**Journal of Urban Tourism**
**Vol.7, No.2, Summer 2020**

http://doi.org/10.22059/JUT.2020.298744.779

# An Algorithm for Tourist Personal Trip Planning Considering Traffic Condition and Time Windows (Case Study: City of Shiraz)

Masoud Khodadadian[1]., Ali Divasalar[2*]., Omid TitiDej[3].

1- PhD student in Civil Engineering, North University, Amol, Iran
2- Assistant Professor of Materials and Industries, Noshirvani University of Technology, Babol, Iran
3- Assistant Professor of Civil Engineering, North University, Amol, Iran

**Received: 29 March 2020** **Accepted: 31 July 2020**

**Extended abstract**

**Introduction**

Nowadays, the tourism industry is one of the key components of economic and social development in the world. At the same time, with the growth of information and communication technology (ICT), based on e-tourism and smart tourism approach, launching websites and producing mobile applications that assist tourists in personal trip planning (based on personal profits and preferences, attractions' information, and network traffic condition) have been considered for the tourism development and promotion of the competitive power of tourism destinations. In Operations Research (OR), the challenge of planning a tourist personal trip is a discrete optimization problem that is called the Orienteering Problem (OP). Researchers, by modeling and solving the various Ops, have tried to provide an optimal trip plan for the tourist to visit attractions considering various constraints.

**Methodology**

In this descriptive-analytical and development research, the time-dependent orienteering problem with time windows (TDOPTW) was addressed. An Iterated Local Search (ILS) algorithm to solve the TDOPTW was proposed in the research. The algorithm was based on a number of specific neighborhood structures designed to locally improve the response that insertion, displacement, and replacement movements were used during the local search phase. In fact, in the study, in order to perceive the traffic conditions and delays on the travel time of the pass network, the travel time of the network arcs was considered as a discrete variable and a function of the day time.

The proposed algorithm was coded in C++ and was evaluated by performing on a realistic dataset of the city of Shiraz. The required information can be divided into three general categories: Attractions' information (including location, opening time, closing time, visit time, and score), road network information (including link travel time between each origin-destination pair at each time slot) and tourists consideration. The required information was collected for 38 points as POIs of Shiraz. For considering the travel time variations during the day, the time interval from 6 am to 10 pm was divided into 65 time slots with a length of 15 minutes, and at each time slot, a travel time matrix of 38 by 38 dimensions was collected by using of the online traffic map from https://developers.neshan.org/. The assumption was that the travel times were constant during each time slot.

∗ Corresponding Author (Email: ali.divsalar@nit.ac.ir)

Copyright © 2020 Journal of Urban Tourism. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution- noncommercial 4.0 International License which permits copy and redistribute the material just in noncommercial usages provided the original work is properly cited

**Results and discussion**

By implementing the proposed algorithm on the real data of Shiraz, the tourist trip plan was designed in less than 30 seconds. This tour was proposed that the tourist should spend around 13.9 hours and visit 12 POIs out of 38 available ones.

In order to analyze the performance of the proposed solution algorithm, different scenarios were executed on the case study. In these scenarios, changes were made to some of the input parameters of the model including opening and closing times, visit times, POI scores, the available time budget and travel times and their effect on the proposed solution was investigated. The analysis of the effect of changing the input parameters of the problem indicated that the solution algorithm was sensitive to these parameters. So that even with a minor change in one of these parameters, it redesigns and proposes the optimal solution in order to maximize the total score.

**Conclusion**

Nowadays, research in tourist trip planning concentrate on solving two main issues: a more realistic model as well as a more practical solution method. From the point of a more realistic model, this research studied the OP with Time Windows and Time Dependent travel times (TDOPTW). Moreover, the proposed solution algorithm (ILS) is able to solve the problem instances in a short computation time, while benefits from a simple and flexible structure. Therefore, in real and practical applications, by using of the proposed method for tourist personal trip enables users to find the desired route in a short amount of computation time, considering the traffic congestion in the road network as well as the service time of POIs.

Based on the results evaluation of applying the proposed method on the real data of Shiraz, the high quality of the solution and short amount of computational time were considered as the advantages of the proposed method. It should be mentioned that solving such a complex optimization problem via an exact method or mathematical programming techniques might need several hours of computations on high power computers. As a result, the proposed solution strategy can be implemented in websites or mobile Apps where tourists may use to get a personal trip plan.

According to the proposed method of the research, using websites and mobile apps that help in tourist trip planning, can be of an important role in the sustainable development of the tourism industry in our country and therefore attractive for public and private investments. This is a good suggestion especially for more touristic cities such as Shiraz, Isfahan and Yazd. In fact, this is a significant step toward the smart tourism in the country.

**Keywords:** Tourist trip planning, Traffic congestion, Orienteering problem, Time window, Time dependency, Iterated local search.

**فصلنامه گردشگری شهری، دورهٔ ۷، شمارهٔ ۲، تابستان ۱۳۹۹**
**صص. ۱۷-۱**
http://doi.org/10.22059/JUT.2020.298744.779

# ارائه الگوریتمی برای برنامه‌ریزی سفر شخصی گردشگر با در نظرگیری وضعیت ترافیک و پنجره زمانی بازدید مطالعه موردی: شهر شیراز

**مسعود خدادادیان** – دانشجوی دکتری مهندسی عمران، دانشگاه شمال، آمل، ایران
**علی دیوسالار**[۱] – استادیار مواد و صنایع، دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل، بابل، ایران
**امید تی تی دژ** – استادیار مهندسی عمران، ، دانشگاه شمال، آمل، ایران

**دریافت مقاله: ۱۳۹۹/۰۱/۱۰** **پذیرش مقاله: ۱۳۹۹/۰۵/۱۰**

## چکیده

در عصر حاضر، صنعت گردشگری به‌عنوان یکی از مؤلفه‌های توسعه اقتصادی از اهمیت بالایی در بسیاری از کشورها برخوردار است. از طرف دیگر، با رشد فناوری اطلاعات و ارتباطات (فاوا)، با رویکرد گردشگری الکترونیک و گردشگری هوشمند، راه‌اندازی وب‌سایت‌ها و تولید نرم‌افزارهای موبایلی که به گردشگران در برنامه‌ریزی سفر (بر مبنای سلایق و ترجیحات شخصی یا گروهی آن‌ها، مشخصات جاذبه‌های گردشگری و وضعیت ترافیک شبکه معابر در یک مقصد گردشگری) کمک می‌کند، برای توسعه گردشگری و تقویت توان رقابتی مقاصد گردشگری، موردتوجه قرارگرفته است. از دیدگاه پژوهش عملیاتی، چالشِ برنامه‌ریزی سفر شخصی گردشگر، یک مسئله بهینه‌سازی به نام مسئله جهت‌یابی است که با مدل‌سازی و حل آن، برنامه سفر بهینه برای یک مقصد گردشگری شامل توالی بازدید برخی از نقاط جاذبه گردشگری طوری طراحی می‌شود که ضمن رعایت محدودیت‌های گوناگون، امتیاز کسب‌شده بیشینه گردد. این تحقیق با دیدگاهِ پژوهش عملیاتی ازنظر روش، توصیفی – تحلیلی و ازنظر هدف، توسعه‌ای است. در این مقاله یک روش فرا ابتکاری جستجوی محلی تکرارشونده، برای حل مسئله جهت‌یابی با وابستگی زمانی و پنجره‌های زمانی پیشنهادشده است. این الگوریتم حل بر مبنای تعدادی ساختار همسایگی خاص طراحی‌شده برای بهبود موضعی جواب عمل می‌کند که در مرحله جستجوی محلی آن از حرکت‌های درج، جابجایی و تعویض استفاده‌شده است. در این پژوهش، برای در نظرگیری شرایط تراکم و تأخیر ترافیک بر روی زمان سفر شبکه معابر، زمان سفر کمان‌های شبکه به‌صورت متغیر گسسته و تابعی از ساعت روز در نظر گرفته‌شده است. الگوریتم پیشنهادی در زبان برنامه‌نویسی C++ پیاده‌سازی شده و جهت ارزیابی کارایی آن، بر روی یک پایگاه داده واقعی از شهر شیراز (که از طریق مطالعات میدانی و کتابخانه‌ای جمع‌آوری‌شده است)، اجراشده است. بر اساس ارزیابی نتایج مطالعه موردی، کیفیت بالای جواب و زمان حل مناسب، از نقاط قوت روش پیشنهادی این تحقیق محسوب می‌گردد.

**واژگان کلیدی:** برنامه‌ریزی سفر گردشگر، مسئله جهت‌یابی، پنجره زمانی، وابستگی زمانی، جستجوی محلی تکرارشونده.

۱. نویسنده مسئول
Email: ali.divsalar@nit.ac.ir

## مقدمه

در حال حاضر، یکی از منابع اصلی درآمد کشورهای توسعه‌یافته و درحال‌توسعه، صنعت گردشگری است. بنابراین، باهدف رونق اقتصادی شهرها و کشورها، افزایش توان رقابتی مقاصد گردشگری موردتوجه مدیران و کارشناسان امر قرارگرفته است. یکی از مؤلفه‌های اصلی در رقابت‌پذیری مقاصد، وضعیت و کیفیت زیرساخت‌ها و امکانات گردشگری (سخت‌افزاری و نرم‌افزاری) است به‌طوری‌که بسیاری از راهبردهای توسعه پایدار گردشگری بر روی این مقوله متمرکزشده‌اند (افصح حسینی و همکاران، ۱۳۹۸: ۱۲۶). حوزه دیگری که در پایداری و رشد اقتصاد گردشگری نقش بسزایی داشته، فناوری اطلاعات و ارتباطات (ICT) است به‌طوری‌که روش کسب‌وکار و تعامل با مشتری را متحول کرده است. در گردشگری هوشمند و گردشگری الکترونیک، فناوری اطلاعات و ارتباطات (فاوا) یکی از عناصر اصلی گردشگری و تقویت کارایی این صنعت بشمار می‌آید. در واقع، فناوری اطلاعات، روشی جدید و خلاقانه برای تسهیل و تسریع توسعه پایدار گردشگری در مقاصد گردشگری را مهیا می‌کند و به همین دلیل یکی از محرک‌های امروزی این صنعت محسوب می‌شود. از سال ۲۰۰۸ به بعد، با توجه به رشد و توسعه استفاده از فاوا، افزایش کاربران اینترنت و توسعه اینترنت و وسایل هوشمند (نظیر موبایل‌ها و تبلت‌ها)، این صنعت به یکی از روش‌های اصلی توسعه گردشگری تبدیل شد و سهم عمده‌ای از پژوهش‌ها بر روی اثر سنجی فاوا در توسعه و پایداری گردشگری متمرکزشده است (شفیعی و همکاران، ۱۳۹۶: ۹۸). به عبارت ساده، در گردشگری هوشمند با به‌کارگیری جامع و یکپارچه از فاوا و تجهیزات اطلاع‌رسانی و اینترنتی، اطلاعات دقیق و به هنگام از ملاحظات موردنیاز درباره یک مقصد گردشگری (مانند نقاط دیدنی، اقامت و خوراک، حمل‌ونقل و ترافیک و غیره)، قبل یا حین سفر در اختیار گردشگران قرار می‌گیرد.

