تحمل کاربرانی است که به صف شلوغ پیوسته‌اند. با توجه به شکل ۱۰ نتایج زیر حاصل می‌شود:

۱-افرادی که در صف‌های شلوغ حضور دارند، اکثراً در دسته‌های ۳، ۴ و ۵ آستانه‌ی تحمل هستند که این مسئله دور از انتظار نیست.

۲-در مواردی مشاهده می‌شود که افراد با آستانه‌ی تحمل پایین، در صف پر ازدحام باقی مانده‌اند. این افراد می‌توانند کاربرانی باشند که در دسته‌ی ثروتی پایین قرار دارند.

۴- نتیجه‌گیری

پس از اعتبارسنجی، مشخص شد که نتایج شبیه‌سازی با پژوهش خو و همکاران (۲۰۱۲) مبنی بر تأثیر افزایش قیمت بر کاهش تقاضا هم‌سو است. هم‌چنین نتایج با پژوهش خلیلی‌خواه و همکاران (۲۰۱۶) مطابقت دارد که در آن افزایش قیمت سوخت جهت کنترل تقاضا کم‌ترین مقبولیت را در بین کاربران داشت و باعث کاهش تقاضا می‌شد. از طرفی نتایج شبیه‌سازی نشان داد که افزایش تعداد نازل‌ها فارغ از قیمت آن‌ها می‌تواند در تعدیل طول صف اثرات مثبتی داشته باشد. این نتیجه کاملاً با نتایج پژوهش اودیر (۲۰۱۳)، قلنکاشی و همکاران (۲۰۱۶) و (۲۰۱۸) منطبق است.

در این مقاله شناخت عامل‌ها، داده‌برداری و تحلیل آن‌ها زیربنایی برای انجام شبیه‌سازی عامل-مبنای جایگاه عرضه‌ی سوخت قرار گرفت. این داده‌ها که در نرم‌افزار SPSS تجزیه و تحلیل شد، بیش‌تر مربوط به نحوه‌ی

سوخت‌گیری و سناریوها بود و مشخص شد که کاربران از دیدگاه خود در اکثر اوقات ۱۴-۲ دقیقه را در صف انتظار منتظر می‌شوند، این در حالی است که شبیه‌سازی نشان می‌دهد زمانی را که اغلب کاربران می‌توانند در صف انتظار تحمل کنند ۱۸-۱۰ دقیقه می‌باشد، با این وجود دامنه تحمل آن‌ها باتوجه به پرسشگری در بازه‌ی ۲ تا ۴۲ دقیقه قرار دارد. از دیدگاه کاربران در شرایط تحلیل رجحان بیان شده، سناریوهای ۴ و ۵ از محبوبیت بیش‌تری برای پیوستن به صف خلوت برخوردار است. البته ثروت و آستانه‌ی تحمل آن‌ها در این امر تأثیر به‌سزایی دارد، چرا که مشخص گردید ثروت کاربران با تمایل آن‌ها به پرداخت رابطه‌ی مستقیم دارد. هم‌چنین کاربران با آستانه‌ی تحمل بالا تمایل‌شان به پرداخت و یا انصراف کم‌تر است و حتی به صفر می‌رسد. این نتایج در حالی به دست آمد که شبیه‌سازی با نرم‌افزار NetLogo محبوبیت سناریوهای ۱ و ۲ در بین کاربران را به نمایش گذاشت. به عبارت دیگر می‌توان گفت که با کاهش قیمت سناریوها، کاربران بیش‌تری به صف کم ازدحام یا صف عبور-سریع که ملزم به پرداخت هزینه هستند می‌پیوندند. در سناریوها با قیمت پایین‌تر پیوستن کاربران با دسته‌های پایین‌تر ثروت به چشم می‌خورد و در سناریوی ۵ که قیمت از همه‌ی سناریوها بالاتر است، تنها کاربران با ثروت دسته‌ی ۶ به صف عبور-سریع پیوسته‌اند. از طرفی در هر ۵ سناریو، کاربران دسته‌ی ثروت ۱، بیش‌ترین اعضای صف شلوغ هستند. هم‌چنین در هر ۵ سناریو، کاربرانی که به صف عبور-سریع پیوسته‌اند، دارای آستانه‌ی تحمل در بازه‌ی دسته‌های ۱ (۲ تا ۱۰ دقیقه) و ۲ (۱۰ تا ۱۸ دقیقه) هستند و افرادی که در صف شلوغ حضور دارند، اکثراً در دسته‌های ۳، ۴ و ۵ آستانه‌ی تحمل هستند. مقایسه‌ی نتایج SPSS و NetLogo نشان می‌دهد که در روش رجحان بیان شده، افراد به دلیل قضاوت‌ها و تصورات ذهنی خود تمایل بیش‌تری نسبت به سناریوهای گران قیمت‌تر دارند، در حالی که نتایج شبیه‌سازی عامل-مبنا عکس این موضوع را نشان می‌دهد. این موضوع دستاوردی حائز اهمیت است که نشان می‌دهد در شرایطی که کاربران با وضعیت غیرعادی روبرو باشند که در اینجا مواجهه با صف طولانی سوخت‌گیری است، استناد به پاسخ‌های به دست آمده از روش رجحان بیان شده نمی‌تواند مبنای درستی برای تصمیم‌گیری باشد. علاوه بر نتایج فوق، به طور کلی و بر مبنای هر کدام از این نتایج می‌توان گفت که پیش‌بینی خطوط عبور-سریع در جایگاه‌های عرضه‌ی بنزین با صف طولانی، با قیمت بالاتر و طول صف کم‌تر در مناطق شهری که قیمت اراضی به نسبت متوسط شهر بسیار بالاتر است و اکثر ساکنان نیز از وضعیت اقتصادی متوسط به بالای جامعه برخوردارند می‌تواند راهکاری جهت تعدیل طول صف باشد.

