E-ISSN: 2676-6159 | P-ISSN: 2538-5079

Journal of Decisions and Operations Research

www.journal-dmor.ir

J. Decis. Oper. Res. Vol. 8, No. 1 (2023) 39–71.

Paper Type: Original-Application Paper

Multi-Objective Mathematical Modeling Focused on Hotel Revenue and Passenger Cost by NSGA-II and MOPSO

Mohammad Saviz Asadi-Lari[1,*], Maryam Abbas-Ghorbani[1], Reza Tavakkoli-Moghaddam[2]

[1] *Department of Industrial Engineering, Payame Noor University, Tehran, Iran; savizasadi@pnu.ac.ir; maryam_abbasghorbani@student.pnu.ac.ir.*

[2] *School of Industrial Engineering, College of Engineering, University of Tehran, Tehran, Iran; tavakoli@ut.ac.ir.*

Citation:

Asadi-Lari, M. S., Abbas-Ghorbani, M., & Tavakkoli-Moghaddam, R. (2023). Multi-objective mathematical modeling focused on hotel revenue and passenger cost by NSGA-II and MOPSO. *Journal of decisions and operations research, 8*(1), 39-71.

Received: 05/12/2022 Reviewed: 09/01/2023 Revised: 19/01/2023 Accepted: 15/02/2023

Abstract

Purpose: The hotel industry has become a competitive industry at the international level in recent decades, and countries have tended to use developed models and new techniques, and provide innovations to maximize income from it. As a result, it is critical to pay attention to how we can manage hotel income while noticing travel and passenger transportation costs and use modeling compatible with this field to optimize goal achievement.

Methodology: The problems of optimizing hotel revenue management, passenger cost management, and analyzing how to expand the transportation used by them have been studied in this research. One of the key issues studied is to predict how to transport a passenger and choose its type based on different modes of travel such as air, rail, water, and road based on the amount of the passenger's budget.

Findings: Many effective factors and criteria have been considered in the modeling done, and the amount of hotel reception capacity in the selected cities of travelers and the provision of various types of rooms with different pricing, and the examination of elements related to the services provided to travelers by the hotel and different accesses of the hotel, which is based on the hotel's revenue model, affect on. It is useful to estimate the state of competitive factors of hotels. Noteworthy, the transfer and mode of transportation have been determined to predict the level of demand for hotel reservations for all types of travelers during different periods in different tourism seasons. This subject is based on the traveler's budget allocated for paying expenses during the travel pattern and the related results extracted from the estimated income model, as well as the influencing factors in choosing the hotel and transportation.

Originality/Value: In the current study, the design of NP-Hard problems led to the use of exact methods in small-sized problems and two multi-objective meta-heuristic algorithms, namely NSGA-II and MOPSO, in medium- and large-sized problems. The computation results show that the proposed algorithms are efficient and suitable methods for problem-solving.

Keywords: Multi-objective mathematical modeling, Revenue management, Passenger cost, Particle swarm optimization, Genetic algorithm.

Corresponding Author: savizasadi@pnu.ac.ir

http://dorl.net/dor/20.1001.1.25385097.1402.8.1.3.5

Licensee. **Journal of Decisions and Operations Research**. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0).

Journal of Decisions and Operations Research

تصمیم‌گیری و تحقیق در عملیات

دوره ۸، شماره (۱)، (۱۴۰۲)، ۷۱-۳۹

www.journal-dmor.ir

نوع مقاله: پژوهشی-کاربردی

مدل‌سازی ریاضی چندهدفه متمرکز بر درآمد هتل و هزینه مسافر با الگوریتم‌های NSGA-II و MOPSO

محمد ساویز اسدی لاری[۱،*]، مریم عباس قربانی[۱]، رضا توکلی مقدم[۲]

[۱]گروه مهندسی صنایع، دانشگاه پیام‌نور، تهران، ایران.

[۲]دانشکده مهندسی صنایع، دانشکدگان فنی، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

چکیده

هدف: طی دهه‌های پیشین، صنعت هتل‌داری در سطح بین‌المللی به صنعتی رقابتی مبدل شده است که کشورها جهت کسب حداکثر درآمد حاصل از آن، متمایل به به‌کارگیری مدل‌های توسعه داده شده، تکنیک‌های جدید و ارایه نوآوری‌ها شده‌اند. به همین سبب توجه به چگونگی مدیریت درآمد هتل‌ها و از سویی دیگر مدیریت هزینه‌های سفر و حمل‌ونقل مسافر و به‌کارگیری مدل‌سازی‌های سازگار با این حوزه جهت بهینه‌سازی در دستیابی به اهداف ضرورت دارد.

روش‌شناسی پژوهش: در این پژوهش، طرح مسایل در خصوص بهینه‌سازی مدیریت درآمد هتل‌ها، مدیریت هزینه مسافران و واکاوی چگونگی توسیع حمل‌ونقل استفاده‌شده توسط آن‌ها صورت‌گرفته است. پیش‌بینی چگونگی حمل‌ونقل مسافر و انتخاب نوع آن باتوجه‌به حالت‌های مختلف سفر چون هوایی، ریلی، آبی و جاده‌ای مبتنی بر میزان بودجه مسافر از مسایل شاخص موردمطالعه است.

یافته‌ها: در مدل‌سازی‌های انجام‌شده عوامل و معیارهای موثر بسیاری لحاظ شده است و میزان ظرفیت پذیرش هتل‌ها در شهرهای منتخب مسافران و ارایه انواع اتاق‌ها با قیمت‌گذاری‌های مختلف و بررسی عناصر وابسته به خدمات ارایه شده برای مسافر توسط هتل و دسترسی‌های مختلف هتل که مبتنی بر مدل درآمد هتل‌هاست، تاثیر به سزایی در برآورد وضعیت عوامل رقابتی هتل‌ها دارد. به جهت پیش‌بینی‌های مدنظر سطح تقاضای انواع مسافران جهت رزرو هتل طی دوره‌های مختلف زمانی در فصول متفاوت گردشگری بر اساس بودجه تخصیص‌داده‌شده توسط مسافر برای پرداخت هزینه‌ها در طی الگوی سفر و نتایج مرتبط مستخرج از مدل درآمدی برآورد شده و عوامل تاثیرگذار در انتخاب هتل و حمل‌ونقل و چگونگی سفر شناسایی شده است.

اصالت/ارزش افزوده علمی: طرح مسایل *NP-Hard* در پژوهش حاضر سبب شده است تا در ابعاد کوچک از استراتژی‌های دقیق و در ابعاد متوسط و بزرگ از الگوریتم‌های فراابتکاری *NSGA-II* و *MOPSO* جهت حل بهره گرفته شود. نتایج مستخرج از محاسبات صورت‌گرفته حاکی از آن است که الگوریتم‌های پیشنهادی روش کارا و مناسبی برای حل مسایل بوده است.

کلیدواژه‌ها: مدل‌سازی ریاضی چندهدفه، مدیریت درآمد، هزینه مسافر، بهینه‌سازی ازدحام ذرات، الگوریتم ژنتیک.

۱- مقدمه

از میان حوزه‌های موثر در صنعت گردشگری و صنایع مرتبط با آن، صنعت هتل‌داری نقش به‌سزایی را به سبب جایگاه مهم و انکارناپذیرش در روند بقا و توسعه صنعت گردشگری در میان دیگر حوزه‌ها ایفا می‌کند؛ به‌بیان‌دیگر می‌توان آن را شاهراه حیاتی صنعت گردشگری و موثرترین عنصر زنجیره این صنعت دانست. از همین رو بررسی توام عوامل و عناصری که می‌تواند در راستای بهینه‌کردن میزان درآمد سبب

* نویسنده مسئول

savizasadi@pnu.ac.ir

http://dorl.net/dor/20.1001.1.25385097.1402.8.1.3.5

کسب درآمد روزافزون و مدیریت درآمد کسب‌شده گردد با عواملی که مسبب مدیریت هزینه‌های مسافر متناسب با بودجه در دست و عامل جذابیت سفر در مقصد و انتخاب هتل است، ضرورت دارد.

شناسایی عوامل تاثیرگذار و کلیدی در کسب درآمد هتل‌ها، عرضه و تقاضای سفر، ترجیحات مسافران به یک یا چند مقصد انتخابی، سنجش اثر میزان درآمد مسافران بر میزان مخارج سفر، چگونگی حمل‌ونقل مسافر در طی سفر جهت برنامه‌ریزی این بخش و تخصیص بهینه منابع اقتصادی مرتبط ثمربخش خواهد بود. مطلوب‌ترین منشا مزیت رقابتی بلندمدت سازمان‌هایی مانند هتل‌ها، مزیت رقابتی مبتنی بر قابلیت‌های داخلی سازمان است؛ از همین رو بررسی عوامل عملکردی موثر بر رقابت‌پذیری و تعیین نرخ رقبا جهت ارایه ارزش متمایز می‌تواند شاخصی تعیین‌کننده در گزینش نهایی مسافر برای سکنی‌گزینی در هتل منتخب و اجرای سفر گردد [11]. مدیریت درآمد هتل به‌کارگیری استراتژی‌های قیمت‌گذاری امکانات و تجهیزات موجود مرتبط با هتل در تخصیص بهینه ظرفیت به مشتریان و ارایه خدمات تحت عنوان معمولی یا اضافه را نشان می‌دهد [6]. به‌عبارت‌دیگر علم پیش‌بینی زمان واقعی تقاضای مسافر و بهینه‌کردن درآمد حاصل از هزینه‌های پرداخت‌شده توسط مسافران و بررسی عوامل موثر رقابتی در نوسان کسب درآمد است [17]. از سویی دیگر مدیریت مخارج و هزینه‌های مسافران، کلیه مخارج سفر اعم از حمل‌ونقل منتخب برای سفر، رزرو اقامت و غیره که از انگیزه سفر مسافر متاثر است، می‌باشد. در مساله پژوهش حاضر انگیزه مسافران بر وفاداری آنان مستلزم شناخت کافی از عوامل نافذ در فرآیند این تاثیرگذاری می‌باشد.

مبتنی بر جایگاه مشتری در صنعت هتل‌داری و اهمیت بالای ارایه خدمات صورت‌گرفته برای مسافر، رقابت بسیاری در این صنعت وجود دارد. به‌منظور اهمیت و نقش بی‌بدیل مدیریت درآمد هتل‌ها با توجه به هزینه‌های مسافران مبتنی بر بودجه تخصیص‌داده‌شده به سفر، در پژوهش حاضر جهت شناسایی راهکارها و تکنیک‌های بهبود اهداف، مدل‌های ریاضی متناسب با ویژگی‌ها و معیارهای مهم توسعه داده شده است.

در مدل‌سازی‌های انجام شده در پژوهش حاضر در راستای توسعه و رونق صنعت هتل‌داری به بهینه‌سازی مدیریت درآمد هتل منتخب در حداکثر حالت ممکن سطح آن و مدیریت هزینه‌های پرداختی مسافران و کمینه‌سازی مخارج پرداخته شده است. در مدل‌های مذکور در فصول مختلف گردشگری به بررسی شرایطی چون برنامه‌ریزی رزرواسیون مبتنی بر اتاق‌های رزرو شده و نوع آن‌ها، تعداد شب رزرو توسط مسافر، چگونگی کنسلی و وضعیت اطلاع یا عدم اطلاع به هتل، بررسی اثر فواصل هتل تا ایستگاه‌های حمل‌ونقل، اماکن گردشگری، خدمات درمانی و مراکز مرتبط با مقاصد تجاری، تاثیر نرخ رقبا در انتخاب هتل و سطح پرداخت هزینه‌های سفر منطبق بر آن، ظرفیت هتل، بودجه تخصیص‌داده‌شده به‌تمامی مراحل مرتبط با سفر توسط مسافر بر اساس میزان درآمد، بررسی هزینه‌های پرداختی جهت رزرو هتل، حمل‌ونقل، بهره‌مندی از خدمات درمانی، بازدید اماکن گردشگری و مراکز مرتبط با مقاصد تجاری در طی سفر، صرف هزینه‌های مازاد، صرف هزینه‌های اضطراری و بسیاری از عناصر حایز اهمیت دیگر در نظر گرفته شده است.

۲- پیشینه پژوهش

در این بخش به بررسی مطالعات مرتبط و واکاوی آن‌ها پرداخته خواهد شد. نخست عناصر کاربردی به طور مختصر تبیین می‌گردد. هتل‌ها به جهت دستیابی به اهداف تجاری خود و کسب موفقیت در چالش‌های مدیریتی می‌بایست توجه خاصی به چگونگی ارایه خدمات به مسافران و بهینه‌سازی زنجیره عرضه خود داشته باشند. مدیریت کارا و موفق در زنجیره عرضه خدمات و امکانات هتل‌ها منوط به بهینه‌سازی درآمدی است که حاصل فراهم‌سازی نیازهای مسافران می‌باشد.

برقراری سیستم هزینه‌یابی و به‌کارگیری روش‌ها و بهره‌مندی از فرآیند بهینه‌سازی مخارج صرف شده مسافران در طی زمان سفر و سنجش توام آن با برآورد عوامل موثر در ایجاد درآمد برای هتل ضرورت بسیار دارد، چراکه برای مسافران مسایل مرتبط با مخارج سفر متناسب با سطح درآمدی که قادر هستند از آن برای پرداخت هزینه‌های سفر استفاده‌کننده امری حایز اهمیت است [18].

در **جدول ۱** مطالعات مرتبط با پژوهش حاضر واکاوی شده‌اند. در برخی پژوهش‌های صورت‌گرفته با توجه به تهیه و تدارک اطلاعات موردنیاز جهت بهینه‌کردن درآمد ناشی از فرآیند رزرواسیون اتاق‌های هتل و درنظرگرفتن یک دوره زمانی به‌خصوص به‌طورکلی به ارایه مدل پرداخته شده است. یکی از مسایل جزیی اما مهم که طرح آن در ارایه مدل‌های بهینه‌سازی درآمد در پژوهش‌های پیشین صرف‌نظر شده است، عدم توجه به چگونگی تسهیم و تخصیص ظرفیت بر اساس معیارهای کارا می‌باشد. به‌عنوان‌مثال مدل‌سازی جهت بیشینه‌سازی

درآمد هتل با توجه به چگونگی ارایه اسکان و ظرفیت قابل‌عرضه برای مسافران متقاضی رزرو اتاق مبتنی بر تعداد افراد قابل‌پذیرش جهت اسکان در هتل، سبب چشم‌پوشی و عدم لحاظ سفرهای گروهی مسافران و چگونگی نیاز به اقامت مطابق شرایط مذکور خواهد شد، زیرا مسافران لزوما به طور منفرد مسافرت نمی‌کنند. یا در مثالی دیگر می‌توان به درنظرگرفتن صرفا یک مدل اتاق، عدم توجه به نوع فصل گردشگری، عدم توجه به دوره‌ای بودن رزرو و درنظرگرفتن آن برای یک روز خاص، عدم توجه به چگونگی تاثیر معیارهای رقابتی و ایجاد توازن و تعادل رقابتی بیشتر در برابر دیگر رقبا و ... اشاره کرد که در نتیجه سبب عدم کارایی مطلوب مدل‌ها و برنامه‌ریزی‌هایی که در پژوهش‌های پیشین صورت‌گرفته، خواهد شد [19].

از سویی دیگر در بسیاری از مدل‌های مطرح شده، در حوزه موردمطالعه سناریوهای محدودی مطرح می‌گردد و سنجش جوانب متفاوت معیارهای موثر در ایجاد درآمد بیشتر برای هتل‌ها و کسب رضایت و حتی وفاداری مسافران و ایجاد اهداف انگیزشی برای آنان جهت انجام سفر در کنار لزوم توجه به طرح‌ریزی و کنترل هزینه‌های سفر به طور جامع صورت نگرفته است [14]. در مدل‌های ارایه شده در این پژوهش علاوه بر پوشش شکاف‌های مطرح‌شده و برقراری سیاست لحاظ جوانب مختلف مرتبط با مسافران به معیارهایی که مسافران، الگوی سفر خود را متاثر از آن‌ها آغاز کرده و خاتمه می‌دهند توجه بسیاری شده است [8]. بررسی انجام‌شده نمایانگر آن است که اغلب مدل‌های ارایه شده برخی از موارد مذکور در **جدول ۱** را دربرگرفته‌اند و برای راحتی حل از طرح بسیاری از معیارها و محدودیت‌ها صرف‌نظر کرده‌اند.

تحقیقات در حوزه سفر لازمه شناسایی اولویت‌های موردنظر مسافران، مخارج آن‌ها و سنجش وضعیت رضایت آن‌ها از انتخاب یک مد از بین سایر مدهای در دسترس یا بالقوه مانند وسایل حمل‌ونقل جاده‌ای، ریلی، آبی و هوایی است [1]، [2]. به همین سبب تسهیل سنجش اقدامات و پارامترهای مرتبط با برنامه‌ریزی حمل‌ونقل مسافران امری ضروری تلقی می‌گردد. از موارد مهم مذکور در مدل‌های ارایه شده در پژوهش حاضر می‌توان به توانایی مدل ارایه شده در برنامه‌ریزی بهتر سفرها برای مسافران و تصمیم‌گیری‌های مرتبط با مسیریابی و انتخاب نوع و مسیر حمل‌ونقل و بررسی هزینه‌های مربوطه مطابق بودجه در دست مسافران باهدف کاهش هزینه‌های سفر آنان اشاره نمود.

برتری مقاله حاضر نسبت به سایر پژوهش‌ها بررسی توام معیارهای مطرح‌شده می‌باشد که توجه به برقراری و بررسی منوط به هم آن‌ها امری ضروری در زنجیره سفر و بهینه‌کردن کلیدی‌ترین عناصر مرتبط است و چنین توسعه‌ای در مدل‌سازی نوآوری اصلی این پژوهش است و ازآنجایی‌که در زمره مسایل *NP-hard* قرار می‌گیرد، بهره‌گیری از الگوریتم‌های فراابتکاری الزامی است. به همین منظور جهت حل مساله از الگوریتم *NSGA-II* و *MOPSO* بهره گرفته خواهد شد و برای سنجش کارایی الگوریتم‌های پیشنهادی نتایج حاصل‌شده در ابعاد مختلف مقایسه و سنجیده خواهند شد. در پژوهش حاضر، طراحی و بهینه‌سازی مدل مدیریت درآمد هتل‌ها و همچنین مدل مدیریت هزینه مسافران و بهینه‌سازی مخارج آن‌ها را با توجه به‌تمامی معیارهای مذکور در پیشینه موردمطالعه، ضمن مدل‌سازی‌های ریاضی چندهدفه به ترتیب به‌منظور بیشینه کردن درآمد هتل‌ها و کمینه نمودن هزینه‌های مسافران که قابلیت کاربرد در ابعاد متفاوت را به همراه دارد، پرداخته شد.

۳- تعریف مساله و مدل‌های ریاضی

مسایل بهینه‌سازی چندهدفه‌ی موردمطالعه شامل دو مدل مرتبط با یک‌دیگر است؛ به عبارت دیگر مدل‌های ارایه شده هر یک به سهم خود بر دیگری اثر چشمگیر می‌گذارد. در فرآیند ارایه مدل‌های مدیریت درآمد هتل و مدیریت هزینه مسافر به سبب اهمیت بالای طرح مساله، علاوه بر تشریح محدودیت‌ها به طرز مطلوب و تعیین درست و به‌جای پارامترهای مرتبط با آن، با بیان جنبه‌های موثری از حمل‌ونقل و محدودیت‌های برگرفته از آن، توام با کسب درآمد بهینه حاصل از هزینه‌های پرداختی مسافر به هتل و لحاظ میزان بهینه بودجه تخصیص‌داده‌شده به هریک از عناصر مهم مرتبط با سفر پیچیدگی مساله را مضاعف کرده است و می‌بایست کلیه جوانب گوناگون و نوآوری‌های جدید را پوشش دهد. در اینجا پیش از ارایه مدل‌ها ابتدا به معرفی اندیس‌های مدل، پارامترهای به‌کاربرده شده و متغیرهای مورداستفاده پرداخته خواهد شد.

جدول ۱- پیشینه‌ی پژوهش انجام شده.

Table 1- Background of the conducted research.

روش حل			فرا‌ابتکاری	شبیه سازی	رگرسیون	تحلیل واریانس AR-GARCH و	فرا‌ابتکاری	روش دقیق	رویکرد VIKOR	فرا‌ابتکاری	فرا‌ابتکاری	فرا‌ابتکاری	شبیه‌سازی	فرا‌ابتکاری	روش دقیق	شبیه‌سازی	فرا‌ابتکاری	---	رویکرد کیفی	فرا‌ابتکاری
هتل	مدت زمان اقامت	اقامت معمولی	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
		اقامت اضافه						✓		✓		✓	✓	✓		✓		✓		✓
		کنسلی رزرو با اطلاع به هتل	✓					✓												✓
		کنسلی رزرو بدون اطلاع به هتل																		✓
	تعداد اتاق	اقامت معمولی	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓			✓
		اقامت اضافه						✓		✓		✓	✓	✓		✓				✓
		کنسلی رزرو با اطلاع به هتل	✓					✓												✓
		کنسلی رزرو بدون اطلاع به هتل																		✓
	درآمد هتل	حاصل از اقامت معمولی	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
		حاصل از اقامت اضافه						✓		✓		✓	✓	✓		✓				✓
		حاصل از کنسلی رزرو با اطلاع	✓	✓				✓												✓
		حاصل از کنسلی رزرو بدون اطلاع																		✓
		حاصل از امکانات اضافه											✓	✓		✓		✓		✓
		حاصل از دریافتی بابت خسارات وارده																		✓
		تخفیفات ارایه شده توسط هتل						✓											✓	✓
		نوع اتاق‌های هتل		✓			✓		✓		✓	✓							✓	✓
نویسنده			بیکر و کولیر [9]	بایومی و همکاران [10]	فالک و هگستن [14]	بالی و همکاران [15]	سوبولان و همکاران [20]	ودرفورد [4]	یو و همکاران [11]	پیمنتل و همکاران [8]	تولدو و همکاران [13]	جنجل و کسی [16]	ژنگ و همکاران [6]	پنگ و همکاران [12]	برونائو و باتیستی [18]	پتریک و همکاران [3]	منگ و همکاران [5]	موریمی و همکاران [7]	تالون بالستروو همکاران [17]	پژوهش حاضر

جدول ۱- ادامه.

