Industrial Management Studies Vol.19
No 63, Winter 2021, 193-229
.atu.ac.ir
DOI: 10/22054/jims. 2021.36813.2185

Original Reserch / Review / …
Received: 23/10/2018
Accepted:30/10/2021
ISSN:
eISSN:

Design and Optimization of Healthcare Location-Inventory Problem in the Relief Supply Chains

Vahid Hajipour*
Assistant Professor, Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, West Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

Sina Salimian
M.Sc. in Industrial Engineering, Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, West Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

Abstract
Given the increase of natural disasters, the community's need for health services has increased dramatically. Firstly, the condition of the injured people should be determined and then the treatment should be start, and in the event of increasing in the severity of the injured, these people should be transfer to the hospitals in the shortest possible time. On the other hand, another essential measure at the time of the accident is to send medicines and medical items at the appropriate time for treatment of injured. In this regard, we follow to design an emergency relief supply chain network including suppliers of medical items, treatment center, warehouses, and disaster points. Therefore, a location and inventory mathematical modeling is proposed to provide better services with the goal of minimizing the costs associated with locating and inventory of health systems. Then, to analyze the problem, we used the exact solution methods and the meta-heuristic method of genetic algorithm for 20 proposed problems. Results show that on a large scale, Genetic algorithm has a better performance to solve the problem of this research.

Keywords: Healthcare Systems, Location-Inventory, Supply Chain.

** Corresponding Author: vahid.hajipour@gmail.com
How to Cite: Vol.19 No 63, Winter 2021

مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۸/۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۸/۸

ISSN: eISSN:

مطالعات مدیریت صنعتی
دوره نوزدهم، شماره ٦٣، زمستان ١٤٠٠، ٢٢٩-١٩٣
.atu.ac.ir
DOI:١٠,٢٢٠٥٤ /jims.٢٠٢١,٣٦٨١٣,٢١٨٥

طراحی و بهینه‌سازی مسأله مکان‌یابی-موجودی سلامت‌محور در زنجیره‌تأمین امدادرسانی

وحید حاجی‌پور * استادیار گروه مهندسی صنایع، دانشکده مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران غرب، تهران، ایران

سینا سلیمیان کارشناس ارشد گروه مهندسی صنایع، دانشکده مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران غرب، تهران، ایران

چکیده

با افزایش بلایای طبیعی، نیاز جامعه به خدمات سلامت‌محور افزایش چشمگیری داشته است. در هنگام وقوع حادثه ارائه خدمات در زمان مناسب و به موقع یکی از ضروری‌ترین اقدامات ممکن می‌باشد. به همین منظور در ابتدا باید وضعیت مصدومان مشخص شده و درمان آغاز شود و در صورت افزایش وخامت حال مصدومان، این افراد در کمترین زمان به مراکز درمانی انتقال یابند. به همین منظور مراکز درمانی باید در مکان‌هایی با دسترسی مناسب قرار گیرند. از طرفی یکی دیگر از اقدامات مهم در زمان وقوع حادثه، ارسال دارو و اقلام پزشکی در زمان مناسب جهت درمان مصدومان می‌باشد. بنابراین یک مدل ریاضی مکان‌یابی و موجودی به منظور ارائه خدمات بهتر با هدف کمینه‌سازی هزینه‌های مربوط به مکان‌یابی و موجودی سیستم‌های سلامت‌محور ارایه گردیده و سپس جهت تحلیل مسأله موردنظر، از روش‌های حل دقیق و روش فراابتکاری الگوریتم ژنتیک برای ۲۰ مسأله پیشنهادی بهره جستیم. نتایج بیانگر آن است که در ابعاد بزرگ، الگوریتم ژنتیک می‌تواند الگوریتم کارایی برای حل مسئله این تحقیق باشد.

کلیدواژه‌ها: سیستم‌های سلامت‌محور، مکان‌یابی-موجودی، زنجیره‌تأمین

* نویسنده مسئول: hajipour.v@wtiau.ac.ir& vahid.hajipour@gmail.com

مقدمه

با افزایش روزافزون بلایا و بحران‌های طبیعی، نیاز به امداد رسانی امری ضروری تلقی می‌شود. یکی از مواردی که در زمان بحران حائز اهمیت می‌باشد، مسأله‌ی زمان و امداد رسانی به موقع است. در این امر دستگاه‌های خدمات‌رسان سلامت‌محور نقش کلیدی و مهمی را ایفا می‌کنند.

سیستم‌های سلامت‌محور خود به دو گروه کلی ایستا و پویا تقسیم می‌شوند. پویا بدین معنا می‌باشد که تسهیل سلامت محور به سمت بیمار حرکت کرده و پس از مراجعت مرحله درمان آغاز می‌شود. در صورت بالا بودن سطح بیماری و یا مصدومیت، افراد را با استفاده از آمبولانس‌ها به بیمارستان‌ها و یا سایر مراکز بهداشتی منتقل می‌کنند. تسهیلات ایستا نیز به تسهیلاتی گفته می‌شود که بیماران به آن‌ها مراجعه کرده و مورد درمان قرار می‌گیرند. از این تسهیلات می‌توان به بیمارستان‌ها اشاره کرد (امیراحمدی و حسین‌پور، ۲۰۱۵). برای آن که بتوان مصدومان را به موقع به بیمارستان‌ها منتقل کرد بیمارستان‌ها باید در مکان‌هایی مناسب و در دسترس قرار گیرند. برای این منظور باید زمان سفر را میان مناطق حادثه‌دیده و بیمارستان‌ها کاهش داد (محمدی و یعقوبی، ۲۰۱۶). داسکین[1] و دین(۲۰۰۴) به بیان مکان‌یابی سیستم‌های سلامت‌محور پرداختند (داسکین و دین[2]، ۲۰۰۴). آن‌ها با انتشار کتابی مشخص کردند، سیستم‌های سلامت‌محور با سه هدف در دسترس بودن[3]، دسترس-پذیری[4] و سازگاری[5] استقرار یابند. در دسترس بودن به معنای این می‌باشد که در هر زمانی بتوان از تسهیلات سلامت‌محور به آسانی بهره برد و در هر لحظه در دسترس باشد. مفهوم دسترس‌پذیری هم حامل همین معنا می‌باشد و تنها تفاوت آن این است که این مفهوم فقط مختص تسهیلات پویا می‌باشد. سازگاری در تسهیلات سلامت‌محور مفهومی نزدیک به پایایی دارد و بدین معناست که با توجه به اینکه استقرار بیمارستان‌ها و دیگر تسهیلات سلامت‌محور امری استراتژیک می‌باشد، مکان‌یابی آن باید در مکانی صورت گیرد که

1 Daskin
2 Dean
3 Availability
4 Accessibility
5 Adaptability

دیگر در آن جابجایی وجود نداشته باشد. این اقدام را می‌توان از طریق بیان یک سناریو ایجاد کرد.

پس از رخ دادن حادثه در اولین اقدام آمبولانس‌ها به منطقه‌ی حادثه‌دیده رجوع کرده و وضعیت مصدومان را بررسی می‌کنند. در این مرحله برخی مصدومان در منطقه مورد معالجه قرار گرفته و برخی دیگر به دلیل کمبود امکانات پزشکی و دارویی به بیمارستان‌ها منتقل می‌شوند. پس از ورود مصدومان در بیمارستان‌ها آن‌ها را به بخش‌های پایین بیمارستان منتقل کرده و تشخیص اصلی مصدومیت صورت می‌گیرد. این بخش‌ها شامل اورژانس بیمارستان‌ها می‌باشد. پس از تشخیص، افراد به بخش‌های سطح بالای بیمارستان که شامل بخش‌های تخصصی می‌باشد، منتقل می‌شوند (پورعلی اکبری ممقانی و همکاران، ۲۰۱۷).

یکی دیگر از مواردی در اینجا مشخص می‌شود بخش مربوط به تجهیزات پزشکی و دارویی ارسال شده به منطقه‌ی حادثه‌دیده می‌باشد. به طور کلی اقلام در انبارهایی قرار می‌گیرند و آن‌ها باید در زمان مناسب به نقاط تقاضا ارسال شوند. به همین منظور این انبارها باید در مکان‌های مناسبی قرار گرفته و کمبود موجود در آن‌ها از طریق خرید از تأمین‌کنندگان برطرف شود. موسوی و همکاران (۲۰۱۵) این مسأله را مورد بررسی قرار داده و برای این موضوع مدل مکان‌یابی و موجودی انبار را بیان کردند (موسوی و همکاران، ۲۰۱۵). آن‌ها با ایجاد یک زنجیره‌تأمین شامل خرده‌فروشان، تأمین‌کنندگان، انبارها و نقاط تقاضا به بیان مسأله‌ی مکان‌یابی-موجودی پرداختند. حال باید در نظر گرفت که اقلام ارسالی در این مسأله از نوع فاسدشدنی هچون خون و اقلام دارویی بوده و زمان در ارسال آن‌ها اهمیتی دو چندان پیدا می‌کند (رمضانیان و بهبودی، ۲۰۱۷). در تحقیقی جامع نیکلسون[1] و همکاران(۲۰۰۴) به بررسی مسأله مکان‌یابی موجودی پرداختند (نیکلسون و همکاران، ۲۰۰۴). جداول ۱ و ۲ به بررسی مسأله‌ی مکان‌یابی سیستم‌های سلامت‌محور و مسأله‌ی مکان‌یابی موجودی می‌پردازد.

1 Nicholson

پس از بررسی تحقیقات انجام شده در این حوزه، در این تحقیق به دنبال طراحی یک زنجیره تأمین امداد رسانی شامل انبارهای دارو، مراکز درمانی، تأمین‌کنندگان و مناطق - حادثه‌دیده می‌باشیم. هدف کمینه‌سازی هزینه‌های مربوط به طول فواصل سفر، حمل‌ونقل و هزینه‌های موجودی انبارها می‌باشد. از نوآوری‌های تحقیق در حال بررسی می‌توان به طراحی شبکه زنجیره‌تامین سیستم‌های سلامت‌محور با رویکرد امدادرسانی و با دید جزئی-نگر بر پیاده‌سازی سیستم‌های مکان‌یابی-موجودی اشاره نمود که در نوع خود در سیستم-های سلامت‌محور جدید و امری به روز می‌باشد. همچنین، از اصلی‌ترین نوآوری‌های این تحقیق می‌توان به در نظرگیری انواع مصدومیت در یک رخداد حادثه اشاره نمود. در زمان وقوع حادثه، یکی از مهم‌ترین اقدامات امدادرسانی مناسب در کم‌ترین زمان می‌باشد. باتوجه به سطح بروز حادثه، سطح وخامت حال مصدومان از یکدیگر متفاوت می‌باشد. در نظرگیری این شرایط و پرداختن به انواع مصدومیت با وخامات متفاوت از اصلی‌ترین نکات موجود در این تحقیق می‌باشد. وجود انواع مصدومیت منجر به استفاده از انواع مختلف تجهیزات پزشکی و درمانی می‌گردد. به طور مثال، برای یک فرد مصدوم با درجه وخامت A از تجهیز A' و برای فرد مصدوم با درجه وخامت بیش‌تر B از تجهیز پزشکی و درمانی B' استفاده می‌گردد. در نظرگیری انواع تجهیزات پزشکی در کنار انواع مصدومیت در بعد مختلفی از بروز حوادث متفاوت در این زنجیره امدادرسانی، یکی دیگر از نوآوری‌های این مقاله است. این شبکه با در نظرگیری موارد ذکر شده به دنبال خدمت‌رسانی به مصدومان در سطح مدیریت بحران حادثه با کم‌ترین زمان و کم‌ترین هزینه بوده و یکی از مهم‌ترین اهداف درونی آن بالابردن میزان رضایت مصدومان در عین توجه به الزامات مدیریتی همچون هزینه‌های کلان خدمت‌رسانی به بخش‌های حادثه‌دیده می‌باشد. وجود انواع مختلف انبارهای بیمارستانی یکی دیگر از نوآوری‌های مهم این مقاله می‌باشد. انبارهای بیمارستانی در طول سال و طی دوره‌های مشخص به صورت دائمی به روز شده و کلیه اقلام پزشکی و دارویی را دارا می‌باشد. به محض بروز حادثه این اقلام از طریق انبارهای مختلف بیمارستانی در دسترس مناطق حادثه‌دیده می‌باشد تا به امر امداد-رسانی کمک کرده و درمان مصدومان را تسهیل بخشد. وجود این تسهیل در شبکه امداد-رسانی با رویکرد مکان‌یابی-موجودی در تسهیلات سلامت‌محور یکی دیگر از نقاط مثبت

این مقاله است. در ادامه در بخش ۲ به بیان مسأله پرداخته و در بخش ۳، مدل ریاضی مساله مورد نظر ارایه می‌گردد. در بخش ۴، تحلیل خروجی مدل مورد بررسی و تحلیل قرار گرفته و در نهایت، بخش ۵، نتیجه گیری و پیشنهادات جهت تحقیقات آتی را ارایه می‌نماید.

