KMANPUB | Decision Science and Intelligent Systems Vol. 2 No. 4 (2025): 1-19

Article history:
Received 14 July 2025
Revised 02 November 2025
Accepted 09 November 2025
Published online 22 November 2025

# Multi-Objective Location–Routing Modeling for Online Stores Considering Route Risk, Location Risk, Simultaneous Pickup and Delivery, and Flexible Time Windows

Vali Sameye[1], Javad Rezaeian Zaidi[2*], Mohammad Reza Lotfi[1]

[1] Department of Industrial Management, Fi.C., Islamic Azad University, Firoozkooh, Iran
[2] Department of Industrial Engineering, School of Management and Industrial Engineering, Mazandaran University of Science and Technology, Babol, Iran

*** Corresponding author email address**: j.rezaeian@ustmb.ac.ir

A r t i c l e I n f o

**Article type:**
*Original Research*

**How to cite this article:**
Sameye, V., Rezaeian Zaidi, J., & Lotfi, M. R. (2025). Multi-Objective Location–Routing Modeling for Online Stores Considering Route Risk, Location Risk, Simultaneous Pickup and Delivery, and Flexible Time Windows. *Decision Science and Intelligent Systems. 2(4), 1-19.*

© 2025 the authors. Published by KMAN Publication Inc. (KMANPUB), Ontario, Canada. This is an open access article under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0) License.

A B S T R A C T

In today's world, online stores have become major platforms for the distribution of goods, through which customers select products and place their orders. Similar to conventional retail stores, online stores require warehouse facilities from which ordered products are delivered to customers; therefore, they require optimized location–routing systems. In this study, a location–routing model for online stores was designed by considering route risk, location risk, simultaneous pickup and delivery, and flexible time windows. The model was analyzed using the NSGA-II and MOGWO metaheuristic algorithms. The results indicated that increases in route risk, location risk, and integrated location–routing risk can lead to higher costs and greater customer dissatisfaction, while the impact of integrated location–routing risk is greater than the separate effects of location risk and route risk. Furthermore, enhancing flexibility in time windows and delivering goods according to customer preferences and demands requires higher costs and greater risk tolerance on the part of the online store.

***Keywords:*** *Location–Routing; Online Stores; Route Risk; Location Risk; Simultaneous Pickup and Delivery; Flexible Time Window*

## Extended Abstract

### Introduction

The rapid expansion of e-commerce and digital marketplaces has fundamentally transformed modern distribution systems and supply chain structures. Online retail platforms have become one of the most significant channels for product distribution, enabling customers to purchase goods without geographical limitations and creating substantial pressure on logistics systems to provide efficient, reliable, and flexible delivery services. In this context, location–routing problems (LRPs) have emerged as a critical area of study in supply chain management and logistics engineering because they integrate facility location decisions with vehicle routing optimization in a unified framework. Earlier studies generally considered location and routing as independent decision-making problems; however, more recent research has demonstrated that simultaneous optimization of these dimensions produces more realistic and efficient logistics solutions by better reflecting operational complexities in real-world systems (Lou et al., 2024). In routing problems, the primary objective is typically to determine optimal transportation paths between suppliers and customers, whereas location problems focus on identifying the best locations for warehouses, hubs, or distribution facilities (Li et al., 2025). The integration of these two dimensions has enabled researchers to address practical challenges associated with cost reduction, service quality improvement, and risk management. In recent years, researchers have increasingly incorporated uncertainty and risk considerations into location–routing models, especially in the context of e-commerce logistics where customer expectations regarding delivery speed and reliability continue to increase. Route disruptions, traffic congestion, road closures, environmental uncertainty, and operational vulnerabilities have encouraged scholars to examine route and facility risks as essential components of logistics optimization models (Temiz et al., 2025). Studies have also investigated simultaneous pickup and delivery systems, flexible delivery time windows, and sustainable transportation strategies in urban logistics and e-commerce distribution networks (Belbağ, 2024; Gülmez et al., 2024). Flexible time windows are particularly important because they improve customer satisfaction by aligning delivery schedules with customer preferences instead of imposing fixed delivery times determined solely by logistics providers. Moreover, simultaneous pickup and delivery operations increase vehicle utilization efficiency and improve reverse logistics performance. Despite substantial advancements in the literature, few studies have simultaneously integrated route risk, location risk, simultaneous pickup and delivery, and flexible time windows into a multi-objective location–routing model for online retail systems. Therefore, the present study addresses this research gap by proposing a three-objective location–routing model for online stores that minimizes total logistics cost, customer dissatisfaction, and integrated route-location risk simultaneously. The model was solved using the NSGA-II and MOGWO metaheuristic algorithms to evaluate the effectiveness of the proposed framework in large-scale logistics environments.

### Methods and Materials

This study employed a quantitative optimization-based research design centered on the development of a three-objective mathematical location–routing model for online retail logistics systems. The proposed model was designed to optimize warehouse location selection and vehicle routing simultaneously while incorporating operational risks, simultaneous pickup and delivery, and flexible customer-oriented time windows. The first objective function minimized total logistics costs, including facility establishment costs and transportation costs associated with routing operations. The second

objective minimized customer dissatisfaction based on flexible delivery time windows, while the third objective minimized integrated route and facility risk levels across the distribution network. The model considered customers, candidate warehouse locations, transportation routes, and flexible delivery time priorities as the primary system components. Several assumptions were incorporated into the model to increase realism and practical applicability. Flexible time windows were determined according to customer preferences rather than supplier convenience. Both facilities and transportation routes were associated with specific risk levels. Facilities could either be opened or closed depending on optimization outcomes. Simultaneous pickup and delivery operations were permitted, allowing vehicles to deliver products and collect returns during the same route. Furthermore, routing decisions depended directly on customer allocation to facilities, meaning that no routing operation was permitted unless a customer was assigned to a specific warehouse. Binary decision variables were defined to determine facility opening status, route selection, customer allocation, and time-window assignment. The model constraints ensured that each customer was visited exactly once, each customer was assigned to a single facility, closed facilities could not serve customers, routing continuity was maintained, and all customers were associated with one preferred time window. To solve the proposed optimization problem, two advanced multi-objective metaheuristic algorithms were implemented: the Non-dominated Sorting Genetic Algorithm II (NSGA-II) and the Multi-Objective Grey Wolf Optimizer (MOGWO). These algorithms were selected because of their proven capability in solving complex multi-objective location–routing problems efficiently. Twenty experimental problem instances were generated with varying dimensions ranging from 10 to 200 customers, 1 to 30 facilities, and 1 to 20 transportation routes. The computational analysis focused on evaluating total cost, customer dissatisfaction, risk levels, and computational time for both algorithms across different problem scales. Additional sensitivity analyses were conducted to investigate the impact of increasing location risk, route risk, and integrated location–routing risk on total cost and customer dissatisfaction. Another scenario analysis evaluated the consequences of maximizing flexible time-window satisfaction on logistics cost, customer dissatisfaction, and operational risk.

**Findings**

The computational experiments demonstrated that both NSGA-II and MOGWO algorithms were capable of solving the proposed multi-objective location–routing problem effectively across all problem dimensions. As expected, increases in problem size resulted in higher values for cost, customer dissatisfaction, operational risk, and computational time. The numerical results showed that the MOGWO algorithm generally achieved lower logistics costs and lower customer dissatisfaction levels compared with NSGA-II, while NSGA-II generated slightly lower operational risk values. For example, in the largest problem instance containing 200 customers, 30 facilities, and 20 routes, the NSGA-II algorithm produced a total cost value of 40,440, customer dissatisfaction value of 4,655, and risk value of 54 with a computational time of 162 seconds. In comparison, the MOGWO algorithm generated a lower total cost value of 39,607 and lower dissatisfaction value of 4,590, although the risk value increased slightly to 55 while computational time decreased to 153 seconds. The findings indicated that MOGWO exhibited superior performance regarding computational efficiency, cost minimization, and customer satisfaction, whereas NSGA-II performed better in risk minimization. The graphical analysis confirmed that increases in problem dimensions caused a continuous rise in total logistics costs due to higher transportation complexity and facility allocation requirements. Customer dissatisfaction also increased with larger

network dimensions because maintaining customer-oriented delivery schedules became increasingly difficult in larger systems. Similarly, integrated operational risk increased as the number of facilities and transportation routes expanded. Sensitivity analysis revealed that increasing location risk, route risk, and integrated location–routing risk significantly affected both logistics cost and customer dissatisfaction. A 50% increase in location risk resulted in approximately 11.7% growth in total cost and 9.8% growth in customer dissatisfaction. A similar increase in route risk generated approximately 13.5% cost growth and 10.5% dissatisfaction growth. However, the simultaneous increase in both location and route risk produced the greatest negative impact, increasing total cost by nearly 14.8% and customer dissatisfaction by approximately 12.5%. These findings confirmed that integrated logistics risk exerts a stronger influence on operational performance than isolated route or facility risk alone. Additional analysis examined the effect of maximizing flexible time-window satisfaction. Results demonstrated that increasing time-window flexibility reduced customer dissatisfaction significantly but simultaneously increased both cost and risk. Specifically, maximizing flexible delivery preferences by 50% reduced customer dissatisfaction by approximately 17%, but increased total logistics cost by roughly 13% and increased operational risk by approximately 26%. Therefore, providing highly flexible customer-oriented delivery schedules requires online stores to accept higher operational complexity, increased routing uncertainty, and greater financial expenditure.