Table 1- Continued.

روش حل			فراابتکاری	شبیه سازی	رگرسیون	تحلیل واریانس AR-GARCH و	فراابتکاری	روش دقیق	رویکرد VIKOR	فراابتکاری	فراابتکاری	فراابتکاری	فراابتکاری	شبیه‌سازی	روش دقیق	شبیه‌سازی	فراابتکاری	فراابتکاری	رویکرد کیفی	---	فراابتکاری
هتل		معیار رتبه‌بندی هتل براساس ستاره			✓	✓	✓													✓	✓
		تعیین وضعیت اجازه کنسلی		✓				✓												✓	✓
		ظرفیت کل هتل		✓				✓	✓				✓			✓			✓		✓
		ظرفیت قابل عرضه هتل					✓								✓						✓
		نرخ رقبا و عوامل رقابتی			✓									✓		✓			✓		✓
		تعداد امکانات اضافه																			✓
	هزینه‌های مسافر	حاصل از اقامت معمولی	✓	✓			✓	✓			✓		✓		✓	✓	✓				✓
		حاصل از اقامت اضافه					✓	✓			✓										✓
		حاصل از کنسلی رزرو با اطلاع	✓																		✓
		حاصل از کنسلی رزرو بدون اطلاع	✓																		✓
		حاصل از امکانات اضافه																			✓
		حاصل از دریافتی بابت خسارات وارده																			✓
	مسافر	حاصل از تغییر نوع مسیر																			✓
		به‌صورت اضطراری																			✓
		حاصل از اسکان در اقامتگاه شخصی																			✓
	بودجه مسافر	کل سفر	✓									✓									✓
		رزرو هتل					✓				✓			✓		✓			✓		✓
		حمل و نقل																			✓
		استفاده از عوامل طبیعی																			✓
		اضطراری																			✓
نویسنده			بیکر و کولیر [9]	بایومی و همکاران [10]	فالک و هگستن [14]	بالی و همکاران [15]	سوبولان و همکاران [20]	ودرفورد [4]	یو و همکاران [11]	پیمنتل و همکاران [8]	تولدو و همکاران [13]	جنجل و کسی [16]	ژنگ و همکاران [6]	پنگ و همکاران [12]	برونائو و باتیستی [18]	منگ و همکاران [5]	پتریک و همکاران [3]	شیبه‌سازی	موریمی و همکاران [7]	تالون بالستر و وهمکاران [17]	پژوهش حاضر

جدول ۱- ادامه.

Table 1- Continued.

روش حل			فرا‌ابتکاری	شبیه سازی	رگرسیون	AR-GARCH و تحلیل واریانس	فرا‌ابتکاری	روش دقیق	رویکرد VIKOR	فرا‌ابتکاری	فرا‌ابتکاری	فرا‌ابتکاری	فرا‌ابتکاری	شبیه‌سازی	روش دقیق	شبیه‌سازی	فرا‌ابتکاری	---	رویکرد کیفی	فرا‌ابتکاری
سفر	زمان سفر	ورود مسافر به هتل			✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓			✓			✓
		خروج مسافر از هتل			✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓			✓			✓
		سفر با وسیله حمل و نقل منتخب				✓				✓	✓						✓			✓
		شهر مورد انتظار حاصل تغییر نوع مسیر				✓														✓
	تعداد	وسایل حمل و نقل مورد استفاده				✓				✓							✓			✓
		شهر مورد بازدید			✓						✓									✓
	نوع مسافر	فردی								✓						✓			✓	✓
		گروهی								✓									✓	✓
		های سیزن		✓																✓
		لوسیزن		✓																✓
		اهمیت حمل و نقل				✓										✓				✓
	نوع حمل و نقل	هوایی																		✓
		آبی																		✓
		ریلی																		✓
		جاده‌ای																		✓
	کارت امتیاز	هتل																		✓
		حمل و نقل																		✓
نویسنده			بیکر و کولیر [9]	بایومی و همکاران [10]	فالک و هگستن [14]	بالی و همکاران [15]	سوبولان و همکاران [20]	ودرفورد [4]	یو و همکاران [11]	پیمنتل و همکاران [8]	تولدو و همکاران [13]	جنجل و کسی [16]	ژنگ و همکاران [6]	پنگ و همکاران [12]	برونائو و باتیتی [18]	پتریک و همکاران [3]	منگ و همکاران [5]	موریمی و همکاران [7]	تالون بالستررو وهمکاران [17]	پژوهش حاضر

۱-۳- تعریف متغیرهای تصمیم و پارامترها

با توجه به فرضیات بیان‌شده و در نظر گرفته‌شده در مدل‌سازی ریاضی مدیریت درآمد هتل و مدیریت هزینه مسافر، اندیس‌ها و پارامترهای به‌کاربرده شده در مدل ضمن **جدول ۲** و همچنین متغیرهای تصمیم مدل‌ها در **جدول ۳** توضیح داده شده‌اند.

جدول ۲- معرفی اندیس‌ها و پارامترهای مدل.

Table 2- Introduction of indices and parameters of the model.

اندیس		اندیس	
h	اندیس هتل	V_{UT}	سرعت حمل‌ونقل از مبدا اولیه U سفر به ایستگاه حمل‌ونقل T
r	اندیس نوع اتاق هتل	$V_{TT'}$	سرعت حمل‌ونقل از ایستگاه حمل‌ونقل T به ایستگاه حمل‌ونقل T′
k	اندیس نوع مسافر	V_{Th}	سرعت حمل‌ونقل از ایستگاه حمل‌ونقل T مقصد سفر تا هتل h
t	اندیس طول دوره اقامت موردبررسی	V_{hT}	سرعت حمل‌ونقل از هتل h تا ایستگاه حمل‌ونقل T
T, T′	اندیس ایستگاه حمل‌ونقل	V_{TU}	سرعت حمل‌ونقل از ایستگاه حمل‌ونقلT مقصد تا مبدا اولیه U سفر
v	اندیس نوع وسیله حمل‌ونقل	V_{hF}	سرعت حمل‌ونقل فی‌مابین هتل h و اماکن گردشگری F
B	اندیس سرویس	V_{hG}	سرعت حمل‌ونقل فی‌مابین هتل h و اماکن درمانی G
a	اندیس اقامت معمولی	V_{hI}	سرعت حمل‌ونقل فی‌مابین هتل h و مراکز مرتبط با مقاصد تجاری I
E	اندیس اقامت اضافه	V_{Total}	سرعت کل وسایل حمل‌ونقل منتخب جهت سفر توسط مسافر
Ca	اندیس کنسلی رزرو با اطلاع به هتل	t_{UT}	مدت‌زمان سفر از مبدا اولیه U سفر به ایستگاه حمل‌ونقل T
Cb	اندیس کنسلی رزرو بدون اطلاع به هتل	$t_{TT'}$	مدت‌زمان سفر از ایستگاه حمل‌ونقل T به ایستگاه حمل‌ونقل T′
H	اندیس‌های سیزن	t_{Th}	مدت‌زمان سفر از ایستگاه حمل‌ونقل T مقصد سفر تا هتل h
L	اندیس لوسیزن	t_{hT}	مدت‌زمان سفر از هتل h تا ایستگاه حمل‌ونقل T
i	اندیس روز ورود مسافر به هتل	t_{TU}	مدت‌زمان سفر از ایستگاه حمل‌ونقل T مقصد تا مبدا اولیه U سفر
j	اندیس روز خروج مسافر از هتل	t_{hF}	مدت‌زمان سفر فی‌مابین هتل h و اماکن گردشگری F
z	اندیس تجهیزات و امکانات هتل	t_{hG}	مدت‌زمان سفر فی‌مابین هتل h و اماکن درمانی G
F	اندیس اماکن گردشگری	t_{hI}	مدت‌زمان سفر فی‌مابین هتل h و مراکز مرتبط با مقاصد تجاری I
G	اندیس مراکز خدمات درمانی	t_{Total}	کل مدت‌زمان سفر
I	اندیس مراکز مرتبط با مقاصد تجاری	n_{UT}	تعداد مسافر جابه‌جاشده از مبدا اولیه U سفر به ایستگاه حمل‌ونقل T
U	اندیس مبدا سفر	$n_{TT'}$	تعداد مسافر جابه‌جاشده از ایستگاه حمل‌ونقل T به ایستگاه حمل‌ونقل T′
β	مرتبه رتبه‌بندی مبتنی بر معیار هتل به تفکیک ستاره	n_{Th}	تعداد مسافر جابه‌جاشده از ایستگاه حمل‌ونقل T مقصد سفر تا هتل h
μ	ارزش معیار کارت امتیاز هتل به تفکیک نوع آن	n_{hT}	تعداد مسافر جابه‌جاشده از هتل h تا ایستگاه حمل‌ونقل T
ϕ	ارزش معیار کارت امتیاز حمل‌ونقل به تفکیک نوع آن	n_{TU}	تعداد مسافر جابه‌جاشده از ایستگاه حمل‌ونقل T مقصد تا مبدا اولیه U سفر
ζ	نرخ رقبا	n_{hF}	تعداد مسافر جابه‌جاشده فی‌مابین هتل h و اماکن گردشگری F
Δ	ضریب اجازه‌ی کنسلی رزرو انجام‌شده	n_{hG}	تعداد مسافر جابه‌جاشده فی‌مابین هتل h و اماکن درمانی G
O_h	درصد تخفیف هتل	n_{hI}	تعداد مسافر جابه‌جاشده فی‌مابین هتل h و مراکز مرتبط با مقاصد تجاری I
α	ضریب جریمه کنسلی رزرو هتل	n_{Total}	کل تعداد مسافران جابه‌جاشده با وسایل حمل‌ونقل
D_a	تعداد شب رزرو اقامت معمولی توسط مسافران هتل	C_k	تعداد مسافر نوع k
D_E	تعداد شب رزرو اقامت اضافه توسط مسافران هتل	Nf_{hij}^{ko}	تعداد مسافران k که در روز ورود i تا روز خروج j ظرفیت هتل h شهر o را اشغال کرده‌اند.
D_{Ca}	تعداد شب کنسلی رزرو با اطلاع به هتل توسط مسافران هتل	C_{ki}^{Enter}	تعداد مسافران نوع k که در روز i وارد هتل شدند.
D_{Cb}	تعداد شب کنسلی رزرو بدون اطلاع به هتل توسط مسافران هتل	C_{kt}	تعداد مسافران نوع k که طی دوره زمانی t در هتل اقامت دارند.
D_C	تعداد کل شب‌های کنسلی رزرو هتل	C_{ki}^{Out}	تعداد مسافران نوع k که در روز j از هتل خارج شدند
D_{Total}	تعداد کل شب‌هایی که رزرو ارایه شده توسط هتل (شامل تمامی شب‌های اقامت معمولی، اضافه و حتی شب‌های کنسلی رزرو)	S_{UT}^{Ho}	هزینه حمل‌ونقل مسافر از مبدا اولیه U سفر به ایستگاه حمل‌ونقل T شهر o در های‌سیزن

جدول ۲- ادامه.

Table 2- Continued.

اندیس		اندیس	
Nr_{ahr}^{Ho}	تعداد اتاق قابل‌عرضه نوع r هتل h در شهر o جهت اقامت معمولی در های سیزن	S_{UT}^{Lo}	هزینه حمل‌ونقل مسافر از مبدا اولیه U سفر به ایستگاه حمل‌ونقل T شهر o در لوسیزن
Nr_{ahr}^{Lo}	تعداد اتاق قابل‌عرضه نوع r هتل h در شهر o جهت اقامت معمولی در لوسیزن	$S_{TT'}^{Ho}$	هزینه حمل‌ونقل مسافر از ایستگاه حمل‌ونقل T به ایستگاه حمل‌ونقل T' شهر o در های‌سیزن
Nr_{Ehr}^{Ho}	تعداد اتاق قابل‌عرضه نوع r هتل h در شهر o جهت اقامت اضافه در های سیزن	$S_{TT'}^{Lo}$	هزینه حمل‌ونقل مسافر از ایستگاه حمل‌ونقل T به ایستگاه حمل‌ونقل T' شهر o در لوسیزن
Nr_{Ehr}^{Lo}	تعداد اتاق قابل‌عرضه نوع r هتل h در شهر o جهت اقامت اضافه در لوسیزن	S_{Th}^{Ho}	هزینه حمل‌ونقل مسافر از ایستگاه حمل‌ونقل T مقصد سفر تا هتل h شهر o در های‌سیزن
Nr_{Cahr}^{Ho}	تعداد اتاق عرضه‌شده نوع r هتل h در شهر o با کنسلی رزرو با اطلاع به هتل توسط مسافر در های‌سیزن	S_{Th}^{Lo}	هزینه حمل‌ونقل مسافر از ایستگاه حمل‌ونقل T مقصد سفر تا هتل h شهر o در لوسیزن
Nr_{Cahr}^{Lo}	تعداد اتاق عرضه‌شده نوع r هتل h در شهر o با کنسلی رزرو با اطلاع به هتل توسط مسافر در لوسیزن	S_{hT}^{Ho}	هزینه حمل‌ونقل مسافر از هتل h تا ایستگاه حمل‌ونقل T شهر o درهای‌سیزن
Nr_{Cbhr}^{Ho}	تعداد اتاق عرضه‌شده نوع r هتل h در شهر o با کنسلی رزرو بی اطلاع به هتل توسط مسافر در های‌سیزن	S_{hT}^{Lo}	هزینه حمل‌ونقل مسافر از هتل h تا ایستگاه حمل‌ونقل T شهر o در لوسیزن
Nr_{Cbhr}^{Lo}	تعداد اتاق عرضه‌شده نوع r هتل h در شهر o با کنسلی رزرو بی اطلاع به هتل توسط مسافر در لوسیزن	S_{TU}^{Ho}	هزینه حمل‌ونقل مسافر از ایستگاه حمل‌ونقلT مقصد تا مبدا اولیه U سفر شهر o در های‌سیزن
NK_{zh}^{o}	تعداد امکانات z اضافه‌ی هتل h شهر o	S_{TU}^{Lo}	هزینه حمل‌ونقل مسافر از ایستگاه حمل‌ونقلT مقصد تا مبدا اولیه U سفر شهر o در لوسیزن
NK'^{o}_{zh}	تعداد امکانات z خسارت‌دیده‌ی هتل h شهر o	S_{hF}^{Ho}	هزینه حمل‌ونقل مسافر فی‌مابین هتل h و اماکن گردشگری F شهر o در های‌سیزن
N_{rh}^{Co}	تعداد کل اتاق‌های نوع r لغو رزرو شده در هتل h شهر o	S_{hF}^{Lo}	هزینه حمل‌ونقل مسافر فی‌مابین هتل h و اماکن گردشگری F شهر o در لوسیزن
Nr_{h}^{o}	تعداد کل اتاق‌های هتل h شهر o	S_{hG}^{Ho}	هزینه حمل‌ونقل مسافر فی‌مابین هتل h و اماکن درمانی G شهر o در های‌سیزن
N_{ahr}^{Hko}	تعداد اتاق رزرو شده نوع r هتل h در شهر o جهت اقامت معمولی در های سیزن توسط مسافر نوع k	S_{hG}^{Lo}	هزینه حمل‌ونقل مسافر فی‌مابین هتل h و اماکن درمانی G شهر o در لوسیزن
N_{ahr}^{Lko}	تعداد اتاق رزرو شده نوع r هتل h در شهر o جهت اقامت معمولی در لوسیزن توسط مسافر نوع k	S_{hI}^{Ho}	هزینه حمل‌ونقل مسافر فی‌مابین هتل h و مراکز مرتبط با مقاصد تجاری I شهر o در های‌سیزن
N_{Ehr}^{Hko}	تعداد اتاق رزرو شده نوع r هتل h در شهر o جهت اقامت اضافه در های سیزن توسط مسافر نوع k	S_{hI}^{Lo}	هزینه حمل‌ونقل مسافر فی‌مابین هتل h و مراکز مرتبط با مقاصد تجاری I شهر o در لوسیزن
N_{Ehr}^{Lko}	تعداد اتاق رزرو شده نوع r هتل h در شهر o جهت اقامت اضافه در لوسیزن توسط مسافر نوع k	S_{total}	کل هزینه حمل‌ونقل صرف شده در الگوی سفر توسط مسافر
N_{Cahr}^{Hko}	تعداد کنسلی رزرو اتاق نوع r هتل h در شهر o با اطلاع به هتل توسط مسافر نوع k در های‌سیزن	S_{UT}^{o}	کل هزینه حمل‌ونقل مسافر از مبدا اولیه U سفر به ایستگاه حمل‌ونقل T شهر o
N_{Cahr}^{Lko}	تعداد کنسلی رزرو اتاق نوع r هتل h در شهر o با اطلاع به هتل توسط مسافر نوع k در لوسیزن	$S_{TT'}^{o}$	کل هزینه حمل‌ونقل مسافر از ایستگاه حمل‌ونقل T به ایستگاه حمل‌ونقل T' شهر o
N_{Cbhr}^{Hko}	تعداد کنسلی رزرو اتاق نوع r هتل h در شهر o بی اطلاع به هتل توسط مسافر نوع k در های‌سیزن	S_{Th}^{o}	کل هزینه حمل‌ونقل مسافر از ایستگاه حمل‌ونقل T مقصد سفر تا هتل h شهر o
N_{Cbhr}^{Lko}	تعداد کنسلی رزرو اتاق نوع r هتل h در شهرo بی اطلاع به هتل توسط مسافر نوع k در لوسیزن	S_{hT}^{o}	کل هزینه حمل‌ونقل مسافر از هتل h تا ایستگاه حمل‌ونقل T شهر o
N_{Total}	کل اتاق‌های قابل رزرو توسط مسافر در طی سفر	S_{TU}^{o}	کل هزینه حمل‌ونقل مسافر از ایستگاه حمل‌ونقل T مقصد تا مبدا اولیه U سفر شهر o

جدول ۲- ادامه.

Table 2- Continued.

اندیس		اندیس	
Nl_{hr}^{o}	تعداد اتاق‌های در حال تعمیر نوع r هتل h در شهر o	S_{hF}^{o}	کل هزینه حمل‌ونقل مسافر فی‌مابین هتل h و اماکن گردشگری F شهر o
P_{hijr}^{Hako}	هزینه پرداختی بابت یک شب اقامت معمولی در اتاق نوع r هتل h در شهر o از روز ورود i تا روز خروج j توسط مسافر k در های‌سیزن	S_{hG}^{o}	کل هزینه حمل‌ونقل مسافر فی‌مابین هتل h و اماکن درمانی G شهر o
P_{hijr}^{Lako}	هزینه پرداختی بابت یک شب اقامت معمولی در اتاق نوع r هتل h در شهر o از روز ورود i تا روز خروج j توسط مسافر k در لوسیزن	S_{hI}^{o}	کل هزینه حمل‌ونقل مسافر فی‌مابین هتل h و مراکز مرتبط با مقاصد تجاری I شهر o
P_{hijr}^{HEko}	هزینه پرداختی بابت یک شب اقامت اضافه در اتاق نوع r هتل h در شهرo از روز ورود i تا روز خروج j توسط مسافر k در های‌سیزن	SF^{o}	کل هزینه بهره‌مندی از اماکن گردشگری شهر o
P_{hijr}^{LEko}	هزینه پرداختی بابت یک شب اقامت اضافه در اتاق نوع r هتل h در شهر o از روز ورود i تا روز خروج j توسط مسافر k در لوسیزن	SG^{o}	کل هزینه بهره‌مندی از مراکز خدمات درمانی شهر o
P_{hijr}^{HCako}	هزینه پرداختی بابت کنسلی رزرو اتاق نوع r با اطلاع به هتل h در شهر o از روز ورود i تا روز خروج j توسط مسافر k در های‌سیزن	SI^{o}	کل هزینه بهره‌مندی از مراکز مرتبط با مقاصد تجاری شهر o
P_{hijr}^{LCako}	هزینه پرداختی بابت کنسلی رزرو اتاق نوع r با اطلاع به هتل h در شهر o از روز ورود i تا روز خروج j توسط مسافر k در لوسیزن	MB_P	بودجه تخصیص‌داده‌شده به مخارج اقامت
P_{hijr}^{HCbko}	هزینه پرداختی بابت کنسلی رزرو اتاق نوع r بی اطلاع به هتل h در شهر o از روز ورود i تا روز خروج j توسط مسافر k در های‌سیزن	MB_S	بودجه تخصیص‌داده‌شده به حمل‌ونقل توسط مسافر
P_{hijr}^{LCbko}	هزینه پرداختی بابت کنسلی رزرو اتاق نوع r بی اطلاع به هتل h در شهر o از روز ورود i تا روز خروج j توسط مسافر k در لوسیزن	MB_F	بودجه تخصیص‌داده‌شده به گردشگری
P_{hijr}^{HCko}	کل هزینه پرداختی بابت کنسلی رزرو اتاق نوع r هتل h در شهر o از روز ورود i تا روز خروج j توسط مسافر k در های‌سیزن	MB_I	بودجه تخصیص‌داده‌شده به عوامل درمانی
P_{hijr}^{LCko}	کل هزینه پرداختی بابت کنسلی رزرو اتاق نوع r هتل h در شهر o از روز ورود i تا روز خروج j توسط مسافر k در لوسیزن	MB_G	بودجه تخصیص‌داده‌شده به مراکز مرتبط با مقاصد تجاری
q	هزینه خسارت وارده به امکانات هتل	$MB_{q'}$	بودجه تخصیص‌داده‌شده به مخارج اضافه سفر
q′	هزینه مازاد بهره‌مندی از امکانات هتل	$MB_{q''}$	بودجه تخصیص‌داده‌شده به مخارج ضروری سفر
q″	هزینه‌های ضروری سفر	MB	بودجه کل سفر (سقف بودجه تعیین‌شده توسط مسافر)
P_{Total}	کل هزینه‌های اقامت مسافر (شامل اقامت معمولی/ اضافه و ...)	Di_{hT}^{o}	فاصله‌ی هتل h تا ایستگاه حمل‌ونقل T شهر o
Pm_{ij}^{ko}	هزینه صرف شده جهت اسکان در اقامتگاه	Di_{hF}^{o}	فاصله‌ی هتلh تا اماکن گردشگری شهر o
WD_{hijr}^{ko}	ظرفیت قابل‌عرضه برای رزرو اتاق نوع r هتل h در شهر o از روز ورود i تا روز خروج j توسط مسافر k	Di_{hG}^{o}	فاصله‌ی هتلh تا مراکز خدمات درمانی شهر o
WD_{htr}^{ko}	ظرفیت قابل‌عرضه برای رزرو اتاق نوع r هتل h در شهر o طی دوره t توسط مسافر k	Di_{hI}^{o}	فاصله‌ی هتلh تا مراکز مرتبط با مقاصد تجاری شهر o
Wo_{hrt}^{ko}	ظرفیت اتاق‌های خالی نوع r هتل h در شهر o طی دوره t برای ارایه به مسافر k	Di_{Total}	کل مسافت طی شده توسط مسافر در طی الگوی سفر
Ws_{hrt}^{ko}	ظرفیت اتاق‌های اشغال‌شده نوع r هتل h که طی دوره t در شهرo توسط مسافر k خالی تخلیه می‌شوند	AP_F	هزینه ورودی فرضی جهت استفاده از اماکن گردشگری

جدول ۲- ادامه.