جدول ۱. بررسی تحقیقات صورت گرفته در حوزه مکان‌یابی سلامت‌محور

مرجع	سیستم‌های سلامت		زنجیره تأمین امداد رسانی	تخصیص	فضای مکان یابی			محصولات سلامت		خدمات سلامت	
	اضطرار	غیر اضطراری			گسسته	پیوسته	شبکه	تک محصولی	چند محصولی	تک خدمتی	چند خدمتی
سیلوا و سرا[1] (۲۰۰۸)	✓						✓	✓		✓	
اندیآیه آلفارس[2] (۲۰۰۸)	✓	✓		✓		✓		✓		✓	
گو[3] و همکاران (۲۰۱۰)		✓			✓			✓		✓	
مرالی[4] و همکاران (۲۰۱۲)	✓			✓				✓		✓	
محمدی و همکاران (۲۰۱٤)		✓		✓			✓	✓		✓	
محمدی و یعقوبی (۲۰۱٦)	✓	✓					✓	✓		✓	
پورعلی اکبری و همکاران (۲۰۱۷)	✓	✓		✓	✓			✓		✓	
رمضانیان و بهبودی (۲۰۱۷)	✓		✓			✓		✓		✓	
پورعلی اکبری و همکاران (۲۰۱۷)	✓	✓		✓	✓			✓		✓	
ونسترا[5] و همکاران (۲۰۱۸)	✓		✓	✓			✓	✓		✓	
سمانی و همکاران (۲۰۱۸)		✓					✓	✓		✓	
شارما[6] و همکاران (۲۰۱۹)	✓			✓			✓	✓		✓	
احمدی جاوید و رامشه (۲۰۲۰)	✓			✓			✓	✓		✓	
مقاله حاضر	✓	✓	✓	✓			✓		✓		✓

1 Silva and serra
2 Ndiaye and Alfares
3 Gu
4 Murali
5 Veenstra
6 Sharma

جدول ۲. بررسی تحقیقات صورت گرفته در حوزه مسأله مکان‌یابی-موجودی

مرجع	موجودی		تقاضا		فضای مکان یابی			محصولات سلامت		خدمات سلامت
	موجودی	مکان‌یابی موجودی	قطعی	غیرقطعی	گسسته	پیوسته	شبکه	تک محصولی	چند محصولی	تکی	چند تایی
اسکین و کولارد[1] (۲۰۰۲)		✓	✓			✓		✓		✓	
نیکلسون و همکاران (۲۰۰٤)	✓		✓				✓	✓		✓	
یاوو[2] و همکاران (۲۰۱۰)		✓	✓				✓	✓		✓	
ژانگ[3] و همکاران (۲۰۱٤)			✓				✓	✓		✓	
موسوی و همکاران (۲۰۱۵)		✓	✓				✓	✓		✓	
امیر احمدی و حسین‌پور (۲۰۱۵)		✓	✓				✓	✓		✓	
جفی و همکاران (۲۰۱۵)				✓			✓	✓		✓	
سجادی و همکاران (۲۰۱۵)		✓	✓				✓	✓		✓	
ژانگ و یونیک ریشنان[4](۲۰۱٦)		✓	✓				✓	✓		✓	
فنگ[5] و همکاران (۲۰۱۷)		✓	✓				✓	✓		✓	
توانا و همکاران (۲۰۱۷)		✓	✓				✓	✓		✓	
عیت و همکاران (۲۰۱۷)				✓			✓	✓		✓	
وحدانی و همکاران			✓				✓	✓		✓	

1 Coullard
2 Yao
3 Zhang
4 Unnikrishnan
5 Feng

(۲۰۱۷)								
امیری عارف و همکاران (۲۰۱۸)	✓		✓		✓		✓	
دای[1] و همکاران (۲۰۱۸)	✓	✓	✓			✓	✓	
لی و سونگ[2] (۲۰۱۹)	✓	✓	✓	✓		✓	✓	
کایا و ازکوک[3] (۲۰۲۰)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
مقاله حاضر	✓	✓	✓	✓		✓		✓

بیان مسئله مکان‌یابی موجودی سیستم‌های سلامت‌محور

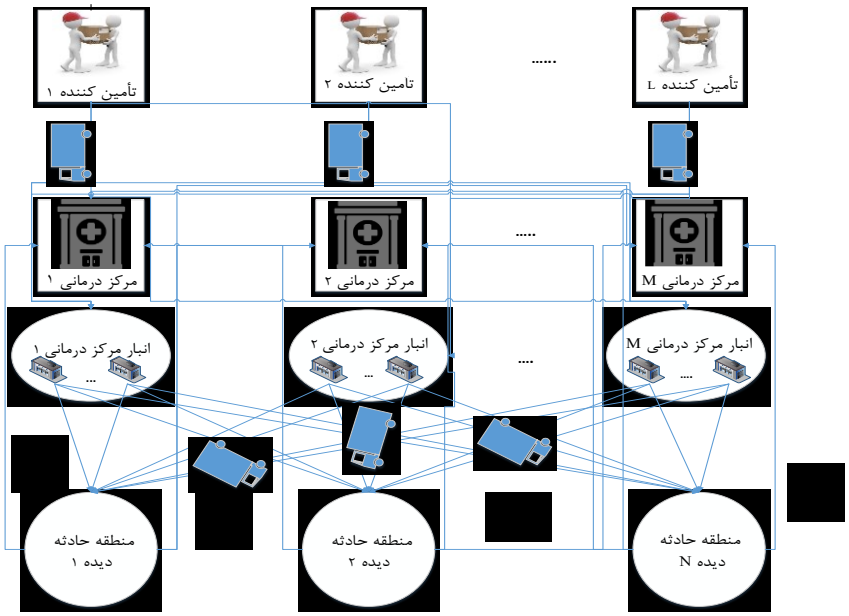
پس از وقوع حادثه، یکی از مهم‌ترین اقدامات، امدادرسانی مناسب می‌باشد. این اقدامات شامل ارسال اقلام پزشکی و دارویی و حمل و نقل مصدومان از مناطق حادثه دیده به مراکز درمانی می‌باشد. با توجه به درجه‌ی وخامت حال مصدومان دو نوع تصمیم برای افراد گرفته می‌شود. در صورت کم بودن شدت مصدومیت با استفاده از اقلام و وسایل پزشکی ارسال شده دوره‌ی درمان آغاز می‌شود. از طرفی در مواردی که شدت آسیب‌دیدگی زیاد بوده و سیکل درمانی بیش از حد معمول می‌باشد، نوع دوم اقدامات صورت گرفته و مصدومان به مراکز درمانی منتقل می‌شوند. با توجه به این نکته که در عملیات امدادرسانی یکی از عوامل تأثیرگذار مربوط به مدیریت زمان خدمت‌رسانی و موجودی انبارها به صورت توأمان می‌باشد، می‌بایست مراکز درمانی در مکانی مناسب و در دسترس قرار گیرند تا از این طریق بتوان زمان معالجه را کاهش داده و به تبع آمار کشتگان و آسیب-دیدگان را کاهش دهیم. بدین منظور با توجه به نرخ بلایای طبیعی و حادثه‌خیز بودن مناطق جغرافیایی مختلف، تعیین بهترین مکان تأسیس مراکز درمانی و تسهیلات سلامت‌محور و همچنین میزان موجودی اقلام دارویی و پزشکی در انبارهای مربوطه سوال مورد نظر این تحقیق می‌باشد.

1 Dai
2 Liu and Song
3 Kaya and Ozkok

به همین منظور، به دنبال طراحی زنجیره‌تأمین شامل مراکز درمانی، انبارهای دارو، تأمین-کنندگان و مناطق حادثه‌دیده می‌باشیم. هدف این مسأله کمینه‌سازی هزینه‌های مربوط به فواصل سفر که منجر به کم کردن زمان سفر و بهبود انتقال مصدومان به مراکز درمانی، هزینه‌های مربوط به حمل‌ونقل و موجودی انبار و به تبع انتقال مناسب اقلام دارویی و پزشکی به مناطق حادثه‌دیده می‌باشد تا از این طریق بتوان به ارائه خدمات به موقع و مناسب دست یافت.

از نوآوری‌های مهم و اساسی این مساله می‌توان به طراحی شبکه زنجیره‌تامین سلامت‌محور با رویکرد امدادرسانی و توجه به پیاده‌سازی شبکه مکان‌یابی- موجودی سلامت‌محور اشاره نمود که این شبکه مخصوص یک نوع خاص از تسهیل سلامت نبوده و به طور کلی در تمامی تسهیلات همچون دارو، خون و دیگر تسهیلات به صورت ترکیبی از انواع مختلف تجهیزات سلامت، پزشکی و درمانی کاربرد دارد. با طراحی این مساله می‌توان کمک شایان توجهی به مدیران بحران و دستگاه‌های ذیربط به منظور خدمت‌رسانی با استفاده از انواع مختلف محصولات سلامت نمود. چندگانه بودن محصولات خدماتی که به افراد حادثه دیده ارسال می‌گردد و استفاده آن در سیستم‌های مربوط به دنیای بیرون بر اهمیت کاربرد این شبکه می‌افزاید. به طور مثال، تمامی فعالیت‌های موجود در این حوزه توجه به یک محصول سلامت چون خون داشته و در نظرگیری همه جانبه‌ی محصولات چون خون، دارو، تیم‌های مختلف پزشکی و درمانی و دیگر موارد در دید کلی شبکه امدادرسانی با رویکرد مکان‌یابی-موجودی مشخص و شفاف نبوده است. همچنین، این مقاله با در نظرگیری انواع مختلف مصدومان منجر به خدمت به انواع مختلف مصدوم اعم از سرپایی، اورژانسی و مصدومان با وخامت بالا می‌نماید. توجه به انواع مصدومیت در عین توجه به الزامات امدادرسانی در قالب مساله مکان‌یابی-موجودی سلامت‌محور از دیگر نقاط قوت این تحقیق می‌باشد که کمک مشخص و قابل توجهی به تیم‌های مدیریت بحران در زمان تصمیم‌گیری در پایین‌ترین زمان با کم‌ترین هزینه و بیش‌ترین سطح خدمت‌رسانی می‌نماید. سطح خدمت‌رسانی در این تحقیق با در نظرگیری انواع محتلف تجهیزات پزشکی و درمانی برای انواع مختلف مصدومان به صورت کاملا در دسترس قابل ملاحظه بوده است.

