ISSN: 2538-4384; Geographical Researches. 2020;35(4):307-316. DOI: 10.29252/geores.35.4.307

Application of Dynamic Locating in long-term Urban Management Planning; the Case Study of Counters Offices of Civil Registration Organization

ARTICLE INFO

Article Type
Original Research

Authors
Fazel Torshizi D.[1] *MA,*
Naji-Azimi Z.*[1] *PhD,*
Kazemi M.[1] *PhD*

How to cite this article
Fazel Torshizi D, Naji-Azimi Z, Kazemi M. Application of Dynamic Locating in long-term Urban Management Planning; the Case Study of Counters Offices of Civil Registration Organization. Geographical Researches. 2020;35(4):307-316.

ABSTRACT

Aims Improving spatial access to public services is one of the effective tasks of urban management to develop urban living standards which provides justly facilitating and benefiting of received services for citizens. The aim of this study was to apply the dynamic locating of public services centers in long-term urban management planning.

Methodology In this applied descriptive research, at first the studied conditions were defined in terms of decision variables, parameters, objective function and limitations by reviewing the research background and experts' opinions. Then the data were collected using databases and expert opinions and finally, mathematical modeling of dynamic locating was performed to maximize the desirability of selecting the counters offices of Civil Registration in Mashhad and the model was solved by the CPLEX solver with the branch and cut algorithm.

Findings While identifying the indicators of desirability of candidate points, the location of offices in urban areas, the time of reopening and closing, and relevant time period were determined. Activity timing and locating offices, covering 80% of the population and suitable geographical distribution with 39 offices were performed, and optimal value of the objective function was achieved in terms of the indicators considered by the stakeholders and maximum desirability.

Conclusion Due to the low performance of static models, demographic changes and demand in the field of urban management, a dynamic model was used to solve this problem to provide a more accurate picture of the time of office creation in each area, the ability to select offices with appropriate reliability for activity. And allocating the customers of every region per period to the best location in terms of providing stakeholder indicators.

Keywords Dynamic Locating; Urban Management; Public Services; Counter Offices

[1]Department of Management, Faculty of Economics and Business Administration, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

***Correspondence**
Address: Department of Management, Faculty of Economics and Business Administration, Ferdowsi University of Mashhad, Azadi Square, Mashhad, Iran. Postal Code: 9177948951.
Phone: +98 (51) 38805352
Fax: +98 (51) 38811243
znajiazimi@um.ac.ir

Article History
Received: June 27, 2020
Accepted: September 02, 2020
ePublished: December 12, 2020

CITATION LINKS

[Antunes A, Peeters D; 2001] On solving complex multi-period ...; [Arabani AB, Farahani RZ; 2012] Facility location dynamics: An ...; [Başar A, et al; 2011] A multi-period double coverage approach for ...; [Basu R, et al; 2018] A health care facility allocation model for expanding cities in developing ...; [Boran F; 2011] An integrated intuitionistic fuzzy multi criteria decision ...; [Castillo-López I, López-Ospina HA; 2015] School location and capacity modification considering the ...; [Djenić A, et al; 2017] A variable neighbourhood search method for ...; [Fredriksson A; 2017] Location-allocation of public services–Citizen ...; [Giménez-Gaydou DA, et al; 2016] Optimal location of battery electric vehicle charging stations ...; [Haase K, et al; 2019] Facility Location in the Public ...; [Hale TS, Moberg CR; 2003] Location science research ...; [Jena SD, et al; 2017] Lagrangian heuristics for large-scale dynamic facility ...; [Klier MJ, Haase K; 2015] Urban public transit network ...; [Leonardi G; 1981] A unifying framework for public facility location problems-part 1: A critical ...; [Lin JR, Yang TH; 2011] Strategic design of public bicycle ...; [Lin JR, et al; 2013] A hub location inventory model for bicycle ...; [Ljubić I, Moreno E; 2018] Outer approximation and submodular cuts for maximum capture ...; [Lotfi H, et al; 2009] Urban management and its place in Promoting Citizens'; [Marianov V, Serra D; 2011] Location of multiple-server common service centers or facilities ...; [Moghimi M, Taghizadeh Yazdi M; 2017] Applying multi-Criteria decision-making (MCDM) methods for economic ranking ...; [Rajagopalan HK, et al; 2008] A multiperiod set covering location model for ...; [ReVelle CS, Swain RW; 1970] Central facilities location ...; [Sadeghi SM, et al; 2012] Prioritizing the barriers of public-Private ...; [Sterle C, et al; 2016] Multi-period location of flow intercepting ...; [Sterle C, et al; 2016] Multi-period location of flow intercepting ...; [Taghipourian F, et al; 2012] A fuzzy programming approach for dynamic ...; [Zheng H, et al; 2017] Traffic equilibrium and charging facility ...

Copyright© 2020, ASP Ins. This open-access article is published under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License which permits Share (copy and redistribute the material in any medium or format) and Adapt (remix, transform, and build upon the material) under the Attribution-NonCommercial terms.

کاربرد مکان‌یابی پویا در برنامه‌ریزی‌های بلندمدت مدیریت شهری؛ مطالعه موردی دفاتر پیشخوان ثبت احوال مشهد

داوود فاضل ترشیزی MA
گروه مدیریت، دانشکده علوم اداری و اقتصاد، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
زهرا ناجی عظیمی* PhD
گروه مدیریت، دانشکده علوم اداری و اقتصاد، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
مصطفی کاظمی PhD
گروه مدیریت، دانشکده علوم اداری و اقتصاد، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

چکیده
اهداف: بهبود دسترسی فضایی در خدمات عمومی یکی از وظایف تاثیرگذار مدیریت شهری برای توسعه استانداردهای زندگی شهری است که زمینه تسهیل و بهره‌مندی عادلانه دریافت خدمات برای شهروندان را فراهم می‌نماید. هدف تحقیق حاضر، کاربرد مکان‌یابی پویای مراکز ارایه خدمات عمومی در برنامه‌ریزی‌های بلندمدت مدیریت شهری بود.
روش‌شناسی: در این مطالعه کاربردی از نوع توصیفی، ابتدا با مرور پیشینه و نظرات خبرگان شرایط مورد مطالعه از نظر متغیرهای تصمیم، پارامترها، تابع هدف و محدودیت‌ها تعریف شد. سپس داده‌های مساله با استفاده از پایگاه‌های اطلاعاتی و نظرات کارشناسان جمع‌آوری و نهایتاً مدل‌سازی ریاضی مکان‌یابی پویا به‌منظور حداکثرسازی مطلوبیت انتخاب دفاتر پیشخوان ثبت احوال در کلانشهر مشهد انجام شد و مدل با بهره‌گیری از حل‌کننده CPLEX با الگوریتم شاخه و برش حل شد.
یافته‌ها: ضمن شناسایی شاخص‌های مطلوبیت نقاط کاندید، مکان استقرار دفاتر در مناطق شهری، زمان بازگشایی و بسته‌شدن و همچنین دوره زمانی مربوطه مشخص شد. زمان‌بندی فعالیت و جانمایی دفاتر با پوشش ۸۰٪ جمعیت و توزیع مناسب جغرافیایی با ۳۹ دفتر انجام و مقدار بهینه تابع هدف از نظر شاخص‌های مدنظر ذی‌نفعان فراهم و مطلوبیت حداکثری حاصل شد.
نتیجه‌گیری: با توجه به کارکرد پایین مدل‌های ایستا و نیز تغییرات جمعیتی و تقاضا در حوزه مدیریت شهری از مدلی پویا برای رفع این مشکل استفاده شد تا ضمن ارایه تصویر دقیق‌تری از زمان ایجاد دفاتر در هر یك از مناطق، قابلیت انتخاب دفاتر با پایایی مناسب برای فعالیت فراهم شود و تخصیص مشتریان هر منطقه در هر دوره به بهترین نقطه مکانی از نظر تامین شاخص‌های ذی‌نفعان صورت پذیرد.

