J. RS. GEOINF. RES. 1(1): 11-20, Winter & Spring 2023

Journal of Remote Sensing and Geoinformation Research
(JRSGR)
Homepage: jrsgr.sru.ac.ir

ORIGINAL RESEARCH PAPER

A New Approach to Solve the Shortest Route in Urban Networks Based on Evolutionary Algorithms

***S. Behzadi*[*,1], *M. Adresi*[2], *M. Shirazian*[1]**

[1] *Department of Surveying Engineering, Faculty of Civil Engineering, Shahid Rajaee Teacher Training University, Tehran, Iran*

[2] *Department of Geotechnical and Water Engineering, Faculty of Civil Engineering, Shahid Rajaee Teacher Training University, Tehran, Iran*

Received: 04 February 2023
Reviewed: 10 April 2023
Revised: 16 May 2023
Accepted: 12 June 2023

KEYWORDS:
Combination Operators
Genetic Algorithm
Graph Theory
Jump Operators
Optimal Route

* Corresponding author
behzadi@sru.ac.ir
(+9821) 22970021

ABSTRACT

Background and Objectives: Today, urban management is one of the most important issues for decision makers and managers in urban areas. The problem of finding the shortest route, as one of the important issues in the field of urban management in order to reduce the travel time between two critical points, has always been the focus of many research fields such as urban management, transportation, communication, etc. During the past decades, the genetic algorithm has worked well in solving complex multi-objective optimization problems, but many genetic algorithms are only suitable for finding the optimal route in local networks. In these networks, if the number of points increases, algorithms will not be effective. The purpose of this research is to find a route in the street network of Tehran that has the least time, distance and cost. Therefore, a new method is proposed to solve the routing problem based on genetic algorithm, with the assumption that all lines in the network have positive weights.

Methods: The charactristics of the proposed algorithm is the variability of genetic algorithm operators, which is defined according to the network structure. Accordingly, the mutation operator in the genetic algorithm is defined based on the studied space and the distance between the start and end points. Integer coding is used to solve the problem, and therefore the points in this graph are named using integers and each person in the population is considered as an answer to solve the problem. The population size depends on the number of nodes in the graph and the length of each chromosome. The length of the selected strings is considered equal to the maximum number of nodes in the network, because there is a possibility that the best route is the route that passes through all the nodes. At the end, the proposed algorithm is implemented on the study area, which is a planar graph. The accuracy of the proposed method compared to the conventional genetic algorithm has been evaluated in three pairs of points.

Findings: Considering that the goal of solving the problem was to find the route that has the least weight, one combination operator and three mutation operators were presented in the proposed algorithm. This is despite the fact that in traditional genetic algorithms, only one mutation and combination operator is used. In this algorithm, the way to use mutation operators depends on the structure of the network and the distance between the start and end points. The use of the proposed genetic algorithm compared to the traditional genetic algorithm has been associated with a 16% improvement in performance, which shows that the proposed genetic algorithm reaches the solution of the problem faster. As shown in Figure 4, the best route is the route whose fitness function value is closer to one. The results of comparing the proposed method with conventional methods show 16% higher speed.

Conclusion: Considering that the initial assumption of this research was the positive weight of all the lines in the network, the mutation operator in the genetic algorithm was defined based on the studied space and the distance between the start and end points. The results showed that if there is a small search space, fewer points are needed and in order to generate the initial population, the nodes that are next to each other and closer to each other should be selected. In this way, the value of the fitness function of the people in the initial population

increases and the answers become closer to reality. For future research, it is suggested that in order to generate the initial population, the points between the start and end points should be selected, and also the selected points should be near the connecting line between the start and end points, because when the weight of the edges of the network is the distance between the points, the best route is in the space between the starting point and the end point. It is also suggested to evaluate the performance of the network with several combination operators.

NUMBER OF REFERENCES 30
NUMBER OF FIGURES 4
NUMBER OF TABLES 0

مقاله پژوهشی

رویکردی جدید برای حل کوتاه‌ترین مسیر در شبکه‌های شهری بر اساس الگوریتم‌های تکاملی

سعید بهزادی*[۱]، مصطفی آدرسی[۲]، مسعود شیرازیان[۱]

[۱] گروه مهندسی نقشه برداری، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی، تهران، ایران

[۲] گروه مهندسی ژئوتکنیک و آب، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی، تهران، ایران

چکیده

پیشینه و اهداف: امروزه، مدیریت شهری به عنوان یکی از مهم‌ترین مسائل تصمیم‌گیران و مدیران در حوزه‌های شهری است. مسئله یافتن کوتاه‌ترین مسیر، به عنوان یکی از مسائل مهم در حوزه مدیریت شهری به منظور کاهش زمان سفر بین دو نقطه حیاتی، همواره مورد توجه بسیاری از حوزه‌های تحقیقاتی از قبیل مدیریت شهری، حمل و نقل، ارتباطات و غیره بوده است. در طول دهه‌های گذشته، الگوریتم ژنتیک در حل مسائل پیچیده بهینه‌سازی چند هدفه، به خوبی عمل کرده است، اما بسیاری از الگوریتم‌های ژنتیک، تنها برای یافتن مسیر بهینه در شبکه‌های محلی، مناسب هستند. در این شبکه‌ها، در صورتی که تعداد نقاط افزایش یابد، الگوریتم‌های ارائه شده کارآیی خود را نخواهند داشت. هدف از این تحقیق، یافتن مسیری در شبکه خیابان‌های شهر تهران می‌باشد که کمترین زمان، مسافت و هزینه را داشته باشد. بنابراین، یک روش جدید برای حل مسئله مسیریابی بر مبنای الگوریتم ژنتیک، با این فرض که تمام خطوط موجود در شبکه دارای وزن‌های مثبت می‌باشند، پیشنهاد می‌گردد.

روش‌ها: ویژگی الگوریتم پیشنهادی، متغیر بودن عملگرهای الگوریتم ژنتیک می‌باشد که متناسب با ساختار شبکه، تعریف می‌گردد. بر همین اساس، عملگر جهش در الگوریتم ژنتیک بر اساس فضای مورد مطالعه و فاصله بین نقاط شروع و پایان، تعریف می‌گردد. برای حل مسئله، از کدگذاری اعداد صحیح استفاده می‌شود و لذا، نقاط موجود در این گراف با استفاده از اعداد صحیح، نام‌گذاری شده و هر فرد در جمعیت به عنوان یک جواب برای حل مسئله، در نظر گرفته می‌شود. اندازه جمعیت، بسته به تعداد گره‌های موجود در گراف و طول هرکروموزوم دارد. طول رشته‌های انتخاب شده، حداکثر برابر با تعداد گره‌های موجود در شبکه، در نظر گرفته می‌شود، زیرا این احتمال وجود دارد که بهترین مسیر، مسیری باشد که از تمام گره‌ها عبور می‌کند. در پایان، این الگوریتم بر روی شبکه‌ی مورد مطالعه که یک گراف مسطح می‌باشد، پیاده‌سازی می‌شود. دقت روش پیشنهادی نسبت به روش متداول، در سه جفت نقطه، مورد ارزیابی قرار گرفته است.