با استفاده از مدل پیشنهادی می‌توان با در نظرگیری سناریوهای مختلف سطح حادثه در ابعاد مختلف کوچک، متوسط و بزرگ، وضعیت انواع مصدومان موجود در منطقه حادثه-دیده را به صورت تکی بررسی نمود. چند محصولی بودن مدل و در نظرگیری انواع مختلف مصدومان در شبکه امدادرسانی بر مبنای مدل‌های مکان‌یابی‌موجودی از نوآوری-های مقاله ارائه شده می‌باشد. چندگانه بودن مصدودمیت در این مقاله به منای چندگانه بودن نوع خدمت‌دهی در شبکه جاری بوده و این مورد بدان معنا است که برای بیماران سرپایی در محل اقدام به درمان شده و به طور برای یک شکستی اقدام به بستن آتل یا گچ در محل و یا برای فردی که نیاز به دریافت خون یا دارو دارد اقدام به معالجه می‌گردد، اما با افزایش وخامت مصدومیت فرد مصدوم به در نهایت به نزدیک‌ترین بیمارستان جهت درمان منتقل می‌گردد. همچنین این مقاله با در نظرگیری انواع مختلف تسهیلات انبار بیمارستانی که مخصوص تجهیزات پزشکی در دسترس بیمارستان‌ها بوده و انواع مختلف تجهیزات و اقلام پزشکی را دارا می‌باشد، در زمان بروز حادثه فورا اقلام را به منطقه ارسال کرده و از کمبود تجهیزات جلوگیری می‌نماید. همچنین، با در توجه به اینکه بیمارستان‌ها انبارهای خود را مرتبا به روز می‌کنند، انواع مختلف فراورده‌های پزشکی و درمانی در زمان بروز حادثه از انواع مختلف انبارهای فابل تامین می‌باشد. یکی دیگر از نقاط قوت این تحقیق در نظرگیری مراکز درمانی موقت در سطح امداد می‌باشد. مکان‌یابی این تسهیلات در کم‌ترین زمان با کم‌ترین هزینه یکی از بهترین استراتژی‌های مدیریتی در سطح بحران در زمان حادثه بوده که می‌تواند با صرف زمان وهزینه کم به امر خدمت‌رسانی بهتر و بیش‌تری به مصدومان کمک نماید. در ادامه ابتدا در شکل ۱ شمای کلی از مسأله را مشاهده کرده و سپس به تعریف شاخص‌ها، پارامترها، متغیرها و سپس مدل ریاضی خواهیم پرداخت.



شکل ۱. شمای کلی از مسأله مکان‌یابی و موجودی سیستم‌های سلامت‌محور

مفروضات مسأله

در این بخش به بیان مفروضات مسأله مکان‌یابی و موجودی سیستم‌های سلامت‌محور خواهیم پرداخت. این مفروضات به شرح زیر می‌باشد:

- مدت زمان تحویل صفر در نظر گرفته شده است.
- فواصل میان تسهیلات و مناطق حادثه‌دیده به صورت خط مستقیم در نظر گرفته می‌شود.
- معیارهای وزنی در توابع هدف، مقدارشان مشخص و ثابت می‌باشد
- شاخص t مربوط به دوره زمانی بوده و در این مسأله هر دوره زمانی یک روز در نظر گرفته شده است.

شاخص‌ها

i شاخص نقاط حادثه‌دیده ($i \in N$)

j شاخص نقاط بالقوه جهت مکان‌یابی مراکز درمانی ($j \in J$)

k شاخص نقاط انبار ($k \in K$)

r شاخص محصولات ($r \in R$)

t شاخص دوره زمانی ($t \in T$)

l شاخص نشان دهنده‌ی تأمین کنندگان ($l \in L$)

g شاخص نشان‌دهنده‌ی نوع مصدومان ($g \in G$)

پارامترها

a_{gij} میزان مصدوم نوع g منتقل شده از منطقه‌حادثه i به مراکز درمانی j

a'_{irkt} تقاضای منطقه حادثه‌دیده i برای محصول r از انبار k دردوره زمانی t

d_{ij} هزینه‌ی فاصله منطقه حادثه‌دیده i تا مراکز درمانی j

d'_{lk} فاصله تأمین کنندگان l تا انبار k

d''_{ki} فاصله انبار k تا منطقه حادثه‌دیده i

CS_j هزینه ایجاد تسهیل مراکز درمانی j

C_{krlt} هزینه خرید محصول r توسط انبار k از تأمین کننده l در دوره زمانی t

O'_{irkt} هزینه حمل و نقل محصول r از منطقه حادثه‌دیده i تا انبار k در دوره t

O_{krlt} هزینه حمل و نقل محصول r از انبار k تا تأمین کننده l در دوره زمانی t

h_{rkt} هزینه نگهداری محصول r در انبار k در دوره t

t'_{rkt} مدت زمانی که تقاضای محصول r از انبار k در دوره زمانی t به صفر می‌رسد

t_{rkt} زمان سپری شده جهت دریافت سفارش ارسالی محصول r از انبار k در دوره زمانی t

μ_{rkt} هزینه سفارشات عقب افتاده محصول r از انبار k در دوره زمانی t

s_r فضای انبار مورد نیاز برای ذخیره محصول r در کلیه‌ی انبارها

S'_{rk} کل فضای در دسترس برای محصول r در انبار k

Cap_j ظرفیت مرکز درمانی j

α ضریب اهمیت برآورده نمودن نیازمندی نوع مصدومان

F حداکثر تعداد مراکز درمانی که می‌توانند استقرار یابند

H حداکثر تعداد انبارهایی که می‌توانند استقرار یابند

M مقدار بسیار بزرگ

متغیرها تصمیم

ξ_k $\left.\begin{matrix}1\\0\end{matrix}\right\}$ اگر مکان k به عنوان محل استقرار انبار انتخاب شود / در غیر این صورت

x_{gij} $\left.\begin{matrix}1\\0\end{matrix}\right\}$ اگر نوع مصدوم g در منطقه حادثه‌دیده i به مرکز درمانی j تخصیص یابد / در غیر این صورت

ϕ_j $\left.\begin{matrix}1\\0\end{matrix}\right\}$ اگر مکان j به عنوان محل استقرار مرکز درمانی انتخاب شود / در غیر این صورت

Q'_{irkt} مقدار سفارش محصول r توسط منطقه حادثه‌دیده i از انبار k در دوره t

φ_{rkt} مقدار کمبود محصول r در انبار k در دوره t

Q_{krlt} مقدار سفارش محصول r توسط انبار k از تأمین‌کننده l در دوره t

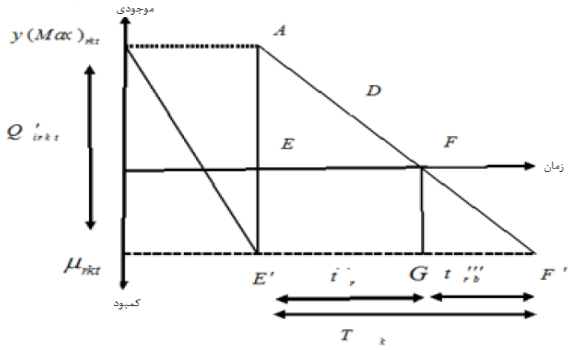
y_{rkt} موجودی محصول r در انبار k در دوره زمانی t

$\bar{y}_{rkt}$ متوسط موجودی انبار k از محصول r در دوره زمانی t

ρ'_{irkt} مقدار محصول r ارسال شده از انبار k به منطقه حادثه‌دیده i در دوره زمانی t

مدل ریاضی پیشنهادی

پس از بیان مسأله و شاخص‌ها، پارامترها و متغیرهای مربوط به آن به بیان مدل ریاضی پیشنهادی می‌پردازیم. این مدل از نوع برنامه‌ریزی غیرخطی عددصحیح مختلط با هدف کمینه‌سازی هزینه‌های مربوط به فواصل سفر از منطقه‌ی حادثه‌دیده تا مراکز درمانی و هزینه‌های مربوط به حمل و نقل اقلام و محصولات از انبارها به مناطق حادثه دیده می‌باشد. پیش از بیان مدل در ابتدا مقدار زمان سفارش تا مصرف بدون کمبود (t_i) از طریق تشابه میان مثلث‌های AEF و $AE'F'$ در شکل (۲) را بدست آورده و پس از آن از طریق تشابه میان دو مثلث $AE'F'$ و FGF' زمانی که کمبود موجود می‌باشد را محاسبه می‌نماییم. در نهایت متوسط کمبود در هر سیکل را محاسبه می‌نماییم. در روابط (۱) الی (۶) به بیان مباحث ذکر شده پرداخته‌ایم.



شکل(۲) نمودار موجودی نسبت به زمان زمانی که کمبود جبران می‌شود

در شکل (۲)، t''_{rb} مدت زمانی است که محصول r در دسترس می‌باشد، t'''_{rb} مدت زمانی است که محصول r دچار کمبود شده، T_k مجموع زمانی است که انبار کمبود داشته و نداشته است، $y(Max)_{rkt}$ حداکثر موجودی انبار k از محصول r در دوره زمانی t و $\bar{\mu}_{rkt}$ متوسط کمبود در هر سیکل می‌باشد.

$$\frac{t''_{rb}}{T_k} - \frac{Max)_{rkt}}{Q'_{irkt}} \qquad (۱)$$

$$\frac{t'''_{rb}}{T_k} = \frac{\mu_{rkt}}{Q'_{irkt}} \qquad (۲)$$

$$\frac{y(Max)_{rkt} + 0}{2} \times t'' \qquad \frac{-\mu_{rkt}}{2} \times \frac{Q'_{irkt} - \mu_{rkt}}{Q'_{irkt}} T_k = \frac{(Q'_{irkt} - \mu_{rkt})^2}{2Q'_{irkt}} T_k \qquad (۳)$$

$$\bar{y}_{rkt} = \frac{(Q'_{irkt} - \mu_{rkt})^2}{2Q'_{irkt}} T_k \times \frac{1}{T_k} = \frac{(Q'_{irkt} - \mu_{rkt})^2}{2Q'_{irkt}} \qquad (۴)$$

$$\frac{0 + \mu_{rkt}}{2} t'''_{rb} = \frac{\mu_{rkt}}{2} \times \frac{\mu_{rkt}}{Q'_{irkt}} T_k = \frac{\mu_{rkt}^2}{2Q'_{irkt}} T_k \qquad (۵)$$

$$\bar{\mu}_{rkt} = \frac{\mu_{rkt}^2}{2Q'_{irkt}} \qquad (۶)$$

در ادامه مدل ریاضی ارائه می‌شود:

$$
\begin{aligned}
MinZ \; &= \alpha\Big(\sum_{i=1}^{N}\sum_{g=1}^{G}\sum_{j=1}^{J} a_{gij} d_{ij} x_{gij}\Big) \\
&+(1-\alpha)\Big[\sum_{j=1}^{\theta} CS_j \phi_j + \sum_{k=1}^{K}\sum_{r=1}^{R}\sum_{l=1}^{L}\sum_{t=1}^{T} O_{krlt} Q_{krlt} d'_{lk} \\
&+\sum_{i=1}^{N}\sum_{r=1}^{R}\sum_{k=1}^{K}\sum_{t=1}^{T} O'_{irkt} Q'_{irkt} d''_{ki} \\
&+\sum_{i=1}^{N}\sum_{r=1}^{R}\sum_{k=1}^{K}\sum_{t=1}^{T-1}\Big(\Big[(y_{rkt}+Q'_{irkt}+y_{rk,t+1})(t_{rkt}+t'_{rkt})\Big]\frac{h_{rkt}}{2}\Big) \\
&+\sum_{i=1}^{N}\sum_{r=1}^{R}\sum_{k=1}^{K}\sum_{t=1}^{T-1}\varphi_{rkt}\times\frac{{\mu_{rkt}}^2}{2Q'_{irkt}} \\
&+\sum_{k=1}^{K}\sum_{r=1}^{R}\sum_{l=1}^{L}\sum_{t=1}^{T-1} C_{krlt} Q_{krlt}\Big]
\end{aligned}
\tag{۷}
$$