**Discussion and Conclusion**

The findings of this study demonstrate the importance of integrating routing decisions, facility location decisions, operational risks, simultaneous pickup and delivery systems, and flexible customer-oriented delivery windows within a unified logistics optimization framework for online retail systems. The proposed model successfully addressed multiple managerial objectives simultaneously and showed that balancing cost efficiency, customer satisfaction, and risk management is one of the most critical challenges in e-commerce logistics operations. The results confirmed that operational risks associated with both facilities and transportation routes significantly influence logistics performance and customer satisfaction outcomes. In particular, integrated location–routing risk had a stronger effect on operational efficiency than independent route or location risk, indicating that logistics managers should adopt integrated risk-management strategies rather than focusing on isolated operational components. The findings also revealed that improving delivery flexibility substantially reduces customer dissatisfaction because customers increasingly value delivery services aligned with their personal schedules and preferences. However, this increased flexibility imposes additional operational burdens on online retailers by increasing transportation costs, route complexity, and exposure to operational risks. Consequently, managers must carefully balance customer-oriented service policies with cost and risk considerations when designing logistics systems. From a computational perspective, the MOGWO algorithm demonstrated superior performance regarding cost minimization, customer satisfaction, and computational speed, whereas NSGA-II generated slightly better risk-related solutions. Therefore, the selection of optimization algorithms may depend on the strategic priorities of the organization. Companies emphasizing operational efficiency and customer satisfaction may prefer MOGWO, while firms prioritizing risk reduction may benefit more from NSGA-II solutions. The study contributes to the logistics and supply chain literature by integrating several operational realities into a comprehensive multi-objective optimization framework specifically tailored to online retail distribution systems. The proposed model provides a practical decision-support framework for managers of e-commerce companies seeking

to improve logistics performance while maintaining acceptable service quality and operational reliability. Future studies may extend the model by incorporating additional uncertainties such as road blockages, stochastic customer demand, carbon emission constraints, autonomous vehicles, drones, and robotic delivery technologies. These developments could further improve the realism and applicability of location–routing optimization models in next-generation smart logistics systems.

علم تصمیم گیری و سیستم های هوشمند دوره ۲، شماره ۴ (۱۴۰۴): ۱۹-۱

تاریخچه مقاله
دریافت شده در تاریخ ۲۳ تیر ۱۴۰۴
اصلاح شده در تاریخ ۱۱ آبان ۱۴۰۴
پذیرفته شده در تاریخ ۱۸ آبان ۱۴۰۴
منتشر شده در تاریخ ۱ آذر ۱۴۰۴

# مدلسازی چند هدفه مکان‌یابی- مسیریابی برای فروشگاه‌های اینترنتی با در نظر گرفتن ریسک مسیر، ریسک مکان، برداشت و تحویل همزمان و پنجره زمانی منعطف

ولی اله سمیعی [۱]، جواد رضائیان [۲*]، محمدرضا لطفی [۱]

۱. گروه مدیریت صنعتی، واحد فیروزکوه، دانشگاه آزاد اسلامی، فیروزکوه، ایران
۲. گروه مهندسی صنایع، دانشکده مدیریت و مهندسی صنایع، دانشگاه علوم و فنون مازندران، بابل، ایران

*ایمیل نویسنده مسئول: j.rezaeian@ustmb.ac.ir

اطلاعات مقاله

**نوع مقاله**
*پژوهشی اصیل*

**نحوه استناد به این مقاله:**
سمیعی، ولی اله.، رضائیان، جواد.، و لطفی، محمدرضا. (۱۴۰۴). مدلسازی چند هدفه مکان‌یابی- مسیریابی برای فروشگاه‌های اینترنتی با در نظر گرفتن ریسک مسیر، ریسک مکان، برداشت و تحویل همزمان و پنجره زمانی منعطف. *علم تصمیم گیری و سیستم های هوشمند، ۲(۴)، ۱۹-۱.*

© ۱۴۰۴ تمامی حقوق انتشار این مقاله متعلق به نویسنده است. انتشار این مقاله به‌صورت دسترسی آزاد مطابق با گواهی (CC BY-NC 4.0) صورت گرفته است.

## چکیده

فروشگاه‌های اینترنتی در جهان امروز به مکان‌های مهم برای توزیع کالاها تبدیل شده اندکه خریداران از طریق آنها به انتخاب کالاها پرداخته و کالای خود را سفارش می‌دهند. فروشگاه‌های اینترنتی همچون هر فروشگاه دیگری نیازمند مکان‌هایی به عنوان انبار هستند که باید کالای سفارش داده شده را به دست مشتریان برسانند و لذا در این خصوص نیازمند مکان‌یابی مسیریابی بهینه می‌باشند در این تحقیق یک مدل مکان‌یابی مسیریابی برای فروشگاه‌های اینترنتی با در نظر گرفتن ریسک مسیر، ریسک مکان، برداشت و تحویل همزمان و پنجره زمانی منعطف طراحی شد. مدل با استفاده از الگوریتم‌های فرابتکاری NSGAII و MOGWO تجزیه و تحلیل گردید. نتیجه نشان داد که افزایش ریسک مسیر مکان و مسیریابی مکان‌یابی می‌تواند باعث افزایش هزینه و نارضایتی شود که اثر ریسک مکان‌یابی مسیریابی بیش از ریسک مکان و مسیر به طور منفک می‌باشد ضمن اینکه به منظور افزایش انعطاف پذیری در پنجره زمانی و تحویل کالاها مطابق با خواست و نیاز مشتری نیاز به هزینه بیشتر و تحمل ریسک بیشتر از سوی فروشگاه اینترنتی می‌باشد.

**کلیدواژگان:** *مکان‌یابی-مسیریابی-فروشگاه‌های اینترنتی-ریسک مسیر-ریسک مکان-برداشت و تحویل همزمان-پنجره زمانی منعطف*

**مقدمه**

مسائل مسیریابی مکان‌یابی در ابتدا به صورت مسائل جدا و منفک از هم در نظر گرفته شد این در حالی بود که تحقیقات متاخر نشان داد که در نظر گرفتن این دو مسئله در کنار یکدیگر می‌تواند به واقعیت بیشتری منجر شود و حقایق مسائل مهندسی صنایع را به شکل بهتری مد نظر قرار دهد(لو و همکاران،۲۰۲۴). در مسائل مسیریابی مسیر انتقال کالاها بین مشتریان و تولید کننده بهینه شده و بهترین مسیر انتخاب می‌شد در حالیکه در مسائل مکان‌یابی مکان بهینه برای انبار یا تولید یا هر فعالیت اقتصادی دیگر انتخاب می‌شد(لی و همکاران،۲۰۲۵). در مسائل مکان‌یابی مسیریابی عمدتا مفروضات بسیاری مطرح بود که باعث می‌شد مسئله به جهان واقعی بیشتر نزدیک شود. یکی از مفروضات مهم در این حوزه می‌تواند ریسک احداث مکان و ریسک عبور از مسیرها باشد که به طور طبیعی در مسائل که محققان دغدغه ریسک را داشته اند مطرح می‌شده است(تمیز و همکاران،۲۰۲۵). در این نوع مسائل مکان‌ها بر اساس سطح ریسکی که احتمالا دارا می‌باشند انتخاب شده و انتخاب مسیرها هم بر اساس مسائلی نظیر انسداد مسیر، تراکم و مسائلی از این دست مطرح شده که همواره در زمره مسائل مرتبط با ریسک به شمار می‌روند(بلبگ،۲۰۲۴).

در خصوص مفروضات مرتبط با مسئله مکان‌یابی مسیریابی می‌توان به تحویل و برداشت همزمان کالاها اشاره کرد که در این خصوص محصولات به طور همزمان هم تحویل شده و هم از مشتری دریافت می‌شود چرا که این امکان وجود دارد که یک مشتری هم به دنبال تحویل کالا بوده و هم انرا دریافت نماید ضمن اینکه در مسیرها نیز این حالت پیش می‌اید که یک وسیله نقلیه در یک مسیر به طور همزمان هم کالاها را تحویل مشتریان متعدد دهد و هم انرا دریافت نماید. موضوع بعدی در این خصوص پنجره زمانی منعطف است. در فرض پنجره زمانی تاکید می‌شود که مشتریان در یک پنجره زمانی خاص اقدام به درخواست تحویل کالاها می‌نمایند بنابراین نمی‌توان در هر زمان اقدام به تحویل کالاها نمود و تحویل کالاها می‌بایست مطابق با زمانی باشد که امکان تحویل ان از سوی تحویل دهنده وجود دارد. اما در پنجره زمانی منعطف تلاش می‌شود تا حد امکان مطابق با خواست مشتری زمان تحویل تنظیم گردد و زودتر یا دیرتر از یک زمان تعیین شده تحویل کالاها صورت نگیرد.