گردشگرانی که قصد گردش برای یک یا چند روز در یک مقصد گردشگری دارند، به دلیل اینکه در طول این مدت محدود، بازدید همه جاذبه‌های گردشگری (POIs)[1] امکان‌پذیر نیست، به‌ناچار، با چالشِ انتخاب جاذبه‌های اولویت‌دار خود و تصمیم‌گیری در خصوص مسیر زمان بازدید هر جاذبه و ترتیب بازدید آن‌ها (تنظیم برنامه سفر گردش) مواجه هستند. اخیراً، در قالب گردشگری هوشمند، برای حل چنین چالشی، وب‌سایت‌ها و برنامک‌های همراه (نرم‌افزارهای موبایلی)[2] راه‌اندازی شده که در آن‌ها با استفاده از اطلاعات بهنگام از نقاط دیدنی، وضعیت حمل‌ونقلی و سایر ملاحظات در یک مقصد گردشگری و همچنین، مشخصات کاربر و علائق گردشگر، یک برنامه سفر گردش یک‌روزه یا چندروزه در آن مقصد برای گردشگر برنامه‌ریزی می‌شود. در این برنامه سفر گردش پیشنهادی، از بین همه جاذبه‌های گردشگری موجود در یک مقصد، نقاط دیدنی منتخب و مسیر و زمان‌بندی بازدید آن‌ها طوری تعیین می‌شود که در عین رعایت محدودیت‌ها، بر اساس امتیاز و جذابیت نقاط ازنظر کاربر، بیشترین امتیاز بازدید (و بیشترین رضایت گردشگر) کسب گردد. هدف اصلی این پژوهش آن است که برای مسئله طراحی سفر گردشگر از یک مدل واقع‌گرایانه استفاده کند و الگوریتم حل کاربردی پیشنهاد دهد. بنابراین، سؤالات پژوهش عبارت‌اند از؛ آیا می‌توان مدل توسعه‌یافته‌ای از مسئله جهت‌یابی ساده به کار گرفته شود که ملاحظات بیشتری از مسئله طراحی سفر گردشگر را لحاظ کند؟ آیا می‌توان برای این مدل، الگوریتم حل کارا و کاربردی ارائه داد و عملکرد آن را ارزیابی کرد؟

محققین مختلف از دیدگاه‌های متفاوتی، برنامه‌ریزی سفر گردشگر را مورد بررسی قرار داده‌اند. گروهی از پژوهش‌ها به شناسایی و تعیین مسیر گردشگری در یک محدوده مطالعاتی با تحلیل فضای گردشگری محدوده مطالعاتی و استفاده ترکیبی از قابلیت‌های نرم‌افزار GIS و تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره پرداخته است. از آن جمله، می‌توان به جواهری (۲۰۰۱) برای محدوده مرکزی شهر تهران و کمانداری و مستوفی‌الممالکی (۱۳۹۴) برای شهر کرمان اشاره کرد. در تحقیق اول، از معیارهای دسترسی به جاذبه‌های گردشگری و هتل، زیبایی و کیفیت بصری مسیر، ایمنی معابر مسیر و نرخ دسترسی مسیر استفاده‌شده است. در تحقیق دوم، با در نظرگیری معیارهایی نظیر مسافت طی شده، پوشش جاذبه‌ها، حمل‌ونقل همگانی و حمل‌ونقل غیر موتوری، مناطق جرم خیز، محدوده مسیرهای حدفاصل میدان ارگ تا سه‌راه شمال جنوبی و حدفاصل میدان مشتاقیه به‌عنوان مسیرهای ویژه گردشگری تعریف‌شده است. گروه دیگر از پژوهش‌ها، در

1. Points Of Interests
2. Mobile Applications

مدل‌سازی و ارائه برنامه سفر شخصی گردشگر از مسئله جهت‌یابی استفاده کرده‌اند. اولین بار، مسئله جهت‌یابی (OP)[1] توسط تسیلی گرایدس از روی یک بازی به همین نام، معرفی‌شده است (Tsiligirides,1984). هدف مسئله عبارت است از پیدا کردن یک مسیر از مبدأ s به مقصد t با حداکثر مدت‌زمان B (بودجه زمانی) به‌طوری‌که کل سود نقاط بازدید شده بیشینه گردد (Divsalar et al,2014:29). OP گردش یک‌روزه را طراحی می‌کند. اگر گردش برای بیش از یک روز مدنظر باشد، مسئله باید به‌صورت مسئله جهت‌یابی گروهی (TOP)[2] مدل شود (Vansteenwegen et al,2011:3281). مسئله جهت‌یابی گروهی را می‌توان مسئله جهت‌یابی چندروزه یا مسئله جهت‌یابی چند خودرویی، نیز نامید. این مسئله، اولین بار توسط چااو و همکاران تعریف‌شده است (Chao et al,1996). در مسئله جهت‌یابی با پنجره‌های زمانی (OPTW)[3]، بازه زمانی مجاز جهت بازدید از یک گره خاص توسط محدودیت پنجره زمانی نشان داده می‌شود. بدین ترتیب که به هر گره، یک پنجره زمانی تخصیص داده می‌شود و بازدید از آن گره فقط می‌تواند در این پنجره زمانی انجام شود (Gunawan et al,2016:9). مسئله جهت‌یابی با انتخاب هتل (OPHS)[4] اولین بار توسط دیوسالار و همکاران معرفی‌شده است. در این مسئله، هر سفر ازنظر طول محدودشده است و نقطه شروع و پایان آن، یکی از هتل‌ها است البته هتل‌ها سودی ندارد. هدف مسئله عبارت است از تعیین تعدادی ثابت از سفرهای پیوسته به‌طوری‌که چند گره بازدید شود و مجموع سودهای کسب‌شده حداکثر گردد (Divsalar et al,2013). در OP، زمان سفر بین دو گره، مقداری ثابت و ایستا فرض می‌شود اما در واقع، در بسیاری از موقعیت‌های عملی، زمان سفر به شرایط شبکه (نظیر سطح ازدحام و تراکم ترافیک در شبکه معابر و برنامه زمانی و زمان انتظار در شبکه حمل‌ونقل همگانی) وابسته است (Garcia et al,2013:759). اگر در OP، زمان سفر بین دو گره متغیر و پویا باشد و به ساعت روز[5] و زمان اعزام از گره شروع وابسته باشد، به آن، مسئله جهت‌یابی وابسته به زمان (TDOP) گفته می‌شود (Verbeeck et al,2014a:2). اولین بار، OP وابسته زمانی (TDOP) توسط فرمین و لینگاس معرفی شد (Fomin & Lingas,2002). اما روش حلی برای نمونه‌های واقعی و عملی ارائه نشد. همچنین، یک مدل ترکیبی برنامه‌ریزی عدد صحیح برای TDOP توسط لی[6] و همکاران (۲۰۱۰) و وربیک[7] و همکاران (۲۰۱۴b) ارائه‌شده است. لی و همکاران یک روش حل دقیق توسعه دادند و وربیک و همکاران، الگوریتم پیشنهادی را روی نمونه‌هایی دارای گراف کامل و زمان سفر کمان‌های رده‌بندی‌شده آزمایش کردند. روش‌های حل مختلفی برای TDTOP توسط لی (۲۰۱۱)، گاوالاس[8] و همکاران (۲۰۱۵–۲۰۱۴) پیشنهادشده است. لی (۲۰۱۱) یک الگوریتم مشابه لی و همکاران (۲۰۱۰) ارائه داده است. گاوالاس و همکاران (۲۰۱۴) و گاوالاس و همکاران (۲۰۱۵) روش‌های ابتکاری متنوعی مبتنی بر خوشه ارائه دادند و آن‌ها را بر روی نمونه‌های تولیدشده از کلان‌شهر آتن آزمایش کردند. در TDOPTW هر دو ویژگی وابستگی زمانی زمان سفر کمان‌ها و محدودیت‌های پنجره زمانی نقاط به مسئله کلاسیک جهت‌یابی اضافه‌شده است. عباس پور و صمدزادگان (۲۰۱۱) و وربیک و همکاران (۲۰۱۷) رویکرد حلی برای این مسئله ارائه کرده‌اند. در تحقیق اول، از الگوریتم تعیین کوتاه‌ترین مسیر چند مدی و الگوریتم ژنتیک استفاده‌شده است و نمونه موردی آن، پایگاه داده واقعی از کلان‌شهر تهران است. در تحقیق دوم، بر مبنای روش کلونی مورچگان همراه با مرحله پیش‌پردازش، یک روش مؤثر و کارا ارائه‌شده است. نمونه موردی این تحقیق، پایگاه داده واقعی از یک شبکه معابر بزرگ است که در آن پروفیل زمانی زمان سفرها در دسترس است. زنکار و همکاران، بدون ارائه الگوریتم حل، TDTOPTW را تبیین می‌کنند. آن‌ها یک برنامک همراه (ROSE) توسعه دادند که توصیه‌ها، تولید مسیر و هدایت مسیر را برای راهنمای گردشگر پیاده برای دسترسی به نقاط از طریق حمل‌ونقل همگانی ارائه می‌دهد (Zenkar & Ludwig,2009). اولین بار، گارسیا[9] و همکاران

1. Orienteering Problem
2. Team Orienteering Problem
3. Orienteering Problem with Time Windows
4. Orienteering Problem with Hotel Selection
5. Hour of Day
6. Li
7. Verbeeck
8. Gavalas
9. Garcia

(۲۰۱۳-۲۰۰۹) روش حلی برای TDTOPTW طراحی کردند و بروی یک نمونه شهری واقعی ارزیابی کردند. در تحقیق اول، ابتدا TDTOPTW به‌صورت TOPTW بر اساس متوسط زمان سفرها حل می‌شود. سپس، جواب به‌دست‌آمده، در یک فرایند اصلاحی، بر اساس زمان سفرهای واقعی کنترل می‌شود و برای تأمین شرایط امکان‌پذیری، برخی نقاط مشمول، حذف می‌گردد. در تحقیق دوم، یک روش ابتکاری بر مبنای جستجوی محلی تکرارشونده [1](ILS) ارائه‌شده است که در آن جواب نزدیک به بهینه[2] در چندین ثانیه تعیین می‌گردد. در تحقیق اخیر، مد پیاده یا مد حمل‌ونقل همگانی با برنامه زمانی معین، گزینه‌های قابل انتخاب توسط گردشگر هستند. زمان انتظار برای سرویس همگانی به زمان رسیدن به ایستگاه وابسته است. بنابراین، زمان سفر بین نقاط به لحظه اعزام از نقطه شروع و مد حمل‌ونقلی وابسته است. پنگ و همکاران، مسئله زمان‌بندی ماهواره چابک مشاهده زمین[3] را در قالب یک TDOPTW با نمره وابسته به زمان، موردبررسی قراردادند. در این مورد، نمره کسب‌شده به لحظه شروع مشاهده و عکس‌برداری بستگی دارد. آن‌ها یک برنامه‌ریزی پویای دو جهتِ بر مبنای الگوریتم جستجوی محلی تکرارشونده پیشنهاد دادند و نشان دادند که روش پیشنهادی از عملکرد خوبی برخوردار است (Peng et al,2019). در این مقاله، از جنبه مدل‌سازی واقع‌گرایانه، در این مقاله، توسعه‌ای از مسئله جهت‌یابی کلاسیک به نام مسئله جهت‌یابی دارای پنجره زمانی و وابستگی زمانی (TDOPTW) به کار گرفته‌شده است. همچنین، از جنبه الگوریتم حل کاربردی، با به‌کارگیری حرکت‌های[4] درج[5]، تعویض[6] و جابجایی[7] در فرایند جستجوی محلی تکرارشونده (ILS)، روش حلی برای این مسئله معرفی‌شده است. الگوریتم جستجوی محلی تکرارشونده یکی از پرکاربردترین الگوریتم‌های فرا ابتکاری است که در حل مسئله‌های مسیریابی استفاده‌شده است و بر اساس ادبیات موضوع، روش حل موفقی در دستیابی به جواب‌های باکیفیت (و در زمان کوتاه) برای این‌گونه مسئله‌ها به شمار می‌آید. به‌علاوه، در این مقاله، برای ارزیابی عملکرد روش حل پیشنهادی، روش مذکور بر روی شهر شیراز (مطالعه موردی) اجراشده است که نتایج آن نشان می‌دهد که الگوریتم پیشنهادی در زمان محاسباتی کم، جواب‌های باکیفیت بالا پیشنهاد می‌دهد و درنتیجه، برای استفاده در وب‌سایت‌ها و نرم‌افزارهای موبایلی، بسیار مطلوب و کاربردی است. این‌گونه وب‌سایت‌ها و برنامک‌های همراه، به گردشگران برای برنامه‌ریزی مناسب سفر شخصی‌سازی‌شده برای بازدید از یک شهر و مقصد گردشگری کمک شایانی می‌کند.