Table 2- Continued.

اندیس		اندیس	
Wr_{hrt}^{ko}	ظرفیت از قبل رزرو شده اتاق نوع r هتل h در شهر o طی دوره t توسط مسافر k	AP_I	هزینه ورودی فرضی جهت استفاده از مراکز مرتبط با مقاصد تجاری
AC_h^o	کل ظرفیت پذیرش هتل h در شهر o	A_K	کل بازدیدکنندگان از یک مکان گردشگری و استفاده‌کننده از مراکز تجاری
IN_{Total}^{hor}	کل ظرفیت اتاق‌های نوع r هتل h در شهر o	W_{htr}^{ko}	ظرفیت اشغال‌شده اتاق‌های نوع r توسط مسافر k در هتل h در شهر o طی دوره‌ی t
Il_{hr}^o	کل ظرفیت اتاق‌های در حال تعمیر r هتل h در شهر o	Tg_{Bv}^{ko}	میزان تقاضای مسافر k بابت دریافت سرویس B وسیله حمل‌ونقل v در شهر o
h_{ij}	هتل h منتخب جهت اقامت مسافر از روز ith تا روز خروج jth	Td_{Bv}^{ko}	میزان تقاضای مسافر k بابت تغییر سرویس B وسیله حمل‌ونقل v در شهر o
F_{ko}	تعداد اماکن گردشگری مورد بازدید مسافر k در شهر o	SC_{kh}^o	کل هزینه پرداختی توسط هتل h شهر o ارایه خدمات حمل‌ونقل برای مسافران نوع k
G_{ko}	تعداد مراکز خدمات درمانی مورداستفاده مسافرk در شهر o	R_i	درآمد هتل تا روز i
I_{ko}	تعداد مراکز مرتبط با مقاصد تجاری مورداستفاده مسافر k در شهر o	R_{i-1}	درآمد هتل ناشی از اقامت مسافران از قبل از روز i
Su_h^o	تعداد کل تقاضای هتل h در شهر o	R_{ui}	درآمد هتل از محل ظرفیت قابل‌عرضه بخصوص روز i
Sw_{kv}^o	کل هزینه زمان انتظار مسافر k از وسیله حمل‌ونقل v در شهر o	M	میزان عوامل رقابتی هتل
SY_{Bv}^{ko}	هزینه زمان انتظار مسافر k بابت دریافت سرویس B از وسیله حمل‌ونقل v در شهر o	SX_{Bv}^{ko}	هزینه زمان انتظار مسافر k بابت تغییر سرویس B وسیله حمل‌ونقل v در شهر o

جدول ۳- معرفی متغیرهای تصمیم مدل.

Table 3- Introduction of decision variables of the model.

متغیر		متغیر	
RN_{hijr}^{Hko}	درآمد حاصل از یک شب اقامت معمولی در اتاق نوع r رزرو شده توسط مسافر نوع k در هتل h شهر o از روز ورود i به هتل تا روز خروج j از هتل در های سیزن	D'_a	تعداد شب رزرو شده بابت اقامت معمولی توسط مسافر
RN_{hijr}^{Lko}	درآمد حاصل از یک شب اقامت معمولی در اتاق نوع r رزرو شده توسط مسافر نوع k در هتل h شهر o از روز ورود i به هتل تا روز خروج j از هتل در لوسیزن	D'_E	تعداد شب رزرو شده بابت اقامت اضافه توسط مسافر
Rm_{hijr}^{Hko}	درآمد حاصل از یک شب اقامت اضافه در اتاق نوع r رزرو شده توسط مسافر نوع k در هتل h شهر o از روز ورود i به هتل تا روز خروج j از هتل در های‌سیزن	D'_{Ca}	تعداد شب کنسلی رزرو با اطلاع به هتل توسط مسافر
Rm_{hijr}^{Lko}	درآمد حاصل از یک شب اقامت اضافه در اتاق نوع r رزرو شده توسط مسافر نوع k در هتل h شهر o از روز ورود i به هتل تا روز خروج j از هتل در لوسیزن	D'_{Cb}	تعداد شب کنسلی رزرو بدون اطلاع به هتل توسط مسافر
Rr_{hijr}^{Hko}	درآمد حاصل از یک شب کنسلی رزرو اتاق نوع r رزرو شده توسط مسافر نوع k با اطلاع به هتل h شهر o از روز ورود i به هتل تا روز خروج j از هتل در های‌سیزن	N'	تعداد امکانات اضافه‌ی هتل استفاده‌شده توسط مسافر
Rr_{hijr}^{Lko}	درآمد حاصل از یک شب کنسلی رزرو اتاق نوع r رزرو شده توسط مسافر نوع k با اطلاع به هتل h شهر o از روز ورود i به هتل تا روز خروج j از هتل در لوسیزن	N	تعداد امکانات خسارت‌دیده‌ی هتل توسط مسافر
Ru_{hijr}^{Hko}	درآمد حاصل از یک شب کنسلی رزرو اتاق نوع r رزرو شده توسط مسافر نوع k بی‌اطلاع به هتل h شهر o از روز ورود i به هتل تا روز خروج j از هتل در های‌سیزن	S_{UT}^{Ho}	هزینه حمل‌ونقل مسافر از مبدا اولیه U سفر به ایستگاه حمل‌ونقل T شهر o در های‌سیزن

جدول ۳- ادامه.

Table 3- Continued.

متغیر		متغیر	
Ru_{hijr}^{Lko}	درآمد حاصل از یک شب کنسلی رزرو اتاق نوع r رزرو شده توسط مسافر نوع k بی‌اطلاع به هتل h شهر o از روز ورود i به هتل تا روز خروج j از هتل در لوسیزن	S_{UT}^{Lo}	هزینه حمل‌ونقل مسافر از مبدا اولیه U سفر به ایستگاه حمل‌ونقل T شهر o در لوسیزن
Rk_{zh}^{o}	درآمد حاصل از بهره‌مندی مسافر از امکانات z هتل h شهر o	$S_{TT'}^{Ho}$	هزینه حمل‌ونقل مسافر از ایستگاه حمل‌ونقل T به ایستگاه حمل‌ونقل T' شهر o در های‌سیزن
Rk'^{o}_{zh}	درآمد حاصل از دریافت هزینه بابت خسارت وارده توسط مسافر به امکانات z هتل h شهر o	$S_{TT'}^{Lo}$	هزینه حمل‌ونقل مسافر از ایستگاه حمل‌ونقل T به ایستگاه حمل‌ونقل T' شهر o در لوسیزن
S_{hG}^{Ho}	هزینه حمل‌ونقل مسافر فی‌مابین هتل h و اماکن درمانی G شهر o در های‌سیزن	S_{Th}^{Ho}	هزینه حمل‌ونقل مسافر از ایستگاه حمل‌ونقل T مقصد سفر تا هتل hشهر o درهای‌سیزن
S_{hG}^{Lo}	هزینه حمل‌ونقل مسافر فی‌مابین هتل h و اماکن درمانی G شهر o در لوسیزن	S_{Th}^{Lo}	هزینه حمل‌ونقل مسافر از ایستگاه حمل‌ونقل T مقصد سفر تا هتل h شهر o در لوسیزن
S_{hI}^{Ho}	هزینه حمل‌ونقل مسافر فی‌مابین هتل h و مراکز مرتبط با مقاصد تجاری I شهر o در های‌سیزن	S_{hT}^{Ho}	هزینه حمل‌ونقل مسافر از هتل h تا ایستگاه حمل‌ونقل T شهر o درهای‌سیزن
S_{hI}^{Lo}	هزینه حمل‌ونقل مسافر فی‌مابین هتل h و مراکز مرتبط با مقاصد تجاری I شهر o در لوسیزن	S_{hT}^{Lo}	هزینه حمل‌ونقل مسافر از هتل h تا ایستگاه حمل‌ونقل T شهر o در لوسیزن
S_{hF}^{Ho}	هزینه حمل‌ونقل مسافر فی‌مابین هتل h و اماکن گردشگری F شهر o در های‌سیزن	S_{TU}^{Ho}	هزینه حمل‌ونقل مسافر از ایستگاه حمل‌ونقل T مقصد تا مبدا اولیه U سفر شهر o در های‌سیزن
S_{hF}^{Lo}	هزینه حمل‌ونقل مسافر فی‌مابین هتل h و اماکن گردشگری F شهر o در لوسیزن	S_{TU}^{Lo}	هزینه حمل‌ونقل مسافر از ایستگاه حمل‌ونقل T مقصد تا مبدا اولیه U سفر شهر o در لوسیزن

۲-۳- تعیین توابع هدف مدل‌ها

توابع هدف مساله در پژوهش انجام‌شده شامل دو مدل ریاضی ارایه شده می‌باشد. در تابع هدف اول که به بهینه‌سازی مدیریت درآمد هتل پرداخته شده است، به‌تمامی انواع درآمدهای هتل حاصل از سفر مسافر و بهره‌مندی وی از خدمات ارایه داده‌شده توسط هتل و لحاظ تخصیص اتاق‌های هتل به مسافران متقاضی جهت رزرو اقامت، در انواع مختلف و در فصول گردشگری متفاوت و در هتل‌های منتخب شهرهای گوناگون توجه شده است. در مدل مذکور با مدنظر قراردادن وضعیت کنسلی در رزرواسیون و جریمه‌های ناشی از آن، زمان ورود مسافران به هتل و خروج آن‌ها از هتل، نوع مسافران مهمان شده و متقاضی رزرو در هتل و عوامل کلیدی ازاین‌قبیل به بهینه درآمد مطلوب هتل‌ها مستخرج شده است. همچنین ویژگی‌های رقابتی موثر همچون چگونگی دسترسی هتل به ایستگاه‌های حمل‌ونقل متفاوت، مراکز خدمات درمانی، اماکن گردشگری و مراکز مرتبط با مقاصد تجاری و بررسی معیار رتبه‌بندی مبتنی بر معیار ستاره و ظرفیت پذیرش هتل، درصد تخفیفات هتل تحت عنوان نرخ رقبا ارایه شده است.

در تابع هدف دیگر، به ارایه مدل مدیریت هزینه‌های مسافر تحت کمینه‌سازی کلیه هزینه‌های پرداختی از بودجه تخصیص‌داده‌شده به فرآیند الگوی سفر پرداخته شده است. در نهایت مبتنی بر مدل مذکور می‌توان وارسی اثرات راهبردی بر روی سفر افراد را صورت داد. در این مدل با بهره‌گیری از بیان کلیه هزینه و مخارج مسافران با توجه به تعداد اتاق رزرو شده توسط انواع مسافران در فصول مختلف گردشگری و مطابق تعداد شب اقامت و زمان ورود به هتل و خروج از آن، ضمت بیان چگونگی وضعیت اقامت و کنسلی رزرو سعی در بهینه‌کردن مخارج شده است. همچنین در کنار مخارج حاصل از الگوی سفر مسافران، بیان چگونگی حمل‌ونقل مسافر، نوع وسیله حمل‌ونقل مسافر مطابق با بودجه تفکیک‌شده جهت بهره‌مندی از آن‌که در میزان زمان سفر و سرعت سفر موثر است، لحاظ شده است. در طرح مدل مدیریت هزینه‌های مسافر توجه به کارت‌های امتیاز جهت رزرو اقامت در هتل و استفاده از وسایل حمل‌ونقل منتخب در برآور هزینه‌ها حایز اهمیت است.

$$
\begin{aligned}
Max\ Z_1 = \zeta \sum D_a \sum_{i=0}^{t-1} \sum_{j\le i+1}^{t} \sum_{r} \sum_{k} \left(RN_{hijr}^{Hko} Nr_{ahr}^{Ho} + RN_{hijr}^{Lko} Nr_{ahr}^{Lo} \right) \\
+ \zeta\lambda \sum D_E \sum_{i=0}^{t-1} \sum_{j\le i+1}^{t} \sum_{r} \sum_{k} \left(Rm_{hijr}^{Hko} Nr_{Ehr}^{Ho} + Rm_{hijr}^{Lko} Nr_{Ehr}^{Lo} \right) \\
+ \Delta \left(\alpha \sum D_{Ca} \sum_{i=0}^{t-1} \sum_{j\le i+1}^{t} \sum_{r} \sum_{k} \left(Rr_{hijr}^{Hko} Nr_{Cahr}^{Ho} + Rr_{hijr}^{Lko} Nr_{Cahr}^{Lo} \right) \right. \\
\left. + \alpha \sum D_{Cb} \sum_{i=0}^{t-1} \sum_{j\le i+1}^{t} \sum_{r} \sum_{k} \left(Ru_{hijr}^{Hko} Nr_{Cbhr}^{Ho} + Ru_{hijr}^{Lko} Nr_{Cbhr}^{Lo} \right) \right) \\
+ \zeta \sum_{z} \left(Rk_{zh}^{o} Nk_{zh}^{o} + Rk\prime_{zh}^{o} Nk\prime_{zh}^{o} \right),
\end{aligned}
\tag{۱}
$$

$$\sum_{k} C_k \le AC_h^o, \tag{۲}$$

$$M = \sum (F_{kO} + G_{kO} + I_{kO}), \tag{۳}$$

$$\zeta = \beta \times AC_h^o \times \sum_{T} \sum_{F} \sum_{G} \sum_{I} \left| Di_{hT}^o - Di_{hF}^o \right| + \left| Di_{hT}^o - Di_{hG}^o \right| + \left| Di_{hT}^o - Di_{hI}^o \right| \times \sum O_h \times M, \tag{۴}$$

$$\sum_{k} C_k \le \sum_{k} \sum_{i=0}^{t-1} \sum_{j\le i+1}^{t} \sum_{r} WD_{hijr}^{ko}, \tag{۵}$$

$$\lambda = \begin{cases} 1, & if\ extera\ stay\ is\ possible, \\ 0, & otherwise, \end{cases} \tag{۶}$$

$$\Delta = \begin{cases} 1, & if\ Cancellation\ of\ booking\ is\ possible, \\ 0, & otherwise, \end{cases} \tag{۷}$$

$$Su_h^o \le Nr_h^o, \tag{۸}$$

$$\sum D_a + \lambda \sum D_E \le D_{Total}, \tag{۹}$$

$$\sum D_{Ca} + \sum D_{Cb} \le \sum D_C, \tag{۱۰}$$

$$\sum_{r} \left(Nr_{ahr}^{Ho} + Nr_{ahr}^{Lo} + Nr_{Ehr}^{Ho} + Nr_{Ehr}^{Lo} + Nr_{Cahr}^{Ho} + Nr_{Cahr}^{Lo} + Nr_{Cbhr}^{Ho} + Nr_{Cbhr}^{Lo} \right) \le Nr_{Total}, \tag{۱۱}$$

$$
\begin{aligned}
\sum_{i=0}^{t-1} \sum_{j\le i+1}^{t} \sum_{r} \sum_{k} \left(RN_{hijr}^{Hko} + RN_{hijr}^{Lko} + Rr_{hijr}^{Hko} + Rr_{hijr}^{Lko} + Rm_{hijr}^{Hko} + Rm_{hijr}^{Lko} + Ru_{hikr}^{Hko} + Ru_{hijr}^{Lko} \right) \\
+ \sum_{z}^{t} \left(RK_{zh}^{o} + RK_{zh}^{o} \right) \le R_{Total},
\end{aligned}
\tag{۱۲}
$$

$$
\begin{aligned}
R_{Total} - \left[\mu \left(\sum_{i=0}^{t-1} \sum_{j\le i+1}^{t} \sum_{r} \sum_{k} \left(RN_{hijr}^{Hko} + RN_{hijr}^{Lko} + Rm_{hijr}^{Hko} + Rm_{hijr}^{Lko} \right) + \sum_{z} RK_{zh} \right) \right. \\
+ O_h \left(\sum_{i=0}^{t-1} \sum_{j\le i+1}^{t} \sum_{r} \sum_{k} \left(RN_{hijr}^{Hko} + RN_{hijr}^{Lko} + Rm_{hijr}^{Hko} + Rm_{hijr}^{Lko} \right) + \sum_{z} RK_{zh} \right) \\
\left. - \sum_{k} SC_k \right] \le R_{Total},
\end{aligned}
\tag{۱۳}
$$

$$\sum_{r} (Nr_{Cahr}^{Ho} + Nr_{Cahr}^{Lo} + Nr_{Cbhr}^{Ho} + Nr_{Cbhr}^{Lo}) \le \sum_{r} \left(Nr_{ahr}^{Ho} + Nr_{ahr}^{Lo} + Nr_{Ehr}^{Ho} + Nr_{Ehr}^{Lo} \right), \tag{۱۴}$$

$$\sum_{z} NK_{zh} \le \sum_{z}^{r} NK_{zh}, \tag{۱۵}$$

$$\sum_{i=0}^{t-1} \sum_{j\le i+1}^{t} \sum_{r} \sum_{k} WD_{hijr}^{ko} \le \sum_{r} \left(Nr_{ahr}^{Ho} + Nr_{ahr}^{Lo} + Nr_{Ehr}^{Ho} + Nr_{Ehr}^{Lo} \right), \tag{۱۶}$$

$$\sum_{i=0}^{t-1} \sum_{j\le i+1}^{t} \sum_{k} Nf_{hij}^{ko} = \sum_{k} \sum_{i} C_{ki}^{Enter} + \sum_{k} \sum_{t} C_{kt} - \sum_{k} \sum_{i} C_{ki}^{Out}, \tag{۱۷}$$

$$\sum_{i=0}^{t-1} \sum_{j\le i+1}^{t} \sum_{r} \sum_{k} WD_{htr}^{ko} \le \sum_{r} \sum_{k} \sum_{t} Wo_{hrt}^{ko} + \sum_{r} \sum_{k} \sum_{t} Ws_{hrt}^{ko} - \sum_{r} \sum_{k} \sum_{i} Wr_{hrt}^{ko}, \tag{۱۸}$$

$$\sum_{i=0}^{t-1}\sum_{j\le i+1}^{t}\sum_{r}\sum_{k} WD_{hijr}^{ko} = \sum_{r}(IN_{Total}^{hor}\times Nr_{h}^{o}) + \sum_{r}(Il_{hr}^{o}\times Nl_{hr}^{o}), \tag{۱۹}$$

$$\sum_{i} R_i = \sum_{i-1} R_{i-1} + \sum_{ui} R_{ui}\left[\sum_{r}(IN_{Total}^{hor}\times Nr_{h}^{o}) + \sum_{r}(Il_{hr}^{o}\times Nl_{hr}^{o})\right], \tag{۲۰}$$

$$\zeta\left(\sum_{i=0}^{t-1}\sum_{j\le i+1}^{t}\sum_{r}\sum_{k}\left(RN_{hijr}^{Hko}\times Nr_{ahr}^{Ho} + RN_{hijr}^{Lko}\times Nr_{ahr}^{Lo}\right)\right. \\ \left. + \sum_{i=0}^{t-1}\sum_{j\le i+1}^{t}\sum_{r}\sum_{k}\left(Rm_{hijr}^{Hko}\times Nr_{Ehr}^{Ho} + Rm_{hijr}^{Lko}\times Nr_{Ehr}^{Lo}\right)\right) \le \zeta R_{Total}Nr_{Total}, \tag{۲۱}$$