کلیدواژه‌ها: مکان‌یابی پویا، مدیریت شهری، خدمات عمومی، دفاتر پیشخوان

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۴/۰۷
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۶/۱۲
*نویسنده مسئول: znajiazimi@um.ac.ir

مقدمه

با توجه به گام‌های برداشته‌شده در راستای اجرایی‌شدن اصل ٤٤ قانون اساسی به‌منظور خصوصی‌سازی امور دولتی در طول برنامه‌های توسعه (نظیر ایجاد دفاتر پیشخوان ارایه‌دهنده خدمات دولتی)، وظایف و اهداف جدیدی برای تصمیم‌گیران شهری ایجاد شده است. لذا وظایف کنونی مدیریت شهری محدود به مواردی از قبیل برنامه‌ریزی، خدمات‌رسانی و انجام پروژه‌های عمرانی نمی‌شود بلکه آماده‌سازی زیرساخت‌های اساسی و خدمات لازم برای بهبود استانداردهای زندگی شهری، تنظیم فعالیت‌های تأثیرگذار بخش خصوصی بر امنیت، سلامتی و رفاه اجتماعی جمعیت شهری، آماده‌ساختن خدمات و تسهیلات لازم برای پشتیبانی فعالیت‌های بخش خصوصی، از جمله مهم‌ترین وظایف مدیریت شهری به شمار می‌رود [Lotfi *et al*, 2009]. در این راستا با توجه به اینکه قابلیت‌ها و مزیت‌های مکانی به‌دلیل تأثیرپذیری از عوامل متعدد اقتصادی، اجتماعی و محیطی، همواره متفاوت هستند و این مهم باعث برتری برخی از نواحی نسبت به نواحی دیگر می‌شود به این ترتیب شناخت مزیت‌ها و توان محلی نیز از اصول بنیادین آماده‌سازی و برنامه‌ریزی توسعه شهری محسوب می‌شود [Moghimi & Taghizadeh, 2017].

لذا با بهبود دسترسی فضایی زمینه تأثیرگذاری اقتصادی و اجتماعی در بخش‌های مختلف مانند افزایش بهره‌مندی از حقوق شهروندی و سیستم‌های ارایه خدمت فراهم و مهم‌تر از آن تسهیل در امر تصمیم‌گیری برنامه‌ریزان بخش دولتی و درک بهتر از تفکیک‌های مکانی نامناسب خدمات عمومی و تعیین کمیت و کیفیت امکانات رفاهی و تطابق بین تخصیص واقعی و نیازهای شهروندان مشخص می‌شود [Fredriksson, 2017] بنابراین لزوم تعیین مراکز ارایه خدمات برمبنای رصد، پیش‌بینی و کنترل ازدحام و تراکم جمعیت در نقاط مختلف جغرافیایی کلان‌شهرها اهمیت چشمگیری داشته و متناظر آن مکان‌یابی و تعیین محل مطلوب مراکز ارایه‌دهنده خدمات عمومی یکی از مهم‌ترین عوامل در برنامه‌ریزی‌های شهری است. برای بهبود دستیابی به این نقاط بهینه در چنین محیط‌های شهری متراکم، نیاز است این جانمایی‌ها با رویکردی علمی و با بهره‌گیری از فنون تحقیق در عملیات و با مدنظر قراردادن شاخص‌ها و متغیرهای تأثیرگذار و محدودیت‌های موجود در این حوزه مدل‌سازی شود.

آنچه در این راستا قابل اهمیت است توجه به ماهیت خدمات ارایه‌شده و همچنین ساختار تقاضا برای آن خدمات بوده که نگاهی جامعی را در هنگام مدل‌سازی استقرار تسهیلات طلب می‌نماید. در حوزه مسائلی که تغییر، بخش جداناپذیر آن است، تصمیم‌گیری براساس مدل‌های ایستایی که صرفاً شرایط فعلی را در نظر گرفته عملاً کارکرد پایین تصمیمات اتخاذشده را به همراه خواهد داشت زیرا با بروز تغییر شرایط در بلندمدت، نیاز به بازنگری و مدل‌سازی مجدد ضروری خواهد بود. از همین‌رو در این مقاله با توجه به ناکارآمدبودن مدل‌های موجود سعی در گسترش مدل مکان‌یابی پویا در حوزه خدمات عمومی گردید به طوری که در جهت تطابق بیشتر با شرایط دنیای واقعی، مواردی همچون در نظر گرفتن همزمان تغییرات جمعیت و تقاضا برای مراکز ارایه‌دهنده خدمت و همچنین در نظر گرفتن مطلوبیت نقاط کاندید در تابع هدف از نظر ذینفعان

مختلف شامل مردم، دولت و بخش خصوصی در مدل مساله گنجانده‌شد و در نهایت مدل ارایه‌شده، در مساله مکان‌یابی دفاتر پیشخوان سازمان ثبت احوال به‌عنوان یکی از بزرگ‌ترین دستگاه‌هایی که در قالب مشارکت عمومی-خصوصی ارایه خدمات می‌نماید، پیاده‌سازی شد.

براساس نتایج سرشماری سال ۱۳۹۵، شهر مشهد با جمعیت ۳۳۷۲۶۶۰ نفری بیش از ۵۰٪ جمعیت استان خراسان رضوی را دارا است و همچنین ترکیب سنی ۸۶۶۲۸۶ افراد زیر ۱۵ سال حاکی از متقاضیان بالقوه‌ای است که ضمن دریافت غیرمستقیم خدمات عمدتاً در آینده نزدیک متقاضی دریافت خدمات اجتماعی فراگیری هستند، همچنین نرخ رشد طبیعی جمعیت ۲/۱ شهرستان که بالاتر از نرخ رشد استان ۱/۹ در سال ۹۵ است، لزوم برنامه‌ریزی‌های شهری بر مبنای تغییرات جمعیتی را الزام‌آور می‌نمایند. یکی از نوآوری‌های تحقیق حاضر در این است که حوزه تصمیم‌گیری بر پایه منافع سه گروه اصلی لحاظ می‌شود؛ دولت یا سازمان مربوطه به‌عنوان متولی که در پی ارایه خدماتی با کیفیت است، دریافت‌کنندگان خدمات که اهداف خاصی همچون نزدیکی مکان ارایه‌دهنده خدمت به محل سکونت و دسترسی آسان را دنبال می‌نمایند و نهایتاً اهداف مدنظر خصوصی نیز لحاظ می‌شود، همچنین با توجه به ماهیت جمعیت مناطق و تقاضا برای خدمات، پیش‌بینی جمعیت با سه سناریو خوشبینانه، متوسط و بدبینانه نرخ رشد بررسی و به‌منظور اطمینان از پوشش کامل گستره شهری و پوشش حداکثری جمعیت، ضمن استخراج نقاط کاندید تسهیلات، ابتدا نسبت به تشکیل زیرمجموعه‌ای از نقاط کاندید هر منطقه اقدام شد.

به‌طور کلی انتخاب مکان فعالیتی مهم در برنامه‌ریزی استراتژیک بخش دولتی و خصوصی در حوزه مسائل تصمیم‌گیری چندمعیاره است. مسائلی که با توجه به در برگرفتن کمیت و کیفیت معیارها، روش‌های سنتی مکان‌یابی نمی‌تواند در آنها به‌طور موثر به کار گرفته شود زیرا در بسیاری از شرایط توانایی اندازه‌گیری اطلاعات به صورت دقیق وجود ندارد [Boran, 2011].