## مبانی نظری

پژوهش‌های مرتبط با برنامه‌ریزی سفر گردشگر در یک مقصد گردشگری را می‌توان در دو گروه کلی تقسیم‌بندی نمود. در گروه اول، باهدف رتبه‌بندی کریدورهای پیشنهادی، ابتدا، چندین مسیر و کریدور پیشنهادی برای گردشگری در یک محدوده مطالعاتی در نظر گرفته می‌شود. در گام بعد، با نظرسنجی، معیارهای رتبه‌بندی و وزن نسبی آن‌ها مشخص می‌گردد. سپس، با واردکردن مقدار این معیارها به‌صورت لایه‌های تحلیلی در نرم‌افزار و استفاده از قابلیت تحلیل شبکه‌ای آن، امتیاز هر مسیر به ازای هر معیار تعیین می‌گردد. در ادامه، با استفاده از روش‌هایی نظیر AHP و TOPSIS (و تلفیق امتیاز مسیرها به ازای هر معیار و وزن معیارها)، امتیاز کل هر مسیر محاسبه می‌شود. درنهایت، کریدورها و مسیرهای پیشنهادی بر اساس امتیاز کل، رتبه‌بندی می‌شوند. درنتیجه چنین مطالعاتی، در یک محدوده مطالعاتی، یک کریدور به‌عنوان بهترین مسیر گردشگری تعیین می‌گردد. گروه دوم مربوط به حوزه پژوهش عملیاتی یا تحقیق در عملیات [8](OR) است. این علم، شاخه‌ای میان‌رشته‌ای از علوم است که برای کمک به تصمیم‌گیری بهتر، از روش‌ها، مدل‌ها و تکنیک‌های کمی استنتاج شده از ریاضیات و آمار و سایر علوم استفاده می‌کند. در پژوهش عملیاتی، انواع چالش‌های

1. Iterated Local Search
2. Near-Optimal Solution
3. Agile Earth Observation Satellite Scheduling Problem
4. Move
5. Insert
6. Replace
7. Swap
8. Operations Research

دنیای واقعی و هرگونه مسئله‌ای که نیازمند تصمیم‌گیری است به‌صورت مسئله‌های بهینه‌سازی (بیشینه‌سازی یا کمینه‌سازی) به کمک روابط ریاضی مدل می‌شود (که به آن مدل ریاضی اطلاق می‌گردد) و با استفاده از انواع الگوریتم‌های حل، نقطه بهینه (جواب مسئله) تعیین می‌گردد (مهرگان،۱۳۸۴: ۱۶). منظور از حل یک مسئله بهینه‌سازی، یافتن بهترین جواب از بین فضای جواب (یعنی مجموعه همه جواب‌های امکان‌پذیر) است. به‌طورکلی، روش‌های حل مسئله‌های بهینه‌سازی را می‌توان در سه دسته؛ روش‌های دقیق، روش‌های تقریبی (شامل روش‌های ابتکاری) و روش‌های فرا ابتکاری تقسیم‌بندی کرد. در مسئله‌های با پیچیدگی محاسباتی بالا، الگوریتم‌های حل دقیق (نظیر روش‌های شاخه و کران[1] و شاخه و برش) فقط در نمونه‌های کوچک، قابل‌استفاده است که البته بسیار زمان‌بر هستند. بنابراین، برای کاربردهای عملی، استفاده از الگوریتم‌های حل تقریبی (ابتکاری‌ها) و فرا ابتکاری‌ها ضروری است (Golden et al,1987:307). چالشِ تعیین و پیشنهاد برنامه سفر شخصی گردشگر را مسئله طراحی سفر گردشگر (TTDP)[2] می‌نامند که در آن ملاحظات مختلفی نظیر مدت‌زمان موردنظر برای بازدید هر POI، روزها و ساعت‌های بازدید هر POI، زمان سفر بین POI ها، محدوده زمانی مناسب و میزان علاقه (ارزش و امتیاز) هر POI در نظر گرفته می‌شود. در حوزه پژوهش عملیاتی، برای مدل‌سازی و حل کردن TTDP از مسئله جهت‌یابی (OP) استفاده‌شده است (Gavalas et al,2014:3). مسئله جهت‌یابی ترکیبی از انتخاب گره و تعیین کوتاه‌ترین مسیر بین گره‌های منتخب است. این مسئله بر روی گرافی تعریف می‌شود که گره‌های آن، نماینده نقاط گردشگری و کمان‌های آن، نماینده اتصال بین دو گره با وزن معادل زمان سفر است. در این مورد، نمره و امتیاز هر نقطه نشان‌دهنده میزان علاقه شخص گردشگر برای بازدید از آن است. هدف از OP عبارت است از انتخاب مجموعه‌ای از گره‌ها برای بازدید و همچنین، تعیین مسیر، زمان‌بندی و ترتیب بازدیدها (و درمجموع، برنامه سفر گردشگر)، به‌طوری‌که کل امتیاز کسب‌شده (یا رضایت گردشگر) بیشینه گردد و محدودیت حداکثر کل زمان سفر (بودجه زمانی گردش) رعایت شود. در این مسئله، به دلیل بودجه زمانی[3] محدود، همه گره‌های در دسترس را نمی‌توان بازدید کرد (Gunawan et al,2016:2). در مسئله جهت‌یابی ساده و کلاسیک (OP)، بازه فعالیت نقاط گردشگری محدود نیست و زمان سفر معابر در طول روز، ثابت است. یک توسعه پیشرفته از OP، مسئله جهت‌یابی با پنجره زمانی و وابستگی زمانی (TDOPTW) است که در آن، دو چالش واقعی که گردشگر در برنامه‌ریزی سفر با آن مواجه است یعنی پنجره زمانی و وابستگی زمانی به مسئله کلاسیک جهت‌یابی اضافه‌شده است. ویژگی پنجره زمانی جاذبه‌های گردشگری نشان‌دهنده آن است که این نقاط دارای بازه زمانی بازدید محدود هستند و به‌طور ۲۴ ساعته فعال و قابل بازدید نیستند. در این توسعه، محدودیت پنجره زمانی بازدید نقاط به مسئله و مدل ریاضی آن افزوده می‌شود، بدین ترتیب که به هر نقطه، یک پنجره زمانی (شامل لحظه بازگشایی و شروع فعالیت و لحظه بسته شدن و پایان فعالیت) تخصیص داده می‌شود و بازدید از آن نقطه فقط می‌تواند در این پنجره زمانی انجام گیرد. ویژگی وابستگی زمانی مسئله نشان‌دهنده آن است که زمان سفر در شبکه معابر در طول روز، ثابت نیست، بلکه متغیر و تابعی از ساعت روز است. در این توسعه، در نظرگیری تغییرات زمان سفر معابر در دوره‌های اوج و غیر اوج، امکان مواجهه با ملاحظات تراکم ترافیکی را در برنامه‌ریزی سفر گردشگر فراهم می‌آورد (Yu et al,2017:1023). بنابراین، در نظرگیری این دو ویژگی در مسئله جهت‌یابی، مسئله و مدل ریاضی را به واقعیت نزدیک‌تر می‌کند. در مقایسه با گروه اول پژوهش‌ها، پژوهش‌های مبتنی بر مسئله جهت‌یابی، قابلیت تولید و طراحی برنامه گردش با در نظرگیری ملاحظات و محدودیت‌های زمانی گردشگر و نقاط جاذبه را داراست. برنامه گردش موردنظر این گروه از پژوهش‌ها شامل تعیین چندین جاذبه گردشگری منتخب از بین همه نقاط دیدنی در یک مقصد گردشگری، تعیین مسیر و ترتیب بازدید آن‌ها و ارائه برنامه زمانی این سفر گردشگری است که بر اساس سلایق و ملاحظات گردشگر، شخصی‌سازی‌شده است. دو ویژگی اصلی روش‌های پیشنهادی در پژوهش‌های گروه دوم یعنی قابلیت شخصی‌سازی برنامه سفر (شامل مسیر و زمان‌بندی) برای گردشگران مختلف و همچنین، ارائه نتایج (برنامه‌ریزی سفر در یک مقصد گردشگری) در زمان کوتاه

1. Branch-and-Bound
2. Tourist Trip Design Problem
3. Time budget

محاسباتی، پتانسیل به‌کارگیری این‌گونه روش‌ها را در قالب وب‌سایت‌ها و برنامک‌های همراه را فراهم می‌سازد. در حوزه پژوهش‌های گروه دوم، توسعه نسخه‌های مختلف مسئله جهت‌یابی ساده (کلاسیک) جهت دستیابی به مدل واقع‌گرایانه‌تر و ارائه روش‌های حل کاربردی‌تر (کیفیت جواب بیشتر و زمان محاسباتی کمتر) مورد تمرکز و توجه پژوهشگران قرارگرفته است.

## روش پژوهش

این تحقیق ازنظر روش، توصیفی ـ تحلیلی و ازنظر هدف، توسعه‌ای است و مشابه رویکرد گروه دوم پژوهش‌های مذکور در مبانی نظری، از دیدگاهِ پژوهش عملیاتی، با چالشِ برنامه‌ریزی سفر شخصی گردشگر به‌عنوان یک مسئله بهینه‌سازی مواجه شده است. پژوهش حاضر با توسعه OP به TDOPTW، محدودیت زمانی فعالیت نقاط گردشگری و تغییرات زمان سفر معابر شبکه خیابانی در دوره‌های اوج و غیر اوج، را در مدل‌سازی مسئله لحاظ می‌کند و برای حل آن، الگوریتم حل فرا ابتکاری ارائه دهد. در واقع، الگوریتم حل پیشنهادی این پژوهش، ابزاری در اختیار گردشگر می‌گذارد که با اعمال نظرات خود بر روی آن دسته از پارامترهای ورودی مسئله که مربوط به ملاحظات گردشگر است، برنامه گردش (شامل توالی و زمان‌بندی بازدیدها) در یک مقصد گردشگری را به‌صورت شخصی‌سازی‌شده و بر اساس اطلاعات بهنگام از مشخصات نقاط دیدنی و وضعیت حمل‌ونقلی و ترافیکی آن مقصد گردشگری بهینه نماید. این ابزار پیشنهادی ازنظر قلمروی مکانی، بر روی همه مقاصد گردشگری (نظیر یک شهر یا منطقه) قابل‌اجرا است. برای ارزیابی عملکرد الگوریتم پیشنهادی ازنظر کیفیت جواب‌ها و زمان حل، نیاز است تا الگوریتم مذکور برای یک مطالعه موردی اجرا شود و نتایج آن، تحلیل گردد. در این مقاله، شهر شیراز به‌عنوان مطالعه موردی (مثالی از یک مقصد گردشگری) در نظر گرفته‌شده است. داده‌های موردنیاز (اطلاعات ورودیِ الگوریتم پیشنهادی) را می‌توان به سه دسته کلی تقسیم کرد؛ مشخصات نقاط دیدنی (شامل موقعیت مکانی، بازه فعالیت، زمان موردنیاز بازدید و امتیاز بازدید)، اطلاعات شبکه معابر (شامل زمان سفر در شبکه معابر بین هر زوج مبدأ – مقصد در هر برش زمانی) و ملاحظات گردشگر (شامل بودجه زمانی گردش و امتیاز نقاط دیدنی).در مورد شهر شیراز، مشخصات نقاط دیدنی به روش مطالعات کتابخانه‌ای و از طریق پیمایش وب‌سایت‌های گردشگری و مرتبط به‌دست‌آمده است. همچنین، اطلاعات شبکه معابر از طریق مطالعات میدانی و به شیوه مشاهده غیرمستقیم با کمک یک برنامه جانبی (به زبان برنامه‌نویسی پایتون) از اطلاعات برخط[1] (واقعی) وب‌سایت "نشان[2]" در تاریخ ۱۳۹۸/۱۲/۴ از ۶ صبح تا ۱۰ شب در فواصل زمانی پانزده‌دقیقه‌ای، قرائت و ذخیره گردیده است. در ضمن، ملاحظات گردشگر با استفاده از محاسبات ساده و به‌صورت مقادیر فرضی در نظر گرفته‌شده است. لازم به ذکر است که نمره و امتیاز نقاط دیدنی به سلیقه گردشگران بستگی دارد و نحوه برآورد آن‌ها در حیطه این پژوهش نیست. بنابراین، درمجموع، در موردمطالعه موردی این مقاله می‌توان بیان داشت که قلمروی مکانی، شهر شیراز و قلمروی زمانی، ۶ صبح تا ۱۰ شب مورخ ۱۳۹۸/۱۲/۴ است و نمونه‌گیری آن به‌صورت هدفمند از بین نقاط دیدنی شهر شیراز و از طریق مشاوره با خبرگان و پیمایش وب‌سایت‌های گردشگری انجام‌شده است. جزییات نحوه گرداوری اطلاعات موردنیاز و نحوه تهیه پایگاه اطلاعاتی در بخش مطالعه موردی مقاله ارائه‌شده است. در ادامه این بخش از مقاله، ابتدا مسئله موردنظر پژوهش حاضر جهت برنامه‌ریزی سفر شخصی گردشگر به‌صورت مسئله جهت‌یابی دارای پنجره‌های زمانی و وابستگی زمانی (TDOPTW) و سپس، الگوریتم حل پیشنهادی تشریح می‌گردد.