$$M\sum_{i=0}^{t-1}\sum_{j\le i+1}^{t}\sum_{r}\sum_{k}\left(RN_{hijr}^{Hko}Nr_{ah}^{H} + RN_{hijr}^{Lko}Nr_{ahr}^{Lo} + Rm_{hijr}^{Hko}Nr_{Ehr}^{Ho} + Rm_{hijr}^{Lko}Nr_{Ehr}^{Lo}\right) \\ + \sum_{o}\sum_{z} RK_{zh}^{o}\times NK_{zh}^{o}) + \sum_{o}\sum_{z}\left(RK_{zh}^{o}\times NK_{zh}^{o}\right) \le \zeta\ R_{Total}\times Nr_{Total}), \tag{۲۲}$$

$$\sum_{i=0}^{t-1}\sum_{j\le i+1}^{t}\sum_{r}\sum_{k} WD_{hijr}^{ko} + \sum_{r} Nr_{Cahr}^{Ho} + \sum_{r} Nr_{Cbhr}^{Ho} \le AC_{h}^{o}, \tag{۲۳}$$

$$\sum_{i=0}^{t-1}\sum_{j\le i+1}^{t}\sum_{r}\sum_{k} WD_{hijr}^{ko} + \sum_{r} Nr_{Cahr}^{Lo} + \sum_{r} Nr_{Cbhr}^{Lo} \le AC_{h}^{o},$$

$$\sum_{i=0}^{t-1}\sum_{j\le i+1}^{t}\sum_{r}\sum_{k} WD_{hijr}^{ko} + \sum_{i=0}^{t-1}\sum_{j\le i+1}^{t}\sum_{r}\sum_{k} W_{hijr}^{ko} \le AC_{h}^{o}, \tag{۲۴}$$

$$\zeta-\beta)\ \beta-1)\times\sum D_a\sum_{i=0}^{t-1}\sum_{j\le i+1}^{t}\sum_{r}\sum_{k}(RN_{hijr}^{Hko}\times Nr_{ahr}^{Ho}) \\ \le \zeta\times(\sum D_a\sum_{i=0}^{t-1}\sum_{j\le i+1}^{t}\sum_{r}\sum_{k}(RN_{hijr}^{HkP}\times Nr_{ahr}^{Ho}), \tag{۲۵}$$

$$RN_{hijr}^{Hko}, RN_{hijr}^{Lko}, Rm_{hijr}^{Hko}, Rm_{hijr}^{Lko}, Rr_{hijr}^{Hko}, Rr_{hijr}^{Lko}, Ru_{hijr}^{Hko}, Ru_{hijr}^{Lko}, Rk\prime_{zh}^{o}, Rk_{zh}^{o} \ge 0\ \&\ integer, \tag{۲۶}$$

$$Min\ Z_2 = \mu\left[\sum D\prime_a\sum_{o}\sum_{h}\sum_{i=0}^{t-1}\sum_{j\le i+1}^{t}\sum_{r}\sum_{k}\left(P_{hijr}^{Hako}N_{ahr}^{Hko} + P_{hijr}^{Lako}N_{ahr}^{Lko}\right)\right. \\ + \lambda\sum D\prime_E\sum_{o}\sum_{h}\sum_{i=0}^{t-1}\sum_{j\le i+1}^{t}\sum_{r}\sum_{k}\left(P_{hijr}^{HEko}N_{Ehr}^{Hko} + P_{hijr}^{LEko}N_{Ehr}^{Lko}\right) \\ + \sum D\prime_{Ca}\sum_{o}\sum_{h}\sum_{i=0}^{t-1}\sum_{j\le i+1}^{t}\sum_{r}\sum_{k}\left(P_{hijr}^{HCako}N_{Cahr}^{Hko} + P_{hijr}^{LCako}N_{Cahr}^{Lko}\right) \\ \left. + \sum D\prime_{Cb}\sum_{o}\sum_{h}\sum_{i=0}^{t-1}\sum_{j\le i+1}^{t}\sum_{r}\sum_{k}\left(P_{hijr}^{HCbko}N_{Cbhr}^{Hko} + P_{hijr}^{LCbko}N_{Cbhr}^{Lko}\right)\right] \\ + \sum\beta qN + \sum\mu\beta q'N' \\ + \phi\sum_{o}\left[\sum_{T}\left(V_{UT}t_{UT}n_{UT}\left(S_{UT}^{Ho}+S_{UT}^{Lo}\right) + V_{TT'}t_{TT'}n_{TT'}\left(S_{TT'}^{Ho}+S_{TT'}^{Lo}\right)\right)\right. \\ + \sum_{h}\left(V_{Th}t_{Th}n_{Th}\left(S_{Th}^{Ho}+S_{Th}^{Lo}\right)+V_{hT}t_{hT}n_{hT}\left(S_{hT}^{Ho}+S_{hT}^{Lo}\right)\right) \\ \left. + V_{TU}t_{TU}n_{TU}\left(S_{TU}^{Ho}+S_{TU}^{Lo}\right)\right) \\ + \sum_{F}\sum_{G}\sum_{I}\sum_{h}\left(V_{hF}t_{hF}n_{hF}\left(S_{hF}^{Ho}+S_{hF}^{Lo}\right)+V_{hG}t_{hG}n_{hG}\left(S_{hG}^{Ho}+S_{hG}^{Lo}\right)\right. \\ \left. + V_{hI}t_{hI}n_{hI}\left(S_{hI}^{Ho}+S_{hI}^{Lo}\right)\right)\Bigg], \tag{۲۷}$$

$$\sum_{k} C_k \ge 1 \qquad for\ all\ \ k\in\mathbb{N}, \tag{۲۸}$$

$$C = \begin{cases}0, & k\le 4,\\ 1, & k>4,\end{cases} \tag{۲۹}$$

$$\sum_{T}\left(n_{UT}+n_{TT'}+\sum_{h}n_{Th}+n_{hT})+n_{TU}\right)+\sum_{h}\left(\sum_{F}n_{hF}+\sum_{G}n_{hG}+\sum_{I}n_{hI}\right)\le n_{Total}\,, \tag{۳۰}$$

$$\sum_{T}\left(V_{UT}+V_{TT'}+\sum_{h}V_{Th}+V_{hT})+V_{TU}\right)+\sum_{h}\left(\sum_{F}V_{hF}+\sum_{G}V_{hG}+\sum_{I}V_{hI}\right)\le V_{Total}\,, \tag{۳۱}$$

$$\sum_{T}\left(t_{UT}+t_{TT'}+\sum_{h}t_{Th}+t_{hT})+t_{TU}\right)+\sum_{h}\left(\sum_{F}t_{hF}+\sum_{G}t_{hG}+\sum_{I}t_{hI}\right)\le t_{Total}\,, \tag{۳۲}$$

$$\sum_{T}\left(S^{o}_{UT}+S^{o}_{TT'}+\sum_{h}S^{o}_{Th}+S^{o}_{hT})+S^{o}_{TU}\right)+\sum_{h}\left(\sum_{F}S^{o}_{hF}+\sum_{G}S^{o}_{hG}+\sum_{I}S^{o}_{hI}\right)+\sum q'' \le S_{TOTAL}\,, \tag{۳۳}$$

$$\sum_{o}\sum_{k}\sum_{v}Sw^{o}_{kv}=\sum_{o}\sum_{k}\sum_{v}\sum_{B}\left(Tg^{ko}_{Bv}\times SY^{ko}_{Bv}+Td^{ko}_{Bv}\times SX^{ko}_{Bv}\right), \tag{۳۴}$$

$$Di_{Total}=V_{Total}\times t_{Total}, \tag{۳۵}$$

$$\sum_{o}\sum_{h}\sum_{i=0}^{t-1}\sum_{j\le i+1}^{t}\sum_{r}\sum_{k}\left(P^{Hako}_{hijr}+P^{Lako}_{hijr}+P^{LEko}_{hijr}+P^{HEko}_{hijr}+P^{HCako}_{hijr}+P^{LCako}_{hijr}+P^{HCbko}_{hijr}+P^{LCbko}_{hijr}+Pm^{ko}_{ij}\right)+\sum q+\sum q''\le P_{TOTAL}\,, \tag{۳۶}$$

$$\sum_{o}\sum_{h}\sum_{r}\left(N^{Ho}_{ahr}+N^{Lo}_{ahr}+N^{Ho}_{Ehr}+Nr^{Lo}_{Ehr}+N^{Ho}_{Cahr}+N^{Lo}_{Cahr}+N^{Ho}_{Cbhr}+N^{Lo}_{Cbhr}\right)+\sum N+\sum N'\le N_{TOTAL}\,, \tag{۳۷}$$

$$\sum_{k}C_{k}\left(P_{Total}+S_{Total}+\sum_{o}\sum_{k}(F_{ko}\times SF^{o}+G_{ko}\times SG^{o}+I_{ko}\times SI^{o})\right)\ge\sum_{o}\sum_{i=0}^{t-1}\sum_{j\le i+1}^{t}\sum_{k}Pm^{ko}_{ij}, \tag{۳۸}$$

$$\sum Nq\le\sum_{i=0}^{t-1}\sum_{j\le i+1}^{t}\sum_{r}\sum_{k}\left(P^{Hako}_{hijr}\times N^{Ho}_{ahr}\right)\bigvee\sum_{i=0}^{t-1}\sum_{j\le i+1}^{t}\sum_{r}\sum_{k}\left(P^{Lako}_{hijr}\times N^{Lo}_{ahr}\right), \tag{۳۹}$$

$$\sum_{i=0}^{t-1}\sum_{j\le i+1}^{t}\sum_{r}\sum_{k}N^{Co}_{rh}\left(P^{HCko}_{hijr}+P^{LCko}_{hijr}\right)\le P_{Total}\times N_{Total}\,, \tag{۴۰}$$

$$MB\ge MB_{S}+MB_{P}+MB_{F}+MB_{G}+MB_{I}+MB_{q'}+MB_{q''}, \tag{۴۱}$$

$$\sum_{k}C_{k}\;P_{TOTAL}+S_{TOTAL}+S_{F}+S_{I}+S_{G})+\sum q''\le MB\,, \tag{۴۲}$$

$$\sum N'\times\sum q'\le MB-\sum_{k}C_{k}\left(S_{Total}-\sum_{o}\sum_{h}\sum_{F}(S^{Ho}_{hF}+S^{Lo}_{hF})-\sum_{o}\sum_{h}\sum_{I}\left(S^{Ho}_{hI}+S^{Lo}_{hI}\right)+P_{Total}\right), \tag{۴۳}$$

$$MB-\left(S_{Total}-\sum_{o}\sum_{h}\sum_{F}(S^{Ho}_{hF}+S^{Lo}_{hF})-\sum_{o}\sum_{h}\sum_{G}\left(S^{Ho}_{hG}+S^{Lo}_{hG}\right)-\sum_{o}\sum_{h}\sum_{I}\left(S^{Ho}_{hI}+S^{Lo}_{hI}\right)\right)\ge P_{Total}\times\sum_{k}C_{k}\,, \tag{۴۴}$$

$$MB-\sum_{o}\sum_{T}\left(S^{o}_{uT}+S^{o}_{TT'}+\sum_{h}S^{o}_{Th}\right)\ge\sum_{o}\sum_{r}\sum_{k}\sum_{i=0}^{t-1}\sum_{j\le i+1}^{t}\left(P^{Hako}_{hijr}\times N^{Ho}_{ahr}\right)\bigvee\sum_{o}\sum_{r}\sum_{k}\sum_{i=0}^{t-1}\sum_{j\le i+1}^{t}\left(P^{Lako}_{hijr}\times N^{Lo}_{ahr}\right), \tag{۴۵}$$

$$\sum q''+S_{Total}\le MB_{S}, \tag{۴۶}$$

$$\sum MB_{q''}=1\qquad for\ all\ q'', \tag{۴۷}$$

$$MB_{q''} = \begin{cases} 1, & If\ the\ cost\ q''\ is\ spent, \\ 0, & otherwise, \end{cases}$$

$$MB_F \geq \sum_k \sum_o \left(C_k \times F_{ko} \left(SF^o +, \sum_F \sum_h S^o_{hF} \right) \right), \quad (۴۸)$$

$$MB_G \geq \sum_k \sum_o \left(C_k \times G_{ko} \left(SG^o + \sum_G \sum_h S^o_{hG} \right) \right), \quad (۴۹)$$

$$MB_I \geq \sum_k \sum_o \left(C_k \times I_{ko} \left(SI^o + \sum_I \sum_h S^o_{hI} \right) \right), \quad (۵۰)$$

$$\mu \left(P_{Total} \times N_{Total\ ij} + \sum \beta q' N' \right) + \sum q'' + \sum \beta q N \leq MB, \quad (۵۱)$$

$$\phi\ S_{Total} \times n_{Total} \times V_{Total} \times t_{Total}) \leq MB_S, \quad (۵۲)$$

$$\mu \left(P_{Total} \times N_{Totalij} + \sum q' N' \right) \leq O_h \left(P_{Total} \times N_{Total} + \sum q' N' \right), \quad (۵۳)$$

$$MB_P \leq MB - \sum_o \sum_T \left(S^o_{uT} + S^o_{TT'} + \sum_h S^o_{Th} \right), \quad (۵۴)$$

$$MB_{q''} + MB_P \geq P_{Total} \times N_{Total}, \quad (۵۵)$$

$$\sum_k C_k \sum_o \sum_h S^o_{hG} + SG^o + S^o_{hI} + SI^o) \leq \sum_k A_K \times \sum_F \sum_I AP_F + AP_I), \quad (۵۶)$$

$$\sum q'' + \sum_o \sum_k \sum_{i=0}^{t-1} \sum_{j \leq i+1}^{t} Pm^{ko}_{ij} \leq \sum_o \sum_h \sum_k \sum_{i=0}^{t-1} \sum_{j \leq i+1}^{t} \left(P^{Hako}_{hijr} \times N^{Ho}_{ahr} \right) \bigvee \sum_o \sum_h \sum_k \sum_{i=0}^{t-1} \sum_{j \leq i+1}^{t} \left(P^{Lako}_{hijr} \times N^{Lo}_{ahr} \right), \quad (۵۷)$$

$$\sum D'_a + D'_E + D'_{Ca} + D'_{Cb}) \leq \sum t, \quad (۵۸)$$

$$\sum_{i=0}^{t-1} \sum_{j \leq i+1}^{t} h_{ij} = 1 \qquad for\ all\ i = 0, \dots, t-1\ , for\ all\ j = 0, \dots, t) \in \mathbb{N}\ , i \leq j, \quad (۵۹)$$

$$D'_a, D'_E, D'_{Ca}, D'_{Cb}, N', N, S^{Ho}_{UT}, S^{Lo}_{UT}, S^{Ho}_{TT'}, S^{Lo}_{TT'}, S^{Ho}_{Th}, S^{Lo}_{Th}, S^{Ho}_{hT}, S^{Lo}_{hT}, S^{Ho}_{TU}, S^{Lo}_{TU}, S^{Ho}_{hG}, S^{Lo}_{hG}$$

$$, S^{Ho}_{hI}, S^{Lo}_{hI}, S^{Ho}_{hF}, S^{Lo}_{hF} \geq 0\ \&\ integer\ , \quad (۶۰)$$

$$\mu = \phi = \begin{cases} 1 & \Rightarrow \text{مسافر امتیاز ندارد} \\ 5\% & \Rightarrow \text{کارت امتیاز نوع ساده} \\ 10\% & \Rightarrow \text{کارت امتیاز نوع برنز} \\ 20\% & \Rightarrow \text{کارت امتیاز نوع نقره‌ای} \\ 35\% & \Rightarrow \text{کارت امتیاز نوع طلایی} \\ 50\% & \Rightarrow \text{کارت امتیاز نوع پلاتینیوم} \end{cases} \quad (۶۱)$$

$$\beta = \begin{cases} 3 & \Rightarrow \text{ستاره سه و دو و یک هتل} \\ 4 & \Rightarrow \text{ستاره چهار هتل} \\ 5 & \Rightarrow \text{ستاره پنج هتل} \\ 7 & \Rightarrow \text{ستاره پنج از بیشتر دارای هتل‌های} \end{cases} \quad (۶۲)$$

$$r=\begin{cases}1 & \Rightarrow \text{اتاق یک نفره}^{1}\\ 2 & \Rightarrow \text{اتاق دو نفره}^{2}\\ 3 & \Rightarrow \text{اتاق سه نفره}^{3}\\ 5 & \Rightarrow \text{اتاق چهار نفره}^{4}\\ 7 & \Rightarrow \text{سوئیت}^{5}\\ 9 & \Rightarrow \text{رویال سوئیت}^{6}\\ 11 & \Rightarrow \text{سایر اتاق‌ها}\end{cases} \qquad (۶۳)$$

$$\alpha=\begin{cases}30\% & \Rightarrow \text{از زمان رزرو تا ۲۴ ساعت پیش از اقامت}\\ 20\% & \Rightarrow \text{از زمان رزرو تا ۴۸ ساعت پیش از اقامت}\\ 10\% & \Rightarrow \text{از زمان رزرو تا ۷۲ ساعت پیش از اقامت}\\ 130\% & \Rightarrow \text{از زمان رزرو تا ۲۴ ساعت پیش از اقامت}\end{cases} \qquad (۶۴)$$

مدل (۱) ارایه تابع هدفی می‌باشد که مبتنی بر بیشینه‌سازی درآمد حاصل‌شده از صرف مخارج مختلف مسافر در هتل مانند درآمد اقامت معمولی و یا اقامت مازاد، دریافت جریمه‌ی کنسلی رزرو در صورت اطلاع کنسلی به هتل توسط مسافر و یا عدم اطلاع وی، درآمد دریافتی ناشی شده از میزان خسارت وارده به تجهیزات و امکانات تحت استفاده مسافر و درآمد کسب‌شده از ارایه سرویس‌دهی‌های مرتبط با امکانات اضافه در هتل برای مسافران می‌باشد. **محدودیت (۲)** تضمین‌کننده‌ی این است که تعداد مسافران هتل از ظرفیت پذیرش هتل بیشتر نباشد.

محدودیت (۳) نشان‌دهنده عوامل رقابتی هتل‌هاست که مبتنی بر تعداد دسترسی آن‌ها به اماکن گردشگری، مراکز خدمات درمانی و مراکز مرتبط با مقاصد تجاری است. **محدودیت (۴)** تعیین‌کننده‌ی نرخ رقبا فی‌مابین هتل‌هاست که مبتنی بر عوامل مرتبط در این مورد ارایه شده است. **محدودیت (۵)** تضمین‌کننده‌ی عدم‌پذیرش و ورود مسافران به‌صورت گروهی و فردی بیش‌ازحد ظرفیت قابل‌عرضه هتل می‌باشد. **محدودیت (۶)** تعیین‌کننده وضعیت پذیرش یا عدم‌پذیرش مسافر توسط هتل به‌صورت اقامت اضافه می‌باشد. **محدودیت‌های (۷)** و **(۸)** به ترتیب مشخص‌کننده‌ی کل تقاضای مسافران جهت رزرو برای یک شب اقامت در هتل و چگونگی اجازه کنسلی رزرو است. **محدودیت (۹)** تا **محدودیت (۱۲)** به ترتیب وضعیت تعداد شب اقامت، کنسلی رزرو، تعداد اتاق‌ها از انواع مختلف و میزان درآمدها مستخرج از منابع مختلف موجود هتل در شرایط گوناگون را مرتبط با میزان کلی آن‌ها سنجیده‌اند. **محدودیت (۱۳)** تاکید می‌کند که درآمد کل هتل بیشتر از میزان درآمد آن، هنگامی است که هتل به ارایه تخفیفات و برقراری سرویس‌دهی‌های مرتبط با کارت امتیاز می‌پردازد. **محدودیت (۱۴)** مربوط به موجودی اتاق‌های هتل جهت اقامت معمولی و اضافه، نسبت به تعداد اتاق‌هایی که در شرایط کنسلی رزرو هستند. **محدودیت (۱۵)** به بررسی چگونگی شمار امکانات خسارت‌دیده نسبت به امکانات اضافه‌ی ارایه داده‌شده توسط هتل می‌پردازد. **محدودیت (۱۶)** نشان می‌دهد که تعداد اتاق‌های رزرو شده جهت اقامت معمولی و اقامت اضافه توسط مسافران از ظرفیت قابل‌عرضه‌ی هتل نسبت کمتر است. **محدودیت (۱۷)** تعیین‌کننده کل مسافرانی است که ظرفیت هتل را اشغال کرده‌اند. **محدودیت (۱۸)** تضمین‌کننده‌ی کل ظرفیت قابل‌عرضه هتل در یک دوره معین حداقل به میزان اتاق‌های خالی آن، صرف‌نظر از اتاق‌های از قبل رزرو شده است. **محدودیت (۱۹)** تعیین‌کننده‌ی میزان کل ظرفیت قابل‌عرضه‌ی هتل که ظرفیت واقعی آن است، می‌باشد. **محدودیت (۲۰)** تضمین‌کننده‌ی درآمد کل ظرفیت قابل‌عرضه هتل تا یک روز خاص است. **محدودیت (۲۱)** بررسی می‌کند که کل درآمد مکتسب هتل از درآمد حاصل‌شده از ارایه اتاق‌ها جهت رزرو اقامت معمولی و اضافه بیشتر خواهد بود. **محدودیت (۲۲)** بیانگر تاثیر بیشتر کل میزان نرخ رقبا در درآمد هتل نسبت به لحاظ عوامل رقابتی است. **محدودیت (۲۳)** وارسی بیشینه بودن ظرفیت کلی هتل را نسبت به مجموع ظرفیت قابل‌عرضه‌ی هتل جهت رزرو و وضعیت چگونگی ظرفیت ایجادشده ناشی از کنسلی اتاق‌های رزرو شده در فصول مختلف گردشگری انجام داده است. **محدودیت (۲۴)** تضمین‌کننده‌ی این است که حداقل ظرفیت کل هتل به میزان ظرفیت اشغال‌شده و ظرفیت قابل‌عرضه‌ی آن می‌باشد. **محدودیت (۲۵)** چگونگی سطح درآمد هتل را با توجه به مرتبه رتبه‌بندی بر اساس معیار ستاره نسبت به رقبا نشان می‌دهد. **محدودیت (۲۶)** تضمین‌کننده‌ی آن است که متغیرهای تابع هدف اول از نوع مثبت و عدد صحیح می‌باشند.

