فصلنامه دانش پیشگیری و مدیریت بحران/ دورهٔ پنجم، شمارهٔ دوم، تابستان ۱۳۹۴
Disaster Prevention and Management Knowledge (DPMK) Quarterly, Vol. 5, No. 2 (Summer 2015)

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۳/۲۰
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۵/۳۰

پیدا کردن مکان مناسب برای انبارهای کالای امدادی

پیدا کردن مکان مناسب برای انبارهای کالای امدادی با درنظر گرفتن کالاهای مختلف در زمان بحران سیل در منطقه سه شهر تهران

احمد محمدی[۱] و سعید یعقوبی[۲]

۱. دانشجوی دکتری دانشگاه علم وصنعت ایران، دانشگاه علم وصنعت ایران- دانشکده مهندسی صنایع.تهران.ایران (نویسنده مسئول) **mohamadi_a@ind.iust.ac.ir**

۲. استادیار دانشگاه علم وصنعت ایران دانشگاه علم وصنعت ایران - دانشگاه علم وصنعت ایران- دانشکده مهندسی صنایع.تهران.ایران yaghoubi@iust.ac.ir

چکیده

زمینه و هدف: عملیات توزیع کالاهای امدادی به مناطق آسیب دیده و پوشش نقاط آسیب دیده از فعالیت‌های اساسی لجستیک امداد بلایا می‌باشد. که در این بین تأمین و نگهداری و تخصیص کالاهای امدادی از دیگر موضوعات حیاتی در زمان بحران است. از طرفی منطقه ۳ شهرداری تهران، یکی از مناطق پرجمعیت شمالی کلان شهر تهران است که دارای وسعتی معادل ۲۰۸/۳۱ کیلومتر مربع که حدود ۵۳ درصد آن را مناطق مسکونی اشغال کرده و جمعیت آن معادل ۲۹۳۱۸۱ نفر می باشد. همچنین به لحاظ مسائل شهرسازی و برنامه ریزی شهری، باید اذعان کرد که منطقه مورد مطالعه دارای تنوع کاربری بالایی بوده و کف سازی و سنگفرش خیابان و پیاده‌روها و عدم وجود سطوح نفوذ پذیر، آسیب پذیری منطقه را در برابر سیل دوچندان کرده است. لذا این تحقیق سعی دارد تا با برنامه ریزی در این منطقه به کاهش آسیب پذیری ناشی از بحران سیل کمک کند.

روش: در این مقاله مدلی دو هدفه جهت مکان‌یابی انبارهای کالای امدادی با درنظرگرفتن موجودی به صورت چند کالایی و چند دوره ای با درنظرگرفتن حداکثر پوشش نقاط آسیب دیده و همچنین وارد نمودن محدودیت ظرفیت، به ازای هر کالا در هر انبار، در زمان بحران سیل ارائه شده است. برای حل این مدل دو هدفه از روش محدودیت اپسیلون و سپس از الگوریتم فراابتکاری استفاده شده است.

یافته ها: با افزایش تعداد انبارها میزان پوشش نقاط آسیب دیده افزایش می‌یابد هم چنین با افزایش میزان پوشش، تابع هدف هزینه کاهش می‌یابد اما به دلیل هزینه ثابت انبارها، با افزایش مجموع هزینه‌ها مواجه هستیم.

نتیجه گیری: با توجه به آسیب پذیری بالای منطقه سه در خصوص بحران سیل، پیاده سازی مدل پیشنهادی می‌تواند کمک شایانی به توزیع اقلام امدادی در منطقه کند و این امر می‌تواند موجب کاهش آسیب‌ها و رنج‌های مردم منطقه در زمان بحران سیل شود.

کلیدواژه: مکان‌یابی، چند کالایی، چنددوره ای، بحران سیل، منطقه سه تهران

◀ **استناد فارسی (شیوه APA، ویرایش ششم ۲۰۱۰):** محمدی، احمد؛ یعقوبی، سعید، (تابستان ۱۳۹۴). پیدا کردن مکان مناسب برای انبارهای کالای امدادی با درنظر گرفتن کالاهای مختلف در زمان بحران سیل در منطقه سه شهر تهران . *فصلنامه دانش پیشگیری و مدیریت بحران، ۵* (۲)، ۱۱۹- ۱۲۹ .

Finding the Optimal Place for Relief Warehouses in View of the Various Commodities in Times of Disaster in the Third District of Tehran

Ahmad Mohamadi[1], Saeed Yaghoubi[2]

Phd candidate Iran university sicence and technology

Assistant professor Iran university sicence and technology

ABSTRACT

Background and objective: Natural disasters have affected the Earth and cause damage to people, such as injury, disease, malnutrition, psychological stress and death. One of the most important natural disasters is flood that happens irreparable effects on the prevalence of physical and financial life. Many regions throughout the world, have experienced floods caused by heavy rains. However, given the Tehran 3rd District, the northern metropolis of Tehran, which covers an area of 31/208 square kilometers. According to statistics from 1390, occupies about 53 percent of the residential areas with a population of about 293,181 people. In terms of urban issues and urban planning, it must be acknowledged that the study area has a high diversity of users and the floor and pavement and sidewalks and a lack of permeable surfaces, problems related to the region vulnerable to floods has increased. Therefore, this paper aims to plan in this area to reduce vulnerability.

Method: In this model, the objective of locating warehouses of relief with regard to multi-commodity and multi-period and with regard to the maximum cover damaged areas as well as entering the limited capacity of each commodity in the warehouses at the time of crisis flood presented. To solve the dual objective of the method used Epsilon constraints.

Findings: As the number of warehouses covering the damaged areas increases also with an increase in coverage, the objective function decreases costs due to increased fixed cost of warehouses with total costs.

Results: With respect to the high vulnerability of this area, the proposed model can help distributing relief commodities and reducing the of the affected people.

Type of paper: Research article

Keywords: Location, Multi-product, Multi-period, The flood crisis, The third district of Tehran

▶**Citation (APA 6th ed.):** Mohamadi A. & Yaghoubi S. (2015, Summer). Finding the optimal place for relief warehouses in view of the various commodities in times of disaster in the third district of Tehran. *Disaster Prevention and Management Knowledge Quarterly (DPMK), 5*(2), 119- 129 .

مقدمه

بلایا و فجایع را می‌توان رویدادهای نادر و شدیدی که بر روی زندگی انسان‌ها و محیط اطراف آن اثرات منفی می‌گذارد، تعریف کرد(Formatting Citation). در این میان سیل یکی از رویدادهای طبیعی است که هر ساله موجب بروز تلفات انسانی، دامی و خسارات به ساختمان‌ها، تأسیسات، باغات، کشتزارها و منابع طبیعی می شود. گاهی حجم حادثه به قدری زیاد است که نیاز به برنامه‌ریزی قبل از بحران را ضروری می‌کند (بامول و ولف،[1] ۱۹۵۸، ص ۲۵۷). اساساً با بروز بحران طبیعی، سیلی از مشکلات به منطقه بحران زده سرازیر می‌شود. از این رو مکان‌یابی بهینه تسهیلات خدماتی، نمونه‌ای از سیاست دولت‌ها با درک منافع ناشی از صرفه‌جویی در استفاده از منابع، افزایش کارآیی و هم‌افزایی خدمات، به ویژه در هنگام وقوع بحران و افزایش حس جمع‌گرایی است که چنین منافعی به خصوص برای دولت‌هایی که رشد سریع بافت‌های شهری را تجربه می‌کنند، بسیار حیاتی می‌باشد. از طرفی در زمان بحران نیاز به کالاهای حیاتی مانند آب، غذا و دارو به شدت احساس می‌شود و لازم است که این کالاها در انبارها ذخیره و در موقع بحران از آن‌ها استفاده شود. در این شرایط استفاده از مدل‌های مکان‌یابی با در نظرگرفتن مسائل مربوط به موجودی کالا ضروری می‌باشد.