## مسئله بهینه‌سازی

در این مسئله، یک گراف کامل با N گره و V کمان در نظر گرفته می‌شود به‌طوری‌که ازیک‌طرف، گره‌ها، مدت بازدید ثابت و بازه زمانی مجاز بازدید دارند و به‌جز گره‌های شروع و پایان، سایر گره‌ها دارای نمره[3] هستند که در صورت بازدید

1. Online Information
2. https://developers.neshan.org/
3. Score

هر گره، نمره مربوطه، کسب می‌شود و از طرف دیگر، کمان‌ها دارای زمان سفر وابسته زمانی هستند. هدف مسئله تعیین یک مسیر پیوسته از گره ۱ (گره شروع) به گره $n$ (گره پایان) است که با در نظرگیری محدودیت‌های پنجره زمانی گره‌ها و محدودیت بودجه زمانی گردش، یک زیرمجموعه از گره‌ها را طوری بازدید نماید که کل نمره جمع‌آوری‌شده بیشینه گردد. در این مسئله فرض شده است که نمره گره‌های بازدید شده را می‌توان باهم جمع کرد و به‌جز گره‌های شروع و پایان، هر گره حداکثر یک‌بار می‌تواند بازدید شود. بر اساس ویژگی پنجره زمانی گره‌ها در این مسئله، برای هر گره، یک پنجره زمانی (معادل بازه کاری آن) لحاظ می‌گردد. در این حالت، زودتر رسیدن به گره، منجر به تحمیل مدت انتظار و دیرتر رسیدن به گره، منجر به امکان‌ناپذیری بازدید، برای گردشگر می‌گردد. در حالت کلی، لحظه رسیدن به یک گره برابر است با مجموع لحظه اعزام از گره پیشین و زمان سفر بین دو گره. به‌منظور مدل کردن وضعیت ترافیک، زمان‌های جابجایی بین گره‌ها به‌صورت وابسته به زمان اعزام در نظر گرفته‌شده است. بر اساس این ویژگی، زمان سفر کمان‌ها در این مسئله، در بازه روزانه گردش، به k برش زمانی[1] تقسیم می‌شود و به ازای هر کمان، زمان سفر در هر برش زمانی دارای یک مقدار ثابت اما متفاوت با مقدار آن در سایر برش‌های زمانی است. به‌عنوان‌مثال، برای جابجایی از نقطه i به نقطه j، بر اساس لحظه اعزام، k مقدار مختلف می‌تواند وجود داشته باشد. بنابراین، زمان سفر کمان ($tt_{ijk}$) تابعی گسسته از برش زمانی است که در آن، برش زمانی بر اساس لحظه اعزام از گره تعیین می‌شود.

## روش حل مسئله

گلدن و همکاران ثابت کردند که OP، ازنظر پیچیدگی محاسباتی، یک مسئله اِن پی- سخت[2] است. بنابراین برای حل بهینه این مسئله، الگوریتم‌های حل فرا ابتکاری‌ها به‌کارگیری می‌شود چراکه در چنین مسئله‌هایی با پیچیدگی محاسباتی بالا، یافتن جواب بهینه با استفاده از الگوریتم‌های حل دقیق، بسیار زمان‌بر و فقط در شبکه‌های دارای تعداد کم گره امکان‌پذیر است (Golden et al,1987). در این مقاله از الگوریتم جستجوی محلی تکرارشونده (ILS) به‌عنوان روش حل مسئله استفاده‌شده است. ILS یک روش حل فرا ابتکاری است که در آن، ساخت جواب‌ها تکرار می‌شود. این جواب‌ها توسط یک روش ابتکاری استفاده‌شده در آن به نام جستجوی محلی (LS)[3] تولید می‌شود. در ILS، جستجوی محلی از یک جواب اولیه ($S_0$) آغاز می‌شود و سپس در فضای جواب و در همسایگی جواب اولیه (با استفاده از تغییرات محدود) جواب جدید را ایجاد (کشف) می‌کند و از بین جواب اولیه و جواب جدید، بهترین جواب ($S^*$) را به‌عنوان جواب شروع برای جستجوی محلی در تکرار بعدی در نظر می‌گیرد. این روند تا زمانی که شرط توقف تأمین شود، تکرار می‌شود. درنهایت، آخرین بهترین جواب به‌عنوان جواب نهایی انتخاب می‌شود. ساختار کلی الگوریتم ILS، شبه کد الگوریتم ILS پیشنهادی این پژوهش نمایش داده‌شده است. الگوریتم پیشنهادی با "مرحله آماده‌سازی[4]" آغاز می‌گردد. سپس، "مرحله بهبود[5]" اجرا می‌شود که در گام اول، گره‌های بازدید شده در گردش جاری (جواب فعلی) را تکان[6] می‌دهد و در گام دوم، جستجوی محلی (LS) بکار گرفته می‌شود. در این گام از انواع مختلف حرکت جستجوی محلی (LSM)[7] استفاده می‌شود. پس‌ازآن، در "مرحله باز مرکز یابی[8]"، جوابی که برای شروع تکرار بعدی استفاده می‌شود، انتخاب می‌گردد. تعداد تکرار متوالی بدون تغییرِ بهترین جواب فعلی، توسط معیار Max NoImprovement به‌عنوان شرط توقف، محدود می‌شود. در ادامه این بخش، هر یک از مراحل فوق با جزییات بیشتری توضیح داده می‌شود.

## مرحله آماده‌سازی

این مرحله شامل دو گام است. در گام اول، به همه پارامترهای مرحله تکان، مقدار اولیه یک اختصاص داده می‌شود. در

1. Time Slot
2. NP-Hard
3. Local Search
4. Initialization Phase
5. Improvement Phase
6. Shake
7. Local Search Move
8. Recentering Phase

گام دوم، الگوریتم Generate Initial Tour اجرا می‌شود. این الگوریتم با ساخت یک گردش خالی که فقط شامل گره شروع و پایان است، آغاز می‌شود (Generate Empty Tour) و سپس، باحالت بهترین بهبود نمره گردش، تا حد امکان، یک‌به‌یک، گره جدید به قبل از گره پایان در گردش اضافه می‌کند (New Add). درنهایت، یک‌بار، حرکت‌های درج، جابجایی و تعویض اجرا می‌شود تا ساخت گردش اولیه ($S_0$) کامل شود. جزییات حرکت‌های مزبور در بخش‌های آتی مقاله ارائه می‌شود. در این مرحله، ساخت یک جواب اولیه باکیفیت مناسب موردنظر است و در مراحل بعدی الگوریتم، این جواب بهبود می‌یابد. بنابراین، به‌منظور کاهش زمان محاسباتی الگوریتم، در این مرحله از تکرار حرکت‌ها پرهیز شده است. در شبه کد ۲ بهترین گردش فعلی با *S نمایش داده‌شده است. در پایان مرحله آماده‌سازی، گردش اولیه به *S اختصاص داده می‌شود و در مرحله باز مرکز یابی، گردش جدید با بهترین گردش فعلی مقایسه می‌شود و از بین این دو، گردش مطلوب‌تر به‌عنوان بهترین گردش امکان‌پذیر جدید انتخاب می‌شود و تکرار بعدی الگوریتم با این گردش شروع می‌شود.

## مرحله تکان[1]

در جستجوی فضای جواب، برای فرار از جواب بهینه محلی، ILS از مرحله تکان استفاده می‌کند. در این پژوهش از روش پیشنهادی ونستین ویگن و همکاران (۲۰۰۹) برای این مرحله استفاده‌شده است. در این روش، یک یا چند گره مشمول از گردش جاری، حذف می‌شود. این نوع تکان دارای دو پارامتر ورودی است. اولی، موقعیت اولین گره حذفی ($POS_{shake}$) و دومی، تعداد گره مشمول متوالی حذفی ($N_{shake}$) را در گردش جاری مشخص می‌کند. در انتهای هر تکرار، مقادیر این دو پارامتر برای استفاده در تکرار بعدی، بهنگام می‌شود. بدین ترتیب که $N_{shake}$ به‌اندازه یک واحد و $POS_{shake}$ به‌اندازه $N_{shake}$ واحد، افزایش می‌یابد. برای محدود کردن کران بالای مقادیر این پارامترها، سه شرط لحاظ شده است. اگر اندازه بهترین گردش جاری (Best Tour Size)، مساوی یا کوچک‌تر از Size Smallest Tour گردد، مقدار یک به هر دو پارامتر تخصیص داده می‌شود. اگر مقدار $POS_{shake}$، مساوی یا بزرگ‌تر از "اندازه بهترین گردش جاری منهای یک" گردد، مقدار یک به پارامتر $POS_{shake}$ تخصیص داده می‌شود. اگر مقدار $N_{shake}$، بزرگ‌تر از "اندازه بهترین گردش جاری تقسیم‌بر Nseg" گردد، مقدار یک به پارامتر $N_{shake}$ تخصیص داده می‌شود. برای دسترسی به جزییات بیشتر، می‌توان به مقاله مربوطه مراجعه کرد.