Subject to:

$$\sum_{j=1}^{J}\phi_j \le F \tag{۸}$$

$$\sum_{k=1}^{K}\xi_k \le H \tag{۹}$$

$$x_{gij} \le \phi_j ; \forall g \in G, \forall i \in N, \forall j \in J \tag{۱۰}$$

$$\sum_{j=1}^{J} x_{gij} \ge 1 ; \forall i \in N, \forall g \in G \tag{۱۱}$$

$$\sum_{r=1}^{R}\sum_{l=1}^{L}\sum_{t=1}^{T}(Q_{krlt}+y_{rkt})s_r \le \sum_{r=1}^{R} S_{rk} \tag{۱۲}$$

$$\sum_{g=1}^{G}\sum_{i=1}^{N} a_{gij} x_{gij} \le cap_j, \forall \mathrm{j} \in \mathrm{J} \tag{۱۳}$$

$$
\begin{aligned}
y_{rkt} &= y_{rkt-1} + Q_{krlt-1} \\
&-\left[a'_{irkt-1}(t_{rkt-1}+t'_{rkt-1})\right] \\
&;\forall i \in N, \forall r \in R, \\
&\forall k \in K, \forall t \in T
\end{aligned}
\tag{۱۴}
$$

$$\sum_{k=1}^{K} a'_{irkt} \le \sum_{k=1}^{K} \rho_{irkt}, \forall i \in N, \forall r \in R, \forall t \in T \tag{۱۵}$$

$$Q_{krlt} \le \xi_k \times \mathrm{M} \ , \forall k \in K, \forall r \in R, \forall l \in L, \forall t \in T \qquad (۱۶)$$

$$Q'_{irkt} \rho'_{irkt} \le \xi_k \times \mathrm{M} \ , \forall i \in N, \forall r \in R, \forall k \in K, \forall t \in T \qquad (۱۷)$$

$$y_{rkt}, Q'_{irkt}, Q_{krlt}, \varphi_{rkt}, \rho'_{irkt} \ge 0 \qquad (۱۸)$$

$$; \forall i \in N, \forall r \in R, \forall k \in K, \forall l \in L, \forall t \in T$$

$$x_{gij}, \phi_j \in \{0,1\} \qquad (۱۹)$$

$$; \forall g \in G, \forall j \in J, \forall l \in L, \forall i \in N, \forall r \in R, \forall k \in K, \forall t \in T$$

رابطه‌ی (۷) به دنبال کمینه‌سازی هزینه‌های مربوط به فواصل و حمل ونقل میان مناطق حادثه‌دیده و انبارها و همچنین میان انبارها تا تأمین‌کنندگان می‌باشد. در این رابطه از دومعیار وزنی استفاده شده که مقدار آن‌ها ثابت بوده و به دلیل اهمیت مسأله‌ی سلامت-محور، مقدار وزنی α بیشتر می‌باشد. رابطه‌ی (۸) بیان می‌کند که حداکثر F تعداد مراکز بهداشتی مکان‌یابی شود. رابطه (۹) بیان دارد که حداکثر H تعداد انبار جهت مکان‌یابی وجود داشته باشد. روابط (۱۰) بیان می‌کند که زمانی متغیر تخصیص یک می‌شود که مرکز بداشتی مکان‌یابی شده باشد. روابط (۱۱) بیان می‌کند که به هر تسهیل حداقل یک نوع مصدومیت تخصیص داده شود. رابطه‌ی (۱۲) نشان دهنده‌ی آن است که فضای انبار برای محصول محدود به مقدار مشخصی S'_{rk} می‌باشد. روابط (۱۳) مربوط به تقاضای مصدومان بوده و مشخص می‌گردد که تقاضای نوع مصدومان به منظور تخصیص به مراکز درمانی باید کمتر از ظرفیت مراکز درمانی باشد. روابط (۱۴) مربوط به مقدار موجودی مثبت انبار می‌باشد که این رابطه بیان کننده‌ی وابستگی موجودی انبار به میزان سفارش و موجودی دوره قبل می‌باشد. روابط (۱۵) بیان می‌دارد که تعداد اقلام ارسالی از کلیه‌ی انبارها بیشتر و یا مساوی با تقاضای مناطق حادثه‌دیده به منظور تأمین محصول r می‌باشد. روابط (۱۶) بیان می‌کند که در صورت مکان‌یابی انبارها می‌توان هزینه‌ی سفارش‌دهی اقلام و مقدار اقلام ارسال شده از تأمین‌کننده به انبار را داشته و درصورت عدم مکان‌یابی انبار سفارشی ارسال نخواهد شد و روابط (۱۷) نیز بیان کننده‌ی آن است که در صورت مکان‌یابی نشدن انبارها

سفارشی در سطح مناطق حادثه‌دیده ارسال نخواهد شد و مقدار اقلام ارسال شده از انبار به منطقه حادثه‌دیده صفر خواهد شد. محدودیت‌های (۱۸) و (۱۹) بیان‌کننده‌ی متغیرهای مسأله می‌باشد.

حل مسأله و تحلیل نتایج

به منظور حل و بهینه‌سازی مسأله مکان‌یابی-موجودی سیستم‌های سلامت‌محور با رویکرد امدادرسانی از دو روش حل دقیق و الگوریتم فراابتکاری ژنتیک بهره جستیم. بدین ترتیب ۲۰ مسأله در اندازه‌های متفاوت را طراحی نمودیم که در جدول ۳ قابل مشاهده می‌باشد. در این راستا گروهی از مسائل در سه بعد کوچک، متوسط و بزرگ طراحی شده است که در نوع خود به تصمیمات مدیریتی در زمان بحران کمک شایان توجهی می‌نماید. به توجه به متفاوت بودن سطح بروز حوادث در دنیای بیرون، مدیریت لازم دارد تا در کم‌ترین زمان بتواند تصمیمات لازم و کارا را اخذ نماید. دید کلی حاصل از حل مساله در ابعاد مختلف منجر به بررسی مساله در کم‌ترین زمان برای مدیران بحران شده و در نهایت منجر به اخذ تصمیمات مدیریتی مناسب در زمان کم می‌گردد. همچنین به منظور بررسی سطح عملکرد روش‌های حل دقیق در مساله رده سخت مکان‌یابی با داشتن بخش غیرخطی در مدل ریاضی نیز طراحی مسائل در سه رده کوچک، متوسط و بزرگ سودمند می‌باشد. این مورد نشان می‌دهد که روش‌های حل دقیق در پاسخگویی به مساله با بهینه محلی تا چه سطحی عمل کرده و از چه مرحله‌ای به بعد استفاده از روش‌های فراابتکاری به منظور دستیابی به جواب‌های نزدیک بهینه باتوجه به ذات رده سخت بودن مساله در فضای حل مناسب می-باشد.

جدول ۳. مسائل آزمایشی تولید شده

اندازه مسائل	شماره مسأله	منطقه حادثه دیده	مرکز درمانی	نوع مصدومیت	انبار	اقلام پزشکی و دارویی	تأمین کننده	دوره زمانی
		I	J	G	K	R	L	T
کوچک	۱	۱	۱	۲	۱	۳۰	۱	۱
	۲	۱	۱	۵	۲	۳۰	۱	۱
	۳	۲	۲	۸	۳	٤۰	۲	۱
	٤	۲	۲	۱۰	۳	٤۰	۳	۲
	۵	۲	۳	۱۲	۵	۵۰	٤	۲
متوسط	٦	۳	۵	۱۲	۷	۸۰	۵	۳
	۷	۳	۵	۱۵	۷	۸۰	۵	۳
	۸	٤	۷	۱۵	۱۰	۱۰۰	۵	۳
	۹	٤	۷	۱۷	۱۰	۱۰۰	۸	۳
	۱۰	۵	۸	۱۷	۱۲	۱۰۰	۸	٤
	۱۱	۵	۸	۱۸	۱۲	۱۰۰	۸	٤
بزرگ	۱۲	۵	۸	۱۸	۱۲	۱۵۰	۱۰	٤
	۱۳	۵	۸	۱۹	۱۵	۱۵۰	۱۰	٤
	۱٤	۸	۱۰	۲۰	۱۵	۲۰۰	۱۵	۵
	۱۵	۱۰	۱۰	۲۰	۲۰	۳۰۰	۱۵	۵
	۱٦	۱۵	۱۵	۲۲	۲۵	٤۰۰	۱۵	۵
	۱۷	۲۰	۱۵	۲۳	۳۰	۵۰۰	۲۰	۷
	۱۸	۳۰	۲۰	۲۵	٤۰	٦۰۰	۲۰	۷
	۱۹	٤۰	۲۵	۲۸	۵۰	۷۰۰	۲۰	۱۰
	۲۰	۵۰	۳۰	۳۰	۵۰	۸۰۰	۲۰	۱۰

ابتدا با استفاده از حل کننده‌های DICOPT و SBB در گمز مسأله را حل کردیم. با توجه به نتایج بدست آمده در جدول ۴ مشخص گردید که روش‌های حل دقیق برای تعداد محدودی از مسائل در سایزهای کوچک و متوسط مناسب بوده و مسائل با سایز بزرگ با این روش حل نمی‌گردد. یکی از مهم‌ترین سودهای حاصل از حل مساله در نرم افزار گمز با استفاده از الگوریتم‌های حل دقیق، تحلیل میزان اعتبار مدل پیشنهادی بوده و نتایج حاصله نماینگر واکاوی اعتبارسنجی مدل ریاضی موجود در این مقاله است. این روش یکی از کارهای کاربردی در ادبیات نیز می‌باشد (کاهنگ[1] و همکاران، ۲۰۱۹). در ادامه باتوجه به ضعف روش‌های حل دقیق در حل مساله رده سخت پیشنهادی با درنظرگیری بخش غیرخطی در مدل ریاضی، از روش حل فراابتکاری الگوریتم ژنتیک بهره می‌گیریم. باتوجه به اینکه از یک الگوریتم فراابتکاری در مقاله پیشنهادی استفاده شده و مقایسه‌ی الگوریتمی در مقاله موجود نمی‌باشد، به منظور اجرا و حل مساله با الگوریتم ژنتیک از مقادیر پارامتر-های تنظیم شده موجود در جدول ۴ بهره گرفتیم (نجفی و همکاران، ۲۰۰۹).

جدول ٤. مقادیر پارامترهای الگوریتم ژنتیک

پارامترهای الگوریتم	nPop	Pc[4]	Pm[3]	MaxIter[2]
ارزش هر پارامتر	۱۱۰	۱	۰,۳	۱۰۰۰

باتوجه به ساختار الگوریتم ژنتیک و متغیرهای تصمیم در مسأله پیشنهادی، ساختار کروموزم‌های مسأله به صورت شکل ۳ می‌باشد. در حالت چند بعدی متغیرها در ساختار کروموزوم به صورت ماتریسی کد گذاری شده و در حالت تک بعدی به صورت بردار دیده می‌شود (یاداو و دوتا[5]، ۲۰۱۷؛ یان و لو[6]، ۱۹۹۷) در ساخت جواب اولیه این پاسخ‌ها به صورت تصادفی و هوشمند تولید شده به گونه‌ای که در آن کلیه‌های محدودیت‌های

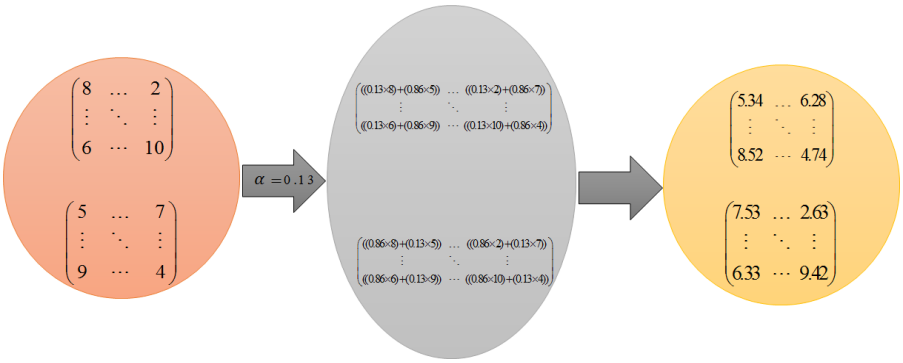
1 Kahang
2 Maximum iteration
3 Probability of mutation
4 Probability of crossover
5 Yadav and Dutta
6 Yan and Lu

مساله دیده و ارضا شده است و از اعمال جریمه بر روی تابع هدف به ازای عدم ارضای محدودیت‌ها جلوگیری شده است. این کار موجب شده تا جواب‌های اولیه تولید شده موجه بوده و با ساختار مساله همسانی کامل داشته باشد و فضای جستجو را مطابق با نوع مساله طراحی نماید. در این کروموزوم‌ها از دو نوع متغیر پیوسته و باینری بهره گفته شده که در نوع فرایند عملگرهای جهش و تقاطع تفاوت ایجاد می‌نماید.