در مورد مسئله‌ی مکان‌یابی- موجودی باید گفت که با وابستگی هزینه‌های موجودی به ساختار شبکه و تعداد تسهیلات فعال شده، محققان دریافتند که هزینه‌های موجودی را باید در ساختار شبکه در نظر گیرند. لذا بهتر است در طراحی شبکه‌های توزیع، هزینه‌های موجودی نیز لحاظ شود تا ساختار شبکه و تعداد تسهیلات فعال شده بر اساس ارزیابی کردن بین هزینه‌های مکان‌یابی، توزیع و هزینه‌های موجودی بدست آید و چنانچه این دو مسئله با هم در ساختار شبکه توزیع در نظر گرفته شود، می‌تواند منجر به کاهش هزینه‌های بسیاری شود. تامین نیازهای امدادی در مناطق آسیب دیده بلافاصله بعد از وقوع بحران و نیز پوشش نقاط آسیب دیده از اقدامات مهم در لجستیک امداد بالایا می‌باشد. در نتیجه با ارایه یک مدل جامع و مکان یابی صحیح مراکز توزیع با در نظر گرفتن مبحث موجودی، می‌توان جان بسیاری از انسان‌ها را نجات داد و هم هزینه‌ها را کاهش داد. بنابراین ارایه مدل ریاضی جامع و کاربردی نزدیک به شرایط دنیای واقعی که در صورت تغییر پاراکترها نیز بتواند عملکرد مناسبی داشته باشد، ضروری به نظر می‌رسد. در ادامه به مرور ادبیاتی در زمینه مدل‌های مکان‌یابی موجودی پرداخته شده است.

بامول و ولف برای اولین بار ایده‌ای را مطرح کردند که بیان می‌کرد (بامول و ولف، ۱۹۵۸) «تحلیل موجودی نشان می‌دهد که هزینه‌های موجودی به طور تقریبی با ریشه دوم تعداد تسهیلات مکان‌یابی شده نسبت دارد»(ص ۲۵۹). این استدلال به هزینه‌های موجودی در جریان کار و ذخیره اطمینان نیز مربوط می‌شود. اپن در مقاله ای استدلال کرد که هزینه‌های ذخیره اطمینان نیز با ریشه دوم تعداد تسهیلات مکان‌یابی شده نسبت دارد، البته با این فرض که واریانس تقاضاهای همه بیماران برابر و تقاضاهای بیماران از هم مستقل باشند. اگرچه ایده درنظرگرفتن هزینه‌های موجودی در هزینه‌های توزیع از سالهای قبل مطرح شده است، اما اخیراً مدل‌هایی برای درنظرگرفتن هزینه‌های موجودی در هزینه‌های توزیع مطرح شده که اغلب این مدل‌ها غیرخطی می‌باشند.

شن و لوی[2] (۲۰۰۰) مدل مکان‌یابی- موجودی را با درنظرگرفتن کاهش ریسک مطرح کردند. هدف این حداقل کردن مجموع هزینه‌های مکان‌یابی تسهیلات، هزینه‌های حمل و نقل مستقیم به بیماران، هزینه‌های موجود در جریان کار، هزینه‌های ذخیره‌های احتیاطی در مراکز توزیع و هزینه‌های ارسال کالا از کارخانه به مراکز توزیع می‌باشد (ص ۷۲). دو عبارت اخیر یعنی هزینه‌های موجودی در مراکز توزیع و هزینه‌های ارسال کالا به مراکز توزیع، به تخصیص بیماران به مراکز توزیع بستگی دارد. همچنین شن و لوی (۲۰۰۰) نیز یک مدل پوشش کامل ارائه کردند که در آن مجموعه‌هایی که شامل بیمارانی که به مرکز توزیع تخصیص یافته‌اند، می‌باشند و از الگوریتم قیمت‌گذاری برای حل آن استفاده کردند. در این مقاله فرض شده است که واریانس تقاضاهای بیماران نسبتی از میانگین تقاضاهای آنان می‌باشد که نویسندگان با درنظرگرفتن این فرض توانستند هزینه‌های ذخیره

1. Baumol and Wolfe

2. Shen and Levi

احتیاطی و هزینه موجودی در جریان کار را به یک عبارت تبدیل کنند. شو و همکاران[1] (۲۰۰۵) این فرض که واریانس تقاضاهای بیماران باید نسبتی از میانگین تقاضاهای آنها باشد را نیز در نظر نگرفته و توانستند با استفاده از الگوریتم قیمت گذاری۵ مساله را حل کنند. داسکین و همکاران[2] (۲۰۰۲) نیز از الگوریتم آزادسازی لاگرانژ برای حل این مدل استفاده کرده و در مقایسه با حل شو و همکاران به نتایج بهتری هم از نظر کیفیت جواب و هم از نظر زمان حل رسیدند.

مدلهای مکان‌یابی- موجودی دیگری نیز در ادبیات وجود دارند. باراهونا و جنسن[3] (۱۹۹۸) یک مساله مکان‌یابی همراه با هزینه ثابت برای ذخیره کردن کالا در مراکز توزیع درنظرگرفتند. ارلباچر و ملر[4] (۲۰۰۰) از تکنیک‌های ابتکاری مختلفی برای حل مساله مکان‌یابی-موجودی با درنظرگرفتن تابع هدف غیر خطی ارائه دادند. تئو و همکاران[5] (۲۰۰۱) یک الگوریتم تقریبی برای حل مسائل مکان‌یابی-موجودی که هزینه‌های مکان‌یابی و موجودی را بدون درنظرگرفتن هزینه‌های حمل و نقل حداقل می‌کرد، ارائه دادند. نوزیک و ترنکوییست[6] (۲۰۰۱) نیز مدل‌هایی شبیه مدل شن ارائه دادند که هزینه‌های موجودی را در مکان‌یابی در نظر می‌گرفتند. آریا نژاد و جبار زاده[7] (۲۰۰۹) مدل تجمیع شده مسائل مکان‌یابی- موجودی را با اختلالات تصادفی در مراکز توزیع ارائه دادند که در این مدل تقاضای بیماران نامشخص است و هدف آن حداقل کردن آسیب پذیری مراکز توزیع در برابر اختلالات تصادفی می‌باشد. همچنین نویسندگان برای حل مدل خود از الگوریتم ژنتیک استفاده نمودند. تنکرِز و همکاران[8] (۲۰۱۰) مساله مکان‌یابی-موجودی را در سه سطح مورد بررسی قرار دادند که سه تصمیم مکان‌یابی مراکز توزیع، تخصیص جریان و اندازه محموله را به صورت یکپارچه درنظرگرفتند. هسیه و چو[9] (۲۰۱۰)، مدلی یکپارچه برای ترکیب تصمیمات کنترل موجودی از قبیل مقدار سفارش اقتصادی، ذخیره اطمینان و تصمیمات جایگزین تحت مکانیزم موجودی مدیریت فروشنده در مدل‌های مکان‌یابی ارائه دادند که برای حل مسائل طراحی شبکه توزیع به کار می‌رود. هسیه و لایو[10] (۲۰۱۰)، مدلی چندهدفه برای یک مساله تجمیع شده مکان‌یابی-موجودی در سیستم‌هایی که موجودی تحت مدیریت فروشنده است، ارائه کردند که این مدل به طور همزمان تقاضای احتمالی و اثر پدیده ریسک را بر سیستم در نظر گرفت. وانگ و همکاران[11] (۲۰۱۳) الگوریتمی هوشمند و موثر برای تعدیل و اصلاح مسائل جایگزین مکان‌یابی- موجودی ارائه دادند.