## مرحله جستجوی محلی

در ILS پیشنهادی این پژوهش، سه حرکت برای مرحله جستجوی محلی استفاده‌شده است. شبه کد LS را نشان می‌دهد. در مرحله جستجوی محلی، حلقه‌ای تعریف‌شده است که تا هنگامی‌که جواب بهبود می‌یابد، تکرارهای متوالی ادامه دارد. حرکت درج سعی می‌کند که یک گره جدید (غیرمشمول) به گردش جاری اضافه کند. حرکت جابجایی سعی می‌کند که موقعیت دو گره مشمول در گردش جاری را با یکدیگر تبادل کند. حرکت تعویض سعی می‌کند که یک گره مشمول در گردش جاری را با یک گره غیرمشمول جایگزین کند. حرکت‌های درج و تعویض باهدف افزایش نمره گردش و باحالت بهترین بهبود و حرکت جابجایی باهدف کاهش زمان سفر گردش و باحالت اولین بهبود انجام می‌شود. که در آن‌ها، pos، یک موقعیت در گردش جاری، $tt_{ijk}$، زمان سفر از i به j در برش زمانی k و at، wt، svt و dt، به ترتیب لحظه رسیدن، مدت انتظار، لحظه شروع بازدید و لحظه اعزام برای یک گره مشمول است. بعد از اعمال هر حرکت بر روی گردش جاری لازم است که این پارامترهای زمانی برای گردش جاری دوباره محاسبه شود. درحرکت جابجایی، از بین دو موقعیت در یک گردش (pos1 و pos2)، موقعیت نزدیک‌تر به گره شروع گردش، با پارامتر firstplace تعریف‌شده است. لازم به ذکر است که در یک حرکت با رویکرد بهترین بهبود نمره کل، از بین انواع ترکیب‌های امکان‌پذیر آن، ترکیبی که دارای بیشترین نرخ (ratio) است به‌عنوان بهترین ترکیب انتخاب می‌شود و بر روی گردش

1. Shake Phase

جاری اعمال می‌گردد. این پارامتر به‌صورت رابطه (۱) تعریف‌شده است.

$$ratio = dscore / dtime \quad (۱)$$

که در آن، dscore، تفاوت نمره بین دو گره یا تفاوت نمره یک گردش قبل و بعد از اجرای یک حرکت و dtime، تفاوت زمان سفر یک گردش قبل و بعد از اجرای یک حرکت است. در یک حرکت باهدف افزایش نمره گـردش، dscore، بایـد مثبت باشد و در یک حرکت باهدف کاهش زمان سفر گردش، dtime، باید منفی باشد. برای دسترسی به جزییات بیـشتر درباره این حرکت‌ها می‌توان به مقاله وربیک و همکاران (۲۰۱۷) مراجعه کرد.

**جدول شماره ۱. شبه کدهای مربوط به روش حل پیشنهادی**

```
Initialization:
 POS_shake ←-- 1;
 N_shake ←-- 1;
 NoImprovement ←-- 0;
 S_0 ←--GenerateInitialTour;
 S* ←-- BestTour (S_0);
Improvement:
While NoImprovement < MaxNoImprovement do
| Shake:
| S_1 ←-- Remove (S*, POS_shake, N_shake);
| Local Search:
| S_2 ←-- LS (S_1);
| Recenter or not:
| If S_2 is better than S* then
| |        Recenter S* ←-- S_2;
| |        NoImprovement ←-- 0;
| Else
| |        NoImprovement + 1;
| End
| POS_shake + N_shake;
| N_shake + 1;
| If BestTourSize <= SizeSmallestTour then
| |        POS_shake = 1;
| |        N_shake = 1;
| End
| If POS_shake >= BestTourSize -1 then
| |        POS_shake = 1;
| End
| If N_shake > (BestTourSize / Nseg) then
| |        N_shake = 1;
| End
Return S*
```

**۲. شبه کد جستجوی محلی تکرارشونده (ILS)**

```
S_0 = GenerateInitialSolution;
S* = LocalSearch (S_0);
While termination condition NOT met do
| S' = Perturbation (S*);
| S*' = LocalSearch (S');
| S* = AcceptanceCriterion (S*, S*');
```

**۱. ساختار کلی جستجوی محلی تکرارشونده (ILS)**

```
GenerateEmptyTour;
NewAdd;
Insert;
Swap;
Replace;
Return S0;
```

**۳. شبه کد الگوریتم GenerateInitialTour**

```
While (more improvement possible) do
| Insert;
| Swap;
| Replace;
Return S_2;
```

**٤. شبه کد الگوریتم جستجوی محلی (LS)**

```
For each pos in current tour:
| For each non included Node:
| | Determine (the best) possible Insert;
| | Calculate ratio;
Execute Insert with the highest ratio;
For included Node (exactly) before pos:
| Recalculate tt_ijk;
For each included Node at pos and after:
| Recalculate at, svt, wt, dt, k, tt_ijk;
```

**۵. شبه کد حرکت درج (Insert)**

```
For each pos in current tour:
| For each non included Node:
| | Determine (the best) possible Replace;
| | Calculate dscore and ratio;
Execute Replace with dscore < 0 and the highest ratio;
For included Node (exactly) before pos:
| Recalculate tt_ijk;
For each included Node at pos and after:
| Recalculate at, svt, wt, dt, k, tt_ijk;
```

**۷. شبه کد حرکت تعویض (Replace)**

```
For each included Node (pos1):
| For each included Node (pos2; pos2!= pos1):
| | Determine (the first) possible Swap;
| | Calculate dtime;
Execute Swap with dtime < 0;
Determine firstplace;
For included Node (exactly) before firstplace:
| Recalculate tt_ijk;
For each included Node at firstplace and after:
| Recalculate at, svt, wt, dt, k, tt_ijk;
```

**٦. شبه کد حرکت جابجایی (Swap)**

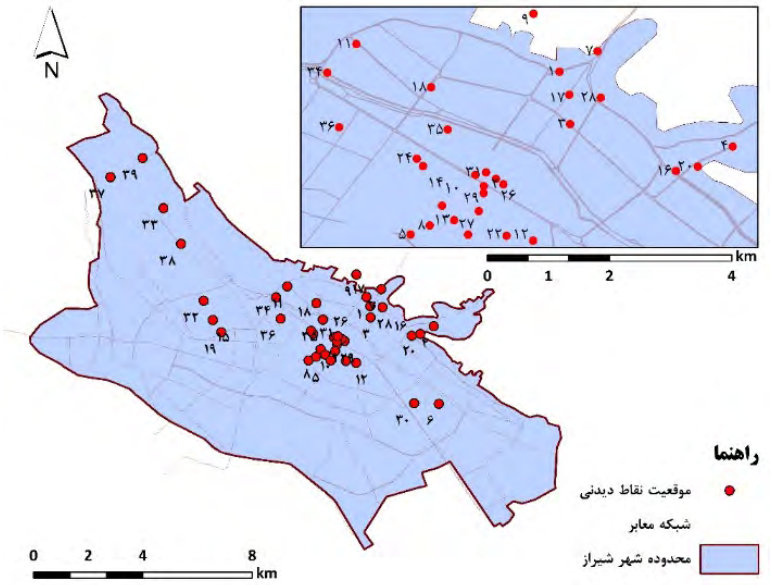
## محدوده مورد مطالعه

کلان‌شهر شیراز با وسعت تقریبی ۲۴۰ کیلومتر مترمربع و جمعیت تقریبی ۱/۶ میلیون نفر، باوجود جاذبه‌های گردشـگری فراوان و متنوع نظیر حافظیه، سعدیه، ارگ کریم‌خان، بازار وکیل نارنجستان قوام، باغ‌هـا و مـوزه‌هـا، یکـی از سـه قطـب

گردشگری ایران برای گردشگران داخلی و خارجی محسوب می‌شود. در مقایسه با شهرهای اصفهان و یـزد، گردشـگران، شهر شیراز را پاک‌تر و با آلودگی کمتر ارزیابی نمودند. همچنین، گردشگران خارجی معتقد بودند مردم شیراز، مهمان‌نوازتر و مهربان‌تر هستند (رزقی و همکاران، ۱۳۹۷: ۱۴۸). یافته‌های تحقیق در زمینه سـنجش رضـایت گردشـگران از کیفیـت خدمات هتلداری در این شهر نشان می‌دهد که در متغیر حمل‌ونقل و دسترسی‌ها، گویه "دسترسی به جاذبـه‌هـا" و گویـه "دسترسی به خدمات حمل‌ونقلی" به ترتیب، دارای عملکرد ۶۵ و ۵۹ درصدی است. همچنین، در متغیـر آمـوزش، گویـه "مفید بودن اطلاعات بروشورهای جاذبه‌ها" و گویه "دسترسی به افراد راهنمای جاذبه‌ها" به ترتیب، دارای عملکرد ۵۱ و ۵۲ درصدی است (زیاری و همکاران،۱۳۹۳: ۸ –۱۱). در پژوهش حاضر، کلان‌شهر شیراز به‌عنوان مطالعه موردی در نظر گرفته‌شده است. پایگاه اطلاعاتی موردنیاز را می‌توان به سه دسته کلی؛ مشخصات نقاط دیدنی، اطلاعات شـبکه معـابر و ملاحظات گردشگر تقسیم نمود. در ادامه، جزییات نحوه گرداوری اطلاعات موردنیاز و نحوه تهیه پایگاه اطلاعاتی تشریح می‌گردد.

## بحث و یافته‌ها

در مرحله اول، با بررسی‌های انجام‌گرفته در مورد شهر شیراز، ۴۴ نقطه به‌عنوان جاذبه‌هـای گردشـگری شـهر (POI) در نظر گرفته شد و مختصات آن‌ها (طول و عرض جغرافیایی) از گوگل مپ استخراج گردید. زمان سفر معابر شبکه در طول روز، بسته به حجم و تراکم ترافیک، متغیر است به‌طـوری در دوره‌هـای اوج، افـزایش و در دوره‌هـای غیـر اوج، کـاهش می‌یابد. برای در نظرگیری تغییرات زمان سفر کمان‌های شبکه در طول روز، بازه روز از ۶ صبح تا ۱۰ شب بـه ۶۵ بـرش زمانی با طول ۱۵ دقیقه، تقسیم شد و فرض گردید که در طی هر برش زمانی، زمان سفرها ثابت اسـت. بنـابراین، بـرای جمع‌آوری اطلاعات زمان سفر کمان‌های شبکه در طول روز، باید یک ماتریس زمان سفر با ابعاد ۴۴ در ۴۴ (شامل ۱۹۳۶ درایه)، ۶۵ بار به فواصل ۱۵ دقیقه‌ای در طول روز برداشت شـود. بـه‌عبـارت‌دیگـر، درمجمـوع، در طـول یـک روز، بایـد ۱۲۵۸۴۰ بار، زمان سفر ($tt_{ijk}$) قرائت گردد. این اطلاعات از طریق اطلاعات برخط وب‌سایت "نشان" به‌دست‌آمده اسـت. وب‌سایت و نرم‌افزار "نشان" متعلق به یک شرکت ایرانی است که با استفاده از پیشرفت‌های حوزه فناوری اطلاعات و از طریق تجزیه‌وتحلیل موقعیت زمانی ـ مکانی نمونه خودروها در سطح شبکه معـابر شـهری و جـاده‌هـای بـرون‌شـهری، اطلاعات دقیق و باکیفیتی نظیر زمان سفر معابر و مسیرها تولید می‌کند و در اختیار کاربران می‌گذارد. هر درخواست کاربر شامل موقعیت مبدأ و مقصد موردنظر و پاسخ آن شامل مسیر پیشنهادی و زمان سفر مربوطه در آن لحظـه اسـت. بـرای حجم بالایی از درخواست‌ها در یک‌لحظه (که در این پژوهش شامل ۱۹۳۶ درخواست در هر بار است)، ملاحظات دقـت و زمان‌بندی در خصوص ارسال درخواست‌ها و ثبت پاسخ‌ها از وب‌سایت مذکور، انجام ایـن مرحلـه را بـه‌صـورت دسـتی و اپراتوری عملاً ناممکن می‌سازد. لذا برای انجام این مرحله حساس و زمان‌بر، از یک برنامه جانبی (به زبان برنامـه‌نویـسی پایتون) استفاده‌شده است. برنامه مذکور، ابتدا، اطلاعات ورودی شامل تعداد نقاط، مختـصات جهـانی نقـاط، بـازه روزانـه قرائت و طول برش‌های زمانی را فراخوانی می‌کند. سپس، در کران پایین هر برش زمـانی، یـک مـاتریس شـامل ۱۹۳۶ درخواست ارسال می‌کند و پاسخ‌های دریافتی را در یک فایل متنی ذخیره می‌کند. این عمل در طول بازه روزانـه قرائـت، ۶۵ بار به فاصله ۱۵ دقیقه تکرار می‌شود. در مرحله دوم، با انجام کنترل‌ها و پردازش‌های موردنیاز بر روی‌داده‌های مرحله اول، پایگاه داده نهایی شامل ۳۸ نقطه گردشگری و یک هتل، تولید گردید که موقعیت آن‌ها در شهر شیراز در شکل ۱ و به‌عنوان نمونه، مشخصات برخـی از نقـاط، در جـدول۲ نمـایش داده‌شـده اسـت. مشخـصات نقـاط دیـدنی مـوردنظر از وب‌سایت‌های گردشگری استخراج گردید.