یافته‌ها: با توجه به این‌که هدف از حل مسئله، یافتن مسیری بود که کمترین وزن را داشته باشد، در الگوریتم پیشنهادی یک عملگر ترکیب و سه عملگر جهش، ارائه گردید. این، در حالی است که در الگوریتم‌های ژنتیک رایج، تنها از یک عملگر جهش و ترکیب، استفاده شده است. در این الگوریتم، نحوه استفاده از عملگرهای جهش، به ساختار شبکه و فاصله بین نقطه شروع و پایان، بستگی دارد. استفاده از الگوریتم ژنتیک پیشنهادی، نسبت به الگوریتم ژنتیک رایج، با ۱۶٪ بهبود عملکرد همراه بوده است که نشان می‌دهد الگوریتم ژنتیک پیشنهادی، سریع‌تر به جواب مسئله می‌رسد.

تاریخ دریافت: ۱۵ بهمن ۱۴۰۱
تاریخ داوری: ۲۱ فروردین ۱۴۰۲
تاریخ اصلاح: ۲۶ اردیبهشت ۱۴۰۲
تاریخ پذیرش: ۲۲ خرداد ۱۴۰۲

واژگان کلیدی:
عملگر ترکیب
عملگر جهش
الگوریتم ژنتیک
تئوری گراف
مسیر بهینه

* نویسنده مسئول
behzadi@sru.ac.ir
۰۲۱ -۲۲۹۷۰۰۲۱

همان‌طور که در شکل ۴ نشان داده شده است بهترین مسیر، مسیری است که مقدار تابع برازندگی آن به یک، نزدیک‌تر باشد. نتایج حاصل از مقایسه روش پیشنهادی با روش‌های متداول، ۱۶ درصد سرعت بالاتر را نشان می‌دهد.

نتیجه‌گیری: با توجه به این‌که فرض اولیه این تحقیق، مثبت بودن وزن تمام خطوط موجود در شبکه بوده است، عملگر جهش در الگوریتم ژنتیک، بر اساس فضای مورد مطالعه و فاصله بین نقاط شروع و پایان، تعریف شد. نتایج نشان داد که در صورت وجود فضای جستجوی کوچک، نقاط کمتری مورد نیاز است و به منظور تولید جمعیت اولیه، گره‌هایی که در کنار هم قرار دارند و به هم نزدیک‌تر هستند، باید انتخاب شوند. بدین ترتیب، مقدار تابع برازندگی افراد موجود در جمعیت اولیه، افزایش یافته و جواب‌ها به واقعیت، نزدیک‌تر می‌شود. برای تحقیقات آتی، پیشنهاد می‌گردد که به منظور تولید جمعیت اولیه، نقاط بین نقطه شروع و پایان انتخاب گردد و همچنین، نقاط انتخاب شده در نزدیکی خط واصل بین نقطه شروع و پایان باشد، زیرا هنگامی که وزن یال‌های شبکه، فاصله بین نقاط باشد، بهترین مسیر در فضای بین نقطه شروع و پایان قرار دارد. همچنین، پیشنهاد می‌شود که عملکرد شبکه با چندین عملگر ترکیب نیز، مورد ارزیابی قرار گیرد.

مقدّمه

مسئله برآورد مسیر بهینه بین دو نقطه، یکی از مسائل شناخته شده در تجزیه و تحلیل شبکه، ارتباطات و حمل و نقل می‌باشد [۱]. الگوریتم‌های مسیریابی، موضوع تحقیقات فراوانی بوده است که با توجه به ویژگی‌ها و قیود شبکه، الگوریتم‌های جدید برای حل مسائل تعیین مسیر بهینه، حاصل گردیده است [۲-۴]. مشکل اصلی که در بسیاری از این الگوریتم‌ها وجود دارد، عدم توجه به ساختار شبکه می‌باشد و قیود تعریف شده، فاقد انعطاف‌پذیری برای شرایط خاص هر شبکه می‌باشند [۵، ۶]. یافتن بهترین مسیر در شبکه، موضوع بسیاری از تحقیقات بوده است [۷-۱۰]. احمدی در سال ۲۰۱۸، الگوریتم ژنتیک را برای یافتن مسیر بهینه در داخل یک شبکه محلی، ارائه کرد [۵]. وی، در این مسئله تنها یک نوع عملگر ترکیب و جهش را معرفی نمود. عملگرهای معرفی شده، تنها برای شبکه‌های محلی و کوچک مناسب می‌باشند و در صورتی که تعداد نقاط موجود در شبکه افزایش یابد، الگوریتم کارایی خود را نخواهد داشت. عملگرهای تعریف شده توسط دیب و همکاران (۲۰۱۵) ، نیز برای شبکه‌های محلی مناسب می‌باشند [۲]. در این تحقیق، در صورتی که تعداد نقاط موجود در شبکه افزایش یابد، الگوریتم نمی‌تواند بهترین مسیر را بین دو نقطه شروع و پایان، پیدا نماید [۱۱، ۱۲]. همچنین، در این تحقیقات جمعیت اولیه به صورت واقعی می‌باشد؛ به این معنا که مسیرهای اولیه، همگی وجود خارجی دارند. این حالت نیز، تنها در شبکه‌های محلی مناسب است و در صورتی که تعداد نقاط موجود در شبکه افزایش یابد، مدت زمان بیشتری طول خواهد کشید که جمعیت اولیه ایجاد گردد. بنابراین، چن و همکاران (۲۰۱۸) یک روش جدید برای تولید جمعیت اولیه، ارائه دادند [۱۳]. در روش پیشنهادی، مسیر بین دو نقطه شروع و پایان ممکن است شامل بخش‌های مجازی باشد. بر همین اساس، با توجه به جمعیت تولید شده، تابع برازندگی جدیدی نیز معرفی گردید که برای ارزیابی جمعیت مجازی تولید شده، مناسب می‌باشد. البته، یکی از مشکلاتی که در تابع برازندگی معرفی شده، عدم توجه به تعداد بخش‌های مجازی در داخل مسیر می‌باشد.