در تحقیق حاضر با توجه به مفروضات فوق که در خصوص مسائل مکان‌یابی مسیریابی می‌تواند مطرح باشد یک مدل سه هدفه ارائه می‌شود که هدف اول حداقل ساختن هزینه، هدف دوم حداقل ساختن نارضایتی مشتریان و هدف سوم حداقل ساختن ریسک می‌باشد. حداقل ساختن هزینه با هدف حداقل ساختن هزینه مکان‌یابی و مسیریابی صورت می‌گیرد در حالیکه حداقل ساختن نارضایتی بر اساس پنجره زمانی منعطف انجام می‌شود به گونه‌ای که تا حد امکان بر اساس خواست و نیاز مشتری پنجره زمانی تنظیم شده و تلاش می‌شود نارضایتی مشتری در خصوص زمان تحویل حداقل گردد و در انتها ریسک کل مسیریابی مکان‌یابی با توجه به ریسک هر مسیر و ریسک هر مکان حداقل می‌شود. برای حل مدل مورد نظر از دو الگوریتم NSGAII و MOGWO استفاده می‌شود.

ساختار مقاله به این صورت است که در بخش بعدی مرور ادبیات ارائه شده . سپس مدلسازی مسئله ارائه گردیده و پس از آن تجزیه و تحلیل مدل و در انتها نتیجه گیری تشریح می‌شود.

**مرور ادبیات**

در این بخش نگاهی به مهمترین تحقیقات در حوزه مکان‌یابی مسیریابی صورت گرفته و تحقیقات انجام شده طی ۵ سال اخیر که به موضوع تحقیق حاضر نزدیک می‌باشند مرور می‌شوند.سافاری و همکاران(۲۰۲۱) به مدلسازی و بهینه سازی یک مسئله مسریابی مکان‌یابی حمل و نقل سه هدفه با در نظر گرفتن قابلیت اطمینان مسیر می‌پردازند. فیض و همکاران(۲۰۲۳) یک چارچوب بهینه سازی استوار برای مسیریابی پهپاد و وسایل نقلیه دو پلگانی برای عملیات لجستیک بشردوستانه پسا بحران ارائه می‌کنند.

پنگ(۲۰۲۴) مطالعه‌ای در مورد مکان‌یابی مراکز توزیع لجستیک بر اساس تجارت الکترونیک انجام می‌دهد. چانگ و همکاران(۲۰۲۴) به تعیین اندازه ناوگان وسایل نقلیه و مکان‌یابی به طور همزمان در خصوص مراکز توزیع کالاهای نجات و مسیریابی وسایل نقلیه برای لجستیک پس ازبحران می‌پردازند. لو و همکاران(۲۰۲۴) به بهینه سازی مسیریابی و توزیع سفارش برای تحویل تحت حالت تحویل مشترک سواری و پهپاد توجه دارند. گاندرا و همکاران(۲۰۲۴) به بررسی اثر محدودیتهای بارگذاری بر مسئله مسیریابی مکان‌یابی دو پلکانی می‌پردازند. کاستیلو و همکاران(۲۰۲۴) یک لجستیک شهر سبز را طراحی کرده و از الگوریتم‌های مسیریابی چابک برای بهینه سازی توزیع میکروهابها در شهر بارسلونا استفاده می‌کنند.

جانیهوف و همکاران(۲۰۲۴) از مسیریابی وسایل نقلیه چند مسیره با گزینه‌های تحویل بهره می‌گیرند. در اینجا از کاربرد داده محور در صنعت پوشاک استفاده می‌شود. کاتالدو دیاز و همکاران(۲۰۲۴) مدلهای ریاضی را برای مسئله مسیریابی وسایل نقلیه الکترونیک با افق زمانی ارائه می‌کنند که به جوانب مختلف فرایند شارژ وسایل نقلیه توجه دارد. لو و همکاران(۲۰۲۴) مسئله مکان‌یابی مسیریابی دو پلکانی را با تقاضای فازی لجستیک تجارت الکترونیک شهری مد نظر قرار می‌دهند. ناگاناوا و همکاران(۲۰۲۴) به بهینه سازی مسیر و هاب لجستیک در پارادایم اینترنت فیزیکی می‌پردازند.

بلبگ(۲۰۲۴) مدلی برای مسئله مسیریابی وسایل نقلیه تحت بازگشت و نشر الایندگی در لجستیک تجارت الکترونیک ارائه می‌کنند. بکرا و همکاران(۲۰۲۴) به بهینه سازی حمل و نقل و موجودی و مکان‌یابی در یک زنجیره تامین حلقه بسته پایدار می‌پردازند. گولمز و همکاران(۲۰۲۴) بهینه سازی چند هدفه را برای مسائل مسیریابی تحول سبز با افق زمانی منعطف انجام می‌دهند. دومینگوئز مارتین و همکاران(۲۰۲۴) یک الگوریتم شاخه و کران برای مسئله مسیریابی مکان‌یابی تحویل و برداشت همزمان را ارائه می‌کنند. لو و همکاران(۲۰۲۴) مسئله مسیریابی وسایل نقلیه را با افق زمان و نشر کربن در توزیع لجستیک مورد توجه قرار می‌دهند.

لی و همکاران(۲۰۲۵) به تحلیل در مورد مکان‌یابی و بهینه سازی مسیر مرکز توزیع لجستیک هوبی اکسپرس می‌پردازند. تمیز و همکاران(۲۰۲۵) یک مدل دو هدفه احتمالی را برای یک مسئله مکان‌یابی مسیریابی بشردوستانه تحت انسداد مسیر و تقاضای غیر قطعی طراحی می‌کنند. اوساریو مورا و همکاران(۲۰۲۵) یک مسئله مسیریابی مکان‌یابی ریسک گریز را با زمان سفر تصادفی مورد توجه قرار می‌دهند. مارتینز ترنر و ناگل(۲۰۲۵) به حل عامل محور مسئله مسیریابی وسایل نقلیه دو پلکانی توجه دارند.

بر اساس مرور ادبیات انجام شده مشاهده می‌شود که تحقیقی که بر اساس برداشت و تحویل همزمان، ریسک مکان، ریسک مسیر و همچنین پنجره زمانی منعطف انجام شده باشد در تحقیقات مرور شده وجود نداشته و لذا تحقیق حاضر به دلیل در نظر گرفتن این موضوعات شکاف تحقیقاتی موجود را در نظر گرفته و به دنبال رفع آن می‌باشد.

**روش تحقیق**

تحقیق حاضر به دنبال ارائه یک مدل مکان‌یابی مسیریابی با هدف حداقل ساختن هزینه، حداقل ساختن نارضایتی و حداقل ساختن ریسک مکان‌یابی مسیریابی می‌باشد. در این تحقیق مکان‌های تحویل کالاها در فروشگاه‌های اینترنتی مکان‌یابی شده و بهترین مکان از نظر هزینه، و ریسک و فاصله با مشتریان در نظر گرفته می‌شوند ضمن اینکه مسیر تحویل کالاها به مشتریان نیز در این مسئله به منظور کاهش هزینه، نارضایتی و ریسک بهینه می‌شوند. پنجره زمانی نه بر اساس تحویل دهنده بلکه بر اساس خواست مشتری تنظیم می‌شود و از این جهت می‌توان گفت پنجره زمانی منعطف می‌باشد. ضمن اینکه برداشت و تحویل به صورت همزمان صورت گرفته و مکان‌یابی انبارها نه صرفا بر اساس هزینه بلکه بر اساس سطح ریسکها آنها نیز تعیین می‌شود در خصوص مسیرها نیز تعیین مسیر بر اساس ریسک صورت می‌گیرد. مفروضات مدل به شرح ذیل است

۱- پنجره زمانی به صورت منعطف ومطابق با خواست مشتری تعیین می‌شود.

۲- برای مکان‌ها سطحی از ریسک وجود دارد

۳- برای مسیرها سطحی از ریسک وجود دارد

۴- امکان باز یا بسته بودن تسهیلات وجود دارد

۵- در صورت عدم تخصیص مشتری به مکانی خاص نیازی به مسیریابی در آرک مربوطه وجود ندارد.