**شکل شماره۱. موقعیت و شماره هتل و نقاط گردشگری در شهر شیراز**

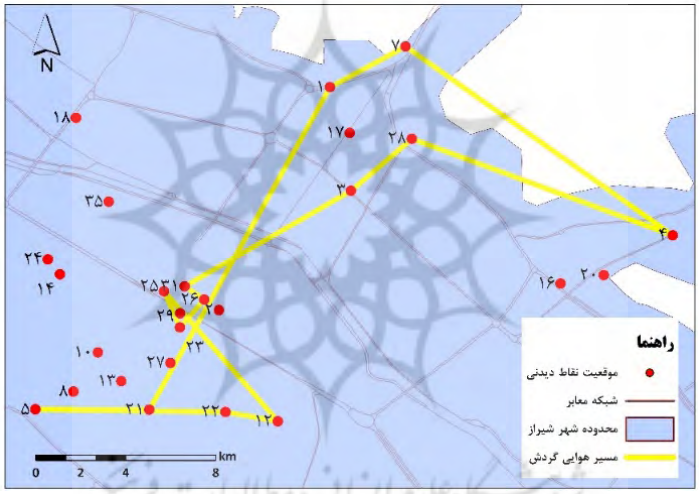
در این پژوهش، هتل رویال واقع در میدان ابوالکلام (نقطه شماره یک در حوالی دروازه قرآن) به‌عنوان محل اقامت گردشگر در نظر گرفته‌شده است. بنابراین، گردش روزانه از این هتل، شروع و به آن نیز ختم می‌شود. بازه فعالیت هتل، ۶ صبح تا ۱۰ شب و امتیاز آن، صفر است. برای سایر نقاط، ساعت شروع فعالیت بین ساعت‌های ۶ تا ۱۵، ساعت پایان فعالیت بین ساعت‌های ۱۵ تا ۲۳، مدت بازدید بین ۳۰ تا ۹۰ دقیقه و امتیاز بازدید نقاط بین ۱۰ تا ۳۰ است. همچنین، بودجه زمانی گردش (بازه روزانه گردش) برابر ۱۴ ساعت فرض شده است. در خصوص ملاحظات گردشگر، برای دستیابی به برآوردی از امتیاز نقاط دیدنی از دو پارامتر موجود در گوگل مپ استفاده شد؛ متوسط امتیاز و تعداد آرای ثبت‌شده از بازدیدکننده‌های قبلی. بدین ترتیب که حاصل‌ضرب این دو پارامتر، به روش "نرمال‌سازی کران‌دار برای پارامترهای مثبت" به مقادیر متناظر در بازه حدفاصل ۱۰ تا ۳۰ منتقل‌شده و به‌عنوان امتیاز نقاط لحاظ شده است. لازم به ذکر است که نمره و امتیاز نقاط گردشگری بسته به سلیقه افراد مختلف، متفاوت است و روش‌های متفاوتی برای برآورد آن‌ها تدوین‌شده است که در حیطه این پژوهش نیست و امتیاز نقاط دیدنی صرفاً به‌عنوان یکی از پارامترهای ورودی مسئله مورداستفاده قرارگرفته است.

**جدول شماره۲. نمونه‌ای از مشخصات نقاط گردشگری مطالعه موردی**

| شماره | نام نقطه گردشگری | لحظه شروع فعالیت (ساعت) | لحظه پایان فعالیت (ساعت) | مدت بازدید (دقیقه) | امتیاز |
|---|---|---|---|---|---|
| ۱ | هتل رویال | ۶ | ۲۲ | ۰ | ۰ |
| ۲ | سرای گمرک و آرامگاه عبدالله خفیف | ۹ | ۲۰ | ۵۰ | ۱۳ |
| ۳ | آرامگاه حافظ | ۸ | ۲۱/۷۵ | ۷۰ | ۳۰ |
| ۴ | آرامگاه سعدی | ۸ | ۲۱/۱۵ | ۷۰ | ۲۸ |
| ۵ | آرامگاه تاج‌الدین غریب | ۷ | ۲۲ | ۴۰ | ۱۵ |
| ۶ | امامزاده علی بن حمزه | ۷ | ۲۲ | ۴۰ | ۱۱ |
| ۷ | دروازه قرآن و آرامگاه خواجوی کرمانی | ۸ | ۲۲ | ۵۵ | ۲۱ |
| ۸ | خانه سعادت و آرامگاه شاه داعی الله | ۸/۵ | ۱۸ | ۶۰ | ۱۳ |
| ۹ | آرامگاه بابا کوهی شیراز | ۶ | ۲۳ | ۳۰ | ۱۲ |
| ۱۰ | امامزاده بی‌بی دختران شیراز | ۱۰ | ۱۷ | ۳۵ | ۱۴ |
| ۱۱ | باغ ارم | ۸ | ۱۹/۵ | ۸۰ | ۲۳ |
| ۱۲ | باغ نارنجستان قوام و خانه زینت الملوک | ۹/۵ | ۱۹ | ۸۵ | ۲۷ |

برای این مطالعه موردی، مقادیر پارامترهای الگوریتم شامل Max NoImprovement، Size Smallest Tour و Nseg، به ترتیب، برابر ۳۰، ۲ و ۳ در نظر گرفته‌شده است. این مقادیر بر مبنای مقادیر پیشنهادی در سوابق تحقیقاتی و همچنین، ارزیابی عملکرد الگوریتم پیشنهادی بر روی نمونه‌های متنوعِ کوچک‌تر طوری تنظیم‌شده‌اند که در زمان محاسباتی کم، جواب باکیفیت بالا به دست آید.

تحت شرایط مذکور در بخش قبل، مدل پیشنهادی در این بخش اجرا گردید که نتیجه آن در شکل ۳ نمایش داده‌شده است. لازم به ذکر است، شکل ۳ صرفاً، توالی بازدید نقاط منتخب را نمایش می‌دهد و با مسیر زمینی و عملیاتی (که تحت تأثیر محدودیت‌های دسترسی ناشی از جهات حرکتی معابر، وضعیت طرح هندسی معابر و تقاطع‌ها و تراکم ترافیکی شبکه است)، متفاوت است. همچنین، سایر جزییات برنامه گردشگری پیشنهادی در جدول ۳ ارائه‌شده است. مطابق برنامه پیشنهادی، از بین ۳۸ نقطه دیدنی شهر (به‌جز هتل که نقطه شروع و پایان گردش است)، گردشگر در طی حدوداً ۱۳/۹ ساعت گردش روزانه، با بازدید از ۱۲ نقطه منتخب (به ترتیب شامل بارگاه شاه‌چراغ و مسجد جامع عتیق، آرامگاه تاج‌الدین غریب، مسجد نصیر الملک، باغ نارنجستان قوام و خانه زینت الملوک، ارگ کریم‌خانی، مسجد و حمام وکیل، آب‌انبار وکیل، گنجینه تاریخ فارس، آرامگاه حافظ، موزه هفت‌تنان (موزه سنگ)، آرامگاه سعدی و دروازه قرآن و آرامگاه خواجوی کرمانی)، ۲۶۸ امتیاز کسب نموده است.




**شکل شماره۲. مسیر هوایی توالی طراحی‌شده توسط الگوریتم پیشنهادی (حالت یک)**

**جدول شماره ۳. جزییات برنامه سفر طراحی‌شده توسط الگوریتم پیشنهادی (حالت یک)**

| پارامتر | واحد | ترتیب و توالی بازدیدها | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | نقطه شروع | نقاط میانی | | | | | | | | | | | نقطه پایان |
| نقاط بازدیدی | – | هتل | ۲۱ | ۵ | ۲۲ | ۱۲ | ۲۵ | ۲۳ | ۲۶ | ۳۱ | ۳ | ۲۸ | ۴ | ۷ | هتل |
| لحظه رسیدن | ساعت | ۶/۰ | ۶/۱ | ۷/۷ | ۸/۵ | ۹/۸ | ۱۱/۳ | ۱۲/۵ | ۱۳/۸ | ۱۴/۳ | ۱۵/۵ | ۱۶/۷ | ۱۷/۶ | ۱۹/۰ | ۱۹/۹ |
| مدت انتظار | ساعت | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ |
| شروع بازدید | ساعت | ۶/۰ | ۶/۱ | ۷/۷ | ۸/۵ | ۹/۸ | ۱۱/۳ | ۱۲/۵ | ۱۳/۸ | ۱۴/۳ | ۱۵/۵ | ۱۶/۷ | ۱۷/۶ | ۱۹/۰ | ۱۹/۹ |
| مدت بازدید | دقیقه | ۰ | ۹۰ | ۴۰ | ۷۰ | ۸۵ | ۶۵ | ۷۵ | ۳۰ | ۶۰ | ۷۰ | ۵۰ | ۷۰ | ۵۵ | ۰ |
| لحظه اعزام | ساعت | ۶/۰ | ۷/۶ | ۸/۴ | ۹/۷ | ۱۱/۲ | ۱۲/۴ | ۱۳/۷ | ۱۴/۳ | ۱۵/۳ | ۱۶/۶ | ۱۷/۵ | ۱۸/۸ | ۱۹/۹ | ۱۹/۹ |
| برش زمانی | – | ۱ | ۷ | ۱۰ | ۱۶ | ۲۱ | ۲۷ | ۳۲ | ۳۴ | ۳۸ | ۴۴ | ۴۷ | ۵۳ | ۵۷ | – |
| زمان سفر | دقیقه | ۸ | ۴ | ۱۰ | ۳ | ۹ | ۵ | ۲ | ۳ | ۸ | ۴ | ۷ | ۱۰ | ۲ | – |

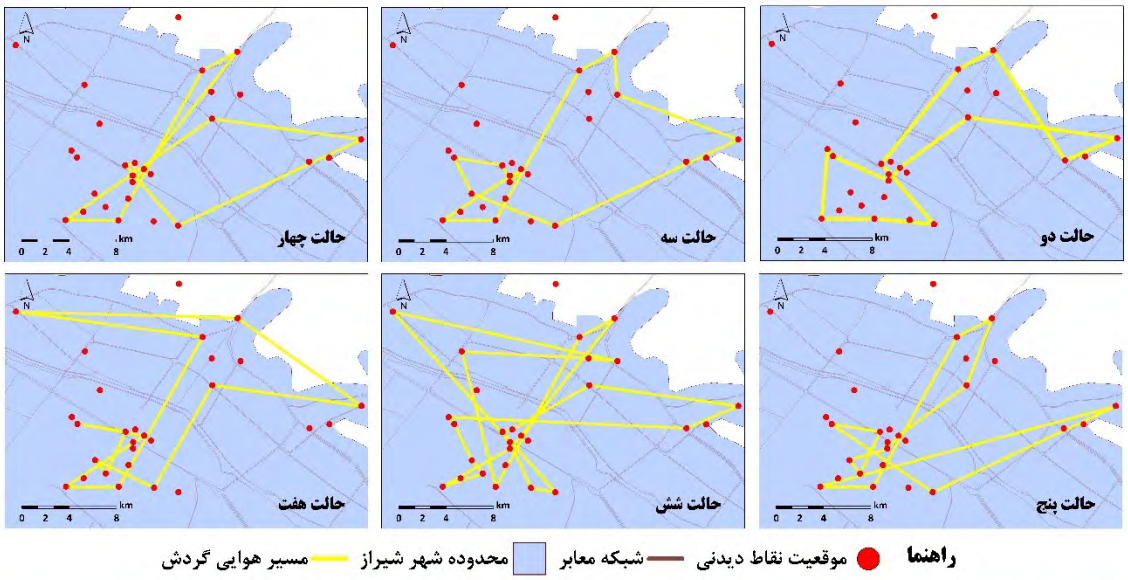
برای تحلیل حساسیت الگوریتم حل پیشنهادی نسبت به داده‌های ورودی، شش حالت دیگر نیز تولید و بررسی‌شده است. در هر یک از این حالت‌های شش‌گانه (حالت‌های دو تا هفت)، تغییراتی بر روی برخی داده‌های ورودی اعمال

می‌گردد و از طریق مقایسه نتیجه هر یک از این حالت‌ها با نتیجه حالت یک، اثر تغییر مقادیر ورودی بر روی جواب پیشنهادی الگوریتم، مورد تجزیه‌وتحلیل قرار می‌گیرد. نتیجه حالت یک همان جواب تولیدشده توسط الگوریتم پیشنهادی برای این مطالعه موردی است که جزییات آن پیش‌تر تبیین گردید. به ازای حالت‌های دو تا هفت، جدول ۳، نتایج اجرای مدل پیشنهادی و شکل ۳، توالی طراحی‌شده توسط الگوریتم پیشنهادی را نشان می‌دهد. شایان یاد است که محدودیت‌های پنجره زمانی، زمان سفرهای متغیر و محدودیت‌های دسترسی شبکه معابر بر روی توالی‌های پیشنهادی (نتیجه حل و جواب نهایی) مؤثر است و این موضوع حتی در مسیرهای هوایی نمایش داده‌شده در شکل ۴ (که منطبق بر مسیرهای زمینیِ واقعی نیستند) نیز، مشهود است.