در این میان در چارچوب ادبیات مدیریت عمومی، مشارکت عمومی-خصوصی یک نوع رویه سازمان‌یافته جهت مشارکت بخش خصوصی در اقتصاد به‌منظور تأمین خدمات عمومی است [Sadeghi *et al.*, 2012] که دفاتر پیشخوان نمونه‌ای از این نوع مشارکت هستند. اولین بررسی مکان‌یابی تسهیلات عمومی توسط *رول و سوآین* [Revelle & Swain, 1970] مورد توجه قرار گرفته است. در بخش عمومی عمدتاً هدف مینیمم‌کردن هزینه مراجعین برای به‌دست‌آوردن سطحی از خدمات است که تقریبا متضاد با اهداف مدل‌های موجود در بخش خصوصی است. در واقع استراتژی اصلی مسائل مکان‌یابی بخش عمومی، انتخاب یک مجموعه بهینه از مکان‌ها از بین مجموعه‌ای از محل‌های کاندید با هدف ارایه خدمات به تمام جمعیت و یا حداکثر جمعیت امکان‌پذیر، است؛ بنابراین موضوع قابل اهمیت در تفاوت توابع هدف مسایل مکان‌یابی، ماهیت خصوصی و عمومی‌بودن مسائل است. بر خلاف مسائل بخش خصوصی که هدف آنها تحقق سود حداکثری و هزینه حداقلی است، در مکان‌یابی عمومی، هدف به حداکثررساندن خدمات و یا نمایش تصویر خوبی از سازمان ارایه‌دهنده خدمت، با به حداقل‌رساندن نارضایتی مشتریان از طریق کاهش هزینه مربوط به سفر و زمان انتظار است [Marianov & Serra, 2011].

از سویی دیگر در حوزه مکان‌یابی عمومی تغییر مکان تسهیلات، جریان‌های جدید ترافیکی ایجاد و بر شبکه حمل‌ونقل نیز تأثیر می‌گذارند. همچنین، یک توزیع جغرافیایی جدید از تسهیلات، توزیع جدیدی از ارزش زمین و اولویت سکونت‌گزینی را ایجاد می‌کند. همچنین تغییرات در شبکه حمل‌ونقل و محل سکونت خانوارها منجر به تغییر در مکان‌های تسهیلات می‌شود. لذا یک رویکرد سیستمی به مسائل با در نظر گرفتن تعاملات میان زیرسیستم‌های اصلی سیستم شهری، از جمله مسکن، حمل‌ونقل و سایر خدمات ضروری است [Leonardi, 1981] بنابراین مدل‌سازی علمی در مسائل مکان‌یابی در بستر خدمات عمومی، ضمن تسهیل و افزایش کارایی سازمان ارایه‌دهنده خدمت، منجر به کاهش سفرهای درون‌شهری، کاهش ترافیک شهری و دسترسی به موقع شهروندان به مراکز ارایه خدمت، حداکثرسازی پوشش تقاضا و دریافت خدماتی با کیفیت از سوی مراجعین می‌شود و حداقل‌سازی هزینه‌های اجتماعی و ایجاد اطمینان از برابری حقوق اجتماعی را نیز فراهم می‌سازد [Haase *et al.*, 2019].

علی‌رغم فراگیری مدل‌های مکان‌یابی عمومی قطعی با این وجود ممکن است شرایطی وجود داشته باشد که پارامترهای موثر (مانند جمعیت، روند بازار، هزینه‌های توزیع، الگوهای تقاضا، عوامل محیطی و غیره) در طول زمان تغییر و یا اصلاح شوند. در حقیقت در اکثر مسائل دنیای واقعی این تغییرات معمولا رخ می‌دهد و باید اقداماتی برای اصلاح، انتقال و یا تطبیق تسهیلات با شرایط جدید صورت پذیرد؛ بنابراین به جای مدل‌های قطعی استفاده از مدل‌های پویا برای چنین مسائلی ضروری است. در واقع این مدل‌های قطعی را می‌توان اینگونه به مدل‌های پویا اصلاح نمود که در آن چند دوره زمانی به جای یک دوره زمانی در نظر گرفته شده و در هر دوره زمانی یک مکان بهینه معرفی می‌شود [Hale & Moberg, 2003].

مدل‌های پویا در مقایسه با حالت کلاسیک آن دارای مزایای متعددی هستند به ویژه زمانی که تغییرات تقاضا در طول زمان وجود داشته باشد، به‌عنوان نمونه برای یک منطقه با جمعیت پویای در حال افزایش، مسائل مکان‌یابی پویا جهت مراکز مختلفی همچون بیمارستان‌ها و ایستگاهای آتش‌نشانی و سایر خدمات عمومی باید مورد توجه قرار گیرد و یا در یک منطقه گردشگری که الگوهای تقاضا دارای تغییرات محسوسی است تعیین مکان تسهیلات مورد نیاز می‌تواند براساس زمان و مکان تقاضاهای مربوطه جانمایی شود. در مسائل مکان‌یابی پویا دو معیار اصلی که تصمیم‌گیری برای شناسایی مکان مناسب را شکل می‌دهند که عبارتند از: الف) هزینه‌های ایجاد و یا بازنگری و توسعه در تسهیلات فعلی و جدید و منافع حاصل از این تصمیمات. تسهیلاتی مثل انبارها، مراکز

توزیع، بیمارستان‌ها، مراکز تفریحی، مدارس و موارد مشابه.
ب) زمانی که برای باز یا بسته‌شدن تسهیلات در طول افق برنامه‌ریزی در نظر گرفته می‌شود ولی به‌طور کلی عواملی که استفاده از مدل‌های پویا در مکان‌یابی را ضروری ساخته است شامل موارد زیر می‌شود: ۱) تغییر و عدم قطعیت که مربوط به برنامه‌ریزی برای وضعیت‌های آینده است مانند تغییرات ناشی از زمان و عدم قطعیت ناشی از محدودیت دانش درباره پارامترهای ورودی ۲) تغییرات اوزان پارامترهای تسهیلات ۳) وابستگی متغیرها ٤) تعداد جابجایی‌ها ٥)تعداد تسهیلات جابجاشده ٦) زمان جابجایی [Arabani & Farahani, 2012].