ونبینگ[12](۲۰۱۴)، مدل مکان‌یابی-موجودی را با سیاست سطح موجودی برای طراحی شبکه چهارسطحی زنجیره تامین ارائه کرد. که در این مدل چهار سطح تامین کننده، کارخانه، مراکز توزیع و بیمار برای زنجیره تامین در نظر گرفته شده است.

با توجه به تحقیقات پیشین، مدلی که در خصوص مکان‌یابی انبارهای کالای امدادی با درنظرگرفتن موجودی به صورت چند کالایی، و وارد کرد پویایی به مساله به صورت چند دوره ای و با درنظرگرفتن حداکثر پوشش نقاط آسیب دیده و همچنین وارد نمودن محدودیت ظرفیت به ازای هر کالا در هر تسهیل به طور همزمان تصمیم گیری شود ارائه نشده است.

هدف اصلی این مقاله، ارائه مدل بهینه سازی چند هدفه برای مسئله طراحی لجستیک امداد می‌باشد که شامل مکان‌یابی مراکز توزیع امداد و تخصیص نقاط آسیب دیده به این مراکز در زمان بحران است. به علاوه مدل پیشنهادی میزان تخصیص انواع کالاهای امدادی با توجه به تقاضا در هر دوره را با در نظر گرفتن هزینه‌های موجودی مشخص می‌کند. اهداف مدل پیشنهادی شامل کمینه سازی هزینه‌های لجستیکی و بیشینه سازی پوشش مناطق آسیب دیده می‌باشد.

نوآوری‌های مدل ارائه شده که آن را با دیگر مقالات موجود در ادبیات این حوزه متمایز می‌سازد را می توان در موارد ذیل بیان نمود:

۱- ارائه مدل یکپارچه که تصمیمات استراتژیک نظیر مکان یابی را با تصمیمات عملیاتی نظیر تخصیص منابع امداد به مراکز آسیب

1. Shu et al.
2. Daskin et al.
3. Barahona and Jensen
4. Erlebacher and Meller
5. Teo et al.
6. Nozick and Turnquist
7. Aryanezhad and Jabbarzadeh
8. Tancrez et al.
9. Hsieh and Chou
10. Hsieh and Laio
11. Wang et al.
12. Wenbing

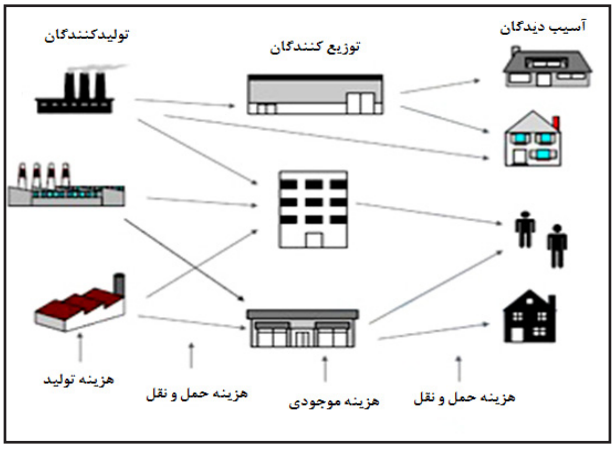
دیده ترکیب می‌کند.

۲- ارائه مدل برنامه‌ریزی لجستیک چندهدفه که با درنظرگرفتن موجودی به صورت چند کالایی و وارد نمودن پویایی (چند دوره‌ای) و درنظرگرفتن حداکثر پوشش در خصوص نقاط آسیب دیده، در خصوص مکان‌یابی بهینه انبارهای کالای امدادی با توجه به هزینه‌های حمل ونقل تصمیم‌گیری می‌کند.

۳- در این مدل محدودیت ظرفیت به ازای هر کالا در هر انبار کالای امدادی، در نظر گرفته شده است.

روش تحقیق

مسأله مکان‌یابی انبارهای مواد غذایی و عملیات توزیع کالای امدادی، از مهم‌ترین اقدامات در فاز پاسخ به بحران محسوب می شوند. برنامه‌ریزی درست و مناسب این اقدامات، با توجه به محدودیت منابع و امکانات، تاثیر بسزایی در کاهش خسارات جانی و مالی و افزایش کارآیی و اثربخشی پاسخگویی دارد. در فاز پاسخ، می بایست اقلام ضروری مورد نیاز مصدومین و مجروحین در دوره‌های مختلف شناسایی و از مراکز توزیع امداد به مناطق آسیب‌دیده ارسال گردند. شبکه لجستیک امداد مورد مطالعه در این تحقیق را می‌توان مطابق شکل(۱) نشان داد.



شکل ۱: شبکه لجستیک امداد

مفروضات این مساله عبارتند از:

۱- در این مساله چند مرکز توزیع(انبار کالای امدادی) و چند منطقه آسیب دیده وجود دارد.

۲- انواع مختلف کالاها و تجهیزات امدادی نظیر آب معدنی و نان در نظر گرفته شده است.

۳- هر مرکز توزیع(انبارکالای امدادی) می‌تواند به چند منطقه آسیب دیده کالا ارسال نماید.

۴- برای نزدیک شدن به شرایط واقعی چندین دوره در نظر گرفته شده است.

۵- محدودیت ظرفیت به ازای هر کالا در هر انبار در نظر گرفته شده است.

۶- پوشش جمعیت نقاط آسیب دیده در نظر گرفته شده است.

یافته‌ها

در این قسمت به بیان مدلسازی و روش حل پرداخته می‌شود.

مدل سازی

در این بخش، مجموعه‌ها، شناساگرها، پارامترها، متغیرهای تصمیم و مدل برنامه‌ریزی ریاضی مساله معرفی می‌گردند.

مجموعه‌ها و شناساگرها

I : مجموعه نقاط آسیب دیده

J : مجموعه انبارهای کالای امدادی

K : مجموعه کالای امدادی

L : مجموعه دوره سفارش دهی

i : اندیس نقاط آسیب دیده

j : اندیس انبارهای کالای امدادی

k : اندیس کالای امدادی

l : اندیس دوره سفارش دهی

پارامترها

μ_{ikl} : میانگین تقاضای کالای امدادی k ام توسط نقطه آسیب دیده i ام در دوره l ام.

σ^2_{ikl} : واریانس تقاضای کالای امدادی k ام توسط نقطه آسیب دیده i ام در دوره l ام.

C_{ijkl} : هزینه انتقال کالای امدادی k ام از انبارکالای امدادی j ام به نقطه آسیب دیده i ام

p_j : هزینه‌های ثابت سفارش در انبارکالای امدادی j

w_{jk} : عبارتی که زمان پیش افت انتقال کالای امدادی در انبارکالای امدادی j و هزینه نگهداری موجودی اطمینان را در برمی‌گیرد.

v_{jk} : ظرفیت کالای امدادی j ام برای کالای امدادی k ام

a_{ij} : ضریب پوشش، برابر ۱ است اگر انبار کالای امدادی j بتواند نقطه آسیب دیده iرا تحت پوشش قرار دهد و در غیر اینصورت صفر.

h_i : جمعیت نقطه آسیب دیده i

متغیرهای تصمیم

X_j: برابر ۱ است اگر در مکان j انبارکالای امدادی احداث شود و در غیر اینصورت صفر.

Y_{ijkl}: برابر ۱ است اگر از انبارکالای امدادی j به نقطه آسیب دیده i کالای امدادی k ام در دوره l ام ارسال شود و در غیر اینصورت صفر.

ζ_i: برابر ۱ است اگر نقطه آسیب دیده i توسط انبار کالای امدادی پوشش داده شود و درغیر اینصورت صفر.