الگوریتم ژنتیک، برگرفته از نظریه تکاملی داروین می‌باشد. این الگوریتم، یک الگوریتم بهینه‌سازی می‌باشد که بر اساس انتخاب طبیعی تعریف شده است [۱۴، ۱۵]. الگوریتم ژنتیک، به طور پیوسته جمعیت جواب‌ها را در هر نسل، تغییر می‌دهد [۱۶، ۱۷]. در هر مرحله، الگوریتم ژنتیک، افرادی را به طور تصادفی انتخاب می‌کند. افراد انتخاب شده، به عنوان والد در نظر گرفته می‌شوند و به کمک آن‌ها، افراد نسل بعد تولید می‌گردد. در صورتی که تولید افراد با موفقیت انجام پذیرد، بهینه‌ترین جواب برای حل مسئله، به‌دست خواهد آمد.

الگوریتم، کار خود را با مجموعه‌ای از جواب‌ها آغاز می‌کند. به جواب موجود در هر مرحله، جمعیت گفته می‌شود که از جواب‌های موجود در هر نسل، برای تولید جمعیت (جواب‌های) نسل بعد استفاده می‌شود. جمعیت نسل بعد، به این امید تولید می‌شود که جواب‌های بهتری نسبت به نسل قبل تولید نماید. افرادی که برای تولید جمعیت نسل بعد انتخاب می‌شوند، باید تابع برازندگی مناسبی داشته باشند. هرچه تابع برازندگی بهتر باشد، شانس انتخاب شدن بیشتر می‌باشد [۱۸]. پس از انتخاب بهترین افراد، جمعیت نسل بعد با استفاده از عملگرهای ترکیب و جهش به وجود خواهد آمد. سپس، این فرایند آن‌قدر ادامه پیدا می‌کند تا بهترین جمعیت به وجود آید و جمعیت به وجود آمده، به عنوان جواب مسئله در نظر گرفته می‌شود [۱۹].

در این مقاله، یک روش جدید برای حل مسئله تعیین مسیر بهینه ارائه می‌گردد که در آن، تابع برازندگی معرفی شده توسط چن و همکاران (۲۰۱۸)، توسعه می‌یابد. علاوه بر این، یک عملگر ترکیب و سه عملگر جهش جدید نیز، معرفی می‌گردد. در این راستا، عملگرهای جهش بر اساس ساختار شبکه، تعریف می‌گردند. سپس، با پیاده‌سازی الگوریتم پیشنهادی، تحلیل‌های مورد نیاز انجام می‌شود و نتایج مورد بررسی قرار می‌گیرند.

روش تحقیق

شبکه مورد بررسی، یک گراف مسطح می‌باشد. نقاط موجود در این گراف، با استفاده از اعداد صحیح یک تا N، نامگذاری می‌شوند که در آن N، تعداد نقاط موجود در شبکه می‌باشد. هر فرد در جمعیت، به عنوان

یک جواب برای حل مسئله در نظر گرفته می‌شود [۲۰]. باید توجه نمود که در داخل جواب‌ها نباید از گره‌های تکراری استفاده نمود. طول رشته‌های انتخاب شده، حداکثر برابر با تعداد گره‌های موجود در شبکه در نظر گرفته می‌شود، زیرا این احتمال وجود دارد که بهترین مسیر، مسیری باشد که از تمام گره‌ها عبور می‌کند. در رابطه (۱)، یک نمونه از جواب‌های موجود در یک نسل، نشان داده شده است:

$(T_1, T_2 \ldots T_i, \ldots, T_{(n-1)}, T_n)$ (۱)

که مسیر ۱، مسیری شامل تمام گره‌ها می‌باشد.

کدگذاری

برای حل مسئله، از کدگذاری اعداد صحیح استفاده می‌شود. در این کدگذاری، هر کروموزوم به صورت یک رشته از اعداد صحیح در نظر گرفته می شود. در این صورت، یک کروموزوم یک رشته از اعداد می‌باشد [۲۱]. باید اشاره نمود که تعداد گره‌ها در هر رشته، با هم برابر نمی‌باشد. بردار $P=(v_1, v_2, \ldots, v_k)$ یک کروموزوم می‌باشد که نشان‌دهنده یک مسیر از گره شماره یک (نقطه شروع)، به گره شماره N (نقطه انتها) می‌باشد. همچنین، هر کروموزوم نشان‌دهنده یک مسیر می‌باشد. مسیرهای مختلف، شامل گره‌ها و یال‌های مختلف می‌باشد و تعداد گره‌ها در هر مسیر نیز، متفاوت است. بنابراین، طول کروموزوم‌ها با هم، متفاوت است. در صورتی که $(v_1, v_2, \ldots, v_k)$ نشان‌دهنده یک مسیر بین گره یک و N باشد، قطعات $\{(1,v_1)A,(v_2,v_3)A,\ldots,(v_k,n)A\}$، بخش‌هایی از این مسیر می‌باشند [۵]. در این صورت:

$$x_{i,j}=\begin{cases}1, & \text{if } i=1,\ j=v_1,\\ 1, & \text{if there exists l such that } i=v_l,\ j=v_{l+1},\\ 1, & \text{if } i=v_k,\ j=n,\\ 0, & \text{otherwise,}\end{cases} \quad (۲)$$

که برای تمام $(i, j) \in A$ صادق می‌باشد. به این ترتیب، $\{x_{ij}\ (i,j)A\}$ به عنوان یک مسیر از گره یک به N، شناخته می‌شود.

جمعیت اولیه

اندازه جمعیت، بسته به تعداد گره‌های موجود در گراف و طول هر کروموزوم دارد. طول کروموزوم‌ها، به صورت رابطه (۳) تعریف می‌گردد:

$$\text{Chromosome_Length}=\frac{\text{N_P}\times \text{D}_{(\text{Start,End})}}{\sqrt{\text{Area}}}\times n \quad (۳)$$

که *Chromosome_Length* به عنوان طول کروموزوم در جمعیت، *N_P* تعداد نقاط گراف، *D(Start, End)* فاصله مستقیم بین نقاط شروع و پایان، *Area* مساحت کل ناحیه مورد مطالعه می‌باشد. مساحت کل ناحیه را می‌توان با استفاده از *x, y* نقاط موجود در اطراف فضا به صورت رابطه (۴) به‌دست آورد:

$$Area=(Max_X-Min_X)\times(Max_Y-Min_Y) \quad (۴)$$

کمیت n، انعطاف‌پذیری طول کروموزوم می‌باشد که عدد صحیحی بین ۱ تا ۴ در نظر گرفته می‌شود و وابسته به تراکم نقاط موجود در شبکه، می‌باشد. در صورتی که تراکم بین دو نقطه شروع و پایان بیشتر از بقیه مناطق موجود در شبکه باشد، کمیت n برابر با ۴ در نظر گرفته می‌شود. باید اشاره نمود که اولین و آخرین ژن موجود در کروموزوم، نقاط شروع و پایانی مسیر می‌باشد. دیگر نقاط موجود در کروموزوم، به طور تصادفی از بین نقاط موجود در گراف مشخص می‌گردد با این شرط که باید از رابطه (۵) تبعیت نمایند:

$$d=\frac{\left|x_i-\left(\frac{x_E-x_S}{y_E-y_S}\right)y_i+\left(\frac{x_E-x_S}{y_E-y_S}\right)y_S-x_S\right|}{\sqrt{1+\left(\frac{x_E-x_S}{y_E-y_S}\right)^2}}$$
$$D=\sqrt{(x_E-x_S)^2+(y_E-y_S)^2} \quad (۵)$$
$$d\le 0.5D$$

که d فاصله بین نقطه تصادفی از خط واصل بین نقطه شروع و پایان، D فاصله مستقیم بین نقطه شروع و پایان، (x_i, y_i) مختصات نقطه تصادفی، (x_S, y_S) نقطه شروع و (x_E, y_E) نقطه پایانی می‌باشد.