شکل ۳. نمونه‌ای از ساختار کروموزوم‌های تک بعدی و چندبعدی در مسأله مکان‌یابی و موجودی سیستم‌های سلامت محور

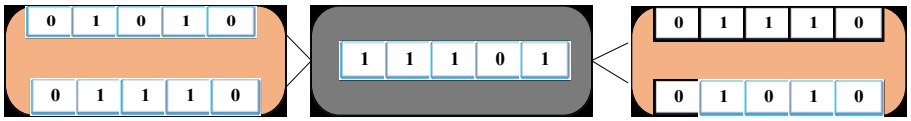
به منظور ایجاد تقاطع برای متغیرهای پیوسته از روش حسابی[1] بهره برده و برای متغیرهای پیوسته از روش ماسک [2] بهره بردیم که در شکل ۴ و ۵ قابل ملاحضه می‌باشد (کایا[3] و همکاران، ۲۰۱۱). در روش حسابی یک عدد تصادفی α را بین صفر و یک ایجاد می‌نماییم. ابتدا دو والد را با استفاده از مکانیزم انتخاب تصادفی، انتخاب می‌نماییم. پس از انتخاب والدهای در هر کروموزم والد که به صورت ماتریسی می‌باشد، عدد α را در درایه اول ماتریس والد اول ضرب کرده و $1-\alpha$ را در درایه اول مارتیس والد دوم ضرب می‌کنیم. دو عدد حاصله را با یکدیگر جمع کرده و به عنوان درایه اول از ساختار ماتریسی کروموزوم فرزند اول قرار می‌دهیم. همین کار را برای سایر درایه‌ها از فرزند اول تکرار می‌کنیم. به منظور تشکیل فرزند دوم نیز فرایند مشابه با تولید فرزند اول بوده و تنها تفاوت آن در ضرب α و $1-\alpha$ در درایه‌ها می‌باشد. این نوع ضرب کاملا برعکس روش ساخت فرزند اول است (کوکسوی و یالکینوز،[4] ۲۰۰۸). در شکل ۴ روش تقاطع به روش حسابی قابل مشاده می‌باشد.

1 Arithmetic
2 Mask
3 Kaya
4 Koksoy and Yalcinoz



شکل ٤. تقاطع حسابی در متغیرهای پیوسته

همچنین ترکیب ماسک مناسب برای کروموزم‌ها مربوط به متغیرهای باینری با ساختار برداری می‌باشد. در این روش تقاطع ابتدا دو والد با مکانیزم انتخاب تصادفی ایجاد شده است. پس از آن یک بردار تصادفی ایجاد می‌گردد که مقادیر آن شامل مقادیر صفر و یک می‌باشد. در ابتدا به منظور تولید فرزند اول مقرر می‌شود که در ساختار برداری کروموزم تصادفی تولید شده، هر کجا که عدد یک دیده شده مقدار را از والد اول و هر کجا که مقدار صفر دیده شد از والد دوم انتخاب نماید. با اتمام این روند فرزند اول تولید می‌گردد. برای ساخت فرزند دوم نیز همین فرایند را به صورت برعکس انجام می‌دهیم. در این بخش به جای هر عدد یک در بردار تصادفی تولیدی عددی از والد دوم و به ازای هر عدد صفر در بردار تصادفی از والد اول انتخاب می‌نماییم (وو[1] و همکاران، ۲۰۰۶؛ وو و همکاران، ۲۰۰۷). به منظور درک بهتر، شکل ۵ به بیان این مورد می‌پردازد.

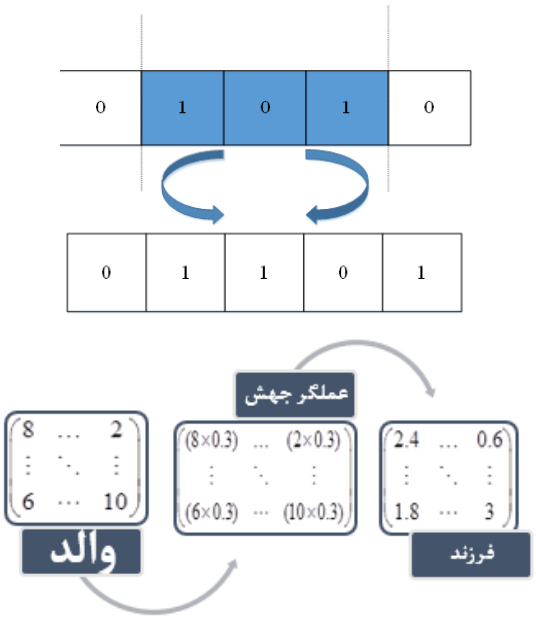


شکل ۵. تقاطع ماسک صورت گرفته بر متغیرهای باینری مسأله

در نهایت، به بیان روش جهش می‌پردازیم. در این مقاله به منظور اعمال جهش بر متغیرهای پیوسته از یک روش ابتکاری بهره برده که در آن، ابتدا یک والد با استفاده از روند تولید

1 Wu

والد به روش تصادفی ایجاد می‌نمایم. سپس یک عدد تصادفی بین صفر و یک ایجاد می‌کنیم. والد تولید شده با متغیرهای پیوسته دارای ساختار ماتریسی بوده و عدد تولید شده را در هر درایه از ماتریس والد ضرب می‌کنیم. پس از ضرب ماتریس بدست آمده را به عنوان فرزند جهش یافته در هر تکرار ارائه می‌دهیم. در روش جهش برای متغیرهای پیوسته با ساختار برداری نیز دو نقطه از بردار را برش زده و در قسمت میانی دو برش که حاوی اعداد باینری صفر و یک می‌باشد، جایگاه اعداد را به صورت کاملا تصادفی جابجا می‌کنیم. به این روش جهش متغیرهای باینری روش اسکرامبل[1] اطلاق می‌گردد. کلیه این فرایندها نیز در شکل ۶ قابل مشاهده است(کاروالهو[2] و آرائوجو[3]، ۲۰۱۳).



شکل ٦. جهش در متغیرهای پیوسته و باینری مسأله مکان‌یابی موجودی سیستم‌های سلامت‌محور

1 Scramble
2 Carvalho
3 Araujo

پس از اعمال فرایندهای تقاطع و جهش الگوریتم در هر تکرار، به منظور انتخاب جمعیت از مجموعه پاسخ‌های موجه و سنجش موجه بودن جواب‌ها، با توجه به این واقعیت که اندازه جمعیت تقریباً ثابت است، تصمیمی که باید اتخاذ شود این است که چه افرادی در نسل بعدی مجاز هستند. به طور معمول ، این انتخاب با توجه به مقدار تابع برازش افراد انجام می‌شود. در اینجا، ابتدا جمعیت اولیه، فرزندان و جمعیت جهش یافته ادغام می‌شوند و پس از آن ، بهترین راه حل‌ها برای آن برای جمعیت با منشا جدید انتخاب می‌شود. در انتها شرط توقف الگوریتم ژنتیک را بر عدم بهبود پاسخ‌ها تا یک سطح مشخصی از تکرار پس از رخداد دو تکرار متوالی در جواب‌ها قرار می‌دهیم. به طور مثال، شرط می‌گردد که الگوریتم به محض آن که به یک جواب مشابه با جواب در تکرار قبل رسید، ۵۰ مرتبه تکرار محاسبات را ادامه دهد. در صورت برابر بودن الگوریتم متوقف شود.

جدول ۵ و شکل‌های ۷ و ۸ نتایج مقایسه میان روش‌های مختلف حل بوده که همگی به کارایی الگوریتم ژنتیک در آن مساله اشاره دارد. جدول ۵ نشان می‌دهد با افزایش اندازه مساله، میزان هزینه‌ی وارد شده بر شبکه افزایش یافته و این موضوع نشان می‌دهد که در سطح مدیریتی و دید کلی از رخداد حادثه در دنیای بیرون، هزینه زیادی به سیستم وارد می‌گردد. همچنین، این جدول نشان می‌دهد که با افزایش پیچیدگی مساله روش‌های حل دقیق در طولانی‌ترین زمان نیز قادر به پاسخگویی نبوده اما روش فراابتکاری الگوریتم ژنتیک با افزایش در زمان اجرا به مساله به صورت نزدیک به بهینه پاسخ می‌دهد. این موضوع در شکل‌های ۷ و ۸ نیز مورد بررسی قرار گرفته است که مقایسه میان زمان‌های حل در سه روش حل و تاثیرگذاری مساله بر تابع هدف را در همان سه روش نشان می‌دهد. یکی از نکات قابل توجه در جدول ۵ مربوط به تفاوت سطح پاسخ‌ها در دو روش حل دقیق و روش ژنتیک می‌باشد. دلیل این موضوع این نکته می‌باشد که با حل دقیق مساله به روش غیر خطی و با در نظرگیری رده سخت بودن مساله ما به یک بهینه‌ی محلی می‌رسیم. بهینگی مساله بدین صورت تضمینی بر بهینگی سراسری آن نمی‌باشد. همین نکته موجب می‌گردد تا با حل همان اندازه مساله با الگوریتم فراابتکاری، با افزایش تکرار، مساله شروع به جستجوی جواب موجه و بهینه در فضای حل نماید و در هر تکرار به مقدار بهینه نزدیک‌تر شود. البته نتیجه نهایی الگوریتم ژنتیک نیز بیش‌تر یک جواب نزدیک بهینه بوده

که شکاف میان این جواب و جواب بهینه‌ی سراسری بسیار اندک و قابل اقماض می‌باشد. در ماسائل درجه رده سخت باتوجه به پیچیدگی مساله جوابی که نزدیک به جواب بهینه سراسری باشد از کیفیت مناسبی برخوردار است (جین[1] و همکاران، ۲۰۰۶؛ خسروانی مقدم و همکاران، ۲۰۲۰).

در نهایت همان‌طور که دیده می‌شود، الگوریتم ژنتیک کلیه سطوح مساله را قادر به پاسخگویی می‌باشد. به منظور حل مساله الگوریتم زمان زیادی را صرف کرده تا بتواند به جواب بهینه دست یابد. در بسیاری از موارد الگوریتم ژنتیک زمان بیش‌تری نسبت به دو روش حل دقیق صرف کرده اما کیفیت پاسخ‌های ارائه شده توسط آن بیش‌تر بوده و گرایش بیش‌تری نسبت به بهینه دارد. از دیگر نشانه ضعف دو روش حل دقیق عدم توانایی در پاسخگویی به مساله در زمان ۱۶۷,۹ می‌باشد حال آنکه الگوریتم با صرف زمان بیش‌تر ۲۸۶۴,۱۲ نسبت به روش حل دقیق از دسترس خارج نشده و پاسخ مناسب و بهینه‌ای از مساله ارائه می‌نماید.