در حوزه خدمات عمومی شهری تحقیقات مختلفی با رویکرد مدل‌سازی ریاضی صورت پذیرفته است از جمله می‌توان به حوزه مکان‌یابی محل استقرار مراکز خدمات درمانی، ایستگاه‌های دوچرخه اشتراکی، ایستگاه‌های شبکه حمل‌ونقل عمومی، محل احداث کتابخانه، مدارس و مراکز پشتیبانی بحران اشاره نمود. *آنتونس و پیترز* [Antunes & Peeters, 2001] مساله مکان‌یابی پویای تسهیلات در خصوص برنامه‌ریزی شبکه مدارس ارایه نمودند، در این مدل بسته‌شدن و یا کاهش تسهیلات امکان‌پذیر و هزینه‌های ثابت به ظرفیت و هزینه متغیر به میزان مراجعه بستگی دارد. *راجاگاپلان* و همکاران [Rajagopalan *et al.*, 2008] یک مدل چند دوره‌ای برای مکان‌یابی آمبولانس‌ها ارایه نمودند، هدف تعیین حداقل تعداد آمبولانس‌ها و مکان آنها برای هر دوره زمانی است که تغییرات قابل توجهی در الگوی تقاضا رخ می‌دهد که از مدل شبیه‌سازی جامع برای محاسبه احتمال مشغول‌بودن سرورها و ارزیابی نتیجه پوشش استفاده شد. *باسر* و همکاران [Başar *et al.*, 2011] نیز یک مساله مکان‌یابی پویای تسهیلات چند دوره‌ای را برای مکان‌یابی خدمات اورژانس پزشکی توسعه دادند، هدف از این مساله حداکثرکردن تعداد مشتریانی است که دو بار در طول دوره زمانی پوشش می‌یابند. *لین و یانگ* [Lin & Yang, 2011] به مدل‌سازی مساله با رویکرد برنامه‌ریزی استراتژیک در زمینه ایستگاه‌های اشتراک دوچرخه با در نظر گرفتن منافع کاربران و سرمایه‌گذاران پرداختند با توجه به علایق ذینفعان، مدل به تعیین تعداد و مکان ایستگاه، ساختار شبکه و مسیرهای سفر بین ایستگاه‌ها پرداختند. *لین* و همکاران [Lin *et al.*, 2013] با در نظر گرفتن تعداد و موقعیت ایستگاه‌های دوچرخه، ایجاد خطوط دوچرخه و انتخاب مسیر بین ایستگاه‌ها و سطح موجودی امکانات اشتراک دوچرخه را مورد بررسی قرار داده و تصمیماتی با توجه به هزینه کل و سطح خدمات اتخاذ شد. *تقی پوریان* و همکاران [Taghipourian *et al.*, 2013] یک رویکرد برنامه‌ریزی فازی در خصوص مساله مکان‌یابی پویای هاب مجازی در حوزه شبکه حمل‌ونقل عمومی با هدف کمینه‌سازی هزینه حمل‌ونقل درون شبکه ارایه نمودند. *کلیر و هاس* [Klier & Haase, 2015] با توجه به تأثیر مکان توقف وسایل حمل‌ونقل عمومی بر زمان سفر و همچنین تقاضای مورد انتظار یک مدل برنامه‌ریزی خطی با رویکرد مطلوبیت تصادفی برای مساله بهینه-سازی ایستگاه‌های اتوبوس ارایه نمودند. *لوپز و اسپینا* [López & Ospina, 2015] یک مدل مکان‌یابی مدارس را با هدف حداقل‌کردن هزینه‌های عملیاتی و زمان سفر، حداکثرنمودن متوسط دانش آموزان ثبت‌نام شده و به حداقل‌رساندن تعداد مدارس با کلاس‌های چندطبقه ارایه نمودند. *استرل* و همکاران [Sterle *et al.*, 2016] به بررسی مکان‌یابی چند دوره‌ای در سیستم حمل‌ونقل جهت مدیریت بهتر ترافیک شهری با هدف حداقل‌سازی تعداد تسهیلات و هزینه جابجایی با روش برنامه‌ریزی خطی عدد صحیح پرداختند. *جیمنز* و همکاران [Gim´enez-Gaydou *et al.*, 2016] با رویکرد پوشش مناطق شهری مدل مکان‌یابی-تخصیص با تحلیل نیازها برای تعیین محل ایستگاه شارژ وسیله نقلیه الکتریکی با حداکثر میزان پوشش ارایه نمودند. *ژنگ* و همکاران [Zheng *et al.*, 2017] به بررسی مکان ایستگاه‌های شارژ پرداختند در سطح اول با هدف هزینه‌های عمومی حداقلی، به محاسبه زمان سفر و مصرف انرژی و در سطح دوم با هدف حداقل‌کردن هزینه‌های فردی به ایجاد تعادل در ترافیک پرداختند. *دجنیک* و همکاران [Djeni´c *et al.*, 2017] مساله تعیین مکان برای مراکز درمانی با هدف حداقل‌نمودن حداکثر تعداد بیماران اختصاص داده‌شده به هر مرکز را مورد بررسی قرار دادند. *جنا* و همکاران [Jena *et al.*, 2017] مساله مکان‌یابی پویای استقرار تجهیزات در موارد بحران در شهر را تعریف نمودند آنها در این مدل چند دوره‌ای، هزینه تغییر ظرفیت، امکان بستن تسهیلات موقتی و یا گسترش و کاهش ظرفیت را درنظر گرفتند. *لجوبیک و مورنو* [Ljubi´c & Moreno, 2018] در پژوهش خود به مکان‌یابی ایستگاه‌های استقرار حمل‌ونقل عمومی درون‌شهری با رویکرد کاهش هزینه استقرار پرداختند. *باسو* و همکاران [Basu *et al.*, 2018] با تمرکز بر وضعیت اقتصادی اجتماعی بیماران هر منطقه، با هدف کاهش شکاف دسترسی به مراکز بهداشتی و درمانی یک مدل بهینه‌سازی ارایه نمودند.
هدف تحقیق حاضر، کاربرد مکان‌یابی پویای مراکز ارایه خدمات عمومی در برنامه‌ریزی‌های بلندمدت مدیریت شهری بود.

روش‌شناسی

این مطالعه به لحاظ هدف از نوع کاربردی و از نظر روش با توجه به ماهیت مدل‌سازی ریاضی در علم تحقیق در عملیات در زمره تحقیقات توصیفی-کمی است که برای تعیین نقاط بهینه از بین نقاط کاندید، یک مدل ریاضی گسترش‌یافته مکان‌یابی پویا با هدف حداکثرسازی مطلوبیت نقاط منتخب در شهر مشهد پیشنهاد نمود. برای این منظور در گام اول در مرحله توصیف با مرور پیشینه تحقیق و نظرات خبرگان، شرایط مورد مطالعه از نظر متغیرهای تصمیم، پارامترها، تابع هدف و محدودیت‌ها تعریف شد. در گام دوم داده-های مساله با استفاده از پایگاه‌های اطلاعاتی و نظرات کارشناسان جمع‌آوری و در گام سوم مدل‌سازی ریاضی در راستای اهداف مساله انجام شد و در گام چهارم برای حل مساله، ابتدا محاسبات اولیه با نرم‌افزار EXCEL به‌منظور برآورد برخی از پارامترها از جمله جمعیت

براساس سه سناریو و حجم تقاضا انجام و در گام آخر از نرم‌افزار OPL 12.6 استفاده شد و با بهره‌گیری از قابلیت حل‌کننده CPLEX با الگوریتم شاخه و برش (Cut and Branch) مدل پیشنهادی حل شد.

مدل‌سازی مساله

این تحقیق در یک افق زمانی ۲۰ساله که از چهار دوره زمانی ۵ساله تشکیل شده است به دنبال تحقق موارد زیر بود:

۱) تعداد بهینه دفاتر مورد نیاز در هر دوره زمانی، و ۲) مکان‌یابی بهینه دفاتر مورد نیاز در کل افق برنامه‌ریزی و به تفکیک هر دوره

فرض‌های مساله

- فضای مکان‌یابی: مجموعه نقاط بالقوه (کاندید) برای احداث دفاتر در ۱۲ منطقه شهر مشهد و ۳۳ زیرمنطقه آن که به صورت گسسته در ابتدای افق برنامه‌ریزی براساس شاخص‌های این حوزه و با استفاده از لایه‌های GIS و نقشه شهر مشخص می‌شود.

هزینه: از آنجا که دفاتر به بخش خصوصی واگذار می‌شود هزینه استقرار و هزینه افزایش ظرفیت دفاتر در نظر گرفته نمی‌شود.

جدول ۱) مجموعه اندیس‌های مدل مساله تحقیق

نماد	توضیح
I	مجموعه اندیس‌های مرتبط با نقاط مشتری هر منطقه $i\epsilon I = \{1, \dots, m\}$
N_i	مجموعه تسهیلاتی که در شعاع ε از مشتری i ام قرار دارند. $N_i = \{j\epsilon J \vert d_{ij} \le \varepsilon\}$
J	مجموعه نقاط بالقوه تسهیلات $j\epsilon J = \{1, \dots, n\}$
T	مجموعه بازه‌های زمانی $t\epsilon T = \{1, \dots, \rho\}$

جدول ۲) مجموعه پارامترهای مدل مساله تحقیق

نماد	توضیح
m	تعداد نقاط مشتری
n	تعداد نقاط تسهیلات
ρ	تعداد دوره‌های افق برنامه‌ریزی
D_{ij}	فاصله اقلیدسی بین مشتری i ام تا تسهیل j ام
α	حداکثر درصد مجاز افزایش ظرفیت هر تسهیل
r_{it}	متوسط تقاضا در نقطه مشتری i ام در دوره t ام
β	متوسط ظرفیت پاسخگویی یک تسهیل
U_{jkt}	مطلوبیت بازگشایی تسهیل j ام از منظر شاخص k ام در دوره t ام
P_{jkt}	مطلوبیت بازگشایی تسهیل j ام از منظر شاخص k ام بخش خصوصی در دوره t ام
G_{jkt}	مطلوبیت بازگشایی تسهیل j ام از منظر شاخص k ام دولت در دوره t ام
C_{jkt}	مطلوبیت بازگشایی تسهیل j ام از منظر شاخص k ام مردم در دوره t ام
P_t	متوسط جمعیت در دوره t ام که یک پارامتر فازی است.
λ	درصدی که بر مبنای آن حداکثر تعداد تسهیل در هر دوره مشخص می‌شود.
K	تعداد کل شاخص‌های مورد بررسی در مطلوبیت دفاتر

حجم جمعیت: با توجه به ماهیت غیرقطعی جمعیت و از طرفی از آنجا که هر دوره شامل چندین سال است و جمعیت در هر سال متفاوت است، این پارامتر ذاتاً دارای یک بازه است که عدد اول آن، جمعیت در اولین سال هر دوره و عدد دوم آن، جمعیت در سال انتهایی آن دوره را نشان می‌دهد که در این تحقیق، متوسط جمعیت در هر دوره در نظر گرفته می‌شود.