مدل ریاضی مساله

$$MinZ_1 = \sum_i\sum_j\sum_k\sum_l C_{ijk}\mu_{ikl}Y_{ijkl} + \sum_j P_j\sqrt{\sum_i\sum_k\sum_l \mu_{ikl}Y_{ijkl}} + \sum_j\sum_k W_{jk}\sqrt{\sum_i\sum_l \sigma^2_{ikl}Y_{ijkl}} \quad (۱)$$

$$MaxZ_2 = \sum_i h_i\zeta_i \quad (۲)$$

$$\sum_i\sum_l h^{ijkl}X^{ijkl} \le A^{jk} \quad \forall j\in J, k\in K \quad (۳)$$

$$X^{ijkl} \le X^j \quad \forall i\in I, j\in J, k\in K, l\in L, j\in J \quad (۴)$$

$$\sum_j X_j = N \quad (۵)$$

$$\zeta_i \le \sum_j a_{ij}X_j \quad \forall i\in I \quad (۶)$$

$$\zeta_i \in (0,1)\ Y_{ijkl}\in(0,1)\ X_j\in(0,1) \quad (۷)$$

در تابع هدف اول، عبارت اول هزینه انتقال کالای امدادی k از انبار کالای امدادی j به نقطه آسیب دیده i در دوره زمانی l ام است. عبارت دوم شامل هزینه سفارش از انبارکالای امدادی j ام می‌باشد و در نهایت عبارت سوم، هزینه نگهداری موجودی اطمینان کالای امدادی k ام در انبار کالای امدادی j ام در دوره l ام می‌باشد تابع هدف دوم نشان دهنده حداکثر پوشش جمعیت نقاط آسیب دیده است. محدودیت سوم، ظرفیت تامین انبارکالای امدادی j ام برای کالای امدادی k ام، را نشان می‌دهد. محدودیت چهارم، بدین مفهوم است، زمانی که انبار کالای امدادی j ام احداث نشده باشد، ارتباط بین انبارکالای امدادی j و نقطه آسیب دیده i برای ارسال کالای امدادی k در دوره زمانی l ام برقرار نمی‌شود. محدودیت پنجم نشان می‌دهد که چه تعداد انبارهای کالای امدادی باید تأسیس شود. محدودیت ششم نشان می‌دهد که یک نقطه آسیب دیده وقتی می‌تواند از انبار کالای امدادی خدمات بگیرد که ابتدا انبار کالای امدادی، تأسیس شده باشد و همچنین آن نقطه در ناحیه تحت پوشش آن مرکز باشد. محدودیت هفتم نیز مربوط به متغیرهای تصمیم صفر و یک مساله می‌باشد.

روش حل

برای حل مسائل چند هدفه از روش‌های مختلفی استفاده می‌شود که در این مقاله روش محدودیت اپسیلون بکارگرفته شده است؛ سپس با طراحی یک الگوریتم فرا ابتکاری به تحلیل نتایج بروی مطالعه موردی پرداخته می‌شود.

محدودیت اپسیلون

روش محدودیت اپسیلون یکی از رویکردهای شناخته شده برای مواجه با مسایل چند هدفه می‌باشد که به انتقال تمامی توابع هدف به جز یکی از آنها در هر مرحله، به حل این نوع مسائل می‌پردازد. یکی از مزیت‌های عمده روش، این است که می‌توان تعداد جواب‌های تولید شده و بازه‌ها را با توجه به معیارهای تصمیم‌گیرنده تحت کنترل داشت. با توجه اهمیت نظر تصمیم گیرنده از این روش استفاده شده است:

گام‌های روش محدودیت اپسیلون برای این مساله به صورت زیر است:

۱. تابع هدف Z_1 با توجه به اهمیت بحث زمان در بحران، به عنوان تابع هدف اصلی انتخاب می‌شود.

۲. مساله با توجه به تابع هدف Z_2 حل می‌شود و بیشترین و کمترین مقدار برای این تابع هدف بدست می‌آید.

۳. تابع هدف Z_2 به صورت محدودیت (۸) در مدل نوشته می‌شود و مدل مساله با تابع هدف اصلی حل می‌شود. بازه بین دو مقدار تابع هدف، به تعداد β قسمت تقسیم بندی شده و یک جدول مقادیر با توجه به فرمول (۹) برای ε_α بدست می‌آید (لشکر آرا و همکاران[1]، ۲۰۱۲).

۴. هر بار مساله، با تابع هدف اصلی با هر یک از مقادیر ε_α حل می‌شود و جواب پارتویی یافته شده گزارش داده می‌شود و تصمیم گیرنده می‌تواند با توجه به جواب‌های گزارش داده شده و معیارهای خود هرکدام از این بازه‌ها را به عنوان جواب بهینه انتخاب کند.

$$Z_2 \ge \varepsilon_\alpha \quad (۸)$$

$$\varepsilon^\alpha = \min(Z_2) + \left(\frac{\beta}{\max(Z_2) - \min(Z_2)}\right)\alpha \quad \alpha = 1,\dots,\beta \quad (۹)$$

1. Lashkar ara et al.

طراحی الگوریتم شبیه سازی تبرید(SA)

الگوریتم فراابتکاری شبیه سازی تبرید یکی از الگوریتم‌های احتمالی بهینه سازی است که ابتدا برای حل مسائل بهینه سازی گسسته ارائه شد و سپس جهت حل مسائل بهینه سازی پیوسته توسعه یافت. این الگوریتم جهت فرار از بهینه‌های محلی با الهام از فرآیند تبرید فلزات اقدام به پذیرش جواب‌های بدتر به صورت احتمالی می کند. این احتمال پذیرش برحسب میزان بدتر شدن جواب و پارامتری به نام دما تعیین می‌شود که به صورت رابطه (۱۰) است. در این رابطه Δf بیانگر اختلاف جواب‌ها و T میزان پارامتری به نام دمای الگوریتم است.

$$P(Acceptance) = e^{-\frac{\Delta f}{T}} \qquad (۱۰)$$

در طی فرآیند حل با کاهش تدریجی پارامتر دما، احتمال پذیرش جواب‌های بدتر کمتر می‌شود و الگوریتم حریصانه‌تر رفتار می‌کند تا در نهایت در یک جواب، همگرا می‌گردد. طراحی این الگوریتم به دو صورت همگن و ناهمگن است که در این پژوهش از نوع همگن جهت حل مدل ارائه شده استفاده شده است. شبه کد مربوط به این الگوریتم (نوع همگن) به صورت شکل ۲ است:

Input: Cooling schedule.
$s = s_0$; /* Generation of the initial solution */
$T = T_{max}$; /* Starting temperature */
Repeat
  Repeat /* At a fixed temperature */
    Generate a random neighbor s' ;
    $\Delta E = f(s') - f(s)$;
    If $\Delta E \leq 0$ **Then** $s = s'$ /* Accept the neighbor solution */
    Else Accept s' with a probability $e^{\frac{-\Delta E}{T}}$;
  Until Equilibrium condition
  /* e.g. a given number of iterations executed at each temperature T */
  $T = g(T)$; /* Temperature update */
Until Stopping criteria satisfied /* e.g. $T < T_{min}$ */
Output: Best solution found.