منابع

[1] Y. Sheffi, Urban Transportation Networks. Equilibrium Analysis with Mathematical Programming Methods, (1985).

[2] K.S. Kalid, J. Ahmad, Y.S. Peng, Y.K. Hooi, PETRONAS Petrol Station Fuel Consumption Forecast System, Proceedings of the Second International Conference on Artificial Intelligence in Engineering & Technology (2004.

[3] D. Popović, M. Vidović, N. Bjelić, Simulation Model for Irp in Petrol Station Replenishment, 2nd Logistics International Conference (2015).

[4] A. Benantar, R. Ouafi, J. Boukachour, A petrol station replenishment problem: new variant and formulation, Logistics Research, 9(1) (2016) 6.

[5] H.L. Khoo, G.P. Ong, W.C. Khoo, Short-term impact analysis of fuel price policy change on travel demand in Malaysian cities, Transportation Planning and Technology, 35(7) (2012) 715-736.

[6] M. Khalilikhah, M. Habibian, K. Heaslip, Acceptability of increasing petrol price as a TDM pricing policy: A case study in Tehran, Transport Policy, 45 (2016) 136-144.

[7] S. Mwenda, D.M. Oloko, Determinants of Motorists Choice of a Petrol Station in Kenya a Survey of Thika Sub County, International Journal of Social Science and Information Technology, Ii(Ix) (2016).

[8] H.S. Dutsenwai, A. Abdullah, A.B.S.A. Jamak, A.M. Noor, Factors influencing customer loyalty in Malaysian petrol stations: moderating effect location, Journal of Scientific Research and Development, 2(12) (2015) 56-63.

[9] P. Grunewald, M. Diakonova, Flexibility, dynamism and diversity in energy supply and demand: A critical review, Energy Research & Social Science, 38 (2018) 58-66.

[10] J. Li, J.H. Stock, Cost pass-through to higher ethanol blends at the pump: Evidence from Minnesota gas station data, Journal of Environmental Economics and Management, 93 (2019) 1-19.

[11] A.A. Onoja, M.M. Kembe, G. Cj, J.C. Gbenimako,

S.A. Helmi, J.M. Rohani, N.M. Yusof, An efficient integrated simulation–Taguchi approach for sales rate evaluation of a petrol station, Neural Computing and Applications, 29(4) (2018) 1073-1085.

[21] G. Xu, M. Xu, Y. Wang, Y. Liu, K. Assogba, Optimization of energy supply system under information variations based on gas stations queuing analyses, Systems Science & Control Engineering, 6(2) (2018) 10-23.

[22] R. Hassin, J.H.P. Milo, On Rational Behavior in a Loss System with One Observable Queue and One Unobservable Queue, in, Springer International Publishing, Cham, 2019, pp. 166-182.

[23] H. Zheng, Y.-J. Son, Y.-C. Chiu, L. Head, Y. Feng, H. Xi, S. Kim, M. Hickman, A Primer for Agent-Based Simulation and Modeling in Transportation Applications, U.S. Department of Transportation Federal Transit Administration, U.S, 2013.