ماهیت تقاضا: متوسط تقاضای مشتریان در هر دوره r_{it} بر پایه جمعیت هر منطقه وارد مدل می‌شود.

ظرفیت تسهیلات: ظرفیت دفاتر در سال ابتدایی ایجاد، محدود و در صورت استمرار در سال‌های آتی افزایش می‌یابد (جدول ۱، ۲).

متغیرهای تصمیم‌گیری

$x_{jt} = 1$ اگر تسهیل j ام در دوره t ام فعال باشد،

$x_{jt} = 0$ در غیر اینصورت

$y_{ijt} = 1$ اگر نقطه مشتری i به تسهیل j در دوره t تخصیص یابد،

$y_{ijt} = 0$ در غیر این صورت

πx_{jt} درصد (کسر) افزایش ظرفیت تسهیل j ام در بازه t ام

مدل تحقیق

(۱)

$$\max z = \sum_{t=1}^{\rho} \sum_{k=1}^{K} \sum_{j=1}^{n} U_{jkt}\, x_{jt}$$
$$\sum_{j=1}^{n} x_{jt} \le \lambda \times P_t \qquad \forall\, t\epsilon\, T$$

(۲)

$$\sum_{j\epsilon N_i} y_{ijt} = 1 \quad \forall\, i\epsilon\, I, \forall\, t\epsilon\, T$$

(۳)

$$\pi x_{jt} \le \alpha \times x_{jt} \qquad \forall\, j\epsilon\, J, \forall\, t\epsilon\, T$$

(٤)
$$\sum_{i=1}^{m} r_{it}\, y_{ijt} \le \beta\left(x_{jt} + \pi x_{jt}\right) \forall\, j\epsilon\, J, \forall\, t\epsilon\, T$$

(۵) متغیرهای باینری

$$x_{jt}\ y_{ijt}\epsilon\{0, 1\} \ \forall\, i\epsilon\, I, \forall\, j\epsilon\, J, \forall\, t\epsilon\, T$$

(٦) متغیرهای بین صفر و یک $0 \le \pi x_{jt} \le 1 \ \forall\, j\epsilon\, J, \forall\, t\epsilon\, T$

تابع هدف

در این تحقیق حداکثرسازی مطلوبیت نقاط کاندید در کل افق برنامه-ریزی در تابع هدف از نظر ذی‌نفعان مختلف شامل مراجعین، دولت و بخش خصوصی با سه دسته شاخص اصلی در نظر گرفته شد. لذا با تغییر متغیر U_{jkt} مطلوبیت بازگشایی تسهیل j ام از منظر شاخص k ام در دوره t ام، شاخص‌ها از دیدگاه ذی‌نفعان تعریف شد. بنابراین k شاخص تعیین و C_k نشان‌دهنده شاخص k ام از دیدگاه مراجعین، P_k نشان‌دهنده شاخص k ام از دیدگاه بخش خصوصی و G نشان‌دهنده شاخص k ام از دیدگاه دولت است. برای به‌دست‌آوردن شاخص‌های مدنظر بخش خصوصی از کارشناسان انجمن صنفی دفاتر پیشخوان شهر مشهد و برای شاخص‌های مدنظر دولت از کارشناسان تیم ارزیابی دفاتر پیشخوان سازمان ثبت احوال، دفتر مطالعات سازمان اتوبوس‌رانی و دفتر آمار، پژوهش و مطالعات راهبردی شهرداری مشهد استفاده شد. با توجه به ماهیت مقیاس-

های متفاوت مقادیر پارامترها در تابع هدف، ابتدا مقادیر شاخص‌ها از دیدگاه ذی‌نفعان مختلف با استفاده از روش بی‌مقیاس‌سازی خطی، نرمالایز شد.

(۸) اگر شاخص مثبت باشد:

$$n_{ij} = \frac{a_{ij}}{\max\left(a_{ij}\right)}$$

(۹) اگر شاخص منفی باشد:

$$n_{ij} = \frac{\min\ (a_{ij})}{a_{ij}}$$

سپس با فرض یکسان‌بودن اهمیت شاخص‌های مختلف، اجزای تابع هدف در یک تابع هدف کلی تجمیع شد. بنابراین تابع هدف مساله به صورت زیر و از نوع بیشینه‌سازی بازنویسی شد:

(۱۰)

$$\max z = \sum_{t=1}^{\rho}\sum_{k=1}^{K}\sum_{j=1}^{n} G_{jkt}\, x_{jt} + \sum_{t=1}^{\rho}\sum_{k=1}^{K}\sum_{j=1}^{n} C_{jkt}\, x_{jt} + \sum_{t=1}^{\rho}\sum_{k=1}^{K}\sum_{j=1}^{n} P_{jkt} x_{jt}$$

جزء اول تابع هدف، مطلوبیت نقاط تسهیلات با توجه به شاخص‌های دولت، جزء دوم، مطلوبیت نقاط با توجه به شاخص‌های مدنظر مشتری و نهایتاً جزء سوم، مطلوبیت تسهیلات با توجه به شاخص‌های مدنظر بخش خصوصی است.

برای محاسبه فاصله نقاط کاندید تسهیلات تا مرکز ثقل هر منطقه و تشکیل N_i (مجموعه تسهیلاتی که در شعاع ε از مشتری i ام قرار دارند) از فاصله اقلیدسی استفاده شد.

(۱۱)

$$F\{(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_{160}, y_{160})\} = \sqrt{\left(x_j - x_k\right)^2 + \left(y_j - y_k\right)^2} \quad \forall_{jk}$$

(۱۲)

$$D_{ij} = \sqrt{\left(x_j - a_i\right)^2 + \left(y_j - a_i\right)^2} \qquad \forall_{ji}\ i = 1, \dots, m \qquad j = 1, \dots, n$$

که در آن، (a_i, b_i) مختصات مرکز ثقل منطقه i ام و (y_j, y_j) مختصات نقطه کاندید دفتر j ام است.

محدودیت‌های مدل

محدودیت (۲) تضمین می‌کند در هر دوره حداکثر تعداد تسهیلاتی که می‌توانند فعالیت کنند محدود و حداکثر برابر با λ درصد جمعیت شهر در آن دوره است. محدودیت (۳) بیان می‌کند در هر دوره هر نقطه مشتری باید دقیقاً به یک تسهیل در همسایگی ε از آن تخصیص داده شود. نامساوی (٤) نشان‌دهنده آن است که در هر دوره هر تسهیل در صورتی می‌تواند افزایش ظرفیت داشته باشد که تسهیل در آن دوره فعال باشد و از طرفی حداکثر میزان افزایش ظرفیت در هر دوره، β درصد است. همچنین نامساوی (۵) در هر دوره بیان می‌کند هر تسهیل حداکثر به میزان مجموع ظرفیت پایه و ظرفیت مازاد خود می‌تواند پاسخگوی تقاضای مشتریان باشد. از طرفی اگر تسهیلی در دوره t ام فعال نباشد، به تبع آن طبق محدودیت سوم افزایش ظرفیت هم ندارد. در این تحقیق برای محاسبه رشد جمعیت از تابع رشد هندسی استفاده شد:

$$P_t = P_0(1 + r)^t \qquad (۱۳)$$

در فرمول فوق، P_t جمعیت در زمان t و P_0 جمعیت سال پایه است. با توجه به ماهیت رشد جمعیت، پارامتر نرخ رشد r برمبنای سه نوع سناریوی ۱) بدبینانه P^l، ۲) طبیعی P^m و ۳) خوش‌بینانه P^u محاسبه شد. برای به‌دست‌آوردن $P_{t_{ave}}$ متوسط جمعیت در دوره t ام از رابطه زیر استفاده می‌شود. P_{St} جمعیت سال اول دوره t ام و P_{Et} جمعیت سال آخر دوره t ام است. همچنین با توجه به ماهیت پویایی مساله، ضریب اهمیت جمعیت سال پایانی یک دوره w_i به مراتب بیشتر از سنوات ابتدای دوره است، لذا میانگین موزون جمعیت $P_{t_{ave}}$ مدنظر قرار گرفته است.