در حالت دو، ساعت کاری تمامی نقاط از ۶ صبح تا ۱۱ شب فرض گردیده است. در جواب پیشنهادی، نقاط منتخب بازدید و ترتیب بازدیدها تغییر کرده است. به دلیل انعطاف‌پذیری بیشتری که در انتخاب نقاط و توالی آن‌ها وجود دارد، در این حالت، نمره بیشتری کسب‌شده است اما تعداد بازدید همچنان ۱۲ نقطه است. در حالت سه، زمان سفر کمان‌ها در طول روز ثابت و برابر زمان سفر در ساعت ۱۲ ظهر (در محدوده یکی از دوره‌های اوج ترافیک) لحاظ شده است. در حالت یک، برخی از سفرها در دوره غیر اوج ترافیک که در آن، زمان سفر معابر شبکه کمتر است، انجام می‌شود اما در حالت سه، چون فرصت استفاده از دوره غیر اوج ایجاد نمی‌شود، زمان سفر گردش زودتر به بودجه روزانه گردش می‌رسد، بنابراین به‌رغم تعداد بازدید یکسان، چون نقاط منتخب بازدید و توالی آن‌ها تغییر کرده است، نمره کمتری جمع‌آوری‌شده است. در حالت چهار، بودجه زمانی از ۱۴ ساعت به ۱۲ ساعت کاهش‌یافته است. این محدودیت عامل قوی و اثرگذار بر نقاط و مسیر منتخب است به‌طوری‌که تعداد نقاط بازدید به ۱۰ و نمره به ۲۳۰ تنزل پیداکرده است. ساعت ۷/۵ صبح، لحظه شروع گردش روزانه در حالت پنج است. به‌عبارت‌دیگر، در این حالت نسبت به حالت یک، گردش دیرتر آغاز می‌شود. به‌رغم تغییر در برنامه گردش نسبت به حالت یک، نمره کل این حالت به نمره کل حالت یک، نزدیک است. در این حالت از فرصت زمان سفرهای کوتاه در دوره قبل از اوج صبح روز استفاده‌نشده است اما چون همچنان بودجه زمانی ۱۴ ساعت است، گردش دیرتر تمام‌شده است. البته باید توجه شود که سهم عمده‌ای از نقاط گردشگری، در بازه ۶ تا ۷/۵ صبح تعطیل هستند. در حالت شش، مدت‌زمان موردنیاز برای بازدید نقاط گردشگری نسبت به حالت یک، نصف شده است یعنی مدت بازدیدها بین ۱۵ تا ۴۵ دقیقه است. در این حالت، به ازای بودجه زمانی یکسان، تعداد بیشتری نقاط را می‌توان بازدید نمود و درنتیجه، نمره بیشتری کسب می‌شود. از طرف دیگر، این حالت نسبت به تغییر زمان سفرها در طول روز، حساس‌تر است چراکه تعداد جابجایی و مدت‌زمان تردد در شبکه معابر، در آن بیشتر شده است. همان‌طور که پیش‌تر بیان گردید، امتیاز نقاط مختلف بسته به نظر گردشگران مختلف، متفاوت است. برای اثر سنجی این موضوع، در حالت هفت، ۵ نقطه دارای بالاترین امتیاز در حالت یک انتخاب‌شده و از هرکدام، ۵ امتیاز کسر شده است. ملاحظه می‌گردد که با اعمال این تغییر، مدل باهدف بیشینه‌سازی نمره کل کسب‌شده، نقاط و توالی پیشنهادی را تغییر داده است.

**جدول شماره ٤. نتایج اجرای مدل پیشنهادی به ازای حالت‌های مختلف تحلیل حساسیت**

| شماره حالت | نمره کل | تعداد بازدید | زمان گردش (ساعت) | ترتیب و توالی بازدیدها | | | زمان محاسباتی (ثانیه) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | نقطه شروع | نقاط میانی | نقطه پایان | |
| ۱ | ۲۶۸ | ۱۲ | ۱۳/۹۱۳ | هتل | ۷-۴-۲۸-۳-۳۱-۲۶-۲۳-۲۵-۱۲-۲۲-۵-۲۱ | هتل | ۲۸/۰۳۴ |
| ۲ | ۲۷۰ | ۱۲ | ۱۳/۹۹۷ | هتل | ۷-۱۶-۴-۳-۲۶-۲۳-۱۴-۲۴-۵-۲۱-۱۲-۲۵ | هتل | ۲۱/۳۰۸ |
| ۳ | ۲۶۴ | ۱۲ | ۱۳/۹۹۱ | هتل | ۳-۷-۲۸-۴-۱۲-۱۰-۱۴-۲۵-۲۳-۲۶-۵-۲۱ | هتل | ۲۳/۱۶۷ |
| ۴ | ۲۳۰ | ۱۰ | ۱۱/۹۷۲ | هتل | ۷-۲۶-۲۳-۳۱-۲۵-۱۲-۴-۳-۵-۲۱ | هتل | ۱۶/۳۵۹ |
| ۵ | ۲۶۷ | ۱۲ | ۱۳/۸۲۴ | هتل | ۷-۳-۲۶-۲۳-۱۰-۱۳-۲۵-۱۴-۱۲-۴-۵-۲۱ | هتل | ۲۵/۵۱۷ |
| ۶ | ۴۳۸ | ۲۱ | ۱۳/۷۹۲ | هتل | ۳-۳۱-۲۵-۱۲-۲۲-۲۹-۱۱-۲۸-۱۷-۱۸-۲۱<br>۷-۲۶-۲۳-۵-۱۳-۱۰-۱۴-۲۴-۱۶-۴- | هتل | ۸۸/۵۹۷ |
| ۷ | ۲۴۴ | ۱۲ | ۱۳/۸۳ | هتل | ۱۱-۷-۴-۳-۲۲-۱۰-۱۳-۲۵-۱۴-۲۶-۵-۲۱ | هتل | ۲۹/۹۹۶ |




**شکل شماره ۳. مسیر هوایی توالی طراحی‌شده توسط الگوریتم پیشنهادی (به ازای حالت‌های دو تا هفت)**

مطابق جدول ۴، زمان محاسباتی روش حل در حالت یک کمتر از ۳۰ ثانیه است. مقدار حداقلِ این پارامتر برابر ۱۶/۳۵۹ ثانیه و مربوط به حالت چهار و مقدار حداکثر آن برابر ۸۸/۵۹۷ ثانیه (کمتر از ۱/۵ دقیقه) و مربوط به حالت شش است. این تفاوت‌ها در زمان محاسباتی به دلیل تغییر اندازه فضای جواب است. در حالت چهار به دلیل کاهش بودجه زمانی گردش، فضای جواب کوچک و در حالت شش به دلیل کاهش مدت بازدیدها، فضای جواب بزرگ‌شده است. درنهایت، با توجه به تحلیل‌های انجام‌گرفته، کارایی جواب ازنظر کیفیت جواب و زمان محاسباتی درروش پیشنهادی برای استفاده در وب‌سایت‌ها و نرم‌افزارهای موبایلی، مطلوب و کاربردی ارزیابی می‌گردد. لازم به ذکر است که حل مسئله‌ای با چنین ابعادی با استفاده از روش‌های حل دقیق در ابررایانه‌ها (HPC)، بیش از چندین ساعت طول می‌کشد.

## نتیجه‌گیری

در این مقاله، نوع خاصی از مسئله جهت‌یابی بررسی شد که در آن، در نظرگیری توأماً دو ملاحظه پنجره زمانی بازدید و وابستگی زمانی زمان سفرهای کمان‌های شبکه منجر به تولید مسئله جهت‌یابی دارای پنجره زمانی و وابستگی زمانی (TDOPTW) شده است. در چالش‌های عملی و واقعی، برای برنامه‌ریزی سفر گردشگر، به دلیل وجود تراکم ترافیکی در شبکه معابر و همچنین ساعت محدود فعالیت نقاط دیدنی، چنین مسئله‌ای بروز می‌کند و نیازمند آن است که در مدت کوتاه، برنامه گردشی مطلوبی طراحی شود. در این پژوهش، زمان سفر کمان‌ها، متغیر گسسته و تابعی از ساعت روز در نظر گرفته‌شده است و یک روش فرا ابتکاری جستجوی محلی تکرارشونده برای حل مسئله پیشنهادشده است. در مرحله جستجوی محلی این الگوریتم، از حرکت‌های درج، جابجایی و تعویض استفاده‌شده است. سادگی ساختار و انعطاف‌پذیری آن برای به‌کارگیری حرکت‌های مختلف و متنوع و نیز، سهولت تنظیم پارامتر (به دلیل تعداد کم پارامترهای الگوریتم) از مزایای این الگوریتم کاربردی است. جهت ارزیابی عملکرد، روش پیشنهادی بر روی پایگاه داده واقعی از شهر شیراز اجراشده است. بر اساس ارزیابی نتایج این مطالعه موردی، کیفیت بالای جواب و زمان حل مناسب، نقاط قوت روش پیشنهادی این تحقیق محسوب می‌گردد. در وهله اول؛ در مقایسه با پژوهش‌های مبتنی بر تحلیل و رتبه‌بندی مسیرها با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره و نرم‌افزار GIS، پژوهش حاضر (مشابه سایر پژوهش‌های مبتنی بر حل مسئله جهت‌یابی)، برنامه سفر گردشگر شامل مسیر (ترتیب و توالی) و زمان‌بندی بازدیدها را به‌صورت شخصی‌سازی‌شده و باکیفیت بالا و در زمان کوتاه طراحی می‌کند. در وهله دوم؛ در مقایسه با سایر پژوهش‌های مبتنی بر حل مسئله جهت‌یابی، اجرای الگوریتم مشابهی بر روی شهر شیراز تاکنون انجام‌نشده است اما به‌طورکلی در مقایسه با این گروه از