شکل ۲: شبه کد الگوریتم شبیه سازی تبرید همگن

ایجاد جواب اولیه

چون تمامی متغیرهای تصمیم مستقل مدل به صورت باینری هستند، جهت نمایش جواب‌ها از ۳ ماتریس استفاده شده است. ماتریس اول ماتریس پوشش نقاط آسیب دیده می‌باشد. ابعاد این ماتریس $|I| \times ۱$ می‌باشد که ستون‌های آن متناظر با پوشش یک نقطه است. درایه‌های این ماتریس به صورت صفر و یک می‌باشد که صفر بودن هر عنصر به معنای عدم پوشش نقطه و یک بودن به معنای پوشش آن می‌باشد.

$$\zeta_i = [\zeta_۱ \quad \zeta_۲ \quad .... \quad \zeta_i]$$

ماتریس مربوط به احداث انبار به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$X_j = [X_۱ \quad X_۲ \quad .... \quad X_j]$$

متغیرهای مربوط به تخصیص را هم می‌توان به صورت مشابه توسط ماتریس نمایش داد. به عنوان مثال برای نمایش متغیر Y_{ijkl} از یک ماتریس چهار بعدی استفاده می‌شود. که اندیس اول مربوط به به نقطه آسیب دیده و اندیس دوم مربوط به انبار کالای امدادی، اندیس سوم مربوط به کالای امدادی و اندیس چهارم مربوط به دوره می‌باشد. جهت ایجاد جواب اولیه نیز از تولید عدد تصادفی باینری صفر و یک برای هر متغیر بهره گرفته می‌شود. به این صورت که جهت ایجاد جواب شدنی ابتدا متغیر احداث تسهیلات مورد نظر را به طور تصادفی و به تعداد مجاز ایجاد نموده و سپس لینک‌های تخصیص لازمه بین این تسهیلات ایجاد شده به صورت تصادفی ایجاد می‌شود.

تولید جواب‌های همسایه

جهت ایجاد جواب همسایه از جواب کنونی، به طور تصادفی یکی از متغیرهای تصمیم مربوط به تخصیص‌های جواب فعلی را با با یک تخصیص مشابه دیگر جایگزین می‌کنیم. این فرآیند می‌تواند سبب حذف یا ایجاد یک تسهیل جدید نیز گردد و به همین دلیل به طور بالقوه، سبب ایجاد جواب‌های نشدنی نیز شود. اصولا در طراحی الگوریتم‌های فراابتکاری، پس از ایجاد جواب‌های جدید از جواب‌های قبل، قسمت عمده ای از جواب‌های تولیدی جدید نشدنی خواهند بود، لذا جهت برخورد با این حالت عمدتاً با توجه به ماهیت مساله سه استراتژی عدم پذیرش جواب‌های نشدنی، تخصیص تابع جریمه، به ازای میزان نقض محدویت‌های مدل و اصلاح، جواب‌های نشدنی مورد استفاده قرار می‌گیرند. با توجه به ماهیت مدل و جهت افزایش سرعت حل، ما در تولید جواب‌های جدید، پس از تغییر یک تخصیص در جواب فعلی، از یک تابع اصلاح کننده استفاده نموده ایم؛ در صورتی که جواب ایجاد شده نشدنی باشد با توجه به محدویت‌های مدل، اقدام به تصحیح جواب کرده و با حذف یا ایجاد تسهیل لازمه جواب مدنظر را با حداقل تغییرات ممکنه، شدنی می‌سازد.

تنظیم پارامتر

الگوریتم شبیه سازی تبرید شامل فاکتورها و پارامترهایی است که عملکرد مناسب آن را تحت تأثیر قرار می‌دهند. این پارامترها نظیر دمای اولیه، تابع کاهش دما(نرخ سرد شدن)، شرط رسیدن به تعادل دمایی(تعداد جستجو در هر دما) و شرط توقف (دمای نهایی) هستند. در این پژوهش جهت تنظیم پارامترهای الگوریتم از روش آزمایش و خطا استفاده شده است و در نهایت با توجه به ابعاد مسائل مقادیر در جدول(۱) برای پارامترها الگوریتم پیشنهاد شده اند.

جدول ۱: تنظیم پارامترهای الگوریتم

دمای اولیه	نرخ سرد شدن	تعداد جستجو در هر دما	دمای نهایی
۱۸۰۰	۰,۹۹	۲۰	۰,۰۰۱

معیار توقف

معیار توقف الگوریتم طراحی شده رسیدن به دمای نهایی در فرآیند حل است، اما جهت افزایش کارایی و کاهش اتلاف زمان در صورت عدم بهبود بهترین جواب پیدا شده، معیار توقف دیگری تحت عنوان حداکثر تعداد تکرار با عدم بهبود در نظر گرفته شده و میزان آن حداکثر ۲۵۰ تکرار تعیین شده است.

مطالعه موردی

در این مقاله مطالعه موردی منطقه ۳ کلان شهر تهران است؛ چرا که این منطقه درمعرض تهدید سه حوضه‌ی کوهستانی دربند، گلابدره وسعدآباد و دو زیرحوضه مقصودبیک و غیاثوند قرار دارد. همچنین شیب قابل محسوس این منطقه که از شمال به جنوب است موجب افزایش خسارت احتمالی در پایین دست منطقه می شود. مهمترین اهداف این مطالعه موردی ارزیابی میزان آسیب پذیری منطقه سه تهران در برابر سیل و ارائه راهکارهای مناسب برای کاهش خسارات سیل در منطقه ۳ کلان شهر تهران می باشد.

محدوده مورد مطالعه

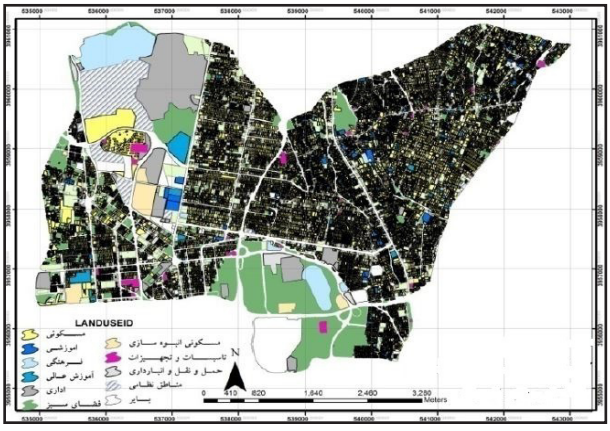
منطقه ۳، از مناطق شمالی کلان شهر تهران است که دارای وسعتی معادل ۲۰۸/۳۱ کیلومتر مربع است. بر اساس آمار سال ۱۳۹۰ حدود ۵۳ درصد آن را مناطق مسکونی اشغال کرده است که جمعیت آن معادل ۲۹۳۱۸۱ نفر می باشد. نقشه این منطقه با جزئیات مطابق با شکل ۳ می‌باشد. به لحاظ مسائل شهرسازی و برنامه ریزی شهری، باید اذعان کرد که منطقه مورد مطالعه دارای تنوع کاربری بالایی بوده و کف سازی و سنگفرش خیابان و پیاده‌روها و عدم وجود سطوح نفوذ پذیر، مشکلات مربوط به آسیب پذیری منطقه را در برابر سیل دوچندان کرده است. طبق نتایج مشاهدات میدانی که به منظور ارزیابی عملکرد مسیل‌ها و سیلاب رودهای اصلی در منطقه سه تهران صورت گرفته، حوضه‌ها و کانال‌های مهم به شرح زیر می باشد:

الف) حوضه‌های سعدآباد، دربند، گلابدره : رودخانه این سه حوضه نیز از ارتفاعات توچال سرچشمه می‌گیرند و نهایتاً به کانال مقصود بیک متصل می‌شوند. مساحت این سه حوضه به ترتیب برابر ۲/۴، ۲۳/۱و۶/۹ کیلومترمربع می باشد. مسیر این رودخانه‌ها بعد از محدوده کوهستانی به صورت کانال‌های روباز بتنی بازسازی شده است. عرض رودخانه سعدآباد در قسمت بالادست که بستر طبیعی دارد حدود ۱۲ متر و عمق متوسط آن ۵ متر و در محل اتصال به کانال مقصودبیک توسط کانالی با عرض ۲ متر وارتفاع ۲/۵ متر متصل می شود. عرض رودخانه دربند در قسمت‌های بالادست تا میدان سربند حدود ۹ متر با عمق متوسط ۶ متر می باشد. در قسمت‌های میانی به عرض ۵ متر و عمق ۴ متر کانال سازی شده و در محل اتصال با کانال مقصود بیک عرض آن به ۱۰ متر و عمق ۵ متر می رسد. مسیر رودخانه گلابدره نیز در ابعاد ۴ متر عرض و ۴ متر عمق کانال سازی شده است.