۶- مسئله سه هدفه است

۷- هدف اول حداقل ساختن هزینه، هدف دوم حداقل ساختن نارضایتی و هدف سوم حداقل ساختن ریسک مسیریابی مکان‌یابی است

| اندیس‌ها و پارامترها | |
|---|---|
| $i$ | مشتری |
| $j$ | مکان |
| $e$ | مسیر |
| $k$ | اولویت پنجره زمانی |
| $d_j$ | هزینه احداث تسهیل j |
| $C_{ik}$ | سطح نارضایتی مشتری بر اساس اولویت پنجره زمانی k برای مشتری i |
| $CR_e$ | هزینه حرکت از مسیر e |
| $RSKE_e$ | سطح ریسک مسیر e |
| $RSKJ_j$ | سطح ریسک مکان j |
| متغیرهای تصمیم | |
| $Y_j$ | اگر تسهیل j باز باشد ۱ و در غیر اینصورت صفر |
| $P_{ik}$ | اگر افق زمانیk توسط هر مشتری i انتخاب شود ۱ و در غیر اینصورت صفر |
| $X_e$ | اگر مسیر e انتخاب شود ۱ و در غیر اینصورت صفر |
| $Z_{ij}$ | اگر مشتری i به تسهیل j تخصیص یابد ۱ و در غیر اینصورت صفر |

$$\min z1 = \sum_{j}^{n} d_j Y_j + \sum_{e}^{n} CR_e X_e \quad (۱)$$

رابطه فوق به دنبال حداقل ساختن هزینه کل مسیریابی و مکان‌یابی می‌باشد

| | |
|---|---|
| $\min z2 = \sum_{i}^{n} C_{i1} P_{i1} + C_{i2} P_{i2} + C_{i3} P_{i3} + C_{i4} P_{i4}$ | (۲) |

رابطه فوق به دنبال حداقل ساختن نارضایتی مشتریان بر اساس پنجره زمانی منعطف می‌باشد

| | |
|---|---|
| $\min z3 = \sum_{j}^{n} RSKJ_j Y_j + \sum_{e}^{n} RSKE_e X_e$ | (۳) |

رابطه فوق به دنبال حداقل ساختن ریسک مسیر و ریسک مکان تسهیلات می‌باشد.

| | |
|---|---|
| $X(\boldsymbol{\delta(i)}) = \mathbf{2}$ | (۴) |

رابطه فوق نشان می‌دهد که هر مشتری دقیقا توسط یک وسیله نقلیه بازدید می‌شود

| | |
|---|---|
| $X(\boldsymbol{\delta(j)}) = \mathbf{2}Y_j$ | (۵) |

رابطه فوق نشان می‌دهد اگر تسهیلات باز باشد توسط یک وسیله نقلیه بازدید می‌شود

| | |
|---|---|
| $\sum_{j}^{N} Z_{ij} = 1$ | (۶) |

رابطه فوق نشان می‌دهد که هر مشتری صرفا به یک تسهیل تخصیص می‌یابد.

| | |
|---|---|
| $Z_{ij} \leq Y_j$ | (۷) |

رابطه فوق نشان می‌دهد که مشتری به تسهیلات بسته تخصیص نمی‌یابد.

| | |
|---|---|
| $X(\boldsymbol{\delta(S)}) \geq \mathbf{2}$ | (۸) |

رابطه فوق نشان می‌دهد که حداقل یک وسیله نقلیه باید از هر مجموعه مشتری عبور کند و به آنها وارد و از آن خارج شود.

| | |
|---|---|
| $X_{ij} \leq Z_{ij}$ | (۹) |

رابطه فوق نشان می‌دهد که اگرمشتری به یک تسهیل تخصیص نیابد آن آرک نباید مسیریابی شود.

| | |
|---|---|
| $X_{ii'} + Z_{ij} + Z_{i'j'} \leq 2$ | (۱۰) |

رابطه فوق مانع از این می‌شود که مشتریان به تسهیلات مختلف در یک مسیر تخصیص یابد.

| | |
|---|---|
| $P_{i1} + P_{i2} + P_{i3} + P_{i4} = 1$ | (۱۱) |

رابطه فوق نشان می‌دهد که هر مشتری در یکی از افقهای زمانی ارجح قرار دارد.

| | |
|---|---|
| $Y_j \in \{0,1\}$ | (12) |
| $P_{ik} \in \{0,1\}$ | (۱۳) |
| $X_e \in \{0,1\}$ | (۱۴) |
| $Z_{ij} \in \{0,1\}$ | (۱۵) |

روابط ۱۲ تا ۱۵ نشانگر بازه متغیرهای باینری مسئله است

به منظور حل مدل فوق از دو الگوریتم فرابتکاری NSGAII وMOGWO که به ترتیب الگوریتم ژنتیک چند هدفه و الگوریتم گرگ خاکستری چند هدفه می‌باشند استفاده می‌شود. علت استفاده از این الگوریتم‌ها سابقه موفق آن در حل مسائل چند هدفه مکان‌یابی مسیریابی بوده و لذا با توجه به قابلیت بالای آنها از این الگوریتم‌ها جهت حل مسئله مزبور استفاده می‌شود.

**تجزیه و تحلیل داده‌ها**

در این بخش نتایج عددی حاصل از حل مدل ارائه می‌شود در ابتدا ابعاد مدل که شامل تعداد مشتریان، مکان‌ها و مسیرها می‌باشد ارائه می‌گردد.

**جدول ۱ ابعاد مسئله**

| مثال | مشتری | مکان | مسیر |
|---|---|---|---|
| ۱ | ۱۰ | ۱ | ۱ |
| ۲ | ۲۰ | ۳ | ۲ |
| ۳ | ۳۰ | ۵ | ۳ |
| ۴ | ۴۰ | ۷ | ۴ |
| ۵ | ۵۰ | ۹ | ۵ |
| ۶ | ۶۰ | ۱۰ | ۶ |
| ۷ | ۷۰ | ۱۲ | ۷ |
| ۸ | ۸۰ | ۱۳ | ۸ |
| ۹ | ۹۰ | ۱۴ | ۹ |
| ۱۰ | ۱۰۰ | ۱۵ | ۱۰ |
| ۱۱ | ۱۱۰ | ۱۷ | ۱۱ |
| ۱۲ | ۱۲۰ | ۱۸ | ۱۲ |
| ۱۳ | ۱۳۰ | ۲۰ | ۱۳ |
| ۱۴ | ۱۴۰ | ۲۲ | ۱۴ |
| ۱۵ | ۱۵۰ | ۲۳ | ۱۵ |
| ۱۶ | ۱۶۰ | ۲۵ | ۱۶ |
| ۱۷ | ۱۷۰ | ۲۷ | ۱۷ |
| ۱۸ | ۱۸۰ | ۲۸ | ۱۸ |
| ۱۹ | ۱۹۰ | ۳۰ | ۱۹ |
| ۲۰ | ۲۰۰ | ۳۰ | ۲۰ |

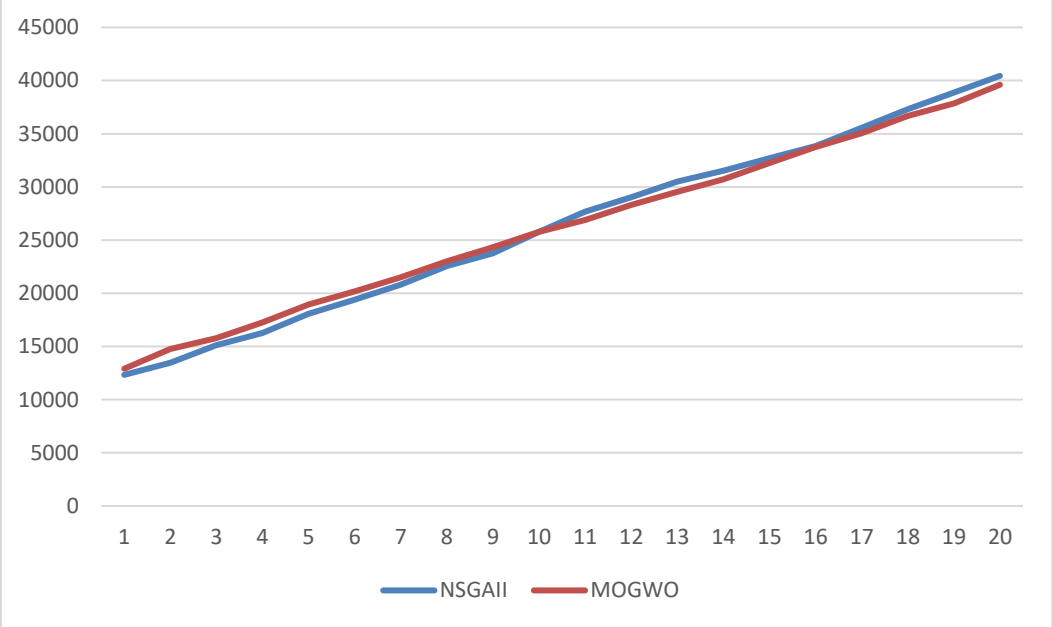
پس از معرفی ابعاد حل مدل با استفاده از دو الگوریتم NSGAII وMOGWO صورت گرفته و نتایج حاصل از هزینه نارضایتی و ریسک و زمان حل ارائه می‌شود.