تابع برازندگی

تابع برازندگی که در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفته است، به صورت رابطه (۶) تعریف می‌گردد [۱۳]:

$$F(x)=\frac{1}{Actual_length_of_the_path}-The_number_disconnected_path \quad (۶)$$

که *Actual_length_of_the_route* برابر جمع جبری فواصل بین نقاط مجاور می‌باشد؛ بنابراین، مقدار عبارت 1/[Actual_length_of_the_path] عددی بین صفر و یک است. عبارت *The_number_disconnected_routes*، نشان دهنده تعداد قسمت‌های مجازی موجود در مسیر است و مقدار آن بین صفر و i می‌باشد. در این صورت، می‌توان نتیجه گرفت که مقداری که از تابع برازش برای هر کروموزوم به‌دست می‌آید، بین $-i$ و ۱ می‌باشد. در صورتی که بین دو نقطه T_1 و T_2 مسیر واقعی وجود نداشته باشد، از فاصله اقلیدسی بین دو نقطه، استفاده می‌شود.

عملگرهای الگوریتم ژنتیک

فرایند تولید جمعیت جدید از افراد موجود در جمعیت فعلی، توسط عملگرهای الگوریتم ژنتیک انجام می‌پذیرد [۲۲]. کارایی الگوریتم ژنتیک، به نحوه تعریف عملگرهای الگوریتم ژنتیک بستگی دارد [۲۳]. در الگوریتم پیشنهادی، عملگرهای جهش و ترکیب به صورت زیر تعریف میگردد:

عملگر ترکیب

در عملگر ترکیب، کروموزوم‌های موجود در جمعیت حاضر مورد بررسی قرار می‌گیرند. سپس، به گونه‌ای این کروموزوم‌ها ترکیب می‌شوند که جمعیت ایجاد شده از آن‌ها، بهتر از جمعیت حاضر باشد [۲۴، ۲۵]. عملگر ترکیب تک نقطه‌ای، یکی از ساده‌ترین عملگرهای ترکیب در الگوریتم ژنتیک می‌باشد و با توجه به این‌که شبکه مورد نظر، یک حالت

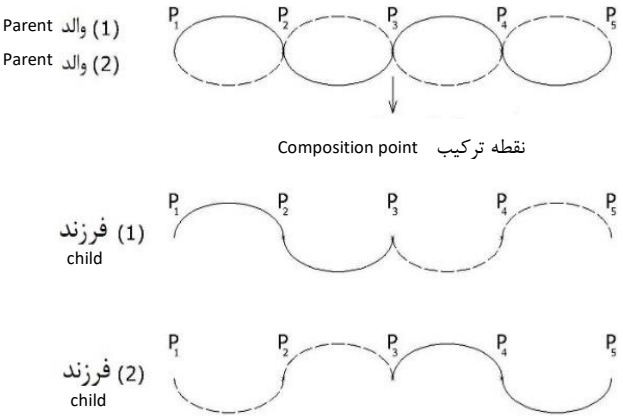
خاص از شبکه‌های واقعی می‌باشد و همچنین، این شبکه پیچیدگی زیادی ندارد، بنابراین در این‌جا از عملگرهای تک نقطه‌ای استفاده می‌گردد و روش کار به این صورت می‌باشد که $P_1 = (v_1, v_2, ...v_k)$ و $P_2 = (v'_1, v'_2, ...v'_{k'})$ به عنوان دو کروموزوم در نظر گرفته می‌شوند. این دو کروموزوم در قسمت جمعیت اولیه تشکیل گردیده‌اند. در ابتدا، یک گره مشترک بین این دو کروموزوم، مشخص می‌گردد. در این صورت، داریم:

$$\{v_i = v'_{i'} \mid v_i \in P_1, v'_{i'} \in P_2\} \quad (۷)$$

به کمک این گره مشترک و عملگر ترکیبی تک نقطه‌ای، دو کروموزوم به صورت رابطه (۸) تشکیل می‌شود:

$$(v_1, v_2, ..., v_i, v'_{i'+1}, ..., v'_{k'}), \quad (v'_1, v'_2, ..., v'_{i'}, v_{i+1}, ..., v_k) \quad (۸)$$

در صورتی که بین دو کروموزوم P_1 و P_2 گره مشترکی پیدا نگردد، هیچ عمل ترکیبی بین این دو کروموزوم انجام نمی‌شود [۵، ۲۶، ۲۷]. این فرایند، در شکل ۱ نمایش داده شده است.



شکل ۱: عملگر ترکیب
Fig. 1: Combination operator

عملگر جهش

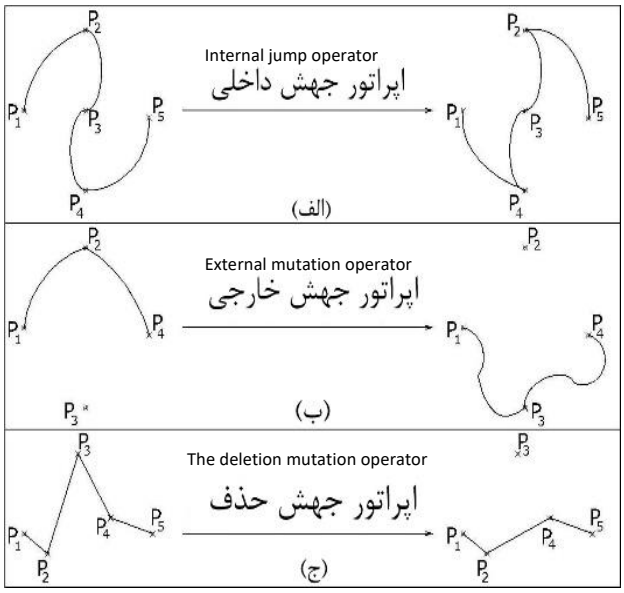
در این تحقیق، سه نوع عملگر جهش مورد استفاده قرار گرفته است. نحوه استفاده از عملگرهای جهش، به وسعت ناحیه و فاصله بین شروع و پایان، بستگی دارد. عملگرهای جهش، به صورت زیر تعریف می‌گردد:

(الف) عملگر جهش داخلی: در این عملگر، دو گره موجود در کروموزوم به طور تصادفی انتخاب می‌گردد، سپس جای این دو گره با یکدیگر عوض می‌شود. برای مثال، رشته (۱-۲-۳-۴-۵-۶-۷-۸-۹) یک مسیر متشکل از ۹ گره می‌باشد. با استفاده از این عملگر، دو گره به طور تصادفی در این رشته انتخاب می‌شود (۲ و ۸) و سپس، جای این دو گره با یکدیگر عوض می‌شود، در این صورت، رشته‌ای به صورت (۱-۸-۳-۴-۵-۶-۷-۲-۹) به وجود می‌آید.