پژوهش‌ها، نیز می‌توان بیان داشت که علاوه بر کیفیت بالای جواب و زمان حل مناسب، سادگی پیاده‌سازی و اجرای روش پیشنهادی این پژوهش از مزیت‌های جذاب آن است. نکته قابل‌توجه آن است که روش و ابزار پیشنهادی، مسئله موردنظر را برای شهر شیراز در ۳۰ ثانیه حل کرده است درصورتی‌که حل آن با استفاده از روش‌های حل دقیق در ابررایانه‌ها، بیش از چندین ساعت طول می‌کشد. درنتیجه، روش پیشنهادی برای استفاده در وب‌سایت‌ها و نرم‌افزارهای موبایلی، بسیار مناسب است. از طرف دیگر، برای تحلیل حساسیت الگوریتم حل پیشنهادی، در قالب حالت‌های مختلف، مقادیر پارامترهای ورودی مسئله (نظیر ساعت کاری نقاط، زمان سفر کمان‌ها، بودجه زمانی گردش، لحظه شروع گردش روزانه، مدت بازدید و امتیاز نقاط دیدنی) تغییر داده شد و با تحلیل جواب پیشنهادی الگوریتم تحت هر یک از این حالت‌ها، اثر این تغییرات بر روی عملکرد الگوریتم پیشنهادی، بررسی گردید. این تحلیل حساسیت نشان می‌دهد که الگوریتم حل به مقادیر پارامترهای ورودی حساس است به‌طوری‌که حتی با تغییر جزئی در یکی از این موارد، روش پیشنهادی باهدف بیشینه‌سازی نمره کل، جواب امکان‌پذیر مطلوب را جستجو و ارائه می‌دهد. با توجه به اینکه اطلاعات نقش محوری در صنعت گردشگری دارد، باید خدمات و فرایندهای این صنعت با استفاده از قابلیت‌های فاوا (ICT)، به‌روز شود و روش‌های نوین جایگزین روش‌های سنتی گردد. در ایران، هوشمند سازی مقاصد گردشگری در ابتدای راه است و توسعه گردشگری به کمک فاوا همچنان، قابلیت‌های بالقوه گسترده‌ای در جهت بهبود کیفیت زندگی ساکنان و خدمت‌دهی به گردشگران و بهینه‌سازی منابع دارد. بر اساس روش پیشنهادی در این مقاله، راه‌اندازی وب‌سایت‌ها و نرم‌افزارهای موبایلی که به برنامه‌ریزی سفر گردشگر کمک می‌کند، می‌تواند نقش شایانی در توسعه پایدار، افزایش رونق، کارایی و توان رقابتی این صنعت در کشور نماید و حتی از این دیدگاه، می‌تواند برای بخش خصوصی و عمومی جهت سرمایه‌گذاری جذاب باشد. این مقوله، به‌طور خاص برای شهرهای شیراز، اصفهان و یزد که قطب‌های گردشگری ایران محسوب می‌شود، اهمیت دوچندان دارد چراکه علاوه بر افزایش جذابیت و بازاریابی در سطح بین‌المللی، به‌عنوان شهرهای پیش رو در گردشگری هوشمند در سطح کشور، می‌توانند الگویی برای سایر شهرهای کشور به وجود آورند.

پژوهش‌های آتی می‌تواند بر روی مواردی نظیر ملاحظات جهت‌یابی گروهی و چند مدی که مسئله را واقع‌گرایانه‌تر می‌نماید، متمرکز شود. از طرف دیگر، در واقعیت، زمان سفر کمان‌های شبکه تحت تأثیر عوامل مختلف (قابل پیش‌بینی و غیرقابل‌پیش‌بینی) هم متغیر وابسته به زمان و هم متغیر تصادفی است. بنابراین، یک چالش جذاب، حل نوعی از مسئله جهت‌یابی است که در آن، زمان سفر کمان‌ها، متغیری تصادفی و وابسته به زمان است. همچنین، در این مقاله به مقوله "نحوه امتیازبندی نقاط گردشگری" پرداخته نشد که می‌تواند موردتحقیق علاقه‌مندان قرار گیرد.

## تشکر و قدردانی

نویسندگان مقاله لازم می‌دانند از آقای دکتر رضا گلشن خواص و آقای مهندس مهران کریمی که در تأمین اطلاعات زمان سفر موردنیاز در مطالعه موردی شیراز با استفاده از برنامه نوشته‌شده به زبان پایتون، کمک و پشتیبانی شایانی نموده‌اند، قدردانی نمایند.

## منابع

۱) افصح حسینی، فاطمه السادات؛ ذبیحی، حسین؛ جهانشاهلو، لعلا (۱۳۹۸) بررسی زیرساخت‌های گردشگری و رقابت مکانی مقصدهای گردشگری در مناطق خشک (مطالعه موردی: کویر مرنجاب)، نشریه گردشگری شهری، پاییز ۱۳۹۸، دوره ۶، شماره ۲، صص. ۱۳۹-۱۲۵.

۲) رزقی، مریم؛ شهابیان، پویان؛ مدیری، آتوسا؛ احمدیان، رضا (۱۳۹۷) ارزیابی شاخص‌های مؤثر بر ارزش ویژه برند مقصد در شهرهای تاریخی ایران از منظر گردشگران خارجی، نشریه گردشگری شهری، زمستان ۱۳۹۷، دوره ۵، شماره ۴، صص. ۱۳۷-۱۵۲.

۳) زیاری، کرامت‌الله؛ اشنویی، امیر؛ مولایی قلیچی، محمد (۱۳۹۳) سنجش رضایت گردشگران از کیفیت خدمات هتلداری با استفاده از شاخص CSM (مطالعه موردی: کلان‌شهر شیراز)، نشریه گردشگری شهری، زمستان ۱۳۹۳، دوره ۱، شماره ۱، صص. ۱۵-۱.

۴) شفیعی، ساناز؛ رجب‌زاده قطری، علی؛ حسن‌زاده، علیرضا؛ جهانیان، سعید (۱۳۹۶) بررسی تأثیر فناوری اطلاعات بر توسعه پایدار مقاصد گردشگری به‌منظور توسعه مقاصد گردشگری هوشمند (با استفاده از رویکرد فرا ترکیب)، فصلنامه تحقیقات بازاریابی نوین، زمستان ۱۳۹۶، سال ۷، شماره ۴، شماره پیاپی (۲۷)، صص. ۱۱۶-۹۵.

۵) کمانداری، محسن و مستوفی‌الممالکی، رضا (۱۳۹۵) بررسی و تحلیل فضای گردشگری شهری به‌منظور ارائه مسیرهای ویژه گردشگری (مورد شناسی: شهر کرمان)، جغرافیا و آمایش شهری – منطقه‌ای، بهار ۱۳۹۵، دوره ۶، شماره ۱۸، صص. ۱۵۲-۱۳۵.

۶) مهرگان، محمدرضا (۱۳۸۴) پژوهش عملیاتی: برنامه‌ریزی خطی و کاربردهای آن، ویرایش سوم، چاپ ۲۲، تهران: نشر کتاب دانشگاهی.

7) Abbaspour, R. A, & Samadzadegan, F. (2011) Time-dependent personal tour planning and scheduling in metropolises, Expert Systems with Applications, Vol.38, No.10, pp.12439–12452.

8) Chao, I.-M, & Golden, B, & Wasil, E. A. (1996) The team orienteering problem, European Journal of Operational Research, Vol.88, No. 3, pp.464–474.

9) Divsalar, A, & Vansteenwegen, P, & Cattrysse, D. (2013) A variable neighborhood search method for the orienteering problem with hotel selection, International Journal of Production Economics, Vol.145, No.1, pp.150–160.

10) Divsalar, A, & Vansteenwegen, P, & Cattrysse, D. (2013) A variable neighborhood search method for the orienteering problem with hotel selection, International Journal of Production Economics, Vol.145, No.1, pp.150–160.

11) Divsalar, A, & Vansteenwegen, P, & Sörensen, K, & Cattrysse, D. (2014) A memetic algorithm for the orienteering problem with hotel selection, European Journal of Operational Research, Vol.237, No.1, pp.29–49.

12) Fomin, F. V. & Lingas, A. (2002) Approximation algorithms for time-dependent orienteering, Information Processing Letters, Vol.83, No.2, pp.57–62.

13) Garcia, A. & Linaza, M. T. & Arbelaitz, O. & Vansteenwegen, P. (2009) Intelligent Routing System for a Personalised Electronic, the International Conference on Information and communication technologies in tourism 2009, Netherlands, pp.185–197.

14) Garcia, A. & Vansteenwegen, P. & Arbelaitz, O. & Souffriau, W. & Linaza, M. T. (2013) Integrating public transportation in personalised electronic tourist guides, Computers and Operations Research, Vol.40, No.3, pp.758–774.

15) Gavalas, D. & Konstantopoulos, C. & Mastakas, K. & Pantziou, G. (2014) A survey on algorithmic approaches for solving tourist trip design problems, Journal of Heuristics, Vol.20, No.3, pp.291–328.

16) Gavalas, D. & Konstantopoulos, C. & Mastakas, K. & Pantziou, G. & Vathis, N. (2015) Heuristics for the time dependent team orienteering problem : Application to tourist route planning, Computers and Operation Research, Vol.62, pp.36–50.

17) Golden, B. L. & Levy, L. & Vohra, R. (1987) The Orienteering Problem, Naval Research Logistics, Vol.34, pp.307–318.

18) Gunawan, A. & Lau, H. C. & Vansteenwegen, P. (2016) Orienteering Problem: A survey of recent variants, solution approaches and applications, European Journal of Operational Research, Vol.255, No.2, pp.315–332.

19) Javaheri, H. (2011) Optimal tourism route in historical urban areas - a case study of Tehran's down town, Iran, South asian journal of tourism and heritage, Vol.4, No.1, pp.34-43.

20) Li, J. (2011) Model and Algorithm for Time-Dependent Team Orienteering Problem. the International Conference on Advanced Research on Computer Education, Simulation and Modeling, Communications in Computer and Information Science (CESM 2011), China, Vol.175, pp.1–7.

21) Li, J. & Wu, Q. & Li, X. & Zhu, D. (2010) Study on the Time-dependent Orienteering Problem. the 2010 International Conference on E-Product E-Service and E-Entertainment (ICEEE'2010), China, pp.1–4.

22) Peng, G. & Dewil, R. & Verbeeck, C. & Gunawan, A. & Xing, L. & Vansteenwegen, P. (2019) Agile earth observation satellite scheduling : An orienteering problem with time-dependent profits and travel times, Computers and Operations Research, Vol.111, pp.84–98.

23) Tsiligirides, T. (1984) Heuristic methods applied to orienteering, The Journal of the Operational Research Society, Vol.35, No.9, pp.797–809.

24) Vansteenwegen, P. & Souffriau, W. & Oudheusden, D. Van. (2011) The orienteering problem: A survey. European Journal of Operational Research, Vol.209, No.1, pp.1–10.

25) Verbeeck, C. & Aghezzaf, E.-H. & Vansteenwegen, P. (2014a).Solving the stochastic time-dependent

orienteering problem with time windows, European Journal of Operational Research, Vol.255, No.3, pp.699–718.
26) Verbeeck, C. & Sörensen, K. & Aghezzaf, E.-H. & Vansteenwegen, P. (2014b) A fast solution method for the time-dependent orienteering problem, European Journal of Operational Research, Vol.236, No.2, pp.419–432.
27) Verbeeck, C. & Vansteenwegen, P. & Aghezzaf, E. H. (2017) The time-dependent orienteering problem with time windows: a fast ant colony system, Annals of Operations Research, Vol.254, pp.481–505.
28) Yu, A. V. F. & Jewpanya, P. & Ting, C. & Redi, A. A. N. P. (2017) Two-level Particle Swarm Optimization for the Multi-Modal Team Orienteering Problem with time windows, Applied Soft Computing Journal, Vol.61, pp.1022–1040.
29) Zenkar, B. & Ludwig, B. (2009) ROSE: Assisting Pedestrians to Find Preferred Events and Comfortable Public Transport Connections. the 6th international conference on mobile technology, application & systems (Mobility'09), France, No.16, pp.1–5.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی