





دوفصلنامه علمی و پژوهشی مدیریت بحران

صاحب امتیاز: دانشگاه صنعتی مالک اشتر به همراه انجمن علوم ایمنی ایران

مدیر مسئول: دکتر مهدی نوری

سر دبیر: دکتر علیرضا آزموده اردلان

جانشین سر دبیر: دکتر محمدعلی نکوئی

مدیر اجرایی: دکتر سعید قربانی

مدیر داخلی: آسیه ملکی

اعضای هیئت تحریریه:

دکتر علیرضا آزموده اردلان

دکتر محمدرضا ثروتی

دکتر جمشید صالحی صدقیانی

دکتر محمدرضا عارف

دکتر مجتبی قدیری معصوم

دکتر ناصر مهردادی

دکتر رضا حسنوی

دکتر نعمت الله جعفرزاده حقیقی فرد

دکتر محمد ابراهیم سنجدی

دکتر ابراهیم محمودزاده

دکتر مهدی مدیری

دکتر منوچهر منطقی

دکتر محمدعلی نکویی

دکتر ناصر الهی

دکتر سعید گیوه چی

استاد دانشگاه تهران

استاد دانشگاه شهید بهشتی

استاد دانشگاه علامه طباطبائی

استاد دانشگاه صنعتی شریف

استاد دانشگاه تهران

استاد دانشگاه تهران

استاد دانشگاه صنعتی مالک اشتر

دانشیار دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز

دانشیار دانشگاه صنعتی مالک اشتر

دانشیار دانشگاه صنعتی مالک اشتر

دانشیار دانشگاه صنعتی مالک اشتر

دانشیار دانشگاه صنعتی مالک اشتر

استادیار دانشگاه صنعتی مالک اشتر

استادیار دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر

استادیار دانشگاه تهران

نشانی: تهران، بزرگراه شهید بابایی، لویزان، دانشگاه صنعتی مالک اشتر،

مجتمع دانشگاهی پدافند غیرعامل، صندوق پستی ۳۸۶۴-۱۶۷۶۵

۰۲۱-۲۲۹۵۱۱۳۰

www.joem.ir

bohran.jeom@gmail.com

تلفن:

وبگاه:

رایانامه:

همکاران اجرایی: آسیه ملکی، زهره سادات میرحسینی

طراح گرافیک (لوگو، جلد و گرید): اکرم برزگر بفرولی

ویراستار فارسی: سمیه نورمحمدی

ویراستار انگلیسی: سمیه نورمحمدی

قیمت: ۱۲۰۰۰ تومان

شمارگان: چاپی (۱۰۰ نسخه) و الکترونیکی

چاپ: چاپ دانشگاه صنعتی مالک اشتر

داورهای این شماره:

علیرضا آزموده اردلان | حسن آقابراتی | محمد احسانی فر | محمد اسکندری | اکرم برزگر | محمدحسین توفیقی | زهرا جمشیدی | رضا حسنوی | ژیلای حسینی نژاد | پرویز جعفری فشارکی | مسعود دارابی | محمد یاسر رادان | احتشام رشیدی | فیروز رنجبر | محمدرضا زاهدی | علی اکبر ستاره | حبیب اله سهامی | ناصر شمس کیا | مجتبی عراقی زاده | محمد رضا فلاح قنبری | مرتضی فیروزی | علی قنبری نسب | مهدی کرباسیان | مصطفی گلپایگانی | معصومه مجرد | محمدعلی نکوئی | مهدی نوری

دوفصلنامه علمی و پژوهشی مدیریت بحران بر اساس نامه ی شماره ۳/۷۷۴۹۰ مورخ ۹۱/۴/۱۰ دبیرخانه ی کمیسیون نشریات وزارت علوم، تحقیقات و فناوری دارای رتبه ی علمی و پژوهشی از شماره ی بهار و تابستان ۹۱ است.

فهرست

- ۵ — مدل بهینه‌سازی مسیریابی و برنامه‌ریزی چند دوره‌ای برای وسایل نقلیه بعد از وقوع بحران با هدف کاهش تقاضای تأمین نشده و مجاز بودن کمبود کالا
مطالعه‌ی موردی: منطقه ۴ تهران
تینا نامداری
سهراب عبدالله زاده
- ۱۹ — تشکیل زنجیره امدادرسانی در بحران با رویکرد مکان‌یابی چندگانه نقاط انتقال و تسهیلات
مطالعه‌ی موردی مناطق جنوب مرکزی تهران
سیدحسین سیدی
سیدمحمدعلی خاتمی فیروزآبادی
مقصود امیری
سیدمحمدتقی تقوی فرد
- ۳۳ — مدل‌سازی و حل مسئله مکان‌یابی تخصیص دو هدفه در لجستیک امدادرسانی با در نظر گرفتن زیرساخت‌ها
شیرین علیزاده
رضا حسن زاده
- ۴۵ — بررسی عوامل مؤثر بر میزان اثربخشی تیم در زمان وقوع بحران
مطالعه‌ی موردی: تیم‌های عملیاتی جمعیت هلال احمر استان کرمان
مهدی ابراهیمی نژاد
محبوبه عسکری
سجاد سیوندی پور
- ۵۷ — ارائه الگویی برای تدوین و بازنمایی نقشه دانش یک واحد پژوهشی در شرایط بحرانی با رویکرد شناسایی مهارت‌ها و تخصص‌ها
محمد رضا زاهدی
مسعود دارابی
محمد فرسی
- ۶۹ — شناسایی و رتبه‌بندی ریسک‌های زنجیره‌ی تأمین مهندسی طبق سفارش با استفاده از روش نمونه‌گیری مجدد جک‌نایف و تحلیل بازه‌ای
محمد رضا عدالت‌سروستانی
محمد رضا شهرکی
- ۸۳ — تحلیل تعامل بین عوامل بحرانی موفقیت در مدیریت بحران با رویکردهای ترکیبی تصمیم‌گیری چند معیاره فازی
محمود مدبری
- ۹۹ — ارائه مدلی به منظور آنالیز جذابیت در زیرساخت شبکه آب
ساره رودباری
محمدعلی نکونئی
روح‌الله طاهرخانی
- ۱۱۳ — نقش مخازن آب اضطراری به عنوان آب‌انبارهای نسل تازه در تأمین کمی و کیفی آب شبکه توزیع در مواقع بحرانی
ناصر مهدادی
غلامرضا نبی بیدهندی
اکبر امامی
- ۱۲۷ — سنجش آسیب‌پذیری فضاهای شهری در برابر مخاطرات طبیعی با رویکرد تاب‌آوری کالبدی
مطالعه‌ی موردی: محله زرگنده تهران
محمد تقوی زواره
حمیدرضا صارمی
مجتبی رفیعیان

مدل بهینه‌سازی مسیریابی و برنامه‌ریزی چند دوره‌ای برای وسایل نقلیه بعد از وقوع بحران با هدف کاهش تقاضای تأمین نشده و مجاز بودن کمبود کالا

مطالعه‌ی موردی: منطقه ۴ تهران

تینا نامداری: دانشجوی کارشناسی ارشد، مهندسی صنایع، دانشگاه صنعتی ارومیه
S.abdollahzadeh@uut.ac.ir؛ استادیار، دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه صنعتی ارومیه

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۰/۲۱

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۹/۲۶

چکیده

با توجه به رشد پنج برابری وقوع حوادث غیرمترقبه در دهه‌های گذشته و افزایش هزینه‌های جانی و مالی ناشی از آن، مدیریت زنجیره‌ی تأمین امداد به عنوان راه‌حلی مناسب به منظور کاهش هزینه‌های مختلف بحران‌ها همواره مورد توجه سازمان‌های بشردوستانه قرار گرفته است. یکی از زمینه‌های مهم در این حوزه مسیریابی وسایل نقلیه است که نقش مهمی در بهبود خدمت‌رسانی به آسیب‌دیدگان دارد. با وجود اینکه تحقیقات متعددی در این زمینه انجام گرفته، اما مدل‌های ارائه شده غالباً یک دوره‌ای و تک‌کالایی بوده و شرط مجاز بودن کمبود کالاهای امدادی منظور نشده است. به همین منظور در این پژوهش یک شبکه زنجیره‌ی تأمین امداد چند دوره‌ای و چند محصولی پیشنهاد شده که دربردارنده سه بخش مراکز نگهداری وسایل نقلیه، مراکز توزیع کالاهای امدادی و پناهگاه‌هاست. مدل پیشنهادی با هدف به حداقل رساندن تقاضای تأمین نشده به مسیریابی وسایل نقلیه به صورت پویا می‌پردازد. در صورت مازاد بودن مقدار تقاضا در پایان دوره‌های عملیاتی، میزان کمبود کالا را به تفکیک هر پناهگاه مشخص می‌کند. به منظور اعتبارسنجی مدل پیشنهادی از اطلاعات منطقه‌ی چهار شهر تهران برگرفته شده و با بهره‌گیری از نرم‌افزار گمز حل شده است. نتایج به دست آمده از حل عددی مدل نشان داد که کلیه عملیات امدادی در راستای تأمین حداکثری تقاضا انجام گرفته و زمان نقل و انتقال وسایل نقلیه نیز به نحو مطلوبی مدیریت می‌شود. با بهره‌گیری از مدل پیشنهادی میزان حمل کالاهای امدادی توسط وسایل نقلیه در هر دوره مشخص می‌شود. در نهایت به منظور بررسی مدت زمان اجرای مدل در ابعاد مختلف تحلیل حساسیت شده است.

واژگان کلیدی: مدیریت بحران، مسیریابی پویا، چند محصولی، تقاضای تأمین نشده، زنجیره‌ی تأمین بشردوستانه

Optimization of multi-product dynamic routing model for vehicles after disaster, with justifiability of demand shortage

Tina Namdari¹, Sohrab Abdollahzadeh^{*2}

Abstract

Regarding the five-fold increase in unexpected accidents in the past decade and the increase in its human and financial losses, the relief supply chain has always been considered by humanitarian organizations as a suitable solution to reduce the cost of disaster. One of the most important fields in this area is the routing of vehicles, which has an important role in improving service to the injured. Undoubtedly, the selection of inappropriate routes for vehicles has a negative effect on timely and suitable relief operations. Several studies have been conducted in this regard, the models presented by them are often periodic and single-product, and the demand shortage of shelters is not permitted. In this research, a multi-product relief chain network has been proposed, including three main areas: vehicle maintenance centers, distribution centers for relief supply chains and shelters. The proposed mathematical model, with a goal to maximizing the supplied demand, by a minimum of vehicle and time, addresses the dynamically routing of vehicles. In the event of excess demand, at the end of the operational periods, the amount of unsupplied demand for each type of product will also be determined in terms of each shelter. In order to validate the proposed model, information of the 4th district of Tehran province, which is published in the basic papers, is utilized and has been solved by GAMS software. The results of the numerical solution of the model showed that all relief operations are in order to maximize the supply of demand in the shortest time. Also, the amount of unsupplied demand for shelters, the amount and type of goods carried, and the route of each vehicle's movement in each period, are other outcomes of the model.

Key words: Disaster management, dynamic routing, multi-product, unsupplied demand, humanitarian supply chain.

1. M. A. Student, Industrial Engineering Dept., Urmia University of Technology, Urmia, Iran.

2. Industrial Engineering Dept., Assistant, Urmia University of Technology, Urmia, Iran. Email: S.abdollahzadeh@uut.ac.ir

مقدمه

بحران به هر حادثه‌ای که به‌طور طبیعی و یا به‌وسیله‌ی بشر به‌طور ناگهانی و یا به‌صورت فزاینده به وجود آمده و سختی و مشقتی را به جامعه‌ی انسانی تحمیل کند، اطلاق می‌شود. بحران جان یا مال انسان‌ها را به مخاطره انداخته و یا از بین می‌برد و جهت برطرف کردن آن نیاز به اقدامات و عملیات اضطراری و فوق‌العاده‌ای است [۱]. وقوع بحران‌هایی همچون سیل، زلزله، سونامی و غیره هر ساله باعث خسارت‌های شدید اجتماعی، اقتصادی و همچنین جابه‌جایی و حتی مرگ و میر هزاران نفر می‌شود. بنابراین برای کاهش تلفات و زیان‌های اقتصادی در این بلاها فرآیند امدادرسانی مناسب مورد توجه ویژه‌ای قرار گرفته است [۲].

بر اساس گزارش‌های آماری سازمان بهداشت جهانی ۴۰^۱ نوع از بلاهای طبیعی در سراسر جهان به رسمیت شناخته شده که ۳۱ نوع آن در ایران رخ می‌دهد. به‌عنوان نمونه بلاهای رخ داده در بین سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۰ میلادی منجر به مرگ بیش از ۱۲۰ هزار نفر شده است [۳]. زلزله یکی از خطرناک‌ترین بلایای طبیعی است که باعث هزینه‌های مالی و جانی گسترده، تخریب جاده‌ها و پل‌ها، خسارات عمومی، سقوط یا بی‌ثبات‌سازی ساختمان‌ها، آتش‌سوزی‌ها و سونامی‌ها می‌شود. بر اساس آمار، از سال ۱۹۰۰ میلادی حداقل ۱۲۶ هزار مورد مرگ و میر ناشی از زلزله در ایران به ثبت رسیده است [۴].

به مجموعه‌ای از عملیات و فرآیندهای مشخص که برای جلوگیری و کاهش اثرات بحران برنامه‌ریزی می‌شوند، مدیریت بحران گفته می‌شود [۵]. بیشتر مدل‌هایی که جهت طبقه‌بندی فرایندهای مدیریت بحران ارائه شده، روی چهار فاز اصلی پیشگیری^۲، آمادگی^۳، مقابله^۴ و بازسازی و بازتوانی^۵ توافق نظر و تکیه دارند [۶]. مرحله پیشگیری مجموعه اقداماتی است که از وقوع بحران جلوگیری کرده و یا اثر بحرانی که در آینده ممکن است به وقوع بپیوندد را کاهش می‌دهند. مرحله آمادگی مدیریت بحران مربوط به برنامه‌ریزی، پژوهش و آموزش است. مرحله مقابله بلافاصله بعد از وقوع بحران آغاز شده و خدمات فوری جهت کمک به مصدومان ارائه می‌شود. هدف اصلی مرحله بازسازی و بازتوانی بازگرداندن جامعه به حالت اولیه است [۷].

مدیریت بحران را می‌توان هسته اصلی عملیات امدادرسانی دانست؛ چرا که گستردگی و تنوع مسائل در آن به قدری است که می‌توان در تمام مراحل چرخه‌ی مدیریت بحران به‌ویژه در مرحله آمادگی و پاسخ از آن استفاده کرد. زنجیره‌ی تأمین امداد بعد از وقوع سونامی بزرگ اقیانوس هند در سال ۲۰۰۴ با آشکار شدن ناکارآمدی زنجیره‌ی تأمین تجاری^۶ در مقابله با شرایط بحرانی معرفی شد. البته آمادگی در برابر زلزله امری نیست که دولت‌ها به‌تنهایی بتوانند با توجه به عمق و گستردگی خطرات از عهده آن برآیند [۷].

ازجمله تعاریف ارائه شده برای زنجیره تأمین بشردوستانه^۷، روند تخلیه‌ی مردم از مناطق بحران‌زده به اماکن امن و برنامه‌ریزی، اجرا و کنترل فرآیند امدادرسانی همراه با مقرون

به‌صرفه بودن جریان ارسال تسهیلات و همچنین جمع‌آوری اطلاعات مورد نیاز و کافی به‌منظور تسریع در امر امدادرسانی و کاهش رنج آسیب‌دیدگان در قالب زنجیره تأمین امداد است [۸].

در برخی از پژوهش‌ها لجستیک امداد^۸ به جای زنجیره‌ی تأمین امداد معرفی شده است. مؤسسه‌ی فریتز^۹ در تعریف جامعی از لجستیک امداد بیان داشته: لجستیک امداد به‌عنوان بخش عظیم و گسترده در بخش اجرایی مدیریت بلاها، وظیفه تأمین و توزیع مواد غذایی، آب، دارو، سرپناه، جابه‌جایی مصدومان، افراد سالم، کشته‌شدگان، تخلیه‌ی افراد سالم از منطقه‌ی هدف، امداد و نجات و درمان موقت، کاهش اثرات بحران، اسکان موقت بازماندگان و فعالیت‌های دوران بازسازی را بر عهده دارد. میزان و حجم فعالیت‌های لجستیکی به حدی است که تقریباً ۸۰ درصد از فعالیت‌های امدادرسانی را شامل می‌شود [۹].

بعد از وقوع بلاهای طبیعی و با هدف کاهش تلفات انسانی، کالاهای امدادی باید به مقدار کافی و سریع توزیع شوند. یکی از مشکلات اساسی بعد از وقوع بحران، عدم شناخت و تشخیص مراکز توزیع با کارآمدی و اثربخشی مناسب است [۱۰].

یکی از تفاوت‌هایی که HSC با CSC دارد این است که در HSC الگوی تقاضا کاملاً نامعلوم است و انجام هم‌زمان مجموعه‌ی زیادی از فعالیت‌ها بخش زیادی از امکانات سازمان‌های مختلف را به خود اختصاص می‌دهد. همچنین HSC دارای واکنش سریع با زمان تدارکات تقریباً صفر است و این تنها بخشی از تفاوت‌های بین دوزنجیره‌ی تأمین یاد شده است [۱۱].

در این پژوهش در راستای تسریع در امر امدادرسانی سعی شده مدلی کارا و نزدیک به دنیای واقعی معرفی شود. در مسئله‌ی تعریف شده سه مرکز نگهداری خودرو، مراکز توزیع و پناهگاه‌ها جهت اسکان آسیب‌دیدگان وجود دارد. براساس مدل پیشنهادی امکان تأمین حداکثری تقاضا فراهم شده و در صورت مازاد بودن تقاضا، مقدار تقاضای تأمین نشده به تفکیک هر پناهگاه مشخص می‌شود. از ویژگی‌های دیگر مدل پیشنهادی می‌توان به دوره‌ای بودن ارسال کالاهای امدادی به پناهگاه‌ها، چندمحصولی بودن و تنوع وسایل نقلیه‌ی حمل بار اشاره کرد. تعداد دوره‌های امدادرسانی به مقدار حجم وسایل نقلیه موجود و تعداد کالاهای امدادی در دسترس بستگی خواهد داشت. همچنین امکان مدیریت زمان نقل و انتقال وسایل نقلیه از بین مراکز توزیع و پناهگاه‌ها با بهره‌گیری از مدل پیشنهادی فراهم شده است.

ساختار تحقیق جاری به این شکل است که در ادامه به پیشینه زنجیره تأمین بشردوستانه به‌ویژه در حوزه‌ی مسیریابی وسایل نقلیه پرداخته می‌شود. در بخش سوم مدل پیشنهادی معرفی و مفاهیم آن تشریح می‌شود. در بخش چهارم نیز باهدف اعتبارسنجی مدل، در ابتدا به بیان مطالعه موردی پرداخته و سپس نتایج حاصل از آن نیز به تفصیل مطرح می‌شود. در بخش پنجم به تحلیل و تفسیر نتایج حاصل از اجرای مدل پرداخته و در بخش ششم نتایج حاصل از تحلیل حساسیت مدل پیشنهادی تشریح می‌شود. در نهایت در بخش هفتم ضمن بیان نتیجه‌گیری‌ها پیشنهادها لازم به‌منظور توسعه معرفی شده است.

پیشینه تحقیق

در سال‌های اخیر تحقیقات علمی در زمینه‌ی تدارکات بشردوستانه و عملیات مدیریت بحران افزایش یافته است. این مهم از سال ۲۰۰۵ به‌طور گسترده موردتوجه محققان قرار گرفته و پیش از آن به‌ندرت پژوهشی در این حوزه منتشر و به رسمیت شناخته شده بود. به‌عنوان نمونه در سال‌های ۲۰۰۳ و ۲۰۰۴ کنت و لنسینگ بر موضوعاتی همچون مسائل انسانی در سطح جهانی پرداختند [۱۲]. رشد آگاهانه در زمینه‌ی زنجیره تأمین بشردوستانه و موضوعات پیرامون آن پس از سال ۲۰۰۵ توسط بررسی‌های ادبی آلتا و گرین [۱۳] و ناتاراجارائینام و همکاران [۱۴] صورت گرفت و به دلیل اهمیت زیاد این مقالات، به‌طور عمده در نشریات حرفه‌ای برجسته شد. در ادامه‌ی پژوهش‌های منتشرشده با پیشرفت‌هایی که در حوزه فناوری اطلاعات در مجلات تحقیقاتی بین سال‌های ۲۰۰۷ و ۲۰۰۹ رخ داد؛ با به‌کارگیری آنها در حوزه زنجیره تأمین بشردوستانه به‌ویژه در مسائلی با ابعاد بزرگ، منجر به تسریع در اجرای مدل‌ها و بهبود در رسیدن به نتایج شد [۱۵].

زنجیره تأمین بشردوستانه دربردارنده‌ی حوزه‌های متعددی شامل تخلیه دسته‌جمعی^۱، مکان‌یابی و تخصیص تسهیلات^۲ و مسیریابی^۳ است که می‌توان از آنها در حالات قبل، هنگام و بعد از وقوع بحران استفاده کرد. مدل‌سازی پژوهش‌ها را می‌توان به دو نوع قطعی و عدم قطعیت طبقه‌بندی کرد [۱۶، ۱۷، ۱۸]. برخی از مهمترین اهداف مطالعات انجام‌شده در زمینه‌ی مدیریت بحران را می‌توان نظیر به حداکثر رساندن شعاع تحت پوشش، افزایش هماهنگی بین سازمان‌های بشردوستانه باهدف امداد رسانی مناسب‌تر [۱۹]، افزایش رضایت‌مندی آسیب‌دیدگان، کاهش مدت‌زمان امداد رسانی [۲۰] اشاره کرد. در ادامه تعدادی از مهمترین پژوهش‌های در حوزه مسیریابی وسایل نقلیه در شرایط بحران و شناخت روند توسعه آنها معرفی می‌شوند.

وحدانی و همکاران (۲۰۱۸) مدلی در زمینه‌ی مسیریابی وسایل نقلیه به‌منظور امداد رسانی به آسیب‌دیدگان ناشی از زلزله معرفی کردند. از ویژگی‌های این پژوهش در نظر گرفتن یک شبکه‌ی سه سطحی شامل انبار وسایل نقلیه، مراکز توزیع امداد^{۱۳} (DCs) و پناهگاه‌ها بوده که تعداد و محل آنها مشخص است. از اهداف این پژوهش می‌توان به کاهش مدت‌زمان طی کردن وسایل نقلیه از بین مراکز توزیع امداد (DCs) و پناهگاه‌ها به همراه به حداقل رساندن تعداد وسایل نقلیه مورد استفاده نام برد. همچنین با استفاده از مدل معرفی‌شده توسط آنها می‌توان به تعیین مسیریابی وسایل نقلیه جهت امداد رسانی پرداخت [۲۱].

صبوحی و همکاران (۲۰۱۶) در تحقیق خود به ارائه مدلی سه سطحی شامل مراکز نگهداری خودرو، مراکز توزیع کالا و پناهگاه‌ها پرداختند. آنها باهدف کاهش مدت‌زمان اجرای عملیات امدادی و استفاده از حداقل وسایل نقلیه به مسیریابی و برنامه‌ریزی وسایل نقلیه در بین سه سطح تعریف‌شده پرداختند. از دیگر ویژگی‌های مدل آنها می‌توان به مواردی مانند تک‌محصولی و تک‌دوره‌ای بودن و نبود شرط کمبود مجاز اشاره کرد [۲۲]. لازم به ذکر است در مقاله‌ی حاضر با بهره‌گیری از مفاهیم مدل صبحوحی و همکاران وی

مدلی با عملکردی بهتر و جامع‌تر ارائه شده که در ادامه توضیحات لازم پیرامون آن به تفصیل تشریح می‌شود.

پوررحمان (۲۰۱۵) با ارائه یک پژوهش به معرفی یک مدل مسیریابی برای انتقال مصدومان از پناهگاه‌های محلی به پناهگاه‌های منطقه‌ای باهدف به حداقل رساندن کل زمان سفر پرداخت [۲۳]. راث و همکاران (۲۰۱۴) در پژوهش خود با توجه به در نظر گرفتن یک وسیله‌ی نقلیه برای خدمت‌رسانی به مناطق آسیب‌دیده، یک مدل غیرقطعی چندهدفه جهت مسیریابی و برنامه‌ریزی مجروحان از مناطق حادثه‌دیده به بیمارستان‌های موجود ارائه کردند [۲۴]. بریتس چنیدر (۲۰۱۲) در پژوهش خود یک مدل مسیریابی چند محصولی در حوزه‌ی مسائل تخلیه با استفاده از اتوبوس معرفی کردند که چندین جنبه از تخلیه اضطراری مانند ایمنی، اجتناب از تأخیر و کاهش زمان سفر در پژوهش آنها بررسی شده است [۲۵]. حامدی و همکاران (۲۰۱۲) در پژوهش خود یک مدل قطعی چندهدفه برای مسیریابی و مکان‌یابی توزیع کالاهای امدادی از مراکز امداد رسانی به مناطق آسیب‌دیده معرفی کردند که با بهره‌گیری از آن می‌توان با استفاده از یک وسیله‌ی نقلیه به مناطق آسیب‌دیده خدمت‌رسانی کرد [۲۶].

عبدلگواد (۲۰۱۱) در پژوهش خود به معرفی یک مدل برنامه‌ریزی و مسیریابی باز پرداخت. اهداف مدل پیشنهادی او به حداقل رساندن هزینه‌های مسیریابی و کاهش زمان انتظار جهت انتقال از مکان‌های مبدأ است [۲۷]. نولز و همکاران (۲۰۱۱) یک مدل قطعی چندهدفه برای مسیریابی و برنامه‌ریزی توزیع کالای امدادی از مراکز امداد به پناهگاه‌ها ارائه کردند. بر اساس مدل آنها امکان سرویس دهی به هر پناهگاه با چندین وسیله نقلیه فراهم شده است [۲۸].

مت و زابینسکی (۲۰۱۰) با معرفی یک مدل قطعی چندهدفه به دنبال مسیریابی انتقال کالاهای امدادی از مراکز امداد به مناطق آسیب‌دیده بودند. بر اساس مدل معرفی‌شده در پژوهش آنها انجام خدمات امدادی به مناطق آسیب‌دیده تنها با بهره‌گیری از یک وسیله نقلیه صورت می‌پذیرد [۲۹]. جوتشی و همکاران وی (۲۰۰۹) در پژوهش خود یک مدل دومرحله‌ای در نظر گرفتند که از اهداف مرحله اول آن می‌توان به انتخاب مکان‌های بهینه جهت ایجاد انبارهای مناسب و تعیین سطح موجودی ذخیره‌سازی آنها اشاره کرد و از اهداف مرحله‌ی دوم آن نیز می‌توان به مواردی نظیر تخصیص وسایل نقلیه، تعیین مسیرهای مناسب تحت سناریوهای مختلف و ارسال تجهیزات پزشکی از انبارهای تأسیس‌شده به بیمارستان‌های موجود اشاره کرد [۳۰]. پتیت و همکاران وی (۲۰۰۵) پژوهشی به‌منظور بهینه‌سازی مسیریابی بالگردها را مطالعه کردند. هدف از پژوهش آنها به حداقل رساندن هزینه‌های استفاده از بالگردهای موجود در یک پایگاه هوایی بود. آنها همچنین تلاش کردند هزینه‌های دیگری را مانند تعداد به‌کارگیری و استفاده از خلبان‌های متعدد را کاهش دهند [۳۱]. اوزدامرو و همکاران (۲۰۰۴) در تحقیق خود مدلی برای انتقال وسایل نقلیه از مسیرهای مناسب در شرایط پس از فاجعه معرفی کردند. هدف از پژوهش آنها انتخاب سریع‌ترین مسیرهای قابل استفاده

جهت انتقال آسیب‌دیدگان به بیمارستان‌های موجود است [۳۲]. بر اساس مطالعه‌ای که بارباروسوگلو و همکارانش (۲۰۰۲) منتشر کردند، به ارائه یک مدل حمل‌ونقل چند دوره‌ای پرداختند. شرایط استفاده از این مدل این است که وسایل نقلیه لازم نباشد به مراکز نگهداری خود برگردند. همچنین هدف از مدل پیشنهادی آنها به حداقل رساندن تقاضای تأمین‌نشده در طول زمان است [۳۳].

با توجه به مرور ادبیات، پژوهش حاضر از ویژگی‌ها و ساختار بدیعی برخوردار است که تاکنون در پژوهش‌های مشابه تعریف نشده است. تحقیق حاضر با هدف بهبود و توسعه مدل ارائه شده توسط صبوچی و همکاران [۲۲] معرفی می‌شود. ازجمله مهمترین مزیت‌های مدل پیشنهادی پژوهش جاری نسب به مدل پایه می‌توان به مواردی مانند چند دوره‌ای و چند محصولی بودن و برقرار بودن شرط کمبود مجاز اشاره کرد. همچنین به دلیل حیاتی بودن تأمین تقاضاهای آسیب‌دیدگان، هدف مدل پیشنهادی پژوهش جاری به حداقل رساندن تقاضای تأمین‌نشده است. علاوه بر این، بر اساس مدل پیشنهادی شرط ورود به مرحله‌ی بعدی عملیات امدادرسانی، وجود تقاضای تأمین‌نشده به همراه موجود بودن کالاهای موردنیاز در مراکز توزیع است. از نکات قابل توجه در مدل پایه این است که تنها مقدار کالای بارگیری شده از مراکز توزیع و مقدار کالای وارد شده به هر پناهگاه مشخص می‌شود و نوع وسیله‌ی نقلیه و مقدار کالای امدادی حمل شده توسط آن قابل تعیین نیست. بر اساس مدل بهبود و توسعه یافته، مقدار حمل‌ونقل کالاها توسط هر وسیله نقلیه مشخص است.

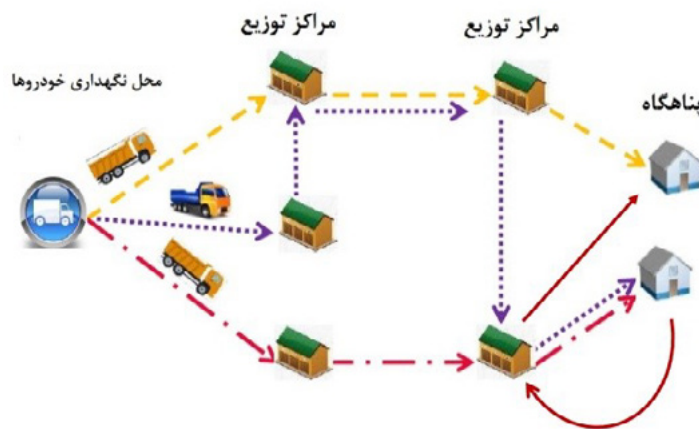
بیان مسئله و مدل‌سازی

یکی از اساسی‌ترین عملیات در مرحله پاسخ به فاجعه، انتقال کالاهای امدادی از مراکز توزیع به پناهگاه‌هاست. ازاین‌رو در این مقاله مدلی چند دوره‌ای و چند محصولی باهدف به حداقل رساندن تقاضاهای تأمین‌نشده معرفی می‌شود که دربردارنده یک شبکه‌ی سه سطحی از مراکز نگهداری خودرو، مراکز توزیع کالا و پناهگاه‌هاست. بر اساس مدل پیشنهادی، در پایان آخرین دوره عملیات امدادرسانی میزان تقاضای تأمین‌نشده برای هر نوع

کالا و به تفکیک هر پناهگاه تعیین می‌شود. شرط کمبود مجاز را می‌توان یکی از ویژگی‌های مهم مدل پیشنهادی عنوان کرد. از دیگر ویژگی‌های مدل جدید می‌توان به مدیریت زمان نقل‌وانتقال وسایل نقلیه در بین مراکز توزیع و پناهگاه‌ها برای تمامی دوره‌های امدادرسانی اشاره کرد. چگونگی امدادرسانی در تصویر ۱ آمده است. وسایل نقلیه به منظور بارگیری کالاهای امدادی از محل نگهداری به مراکز توزیع کالا منتقل می‌شوند. با توجه به دو عامل ظرفیت وسایل نقلیه و مقدار تقاضای موردنیاز پناهگاه‌ها بارگیری انجام می‌شود. وسایل نقلیه می‌توانند در یک دوره به چندین مرکز توزیع مراجعه کرده تا ظرفیت خود را تکمیل کنند. وسایل نقلیه به طرف پناهگاه‌ها منتقل می‌شوند. بعد از تحویل کالاها و در صورت تأمین کامل تقاضای پناهگاه‌ها عملیات امدادی به پایان می‌رسد. در صورت تأمین نشدن بخشی از تقاضا دو حالت وجود خواهد داشت: (۱) کالا در مراکز توزیع موجود نباشد؛ با توجه به مزیت مدل تحقیق جاری مقدار کمبود کالا مشخص می‌شود. (۲) در مراکز توزیع کالای موردنیاز موجود باشد؛ در این حالت به تعداد مورد نیاز از وسایل نقلیه تخلیه شده از پناهگاه‌ها به مراکز توزیع منتقل و پس از بارگیری به پناهگاه‌هایی که دارای تقاضای تأمین‌نشده هستند، منتقل می‌شوند. این دوره‌ها تا زمانی که حداقل یکی از دو شرط برقرار نباشد، ادامه می‌یابد.

الف: اندیس‌ها، پارامترها و متغیرهای تصمیم مدل پیشنهادی
اندیس‌ها:

v	نشان دهنده مجموعه‌ای از وسایل نقلیه حمل بار $\{v_1, v_2, \dots, V\}$
d	نشان دهنده انبار وسایل نقلیه $\{d_1, d_2, \dots, D\}$
e, e'	نشان دهنده مراکز توزیع کالای امدادی $\{e_1, e_2, \dots, E\}$
s	نشان دهنده مجموعه‌ای از پناهگاه‌ها $\{s_1, s_2, \dots, S\}$
p	تعداد محصولات $\{p_1, p_2, \dots, P\}$
t	تعداد دوره $\{t_1, t_2, \dots, T\}$



تصویر ۱: شبکه زنجیره تأمین امداد

یارامترها:

C_{de}^1 زمان حمل و نقل از مرکز تجمع وسایل نقلیه به مراکز توزیع

$C_{ee'}^2$ زمان حمل و نقل از مراکز توزیع به مراکز توزیع دیگر

C_{es}^3 زمان حمل و نقل از مراکز توزیع به پناهگاه‌ها

ds_s مقدار تقاضای پناهگاه‌ها

se_e موجودی مراکز توزیع

A_{dv} در صورت وجود وسیله نقلیه v در مرکز نگهداری خودرو d

Cap_v ظرفیت وسایل نقلیه نوع v

De_e زمان سرویس‌گیری در مراکز توزیع

DS_s زمان سرویس‌دهی در پناهگاه

M_{big} عدد بسیار بزرگ

متغیرهای تصمیم:

$X_{v det p}^1$ مقدار حمل از محصول نوع P توسط وسیله نوع v از مرکز d به مرکز e در دوره t ام.

$X_{vee't p}^2$ مقدار حمل از محصول نوع P توسط وسیله نوع v از مرکز e به مرکز e' در دوره t ام.

$X_{vest p}^3$ مقدار حمل از محصول نوع P توسط وسیله نوع v از مرکز e به مرکز s در دوره t ام.

$X_{vset p}^4$ مقدار بارگیری از محصول نوع P توسط وسیله نوع v از مرکز s به مرکز e در دوره t ام.

$X_{v det p}^{1'}$ اگر وسیله نوع v بارگیری محصول p ام در دوره t را انجام و از مرکز d به مرکز e منتقل شود، یک؛ در غیر این صورت صفر.

$X_{vee't p}^{2'}$ اگر وسیله نوع v حامل محصول p ام در دوره t از مرکز توزیع به مرکز توزیع دیگر منتقل شود، یک. در غیر این صورت صفر.

$X_{vest p}^{3'}$ اگر وسیله نوع v حامل محصول نوع p در دوره t ام، مسیر e به s را طی کند، برابر یک؛ در غیر این صورت صفر.

$X_{vset p}^{4'}$ اگر وسیله نوع v حامل محصول نوع p در دوره t ام، مسیر s به e را طی کند، برابر یک؛ در غیر این صورت صفر.

Te_{vet} زمان پایان سرویس‌گیری در مراکز توزیع در دوره t ام.

TS_{vst} زمان پایان سرویس‌دهی در پناهگاه‌ها در دوره t ام است.

se_{et} موجودی کالای p برای مراکز توزیع در دوره $\{t_1\} \notin t$ ام (مقدار آن در ابتدای شروع عملیات (t_1) مشخص است.)

اگر وسیله نوع v موجود در مرکز d ام در دوره t استفاده شود. برابر یک؛ در غیر این صورت برابر با صفر است (متغیر باینری). Z_{dvt}

متغیر کمبود (مقدار کالای نوع p که در پایان عملیات امدادسانی برای پناهگاه s ام تأمین نشده است). $ds'_s p$

ب: معرفی و تشریح مدل پیشنهادی

(۱)

$$Min F = \frac{\sum_s \sum_p (ds_{sp} - \sum_e \sum_v \sum_t X_{vest p}^3)}{\sum_s \sum_p ds_{sp}}$$

$$\sum_v \sum_d X_{v det p}^1 + \sum_v \sum_{e'} X_{vee't p}^2 + \quad (2)$$

$$\sum_s \sum_v X_{vset p}^4 \leq se_{ept} \quad \forall e, p, t \quad (3)$$

$$se_{ept+1} = se_{ept} - \sum_v \sum_s X_{vest p}^3 \quad \forall e, p, t \notin \{T\} \quad (4)$$

$$X_{v det p}^1 \leq X_{v det p}^{1'} M_{big} \quad \forall d, e, v, t, p \quad (5)$$

$$X_{vee't p}^2 \leq X_{vee't p}^{2'} M_{big} \quad \forall e, e', v, t, p \quad (6)$$

$$X_{vest p}^3 \leq X_{vest p}^{3'} M_{big} \quad \forall e, s, v, t, p \quad (7)$$

$$X_{vset p}^4 \leq X_{vset p}^{4'} M_{big} \quad \forall s, e, v, t, p \quad (8)$$

$$\sum_s X_{vest p}^3 + \sum_{e'} X_{vee't p}^2 = \sum_d X_{v det p}^1 + \sum_{e'} X_{vee't p}^2 + \sum_s X_{vset p}^4 \quad \forall e, v, t, p \quad (9)$$

$$\sum_e \sum_v \sum_t X_{vest p}^3 + ds'_s p = ds_{sp} \quad \forall s, p \quad (9)$$

$$X_{vsetp}^4 \geq X_{vsetp}^{4'} \quad (21)$$

$$\forall v, s, e, t, p$$

$$X_{vdetp}^1, X_{veetp}^2, X_{vestp}^3, X_{vsetp}^4 \quad (22)$$

$$se_{ept}, ds'_{sp} \in Z^{\geq 0}$$

$$Te_{vet}, Ts_{vst-1} \in R^{\geq 0}$$

$$\forall v, d, e, e', t, p$$

$$X_{vdetp}^1, X_{veetp}^2, X_{vestp}^3, X_{vsetp}^4$$

$$, Z_{dvt} \in \{0, 1\}$$

معادله (۱) تابع هدف بوده و مقدار تقاضای تأمین نشده را کمینه می‌کند. محدودیت (۲) مجموع کالاهای ارسالی از مرکز توزیع e برای محصول p در هر دوره را از حداکثر ظرفیت را کنترل می‌کند. محدودیت (۳) مقدار عرضه‌ی مراکز توزیع امداد در دوره‌های بعد را مشخص می‌کند. به منظور اطلاع از انتقال وسیله‌ی v برای حمل کالای p ام از مرکز نگهداری وسایل نقلیه به مراکز توزیع e محدودیت (۴) اعمال شده است. محدودیت (۵) نشان می‌دهد در صورتی که وسیله نقلیه‌ی نوع v به منظور حمل کالای p مرکز توزیع e را به سمت مرکز توزیع دیگر ترک کند، متغیر X_{vsetp}^4 برابر یک و در غیر این صورت برابر صفر خواهد بود. محدودیت (۶) بیان‌کننده‌ی انتقال وسیله نقلیه‌ی نوع v برای حمل کالای نوع p از مراکز توزیع e به پناهگاه s است. محدودیت (۷) به منظور انتقال وسیله‌ی نقلیه‌ی نوع v برای حمل کالای نوع p از پناهگاه s به مراکز توزیع e بیان شده است. محدودیت (۸) مسیرهای وسیله‌ی نقلیه‌ی v به منظور ترک مراکز توزیع e را نشان می‌دهد. محدودیت (۹) برابری مقدار کالای دریافتی با مقدار تقاضاست. محدودیت (۱۰) نشان‌دهنده حداکثر مقدار کالای بارگیری شده از مراکز توزیع با حجم قابل حمل توسط وسایل نقلیه است. محدودیت (۱۱) شامل هر تعداد وسیله‌ی نقلیه‌ی نوع v که به مرکز توزیع e وارد می‌شود و برابر با تعدادی است که از آن مرکز بایستی خارج شود. محدودیت‌های (۱۲) تا (۱۵) برای تعیین زمان خروج وسایل نقلیه v از مراکز e و s است. با اعمال محدودیت (۱۶) تعداد وسایل نقلیه‌ای که در دوره $t+1$ از پناهگاه s خارج می‌شوند، از تعداد وسیله نقلیه‌ای که در دوره t به این پناهگاه وارد شده‌اند، بیشتر نیست. با محدودیت (۱۷) اگر وسیله‌ی نقلیه‌ی نوع v در دوره t مورد استفاده قرار گیرد، صرفاً از یک مرکز توزیع به یک پناهگاه منتقل می‌شود. با اعمال محدودیت‌های (۱۸) تا (۲۱) در صورت عدم مراجعه وسایل نقلیه به منظور بارگیری از مراکز توزیع و ارسال به پناهگاه‌ها آن مسیر انتخاب نمی‌شود. محدودیت (۲۲) نوع و بازه متغیرهای استفاده شده در مدل است.

$$\sum_e \sum_p X_{vdetp}^1 + \sum_{e'} \sum_e \sum_p X_{veetp}^2 + \quad (10)$$

$$\sum_e \sum_s \sum_p X_{vestp}^4 \leq z_{dvt} A_{dv} cap_v \quad \forall d, v, t$$

$$\sum_d X_{vdetp}^{1'} + \sum_s X_{vestp}^{4'} + \quad (11)$$

$$+ \sum_{e'} X_{veetp}^{2'} = \sum_s X_{vestp}^{3'} \quad \forall v, e, p, t$$

$$Td_{vd} + De_e + C_{de}^1 - \quad (12)$$

$$M_{big} (1 - X_{vdetp}^{1'}) \leq Te_{vet_1} \quad \forall v, d, e, p$$

$$Te_{vet} + De_{e'} + C_{ee'}^2 - \quad (13)$$

$$M_{big} (1 - X_{veetp}^{2'}) \leq Te_{vet_1} \quad \forall v, e, e', t, p$$

$$Te_{vet} + Ds_s + C_{es}^3 - \quad (14)$$

$$M_{big} (1 - X_{vestp}^{3'}) \leq Ts_{vst} \quad \forall v, s, e, p, t$$

$$\quad (15)$$

$$Ts_{vst-1} + De_e + C_{es}^3 - M_{big} (1 - X_{vsetp}^{4'}) \leq Te_{vet} \quad \forall v, s, e, p \quad \forall t \in \{T\}$$

$$\sum_e \sum_p X_{vestp}^{3'} \geq \sum_e \sum_p X_{vsetp}^{4'} \quad (16)$$

$$\forall t \notin \{T\}, \forall v, s$$

$$\sum_e \sum_s \sum_p X_{vestp}^{3'} = Z_{dvt} \quad (17)$$

$$\forall d, v, t$$

$$X_{vdetp}^1 \geq X_{vdetp}^{1'} \quad (18)$$

$$\forall v, d, e, t, p$$

$$X_{veetp}^2 \geq X_{veetp}^{2'} \quad (19)$$

$$\forall v, e, e', t, p$$

$$X_{vestp}^3 \geq X_{vestp}^{3'} \quad (20)$$

$$\forall v, e, s, t, p$$

اعتبارسنجی مدل پیشنهادی

به منظور اعتبارسنجی مدل پیشنهادی موردکاوی با داده‌های تحقیق پایه انجام شده است. در موارد مورد نیاز داده‌های بیشتر اضافه شده است. تغییرات عمده تازه‌ها در داده‌ها شامل تنوع کالاهای امدادی از یک به دو نوع است. در کلیه موارد، نتایج به دست آمده با نتایج تحقیق پایه مورد مقایسه قرار گرفت و کلیه نتایج نشان داد که عملکرد مدل پیشنهادی مورد تایید بوده و با نتایج مدل پایه مطابقت دارد.

الف: مطالعه موردی

با توجه به ویژگی‌های مدل پیشنهادی در حوزه عملیات امدادسانی، یک مطالعه موردی در شهر تهران جزو مناطق مستعد زلزله و پرجمعیت‌ترین شهر ایران ارائه می‌شود. این شهر دارای ۲۲ منطقه است که منطقه ی ۴ یکی از مناطق پرجمعیت است. همچنین گسل‌های اطراف این مناطق عبارت‌اند از: شیان و کوسار با طول ۱۳ کیلومتر و نارمک با طول ۲/۵ کیلومتر. نواحی انتخاب شده ۱، ۳ و ۷ هستند. تعداد آسیب‌دیدگان بر اساس نظر

جدول ۱: تعداد آسیب‌دیدگان اسکان یافته در پناهگاه‌ها

ناحیه	محل سکونت	تعداد آسیب‌دیدگان قابل انتقال به پناهگاه
۱	خیابان سیف	۵۷۵
۳	خیابان هروی	۲۲۵۱
۷	خیابان هنگام	۶۳۴
جمع		۳۴۶۰

خبرگان مدیریت بحران از نقاط مختلف این منطقه به شرح جدول ۱ است.

دو نوع کالای امدادی غذا و آب بین آسیب‌دیدگان توزیع می‌شود. اطلاعات پناهگاه‌ها و مراکز توزیع در جدول ۲ آمده است. ظرفیت وسایل نقلیه برای انتقال کالاهای امدادی در جدول ۳ بیان شده است.

زمان لازم برای طی مسافت بین مراکز نگهداری به مراکز توزیع کالاهای و پناهگاه‌ها توسط وسایل نقلیه مطابق جدول ۴ است [۲۰].

جدول ۲: اطلاعات مربوط به مراکز توزیع و پناهگاه‌ها

نوع	مرکز	متغیر	ظرفیت مراکز توزیع	تقاضای پناهگاه‌ها	زمان خدمت دهی (دقیقه)
پناهگاه	فرهنگی اشراق	s_1	-	۱۳۲۰	۳۰
	ورزشگاه گلشن	s_2	-	۸۲۵	۳۰
	استادیوم آرژ	s_3	-	۸۸۰	۳۰
	دانشگاه آزاد	s_4	-	۷۸۱	۳۰
مرکز توزیع	مدرسه ارشاد	e_1	۱۱۶۰	-	۳۰
	مدرسه امیرکبیر	e_2	۱۱۶۰	-	۳۰
	مدرسه هدف	e_3	۱۱۶۰	-	۳۰

جدول ۳: ظرفیت وسایل نقلیه

وسيله نقلیه	ظرفیت (کیلوگرم)	وسيله نقلیه	ظرفیت (کیلوگرم)
V_1	۱۲۰۰	V_5	۸۰۰
V_2	۸۰۰	V_6	۷۰۰
V_3	۸۰۰	V_7	۷۰۰
V_4	۸۰۰	V_8	۷۰۰

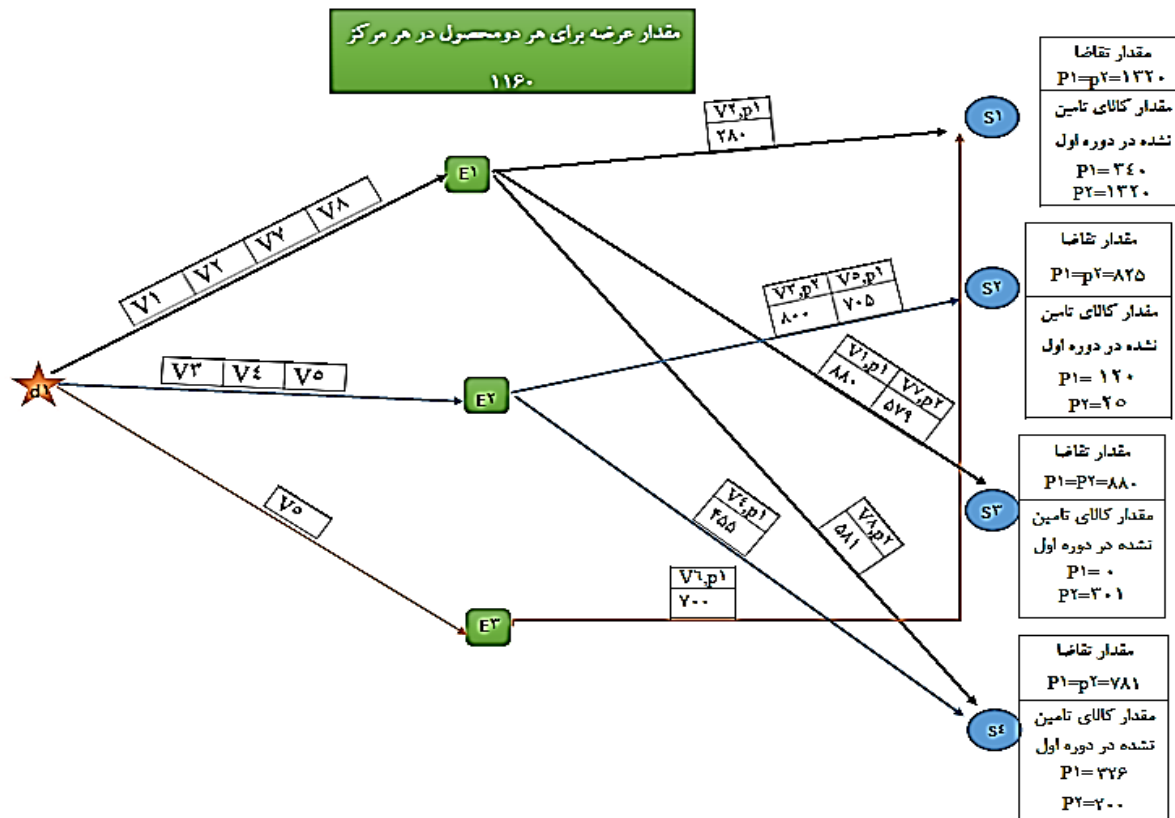
جدول ۴: مدت زمان طی شده بین مراکز توزیع و پناهگاه‌ها (دقیقه)

	پناهگاه‌ها				مراکز توزیع		
	S_f	S_r	S_t	S_v	E_r	E_v	E_v
d_1	-	-	-	-	۲۰	۱۰	۱۳
E_1	۴۰	۳۰	۲۵	۷	۳۰	۵	-
E_2	۱۰	۲۵	۸	۳۰	۳۰	-	۵
E_3	۹	۷	۴۰	۳۵	-	۳۰۰	۳۰

ب: نتایج حاصل از اجرای مدل

به منظور اعتبارسنجی مدل با بهره‌گیری از اطلاعات مثال عددی و با استفاده از نرم‌افزار گمز و حل‌کننده‌ی سیمپلکس، مدل پیشنهادی حل شد. اجرای مدل در مدت زمان ۰/۰۹۴ ثانیه صورت پذیرفت و تابع هدف آن به کمترین مقدار خود (۰/۰۸۷۵)

رسید. نحوه حرکت وسایل نقلیه و تخصیص کالاهای امدادی در پایان مرحله اول در تصویر ۲ ترسیم شده است. اطلاعات مربوط به زمان خروج وسایل نقلیه از مراکز توزیع و زمان اتمام فعالیت (خروج) آنها در پناهگاه‌ها برای دوره اول به شرح جدول ۵ است.