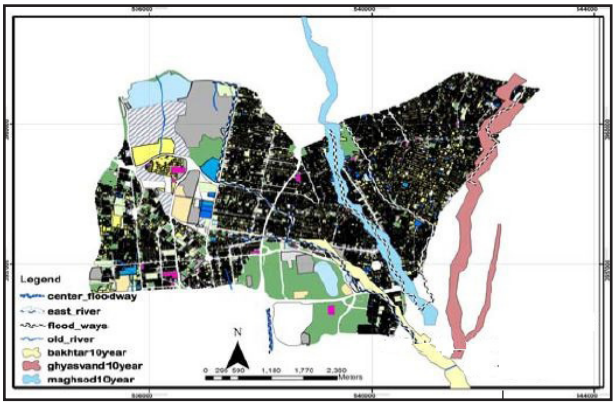
ب) کانال مقصود بیک: مسیل مقصود بیک یکی از مهم ترین مسیل‌های شمال تهران می باشد که از به هم پیوستن سه رودخانه سعدآباد، دربند و گلابدره پدید آمده و در مسیرشمالی- جنوبی امتداد یافته تا به کانال باختر متصل می شود. این مسیل تا کاخ جوانان درخیابان شریعتی به طول ۷۰۰۰ متر دارای ابعاد ۹ در ۳ متر (ارتفاع در عرض) است. از این نقطه تا بزرگراه رسالت عرض آن به ۸ متر و طول این قسمت ۱۶۰۰ متر می رسد. حدود ۱۰۰ متر از این مسیل از داخل کاخ جوانان عبور کرده که عرض کانال آن ۶ متر می باشد.

ج) کانال غیاثوند: کانال غیاثوند امتداد کانال جمشیدیه است این

کانال از خیابان نیاوران تا کامرانیه، کانالی در طول ۴۰۰ متر را به صورت روباز با عرض حدود ۴ متر و عمق ۲٫۵ متر عبور می کند. این کانال از خیابان شهید کلاهدوز در خیابان شهید معاضدی تا پاسداران و گلستان ششم به طول ۱۵۰۰ متر، عرض ۲ متر و عمق ۱٫۵ متر به صورت سرپوشیده ادامه دارد. در این قسمت آب معمولاً پس زده، خسارت و مشکلاتی برای اهالی بوجود می آورد و سپس به صورت سرپوشیده تا میدان خواجه عبدالله انصاری ادامه می یابد. نهایتاً از این محل به بعد، کانال فوق در زیر خیابان شهید عراقی با عرض ۵ متر و عمق ۳ متر تا بزرگراه رسالت ادامه یافته و در جنوب بزرگراه رسالت جنب کارگاه خط کشی سازمان ترافیک وارد مسیل باختر می شود. این کانال‌ها و حوضه‌های آبی در این منطقه مطابق با نقشه (۴) است.



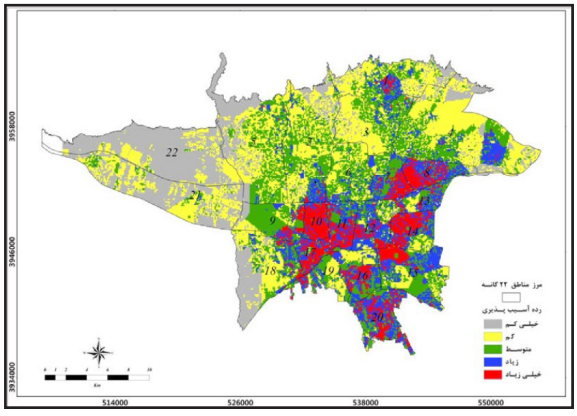
نقشه ۳: کاربری زمین منطقه سه تهران(ماخذ: طرح جامع تهران)



نقشه ۴: حوضه‌ها و کانال‌های اصلی آبی در منطقه سه تهران

(ماخذ: طرح جامع تهران)

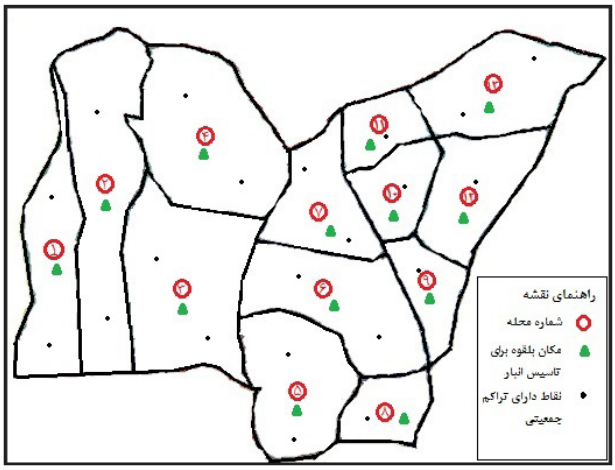
با توجه به این کانال‌ها و حوضه‌های آبی و امکان وقوع سیل، نیاز به برنامه‌ریزی و مدیریت بحران بیش از پیش در این منطقه احساس می‌شود؛ برای همین منظور در نظر گرفتن انبارهایی برای ذخیره سازی کالای امدادی و توزیع این کالاها در زمان بحران سیل، نقش مهمی در خدمت رسانی در این منطقه ایفا می‌کند (اصلانی و مهدی پور، ۱۳۹۴) (ص ۱۲). برای این منظور با توجه وسعت منطقه و محلات، تعداد ۱۲ مرکز بلقوه برای تأسیس انبار کالای امدادی و همچنین با استفاده از نقشه (۵)و سیستم اطلاعات جغرافیایی تعداد ۲۱ نقطه آسیب دیده که دارای آسیب پذیری کمتری می‌باشند مطابق با نقشه (۶) در نظر گرفته شده است همچنین نام و شماره هریک از محلات در جدول ۲ آورده شده است. ازطرفی تقاضاها نیز برای ۲ نوع کالای آب معدنی و نان (کالای امدادی) و در ۲ دوره شرایط اضطراری و شرایط بسیار اضطراری در نظر گرفته شده است. سایر مفروضات مسأله به صورت جدول (۲) می‌باشد.



نقشه ۵ : آسیب پذیری شهر تهران در حالت رخداد سیل (قهرودی تالی و همکاران)

جدول۲: نام و شماره محلات منطقه سه تهران

۱	ونک	۴	امانیه	۷	حسن آباد	۱۰	قلهک	۱۳	رستم آباد
۲	آرارات	۵	اراضی عباس آباد	۸	سید خندان	۱۱	درب دوم		
۳	کاووسیه	۶	داوودیه	۹	قبا	۱۲	دروس		



نقشه ۶ : محلات منطقه سه تهران(ماخذ: طرح جامع تهران)

جدول۳: پارامترهای مدل

پارامترها	مفروضات	بازه
p	هزینه ثابت سفارش دهی	توزیع یکنواخت بین (۵۰۰و۱۰۰۰)
μ	میانگین تقاضای کالای امدادی	توزیع یکنواخت بین (۱۰۰و۵۰۰)
σ^2	واریانس تقاضای کالای امدادی	توزیع یکنواخت بین (۱۰و۵۰)
C	هزینه واحد انتقال کالای امدادی از انبار به نقاط آسیب دیده	توزیع یکنواخت بین (۱۴۰و۲۰۰)
v	ظرفیت انبار برای کالاهای امدادی مختلف	توزیع یکنواخت بین (۱۰۰۰و۵۰۰۰)
w	ضریب واحد هزینه نگهداری موجودی اطمینان	توزیع یکنواخت بین(۱۶و۴۰)