**جدول ۲: حل مدل با استفاده از الگوریتم‌های NSGAII و MOGWO**

| | NSGAII | | | | MOGWO | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| مثال | هزینه | نارضایتی | ریسک | زمان حل | هزینه | نارضایتی | ریسک | زمان حل |
| ۱ | ۱۲۳۳۵ | ۱۸۹۰ | ۲۴ | ۸ | ۱۲۹۱۱ | ۱۹۴۲ | ۲۶ | ۸ |
| ۲ | ۱۳۴۷۳ | ۲۰۵۱ | ۲۵ | ۱۷ | ۱۴۷۵۵ | ۲۰۷۵ | ۲۸ | ۱۶ |
| ۳ | ۱۵۱۰۹ | ۲۲۰۰ | ۲۷ | ۲۶ | ۱۵۷۹۷ | ۲۲۱۸ | ۲۹ | ۲۶ |
| ۴ | ۱۶۲۵۳ | ۲۳۵۲ | ۲۹ | ۳۶ | ۱۷۲۷۴ | ۲۴۰۵ | ۳۰ | ۳۲ |
| ۵ | ۱۸۰۷۵ | ۲۵۲۱ | ۳۱ | ۴۶ | ۱۸۹۵۷ | ۲۵۵۸ | ۳۱ | ۳۹ |

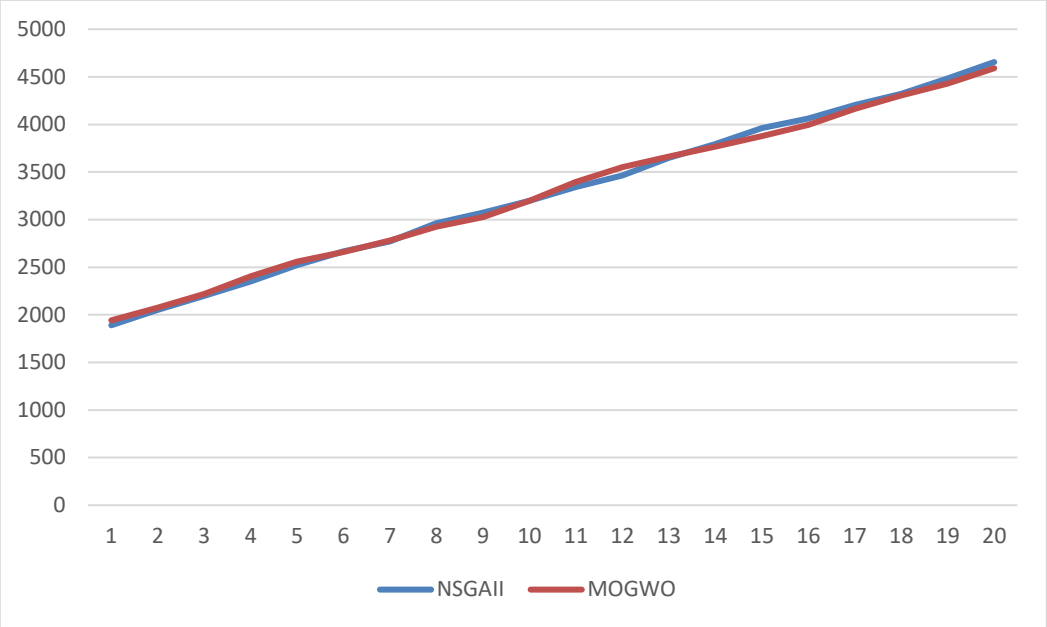
| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۶ | ۱۹۴۰۸ | ۲۶۶۷ | ۳۲ | ۵۵ | ۲۰۱۷۲ | ۲۶۶۱ | ۳۲ | ۴۴ |
| ۷ | ۲۰۸۰۶ | ۲۷۷۱ | ۳۴ | ۶۱ | ۲۱۵۱۰ | ۲۷۸۲ | ۳۴ | ۵۴ |
| ۸ | ۲۲۵۶۳ | ۲۹۶۲ | ۳۶ | ۷۰ | ۲۳۰۲۱ | ۲۹۲۷ | ۳۵ | ۶۲ |
| ۹ | ۲۳۷۶۴ | ۳۰۷۴ | ۳۸ | ۷۶ | ۲۴۳۴۵ | ۳۰۲۸ | ۳۷ | ۶۸ |
| ۱۰ | ۲۵۷۶۳ | ۳۱۹۸ | ۳۹ | ۸۴ | ۲۵۷۶۳ | ۳۱۹۸ | ۳۹ | ۷۵ |
| ۱۱ | ۲۷۶۷۴ | ۳۳۴۳ | ۴۱ | ۹۳ | ۲۶۸۸۴ | ۳۳۹۵ | ۴۱ | ۸۳ |
| ۱۲ | ۲۹۰۳۸ | ۳۴۶۵ | ۴۲ | ۱۰۰ | ۲۸۲۹۶ | ۳۵۵۰ | ۴۳ | ۸۹ |
| ۱۳ | ۳۰۵۰۳ | ۳۶۴۹ | ۴۳ | ۱۱۰ | ۲۹۵۲۴ | ۳۶۶۲ | ۴۴ | ۹۸ |
| ۱۴ | ۳۱۵۱۹ | ۳۷۹۴ | ۴۵ | ۱۱۸ | ۳۰۷۱۵ | ۳۷۶۸ | ۴۶ | ۱۰۸ |
| ۱۵ | ۳۲۷۱۲ | ۳۹۶۲ | ۴۶ | ۱۲۷ | ۳۲۲۳۸ | ۳۸۷۹ | ۴۷ | ۱۱۸ |
| ۱۶ | ۳۳۸۴۶ | ۴۰۶۳ | ۴۷ | ۱۳۷ | ۳۳۷۴۹ | ۳۹۹۶ | ۴۹ | ۱۲۳ |
| ۱۷ | ۳۵۵۶۵ | ۴۲۰۴ | ۴۹ | ۱۴۴ | ۳۵۰۴۲ | ۴۱۶۳ | ۵۰ | ۱۳۱ |
| ۱۸ | ۳۷۲۹۷ | ۴۳۲۱ | ۵۱ | ۱۵۰ | ۳۶۶۷۲ | ۴۳۰۶ | ۵۲ | ۱۳۸ |
| ۱۹ | ۳۸۸۸۲ | ۴۴۸۴ | ۵۲ | ۱۵۵ | ۳۷۸۵۳ | ۴۴۳۰ | ۵۴ | ۱۴۶ |
| ۲۰ | ۴۰۴۴۰ | ۴۶۵۵ | ۵۴ | ۱۶۲ | ۳۹۶۰۷ | ۴۵۹۰ | ۵۵ | ۱۵۳ |

به منظور تعیین اثر ابعاد بر افزایش مقادیر توابع هدف که نشانگر اعتبار مدل می‌باشد نتایج جدول فوق به صورت نمودار ارائه می‌شود.



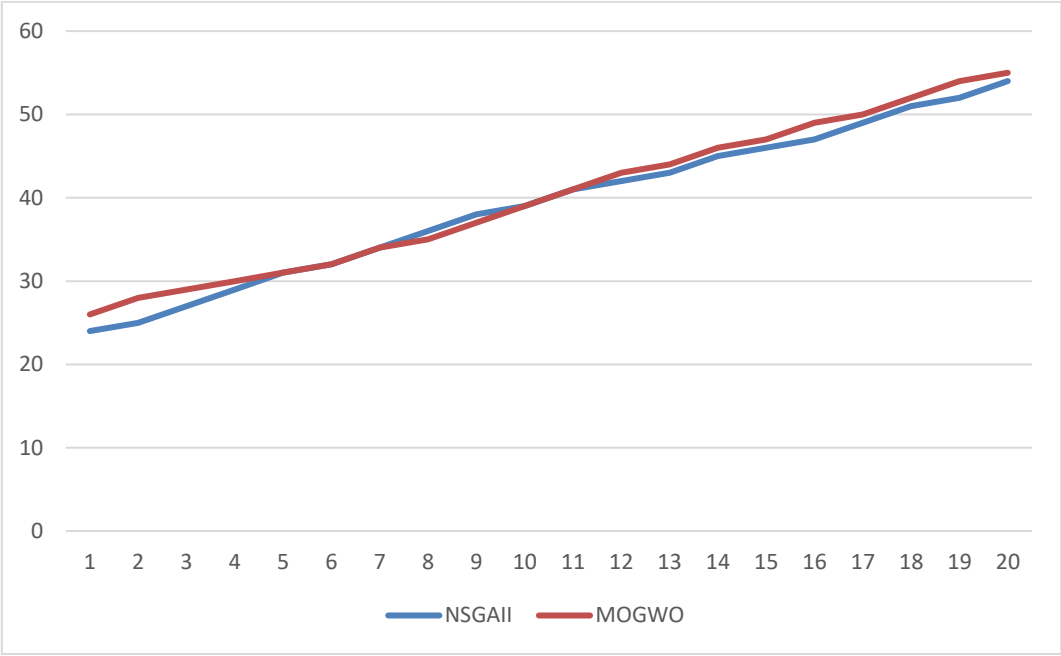

**شکل ۱:افزایش هزینه در پی افزایش ابعاد مسئله**

در شکل ۱ مشاهده می‌شود با افزایش ابعاد مسئله هزینه افزایش می‌یابد اما الگوریتم گرگ خاکستری چند هدفه مقدار بهینه تری از هزینه مسیریابی مکان‌یابی را نشان می‌دهد.