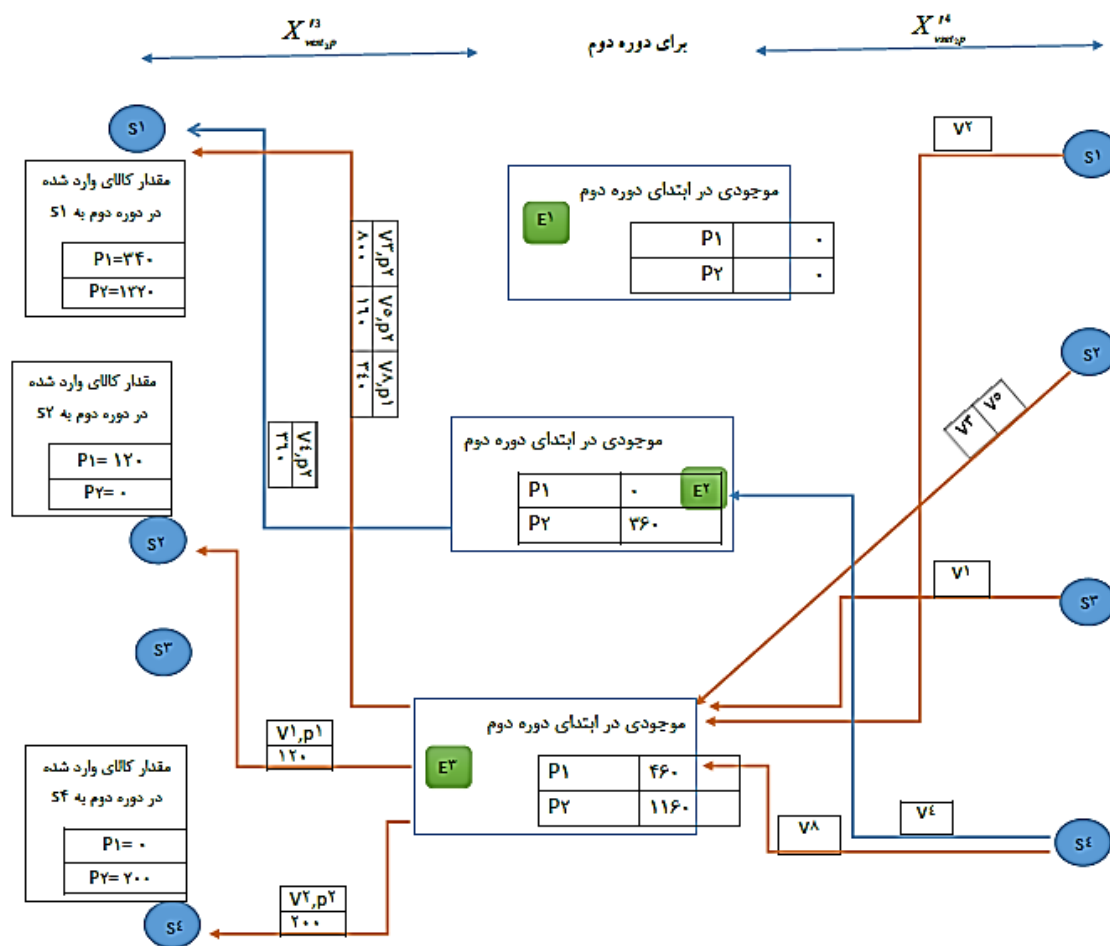
تصویر ۲: مسیریابی وسایل نقلیه و تخصیص کالاهای امدادی دوره اول

جدول ۵: زمان خروج وسایل نقلیه از مراکز توزیع و رسیدن به پناهگاه‌ها در دوره اول

وسيله نقلیه	متغیر	مراکز توزیع		پناهگاه‌ها
		زمان خروج وسیله نقلیه از مرکز توزیع (دقیقه)	متغیر	زمان اتمام فعالیت وسیله نقلیه در پناهگاه (دقیقه)
V_1	E_2	۴۳	S_3	۱۰۳
V_2	E_1	۴۳	S_1	۸۰
V_3	E_2	۴۰	S_2	۷۸
V_4	E_2	۴۰	S_4	۸۰
V_5	E_2	۴۰	S_2	۷۸
V_6	E_3	۵۰	S_1	۱۱۵
V_7	E_1	۴۳	S_3	۱۰۳
V_8	E_1	۴۳	S_4	۱۱۳

در دوره اول، بار توسط ۸ نوع وسیله نقلیه از مرکز نگهداری وسایل نقلیه به سمت مراکز توزیع کالاهای امدادی صورت می‌گیرد. چگونگی وضعیت تقاضای پناهگاه‌ها و موجودی مراکز توزیع در پایان مرحله اول امدادرسانی در تصویر ۳ مشخص شده است.

زمان خروج از مراکز توزیع و اتمام فعالیت در پناهگاه‌ها توسط وسایل نقلیه در دوره دوم در جدول ۶ آمده است. در پایان هر مرحله تقاضای تأمین‌نشده پناهگاه‌ها و موجودی مراکز توزیع بررسی و دوره بعدی شروع می‌شود. این فرآیند تا



تصویر ۳: مسیریابی وسایل نقلیه و تخصیص کالاهای امداد دوره دوم

جدول ۶: زمان اتمام کار وسایل نقلیه در پناهگاه‌ها در دوره دوم

نوع وسیله نقلیه	مرکز توزیع		پناهگاه	
	شماره	زمان خروج وسیله نقلیه از مرکز (دقیقه)	شماره	زمان اتمام فعالیت وسیله نقلیه در پناهگاه (دقیقه)
V ₁	E ₃	۱۴۰	S ₂	۲۱۰
V ₂	E ₃	۱۴۵	S ₄	۱۸۴
V ₃	E ₃	۱۴۸	S ₁	۲۱۳
V ₄	E ₂	۱۲۰	S ₁	۱۸۰
V ₅	E ₃	۱۴۸	S ₁	۲۱۳
V ₈	E ₃	۱۵۲	S ₁	۲۱۷

جدول ۷: وضعیت ارسال و دریافت کالاها دوره‌های مختلف

نوع	متغیر	نوع کالا	شروع بحران		پایان مرحله اول		پایان مرحله دوم	
			ظرفیت/ تقاضا		ارسال/ تحویل		ارسال/ تحویل	
پناهگاه	S_1	P_1	۱۳۲۰		۹۸۰	۳۴۰	۳۴۰	۰
		P_2			۰	۱۳۲۰	۱۳۲۰	۰
	S_2	P_1	۸۲۵		۷۰۵	۱۲۰	۱۲۰	۰
		P_2			۸۰۰	۲۵	۰	۲۵
	S_3	P_1	۸۸۰		۸۸۰	۰	۰	۰
		P_2			۵۷۹	۳۰۱	۰	۳۰۱
	S_4	P_1	۷۸۱		۴۵۵	۳۲۶	۰	۳۲۶
		P_2			۵۸۱	۲۰۰	۲۰۰	۰
	E_1	P_1	۱۱۶۰		۱۱۶۰	۰	۰	۰
		P_2			۱۱۶۰	۰	۰	۰
مرکز توزیع	E_2	P_1	۱۱۶۰		۱۱۶۰	۰	۰	۰
		P_2			۸۰۰	۳۶۰	۳۶۰	۰
	E_3	P_1	۱۱۶۰		۷۰۰	۴۶۰	۴۶۰	۰
		P_2			۰	۱۱۶۰	۱۱۶۰	۰

تحلیل حساسیت

ابتدا به تأثیر مقادیر عرضه و حجم بارگیری وسایل نقلیه در تعیین تعداد دوره‌های امدادرسانی پرداخته می‌شود. سپس با تغییر ابعاد مسئله چگونگی مدت‌زمان اجرای مدل با استفاده از نرم‌افزار گمز بررسی می‌شود. جهت ارسال کلیه کالاها امدادی به پناهگاه‌ها حداقل دوره‌های امدادی باید برابر ۲ باشد. اگر حجم قابل حمل وسایل نقلیه کمتر از ۹۶۰۰ واحد باشد، نمی‌توان کلیه کالاها امدادی را در یک دوره به پناهگاه‌ها ارسال کرد. اگر تعداد دوره‌ها کمتر از حد مجاز باشد، مدل اجرا نخواهد شد.

با توجه به اهمیت مدت‌زمان اجرای مدل در شرایط بحرانی و حصول نتایج در مدت‌زمان مناسب، تحلیل حساسیت دیگری روی تغییرات زمان اجرای مدل در اثر افزایش در تعداد مراکز نگهداری خودرو، مراکز توزیع کالا و تعداد پناهگاه‌ها انجام شد. بدین منظور تأثیر تغییر افزایش تعداد هر یک از مراکز یادشده با فرض ثابت بودن سایر عوامل بر مدت‌زمان اجرای مدل بررسی شد. در جدول ۸ مقادیر در نظر گرفته‌شده برای هر پارامتر به همراه مدت‌زمان اجرای مدل درج شده است.

به‌منظور درک بهتر از نتایج به‌دست‌آمده از تحلیل حساسیت، در تصویر ۴ نمودارهای تغییر مدت‌زمان اجرای مدل مربوط به تغییرات تعداد مراکز نگهداری خودرو، مراکز توزیع کالا و مراکز پناهگاه‌ها ترسیم شده است. مشاهده می‌شود که با افزایش ابعاد مسئله مدت‌زمان حل مدل بیشتر می‌شود. در نهایت، زمان اجرای مدل به مقداری می‌رسد که به دلیل حیاتی بودن عامل زمان در زمان بحران، لزوم استفاده از روش‌های فراابتکاری به‌روشنی مشخص می‌شود.

با توجه به نتایج تحلیل حساسیت، افزایش تعداد مراکز توزیع کالا نسبت به دو عامل دیگر تأثیر بیشتری در زمان اجرای مدل دارد. مهمترین دلیل آن وابستگی تعداد محدودیت‌های مدل

رسیدن موجودی کالاها به صفر و یا برآورد تقاضاهای تأمین‌نشده تکرار می‌شود. حل عددی مدل در جدول ۷ آمده است.

حل مدل به دلیل اتمام موجودی مراکز توزیع در دوره دوم متوقف می‌شود؛ ولی پناهگاه چهارم با کمبود ۳۲۶ واحد از کالای اول و پناهگاه‌های دوم و سوم به ترتیب با کمبود ۲۵ و ۳۰۱ واحد از کالای دوم مواجه شده‌اند.

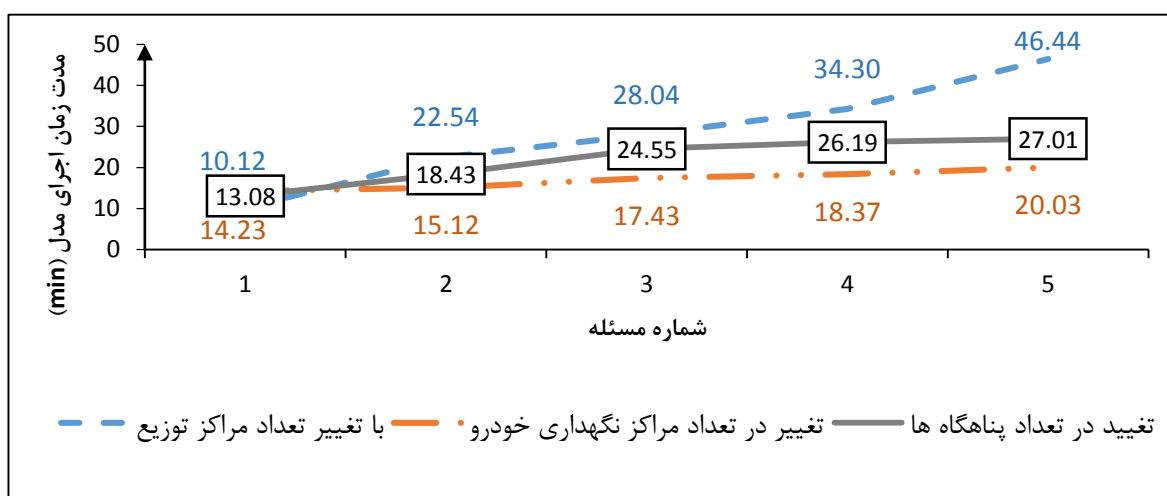
تحلیل و تفسیر نتایج

خدمات امدادرسانی در چند مرحله صورت می‌گیرد. مراحل به‌گونه‌ای تعیین می‌شود که کالاها از مراکز توزیع با استفاده از وسایل نقلیه به پناهگاه‌ها منتقل شوند. همچنین متناسب با مقدار موجودی کالا در مراکز توزیع، حداکثر تقاضای کالاها امدادی تأمین شده و در صورت مازاد بودن تقاضا مقدار کمبود به تفکیک هر پناهگاه مشخص می‌شود.

نتایج موردکاوی با بهره‌گیری از مدل پیشنهادی نشان داد که در پایان دوره اول ۳۵ درصد از تقاضای پناهگاه‌ها برآورده نشده و هر چهار پناهگاه دارای کمبود در کالاها امدادی هستند. کالاها مرکز توزیع اول تمام شده، ولی دو مرکز دیگر هنوز دارای کالای مازاد هستند. در پایان دوره دوم هیچ کالای موردنیازی در مراکز توزیع باقی نمانده است. از این‌رو شرط تأمین حداکثری تقاضای پناهگاه‌ها رعایت و بیش از ۹۱ درصد تقاضای پناهگاه‌ها تأمین شده است. میزان کمبود کالاها به ترتیب ۲۵ و ۳۰۱ واحد کالای نوع دوم برای پناهگاه‌های دوم و سوم و ۳۲۶ واحد کالای نوع اول برای پناهگاه چهارم است. یکی دیگر از مزایای استفاده از مدل پیشنهادی مدیریت زمان ارائه خدمات به آسیب‌دیدگان و مشاهده زمان پایان کار هر یک از وسایل نقلیه در مراکز توزیع و پناهگاه‌هاست.

جدول ۸: تحلیل حساسیت برای تعداد مراکز نگهداری خودرو، مراکز توزیع و پناهگاه‌ها

مسئله	تعداد مراکز نگهداری خودرو	تعداد مراکز توزیع	تعداد پناهگاه‌ها	مدت زمان اجرای مدل (دقیقه)
۱	۱	۲۰	۶۰	۱۰/۱۲
۲		۴۰		۲۲/۵۴
۳		۶۰		۲۸/۰۴
۴		۸۰		۳۴/۳۰
۵		۱۰۰		۴۶/۴۴
۱	۱۰	۳۰	۶۰	۱۴/۲۳
۲				۱۵/۱۲
۳				۱۷/۴۳
۴				۱۸/۳۷
۵				۲۰/۰۳
۱	۱	۳۵	۴۰	۱۳/۰۸
۲				۱۸/۴۳
۳				۲۴/۵۵
۴				۲۶/۱۹
۵				۲۷/۰۱



تصویر ۴: نمودار تغییر زمان اجرای مدل

کالاها دچار کمبود هستند. در مدل پیشنهادی و در پایان عملیات امدادرسانی تقاضای تأمین نشده هر پناهگاه مشخص می‌شود. به منظور اعتبارسنجی مدل پیشنهادی، با اطلاعات شهر تهران و با بهره‌گیری از نرم‌افزار گمز موردکاوای انجام شده است. کلیه عملیات امدادی با هدف تأمین حداکثری تقاضا صورت گرفته است. در دوره اول امداد رسانی مقدار ۷۸۶ از کالای اول و ۱۸۴۶ واحد از کالای دوم کمبود وجود داشت که با استفاده از توانمندی مدل پیشنهادی در پایان دوره دوم به ۴۴۶ و ۳۲۶ واحد کاهش یافت. مدل بهینه‌شده پژوهش جاری نسبت به مدل پایه به دلیل دارا بودن شرط کمبود مجاز و تأمین در مراحل بعدی از کارایی بیشتری برخوردار است. از دیگر مزیت‌های مدل تحقیق جاری تعیین مقدار کالای حمل‌شده هر وسیله نقلیه از هر مرکز توزیع بارگیری به همراه نوع آن کالاست.

پیشنهادی به تعداد مراکز توزیع است. به منظور کاهش زمان اجرای مدل باید در تعیین تعداد مراکز توزیع دقت لازم صورت گیرد و در صورت نیاز به مراکز توزیع متعدد از روش‌های فراابتکاری کارآمد استفاده شود. تغییر در تعداد مراکز نگهداری خودرو نسبت به دو عامل دیگر تأثیر کمتری در افزایش زمان اجرای مدل دارد.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در این پژوهش یک مدل عدد صحیح مختلط در حوزه زنجیره تأمین امداد معرفی شد که هدف آن تأمین حداکثری تقاضاهای امدادی است. وسایل نقلیه با توجه به ظرفیت خود کالاها را از مراکز توزیع به پناهگاه‌ها منتقل می‌کنند. در اغلب مواقع بحران، تقاضا بیشتر از عرضه است. به عنوان نمونه در پایان مرحله اول موردکاوای تحقیق جاری هر چهار پناهگاه حداقل در یکی از

۷. رضایی، محمدرضا؛ نوری، محبوبه (۱۳۹۷). تحلیل میزان آمادگی عملیاتی خانوارهای شهری در برابر زلزله. دوفصلنامه مدیریت بحران. شماره ۱۳، ۴۳-۵۶.

8. Behl, A., and Dutta, P. (2018). Humanitarian supply chain management: a thematic literature review and future directions of research. *Annals of Operations Research*, 1-44.
9. John, L. (2018). Review of Empirical Studies in Humanitarian Supply Chain Management: Methodological Considerations, Recent Trends and Future Directions. in *The Palgrave Handbook of Humanitarian Logistics and Supply Chain Management*: Springer, 637-673.
10. Overstreet, R. E., Hall, D., Hanna, J. B., and Kelly Rainer R. (2011). Research in humanitarian logistics. *Journal of Humanitarian Logistics and Supply Chain Management*, Vol. 1, No. 2. 114-131.
11. Nadi, A., and Edrisi, A. (2005). Adaptive multi-agent relief assessment and emergency response. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, Vol. 24. 12-23.
12. R. C. Kent, "International humanitarian crises: two decades before and two decades beyond," *International Affairs*, vol. 80, pp. 851-869, 2004. Pettit S. J., and Beresford, A. K. (2005). Emergency relief logistics: an evaluation of military, non-military and composite response models. *International Journal of Logistics: Research and Applications*, Vol. 8, No. 4. 313-331.
13. N. Altay and W. G. Green III, "OR/MS research in disaster operations management," *European journal of operational research*, vol. 175, pp. 475-493, 2006.
14. M. Natarajarathinam, I. Capar, and A. Narayanan, "Managing supply chains in times of crisis: a review of literature and insights," *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, vol. 39, pp. 535-573, 2009. Barbarosoglu, G., Özdamar, L., and Cevik, A. (2002). An interactive approach for hierarchical analysis of helicopter logistics in disaster relief operations. *European Journal of Operational Research*, Vol. 14 No. 1. 118-133.
15. M. Howden, "How humanitarian logistics information systems can improve humanitarian supply chains: a view from the field," in *Proceedings of the 6th international ISCRAM conference, Gothenburg, Sweden, 2009* Özdamar, L., Ekinici, E., and Küçükayazici, B. (2004). Emergency logistics planning in natural disasters. *Annals of operations research*, Vol. 129, No. 4-1. 217-245.
16. R. Oloruntoba and R. Gray, "Humanitarian aid: an agile supply chain?," *Supply Chain Management: an international journal*, vol. 11, pp. 115-120, 2006.
17. L. N. Van Wassenhove, "Humanitarian aid logistics: supply chain management in high gear," *Journal of the Operational research Society*, vol. 57, pp. 475-489, 2006.
18. E. E. Blanco and J. Goentzel, "Humanitarian supply chains: a review," *MIT Center for Transportation & Logistics*, POMS, 2006. Mete H. O., and Z. B.

در ادامه به تحلیل و تفسیر نتایج پرداخته شده است. باهدف بررسی مدت زمان اجرای مدل در ابعاد مختلف، تحلیل حساسیت روی تعداد مراکز نگهداری خودرو، مراکز توزیع کالا و تعداد پناهگاه‌ها انجام شده است. با توجه به نتایج به دست آمده، افزایش تعداد مراکز توزیع کالا نسبت به دو عامل دیگر تأثیر بیشتری در زمان اجرای مدل دارد. از این رو پیشنهاد می‌شود: به منظور جلوگیری از افزایش زمان اجرای مدل در تعیین تعداد مراکز توزیع دقت و توجه لازم صورت گیرد و در صورت نیاز به وجود مراکز توزیع متعدد از روش‌های فراابتکاری کارآمد برای حل مدل استفاده شود. در این راستا به منظور انجام پژوهش‌های آتی و بهبود مدل معرفی شده، پیشنهاد می‌شود به منظور اجرای سریع‌تر و دقیق‌تر مدل در ابعاد بزرگ یک روش فراابتکاری مناسب معرفی شود. علاوه بر این، با بهره‌گیری از مفاهیم عدم قطعیت می‌توان برای عوامل مختلفی نظیر تقاضا و مقدار عرضه آن را به یک مدل تصادفی تبدیل کرد.

پی‌نوشت

- 1-World Health Organization (WHO)
- 2- Mitigation
- 3-Preparedness
- 4-Response
- 5-Recovery
- 6-Commercial Supply Chain
- 7-Humanitarian Supply Chain
- 8-Humanitarian logistics
- 9-Fritz
- 10-Mass evacuation.
- 11-Facility location and allocation
- 12-routing
- 13-Distribution Centers

منابع

1. J. Bundy, M. D. Pfarrer, C. E. Short, and W. T. Coombs, W. T. (2017). Crises and crisis management: Integration, interpretation, and research development. *Journal of Management*, Vol. 43, No. 6. 16611692-.
2. Najafi, M., Eshghi, K., and Dullaert, W. (2013). A multi-objective robust optimization model for logistics planning in the earthquake response phase. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, Vol. 49, No. 1. 217249-.
۳. کاویان پور، گلشن (۱۳۹۴). ارزیابی تاب‌آوری محلات شهری کلان شهر مشهد در مواجهه با سوانح طبیعی (زمین‌لرزه). پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه یزد.
۴. فرزاد بهتاش، محمدرضا؛ کی نژاد، علی؛ پیربابایی، محمدتقی؛ عسگری، علی (۱۳۹۲). ارزیابی و تحلیل ابعاد و مؤلفه‌های تاب‌آوری کلان‌شهر تبریز. نشریه‌ی هنرهای زیبا-معماری و شهرسازی. دوره‌ی ۱۸ شماره‌ی ۳.
5. Balcik, B., and Beamon, B. M. (2008). Facility location in humanitarian relief. *International Journal of Logistics*, Vol. 11, No. 2. 101-121.
6. Cyganik, K. A. (2003). Disaster preparedness in virginia hospital center-arlington after Sept 11, 2003. *Disaster Management & Response*, Vol. 1, No. 3. 80-86.

۱۶

شماره هجدهم
پاییز و زمستان
۱۳۹۹
دوفصلنامه
علمی و پژوهشی



مدل بهینه‌سازی مسیریابی و برنامه‌ریزی چند دوره‌ای برای وسایل نقلیه بعد از وقوع بحران با هدف کاهش.....

32. Özdamar, L., Ekinci, E., and Küçükyazici, B. (2004). Emergency logistics planning in natural disasters. *Annals of operations research*, Vol. 129, No. 4-1. 217-245.
33. Barbarosoğlu, G., Özdamar, L., and Cevik, A. (2002). An interactive approach for hierarchical analysis of helicopter logistics in disaster relief operations. *European Journal of Operational Research*, Vol. 14 No. 1. 118-133.
- Zabinsky, Z. B. (2010). Stochastic optimization of medical supply location and distribution in disaster management. *International Journal of Production Economics*, Vol. 126, No. 1. 76-84.
19. B. Balcik, B. M. Beamon, C. C. Krejci, K. M. Muramatsu, and M. Ramirez, "Coordination in humanitarian relief chains: Practices, challenges and opportunities," *International Journal of Production Economics*, vol. 126, pp. 22-34, 2010.
20. P. Tatham and G. Kovács, "The application of "swift trust" to humanitarian logistics," *International Journal of Production Economics*, vol. 126, pp. 35-45, 2010.
21. Vahdani, B., Veysmoradi, D., Noori, F., and F. Mansour, F. (2018). Two-stage multi-objective location-routing-inventory model for humanitarian logistics network design under uncertainty. *International journal of disaster risk reduction*, Vol. 27. 290-306.
22. Sabouhi, F., Heydari, M., and Bozorgi-Amiri, A. (2016). Multi-objective routing and scheduling for relief distribution with split delivery in post-disaster response. *Journal of Industrial and Systems Engineering*, Vol. 9, No. 3. 17-27
23. E. Pourrahmani, M. R. Delavar, P. Pahlavani, and M. A. Mostafavi, "Dynamic evacuation routing plan after an earthquake," *Natural Hazards Review*, vol. 16, p. 04015006, 2015.
24. Rath, S., and Gutjahr, W. J. (2014). A math-heuristic for the warehouse location-routing problem in disaster relief. *Computers & Operations Research*, Vol. 42. 25-39
25. S. Bretschneider, "A Multicommodity Urban Evacuation Problem," in *Mathematical Models for Evacuation Planning in Urban Areas*, ed: Springer, 2012, pp. 145-161
26. Hamed, M., Haghani, A., and Yang, S. (2012). Reliable transportation of humanitarian supplies in disaster response: model and heuristic. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, Vol. 54. 1205-1219.
27. H. Abdelgawad and B. Abdulhai, "Large-scale evacuation using subway and bus transit: approach and application in city of Toronto," *Journal of Transportation Engineering*, vol. 138, pp. 1215-1232, 2011
28. Nolz, P. C., Semet, F., and Doerner, K. F. (2011). Risk approaches for delivering disaster relief supplies. *OR spectrum*, Vol. 33, No. 3. 543-569.
29. H. O. Mete and Z. B. Zabinsky, "Stochastic optimization of medical supply location and distribution in disaster management," *International Journal of Production Economics*, vol. 126, pp. 76-84, 2010.
30. Jotshi, A., Gong, Q., and Batta, R. (2009). Dispatching and routing of emergency vehicles in disaster mitigation using data fusion. *Socio-Economic Planning Sciences*, Vol. 43, No.
31. Pettit S. J., and Beresford, A. K. (2005). Emergency relief logistics: an evaluation of military, non-military and composite response models. *International Journal of Logistics: Research and Applications*, Vol. 8,

تشکیل زنجیره امداد رسانی در بحران با رویکرد مکان یابی چندگانه نقاط انتقال و تسهیلات مطالعه‌ی موردی مناطق جنوب مرکزی تهران

سید حسین سیدی: دانشجوی دکتری مدیریت تحقیق در عملیات، دانشکده مدیریت دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، ایران
سید محمد علی خاتمی فیروزآبادی*: دانشیار گروه مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، ایران؛
Email: a.khatami@atu.ac.ir

مقصود امیری: استاد گروه مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، ایران
سید محمد تقی تقوی فرد: دانشیار گروه مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۱/۱۵

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۹/۲۶

چکیده

امداد رسانی به آسیب دیدگان یکی از مهمترین مراحل مدیریت بحران است که باید پیش از رخداد حادثه برای آن برنامه ریزی کرد. امداد رسانی به موقع و بهره‌ور خسارات جانی و مالی را به شدت کاهش خواهد داد. با توجه به این ضرورت در این مقاله مدل ریاضی عدد صحیح مختلط دو هدفه مکان یابی چندگانه نقاط انتقال و تسهیلات جهت تشکیل زنجیره امداد رسانی در زمان بحران زلزله ارائه شده که تسهیلات شامل بیمارستان، مرکز امداد، انبار و پناهگاه هستند. غربالگری مجروحین بر اساس سیستم تریاژ، ارائه خدمات درمانی سرپایی به مجروحین سبز در نقاط انتقال، انتقال مجروحین زرد به مراکز امداد، انتقال دوگانه هوایی و زمینی مجروحین قرمز به بیمارستان، توجه به نوع کالای مورد نیاز در هر نقطه و در نهایت اضافه کردن محدودیت بودجه جهت راه اندازی تأسیسات، مفروضات مقاله در توسعه مدل مکان یابی نقاط انتقال و تسهیل است. جهت بررسی کارکرد مدل در شرایط واقعی، مطالعه موردی در مناطق جنوب مرکزی تهران صورت گرفت. مدل یک بار با تعداد تسهیلات مشخص و بار دیگر با در نظر گرفتن محدودیت بودجه حل شد که در حالت دوم نتایج بهتر و کاربردی تری به دست آمد. با افزایش بودجه تعداد نقاط انتقال افزایش پیدا می‌کند که نشان دهنده اهمیت این تسهیلات در کاهش زمان امداد رسانی است. از این رو تأسیس نقاط انتقال یک راهبرد مؤثر در بهره‌وری فرآیند امداد رسانی است. توجه به پراکنش بیمارستان‌ها در سطح شهر برای احداث بیمارستان‌های تازه، ایجاد زیرساخت‌های امداد هوایی در بیمارستان‌ها، شناسایی ساختمان‌های مقاوم جهت تغییر کاربری در بحران به عنوان تسهیلات پشتیبان و آموزش فرآیند امداد رسانی به شهروندان از راهکارهای مهم در کارکرد صحیح زنجیره امداد رسانی است.

کلمات کلیدی: نقطه انتقال، مکان یابی، تخصیص، بحران

Establishing an emergency relief chain in a crisis with the approach of multiple transfer points and facilities location case study: south-central regions of Tehran

Seyed Hosein Seyed¹, Seyed Mohammad Ali Khatami FirouzAbadi^{2*}, Maghsoud Amiri³, Seyed Mohammad Taghi Taghavi Fard⁴

Abstract

Relief of injuries is one of the most important stages of crisis management that should be planned for it before the incident. Timely and productivity relief will significantly reduce the financial and human losses. Considering this necessity, in this paper, proposed a mixed-integer mathematical model of multiple transfer points and facilities location for the formation of a relief chain during the earthquake crisis, which facilities includes hospitals, rescue centers, warehouses and shelters. Screening the injuries according to the triage system and providing outpatient health care at the transfer points, transfer the yellow injuries to the relief centers, dual transfer of the red injuries to the hospital, paying attention to the type of goods needed at any point, and finally, adding budget constraint to set up facilities are the paper's assumptions that developed the transfer points and facilities location model. To evaluate the model in real term a case study was conducted in south-central regions of Tehran. Model was once solved with specified number of facilities, and again with consideration of budget constraint, in the second condition, better and more practical results were obtained. As the budget increases, the number of transfer points increases that indicating the importance of them in reducing the relief time. Therefore, the establishment of transfer points is an effective strategy in the efficiency of the relief process during a crisis. Attention to the distribution of hospitals in the city for the construction of new hospitals, the establishment of air rescue infrastructure in hospitals, identification of resistant buildings to change their use in crisis as a backup facility, and training the process of relief to citizens, are important solutions in the proper functioning of the relief chain.

Keywords: Transfer Point, Location, Allocation, Disaster

1. Ph.D. Student in Operation Research Management, Faculty of Management University of Allameh Tabataba'i Tehran, Iran
2. Associate Prof., Faculty of Management University of Allameh Tabataba'i Tehran, Iran, Email: a.khatami@atu.ac.ir
3. Prof. Faculty of Management University of Allameh Tabataba'i Tehran, Iran
4. Associate Prof., Faculty of Management University of Allameh Tabataba'i Tehran, Iran

مقدمه

کاهش آسیب‌های مالی و جانی در حوادث غیرمترقبه و بلایای طبیعی همواره دغدغه‌ای جدی در زندگی بشر است. با گسترش بلایای طبیعی و افزایش خسارات آن، مدیریت بحران و امدادرسانی به موضوعی جدی در مجامع علمی تبدیل شده است. [۱] با توجه به ماهیت غیرمترقبه حوادث، برنامه‌ریزی از قبل و آمادگی جهت اقدامات از پیش تعیین شده برای به حداقل رساندن آسیب‌های احتمالی از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است. [۲] زلزله یکی از این حوادث طبیعی است که تاکنون در ایران خسارات بسیار زیادی را برجای گذاشته؛ به طوری که در بخش‌های مختلف کشور زلزله‌های ویرانگر رخ داده [۳] و به دلیل آسیب‌پذیری بالای ساختمان‌ها و فقدان برنامه‌ریزی‌های لازم باعث بروز تلفات جانی زیادی شده است. [۴] با توجه به قرار گرفتن شهر تهران بر گسل‌های فعال، بافت‌های فرسوده شهری و تراکم جمعیت بسیار زیاد، در صورت وقوع زلزله‌ای با شدت بالا، وقوع تلفات مالی و جانی گسترده قابل پیش‌بینی است. [۵] از این‌رو در شهر تهران امدادرسانی پس از بحران به‌ویژه در مناطق شهری با بافت فرسوده از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است.

تشکیل زنجیره لجستیکی امدادرسانی پس از بحران زلزله از مسائل مهم در مدیریت بحران است که به دو بخش اصلی عملیات تخلیه و انتقال مجروحین به مراکز امدادی و تأمین تجهیزات و کالای مصرفی مورد نیاز برای آسیب‌دیدگان زلزله تقسیم می‌شود. [۶] به عبارت دیگر پس از خروج مجروحین از بخش‌های آسیب دیده، ارسال مجروحین به بیمارستان، تأمین کالای اساسی مورد نیاز آسیب‌دیدگان از جمله تجهیزات پزشکی، داروهای اساسی، آب، غذا و پتو، اسکان و رسیدگی به افرادی که بی‌خانمان شده‌اند، نیاز به طراحی یک زنجیره لجستیکی امداد دارد؛ به طوری که برای این موارد برنامه‌ریزی صورت گیرد و نحوه تأمین نیازمندی‌های هر بخش از قبل مشخص باشد. [۷]

ایجاد تسهیلات محور در امدادرسانی یکی از روش‌های انتقال مجروحین است که در ادبیات به مسئله مکان‌یابی نقطه انتقال شناخته می‌شود. ایده اصلی نقطه انتقال، ارسال مجروحین از نقاط آسیب‌دیده به نقطه انتقال به صورت عادی و با آمبولانس، سپس ارسال با بالگرد به بیمارستان با سرعت بالاتر است.

مسئله‌ای که در شهر تهران وجود دارد، تخمین تعداد مجروحین بالا در بحران‌های شدید و ظرفیت محدود بیمارستان‌هاست. این مسئله پیش‌بینی مراکزی جهت پذیرش مجروحین در صورت پر شدن ظرفیت بیمارستان‌ها، غربالگری مجروحین پیش از اعزام به بیمارستان، تنها انتقال مجروحین بدحال به بیمارستان، ارسال مجروحین عادی به مراکز امداد و پیش‌بینی انبار جهت ارائه تجهیزات مورد نیاز برای بخش‌های خدمت‌دهنده در زنجیره امدادرسانی را ضروری می‌کند. همچنین در کنار خدمت‌رسانی به مجروحین تعداد زیادی از ساکنین بی‌خانمان می‌شوند که اسکان این افراد در پناهگاه‌های پیش‌بینی شده از اهمیت زیادی برخوردار است. از فرضیات دیگری که باید مورد بررسی قرار گیرد محدودیت

بودجه در راه‌اندازی تسهیلات است که مدیران را در تصمیم‌گیری کمک خواهد کرد.

با توجه به ضرورت‌های ارائه شده، این مقاله با محوریت مکان‌یابی نقطه انتقال به دنبال ارائه یک زنجیره امدادرسانی است؛ به گونه‌ای که در آن جریان مجروحین، تجهیزات مورد نیاز و اسکان افراد بی‌خانمان به صورت یک زنجیره طراحی شود. در این مقاله یک مدل برنامه‌ریزی ریاضی مکان‌یابی چندگانه نقاط انتقال و تسهیلات شامل بیمارستان، مراکز امدادی، انبار اضطراری و پناهگاه ارائه می‌شود که هدف آن به حداقل رساندن زمان خدمت‌رسانی به آسیب‌دیدگان است.

با توجه به شرایط نگران‌کننده مناطق جنوب مرکزی تهران شامل مناطق ۱۰، ۱۱، ۱۲، ۱۶، ۱۷ و ۱۹ در بحران احتمالی، به دلیل تراکم جمعیت بالا، فرسودگی ساختمان‌ها و همچنین برای بررسی کارایی مدل ارائه شده، مطالعه موردی در این مناطق ارائه می‌شود.

پیشینه پژوهش

برمن، ساساکی و وسولوفسکی (۲۰۰۵) برای اولین بار از عبارت مکان‌یابی نقطه انتقال جهت امدادرسانی به مجروحین استفاده کردند، در این مقاله مکان‌یابی نقطه انتقال و تسهیل با یک نقطه انتقال و یک تسهیل مورد بررسی قرار گرفت و با رویکرد کمینه مجموع و کمینه بیشینه حل شد. [۸] در مقاله بعدی نویسندگان (۲۰۰۷) مسئله مکان‌یابی نقاط انتقال در سطح شبکه و حل تحلیلی این مسئله مورد بررسی قرار می‌گیرد. [۹] در مقاله دیگر این نویسندگان (۲۰۰۸) مدل مکان‌یابی چندگانه نقاط انتقال و تسهیلات و الگوریتمی بهینه برای حل این مسئله ارائه شده است. [۱۰] ساساکی، فوروتا و سوزوکی (۲۰۰۸) مدل مکان‌یابی چندگانه نقاط انتقال و تسهیل را به صورت یک مسئله p-median فرموله‌بندی می‌کنند و روشی مبتنی بر شمارش را جهت حل آن ارائه می‌دهند. [۱۱] حسینی‌جو و بشیری (۲۰۰۹) مدل احتمالی مکان‌یابی نقطه انتقال را به همراه حل تحلیلی مدل از طریق محاسبه ارزش انتظاری با فرض وجود یک منطقه تقاضا مورد بررسی قرار می‌دهند. [۱۲] در مقاله بعدی نویسندگان (۲۰۱۱) مدل مقاله قبل با فرض چند منطقه تقاضای احتمالی توسعه داده می‌شود و برای حل آن از روش‌های عددی استفاده می‌شود. [۱۳] محمودیان، کیوانی و داوودپور (۲۰۱۰) دو الگوریتم جهت حل مسائل مکان‌یابی نقطه انتقال ارائه می‌دهند که در الگوریتم اول ابتدا نقاط تقاضا خوشه‌بندی می‌شوند و خوشه نقاط تقاضا به نقطه انتقال تخصیص پیدا می‌کند. در الگوریتم دوم ابتدا نقطه انتقال مشخص می‌شود، سپس نحوه تخصیص آن به نقاط تقاضا مشخص می‌شود. [۱۴] کلانتری، یوسفلی، غضنفری و شهانقی (۲۰۱۳) مدل فازی غیرخطی بدون محدودیت مکان‌یابی نقطه انتقال و روش حل تحلیلی آن را مورد بررسی قرار می‌دهند و در نهایت یک کنترلر فازی جهت تصمیم‌گیری برای مدل طراحی می‌شود. [۱۵] کلانتری، بدیعی و غضنفری (۲۰۱۴) مدل مقاله قبل را با در نظر گرفتن اوزان فازی برای نقاط تقاضا توسعه می‌دهند. [۱۶] محمدی، یعقوبی و دریکوند (۲۰۱۵) مدل

فازی شانس محدود مکان‌یابی نقطه انتقال با فرض دو خدمت اساسی مبنی بر ارائه خدمات پزشکی به مجروحین و تأمین کالای اساسی را ارائه می‌کنند. [۱۷] محمدی و یعقوبی (۲۰۱۷) مدل احتمالی مکان‌یابی نقطه انتقال را با فرض احتمال شکست تسهیلات و پیش‌بینی سرویس پشتیبان بررسی می‌کنند. [۱۸] مراکل و یامن (۲۰۱۶) مدل مکان‌یابی نقطه انتقال پایدار را با در نظر گرفتن دو حد بالا و پایین احتمالی برای تقاضا توسعه می‌دهند که مدل از طریق ارزش انتظاری به یک مدل خطی عدد صحیح تبدیل می‌شود و با رویکرد تجزیه و تحلیل گوشه حل می‌شود. [۱۹] اردمیر، بتا، روگرسون، بلت و فلانیگان (۲۰۱۰) یک مدل پوششی جهت خدمات اورژانسی زمینی و هوایی ارائه کرده‌اند. در این مدل خدمت‌رسانی هوایی در صورت امکان فرود اضطراری و در غیر این صورت خدمت‌رسانی زمینی مد نظر قرار گرفته است. این مقاله برای امدادرسانی تصادفات جاده‌ای مدلسازی شده و در مدل ارائه شده اگر نزدیک‌ترین آمبولانس مشغول باشد، نزدیک‌ترین آمبولانس بعد از آن فراخوانده می‌شود. مدل تقسیم کار در این مقاله پوششی است. [۲۰] بزرگی امیری، توکلی، میرزاپور و ربانی (۲۰۱۷) مکان‌یابی ایستگاه هلیکوپتر و محل فرود هلیکوپتر را برای خدمت‌رسانی به مجروحین در شرایط عدم قطعیت ارائه می‌دهند. در این مقاله یک مدل عدد صحیح غیرخطی با در نظر گرفتن عدم قطعیت در تقاضا ارائه می‌شود. در این مقاله سه سناریو جهت انتقال مجروحین در نظر گرفته شده که عبارتند از انتقال مستقیم مجروح به بیمارستان با آمبولانس، انتقال مجروح به ایستگاه هلیکوپتر و سپس انتقال به بیمارستان با هلیکوپتر، انتقال مجروح با آمبولانس به محل فرود هلیکوپتر و آمدن هلیکوپتر از ایستگاه به محل فرود؛ سپس انتقال بیمار با هلیکوپتر به بیمارستان. [۲۱] شهریار، بزرگی امیری، توکلی و یوسفی (۲۰۱۷) رویکرد دو هدفه برای خدمت‌رسانی هوایی، زمینی و مکان‌یابی محل فرود هلیکوپتر در سیستم خدمت‌رسانی را ارائه می‌کنند. این مقاله در ادامه مقاله قبلی و تکمیل‌کننده آن است. [۲۲] بزرگی امیری، صبوچی، توکلی و مرادحاصلی (۱۳۹۵) مدل مکان‌یابی - تخصیص برای تخلیه افراد و توزیع کمک‌های امدادی در فاز پاسخ به بحران را ارائه داده‌اند. در مطالعات پیشین فقط به انتقال مجروحین توجه شده؛ اما در این مقاله در کنار انتقال مجروحین، انتقال افراد سالم به پناهگاه نیز مورد توجه قرار گرفته است. [۲۳] بدیعی، شهنقی و کلانتری (۱۳۹۵) برای حل مدل چند هدفه مکان‌یابی نقطه انتقال یک الگوریتم ژنتیک ارائه می‌کنند. در این مقاله اهداف مورد نظر کمینه‌سازی مجموع هزینه‌های حمل‌ونقل و تأسیس نقاط انتقال، کمینه‌سازی مجموع زمان‌های جابجایی و بیشینه‌سازی مقدار پوشش هستند و مطالعه موردی جهت سیستم توزیع آرد در شهرستان اندیمشک استان خوزستان ارائه شده است. [۲۴] مک دوگال و اترو (۲۰۱۷) مکان‌یابی بهینه نقطه انتقال در سیستم توزیع دومرحله‌ای را ارائه کرده‌اند. در این مقاله مکان‌یابی نقطه انتقال جهت ارسال کالا از طریق سیستم هوایی بدون سرنشین ارائه شده است. [۲۵] در نهایت یوسفلی، کلانتری و غضنفری

(۲۰۱۸) برای حل مدل مکان‌یابی انتقال یک رویکرد احتمالی بر مبنای قاعده ارائه می‌کنند. [۲۶]

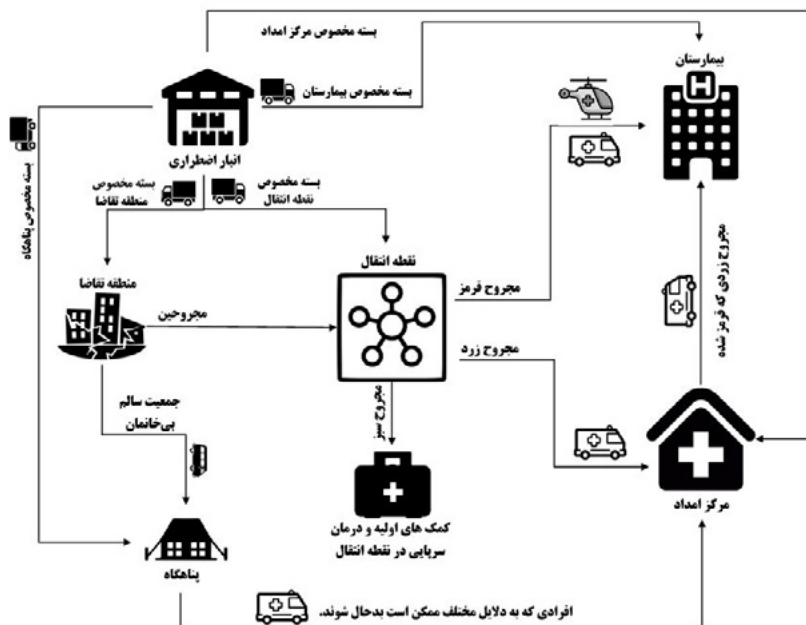
روش تحقیق و تشریح مسئله

در این مقاله مدل مکان‌یابی چندگانه نقاط انتقال و تسهیلات شامل بیمارستان، مراکز امدادی، انبارهای اضطراری و پناهگاه جهت اسکان افراد بی‌خانمان مورد بررسی قرار می‌گیرد. در این مقاله بر خدمت‌رسانی به مجروحین و افراد سالم بی‌خانمان تمرکز شده است.

مجروحین توسط آمبولانس یا شهروندان از منطقه تقاضا به نقطه انتقال ارسال می‌شوند. در واقع در این مقاله برای جلوگیری از ازدحام در بیمارستان‌ها به دلیل حجم زیاد مجروحین نسبت به ظرفیت بیمارستان‌ها، پذیرش مجروحین در بیمارستان جز از طریق نقطه انتقال ممکن نیست. مجروحین در نقطه انتقال به سه رنگ قرمز برای مجروح بدحال و نیازمند به خدمات درمانی ویژه، مجروح زرد با وضعیت معمولی و مجروح سبز که نیازمند کمک‌های اولیه و درمان سرپایی هستند، تقسیم‌بندی می‌شوند. خدمات درمانی سرپایی در نقطه انتقال برای مجروحین سبز انجام می‌شود، مجروحین زرد به مراکز امدادی توسط آمبولانس اعزام می‌شوند و در نهایت مجروحین قرمز با هلیکوپتر و در صورت عدم ظرفیت با آمبولانس به بیمارستان انتقال داده می‌شوند. مجروحین زردی که به مراکز امدادی اعزام شده‌اند، ممکن است طی فرآیند درمان حالشان وخیم شود؛ از این‌رو لازم است آمادگی ارسال این مجروحین به بیمارستان وجود داشته باشد. افراد سالم که بی‌خانمان شده‌اند، خصوصاً زنها و بچه‌ها از منطقه حادثه به پناهگاه‌ها انتقال داده شده و در آن اسکان می‌یابند. در پناهگاه به خاطر فشارهای روانی ناشی از آسیب و یا دیگر موارد ممکن است افراد دچار بدحالی شوند که این افراد به مراکز امدادی انتقال پیدا می‌کنند.

تسهیلات خدمت‌دهنده به مجروحین و نقاط تقاضا به تجهیزات و لوازم مصرفی مختلفی نیازمندند که نوع و مقدار آن در هر مرکز متفاوت است؛ از این‌رو برای هر نقطه باید بسته ویژه آن را ارسال کرد. در این مقاله ۱۴ کالای ضروری در نظر گرفته شده که عبارتند از پتو، کمک‌های اولیه، داروهای عمومی، داروهای ویژه بیمارستان، تجهیزات درمانی عمومی، تجهیزات ویژه بیمارستان، غذا، آب، تجهیزات امدادرسانی، کیسه خواب، چادر، لوازم بهداشت کودک و زنان، شیرخشک و لوازم گرمایشی. زنجیره امدادرسانی مفروض در تصویر ۱ ارائه شده است.

قابل توجه اینکه فرض اساسی مدل، امدادرسانی به مجروحین در ساعات اولیه بحران یعنی در زمان حیاتی امدادرسانی است؛ زیرا امدادرسانی به موقع در این زمان تعداد تلفات جانی را بسیار کاهش می‌دهد. از این‌رو ظرفیت انتقال با توجه به وسایل نقلیه محدود در زمان معین محدود است و نمی‌توان فرض کرد که در نهایت به همه مجروحین خدمت داده خواهد شد؛ بلکه خدمت در زمان مؤثر از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.



تصویر ۱: زنجیره امدادرسانی در بحران

α : ضریب کاهش زمان سفر از نقطه انتقال به بیمارستان
 $0 < \alpha < 1$

$CAP-H_k$: ظرفیت بیمارستان k

$CAP.AMB_j$: ظرفیت آمبولانس نقطه انتقال j

$CAP.HEL_i$: ظرفیت هلیکوپتر و $CAP.OT_i$: ظرفیت درمان سرپایی

آن

$CAP.HRC_l$: ظرفیت درمانی مرکز امداد l و $CAP.ARC_l$

ظرفیت آمبولانس آن

$CAP.MSh_n$: ظرفیت پناهگاه n و $CAP.ASh_n$: ظرفیت

آمبولانس آن

$CapB-War_{bm}$: ظرفیت کالای b در انبار m

N_p : تعداد بسته مخصوص نقطه انتقال که در وسیله نقلیه

بارگیری می‌شود؛ به همین ترتیب برای بیمارستان، مرکز امداد،

پناهگاه و منطقه تقاضا N_{DA} ، N_{Sh} ، N_{RC} ، N_H

$NB-tp_b$: مقدار کالای b که در بسته مخصوص نقطه

انتقال وجود دارد؛ به همین ترتیب برای بیمارستان، مرکز

امداد، پناهگاه و منطقه تقاضا $NB-Sh_b$ ، $NB-RC_b$ ، $NB-H_b$ ،

$NB-DA_b$

P_1 : تعداد بیمارستان جهت انتخاب؛ به همین ترتیب برای

نقطه انتقال، مرکز امدادی، انبار و پناهگاه P_5 ، P_4 ، P_3 ، P_2

POP_i : جمعیت ساکن در منطقه تقاضای i

θ : نسبتی از جمعیت که نیاز به تجهیزات را بر حسب جمعیت

مشخص می‌کند.

متغیرها:

A_{ij} : تعداد مجروحین ارسالی از نقطه تقاضای i به نقطه

انتقال j

H_{in} : تعداد افراد سالم ارسالی از نقطه تقاضای i به پناهگاه n

در این مقاله مدل دو هدفه برنامه‌ریزی ریاضی عدد صحیح مختلط با اهداف به حداقل رساندن زمان کل خدمت‌رسانی به مجروحین و به حداقل رساندن زمان کل خدمت‌رسانی به افراد سالم بی‌خانمان ارائه شده است. این مدل با فرض عدم محدودیت بودجه و مشخص بودن تعداد تسهیلات مدنظر و همچنین با فرض محدودیت بودجه در ایجاد تسهیلات حل می‌شود و نتایج مورد بررسی قرار می‌گیرد.

اندیس‌ها، پارامترها و متغیرهای مدل

شاخص‌ها:

$i \in I$: شاخص ناحیه تقاضا

$j \in J$: شاخص نقاط انتقال

$k \in K$: شاخص بیمارستان

$l \in L$: شاخص مرکز امدادی

$m \in M$: شاخص انبار اضطراری

$n \in N$: شاخص پناهگاه

$b \in B$: شاخص نوع کالا

پارامترها:

DA_i : تعداد مجروح منطقه تقاضای i

DH_i : تعداد افراد سالم بی‌خانمان منطقه تقاضای i

β_R : نسبت مجروحین قرمز از کل مجروحین، به همین

ترتیب برای زرد و سبز β_Y ، β_G

β_{TR} : نسبت مجروحین زرد که در مرکز امداد به قرمز تبدیل

می‌شوند.