---

[1] Single
[2] Double/Twin
[3] Triple
[4] Quad
[5] Suite
[6] Presidentail/president suite

مدل (۲۷) تابع هدفی است که بر اساس بهینه‌کردن مخارج و هزینه‌های مسافران در الگوی سفر طرح شده است. این هزینه‌ها مانند هزینه‌های صرف شده بابت رزرو اقامت در هتل به‌صورت معمولی یا اضافه، هزینه‌های حاصل از پرداخت جریمه به هتل بابت کنسلی رزرو در شرایط گوناگون و همچنین پرداخت جهت به‌کارگیری تجهیزات و امکانات اضافی هتل و یا خسارت وارده به تجهیزات و امکانات هتل در صورت وجود می‌باشد؛ در کنار هزینه‌های مذکور به ارایه هزینه‌های ناشی از استفاده‌ی وسایل حمل‌ونقل منتخب در طی زمان و مراحل متفاوت سفر در شهرهای مختلف توام با لحاظ تعداد، نوع و سرعت وسایل مذکور به کمینه‌سازی تمامی مخارج صرف شده در کل سفر پرداخته شده است. **محدودیت‌های (۲۸)** و **(۲۹)** مرتبط باوجود حداقل یک نوع مسافر در الگوی سفر و همچنین فردی و گروهی بودن مسافران می‌باشد. **محدودیت (۳۰)** تا **محدودیت (۳۳)** به ترتیب تعداد، سرعت، زمان سفر با وسایل حمل‌ونقل منتخب، هزینه‌های سفر با وسایل حمل‌ونقل مذکور جهت جابه‌جایی مسافر و هزینه‌های سفر صرف شده در الگوی سفر منتخب را مرتبط با میزان کلی آن‌ها بررسی کرده است. **محدودیت (۳۴)** مشخص‌کننده وضعیت هزینه زمان انتظار مسافر در الگوی سفر منتخب وی می‌باشد. **محدودیت (۳۵)** مشخص‌کننده کل مسافت طی شده توسط مسافر در طی الگوی سفر می‌باشد. **محدودیت (۳۶)** نشان می‌دهد که کل مخارج سکنی‌گزینی در طی سفر در اقامتگاه شخصی کمتر از میزان مخارج کل سفر مسافران خواهد بود. **محدودیت (۳۷)** تاکید می‌کند که جهت اقامت به‌صرفه می‌بایست هزینه‌های خسارت از هزینه‌های یک شب اقامت معمولی مسافر در هتل کمتر باشد. **محدودیت (۳۸)** به وارسی اینکه کل هزینه کنسلی رزرو باید از کل هزینه اقامت معمولی و در صورت وجود اقامت اضافه و پرداختی‌های جریمه و هزینه‌های کنسلی رزرو در های‌سیزن و لوسیزن کمتر باشد، می‌پردازد. **محدودیت (۳۹)** تضمین می‌کند که حداکثر به میزان کل بودجه تخصیص‌داده‌شده برای سفر توسط مسافر می‌توان به تفکیک بودجه‌ها بابت مخارج حمل‌ونقل، هزینه‌های رزرو اقامت، بازدید از اماکن گردشگری، بهره‌مندی از مراکز خدمات درمانی و استفاده از مراکز مرتبط با مقاصد تجاری و همچنین بودجه جهت پرداخت هزینه‌های مازاد در سفر و هزینه‌های اضطراری پرداخت. **محدودیت (۴۰)** تا **محدودیت (۴۴)** در شرایط های‌سیزن یا لوسیزن و یا توامان، به ترتیب بیانگر محدودیت‌های هزینه‌های سفر نسبت به کل بودجه تعیین‌شده سفر توسط مسافر، چگونگی وضعیت صرف هزینه‌های اصلی سفر از بودجه کل تخصیص‌داده‌شده جهت امکان بهره‌مندی از مراکز خدمات درمانی حداقل به میزان هزینه ضروری در نظر گرفته‌شده توسط مسافر، وضعیت موجودی از میزان بودجه کل جهت پرداخت هزینه و تامین محل اقامت، دردسترس‌بودن مقدار کافی از باقی‌مانده بودجه کل پس از رسیدن به شهر مقصد جهت تامین محل اقامت هستند. **محدودیت (۴۵)** تا **محدودیت (۵۰)** به ترتیب تضمین‌کننده‌ی تخصیص و تفکیک بودجه‌های حمل‌ونقل، اختصاص هزینه صرف شده از بودجه اضطراری سفر، بودجه‌های مرتبط با بازدید از اماکن گردشگری، استفاده از مراکز خدمات درمانی و مراکز مرتبط با مقاصد تجاری می‌باشد. **محدودیت (۵۱)** تا **محدودیت (۵۳)** به ترتیب بیانگر چگونگی پرداخت هزینه‌ها در شرایط وجود کارت امتیاز هتل و کارت امتیاز حمل‌ونقل نسبت به بودجه‌های تخصیص‌داده‌شده‌ی مرتبط با آن‌ها و محدودیت وضعیت میزان هزینه‌ها در صورت وجود کارت امتیاز هتل نسبت به استفاده از سایر تخفیفات می‌باشند. **محدودیت (۵۴)** تاکید می‌کند که حداقل به میزان بودجه تخصیص‌داده‌شده جهت رزرو اقامت هتل، می‌بایست از کل میزان بودجه امکان پرداخت هزینه‌های حمل‌ونقل تا ایستگاه حمل‌ونقل شهر منتخب توسط مسافر وجود داشته باشد تا الگوی ابتدایی سفر به‌درستی شکل گیرد. **محدودیت (۵۵)** نشان‌دهنده‌ی کل هزینه‌های رزرو اقامت هتل نسبت به بودجه تخصیص‌داده‌شده به سفر توسط مسافر است. **محدودیت (۵۶)** مرتبط با میزان هزینه‌های پرداختی جهت بهره‌مندی از استفاده و بازدید اماکن گردشگری و مراکز مرتبط با مقاصد تجاری نسبت به ارزش آن‌هاست. **محدودیت (۵۷)** تاکید می‌کند که حداقل به میزان کل مخارج اسکان در اقامتگاه شخصی می‌توان یک اتاق جهت اقامت معمولی در های‌سیزن یا لوسیزن رزرو کرد. **محدودیت (۵۸)** نشان‌دهنده‌ی آن است که کل شب‌های اقامت مسافر حداکثر به میزان کل دوره اقامت وی می‌باشد. **محدودیت (۵۹)** تضمین می‌کند که مسافر جهت اقامت از شب i تا j دقیقا یک هتل را در بین هتل‌های رقیب انتخاب کند. **محدودیت (۶۰)** تضمین‌کننده‌ی آن است که متغیرهای تابع هدف دوم از نوع مثبت و عدد صحیح می‌باشند. **محدودیت (۶۱)** تعیین‌کننده‌ی چگونگی کاربرد کارت امتیاز هتل و حمل‌ونقل می‌باشد. **محدودیت (۶۲)** مشخص‌کننده‌ی چگونگی مراتب رتبه‌بندی مبتنی‌بر معیار هتل به تفکیک ستاره می‌باشد. **محدودیت (۶۳)** تعیین‌کننده‌ی گروه اتاق‌های هتل می‌باشد. **محدودیت (۶۴)** وضعیت جریمه کنسلی رزرو هتل را نسبت به هزینه یک شب اقامت به ازای هر اتاق ارایه می‌دهد و در آخرین وضعیت جریمه کنسلی نسبت به هزینه یک شب اقامت به ازای هر اتاق و میزان تعیین‌شده‌ای از هزینه باقی شب‌های رزرو شده به ازای هر اتاق می‌باشد.

۴- الگوریتم‌های حل مساله

در این بخش، از رویکردهای مختلف منتخب حل مساله برای حل مدل‌سازی‌های انجام‌شده در پژوهش حاضر که به جهت بیشینه‌سازی درآمد هتل‌ها و کمینه‌سازی هزینه‌ها و مخارج مسافران پیشنهاد شده است، بهره گرفته می‌شود. مدل‌سازی‌های مذکور دارای رویکرد کمی بوده و منطبق بر مطالعات صورت‌گرفته *NP-hard* بودن آن‌ها سبب می‌گردد تا از روش بهینه‌سازی فراابتکاری استفاده گردد. در این بخش به حل مساله در سه ابعاد کوچک، متوسط و بزرگ پرداخته خواهد شد.

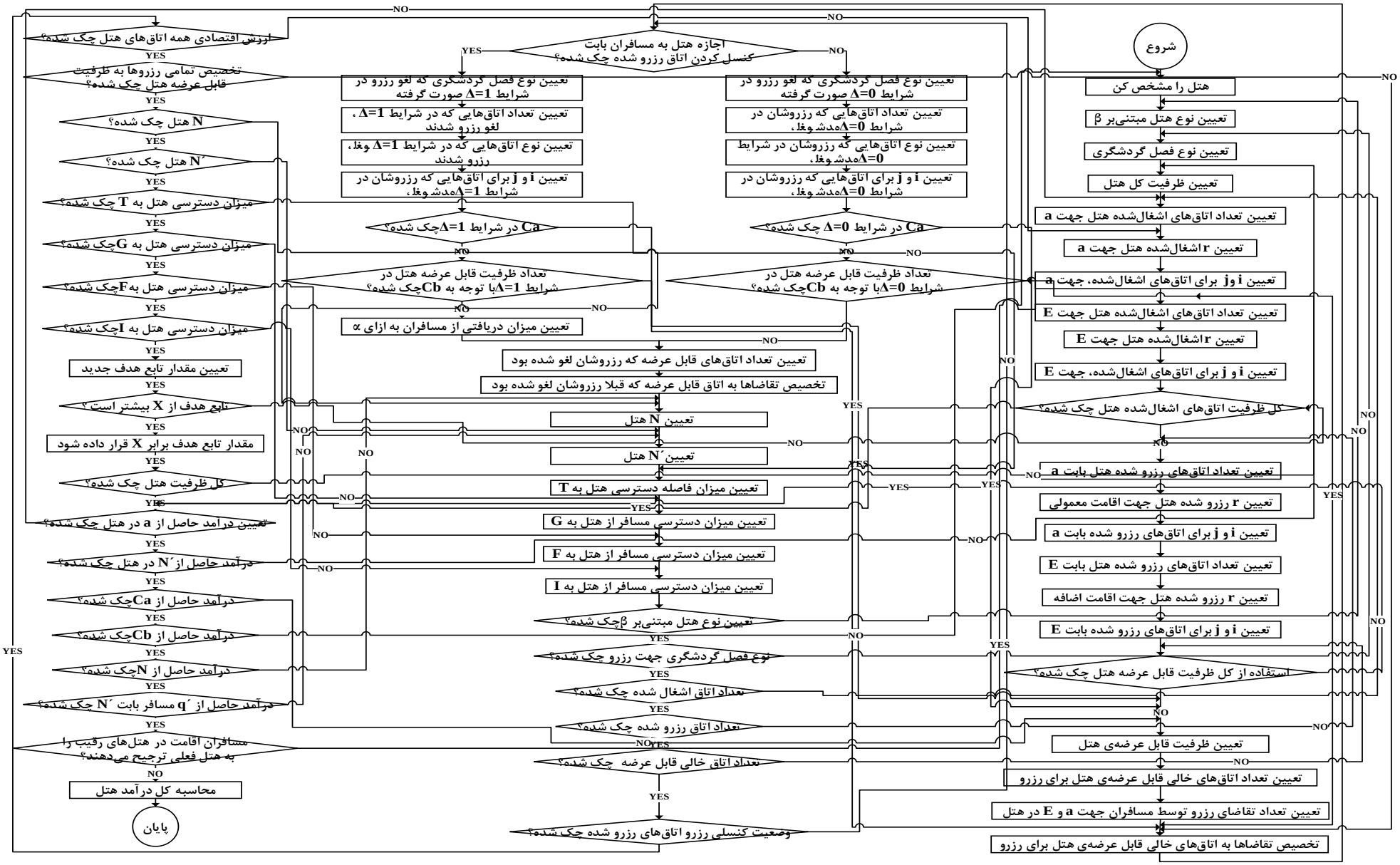
در حل مدل مدیریت هزینه‌ها و مخارج مسافران، کمینه‌سازی هزینه‌ها سبب می‌گردد تا مسافران در طی مدت‌زمان سفر خود قادر باشند، از محل بودجه تخصیص‌داده‌شده به الگوی سفر منتخب خود به بهینه‌ترین حالت ممکن بهره ببرند و بتواند با برنامه‌ریزی مطلوب هزینه‌ها در سفر به بازدید شهرهای بیشتری در مدت‌زمان موردنظر و استفاده از امکانات اضافه ارایه داده‌شده توسط هتل و همچنین انتخاب انواع وسایل حمل‌ونقل مطلوب‌تر علاوه بر رزرو هتل جهت اسکان و پرداخت بابت هزینه‌های حمل‌ونقل اولیه ناشی از سفر صورت‌گرفته، بپردازند.

در مساله مدیریت هزینه‌های مسافرت، مسافر مطابق بودجه تخصیص‌داده‌شده به الگوی سفر خود، می‌بایست بودجه‌های مختلفی چون بودجه رزرو اقامت، بودجه حمل‌ونقل، بودجه اضطراری، بودجه بابت استفاده از امکانات اضافه و بودجه بازدید از اماکن گردشگری، مراکز مرتبط با مقاصد تجاری و بهره‌مندی از خدمات درمانی را تفکیک کند و آن‌ها را به موارد مرتبطی که می‌بایست به‌منظور استفاده از آن‌ها صرف هزینه صورت گیرد، اختصاص دهد. در مساله واکاوی شده مسافران به انتخاب هتل‌هایی که در الگوی سفر، در شهرهای منتخب به‌عنوان مقصد که دارای مسیرهای متعدد منتهی به هتل می‌باشند، خواهند پرداخت؛ انتخاب هتل‌ها در شهر منتخب می‌تواند با توجه به‌مراتب رتبه‌بندی مبتنی بر معیار هتل به تفکیک ستاره متغیر باشد. در مدل مذکور، مسافر به انتخاب نوع حمل‌ونقل و توان پرداخت از محل بودجه تخصیص‌داده‌شده مطابق زمان سفر و سرعت مورد انتظار از وسیله انتخاب‌شده بابت حمل‌ونقل در سفر توجه خواهد کرد. در این مدل در ابتدا رزرو اقامت به‌صورت معمولی برای دوره مشخصی ترتیب داده خواهد شد و چنانچه مسافران احتیاج به رزرو اقامت اضافه داشته باشند، به آن‌ها اقامت اضافه تعلق خواهد گرفت. همچنین آن‌ها مطابق فصل گردشگری و سایر معیارها می‌توانند از مزایایی که در بهینه‌شدن هزینه‌ها در جهت کاهش آن‌ها نقش چشمگیری دارند، بهره‌مند شوند که تعدادی از این معیارها مانند کارت امتیاز هتل و کارت امتیاز حمل‌ونقل و ... جهت استفاده برای دستیابی به مجموعه جواب مساله لحاظ گردیده‌اند.

در الگوی سفر مسافران و همچنین مدل بهینه‌کردن درآمد هتل‌ها، وضعیت اجازه یا عدم اجازه‌ی کنسلی رزرو انجام‌شده مبتنی بر تعداد اتاق، توسط مسافر و تاثیر آن در برآورد هزینه‌های ناشی از کنسلی با اطلاع یا بی‌اطلاع به هتل نیز موردبررسی قرار گرفته است. کنسلی رزرو برای مسافران مطابق معیارهایی که در محدودیت‌های مدل‌سازی مسایل ذکرشده، می‌باشد و این جریمه به‌عنوان عایدی هتل متکی بر شرایطی که کنسلی رزرو صورت می‌گیرد، خواهد بود. سیاست کنسلی هتل[1] در اکثر هتل‌ها چندان متفاوت نبوده و با توجه به زمان لغو توسط مسافر و هزینه اقامت در هتل مبتنی بر نوع گروه اتاقی[2] که رزرو آن کنسل شده است و فاکتورهای مربوطه متغیر می‌باشد؛ در تمامی موارد مذکور در میزان جواب‌های حاصل‌شده از حل مسایل به سهم خود نقش چشمگیری را ایفا می‌کنند.

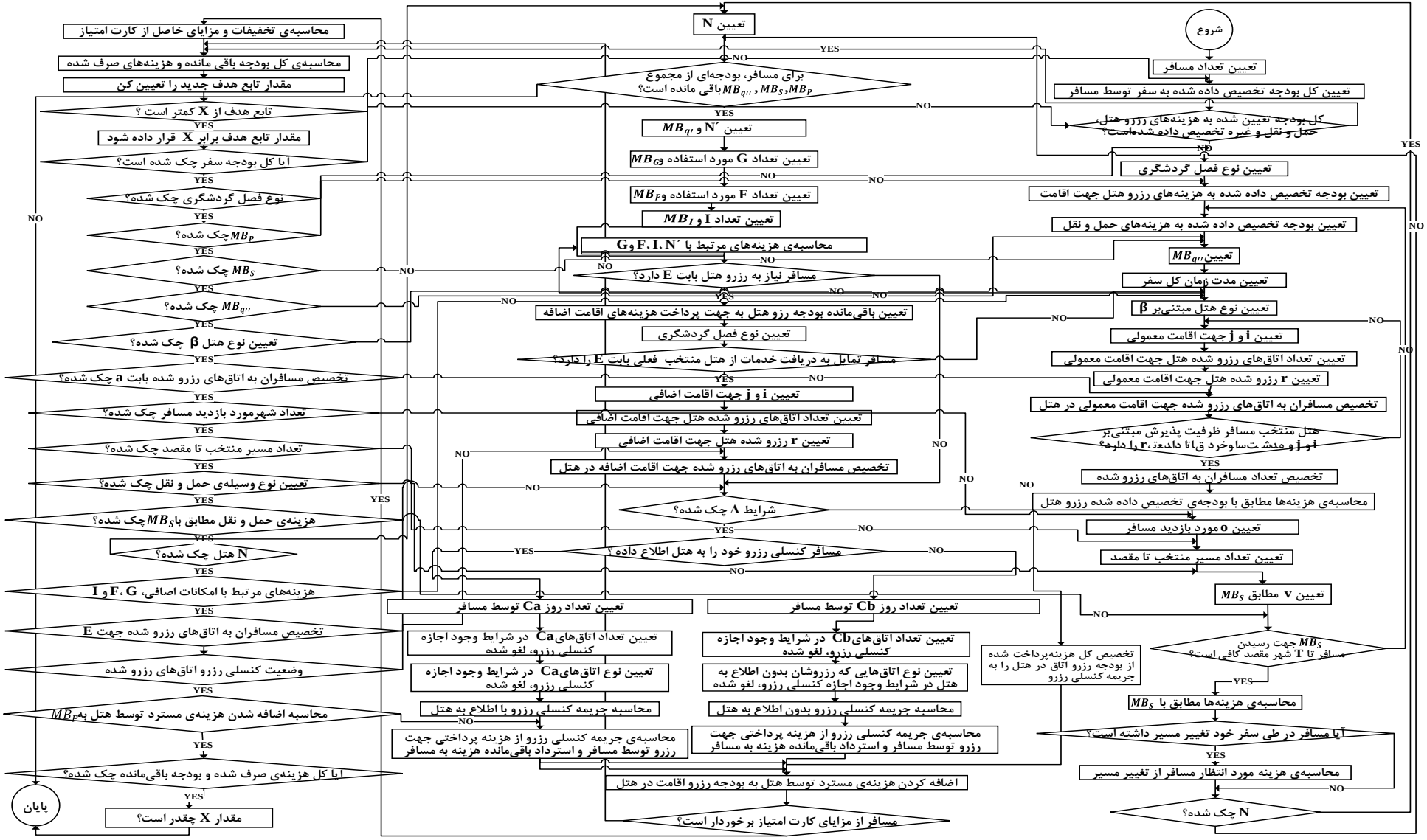
از سویی دیگر روال درآمدزایی هتل‌ها و فرآیند بهینه‌سازی درآمد آن‌ها حاصل‌شده از ارایه ظرفیت قابل‌عرضه مبتنی بر میزان موجودی اتاق‌ها[3] که صرفا اتاق آماده[4] جهت رزرو و اسکان مدنظر است و تخصیص مسافران متقاضی به انواع اتاق‌های موجود در دوره زمانی مورد درخواست، مدت اقامت[5]، ارایه امکانات اضافه به مسافران، دریافت جریمه بابت کنسلی رزرو انجام‌شده از هزینه پرداختی مسافران بابت رزرو و محاسبه‌ی میزان خسارت وارده به امکانات تحت استفاده مسافران و سایر موارد می‌باشد. فرآیند الگوریتم‌های اجرای بهینه‌سازی بابت دستیابی به وضعیت بهینه در مدیریت هزینه‌های مسافران و سیستم مدیریت درآمد[6] هتل به طور جامع در فلوچارت‌های **شکل ۱ و ۲** ارایه شده است.

[1] Hotel cancellation policies
[2] Room block
[3] Room inventory
[4] Vacancy
[5] Duration of stay
[6] Revenue management system



شکل ۱- فلوچارت بهینه‌سازی درآمد هتل.

Figure 1- Flowchart of hotel income optimization.



شکل ۲- الگوریتم الگوی سفر مشتری.

Figure 2- Customer travel pattern algorithm.

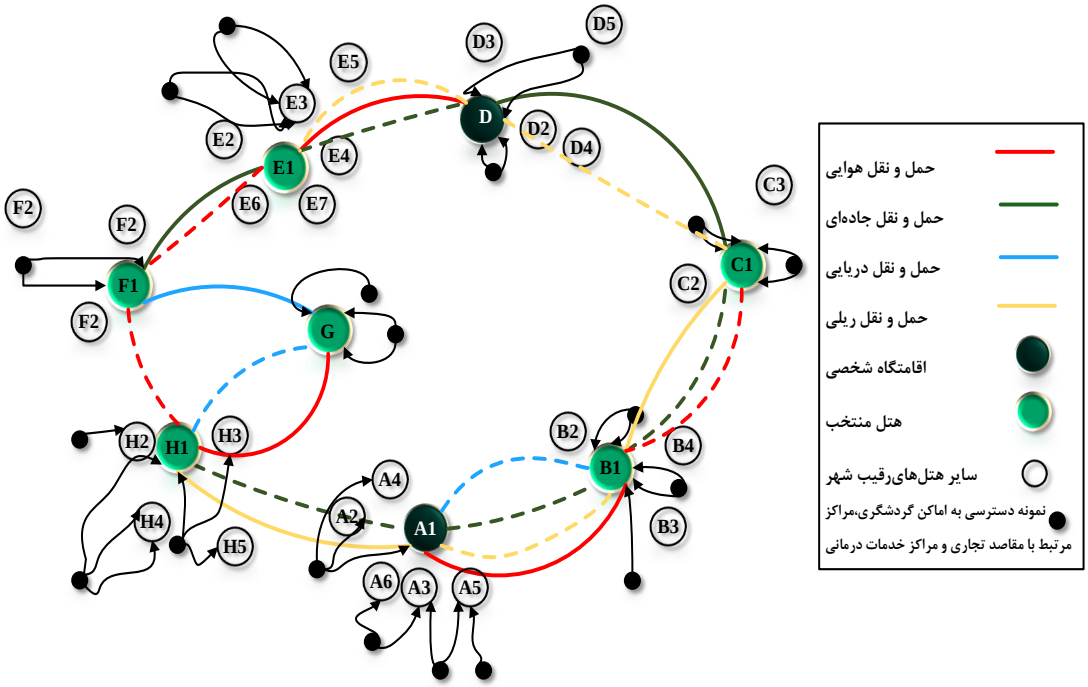
۴-۱- نحوه عملکرد

به جهت حل مدل‌سازی‌های انجام‌شده و یافتن مجموعه جواب‌های پارتو از دو الگوریتم فراابتکاری *NSGA-II* و *MOPSO* استفاده خواهد شد که به‌عنوان الگوریتم‌های تکاملی چندهدفه مساله پیچیده پیشرو را حل کرده و در ارایه منحنی‌های تبادل بهینه بین اهداف مورد انتظار توانا می‌باشند.

۴-۱-۱- عملکرد الگوریتم NSGA-II

از دلایل شاخص انتخاب این الگوریتم فراابتکاری در مقایسه با سایر الگوریتم‌ها، کمینه بودن پیچیدگی عملیاتی و سرعت بالا در برآورد و محاسبه‌ی فاصله ازدحام نقاط پارتو متکی بر کاربرد اصل عدم تسلط است که وسعت مطلوبی را در حیطه‌ی تغییرات و نوسانات توابع اهداف شامل می‌شود. در این استراتژی از مراحلی چون تولید جمعیت اولیه بر مبنای مقیاس و محدودیت‌های مساله پیشرو، سنجش جمعیت تولیدشده هدف مبتنی بر مدل‌سازی‌های صورت‌گرفته، اجرای استراتژی‌های مرتب‌سازی نا مغلوب، احتساب پارامتر کنترلی مذکور و مدنظر، گزینش جمعیت والدین به جهت انجام فرآیند تولیدمثل و اجرای اپراتورهای مرتبط با الگوریتم ژنتیک مرتب‌سازی نا مغلوب استفاده شده است.

در **شکل ۳** ترسیمی از الگوی سفر مسافر ارایه شده است که در آن انتخاب حالت سفر متاثر از انواع حمل‌ونقل منتخب توسط مسافر برای اجرای سفر از میان حالت‌های متعدد در دسترس مانند جاده‌ای، ریلی، هوایی و یا آبی نشان داده شده است. همچنین به نمایش الگوی حرکتی سفر بین شهرهای منتخب مسافر و انتخاب وضعیت اقامت مطابق با بودجه اختصاص‌داده‌شده به‌صورت انفرادی یا گروهی از بین محل‌های قابل اسکان که نسبت به هم رقابت می‌پردازند پرداخته شده است.

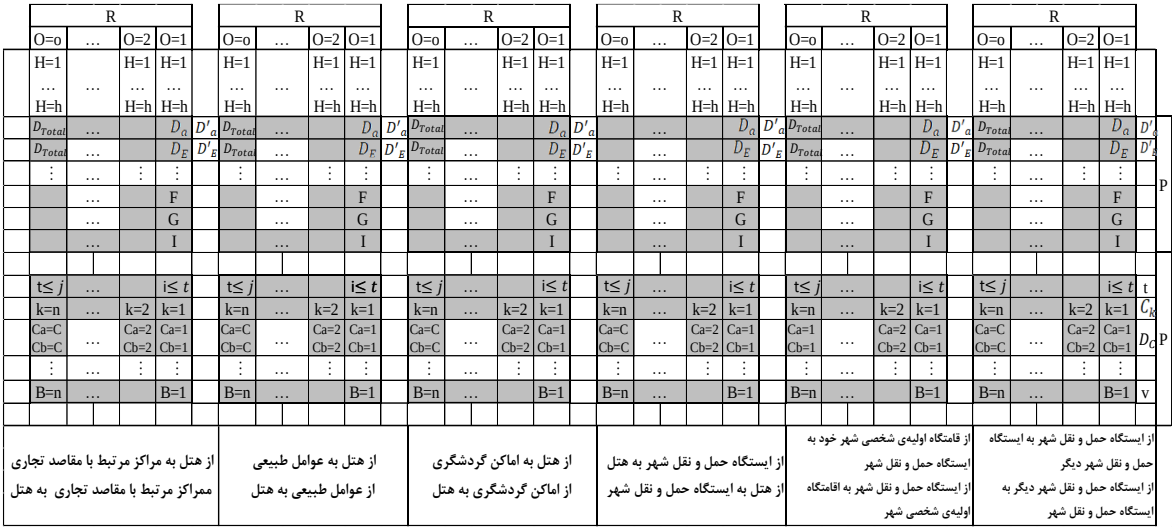


شکل ۳- ترسیم الگوی سفر مسافر و انتخاب محل اقامت و حالت‌های مختلف سفر.

Figure 3- Drawing the travel pattern of the passenger and choosing the accommodation and different travel modes.

جهت اجرای این فرآیند کدگذاری کروموزوم‌ها و بخش‌های مرتبط با موارد مطرح‌شده، **شکل ۴** صورت داده شد و به جهت ترسیم جواب از کروموزوم چند سطری بهره گرفته می‌شود. سطرها و بخش‌های متعدد کروموزوم کدگذاری شده دربرگیرنده‌ی تتبع الگوی سفر مسافرانی است که از شهر خود به ایستگاه حمل‌ونقل شهر منتخب جهت سفر، از ایستگاه حمل‌ونقل شهر به ایستگاه حمل‌ونقل شهر دیگر، از ایستگاه حمل‌ونقل شهر به هتل، از هتل به اماکن گردشگری، از هتل به مراکز خدمات درمانی، از هتل به مراکز مرتبط با مقاصد تجاری و برعکس موارد مذکور یعنی از اماکن گردشگری به هتل، از مراکز خدمات درمانی به هتل، از مراکز مرتبط با مقاصد تجاری به

هتل، از هتل به ایستگاه حمل‌ونقل شهر، از ایستگاه حمل‌ونقل شهر به ایستگاه حمل‌ونقل شهر دیگر، از ایستگاه حمل‌ونقل شهر به اقامتگاه اولیه‌ی شخصی به اجرای سفر خود می‌پردازند.



شکل ۴- نمایش کروموزوم.

Figure 4- Representation chromosome.

ازاین‌رو در فرآیند اجرای الگوریتم بر روی جمعیت مورد آزمون مدل‌سازی‌های انجام‌شده در پژوهش حاضر، برای دستیابی به مجموعه جواب پارتو موردنظر بعد از جبهه‌بندی ذرات مبتنی بر میزان غلبه‌ی آن‌ها بر سایر ذرات موجود و به جهت ایجاد نسل بعدی شماری از آن‌ها انتخاب‌شده و بین ذرات منتخب مقایسه صورت‌گرفته و بهترین جواب ممکن به مخزن جواب‌ها برای تدوین مجموعه جواب اضافه می‌شود. با تکرار اپراتورهای انتخاب‌شده بر جمعیت هر نسل از مساله، تعدادی از ذرات شایسته جهت اجرای عملگرهای برگزیده و در نهایت جمعیتی از فرزندان و جهش‌یافتگان انتخاب می‌شوند. سپس جمعیت مورد آزمون با جمعیت اصلی ادغام می‌گردند و نخست بر اساس رتبه و درجه‌ی بعدی مبتنی بر فاصله‌ی ازدحامی دسته‌بندی و مرتب‌سازی خواهند شد؛ به میزان تعداد افراد جمعیت مبنا اعضای از بالا دسته‌بندی ترتیب داده‌شده جز گروه انتخاب‌شده‌ها قرار خواهند گرفت و سایر اعضا به دلیل عدم دستیابی به میزان مطلوبیت کافی حذف خواهند شد. ادامه‌ی چرخه مذکور برای دستیابی به شرایط خاتمه صورت‌گرفته است تا در نهایت جواب‌های خروجی مساله که بهینگی مقادیر موردنظر و هدف مدل‌ها را نمایش می‌دهند، حاصل گردد. میزان شکاف بهینگی، هنگامی‌که ابعاد مساله افزایش می‌یابد بیشتر می‌شود که این شکاف قابل مدیریت است. به همین صورت نتایج مستخرج نمایانگر این است که ایجاد جواب‌های اولیه‌ی مناسب می‌تواند به‌خوبی منجر به بهبود خروجی‌های رویکرد الگوریتم *NSGA-II* گردد.

۲-۱-۴- نحوه عملکرد الگوریتم MOPSO

الگوریتم فراابتکاری دوم که جهت دستیابی به جواب مطلوب در مساله بهینه‌سازی مدل شده انتخاب شده است، الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات می‌باشد. مزیت اصلی این استراتژی در مقابل سایر استراتژی‌های دیگر جهت بهینه‌کردن اهداف توابع هدف و مدل‌سازی‌های انجام‌شده تعداد بسیار ذرات ازدحام کننده می‌باشد که سبب انعطاف آن در برابر مشکل جواب بهینه محلی می‌شود. در این الگوریتم فراابتکاری مشابه الگوریتم پیشین جهت واکاوی تک‌تک جمعیت مورداستفاده از مبانی غلبه و فاصله ازدحامی جهت امتیازدهی بهره گرفته می‌شود. در چارچوب بهینه‌سازی سیستم مدیریت درآمد هتل و مدیریت هزینه مسافران جهت بهره‌مندی از سطح بایگانی جواب‌های غیر مغلوب، دسته‌ای از ذرات به‌صورت تصادفی از آن برگزیده می‌شوند؛ اعضای این سطح ذراتی هستند که در فضای جستجو با ناحیه‌ی ازدحامی کوچک‌تر، از شانس بالاتری برای انتخاب‌شدن به‌صورت گروهی برخوردارند. اعضای نا مغلوب در سطح مذکور جداسازی و ذخیره می‌شوند. یک ساختار بر پایه‌ی شبکه‌ای از ذرات منطبق بر *MOPSO* یک معیار جهت جستجو در فضای جستجوی مسایل مدل شده مبتنی بر درآمد و هزینه در پژوهش حاضر را نتیجه خواهد داد. پس‌ازآن به‌روزرسانی موقعیت و وضعیت ذرات که به این منظور هر ذره از بین اعضای سطح بایگانی یا همان مخزن یک رهبر انتخاب کرده و سرعت و موقعیت آن مبتنی بر رهبر منتخب به‌روز می‌گردد. لازم به ذکر است که رهبر منتخب می‌بایست ذره‌ای از سطح بایگانی جواب‌های غیر مغلوب باشد و سپس به‌روزرسانی بهترین تجربه هر ذره،

افزودن اعضای نا غالب جمعیت فعلی به سطح بایگانی جواب‌های غیر مغلوب، حذف اعضای مغلوب سطح مذکور و کنترل آن‌ها و در نهایت تکرار مراحل تا دستیابی به شرایط توقف موردنظر از مراحل انجام‌شده مبتنی بر الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات بوده است، صورت گرفته است.

۳-۱-۴- اجرای الگوریتم‌ها و اعتبارسنجی

در این بخش نتایج مستخرج از اجرا و حل مدل‌سازی ریاضی صورت‌گرفته در پژوهش حاضر و الگوریتم‌های فراابتکاری منتخب که الگوریتم ژنتیک مرتب‌سازی نا مغلوب و الگوریتم ازدحام ذرات چندهدفه می‌باشد، موردمطالعه و مقایسه قرار گرفته است. اعتبارسنجی مدل‌سازی ریاضی در پیچیدگی‌ها و ابعاد متعدد بررسی‌شده که در ابعاد کوچک توسط نرم‌افزار *GAMS* و در ابعاد متوسط و ابعاد بزرگ به‌وسیله نرم‌افزار *MATLAB* صورت گرفته است. جهت سنجش عملکرد روش دقیق، الگوریتم‌های فراابتکاری *NSGA-II* و *MOPSO* با به‌کارگیری آن‌ها با استفاده از داده‌های ورودی که مطابق **جدول ۴**، در ستون نماد داده علائم آن‌ها و در سایر ستون‌ها مقادیر در نظر گرفته‌شده ارایه شده‌اند، به اجرای اعتبارسنجی الگوریتم‌های مساله در سه بعد مذکور پرداخته شده است. تنظیم مطلوب پارامترها و انتخاب مناسب اپراتورهای الگوریتم‌های فراابتکاری منتخب، جهت حل مسایل و چگونگی تاثیر عملکرد آن‌ها مبتنی بر شرایط مدل‌سازی موردبررسی تعیین گردید. به جهت مطالعه، ارزیابی و مقایسه عملکرد الگوریتم‌های منتخب، نخست عملکرد آن‌ها در ابعاد کوچک با حل دقیق برآورد و بررسی شد و در ابعاد متوسط و بزرگ به سبب *NP-hard* بودن مسایل، کارایی خود را مبتنی بر زمان محاسباتی از دست می‌دهد. بدین منظور به برآورد مجموعه جواب‌های پارتو مبتنی بر الگوریتم‌های فراابتکاری در ابعاد متوسط و بزرگ پرداخته شد.

جدول ۴- داده‌های مساله.

Table 4- Problem data.

نماد داده	ابعاد کوچک	ابعاد متوسط	ابعاد بزرگ	نماد داده	ابعاد کوچک	ابعاد متوسط	ابعاد بزرگ	نماد داده	ابعاد کوچک	ابعاد متوسط	ابعاد بزرگ
P_{Hijr}^{NaKo}	134	290	2842	D_a	280	360	365	V_{UT}	110 km/h	84 km/h	112 km/h
P_{hijr}^{Lako}	113	288	2632	D_E	2	1	3	V_{TT}	90 km/h	1000 km/h	1062 km/h
P_{hijr}^{HEko}	157	357	844	D_{ca}	87	111	159	V_{Th}	85 km/h	80 km/h	70 km/h
P_{hijr}^{LEko}	137	155	723	D_{Cb}	73	57	96	V_{hT}	80 km/h	90 km/h	75 km/h
P_{hijr}^{HCko}	13	290	84	Nr_{ahr}^{Ho}	280	119	137	v_{TU}	120 km/h	900 km/h	1080 km/h
P_{hijr}^{LCako}	11	288	73	Nr_{ahr}^{Lo}	245	98	129	v_{hF}	85 km/h	100 km/h	90 km/h
P_{hijr}^{HCbko}	134	289	1989	Nr_{Ehr}^{Ho}	47	23	14	V_{hG}	100 km/h	95 km/h	120 km h
P_{hijr}^{LCbko}	113	288	1843	Nr_{Ehr}^{Lo}	35	17	27	V_{hI}	90 km/h	120 km/h	85 km/h
P_{hijr}^{HCko}	147	1155	3989	Nr_{Cahr}^{Ho}	8	24	36	n_{UT}	7	32	180
q	22	23	41	Nr_{Cahr}^{Lo}	15	11	27	n_{TT}	7	32	180
q'	27	63	94	Nr_{Cbhr}^{Ho}	3	5	9	n_{Th}	7	32	180
q''	15	22	28	Nr_{Cbhr}^{Lo}	6	2	4	n_{hT}	7	32	180
P_{total}	1024	2354	15184	NK_{zh}^{o}	48	83	102	n_{TU}	7	32	180
Pm_{ij}^{ko}	99	218	420	$NK_{zh}^{'0}$	21	18	25	n_{hF}	3	24	113
c_k	7	32	100	N_{rh}^{co}	32	42	76	n_{nc}	2	1	23
MB_p	1127	3276	21026	Nr_h^0	400	146	144	n_{hI}	4	7	44
MB_s	46	635	1934	N_{ahr}^{Hko}	4	18	95	n_{Total}	44	192	1080
MB_F	7.3	54	100	N_{ahr}^{Lko}	5	21	78	ζ	209.154	1.92	2.79
MB_I	21	56	1251	N_{Ehr}^{Hko}	3	1	32	AP_F	1.16	6.1	69
MB_G	37	41	312	N_{Ehr}^{Lko}	2	3	27	AP_t	0.833	5.2	43
$MB_{q'}$	31	78	106	N_{Cahr}^{Hko}	1	2	11	D_C	2	1	3
$MB_{q''}$	20	32	41	N_{Cahr}^{Lko}	0	1	13	D_{Total}	7	11	17
MB	1298	4172	24811	N_{Cbhr}^{Hko}	0	0	0	M	49	31	57
t_{UT}	0.75 h	0.66 h	0.73 h	N_{Cbhr}^{Lko}	0	2	4	F_{k0}	27	11	23
t_{TT}	4 h	4.75 h	14.41 h	N_{Total}	15	48	260	G_{ko}	3	2	8
t_{Th}	0.5 h	0.24 h	0.6 h	t_{hT}	0.75 h	0.11 h	0.7 h	I_{ko}	19	18	26
Di_{hT}^{o}	19 km	19 km/h	6 km	t_{TU}	5 h	3.1 h	15.14 h	O_h	0.17	0.11	0.04
Di_{hF}^{o}	384 km	144 km	723 km	t_{hF}	0.33 h	0.28 h	0.4 h	AC_h^o	760	247	310
Di_{hG}^{o}	39 km	24 km	22 km	t_{hG}	0.41 h	0.23 h	0.15 h	WD_{hijr}^{ko}	230	82	118
Di_{hI}^{o}	205 km	403 km	214 km	t_{hI}	0.46 h	0.36 h	0.27 h	W_{ntr}^{ko}	150	91	129
Di_{Total}	627 km	572 km	987 km	Wr_{hrt}^{ko}	192 h	168 h	360 h	ws_{hrt}^{ko}	47	27	54
SF	5	41	1141	IN_{Total}^{hor}	800	311	332	Wo_{hrt}^{ko}	63	55	21
SI	11	50	2332	Su_h^o	64	43	57	t_{Total}	212	41	61
SG	5	16	262								

نتایج مستخرج حاکی از آن است که در برخی از موارد بررسی‌شده تعداد راه‌حل‌های نا مغلوب تولیدشده، *NSGA-II* خروجی مطلوب‌تری را دارد و در برخی دیگر نیز از لحاظ گستره پاسخ الگوریتم *MOPSO* نسبت به *NSGA-II* جواب‌هایی کاراتر و پذیرفتنی‌تری را نشان داده است. برای نمایش بهتر مقایسه بین چگونگی عملکرد استراتژی‌های لحاظ شده در ادامه به شرح نمودارهای پارتو پرداخته شده است.