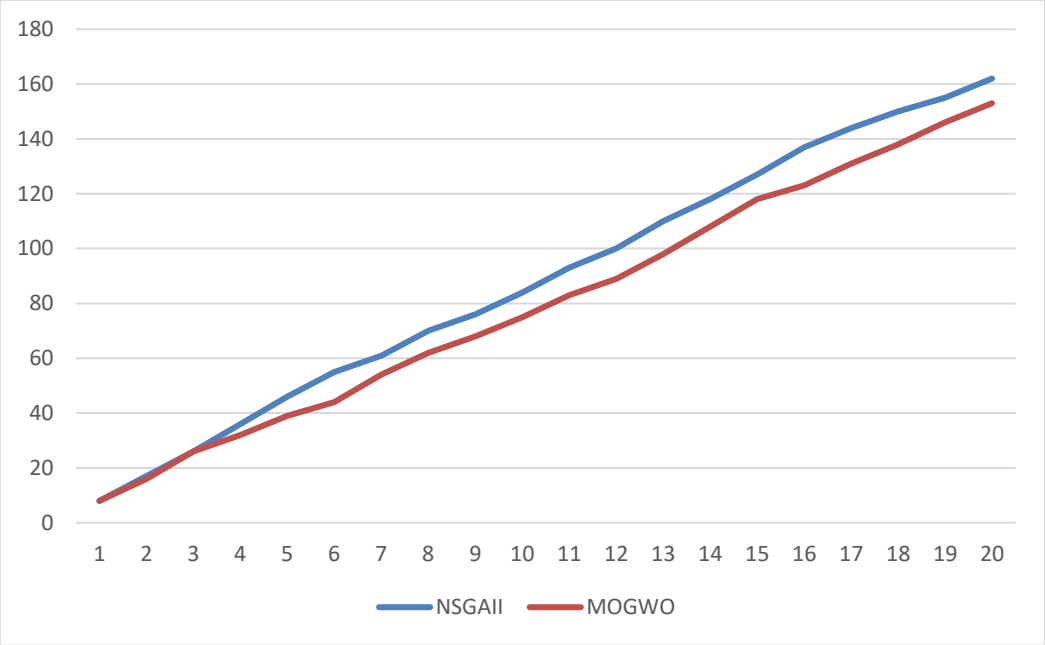

**شکل ۲:افزایش نارضایتی در پی افزایش ابعاد مسئله**

با افزایش ابعاد مسئله به طور طبیعی انتظار می‌رود که نارضایتی که معیار تعیین کننده پنجره زمانی می‌باشد نیز افزایش یابد نتیجه نشانگر افزایش نارضایتی با افزایش ابعاد است که همچنان الگوریتم گرگ خاکستری چند هدفه مقدار بهینه تری را در خصوص نارضایتی نشان می‌دهد. البته تفاوت چندانی بین دو الگوریتم نیست امادر مجموع گرگ خاکستری چند هدفه نتیجه بهتری را نشان می‌دهد.




**شکل ۳:افزایش ریسک در پی افزایش ابعاد مسئله**

در شکل ۳ مشاهده می‌شود که الگوریتم ژنتیک چند هدفه مقدار ریسک کمتری را بدست اورده هر چند به طور کلی با افزایش ابعاد ریسک کلی مسیریابی مکان‌یابی افزایش یافته است اما اثر این افزایش توسط الگوریتم ژنتیک چند هدفه کمتر از الگوریتم گرگ خاکستری چند هدفه می‌باشد.



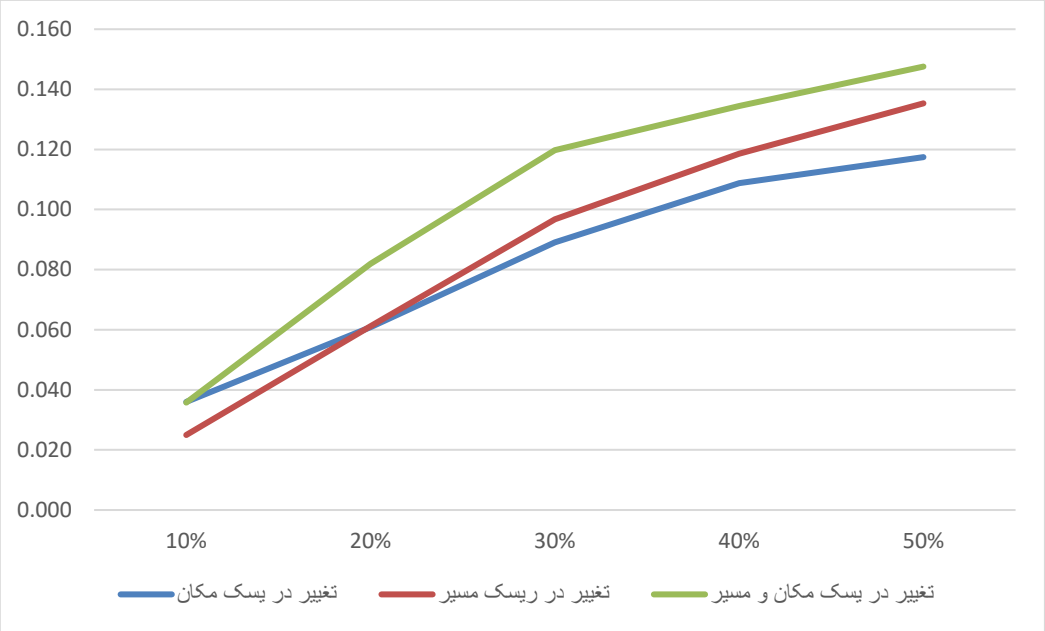

**شکل ۴:افزایش زمان محاسبه در پی افزایش ابعاد مسئله**

در شکل ۴ مشاهده می‌شود که زمان محاسبه با افزایش ابعاد به شکل قابل توجهی افزایش یافته است اما زمان محاسبه برای الگوریتم گرگ خاکستری چند هدفه کمتر از الگوریتم ژنتیک چند هدفه می‌باشد لذا می‌توان گفت الگوریتم گرگ خاکستری چند هدفه در وضعیت بهتری نسبت به الگوریتم ژنتیک چند هدفه قرار دارد.

پس از ارائه نتایج حل مدل و اعتبار سنجی آن به بررسی اثر افزایش ریسک مکان‌یابی، ریسک مسیریابی و ریسک مکان‌یابی مسیریابی بر هزینه و نارضایتی پرداخته می‌شود نتیجه در جدول ذیل ارائه گردیده است.

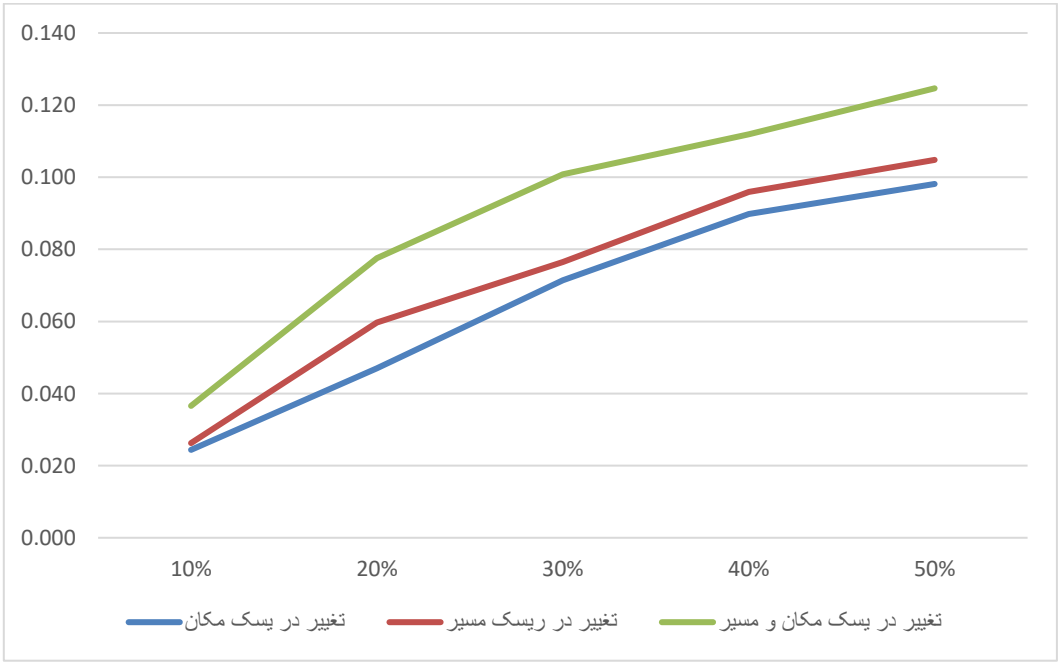
**جدول ۳: تحلیل اثر ریسک مکان‌یابی،مسیریابی و مکان‌یابی مسیریابی بر هزینه و نارضایتی مشتریان**

| افزایش | ریسک مکان | | ریسک مسیر | | ریسک مکان و مسیر | | تغییر در ریسک مکان | تغییر در ریسک مسیر | تغییر در ریسک مکان و مسیر | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | هزینه | نارضایتی | هزینه | نارضایتی | هزینه | نارضایتی | تغییر در هزینه | تغییر در نارضایتی | تغییر در هزینه | تغییر در نارضایتی |
| ۰٪ | ۲۵۷۶۳ | ۳۱۹۸ | ۲۵۷۶۳ | ۳۱۹۸ | ۲۵۷۶۳ | ۳۱۹۸ | | | | |
| ۱۰٪ | ۲۶۶۹۰ | ۳۲۷۶ | ۲۶۴۰۶ | ۳۲۸۲ | ۲۶۶۸۴ | ۳۳۱۵ | ۰.۰۳۶ | ۰.۰۲۴ | ۰.۰۳۶ | ۰.۰۳۷ |
| ۲۰٪ | ۲۸۳۱۳ | ۳۴۳۰ | ۲۸۰۲۲ | ۳۴۷۸ | ۲۸۸۷۰ | ۳۵۷۲ | ۰.۰۶۱ | ۰.۰۴۷ | ۰.۰۸۲ | ۰.۰۷۸ |
| ۳۰٪ | ۳۰۸۳۴ | ۳۶۷۵ | ۳۰۷۳۲ | ۳۷۴۴ | ۳۲۳۲۷ | ۳۹۳۲ | ۰.۰۸۹ | ۰.۰۷۱ | ۰.۱۲۰ | ۰.۱۰۱ |
| ۴۰٪ | ۳۴۱۸۹ | ۴۰۰۵ | ۳۴۳۷۶ | ۴۱۰۳ | ۳۶۶۷۵ | ۴۳۷۲ | ۰.۱۰۹ | ۰.۰۹۰ | ۰.۱۳۵ | ۰.۱۱۲ |
| ۵۰٪ | ۳۸۲۰۴ | ۴۳۹۸ | ۳۹۰۲۸ | ۴۵۳۳ | ۴۲۰۸۷ | ۴۹۱۷ | ۰.۱۱۷ | ۰.۰۹۸ | ۰.۱۴۸ | ۰.۱۲۵ |




**شکل ۵: تحلیل اثر ریسک مکان‌یابی،مسیریابی و مکان‌یابی مسیریابی بر هزینه**

در شکل ۵ مشاهده می‌شود که ریسک مکان‌یابی کمترین اثر را بر هزینه برجا می‌گذارد به گونه‌ای که با افزایش ۵۰ درصدی این ریسک انتظار می‌رود تا ۱۲ درصد هزینه افزایش یابد در حالیکه در خصوص ریسک مسیر این اثر بیشتر است و می‌تواند تا ۱۳.۵ درصد افزایش یابد پس از ان ریسک مکان‌یابی مسیریابی به صورت توامان است که تا ۱۴.۵ درصد افزایش را موجب می‌شود به طور کلی هر سه نوع ریسک باعث افزایش هزینه می‌شود که اثر ریسک توامان مکان‌یابی مسیریابی بیشتر است.




**شکل ۶: تحلیل اثر ریسک مکان‌یابی،مسیریابی و مکان‌یابی مسیریابی بر نارضایتی مشتریان**

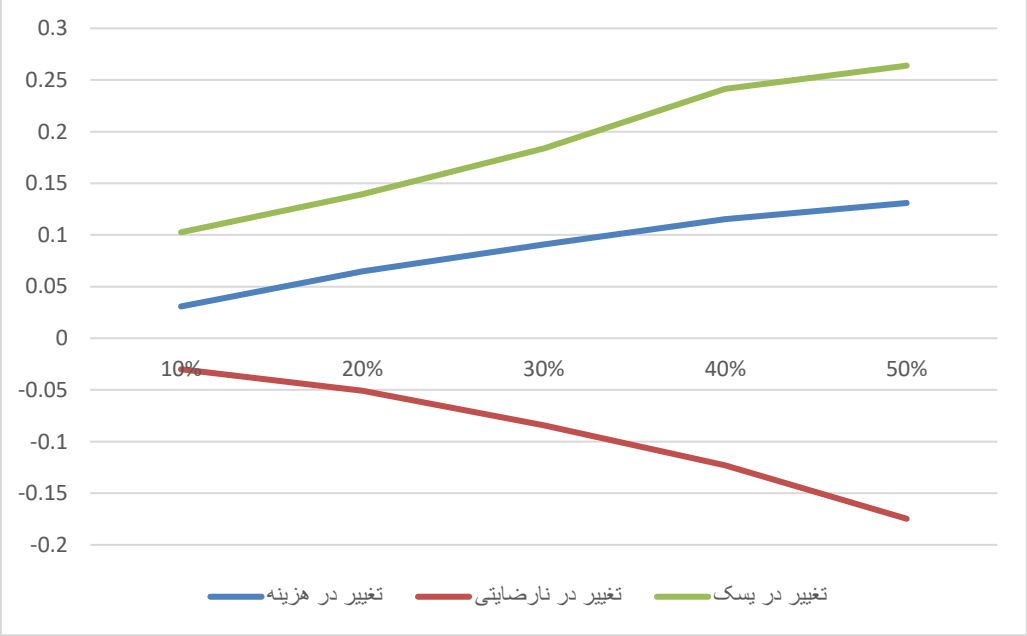
در شکل ۶ اثر ریسک مکان‌یابی مسیریابی و مکان‌یابی بر نارضایتی مشتریان تائید می‌شود چرا که هر سه ریسک باعث افزایش نارضایتی مشتریان می‌شود به گونه‌ای که ریسک مکان‌یابی مسیریابی باعث افزایش بیش از ۱۲ درصدی در نارضایتی مشتریان می‌شود در حالیکه ریسک مسیریابی باعث افزایش بیش از ۱۰ درصد و ریسک مکان‌یابی باعث افزایش نزدیک به ۱۰ درصد در نارضایتی می‌شود این امر

نشان میدهد که ریسک هر چه افزایش یابد می‌تواند نارضایتی مشتریان را در مسئله مسیریابی مکان‌یابی با توجه به پنجره زمانی منعطف افزایش دهد بنابراین افزایش ریسک می‌تواند انعطاف پذیری پنجره زمانی که مطابق با خواست مشتری تعریف می‌شود را کاهش دهد.

پس از تحلیل ریسک به بررسی اثر تلاش برای تحقق پنجره زمانی منعطف یا حداکثرسازی انعطاف پذیری پنجره زمانی بر هزینه و نارضایتی و ریسک پرداخته می‌شود در واقع در این بخش بررسی می‌شود که تا چه میزان انعطاف پذیری پنجره زمانی مستلزم افزایش هزینه و ریسک است.

**جدول ۴: تحلیل اثر حداکثرسازی انعطاف پذیری پنجره زمانی**

| حداکثرسازی اولویت بر اساس پنجره زمانی | هزینه | نارضایتی | ریسک | تغییر در هزینه | تغییر در نارضایتی | تغییر در ریسک |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ۰٪ | ۲۵۷۶۳ | ۳۱۹۸ | ۳۹ | | | |
| ۱۰٪ | ۲۶۵۵۶ | ۳۱۰۲ | ۴۳ | ۰.۰۳۰۷۸۱ | -۰.۰۳۰۰۲ | ۰.۱۰۲۵۶۴ |
| ۲۰٪ | ۲۸۲۸۰ | ۲۹۴۴ | ۴۹ | ۰.۰۶۴۹۱۹ | -۰.۰۵۰۹۳ | ۰.۱۳۹۵۳۵ |
| ۳۰٪ | ۳۰۸۴۶ | ۲۶۹۶ | ۵۸ | ۰.۰۹۰۷۳۶ | -۰.۰۸۴۲۴ | ۰.۱۸۳۶۷۳ |
| ۴۰٪ | ۳۴۳۹۹ | ۲۳۶۴ | ۷۲ | ۰.۱۱۵۱۸۵ | -۰.۱۲۳۱۵ | ۰.۲۴۱۳۷۹ |
| ۵۰٪ | ۳۸۹۰۴ | ۱۹۵۱ | ۹۱ | ۰.۱۳۰۹۶۳ | -۰.۱۷۴۷ | ۰.۲۶۳۸۸۹ |




**شکل ۷ تحلیل اثر حداکثرسازی انعطاف پذیری پنجره زمانی**

در شکل ۷ مشاهده می‌شود با افزایش انعطاف پذیری پنجره زمانی انتظار می‌رود ریسک تا ۲۵ درصد افزایش یافته و هزینه نیز تا ۱۳ درصد افزایش یابد اما در عوض انتظار می‌رود که نارضایتی تا ۱۷ درصد کاهش یابد به عبارت دیگر می‌توان گفت با افزایش انعطاف پذیری شرایط مناسبی برای مشتریان از نظر زمان تحویل پیش امده و مطابق با خواست آنها تحویل صورت می‌گیرد این در حالیست که برای تحقق این هدف باید هزینه بیشتر و البته ریسک بیشتری از سوی فروشگاه اینترنتی متحمل شود.