β_{HY} : نسبت افراد سالمی که در پناهگاه بدحال می‌شوند.

t_{ij} : زمان سفر بین دو نقطه i و j ، به همین ترتیب

t_{ik} ، t_{jl} ، t_{jk} ، t_{ml} ، t_{mj} ، t_{mi} ، t_{nl} ، t_{in} ، t_{mn} ، t_{mk}



$$Y_j = \sum_l YA_{jl} \quad \forall j \in J \quad (5)$$

$$R_j = \sum_k (RH_{jk} + RA_{jk}) \quad \forall j \in J \quad (6)$$

$$\beta_{YR} * \sum_j YA_{jl} = \sum_k YR_{lk} \quad \forall l \in L \quad (7)$$

$$\beta_{HY} * \sum_i H_{in} = \sum_l HY_{nl} \quad \forall n \in N \quad (8)$$

$$\beta_G * \sum_i x_{ij} = G_j \quad \forall j \in J \quad (9)$$

$$\beta_R * \sum_i x_{ij} = R_j \quad \forall j \in J \quad (10)$$

$$\beta_Y * \sum_i x_{ij} = Y_j \quad \forall j \in J \quad (11)$$

$$\beta_G + \beta_R + \beta_Y = 1 \quad (12)$$

$$\sum_j RH_{jk} + \sum_j RA_{jk} + \sum_l YR_{lk} \leq \quad (13)$$

$$CAP - H_k * W_k \quad \forall k \in K$$

$$Y_j + R_j \leq (CAP.AMB_j + CAP.HELI_j) * Z_j \quad \forall j \in J \quad (14)$$

$$\sum_k RH_{jk} \leq CAP.HELI_j * Z_j \quad \forall j \in J \quad (15)$$

$$G_j \leq CAP.OT_j * Z_j \quad \forall j \in J \quad (16)$$

$$\sum_j YA_{jl} + \sum_n HY_{nl} \leq CAP.MRC_l * U_l \quad (17)$$

$$\forall l \in L$$

$$\sum_k YR_{lk} \leq CAP.ARC_l * U_l \quad \forall l \in L \quad (18)$$

$$\sum_i H_{in} \leq CAP.MSh_n * X_n \quad \forall n \in N \quad (19)$$

$$\sum_i HY_{nl} \leq CAP.ASh_n * X_n \quad \forall n \in N \quad (20)$$

$$\sum_m p - tp_{mj} \geq \frac{G_j}{N_{tp}} \quad \forall j \in J \quad (21)$$

$$\sum_m p - RC_{ml} \geq \frac{\sum_j YA_{jl}}{N_{RC}} \quad \forall l \in L \quad (22)$$

$$\sum_m p - H_{mk} \geq \frac{\sum_j RH_{jk} + \sum_j RA_{jk} + \sum_l YR_{lk}}{N_H} \quad \forall k \in K \quad (23)$$

R_j : تعداد مجروح قرمز در نقطه انتقال j ; به همین ترتیب برای زرد و سبز G_j ، Y_j

RH_{jk} : تعداد مجروحین قرمز ارسالی توسط هلیکوپتر از نقطه انتقال j به بیمارستان k

RA_{jk} : تعداد مجروحین قرمز ارسالی توسط آمبولانس از نقطه انتقال j به بیمارستان k

YA_{jl} : تعداد مجروحین زرد ارسالی توسط آمبولانس از نقطه انتقال j به مرکز امداد l

YR_{lk} : تعداد مجروحین قرمز ارسالی توسط آمبولانس از مرکز امداد l به بیمارستان k

HY_{nl} : تعداد افراد سالم بدحال شده در پناهگاه n ارسالی به مرکز امداد l

$p - tp_{mj}$: تعداد وسیله نقلیه حاوی بسته مخصوص نقطه انتقال ارسالی از انبار m به نقطه انتقال j ; به همین ترتیب برای بیمارستان، مرکز امدادی، پناهگاه و منطقه تقاضا $p - H_{mk}$ ، $p - DA_{mi}$ ، $p - Sh_{mn}$ ، $p - RC_{ml}$

W_k : برابر یک است، اگر گره k به عنوان یک بیمارستان انتخاب شود؛ در غیراینصورت برابر صفر.

Z_j : برابر یک است، اگر گره j به عنوان یک نقطه انتقال انتخاب شود؛ در غیراینصورت برابر صفر.

U_l : برابر یک است، اگر گره l به عنوان یک مرکز امداد انتخاب شود؛ در غیراینصورت برابر صفر.

X_n : برابر یک است، اگر گره n به عنوان یک پناهگاه انتخاب شود؛ در غیراینصورت برابر صفر.

V_m : برابر یک است، اگر گره m به عنوان یک انبار انتخاب شود؛ در غیراینصورت برابر صفر.

مدل برنامه ریزی ریاضی

$$MINZ1 = \sum_i \sum_j t_{ij} * A_{ij} + \sum_j \sum_k t_{jk} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} & (RH_{jk} * \alpha + RA_{jk}) + \sum_j \sum_l t_{jl} * YA_{jl} + \\ & \sum_l \sum_k t_{lk} * YR_{lk} + \sum_n \sum_l t_{nl} * HY_{nl} + \\ & \sum_m \sum_j t_{mj} * P - tp_{mj} + \sum_m \sum_l t_{ml} * P - RC_{ml} + \\ & \sum_m \sum_k t_{mk} * P - H_{mk} + \sum_m \sum_i t_{mi} * P - DA_{mi} \end{aligned}$$

$$MINZ2 = \sum_i \sum_n t_{in} * H_{in} + \sum_m \sum_n t_{mn} * P - Sh_{mn} \quad (2)$$

S.t

$$\sum_j A_{ij} = DA_i \quad \forall i \in I \quad (3)$$

$$\sum_n H_{in} = DH_i \quad \forall i \in I \quad (4)$$

$$\sum_m p - Sh_{mn} \geq \sum_i H_{in} / N_{Sh} \quad \forall n \in N \quad (24)$$

$$\sum_m p - DA_{mi} \geq POP_i * \theta / N_{DA} \quad \forall i \in I \quad (25)$$

$$\sum_i (p - DA_{mi} * N_{DA} * NB - DA_b) + \quad (26)$$

$$\sum_j (p - tp_{mj} * N_{tp} * NB - tp_b)$$

$$+ \sum_l (p - RC_{ml} * N_{RC} * NB - RC_b) +$$

$$\sum_k (p - H_{mk} * N_H * NB - H_b)$$

$$+ \sum_n (p - Sh_{mn} * N_{Sh} * NB - Sh_b) \leq$$

$$CapB - War_{bm} * V_m \quad \forall (b, m) \in (B, m)$$

$$\sum_k W_k = P_1 \quad (27)$$

$$\sum_j Z_j = P_2 \quad (28)$$

$$\sum_l U_l = P_3 \quad (29)$$

$$\sum_m V_m = P_4 \quad (30)$$

$$\sum_n X_n = P_5 \quad (31)$$

$$A_{ij}, H_{in}, RH_{jk}, RA_{jk}, YA_{jl}, YR_{lk}, \quad (32)$$

$$HY_{nl}, p - tp_{mj}, p - H_{mk} \quad \forall i \in I$$

$$p - RC_{ml}, p - Sh_{mn}, p - DA_{mi} \geq 0 \text{ and integer}$$

$$\forall j \in J$$

$$\forall k \in K \quad (33)$$

$$\forall l \in L$$

$$\forall m \in M$$

$$\forall n \in N$$

$$Z_j, W_k, U_l, X_n, V_m \in \{0, 1\}$$

رابطه ۴ بیانگر آن است که کل افراد سالم بی‌خانمان نقاط تقاضا باید به پناهگاه‌های مختلف فرستاده شوند.

رابطه ۵ بیانگر آن است که کل مجروحین زرد انتقال داده شده به یک نقطه انتقال به مرکز امداد فرستاده می‌شوند.

رابطه ۶ بیانگر آن است که کل مجروحین قرمز انتقال داده شده به یک نقطه انتقال با هلیکوپتر و یا آمبولانس به بیمارستان فرستاده می‌شوند.

رابطه ۷ بیانگر آن است که کل مجروحین بدحال شده در یک مرکز امداد به بیمارستان فرستاده می‌شوند.

رابطه ۸ بیانگر آن است که کل افراد بدحال شده در یک پناهگاه به مرکز امداد فرستاده می‌شوند.

رابطه‌های ۹، ۱۰ و ۱۱ به ترتیب محاسبه‌کننده تعداد مجروحین سبز، قرمز و زرد در یک نقطه انتقال است.

رابطه ۱۲ بیانگر آن است که مجموع نسبت‌های مجروحین با رنگ‌های مختلف باید مساوی ۱ شود.

روابط ۱۳ الی ۲۰ بیانگر آن هستند که مجموع مجروحین ارسالی به نقاط انتقال، بیمارستان و مراکز امدادی و مجموع افراد سالم ارسالی به پناهگاه‌ها باید از ظرفیت نگهداری و یا ظرفیت انتقال آنها در صورت انتخاب شدن نقطه مورد نظر کمتر باشد.

روابط ۲۱ تا ۲۵ بیانگر آن هستند که تعداد کامیونت‌های ارسالی حاوی بسته مخصوص هر نقطه باید بیشتر و یا حداقل برابر نیاز آن نقطه باشد.

رابطه ۲۶ بیانگر آن است که مجموعه کالای bام ارسالی از انبار m به نقاط مختلف باید از ظرفیت آن انبار در صورت انتخاب شدن کمتر باشد.

روابط ۲۷ تا ۳۱ تعداد بیمارستان، نقاط انتقال، مراکز امدادی، انبار و پناهگاه مورد نیاز را مشخص می‌کند.

روابط ۳۲ و ۳۳ مشخص‌کننده محدوده متغیرها هستند. در صورتی که محدودیت بودجه وجود داشته باشد و بخواهیم مقادیر بهینه تسهیلات را بر اساس محدودیت بودجه شناسایی کنیم، می‌توانیم محدودیت زیر را به مدل اضافه کنیم.

$$C_1 * P_1 + C_2 * P_2 + C_3 * P_3 + \quad (33)$$

$$C_4 * P_4 + C_5 * P_5 \leq Total_budget$$

در رابطه ۳۳، C مشخص‌کننده هزینه مورد نیاز جهت راه‌اندازی هر تسهیل و Total_budget بودجه کل در دسترس برای ایجاد تسهیلات امداد رسانی است. مقادیر P نیز از فهرست پارامترها خارج شده و به صورت متغیر درمی‌آیند.

جهت حل مدل با نسبت دادن اوزان به توابع هدف، مدل تک هدفه می‌شود. از آن جهت که ضرایب متغیرها همگی از یک جنس هستند، نیازی به نرمال سازی پارامترها نیست. برای ایجاد قابلیت مقایسه مجموع وزن‌های توابع هدف ۱ قرار می‌گیرد. در این صورت تابع هدف به صورت زیر درمی‌آید.

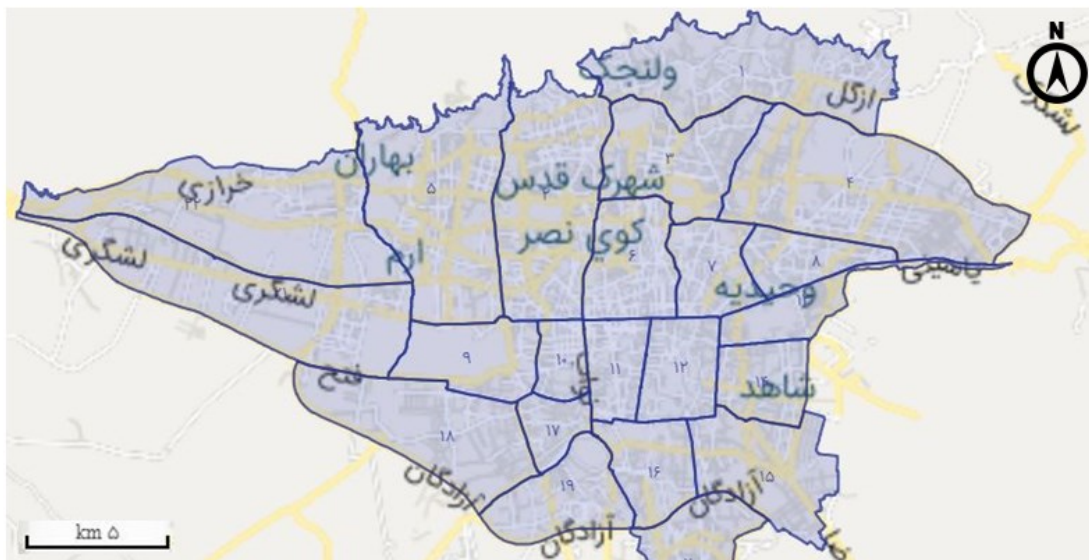
$$MinZ = weight1 * Z1 + weight2 * Z2 \quad (34)$$

$$weight1 + weight2 = 1 \quad (35)$$

رابطه ۱ بیانگر تابع هدف حداقل سازی زمان کل انتقال مجروحین به نقطه انتقال، بیمارستان و مراکز امداد، انتقال تجهیزات مورد نیاز از انبار به نقاط انتقال، بیمارستان، مراکز امداد و مناطق تقاضاست.

رابطه ۲ بیانگر تابع هدف حداقل سازی زمان کل انتقال افراد سالم به پناهگاه و انتقال تجهیزات مورد نیاز از انبار به پناهگاه‌هاست.

رابطه ۳ بیانگر آن است که کل مجروحین نقاط تقاضا باید به نقاط انتقال مختلف فرستاده شوند.



تصویر ۲: موقعیت مناطق انتخاب شده برای مطالعه موردی در شهر تهران

از آن جهت که خدمت‌رسانی به مجروحین در اولویت است، مقدار وزن تابع هدف ۱ نسبت به تابع هدف دوم بیشتر خواهد بود.

مطالعه موردی

جهت اجرای مدل بر اساس داده‌های مبتنی بر واقعیت مناطق جنوب مرکزی تهران شامل مناطق ۱۰، ۱۱، ۱۲، ۱۶، ۱۷ و ۱۹ جهت بررسی انتخاب شدند که محدوده این مناطق در تصویر ۲ ارائه شده است.

مناطق مورد مطالعه جزو مناطق قدیمی و فرسوده شهر تهران هستند که متوسط تراکم جمعیتی این مناطق حدود ۳ برابر متوسط شهر تهران است. شهرسازی قدیمی، وجود ساختمان‌های فرسوده و تراکم جمعیتی بالا در این مناطق ضرورت برنامه‌ریزی امدادرسانی را پیش از بحران مشخص می‌سازد. مناطق مذکور بر اساس تقسیم‌بندی محلات به ۷۶ منطقه تقاضا تقسیم‌بندی شده‌اند. نام، منطقه و جمعیت تعدادی از محلات در جدول ۱ ارائه شده است. جهت تخمین تعداد مجروحین از اطلاعات سازمان پیشگیری و مدیریت بحران استفاده شده است. [۲۷] پیش‌بینی می‌شود در زلزله ۶ ریشتری در این مناطق حدود ۲۲ هزار مجروح و ۱۷۰ هزار بی‌خانمان وجود داشته باشد. این تخمین تابعی از جمعیت، فرسودگی بافت شهری و شدت زلزله است.

جدول ۱: نقاط تقاضا و تعداد مجروحین

ردیف	محله (منطقه تقاضا)	منطقه	جمعیت محله
۱	سلسبیل شمالی	۱۰	۳۴۱۷۸
۲	شیخ هادی	۱۱	۱۹۳۷۸
۳	هرندی	۱۲	۲۶۳۷۱
۴	خرانه	۱۶	۴۲۶۳۵
...	...	...	...
۷۶	خانی‌آباد شمالی	۱۹	۲۶۷۴۴
	جمع		۱,۷۰۷,۸۳۷

در این مناطق ۵۱ بیمارستان وجود دارد که مجموع ظرفیت این بیمارستان‌ها ۱۰۸۳۹ نفر است و این ظرفیت در بحران‌های شدید قطعاً پاسخگوی نیاز مجروحین نخواهد بود. از سوی دیگر، به طور عادی تقریباً ظرفیت بیمارستان‌ها از بیماران بستری شده پر است؛ از این رو یکی از چالش‌های مهم امدادرسانی ظرفیت بیمارستان‌ها خواهد بود که در این مقاله با اضافه کردن مراکز امداد، غربالگری مجروحین و عدم پذیرش مستقیم مجروح در بیمارستان کوشیده شده تا این چالش رفع شود. همچنین بیمارستان‌ها باید آمادگی افزایش ظرفیت بستری را تا حدود ۱۰ الی ۲۰ درصد از طریق افزایش تخت‌های بیمارستانی داشته باشند و جهت فرود هلیکوپتر پد هلیکوپتر پیش‌بینی شود. از معضلات دیگری که در بررسی مناطق نمایان شد، پراکنش نامتوازن بیمارستان‌ها در شهر تهران است؛ به طوری که بیمارستان‌ها در مناطق مرکزی و شمالی مجتمع شده‌اند. برای مثال در منطقه ۱۹ بیمارستانی وجود ندارد و در منطقه ۱۷ تنها ۲ بیمارستان وجود دارد؛ اما در مناطق ۱۱ و ۱۲ جمعاً ۳۷ بیمارستان وجود دارد.

برای پیش‌بینی مناطقی که می‌توانند به عنوان نقاط انتقال انتخاب شوند، مکان‌هایی که امکان ایجاد پد هلیکوپتر، ایستگاه آمبولانس و ایجاد فضایی جهت ارائه خدمات درمانی و غربالگری مجروحین وجود دارد، انتخاب شدند. همچنین شناسایی این مناطق برای ساکنین منطقه باید آسان باشد. در مجموع ۴۴ مکان برای تأسیس نقطه انتقال در نظر گرفته شد. البته قابل توجه است که مناطق پیش‌بینی شده کارکرد دوگانه خواهند داشت و در بحران تغییر کاربری خواهند داد؛ زیرا شرایط ساختار شهری و بودجه اجازه آزادسازی مناطقی به عنوان تسهیلات نقطه انتقال را نمی‌دهد. ظرفیت انتقال با آمبولانس در نقاط انتقال بین ۱۳۰۰ تا ۱۶۰۰، ظرفیت انتقال با هلیکوپتر بین ۱۰۰ تا ۳۰۰ و ظرفیت درمان سرپایی ۱۳۵۰ تا ۱۵۰۰ نفر با توجه به فضای در دسترس برای هر نقطه در نظر گرفته شد.

جدول ۲: نقاط انتقال، بیمارستان و مراکز امداد پیش‌بینی شده

ردیف	مکان نقطه انتقال	ردیف	بیمارستان	ردیف	مرکز امداد
۱	بسیج ناحیه مقدار	۱	مدائن	۱	ورزشگاه شهدای آزادی
۲	پارک بهاران	۲	ضیائیان	۲	مجموعه مدارس بهشتی
۳	دانشگاه تهران	۳	سینا	۳	امام‌زاده حسن (ع)
...					
۴۴	بوستان ولایت	۵۱	ولیعصر (عج)	۱۳۱	دانشگاه فنی

حل مدل و محاسبات

مدل ارائه شده در ۲ حالت حل شده و نتایج ارائه می‌شود. حالت اول انتخاب تعداد مشخص تسهیلات است؛ به طوری که پاسخگوی نیازهای ایجاد شده در یک زلزله شش ریشتری باشد. در حالت دوم با فرض دوباره زلزله شش ریشتری، به جای مشخص کردن تعداد تسهیلات، بودجه کل در نظر گرفته می‌شود و بر اساس بودجه مورد نظر تسهیلات انتخاب می‌شوند. هزینه هر تسهیل، میزان بودجه مصرفی جهت تأسیس انبار یا آماده‌سازی دیگر تسهیلات جهت تغییر کاربری در زمان بحران و تجهیزات مورد نیاز آنهاست؛ از این‌رو هزینه انبار از دیگر هزینه‌ها بیشتر پیش‌بینی می‌شود.

حل مدل، حالت اول مسئله مکان‌یابی و تخصیص بهینه جریان فیزیکی با تعداد تسهیلات مشخص

پارامترها و مفروضات:

- زلزله ۶ ریشتر
- انتخاب ۱۰ نقطه انتقال، ۲۵ بیمارستان، ۲۰ پناهگاه، ۳۵ مرکز امداد و ۱۵ انبار
- نسبت مجروحین قرمز، زرد و سبز از کل مجروحین به ترتیب ۰,۳۵، ۰,۴۵، ۰,۲۰
- نسبت مجروحینی که در مرکز امداد از زرد به قرمز تغییر وضعیت می‌دهند برابر با ۰,۰۳
- نسبت مجروحینی که در پناهگاه بدحال می‌شوند برابر با ۰,۰۱
- ضریب افزایش سرعت آلفا برابر با ۰,۲، ضریب بی‌خانمانی تتا برابر با ۰,۱
- وزن تابع هدف ۱ برابر با ۰,۹ و وزن تابع هدف ۲ برابر با ۰,۱

پاسخ بهینه

مدل به کمک نرم افزار لینگو اجرا شد و مقدار بهینه مسئله $10^8 * 0.4214588$ به دست آمد. نقاط انتقال، بیمارستان‌ها، مراکز امدادی، انبارها و پناهگاه‌های انتخاب شده در جدول ۴ ارائه شده است. عدد ارائه شده قبل از نام تسهیلات، شماره آن در مجموعه جواب است.

در تصویر ۳ بخشی از جواب برای نمونه با محوریت نقطه انتقال پارک رازی ارائه شده است. مکان‌های شماره ۱ تا ۴ به ترتیب مناطق تقاضای بریانک، باغ خزانه، مقدم و بلورسازی هستند. مکان شماره ۵ ورزشگاه آتش‌نشانی است که همزمان پناهگاه و انبار اضطراری است. مکان شماره ۶ فرهنگسرای سلمان به عنوان

همانطور که اشاره شد، ظرفیت فعلی بیمارستان‌ها پاسخگوی مجروحین در بحران نخواهد بود. از این‌رو ۱۳۱ مرکز امدادی جهت ارائه خدمات درمانی پیش‌بینی شد. همانند نقطه انتقال این مراکز کارکردهای دیگری دارند که در بحران تغییر کاربری خواهند داد. این مراکز از مجموعه مساجد، مدارس، ورزشگاه‌ها، امام‌زاده‌ها و دانشگاه‌هایی که دارای ساختمان‌های با کیفیت و مقاومت بالا هستند، انتخاب شده‌اند. ظرفیت ثابت ۴۰۰ نفر جهت درمان و ۲۵ نفر جهت انتقال به بیمارستان برای هر مرکز در نظر گرفته شد. برای نمونه اطلاعات تعدادی از نقاط انتقال، بیمارستان و مراکز امدادی پیش‌بینی شده در جدول ۲ ارائه شده است.

جهت اسکان افراد بی‌خانمان نیز مجموعاً ۳۶ پناهگاه از ساختمان‌های مقاوم و فضاهای آزاد موجود با ظرفیتی بین ۳ تا ۱۰ هزار نفر برای هر پناهگاه در نظر گرفته شد. مجموع نقاط پیش‌بینی شده برای پناهگاه و نقطه انتقال برای تأسیس انبار در نظر گرفته شد که ۸۰ نقطه می‌شود. تأسیسات انبار می‌تواند در یک نقطه مشترک با دیگر تسهیلات تأسیس شود که این امر در کاهش زمان امدادسانی کمک می‌کند. همانطور که اشاره شد، این انبارها حاوی ۱۴ کالای ضروری در زمان بحران هستند که با تقاضاهای متفاوت به تسهیلات و مناطق آسیب‌دیده ارسال می‌شوند. برخی از انبارهای اضطراری و پناهگاه‌های پیش‌بینی شده در جدول ۳ ارائه شده است.

جدول ۳: انبارهای اضطراری و پناهگاه‌های پیش‌بینی شده

ردیف	انبار اضطراری	ردیف	پناهگاه
۱	اداره کل آتش‌نشانی	۱	فرهنگسرای کار
۲	بسیج ناحیه مقدار	۲	مهدیه تهران
۳	دانشگاه امام علی (ع)	۳	حسینییه حق شناس
...			
۸۰	بوستان ولایت	۳۶	بوستان ولایت

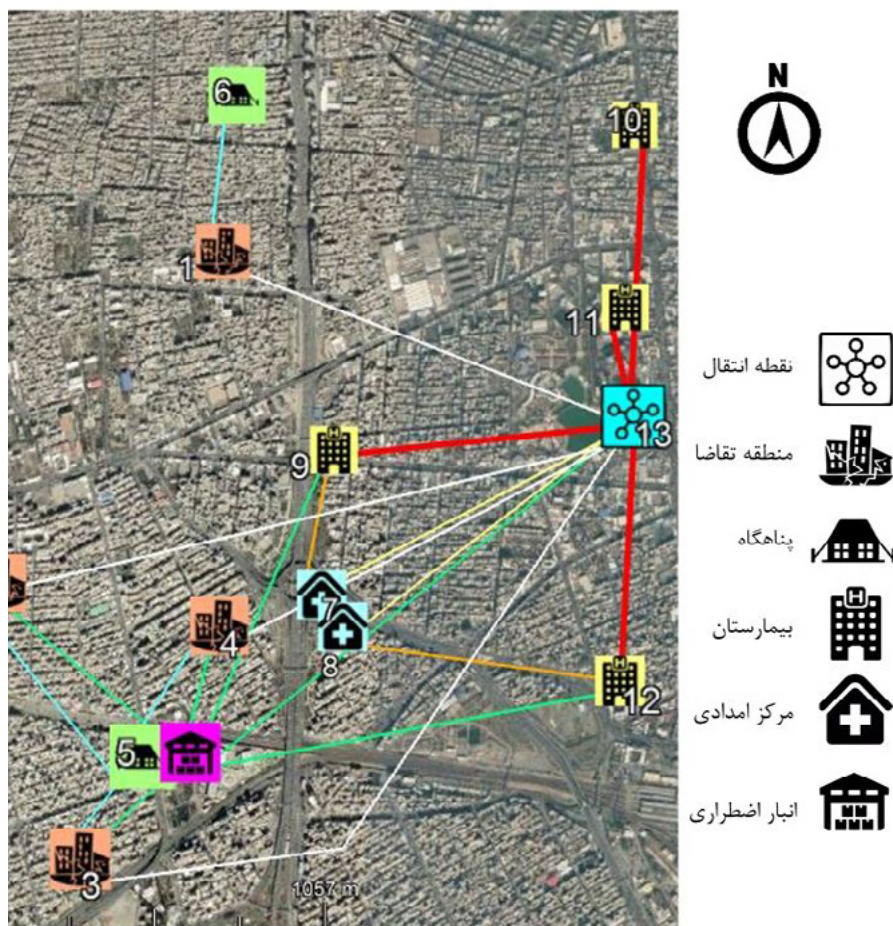
جهت محاسبه فواصل بین نقاط پیش‌بینی شده مسیر جاده‌ای و برای فاصله نقطه انتقال تا بیمارستان جهت انتقال با هلیکوپتر فاصله مستقیم بین دو نقطه به دست آمد. برای ساده‌سازی نسبت متوسط فاصله مستقیم به فاصله جاده‌ای محاسبه و در ضریب آلفا تأثیر داده شد. به عبارتی ضریب آلفا نشانگر افزایش سرعت وسیله نقلیه و کوتاه شدن مسیر به طور همزمان است.

پناهگاه است. مکانهای ۷ و ۸ به ترتیب مسجد قائم (عج) و مدرسه شهدای هویزه به عنوان مراکز امدادی هستند. مکانهای ۹ تا ۱۲ به ترتیب بیمارستانهای فهمیده، روزبه، فارابی و بهارلو و در

نهایت مکان شماره ۱۳ نقطه انتقال پارک رازی است. خطوط بین مکان ها نشان دهنده جریان مجروحین، افراد سالم و یا کالا است.

جدول ۴: جواب بهینه مدل تک هدفه در زلزله ۶ ریشتری

تسهیل	شماره و نام نقاط انتخاب شده
نقطه انتقال	۹ ورزشگاه جانبازان، ۱۲ ورزشگاه حیدرنبیا، ۱۴ جنوب میدان حر، ۱۶ پارک رازی، ۱۹ دانشگاه امیرکبیر، ۲۵ پارک بهمن، ۲۹ ورزشگاه وصال، ۳۲ ورزشگاه صوری، ۳۶ جنوب بوستان ولایت، ۴۰ ورزشگاه بهار
بیمارستان	۱ اقبال، ۲ لولاگر، ۳ شهریار، ۴ بابک، ۵ میمنت، ۶ آزادی، ۷ سورنا، ۸ باهر، ۱۳ روزبه، ۱۴ لقمان، ۱۵ فارابی، ۱۶ فهمیده، ۱۷ پارسا، ۱۸ بهارلو، ۲۱ امام خمینی، ۲۲ رازی، ۲۸ طرفه، ۲۹ معیری، ۳۰ شفا یحیائیان، ۴۵ مریم، ۴۶ ولیعصر، ۴۷ کاشانی، ۴۸ امیرالمومنین، ۵۰ ضیائیان، ۵۱ غیائی
مرکز امدادی	۹ مدرسه روستایی، ۱۱ مدرسه محمد، ۱۳ مدرسه ابوطالب، ۱۴ مدرسه نجس، ۲۸ مدرسه رهنما، ۲۹ مدرسه بهرامی، ۳۷ مدرسه ۱۷ شهریور، ۳۸ مدرسه جهان، ۳۹ مدرسه چمران، ۴۲ مدرسه سروش، ۴۳ مدرسه کدخدایی، ۴۹ مدرسه حدید، ۵۴ مسجد قائم، ۵۵ مدرسه شهدای هویزه، ۵۷ مدرسه بدر، ۶۶ مدرسه اندرزگو، ۶۸ مدرسه رفاه، ۸۴ مدرسه لقمان، ۸۶ مدرسه منتظری، ۸۸ مدرسه کوثر، ۹۰ مدرسه صالحی، ۹۱ مدرسه همدانی، ۹۴ مدرسه اخلاص، ۹۵ مدرسه تختی، ۹۷ مدرسه شاه مرادی، ۱۰۱ اکانون زیتون، ۱۰۳ مدرسه الزهرا، ۱۰۴ مدرسه فاطمیه، ۱۰۷ مدرسه امام هادی، ۱۱۵ مدرسه باهنر، ۱۱۸ مدارس انقلاب، ۱۱۹ مدرسه سرورف، ۱۲۰ مدرسه زندی، ۱۲۹ مدرسه کوی آزادی، ۱۳۰ مدرسه میثاق
پناهگاه	۳ فرهنگسرای سلمان و ۴ حیدریان، ۵ فرهنگسرای قرآن، ۸ مسجد جمهوری، ۱۰ مدرسه محمودزاده، ۱۲ مجتمع معلم، ۱۳ فرهنگسرای رازی، ۱۴ مدرسه مؤتلفه، ۱۷ مسجد فومنی، ۲۲ ورزشگاه یاس سفید، ۲۳ مدیریت بحران بخارایی، ۲۴ دخانیات و ۲۵ رجایی، ۲۷ آتش نشانی و ۲۸ شهرداری م ۱۷، ۲۹ مسجد ابودر، ۳۱ کافی و ۳۲ ۷۲ تن، ۳۳ م دولت خواه و ۳۵ دانشگاه فنی
انبار	۴۸ فرهنگسرای سلمان، ۴۸ ورزشگاه حیدریان، ۴۹ فرهنگسرای قرآن، ۵۴ مدرسه محمودزاده، ۵۷ فرهنگسرای رازی، ۵۸ مدرسه مؤتلفه، ۶۱ مسجد فومنی، ۶۷ مدیریت بحران بخارایی، ۶۸ ورزشگاه دخانیات، ۶۹ ورزشگاه رجایی، ۷۱ ورزشگاه آتش نشانی، ۷۲ شهرداری منطقه ۱۷، ۷۵ ورزشگاه کافی، ۷۶ ورزشگاه ۷۲ تن، ۷۹ دانشگاه فنی



تصویر ۳: نحوه تخصیص نقطه انتقال حیدرنبیا به نقاط تقاضا، بیمارستان و مراکز امدادی

مقادیر و نحوه تخصیص بخشی از جواب که در تصویر ۳ ارائه شده، در جدول ۵ نشان داده شده است. این جدول از این جهت قابل توجه است که بخشی از جواب است. البته امکان دارد بیمارستان‌ها از نقاط انتقال دیگری نیز ورودی داشته باشند و همچنین افراد بدحال شده در پناهگاه‌ها به مراکز امدادی دیگری فرستاده می‌شدند که قابل نمایش در شکل نبود.

حل مدل، حالت دوم مسئله مکان یابی و تخصیص بهینه جریان فیزیکی با محدودیت بودجه

علاوه بر پارامترها و مفروضات قبلی:

- مشخص نبودن تعداد تسهیلات مد نظر برای امداد رسانی
- محدودیت بودجه در راه اندازی تسهیلات
- ضریب ۱۰، ۲، ۱، ۱ به ترتیب برای انبار، نقطه انتقال، پناهگاه، مرکز امداد و بیمارستان در محدودیت بودجه در نظر گرفتن بودجه ۲۲۵، ۲۸۰ و ۳۰۰ برای محدودیت بودجه با توجه به مقادیر مختلف برای محدودیت بودجه مدل اجرا شد که نتایج به دست آمده در جدول ۶ ارائه شده است. همانطور که مشخص است، با افزایش مقدار بودجه تابع هدف کاهش پیدا می‌کند و تعداد تسهیلات انتخاب شده تغییر می‌کند. تنها تعداد تسهیلات انبار در جواب‌ها یکسان است؛ اما مکان‌های انتخاب شده در جواب‌ها نتایج متفاوتی را نشان می‌دهد که به دلیل حجیم شدن پاسخ از ارائه آن خودداری شده است.

به عبارتی با محدودیت بودجه ۲۲۵ تعداد ۱۱ نقطه انتقال، ۱۵ بیمارستان، ۳۱ مرکز امدادی، ۱۸ پناهگاه و ۱۱ انبار انتخاب

شده است. ردیف سوم تکرار پاسخ مدل در حالت قبل یعنی انتخاب تعداد مشخص تسهیلات است که روش معمول در ادبیات مکان یابی نقطه انتقال جهت حل مدل است. به عبارتی، برای تعداد مشخص تسهیلات در جواب حالت قبل باید ۲۸۰ واحد هزینه کرد؛ از این رو مسئله با مقدار ۲۸۰ دوباره حل شد؛ همانطور که مشخص است با صرف مقدار بودجه قبلی نتیجه بهتری گرفته شد.

بحث و نتایج

در طراحی زنجیره امداد رسانی در زمان بحران بر اساس پیش بینی‌ها تعداد مجروحین از ظرفیت بیمارستان‌ها بیشتر است. از سوی دیگر شرایطی را فرض کنید که همه مجروحین حداقل با یک همراه به بیمارستان‌های شهر تهران که عمدتاً در مناطق مرکزی ساخته شده‌اند هجوم بیاورند. این امر باعث خواهد شد فرآیند خدمت رسانی در بیمارستان‌ها به احتمال زیاد تعطیل شود. از این رو در این مقاله با توجه به این مسئله به غربالگری مجروحین توجه شد؛ به طوری که مجروحین سبز در نقاط انتقال خدمت دهی می‌شوند، مجروحین زرد به مراکز امداد از پیش تعیین شده می‌روند و تنها مجروحین قرمز به بیمارستان فرستاده می‌شوند؛ به طوری که بیمارستان‌ها تنها از طریق نقاط انتقال و مراکز امدادی ورودی خواهند داشت. البته این موضوع تا حدودی پراکنش نامتوازن بیمارستان‌ها را جبران می‌کند؛ اما برای حل این معضل نیاز به برنامه ریزی است.

جدول ۵: نحوه و تعداد تخصیص در جواب ارائه شده در تصویر ۳

از	به
شماره نقطه تقاضا (مجروح) ۱(۵۰۲)، ۲(۱۰۹)، ۳(۴۵۷)، ۴(۱۶۵)	شماره نقطه انتقال (دریافتی) ۱۳(۱۲۳۳) مجروح (مجروح قرمز ۲۴۶)، (مجروح زرد ۵۵۶)، (مجروح سبز ۴۳۱)
شماره نقطه انتقال (مجروح قرمز) ۱۳(۲۴۶)	شماره بیمارستان (دریافتی و روش انتقال) ۹(۲۲ آمبولانس)، ۱۲(۹۳ آمبولانس)، ۱۰(۲۵ هلیکوپتر)، ۱۱(۱۵۰ هلیکوپتر)
شماره نقاط تقاضا (بی خانمان) ۱(۳۵۸۸)	شماره پناهگاه (دریافتی) ۶(۳۵۸۸)
۲(۲۰۷۶)، ۳(۳۸۱۵)، ۴(۲۰۶۲)	۵(۷۹۵۳)
شماره انبار (نقلیه ارسالی) ۵(۴۵۷)	شماره نقاط انتقال، تقاضا، پناهگاه، بیمارستان (دریافتی) ۱۳(۲۳)، ۲(۲۲)، ۳(۳۹)، ۴(۲۲)، ۵(۳۴۵)، ۹(۲)، ۱۲(۴)
شماره نقطه انتقال (مجروح زرد) ۱۳(۵۵۶)	شماره مرکز امداد (دریافتی) ۷(۴۰۰)، ۸(۱۵۶)
شماره مرکز امداد (مجروح بدحال شده) ۷(۱۲)	شماره بیمارستان (دریافتی) ۹(۱۲)
۸(۵)	۱۲(۵)

جدول ۶: جواب‌های بهینه با توجه مقادیر مختلف بودجه

ردیف	مقدار بودجه	تعداد نقطه انتقال	تعداد بیمارستان	تعداد مرکز امدادی	تعداد پناهگاه	تعداد انبار	مقدار تابع هدف
۱	۲۲۵	۱۱	۱۵	۳۱	۱۸	۱۱	۰.۴۹۵۰۷۵۳*۱۰ ^۸
۲	۲۸۰	۲۸	۱۷	۲۹	۲۰	۱۱	۰.۳۷۵۴۸۷۱*۱۰ ^۸
۳	۲۸۰	۱۰	۲۵	۳۵	۲۰	۱۵	۰.۴۲۱۴۵۸۸*۱۰ ^۸
۴	۳۰۰	۳۰	۲۰	۳۲	۲۴	۱۱	۰.۳۳۱۴۲۶۱*۱۰ ^۸

همچنین در ادبیات نقطه انتقال فرض بر این است که همه مجروحین از طریق هلیکوپتر به بیمارستان ارسال می‌شوند؛ اما در این مقاله با توجه به شرایط واقعی و محدودیت هلیکوپترهای امداد رسان در کشور، فرض انتقال دوگانه به مدل اضافه شد. به طوری که در صورت کمبود ظرفیت هلیکوپتر مجروح با آمبولانس به بیمارستان ارسال می‌شود. قابل توجه اینکه اکثر بیمارستان‌های موجود در سطح شهر قابلیت پذیرش هلیکوپتر را ندارند؛ از این رو نتایج این پژوهش می‌تواند راهنمایی جهت ایجاد زیرساخت‌های پذیرش هوایی در بیمارستان‌های منتخب باشد.

در این مقاله با توجه به محدودیت‌های بودجه‌ای و ساختار شهری تهران برای واقعی شدن پاسخ‌ها جهت انتخاب تسهیلات، اولاً از مکان‌یابی در شبکه استفاده شد؛ زیرا احتمال اینکه نتیجه مکان‌یابی در سطح غیرقابل اجرا باشد زیاد است و از سوی دیگر به جای فرض تأسیس تسهیلات مستقل برای خدمت‌رسانی در زمان بحران، تغییر کاربری تسهیلات موجود در نظر گرفته شد؛ به طوری که برای انتخاب نقاط انتقال پارک‌های وسیع، دانشگاه‌ها و ورزشگاه‌هایی که می‌توان زیرساخت‌های انتقال هوایی و ارائه خدمات درمانی را در آنها ایجاد کرد، شناسایی شده و به عنوان نقاط کاندیدا پیش‌بینی شدند. به همین ترتیب برای مراکز امدادی و پناهگاه‌ها عمل شد.

در ادبیات موضوع، اغلب انتخاب تعداد تسهیلات از پارامترهای مسئله است که معمولاً با توجه به حجم نهایی نیازهای ایجاد شده مشخص می‌شوند؛ در حالی که به نظر می‌آید در واقعیت، مهمترین عامل تأثیرگذار بر این انتخاب تعداد تسهیلات محدودیت بودجه و نه فقط تعداد تسهیلات است؛ از این رو در این مقاله با اضافه کردن محدودیت بودجه در انتخاب تعداد تسهیلات مدل دوباره حل شد. نتایج نشان‌دهنده این امر است که مدل اگر بر اساس مشخص کردن حد نهایی بودجه که امری در اختیار تصمیم‌گیرنده است حل شود، نتایج کاربردی‌تر و بهینه‌تری نسبت به انتخاب از پیش تعیین شده تعدادی تسهیلات ارائه خواهد کرد. در این بخش برای ضرایب هزینه تسهیلات، ضریب انبار بیش از دیگر تسهیلات در نظر گرفته شد؛ زیرا تنها تسهیلی بود که باید تأسیس می‌شد. ضرایب دیگر تسهیلات با توجه به تجهیزات مورد نیاز و میزان ایجاد زیرساخت برآورد شد.

در این مقاله علاوه بر انبار به حجم کالاهای مورد نیاز در انبار نیز توجه شده است. ۱۴ کالای اساسی مورد نیاز امداد رسانی شناسایی شد که هر نقطه از هر کالا مقدار متفاوتی نیازمند است؛ از این رو برای هر نقطه بسته مخصوص آن در نظر گرفته شد. برای مثال تجهیزات امداد رسانی کالایی است که تنها باید به نقاط آسیب‌دیده ارسال شود؛ کمک‌های اولیه باید به نقاط انتقال، مراکز امدادی و بیمارستان‌ها ارسال شود و داروهای ویژه بیمارستان تنها به بیمارستان ارسال خواهد شد. این امر در بهینه‌سازی ظرفیت انبار در واقعیت بسیار مؤثر است.

جهت ارائه مدل به این نکته توجه شد که خدمت‌رسانی به مجروحین باید در اولویت نسبت به خدمت‌دهی به افراد سالم قرار

گیرد؛ هرچند به دلیل حضور زنان و کودکان در افراد سالم نباید این خدمت‌رسانی نادیده گرفته شود. از این رو برای جلوگیری از این اتفاق که تابع هدف با کمینه‌سازی عبارات مرتبط با خدمت‌رسانی به افراد سالم نسبت به مجروحین نتایج بهتری به دست آورد، این عبارات به عنوان تابع هدف مجزا در نظر گرفته شده و در هنگام حل از طریق در نظر گرفتن وزن نرمال، دو تابع هدف به یک تابع هدف تبدیل شدند.

از نتایج به دست آمده از حل مدل با توجه به محدودیت بودجه، تأثیرگذاری زیاد افزایش نقطه انتقال در کاهش زمان خدمت‌رسانی است که توجه به برنامه‌ریزی برای اجرای این نقاط را ضروری می‌سازد. البته قابل توجه است که کارکرد درست این زنجیره امداد رسانی در گرو آموزش شهروندان پیش از بحران است؛ به طوری که شهروندان به جای حرکت به سمت بیمارستان‌های اطراف با نقاط انتقال از پیش آشنا شده باشند و مجروحین را به این نقاط برسانند.

نتیجه‌گیری

در این مقاله مدل برنامه‌ریزی ریاضی عدد صحیح مختلط دو هدفه جهت مکان‌یابی نقاط انتقال و تسهیلات جهت تشکیل زنجیره امداد رسانی در بحران زلزله ارائه شد. علاوه بر بیمارستان در این مقاله تسهیلات مراکز امداد، انبار و پناهگاه هم در نظر گرفته شد. غربالگری مجروحین در نقاط انتقال، ارائه خدمات درمانی سرپایی به مجروحین سبز در نقاط انتقال، ارسال مجروحین زرد به مراکز امداد، انتقال دوگانه هوایی و زمینی برای انتقال مجروحین قرمز به بیمارستان، عدم پذیرش مجروحین به صورت مستقیم در بیمارستان، توجه به نوع کالای مورد نیاز در هر نقطه و در نظر گرفتن بسته‌های مخصوص هر تسهیل جهت ارسال از انبار و در نهایت اضافه کردن محدودیت بودجه جهت راه‌اندازی تأسیسات و به دست آوردن مقادیر بهینه تعداد تسهیلات، مفروضات جدید مقاله در توسعه مدل مکان‌یابی نقاط انتقال است. جهت بررسی کاربرد مدل در شرایط واقعی مطالعه موردی در مناطق جنوب مرکزی تهران شامل مناطق ۱۰، ۱۱، ۱۲، ۱۶، ۱۷، ۱۹ که دارای تراکم جمعیتی بالا، بافت‌های قدیمی شهری و ساختمان‌های فرسوده هستند، انجام شد. مناطق مذکور شامل ۷۶ محله هستند که این محلات به عنوان نقاط تقاضا انتخاب شدند. ۵۱ بیمارستان در این مناطق وجود دارد که مجموع ظرفیت آنها از تعداد مجروحین در یک زلزله شدید بسیار کمتر است. همچنین پراکنش نامتوازن بیمارستان‌ها در این مناطق و تجمع بیمارستان‌ها در مناطق مرکزی از معضلات مهم امداد رسانی است که باعث ازدحام در مناطق مرکزی شهر خواهد شد. از آن جهت که برای تأسیس نقاط انتقال مراکز امدادی و پناهگاه‌ها نسبت به چشم‌انداز مطلوب محدودیت بودجه شدیدی وجود دارد، مکان‌ها و ساختمان‌هایی که قابلیت تغییر کاربری دارند مانند پارک‌ها، ورزشگاه‌ها، مدارس و مساجد به عنوان کاندیدای این تسهیلات شناسایی شدند. مدل ارائه شده از طریق روش وزن‌دهی به توابع هدف به مدل تک‌هدفه تبدیل

- O. (2008). Themultiple location of transfer points. *Journal of the Operational Research Society*, 59, 805-811.
11. Sasaki, M., Furuta, T., & Suzuki, A. (2008). Exact optimal solutions of the minisum facility and transfer. *Intl. Trans. in Op. Res*, 15, 295-306.
 12. Hosseinijou, S., & Bashiri, M. (2009). New stochastic models for minimax transfer point location problem. *International Conference on Computers & Industrial Engineering*, (pp. 1231-1236). Troyes, France.
 13. Hosseinijou, S. A., & Bashiri, M. (2011). Stochastic models for transfer point location problem. *Int J Adv Manuf Technol*, 58, 211-225.
 14. Mahmudian, M., Keivani, A., Davoudpour, H., & Ardestani Jaafari, A. (2010). Two Iterative Algorithms for Transfer Point Location Problem. *Journal of American Science*, 6(9), 827-830.
 15. Kalantari, H., Yousefi, A., Ghazanfari, M., & Shahanaghi, K. (2013). Fuzzy transfer point location problem: a possibilistic unconstrained nonlinear programming approach. *Int J Adv Manuf Technol*, 70, 1043-1051.
 16. Kalantari, H., Badiiee, A., & Ghazanfari, M. (2014). A New Heuristic Model for Fuzzy Transfer Point Location Problem. *Journal of Uncertain Systems*, 8, 31-43.
 17. Mohamadi, A., Yaghoubi, S., & Derikvand, H. (2015). A credibility-based chance-constrained transfer point location model for the relief logistics design (Case Study: earthquake disaster on region 1 of Tehran city). *International Journal of Supply and Operations Management*, 1(4), 46-488.
 18. Mohamadi, A., & Yaghoubi, S. (2017). A bi-objective stochastic model for emergency medical services network. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 23, 204-217.
 19. Merakl, M., & Yaman, H. (2016). Robust intermodal hub location under polyhedral demand uncertainty. *Robust intermodal hub location under polyhedral demand uncertainty*, 86, 66-85.

شد و در دو حالت تعداد تسهیلات مشخص و تصمیم‌گیری براساس محدودیت بودجه توسط نرم افزار LINGO حل شد. نتایج نشان می‌دهد که به جای مشخص کردن تعداد تسهیلات، مشخص کردن بودجه در دسترس نتایج بهتری به دست خواهد داد. همچنین با افزایش مقدار بودجه در جواب‌های مختلف تعداد نقاط انتقال به طور قابل توجهی افزایش پیدا می‌کند که نشان‌دهنده تأثیرگذاری این نقاط در کاهش زمان کل خدمت‌رسانی است. توجه به ایجاد زیرساخت‌های مورد نیاز جهت امداد رسانی مانند زیرساخت‌های فیزیکی پذیرش هوایی در بیمارستان‌ها، آمادگی تغییر کاربری نقاط منتخب، پیش‌بینی تجهیزات مورد نیاز برای خدمت‌رسانی و آموزش شهروندان برای مراجعه به نقاط انتقال و ایجاد شناخت از نقاط انتقال در عموم مردم از مسائل مهم در کارکرد درست زنجیره امداد رسانی در شرایط بحران است. البته قابل توجه است که این زنجیره امداد رسانی باید برای کل شهر تهران اجرایی شود.

منابع

۱. جمالی، حسین؛ بشیری، مهدی؛ توکلی مقدم، رضا (۱۳۹۴) بررسی و حل مسئله امداد رسانی دوسطحی نقاط آسیب‌دیده از بحران، مدیریت بحران، ۲۲-۵، ۸
۲. نوروزی، اصغر؛ فرهادی، مریم (۱۳۹۶) سنجش آسیب‌پذیری و برنامه‌ریزی راهبردی مدیریت بحران (زلزله) در نواحی روستایی، مطالعه موردی: شهرستان شهرکرد، مدیریت بحران، ۱۱، ۳۱-۴۵
۳. نظم فر، حسین؛ عشقی چهاربرج، علی (۱۳۹۵) ارزیابی آسیب‌پذیری شبکه معابر شهری در برابر زلزله‌های احتمالی، مطالعه موردی: منطقه ۳ شهرداری تهران، مدیریت بحران، ۹، ۴۹-۶۱
۴. احمدآبادی، علی؛ قاسمی، کیمیا (۱۳۹۵) کاربرد روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره در ارزیابی آسیب‌پذیری مسکن شهری در برابر زلزله با تأکید بر روش E-VIKOR، مطالعه موردی: منطقه ۹ شهرداری تهران، مدیریت بحران، ۹، ۱۰۳-۱۱۱
۵. فرج زاده، منوچهر؛ احدنژاد، محسن؛ امینی، جمال (۱۳۹۰) ارزیابی آسیب‌پذیری مسکن شهری در برابر زلزله، مطالعه موردی: منطقه ۹ شهرداری تهران. مطالعات و پژوهش‌های شهری و منطقه‌ای، ۹، ۳۶-۱۹
۶. عشقی، کوروش؛ نجفی، مهدی (۱۳۹۱) ارائه یک مدل برنامه‌ریزی لجستیکی جهت بهبود در فاز پاسخگویی به زلزله، مهندسی صنایع و مدیریت تولید، ج ۲۳، ش ۴، ۴۰۲-۴۱۶
۷. جبل‌عاملی، محمدسعید؛ بزرگی امیری، علی؛ حیدری، مهدی (۱۳۹۰) ارائه مدل برنامه‌ریزی امکانی چندهدفه برای مسئله لجستیک امداد، مهندسی صنایع و مدیریت تولید، ج ۲۲، ش ۱، ۶۶-۷۶
8. Berman, O., Drezner, Z., & Wesolowsky, G. O. (2005). The facility and transfer points location problem. *INTERNATIONAL TRANSACTIONS IN OPERATIONAL RESEARCH*, 179, 387-402.
9. Berman, O., Drezner, Z., & Wesolowsky, G. O. (2007). The transfer point location problem. *European Journal of Operational Research*, 179, 978-989.
10. Berman, O., Drezner, Z., & Wesolowsky, G.

20. Erdemir , E., Batta , R., Rogerson, P., Blatt , A., & Flanigan, M. (2010). Joint ground and air emergency medical services coverage models: A greedy. *European Journal of Operational Research*, 207, 736-749.
21. Bozorgi-Amiri , A., Tavakoli, S., Mirzaeipour, H., & Rabbani, M. (2017). Integrated locating of helicopter stations and helipads for wounded. *American Journal of Emergency Medicine*, 35, 410-417.
22. Shahriari, M., Bozorgi-Amiri, A., Tavakoli, S., & Abolghasem , Y.-B. (2017). Bi-objective approach for placing ground and air ambulance base and. *American Journal of Emergency Medicine*, 35, 1873-1881.
۲۳. بزرگی امیری، علی؛ شهانقی، صبوچی، فاطمه؛ توکلی، زینب السادات؛ مرادحاصلی، نیلوفر (۱۳۹۵) ارائه مدل مکان‌یابی تخصیص برای تخلیه افراد و توزیع کمک‌های امدادی در فاز پاسخ به بحران. مهندسی صنایع و مدیریت تولید، ۲۷ (۳)، ۴۰۴-۴۱۷
۲۴. بدیعی، اقدس؛ شهانقی، کامران؛ کلانتری، حامد (۱۳۹۵) ارائه یک الگوریتم ژنتیک ترکیبی جدید برای حل مدل چندهدفه مسئله مکان‌یابی نقاط انتقال با پژوهش‌های مهندسی صنایع در سیستم‌های تولید. ۸، ۱۵۹-۱۷۲
25. Mcdougall, J., & Otero, L. (2017). optimal Transfer Point Locations in Two-Stage Distribution Systems. *IEEE Access*, 6, 1974-1984.
26. Yousefi, A., Kalantari , H., & Ghazanfari, M. (2018). Stochastic transfer point location problem: A probabilistic rule-based approach. *Uncertain Supply Chain Management*, 6, 65-74.
۲۷. کریمی، سلمان، ۱۳۹۰، سامانه تخمین سریع خسارت و تلفات زلزله شهر تهران، همایش ژئوماتیک ۹۰، تهران، سازمان نقشه برداری کشور، // https://html.۰۱۳_GEO۹۰-www.civilica.com/Paper-GEO۹۰

مدل سازی و حل مسئله مکان یابی تخصیص دو هدفه در لجستیک امداد رسانی با در نظر گرفتن زیر ساخت ها

شیرین علیزاده: کارشناسی ارشد مهندسی صنایع - مؤسسه آموزش عالی آیندگان
رضا حسن زاده: دکتری مهندسی صنایع - استادیار مؤسسه آموزش عالی روزبهان ساری rhz_1974@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۹/۷

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۹/۲۶

چکیده

بحران حادثه ای است که سبب آسیب، ویرانی، مرگ و رنج بشر و تخریب سلامت انسان هنگام حادثه و بعد از آن می شود. این حوادث به طور طبیعی یا به وسیله بشر به طور ناگهانی به وجود می آیند. از بیشتر خسارت های بشری و خرابی ها می توان با پیش بینی های بهتر و برنامه ریزی های خاص جلوگیری کرد. تعیین بهترین مکان هنگام وقوع حادثه برای جلوگیری از تلفات بیشتر امری ضروری است. مکان های امداد رسانی باید طوری انتخاب شوند که پس از وقوع حادثه در کمترین زمان ممکن به تقاضای آسیب دیدگان پاسخ دهند. بعد از وقوع بحران نیروهای امدادی، کالاهای امدادی و تجهیزات مورد نیاز برای امداد رسانی حادثه دیدگان به مناطق حادثه دیده اعزام می شوند. از این رو مکان انبارهای از قبل تعیین شده در تسهیل امداد رسانی نقش بسیار مهمی دارند. بنابراین انتخاب محل هایی مناسب برای انبارها از اهداف اصلی ما در این مقاله است. در این مقاله یک مدل دو هدفه خطی برای مرحله آماده سازی بحران برای تعیین بهترین مکان ها برای امداد رسانی در نظر گرفته شده است. اهداف ما به حداقل رساندن حداکثر وزن مکان ها و هزینه هاست که با توجه به محدودیت ها، در نظر گرفتن حداکثر فواصل مجاز با مکان های آسیب دیده، جاده های اصلی و بیمارستان های مجهز مسئله مکان یابی تخصیص مدل سازی شده است. مسائلی در ابعاد مختلف طراحی شده و با استفاده از سه روش دقیق برنامه ریزی آرمانی، LP متریک و مجموع وزنی حل شده است. نتایج حاصل از نظر معیارهای مختلف همچون اهداف و زمان مورد مقایسه قرار گرفتند و نتایج آن بیان شد.

واژه های کلیدی: لجستیک امداد، مکان یابی تخصیص، مدیریت بحران، بهینه سازی دو هدفه

Modeling and solving the problem of locating bi-objective allocation in humanitarian logistics with regard to urban infrastructure

Shirin Alizade¹, Reza Hassanzadeh²

Abstract

Crisis is the inevitable realities of human life; which is an accident that occurs naturally or suddenly or increasingly by human and to address it, there is a need for urgent and fundamental measures. When the crisis occurs, pre-determined storage locations will play an important role in relief; therefore, the selection of suitable places for warehouses is one of our main goals in this research. In this research, a bi-objective linear programming model with integer variables is developed. The proposed model attempt to minimize total cost along with maximizing the minimum weight of open shelter areas while deciding on the location of shelter areas, the assigned population points to each open shelter area and controls the utilization of open shelter areas. In order to solve proposed model, some of well-known multi-objective, exact methods include a weighted sum method, LP-metric method, and goal programming approach are employed. Finally, the best open shelter areas with considering the minimum cost is obtained, which these results can be useful for crisis organizations.

Keywords: Relief Logistic; Location Allocation; Emergency Management; Multi-Objective Optimization

1. Department of Industrial Engineering, University College of Ayandegan, Tonekabon, Iran

2. Department of Industrial Engineering, University College of Rouzbahan, Email: Sari, Iranrhz_1974@yahoo.com

در جامعه امروزی که به نظر می‌رسد حوادث در گوشه کنار کره خاکی رخ می‌دهند، اهمیت مدیریت بحران غیرقابل انکار است. هیچ کشوری و هیچ جامعه‌ای در مقابل خطرات حوادث ایمن نیستند. با وجود این می‌توان برای حوادث آماده بود و به آنها واکنش نشان داد و یا بعد از آنها دوباره به شرایط اولیه بازگشت و تخریب‌ها را به مقدار مشخصی محدود کرد. هر ساله بلایای طبیعی مانند سیل، زلزله، طوفان و خشکسالی هزاران نفر را کشته و میلیون‌ها دلار خسارت مالی به ما وارد می‌کند. در بسیاری از کشورها فاجعه سیل دارای بالاترین بسامد وقوع در میان تمام بلایای طبیعی است. بنابراین مهم است که تیم مدیریت بحران سیل یک برنامه جامع و محتاط را در واکنش به فاجعه سیل داشته باشند [۱]؛ بنابراین داشتن طرح‌های جامع شرایط بحران و نیز ارزیابی و بهبود این برنامه‌ها به طور مستمر امری ضروری به حساب می‌آید و همچنین واکنش‌های مناسب و درست در هر مرحله در این چرخه به آمادگی بهتر و بیشتر، هشدارهای بهتر، کاهش آسیب پذیری و یا جلوگیری از حوادث در زمان تکرار چرخه می‌انجامد. یکی از مسائل مهمی که در سال‌های اخیر در تمامی کشورها و از جمله ایران بدان پرداخته شده مسئله‌ی مدیریت بحران است. مدیریت بحران را می‌توان قاعده‌ای برای پیشگیری یا مواجه شدن با ریسک‌های احتمالی وقوع هر بحران طبیعی و غیرطبیعی تعریف کرد. در واقع مدیریت بحران مجموعه‌ای از فرایندها را قبل، حین و پس از وقوع هر بحران پیش‌بینی و برنامه‌ریزی می‌کند تا بتواند تا حد ممکن از تلفات مالی و انسانی هر بحران جلوگیری کند یا آنها را کاهش دهد. مدیریت بحران شامل چهار فاز است که عبارتند از: پیشگیری و کاهش، آمادگی، پاسخ و بهبود.

محاسبات انجام‌شده در فاز پیشگیری با هدف جلوگیری از تبدیل شدن یک خطر به فاجعه یا بحران و یا کاهش آثار مهلک آن انجام می‌شود. این فاز از مدیریت بحران با سه فاز دیگر در نیاز به برنامه‌ریزی بلندمدت و سرمایه‌گذاری بالا متفاوت است. به خاطر ماهیت ارزیابی‌های پیشگیرانه این مرحله یکی از مهمترین فازهای چرخه‌ی مدیریت در مقابل تأثیرات بحران است. در فاز آمادگی برای پاسخ‌گویی مناسب در هنگام وقوع بحران، برنامه‌ها و راهکارهایی پیش‌بینی و طراحی می‌شوند که از آن جمله می‌توان به مواردی همچون تعیین محل استقرار مراکز توزیع، میزان نگهداری و ذخیره‌ی کالاهای امدادی و نحوه‌ی برقراری ارتباط پس از وقوع بحران اشاره کرد. در فاز پاسخ نیاز است که بلافاصله بعد از وقوع بحران نیروهای امدادی کالاهای امدادی و تجهیزات مورد نیاز برای امدادرسانی حادثه‌دیدگان به مناطق حادثه‌دیده اعزام و تقسیم شوند. هنگامی که بحران اتفاق می‌افتد، مکان انبارهای از قبل تعیین‌شده نقش مهمی در امدادرسانی خواهند داشت، بنابراین انتخاب محل‌های مناسب برای انبارها یکی از اهداف اصلی ما در این پژوهش است. یکی دیگر از فازهای مهم مدیریت بحران، فاز پاسخ‌گویی بوده و از جمله اقدامات مهم در این فاز، توزیع امداد و تخلیه قربانیان و مجروحان است. در طول بحران‌ها سازمان‌های کمک‌رسانی مختلف معمولاً با مشکلات

قابل‌ملاحظه‌ای در حمل‌ونقل مقادیر زیاد از وسایل و کالاهای امدادی مختلف از جمله غذا، لباس، دارو و تدارکات پزشکی، ماشین‌ها و پرسنل از نقاط مختلف مبدا تا مقصدهای مختلف در مناطق حادثه مواجه می‌شوند. حمل‌ونقل تدارکات و پرسنل امدادی باید به سرعت انجام شود تا میزان نجات جمعیت آسیب‌دیده به حداکثر و هزینه‌ی چنین عملیاتی به حداقل ممکن برسد. در این پژوهش یک مدل دو هدفه برنامه‌ریزی خطی برای مرحله آمادگی‌سازی مدیریت بحران با استفاده از زیرساخت‌های شهری استفاده می‌شود تا با توجه به محدودیت‌های موجود و اهداف حداکثرسازی کمترین وزن مکان‌ها و به حداقل رساندن هزینه‌های کل پس از وقوع حادثه بتوان مسئله مکان‌یابی را حل کرد.

به‌طور کلی، هدف از این پژوهش ارائه مدلی تازه برای مکان‌یابی مراکز امداد سیار، مدیریت موجودی و ملاحظات هزینه‌ای برای برنامه‌ریزی و پاسخ‌گویی هرچه بیشتر و بهتر در برابر حوادث است. در این مدل، به بررسی و تعیین بهترین مکان‌ها با اهداف حداکثرسازی کمترین وزن مکان‌ها و حداقل‌سازی هزینه‌ها با در نظر گرفتن محدودیت ظرفیت انبار، منابع و محدودیت‌های دیگر پرداخته می‌شود.

مروری بر ادبیات مسئله

حال به بررسی پیشینه تحقیق در حوزه لجستیک بلایا در شاخه‌های مختلفی نظیر مکان‌یابی مراکز درمانی و اسکان، جریان در شبکه، حمل‌ونقل، مسیریابی و موجودی و نیز تحقیقات انجام‌شده مربوط به لجستیک امداد پرداخته می‌شود. یکی از فازهای مهم مدیریت بحران فاز پاسخ‌گویی بوده و از جمله اقدامات مهم در این فاز، توزیع امداد و تخلیه قربانیان و مجروحان است. همچنین مکان‌های بهینه برای ساخت انبارهای انتقال موقت که معمولاً به شکل چادرهای امدادی است، باید تعیین شده تا افراد حادثه‌دیده که بر اثر وقوع حادثه مکان زندگی خود را از دست داده‌اند، به این مناطق منتقل شوند.

بنابراین یکی از راهکارهای مؤثر برای کاهش هزینه‌های مالی و صدمات جانی ناشی از بحران‌ها این است که مکان‌های مناسب برای ساخت انبارهای انتقال موقت در زمان وقوع بحران تعیین شود و همچنین برنامه‌ریزی‌های مناسب برای تخصیص بخش‌های مختلف شبکه امداد به این مراکز در نظر گرفته شود. بنابراین مکان‌یابی مناسب انبارهای انتقال موقت و تخصیص بهینه آنها می‌تواند خسارت‌های جانی و مالی را کاهش داده و هرگونه اقدام نادرست در این شرایط سبب افزایش چشمگیر این خسارات می‌شود. مکان‌یابی تسهیلات معمولاً قبل از وقوع بحران و در فاز آمادگی برای تعیین مکان صورت می‌گیرد؛ اما در مواردی نیز مکان‌یابی در فاز پاسخ‌گویی کاربرد دارد.

در مسئله مکان‌یابی شاخه‌هایی نظیر مکان‌یابی مراکز امداد، درمان، اسکان و توزیع وجود دارد. برخی از تحقیقاتی که بر مکان‌یابی تسهیلات متمرکز بوده‌اند، در زیر بررسی می‌شوند:

بزرگی و همکاران [۲]، یک مدل احتمالی استوار چندهدفه را برای لجستیک امداد بحران در شرایط عدم قطعیت ارائه کردند. در این مقاله پارامترهای تقاضا، عرضه، هزینه خرید و حمل و نقل به صورت احتمالی در نظر گرفته شد. مدل عدالت در توزیع را در نظر گرفته و اهداف شامل به حداقل رساندن هزینه کل و به حداکثر رساندن رضایت‌مندی است. مدل با استفاده از روش برنامه‌ریزی توافقی حل شده و برای مجموعه‌ای از سناریوها در نواحی از ایران به کار گرفته شد.

چانگ و همکاران [۱] برای تعیین یک سیستم توزیع منابع امداد و نجات در شرایط وقوع سیل یک مدل برنامه‌ریزی احتمالی دو مرحله‌ای را ارائه دادند که در آن مکان و مقدار تقاضا با عدم قطعیت همراه است. در مرحله اول، آنها مناطق حادثه را گروه‌بندی کردند؛ با این هدف که فاصله حمل و نقل موردانتظار بین آنها به کمترین مقدار برسد. مرحله دوم شامل یک مدل مکان‌یابی-تخصیص است که هدف آن به کمترین مقدار رساندن هزینه‌ها از جمله هزینه ساخت تسهیلات، هزینه‌های حمل و نقل و هزینه کمبود تقاضاست. آنها همچنین برای بررسی یک مطالعه موردی از وقوع سیل در شهر تایپه، از سیستم اطلاعات جغرافیایی و روش تقریب نمونه‌گیری استفاده کردند.

جبارزاده و همکاران [۳] یک مدل طراحی شبکه استوار برای زنجیره تأمین خون را ارائه دادند که مدل توسعه داده شده آنها می‌تواند برای مکان‌یابی و تخصیص تسهیلات در دوره‌های پس از فاجعه به کار گرفته شود. مدل استوار شامل هدف به حداقل رساندن کل هزینه‌های عملیات برای تأمین خون از جمله هزینه مکان‌یابی و ساخت تأسیسات ثابت، جابه‌جایی تأسیسات موقتی، هزینه تدارکات و حمل و نقل است. در نهایت، یک تجزیه و تحلیل برای بررسی استواری مدل و استواری جواب و همچنین یک مقایسه بین روش بهینه‌سازی استوار و رویکرد ارزش مورد انتظار صورت گرفته است.

افشار و حقانی [۴]، مدلی ریاضی برای لجستیک زنجیره تأمین یکپارچه برای عملیات امداد در شرایط بحران ارائه کردند. مدل به صورت چند کالایی بوده و نه تنها مسیرهای بهینه برای توزیع امداد را در نظر می‌گیرد، بلکه مکان‌های بهینه برای تسهیلات موقت در لایه‌های مختلف زنجیره امداد را هم تعیین می‌کند. مجموعه‌ای از آزمایشات عددی برای آزمودن مدل طراحی شد و با تحلیل آنها قابلیت مدل ارزیابی شد.

کمپل و جونز [۵]، در این زمینه که تأمین‌کننده‌ها در زمان آماده‌سازی برای بلایایی مانند طوفان و حمله تروریست‌ها در کجا مستقر شوند، مطالعاتی انجام دادند. آن‌ها محاسباتی را برای تعیین میزان بهینه انبارش و کل هزینه مورد انتظار تحویل به نقاط تقاضا از نقاط عرضه انجام دادند و از یک آنالیز حساسیت برای نشان دادن اینکه چگونه پارامترهای مختلف بر میزان انبارش و هزینه تأثیر می‌گذارند، استفاده کردند. آنها نشان دادند که چگونه مدل هزینه‌ای آنها می‌تواند برای انتخاب بهترین مکان برای نقطه عرضه از میان مجموعه‌ای از گزینه‌ها به کار برده شود و چگونه می‌تواند در الگوریتم مکان‌یابی موجود برای انتخاب نقاط مختلف

عرضه استفاده شود. آزمایشات محاسباتی آنها شامل مجموعه‌ای از روابط بین فاصله و ریسک بوده و نشان داد که این عوامل چگونه بر انتخاب مکان و سطوح انبارش تأثیر می‌گذارد.

آلمیدا و همکاران [۶]، در فاز آمادگی و پاسخ‌گویی، رویکردی چند هدفه را برای مکان‌یابی پناهگاه‌های اورژانسی و تعیین مسیرهای تخلیه در مناطق شهری ارائه کردند. از آنجایی که یک مسیر یا یک پناهگاه ممکن است بر اثر آتش‌سوزی غیرقابل استفاده شود، یک مسیر و یک پناهگاه پشتیبان برای هر ساختمان در نظر گرفته شد. در این مدل اهداف شامل به حداقل رساندن فاصله رسیدن به پناهگاه‌ها، به حداقل رساندن ریسک مواجهه با آتش‌سوزی در مسیر و پناهگاه‌ها و به حداقل رساندن زمان انتقال از پناهگاه‌ها به بیمارستان هستند.

جیا و همکاران [۷]، یک مدل و رویکرد حل برای تعیین مکان تسهیلات تدارکات درمانی در پاسخ‌گویی‌های اضطراری در مقیاس بزرگ ارائه کردند. آنها عدم قطعیت تقاضا و ناکافی بودن موجودی پزشکی را با مهیا کردن اینکه هر نقطه تقاضا توسط چند تسهیل که در فواصل متفاوت مکان‌یابی شده‌اند پاسخ داده می‌شود، مورد توجه قرار دادند. مسئله به عنوان یک مسئله پوشش کامل فرموله شد و ۳ روش ابتکاری الگوریتم ژنتیک، مکان‌یابی-تخصیص و آزادسازی لاگرانژ برای حل استفاده شد.

گریو و همکاران [۸] با هدف به حداقل رساندن اثرات نامطلوب حوادث یک مدل برنامه‌ریزی تصادفی برای تدارکات در زمان وقوع حادثه سیل را ارائه دادند. در مدل آنها برای تأمین منابع به اندازه کافی برای برآورده کردن تقاضاها با احتمال معین به بهینه‌سازی سطوح موجودی برای تأمین اضطراری کالاها و همچنین در دسترس بودن وسایل نقلیه توجه شده است. مدل شامل هدف به حداقل ممکن رساندن سه بخش است: هزینه حمل و نقل محصولات به نقاط آسیب‌دیده، هزینه جابه‌جایی وسایل نقلیه بین انبارها و هزینه نگهداری موجودی. در نهایت، مدل را با استفاده از روش تقریب میانگین نمونه حل کردند.

نجفی و همکاران [۹] با تمرکز بر روی مدل بهینه‌سازی استوار، یک مدل چند هدفه، چند وسیله‌ای، چند کالایی و چند دوره‌ای را برای مدیریت هر دو جریان کالاها و افراد مجروح در پاسخ به موقعیت‌های مختلف حادثه زلزله ارائه دادند. مدل شامل سه هدف سلسله‌مراتبی تحت عنوان: ۱- به حداقل رساندن تعداد افراد مجروح سرویس داده نشده، ۲- به حداقل رساندن تقاضای برآورده نشده در طول افق برنامه‌ریزی و ۳- به حداقل رساندن تعداد وسایل نقلیه استفاده شده در طول دوره پاسخ‌دهی است.

مدل‌سازی ریاضی مسئله

در مقاله منتخب که مورد استفاده قرار گرفته، روشی مبتنی بر برنامه‌ریزی خطی تلفیقی یکپارچه برای انتخاب مکان‌های پناهگاه‌های موقت پیشنهاد شده است. در این مدل ریاضی به دنبال حداکثر وزن ناحیه سرپناه باز هستیم؛ در حالی که برای تصمیم‌گیری در مورد مکان‌های سرپناه، امتیازات اختصاص داده شده به هر منطقه سرپناه باز و کنترل استفاده از مناطق سرپناه باز

ارائه شده است [۱۰]. اما مدل ارائه شده در این مقاله یا شبکه در نظر گرفته شده در این تحقیق شامل سه سطح بالفعل (مناطق حادثه دیده، بیمارستان‌ها و مجموعه هلال احمر) و یک سطح بالقوه (مراکز درمانی و مراکز اسکان موقت) است. تعیین مکان، تعداد و ظرفیت تسهیلات امدادی و تخصیص بخش‌های مختلف باید به گونه‌ای انجام شود که با توجه به محدودیت‌های موجود اهداف در نظر گرفته شده در مسئله به بهترین شکل برآورده شوند. مدل ارائه شده در این مقاله دو هدفه، چندکالایی، تک‌دوره‌ای و تک‌وسیله‌ای است.

مفروضات مسئله

در ادامه، مفروضات مدل به تفکیک آورده شده است:

- تعداد و مکان مجموعه هلال احمر و مناطق حادثه دیده ثابت و مشخص است.
- مکان‌های بالقوه برای ساخت مراکز اسکان موقت و مراکز درمانی موقت مشخص است.
- فاصله بین مناطق حادثه دیده، مجموعه هلال احمر، بیمارستان‌ها، مراکز اسکان موقت و مراکز درمانی موقت مشخص است.
- مدل به صورت چندکالایی در نظر گرفته شده است.
- ظرفیت مجموعه هلال احمر و مراکز اسکان موقت محدود هستند. محدود بودن ظرفیت مدل را پیچیده‌تر کرده و نیز آن را به دنیای واقعی نزدیک‌تر می‌سازد.
- مدل به صورت دو هدفه بوده و اهداف هزینه‌ای و مکان‌یابی را به طور همزمان در نظر می‌گیرد.

روش مدل سازی در این تحقیق، برنامه‌ریزی عدد صحیح خطی است؛ به طوری که تعدادی از متغیرها به صورت صفر و یک بوده و سایر متغیرها نیز عدد صحیح هستند.

در این پژوهش، یک مدل برنامه‌ریزی خطی عدد صحیح مختلط ارائه شده است. در این حالت یک منطقه اگر ایجاد شده باشد و جمعیت به آن اختصاص داده شود، پناهگاه نامزد «باز» گفته می‌شود. از سوی دیگر، یک منطقه اگر امکانات پناه دادن به آن نامزد داده نشده باشد، پناهگاه نامزد «بسته» گفته می‌شود. هدف این مدل ریاضی انتخاب بهترین ترکیب ممکن از مناطق پناهگاه (یعنی بیشینه کردن حداقل وزن مناطق پناهگاه ساخته شده) است؛ در حالی که هر منطقه را به نزدیک‌ترین منطقه پناهگاه ساخته شده اختصاص دهد، ظرفیت مناطق پناهگاه برآورده شده باشد، کمترین استفاده از تفاوت دوتایی استفاده از مناطق پناهگاه ساخته شده انجام گیرد و مطمئن شدن از اینکه هر منطقه پناهگاه ساخته شده دارای یک جاده اتصال اصلی و یک مؤسسه سلامت در فاصله آستانه خاص باشد. همچنین هدف دوم مسئله به حداقل رساندن هزینه‌ها شامل هزینه ثابت تأسیس، هزینه حمل و نقل، هزینه نگهداری و هزینه تقاضای پاسخ داده نشده است.

اندیس‌ها:

I مجموعه مکان‌های نامزد

J	مجموعه‌ای از مناطق پناهگاه
R	مجموعه‌ی هلال احمر و تأمین‌کنندگان محصولات مورد نیاز
P	مجموعه محصولات مورد احتیاج
پارامترها:	
W_i	که اعدادی بین صفر i وزن مکان‌های نامزد و یک می‌باشد
d_i^{health}	و نزدیک‌ترین مرکز i فاصله بین مکان نامزد بهداشت
d_i^{road}	و نزدیک‌ترین جاده i فاصله بین مکان نامزد اصلی
$Demand_j$	از نظر متر مربع تقاضای کل منطقه
cap_i	i ظرفیت مکان نامزد
$distSorted_{ij}$	زامین مکان نامزد نزدیک به نقطه تقاضای i
$DistHealth$	مقدار آستانه برای منطقه پناهگاه - فاصله مرکز سلامت
$DistRoad$	مقدار آستانه برای منطقه پناهگاه - فاصله جاده اصلی
α	مقدار آستانه برای تفاوت استفاده دو به دو از مناطق پناهگاه نامزد
β	مقدار آستانه برای کمترین استفاده از پناهگاه‌های ساخته شده
f_i	هزینه ثابت برپایی و تأسیس مکان صحرایی i
TC_{ri}	هزینه حمل و نقل محصولات از تأمین‌کننده i به مکان r
Dem_{pi}	p برای محصول i تقاضای مکان
Sup_{rp}	r توسط تأمین‌کننده p میزان عرضه محصول
SHC_{ip}	میزان هزینه کمبود برای تقاضای پاسخ داده i در مکان p نشده محصول
HC_{ip}	در p میزان هزینه نگهداری برای محصول امکان

متغیر تصمیم:

X_i	برابر با یک اگر مکان نامزد i به عنوان منطقه پناهگاه انتخاب شود؛ در غیر این صورت برابر با صفر است
y_{ij}	برابر با یک اگر منطقه پناهگاه z به مکان نامزد i اختصاص یابد؛ در غیر این صورت برابر با صفر است
W_{min}	حداقل وزن مناطق پناهگاه نامزد عملیاتی
Q_{pri}	میزان محصول نوع p ارسالی از تأمین‌کننده r به مکان i
$Shortage_{ip}$	میزان تقاضای پاسخ داده نشده محصول p برای مکان i

$$x_i \in \{0,1\} \quad \forall i \in I \quad \text{رابطه ۱۴:}$$

$$y_{ij} \in \{0,1\} \quad \forall i \in I, j \in J \quad \text{رابطه ۱۵:}$$

$$Q_{pri} \geq 0, shortage_{ip} \geq 0, Inv_{ip} \geq 0 \quad \text{رابطه ۱۶:}$$

$$\forall p \in P, i \in I, r \in R$$

تابع هدف (۱) به بیشینه کردن حداقل وزن مناطق پناهگاه ساخته شده می پردازد. تابع هدف (۲) به کمینه سازی هزینه کل شامل هزینه ساخت، هزینه حمل و نقل، هزینه نگهداری و هزینه کمبود می پردازد. محدودیت (۳) مطمئن می شود که میزان محصولات ارسالی از تأمین کننده به مکان ساخته شده منتخب کوچک تر مساوی از عرضه آن تأمین کننده باشد. محدودیت (۴) نشان می دهد که میزان محصولات ارسالی از تأمین کننده به مکان ساخته شده منتخب برابر با موجودی و کمبود آن منطقه است. محدودیت (۵) نشان می دهد که حداکثر مقداری که می تواند وجود داشته باشد، برابر با حداقل وزن مناطق پناهگاه ساخته شده است. محدودیت (۷) نشان می دهد که هر مکان احتیاج دارد که به یک منطقه پناهگاه تخصیص یابد. محدودیت های (۸) و (۹) بیانگر اعمال آستانه فاصله از جاده های اصلی و مراکز بهداشت است. محدودیت های (۱۰) و (۱۱) به کنترل استفاده از مناطق پناهگاه عملیاتی می پردازند. محدودیت های (۱۲) و (۱۳) اطمینان حاصل می کنند که هر منطقه به نزدیک ترین منطقه پناهگاه ساخته شده اختصاص داده شود. همچنین معادلات (۱۴) تا (۱۶) بیانگر علامت و نوع متغیرها اعم از صفر و یک بودن و مثبت بودن آنهاست.

توضیحات تکمیلی درباره مدل

این مسئله از تعدادی نقاط تأمین اقلام امدادی، مجموعه ای از نقاط بالقوه برای مکان یابی تسهیلات موقت یا دائم به عنوان نقاط ارسال و در نهایت نقاط تقاضا (مکان های آسیب دیده) تشکیل شده است. هدف اصلی در این زنجیره رسیدن به برنامه ای کارا در فاز پاسخ گویی بحران برای ارسال کافی کالاهای امدادی ضروری از انبارها یا توسط تأمین کنندگان مشخص به مناطق آسیب دیده است (محدودیت ۳ و ۴). برنامه ریزی مؤثر فعالیت های لجستیکی برای کاهش هرچه بیشتر تلفات و مرگ و میر افراد بر اثر حوادث است. همچنین در این جریان منابع موجود، کالاها و وسایل نقلیه معمولاً ناکافی است. با داشتن برنامه ای کارا می توان به بیشترین اهداف ممکن رسید.

از جمله اقدامات مهم در فاز پاسخ گویی، توزیع امداد و تخلیه قربانیان و مجروحان است. مجروحان باید از مناطق حادثه دیده به مراکز درمانی که به صورت موقت در منطقه ساخته شده اعزام شوند (محدودیت ۶). بنابراین مکان بهینه برای ساخت این مراکز درمانی موقت باید تعیین شود. از بین اماکن ساخته شده، مکان هایی که وزن، تقاضا و ظرفیت بیشتری داشته باشند، برای استفاده در اولویت قرار گرفته و کوشش شده که کمترین مکان ها

$$Inv_{ip} \quad \text{میانگین موجودی محصول } p \text{ برای مکان } i$$

مدل ریاضی پیشنهادی:

$$\max F_1 = W_{\min} \quad \text{رابطه ۱:}$$

$$\text{رابطه ۲:}$$

$$\min F_2 = \sum_{i \in I} f_i \times x_i + \sum_{i \in I} \sum_{r \in R} \sum_{p \in P} TC_{ri} \times Q_{pri}$$

$$\sum_{i \in I} \sum_{p \in P} shortage_{ip} \times SHC_{ip} + \sum_{i \in I} \sum_{p \in P} Inv_{ip} \times H_i$$

$$\text{رابطه ۳:}$$

$$\sum_{i \in I} Q_{pri} \leq \sup_{rp} \quad \forall r \in R, p \in P$$

$$\text{رابطه ۴:}$$

$$\sum_{i \in I} Q_{pri} + Inv_{ip} = Dem_{pi} + shortage_{ip} \quad \forall i \in I$$

$$W_{\min} \leq x_i w_i + (1 - x_i) \quad \forall i \in I \quad \text{رابطه ۵:}$$

$$\sum_{j \in J} y_{ij} \times Demand_j \leq cap_i \times x_i \quad \forall i \in I \quad \text{رابطه ۶:}$$

$$\sum_{i \in I} y_{ij} = 1 \quad \forall j \in J \quad \text{رابطه ۷:}$$

$$d_i^{health} \times x_i \leq DistHealth \quad \forall i \in I \quad \text{رابطه ۸:}$$

$$d_i^{road} \times x_i \leq DistRoad \quad \forall i \in I \quad \text{رابطه ۹:}$$

$$\frac{\sum_{j \in J} y_{ij} \times Demand_j}{cap_i} \geq \beta x_i \quad \forall i \in I \quad \text{رابطه ۱۰:}$$

$$\text{رابطه ۱۱:}$$

$$\frac{\sum_{j \in J} y_{ij} \times Demand_j}{cap_i} - \frac{\sum_{j \in J} y_{kj} \times Demand_j}{cap_k}$$

$$\leq \alpha + (1 - x_i) + (1 - x_k) \quad \forall i \in I, k \in I, i \neq k$$

$$\text{رابطه ۱۲:}$$

$$y_{distSorted(1,j)} = x_{distSorted(1,j)} \quad \forall j \in J$$

$$\text{رابطه ۱۳:}$$

$$y_{distSorted(i,j)} \geq x_{distSorted(i,j)} -$$

$$\sum_{k=1}^{i-1} x_{distSorted(k,j)} \quad \forall j \in J, i = 2, \dots, I$$

جدول ۱: طراحی مسائل در ابعاد مختلف برای مدل پیشنهادی

بعد مسئله	شماره مسئله	مشخصات مدل			
		j	i	r	p
کوچک	۱	۱۰	۵	۵	۳
کوچک	۲	۱۵	۸	۵	۳
متوسط	۳	۲۰	۱۰	۸	۳
متوسط	۴	۲۵	۱۵	۱۰	۴
بزرگ	۵	۳۰	۲۰	۱۵	۵
بزرگ	۶	۴۰	۳۰	۲۵	۱۰

بعد بزرگ مسئله هستند و با استفاده از سه روش چند هدفه شامل روش مجموع وزنی، روش برنامه‌ریزی آرمانی و LP متریک به بررسی این مسائل می‌پردازیم. به این صورت که مسئله در نرم‌افزار لینگو کدنویسی شده و سپس حل شده است. در انتها نتایج حاصله در معیارهای مختلفی همچون اهداف و زمان با هم مقایسه شده و بهترین روش انتخاب می‌شود که برای یکی از مسائل مرتبط با مقادیر متغیرهای به دست آمده تشریح می‌شود.

شش مسئله در ابعاد مختلف با اعداد نزدیک به دنیای واقعی طراحی شده؛ به طوری که مسائل ۱ و ۲ در بعد کوچک، مسائل ۳ و ۴ در بعد متوسط و مسائل ۵ و ۶ بیانگر بعد بزرگ مسئله هستند. این مسائل در جدول ۱ ارائه شدند.

همه محاسبات با استفاده از الگوریتم شاخه و کران در نرم‌افزار لینگو ۹ روی رایانه شخصی با پردازشگر ۲۰،۲ گیگاهرتز و ۴ گیگابایت حافظه داخلی تحت ویندوز ۸ اجرا شده است. همچنین وزن اهداف با توجه به اهمیت موضوع توسط خبرگان به صورت $Weight1=0.4$ و $Weight2=0.6$ تعریف شده است.

در این بخش پس از حل مسئله با داده‌های بخش قبل و به ازای وزن‌های یادشده جدول ۲ به دست خواهد آمد. همانطور که مشخص است بهترین جواب‌ها در هر مسئله برای هر یک از معیارهای سه‌گانه شامل تابع هدف اول، تابع هدف دوم و زمان محاسباتی به صورت هابلیت مشخص شده است.

همچنین برای تشخیص بهترین نتایج در قالب اشکال (۱) تا (۳) ترسیم شده‌اند.

همانطور که از تصویر ۱ نمایان است، روش مجموع وزنی دارای کمترین زمان حل در تمامی مسائل است و پس از آن روش برنامه‌ریزی آرمانی با اندکی اختلاف دومین جایگاه از بعد زمانی را داراست. اما بیشترین زمان به روش LP متریک اختصاص یافت که هر چه بعد مسئله افزایش می‌یابد، این اختلاف با دو روش دیگر مشهودتر می‌شود. از آنجایی که کمترین مقدار در زمان محاسباتی مناسب‌تر است، لذا روش مجموع وزنی، روش برنامه‌ریزی آرمانی و روش LP متریک به ترتیب بهترین روش‌ها از نظر زمان محاسباتی هستند.

همانطور که از تصویر ۲ مشخص است، روش برنامه‌ریزی آرمانی دارای بهترین (بیشترین) مقدار تابع هدف اول در تمامی

استفاده شوند (محدودیت ۱۱ و ۱۰). همچنین مکان‌های بهینه برای ساخت مراکز اسکان موقت که معمولاً به شکل چادرهای امدادی است، باید تعیین شده (محدودیت ۷) تا افراد حادثه‌دیده که بر اثر وقوع حادثه مکان زندگی خود را از دست داده‌اند، به این مناطق منتقل شوند و در واقع کمترین مکان‌هایی ساخته شود که وزن بالایی دارند (محدودیت ۵) و در نزدیک‌ترین نقاط پیش‌بینی شده احداث می‌شوند (محدودیت ۱۲ و ۱۳). مجروحانی که نیازمند خدمات پزشکی بیشتری هستند، به علت کمبود امکانات در این مراکز درمانی موقت باید به بیمارستانها و مراکز بهداشت منتقل شوند. در واقع فاصله پناهگاه ساخته‌شده تا مراکز بهداشت و جاده اصلی باید از حد تعیین شده کمتر باشد (محدودیت ۹ و ۸). افراد در مراکز اسکان موقت نیازمند کالاهای ضروری مانند آب، غذا، دارو و ... بوده که این نیازها باید از راه انتقال کالاهای امدادی از مراکز توزیع به این مناطق تأمین شود. مدل پیشنهادی مقاله شامل سه سطح بالفعل (مناطق حادثه‌دیده، بیمارستان‌ها و مجموعه هلال‌احمر) و یک سطح بالقوه (مراکز درمانی و مراکز اسکان موقت) است. تعیین مکان، تعداد و ظرفیت تسهیلات امدادی و تخصیص بخش‌های مختلف باید به شکلی انجام شود که با توجه به محدودیت‌های موجود، اهداف در نظر گرفته شده در مسئله به بهترین شکل محقق شوند.

در این مقاله دو هدف به حداقل رساندن کل هزینه‌ها و بیشینه‌سازی حداقل وزن مناطق ساخته‌شده را در نظر گرفته‌ایم. در این مدل مسئله مکان‌یابی و تخصیص به‌طور همزمان در نظر گرفته شده و شبکه‌ای جامع شامل مناطق آسیب‌دیده، تأمین‌کننده، بیمارستان‌ها، مراکز درمانی و اسکان موقت با در نظر گرفتن چند نوع کالا مد نظر بوده است. علاوه بر این ارائه سه روش کارآمد برای حل مسئله دو هدفه و مقایسه این سه روش از جمله نوآوری‌های این پژوهش بوده است.

روش‌های حل مسئله

برای سنجش عملکرد مدل پیشنهادی از چند مسئله با اعداد نزدیک به دنیای واقعی استفاده شده است. به این منظور شش مسئله در ابعاد مختلف طراحی شده؛ به طوری که مسائل ۱ و ۲ در بعد کوچک، مسائل ۳ و ۴ در بعد متوسط و مسائل ۵ و ۶ بیانگر

جدول ۲: نتایج حاصل از اجرای مسائل

مسئله	روش‌ها	تابع هدف اول	تابع هدف دوم	زمان محاسباتی
۱	مجموع وزنی	۰/۶۸	۸۰۱۹۱۷۰	۸
	Lp-metric	۰/۹۵	۸۰۲۰۱۷۰	۱۴
	برنامه ریزی آرمانی	۰/۹۵	۸۰۲۰۱۷۰	۹
۲	مجموع وزنی	۰/۷۴	۱۶۴۲۱۰۴۰	۱۴
	Lp-metric	۰/۸۵	۱۶۴۴۶۰۴۰	۶۴
	برنامه ریزی آرمانی	۰/۸۵	۱۶۴۴۶۰۴۰	۱۶
۳	مجموع وزنی	۰/۶۸	۱۸۰۳۲۲۱۰	۲۸
	Lp-metric	۰/۹۰	۱۸۰۳۳۲۱۰	۸۶
	برنامه ریزی آرمانی	۰/۹۰	۱۸۰۳۳۲۱۰	۳۵
۴	مجموع وزنی	۰/۶۸	۴۲۶۷۸۴۳۰	۷۶
	Lp-metric	۰/۸۵	۴۲۶۸۳۴۴۰	۲۴۱
	برنامه ریزی آرمانی	۰/۹۰	۴۲۷۰۷۴۳۰	۹۰
۵	مجموع وزنی	۰/۷۴	۵۵۸۱۳۲۲۰	۹۳
	Lp-metric	۰/۸۵	۵۵۸۳۶۷۲۰	۳۰۴
	برنامه ریزی آرمانی	۰/۸۵	۵۵۸۳۶۷۲۰	۱۱۲
۶	مجموع وزنی	۰/۷۴	۱۵۶۳۷۱۰۰۰	۴۴۸
	Lp-metric	۰/۶۸	۱۵۶۴۳۷۰۰۰	۱۰۲۳
	برنامه ریزی آرمانی	۰/۹۰	۱۵۶۴۳۴۰۰۰	۴۸۱

۳۹

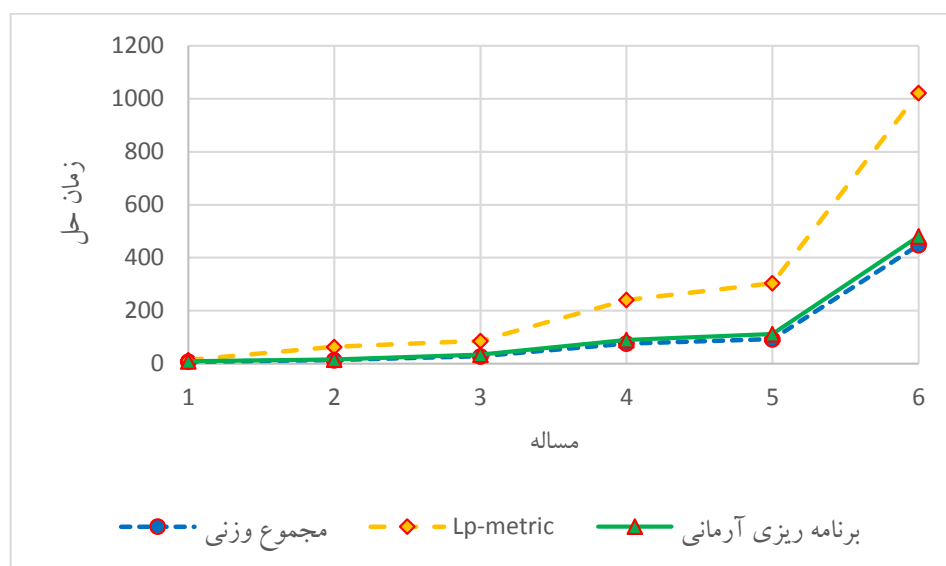
شماره هجدهم

پاییز و زمستان
۱۳۹۹

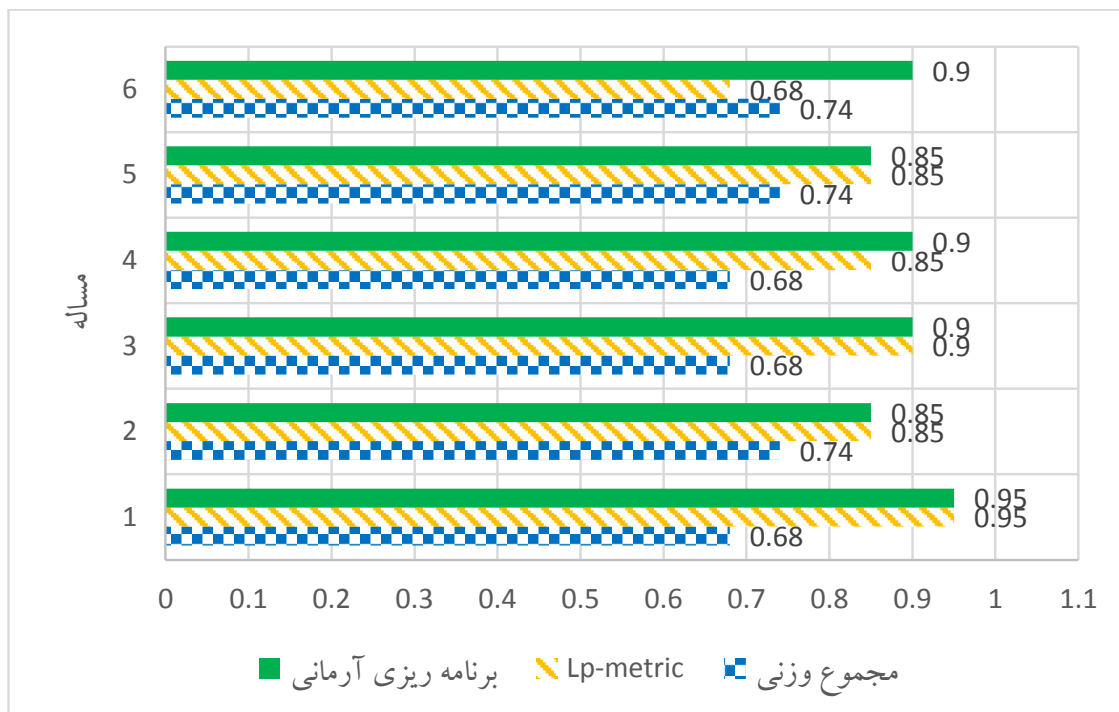
دوفصلنامه
علمی و پژوهشی



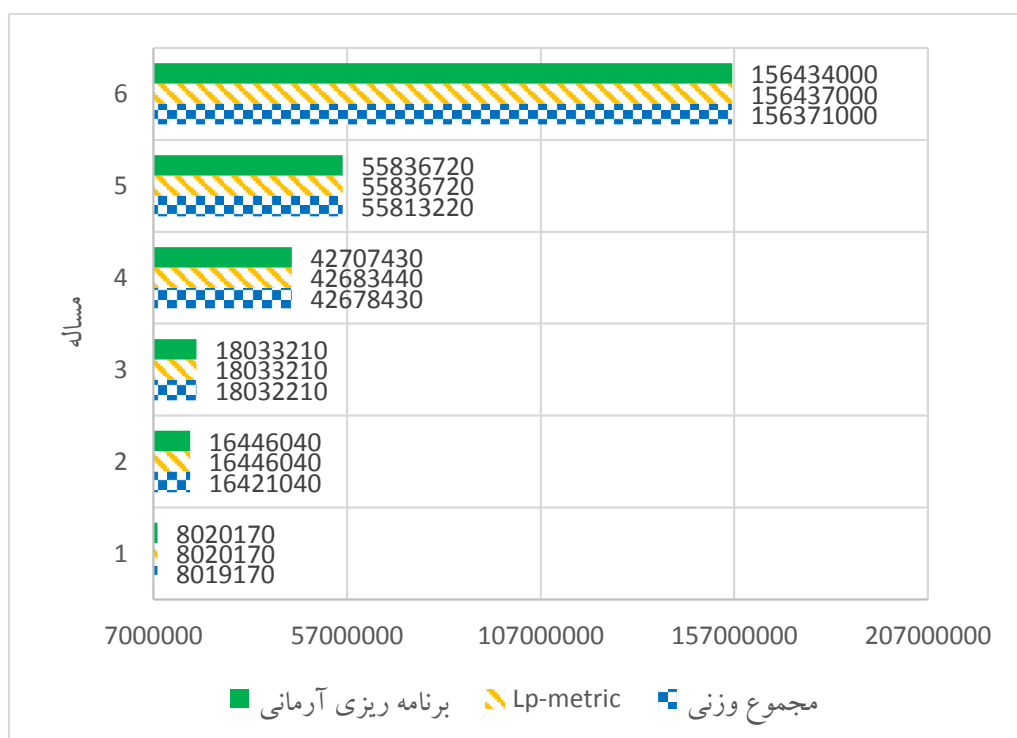
مدل سازی و حل مسئله مکان یابی تخصیص دو هدفه در
لجستیک امداد رسانی با در نظر گرفتن زیر ساخت ها



تصویر ۱: مقایسه نتایج برای ۶ زیرمسئله از نظر زمان محاسباتی



تصویر ۲: مقایسه نتایج برای ۶ زیرمسئله از نظر تابع هدف اول



تصویر ۳: مقایسه نتایج برای ۶ زیرمسئله از نظر تابع هدف دوم

برنامه‌ریزی آرمانی، روش LP متریک و روش مجموع وزنی به ترتیب بهترین روش‌ها از نظر تابع هدف اول هستند. از تصویر ۳ می‌توان دریافت که روش مجموع وزنی دارای بهترین (کمترین) مقدار تابع هدف دوم در تمامی مسائل است و پس از آن روش برنامه‌ریزی آرمانی با اندکی اختلاف دومین جایگاه

مسائل است. همچنین روش LP متریک در ابعاد کوچک با برنامه‌ریزی آرمانی نتایج مشابهی داشت که با افزایش ابعاد مسئله این نتایج با تغییراتی روبه‌رو شد. در نهایت روش مجموع وزنی دارای کمترین میزان تابع هدف اول در تمامی مسائل است. از آنجایی که تابع هدف اول مختص پیشینه‌سازی است، لذا روش

جدول ۳: مقادیر لازم برای روش DIS

مسئله	تابع هدف اول			تابع هدف دوم			زمان محاسباتی		
	WS	LP	GP	WS	LP	GP	WS	LP	GP
۱	۰/۶۸	۰/۹۵	۰/۹۵	۸۰۱۹۱۷۰	۸۰۲۰۱۷۰	۸۰۲۰۱۷۰	۸	۱۴	۹
۲	۰/۷۴	۰/۸۵	۰/۸۵	1.64E+07	1.64E+07	1.64E+07	۱۴	۶۴	۱۶
۳	۰/۶۸	۰/۹۰	۰/۹۰	1.80E+07	1.80E+07	1.80E+07	۲۸	۸۶	۳۵
۴	۰/۶۸	۰/۸۵	۰/۹۰	4.27E+07	4.27E+07	4.27E+07	۷۶	۲۴۱	۹۰
۵	۰/۷۴	۰/۸۵	۰/۸۵	5.58E+07	5.58E+07	5.58E+07	۹۳	۳۰۴	۱۱۲
۶	۰/۷۴	۰/۶۸	۰/۹۰	1.56E+08	1.56E+08	1.56E+08	۴۴۸	۱۰۲۳	۴۸۱
میانگین (F _i)	۰/۷۱	۰/۸۴۶۷	۰/۸۹۱۶	۴۹۵۵۵۸۴۵	۴۹۵۷۶۰۹۷	۴۹۵۷۹۵۹۵	۱۱۱/۱۶۷	۲۸۸/۶۶۷	۱۲۳/۸۳۳
F _i [*]	۰/۸۹۱۶۷			۴۹۵۵۵۸۴۵			۱۱۱/۱۶۷		

جدول ۴: نتایج حاصل از روش DIS

برنامه ریزی آرمانی	Lp-metric	مجموع وزنی	criterion
۰	-۰/۰۵۰۴۶۷	-۰/۲۰۳۷۳۸	تابع هدف اول
۰/۰۰۰۴۷۹۲۵۷	۰/۰۰۰۴۰۸۷	۰	تابع هدف دوم
۰/۱۱۳۹۴۳۰۲۸	۱/۵۹۶۷۰۱۶	۰	زمان محاسباتی
۰/۱۱۴۴۲۲۸۶	۱/۶۴۷۵۷۷۶	۰/۲۰۳۷۳۸	فاصله مستقیم

از بعد مقدار تابع هدف دوم را داراست. همچنین روش LP متریک نیز در ابعاد کوچک با برنامه ریزی آرمانی نتایج مشابهی داشت که با افزایش ابعاد مسئله این نتایج با تغییراتی روبه رو شد. از آنجایی که تابع هدف دوم مختص کمینه سازی است، لذا روش مجموع وزنی، روش برنامه ریزی آرمانی و روش LP متریک به ترتیب بهترین روش ها از نظر تابع هدف دوم هستند.

انتخاب بهترین روش

از آنجایی که روش های مورد استفاده در ابعاد گوناگون از نظر معیارهای زمان محاسباتی، تابع هدف اول و تابع هدف دوم دارای نتایج گوناگونی هستند، لذا نمیتوان بهترین روش را تشخیص داد. پس برای انتخاب بهترین روش از میان سه روش پیشنهادی از روش پالایش و جابه جایی راه حل ایده آل DIS استفاده شده است [۱۱]. برای دریافت اطلاعات بیشتر به خواننده توصیه می شود که به منابع رجوع کند. در این روش ابتدا F_i ها را برای هر روش محاسبه می کنیم که از میانگین گرفتن از شش مسئله برای هر معیار حاصل می شود. همچنین برای محاسبه راه حل ایده آل (F_i^{*}) بهترین مقدار از نظر معیار مورد نظر را از بین روشها انتخاب می کنیم. به عنوان مثال F_i^{*} برای معیار زمان محاسباتی کمترین مقدار میان F_i ها، برای معیار تابع هدف اول بیشترین

مقدار میان F_i ها و برای معیار تابع هدف دوم کمترین مقدار میان F_i ها انتخاب می شوند که این نتایج در جدول ۳ ارائه شده است. در این جدول روش مجموع وزنی با حروف اختصاری WS، روش برنامه ریزی آرمانی با حروف اختصاری GP و روش Lp-metric با حروف LP نمایش داده شده اند.

سپس مقادیر را با استفاده از فرمول (۱۷) نرمال کرده و مقادیر فاصله مستقیم را برای هر روش با استفاده از فرمول (۱۸) محاسبه می کنیم. هرچه مقدار فاصله مستقیم کمتر باشد، آن روش با جواب های ایده آل فاصله کمتری دارد و بهترین روش است. این مقادیر در جدول ۴ ارائه شده اند.

$$F_i^N = \frac{F_i - F_i^*}{F_i^*}$$

رابطه ۱۷:

$$Direct\ distance = \sum_i F_i^N$$

رابطه ۱۸:

با توجه به مقادیر فاصله مستقیم، روش برنامه ریزی آرمانی بهترین روش و با کمترین فاصله با نقطه ایده آل انتخاب شد.