$$P_{St}\left({P_{St}}^l, {P_{St}}^m, {P_{St}}^u\right) \qquad (۱٤)$$

$$P_{Et} = \left({P_{Et}}^l, {P_{Et}}^m, {P_{Et}}^u\right) \qquad (۱۵)$$

$$P_{t_{ave}} = \left(\frac{\sum_{i=S}^{E} w_i {P_i}^l, \sum_{i=S}^{E} w_i {P_i}^m, \sum_{i=S}^{E} w_i {P_i}^u}{\sum_{i=1}^{n} w_i}\right) \qquad (۱٦)$$

بنابراین محدودیت شماره ۲ به صورت زیر بازنویسی می‌شود:

$$\sum_{j=1}^{n} x_{jt} \le \lambda \times \left(\frac{\sum_{i=S}^{E} w_i {P_i}^l, \sum_{i=S}^{E} w_i {P_i}^m, \sum_{i=S}^{E} w_i {P_i}^u}{\sum_{i=1}^{n} w_i}\right) \quad \forall\, t \epsilon\, T \qquad (۱۷)$$

به‌منظور برآورد پارامتر تقاضا، سهم جمعیت منطقه i ام نسبت به متوسط جمعیت دوره t ام $P_{t_{ave}}.v_i$، ضریب وزنی رشد ولادت منطقه i ام $B.w_i$، ضریب وزنی وفات منطقه i ام $D.w_i$ همچنین سرانه تقاضای سنوات گذشته De_i منطقه i ام مورد محاسبه قرار گرفت:

$$r_{it} = \frac{P_{t_{ave}}.v_i + B_i.w_i + D_i.w_i}{3} + De_i \qquad (۱۸)$$

یافته‌ها

مشخصات مساله از نظر افق برنامه‌ریزی ۲۰ساله، تعداد ٤ دوره، ۱٦۰ نقطه کاندید و تعداد مناطق مشتریان برابر ۳۳ در نظر گرفته شد.

جدول ۳) جمعیت برآوردشده شهر مشهد به تفکیک هر دوره با سه سناریوی نرخ رشد

افق برنامه‌ریزی	خوش‌بینانه	طبیعی	بدبینانه
دوره اول	۳۱۳۳۱۲۷	۳۱۲۰۵۷۵	۳۱۱٤۳۱۸
دوره دوم	۳۳۵۹٤۹۲	۳۳۱۳۰۵۷	۳۲۹۰۰۵۵
دوره سوم	۳٦۰۲۱۵۳	۳۵۱۷۳٦۷	۳٤۷۵٦۷۲
دوره چهارم	۳۸٦۲۲۸۲	۳۷۳٤۲۳۵	۳٦۷۱۷۲٦

با توجه به نظر خبرگان سایر پارامترهای مساله نیز شامل شعاع پوشش (ε) ۲۵۰۰متر، ضریب تعیین حداکثر تعداد تسهیلات (λ) ۰/۰۰۰۰۱ جمعیت و همچنین درصد مجاز افزایش ظرفیت هر تسهیل (α) ۰/۱ با توجه به شرایط و امکانات پشتیبانی سازمان از دفاتر در نظر گرفته شد.

همچنین نتایج محاسبات جمعیتی برآوردشده شهر مشهد براساس نتایج سرشماری سال ۱۳۹۵ به‌عنوان جمعیت پایه طی افق برنامه-ریزی با سه سناریو مشخص شد (جدول ۳).

پارامترهای مدل براساس داده‌های موجود در پایگاه اطلاعاتی سازمان‌های ذی‌ربط و همچنین نظرات خبرگان اداره کل ثبت احوال، شرکت اتوبوس‌رانی شهر مشهد و شهرداری مشهد استخراج شد (جدول ٤).

اطلاعات تعداد ۱٦۰ نقطه که شامل دفاتر فعال پیشخوان دولت در سطح شهر هستند از نقشه‌های GIS استخراج شد. همچنین با استفاده از نظرات خبرگان و با بهره‌گیری از لایه‌های اطلاعات جغرافیایی، سایر نقاط بالقوه که شرایط احداث دفاتر را داشتند نیز شناسایی شدند. بردار مختصات طول و عرض جغرافیایی مرکز مشتریان و مکان تسهیلات با استفاده از نقشه‌های GIS برای هر یک از نقاط به دست آمد (جدول ٥).

براساس نتایج به‌دست‌آمده از حل مدل طی چهار دوره، تعداد بهینه مراکز به گونه‌ای بود که حداکثر پوشش از نظر جمعیت و گستره شهری صورت پذیرفته بود. وضعیت تغییرات اجزای تابع هدف نیز بیانگر بهبود مطلوبیت از دیدگاه ذی‌نفعان بود (جدول ٦).

جدول ٤) نمونه‌ای از شاخص‌های مطلوبیت نقاط از دیدگاه ذی‌نفعان مختلف

شاخص‌های مطلوبیت/نقاط	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5
از دیدگاه مردم					
حجم ترافیک	۱	۳	۳	٤	۱
پارکینگ عمومی	۰	۰	۱	۲	۰
پارکینگ حاشیه‌ای	٤	٤	۳	٤	۰
از دیدگاه دولت					
دسترسی مترو	۱	۰	۰	۲	۰
نزدیکی به ایستگاه تاکسی	۰	۳	٤	٤	۰
تعداد خطوط اتوبوس	۳	۳	٥	٤	۱
فاصله تا اتوبوس (متر)	٥۰۰	۱۰۰	۲٥	۱۷٥	۲۰۰
مساحت (هکتار)	۲۰٦	۱۰۸	۳۷۳	۲٤۹	۸۰
از دیدگاه بخش خصوصی					
تعداد بلوارها یا خیابان	۱	۲	۲	۲	۱
نزدیکی به بلوار اصلی	۳	٥	٤	٥	٤
مراجعه از سایر مناطق	۱	۰	٤	٥	۱
حجم تردد ساکنین	۱	۲	٥	٥	۱
جمعیت کل	۳٤۸۷۷	۱٤۱۹٤	۲٥۰۸۲	٤۲۳۹۲	۱۱۰٥۹
تعداد کل خانوار	۱۱۱٦۰	٤۲٤٦	۷٦۱۳	۱۳۰۳۷	۳۱٦٦

جدول ٥) نمونه‌ای از موقعیت طول و عرض جغرافیایی تسهیلات کاندید و مشتریان

شماره تسهیل	موقعیت جغرافیایی تسهیل	شماره مشتری	موقعیت جغرافیایی	حجم تقاضای برآوردشده (روزانه)			
				دوره اول	دوره دوم	دوره سوم	دوره چهارم
۱	(۳٦/۳٤۹۱٥۰ و ٥۹/٤۷۱۷۸۰)	۱	(۳٦/۳۱٤۹٤٦ و ٥۹/٥٦۰۰۱۱)	۷۷	۸۱	۸۷	۹۳
۲	(۳٦/۳٥۲۲۷۷ و ٥۹/٥۱۳٦۰٥)	۲	(۳٦/۳۳٥۱۰۳ و ٥۹/٥۷۲۷۱٤)	٤۸	٥۰	٥۳	٥۷
۳	(۳٦/۳٦٤۲٥٤ و ٥۹/٥۲۸۰۰۳)	۳	(۳٦/۳۲۱۸۷۸ و ٥۹/٦۳۹۷۲٤)	۲٤۸	۲٥۹	۲۸۰	۲۹٤
٤	(۳٦/۳۷۲٤٤٤ و ٥۹/٥۱۳۲۲۹)	٤	(۳٦/۳۱٥٦۷٥ و ٥۹/٦۷٥۳۸۷)	۱۲۰	۲۱۳	۲۲۲	۲۳۸
٥	(۳٦/۳۹۱۱۲۸ و ٥۹/٥۲۲۱۷٥)	٥	(۳٦/۲۹٦۰۱۸ و ٥۹/٦۸۳۲۱٥)	۱۲۳	۱۳۱	۱٤۳	۱٥۱