(ب) عملگر جهش خارجی: در این عملگر، یک گره به صورت تصادفی در داخل کروموزوم انتخاب می‌گردد. سپس، این گره با گره دیگر که در داخل رشته کروموزوم نیست، جابه‌جا می‌گردد [۲۸]. برای مثال، رشته (۱-۲-۳-۴-۵-۶)، یک مسیر متشکل از ۶ گره می‌باشد. با استفاده از این عملگر، گره شماره (۲) در مسیر انتخاب می‌گردد و سپس، با گره شماره (۹) که در داخل مسیر نمی‌باشد، جابه‌جا می‌گردد. در این صورت، رشته‌ای به صورت (۱-۹-۳-۴-۵-۶)، به وجود می‌آید.

(ج) عملگر جهش حذف: در این عملگر، یک گره به صورت تصادفی در داخل کروموزوم انتخاب و از داخل رشته، حذف می‌گردد. برای مثال، رشته (۱-۲-۳-۴-۵-۶)، یک مسیر متشکل از ۶ گره می‌باشد. با استفاده از این عملگر، گره شماره (۵) در مسیر، انتخاب و سپس حذف می‌گردد. در این صورت، رشته‌ای به صورت (۱-۲-۳-۴-۶)، به وجود می‌آید [۲۹].

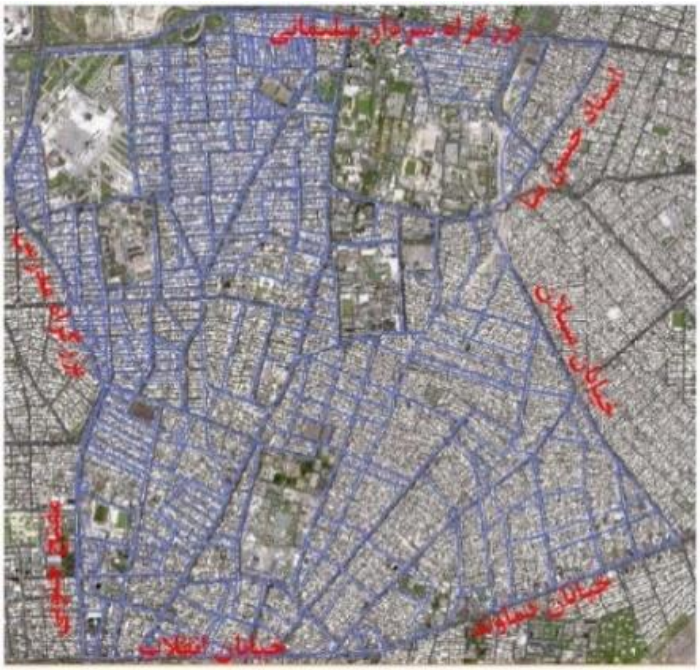
طریقه استفاده از عملگر جهش، بسته به ساختار شبکه و نقاط شروع و پایانی می‌باشد. در صورتی که فاصله بین نقطه شروع و پایانی کمتر از نصف طولانی‌ترین فاصله مستقیم در فضا باشد، عملگر جهش حذف، اولویت بالاتری دارد [۳۰]. همچنین، در صورتی که فاصله بین نقطه شروع و پایانی بیشتر از نصف طولانی‌ترین فاصله مستقیم در فضا باشد، نسبت استفاده از عملگر جهش داخلی و خارجی بیشتر از عملگر جهش حذف می‌باشد. طولانی‌ترین فاصله مستقیم در فضا، خط مستقیمی است که دو نقطه‌ای که بیشترین فاصله را از هم دارند، به هم وصل می‌نماید. عملگرهای جهش در شکل ۲ نشان داده شده‌اند.



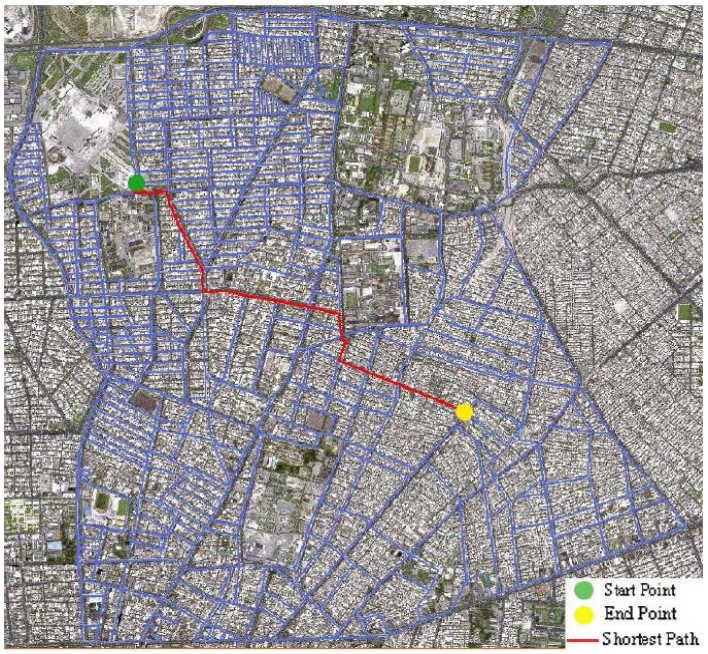
شکل ۲: الف) عملگر جهش داخلی؛ ب) عملگر جهش خارجی؛ ج) عملگر جهش حذف
Fig. 2: a) Inside mutation operator; b) Outside mutation operator; c) Delation mutation operator

نتایج و بحث

در این مرحله، الگوریتم پیشنهادی، پیاده‌سازی گردید. فضای مطالعاتی، بخشی از شهر تهران می‌باشد (شکل ۳). در این مسئله، طول خطوط به عنوان وزن خطوط در نظر گرفته می‌شود. هدف از حل مسئله، یافتن مسیری می‌باشد که کمترین وزن را بین دو نقطه شروع و پایان داشته باشد. نتیجه کار، در شکل ۳ نشان داده شده است.