[24] D. Helbing, Chapter2, Agent-Based Modeling, in: D. Helbing (Ed.) Social Self-Organization: Agent-Based Simulations and Experiments to Study Emergent Social Behavior, Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 2012, pp. 25-70.

[25] R. Axelrod, Chapter 33 Agent-based Modeling as a Bridge Between Disciplines, in: L. Tesfatsion, K.L. Judd (Eds.) Handbook of Computational Economics, Elsevier, 2006, pp. 1565-1584.

[26] C.M. Macal, M.J. North, Tutorial on agent-based modeling and simulation, in: Proceedings of the Winter Simulation Conference, IEEE, (2005). DOI: 10.1109/WSC.2005.1574234.

[27] D.B. Fuller, E.F. de Arruda, V.J.M. Ferreira Filho, Learning-agent-based simulation for queue network systems, Journal of the Operational Research Society, 71(11) (2020) 1723-1739.

[28] J.L. Adler, V.J. Blue, A cooperative multi-agent transportation management and route guidance system, Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 10(5) (2002) 433-454.

[29] W. Fei-Yue, Agent-based control for networked traffic management systems, IEEE Intelligent Systems, 20(5)

Application of Queueing Theory to Customers Purchasing Premium Motor Spirit (PMS) at a Filling Station, Statistics and Mathematical Sciences, 3 (2017) 10.

[12] N. Madadi, A.H. Roudsari, K.Y. Wong, M.R. Galankashi, Modeling and Simulation of a Bank Queuing System, in: 2013 Fifth International Conference on Computational Intelligence, Modelling and Simulation, 2013, pp. 209-215.

[13] A.K. Sharma, D.G.K. Sharma, Queueing Theory Approach with Queueing Model: A Study, International Journal of Engineering Science Invention, 2(2), (2016).

[14] N.Balaji, Optimal Resource Model Using Matlab / Simulink Controlled Queuing System Using Multiserver at Major Fuel Stations, International Journal of Pure and Applied Mathematics, 113. 221-229, (2017).

[15] A.A. Shojaie, M. Haddadi, F. Abdi, Hybrid Systems Modeling in Non Standard Queue and Optimization with the Simulation Approach in CNG Stations, Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology 4(14) (2012) 2110-21.

[16] A. Moazzam, M.R. Galankashi, A. Khademi, Simulation, Modeling and Analysis of a Petrol Station, International Review on Modelling and Simulations (I.RE.MO.S.), 6(1) (2013) 246-253.

[17] A.O. Odior, Application of Queuing Theory to Petrol Stations in Benin-City Area ff Edo State, Nigeria, Nigerian Journal of Technology (Nijotech), 32 (2013) 325-332.

[18] F. Wei, L. Zhang, T. Liu, X. Lu, K. Mori, Autonomous Community Architecture and Construction Technology for City Petrol Supply Management System, in: 2015 IEEE Twelfth International Symposium on Autonomous Decentralized Systems, 2015, pp. 109-113.

[19] M.R. Galankashi, E. Fallahiarezoudar, A. Moazzami, N.M. Yusof, S.A. Helmi, Performance evaluation of a petrol station queuing system: A simulation-based design of experiments study, Advances in Engineering Software, 92 (2016) 15-26.

[20] M.R. Galankashi, E. Fallahiarezoudar, A. Moazzami,

(2015).

[30] M. Balmer, K.W. Axhausen, K. Nagel, Agent-Based Demand-Modeling Framework for Large-Scale Microsimulations, Transportation Research Record, 1985(1) (2006) 125-134.

[31] K.W. Axhausen, M. Balmer, K. Meister, M. Rieser, K. Nagel, Agent-based simulation of travel demand Structure and computational performance of MATSim-T, Conference Paper (2008).

[32] J. Auld, M. Hope, H. Ley, V. Sokolov, B. Xu, K. Zhang, POLARIS: Agent-based modeling framework development and implementation for integrated travel demand and network and operations simulations, Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 64 (2016) 101-116.

[33] J. Holmgren, P. Davidsson, J.A. Persson, L. Ramstedt, TAPAS: A multi-agent-based model for simulation of transport chains, Simulation Modelling Practice and Theory, 23 (2012) 1-18.

[34] R.B. Matthews, N.G. Gilbert, A. Roach, J.G. Polhill, N.M. Gotts, Agent-based land-use models: a review of applications, Landscape Ecology, 22(10) (2007) 1447-1459.

[35] T. Zhang, S. Gensler, R. Garcia, A Study of the Diffusion of Alternative Fuel Vehicles: An Agent-Based Modeling Approach*, Journal of Product Innovation Management, 28(2) (2011) 152-168.