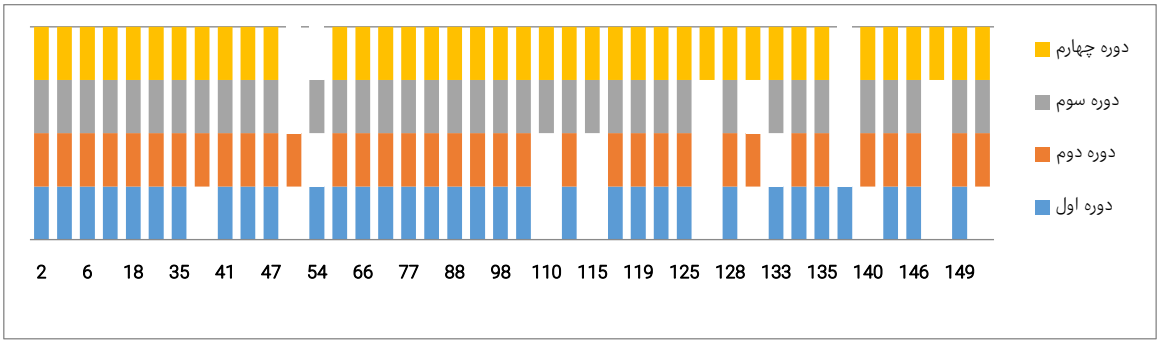
جدول ٦) نتایج به‌دست‌آمده از حل مساله به تفکیک هر دوره

نتایج به‌دست‌آمده	دوره اول	دوره دوم	دوره سوم	دوره چهارم
تعداد تسهیلات	۳۳	۳٥	۳۷	۳۹
جمعیت پوشش‌داده‌شده	۲۱۲٤٦۷۸	۲٤٦٤٦۱۲	۲۷۲۰۷۸۱	۳۰۰۲۳۸۰
مساحت تحت پوشش (هکتار)	۱۰۰۲۸	۱۰٤۲۲	۱۰٥۱۱	۱۰۹۸٦
تعداد خانوار	۲۲۹۰۹۲	۲٥٤۱۲٦	۲٥۹۰٥۹	۲۸۲۳۳۲
اجزای تابع هدف مطلوبیت				
دولت	۳۳۳/۳۹۰	۳۹۱/۸٥۳	۳۹۸/۰۷۸	٤٥۸/۸۳۳
مشتری	۲۹۰/۱۷۸	۳۲۳/۳٦٥	۳۲۸/۱۷۷	۳٥٤/۲۰۳
بخش خصوصی	٤۷۷/٦۸۲	٥۳۳/٦۰۸	٥٥٦/۸۳۲	٦۱۰/۷۸۳
کل	۱۱۰۱/۲٥۰	۱۲٤۸/۸۲٦	۱۲۸۳/۰۸۷	۱٤۲۳/۸۱۹

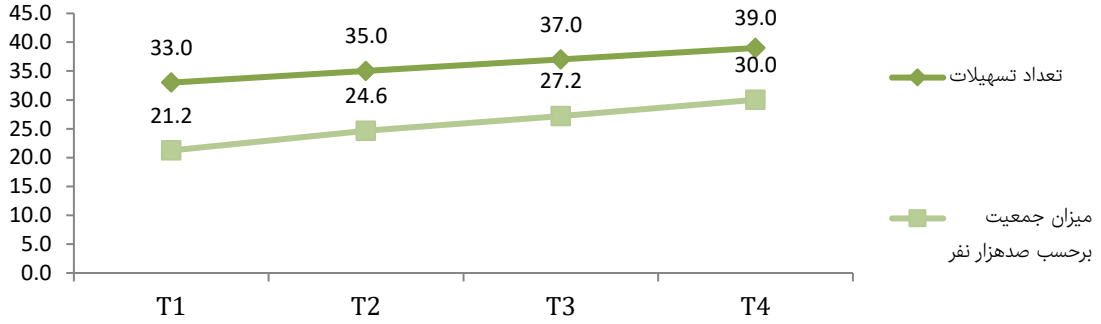
نقاط منتخب و بهترین دوره زمانی برای بازگشایی هر یک از تسهیلات در نمودار ۱ مشخص شده است؛ به‌عنوان نمونه دفتر شماره ٤۰ از دوره دوم به بعد مشخص شده است و دفتر شماره ٥۲ فقط در دوره دوم کارایی دارد. دفتر شماره ۱۲۹ نیز در دوره دوم فعال و پس از بسته‌شدن در دوره سوم مجدداً در آخرین دوره باید بازگشایی شود. همچنین شماره ۱۲۷ صرفاً در آخرین دوره افق برنامه‌ریزی می‌بایست فعال شود. لذا دفاتری که در تمام دوره‌ها انتخاب شدند با توجه به کارایی بالاتر می‌توانند نسبت به سایر دفاتر در اولویت بالاتری برای

فعالیت قرار گیرند (نمودار ۱).

همچنین با توجه به نتایج به‌دست‌آمده در خصوص جمعیت پوشش داده‌شده توسط نقاط کاندید منتخب، مشخص شد در دوره اول حدوداً ٦٨٪ متوسط جمعیت پیش‌بینی‌شده توسط ۳۳ دفتر، در دوره دوم ٧٤٪ توسط ۳۵ دفتر، در دوره سوم ٧٧٪ توسط ۳۷ دفتر و در دوره چهارم بیش از ۸۰٪ جمعیت شهری تحت پوشش ۳۹ نقطه برگزیده‌شده قرار دارد که نشان‌دهنده کارایی و کارکرد بالای مدل‌های پویا در حوزه مسایل مکان‌یابی خدمات عمومی است (نمودار ۲).



نمودار ۱) دفاتر منتخب و وضعیت تغییرات آن به تفکیک هر یک از دوره‌های زمانی



نمودار ۲) وضعیت روند تغییرات در میزان جمعیت و تعداد تسهیلات

جانمایی نقاط منتخب برای فعالیت دفاتر در پایان افق برنامه‌ریزی نیز مشخص شد.

از بین نقاط کاندید، مناطق انتخاب‌شده به گونه‌ای بودند که ضمن بهترین پوشش و توزیع جغرافیایی، مقدار بهینه تابع هدف را از نظر شاخص‌های مدنظر ذی‌نفعان محقق ساختند و مطلوبیت حداکثری به دست آمد (شکل ۱).

شکل ۱) جانمایی نقاط منتخب در پایان افق برنامه‌ریزی برای استقرار دفاتر در شهر مشهد