حال برای روش منتخب متغیرهای حاصل از مسئله اول را تشریح می کنیم. این مقادیر در جدول ۵ ارائه شده که در میان این متغیرها، مکان های ساخته شده، مقادیر تخصیص یافته، مقادیر

جدول ۵: نتایج حاصل از روش برنامه‌ریزی آرمانی برای مسئله اول

variable	value	variable	value	variable	value	variable	value	variable	value
DP2	۱۰۰۰	Y(3,3)	۱	SHORTAGE(2,2)	.	Q(1,3,1)	.	Q(2,4,5)	.
DM2	.	Y(3,4)	۱	SHORTAGE(2,3)	۵۲۰	Q(1,3,2)	.	Q(2,5,1)	.
DP1	.	Y(3,5)	۱	SHORTAGE(2,4)	۳۲۰	Q(1,3,3)	.	Q(2,5,2)	۲۹۰
DM1	.	Y(3,6)	۱	SHORTAGE(2,5)	.	Q(1,3,4)	.	Q(2,5,3)	۱۰
OBJ1	۰/۹۵	Y(3,7)	۱	SHORTAGE(3,1)	.	Q(1,3,5)	۶۰۰	Q(2,5,4)	.
OBJ2	۸۰۲۰۱۷۰	Y(3,8)	۱	SHORTAGE(3,2)	۱۹۰۰	Q(1,4,1)	.	Q(2,5,5)	.
W_MIN	۰/۹۵	Y(3,9)	۱	SHORTAGE(3,3)	۱۷۵۰	Q(1,4,2)	۷۲۰	Q(3,1,1)	۸۰۰
X(1)	.	Y(3,10)	۱	SHORTAGE(3,4)	.	Q(1,4,3)	.	Q(3,1,2)	.
X(2)	.	Y(4,1)	.	SHORTAGE(3,5)	.	Q(1,4,4)	.	Q(3,1,3)	۲۰۰
X(3)	۱	Y(4,2)	.	INV(1,1)	.	Q(1,4,5)	.	Q(3,1,4)	۲۰۰
X(4)	.	Y(4,3)	.	INV(1,2)	.	Q(1,5,1)	۲۰	Q(3,1,5)	.
X(5)	.	Y(4,4)	.	INV(1,3)	.	Q(1,5,2)	.	Q(3,2,1)	.
Y(1,1)	.	Y(4,5)	.	INV(1,4)	.	Q(1,5,3)	۸۰۰	Q(3,2,2)	.
Y(1,2)	.	Y(4,6)	.	INV(1,5)	.	Q(1,5,4)	.	Q(3,2,3)	.
Y(1,3)	.	Y(4,7)	.	INV(2,1)	.	Q(1,5,5)	.	Q(3,2,4)	۵۰۰
Y(1,4)	.	Y(4,8)	.	INV(2,2)	.	Q(2,1,1)	.	Q(3,2,5)	۸۰۰
Y(1,5)	.	Y(4,9)	.	INV(2,3)	.	Q(2,1,2)	.	Q(3,3,1)	.
Y(1,6)	.	Y(4,10)	.	INV(2,4)	.	Q(2,1,3)	.	Q(3,3,2)	.
Y(1,7)	.	Y(5,1)	.	INV(2,5)	.	Q(2,1,4)	.	Q(3,3,3)	.
Y(1,8)	.	Y(5,2)	.	INV(3,1)	.	Q(2,1,5)	.	Q(3,3,4)	.
Y(1,9)	.	Y(5,3)	.	INV(3,2)	.	Q(2,2,1)	.	Q(3,3,5)	۱۵۰۰
Y(1,10)	.	Y(5,4)	.	INV(3,3)	.	Q(2,2,2)	.	Q(3,4,1)	.
Y(2,1)	.	Y(5,5)	.	INV(3,4)	.	Q(2,2,3)	.	Q(3,4,2)	.
Y(2,2)	.	Y(5,6)	.	INV(3,5)	.	Q(2,2,4)	۳۲۰	Q(3,4,3)	.
Y(2,3)	.	Y(5,7)	.	Q(1,1,1)	.	Q(2,2,5)	۳۰	Q(3,4,4)	۱۵۰۰
Y(2,4)	.	Y(5,8)	.	Q(1,1,2)	.	Q(2,3,1)	.	Q(3,4,5)	.
Y(2,5)	.	Y(5,9)	.	Q(1,1,3)	۵۰	Q(2,3,2)	.	Q(3,5,1)	۱۲۰۰
Y(2,6)	.	Y(5,10)	.	Q(1,1,4)	۶۵۰	Q(2,3,3)	.	Q(3,5,2)	.
Y(2,7)	.	SHORTAGE(1,1)	۷۸۰	Q(1,1,5)	.	Q(2,3,4)	.	Q(3,5,3)	.
Y(2,8)	.	SHORTAGE(1,2)	.	Q(1,2,1)	.	Q(2,3,5)	۴۲۰	Q(3,5,4)	.
Y(2,9)	.	SHORTAGE(1,3)	.	Q(1,2,2)	۲۰۰	Q(2,4,1)	.	Q(3,5,5)	.
Y(2,10)	.	SHORTAGE(1,4)	.	Q(1,2,3)	.	Q(2,4,2)	۳۶۰		
Y(3,1)	۱	SHORTAGE(1,5)	.	Q(1,2,4)	۱۰۰	Q(2,4,3)	.		
Y(3,2)	۱	SHORTAGE(2,1)	۸۰۰	Q(1,2,5)	۳۵۰	Q(2,4,4)	.		

موجودی‌های ذخیره‌شده، کمبودها، حداقل وزن مکان‌های نامزد و غیره ارائه شده است.

نتیجه‌گیری

در این تحقیق فاز پاسخ‌گویی در مدیریت بحران مورد بررسی قرار گرفت. با بررسی ادبیات موجود، نقص‌هایی شناسایی و کوشش شد در مدل ارائه شده این کمبودها پوشش داده شوند. شرایط بعد از وقوع زلزله در دنیای واقعی مدل شده و مسائل مکان‌یابی و تخصیص به‌طور همزمان در نظر گرفته شده است؛ از

این رو مدل جامعی در این حوزه است. تصمیمات مکان‌یابی برای مراکز درمانی و اسکان موقت در نظر گرفته شد.

در ابتدا، مسائل مقدماتی شامل تعریف مسئله و بیان موضوع تحقیق تشریح شده و کاربردهای عملی آن و روش انجام تحقیق بیان شد و سپس مروری بر ادبیات موضوع آورده شده است. مقالات منتشر شده در ژورنال‌های معتبر و سایر منابع موجود در مراکز علمی و پایگاه‌های الکترونیکی در این حوزه در دسته‌های مسائل مکان‌یابی و تخصیص بررسی شد. سپس با توجه به بررسی‌های انجام‌شده شکاف‌های تحقیقاتی شناسایی شد. برای معرفی مدل، ابتدا مسئله و مفروضات معرفی و پس از آن مسئله

7. Jia, H., Ordóñez, F., & Dessouky, M. M. (2007). Solution approaches for facility location of medical supplies for large-scale emergencies. *Computers & Industrial Engineering*, 52(2), 257-276.
8. Garrido, R. A., Lamas, P., & Pino, F. J. (2015). A stochastic programming approach for floods emergency logistics. *Transportation research part E: logistics and transportation review*, 75, 18-31.
9. Najafi, M., Eshghi, K., & Dullaert, W. (2013). A multi-objective robust optimization model for logistics planning in the earthquake response phase. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 49(1), 217-249.
10. Kılıcı, F., Kara, B. Y., & Bozkaya, B. (2015). Locating temporary shelter areas after an earthquake: A case for Turkey. *European Journal of Operational Research*, 243(1), 323-332.
11. Pasandideh, S. H. R., Niaki, S. T. A., & Asadi, K. (2015). Optimizing a bi-objective multi-product multi-period three echelon supply chain network with warehouse reliability. *Expert Systems with Applications*, 42(5), 2615-2623.

مدل سازی شد. پس از معرفی مدل پیشنهادی به بررسی روش های حل دقیق که شامل روش های مجموع وزنی، برنامه ریزی آرمانی و LP متریک است پرداخته شد. شش مسئله در ابعاد مختلف طراحی شده؛ به طوری که مسائل ۱ و ۲ در بعد کوچک، مسائل ۳ و ۴ در بعد متوسط و مسائل ۵ و ۶ بیانگر بعد بزرگ مسئله هستند و با استفاده از سه روش چند هدفه مذکور به بررسی این مسائل پرداخته شد. نتایج حاصله از نظر معیارهای مختلفی همچون اهداف و زمان با هم مقایسه شد و چون روش ها عملکرد متفاوتی در معیارهای نام برده داشتند، تصمیم گیری برای انتخاب بهترین روش کمی پیچیده شد. پس برای انتخاب بهترین گزینه از روش "پالایش و جابجایی راه حل ایده آل" استفاده شد که در نهایت روش برنامه ریزی آرمانی به عنوان بهترین روش انتخاب شد. همچنین برای این روش منتخب در مسئله اول مقادیر متغیرهای به دست آمده ارائه شد که در میان این متغیرها مکان های ساخته شده، مقادیر تخصیص یافته، مقادیر موجودی های ذخیره شده، کمبودها و حداقل وزن مکان های نامزد شده ارائه شده است.

استفاده از رویکردهایی مانند رویکردهای فازی، بهینه سازی استوار، تصادفی و احتمالی برای در نظر گرفتن عدم قطعیت؛ در نظر گرفتن مسیریابی توزیع امداد و تخلیه قربانیان در مسئله؛ استفاده از روش های تقریبی مثل الگوریتم های فراابتکاری مانند ژنتیک؛ بهینه سازی ازدحام ذرات؛ کلونی مورچگان و جستجوی ممنوعه به عنوان مطالعات آتی مرتبط پیشنهاد می شود.

منابع

1. Chang, M. S., Tseng, Y. L., & Chen, J. W. (2007). A scenario planning approach for the flood emergency logistics preparation problem under uncertainty. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 43(6), 737-754.
2. Bozorgi-Amiri, A., Jabalameli, M. S., & Al-e-Hashem, S. M. (2013). A multi-objective robust stochastic programming model for disaster relief logistics under uncertainty. *OR spectrum*, 35(4), 905-933.
3. Jabbarzadeh, A., Fahimnia, B., & Seuring, S. (2014). Dynamic supply chain network design for the supply of blood in disasters: a robust model with real world application. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 70, 225-244.
4. Afshar, A., & Haghani, A. (2012). Modeling integrated supply chain logistics in real-time large-scale disaster relief operations. *Socio-Economic Planning Sciences*, 46(4), 327-338.
5. Campbell, A. M., & Jones, P. C. (2011). Prepositioning supplies in preparation for disasters. *European Journal of Operational Research*, 209(2), 156-165.
6. Alçada-Almeida, L., Tralhao, L., Santos, L., & Coutinho-Rodrigues, J. (2009). A multiobjective approach to locate emergency shelters and identify evacuation routes in urban areas. *Geographical analysis*, 41(1), 9-29.

بررسی عوامل مؤثر بر میزان اثربخشی تیم در زمان وقوع بحران

مطالعه‌ی موردی: تیم‌های عملیاتی جمعیت هلال احمر استان کرمان

مهدی ابراهیمی نژاد*: دانشیار گروه مدیریت دانشکده مدیریت و اقتصاد، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران Ebrahimi.Nejad@uk.ac.ir

محبوبه عسکری: کارشناس ارشد مدیریت بحران، دانشکده مدیریت و اقتصاد، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران
سجاد سیوندی‌پور: دانشجوی کارشناسی ارشد مدیریت بحران، دانشکده مدیریت و اقتصاد، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۸/۱۷

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۱/۱۶

چکیده

هر ساله بلایای طبیعی در سراسر جهان مرگ و میر، آسیب‌های جسمی و بیماری‌های زیادی را به بار می‌آورند. در دهه‌های اخیر، بلایا و آثار آنها در تمام جهان سیر تصاعدی داشته و علل زیادی باعث افزایش بروز و تلفات ناشی از آن شده است. از این رو توسعه و تقویت امکانات ملی مخصوصاً منابع انسانی برای کاهش تأثیر بلایای طبیعی کاملاً ضروری به نظر می‌رسد. با توجه به اهمیت موضوع، تحقیق حاضر به دنبال اثربخشی عوامل مؤثر برای بالا بردن کارایی تیم در هنگام وقوع بحران است. پژوهش حاضر از نظر هدف کاربردی و از جهت ماهیت و روش توصیفی از نوع همبستگی است. جامعه‌ی آماری این پژوهش کلیه‌ی تیم‌های عملیاتی جمعیت هلال احمر استان کرمان است. جامعه مورد مطالعه شامل ۲۱۰ نفر است که با استفاده از فرمول کوکران حجم نمونه برابر با ۱۳۵ نفر محاسبه شد. برای جمع‌آوری اطلاعات از پرسش‌نامه محقق ساخته استفاده شد که چهار مؤلفه فرهنگ سازمانی، اخلاق حرفه‌ای، رهبری، دانش کار و همچنین متغیر اثربخشی تیم را بررسی کرد. پایایی پرسش‌نامه یادشده ۰.۷۹۹ و روایی آن مورد تأیید کارشناسان قرار گرفت. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار SPSS و Smart PLS2 استفاده شده است. یافته‌های پژوهش نشان داد که متغیرهای دانش کار، اخلاق حرفه‌ای و رهبری بر اثربخشی تیم تأثیر مثبت داشته، اما فرهنگ سازمانی بر اثربخشی تیم تأثیری نداشت.

کلمات کلیدی: فرهنگ سازمانی، اخلاق حرفه‌ای، رهبری، دانش کار، اثربخشی تیم

Investigating the Factors Affecting the Level of Team Effectiveness at the Time of the Crisis

Case study of Red Crescent Cooperative Team in Kerman Province

Mehdi Ebrahimi nejad^{*1}, Mahboobeh Askari², Sajjad Sivandipoor³

Abstract

Every year, natural disasters around the world cause death, physical damage and many diseases. In recent decades, disasters and their effects throughout the world have been exponential, with many causes leading to an increase in incidence and deaths. Has been. Hence, the development and strengthening of national facilities, especially human resources, to reduce the impact of natural disasters is absolutely necessary. Considering the importance of the issue, the present study seeks to be effective factors in raising the team's efficiency during the crisis. The present research is applied in terms of purpose and in terms of nature and method, a descriptive correlation type. The statistical population of this research is all the operational teams of the Red Crescent Society of Kerman province. The population of the study consisted of 210 people, using the Cochran formula, the sample size was 135. A researcher-made questionnaire was used to collect information that examined four components of organizational culture, professional ethics, leadership and work knowledge as well as the effectiveness of the team. The reliability of the questionnaire was 0.799 and its validity was confirmed by experts. SPSS and Smart PLS2 software were used to analyze the data. Findings of the research showed that the variables of work knowledge, professional ethics and leadership of the team's effectiveness were positive, but organizational culture did not affect the team's effectiveness.

Key words: *organizational culture, professional ethics, leadership, work knowledge, team effectiveness*

1. Associate Professor, Department of Management Faculty of Management and Economics, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman — Iran. Email: Ebrahimi.Nejad@uk.ac.ir

2. student of crisis management, Faculty of Management and Economics, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran.

3. student of crisis management, Faculty of Management and Economics, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran.

یک تیم گروهی متنوع از افراد با زمینه‌ها، توانایی‌ها و سطح دانش گوناگون برای به انجام رساندن وظیفه‌ای خاص است. دوم، اعضای تیم برای دستیابی به اهداف پذیرفته‌شده فعالیت می‌کنند.

کارمندانی که عضو تیم مدیریت بحران هستند باید از مهارت‌های ارتباطی و مدیریتی اثربخش برخوردار باشند. مهارت‌های مزبور به اعضای تیم اجازه می‌دهد که فرصت تسهیل و تبادل عقاید میان بخش‌های گوناگون و مختلف سازمان را فراهم سازند و بر انگاره‌های اساسی که ممکن است نظام اعتقادی طرح بحران را تحت تأثیر قرار دهد، نظارت کنند. نظرات کارکنان درباره بحران بالقوه و مدیریت آن را جمع‌آوری و آزمون‌های بدیعی را که در آمادگی برای بحران به نفع سازمان است، پشتیبانی کنند [۳]. تیم‌های مدیریت بحران باید منسجم بوده و سطوح بالایی از ارتباطات، اعتماد، مشارکت، تعهد و همچنین نمایندگی جمع را داشته باشند. در نهایت یک تیم مدیریت بحران باید از مهارت‌های عالی تصمیم‌گیری در بین اعضای گروه و سایر کارکنان سازمان برخوردار باشد. همه این مهارت‌ها نقش مهمی در سازماندهی و تهیه طرح، انتخاب اعضا در واحدهای بحران و آموزش طرح بحران به اعضای گروه‌ها و سازمان ایفا می‌کنند.

برخی از سازمان‌ها مدیریت بحران را بیهوده و نه به‌عنوان نیاز ضروری سازمان قلمداد می‌کنند. این خط فکری ممکن است نتیجه عمل مقامات ارشد فعلی در داخل سازمان یا باورها و تصورات اساسی باشد که از نسلی به نسلی دیگر منتقل شده است. چنین توجیه نادرستی امکان دارد برای سازمان به قیمت خسارت‌های مالی هنگفت تمام شده و آینده سازمان را در معرض خطر قرار دهد. برای مثال مدیران و مقامات ارشدی که سازمانشان را یک‌ه‌تاز تصور می‌کنند، در صورت وقوع یک بحران بزرگ متوجه می‌شوند که آمادگی لازم را برای مواجهه با آن ندارند و این خط فکری به هسته درونی سازمان نفوذ کرده و ممکن است اثربخشی تیم مدیریت بحران را تحت تأثیر قرار دهد.

رهبری: رهبری به معنای شیوه‌ای برای ایجاد بینشی واضح و دادن احساس اعتماد به نفس به کارکنان است که از طریق همکاری و ارتباطات ایجاد می‌شود [۴]. رهبر بحران باید از مهارت‌های قوی بین فردی که باعث انگیزش اعضای تیم و کارکنان برای انجام کار در راستای نیل به اهداف سازمان می‌شود، برخوردار بوده و این مهارت‌ها را بروز دهد. علاوه بر این رهبر تیم باید بتواند در بین تمامی اعضای گروه و کارکنانی که سازمان آنان را به وضعیت عادی بازمی‌گرداند، حس اعتماد به نفس را الهام بخشد. چنین رهبر تیمی باید شیوه‌هایی از کاريزما و جذب روحانی را که بیانگر وفاداری و اعتماد به سازمان و اعضای آن است داشته باشد. واژه کاريزما از کلمه یونانی به معنی موهبت گرفته شده است.

دانش کار: می‌توانیم این گونه فرض کنیم که دانش کار نقش مهم و قابل توجهی در اثربخشی تیم مدیریت بحران ایفا می‌کند. اعضای تیم که از برخی مؤلفه‌های اساسی مدیریت اثربخش بحران آگاهند، می‌توانند در مواقع بحران تصمیم‌گیری تیم را ارتقا دهند. محققان دریافته‌اند که دانش قبلی و اطلاعات کسب‌شده

سازمان‌هایی که برای مواجهه با بحران آماده می‌شوند، اغلب بهره‌گیری از تیم‌ها را در توسعه طرح مدیریت بحران به‌کار می‌گیرند. «تیم‌های مدیریت بحران گروهی از افراد درون سازمان هستند که برای اداره و هدایت هرگونه بحران تعیین شده‌اند». یک تیم مدیریت بحران ممکن است افرادی از مدیران ارشد، عملیات فنی، امور عمومی، روابط عمومی، امور مشتریان، سرمایه‌گذاران و تبلیغات را شامل شود. به عبارت دیگر، تیم مدیریت بحران باید کارکنانی از تمام بخش‌های داخل سازمان را دربرگیرد. این فرآیند به سازمان اجازه می‌دهد تا هنگام مواجهه با یک بحران فراگیر به طور مؤثر به مخاطبان بی‌شمار خود پاسخ دهد [۱].

بلایای طبیعی یکی از مشکلات پیچیده جامعه ماست که با درک درست نسبت به آن و آگاهی از اهمیت دوران قبل از بروز بحران می‌توان آن را تبدیل به فرصت کرد. در زمان وقوع بحران اصلی‌ترین خسارت محتمل تلفات انسانی کثیر است و در مراحل بعدی آسیب‌هایی که به تأسیسات زیرساختی شهر وارد می‌آید و پس از آن خسارت‌های وارده بر ساختمان‌های عمومی است. در این راستا بررسی عوامل مؤثر در نحوه رویارویی با مشکلات پیچیده جامعه و درک فرصت‌های نوین مبتکرانه عمل می‌کند و از آنجایی که راه حل‌های آسانی برای این مشکلات وجود ندارد، می‌تواند با شناسایی عوامل وقوع بحران اثربخشی تیم را بالا ببرد و به کشورهای در حال توسعه و توسعه‌یافته در رویارویی منظم با این موضوعات، تخصیص مؤثر منابع کمیاب و دستیابی به نتایج مورد نظر کمک رساند. با توجه به مطالب گفته‌شده و همچنین اهمیت موضوع، تحقیق در این باره امری ضروری است که از نتایج آن می‌توان برای تمام سازمان‌ها و افراد در هنگام وقوع بحران استفاده کرد.

سازمان همراه با اعضای تیم مدیریت بحران باید تصمیم بگیرد که در طرح بحران به مسائلی باید توجه شود. ساختاردهی طرح مدیریت بحران ممکن است به دلیل عوامل مرتبط با اعضای تیم مشکل باشد و این مسائل مرتبط همچون دانش اعضا، نگرش‌ها، رهبری و انگیزش ممکن است بر ساختاردهی و پیاده سازی طرح تأثیر گذارد. مدیریت بحران و اثربخشی تیم در میان شرکت‌های پیشروی امروزی و استفاده از تیم در سازمان به روشی استاندارد تبدیل شده است. شرکت‌ها مزایای متعددی را در بهره‌گیری از تیم‌ها یافته‌اند؛ چرا که اطلاعات بیشتری را تولید، خلاقیت را تهییج و سازش و انطباق با تصمیم‌گیری‌های مهم را تشویق می‌کند. از سوی دیگر، معایبی هم در استفاده از تیم در شرکت وجود دارد. برای مثال کار در تیم‌ها، هزینه زمانی، انرژی و منابع، درگیری بین اعضا، فشار هماهنگی و انطباق (فکر گروهی) [۲]، سلطه یک عضو و فقدان مسئولیت فردی از جمله این معایب محسوب می‌شوند.

اثربخشی تیم: کاری که در گذشته توسط افراد انجام می‌شد، اکنون توسط تیم صورت می‌گیرد. تیم از گروهی از مردم دارای «مسئولیت و منابع کامل عملکرد» تشکیل شده است. به نظر می‌رسد ویژگی‌های مشخصی در میان تیم‌ها رایج است. اول،

توسط اعضای گروه پیش از بحث و تبادل نظر آنان بر اثربخشی تصمیم‌گیری میان اعضای گروه تأثیر می‌گذارد. به عنوان مثال اطلاعات به اشتراک گذاشته شده توسط اعضای گروه، قبل از مباحثه آنان را به گفت‌وگو تشویق می‌کند. [۵].

از دیدگاه مدیریت بحران می‌توان این گونه فرض کرد که تیم‌های با دانش قبلی ممکن است در تصمیم‌گیری اثربخش‌تر از تیم‌های بدون دانش قبلی باشند. به طور کلی می‌توان گفت هنگامی که وظیفه‌ای از درجه بالای پیچیدگی و سطح بالای تصمیم‌گیری در بین اعضای تیم برخوردار است، توانایی‌های شناختی و دانش کاری اهمیت بیشتری پیدا می‌کنند.

فرهنگ سازمانی: فرهنگ سازمانی عبارت است از اعتقادات نسبتاً ثابت ارزش‌ها و ادراکات مشترک که به وسیله اعضای سازمان حفظ می‌شود [۶]. در صورت وقوع بحران فرهنگ سازمان نقش محوری و اساسی ایفا می‌کند. اینکه در این حالت پای سازمان به کسب‌وکار معمول و متداولش باز شود یا نه، به فرهنگ سازمانی بستگی دارد. محققان فرهنگ سازمانی را به عنوان «آنچه کارکنان در سازمان درک و مشاهده می‌کنند و چگونگی شکل‌گیری الگوی باورها، ارزش‌ها و انتظارات آنان بر طبق این ادراک» تعریف کرده‌اند.

اخلاق حرفه‌ای: اخلاق در لغت جمع خُلُق و از ماده خ. ل. ق. است و به شکل باطنی و نفسانی انسان نظر دارد. چنانچه خُلُق بر ایجاد شکل ظاهری دلالت دارد؛ خُلُق به معنی صفت پایدار و راسخ یا حالتی است که به آن ملکه می‌گویند. از این رو اگر صفتی تنها یک بار در فردی دیده شد، به عنوان اخلاق وی به حساب نمی‌آید. پس اخلاق همان صفت راسخ و پایدار نفسانی است و با رفتاری که به طور لحظه‌ای و تصادفی از انسان سر می‌زند تفاوت دارد [۷]. رعایت اخلاق حرفه‌ای در سازمان امری لازم است تا سازمان از یک سو جامعه را دچار تعارض نکند و از سوی دیگر با اتخاذ تصمیمات منطقی و خردمندانه منافع بلندمدت خود را تضمین کند.

توجه به هریک از موارد گفته شده می‌تواند ضامن اثربخشی تیم در شرایط بحرانی شود. از طرفی در سازمان‌های امدادی همانند آتش نشانی، اورژانس، هلال احمر و... که عمده فعالیتشان در زمینه حوادث غیرمترقبه است، توجه به اثربخشی تیم بسیار ضروری است. توجه به عوامل تأثیرگذار بر اثربخشی تیم در چنین سازمان‌هایی در شرایط بحران می‌تواند میزان خسارت‌های ناشی از وقایع را به حداقل برساند. لذا در این پژوهش تلاش شد تا تأثیر هریک از این مؤلفه‌ها را بر اثربخشی تیم‌های جمعیت هلال احمر بررسی کنیم.

پژوهش‌های متعددی در این زمینه صورت گرفته که می‌توان به موارد زیر اشاره کرد.

در مقاله‌ای با عنوان «تأثیر فرهنگ سازمانی و اخلاق حرفه‌ای بر اثربخشی سازمان» نشان داده شد که عوامل مؤثر بر اخلاق حرفه‌ای به میزان تقریباً یکسانی رابطه فرهنگ سازمانی و اثربخشی سازمان را تعدیل می‌کنند [۸].

محققان نشان دادند که فرهنگ سازمانی تأثیر بسزایی در مهار شرایط بحرانی و ایجاد چابکی در مقابله با سوانح آتی دارند [۹]. پژوهش‌ها حاکی از آن است که میزان تجهیزات به کارگیری شده، نوع آنها، میزان علاقه اعضای تیم‌های امداد و نجات، میزان روحیه کار تیمی و دسته‌جمعی، میزان آمادگی جسمانی و روانی اعضای تیم‌های امداد و نجات بر اثربخشی این تیم‌ها برای پاسخگویی به بحران‌ها تأثیرگذار بوده است. نوع سازمان‌دهی تیم‌ها بر میزان اثربخشی آنها تأثیر ندارد؛ به عبارت دیگر اثربخشی تیم‌های امداد و نجات مستقل از نوع سازمان‌دهی عمل می‌کند [۱۰].

در بررسی نقش رهبری معنوی بر عملکرد کارکنان نشان داده شد که رهبران معنوی می‌توانند بر یادگیری افراد سازمان، نوآوری خلاقیت، تعهد سازمانی و در نهایت عملکرد سازمانی تأثیر مثبت بگذارند [۱۱].

پژوهشگران در تحقیقی با عنوان «نقش اخلاق حرفه‌ای در اثربخشی سازمان‌ها» به این نتیجه رسیده‌اند که ترویج اخلاق حرفه‌ای در سازمان‌ها و تعالی آن نه تنها محیطی بانشاط و مساعد برای اثربخشی سازمان‌ها می‌آفریند؛ بلکه فراتر از سازمان نقش مؤثری در جامعه دارد [۱۲].

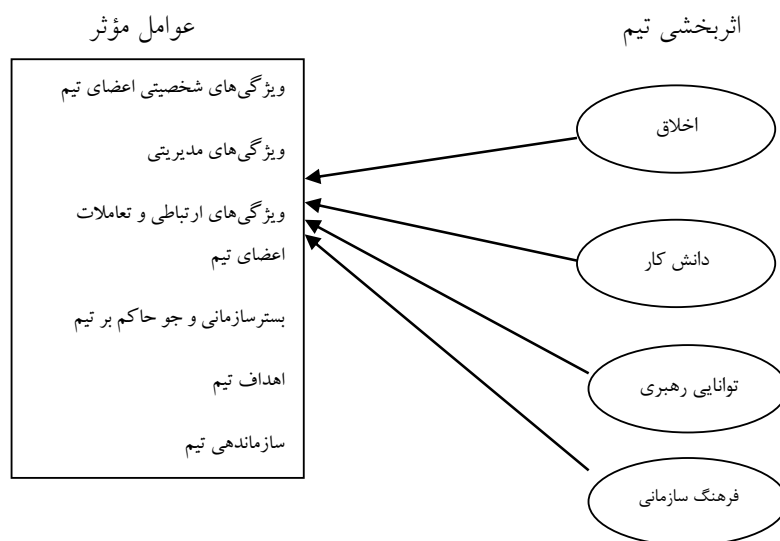
یافته‌های تحقیقات اخیر نشان داد که بین مؤلفه‌های رهبری تحول‌آفرین و اثربخشی کار تیمی رابطه مثبت وجود دارد. بنابراین می‌توان با تأکید بر مؤلفه‌های رهبری تحول‌آفرین اثربخشی کار تیمی را تقویت کرده و موجب افزایش رضایت‌مندی، توانمندی، انسجام، همکاری، تعهد و بهبود عملکرد شد [۱۳].

محققان اثرات کم و زیاد دانش قبلی را در میان گروهی از دانشجویان پزشکی بررسی کردند. آنها دریافتند که دانش قبلی اثربخشی تیم در حل یک مشکل را تحت تأثیر قرار خواهد داد. نتایج مطالعات آنها نشان داد تیم‌هایی که اعضای آن بدون دانش قبلی بودند، به یادگیری در هنگام کار نیاز داشتند. آنها در برنامه‌ریزی، تفسیر، درک و فهم آنچه که انجام می‌دادند، نظام‌مند نبودند و از سوی دیگر، اعضای با دانش قبلی درک بیشتری از وظیفه‌شان داشتند. آنها نسبت به تیم بدون دانش قبلی ساختار یافته‌تر، آگاه‌تر و هدف‌گراتر بودند [۱۴]. همچنین مطالعات نشان می‌دهند که سازمان‌ها زمانی که آمادگی و پاسخ به بحران را به جای افراد به عهده تیم مدیریت بحران می‌گذارند، موفقیت بیشتری را تجربه خواهند کرد [۱۵].

این تحقیقات تأکید می‌کنند که در هنگام وقوع بحران، ایجاد و نهادینه کردن یک مجموعه ذهنی مثبت با تیم اثربخش مدیریت بحران آغاز می‌شود.

روش تحقیق و ابزارها

پژوهش حاضر از منظر هدف، کاربردی و از نظر ماهیت تحقیق، توصیفی از نوع همبستگی است. جامعه‌ی آماری این تحقیق تیم‌های عملیاتی جمعیت هلال احمر استان کرمان در سال ۱۳۹۷ است. جامعه‌ی آماری شامل ۲۱۰ نفر است که با استفاده از فرمول کوکران حجم نمونه شامل ۱۳۵ نفر شد که به صورت



تصویر ۱: مدل مفهومی تحقیق (محقق ساخته)

درصد تجمعی	درصد	فراوانی	متغیر تحصیلات
۴/۴	۴/۴	۶	زیر دیپلم
۳۰/۴	۲۵/۹	۳۵	دیپلم
۶۳/۰	۳۲/۶	۴۴	فوق دیپلم
۹۶/۳	۳۳/۳	۴۵	لیسانس
۱۰۰/۰	۳/۷	۵	فوق لیسانس و بالاتر
	۱۰۰/۰	۱۳۵	مجموع

جدول ۳: توزیع فراوانی افراد مورد بررسی بر اساس سابقه خدمت

درصد تجمعی	درصد	فراوانی	متغیر سابقه
۳۸/۵	۳۸/۵	۵۲	کمتر از ۵ سال
۴۷/۴	۸/۹	۱۲	۵ تا ۱۰ سال
۸۳/۷	۳۶/۳	۴۹	۱۰ تا ۱۵ سال
۹۴/۸	۱۱/۱	۱۵	۱۵ تا ۲۰ سال
۱۰۰/۰	۵/۲	۷	بالاتر از ۲۰ سال
	۱۰۰/۰	۱۳۵	مجموع

جدول ۴: توزیع فراوانی افراد مورد بررسی بر اساس وضعیت درآمد

درصد تجمعی	درصد	فراوانی	متغیر درآمد
۸/۱	۸/۱	۱۱	بد
۸۴/۴	۷۶/۳	۱۰۳	متوسط
۹۸/۵	۱۴/۱	۱۹	خوب
۱۰۰/۰	۱/۵	۲	عالی
	۱۰۰/۰	۱۳۵	مجموع

تصادفی انتخاب شدند. عوامل اثرگذار بر اثربخشی تیم در شرایط بحران با استفاده از مطالعات کتابخانه‌ای و همچنین مصاحبه با اساتید و کارشناسان مربوطه تعیین شد و به منظور سنجش میزان تأثیر عوامل مؤثر بر اثربخشی تیم در شرایط بحران از پرسش‌نامه‌ی محقق ساخته‌ای استفاده شد.

۲۵ سؤال از پرسش‌نامه یادشده اثربخشی تیم را در قالب مؤلفه‌هایی مانند ویژگی‌های شخصیتی اعضای تیم، ویژگی‌های مدیریتی، ویژگی‌های ارتباطی، تعاملات اعضای تیم، بستر سازمانی و جو حاکم بر تیم، اهداف تیم و سازماندهی تیم را می‌سنجند و بخشی دیگر از سؤالات این پرسش‌نامه به بررسی مؤلفه‌هایی از قبیل فرهنگ سازمانی، رهبری، اخلاق حرفه‌ای و دانش کار می‌پردازند. پایایی پرسش‌نامه برابر با ۰,۷۹۹ بوده و روایی آن مورد تأیید کارشناسان است. در نهایت برای تحلیل داده‌ها از نرم‌افزارهای SPSS و Smart PLS2 استفاده شد.

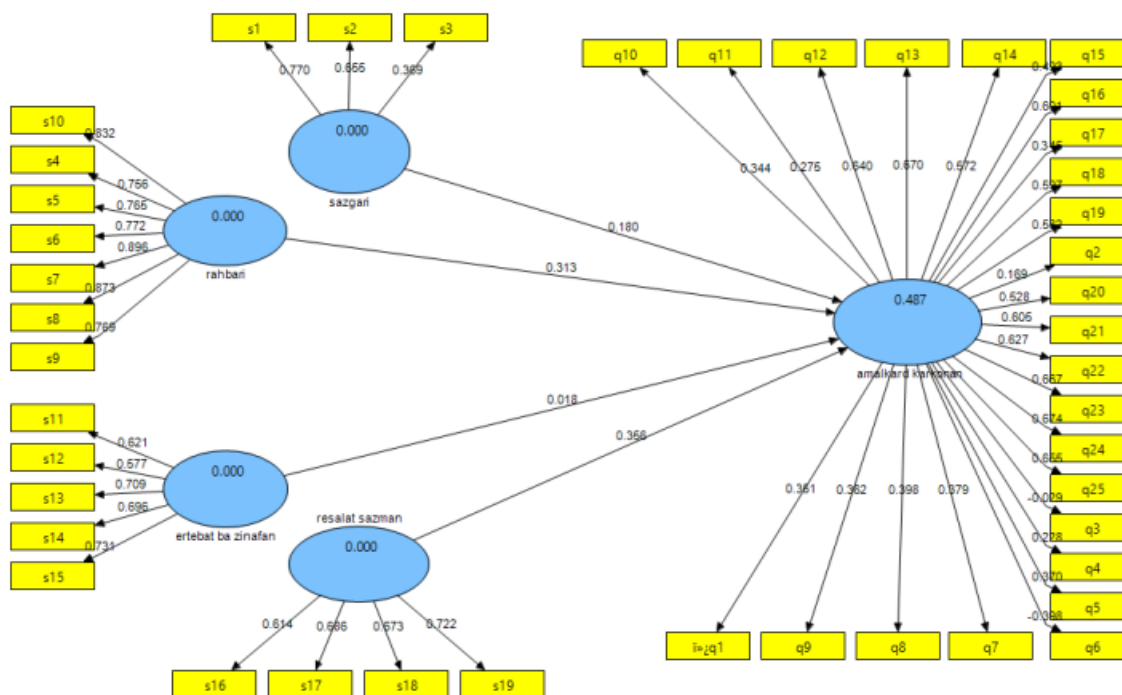
بحث و نتایج

توصیف ویژگی‌های جمعیت‌شناختی

جدول ۱: توزیع فراوانی افراد مورد بررسی بر اساس سن

درصد تجمعی	درصد	فراوانی	متغیر سن
۳۴/۱	۳۴/۱	۴۶	زیر ۳۰ سال
۸۰/۰	۴۵/۹	۶۲	۳۰ تا ۴۰ سال
۹۶/۳	۱۶/۳	۲۲	۴۰ تا ۵۰ سال
۱۰۰/۰	۳/۷	۵	۵۰ سال و بالاتر
	۱۰۰/۰	۱۳۵	مجموع

جدول ۲: توزیع فراوانی افراد مورد بررسی بر اساس میزان تحصیلات



تصویر ۲: مدل اجراشده همراه با ضرایب بارهای عاملی

جدول ۵: بارهای عاملی سؤالات متغیر اثربخشی تیم

شماره سؤال	بار عاملی	شماره سؤال	بار عاملی	شماره سؤال	بار عاملی
۱	۰/۳۵۰	۱۰	۰/۳۴۴	۱۹	۰/۵۸۲
۲	۰/۱۶۸	۱۱	۰/۲۷۵	۲۰	۰/۵۲۷
۳	-۰/۰۲۸	۱۲	۰/۶۳۹	۲۱	۰/۶۰۵
۴	۰/۲۲۴	۱۳	۰/۶۷۰	۲۲	۰/۶۲۶
۵	۰/۳۶۹	۱۴	۰/۵۷۱	۲۳	۰/۶۶۷
۶	-۰/۳۹۸	۱۵	۰/۳۹۳	۲۴	۰/۶۷۳
۷	۰/۳۷۸	۱۶	۰/۶۰۰	۲۵	۰/۶۵۵
۸	۰/۳۹۸	۱۷	۰/۳۴۵		
۹	۰/۳۶۲	۱۸	۰/۵۹۷		

بررسی فرضیه‌های تحقیق

در این قسمت برای بررسی دقیق‌تر فرضیه‌های پژوهش از رویکرد حداقل مربعات جزئی (PLS) با نرم‌افزار Smart PLS 2 استفاده شده است.

فرضیه‌های پژوهش عبارتند از:

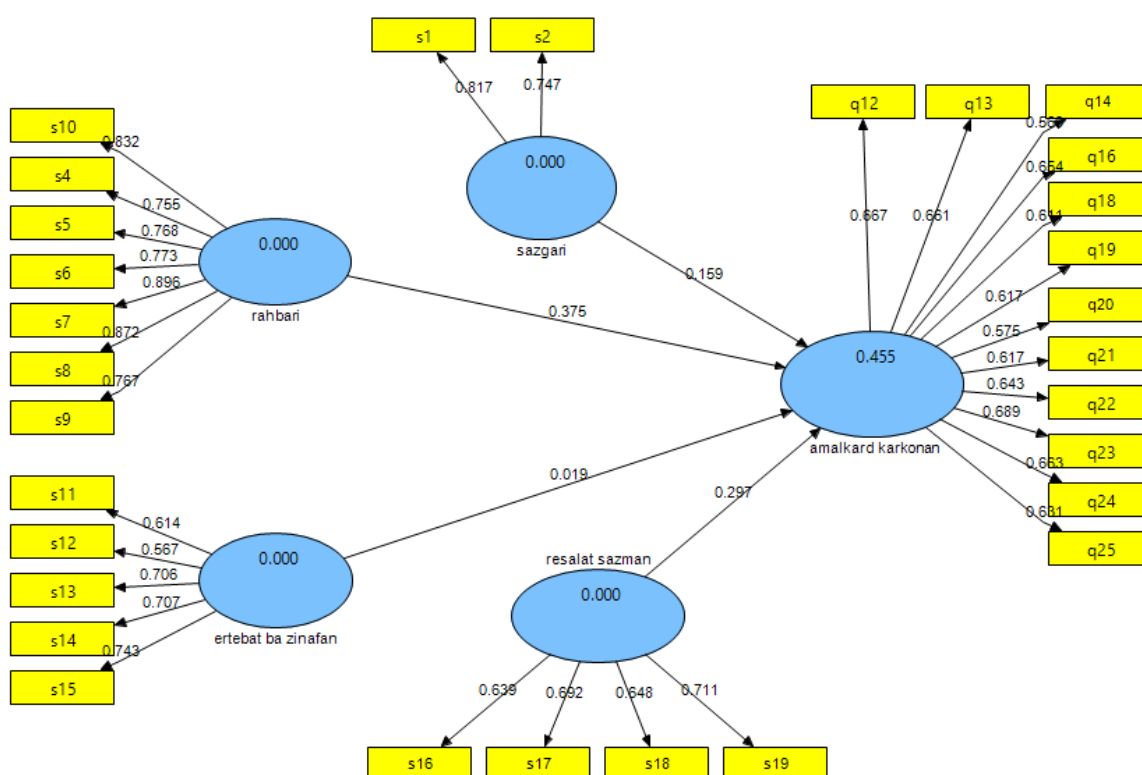
- اخلاق حرفه‌ای بر اثربخشی تیم عملیاتی جمعیت هلال احمر استان کرمان در زمان وقوع بحران اثرگذار است.
- رهبری بر اثربخشی تیم عملیاتی جمعیت هلال احمر استان کرمان در زمان وقوع بحران اثرگذار است.
- فرهنگ سازمانی بر اثربخشی تیم عملیاتی جمعیت هلال احمر استان کرمان در زمان وقوع بحران اثرگذار است.
- دانش کار بر اثربخشی تیم عملیاتی جمعیت هلال احمر استان کرمان در زمان وقوع بحران اثرگذار است.

بررسی مدل اندازه‌گیری

آزمون همگن بودن (تک بُعدی بودن): اعتبار شاخص‌ها به وسیله بارهای عاملی بررسی می‌شود که این بار عاملی باید بیشتر از ۰,۴ باشد تا بتوان آن را معتبر دانست و آن را به عنوان سؤالی که شاخص ما را می‌سجد در نظر گرفت. در صوت نبود این موضوع باید سؤالات و ابعاد نامناسب را تشخیص داد و با حذف سؤالاتی از آنها که باعث کاهش بار عاملی شده‌اند، مدل را بهبود داد. تصویر ۲ مدل اجرا شده همراه با ضرایب بارهای عاملی را نشان می‌دهد. با توجه به نتایج جدول ۵، بار عاملی سؤالات ۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۶، ۷، ۸، ۹، ۱۰، ۱۱، ۱۵ و ۱۷ از ۰,۴ کمتر شده‌اند؛ لذا از تحلیل کنار گذاشته می‌شوند و دوباره تحلیل مسیر را انجام می‌دهیم.

جدول ۶: بارهای عاملی سؤالات متغیر عوامل اثرگذار بر اثربخشی تیم

شماره سؤال	بار عاملی	شماره سؤال	بار عاملی	شماره سؤال	بار عاملی
۱	۰/۷۷۰	۸	۰/۸۷۲	۱۵	۰/۷۳۰
۲	۰/۶۵۵	۹	۰/۷۶۹	۱۶	۰/۶۱۳
۳	۰/۳۶۹	۱۰	۰/۸۳۲	۱۷	۰/۶۸۶
۴	۰/۷۵۵	۱۱	۰/۶۲۱	۱۸	۰/۶۷۲
۵	۰/۷۶۵	۱۲	۰/۵۷۷	۱۹	۰/۷۲۱
۶	۰/۷۷۱	۱۳	۰/۷۰۸		
۷	۰/۸۹۶	۱۴	۰/۶۹۵		



تصویر ۳: مدل اجراشده همراه با ضرایب بارهای عاملی بعد از حذف بارهای عاملی کمتر از ۰,۴

جدول ۷: مقادیر پایایی ترکیبی برای متغیرهای مورد بررسی

متغیر	پایایی ترکیبی
اثربخشی تیم	۰/۸۸۹
فرهنگ سازمانی	۰/۷۵۹
رهبری	۰/۹۳۰
دانش کار	۰/۸۰۱
اخلاق حرفه‌ای	۰/۷۶۸
مقدار قابل قبول	≥ ۰,۷

با توجه به نتایج جدول ۶ بار عاملی سؤال ۳ از ۰,۴ کمتر شده؛ بنابراین از تحلیل کنار گذاشته می‌شود و دوباره تحلیل مسیر را انجام می‌دهیم.

پایایی مدل

برای سنجش پایایی مدل‌های اندازه‌گیری از شاخص CR پایایی ترکیبی استفاده می‌شود. پایایی ترکیبی متغیرهای تحقیق از ۰,۷ بیشتر است که نشان‌دهنده پایایی مناسب متغیرهای تحقیق است.

جدول ۸: معناداری بارهای عاملی سؤال‌های متغیر اثربخشی تیم

شماره سؤال	معناداری (t-value)	شماره سؤال	معناداری (t-value)	شماره سؤال	معناداری (t-value)
۱۲	۸/۳۳۷	۱۸	۹/۵۲۸	۲۲	۷/۹۷۱
۱۳	۷/۶۹۸	۱۹	۶/۳۸۸	۲۳	۱۱/۰۵۷
۱۴	۴/۸۷۶	۲۰	۷/۱۹۰	۲۴	۹/۴۹۲
۱۶	۹/۵۱۴	۲۱	۸/۶۱۵	۲۵	۹/۶۴۴

جدول ۹: معناداری بارهای عاملی سؤال‌های متغیر عوامل اثرگذار بر اثربخشی تیم

شماره سؤال	معناداری (t-value)	شماره سؤال	معناداری (t-value)	شماره سؤال	معناداری (t-value)
۱	۷/۹۹۹	۸	۲۶/۱۱۵	۱۴	۸/۰۸۰
۲	۵/۳۵۴	۹	۱۶/۸۹۴	۱۵	۱۰/۴۸۱
۴	۱۲/۰۱۷	۱۰	۱۹/۱۳۸	۱۶	۹/۱۳۲
۵	۱۰/۸۹۵	۱۱	۵/۹۱۰	۱۷	۸/۷۹۸
۶	۱۶/۰۳۴	۱۲	۵/۲۰۷	۱۸	۶/۷۸۰
۷	۴۳/۵۲۲	۱۳	۸/۸۱۲	۱۹	۷/۹۶۷

بررسی روایی سازه مدل: بررسی روایی مدل خود شامل دو بخش AVE (روایی همگرا) و روایی واگراست. روایی همگرا که به بررسی میزان همبستگی هر سازه با سؤالات (شاخص‌ها) خود می‌پردازد.

بررسی روایی همگرا: برای داشتن روایی همگرا باید شروط زیر برقرار باشد:

شرط ۱- تمام بارهای عاملی باید از نظر آماری معنادار باشند (یعنی مقدار در بازه ۱,۹۶ تا ۱,۹۶- نباشد).
با توجه به نتایج جدول ۸ بار عاملی همه سؤالات معنادار است؛ لذا شرط اول برای متغیر اثربخشی تیم برقرار است.
با توجه به نتایج جدول ۹ بار عاملی همه سؤالات معنادار است؛ بنابراین شرط اول برای متغیر عوامل اثرگذار بر اثربخشی تیم برقرار است.

جدول ۱۰: بررسی مقدار واریانس استخراجی برای متغیرهای مورد بررسی

متغیر	AVE
اثربخشی تیم	۰/۴۰۱
فرهنگ سازمانی	۰/۶۱۲
رهبری	۰/۶۵۷
دانش کار	۰/۴۴۹
اخلاق حرفه‌ای	۰/۴۵۳
مقدار قابل قبول	≥ ۰,۴

شرط ۲- مقدار میانگین واریانس استخراجی بالای ۰,۴ باشد.
با توجه به نتایج جدول ۱۰ شرط دوم نیز برقرار است.
شرط ۳- مقدار پایایی ترکیبی باید از مقدار میانگین واریانس استخراجی بیشتر باشد ($CR > AVE$).

با توجه به نتایج جدول ۱۱ شرط سوم نیز برقرار است؛ بنابراین می‌توان گفت مدل دارای روایی همگراست.

بررسی روایی واگرا: روایی واگرای سازه از طریق دو آزمون سنجیده می‌شود:

آزمون بارهای عرضی: در جدول بارهای عرضی (CROSS LOADING) بار عاملی هر سؤال باید حداقل به مقدار ۰,۱ از بار عاملی موجود در همان سطر بیشتر باشد.
با توجه به نتایج جدول ۱۲ می‌توان گفت سازه مدل از نظر بارهای عرضی دارای روایی واگراست.

جدول ۱۱: مقدار میانگین واریانس استخراجی > مقدار پایایی ترکیبی

متغیرها	AVE	CR	CR>AVE
اثربخشی تیم	۰/۴۰۱	۰/۸۸۹	برقرار است
فرهنگ سازمانی	۰/۶۱۲	۰/۷۵۹	برقرار است
رهبری	۰/۶۵۷	۰/۹۳۰	برقرار است
دانش کار	۰/۴۴۹	۰/۸۰۱	برقرار است
اخلاق حرفه‌ای	۰/۴۵۳	۰/۷۶۸	برقرار است

جدول ۱۲: بارهای عرضی

اخلاق حرفه‌ای	دانش کار	رهبری	فرهنگ سازمانی	اثربخشی تیم	
۰.۳۱۶۹۹۳	۰.۱۶۸۶۴۷	۰.۳۲۱۰۱۰	۰.۲۲۱۳۵۴	۰.۶۶۶۷۰۸	۱۲
۰.۴۳۵۶۱۸	۰.۲۷۲۶۵۷	۰.۲۶۴۶۹۶	۰.۳۷۱۱۰۱	۰.۶۶۱۲۷۷	۱۳
۰.۲۷۷۹۰۹	۰.۲۰۸۴۸۲	۰.۲۰۰۵۳۸	۰.۱۲۸۴۸۱	۰.۵۶۸۸۹۳	۱۴
۰.۲۵۵۸۳۹	۰.۲۱۴۳۵۰	۰.۳۳۷۹۱۲	۰.۲۰۳۹۵۰	۰.۶۵۳۵۰۱	۱۶
۰.۳۷۹۸۰۷	۰.۲۲۷۷۲۷	۰.۴۰۰۰۶۹	۰.۳۱۰۲۸۹	۰.۶۱۰۹۴۴	۱۸
۰.۳۵۶۷۱۹	۰.۳۴۸۲۲۲	۰.۴۵۳۴۹۰	۰.۲۲۲۴۶۵	۰.۶۱۷۰۱۲	۱۹
۰.۳۷۴۱۸۴	۰.۴۶۶۹۸۲	۰.۴۸۶۳۳۹	۰.۲۶۴۳۶۴	۰.۵۷۴۸۴۷	۲۰
۰.۳۷۰۴۴۸	۰.۱۶۵۹۶۸	۰.۱۶۲۳۶۱	۰.۲۶۲۴۵۶	۰.۶۱۷۲۷۰	۲۱
۰.۳۴۲۷۲۵	۰.۲۰۴۸۶۶	۰.۴۵۸۸۴۳	۰.۲۵۰۴۸۲	۰.۶۴۲۶۷۲	۲۲
۰.۳۱۴۹۹۸	۰.۳۴۶۷۹۰	۰.۵۵۵۷۶۶	۰.۱۷۷۰۵۳	۰.۶۸۹۱۲۲	۲۳
۰.۳۳۵۸۳۸	۰.۳۵۴۸۹۲	۰.۳۵۲۶۱۴	۰.۱۸۵۱۰۵	۰.۶۶۳۱۳۰	۲۴
۰.۴۳۴۴۴۸	۰.۳۰۳۲۷۸	۰.۲۷۴۸۸۲	۰.۲۳۳۹۶۵	۰.۶۳۰۶۵۳	۲۵
۰.۲۷۳۹۵۵	۰.۲۸۳۴۴۴	۰.۲۵۷۱۶۹	۰.۸۱۷۰۴۸	۰.۳۱۶۵۵۷	۱
۰.۲۴۱۹۹۲	۰.۳۳۳۱۲۲	۰.۲۱۶۴۳۸	۰.۷۴۷۱۷۴	۰.۲۷۴۶۱۷	۲
۰.۲۷۸۱۶۰	۰.۲۴۱۱۷۶	۰.۷۵۵۰۳۵	۰.۲۲۴۹۷۲	۰.۵۲۹۳۳۱	۴
۰.۲۴۹۰۸۸	۰.۲۴۱۸۷۳	۰.۷۶۷۹۳۶	۰.۲۲۴۴۰۸	۰.۴۱۰۰۹۵	۵
۰.۳۶۷۹۹۴	۰.۴۴۵۵۵۴	۰.۷۷۳۱۹۳	۰.۱۷۲۳۶۴	۰.۴۸۴۶۹۷	۶
۰.۵۳۱۵۲۳	۰.۴۶۴۳۰۵	۰.۸۹۵۸۶۱	۰.۳۴۱۹۴۲	۰.۵۴۸۹۸۹	۷
۰.۵۸۹۸۵۴	۰.۵۵۰۵۹۰	۰.۸۷۱۵۲۲	۰.۲۵۵۷۱۴	۰.۴۷۹۰۸۱	۸
۰.۴۹۳۸۲۳	۰.۴۳۶۴۳۲	۰.۷۶۷۴۱۴	۰.۱۸۸۸۵۵	۰.۳۷۰۳۳۶	۹
۰.۴۴۷۸۵۶	۰.۴۴۳۸۶۹	۰.۸۳۲۳۰۷	۰.۲۹۱۹۲۳	۰.۴۶۹۵۱۱	۱۰
۰.۳۲۴۱۰۰	۰.۶۱۳۹۰۲	۰.۴۲۲۷۶۷	۰.۳۸۰۹۸۲	۰.۴۲۷۲۷۰	۱۱
۰.۴۱۰۸۰۲	۰.۵۶۶۶۷۴	۰.۲۹۰۷۳۴	۰.۲۸۹۵۲۴	۰.۱۷۷۴۹۰	۱۲
۰.۳۵۳۰۱۸	۰.۷۰۶۰۳۳	۰.۲۲۳۹۰۷	۰.۰۴۸۰۷۴	۰.۲۵۶۸۶۷	۱۳
۰.۴۷۳۶۳۳	۰.۷۰۶۷۲۴	۰.۳۱۲۹۸۶	۰.۱۹۴۲۰۲	۰.۲۳۰۸۲۲	۱۴
۰.۴۹۸۹۲۵	۰.۷۴۳۰۷۶	۰.۳۳۳۶۲۸	۰.۳۰۹۰۵۹	۰.۲۶۶۸۹۵	۱۵
۰.۶۳۹۴۹۱	۰.۳۱۶۹۹۴	۰.۴۳۸۴۶۰	۰.۳۶۶۴۰۵	۰.۳۷۸۹۲۴	۱۶
۰.۶۹۲۲۸۷	۰.۵۶۱۹۳۸	۰.۴۲۴۶۰۳	۰.۲۰۸۴۹۷	۰.۴۴۸۹۷۲	۱۷
۰.۶۴۸۳۲۴	۰.۳۲۲۵۲۶	۰.۲۱۴۱۴۳	۰.۱۳۱۵۲۸	۰.۳۴۲۵۰۲	۱۸
۰.۷۱۰۶۴۸	۰.۳۶۹۳۳۸	۰.۲۸۲۵۵۸	۰.۱۶۰۴۸۷	۰.۲۸۹۶۷۱	۱۹

جدول ۱۳: بررسی روایی و اگر از طریق آزمون فورنل و لاکر

متغیر	عملکرد کارکنان	ارتباط با ذینفعان	رهبری	رسالت سازمان	سازگاری
اثربخشی تیم	۰/۶۳۳				
فرهنگ سازمانی	۰/۴۴۶	۰/۶۷۰			
رهبری	۰/۵۸۷	۰/۴۹۸	۰/۸۱۰		
دانش کار	۰/۵۵۶	۰/۶۰۱	۰/۵۲۱	۰/۶۷۳	
اخلاق حرفه‌ای	۰/۳۷۸	۰/۳۹۰	۰/۳۰۳	۰/۳۳۰	۰/۷۸۲

محاسبه شده که در سطح خوبی بوده و نشان برازش مناسب مدل ساختاری است.