(الف)

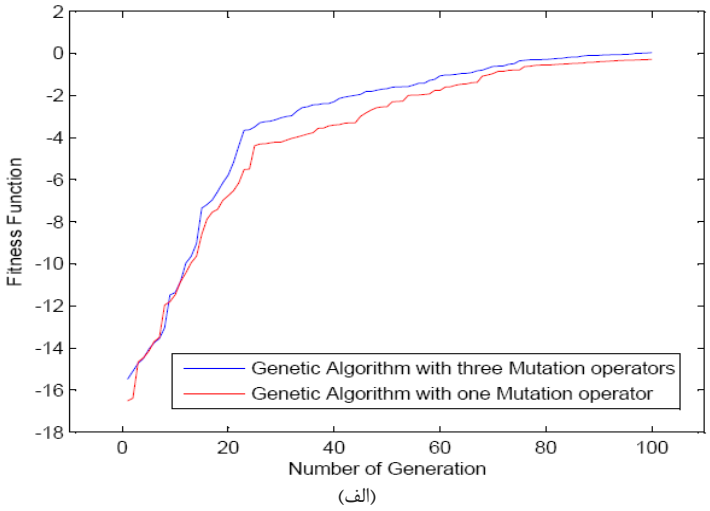


(ب)

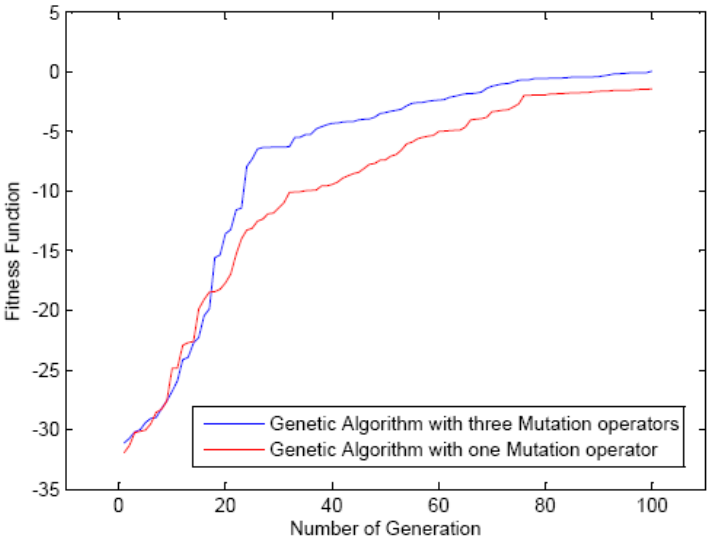
شکل ۳: الف) منطقه مورد مطالعه؛ ب) نقطه شروع، پایان و کوتاهترین فاصله

Fig. 3: a) Study area; b) Start point, end point and shortest distance

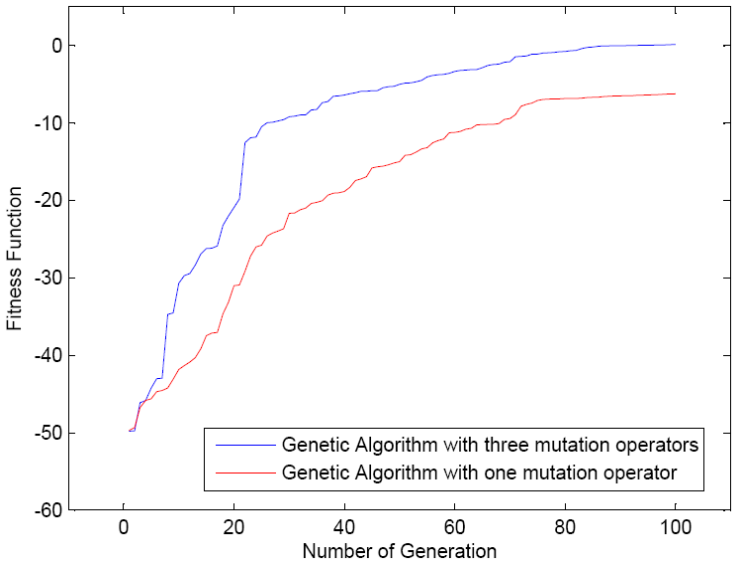
همان‌طور که اشاره شد، بسیاری از الگوریتم‌های ژنتیک برای یافتن مسیر بهینه در شبکه‌های محلی مناسب هستند. در این شبکه‌ها، در صورتی که تعداد نقاط افزایش یابد، الگوریتم‌های پیشنهادی کارآیی خود را نخواهند داشت. یکی از دلایل عدم کارایی این الگوریتم‌ها، مربوط به فرایند تولید جمعیت اولیه می‌باشد. نکته دیگری که باید در مورد الگوریتم پیشنهادی بیان نمود، استفاده از عملگرهای جهش هوشمند می‌باشد. در الگوریتم پیشنهادی، یک عملگر ترکیب و سه عملگر جهش ارائه گردید؛ در حالی‌که در الگوریتم‌های ژنتیک قبلی، تنها از یک عملگر جهش و ترکیب استفاده شده است. در این الگوریتم، نحوه استفاده از عملگرهای جهش، به ساختار شبکه و فاصله بین نقطه شروع و پایان، بستگی دارد. شکل ۴، مقایسه بین الگوریتم‌های ژنتیک پیشنهادی و الگوریتم‌های ژنتیک معمولی را برای یافتن بهترین مسیر بین سه جفت نقطه شروع و پایان، نشان می‌دهد.



(الف)



(ب)



(ج)

شکل ۴: مقایسه بین الگوریم پیشنهادی (آبی) و الگوریتم ژنتیک متداول (قرمز) در سه حالت: الف) فاصله دو نقطه کم؛ ب) فاصله دو نقطه متوسط؛ ج) فاصله دو نقطه زیاد

Fig. 4: Comparison between the proposed algorithm (blue) and the traditional genetic algorithm (red) in three cases: a) Short distance between two points; b) Medium distance between two points; c) Long distance between two points