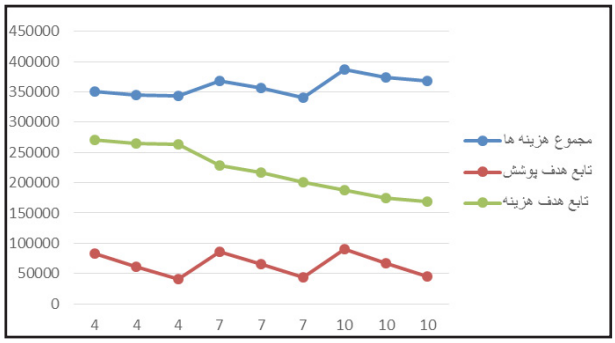
جدول ۴: نتایج محاسباتی

شماره	انبارها جهت تاسیس	α/β	تابع هدف پوشش Z_1	تابع هدف هزینه Z_2	انبارهای تاسیس شده در محلات	هزینه تاسیس انبارها	مجموع هزینه‌ها
۱	۴	۰/۸	۸۲۴۵۱	۲۷۱۲۱۴	۱و۴و۹و۱۰	۸۰۰۰۰	۳۵۱۲۱۴
۲	۴	۰/۶	۶۱۸۳۸	۲۶۵۲۱۵	۱و۳و۹و۱۰	۸۰۰۰۰	۳۴۵۲۱۵
۳	۴	۰/۴	۴۱۲۲۵	۲۶۳۸۴۵	۱و۴و۹و۱۱	۸۰۰۰۰	۳۴۳۸۴۵
۴	۷	۰/۸	۸۶۵۴۰	۲۲۸۲۳۴	۱و۳و۴و۵و۷و۱۱و۱۳	۱۴۰۰۰۰	۳۶۸۲۳۴
۵	۷	۰/۶	۶۴۹۰۵	۲۱۶۹۸۲	۱و۳و۴و۵و۷و۱۲و۱۳	۱۴۰۰۰۰	۳۵۶۹۸۲
۶	۷	۰/۴	۴۳۲۷۰	۲۰۰۶۷۴	۱و۴و۵و۷و۱۱و۱۲و۱۳	۱۴۰۰۰۰	۳۴۰۶۷۴
۷	۱۰	۰/۸	۹۰۰۳۴	۱۸۷۴۱۳	۱و۳و۴و۵و۶و۷و۸و۱۰و۱۱و۱۳	۲۰۰۰۰۰	۳۸۷۴۱۳
۸	۱۰	۰/۶	۶۷۵۲۵	۱۷۴۲۱۵	۱و۳و۴و۵و۶و۷و۹و۱۰و۱۲و۱۳	۲۰۰۰۰۰	۳۷۴۲۱۵
۹	۱۰	۰/۴	۴۵۰۱۷	۱۶۸۳۸۹	۱و۳و۴و۵و۶و۷و۸و۱۱و۱۲و۱۳	۲۰۰۰۰۰	۳۶۸۳۸۹

نتایج محاسباتی

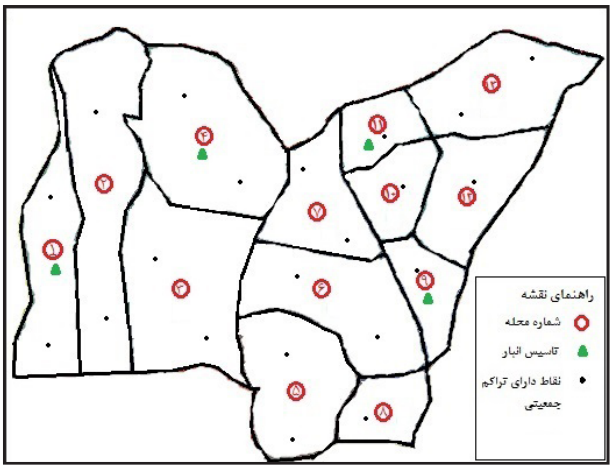
مسئله مورد نظر با مفروضات و پارامترها، با استفاده از الگوریتم پیشنهادی حل شد. در این مسئله، برای تابع هدف دوم ۵ بازه (۵ = β) درنظر گرفته شده که به دلیل محدودیت فضا، فقط بازه دوم، سوم و چهارم ($\alpha = ۲،۳،۴$) در جدول ۴ نمایش داده شده است. همچنین هزینه ثابت تَسیس انبارها در هر یک نواحی به طور میانگین ۲۰۰۰۰ واحد در نظرگرفته شده است.

با کاهش مقدار α/β فضای جواب برای تابع هدف هزینه (Z_2) بیش تر می‌شود و دراین تابع هدف، بهبود حاصل و همچنین این کاهش، باعث تغییرات اندکی در مکان تاسیس انبارها می‌شود. با نظر تصمیم گیرنده مبنی بر افزایش تعداد انبارها مشاهده می‌شود که به دلیل خدمت رسانی بهتر، تابع هدف هزینه کاهش می‌یابد از طرفی مجموع هزینه‌ها برابرست با مجموع تابع هدف هزینه و هزینه تاسیس انبارها که با توجه به نتایج به دلیل افزایش هزینه‌های تاسیس انبارها مجموع هزینه‌ها، با افزایش روبرو خواهد شد.



نمودار ۷: مقایسه توابع هدف

در نمودار ۷ تغییرات تابع هدف پوشش (Z_1)، تابع هدف هزینه (Z_2) و مجموع هزینه‌ها نمایش داده شده است. از نمودار ۷ می‌توان دریافت که با افزایش تعداد انبارها میزان پوشش نقاط آسیب دیده افزایش می‌یابد هم چنین با افزایش میزان پوشش، تابع هدف هزینه کاهش می‌یابد اما به دلیل هزینه ثابت انبارها با افزایش مجموع هزینه‌ها مواجه هستیم. با توجه به نتایج، تصمیم گیرندگان و مسئولان منطقه ۳ تهران با عنایت به معیارهای خود می‌توانند هر یک از جواب‌ها را انتخاب و بروی منطقه پیاده سازی نمایند. انبارهای تاسیس شده برای شماره ۱ در جدول ۴ مطابق با شکل ۸ است.