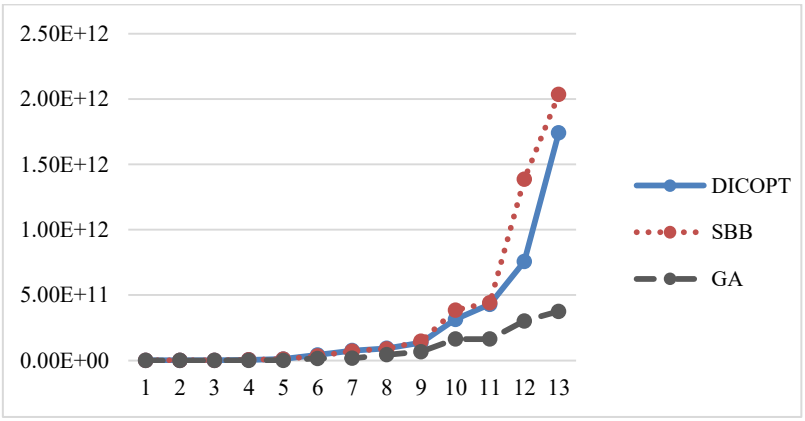
جدول ۵. مقایسه نتایج بدست آمده از گمز و الگوریتم ژنتیک بر روی ۲۰ مسأله آزمایشی

شماره مسأله	گمز			ژنتیک	
	حل کننده DICOPT	زمان محاسبات	حل کننده SBB	زمان محاسبات	مقدار تابع هدف	زمان محاسبات
۱	۵/۰۳E+۰۸	۲۵.۴۳	۵/۱۸E+۰۸	۱۴.۷۶	۲/۰۶E+۰۷	۱۸.۴۱
۲	۵/۸۴E+۰۸	۱۸.۸۰	۵/۶۴E+۰۸	۱۹.۷۱	۳/۳۹E+۰۷	۲۱.۹۹
۳	۱/۴۳E+۰۹	۱۹.۲۶	۱/۰۳E+۰۹	۱۹.۴۹	۷/۶۶E+۰۷	۲۲.۶۸
۴	۴/۳۳E+۰۹	۲۲.۴۶	۴/۲۱E+۰۹	۲۲.۴۳	۳/۸۱E+۰۸	۲۵.۰۴
۵	۱/۰۱E+۱۰	۲۶.۸۵	۱/۱۰E+۱۰	۲۹.۸۲	۱/۵۲E+۰۹	۳۷.۱۲
۶	۴/۲۷E+۱۰	۴۰.۰۴	۳/۳۷E+۱۰	۳۹.۷۸	۱/۶۱E+۱۰	۵۴.۵۰
۷	۷/۵۱E+۱۰	۴۷.۳۳	۷/۲۱E+۱۰	۵۱.۶۸	۱/۶۴E+۱۰	۵۳.۴۲
۸	۹/۳۲E+۱۰	۸۶.۴۱	۸/۹۱E+۱۰	۸۷.۰۲	۴/۳۸E+۱۰	۸۲.۳۳
۹	۱/۳۶E+۱۱	۹۲.۱۳	۱/۴۷E+۱۱	۷۴.۲۳	۶/۶۸E+۱۰	۹۵.۳۳
۱۰	۳/۱۴E+۱۱	۱۰۸.۰۶	۳/۸۵E+۱۱	۹۱.۴۲	۱/۶۴E+۱۱	۱۴۵.۴۱

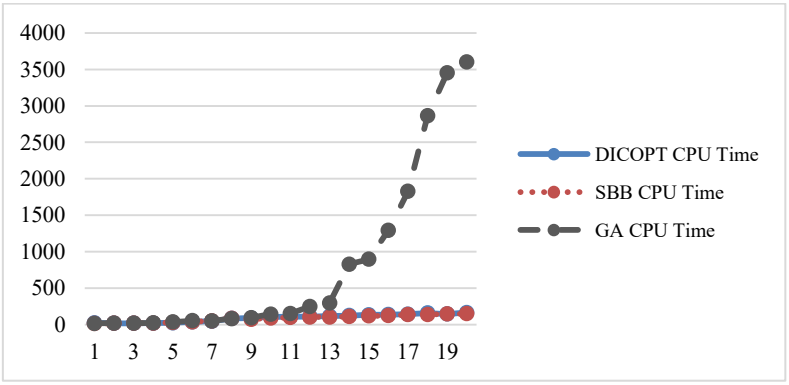
1. Jin

۱۵٤.۳۳	۱/٦٤E+۱۱	۹۸.۵۱	٤/٤۲E+۱۱	۱۰۹.۵۹	٤/۳۰E+۱۱	۱۱
۲٤۹.۰۲	۳/۰۲E+۱۱	۱۰٤.۵٦	۱/۳۹E+۱۲	۱۱۲.٤٤	۷/۵٦E+۱۱	۱۲
۲۹۸.۸۷	۳/۷۵E+۱۱	۱۰۵.۸۷	۲/۰۳E+۱۲	۱۱۸.۲۳	۱/۷٤E+۱۲	۱۳
۸۲۸.٤۵	۱/۵۲E+۱۲	۱۱۲.٦۷	#NA	۱۲٤.۸۱	#NA	۱٤
۸۹۷.۳۲	۳/۲۱E+۱۲	۱۱۹.٤۳	#NA	۱۳٦.۱۲	#NA	۱۵
۱۲۹٤.۹۹	۹/۵۹E+۱۲	۱۲۵.٤٦	#NA	۱۳۸.۵٤	#NA	۱٦
۱۸۲۷.٤۲	۲/۰۷E+۱۳	۱۳۷.۸٤	#NA	۱٤۳.۸۳	#NA	۱۷
۲۸٦٤.۱۲	۷/۲۱E+۱۳	۱٤۱.۰۷	#NA	۱۵۹.۱۸	#NA	۱۸
۳٤۵۱/۲۸	#NA	۱٤٦.۳۸	#NA	۱٤۷.٤٤	#NA	۱۹
۳٦۰۲/۷۳	#NA	۱۵۲.۲۹	#NA	۱٦۷.۰۹	#NA	۲۰

همان‌طور که در شکل‌های ۷ و ۸ قابل مشاهده می‌باشد، الگوریتم ژنتیک جواب‌های بهتری را در اختیارمان قرار داده، بدین ترتیب که هدف ما در این مدل کمینه‌سازی هزینه‌ها بوده و این الگوریتم نیز مقادیر کم‌تری را نسبت به دو حل کننده گمز بدست آورده است. زمان اجرای الگوریتم بیش‌تر از گمز بدست آمده که دلیل این موضوع پیچیدگی مسأله و عدم توانایی گمز در حل مسائل بزرگ بوده که در زمان‌های پایین این عدم توانایی را اعلام داشته است. یکی از نکات برآمده از دو شکل ۷ و ۸، کیفیت پاسخ‌های بدست آمده از سه روش حل پیشنهادی است. همان طور که دیده می‌شود، دو روش حل دقیق در زمان صرف شده جهت حل مساله با یکدیگر همراستایی کاملی داشته و هر دو محدود به یک حد زمانی در بازه مشخص نسبت به پیچیدگی مساله برای پاسخگویی می‌باشند. یعنی با تغییر در روش حل دقیق نمی‌توان الگوریتم را وادار به صرف زمان بیش‌تر جهت حل مساله ونهایت رسیدن به جواب بهینه هر چند با صرف زمان بیش‌تر نمود. توانایی روش‌های حل دقیق در پاسخگویی به یک سطح خاصی از پیچیدگی مساله نیز برآمده از همین تحلیل می‌باشد که هر دو در اشکال ۷ و ۸ دیده می‌شود. کلیه بررسی‌های ذکر شده نشان از قدرت الگوریتم ژنتیک در اجرای مساله رده سخت مکان‌یابی-موجودی با رویکرد شبکه امدادرسانی می-باشد.



شکل ۷. مقایسه نتایج بدست آمده از تابع هدف مسأله مکان‌یابی موجودی سلامت‌محور



شکل ۸. مقایسه زمان اجرای سه روش حل مسأله مکان‌یابی موجودی سیستم‌های سلامت‌محور

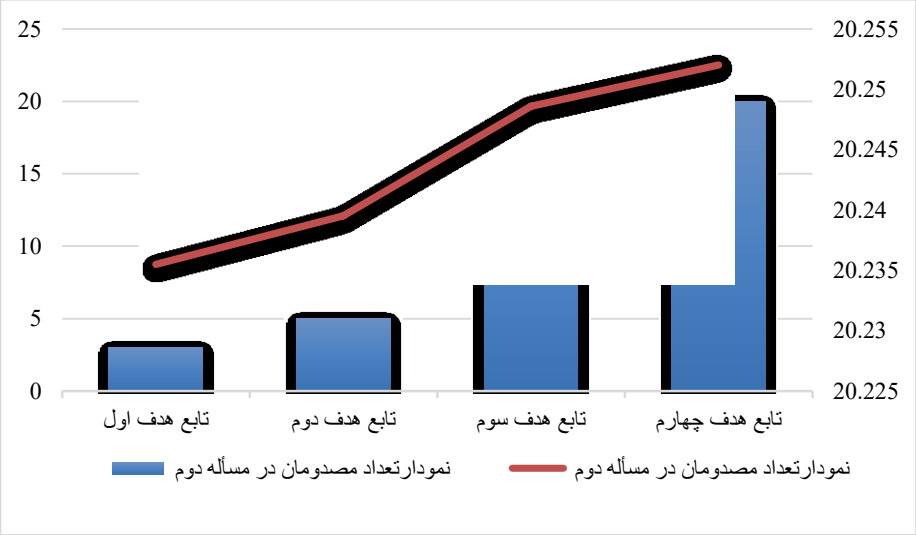
در ادامه به تحلیل حساسیت بر روی شاخص نوع مصدومان و انواع مصدومیت خواهیم پرداخت. با استفاده از اجرا کردن پنج گروه از مسائل روشن می‌گردد که با افزایش تعداد مصدومان تابع هدف نیز افزایش داشته و به تبع هزینه‌های مربوط به فواصل سفر در مسأله افزایش می‌یابد. برای روشن‌تر شدن این مورد ابتدا به جدول ۵ و سپس به شکل ۹ اشاره می‌نماییم. در جدول ۵ به صورت هدفمند مقادیر مربوط به شاخص‌های اساسی مساله افزایش یافته تا تاثیر آن بر مساله و تابع هدف آن مشخص گردد. یکی از مهم‌ترین این شاخص‌ها مربوط به شاخص انواع مصدومیت است که در کلیه ابعاد مساه تغییر آن دیده

می‌شود. جدول ۵ نشان می‌دهد که با افزایش نوع مصدومیت در نقاط حادثه، پیچیدگی مساله بالا رفته و بر هزینه زنجیره افزوده می‌گردد. یادآور می‌گردد که افزایش نرخ مصدومیت خود موجب استفاده بیش‌تر از گونه‌های مختلف تجهیزات پزشکی شده و به منور اشتفاده از نوع بیش‌تر تجهیزات، از انبارهای بیمارستانی بیش‌تری بهره گرفته می‌شود. تمامی این موارد موجب بالا رفتن هزینه‌های کلی شبکه امدادرسانی می‌شود. همچنین، شکل ۹ میزان حساسیت تابع هزینه به تعداد مصدومان در گونه‌های مختلف مصدومیت را نشان می‌دهد.