معیار اندازه تأثیر f^2 : به کمک این معیار می‌توان میزان اندازه اثر یک متغیر برون‌زا را بر روی یک متغیر درون‌زا در مدل معادلات ساختاری اندازه‌گیری کرد. کوهن برای آن معیار به ترتیب سه مقدار ۰,۰۲، ۰,۱۵ و ۰,۳۵ را برای میزان اثر ضعیف، متوسط و قوی بیان کرد.

جدول ۱۵: معیار اندازه تأثیر F^2

متغیر	F^2	شدت
اخلاق حرفه‌ای	۰/۰۳۱	ضعیف
رهبری	۰/۱۵۹	خوب
فرهنگ سازمانی	۰/۰۰۰	ندارد
دانش کار	۰/۰۶۲	متوسط

معیار ارتباط پیش‌بین Q^2 (Stone-Geisser Criterion): این معیار قدرت پیش‌بینی مدل را مشخص می‌سازد. به اعتقاد آنها مدل‌هایی که دارای برازش بخش ساختاری قابل قبول هستند، باید قابلیت پیش‌بینی شاخص‌های مربوط به سازه‌های درون‌زای مدل را داشته باشند. بدین معنی که اگر در یک مدل روابط بین سازه‌ها به درستی تعریف شده باشند، سازه‌ها قادر خواهند بود تا تأثیر کافی بر شاخص‌های یکدیگر گذاشته و از این راه فرضیه‌ها به درستی تأیید شوند. در صورتی که مقدار Q^2 در مورد یک سازه درون‌زا صفر و یا کمتر از صفر شود، روابط بین سازه‌های دیگر مدل و آن سازه درون‌زا به خوبی تبیین نشده و در نتیجه مدل نیاز به اصلاح دارد.

نتایج بررسی فرضیه‌ها

فرضیه اول تحقیق: اخلاق حرفه‌ای بر اثربخشی تیم عملیاتی جمعیت هلال احمر استان کرمان در زمان وقوع بحران اثرگذار است.

ضریب معنی‌داری مسیر بین متغیرهای اخلاق حرفه‌ای و اثربخشی تیم ۰,۰۵۵ است، (طبق قاعده خطای پنج درصد در ناحیه رد فرض صفر برای مقادیر خارج بازه ۱,۹۶ تا -۱,۹۶ هر پارامتر مدل) که بزرگ‌تر از ۱,۹۶ برآورد شده است. بنابراین می‌توان بیان کرد که فرض تحقیق با ۹۵ درصد اطمینان تأیید می‌شود و با توجه به مثبت بودن ضریب مسیر (۰/۱۵۹) می‌توان گفت اخلاق حرفه‌ای بر اثربخشی تیم در شرایط بحران تأثیر مثبت دارد.

آزمون فورنل و لاکر: روش فورنل و لاکر ماتریسی به ما می‌دهد که باید مقادیر همبستگی روی قطر اصلی آن از خانه‌های زیرین آن بیشتر باشد که نشان دهنده این است که سازه‌ها (متغیرهای مکنون) در مدل تعامل بیشتری با شاخص‌های خود دارند تا با سازه‌های دیگر. نتایج حاکی از روایی همگرا و روایی و اگر مناسب مدل را نشان می‌دهد؛ بنابراین مدل دارای روایی سازه است.

آزمون کیفیت مدل اندازه‌گیری

این آزمون بیان می‌کند که تا چه میزان سؤالات مربوط به هر یک از متغیرهای تحقیق توانسته‌اند متغیر متناظرشان را در یک مدل اندازه‌گیری اندازه بگیرند. این شاخص با توجه به سه مقدار ۰,۰۲، ۰,۱۵، ۰,۳۵ که به ترتیب بیانگر مقدار ضعیف، متوسط و قوی هستند سنجیده می‌شود.

جدول ۱۴: کیفیت مدل اندازه‌گیری

متغیرها	1-SSE/SSO	شدت
اثربخشی تیم	۰/۴۰۰	قوی
فرهنگ سازمانی	۰/۴۵۱	قوی
رهبری	۰/۶۵۷	قوی
دانش کار	۰/۴۵۳	قوی
اخلاق حرفه‌ای	۰/۵۰۵	قوی

با توجه به جدول ۱۰ دیده می‌شود مقادیر به دست آمده برای آزمون کیفیت مدل اندازه‌گیری در سطح قوی است؛ بنابراین سؤالات مربوط به هر یک از متغیرهای تحقیق توانسته‌اند متغیر متناظرشان را در مدل اندازه‌گیری به خوبی اندازه بگیرند.

بررسی مدل ساختاری

معیار R^2 یا R Squares: دومین معیار برای بررسی برازش مدل ساختاری در این پژوهش ضرایب R^2 مربوط به متغیرهای پنهان درون‌زای (وابسته) مدل است. R^2 معیاری است که نشان از تأثیر متغیر برون‌زا بر متغیر درون‌زا دارد و سه مقدار ۰,۱۹، ۰,۳۳ و ۰,۶۷ به عنوان مقدار ملاک برای مقادیر ضعیف، متوسط و قوی R^2 در نظر گرفته می‌شود. معیار R^2 در واقع بدین معنی است که متغیرهای مستقل تا چند درصد توانسته‌اند رفتار متغیر وابسته را پیش‌بینی کنند. مقدار R^2 برای متغیر عملکرد کارکنان ۰,۴۵۴

جدول ۱۶: اثرات مستقیم، آماره و نتیجه فرضیه اول پژوهش

فرضیه تحقیق	ضریب مسیر (β)	آماره t	نتیجه فرضیه محقق
اخلاق حرفه‌ای ← اثربخشی تیم	۰/۱۵۹	۲/۰۵۵	تأیید می‌شود

جدول ۱۷: اثرات مستقیم، آماره و نتیجه فرضیه دوم پژوهش

فرضیه تحقیق	ضریب مسیر (β)	آماره t	نتیجه فرضیه محقق
رهبری ← اثربخشی تیم	۰/۳۷۵	۳/۶۰۹	تأیید می‌شود

جدول ۱۸: اثرات مستقیم، آماره و نتیجه فرضیه سوم پژوهش

فرضیه تحقیق	ضریب مسیر (β)	آماره t	نتیجه فرضیه محقق
فرهنگ سازمانی ← اثربخشی تیم	۰/۰۱۹	۰/۲۴۴	رد می‌شود

جدول ۱۹: اثرات مستقیم، آماره و نتیجه فرضیه چهارم پژوهش

فرضیه تحقیق	ضریب مسیر (β)	آماره t	نتیجه فرضیه محقق
دانش کار ← اثربخشی تیم	۰/۲۹۷	۳/۵۹۴	تأیید می‌شود

بودن ضریب مسیر (۰/۲۹۷) می‌توان گفت دانش کار بر اثربخشی تیم در شرایط بحران تأثیر مثبت دارد.

نتیجه گیری

این تحقیق با هدف بررسی تأثیر عوامل اثرگذار بر اثربخشی تیم‌های عملیاتی جمعیت هلال احمر استان کرمان در زمان وقوع بحران در سال ۱۳۹۷ انجام گرفت. در این پژوهش ابتدا مؤلفه‌ها و متغیرهای اصلی شناسایی شد و سپس بر اساس آن پرسش‌نامه‌ای تهیه شد و در اختیار جامعه آماری قرار داده شد. بر اساس مطالعات انجام شده عوامل مؤثر بر اثربخشی تیم شامل اخلاق حرفه‌ای، رهبری، فرهنگ سازمانی و دانش کار تعیین شدند که متغیرهای مستقل این پژوهش را تشکیل دادند. با توجه به نتایج حاصل از یافته‌های تحقیق از میان متغیرهای مورد آزمون مشخص شد که متغیر اخلاق حرفه‌ای بر اثربخشی تیم جمعیت هلال احمر استان کرمان در زمان وقوع بحران تأثیرگذار است. محققان در این باره به نقش اخلاق حرفه‌ای در توسعه سازمان تأکید داشته‌اند [۱۲].

سبک رهبری هم بر اثربخشی تیم تأثیر مثبت داشت که این نتیجه تا حدودی با نتایج تحقیقات گذشته که نشان دادند رهبران می‌توانند بر یادگیری افراد سازمان و عملکرد سازمانی تأثیر مثبت بگذارند همخوانی دارد [۱۳، ۱۱]. برای اثربخشی تیم‌های سازمانی در شرایط بحرانی رهبران باید ابتدا درک درستی از پویایی تیم داشته باشند و سپس رهبر تیم باید از این موضوع اطمینان حاصل کند که اعضای تیمش از مهارت‌ها و توانایی‌های لازم برای انجام کارهای محوله و دستیابی به چشم‌انداز مورد نظر برخوردار هستند.

فرضیه دوم تحقیق: رهبری بر اثربخشی تیم عملیاتی جمعیت هلال احمر استان کرمان در زمان وقوع بحران اثرگذار است.

ضریب معنی‌داری مسیر میان متغیرهای رهبری و اثربخشی تیم ۰/۳۷۵ است (طبق قاعده خطای پنج در صد در ناحیه رد فرض صفر برای مقادیر خارج بازه ۱/۹۶ تا ۱/۹۶- هر پارامتر مدل) که بزرگ‌تر از ۱/۹۶ برآورد شده است. بنابراین می‌توان بیان کرد که فرض تحقیق با ۹۵ درصد اطمینان تأیید می‌شود و با توجه به مثبت بودن ضریب مسیر (۰/۳۷۵) می‌توان گفت رهبری بر اثربخشی تیم در شرایط بحران تأثیر مثبت دارد.

فرضیه سوم تحقیق: فرهنگ سازمانی بر اثربخشی تیم عملیاتی جمعیت هلال احمر استان کرمان در زمان وقوع بحران اثرگذار است. ضریب معنی‌داری مسیر میان متغیرهای فرهنگ سازمانی بر اثربخشی تیم ۰/۲۴۴ است (طبق قاعده خطای پنج در صد در ناحیه رد فرض صفر برای مقادیر خارج بازه ۱/۹۶ تا ۱/۹۶- هر پارامتر مدل) که کوچک‌تر از ۱/۹۶ برآورد شده است. بنابراین می‌توان بیان کرد که فرض تحقیق با ۹۵ درصد اطمینان رد می‌شود و فرهنگ سازمانی بر اثربخشی تیم در زمان بحران تأثیر ندارد.

فرضیه چهارم تحقیق: دانش کار بر اثربخشی تیم عملیاتی جمعیت هلال احمر استان کرمان در زمان وقوع بحران اثرگذار است.

ضریب معنی‌داری مسیر میان متغیرهای دانش کار و اثربخشی تیم ۰/۲۹۷ است (طبق قاعده خطای پنج در صد در ناحیه رد فرض صفر برای مقادیر خارج بازه ۱/۹۶ تا ۱/۹۶- هر پارامتر مدل) که بزرگ‌تر از ۱/۹۶ برآورد شده است. لذا می‌توان بیان کرد که فرض تحقیق با ۹۵ درصد اطمینان تأیید می‌شود و با توجه به مثبت

منابع

1. Barton, Allen H (1969). *Communities in Disaster. A Sociological Analysis of Collective Stress Situations*. Garden City, NY: Doubleday
2. Mullen, M.R, Budeva, D.G., and Doney, P.M. (2009). Research methods in the leading small business-entrepreneurship journals: A critical review with recommendations for future research. *Journal of Small Business Management*, 47, pp. 287-307.
3. Pauchant, T; Mitroff, I (1992). *Transforming the Crisis Prone Organization* San francisco, *Gossey- Bass*.
۴. جواهری کامل، مهدی؛ کوثر نشان، محمد رضا (۱۳۸۸). بررسی رابطه بین رهبری و فعالیت‌های سازمان‌های یادگیرنده و رضایت شغلی کارکنان. دو ماهنامه توسعه انسانی پلیس، سال ششم، شماره ۲۵، صص ۳۲-۱۹.
5. Larson, J. H. & Holman, T. B. (1994). Predictors of marital quality and stability. *Family Relations*, 43(2), pp. 228-237
6. Huu Hai, D; Do, H.H; Nguyen Minh, H(2018). The influence of Corporate Culture on Employee Commitment, *Studies in Computational Intelligence*, V760
۷. موسوی، محمد؛ عربشاهی کیزی، احمد (۱۳۹۳). رابطه اخلاق با تعالی سازمانی، اخلاق در علوم و فناوری، سال نهم، شماره ۲، صص ۹۶-۸۶.
۸. شریف زاده، فتاح؛ بازاریار، امین؛ تیرجو، اختر (۱۳۹۲). تأثیر فرهنگ سازمانی و اخلاق حرفه‌ای بر اثربخشی سازمانی، مدیریت سازمان‌های دولتی، سال دوم، شماره ۵، صص ۱۵-۹.
۹. رضایی دولت آبادی، حسین؛ خزائی پول، جواد؛ کیلاشکی، جعفر؛ امانی، مجتبی؛ وریج کاظمی، رضا (۱۳۹۲). طراحی مدل تأثیر گذاری فرهنگ سازمانی بر تسهیم دانش و ایجاد چابکی در مهار شرایط بحرانی سوانح آتی با رویکرد پدافند غیرعامل، مدیریت بحران، دوره دوم، شماره ۱، صص ۶۷-۵۹.
۱۰. چهارسوقی، امین حامد؛ شیری، شهناز؛ نوری همایون؛ تردست، حسن (۱۳۹۳). عوامل مؤثر بر اثربخشی تیم‌های امداد و نجات استان ایلام، امداد و نجات، سال ششم، شماره، صص ۴۶-۳۲.
۱۱. یعقوبی، نورمحمد؛ جودزاده، همتا؛ نامور، افسانه؛ محمدزاده بهاآبادی، قاطمه (۱۳۹۳). بررسی نقش رهبری تحول‌آفرین بر عملکرد کارکنان، سومین همایش ملی سالیانه علوم مدیریت نوین، گرگان.
۱۲. درویش، منصوره؛ محمدی، معصومه (۱۳۹۴). نقش اخلاق حرفه‌ای در اثربخشی سازمان‌ها، کنفرانس بین المللی مدیریت چالش‌ها و راهکارها، شیراز.
۱۳. محمدی‌ها، فریده (۱۳۹۴). بررسی ارتباط رهبری تغییر و تحول و اثربخشی کار تیمی مورد مطالعه: (تیم‌های ورزشی آقایان در ورزشگاه‌های شهر قزوین)، چهارمین کنفرانس ملی مدیریت و حسابداری.
14. Hmelo-Silver, C. E; Duncan, R. G; Chinn, C. A. (2007). Scaffolding and achievement in problem-

رهبران این کار را با دادن و گرفتن بازخورد به طور منظم و با آموزش و هدایت افراد برای بهبود عملکرد فردی و تیمی انجام می‌دهند. همچنین نتایج تحقیق نشان داد که دانش کار بر اثربخشی تیم عملیاتی جمعیت هلال احمر تأثیر مثبت دارد. تحصیل و یادگیری هر دو پیش از اشتغال آغاز می‌شوند و نقش مهمی در موفقیت افراد شاغل ایفا می‌کنند. این نتیجه با نتایج تحقیقات پژوهشگران اخیر که نشان دادند دانش قبلی اثربخشی تیم در حل یک مشکل را تحت تأثیر قرار خواهد داد، هم‌راستا است [۱۴].

در این تحقیق فرهنگ سازمانی بر اثربخشی تیم در شرایط بحرانی تأثیری نداشت؛ در حالی که نتایج مطالعات گذشته حاکی از آن است که فرهنگ سازمانی تأثیر بسزایی در مهار شرایط بحرانی و ایجاد چابکی در مقابله با سوانح آتی دارند [۸].

علت این امر می‌تواند شرایط خاص بحران و یا شرایط پاسخگویان با توجه به تجارب قبلی آنها در شرایط بحرانی باشد؛ در حالی که در تحقیقات قبلی اولاً شرایط بحرانی حاکم نبوده و ثانیاً افراد پاسخگو کارکنان و کارمندان عادی سازمانی بوده‌اند. با توجه به نتایج بالا پیشنهاد می‌شود:

- با توجه به نقش مؤثر دانش شغلی بر اثربخشی تیم‌ها در شرایط بحرانی پیشنهاد می‌شود که کارکنان سازمان‌های متولی بحران همچون هلال احمر با شرکت در کلاس‌های آموزشی در یک محیط کاملاً ساختاریافته از دیدگاه کارشناسان بهره‌برده و ضمن پی بردن به نقاط ضعف خود، دانش، توانایی و مهارت خود را افزایش داده و با پشتکار خود نقص‌های موجود را برطرف کنند.
- با توجه به تأثیر نقش رهبری بر اثربخشی تیم می‌توان پیشنهاد داد که رهبران تیم در سازمان‌ها باید برای اعضای خود وقت گذاشته تا با اهداف شخصی هر فرد آشنا شوند، پتانسیل‌های آنان را بشناسند و همچنین از نیازهای آنها برای توسعه مهارت‌هایشان آگاهی یابند. از طرفی رهبران باید بگویند که برنامه توسعه حرفه‌ای تیمشان را با تخصیص وقت، زمان و هزینه‌های لازم حمایت کنند.

در سازمان‌های مردم‌نهاد و داوطلبانه که اساس آنها پرداختن به یک دغدغه جمعی است، ایجاد شور و اشتیاق در گروه از کلیدی‌ترین عوامل موفقیت رهبر سازمان است. پیشنهاد می‌شود رهبران تیمی از بهترین‌ها درست کرده و کمک کنند تا تیمی از فوق‌العاده‌ها شوند و در تحلیل اشتباهات گروه به جای آنکه بر پیدا کردن مقصر متمرکز شوند، به ساختار و سیستمی که باعث بروز آن مشکل شده توجه کنند.

درباره رعایت اخلاق حرفه‌ای در سازمان‌ها که از عوامل مؤثر در اثربخشی تیم‌های سازمانی در شرایط بحرانی است، پیشنهاد می‌شود که تیم‌های عملیاتی به مواردی از جمله راستگویی، راستی در عمل، وفاداری، یکرنگی، صمیمیت، خلوص، صراحت در ارتباطات و... توجه کنند. این ویژگی برای کارفرمایان و همکاران اهمیت بسیاری دارد و می‌تواند موجب جلب اعتماد و افزایش ارزش کارکنان در نظر آنها شود.

based and inquiry learning: A response to Kirschner, Sweller, and Clark, *Educational Psychologist*, 42, pp. 99-107

15. Pearson, C.M; Clair, J.A(1998). Reframing Crisis Management, *Academy of Management Review*, 23, pp. 59-76.

ارائه الگویی برای تدوین و بازنمایی نقشه دانش یک واحد پژوهشی در شرایط بحرانی با رویکرد شناسایی مهارت‌ها و تخصص‌ها

محمد رضا زاهدی*: استادیار مجتمع دانشگاهی مدیریت و مهندسی صنایع، دانشگاه صنعتی مالک اشتر zahedy182@yahoo.com

مسعود دارابی: دکتری جامعه‌شناسی، محقق دانشگاه صنعتی مالک اشتر

محمد فرسی: کارشناس ارشد مدیریت، دانشگاه صنعتی مالک اشتر

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۹/۲۵

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۹/۲۶

چکیده

این مقاله به ارائه الگویی برای تدوین و بازنمایی نقشه دانش یک واحد پژوهشی در شرایط بحرانی با رویکرد شناسایی مهارت‌ها و تخصص‌ها می‌پردازد. برای این کار مباحثی مانند تعاریف نقشه دانش و انواع آن، علت ترسیم نقشه دانش و اصول کلیدی ترسیم آن، طبقه‌بندی نقشه‌های دانش، مزایا و معایب این‌گونه نقشه‌ها و موردکاوی‌های انجام شده بررسی شدند. سپس با تحلیل نقاط قوت و ضعف موردکاوی‌های یادشده، یک الگوی شش مرحله‌ای برای بازنمایی نقشه دانش در یک واحد تحقیقاتی ارائه شد که شامل شش گام ۱. تعیین حوزه دانشی ۲. شناسایی سرپرستان و مدیران عملیاتی ۳. استخراج روابط بین کارکنان و همچنین فرادانش مربوط به افراد ۴. استخراج اطلاعات و دانش افراد ۵. ترسیم نقشه دانش و ۶. فراهم کردن مکانیسم روزآمدسازی و تحلیل نقاط قوت و ضعف است.

کلمات کلیدی: شرایط بحرانی، نقشه دانش، الگوی نقشه دانش، بازنمایی نقشه دانش، نقشه سرمایه دانش

Presenting a Model for the Formation and Representation of a Knowledge Map of a Research Unit under Critical Conditions Skills and expertise recognition approach

Mohammad Reza Zahedi^{*1}, Masoud Darabi², mohammad forsi³

Abstract

This paper presents a model for designing and representing a knowledge unit of a research unit in critical situations with a skill recognition and expertise approach. To do this, topics such as definitions of the map of knowledge and its types, the reason for mapping knowledge and its key principles of drawing, classification of knowledge maps, the advantages and disadvantages of such maps and case studies were studied. Then, by analyzing the strengths and weaknesses of the aforesaid, a six-step model was presented for representing the knowledge map in a research unit that consists of six steps: 1. identifying the field of knowledge. 2. Identifying supervisors and operational managers. 3. Extracting relationships between employees and also, meta-knowledge about people. 4. Extracting information and knowledge of people. 5. Drawing up knowledge map. 6. Providing mechanism for updating and analyzing strengths and weaknesses. The validation of the model was carried out in the form of a question from the experts familiar with the basics of knowledge management and crisis management, including 9 sample samples available.

Key Word: Critical Situation, Knowledge Map, Knowledge Mapping Pattern, Knowledge Map Representation, Knowledge Capital Map

1. Maklek Ashtar University of Technology, Email: zahedy182@yahoo.com

2. Malek ashtar university of technology

3. Maklek Ashtar University of Technology MA of management

مقدمه

امروزه توجه به سرمایه‌های فکری در سازمان و ایجاد حافظه سازمانی برای انعطاف‌پذیری و سازگاری هرچه سریع‌تر در مواجهه با تغییرات و در نهایت تبدیل شدن به سازمان یادگیرنده از عواملی است که می‌تواند مزیت رقابتی سازمان‌های مختلف را تأمین کند. برای همین تلاش‌های زیادی برای پیاده‌سازی مدیریت دانش در سازمان‌ها صورت گرفته که یکی از ابزارهای آن نقشه دانش است. نقشه دانش با ارائه یک تصویر چشم‌اندازی رسم می‌کند تا بهترین حوزه‌های دانشی مشخص شده و به‌طور همزمان مسیرهای بین آنها نمایش یابد. به بیانی دیگر نقشه دانش ابزار شناسایی دارایی‌های دانشی سازمان است که نشان می‌دهد دانش کجا قرار دارد، چه افرادی صاحب آن هستند و چگونه می‌توان به آن دست یافت. این مطلب به‌ویژه در شرایطی که حالت بحرانی باشد، بیش از پیش مهم می‌شود [۱]. از این‌رو این تحقیق با هدف ارائه الگویی برای تدوین و بازنامایی نقشه دانش یک واحد پژوهشی در شرایط بحرانی با رویکرد شناسایی مهارت‌ها و تخصص‌ها انجام شده است. در این تحقیق به دنبال آن هستیم که بدانیم «نقشه دانش یک واحد پژوهشی برای تأمین کدام اهداف باید تهیه شود؟»، «ویژگی‌های نقشه دانش یک واحد پژوهشی برای تأمین اهداف مورد نظر کدامند؟» و «آیا نقشه دانش تهیه شده با الگوی پیشنهادی اهداف مورد نظر را تأمین کرده است؟ در ادامه تعاریف مختصری از نقشه دانش ارائه می‌شود.

نقشه دانش

نقشه‌ی دانش بازنمونی مصور از اطلاعات ثبت شده است که به ناظران با پیش‌زمینه‌ها و سطوح دانشی مختلف کمک می‌کند تا به‌صورت بهینه از این اطلاعات استفاده و روابط بین آنها را درک کنند. نقشه فقط یک عامل توانمندساز یعنی ابزاری برای نیل به یک هدف مهم‌تر است؛ وسیله‌ای برای بیان و انتشار دانش، خلاقیت و انرژی نهفته در همه گروه‌ها صرف‌نظر از مکان یا سطح آن در یک سازمان است [۲].

افزایش امکان رؤیت منابع دانش و در نتیجه تسریع و تسهیل فرآیند جایابی تخصص یا تجربه مرتبط، بهبود ارزیابی دارایی‌های فکری و توانمندی‌های شرکت، کمک به کارکنان در تفسیر و ارزیابی حوزه‌های دانش، برقراری ارتباط بین فرآیندها و منابع دانش، گام نهادن به فراسوی مستندسازی یک فرآیند و ترسیم مراحل ضروری توسعه دانش در زمینه‌ای خاص از جمله اهداف ترسیم نقشه دانش هستند. [۳]

انواع نقشه دانش

در گذشته تنها سه نوع نقشه دانش به شرح زیر به کار می‌رفت:

۱. نقشه‌هایی که رابطه بین دانش‌ها و مکان آنها را نشان می‌دهند.

۲. نقشه‌هایی که افراد و گروه‌ها را به زمینه تخصصی آنها مرتبط می‌کنند.

۳. نقشه‌هایی که اطلاعات به‌دست‌آمده را به گزارش‌های اصلی و تجربیات آنها مرتبط می‌کنند.

اما به‌تازگی محققان به این نتیجه رسیده‌اند که این سه نوع مختلف نقشه باید به صورت یک نقشه مرکب درآیند تا مکان هر سه منبع دانشی را یکجا نشان بدهند. در این جا منظور ما از نقشه‌های دانش فهرست‌های تصویری منابع دانش (تخصص‌ها)، دارایی‌های دانش (مهارت‌های هسته)، ساختارهای دانش (دامنه‌های مهارت)، کاربردهای دانش (بافت‌های خاصی نظیر فرآیندها که دانش در آنها به‌کار می‌رود) یا مراحل توسعه دانش (فازهای توسعه دانش یا مسیرهای یادگیری) است.

نقشه‌های منبع دانش جمعیتی از افراد ماهر یک شرکت و دانش سازمانی شرکت را در مقابل معیارهای مرتبط جست‌وجو مانند محدوده تخصص، میزان نزدیکی و یا توزیع محلی نشان می‌دهد.

نقشه‌های دارایی دانش به صورت دیداری دانش ذخیره‌شده در یک فرد، گروه، واحد و یا تمام سازمان را نشان می‌دهند.

نقشه‌های ساختار دانش ساختاری کلی را از یک دامنه دانشی رسم کرده، ارتباط هر جزء را با اجزای دیگر نشان می‌دهند. این نوع نقشه دانش به مدیر در جهت درک و فهم بهتر یکی از زمینه‌های تخصصی کمک می‌کند. نقشه‌های کاربرد دانش نشان می‌دهند که برای مرحله‌ای خاص از یک فرآیند و یا در یک موقعیت خاص شغلی به چه نوع دانشی نیازمندیم. معمولاً این نقشه‌ها اشاره‌ای به محل وجود آن دانش خاص (اسناد، افراد خبره، پایگاه‌های اطلاعاتی) هم می‌کنند. این نقشه‌ها می‌توانند راهنمای افرادی باشند که در فرآیندهای فشرده‌ای از دانش مانند حسابداری، مشاوره، تحقیق و یا توسعه محصول کار می‌کنند.

نقشه‌های توسعه دانش برای نمایش مراحل لازم برای دست یافتن به یک شایستگی خاص، چه به صورت فردی، چه به صورت گروهی و چه به صورت یک هویت سازمانی به‌کار می‌روند. این نمودارها همانند یک نقشه راه یادگیری و توسعه هستند که باعث به‌وجود آمدن دیدی یکپارچه برای یادگیری سازمانی می‌شوند.

علت آنکه برای این پنج نوع نقشه تأکید می‌شود، آن است که آنها پاسخگوی سؤالات زیر هستند: [۴ و ۵]

- چگونه می‌توان به دانش مورد نیاز دست یافت؟
- چگونه می‌توان در خصوص کیفیت دانش مربوطه قضاوت کرد؟
- چگونه می‌توان ساختار دانش مربوطه را درک کرد؟
- چگونه می‌توان دانش مربوطه را به‌کار گرفت و توسعه داد؟

علل ترسیم نقشه دانش

نقشه‌های دانش با رویکردها و اهداف مختلف ترسیم می‌شوند که به کاربران، کاربرد، اهداف سازمانی و ... بستگی دارد. اما نکته حائز اهمیت این است که چرا باید نقشه دانش سازمان را

ترسیم کنیم. در زیر برخی از علل ترسیم نقشه دانش در سازمان بیان شده‌اند: [۵]

- تشویق برای استفاده مجدد و جلوگیری از انجام دوباره کارهای از قبل انجام شده، صرفه جویی در وقت و هزینه‌های جستجو و کسب اطلاعات
- برجسته ساختن جزیره‌های خبرگی و پیشنهاد راه‌هایی برای افزایش اشتراک دانش
- شناسایی بخش‌های کاری مؤثر که یادگیری در آنها در جریان است.
- کم کردن بار مسئولیت متخصصان با کمک به اعضا برای یافتن سریع اطلاعات و دانش حیاتی سازمان
- بهبود پاسخگویی به مشتری، تصمیم‌گیری و حل مشکلات با فراهم‌آوری امکان دسترسی به اطلاعات مناسب
- برجسته‌سازی فرصت‌های مناسب برای یادگیری و بهره‌گیری از دانش
- صورت‌برداری و ارزیابی دارایی‌های فکری و ناملموس

اهداف تهیه نقشه دانش

پرواضح است که تأسیس هر سازمانی برای تحقق هدف یا اهدافی ویژه تشکیل می‌شود و تحقق این هدف با اهداف مستلزم وجود ابزارها و شرایط خاصی است. هدف از تأسیس سازمان‌های پژوهشی انجام پژوهش در زمینه مورد نظر سازمان برای دست یافتن به محصول یا ارائه خدمتی خاص است که این محصول یا خدمت می‌تواند یک طرح یا ایده نو و یا یک نمونه محصول تحقیقاتی باشد. لازمه تحقق اهداف سازمان‌ها یا واحدهای پژوهشی وجود نیروی انسانی خلاق و متفکر است که از آن به عنوان مغزافزار یاد می‌شود. یکی از اهداف اصلی ترسیم نقشه دانش، نشان دادن رابطه بین این مغزافزارها در سازمان است؛ چرا که اگر این رابطه درست درک شود، به راحتی می‌توان از طریق یک فرد به افراد صاحب نظر دیگر دسترسی پیدا کرد که نتیجه آن صرفه جویی در زمان جستجو، صرفه جویی در هزینه استخدام افراد تازه بر اثر بی‌اطلاعی از وجود کارشناسان مورد نیاز در درون سازمان و افزایش بهره‌وری است. از اهداف دیگر تهیه نقشه دانش یک واحد پژوهشی می‌توان به شناسایی مهارت‌ها و تخصص‌های موجود، ارائه توانمندی‌های سازمان، ارائه اطلاعات درست در زمان مناسب، شناسایی شکاف‌های دانشی و شناسایی منابع و دارایی‌های دانشی اشاره کرد. [۳ و ۱]

اصول کلیدی ترسیم نقشه دانش

ترسیم نقشه دانش اقدامی مهم است که اموری نظیر پیمایش، ممیزی و تجزیه و تحلیل را در بر می‌گیرد که هدف از این کار ردگیری کسب و از دست دادن اطلاعات و دانش است. علاوه بر این مهارت‌ها و شایستگی‌های فردی و گروهی را نیز مورد بررسی قرار داده، نحوه جریان دانش را در سراسر یک سازمان بازنمایی کرده یا به نقشه در می‌آورد. ترسیم نقشه دانش به سازمان کمک می‌کند تا درک درستی از اثرات از دست دادن پرسنل بر سرمایه فکری به دست بیاورد و به انتخاب گروه‌های کاری و انطباق

فناوری با نیازها و فرآیندهای دانشی کمک می‌کند. به بیانی ساده نقشه دانش هر گونه مصورسازی دانش فراتر از بافت است که با هدف استخراج، رمزنگاری، اشتراک، استفاده و گسترش دانش انجام می‌شود. این مصورسازی با تکیه بر اصولی انجام می‌شود که دنهام گری^۲ (۱۹۹۹) آنها را به شرح زیر بیان می‌دارد: [۶ و ۷]

- درک اینکه دانش پویا و تغییرپذیر است.
- شرح محدودیت‌ها، تعیین مرزها و احترام به حریم‌های شخصی و آزادی‌های فردی
- تشخیص و جایابی دانش در طیف وسیعی از اشکال: آشکار و پنهان، رسمی و غیررسمی، رمزنگاری شده و شخصی‌سازی شده، داخلی و خارجی، کوتاه مدت و بلندمدت
- جایابی دانش در فرآیندها، ارتباطات، سیاست‌ها، افراد، اسناد و مدارک، گفت‌وگوها، پیوندها، بافت، تأمین‌کنندگان، رقبا و مشتریان
- آگاهی از سطوح سازمانی، مباحث فرهنگی و نظام پاداش‌دهی، وقت‌شناسی، اشتراک، ارزش، فرآیندهای قانونی و حمایتی نظیر پروانه ثبت اختراع، اسرار و علائم تجاری

ویژگی‌های نقشه دانش

برای اینکه نقشه دانش یک واحد پژوهشی اهداف مورد نظر آن را تأمین کند، باید ساده، روشن، شفاف و چندسطحی باشد؛ چندسطحی از آن جهت که بتواند اطلاعات مختلف را در سطوح یا مقوله‌های مختلف نشان بدهد؛ به طوری که کاربر نقشه در عین آنکه با نگاهی سریع و کوتاه اطلاعات مورد نیاز خود را کسب می‌کند، دچار سردرگمی و اضافه بار اطلاعات نشود. به طور خلاصه می‌توان گفت که نقشه دانش باید به عنوان حافظه سازمانی عمل کرده، دانش آشکار را ثبت، ضبط و یکپارچه کند؛ سرمایه‌های فکری را شناسایی کند؛ آشنایی لازم را به اعضای جدید سازمان بدهد؛ یادگیری سازمانی را تقویت کند؛ روشی برای هماهنگی، تسهیل، برجسته‌سازی و مرور منابع پیچیده اطلاعاتی باشد؛ ابزاری برای پاسخگویی به نیازهای کاربران بوده و آنها را راهنمایی کند؛ امکان بررسی احتمالات، آزمون راه‌های مختلف و نوآوری را با ارائه روابط نو میسر سازد؛ اشتراک و اکتشاف دانش را آسان کند؛ به شناسایی افراد مرتبط و آگاه کمک کند؛ در کاربران انگیزه ایجاد کند؛ به ایجاد و خلق زنجیره‌های دانشی متصل به هم کمک کند؛ با ارائه اطلاعات روشن، مفید و قابل دسترس به رفع مشکلات کمک کند؛ تصمیم‌گیری بهتر را ساده کند؛ موارد لازم برای برون‌سپاری را شناسایی کند؛ به جایابی و اشاعه تجربیات موفق کمک کند؛ و بستر لازم را برای تحول آماده کند.

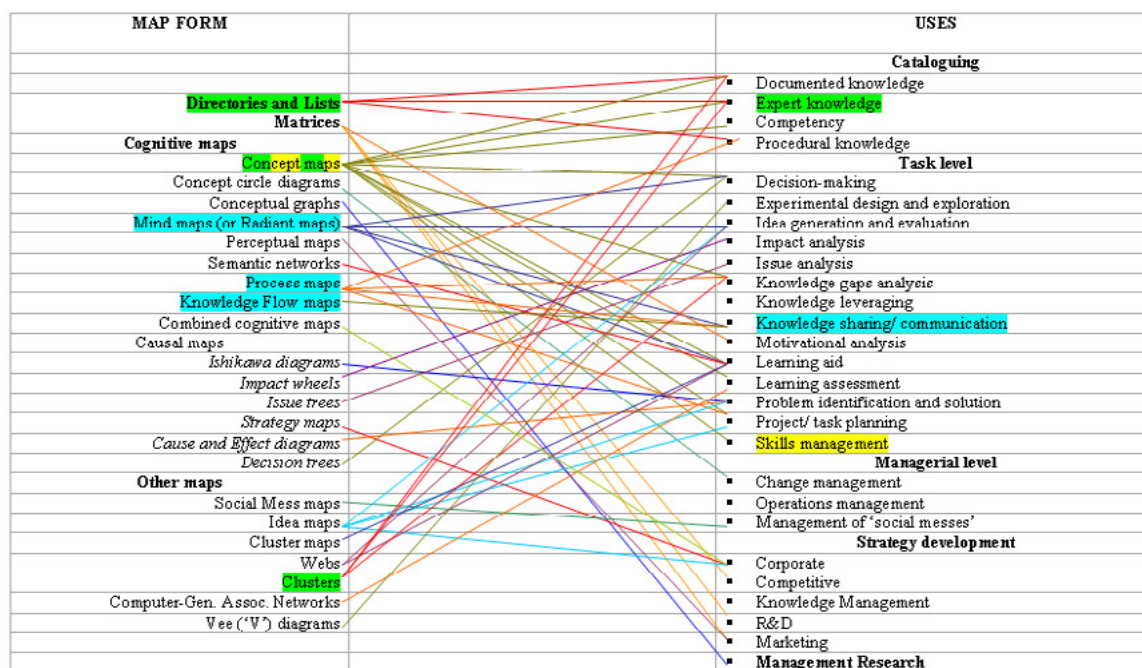
طبقه‌بندی نقشه دانش

پلر (۲۰۰۸) می‌گوید مزایای بازنمون دیداری-که همان نقشه دانش است- در بافت مدیریت دانش مدت‌ها قبل شناخته شده و مورد بحث قرار گرفته‌اند. با این وجود نقشه‌های دانش تاکنون به صورت نظام‌مند طبقه‌بندی نشده و از نظر ویژگی‌ها، خصلت‌های

منحصر به فرد یا پارامترهای کاربردی مقایسه نشده اند [۸ و ۱۴]. جدول ۱ طبقه بندی خصوصیات نقشه دانش را نشان می دهد. با این همه بهترین دسته بندی برای نقشه های دانش عبارت است از دسته بندی بر اساس شکل خاص آنها و یا بر اساس هدفی که به خاطر آن از آنها استفاده می شود. به نظر می رسد در این زمینه اتفاق نظر وجود دارد که نقشه های دانش به صورت نظری می توانند به هر شکلی در بیابند و می توان با هر هدفی از آنها استفاده کرد و محدودیت موجود در شکل و هدف استفاده از آنها به خاطر محدودیت ذهنی طراحان و کاربران آنهاست. به هر حال،

جدول ۱: طبقه بندی های نقشه دانش

ردیف	نام طبقه بندی	تقسیم بندی طبقه	معایب آن	سال ارائه
۱	طبقه بندی لاکوف	هدفمند، ادراکی، وظیفه ای، حرکتی	مبتنی بر روان شناسی شناختی است که به واسطه آن ایرادهای وارد بر این نوع روان شناسی بر آن وارد می شود.	۱۹۸۷
۲	طبقه بندی نوینز	مدل های اشاره گر، مدل های ارتباطی، مدل های راه حلی	مدل ها با هم هم پوشانی دارند و طبقه بندی فقط به نقش ها و محتوای اصلی نقشه های دانش می پردازد و سایر پارامترهای کاربردی نظیر قالب گرافیکی، دامنه، رسانه، مُد ایجاد یا میزان مهارت مورد نیاز را نادیده می گیرد.	۱۹۹۷
۳	طبقه بندی اپلر	نقشه های تولید و توسعه دانش، نقشه های شناسایی دانش، نقشه های ارزیابی دانش، نقشه های کاربرد دانش	به اندازه کافی جامع، متنوع یا دقیق نیست که کاربرد عمومی در مدیریت دانش داشته باشد.	۲۰۰۲
۴	طبقه بندی هاف	نقشه های تحلیلی متن و زبان، نقشه های طبقه بندی، نقشه های شبکه، نقشه های قطعی و مسلم، نقشه های شماتیک ساختارهای شناختی	مبتنی بر یک اصل ثابت طبقه بندی نبوده و همیشه نمی توان آن را در مدیریت دانش به کار گرفت.	۲۰۰۲
۵	طبقه بندی اپلر	هدف، شکل گرافیکی، محتوا، سطح کاربرد و روش ایجاد		۲۰۰۸



تصویر ۱. انواع نقشه بر اساس شکل و کاربرد [۴]

مزایای تهیه نقشه دانش و نقش آن در شرایط بحرانی

باید توجه داشت که نقشه دانش و ترسیم نقشه دانش در شرایط بحرانی هم همانند کارها و چیزهای دیگر مزایا و معایبی دارند که هنگام پرداختن به آنها باید مورد توجه قرار گیرند. این مزایا و معایب به شرح زیر هستند: [۶ و ۵]

- به عنوان حافظه سازمانی عمل می‌کند؛
- دانش آشکار را ثبت، ضبط و یکپارچه می‌کند.
- ابزاری برای انتقال اطلاعات مهم و عملی (دانش) در بافت سازمانی است.
- سرمایه‌های فکری را شناسایی می‌کند.
- ابزاری برای پاسخگویی به نیازهای کاربران است.
- اشتراک و اکتشاف دانش را تسهیل می‌کند.
- به شناسایی افراد مرتبط و آگاه کمک می‌کند.
- به ایجاد و خلق زنجیره‌های دانشی متصل به هم کمک می‌کند.
- با ارائه اطلاعات روشن، مفید و قابل دسترس به رفع مشکلات کمک می‌کند.
- تصمیم‌گیری بهتر را تسهیل می‌کند.
- شکاف‌های دانش را آشکار ساخته و موارد لازم برای برون‌سپاری را شناسایی می‌کند.

دانش و مدیریت بحران

هنگام مواجهه با بحران سازمان‌ها هزینه و وقت زیادی صرف کرده و افراد بسیاری تجارب گوناگونی به دست می‌آورند. تجربه‌ی اداره کردن بحران‌ها و ثبت این تجارب به عنوان دانش سبب شده سازمان‌ها اشتباهاتشان را ببینند و آموزش سازمانی گسترده‌ای را آغاز کرده تا کسب، تقسیم‌بندی و رسمی‌سازی دانش را آسان کنند. بنابراین مدیریت دانش می‌تواند نقش مهمی در مدیریت بحران بازی کند. سازمان‌ها به انواع متفاوتی دانش نیاز دارند و استراتژی‌های مدیریت دانش گوناگونی را به کار می‌برند تا در زمان بحران‌ها بهترین نتیجه را کسب کنند. همچنین مدیریت بحران برای انطباق با تغییرات و گذر از مشکلات و رفع آسیب‌های ایجاد شده در محیط با شرایط خاص و تازه، مدیرانی با ویژگی‌های خاصی را می‌طلبد که عموم آنها با مشکلات بسیاری مواجه می‌شوند. یکی از مهمترین ویژگی‌ها که می‌تواند به رهبران و مدیران در پاسخ به این تغییرات کمک کند، مدیریت دانش است [۳]. مک کول (۲۰۱۲) حیات سازمان‌ها و نهادها در شرایط بحران را به شدت تحت تأثیر آمادگی مؤثر و کارآمد برای بحران، مقابله سریع در موقعیت‌های بحرانی و بازتوانی راهبردی پس از بحران می‌داند؛ بنابراین به کارگیری برنامه‌ای راهبردی برای ایجاد رویکردی جامع که دربرگیرنده همه مخاطرات و همه نهادهاست، باید توازن درست بین مراحل پیشگیری، آمادگی، مقابله و بازتوانی ایجاد کند که توسط همه نهادهای کسب‌وکار دولتی و غیردولتی پشتیبانی شده و تضمین‌کننده کاهش مخاطرات باشد تا سیاست‌ها و اقدامات این برنامه با تغییرات اقلیمی، بین‌المللی و ملی منطبق شود (گروه مدیریت بحران ایالت کوئینزلند، ۲۰۱۰) بحران عبارت است از وضعیت ناپایداری. گرچه در اقتصاد به نقطه پایین‌ترین

نقطه سطح فعالیت‌های اقتصاد بحران می‌گویند؛ اما آن هم بیشترین ناپایداری را در خود دارد [۷]. وضعیتی است که در آن نظم سیستم اصلی یا قسمت‌هایی از آن را که ما سیستم فرعی می‌نامیم، مختل کرده و پایداری آن را به هم زده باشد [۱۲]. بدیهی است بحران یکی از عوامل مهم کاهش سطح آرامش عمومی در جامعه است. بنابراین مدیریت بحران بر پایه مبانی دانش می‌تواند در ارتقای سطح دانش و آگاهی عمومی و توسعه آن نقش به‌سزایی داشته باشد. در این راستا و در توسعه دانش محور مدیریت دانش از ارکان اصلی محسوب می‌شود [۲۰]. با توجه به پیشرفت و تحول هم‌روزه اطلاعات در جهان کنونی و عصری به نام عصر انفجار اطلاعات، در ارتباط با بلایای طبیعی، شناسایی و مهار آنها، علاوه بر بحث‌های تخصصی و علمی بودن تا حد زیادی به مباحث مدیریتی و ساختاری مربوط می‌شود. بدیهی است که مدیریت و به‌طور اختصاصی مدیریت بحران قبل از هر چیز یک نظام تصمیم‌گیری است و برای تصمیم‌گیری درست، دسترسی به تازه‌ترین اطلاعات از ضروریات است. ایجاد شبکه قوی و پویای اطلاعاتی در ارتباط با بلایای طبیعی می‌تواند مدیران را در راستای هدایت درست حرکت‌ها یاری دهد و در نهایت منجر به کاهش عواقب نامطلوب آن شود [۵، ۶].

بی‌شک خسارت جبران‌ناپذیر وارد شده ناشی از عدم برنامه‌ریزی قبل از رویارویی و یا آمادگی نداشتن برای مقابله، همراه با عوارض نامطلوب آنها پس از وقوع است. عوارض تلخ حوادث تنها در ویرانی‌های فیزیکی خلاصه نمی‌شود؛ به‌طوری که بعد از سانحه علاوه بر مرگ‌ومیر و ویرانی‌ها مسائل دیگری از قبیل بیماری‌های واگیردار، بزهکاری‌ها، اختلالات روانی، فروپاشی اقتصاد ناحیه و ... حادث می‌شود که کوشش‌های مقابله با این عوارض در جهان امروز مبحثی به نام مدیریت بحران را به وجود می‌آورد.

مدیریت بحران دانش‌محور درصدد است با برنامه‌ریزی مناسب، جامعه را برای پیشگیری، آمادگی، امداد و بازسازی مهیا کند. از طرفی تحقق برنامه‌های مدیریت بحران با اتکا بر دانش و از طریق تحلیل داده‌ها و اطلاعات، امکان‌پذیر است. اغلب این داده‌ها خصیصه فضایی دارند و می‌توانند به نقشه تبدیل شوند. هنگام وقوع بلایای طبیعی، عملیات مختلفی برای نجات افراد حادثه‌دیده همانند معرفی پناهگاه‌ها، تدارکات پزشکی، بازسازی‌های اولیه و تعیین محل اسکان موقت و ... باید در راستای به حداقل رساندن خسارت انجام شوند. ارائه این خدمات به صورت جامع ممکن نیست؛ مگر اینکه سیستم‌های اطلاعات از جمله سیستم‌های اطلاعات جغرافیائی (جی‌آی‌اس) پشتیبان مراکز مدیریت بحران باشند.

با بروز بحران، اولین و مهمترین سیستمی که مورد تهدید و نابودی قرار می‌گیرد، نظام اطلاعاتی منطقه بحران زده است که بدون وجود این نظام هرگونه کمک‌رسانی و امداد نه تنها مثرتر نیست، بلکه حتی ممکن است منجر به بحران‌های بعدی شود. نظام اطلاعاتی سنتی بسیار خطرپذیر بوده و انعطاف‌پذیری لازم برای تطبیق و کار در شرایط بحرانی را ندارد [۷، ۴].

فناوری اطلاعات و دانش می‌تواند با ایجاد یک نظام اطلاعاتی مدرن، منسجم، پویا و منعطف که از اصول اولیه تولید و اشتراک دانش در مدیریت دانش است، به‌خوبی شرایط متغیر و متحول بحران را در خود هضم کرده و کمک بسیار بزرگی برای تصمیم‌گیری مدیران باشد. استفاده مؤثر از ابزارهای تازه فناوری اطلاعات مانند سیستم‌های انتقال اطلاعات ماهواره‌ای، سیستم‌های تشخیص هویت افراد مصدوم و فوت‌شده، سیستم‌های پردازش اطلاعات مانند سیستم‌های یکپارچه‌سازی اطلاعات از جمله اینترنت می‌تواند دامنه‌ی خسارت بحران را کاهش دهد و از بروز بحران‌های بعدی نیز جلوگیری کند [۳].