شکل ۴، مقدار تابع برازندگی بهترین فرد را در هر نسل، نشان می‌دهد. مقدار به‌دست آمده از الگوریتم ژنتیک پیشنهادی (آبی)، دقت بالاتری از الگوریتم ژنتیک متداول (قرمز) دارد که نشان می‌دهد الگوریتم ژنتیک پیشنهادی، سریع‌تر به جواب مسئله می‌رسد. هدف از حل مسئله، یافتن مسیری می‌باشد که کمترین وزن را داشته باشد. همان‌طور که در شکل ۴، نشان داده شده است در سه حالت مختلف، الگوریتم ژنتیک پیشنهادی و الگوریتم ژنتیک متداول در سه جفت نقطه، مورد مقایسه قرار گرفته است. بهترین مسیر، مسیری است که مقدار تابع برازندگی آن به یک، نزدیک‌تر باشد. همان‌طور که توضیح داده شد، محدوده تابع برازندگی پیشنهادی، بین i^- و ۱ می باشد. در صورتی که مقدار تابع برازندگی بین i^- و صفر باشد، مسیر مورد نظر واقعی نمی‌باشد. این، بدان معنا است که در داخل مسیر، بخش‌های غیرواقعی وجود دارد. تعداد بخش‌های مجازی مسیر، بستگی به مقدار تابع برازندگی دارد. هرچه مقدار تابع برازندگی منفی‌تر باشد، قطعات مجازی آن بیشتر است. در صورتی که مقدار تابع برازندگی بین صفر و یک باشد، مسیر یک مسیر واقعی می‌باشد و هرچه این مقدار به یک نزدیک‌تر باشد، مسیر انتخاب شده بهتر است. بنابراین، الگوریتم ژنتیک پیشنهادی به همراه سه عملگر جهش، زودتر از الگوریتم ژنتیک متداول به جواب مسئله می‌رسد.

نتیجه‌گیری

در این تحقیق، سعی گردید که یک روش جدید برای حل مسئله مسیریابی بر اساس الگوریتم ژنتیک، پیشنهاد گردد. فرض اولیه این تحقیق، مثبت بودن وزن تمام خطوط موجود در شبکه می‌باشد. عملگر جهش در الگوریتم ژنتیک، بر اساس فضای مورد مطالعه و فاصله بین نقاط شروع و پایان تعریف گردید. در انتها نیز، این الگوریتم بر روی یک شبکه شهری پیاده‌سازی گردید که نتایج قابل قبولی به‌دست آمد. به منظور انتخاب جمعیت اولیه، تمامی نقاط دارای شانس یکسان برای انتخاب شدن دارند. در صورتی که فضای جستجو کوچک باشد، نقاط کمتری مورد نیاز است. بنابراین، در چنین حالتی پیشنهاد می‌شود به منظور تولید جمعیت اولیه، گره‌هایی که در کنار هم قرار دارند و به هم نزدیک‌تر هستند، انتخاب گردند. این امر، سبب می‌شود که مقدار تابع برازندگی افراد موجود در جمعیت اولیه، افزایش یابد و جواب‌ها به واقعیت نزدیک‌تر باشد. همچنین، پیشنهاد می‌گردد که به منظور تولید جمعیت اولیه، نقاط بین نقطه شروع و پایان انتخاب گردند و همچنین، نقاط انتخاب شده در نزدیکی خط واصل بین نقطه‌ی شروع و پایان باشد؛ به این دلیل که معمولاً بهترین مسیر در فضای بین نقطه‌ی شروع و پایان قرار دارد. البته باید اشاره نمود که این حالت در زمانی‌که وزن یال‌های شبکه، فاصله بین نقاط باشد، صادق است. عملگر ترکیبی که در این‌جا مورد استفاده قرار گرفت، عملگر ترکیب تک نقطه‌ای بود که یک عملگر ساده در الگوریتم ژنتیک می‌باشد. همچنین، پیشنهاد می‌شود که چندین عملگر ترکیب برای این مسئله تعریف نمود و با توجه به ساختار شبکه، از نوع خاصی از عملگر استفاده نمود.

مشارکت نویسندگان

در این مقاله، نویسندگان به نسبت سهم برابر مشارکت داشته‌اند.

تشکر و قدردانی

بدینوسیله از همکارانی که ما را در انجام این تحقیق یاری کردند، صمیمانه تشکر می‌کنیم.

تعارض منافع

هیچگونه تعارض منافع توسط نویسندگان بیان نشده است.

منابع و مآخذ

[1] Behzadi S, Alesheikh AA. Developing a BDI Agent Model for Solving Shortest Route Problem on a Raster Data Model. *Caspian Journal of Applied Sciences Research*. 2014; 3.

[2] Dib O, Manier M-A, Caminada A. Memetic algorithm for computing shortest routes in multimodal transportation networks. *Transportation Research Procedia*. 2015; 10: 745-755.

[3] Dijkstra E. A note on two papers in connection with graphs. *NuMat*. 1959; 1: 269-271.

[4] Babaei M, Behzadi S. Spatial Data-Driven Traffic Flow Prediction Using Geographical Information System. *Journal of Soft Computing in Civil Engineering*. 2023; 7(4): 132-143.

[5] Ahmadi E, Süer GA, Al-Ogaili F. Solving Stochastic Shortest Distance Route Problem by Using Genetic Algorithms. *Procedia Comput Sci*. 2018; 140: 79-86.

[6] Behzadi S. Designing a Commercial Location-Based System to Serve Customers Based on GIS. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. 2023; 48: 9-14.

[7] Shahmoradi A, Behzadi S. Optimum Routing in the Urban Transportation Network by Integrating Genetic Meta-heuristic (GA) and Tabu Search (Ts) Algorithms. *Journal of Geomatics Science and Technology*. 2020; 9(3): 145-158. Persian.

[8] Behzadi S, Alesheikh AA. Cellular Automata vs. Object-Automata in Traffic Simulation. *International Journal of Remote Sensing Applications*. 2014; 4(1): 61-69.

[9] Behzadi S. An intelligent location and state reorganization of traffic signal. *Geodesy and Cartography*. 2020; 46(3): 145-50.

[10] Abbasi Z, Alesheikh A, Behzadi S, Aghamohammadi H. Development of spatiol network for optimal routing of BRT lines. *Journal of Environmental Science and Technology*. 2020; 22(8): 75-87. Persian.

[11] Jabbari M, Behzadi S. Modelling Effects of Land Use Changes on Traffic based on Proposed Traffic Simulator. *Computational Engineering and Physical Modeling*. 2019; 2(3): 61-70.

[12] Ghasempoor Z, Behzadi S. Provide an Automated Web-based Platform for Collecting Traffic Data. *Journal of Geomatics Science and Technology*. 2022; 12(1): 171-186. Persian.

[13] Chen P, Tong R, Lu G, Wang Y. The α-reliable route problem in stochastic road networks with link correlations: A moment-matching-based route finding algorithm. *Expert Syst Appl*. 2018; 110: 20-32.

[14] Behzadi S, Kolbadinejad M. INTRODUCING A NOVEL METHOD TO SOLVE SHORTEST ROUTE PROBLEMS BASED ON STRUCTURE OF NETWORK USING GENETIC ALGORITHM. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing & Spatial Information Sciences*. 2019; 44: 201-203.

[15] Ghasempoor Z, Behzadi S. Traffic Modeling and Prediction Using Basic Neural Network and Wavelet Neural Network Along with Traffic Optimization Using Genetic Algorithm, Particle Swarm, and Colonial Competition. *Journal of Geomatics Science and Technology*. 2021; 10(3): 147-63. Persian.