## نتیجه‌گیری

در این تحقیق یک مدل مکان‌یابی مسیریابی با در نظر گرفتن پنجره زمانی منعطف، ریسک مکان، ریسک مسیر و برداشت و تحویل همزمان برای فروشگاه‌های اینترنتی طراحی شد. این مدل سه هدف هزینه، رضایت و ریسک را دنبال می‌کرد که نتایج بدست امده نشان از این دارد که مسئله در ابعاد بزرگ با استفاده از الگوریتم‌های فراابتکاری قابل حل است در حالیکه الگوریتم گرگ خاکستری چند هدفه نتیجه‌ای بهتر را در این خصوص ارائه می‌کند. این نتیجه البته از نظر زمان محاسبه، هزینه و رضایت است در حالیکه از نظر ریسک نتیجه حاصل از الگوریتم ژنتیک چند هدفه نتیجه‌ای بهینه تر می‌باشد.

در خصوص اثر نواوری‌های مسئله باید اشاره شود که افزایش ریسک مکان‌ها و مسیرها می‌تواند باعث افزایش هزینه و نارضایتی به صورت کلی شود اما باید در نظر داشت که ریسک مکان، مسیر و مکان‌یابی مسیریابی به صورت منفک در نظر گرفته شده و ریسک مسیر بیش از ریسک مکان اثرگذار بوده و ریسک توامان مسیر و مکان بیش از هر دو اثر گذاری خود را نشان می‌دهند. باید تاکید شود که اگر فروشگاه اینترنتی بخواهد انعطاف پذیری پنجره زمانی را حداکثر نماید نیاز دارد که هم هزینه بیشتری متحمل شده و هم ریسک بیشتری را بپذیرد چرا که انعطاف پذیری بیشتر در مسئله مکان‌یابی مسیریابی به معنای تمکین به نظر و خواست مشتری و تلاش جهت عملکرد مطابق با زمانی است که مشتری خواهان دریافت کالاها می‌باشد نه اینکه فروشگاه زمان تحویل را تعیین نماید. بنابراین برای اینکه رضایت مشتری حداکثر شود تحمل هزینه بیشتر از سوی فروشگاه الزام اور می‌باشد.

این تحقیق مدلی را ارائه کرد که مدیران فروشگاه اینترنتی می‌توانند بین هزینه و رضایت و همچنین ریسک انتخاب نمایند البته برای تحقق رضایت به طور طبیعی انها باید هزینه را افزایش دهند که این امر می‌تواند در بلندمدت با افزایش سود بیشتر و جذب مشتری بیشتر به سود آنان باشد اما در کوتاه مدت چندان نمی‌تواند بهینه باشد. ضمن اینکه تحمیل ریسک مکان و مسیر و همچنین ریسک مکان‌یابی مسیریابی به طور همزمان می‌توان هزینه و نارضایتی را تضعیف کند لذا پرهیز از ریسک بیشتر و تلاش جهت کاهش ریسک می‌تواند بر هزینه و نارضایتی اثر مثبتی بر جا بگذارد.

تحقیق اتی می‌تواند مسائل دیگر را به اهداف مدل ارائه شده بیافزاید که مهمترین آنها می‌تواند در نظر گرفتن انسداد مسیر و همچنین بهره گیری از تکنولوژی‌های نوظهور نظیر روبات و پهپاد باشد.

## تعارض منافع

در انجام مطالعه حاضر، هیچ‌گونه تضاد منافعی وجود ندارد.

## مشارکت نویسندگان

در نگارش این مقاله تمامی نویسندگان نقش یکسانی ایفا کردند.

## موازین اخلاقی

در انجام این پژوهش تمامی موازین و اصول اخلاقی رعایت گردیده است.

## شفافیت داده‌ها

داده‌ها و مآخذ پژوهش حاضر در صورت درخواست از نویسنده مسئول و ضمن رعایت اصول کپی رایت ارسال خواهد شد.

**حامی مالی**

این پژوهش حامی مالی نداشته است.

## References

Lou,P, Zhou,Z, Zeng,Y, Fan,Ch, Vehicle routing problem with time windows and carbon emissions: a case study in logistics distribution, Environmental Science and Pollution Researchhttps://doi.org/10.1007/s11356-024-31927-9

Safari ,F,M, Etebari ,F ,Pourghader Chobar,,A, Modeling and Optimization of a Tri-objective TransportationLocation-Routing Problem considering route reliability: using MOGWO, MOPSO, MOWCA, and NSGA-II, Journal of Optimization in Industrial Engineering Vol.14, Issue 2, Summer & Autumn 2021, 83-98 DOI:10.22094/JOIE.2020.1893849.1730

Martins-Turnera,K, Nagel,K, Agent-based solving of the 2-echelon Vehicle Routing Problem, Transportation Research Procedia 82 (2025) 3912–3924

Osorio-Mora ,A, Saldanha-da-Gama ,F, Toth,P, A risk-averse latency location-routing problem with stochastic travel times, European Journal of Operational Research 321 (2025) 837–850

Temiza,S, Kazançb,H,C , Soysalc,M and Çimen,M, A probabilistic bi-objective model for a humanitarian location-routing problem under uncertain demand and road closure, Intl. Trans. in Op. Res. 32 (2025) 590–625 DOI: 10.1111/itor.13475

BencomoDomínguez-Martín ,B, Hernández-Pérez ,H, Riera-Ledesma ,J, Rodríguez-Martín,I, A branch-and-cut algorithm for the one-commodity pickup and delivery location routing problem, Computers & Operations Research 161 (2024) 106426

Gülmez,B, Emmerich,M & Fan,Y (2024) Multi-objective Optimization for Green Delivery Routing Problems with Flexible Time Windows, Applied Artificial Intelligence, 38:1, 2325302, DOI: 10.1080/08839514.2024.2325302

Becerra,P, Mula,J & Sanchis,R (2024) Optimising location, inventory and transportation in a sustainable closed-loop supply chain, International Journal of Production Research, 62:5, 1609-1632, DOI: 10.1080/00207543.2023.2197515

Belbağ,S, A Model for Vehicle Routing Problem under Returns and Emission Consideration
in B2C E-Commerce Logistics, Special Issue | Productivity for Logistics | 63-76

Naganawa, H.; Hirata, E.; Firdausiyah, N.; Thompson, R.G. Logistics Hub and Route Optimization in the Physical Internet Paradigm. Logistics 2024, 8, 37. https://doi.org/10.3390/ logistics8020037

LU,X, WANG,J, WU,S, ZHENG,S, LIU,Q, Two-Echelon Location-Routing Problem with Fuzzy Demand of Rural E-Commerce Logistics, Promet – Traffic&Transportation. 2025;37(1):86-104.https://doi.org/10.7307/ptt.v37i1.578

Ibn Faiz ,T, Vogiatzis,C, A Robust Optimization Framework for Two-Echelon Vehicle and UAV Routing for Post-Disaster Humanitarian Logistics Operations,

Cataldo Díaz,C,Linfati,R Escobar,J,W, Mathematical models for the electric vehicle routing problem with time windows considering diferent aspects of the charging process, Operational Research (2024) 24:1 https://doi.org/10.1007/s12351-023-00806-5

Janinhof,L Klein,R Scholz,D, Multitrip vehicle routing with delivery options: a data driven application to the parcel industry, OR Spectrum (2024) 46:241–294 https://doi.org/10.1007/s00291-023-00710-6

Castillo,C, Panadero,J , Alvarez Palau,E,J and Juan,A,A Towards greener city logistics: an application
of agile routing algorithms to optimize the distribution of micro-hubs in Barcelona, European Transport Research Review (2024) 16:44 https://doi.org/10.1186/s12544-024-00669-7

Gandraa,V,M,S Çalıka,H, Wautersa,T, Túlio A. M. Toffolob, Marco Antonio Moreira de Carvalhob, Greet Vanden Berghe, The impact of loading restrictions on the two-echelon location routing problem, Preprint submitted to Computers & Industrial Engineering

Lu, F.; Jiang, R.; Bi, H.; Gao, Z. Order Distribution and Routing Optimization for Takeout Delivery under Drone–Rider Joint Delivery Mode. J. Theor. Appl. Electron. Commer. Res. 2024, 19, 774–796. https://doi.org/10.3390/ jtaer19020041

ChangK,H, Chiang,C, Chang,T,Y Simultaneous Location and Vehicle Fleet Sizing of Relief Goods Distribution Centers and Vehicle Routing for Post-Disaster Logistics,

Zhang Peng,Z A STUDY ON THE LOCATION SELECTION OF LOGISTICS DISTRIBUTION CENTERS BASED ON E-COMMERCE, Journal of Knowledge Learning and Science Technology ISSN: 2959-6386 (Online), Volume 3, Issue 3, Sep 2024

LIa,B, DUa,W, ZHANG,J, Analysis on Location Selection and PathOptimization of Hubei SF Express Logistics Distribution Center, Artificial Intelligence, Medical Engineering and Education Z. Hu et al. (Eds.)