جدول ۵. تحلیل حساسیت نوع مصدومان بر تابع هدف

شماره مسأله	مکان‌های بالقوه (n)	نوع مصدومان در منطقه (g)	مناطق حادثه دیده (i)	نقاط انبار (k)	دارو و اقلام پزشکی (r)	تأمین کنندگان (l)	دوره زمانی (t)	تابع هدف (Z)
۱	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۴,۴۸۴۴۳۱E+۹
	۳	۵	۳	۳	۳	۳	۳	۴,۵۰۶۰۲۳E+۹
	۳	۱۵	۳	۳	۳	۳	۳	۴,۵۳۵۸۴۷E+۹
	۳	۲۰	۳	۳	۳	۳	۳	۴,۵۶۲۰۰۰E+۹
۲	۳	۳	۵	۱۰	۳	۳	۱۰	۳,۷۶۵۴۳E+۱۰
	۳	۵	۵	۱۰	۳	۳	۱۰	۳,۷۶۶۹۱E+۱۰
	۳	۱۵	۵	۱۰	۳	۳	۱۰	۳,۷۷۰۲۵E+۱۰
	۳	۲۰	۵	۱۰	۳	۳	۱۰	۳,۷۷۱۵۱E+۱۰
۳	۵	۳	۱۰	۳	۳	۳	۳	۶,۱۹۶۸۲۸E+۹
	۵	۵	۱۰	۳	۳	۳	۳	۶,۳۶۱۲۲۶E+۹
	۵	۱۵	۱۰	۳	۳	۳	۳	۶,۲۲۲۸۳۰E+۹
	۵	۲۰	۱۰	۳	۳	۳	۳	۶,۳۹۳۹۷۶E+۹
۴	۱۰	۳	۵	۳	۳	۵	۳	۱,۸۳۲۷۱۶E+۹
	۱۰	۵	۵	۳	۳	۵	۳	۱,۸۴۲۸۴۶E+۹

	۱۰	۱۵	۵	۳	۳	۵	۳	۱,۹۰۴۸۵۷E+۹
	۱۰	۲۰	۵	۳	۳	۵	۳	۱,۹۱۳۵۱۳E+۹
	۱۰	۳	۱۵	۳	۳	۳	۳	۱,۴۵۸۲۵E+۱۰
۵	۱۰	۵	۱۵	۳	۳	۳	۳	۱,۴۵۸۹۳E+۱۰
	۱۰	۱۵	۱۵	۳	۳	۳	۳	۱,۴۶۲۶۶E+۱۰
	۱۰	۲۰	۱۵	۳	۳	۳	۳	۱,۴۶۴۳۵E+۱۰



شکل ۹. تحلیل حساسیت بر روی شاخص نوع مصدومان

نتایج بدست آمده از هر ۵ نوع مسأله به صورت شکل ۹ بوده و شکل مذکور نمونه‌ای از ۵ نوع مسأله می‌باشد. این شکل بیان می‌دارد که، با افزایش نوع مصدومان با گونه‌های مختلف مصدومیت موجود در مسأله، تابع هدف نیز افزایش داشته و این به معنای افزایش هزینه‌های موجود در مسأله شامل هزینه‌های کمبود، خرید و دیگر موارد می‌باشد.

نتایج حاصل از حل مساله در ابعاد مختلف مشخص می‌کند که با افزایش میزان مصدومیت در میان افراد موجود در منطقه حادثه دیده کلیه هزینه‌های موجود در تابع هدف افزایش چشم‌گیری پیدا می‌کند. طبعا زمانی که افراد گونه‌های مختلف مصدومیت را پیدا می‌کنند،

انواع مختلف روش‌های درمانی برای آن‌ها اعمال می‌گردد. این روش‌ها باتوجه به نوع مصدومیت متفاوت بوده و هزینه‌های متفاوتی به سیستم اعمال می‌کند. این هزینه‌ها نشات گرفته از تجهیزات پزشکی مختلفی است که برای هر نوع مصدومیت در نظر گرفته می‌شود. به طور مثال، زمانی که دو نوع جراحت شکستگی و سوختگی جزئی به دو نوع مصدوم مختلف وارد می‌شود، تجهیزات درمانی برای هر دو نوع این مصدومان متفاوت بوده و بی شک هزینه‌ی اتل‌بندی در مصدوم دچار شکستگی با فردی که دچار سوختگی شده متفاوت می‌باشد. همین تغییرات نوع مصدومیت و به طبع آن تغییرات در روش‌های درمانی و استفاده از سیستم‌های انبار بیمارستانی متفاوت در مکان‌های مختلف در سطح جغرافیایی موجب هزینه‌کرد سیستم می‌شود.

این موضوع یکی از تمایزهای موجود میان این پژوهش و فعالیت‌های پیشین بوده که گونه‌های مختلف مصدومیت با درجه وخامت متفاوت را در کنار انواع روش‌ها و محصولات درمانی و تعدد انبارهای بیمارستانی در سطوح متفاوت جغرافیایی را در نظر گرفته و دید کلانی از میزان هزینه‌کرد و لایه‌های اقتصادی در عین توجه به زود هنگام بودن خدمات در مساله امدادرسانی دارد.

نتیجه‌گیری و پیشنهادات آتی

در این تحقیق، مدل مکان‌یابی-موجودی سیستم‌های سلامت‌محور با در پیاده‌سازی شکبه زنجیره‌تامین مدادرسانی در زمان مناسب با هدف کمینه‌سازی هزینه‌های مربوط به فواصل و حمل و نقل، میان تسهیلات سلامت‌محور، مناطق حادثه دیده، انبارها و تأمین‌کنندگان ارایه گردید. به منظور حل و بهینه‌سازی مسأله از دو روش حل دقیق و الگوریتم فراابتکاری ژنتیک بهره بردیم. نتایج بدست آمده حاکی از ضعف روش‌های حل دقیق بوده و تحلیل‌ها نشان داد که الگوریتم ژنتیک با هزینه‌ی کم‌تر در تمامی مسائل عمل می‌نماید. در انتها تحلیلی بر شاخص مربوط به تعداد مصدومان صورت گرفت و مشخص گردید که با افزایش تعداد مصدومان میزان هزینه‌های مربوط به تابع هدف افزایش می‌یابد. این مقاله در محیط رخداد یک حادثه همچون سیل و زلزله و دیگر رخدادهای طبیعی و غیر طبیعی

انجام شده و بستری مناسب برای مدیران بحران می‌باشد. باتوجه به دید کلان مساله در ابعاد مختلف مصدومیت و انواع تجهیزات پزشکی مورد نیاز جهت معالجه افراد در مساله، این مقاله می‌تواند منجر به تصمیمات مناسب برای مدیران بحران کشور در کم‌ترین زمان ممکن گردد. با توجه به همه جانبه بودن مساله، مدیریت با تاثیرپذیری از نتایج حاصل از مساله می‌تواند تصمیمات مناسب مدیریتی را در زمان اندک اخذ نماید تا به تعداد بیش‌تری از مصدومان با انواع مختلف مصدودمیت و درجه وخامت حال و با انواع مختلف تجهیزات پزشکی و دارویی در کنار الزامات اقتصادی و مالی برای مدیران سیستم‌های حکومتی، خدمات داده و کمک شایان توجهی به امر امدادرسانی نماید. این مورد یکی از کاربردهای مهم این مقاله در دنیای واقعی می‌باشد. جهت پیشنهادات آتی می‌توان به استفاده از یک سیستم ردیابی رادیویی (RFID) اشاره کرد که با توجه به ماهیت این موضوع برچسب‌های RFID بر روی اقلام پزشکی موجود در انبار قرار می‌گیرد و از این طریق می‌توان از مکان اقلام در هر زمان باخبر شد. این امر موجب مدیریت زمان در امر امدادرسانی می‌باشد.

تعارض منافع

در صورت وجود هرگونه تعارض منافع در این قسمت ذکر شود. در غیر اینصورت ذکر تعارض منافع ندارم کفایت می‌کند.

سپاسگزاری

در یک پاراگراف کوتاه از حامیان مادی و معنوی پژوهش تقدیر شود.

ORCID

Vahid Hajipour http://orcid.org/0000-0002-3974-6403

Sina Salimian https://orcid.org/0000-0001-5966-1039

References

Amir Ahmadi, J. Hoseinpour, P (2015), "Incorporating location, inventory and price decisions into a supply chain distribution network design problem", Computers & Operations Research, No. 56. PP: 110-119.

Parenthetical citations: (Amir Ahmadi et al., 2015)

Narrative citations: امیراحمدی و حسین‌پور (۲۰۱۵)

Ahmadi-Javid, A., & Ramshe, N. (2020). A stochastic location model for designing primary healthcare networks integrated with workforce cross-training. Operations Research for Health Care, 24, 100226.

Parenthetical citation: (Ahmadi-Javid and Ramshe, 2020)

Narrative citation: احمدی جاوید و رامشه (۲۰۲۰)

Amiri-Aref, M. Klibi, W. Babai, M.Z (2018), "The Multi-sourcing Location Inventory Problem with Stochastic Demand", European Journal of Operational Research, No. 266. PP: 72-87.

Parenthetical citations: (Amiri-Aref et al., 2018)

Narrative citations: امیری عارف و همکاران (۲۰۱۸)

Carvalho, A. Araujo, A (2013), "Improving NSGA-II with an adaptive mutation operator", Computer Science.

Parenthetical citation: (Carvalho and Araujo, 2013)

Narrative citation: کاروالهو و آرائوجو (۲۰۱۳)

Daskin, M. Dean, L (2004), "Location of healthcare facilities, Chapter 3 in Handbook of OR/MS in Healthcare: A Handbook of Methods and Applications, F. Sanifort, M. Brandeau and W.Pierskalla, editor, Kluwer.

Parenthetical citations: (Daskin and Dean, 2004)

Narrative citations: داسکین و دین (۲۰۰۴)

Daskin, M. Coullard, C (2002), "An inventory-location model: formulation, solution algorithm and computational result", Annals of Operations Research, No. 110. PP: 83-106.

Parenthetical citation: (Daskin and Coullard, 2002)

Narrative citation: داسکین و کولارد (۲۰۰۲)

Dai, Z. Aqlan, F. Zheng, Z. Gao, K (2018), "A location-inventory supply chain network model using two heuristic algorithms for perishable products with fuzzy constraints", Computers & Industrial Engineering, No. 119. PP: 338-352.

Parenthetical citations: (Dai et al., 2018)

Narrative citations: دای و همکاران (۲۰۱۸)

Feng, P. Fung, R. Wu, F (2017), "Preventive transshipment decisions in a multi-location inventory system with dynamic approach", Computers & Industrial Engineering, No. 104. PP:1-8.
Parenthetical citation: (Feng et al., 2017)
Narrative citation: فنگ و همکاران (۲۰۱۷)

Gu, W. Wang, X. McGregor, SE (2010), "Optimization of preventive healthcare facility locations", International Journal of Health Geographic's, No. 9.
Parenthetical citations: (Gu et al., 2010)
Narrative citations: گو و همکاران (۲۰۱۰)

Jin, Z., Yang, Z., & Ito, T. (2006). Metaheuristic algorithms for the multistage hybrid flowshop scheduling problem. International Journal of Production Economics, 100(2), 322-334.
Parenthetical citation: (Jin et al., 2006)
Narrative citation: جین و همکاران (۲۰۰۶)

Kahag, M. R., Niaki, S. T. A., Seifbarghy, M., & Zabihi, S. (2019). Bi-objective optimization of multi-server intermodal hub-location-allocation problem in congested systems: modeling and solution. Journal of Industrial Engineering International, 15(2), 221-248.
Parenthetical citations: (Kahang et al., 2019)
Narrative citations: کاهنگ و همکاران (۲۰۱۹)

Kaya, Y. Uyar, M. Tekin, R (2011), "A novel crossover operator for genetic algorithm: Ring crossover", Computer Science.
Parenthetical citation: (Kaya et al., 2011)
Narrative citation: کایا و همکاران (۲۰۱۱)

Kaya, O., & Ozkok, D. (2020). A Blood Bank Network Design Problem with Integrated Facility Location, Inventory and Routing Decisions. Networks and Spatial Economics, 20(3), 757-783.
Parenthetical citations: (Kaya and Ozkok, 2020)
Narrative citations: کایا و ازکوک (۲۰۲۰)

Khosravani Moghadam, E., Vahdanjoo, M., Jensen, A. L., Sharifi, M., & Sørensen, C. A. G. (2020). An Arable Field for Benchmarking of Metaheuristic Algorithms for Capacitated Coverage Path Planning Problems. Agronomy, 10(10), 1454.
Parenthetical citation: (Khosravani Moghadam et al., 2020)
Narrative citation: خسروانی مقدم و همکاران (۲۰۲۰)

Köksoy, O., & Yalcinoz, T. (2008). Robust design using Pareto type optimization: a genetic algorithm with arithmetic crossover. Computers & Industrial Engineering, 55(1), 208-218.
Parenthetical citations: (Köksoy and Yalcinoz, 2008)
Narrative citations: کوکسوی و یالکینوز (۲۰۰۸)

Liu, X., & Song, X. (2019). Emergency operations scheduling for a blood supply network in disaster reliefs. IFAC-PapersOnLine, 52(13), 778-783.
Parenthetical citation: (Liu and Song, 2019)

Narrative citation: لیو و سونگ (۲۰۱۹)

Murali, P. Ordóñezb, F. Dessoukyb, M (2012). "Facility location under demand uncertainty: response to a large-scale bio-terror attack", Socio-Economic Planning Sciences, No. 46. PP: 78-87.