بحث

در چندسال اخیر روش‌های گوناگونی برای مکان‌یابی اماکن مختلف در بسیاری از خدمات انجام گرفته است مانند محل استقرار مراکز خدمات درمانی [Djeni´c *et al*., 2017; Basu *et al*., 2018; Ljubi´c & Moreno, 2018] ایستگاه‌های شبکه حمل‌ونقل عمومی [Sterle *et al*., 2016; Klier & Haase, 2015] مدارس [L´opez & Ospina, 2015] و مراکز پشتیبانی بحران [Jena *et al*., 2017] ولی تاکنون در مکان‌یابی دفاتر پیشخوان به‌عنوان یکی از بزرگ‌ترین مراکز ارایه خدمات و پایگاه مراجعه افراد جهت دریافت خدمات از روش‌های علمی استفاده نشده است. سیاست کلی محل استقرار این مکان‌ها سیاستی بدون برنامه بوده به طوری که مهم‌ترین اصل در برنامه‌ریزی کنونی، عدم وجود دفتر در آن منطقه، برخورداربودن تجهیزات و ویژگی‌های فیزیکی محل و مواردی از این قبیل است و مضافاً اینکه با توجه مصادیق مسائل پویا در پژوهش [Arabani & Farahani, 2012] برآورد علمی از حجم جمعیت و تقاضا و همچنین تدوین مدل پویا در مساله دفاتر پیشخوان نیز مدنظر قرار نگرفته است؛ بنابراین با توجه به ماهیت این تسهیلات در حوزه خدمات عمومی از رویکرد پویا در مدل‌سازی مکان‌یابی استفاده شد تا ضمن جلوگیری از صرف هزینه‌های ناشی از جابجایی مراکز، زمینه توزیع جغرافیایی بهینه در جانمایی‌ها فراهم شود. در مطالعه موردی این مقاله ضمن در نظر گرفتن این موضوع با سه سناریو جهت تحقق برآورد دقیق‌تری از جمعیت در طول افق برنامه‌ریزی تدوین شد که در سایر تحقیقات قبلی مورد توجه قرار نگرفته است. همچنین در تدوین تابع هدف همسو با تحقیق [Lin & Yang, 2011] شاخص‌های مدنظر سه گروه مختلف از ذینفعان لحاظ شد تا جواب به‌دست‌آمده تأمین‌کننده نظرات تمامی گروه‌های ذینفع باشد. با توجه به پیچیدگی مدل‌های حوزه خدمات عمومی در تحقیقات مورد مطالعه در پیشینه تحقیق [Rajagopalan *et al*., 2008; Jena *et al*., 2017; Başar *et al*., 2011] از روش‌های ابتکاری و فراابتکاری استفاده شده است با توجه به اینکه در این روش‌ها جواب‌های به‌دست‌آمده از یکسو الزاماً جواب بهینه نیست و جوابی نزدیک به جواب بهینه را با صرف زمان بیشتری ارایه می‌نمایند در این تحقیق سعی بر آن شد تا مساله به گونه‌ای مدل‌سازی شود که با استفاده از روش‌های دقیق حل مساله در کمترین زمان ممکن جواب بهینه به‌دست آید.

نتیجه‌گیری

با استفاده از مدل مکان‌یابی پویا، زمان ایجاد دفاتر و توزیع بهینه در سطح شهر مشهد از نظر مساحت تحت پوشش، امکان پوشش جمعیت حداکثری و پاسخگویی به تقاضاهای موجود و بالقوه، امکان پیش‌بینی بازگشایی مقطعی دفاتر بر حسب نیاز و با توجه به حجم تغییرات تقاضا، قابلیت انتخاب دفاتر با پایایی مناسب و زمینه تخصیص مشتریان هر منطقه در هر دوره به بهترین نقطه مکانی از نظر تأمین شاخص‌های ذینفعان را امکان‌پذیر می‌نماید.

تشکر و قدردانی: موردی از سوی نویسندگان گزارش نشده است.

تاییدیه اخلاقی: موردی از سوی نویسندگان گزارش نشده است.

تعارض منافع: موردی از سوی نویسندگان گزارش نشده است.

سهم نویسندگان: داود فاضل ترشیزی (نویسنده اول)، پژوهشگر اصلی (۵۰٪)، زهرا ناجی‌عظیمی (نویسنده دوم)، نگارنده بحث/روش‌شناس (۳۰٪)، مصطفی کاظمی، (نویسنده سوم) نگارنده مقدمه/تحلیلگر آماری (۲۰٪).

منابع مالی: موردی از سوی نویسندگان گزارش نشده است.

منابع

Antunes A, Peeters D (2001). On solving complex multi-period location models using simulated annealing. European Journal of Operational Research. 130(1):190-201.

Arabani AB, Farahani RZ (2012). Facility location dynamics: An overview of classifications and applications. Computers & Industrial Engineering. 62(1):408-420.

Başar A, Çatay B, Ünlüyurt T (2011). A multi-period double coverage approach for locating the emergency medical service stations in Istanbul. Journal of the Operational Research Society. 62(4):627-637.

Basu R, Jana A, Bardhan R (2018). A health care facility allocation model for expanding cities in developing nations: strategizing urban health policy implementation. Applied Spatial Analysis and Policy. 11(1):21-36.

Boran F (2011). An integrated intuitionistic fuzzy multi criteria decision making method for facility location selection. Mathematical and Computational Applications. 16(2):487-496.

Castillo-López I, López-Ospina HA (2015). School location and capacity modification considering the existence of externalities in students school choice. Computers & Industrial Engineering. 80:284-294.

Djenić A, Marić M, Stanimirović Z, Stanojević P (2017). A variable neighbourhood search method for solving the long-term care facility location problem. IMA Journal of Management Mathematics. 28(2):321-338.

Fredriksson A (2017). Location-allocation of public services–Citizen access, transparency and measurement. A method and evidence from Brazil and Sweden. Socio-Economic Planning Sciences. 59:1-12.

Giménez-Gaydou DA, Ribeiro AS, Gutiérrez J, Antunes AP (2016). Optimal location of battery electric vehicle charging stations in urban areas: A new approach. International Journal of Sustainable Transportation. 10(5):393-405.

Haase K, Knörr L, Krohn R, Müller S, Wagner M (2019). Facility Location in the Public Sector. In: Location Science. Laporte G, Nickel S, Saldanha da Gama F, editors. New York: Springer; pp.745-764.

Hale TS, Moberg CR (2003). Location science research: A review. Annals of Operations Research. 123:21-35.

Jena SD, Cordeau JF, Gendron B (2017). Lagrangian heuristics for large-scale dynamic facility location with generalized modular capacities. INFORMS Journal on Computing. 29(2):388-404.

Klier MJ, Haase K (2015). Urban public transit network optimization with flexible demand. OR Spectrum. 37(1):195-215.

Leonardi G (1981). A unifying framework for public facility location problems–part 1: A critical overview and

commercial centers (Case: City of Tehran). Journal of Urban Economics and Management. 5(20):39-51. [Persian]
Rajagopalan HK, Saydam C, Xiao J (2008). A multiperiod set covering location model for dynamic redeployment of ambulances. Computers & Operations Research. 35(3):814-826.
ReVelle CS, Swain RW (1970). Central facilities location. Geographical Analysis. 2(1):30–42.
Sadeghi SM, Shahbazi GM, Bigdeli V (2012). Prioritizing the barriers of public-Private partnerships development in transportation sector of Iran using MCDM Models. Journal of Economic Modeling Research. 2(6):107-130. [Persian]
Sterle C, Sforza A, Amideo, AE (2016). Multi-period location of flow intercepting portable facilities of an intelligent transportation system. Socio-Economic Planning Sciences. 53:4-13.
Taghipourian F, Mahdavi I, Mahdavi-Amiri N, Makui A (2012). A fuzzy programming approach for dynamic virtual hub location problem. Applied Mathematical Modelling. 36(7):3257-3270.
Zheng H, He X, Li Y, Peeta S (2017). Traffic equilibrium and charging facility locations for electric vehicles. Networks and Spatial Economics. 17(2):435-457.
some unsolved problems. Environment and Planning A: Economy and Space. 13(8):1001-1028.
Lin JR, Yang TH (2011). Strategic design of public bicycle sharing systems with service level constraints. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review. 47(2):284-294.
Lin JR, Yang TH, Chang YC (2013). A hub location inventory model for bicycle sharing system design: Formulation and solution. Computers & Industrial Engineering. 65(1):77-86.
Ljubić I, Moreno E (2018). Outer approximation and submodular cuts for maximum capture facility location problems with random utilities. European Journal of Operational Research. 266(1):46-56.
Lotfi H, Adalatkhah F, Mirzaei M, Vazirpour S (2009). Urban management and its place in Promoting Citizens' Rights. Journal of Human Geography. 2(1):101-110. [Persian]
Marianov V, Serra D (2011). Location of multiple-server common service centers or facilities, for minimizing general congestion and travel cost functions. International Regional Science Review. 34(3):323-338.
Moghimi M, Taghizadeh Yazdi M (2017). Applying multi-Criteria decision-making (MCDM) methods for economic ranking of Tehran-22 districts to establish financial and