[16] Hosseinali F, Alesheikh AA. Weighting spatial information in GIS for copper mining exploration. *Am J Appl Sci*. 2008; 5(9): 1187-1198.

[17] Ghasempoor Z, Behzadi S. Predicting Traffic Data in GIS using Different Neural Network Methods. *International Journal of Geography and Geology*. 2022; 11(2): 62-71.

[18] Shen-jun G, Jie C, Hao-cheng T, Ping X, Yun Y. An Agent-based Distributed QoS Multicast Routing Algorithm. *Phys Procedia*. 2012; 24: 1951-1958.

[19] Ergenç D, Eksert L, Onur E. Dependability-based Clustering in Mobile Ad-Hoc Networks. Ad Hoc Networks. 2019; 93: 101926.

[20] Behzadi S, Alesheikh AA, Poorazizi E. Developing a genetic algorithm to solve shortest route problem on a raster data model. J Appl Sci. 2008; 8(18): 3289-3293.

[21] Behzadi S, Alesheikh AA. A Pseudo Genetic Algorithm for solving best route problem. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. 2008; 3.

[22] Zhao D, Liu J. Study on network security situation awareness based on particle swarm optimization algorithm. *Computers & Industrial Engineering*. 2018; 125: 764-775.

[23] Li L-L, Sun J, Tseng M-L, Li Z-G. Extreme learning machine optimized by whale optimization algorithm using Insulated Gate Bipolar Transistor module aging degree evaluation. *Expert Syst Appl*. 2019; 127: 58-67.

[24] Wang J, Duan L, Yang Y. An improvement crossover operation method in genetic algorithm and spatial optimization of heliostat field. *Energy*. 2018; 155: 15-28.

[25] Pérez-Galarce F, Candia-Véjar A, Astudillo C, Bardeen M. Algorithms for the Minmax Regret Route problem with interval data. *Inf Sci*. 2018; 462: 218-241.

[26] Xiao Y, Xie Y, Kulturel-Konak S, Konak A. A problem evolution algorithm with linear programming for the dynamic facility layout problem—A general layout formulation. *Comput Oper Res*. 2017; 88: 187-207.

[27] Carrano EG, Tarôco CG, Neto OM, Takahashi RH. A multiobjective hybrid evolutionary algorithm for robust design of distribution networks. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*. 2014; 63: 645-656.

[28] Tani K, Yamamoto K. Search Methods for Evacuation Routes during Torrential Rain Disasters Using Genetic Algorithms and GIS. *J Geogr Inf Syst*. 2020; 12(03): 256–74.

[29] Qin Y, Li Z, Ding J, Zhao F, Meng M. Automatic optimization model of transmission line based on GIS and genetic algorithm. *Array*. 2023; 17: 100266.

[30] Ebrahimipoor AR, Alimohamadi A, Alesheikh AA, Aghighi H. Routing of water pipeline using GIS and genetic algorithm. *J Appl Sci*. 2009; 9(23): 4137–4145.

معرفی نویسندگان

AUTHOR(S) BIOSKETCHES

سعید بهزادی دارای مدرک دکتری تخصصی مهندسی عمران-نقشه برداری (گرایش سامانه اطلاعات مکانی) از دانشگاه صنعتی خواجه نصیر از تهران می‌باشد. از سال ۱۳۹۵ تا کنون به عنوان استادیار در گروه مهندسی عمران-نقشه برداری دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی مشغول به فعالیت می باشند. ایشان تا کنون موفق به چاپ بیش از ۱۰۰ مقاله در مجلات و کنفرانس‌های معتبر بین المللی شده‌اند. زمینه‌های تخصصی ایشان عبارتند از: هوش مصنوعی، GIS پزشکی، کاربرد یادگیری ماشین و هوش مصنوعی در GIS.

Behzadi, S. Assistant Professor at the Department of Surveying Engineering, Faculty of Civil Engineering, Shahid Rajaee Teacher Training University, Tehran, Iran

behzadi.saeed@gmail.com

مصطفی آدرسی دارای مدرک دکتری تخصصی مهندسی عمران (گرایش راه و ترابری) از دانشگاه تربیت مدرس و مدرک دکترای تخصصی از دانشگاه پلی تکنیک تورین ایتالیا می‌باشد. بعد از اتمام دوره دکتری از سال ۱۳۹۶ تاکنون در دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی فعالیت دارند. تاسیس و راه اندازی رشته حمل و نقل در هنرستان‌های کشور و تدوین کتب مختلف فنی برای هنرجویان این رشته ماحصل همکاری ایشان با

دفتر تدوین کتب درسی وزارت آموزش و پرورش بوده است. ایشان تاکنون موفق به چاپ بیش از ۳۵ مقاله در مجلات و کنفرانس‌های معتبر بین المللی و همچنین تالیف ۴ کتاب شده‌اند. زمینه‌های تخصصی ایشان عبارتند از: روسازی بتنی و آسفالتی، استفاده از مواد چند کاربردی در روسازی (خودترمیم شوندگی، خودحسگر، خودگرمایی)، تکنولوژی بتن، تثبیت و بهسازی راه.

Adresi, M. Assistant Professor at the Department of Geotechnical and Water Engineering, Faculty of Civil Engineering, Shahid Rajaee Teacher Training University, Tehran, Iran

m.adresi@sru.ac.ir

مسعود شیرازیان دارای مدرک دکتری تخصصی مهندسی نقشه برداری(گرایش ژئودزی- GNSS) از انستیتو تکنولوژی سلطنتی (KTH) استکهلم کشور سوئد می‌باشد. از سال ۱۳۹۵ به عنوان استادیار در گروه مهندسی نقشه برداری دانشگاه دبیر شهید رجائی تهران مشغول به فعالیت بوده اند. ایشان تا کنون موفق به چاپ بیش از ۱۵ مقاله در مجلات و کنفرانس‌های معتبر بین المللی شده‌اند. زمینه‌های تخصصی ایشان عبارتند از: ژئودزی هندسی،GNSS ، هواشناسی مبتنی بر GNSS ، آنالیز تغییر شکل سازه های بزرگ.

Shirazian, M. Assistant Professor at the Department of Surveying Engineering, Faculty of Civil Engineering, Shahid Rajaee Teacher Training University, Tehran, Iran

m.shirazian@sru.ac.ir

Citation (Vancouver): Behzadi S. Adresi M, Shirazian M. [A New Approach to Solve the Shortest Route in Urban Networks Based on Evolutionary Algorithms]. *J. RS. GEOINF. RES. 2023; 1(1): 11-20*

https://doi.org/10.22061/jrsgr.2022.1939

COPYRIGHTS

© 2023 The Author(s). This is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0) (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)