شکل ۸ : انبارهای تاسیس شده

نتیجه گیری

مطالعات مختلف دلالت بر این موضوع دارد که عدم توجه به حریم مسیل‌ها و رودخانه‌ها باعث ایجاد یک رشد نمایی در فراوانی وقوع سیلاب و میزان خسارات وارده، گردیده است. تشدید سیر صعودی خسارات سیل در دو دهه گذشته سبب شده که آرزوی دیرینه درباره حل قطعی مسئله سیل و رواناب‌ها جای خود را به واقع گرایی و درک این واقعیت دهد که همیشه نمی توان در مهار سیلاب‌ها موفق بود بلکه باید برنامه ریزی در جهت مدیریت سیلاب‌ها نمود. در این میان مناطق شهری بیشترین پتانسیل خطرپذیری از سیل را دارا می باشند. با توجه به اینکه حفاظت کامل از خطر سیلاب امکان پذیر نمی باشد، زیستن در کنار سیلاب و برنامه ریزی در جهت کاهش اثرات تخریب و برنامه ریزی برای اتفاقات پس از این حادثه، امری ضروری است. در این مقاله مدلی ارائه شد که در خصوص مکان‌یابی انبارهای کالای امدادی، با درنظرگرفتن همزمان موجودی به صورت دو کالای امدادی، پویایی مساله، حداکثر پوشش نقاط آسیب دیده و همچنین وارد نمودن محدودیت ظرفیت به ازای هر کالا در هر انبارکالای امدادی در زمان بحران، تصمیم‌گیری و سپس از روش محدودیت اپسیلون برای حل مساله استفاده شد. همچنین منطقه ۳ تهران به دلیل آسیب پذیری بالا در مقابل بحران سیل، به عنوان مطالعه موردی انتخاب و به تحلیل نتایج پرداخته شد. نتایج نشان داد که با افزایش تعداد انبارها میزان پوشش نقاط آسیب دیده افزایش می‌یابد؛ همچنین با افزایش میزان پوشش، تابع هدف هزینه کاهش می‌یابد اما به دلیل هزینه ثابت انبارها با افزایش مجموع هزینه‌ها مواجه هستیم. در مطالعات خارجی قبلی به نقش انواع کالاهای امدادی در زمان بحران سیل و همچنین پویا بودن شرایط بحران کمتر توجه شده بود که در این مطالعه توجه ای خاص به این موارد گردید. همچنین در مطالعات داخلی قبلی در این منطقه به نقش انبارهای امدادی توجه نشده بود و فقط آسیب پذیری ناشی از سیل مد نظر قرار گرفته بود که در اینجا برآوردی از هزینه‌های تأسیس انبار و نگهداری کالاهای مختلف در این منطقه تخمین زده شد که می‌تواند تصمیم گیرندگان مدیریت بحران را در این زمینه کمک شایانی نماید.

پیشنهادات آتی

با توجه به مرور ادبیات این حوزه و همچنین مدلسازی و رویکرد حل در این مسئله میتوان برای تحقیقات آتی پیشنهاداتی در نظر گرفت که عبارتند از:

۱. با توجه به اینکه در زمان بحران تقاضا برای کالای امدادی تشدید می‌گردد و در صورت کمبود کالای امدادی ممکن است قحطی پیش آید؛ لذا وارد کردن مباحث زمان مانند در نظر گرفتن پنجره‌های زمانی در مدلسازی می‌تواند به این امر تا حد زیادی کمک کند.

۲. موضوع دیگری که در زمان بحران می‌تواند حائز اهمیت باشد، بحث در نظر گرفتن وسایل نقلیه برای حمل و نقل کالا می‌باشد؛ به این صورت که چه تعداد وسیله نقلیه با چه ظرفیتی مورد نیاز است.

۳. پیاده سازی مدل پیشنهادی بر روی مناطق وسیع تر برای مثال

کل شهر تهران.

محدودیت تحقیق:

بر آورد پارامترهای مدلسازی همواره یکی از مشکلات محققین تحقیق در عملیات بوده است که این پژوهش نیز از این امر مستثنا نمی‌باشد. برای همین منظور در براورد پارامترهای تحقیق از تحقیق‌های مشابه در این زمینه بهره جسته ایم.

منابع

منابع فارسی

قهرودی تالی، منیژه.؛ ثروتی، محمدرضا.؛ صرافی، مظفر.؛ پور موسوی، موسی.؛ درفشی، خه بات. (پاییز ۱۳۹۱). ارزیابی آسیب پذیری ناشی از سیلاب در شهر تهران، فصلنامه علمی‌امداد و نجات، ۴(۳)
http://fa.journals.sid.ir/ViewPaper.aspx?id=189516

اصلانی، فرشته.؛ مهدی پور.؛ هاله. (تابستان ۱۳۹۴) .برنامه‌ریزی کاهش خطرپذیری سیلاب با بکارگیری سیستم اطلاعات جغرافیایی در پهنه استان تهران، فصلنامه دانش پیشگیری و مدیریت بحران، ۵(۲) بازیابی از
http://www.dpmk.ir/browse.php?a_id=30&sid=1&slc_lang=fa

منابع انگلیسی

Baumol, W. J. and Wolfe, P. (1958). "A warehouse-location problem", Operations Research, Vol. 6, pp. 252- 263. Retrieved from: http://dx.doi.org/10.1287/opre.6.2.252

Shen, Z. J. M. and Adviser-Simchi-Levi, D. (2000). "Efficient algorithms for various supply chain problems", Northwestern University, Retrieved from: http://dl.acm.org/citation.cfm?id=932729

Shu, J., Teo, C.P. and Shen, Z. J. M. (2005). "Stochastic transportation-inventory network design problem", Operations Research, Vol. 53, pp. 48-60 .Retrieved from: http://dx.doi.org/10.1287/opre.1040.0140

Daskin, M. S., Coullard, C. R. and Shen, Z. J. M. (2002). "An inventory-location model: Formulation, solution algorithm and computational results", Annals of Operations Research, Vol. 110, pp. 83-106. Retrieved from :http://link.springer.com/article/10.1023/A:1020763400324

Barahona, F. and Jensen, D. (1998). "Plant location with minimum inventory", Mathematical Programming, Vol. 83, pp. 101-111. Retrieved from: http://link.springer.com/article/10.1007/BF02680552

Erlebacher, S. J. and Meller, R. D. (2000). "The interaction of location and inventory in designing distribution systems", Iie Transactions, Vol. 32, pp. 155-166. Retrieved from http://link.springer.com/article/10.1023/A:1007614431718#page-1

Teo, C. P., Ou, J. and Goh, M. (2001) "Impact on inventory costs with consolidation of distribution centers", Iie Transactions, Vol. 33, pp. 99-110 Retrieved from:. http://link.springer.com/article/10.1023/A:1007646817627#page-1

Nozick, L. K. and Turnquist, M. A. (2001). "Inventory, transportation, service quality and the location of distribution centers", European Journal of Operational Research, Vol. 129, pp. 362-371. Retrieved from :doi:10.1016/S0377-2217(00)00234-4

Aryanezhad M. B., and Jabbarzadeh, A. (2009). "An integrated model for location-inventory problem with random disruptions", 39Th International Conference on Computers & Industrial Engineering (pp. 791-796), Troyes, France. Retrieved from: DOI: 10.1109/ICCIE.2009.5223938

Tancrez, J.S., Lange, J.C. and Semal, P. (2012) "A location-inventory model for large three-level supply chains", Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, Vol. 48, pp. 485-502. Retrieved from :doi:10.1016/j.tre.2011.10.005

Hsieh, C. and Chou, W. (2010). «An integrated location-inventory model for vendor-managed inventory in the retail supply chain», 17Th International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (pp.1258-1262), Macao, China. Retrieved from :DOI: 10.1109/ICIEEM.2010.5646402

Hsieh, C.L. and Laio, S.H. (2010) «A multiobjective evolutionary approach for an integrated location-inventory problem in vendor-managed inventory systems», 40th International Conference on Computers and Industrial Engineering (pp. 1-6), Awaji Island, Japan Retrieved from:. DOI: 10.1109/ICCIE.2010.5668373

Wang, L., Qu, H., Chen, T., & Yan, F. P. (2013). "An Effective Hybrid Self-Adapting Differential Evolution Algorithm for the Joint Replenishment and Location-Inventory Problem in a Three-Level Supply Chain. The Scientific World Journal" Retrieved from: http://www.hindawi.com/journals/tswj/2013/270249/abs/

Wenbing, S. (2013) «A Location-inventory Model with Echelon Stock Policy for Four-echelon Supply Chain Network Design», Third International Conference on Intelligent System Design and Engineering Applications (pp. 86-90) , Hong Kong, China. Retrieved from :DOI: 10.1109/ISDEA.2012.28

Lashkar Ara. A., Kazemi. A., Gahramani. S. and Behshad. M.)2012(«Optimal reactive power flow using multi-objective mathematical programming», Sci. Iran, vol. 19, no. 6, pp. 1829–1836. Retrieved from :http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1026309812001794