[36] J. Gjerdrum, N. Shah, L.G. Papageorgiou, A combined optimization and agent-based approach to supply chain modelling and performance assessment, Production Planning & Control, 12(1) (2001) 81-88.

[37] N. Julka, R. Srinivasan, I. Karimi, Agent-based supply chain management—1: framework, Computers & Chemical Engineering, 26(12) (2002) 1755-1769.

[38] N. Julka, I. Karimi, R. Srinivasan, Agent-based supply chain management—2: a refinery application, Computers & Chemical Engineering, 26(12) (2002) 1771-1781.

[39] H.J. Ahn, H. Lee, An Agent-Based Dynamic Information Network for Supply Chain Management, BT Technology Journal, 22(2) (2004) 18-27.

[40] S.O. Kimbrough, D.J. Wu, F. Zhong, Computers play the beer game: can artificial agents manage supply chains?, Decision Support Systems, 33(3) (2002) 323-333.

[41] W.-Y. Liang, C.-C. Huang, Agent-based demand forecast in multi-echelon supply chain, Decision Support Systems, 42(1) (2006) 390-407.

[42] P. Priya Datta, M. Christopher, P. Allen, Agent-based modelling of complex production/distribution systems to improve resilience, International Journal of Logistics Research and Applications, 10(3) (2007) 187-203.

[43] O. Labarthe, B. Espinasse, A. Ferrarini, B. Montreuil, Toward a methodological framework for agent-based modelling and simulation of supply chains in a mass customization context, Simulation Modelling Practice and Theory, 15(2) (2007) 113-136.

[44] O. Kwon, G.P. Im, K.C. Lee, MACE-SCM: A multi-agent and case-based reasoning collaboration mechanism for supply chain management under supply and demand uncertainties, Expert Systems with Applications, 33(3) (2007) 690-705.

[45] X. Xue, X. Li, Q. Shen, Y. Wang, An agent-based framework for supply chain coordination in construction, Automation in Construction, 14(3) (2005) 413-430.

[46] M. Galán José, A. López-Paredes, R. del Olmo, An agent-based model for domestic water management in Valladolid metropolitan area, Water Resources Research, 45(5), (2009).

[47] R. Garcia, Uses of Agent-Based Modeling in Innovation/ New Product Development Research*, Journal of Product Innovation Management, 22(5), 380-398, (2005).

[48] E. Kiesling, M. Günther, C. Stummer, L.M. Wakolbinger, Agent-based simulation of innovation diffusion: a review, Central European Journal of Operations Research, 20(2) (2012) 183-230.

[49] E. Bonabeau, Agent-based modeling: Methods and techniques for simulating human systems, Proceedings of the National Academy of Sciences, 99(suppl 3) (2002) 7280.

391(8) (2012) 2740-2751.

[50] X. Pan, C.S. Han, K. Dauber, K.H. Law, A multi-agent based framework for the simulation of human and social behaviors during emergency evacuations, AI & SOCIETY, 22(2) (2007) 113-132.

[51] C. Ren, C. Yang, S. Jin, Agent-Based Modeling and Simulation on Emergency Evacuation, in: J. Zhou (Ed.) Complex Sciences, Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 2009, pp. 1451-1461.

[52] X. Zheng, T. Zhong, M. Liu, Modeling crowd evacuation of a building based on seven methodological approaches, Building and Environment, 44(3) (2009) 437-445.

[53] V. Ha, G. Lykotrafitis, Agent-based modeling of a multi-room multi-floor building emergency evacuation, Physica A: Statistical Mechanics and its Applications,

[54] W. Yin, P. Murray-Tuite, S.V. Ukkusuri, H. Gladwin, An agent-based modeling system for travel demand simulation for hurricane evacuation, Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 42 (2014) 44-59.

[55] X. Chen, F.B. Zhan, Agent-based modelling and simulation of urban evacuation: relative effectiveness of simultaneous and staged evacuation strategies, Journal of the Operational Research Society, 59(1) (2008).

[56] R.V. Krejcie, D.W. Morgan, Determining Sample Size for Research Activities, Educational and Psychological Measurement, 30(3) (1970) 607-610.

چگونه به این مقاله ارجاع دهیم

M. Ramezani, H. Mirzahossein, A. A. Rassafi, Agent-Base Modeling of Refueling Vehicles based on Demand Management Approach and Comparing its Result with the Stated Preferences Method in Tehran, Amirkabir J. Civil Eng., 54(9) (2022) 3411-3432.

DOI: 10.22060/ceej.2022.18192.7141