با بررسی مطلوب فضای جستجو جهت افزایش کارایی و اثربخشی شاخص‌های مدنظر در برآورد بهینه درآمد هتل و هزینه‌های مسافر در الگوی سفر، دستیابی به مقادیر جواب‌های کارا مبتنی بر متغیرهای تصمیم مدل‌های طراحی‌شده، در مسایل با ابعاد کوچک، متوسط و بزرگ مطابق **جدول ۵** حاصل شده است. مقایسه‌ی مقادیر ارایه شده مبتنی بر الگوریتم‌های مدنظر در جدول خروجی‌های مساله، کارایی بالای الگوریتم‌ها در حل مسایل مدل شده در پژوهش حاضر را نشان داده است که سبب کاهش هزینه‌ها در مسافرت و افزایش درآمد هتل‌ها ناشی از سفر مسافران و اقامت و بهره‌مندی از امکانات ارایه داده‌شده توسط هتل می‌شود. همچنین قابل به ذکر است که در مدل‌سازی ریاضی اول که بهینه‌سازی درآمد هتل می‌باشد، پاسخ‌های بهینه‌ای که تحت عنوان خروجی شناخته می‌شوند در مدل‌سازی بعدی که کمینه‌سازی هزینه مسافر است برای دستیابی به مجموعه جواب پارتو مطلوب به‌عنوان ورودی عمل می‌کنند. ماهیت دوگانه داده‌های مذکور باعث کارایی کل مدسازی صورت‌گرفته و پاسخ‌های مورد انتظار از استراتژی‌های منتخب می‌گردد. نتایج مستخرج نمایانگر آن است که روش‌های دو الگوریتم فراابتکاری منتخب جهت بهینه‌سازی تا حدود زیادی نتایج مناسب و مطلوبی را ایجاد می‌نماید.

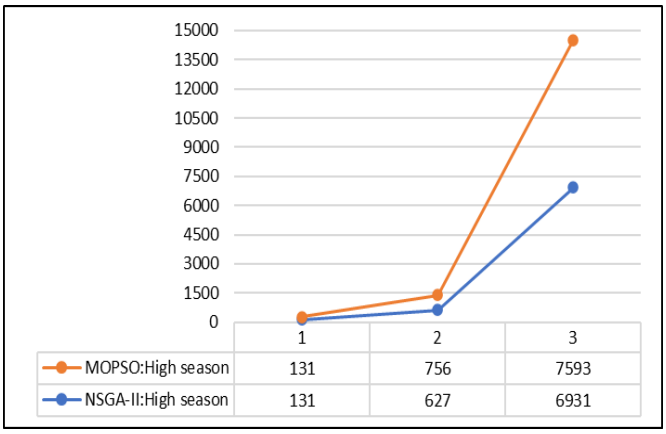
جدول ۵- مقایسه جواب‌های پارتو مدل‌سازی مساله حاصل‌شده از روش دقیق و الگوریتم‌های فراابتکاری.

Table 5- Comparison of Pareto solutions of modeling problem obtained from exact method and metaheuristic algorithms.

ابعاد بزرگ	ابعاد متوسط	ابعاد کوچک	نماد داده	ابعاد بزرگ	ابعاد متوسط	ابعاد کوچک	نماد داده	ابعاد بزرگ	ابعاد متوسط	ابعاد کوچک	نماد داده
NSGA-II	NSGA-II			NSGA-II	NSGA-II			NSGA-II	NSGA-II		
MOPSO	MOPSO			MOPSO	MOPSO0			MOPSO	MOPSO		
198	16	2	S_{Th}^{Lo}	27	11	6	$D\prime_{a}$	4354	311	112	RN_{hijr}^{Hko}
251	18			41	14			5820	321		
398	29	6	S_{hT}^{Ho}	6	4	2	$D\prime_{E}$	1890	151	51	RN_{hijr}^{Lko}
423	36			7	4			2360	176		
186	15	3	S_{hT}^{Lo}	4	1	1	$D\prime_{ca}$	6931	627	131	Rm_{hijr}^{Hko}
211	19			7	1			7593	456		
402	36	11	S_{TU}^{Ho}	3	1	1	$D\prime_{ca}$	1116	91	29	Rm_{hijr}^{Lko}
456	39			7	1			1259	113		
226	26	6	S_{TU}^{Lo}	32	13	24	$N\prime$	4221	303	110	Rr_{hijr}^{Lko}
258	31			35	15			5709	318		
366	151	4	S_{hG}^{Ho}	17	5	3	N	526	45	7	Rr_{hijr}^{Lko}
395	178			21	7			698	59		
205	78	2	S_{hG}^{Lo}	127	12	4	S_{UT}^{Ho}	6593	596	129	Ru_{hijr}^{Hko}
212	81			174	18			7006	701		
356	147	4	S_{hI}^{Ho}	123	11	2	S_{UT}^{Lo}	581	49	12	Ru_{hijr}^{Lko}
385	171			144	14			711	53		
202	77	2	S_{hI}^{Lo}	7569	821	12	S_{TT}^{Ho}	28	22	15	$Rk\prime_{zh}^{o}$
210	80			8021	914			30	20		
361	150	4	S_{hF}^{Ho}	3965	456	9	S_{TT}^{Lo}	41	23	21	$RK\prime_{zh}^{o}$
394	179			4566	587			45	25		
201	74	2	S_{hF}^{Lo}	258	22	5	S_{Th}^{Ho}				
209	79			296	27						

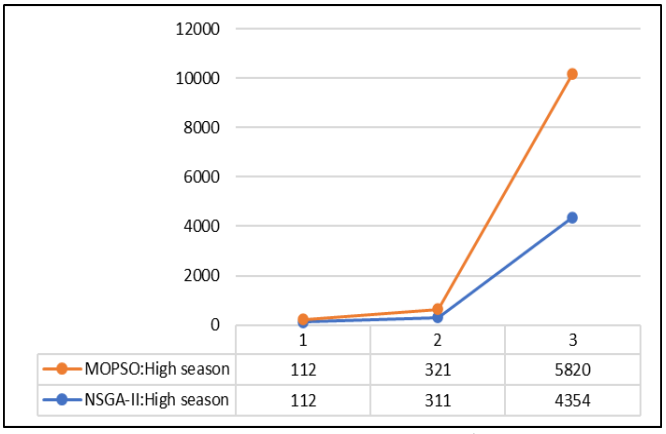
همان‌طور که در **شکل ۵** تا **شکل ۸** مشهود است، درآمد هتل به‌صورت ارایه خدمات جهت اقامت معمولی و اقامت مازاد طی فصل‌های گردشگری مختلف های‌سیزن و لوسیزن تفاوت معناداری ندارد و روند صعودی درآمد منوط به پذیرش میزان تقاضای بیشتر مسافرانی است که مبتنی بر بودجه رزرو تخصیص‌داده‌شده به سفر که متاثر از قیمت‌گذاری‌های هتل می‌باشد، تصمیم به رزرو به‌صورت معمولی یا مازاد بر اقامت فعلی خود در هتل می‌گیرند. در **شکل ۹** تا **شکل ۱۲** افزایش میزان کنسلی با توجه به حالت بااطلاع به هتل یا بدون اطلاع به آن توسط مسافر که سبب تاثیر افزایشی از محل دریافت جریمه‌ی کنسلی رزرو مطابق معیارها و ضرایب مربوطه در درآمد هتل می‌گردد، افزایش میزان رزرو و پذیرش تقاضای اسکان توسط هتل می‌تواند علتی بر امکان وجود کنسلی بیشتر به علت وجود تعدد انتخاب توسط مسافران مختلف باشد. **شکل‌های ۱۳** و **۱۴** کمترین تاثیر فاکتورهای موردبررسی را نمایش می‌دهد که ترسیمی از مقایسه استراتژی و الگوریتم‌های فراابتکاری منتخب در ابعاد مختلف مبتنی بر تاثیر ناچیز افزایشی با روندی تقریبا یکنواخت در درآمد هتل می‌باشد؛ روند مذکور حاصل از

استفاده‌ی امکانات هتل توسط مسافران و خسارت وارده ناشی از بهره‌مندی مسافر از امکانات که مشمول جریمه مطابق شرایط مربوطه است، می‌باشد.



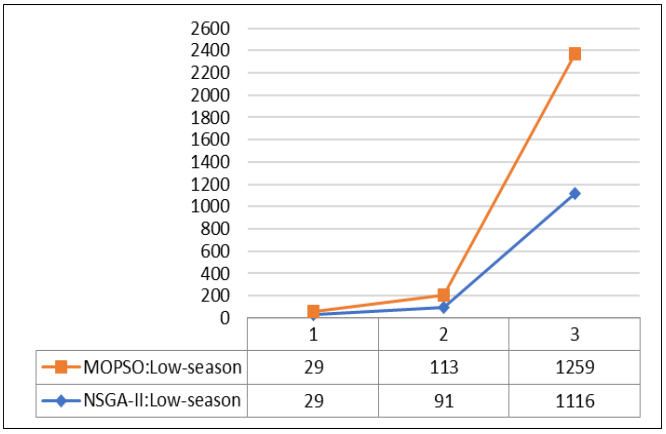
شکل ۵- درآمد حاصل از اقامت اضافه در هتل های‌سیزن.

Figure 5- Income from extra stay at High Season hotel.



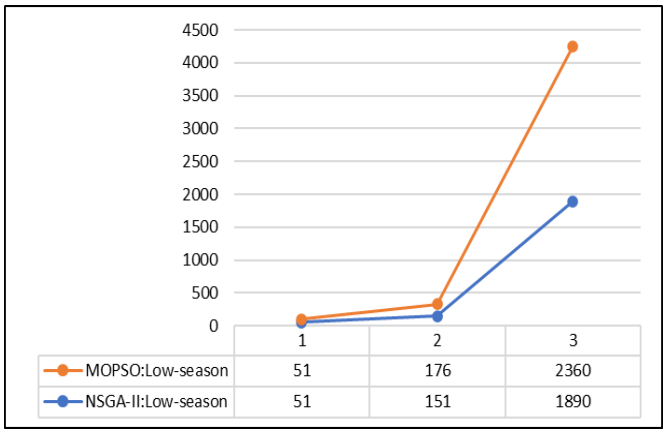
شکل ۶- درآمد حاصل از اقامت معمولی در هتل های‌سیزن.

Figure 6- Income from normal stay at High Season hotel.



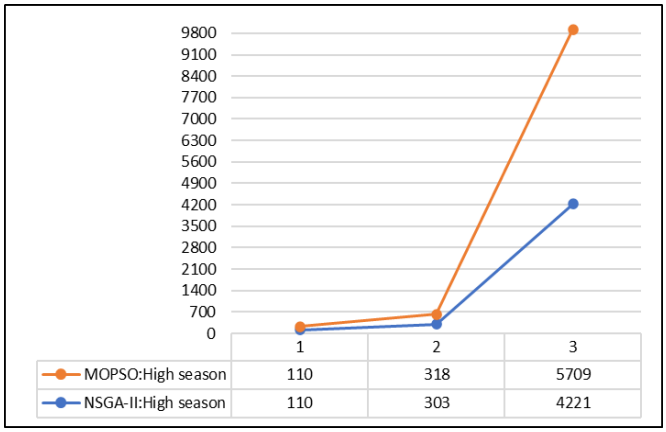
شکل ۷- درآمد حاصل از اقامت اضافه در هتل لوسیزن.

Figure 7- Income from extra stay in Low Season hotel.



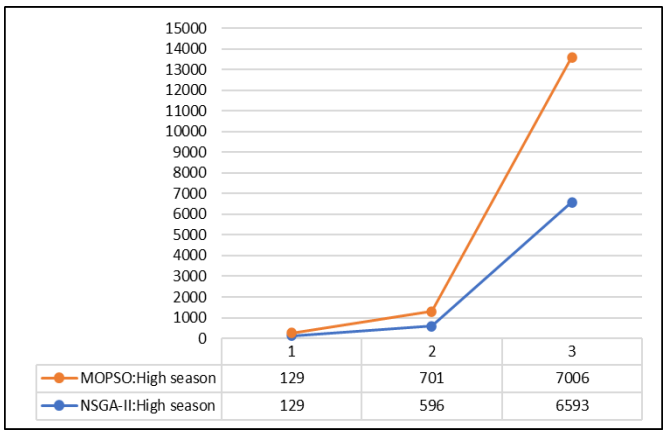
شکل ۸- درآمد حاصل از اقامت معمولی در هتل لوسیزن.

Figure 8- Income from normal stay in Low Season hotel.



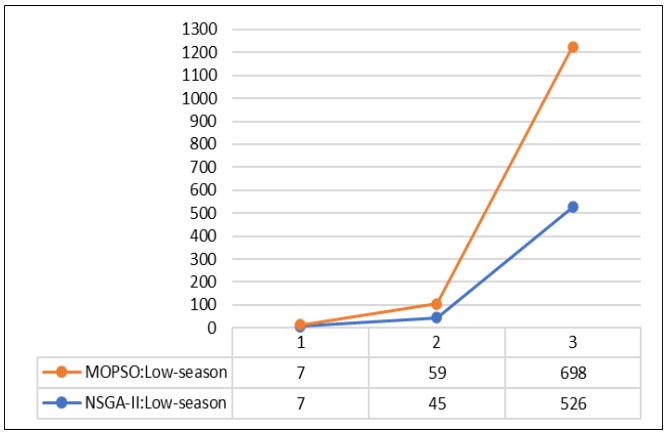
شکل ۹- درآمد حاصل از یک شب کنسلی با اطلاع های‌سیزن.

Figure 9- The income of a canceled night has been notified - High Season.



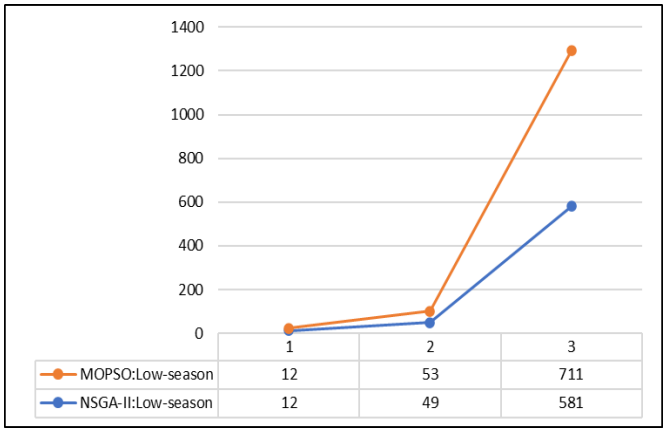
شکل ۱۰- درآمد حاصل از یک شب کنسلی بی‌اطلاع های‌سیزن.

Figure 10- The income of a canceled night without notice High Season.



شکل ۱۱- درآمد حاصل از یک شب کنسلی با اطلاع لوسیزن.

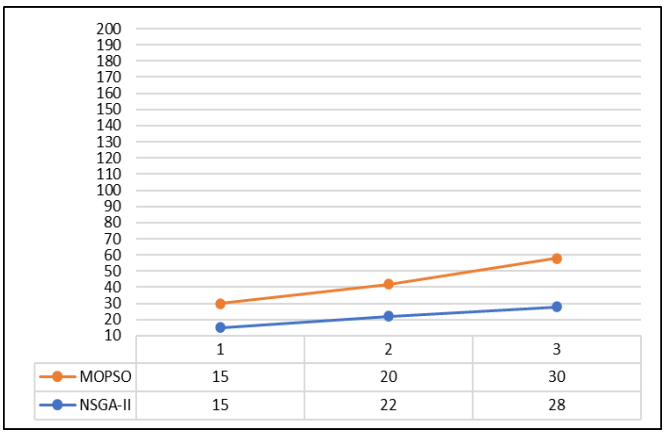
Figure 11- The income of a canceled night has been notified Low Season.



شکل ۱۲- درآمد حاصل از یک شب کنسلی بی‌اطلاع لوسیزن.

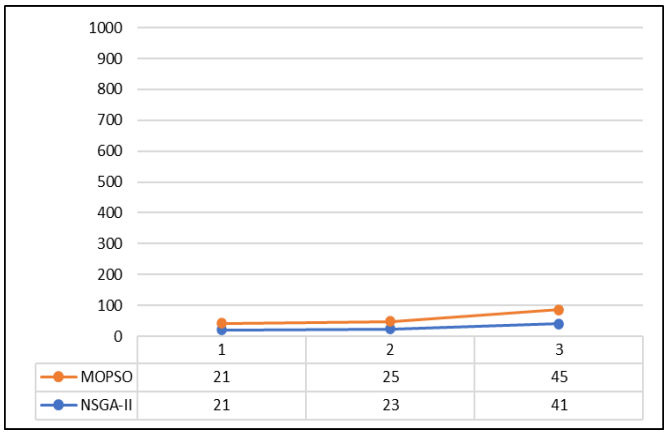
Figure 12- The income of a canceled night without notice Low Season.

شکل ۱۵ به مقایسه و بررسی تاثیر تعداد امکانات اضافه و امکانات خسارت‌دیده توسط مسافر در هتل پرداخته است که می‌تواند سبب افزایش هزینه‌ها برای مسافران و کسب درآمد به نسبت دریافت هزینه بابت بهره‌مندی و یا جریمه بابت خسارت وارده گردد. **شکل‌های ۱۶ تا ۱۹** تعداد شب‌های رزرو شده بابت اقامت معمولی و مازاد توسط مسافر و همچنین میزان کنسلی رزرو صورت‌گرفته به دو صورت را مطابق نتایج حاصل از الگوریتم‌های فراابتکاری منتخب نشان می‌دهد.



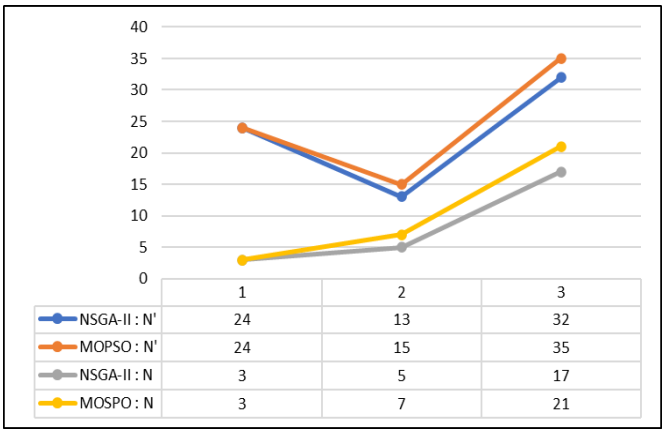
شکل ۱۳- درآمد حاصل از بهره‌مندی مسافر از امکانات.

Figure 13- Income from the passengers benefit from the facilities.



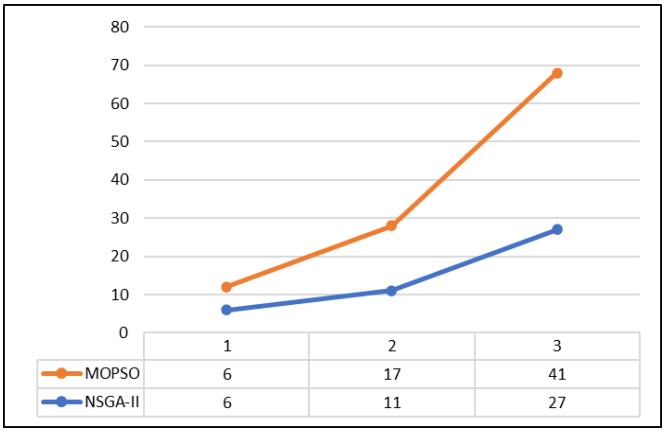
شکل ۱۴- درآمد حاصل از دریافت هزینه بابت خسارت وارده توسط مسافر.

Figure 14- Income from receipt of payment for damage caused by the passenger.



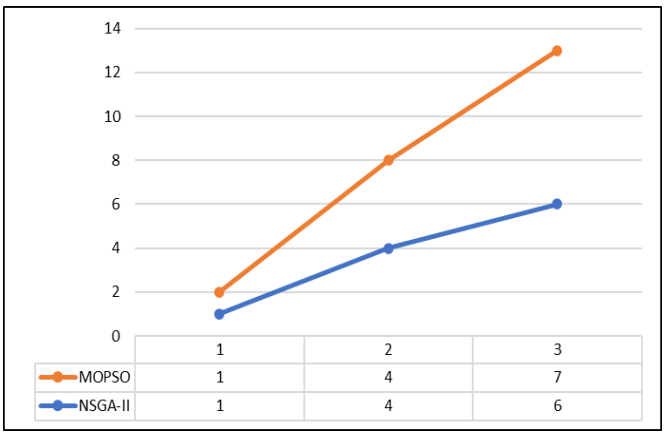
شکل ۱۵- تعداد امکانات اضافه و امکانات خسارت‌دیده توسط مسافر.

Figure 15- The number of additional facilities and facilities damaged by the passenger.



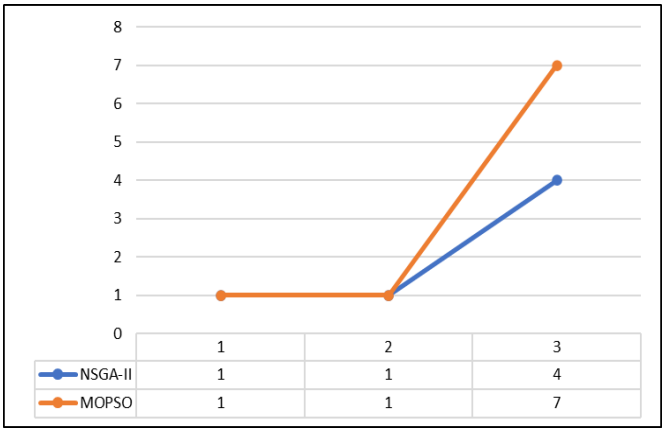
شکل ۱۶- تعداد شب‌های رزرو شده بابت اقامت معمولی مسافر در هتل.

Figure 16- The number of nights reserved for the normal stay of the passenger in the hotel.