موردکاوی‌های نقشه دانش

در این پژوهش چهار موردکاوی مورد بررسی قرار گرفت که به طور خلاصه به شرح زیر هستند:

موردکاوی اول مربوط به ترسیم نقشه دانش در یک محیط صنعتی متعلق به یک شرکت فولادسازی است و دانش ۳۰ سال تولید فولاد خام را در خود انباشته است. برای استخراج این دانش، نقشه دانش فرآیند اصلی تولید فولاد ترسیم شده و مدل استفاده‌شده برای ترسیم نقشه دانش، تکنیک نقشه فرآیند عنوان شده که یک متدولوژی شش مرحله‌ای مشتمل بر ۱. تعریف دانش سازمانی، ۲. آنالیز نقشه فرآیند، ۳. استخراج دانش، ۴. تحت وب کردن دانش، ۵. پیوند دانش و ۶. اعتبارسنجی نقشه دانش است [۱۴ و ۱۶]. با توجه به اینکه این مطالعه در یک محیط تولیدی انجام شده و فرآیند تولید را به نقشه درآورده، مناسب الگوی یک واحد پژوهشی به نظر نمی‌رسد. با این وجود چارچوبی کلی را به ذهن متبادر می‌کند که چه موضوعاتی باید در ارائه الگوی نقشه دانش مد نظر قرار گیرد.

موردکاوی دوم مربوط به ترسیم نقشه دانش در سازمانی پروژه‌محور است که مشکل اساسی آن واحد توسعه مهارت است. این واحد مسئول تأمین نیروی انسانی است و بزرگترین مشکل آن نبود تصویری مناسب از مهارت‌های کارمندان است که راهی هم برای حل این مشکل پیدا نکرده است. از این رو اغلب اوقاتی که نیاز به کارمند یا مهارت جدیدی بوده، نیروی جدید استخدام کرده است. حال آنکه ممکن است در خود سازمان، کارمندی مهارت مورد نیاز را داشته باشد که در صورت شناسایی او منافع زیادی عاید شرکت می‌شود [۱۸ و ۱۹].

موردکاوی سوم مربوط به ترسیم نقشه دانش در محیط‌های دانشگاهی است که در آن ۲۷ نفر از مقامات ارشد دانشگاهی گرد هم آمده‌اند تا نمونه‌هایی از یک ساختار نظری (ترسیم نقشه دانش) را بیابند. روش مورد مطالعه مبتنی بر بحث و بر مبنای نظریه است؛ یعنی از گروه مورد نظر خواسته شد تا مثال‌هایی از ترسیم نقشه دانش را پیدا کرده، آن را تشریح و بررسی کند. برای کسب اطمینان از تحقق این هدف ابتدا مفاهیم پایه مدیریت دانش، مدیریت سرمایه‌های فکری، ترسیم نقشه دانش، کارکردها و امکانات آنها ارائه شده است [۱۶]. گفتنی است در این پژوهش هیچ مدل یا الگویی ارائه نشده است.

موردکاوی چهارم درباره هم‌افزایی تحلیل شبکه‌های اجتماعی و ترسیم نقشه دانش است که در آن از تکنیک تحلیل شبکه‌های اجتماعی برای ترسیم نقشه دانش استفاده می‌شود. برای به‌کارگیری تکنیک‌های تحلیل شبکه‌های اجتماعی و ترسیم نقشه دانش، یک ممیزی دانش با هدف شناسایی منابع و خلأهای دانش در مشهورترین مؤسسه خیریه در واشنگتن دی.سی که حدود ۸۵ کارمند دارد و شامل ۶ بخش است، انجام و جریان دانش در سازمان مشخص شده است. سپس خلاصه ممیزی دانش به هریک از اعضای سازمان ارسال و پس از آن مصاحبه‌های تکمیلی متناسب با آنها انجام شده است. بخشی از این خلاصه ممیزی دانش، سؤالاتی را طرح کرد که به ساخت نقشه دانش برای ارتباطات "فرد به فرد" کمک می‌کرد. برای مشخص شدن جریان دانش در سازمان داده‌های جمع‌آوری شده تحلیل شده‌اند. در این تحلیل به دو سطح از جزئیات یعنی جریان دانش در میان گروه و در میان کارمندان توجه شده است [۱۷]. نکته قابل توجه در مورد این تحقیق آن است که رابطه بین کارکنان و اهمیت هریک از آنها برای سازمان مشخص می‌شود؛ اما هیچ الگویی برای ترسیم نقشه دانش ارائه نشده است.

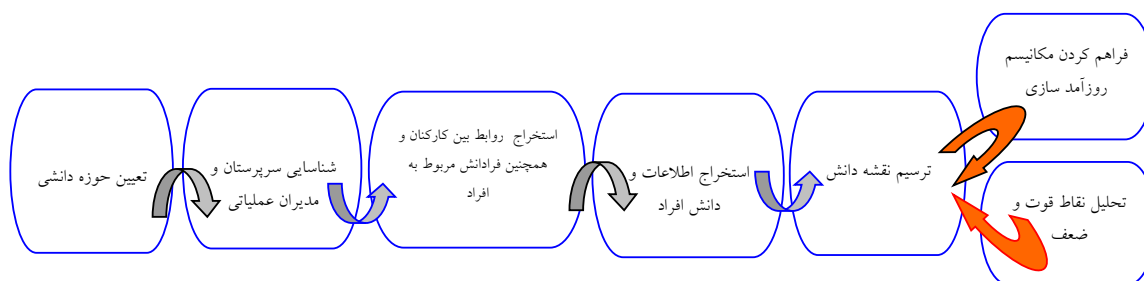
در مطالعات موردی دیده شد که هریک از سازمان‌های مورد مطالعه با توجه به نیازها و انتظارات خود از مدیریت دانش، کوشش در تعریف کاربردی خاص از نقشه دانش داشته‌اند؛ به طوری که در هر مورد تعریفی از نقشه دانش منطبق با نیازهای خاص وجود دارد. نقشه دانش یا ترسیم نقشه دانش موضوعی است که تعاریف زیادی دارد. در همه این تعاریف به ۲ موضوع شناسایی دانش مورد نیاز و شناسایی منابع آن دانش اشاره شده است. علاوه بر این در فرآیند نقشه دانش تلاش می‌شود این دو موضوع به صورت یک شمای گرافیکی یا اصطلاحاً نقشه تصویر شود. با نگاهی به جدول ۲ می‌توان برداشتی کلی و مقایسه‌ای اجمالی از چهار موردکاوی به‌دست آورد.

الگوی پیشنهادی تهیه نقشه دانش در یک واحد تحقیقاتی

بررسی چهار موردکاوی حکایت از آن دارد که موردکاوی دوم یعنی ترسیم نقشه دانش در یک سازمان پروژه‌محور از نظر محیطی بیشترین نزدیکی را به محیط واحد تحقیقاتی دارد. در این روش توجه به مدیران عملیاتی مورد تأکید قرار گرفته که با توجه به نقش این افراد در انجام کارها و آشنایی آنها با محیط و کارکنان و همچنین عدم پراکندگی اطلاعات و دانش آنها نسبت به همکاران، تمرکز بر روی این افراد برای ترسیم نقشه دانش منطقی به نظر می‌رسد. ابتدا جمع‌آوری و گردآوری اطلاعات مورد نیاز نقشه بر این افراد استوار شد؛ اما نتایج آن به هیچ وجه رضایت‌بخش نبود؛ زیرا در برخی موارد اطلاعات آنها راجع به پژوهشگران و حتی ساختار سازمانی هم به‌روز و کامل نبود. یکی از عواملی که سبب می‌شد برخی از این مدیران تمایلی برای ارائه اطلاعات نداشته باشند، بی‌اهمیت شمردن نقشه دانش و این تصور بود که مدیریت ارشد واحد استفاده‌ای از آن نخواهد کرد. به هر حال، با توجه به نتیجه

جدول ۲: روند کلی نقشه‌کردن دانش در ۴ سازمان

نوع سازمان	نوع نیاز	نقشه دانش پیشنهادی	نتیجه
صنعتی	استخراج دانش انباشته شده در فرآیند تولید فولاد	نقشه فرآیند	فرآیند ۶ مرحله‌ای که هر یک از مراحل محصولی ارائه کرده است.
پروژه محور	آگاهی از مهارت کارکنان	متدولوژی کامون گذر با تأکید بر مدل سازمانی	۵ کاربرگ
دانشگاهی	انتخاب نقشه دانش مناسب برای محیط‌های دانشگاهی	نقشه دانشی پیشنهاد نشده، فقط چند موضوع قابل بحث	استخراج یک رویه جدول ۴
خدماتی	توجه به شبکه‌های غیررسمی در سازمان	استفاده از تکنیک SNA	آشکار شدن نقاط قوت و ضعف شبکه‌های غیررسمی



تصویر ۲: الگوی پیشنهادی برای ترسیم نقشه دانش واحد پژوهشی در شرایط بحرانی

و فرآیندهای کاری را می‌شناسند؛ از همین رو شناسایی این افراد می‌تواند به شناسایی کارکنان، ارتباطات بین آنها، مهارت‌ها و توانایی‌های ایشان کمک کند. بنابراین در این گام شناسایی آنها انجام می‌شود.

گام سوم؛ استخراج روابط بین کارکنان: پیشتر اشاره شد که ابتدا در مراجعه به مدیران عملیاتی تلاش شد اطلاعاتی درباره پژوهشگران کسب شود؛ اما این تلاش خیلی مؤثر نبود. هر چند با بهره‌گیری از همین اطلاعات تا حدودی ارتباطات بین افراد و محل یافتن آنها مشخص شد و این همان چیزی بود که برای شروع کار کافی به نظر می‌رسید. روابط بین کارکنان به چند دسته شامل روابط کاری، اطلاعاتی یک‌طرفه، اطلاعاتی دوطرفه، کاری-اطلاعاتی یک‌طرفه و کاری-اطلاعاتی دوطرفه تقسیم‌بندی شد تا نوع ارتباط بین کارکنان روشن و شفاف شود.

تصویر ۳ شمایی از ارتباطات پژوهشگران در یکی از بخش‌های مورد مطالعه را نشان می‌دهد که به‌طور نمونه رسم شده است. گفتنی است با فرض اینکه بین مدیر و کارکنان هر مدیریت ارتباط کاری، اطلاعاتی و کاری-اطلاعاتی وجود دارد، از ترسیم آن پرهیز شده است. لازم به گفتن اینکه رنگ مشکی ارتباط اطلاعاتی، رنگ سبز ارتباط کاری و رنگ بنفش ارتباط کاری-اطلاعاتی را نشان می‌دهد. علاوه بر این نوک فلش نشان می‌دهد که نوع ارتباط یک طرفه است یا دوطرفه. از این نوع شکل برای نشان دادن ارتباطات بقیه بخش‌ها هم می‌توان استفاده کرد.

گام چهارم؛ استخراج اطلاعات و دانش افراد: پس از کسب اطلاع از محل فیزیکی استقرار افراد، با مراجعه به آنها مصاحبه‌ای با

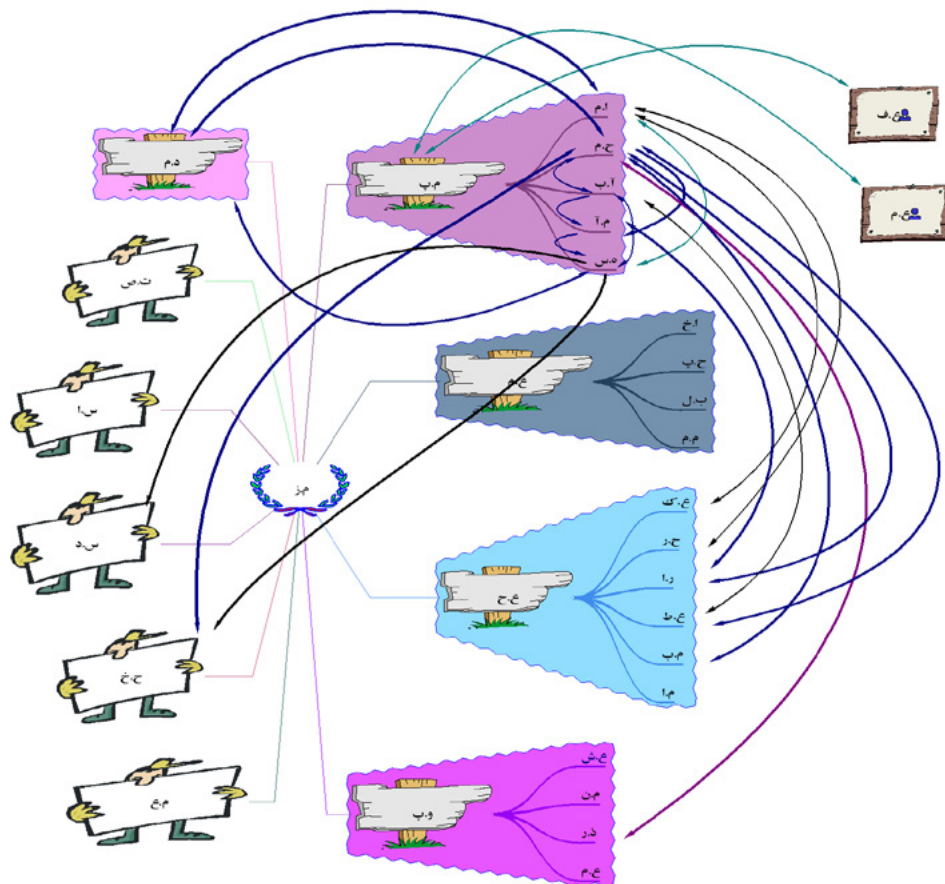
بخش نبودن این روش برای ترسیم نقشه دانش، تصمیم بر آن شد که روش دیگری برای تهیه نقشه در پیش گرفته شود.

برای تدوین نقشه دانش واحد تحقیقاتی نمونه، ابتدا شناختی کلی از آن واحد به دست آمد. سپس مطابق الگوی پیشنهادی یوهان بولمستن و مارتین اندرسون (۲۰۰۲)^۳ برای استخراج اطلاعات و شناسایی مهارت‌ها و توانایی‌های کارکنان به مدیران عملیاتی^۴ مراجعه شد. زیرا این افراد دانش مربوط به گروه‌های کارکنان، مهارت‌های شخصی کارکنان، تاریخچه پروژه و ... را در اختیار دارند و دانش این افراد نسبت به دانش کارکنان پراکندگی کمتری دارد. یوهان بولمستن و مارتین اندرسون چنین استدلال می‌کنند که دانش کارکنان و گروه‌های کارکنان راجع به خودشان به دلیل مسائل سیاسی برای نقشه دانش مناسب نیست.

با توجه به اینکه مدل بولمستن و اندرسون برای یک سازمان پروژه محور ارائه شده، محور الگو پیشنهادی قرار گرفت و الگویی مطابق تصویر ۲ ارائه شد. در ادامه این الگو و گام‌های آن بیشتر شرح داده می‌شوند.

گام اول؛ تعیین حوزه دانشی: در این مرحله اطلاعات به سه دسته شخصی، شغلی و دانشی تقسیم‌بندی می‌شود تا دسترسی به آنها در موقع نیاز آسان‌تر باشد. هر دسته شاخص‌های ارزیابی خود را در بردارد؛ برای مثال دسته دانشی انواع اطلاعاتی مانند مقالات، گزارش‌ها، پروژه‌های در دست انجام و انجام شده و آموزش‌ها را دربردارد.

گام دوم؛ شناسایی سرپرستان و مدیران عملیاتی: همانطور که بولمستن و اندرسون (۲۰۰۲) اشاره کرده‌اند سرپرستان و مدیران عملیاتی افرادی هستند که کارکنان، مهارت‌ها و توانایی‌های آنها



تصویر ۳: روابط پژوهشگران بخش م.ا.ل

جدول ۳: مهارت‌ها و توانایی‌های پژوهشگران در حوزه‌های کاری مختلف

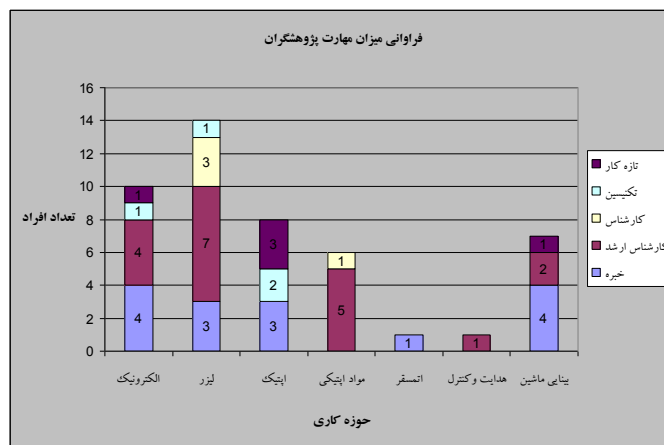
ردیف	الکترونیک	لیزر	اپتیک	مواد اپتیکی	اتمسفر	هدایت و کنترل	بینایی ماشین
۱	م.ز	■	■	□			
۲	پ.م			□			
۳	م.ع	□	■	□			
۴	ح.ع						■
۵	و.پ	■	■	□			

■ خبره □ کارشناس ارشد □ کارشناس □ تکنیسین □ تازه کار

این مطلب (میزان مهارت‌ها و توانایی‌های پژوهشگران) را می‌توان با یک نگاه سریع به تصویر ۴ دریافت. با نگاهی به این تصویر می‌توان دید که در حوزه هدایت، کنترل و مواد اپتیکی هیچ خبره‌ای وجود ندارد و بیشترین خبرگی در حوزه‌های الکترونیک و بینایی ماشین است که می‌تواند ناشی از تقسیم کار و مسئولیت در حوزه مأموریت این واحد پژوهشی باشد. نکته قابل توجه دیگر اینکه میزان مهارت و توانایی در سطح کارشناس ارشد نسبت به سطوح دیگر بیشتر است.

سؤالات از پیش تعیین شده صورت می‌گیرد تا اطلاعات مورد نظر از ایشان کسب و استخراج شود.

گام پنجم؛ ترسیم نقشه دانش: بیشتر اشاره شد که برای جلوگیری از بروز اضافه بار اطلاعاتی نقشه دانش به صورت چندسطحی ترسیم خواهد شد. در سطح اول روابط بین کارکنان و در سطح دوم مهارت‌ها و توانایی‌های آنها نشان داده می‌شود. برای نشان دادن روابط بین کارکنان از نرم افزار MindMapper (تصویر ۳) و برای نشان دادن مهارت‌ها و توانایی‌ها از ماتریس دو بُعدی استفاده می‌شود (جدول ۳).



تصویر ۴: فراوانی میزان مهارت و توانایی پژوهشگران

پژوهشگر مرکز پژوهشی و سه نفر هم از افراد خارج از این مرکز بودند. از این افراد خواسته شد به چهار سؤال زیر پاسخ دهند:

- آیا نقشه دانش تهیه شده مهارت‌ها و تخصص‌های افراد را نشان می‌دهد؟
 - آیا دانش تولید شده یا موجود در مرکز قابل شناسایی و طبقه‌بندی است؟
 - آیا توسط این نقشه می‌توان مشخص کرد که این دانش را چه کسی در سازمان و در کجا در اختیار دارد؟
 - آیا مشخص است که توسط چه سیستمی، چگونه و در چه زمانی می‌توان این دانش‌ها را در دسترس داشت و یا تهیه کرد؟
- در پاسخ به سؤال «یک» از مجموع شش نفر پژوهشگر پنج نفر پاسخ مثبت دادند و خاطر نشان کردند که نقشه دانش تهیه شده، مهارت‌ها و تخصص‌های افراد را تا حد مطلوب و خوبی نشان می‌دهد؛ یک نفر از ارائه پاسخ طفره رفته و توجه را به سوی اهمیت روابط اجتماعی و وزن بیشتر روابط اطلاعاتی برده است. از مجموع سه نفر کارکنان خارج از مرکز هم پاسخ ۲ نفر مثبت بوده که نشان از مطلوب بودن نقشه دانش در شناسایی مهارت‌ها و تخصص‌ها دارد؛ اما یک نفر میزان آن را متوسط ارزیابی کرده است.

در پاسخ به سؤال «دو» همانند سؤال «یک» از مجموع شش نفر پژوهشگر ۵ نفر پاسخ مثبت داده و میزان آن را مطلوب توصیف کرده‌اند و یک نفر مراجعه به پیشینه کاری افراد را گزینه بهتری معرفی کرده است. از مجموع سه نفر کارکنان خارج از مرکز هم یک نفر آن را کامل توصیف کرده و دو نفر دیگر غیردقیق و کلی قلمداد کرده‌اند.

در پاسخ به سؤال «سه» هر شش نفر پژوهشگر پاسخ مثبت دادند و آن را مطلوب دانستند. از مجموع سه نفر کارکنان خارج از مرکز هم دو نفر آن را نسبتاً خوب ارزیابی کرده و یک نفر ناقص برشمرده است.

در پاسخ به سؤال «چهار» از مجموع شش نفر پژوهشگر دو نفر آن را خوب توصیف کرده‌اند و چهار نفر هم ضعیف شمرده‌اند که علت آن بی‌اطلاعی ایشان از پیاده‌سازی آتی نقشه در بستر پورتال است. از مجموع سه نفر کارکنان خارج از مرکز هم یک نفر آن را

گام ششم؛ فراهم کردن مکانیسم روزآمدسازی و تحلیل نقاط قوت و ضعف در شرایط بحرانی

پس از آنکه نقشه دانش واحد پژوهشی مورد نظر به صورت دو سطحی ترسیم شد، باید مکانیسمی برای روزآمدسازی و تحلیل نقاط قوت و ضعف آن پیش‌بینی و طراحی شود تا بتواند پاسخگوی نیازهای متغیر کاربران نقشه باشد. برای این کار می‌توان نقشه را روی پورتال سازمانی بارگذاری و پیاده‌سازی کرد تا افراد بتوانند آن را رؤیت کرده و با توجه به نوع دسترسی در آن دخل و تصرف کنند یا اینکه نقطه نظرات و پیشنهادها را خود را ارائه دهند. حالت پیش‌فرض این است که مدیر دانش مسئولیت به‌روز نگه داشتن این نقشه را بر عهده داشته باشد.

ویژگی‌ها و خصوصیات الگوی پیشنهادی

برای اینکه به ویژگی‌های الگوی ارائه شده پی ببریم، آن را با چهار موردکاوای مقایسه می‌کنیم. مطالعه اجمالی این چهار روش نشان می‌دهد که الگوی ارائه شده در تحقیق حاضر نسبت به همه آنها کامل‌تر بوده و تمام مراحل را از ابتدا یعنی تعیین حوزه دانشی تا انتها یعنی بحث روزآمدسازی در بر می‌گیرد. علاوه بر این نقطه ضعف‌ها و کاستی‌های آنها را نیز ندارد. گفتنی است در هیچ یک از موردکاوای صحبتی از روزآمدسازی نشده و در برخی موارد نیز الگو یا نقشه‌ای ارائه نشده است. حال آنکه این نکات در الگوی پیشنهادی لحاظ شده‌اند.

از ویژگی‌های الگوی ارائه شده می‌توان به مشخص شدن محل کار هر یک از کارکنان، وجود یا نبود رابطه بین کارکنان و شفاف‌سازی نوع رابطه بین آنها، توانایی‌ها و مهارت‌های هر یک از کارکنان از دیدگاه خودشان و از منظر کاری می‌توان به مواردی مانند تعیین نیازهای آموزشی، آشکار شدن خلأهای دانشی یا تهدیدها، شناسایی علل ثبت و ضبط نشدن یافته‌های دانشی، توانمندی‌های واحد پژوهشی نمونه یا فرصت‌ها، تمرکز فعالیت‌های واحد پژوهشی، تعداد مقالات، گزارش‌های فنی و پروژه‌های انجام شده اشاره کرد.

ارزیابی الگوی پیشنهادی

برای انجام ارزیابی نقشه در معرض ارزشیابی کاربران احتمالی آن قرار گرفت. این ارزشیابی ۹ نفر مخاطب داشت که شش نفر

متوسط ارزیابی کرده و دو نفر دیگر گفته اند که چنین سیستمی وجود ندارد.

به طور کلی ارزیابی نقشه توسط افراد یادشده حکایت از آن دارد که نقشه ارائه شده می تواند پاسخگوی نیازهای کنونی و آتی باشد؛ البته باید پیاده سازی شده و چگونگی استفاده از آن اطلاع رسانی شود.

پیشنهادهایی برای پیاده سازی نقشه دانش در یک واحد پژوهشی

می توان بیان داشت که مهمترین رکن نقشه دانش اجرا و پیاده سازی آن در سازمان است؛ چرا که دیگر مراحل ترسیم نقشه دانش همگی به عنوان مقدمه ای برای بسترسازی و استفاده از آنها برای تحقق عملی نقشه دانش به شمار می روند.

نقشه دانشی که در این پژوهش ترسیم شد، تنها مربوط به یک واحد از چندین واحد پژوهشی است که به عنوان واحد نمونه برای اجرا و پیاده سازی نقشه دانش برگزیده شد. بنابراین اجرا و پیاده سازی نقشه دانش ابتدا مستلزم اجرای مراحل مختلف نقشه در سایر واحدها بوده تا اطلاعات و موارد مناسب جمع آوری شود. پس از آن می توان تصمیم گرفت که نقشه دانش را به صورت یکپارچه یا به صورت بخش بخش^۵ ترسیم کرد و روی پورتال سازمانی قرار داد.

برای هر چه بهتر طی شدن مراحل ترسیم نقشه دانش و جمع آوری اطلاعات لازم برای آن پیشنهاد می شود یک جلسه توجیهی با حضور کلیه نیروهای پژوهشی برگزار شود تا آنها با چگونگی اجرا، اهداف، نوع و میزان اطلاعات لازم، مزایای حاصل از نقشه برای کارکنان و مدیران آشنا شده و اطلاعات لازم را در دسترس خود قرار دهند تا به این ترتیب مراحل کار سریع تر و با وقفه کمتری انجام شود. شاید هم بتوان تشویق هایی را برای افراد مورد مصاحبه در نظر گرفت تا با میل و رغبت بیشتری به سؤالات پاسخ دهند. علاوه بر این بهتر است پرسشنامه و فرمهای خاصی از قبل تهیه شده و کلیه سؤالات و موارد مرتبط برای استخراج و گردآوری اطلاعات در آنجا پیش بینی شود تا هیچ نکته ای از قلم نیفتد.

در ضمن برای جلوگیری از هدر رفتن سرمایه های دانشی باید به آنها یادآور شد که چنانچه تصمیم به ترک داشته باشند، باید چند ماه قبل به اطلاع مدیر دانش برسانند تا وی هم با اتخاذ تدابیر مناسب، نسبت به ثبت تجربیات و دانش ضمنی آنها اقدام کند.

با توجه به اهمیت دانش ضمنی در دنیای امروز که چند سالی است دانشمندان و محققان به آن رسیده اند و تلاش برای ثبت و ضبط آن دارند، بهتر است ثبت تجربیات، یافته ها و کارهای روزانه کارکنان در بستر پورتال سازمانی جدی گرفته شده و به طور مستمر پایش شود. ضمن اینکه برای ترغیب هر چه بیشتر افراد به این امر پاداش هایی در نظر گرفته شود و چنانچه کسانی نسبت به این امر سهل انگار و بی توجه هستند، تدابیر خاصی در مورد آنها اجرا شود تا شاید به این ترتیب این مسئله مهم به یک فرهنگ سازمانی تبدیل شود.

نتیجه گیری

در سال های اخیر، دانش خود را به عنوان بهترین سرمایه مراکز تولیدی و خدماتی معرفی کرده و جای سایر عوامل قدیمی تولید نظیر زمین، دارایی مالی و غیره را گرفته است؛ زیرا این سرمایه از بین نرفته و با کاربرد بیشتر پخته و آزموده شده و روز به روز ابعاد و زوایای جدیدی به آن افزوده می شود. از این رو امروزه ضرورت مدیریت این سرمایه بی بدیل بیش از پیش حس می شود. یکی از ابزارهای اندازه گیری مدیریت دانش یا پایش چگونگی حرکت و پیشرفت آن نقشه دانش است. نمایش مصور اطلاعات و ارتباطات به دست آمده، امکان برقراری ارتباط و یادگیری اثربخش را برای ناظرانی با پیش زمینه های متفاوت فراهم می آورد و چهار دسته نتیجه شامل نتایج اقتصادی، ساختاری، فرهنگ سازمانی و دانشی را به ارمغان می آورد.

با عنایت و توجه به اهمیت، کارکردها، نتایج و مزایای نقشه دانش، در پژوهش حاضر یک الگوی شش مرحله ای برای ترسیم نقشه دانش ارائه و نقشه دانش یک واحد پژوهشی نمونه هم با استفاده از این الگو بازنگاری شده است. شایان ذکر اینکه این الگو برای پیاده سازی در بستر پورتال سازمانی در نظر گرفته شده تا روزآمدسازی و تحلیل نقاط ضعف و قوت آن به راحتی انجام شود و کاربران نقشه بتوانند نظرات و پیشنهادهای اصلاحی خود را برای هرچه بهتر شدن آن روی پورتال ارائه دهند.

پی نوشت

1. Mindware
2. Denham Grey
3. Johan Bolmsten & Martin Anderson
4. Employee Manager (EM)
5. Modular

منابع

۴. اخوان، پیمان؛ زاهدی، محمدرضا. (۱۳۹۲). بررسی تأثیر سرمایه فکری و تسهیم دانش بر نوآوری سازمانی شرکت های نرم افزاری. همایش مدیریت دانش.
۵. اخوان، پیمان؛ جودی، الهام. (۱۳۹۱). گام های عملیاتی مدیریت دانش. نقشه های دانش. انتشارات آتی نگر. (چاپ دوم).
۶. ایدلخانی، یاسمن؛ اخوان، پیمان؛ حسینی، رضا. (۱۳۹۵). مدل ترکیبی مدیریت دانش و اقتصاد مقاومتی: رویکردی مناسب برای مواجهه با بحران ها در جمهوری اسلامی ایران، مطالعه ی موردی: بانک انصار. دوره ۵. شماره ۲- شماره پیاپی ۱۰. صفحه ۵-۱۰۶.
۷. حسینی، رضا؛ زاهدی، محمدرضا؛ دهقان دهجمالی، حسن. (۱۳۹۲). ارائه چارچوبی برای استخراج دانش ضمنی در سازمان های پژوهش محور فصل نامه مطالعات بین رشته ای دانش راهبردی. تابستان ۹۱. شماره ۶.
۸. جباری، محمد علی؛ امیرخانی، امیرحسین. (۱۳۸۸). مدیریت دانش در مدیریت بحران.
۹. جعفری مقدم، سعید. (۱۳۸۲). مستندسازی تجربیات مدیران از دیدگاه مدیریت دانش.
۱۰. نصیبی، مهدی و همکاران. (۱۳۹۴). ایجاد مدل تعاملی اطلاعات و فعالیت ذی نفعان مدیریت بحران در صنعت با رویکرد مهندسی همزمان. مطالعه ی موردی: ایران خودرو. دوفصلنامه مدیریت بحران. شماره ی هشتم. ۲۳-



26. Johan Bolmsten, Martin Anderson, " *Finding the Right Knowledge, A Case Study in Knowledge mapping*", Blekinge Institute of Technology, Department of Software Engineering and Computer Science, 2002
27. Tomas Hellstrom, Kenneth Husted, " *Mapping Knowledge and Intellectual Capital in Academic Environments: A focus Group Study*", Journal of Intellectual capital, Vol.5, No.1, Pp.165-180, 2004
28. Kelvin Chan, Jay Liebowitz, " *The synergy of Social Network Analysis and Knowledge Mapping: A Case Study*", International Journal of Management and Decision Making, Vol.7, No.1, 2006
29. Zahedi. M.R., Cheshmberah.M, Tofighi.S.M., Hadizadeh.A.,(2011) A mathematical model for optimum single-commodity distribution in the network of chain stores: a case study of food industry, Management Science Letters, V1, pp595-608
- ۴۲.۲۶. ۱۱. رشید ارده؛ حبیب اله، متقی؛ افشین، حسینی امینی؛ حسن. (۱۳۹۳). راهبردهای مدیریت بحران و اقتصاد مقاومتی. اصفهان. علم آفرین.
۱۲. درویش‌زاده؛ مرضیه، اخوان؛ پیمان. (۱۳۸۸). ارائه‌ی چارچوبی جهت تعیین نقش مدیریت دانش در مدیریت بحران. دومین کنفرانس ملی مدیریت دانش. مؤسسه اطلاع‌رسانی نفت. گاز و پتروشیمی ۴۴.
۱۳. آقاچانی؛ حسنعلی، مجدد؛ شیوا. (۱۳۹۳). مثلث اقتصاد مقاومتی، گرایش کارآفرینانه و مدیریت دانش، بستر ساز موفقیت در اقتصاد دانش بنیان. کنفرانس اقتصاد و مدیریت کاربردی با رویکرد ملی.
14. Akhavan, Peyman, Zahedi, M. R., Dastyari, Akram, and ali Abasaltian (2014); The effect of organizational culture and leadership style on knowledge management in selected research organizations; International Journal of Scientific Management and Development; Vol. 2, No. 9, pp. 432-440.
15. Akhavan, Peyman, Zahedi, Mohammad Reza, and Ali Najmi (2010), Knowledge management critical success factors in automotive supply chain, Modiriart Farda, Vol. 26, No. 10, pp. 77-100.
16. Akhavan, Peyman; Hosseini, S. Mahdi (۲۰۱۶), Social capital, knowledge sharing and innovation capability: An empirical study of R&D teams in Iran, Technology Analysis & Strategic Management, VOL. 28, NO. 1, pp. 96-113.
17. Akhavan, Peyman, Mostafa Jafari and Mohammad Fathian (2005), Exploring failure factors of implementing knowledge management systems in organizations, Journal of knowledge management practice, Vol. 6, May 2005.
18. F.E.Vail, "Mapping Organizational Knowledge", Knowledge Management Review, Issue 8, May/June, Pp.10-15, 1999
19. Galloway D., "Mapping Work Processes", ASQC Quality Press, 1994
20. Christina R. Folkes, "Knowledge Mapping: Map types, Contexts and uses", Open University Working Paper Km-SUE 4, May 2004
21. Eppler J. Martin, "Making Knowledge Visible Through Knowledge Maps: Concepts, Elements, Cases", Handbook on Knowledge Management: 1 Knowledge Matters, Edited by Clyde W. Holsapple, Springer 2003
22. Denham Gray, "Knowledge Mapping: A practical Overview", www.smithweaversmith.com Accessed on April 23, 2008
23. Martin J. Eppler, "A process-based Classification of Knowledge Maps and Application Examples", Knowledge and Process Management, Vol.15, No.1 Pp.59-71, 2008
24. Mark N. Wexler, "The Who, What and Why of Knowledge Mapping", Journal of Knowledge Management, Vol.5, No.3, Pp.249-263, 2001
25. Kim Suyeon, She Euiho, hwang Hyunseok, "Building the knowledge Map: An Industrial Case Study", Journal of Knowledge Management, Vol.7, No.2, Pp.34-45, 2003

شناسایی و رتبه‌بندی ریسک‌های زنجیره‌ی تأمین مهندسی طبق سفارش با استفاده از روش نمونه‌گیری مجدد جک‌نایف و تحلیل بازه‌ای

محمدرضا عدالت سروستانی*: کارشناسی ارشد مهندسی صنایع، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران. edalatmrs@pgs.usb.ac.ir

محمدرضا شهرکی: استادیار دانشگاه سیستان و بلوچستان، مهندسی صنایع، زاهدان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۰/۲۱

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۹/۲۶

چکیده

باتوجه به تغییرات سریع و گسترده زنجیره‌ی تأمین، سازمان‌ها برای بقا در چرخه‌ی رقابت و برای اجرای مدیریت اثر بخش زنجیره تأمین می‌بایست فرآیند شناسایی و ارزیابی دقیق ریسک را انجام دهند. زنجیره تأمین شامل ساختار متنوعی است و در حالی که امروزه تنوع محصولات برای رفع نیازهای مشتریان بسیار زیاد شده، توانایی تولید سفارشی که در واقع همان ساختار مهندسی طبق سفارش (ETO) است، یک مزیت رقابتی محسوب می‌شود. بررسی پیشینه‌ی پژوهش نشان می‌دهد که در رابطه با شناسایی و رتبه‌بندی ریسک‌های زنجیره تأمین مهندسی طبق سفارش مطالعات اندکی انجام شده است. در مواقعی که به دلیل کمبود نیروی متخصص و یا محدودیت زمانی، اطلاعات اندکی وجود دارد؛ برخی از مدل‌های موجود رتبه‌بندی دقیقی از ریسک‌های زنجیره‌ی تأمین ارائه نمی‌دهند. جهت رفع این مشکل در این مقاله از روش نمونه‌گیری مجدد جک‌نایف استفاده شده است. از آنجایی که تعیین مقدار دقیق ریسک در واقعیت امری مشکل است، بدین منظور از روش تحلیل بازه‌ای برای برآورد ریسک‌ها به شکل بازه با توجه به مفهوم فاصله اطمینان و نظرات متخصصان استفاده شده است. بنابراین در این مقاله با استفاده از روش نمونه‌گیری مجدد جک‌نایف همراه با تحلیل بازه‌ای به ارزیابی و رتبه‌بندی عوامل مؤثر بر مدیریت ریسک زنجیره تأمین مهندسی طبق سفارش پرداخته شده است. نتایج محاسبات به روش نمونه‌گیری مجدد جک‌نایف و تحلیل بازه‌ای نشان می‌دهد که دسته‌ی ریسک‌های وابسته به سفارش، ریسک‌های محیطی و ریسک‌های عملیاتی بیشترین اولویت را در بین ریسک‌های زنجیره تأمین مهندسی طبق سفارش دارا هستند.

کلمات کلیدی: ریسک‌های زنجیره تأمین مهندسی طبق سفارش، روش نمونه‌گیری مجدد جک‌نایف، تجزیه و تحلیل بازه‌ای

Identification and ranking of Engineering-To-Order supply chain risks by using Jackknife resampling method and interval analysis

Mohammad reza Edalat Sarvestani^{*1}, Mohammad Reza Shahraki²

Abstract

Due to the rapid and extensive changes in the supply chain, organizations need to identify and evaluate the risk accurately in order to survive in the competitive cycle and to implement effective supply chain management. The supply chain consists of a diverse structure, and while today the variety of products to meet the needs of customers has become vast, custom manufacturing capabilities, which are in fact the same engineering structure as the order (ETO), are a competitive advantage. A preliminary study of the research shows that few studies have been carried out on the identification and ranking of Engineering-to-order supply chain risks. There are few information in the absence of experts or time constraints; some existing models do not provide accurate ranking of Engineering-to-order supply chain risks. In order to solve this problem, in this paper, Jackknife resampling method is used. In addition, it is difficult to determine the exact amount of risk in reality. For this purpose, the interval analysis method for estimating the risks in terms of the interval has been used according to the concept of the confidence interval and the opinions of the experts. Therefore, in this paper, using Jackknife resampling method with interval Analysis, the evaluation and ranking of the factors affecting the management of Engineering-to-order supply chain risks has been done. Calculation results of Jackknife resampling method and interval analysis shows that the categories of risks which is Dependent to order risks, Environmental's risks and Operational risks have the most priority among engineer-to-order supply chain risks.

Keywords: Engineering-To-Order Supply chain risks, Jackknife resampling method, Interval analysis

1. Master of Industrial Engineering, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan; Email: edalatmrs@pgs.usb.ac.ir
2. Assistant Professor, Industrial Engineering Department, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan

مقدمه

به دلیل جهانی شدن بازارهای کسب و کار در سال‌های اخیر، اهمیت مدیریت زنجیره تأمین^۱ (SCM) بیش از پیش نمود پیدا کرده است [۱]. زنجیره تأمین ترکیبی از سازمان‌های وابسته به هم، منابع و فرآیندهایی است که محصولات تولیدی و خدمات پس از فروش را به دست مشتریان نهایی می‌رساند [۲]. مدیریت زنجیره تأمین مجموعه روش‌هایی است که عرضه‌کنندگان، تولیدکنندگان، انبارها و مشتریان را به هم مرتبط می‌سازد و هدف آن هماهنگ کردن نیازمندی‌های مشتریان با عرضه‌کنندگان از طریق توازن اهداف مغایر، سرمایه‌گذاری کم، روی موجودی و هزینه پایین هر واحد است. با توجه به تغییرات سریع و گسترده‌ی زنجیره تأمین در سال‌های اخیر و همچنین عواملی مثل برون‌سپاری، افزایش تنوع محصولات و خدمات، جهانی شدن و ظهور فناوری‌های جدید، پیچیدگی و سطح عدم اطمینان موجود در زنجیره تأمین رو به افزایش است. از آنجا که هر شرکت به صورت زنجیره تأمین به سایر شرکت‌ها مرتبط است، بی‌ثباتی در یک شرکت بر سایر شرکت‌ها و کل زنجیره اثرگذار خواهد بود. از طرفی سازمان‌ها جهت تقویت قابلیت رقابت‌پذیری مجبور به مدیریت اثربخش زنجیره تأمین هستند که در این راستا شناسایی و مدیریت ریسک‌ها در کارایی زنجیره تأمین اهمیت بسیار زیادی دارد [۳]. در دهه اخیر ریسک‌های زنجیره تأمین توجه بسیاری را به خود جلب کرده است [۴]. محققان از منظرها و جهات گوناگونی به بیان این پدیده پرداخته‌اند [۵]. با وجود مطالعات انجام‌شده، مدیریت ریسک زنجیره‌ی تأمین^۲ (SCRM) هنوز در دوران طفولیت خود به سر می‌برد و هنوز مفاهیمی وجود دارد که در رابطه با آنها تعریف واحد و مورد توافقی ارائه نشده است [۶]. ریسک زنجیره تأمین به عنوان اتفاقی که بر روی عملیات‌های زنجیره تأمین اثرات مخربی می‌گذارد، تعریف می‌شود [۷]. مدیریت ریسک زنجیره تأمین فرآیندی رسمی است که شامل شناسایی ریسک‌های بالقوه، تعیین احتمال وقوع ریسک‌های بالقوه و ارزیابی آنهاست [۸]. هدف از مدیریت ریسک زنجیره تأمین کنترل، نظارت و ارزیابی ریسک زنجیره تأمین برای حفظ یکپارچگی و حداکثر کردن سود است [۳]. امروزه محصولات بیشتر بر پایه عملکرد آنها فروخته می‌شوند؛ اما به هر حال فاکتورهای دیگری از قبیل هزینه‌ی مالکیت و توانایی سفارشی‌سازی محصول از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. زنجیره تأمین مهندسی طبق سفارش^۳ یکی از انواع زنجیره تأمین است و تأثیر محصولات تولید شده به وسیله مهندسی طبق سفارش بر محیط و جامعه یک موضوع مهم و اصلی به‌شمار می‌آید [۹]. استفاده از مهندسی طبق سفارش (ETO) در سیستم‌های تولیدی برای ارائه محصولات سفارشی در حال پیشرفت و گسترش است. شرکت‌های ETO مجبورند راه‌های بهتری برای ادغام ظرفیت‌های مهندسان، تولیدکنندگان و تأمین‌کنندگان برای مقابله با سفارش انباشته‌شده پیدا کنند [۱۰]. اغلب از محصولات تولیدشده روش ETO برای برطرف کردن نیازهای مشتری‌های خرد و با تیراژ کم و دارای طیف وسیعی از تکنولوژی استفاده می‌شود. فعالیت‌های اصلی کسب‌وکار در چنین شرکت‌هایی شامل پیشنهاد قیمت،

طراحی، ساخت‌وساز، مونتاژ و همچنین طرح‌ریزی تأسیسات است [۱۲، ۱۱]. اگرچه مشکلات زیادی توسط شرکت‌هایی که در زمینه تولید محصولات به روش مهندسی طبق سفارش فعالیت می‌کنند، تجربه می‌شود؛ اما تعداد کمی مقاله در رابطه با ریسک‌های تولید به این روش موجود است [۱۳]. امروزه عواملی مانند برون‌سپاری، افزایش تنوع محصولات و خدمات، ظهور فناوری‌های جدید و تغییرات سریع و گسترده زنجیره تأمین منجر به افزایش پیچیدگی در زنجیره تأمین شده است [۱۴]. ساری^۴ بین وضعیت‌های مختلف تولید تمایز قائل شده و آنها را به چهار دسته شامل ساخت برای ذخیره (MTS)^۵، مونتاژ طبق سفارش (ATO)^۶، ساخت طبق سفارش (ETO)^۷ و مهندسی طبق سفارش (ETO) تقسیم کرد. وی همچنین اظهار کرد که در مورد مهندسی طبق سفارش (ETO) تا زمانی که سفارش دریافت نشده، شناخت اندکی در رابطه با چیزی که می‌خواهد ساخته شود، وجود دارد و در واقع پس از دریافت سفارش مرحله‌ی شناخت تکمیل شده و توسعه‌ی طراحی و مهندسی انجام می‌شود [۱۵]. گوسلینگ^۸ و همکاران با توجه به مفهوم نقطه‌ی انفصال سفارش مشتری^۹، شش نوع ساختار مختلف برای زنجیره‌ی تأمین تعریف کردند: مهندسی طبق سفارش (ETO)، خرید طبق سفارش^{۱۰} (BTO)، ساخت طبق سفارش (ETO)، مونتاژ طبق سفارش (ATO)، ساخت برای ذخیره (MTS)^{۱۱} و حمل برای ذخیره (STS)^{۱۲} [۱۶]. برتراند و ماننسلگ^{۱۳} اظهار کردند که بین (MTS) و (ATO) با (ETO) و به‌ویژه ETO از لحاظ نقش سفارش مشتری تفاوت وجود دارد. در ETO مهندسی و طراحی طبق سفارش مشتری شکل می‌گیرد [۱۷]. اولهاگر^{۱۴} بیان کرد که زنجیره‌ی تأمین ETO در مواقعی استفاده می‌شود که مراحل طراحی شامل نقاط انفصال بوده و در آن هر مشتری می‌تواند فاز طراحی محصول را تحت تأثیر قرار دهد [۱۸]. در این راستا نویسندگان زیادی اظهار کردند که در زنجیره تأمین ETO تمامی ابعاد تولید سفارشی‌سازی شده؛ به طوری که نقطه‌ی انفصال سفارش مشتری در مرحله‌ی طراحی و در جایی که پروژه‌ای خاص تعریف می‌شود، قرار دارد [۱۹]. در زنجیره تأمین ETO توافقی جهت توسعه‌ی طرح‌های موجود و یا به‌طور کلی طرح‌هایی که برای هر سفارش به‌طور جدید ارائه می‌شوند، وجود ندارد. بنابراین نبود توافق بین طراحان، کارشناسان و اجزای زنجیره تأمین جهت پذیرش طرح یک سفارش در مرحله اولیه خود می‌تواند یک ریسک در زنجیره تأمین ETO باشد [۱۰]. این پیچیدگی، افزایش سطح عدم اطمینان و ریسک موجود در زنجیره تأمین را به دنبال دارد [۲۰]. بسیاری از محققان به تأثیر ریسک‌های زنجیره تأمین اشاره کرده‌اند [۲۱، ۲۲]. برای غلبه بر ریسک‌های زنجیره تأمین، سازمان‌ها بایستی از راهبردهای کاهشی به نحو مطلوب استفاده کنند. در صورتی که برنامه‌ی کاهشی مناسبی برای فائق آمدن بر ریسک‌های زنجیره وجود نداشته باشد، این ریسک‌ها به عملکرد زنجیره تأمین آسیب می‌رسانند [۲۳]. بسیاری از محققان ریسک‌های زنجیره تأمین را به دو دسته داخلی و خارجی تقسیم‌بندی کرده‌اند. ریسک‌های داخلی آن دسته از ریسک‌هایی هستند که در فرآیند تولید ظاهر می‌شوند و برای مثال شامل تاخیر

در تحویل، موجودی اضافی، پیش‌بینی ضعیف، ریسک‌های مالی، خطاهای انسانی و نقص در سیستم‌های فناوری اطلاعات می‌شوند. ریسک‌های خارجی نیز ریسک‌هایی هستند که خارج از زنجیره تأمین به وجود می‌آیند و برای مثال شامل زمین‌لرزه، طوفان، جنگ، حملات تروریستی، افزایش قیمت، کمبود مواد اولیه و اختلالات مالی می‌شوند [۲۴]. عبدال باست^{۱۵} و همکاران یک چهارچوب برای ارزیابی و مدیریت ریسک ارائه کردند. آنها برای تعیین میزان ریسک‌ها در زنجیره تأمین از روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی نوتروسیفیک^{۱۶} (N-AHP) استفاده کردند. در این راستا آنها با استفاده از روش نوتروسیفیک اثر اطلاعات مبهم و غیرقطعی را بر مدیریت ریسک زنجیره تأمین کنترل کردند [۲۵]. شاهبندرزاده و مصلی‌نژاد یک مدل سلسله مراتبی جهت شناسایی عوامل مؤثر بر مدیریت ریسک در زنجیره تأمین معرفی کردند و در آن عوامل مؤثر بر مدیریت ریسک زنجیره را در شش دسته کلی به شرح زیر تقسیم‌بندی کردند [۲۶]: **۱. ریسک محیطی:** آن دسته از ریسک‌ها که از تعامل بین زنجیره تأمین و محیط خارجی نشأت می‌گیرند و شامل بلایای طبیعی، مسائل سیاسی، اجتماعی، اقتصادی و صنعت می‌شود [۲۷]. **۲. ریسک تقاضا:** ریسک‌هایی که در اثر تغییرات غیرقابل منتظره به وجود می‌آیند. علل وقوع آنها ممکن است از طریق نوسان تقاضای مشتریان، تغییر سریع در انتظارات مشتری، نوسان قیمت بازار، رقابت و یا پیش‌بینی نادرست تقاضا باشد [۲۸]. **۳. ریسک سیستم‌های اطلاعاتی:** موضوعاتی مانند امنیت سیستم اطلاعات، صحت اطلاعات، اثر شلای^{۱۷}، شکست سیستم اطلاعاتی، ناهم‌هنگی اطلاعات و دسترسی نداشتن به اطلاعات، عوامل مورد توجه ریسک سیستم اطلاعاتی هستند [۲۹]. **۴. ریسک عملیاتی:** در حوزه عملیاتی برای هر شرکت با توجه به نیروی کار یا دیگر ورودی‌ها یک عدم اطمینان منحصربه‌فرد وجود دارد که می‌تواند بر کل زنجیره تأمین تأثیر بگذارد [۲۸]. این عدم اطمینان می‌تواند حاصل اعتصاب کارگری، کمبود مواد اولیه، تغییر کیفیت ورودی‌ها، خرابی تجهیزات و یا فقدان اپراتور باشند. **۵. ریسک تأمین‌کننده:** از آنجا که در برخی موارد تأمین‌کننده‌ها قادر به تأمین نیازهای زنجیره تأمین خود نیستند و یا به درستی نمی‌توانند عرضه بازار را پیش‌بینی کنند، بنابراین بخشی از ریسک زنجیره تأمین مربوط به تأمین‌کننده است [۳۰]. برخی از ریسک‌های تأمین‌کننده می‌تواند مربوط به تعداد عرضه‌کننده، کمیت و کیفیت عرضه، احتمال ورشکستگی عرضه‌کننده، زمان تحقق سفارشات مواد اولیه و یک منبع عرضه داشتن باشد. **۶. ریسک پشتیبانی:** در برخی موارد ممکن است میان اعضای زنجیره تأمین در حمل و ذخیره مواد اولیه، فرآیند تولید و فروش و ... اشتباهاتی اتفاق بیفتد [۳۰]. نتیجه این اشتباهات ریسک‌های سیستم پشتیبانی است که می‌توانند از عدم اطمینان در مورد نوسان زمان تأخیر تا دریافت سفارش، هزینه‌های توزیع، اختلال در مسیر لجستیک، حوادث، میزان و زمان حمل کالا نشأت بگیرند.