Parenthetical citations: (Murali et al., 2012)

Narrative citations: مورالی و همکاران (۲۰۱۲)

Mohammadi, M. Dehbari, H. Vahdani, B (2014), "Design a bi-objective reliable healthcare network with finite capacity queue under service covering uncertainty", Transportation Research Part E, No. 72. PP: 15-41.

Parenthetical citation: (Mohammadi et al., 2014)

Narrative citation: محمدی و همکاران (۲۰۱۴)

Mohammadi, A. Yaghoubi, S (2016), "A new location-allocation emergency medical services healthcare system model during major disaster", Journal of Industrial and Systems Engineering, No. 9. PP: 85-99.

Parenthetical citations: (Mohammdi and Yaghoubi, 2016)

Narrative citations: محمدی و یعقوبی (۲۰۱۶)

Mousavi, M. Alikar, N. Niaki, S.T.A. Bahreininejad, A (2015), "Optimizing a location allocation-inventory problem in a two-echelon supply chain network: a modified Fruit Fly optimization algorithm", Computers and Industrial Engineering, No. 87. PP: 543-560.

Parenthetical citation: (Mousavi et al., 2015)

Narrative citation: موسوی و همکاران (۲۰۱۵)

Najafi, J. Zahiri, B. Bozorgi-Amiri, A. Taheri Moghadam, A (2015), "A dynamic closed-loop location-inventory problem under disruption risk", Computers & Industrial Engineering, No. 90, PP:414-428.

Parenthetical citations: (Najafi et al., 2015)

Narrative citations: نجفی و همکاران (۲۰۱۵)

Najafi, A. A., Niaki, S. T. A., & Shahsavar, M. (2009). A parameter-tuned genetic algorithm for the resource investment problem with discounted cash flows and generalized precedence relations. Computers & Operations Research, 36(11), 2994-3001.

Parenthetical citation: (Najafi et al., 2009)

Narrative citation: نجفی و همکاران (۲۰۰۹)

Ndiaye, M. Alfares, H (2008), "Modeling health care facility location for moving population groups", Computers & Operations Research, No. 35. PP: 2154-2161

Parenthetical citations: (Ndiaye and Alfares, 2008)

Narrative citations: اندیآیه و آلفارس (۲۰۰۸)

Pouraliakbarimamaghani, M. Mohammadi, M. Mirzazadeh, A (2017), "A queuing location allocation model for a capacitated healthcare system", Scientia Iranica, No. 24. PP: 751-764.

Parenthetical citation: (Pouraliakbarimamaghani e al., 2017)

Narrative citation: پورعلی اکبری ممقانی و همکاران (۲۰۱۷)

Pouraliakbari, M. Mohammadi, M. Mirzazadeh, A (2017), "Location of healthcare facilities in competitive and user choice environment", Journal of Industrial and Systems Engineering, No. 10. PP: 54-54.
Parenthetical citations: (Pouraliakbari et al., 2017)
Narrative citations: پورعلی اکبری و همکاران (۲۰۱۷)

Ramezanian, R. Behboodi, Z (2017), "Blood supply chain network design under uncertainties in supply and demand considering social aspects", Transportation Research Part E, No. 104. PP: 69-82.
Parenthetical citation: (Ramezanian and Behboodi, 2017)
Narrative citation: رمضانیان و بهبودی (۲۰۱۷)

Rayat, F. Musavi, M.M. Bozorgi–Amiri, A (2017), "Bi-objective reliable location-inventory-routing problem with partial backordering under disruption risks: a modified AMOSA approach", Applied Soft Computing, No. 59. PP: 622-643.
Parenthetical citations: (Rayat et al., 2017)
Narrative citations: رعیت و همکاران (۲۰۱۷)

Samani, M. Torabi, A. Hosseini-Motlagh, M (2018), "Integrated blood supply chain planning for disaster relief" International Journal of Disaster Risk Reduction, No. 27. PP: 168-188.
Parenthetical citation: (Samani et al., 2018)
Narrative citation: سمانی و همکاران (۲۰۱۸)

Sharma, B., Ramkumar, M., Subramanian, N., & Malhotra, B. (2019). Dynamic temporary blood facility location-allocation during and post-disaster periods. Annals of Operations Research, 283(1), 705-736.
Parenthetical citation: (Sharma et al., 2019)
Narrative citation: شارما و همکاران (۲۰۱۹)

Silva, F. Serra, D (2008), "Locating emergency services with different priorities the priority queuing covering location problem", Journal of the Operational Research Society, No. 59. PP: 1229-1238.
Parenthetical citation: (Silva and Serra, 2008)
Narrative citation: سیلوا و سرا (۲۰۰۸)

Sajadi, S.J. Makui, A. Dehghani, E. Pourmohammad, M (2015), "Applying queuing approach for a stochastic location-inventory problem with two different mean inventory considerations", Applied Mathematical Modelling, No. 40. PP: 578-596.
Parenthetical citation: (Sajadi et al., 2015)
Narrative citation: سجادی و همکاران (۲۰۱۵)

Tavana, M. Abtahi, A. Caprio, D. Hashemi, R. Zenous, R. (2017), "An integrated location-inventory-routing humanitarian supply chain network with pre- and post-disaster management considerations", Socio-Economic Planning Sciences.
Parenthetical citation: (Tavana et al., 2017)
Narrative citation: توانا و همکاران (۲۰۱۷)

Vahdani, B. Soltani, M. Yazdani, M. Mousavi, S.M (2017), "A three level joint location-inventory problem with correlated demand, shortages

and periodic review system: Robust meta-heuristics", Computers & Industrial Engineering, No. 109, PP: 113-129.
Parenthetical citation: (Vahdani et al., 2017)
Narrative citation: وحدانی و همکاران (۲۰۱۷)

Veenstra, M. Roodbergen, K. Coelho, L. Zhu, S (2018), "A simultaneous facility location and vehicle routing problem arising in healthcare logistics in the Netherlands", European Journal of Operational Research, No. 268. PP: 703-715.
Parenthetical citation: (Veenstra et al., 2018)
Narrative citation: ونسترا و همکاران (۲۰۱۸)

Wu, M. S., Teng, W. C., Jeng, J. H., & Hsieh, J. G. (2006). Spatial correlation genetic algorithm for fractal image compression. Chaos, Solitons & Fractals, 28(2), 497-510.
Parenthetical citation: (Wu et al., 2006)
Narrative citation: وو و همکاران (۲۰۰۶)

Wu, M. S., Jeng, J. H., & Hsieh, J. G. (2007). Schema genetic algorithm for fractal image compression. Engineering Applications of Artificial Intelligence, 20(4), 531-538.
Parenthetical citation: (Wu et al., 2007)
Narrative citation: وو و همکاران (۲۰۰۷)

Yao, Z. Lee, L. Jaruphongsa, W. Tan, V. Hui, C (2010), "Multi-source facility location–allocation and inventory problem", European Journal of Operational Research, No. 207. PP: 750-762.
Parenthetical citation: (Yao et al., 2010)
Narrative citation: یائو و همکاران (۲۰۱۰)

Yadav, D. K., & Dutta, S. (2017). Regression test case prioritization technique using genetic algorithm. In Advances in computational intelligence (pp. 133-140). Springer, Singapore.
Parenthetical citation: (Yadav and Dutta, 2017)
Narrative citation: یاداو و دوتا (۲۰۱۷)

Yan, K. K., & Lu, Y. (1997). Sidelobe reduction in array-pattern synthesis using genetic algorithm. IEEE Transactions on Antennas and Propagation, 45(7), 1117-1122.
Parenthetical citation: (Yan and Lu, 1997)
Narrative citation: یان و لو (۱۹۹۷)

Zhang, Y. Qi, M. Miao, L. Liu, E (2014), "Hybrid metaheuristic solutions to inventory location routing problem", Transportation Research Part E, No. 70. PP: 305–323.
Parenthetical citation: (Zhang et al., 2014)
Narrative citation: ژانگ و همکاران (۲۰۱۴)

Zhang, Z. Unnikrishnan, A (2016), "A coordinated location-inventory problem in closed-loop supply chain", Transportation Research Part B, No. 89. PP: 127-148.
Parenthetical citation: (Zhang and Unnikrishnan., 2016)
Narrative citation: ژانگ و یونیک ریشران (۲۰۱۶)

پیوست ۱. الگوی مشخصات به‌صورت پاورقی:

*اسم نویسنده ی مسئول ستاره دار شود و در پاورقی ایمیل نویسنده مسئول قید شود.

اعضای هیات علمی

رتبه علمی (مربی، استادیار، دانشیار، استاد)، گروه ؟، دانشگاه، شهر، کشور.

دانشجویان

دانشجوی (کارشناسی، کارشناسی ارشد، دکتری) رشته تحصیلی، دانشگاه، شهر، کشور.

افراد و محققان آزاد

مقطع تحصیلی (کارشناسی، کارشناسی ارشد، دکتری) رشته تحصیلی، سازمان محل خدمت، شهر، کشور.

طلاب

سطح (۲،۳،۴)، رشته تحصیلی، حوزه علمیه/ مدرسه علمیه، شهر، کشور.

افراد و محققان عضو سازمان / پژوهشکده

رتبه علمی (مربی، استادیار، دانشیار، استاد)، گروه ؟ (در صورت وجود)، موسسه، شهر، کشور.

مقاله حاضر برگرفته از رساله دکتری / پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته ..... دانشگاه ..... است / مقاله حاضر برگرفته از طرح پژوهشی با عنوان«.....» با حمایت دانشگاه / موسسه ..... است. (قلم بی زر، سایز ۱۰)

پیوست ۲. توضیحات تکمیلی

- نرم افزار مورد استفاده حتما Microsoft Word 10 یا بالاتر باشد.
- فاصله گذاری صفحات: به صورت Multiple 0.9 باشد.
- از استایل‌ها برای تنظیمات استفاده شود.
- بعد از تنظیم نهایی یادداشت‌های راهنما حذف شود.
- اولین پاراگراف بعد از هر تیتر بدون تورفتگی
- پاراگراف‌های بعدی با ۰/۵ سانتیمتر تورفتگی
- پاورقی‌ها APA باشد. (نام خانوادگی، حرف اول نام. و نام خانوادگی، حرف اول نام.)
- اعداد درون متن با رسم الخط فارسی باشد.
- از علامت ممیز (/) برای اعشار استفاده شود.
- تمامی تیترها pt۱۲ از متن قبل و pt ۰ متن بعد فاصله داشته باشد.

Appendix 1. Author's Profile Guide

A Sample Profile of Faculty Members:
Academic Rank (Instructor, Assistant Professor, Associate Professor, Full Professor), Department, Faculty, University, City, Country.
Example: Assistant Professor, Educational Psychology Dept., Faculty of Psychology and Educational Sciences, Allameh Tabataba'i University, Tehran, Iran.

A Sample of Student Profile:
The Student of (Bachelor, Master, Ph.D.), Field of Study, University, City, Country.
Example: M.Sc. Student in Educational Psychology, Allameh Tabataba'i University, Tehran, Iran.

A Sample of Profile for Individuals and Freelance Researchers:
Degree (Bachelor, Master, Ph.D.), Field of Study, University, City, Country / Organization or Workplace, City, Country.
Example: Master of Educational Psychology, Allameh Tabataba'i University / Education Department, Tehran, Iran.