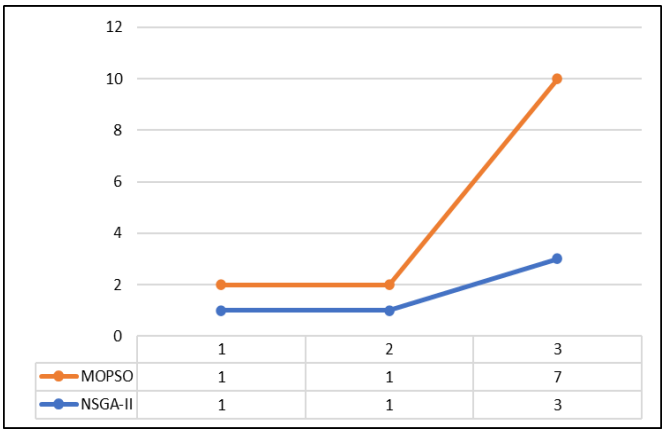
شکل ۱۷- تعداد شب‌های رزرو شده بابت اقامت اضافه مسافر در هتل.

Figure 17- The number of nights reserved for theadditional stay of the passenger in the hotel.



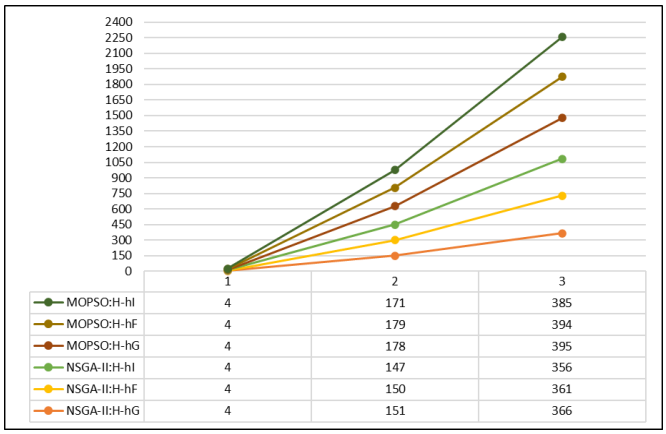
شکل ۱۸- تعداد شب‌های کنسلی با اطلاع توسط مسافر در هتل.

Figure 18- The number of canceled nights notified by the passenger at the hotel.



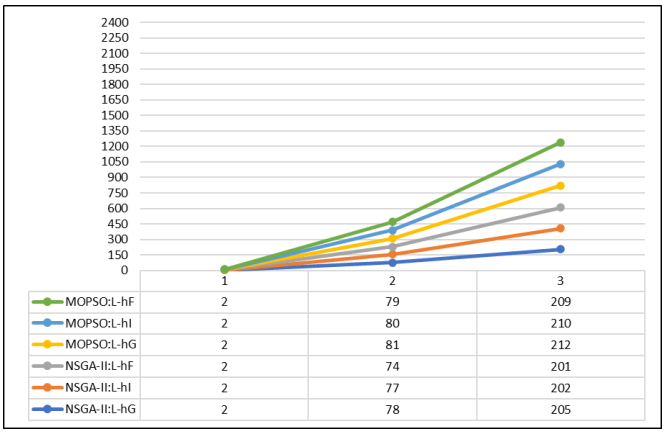
شکل ۱۹- تعداد شب‌های کنسلی بی‌اطلاع توسط مسافر در هتل.

Figure 19- The number of nights canceled without notice by the passenger in the hotel.



شکل ۲۰- هزینه‌های حمل‌ونقل بین هتل و اماکن گردشگری، مراکز خدمات درمانی و مراکز مرتبط با مقاصد تجارس های‌سیزن.

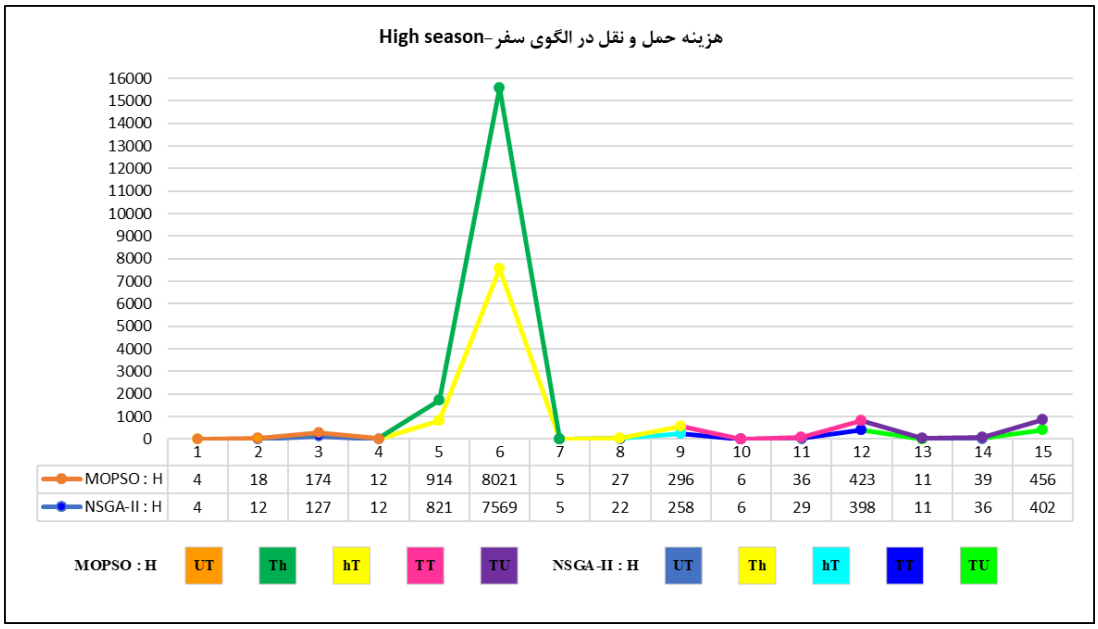
Figure 20- Transportation costs between hotels and tourist places, medical service centers and centers related to business purposes High Season.



شکل ۲۱- هزینه‌های حمل‌ونقل بین هتل و اماکن گردشگری، مراکز خدمات درمانی و مراکز مرتبط با مقاصد تجاری لوسیزن.

Figure 21- Transportation costs between hotels and tourist places, medical service centers and centers related to business purposes Low Season.

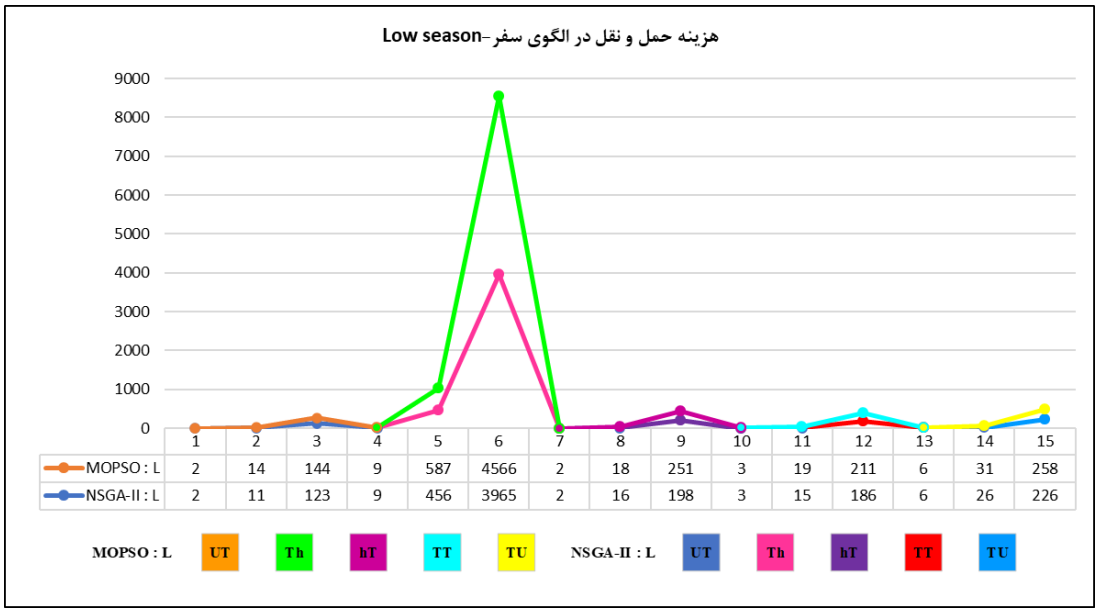
در شکل‌های مذکور روند افزایشی حاکی از آن است که با افزایش مسافر و پذیرش آن‌ها در هتل در تمامی فصول گردشگری امکان روند افزایشی در تعداد رزروها را شاهد خواهیم بود که همین مورد وجود میزان بیشتر کنسلی رزرو را محتمل می‌سازد. ازآنجاکه میزان دسترسی‌های هتل به جهت برآورد انتظارات مسافر و نقش آن در انتخاب توسط مسافر نسبت به سایر هتل‌هایی که مطابق عوامل رقابتی به رقابت می‌پردازند، تحت عنوان هتل منتخب بابت اسکان از اهمیت به‌سزایی برخوردار است، در **شکل‌های ۲۰** و **۲۱** به مطالعه هزینه ناشی از حمل‌ونقل بین هتل منتخب و اماکن گردشگری، مراکز خدمات درمانی و مراکز مرتبط با مقاصد تجاری در فصول مختلف گردشگری های‌سیزن و لوسیزن می‌باشند، پرداخته شد. در **شکل‌های ۲۲** و **۲۳** به بررسی کلی هزینه‌های حمل‌ونقل در الگوی سفر موردنظر مسافر که در آن کمینه‌سازی هزینه‌ها مطابق بودجه اختصاص‌داده‌شده توسط مسافر موردمطالعه است، پرداخته شد. چگونگی انتخاب حالت سفر توسط مسافر از بین تنوع روش‌های سفر و وسایل حمل‌ونقل مختلف نقش موثری در میزان هزینه‌ها و تعیین زمان سفر و سرعت رسیدن وی به شهر یا مقصد مدنظر خواهد داشت. همچنین وجود امکان تغییر سرویس‌های دریافتی حین سفر سبب ایجاد هزینه‌های زمانی سفر بابت دریافت یا تغییر سرویس از حمل‌ونقل منتخب می‌گردد که این امر وابستگی چشمگیری به هزینه‌های برقرار در شهر منتخب مسافر خواهد داشت. علاوه بر موارد مذکور قابل به ذکر است توجه به عوامل رقابتی که سبب ایجاد فرصت برای کاهش هزینه‌های سفر وی می‌گردد امری ضروری است. مطابق نتایج حاصل از **شکل‌های ۲۲** و **۲۳** مسافر در بین هزینه‌های مختلف حمل‌ونقل از مبدا اولیه تا ایستگاه حمل‌ونقل، بین ایستگاه‌های حمل‌ونقل مبدا اولیه و شهر مقصد سفر، از ایستگاه حمل‌ونقل تا هتل و برعکس و بازگشت به مبدا اولیه در یک الگوی سفر استفاده از کارت امتیاز جهت کاهش هزینه‌ها و یا هتل‌هایی که ترانسفر از ایستگاه حمل‌ونقل تا هتل و برعکس را دارا هستند مثال‌هایی از امور کمک‌کننده در بهینه‌سازی و کاهش هزینه‌های سفر مسافر است.



شکل ۲۲- مقایسه‌ی هزینه حمل‌ونقل در الگوی سفر مبتنی بر روش دقیق و الگوریتم‌های MOPSO و NSGA-II در های‌سیزن.

Figure 22- Comparison of transportation cost in travel pattern based on exact method and MOPSO and NSGA-II algorithms in High Season hotel.

به‌طورکلی در بررسی‌های صورت‌گرفته مشاهده شده است که الگوریتم فراابتکاری *MOPSO* نسبت به الگوریتم *NSGA-II* مسایل موردنظر را طی زمان محاسباتی بسیار کوتاه‌تری حل می‌نماید. همان‌طور که در روند پژوهش حاضر دیده‌شده، الگوریتم *MOPSO* از سرعت بالاتری و دقت کمتری نسبت به *NSGA-II* در دستیابی به مجموعه جواب پارتو و فاکتورهای مدنظر برخوردار است. مساله مذکور وابسته به ماهیت الگوریتم‌های فراابتکاری منتخب است. در مقابل الگوریتم *MOPSO* ضمن جستجوی فضا با سرعت بالا، امکان گیرکردن در شرایط بهینه محلی در آن وجود دارد؛ اما در الگوریتم *NSGA-II* به‌واسطه وجود عملگرهای کارا امکان گیرکردن در بهینه محلی کاهش می‌یابد. الگوریتم‌های فراابتکاری انتخاب‌شده به جهت دستیابی به مجموعه جواب پارتو، متوسط فاصله از نقطه ایده‌آل و بهینه، شاخص پراکندگی و سنجش میزان یکنواختی فضا به‌طور مطلوب کارآمد می‌باشند.



شکل ۲۳- مقایسه‌ی هزینه حمل‌ونقل در الگوی سفر مبتنی بر روش دقیق و الگوریتم‌های MOPSO و NSGA-II در لوسیزن.

Figure 23- Comparison of transportation cost in travel pattern based on exact method and MOPSO and NSGA-II algorithms in Low Season hotel.

۵- نتیجه‌گیری

بهینه‌سازی مدل‌های درآمدی یا هزینه‌ها در برنامه‌ریزی اقتصادی کشورها دارای نقش به‌سزایی است؛ همین امر سبب اهمیت بررسی تمامی فاکتورهای وابسته به درآمد هتل‌ها و مخارج مسافران در طی سفر آن‌ها و لزوم بررسی چگونگی حمل نقل مورداستفاده شده در طی سفر می‌باشد. جهت حل مشکلات احتمالی ناشی از رخدادهای متعدد امروزی چون پاندمی کرونا و ... ذینفعان این حوزه می‌بایست رویکردهای هوشمندانه‌ای را در راستای افزایش تقاضای سفر و افزایش سودآوری بر اساس عوامل کلیدی مذکور در مقاله جاری اتخاذ کنند. توجه به این صنعت هتل‌داری سبب رونق اقتصادی، درآمدزایی و اشتغال‌زایی و پیشبرد سیاست‌گذاری‌های حوزه‌های وابسته خواهد شد که با به‌کارگیری عوامل مدنظر در مدل می‌توان به برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری با روندی رو به رشد و پایدار، برای بهره‌وری و استفاده بهینه از ظرفیت‌های در دسترس این صنعت پرداخت. ارایه مدل‌سازی و راهکارهایی که قادر باشد در بهینه‌سازی درآمد و هزینه‌ها موثر واقع گردد، می‌تواند مشکلات این حوزه را کاهش دهد؛ از همین رو تمامی موارد مذکور در پژوهش حاضر لحاظ گردید. همچنین در محدودیت‌های مدل‌های ارایه شده به‌تمامی معیارها و عوامل موثر وابسته به اهداف بیشینه‌سازی درآمد هتل‌ها و کمینه‌سازی هزینه‌های مسافران توجه شد. با بیشینه کردن وسعت بررسی مساله در رویکرد مدل‌های ریاضی، امکان حل مسایل با استراتژی‌های حل به‌صورت معمول وجود نخواهد داشت؛ ازاین‌رو از الگوریتم فراابتکاری جهت حل مسایل طرح‌شده در ابعاد مختلف بهره گرفته شده است. مبتنی بر کیفیت خروجی‌های مستخرج از مدل اهداف توابع هدف ارایه شده به‌طور مطلوب محقق شده است؛ همچنین مبتنی بر نتایج مستخرج و با توجه مطلوب و کارا بودن الگوریتم‌های فراابتکاری *NSGA*-II و *MOPSO* در این پژوهش، بهره‌مندی از آن‌ها جهت حل سایر مسایل بهینه‌سازی پیچیده‌ی مهندسی پیشنهاد می‌گردد.

مدل‌های ارایه‌شده‌ی پیشین در زمینه‌ی هر یک از مسایل مدیریت درآمد هتل‌ها و مدیریت هزینه‌های مسافران در طی سفر از طرح توامان بسیاری فاکتورها صرف‌نظر کرده‌اند یا مسایل به‌صورت جداگانه مطرح گردیده که همین امر سبب کاهش کارایی آن‌ها شده است، اما در پژوهش حاضر مدل‌ها به‌صورت یکپارچه دیده شده است و خروجی یک مدل در تحقیق حاضر پارامترهای مدل دوم در نظر گرفته شد و درنهایت لحاظ تمامی موارد مذکور سبب دستیابی مطلوب‌تر به اهداف گردیده و همچنین مدیریت مطلوب‌تر با بهره‌گیری از رویکرد مذکور که مبتنی‌بر بسیاری از عوامل کلیدی موثر در حوزه‌ی موردبررسی است، حاصل خواهد شد. مهم‌ترین پیشنهادها جهت تحقیقات آتی توسعه الگوریتم‌هایی با عملکرد مطلوب‌تر در حوزه صنعت موردمطالعه با در نظر گرفتن مدل ارایه شده می‌باشد.

تشکر و قدردانی

از نظرها و پیشنهادهای ارزنده داوران محترم تشکر و قدردانی می‌شود.

مراجع

[1] AsadiLari, M. S., Jolai, F., Tavakkoli-Moghaddam, R., & Razmi, J. (2021). Problem solving algorithm for the allocation of marine containers according to the capacity and waiting time. *Quarterly journal of transportation engineering*, *12*(3), 471-492. (**In Persian**). DOI: 10.22119/JTE.2021.131018

[2] Asadilari, M. S., Jolai, F., Tavakkoli-Moghaddam, R., & Razmi, J. (2021). A heuristic algorithm to solve a layout problem of sea containers. *Journal of decisions and operations research*, *6*(1), 1-24. (**In Persian**). https://doi.org/10.22105/dmor.2021.271733.1318

[3] Petricek, M., Chalupa, S., & Melas, D. (2021). Model of price optimization as a part of hotel revenue management—stochastic approach. *Mathematics*, *9*(13), 1552. https://doi.org/10.3390/math9131552

[4] Weatherford, L. (2016). Tests of revenue management performance under different demand correlation assumptions. *Journal of revenue and pricing management*, *15*, 399-416.

[5] Meng, Z., Yıldız, A. R., & Mirjalili, S. (2022). Efficient decoupling-assisted evolutionary/metaheuristic framework for expensive reliability-based design optimization problems. *Expert systems with applications*, *205*, 117640. https://doi.org/10.1016/j.eswa.2022.117640

[6] Zheng, W., Liao, Z., & Lin, Z. (2020). Navigating through the complex transport system: a heuristic approach for city tourism recommendation. *Tourism management*, *81*, 104162. https://doi.org/10.1016/j.tourman.2020.104162

[7] Murimi, M., Wadongo, B., & Olielo, T. (2021). Determinants of revenue management practices and their impacts on the financial performance of hotels in Kenya: a proposed theoretical framework. *Future business journal*, *7*(1), 1-7.

[8] Pimentel, V., Aizezikali, A., & Baker, T. (2019). Hotel revenue management: Benefits of simultaneous overbooking and allocation problem formulation in price optimization. *Computers & industrial engineering*, *137*, 106073. https://doi.org/10.1016/j.cie.2019.106073

[9] Baker, T. K., & Collier, D. A. (2009). The benefits of optimizing prices to manage demand in hotel revenue management systems. *Production and operations management*, 12(4), 502-518.

[10] Bayoumi, A. E., Saleh, M., Atiya, A. F., & Abdel Aziz, H. (2012). Dynamic pricing for hotel revenue management using price multipliers. *Journal of revenue and pricing management*, *12*(3), 271-285.

[11] Yu, S. M., Wang, J., Wang, J. Q., & Li, L. (2018). A multi-criteria decision-making model for hotel selection with linguistic distribution assessments. *Applied soft computing*, *67*, 741-755.

[12] Peng, Y., Lu, Q., Wu, X., Zhao, Y., & Xiao, Y. (2020). Dynamics of Hotelling triopoly model with bounded rationality. *Applied mathematics and computation*, *373*, 125027. https://doi.org/10.1016/j.amc.2019.125027

[13] Toledo, A., Riff, M. C., & Neveu, B. (2019). A hyper-heuristic for the orienteering problem with hotel selection. *IEEE access*, *8*, 1303-1313.

[14] Falk, M., & Hagsten, E. (2015). Modelling growth and revenue for Swedish hotel stablishments. *International journal of hospitality management*, *45*, 59-68.

[15] Balli, F., Curry, J., & Balli, H. O. (2015). Inter-regional spillover effects in New Zealand international tourism demand. *Tourism geographies*, *17*(2), 262-278.

[16] Gencel, C. A., & Keçeci, B. (2019). Traveling salesman problem with hotel selection: comparative study of the alternative mathematical formulations. *Procedia manufacturing*, *39*, 1699-1708.

[17] Talón-Ballestero, P., Nieto-García, M., & González-Serrano, L. (2022). The wheel of dynamic pricing: towards open pricing and one to one pricing in hotel revenue management. *International journal of hospitality management*, *102*, 103184.

[18] Brunato, M., & Battiti, R. (2020). Combining intelligent heuristics with simulators in hotel revenue management. *Annals of mathematics and artificial intelligence*, *88*, 71-90.

[19] Zhang, D., & Weatherford, L. (2017). Dynamic pricing for network revenue management: a new approach and application in the hotel industry. *INFORMS journal on computing*, *29*(1), 18-35.

[20] Subulan, K., Baykasoğlu, A., Akyol, D. E., & Yildiz, G. (2017). Metaheuristic-based simulation optimization approach to network revenue management with an improved self-adjusting bid price function. *The engineering economist*, *62*(1), 3-32.