عدالت سروستانی و همکاران مدلی برای رتبه‌بندی ریسک پروژه‌ها به روش نمونه‌گیری مجدد جک‌نایف همراه با تحلیل

بازهای ارائه کردند. آنها از روش غیر پارامتری نمونه‌گیری مجدد جک‌نایف برای برآورد ریسک‌ها به شکل بازهای با توجه به مفهوم فاصله اطمینان و نظرات متخصصان استفاده کرده و سپس با استفاده از روش تحلیل بازهای به ارزیابی و رتبه‌بندی ریسک‌های پروژه‌های بزرگ پرداختند [۳۱]. همچنین آنها به مقایسه رتبه‌بندی عوامل مؤثر بر مدیریت ریسک زنجیره تأمین به روش الکترا فازی و روش نمونه‌گیری جک‌نایف همراه با تحلیل بازهای پرداختند. آنها نشان دادند که روش نمونه‌گیری مجدد جک‌نایف همراه با تحلیل بازهای رتبه‌بندی دقیق‌تری نسبت به روش الکترا فازی ارائه می‌دهد و ریسک عامل محیط بیرونی دارای بیشترین اهمیت و ریسک عامل پشتیبانی دارای کمترین اهمیت است [۳۲]. جینگ^{۱۸} و همکاران یک الگوریتم ترکیبی برای برنامه‌ریزی چند پروژه با فرآیند مونتاز ETO ارائه کردند. آنها با استفاده از الگوریتم‌های فراابتکاری جستجوی ممنوعه (TS) و بهینه‌سازی ذرات (PSO) به بهینه‌سازی تخصیص منابع در تولید به روش ETO پرداختند و عدم تخصیص بهینه منابع را یک ریسک معرفی کردند [۳۳]. دالاسگا^{۱۹} و همکاران به پایداری زنجیره تأمین شرکت‌های ETO از طریق هماهنگ‌سازی عرضه و تقاضا پرداختند. آنها بیان کردند که در صنعت ETO هر محصول منحصربه‌فرد است و هزینه‌های تاخیر و ناکارآمدی منابع زمانی رخ می‌دهد که مقدار یا کیفیت مواد مورد نیاز برای ساخت محصول در محل موجود نیست و این می‌تواند یک ریسک در تولید به روش ETO باشد [۳۴]. استرندهاگن^{۲۰} و همکاران اصول تولید ناب را برای کاهش زمان تولید به روش مهندسی طبق سفارش (ETO) بررسی کردند. آنها با استفاده از رویکرد نقشه‌برداری از جریان ارزش^{۲۱} (VSM) به بهبود فرآیندهای کسب و کار و مقابله با ریسک افزایش زمان تولید به روش ETO پرداختند [۳۵]. گوسلینگ و همکاران با توجه به پروژه‌های ساختمانی از نوع مهندسی طبق سفارش (ETO) به ریسک‌های زیر در ساختار ETO اشاره کردند [۱۹]: الف. فقدان اصول نظری و تحقیقات ریاضی ب. فقدان برنامه‌های کاربردی و ناآگاهی در رابطه با کاربرد اصول نظری د. انتخاب نامناسب اجزا یا شرکای تأمین ج. رد آزمایش‌های مربوط به مواد، اصول و برنامه‌ها در شرایط خاص ه. عدم تطابق بین طراحی‌های انجام شده و یا کدها و استانداردهای از قبل تعریف شده در هنگام اجرای پروژه.

مانتسلگ^{۲۲} به ارزیابی ریسک و سود در تولید و مهندسی مشتری محور پرداخت. وی ریسک‌های وابسته به سفارش مشتری را در تولید مهندسی طبق سفارش (ETO) به شرح زیر به سه دسته تقسیم‌بندی کرد [۳۶]: الف. ریسک کیفیت یا فنی: به عنوان رخدادی که محصول (یا یک قطعه از محصول) از لحاظ فنی قادر به تولید نباشد، تعریف می‌شود. این ریسک منجر به موقعیتی می‌شود که ساعت‌های مورد نیاز برای طراحی جزئیات و مهندسی محصول در مرحله سفارش به طور قابل توجهی بیشتر از برآورد اولیه در مرحله پیشنهاد و مظنه‌گویی باشد. گوسلینگ و همکاران وجود ریسک در دسته‌ی پژوهش و تحقیق (که می‌توان آن را جزو موارد فنی به حساب آورد) را به شرح: الف- عدم قطعیت در رابطه با موجود بودن راه حل، اصول نظری و دانش

اولیه ب- عدم قطعیت در رابطه با کاربرد و عملکرد اصول نظری و دانش اولیه ج- عدم قطعیت در رابطه با موفقیت در آزمایش مواد و موفقیت در آزمایش‌های فنی بیان کردند [۲۴]. (ب) ریسک زمان: اتفاقی است که زمان عملکرد مورد نیاز برای مهندسی و تولید محصول طولانی‌تر از زمان برآورد شده در مرحله پیشنهاد و مظنه‌گویی باشد. نتیجه وقوع این ریسک تحویل نشدن سفارش مشتری در زمان مورد توافق به مشتری است. ریسک زمانی ممکن است به دلیل وجود ریسک فنی به وجود آید؛ اما وقوع این ریسک می‌تواند به دلیل وجود فاکتورهای دیگری هم باشد. (ج) ریسک مالی: به عنوان رخدادی که در آن هزینه تولید و مهندسی محصول از برآورد اولیه در مرحله پیشنهاد و مظنه‌گویی بیشتر شود، تعریف می‌شود. گرچه وقوع این ریسک می‌تواند به دلیل وقوع ریسک‌های فنی و یا زمانی باشد، اما سائز فاکتور نیز می‌تواند دلیلی برای وقوع این ریسک باشد. گالیبریس^{۳۳} سه فاکتور عدم قطعیت را که می‌تواند بر موقعیت و پیچیدگی مهندسی طبق سفارش (ETO) تأثیرگذار باشد، شامل عدم قطعیت مربوط به تولید (تولید یک محصول ویژه)، عدم قطعیت مربوط به تقاضای آینده و عدم قطعیت مربوط به فرآیند، بیان کرد [۳۷]. گوسلینگ و همکاران چارچوب عدم قطعیت‌های زنجیره تأمین را با توجه به محدوده عدم قطعیت‌ها در پنج منبع شامل: فرآیند، عرضه (تأمین) تقاضا، کنترل و منبع خارجی طبقه‌بندی کردند. آنها اظهار کردند که عدم قطعیت فرآیند به طور معمول شامل: ضایعات، دوباره‌کاری و صف برای اضافه‌کاری منابع است. عدم قطعیت عرضه (تأمین) از ضعف توانایی تأمین‌کنندگان شامل خدمات، محصولات و مصنوعات مختلف تأمین‌شده به وسیله فروشندگان نتیجه می‌شود. طول و بی‌ثباتی زمان تحویل سفارش مثالی از این طبقه است. عدم قطعیت تقاضا مربوط به مشتری‌های خاص شامل تنوع برنامه‌ی سفارش و عدم شفافیت جریان اطلاعات و مشخصات پروژه است. آنها همچنین اظهار داشتند که عدم قطعیت کنترل شامل مواردی مانند تصمیم‌گیری پراکنده، عدم شناسایی و صلاحیت تیم پروژه و ... هستند [۳۸]. گوسلینگ و همکاران علاوه بر چهار منبع عدم قطعیت مذکور برای پروژه‌های ETO به منابع خارجی عدم قطعیت شامل ویژگی‌های زمین‌شناسی، آب‌وهوای بد و شرایط اقتصادی بازار اشاره کردند و بیان کردند که منابع عدم قطعیت به هم وابسته هستند [۳۸].

هدف از این مقاله شناسایی و رتبه‌بندی عوامل مؤثر بر مدیریت ریسک زنجیره تأمین مهندسی طبق سفارش در مواقعی که اطلاعات جامع در رابطه با ریسک‌ها (به دلیل کمبود اطلاعات، نیروی متخصص و یا محدودیت زمانی) وجود ندارد، است و در این راستا از روش نمونه‌گیری مجدد جک‌نایف^{۳۴} همراه با تحلیل بازه‌ای با توجه به مفهوم فاصله‌ی اطمینان به جای به‌کارگیری روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره استفاده شده است. در ادامه ابتدا در بخش روش‌شناسی پژوهش، روش نمونه‌گیری مجدد جک‌نایف همراه با تحلیل بازه‌ای در سه مرحله شامل جمع‌آوری اطلاعات ریسک، روش نمونه‌گیری مجدد جک‌نایف و تحلیل بازه‌ای شرح داده شده است. سپس کاربرد روش پیشنهادی برای

رتبه‌بندی عوامل مؤثر بر مدیریت ریسک زنجیره تأمین مهندسی طبق سفارش، به همراه نتایج رتبه‌بندی و تجزیه و تحلیل آنها ارائه شده است.

روش‌شناسی پژوهش

روش جک‌نایف غیر پارامتری از روش‌های نمونه‌گیری مجدد است که با استفاده از تعدادی مشاهده به‌عنوان نمونه اصلی، روش مناسبی است برای تخمین واریانس جامعه و محاسبه فاصله اطمینان در مواقعی که اطلاعات زیادی در رابطه با جامعه موجود نیست [۳۹]. در این مقاله طی سه مرحله شناسایی، ارزیابی و رتبه‌بندی ریسک‌ها صورت می‌گیرد. در مرحله اول داده‌های ریسک جمع‌آوری می‌شوند. شناسایی و جمع‌آوری ریسک‌ها می‌تواند با استفاده از روش‌هایی مثل مصاحبه، پرسش‌نامه، طوفان فکری و داده‌های تاریخی انجام شود [۴۰، ۴۱]. پس از شناسایی ریسک‌ها دو معیار ارزیابی ریسک، احتمال وقوع و شدت ضربه محاسبه می‌شوند. لازم به ذکر است که احتمال (P) تحقیق در رابطه با احتمال وقوع یک ریسک و شدت ضربه (I) بررسی اثرات بالقوه روی اهدافی مثل کیفیت، هزینه، زمان و ایمنی محیط زیست تعریف می‌شود [۴۲، ۴۳]. در مرحله دوم از آنجا که تعیین مقدار دقیق ریسک مشکل و پیچیده است، با استفاده از روش نمونه‌گیری مجدد جک‌نایف که از داده‌های جمع‌آوری شده به‌عنوان نمونه اصلی استفاده می‌کند، فاصله اطمینان را به شرح زیر محاسبه می‌کنیم:

۱. تعیین مشاهدات و داده‌های ریسک جمع‌آوری شده و در نظر گرفتن آنها به‌عنوان نمونه اصلی.

$$X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\} \quad (۱) \quad \text{نمونه اصلی}$$

۲. تعیین نمونه‌های جک‌نایف (در این نمونه‌ها مشاهده نام

$$X_{-i} = \text{از نمونه اصلی حذف شده}) \quad (۲)$$

۳. محاسبه میانگین نمونه‌های جک‌نایف (نمونه‌هایی که

$$\theta_i = \text{یکی از مشاهدات از آنها حذف شده}) \quad (۳)$$

۴. به دست آوردن برآورد میانگین ($\hat{\theta}^*$) با استفاده از θ_i و از

رابطه‌ی:

$$\hat{\theta}^* = \frac{1}{n} \sum \theta_i \quad (۴)$$

۵. محاسبه انحراف معیار میانگین‌های نمونه‌های جک‌نایف

با استفاده از رابطه‌ی ۳:

$$S^* = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum (\theta_i - \hat{\theta}^*)^2} \quad (۵)$$

۶. به دست آوردن بازه‌ی اطمینان با استفاده از رابطه‌ی:

$$\hat{\theta}^* \pm t_{\alpha/2} \cdot \frac{S^*}{\sqrt{n}} \quad (۶)$$

که در آن α ضریب اطمینان و t با $(n-1)$ درجه‌ی آزادی است [۳۹].

مرحله سوم خود به دو مرحله تقسیم می‌شود. در مرحله‌ی ۳-۱ امتیاز بازه ریسک^{۳۵} (IRS) با توجه به معیارهای احتمال (P)

و شدت ضربه (I) با استفاده از رابطه ی (۵) به شرح زیر محاسبه می شود [۴۶]:

$$P \times I = [p^L, p^U] \times [i^L, i^U] = [\min(p^L i^L, p^L i^U, p^U i^L, p^U i^U), \max(p^L i^L, p^L i^U, p^U i^L, p^U i^U)] \quad (5)$$

که در آن L حد پایین و U حد بالای بازه هستند. در مرحله ۳-۲ رتبه بندی نهایی ریسک انجام می شود. بدین منظور به مقایسه ی امتیازات بازه ی ریسک می پردازیم. برای مثال فرض کنید [۴۵]:

$IRS_1 = [rs_1^L, rs_1^U]$ و $IRS_2 = [rs_2^L, rs_2^U]$ دو امتیاز بازه ریسک (IRS) هستند که ما می خواهیم مینیمم IRS بین آنها را انتخاب کنیم. این دو IRS می تواند چهار وضعیت به شرح زیر داشته باشد [۴۵]:

۱. اگر امتیازات بازه های ریسک (IRSs) تقاطع نداشته باشند، مینیمم IRS آن بازه ای است که مقادیرش پایین تر است. به عبارت دیگر، اگر $rs_1^U \leq rs_2^L$ ما IRS_1 را به عنوان مینیمم IRS انتخاب می کنیم.

۲. اگر دو IRS ها مشابه هستند، هر دوی آنها برای ما اولویت برابری دارند.

۳. در مواقعی که $rs_1^L \leq rs_2^L < rs_2^U \leq rs_1^U$ مینیمم IRS به این شرح زیر انتخاب می شود:

اگر $\gamma(rs_2^L - rs_1^L) \geq (1-\gamma)(rs_1^U - rs_2^U)$ آنگاه IRS_1 مینیمم ماست و در غیر این صورت IRS_2 برابر با مینیمم IRS است.

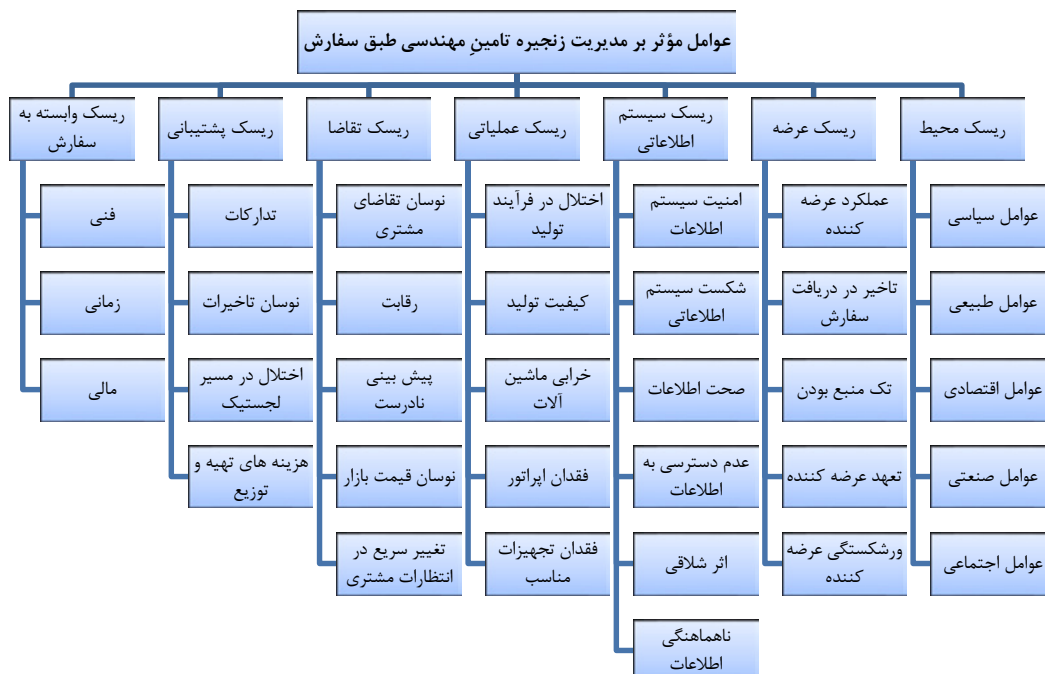
۴. در مواقعی که $rs_1^L < rs_2^L < rs_1^U < rs_2^U$ اگر $\gamma(rs_2^L - rs_1^L) \geq (1-\gamma)(rs_2^U - rs_1^U)$ سپس IRS_2 مینیمم IRS است و در غیر این صورت مینیمم IRS_1 خواهد بود.

در اینجا γ سطح خوش بینی متخصص یا تصمیم گیرنده را مشخص می کند و مقدار آن $0 < \gamma \leq 1$ است.

۳. کاربرد روش پیشنهادی برای رتبه بندی عوامل مؤثر بر مدیریت ریسک زنجیره تأمین مهندسی طبق سفارش در این بخش به کاربرد روش شرح داده شده برای ارزیابی و رتبه بندی عوامل مؤثر بر مدیریت ریسک در زنجیره تأمین مهندسی طبق سفارش پرداخته شده است.

جمع آوری اطلاعات در رابطه با ریسک های زنجیره تأمین مهندسی طبق سفارش

در این قسمت با در نظر گرفتن پیشینه پژوهش (داده های تاریخی)، ریسک های زنجیره تأمین مهندسی طبق سفارش شناسایی شده و با تایید متخصصین ساختار شکست مناسب ارائه شده است. با توجه به نوع ساختار زنجیره تأمین مهندسی طبق سفارش (ETO) که وابسته به سفارش مشتری است و از آنجا که زنجیره تأمین ETO خود یک نوع از انواع ساختار زنجیره تأمین است، علاوه بر وجود ریسک ها، عدم قطعیت ها و عوامل اثرگذار بر مدیریت زنجیره ی تأمین، این نوع ساختار شامل ریسک های وابسته به سفارش هم است [۳۶]. با بررسی مطالعات گذشته در حوزه شناسایی و طبقه بندی ریسک های زنجیره تأمین و زنجیره تأمین مهندسی طبق سفارش (ETO) ساختار شکست ابتدایی تهیه و برای تایید نزد متخصصان فرستاده شد. در نهایت ساختار شکست نشان داده شده در تصویر ۱ با در نظر گرفتن تحقیقات گذشته و بررسی ۲۶ مقاله پس از پایش بیش از ۷۴ مقاله، با تایید متخصصان به عنوان ساختار شکست ریسک در زنجیره تأمین مهندسی طبق سفارش (ETO) ارائه شده است.



تصویر ۱: ساختار شکست ریسک برای مدیریت ریسک زنجیره تأمین ETO

برای سهولت در محاسبات ریسک‌های شناسایی‌شده در زنجیره تأمین مهندسی طبق سفارش به شرحی که در جدول ۱ نشان داده شده، نام‌گذاری شده‌اند.

با توجه به کمبود نیروی متخصص در زمینه‌ی ریسک زنجیره تأمین مهندسی طبق سفارش در کشور ایران و همچنین استفاده از زنجیره‌های تأمین مهندسی طبق سفارش در پروژه‌ها و محصولات نظامی (به‌طور معمول کار طراحی تا تحویل یک محصول نظامی به دلیل مسائل امنیتی در یک زنجیره تأمین مهندسی طبق سفارش در مراکز نظامی انجام می‌شود)، نظرسنجی از چهار متخصص یا تصمیم‌گیرنده (DM)^{۲۶} در زمینه‌ی ریسک زنجیره تأمین مهندسی طبق سفارش با سابقه حضور در مراکز و پروژه‌های نظامی و غیرنظامی، برای ارزیابی معیارهای ریسک

احتمال وقوع (P) و شدت ضربه (I) انجام و در جدول ۴ نشان داده شده است. بدین منظور جهت تعیین احتمال و شدت ضربه هر یک از ریسک‌های شناسایی‌شده فرم نظرسنجی طراحی شده و ریسک‌ها به صورت به‌هم‌ریخته (تصادفی) و خارج از شکل ساختار شکست رسم شده مورد نظرسنجی واقع شده‌اند. از آنجا که این داده‌ها شامل اصطلاحات زبانی هستند، ابتدا اصطلاحات زبانی به‌وسیله نسبت تبدیل در جداول (۲) و (۳) به مقادیر عددی تبدیل می‌شوند.

نظرات متخصصان در رابطه با احتمال وقوع و شدت ضربه هر یک از ریسک‌ها به شرح جدول ۴ است.

جدول ۵ تبدیل شده‌ی اصطلاحات زبانی موجود در جدول (۴) را با استفاده از جداول ۲ و ۳ نشان می‌دهد.

جدول ۱: شرح ریسک‌های مؤثر بر مدیریت ریسک در زنجیره تأمین مهندسی طبق سفارش

ریسک	شرح	ریسک	شرح	ریسک	شرح
R _۱	عوامل سیاسی	R _{۱۲}	اختلال در مسیر لجستیک	R _{۱۳}	تعهد عرضه‌کننده
R _۲	عملکرد عرضه‌کننده	R _{۱۳}	فنی	R _{۱۴}	دسترسی نداشتن به اطلاعات
R _۳	امنیت سیستم اطلاعات	R _{۱۴}	عوامل طبیعی	R _{۱۵}	فقدان اپراتور
R _۴	اختلال در فرآیند تولید	R _{۱۵}	تاخیر در دریافت سفارش	R _{۱۶}	نوسان قیمت بازار
R _۵	نوسان تقاضای مشتری	R _{۱۶}	شکست سیستم اطلاعاتی	R _{۱۷}	هزینه‌های تهیه و توزیع
R _۶	تدارکات	R _{۱۷}	زمانی	R _{۱۸}	عوامل اجتماعی
R _۷	عوامل اقتصادی	R _{۱۸}	کیفیت تولید	R _{۱۹}	ورشکستگی عرضه‌کننده
R _۸	تک منبع بودن	R _{۱۹}	رقابت	R _{۲۰}	اثر شلاقی
R _۹	صحت اطلاعات	R _{۲۰}	مالی	R _{۲۱}	فقدان تجهیزات مناسب
R _{۱۰}	خرابی ماشین آلات	R _{۲۱}	نوسان تاخیرات	R _{۲۲}	تغییر سریع در انتظارات مشتری
R _{۱۱}	پیش‌بینی نادرست	R _{۲۲}	عوامل صنعتی	R _{۲۳}	ناهماهنگی اطلاعات

جدول ۲: توصیف درجه‌ی احتمال [۴۳]

مقادیر	شرح	درصد احتمال
۰/۰۵	ممکن، اما خیلی بعید	خیلی کم (VL)
۰/۱۵	ممکن، اما بعید	کم (L)
۰/۳	ممکن، اما کمی بعید	کمی کم (SL)
۰/۵	ممکن و محتمل	متوسط (M)
۰/۷	محتمل	کمی زیاد (SH)
۰/۹	احتمال بالا	زیاد (H)
۰/۹۵	احتمال خیلی بالا	خیلی زیاد (VH)

جدول ۳: توصیف درجه‌ی شدت ضربه [۴۳]

مقادیر	شرح	درصد شدت ضربه
۰/۱	اثر خیلی کم روی اهداف دارد	خیلی کم (VL)
۰/۳	اثر کمی روی اهداف دارد	کم (L)
۰/۵	روی اهداف اثر دارد	متوسط (M)
۰/۷	اثر قابل توجهی روی اهداف دارد	زیاد (H)
۰/۹	اثر غیرقابل قبولی روی اهداف دارد	خیلی زیاد (VH)

جدول ۴: داده‌های مشاهده‌شده‌ی ریسک با استفاده از اصطلاحات زبانی

ریسک	DM ₁		DM ₂		DM ₃		DM ₄	
	P	I	P	I	P	I	P	I
R ₁	M	VH	SH	H	M	H	M	VH
R ₂	SL	M	VH	VH	SL	L	M	M
R ₃	L	M	H	H	SH	M	SL	H
R ₄	SL	VH	H	H	SH	M	M	H
R ₅	VL	M	SH	M	VL	L	L	M
R ₆	SL	L	L	M	L	L	VL	L
R ₇	H	M	M	H	H	VH	SH	M
R ₈	SH	H	M	M	M	M	M	H
R ₉	SL	M	L	M	VL	H	L	M
R ₁₀	M	M	M	M	M	L	SH	M
R ₁₁	VL	M	L	L	VL	L	VL	L
R ₁₂	L	L	VL	L	VL	VL	VL	VL
R ₁₃	SH	VH	M	VH	SH	H	M	H
R ₁₄	SH	M	M	H	SH	H	SH	M
R ₁₅	L	VL	VL	L	L	L	VL	VL
R ₁₆	M	M	SL	H	SL	H	SL	M
R ₁₇	M	VL	M	L	SH	L	M	L
R ₁₈	SH	M	SL	H	SH	H	M	H
R ₁₉	SL	M	L	M	L	H	M	M
R ₂₀	SL	M	M	M	SH	H	M	H
R ₂₁	M	VL	SH	L	L	L	SL	L
R ₂₂	M	H	M	H	SH	H	SH	VH
R ₂₃	M	L	M	M	SH	M	SH	L
R ₂₄	SH	H	SL	H	M	M	SH	M
R ₂₅	SL	M	M	H	SH	M	SL	M
R ₂₆	M	M	M	H	SH	H	SH	M
R ₂₇	L	VL	SL	VL	VL	VL	VL	L
R ₂₈	SL	H	M	VH	M	VH	SH	H
R ₂₉	VL	VL	L	VL	VL	VL	VL	L
R ₃₀	M	M	L	M	L	L	SL	L
R ₃₁	M	H	SH	H	SL	L	M	M
R ₃₂	SL	M	SL	H	L	M	SL	L
R ₃₃	L	M	L	M	L	L	VL	M

۷۵

شماره هجدهم

پاییز زمستان
۱۳۹۹دوفصلنامه
علمی و پژوهشی

شناسایی و رتبه‌بندی ریسک‌های زنجیره‌ی تأمین مهندسی طبق
سفارش با استفاده از روش نمونه‌گیری مجدد چک ناف و تحلیل بازه‌ای

جدول ۵: تبدیل داده‌های مشاهده شده ریسک به اعداد

ریسک	DM ₁		DM ₂		DM ₃		DM ₄	
	P	I	P	I	P	I	P	I
R ₁	۰.۵	۰.۹	۰.۷	۰.۷	۰.۵	۰.۷	۰.۵	۰.۹
R ₂	۰.۳	۰.۵	۰.۹۵	۰.۹	۰.۳	۰.۳	۰.۵	۰.۵
R ₃	۰.۱۵	۰.۵	۰.۹	۰.۷	۰.۷	۰.۵	۰.۳	۰.۷
R ₄	۰.۳	۰.۹	۰.۹	۰.۷	۰.۷	۰.۵	۰.۵	۰.۷
R ₅	۰.۰۵	۰.۵	۰.۷	۰.۵	۰.۰۵	۰.۳	۰.۱۵	۰.۵
R ₆	۰.۳	۰.۳	۰.۱۵	۰.۵	۰.۱۵	۰.۳	۰.۰۵	۰.۳
R ₇	۰.۹	۰.۵	۰.۵	۰.۷	۰.۹	۰.۹	۰.۷	۰.۵
R ₈	۰.۷	۰.۷	۰.۵	۰.۵	۰.۵	۰.۵	۰.۵	۰.۷
R ₉	۰.۳	۰.۵	۰.۱۵	۰.۵	۰.۰۵	۰.۷	۰.۱۵	۰.۵
R ₁₀	۰.۵	۰.۵	۰.۵	۰.۵	۰.۵	۰.۳	۰.۷	۰.۵
R ₁₁	۰.۰۵	۰.۵	۰.۱۵	۰.۳	۰.۰۵	۰.۳	۰.۰۵	۰.۳
R ₁₂	۰.۱۵	۰.۳	۰.۰۵	۰.۳	۰.۰۵	۰.۱	۰.۰۵	۰.۱
R ₁₃	۰.۷	۰.۹	۰.۵	۰.۹	۰.۷	۰.۷	۰.۵	۰.۷
R ₁₄	۰.۷	۰.۵	۰.۵	۰.۷	۰.۷	۰.۷	۰.۷	۰.۵
R ₁₅	۰.۱۵	۰.۱	۰.۰۵	۰.۳	۰.۱۵	۰.۳	۰.۰۵	۰.۱
R ₁₆	۰.۵	۰.۵	۰.۳	۰.۷	۰.۳	۰.۷	۰.۳	۰.۵
R ₁₇	۰.۵	۰.۱	۰.۵	۰.۳	۰.۷	۰.۳	۰.۵	۰.۳
R ₁₈	۰.۷	۰.۵	۰.۳	۰.۷	۰.۷	۰.۷	۰.۵	۰.۷
R ₁₉	۰.۳	۰.۵	۰.۱۵	۰.۵	۰.۱۵	۰.۷	۰.۵	۰.۵
R ₂₀	۰.۳	۰.۵	۰.۵	۰.۵	۰.۷	۰.۷	۰.۵	۰.۷
R ₂₁	۰.۵	۰.۱	۰.۷	۰.۳	۰.۱۵	۰.۳	۰.۳	۰.۳
R ₂₂	۰.۵	۰.۷	۰.۵	۰.۷	۰.۷	۰.۷	۰.۷	۰.۹
R ₂₃	۰.۵	۰.۳	۰.۵	۰.۵	۰.۷	۰.۵	۰.۷	۰.۳
R ₂₄	۰.۷	۰.۷	۰.۳	۰.۷	۰.۵	۰.۵	۰.۷	۰.۵
R ₂₅	۰.۳	۰.۵	۰.۵	۰.۷	۰.۷	۰.۵	۰.۳	۰.۵
R ₂₆	۰.۵	۰.۵	۰.۵	۰.۷	۰.۷	۰.۷	۰.۷	۰.۵
R ₂₇	۰.۱۵	۰.۱	۰.۳	۰.۱	۰.۰۵	۰.۱	۰.۰۵	۰.۳
R ₂₈	۰.۳	۰.۷	۰.۵	۰.۹	۰.۵	۰.۹	۰.۷	۰.۷
R ₂₉	۰.۰۵	۰.۱	۰.۱۵	۰.۱	۰.۰۵	۰.۱	۰.۰۵	۰.۳
R ₃₀	۰.۵	۰.۵	۰.۱۵	۰.۵	۰.۱۵	۰.۳	۰.۳	۰.۳
R ₃₁	۰.۵	۰.۷	۰.۷	۰.۷	۰.۳	۰.۳	۰.۵	۰.۵
R ₃₂	۰.۳	۰.۵	۰.۳	۰.۷	۰.۱۵	۰.۵	۰.۳	۰.۳
R ₃₃	۰.۱۵	۰.۵	۰.۱۵	۰.۵	۰.۱۵	۰.۳	۰.۰۵	۰.۵

می‌شود. با استفاده از میانگین نمونه‌های جک‌نایف و رابطه (۱) و (۲) برآورد میانگین و (S^*) به دست می‌آیند. در پایان هم با استفاده از رابطه (۴) و با توجه به اینکه $(n=4)$ و $(t_{0.025}=18/3)$ است، بازه اطمینان محاسبه می‌شود. لازم به ذکر است که n برابر با تعداد متخصصان (تصمیم‌گیرندگان) است و t نیز توزیع آماری t استیودنت است که مقدار آن با توجه به مقدار α و رابطه (۴) از جداول آماری توزیع t استیودنت قابل محاسبه است. برای مثال مراحل به دست آمدن فاصله اطمینان احتمال وقوع ریسک R_1 با استفاده از روش جک‌نایف به این شرح است که داده‌های به دست آمده از نظرات متخصصان در رابطه با احتمال وقوع ریسک R_1

روش نمونه‌گیری مجدد جک‌نایف برای تعیین فاصله‌ی اطمینان احتمال و شدت ضربه‌ی ریسک‌های زنجیره تأمین مهندسی طبق سفارش

در این مرحله با استفاده از روش جک‌نایف (روابط (۱) و (۲) و (۳)) یک فاصله‌ی ۹۵ درصدی $(\alpha=0/05)$ برای معیارهای ریسک (احتمال (P) و شدت ضربه (I)) به دست آمده است. داده‌های به دست آمده از نظرات متخصصان در رابطه با احتمال وقوع ریسک و یا شدت ضربه آن به عنوان نمونه اصلی^{۲۷} در نظر گرفته می‌شوند؛ سپس نمونه‌های جک‌نایف با حذف یکی از داده‌ها در هر مرتبه به دست آمده و میانگین این نمونه‌ها محاسبه

جدول ۶: نظرات متخصصان برای احتمال وقوع ریسک R_1 (نمونه اصلی)

داده‌های مربوط به نظرات متخصصان برای احتمال وقوع R_1 (نمونه اصلی)			
DM_1	DM_2	DM_3	DM_4
۰.۵	۰.۷	۰.۵	۰.۵
میانگین و انحراف معیار نمونه اصلی			
ave.original 0.55		SD.original 0.1	

جدول ۷: نمونه‌های جک‌نایف و میانگین آنها

s_1	s_2	s_3	s_4	نمونه‌های جک‌نایف
۰.۵	۰.۷	۰.۵	۰.۵	
۰.۷	۰.۵	۰.۵	۰.۵	
۰.۵	۰.۵	۰.۵	۰.۷	
۰.۵۶۷	۰.۵۶۷	۰.۵۰۰	۰.۵۶۷	میانگین نمونه‌ها
۰.۱۱۵	۰.۱۱۵	۰.۰۰۰	۰.۱۱۵	انحراف معیار نمونه‌ها

جدول ۸: بازه‌های اطمینان برای احتمال و شدت ضربه ریسک‌های زنجیره تأمین ETO

ریسک	احتمال وقوع (P)		شدت ضربه (I)		ریسک	احتمال وقوع (P)		شدت ضربه (I)	
	q_1	q_2	q_1	q_2		q_1	q_2	q_1	q_2
R_1	۰.۵	۰.۶	۰.۷۴	۰.۸۶	R_{18}	۰.۴۵	۰.۶۵	۰.۶	۰.۷
R_2	۰.۳۵	۰.۶۷	۰.۴۲	۰.۶۸	R_{19}	۰.۱۹	۰.۳۶	۰.۵	۰.۶
R_3	۰.۳۳	۰.۷	۰.۵۴	۰.۶۶	R_{20}	۰.۴۱	۰.۵۹	۰.۵۴	۰.۶۶
R_4	۰.۴۶	۰.۷۴	۰.۶۱	۰.۷۹	R_{21}	۰.۲۹	۰.۵۴	۰.۲	۰.۳
R_5	۰.۰۷	۰.۴	۰.۴	۰.۵	R_{22}	۰.۵۴	۰.۶۶	۰.۷	۰.۸
R_6	۰.۱۱	۰.۲۲	۰.۳	۰.۴	R_{23}	۰.۵۴	۰.۶۶	۰.۳۴	۰.۴۶
R_7	۰.۶۵	۰.۸۵	۰.۵۵	۰.۷۵	R_{24}	۰.۴۵	۰.۶۵	۰.۵۴	۰.۶۶
R_8	۰.۵	۰.۶	۰.۵۴	۰.۶۶	R_{25}	۰.۳۵	۰.۵۵	۰.۵	۰.۶
R_9	۰.۱۱	۰.۲۲	۰.۵	۰.۶	R_{26}	۰.۵۴	۰.۶۶	۰.۵۴	۰.۶۶
R_{10}	۰.۵	۰.۶	۰.۴	۰.۵	R_{27}	۰.۰۷	۰.۲	۰.۱	۰.۲
R_{11}	۰.۰۵	۰.۱	۰.۳	۰.۴	R_{28}	۰.۴۱	۰.۵۹	۰.۷۴	۰.۸۶
R_{12}	۰.۰۵	۰.۱	۰.۱۴	۰.۲۶	R_{29}	۰.۰۵	۰.۱	۰.۱	۰.۲
R_{13}	۰.۵۴	۰.۶۶	۰.۷۴	۰.۸۶	R_{30}	۰.۱۹	۰.۳۶	۰.۳۴	۰.۴۶
R_{14}	۰.۶	۰.۷	۰.۵۴	۰.۶۶	R_{31}	۰.۴۱	۰.۵۹	۰.۴۵	۰.۶۵
R_{15}	۰.۰۷	۰.۱۳	۰.۱۴	۰.۲۶	R_{32}	۰.۲۲	۰.۳	۰.۴۱	۰.۵۹
R_{16}	۰.۳	۰.۴	۰.۵۴	۰.۶۶	R_{33}	۰.۱	۰.۱۵	۰.۴	۰.۵
R_{17}	۰.۵	۰.۶	۰.۲	۰.۳					

می‌توان برای سایر ریسک‌ها بازه‌های اطمینان را محاسبه کرد. جدول ۸ بازه‌های اطمینان محاسبه شده برای ریسک‌های زنجیره تأمین مهندسی طبق سفارش (R_1-R_{33}) را به طور خلاصه نشان می‌دهد.

که در آن q_1 حد پایینی بازه و q_2 حد بالایی بازه است.

به عنوان نمونه اصلی در نظر گرفته می‌شود (جدول ۶). در گام دوم نمونه‌های جک‌نایف با حذف یکی از داده‌ها در هر مرتبه به دست می‌آیند. سپس میانگین این نمونه‌ها محاسبه می‌شود (جدول ۷). حال با استفاده از میانگین نمونه‌های جک‌نایف و رابطه (۲) و (۳) برآورد میانگین و (S^*) به ترتیب برابر با 0.55 و 0.3 به دست می‌آیند. در پایان نیز با استفاده از رابطه (۳) و با توجه به اینکه $(n=4)$ و $(t_{0.025}=18/3)$ است، بازه اطمینان برای احتمال وقوع ریسک R_1 برابر با $(0.6/0.5)$ محاسبه می‌شود. به همین ترتیب

جدول ۹: بازه امتیاز ریسک برای ریسک‌های زنجیره تأمین مهندسی طبق سفارش

ریسک	بازه امتیاز ریسک (IRS)		ریسک	بازه امتیاز ریسک (IRS)		ریسک	بازه امتیاز ریسک (IRS)	
	q_1	q_2		q_1	q_2		q_1	q_2
R_1	۰.۳۷۰۰	۰.۵۱۶۰	R_{12}	۰.۰۰۷۰	۰.۰۲۶۰	R_{23}	۰.۱۸۳۶	۰.۳۰۳۶
R_2	۰.۱۴۷۰	۰.۴۵۵۶	R_{13}	۰.۳۹۹۶	۰.۵۶۷۶	R_{24}	۰.۲۴۳۰	۰.۴۲۹۰
R_3	۰.۱۷۸۲	۰.۴۶۲۰	R_{14}	۰.۳۲۴۰	۰.۴۶۲۰	R_{25}	۰.۱۷۵۰	۰.۳۳۰۰
R_4	۰.۲۸۰۶	۰.۵۸۴۶	R_{15}	۰.۰۰۹۸	۰.۰۳۳۸	R_{26}	۰.۲۹۱۶	۰.۴۳۵۶
R_5	۰.۰۲۸۰	۰.۲۰۰۰	R_{16}	۰.۱۶۲۰	۰.۲۶۴۰	R_{27}	۰.۰۰۷۰	۰.۰۴۰۰
R_6	۰.۰۳۳۰	۰.۰۸۸۰	R_{17}	۰.۱۰۰۰	۰.۱۸۰۰	R_{28}	۰.۳۰۳۴	۰.۵۰۷۴
R_7	۰.۳۵۷۵	۰.۶۳۷۵	R_{18}	۰.۲۷۰۰	۰.۴۵۵۰	R_{29}	۰.۰۰۵۰	۰.۰۲۰۰
R_8	۰.۲۷۰۰	۰.۳۹۶۰	R_{19}	۰.۰۹۵۰	۰.۲۱۶۰	R_{30}	۰.۰۶۴۶	۰.۱۶۵۶
R_9	۰.۰۵۵۰	۰.۱۳۲۰	R_{20}	۰.۲۲۱۴	۰.۳۸۹۴	R_{31}	۰.۱۸۴۵	۰.۳۸۳۵
R_{10}	۰.۲۰۰۰	۰.۳۰۰۰	R_{21}	۰.۰۵۸۰	۰.۱۶۲۰	R_{32}	۰.۰۹۰۲	۰.۱۷۷۰
R_{11}	۰.۰۱۵۰	۰.۰۴۰۰	R_{22}	۰.۳۷۸۰	۰.۵۲۸۰	R_{33}	۰.۰۴۰۰	۰.۰۷۵۰

تحلیل بازه‌ای برای ریسک‌های زنجیره تأمین مهندسی طبق سفارش

امتیاز بازه‌ی ریسک (IRS) برای ریسک‌های زنجیره تأمین مهندسی طبق سفارش به کمک نرم‌افزار اکسل و با استفاده از رابطه (۵) به شرحی که در جدول ۹ نشان داده شده، محاسبه شده‌اند.

که در آن q_1 حد پایینی بازه و q_2 حد بالایی بازه است. پس از محاسبه امتیاز بازه‌ی ریسک، جهت افزایش سرعت و دقت در رتبه‌بندی ریسک‌های زنجیره‌ی تأمین مهندسی طبق سفارش، گام دوم تحلیل بازه‌ای (شامل چهار حالت موجود در تحلیل بین دو بازه‌ی امتیاز ریسک) به زبان سی‌شارپ توسط نرم‌افزار «ویژوال استادیو» برای رسیدن به رتبه‌بندی نهایی برنامه‌نویسی شده است. لازم به ذکر است که سطح خوش‌بینی برای همه‌ی تصمیم‌گیرندگان برابر با 0.8 ($\gamma=0.8$) در نظر گرفته شده است. در نهایت ریسک‌های رنجیره‌ی تأمین مهندسی طبق سفارش به شرح زیر اولویت‌بندی شده‌اند:

$$R_{13} > R_1 > R_{14} > R_7 > R_{22} > R_{26} > R_{28} > R_{18} > R_8 > R_{24} > R_4 > R_{20} > R_{23} > R_{16} > R_{25} > R_3 > R_{31} > R_{10} > R_{32} > R_{19} > R_{17} > R_2 > R_{30} > R_9 > R_{33} > R_{21} > R_1 > R_{15} > R_{29} > R_{27} > R_5 > R_6 > R_{12}$$

بحث و نتیجه‌گیری

با توجه به رتبه‌بندی به‌دست‌آمده در قسمت قبل، ریسک‌های فنی، عوامل سیاسی و عوامل طبیعی دارای بیشترین اولویت و ریسک‌های اختلال در مسیر لجستیک، تدارکات و نوسان تقاضای مشتری به‌ترتیب دارای کمترین اولویت هستند. رتبه‌بندی

به‌دست‌آمده در برخی موارد منطبق بر مطالعات پیشین در رابطه با ریسک‌های زنجیره تأمین است و در برخی موارد با توجه به ماهیت زنجیره تأمین مهندسی طبق سفارش اولویت‌بندی جدیدی را بیان می‌کند. برای ارائه یک تحلیل مناسب اگر رتبه‌بندی به دست آمده برای ریسک‌های زنجیره تأمین مهندسی طبق سفارش را به‌ترتیب به سه دسته‌ی یازده‌تایی تقسیم کنیم و دسته اول را شامل ریسک‌های با اولویت بالاتر، دسته دوم را شامل ریسک‌های با اولویت متوسط و دسته سوم را ریسک‌های با اولویت پایین‌تر در نظر بگیریم، جدولی منطبق با اولویت‌ها و رتبه‌های به‌دست‌آمده به وجود می‌آید که در جدول ۱۰ نشان داده شده است.

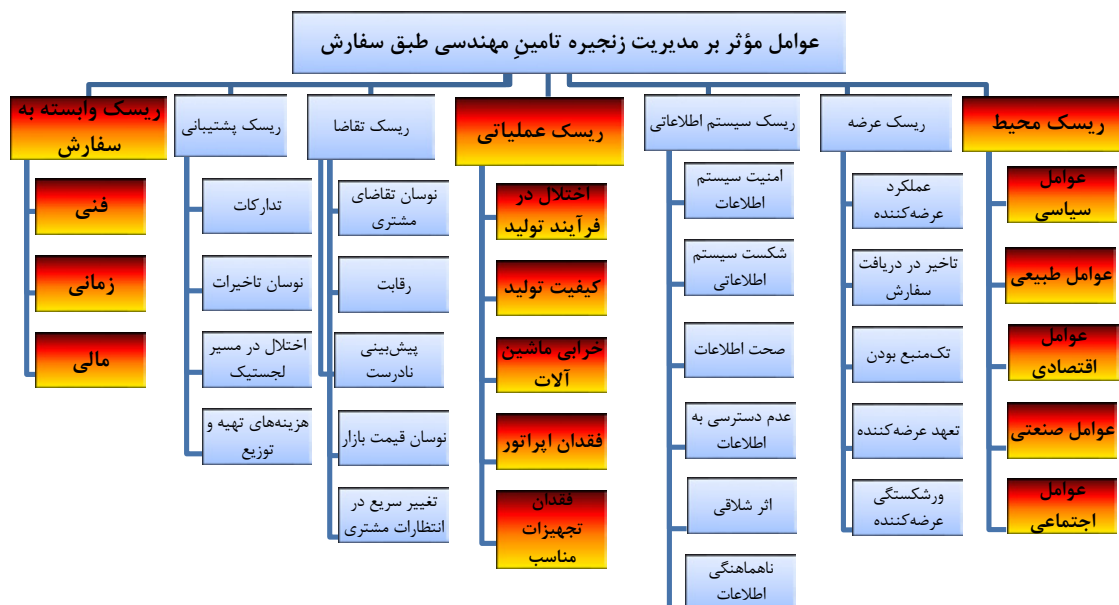
همان‌گونه که رتبه‌بندی به‌دست‌آمده نشان می‌دهد، ریسک فنی از زیرمجموعه ریسک‌های مربوط به ریسک‌های وابسته به سفارش (با توجه به پذیرش سفارش از مرحله طراحی، در زنجیره‌های تأمین ETO و احتمال ناتوانی ساخت و طراحی یک قطعه از محصول و یا وجود عدم قطعیت در رابطه با موفقیت آزمایش‌های فنی محصولات) بیشترین اولویت را داراست و در دسته‌ی ریسک‌های با اولویت بالاتر قرار گرفته است. ریسک‌های سیاسی، عوامل طبیعی، عوامل اقتصادی، عوامل صنعتی (مربوط به صنعت) و عوامل اجتماعی از زیرمجموعه ریسک‌های مربوط به ریسک‌های مرتبط با محیط (محیط بیرونی) نیز در دسته‌ی ریسک‌های با اولویت بالاتر قرار گرفته‌اند. این نتیجه با نتایج حاصل از مطالعات گذشته توسط شاهبندرزاده و مصلی‌نژاد [۲۶] در رابطه با اولویت‌بندی ریسک‌های زنجیره تأمین و همچنین مظاهری و همکاران [۲۹] مطابقت دارد و به نوعی صحت رتبه‌بندی به‌دست‌آمده را بیان می‌کند. ریسک‌های اختلال در

جدول ۱۰: دسته‌بندی ریسک‌های زنجیره تأمین ETO به ترتیب اولویت و رتبه‌ی آنها

دسته سوم		دسته دوم		دسته اول	
(ریسک‌های با اولویت پایین‌تر)		(ریسک‌های با اولویت متوسط)		(ریسک‌های با اولویت بالاتر)	
R ₃₀	اثر شلاقی	R ₂₀	مالی	R ₁₃	فنی
R ₉	صحت اطلاعات	R ₂₃	تعهد عرضه‌کننده	R ₁	عوامل سیاسی
R ₃₃	ناهماهنگی اطلاعات	R ₁₆	شکست سیستم اطلاعاتی	R ₁₄	عوامل طبیعی
R ₂₁	نوسان تاخیرات	R ₂₅	فقدان اپراتور	R ₇	عوامل اقتصادی
R ₁₁	پیش‌بینی نادرست	R ₃	امنیت سیستم اطلاعات	R ₂₂	عوامل صنعتی
R ₁₅	تاخیر در دریافت سفارش	R ₃₁	فقدان تجهیزات مناسب	R ₂₆	نوسان قیمت بازار
R ₂₉	ورشکستگی عرضه‌کننده	R ₁₀	خرابی ماشین‌آلات	R ₂₈	عوامل اجتماعی
R ₂₇	هزینه‌های تهیه و توزیع	R ₃₂	تغییر سریع در انتظارات مشتری	R ₁₈	کیفیت تولید
R ₅	نوسان تقاضای مشتری	R ₁₉	رقابت	R ₈	تک‌منبع بودن
R ₆	تدارکات	R ₁₇	زمانی	R ₂₄	دسترسی نداشتن به اطلاعات
R ₁₂	اختلال در مسیر لجستیک	R ₂	عملکرد عرضه‌کننده	R ₄	اختلال در فرآیند تولید

فرآیند تولید و کیفیت تولید از زیرمجموعه ریسک‌های مرتبط با ریسک‌های عملیاتی نیز در دسته اول (ریسک‌های با اولویت بالاتر) جای گرفته‌اند که با نتایج مطالعات پیشین در رابطه با رتبه‌بندی ریسک‌های زنجیره تأمین توسط شاهبندرزاده و مصلی‌نژاد [۲۶]، ابراهیم‌نژاد و همکاران [۴۷] و سوفیالیوقلو و کارتل [۴۴] مطابقت داشته و صحت رتبه‌بندی را تأکید می‌کند. ریسک دسترسی نداشتن به اطلاعات در مطالعات انجام‌شده توسط شاهبندرزاده و مصلی‌نژاد [۲۶] و همچنین مظاهری و همکاران [۲۹] از اولویت پایینی برخوردار بوده است. این در حالی است که در رتبه‌بندی به‌دست‌آمده به روش ارائه‌شده در این مقاله ریسک دسترسی نداشتن به اطلاعات با توجه به ماهیت زنجیره تأمین ETO که در آن پذیرش سفارش از مرحله‌ی طراحی شروع می‌شود و احتمال دسترسی نداشتن و کمبود اطلاعات به دلیل جدید بودن محصول سفارش داده‌شده وجود دارد، در دسته اول (ریسک‌های با اولویت بالاتر) جای گرفته است. همچنین ریسک نوسان تقاضای مشتری از زیرمجموعه ریسک‌های مرتبط با تقاضا با توجه به ماهیت زنجیره تأمین مهندسی طبق سفارش (ETO) که در آن به‌طور معمول سفارش (میزان تقاضا) مشخص است، در دسته سوم (با اولویت پایین‌تر) و نزدیک به انتهای رتبه‌بندی ریسک‌های زنجیره تأمین مهندسی طبق سفارش قرار گرفته است. این در حالی است که در رتبه‌بندی‌های ارائه‌شده در رابطه با ریسک‌های زنجیره تأمین توسط شاهبندرزاده و مصلی‌نژاد [۲۶] و سوفیالیوقلو و کارتل [۴۴] ریسک نوسان تقاضای مشتری از اهمیت بیشتری برخوردار بوده است. همان‌گونه که رتبه‌بندی ریسک‌های زنجیره تأمین ETO به روش جک‌نایف همراه با تحلیل بازه‌ای نشان می‌دهد،

ریسک‌هایی اختلال در مسیر لجستیک و تدارکات از زیرمجموعه ریسک‌های مرتبط با ریسک سیستم پشتیبانی در پایین‌ترین رتبه و در دسته سوم (با اولویت پایین‌تر) قرار گرفته‌اند. این نتیجه نیز بر نتایج مطالعات پیشین توسط شاهبندرزاده و مصلی‌نژاد [۲۶] و ابراهیم‌نژاد و همکاران [۴۷] منطبق بوده و بیش از پیش صحت رتبه‌بندی را بیان می‌کند. بنابر توضیحات داده‌شده، با وجود اولویت بالای ریسک فنی و اولویت متوسط ریسک‌های مالی و زمانی که از زیرمجموعه ریسک‌های وابسته به سفارش هستند، اهمیت بالای ریسک‌های وابسته به سفارش مشخص می‌شود. بررسی بیشتر نشان می‌دهد که به دلیل وجود اولویت بالای ریسک‌های اختلال در فرآیند تولید، کیفیت تولید و همچنین حصول اولویت متوسط توسط ریسک‌های خرابی ماشین‌آلات، فقدان تجهیزات مناسب و فقدان اپراتور (که همگی از زیرمجموعه ریسک‌های عملیاتی هستند) ریسک‌های عملیاتی نیز از اهمیت و اولویت بالایی برخوردار هستند. همچنین حصول اولویت بالا توسط ریسک‌های مربوط به عوامل سیاسی، طبیعی، اقتصادی، صنعتی و اجتماعی که همگی از زیرمجموعه ریسک‌های محیطی هستند، اهمیت و اولویت بالا و قابل توجه ریسک‌های محیطی را بیان می‌کنند. بنابراین ریسک محیط، ریسک وابسته به سفارش و ریسک عملیاتی از مهمترین و اولویت‌دارترین ریسک‌های اصلی اثرگذار بر مدیریت زنجیره تأمین مهندسی طبق سفارش هستند. تصویر ۲ ساختار شکست ریسک زنجیره تأمین مهندسی طبق سفارش (ETO) را با توجه به مهمترین و اولویت‌دارترین ریسک‌ها جهت شناساندن مسیر استراتژیک برای مدیریت ریسک زنجیره تأمین مهندسی طبق سفارش نشان می‌دهد.



تصویر ۲: ساختار شکست ریسک زنجیره تأمین ETO با توجه به مسیر استراتژیک برای مدیریت ریسک آن

24. Jackknife
25. Interval Risk Score
26. Decision Maker
27. Original Sample
28. Sofyaloğlu & Kartal

پی نوشت

- ### مراجع
1. Xu, J., Li, B., Wu, D., 2009. Rough supply chain to application its and analysis envelopment data evaluation. International Journal Production Economics, Vol (122), pp 628-638.
 2. Russell, R., Taylor, B., 2001. Operations management (3rd ed). Upper Saddle River, New Jersey: Prentice Hall.
 3. Sinha, P.R., Whitman, L.E., Malzahn, D., 2004. Methodology to mitigate supplier risk in an aerospace supply chain. Supply Chain management: An International Journal, Vol (9). No 2, pp 154-168.
 4. Tang, O., Musa, S.N., 2011. Identifying risk issues and research advancements in supply chain risk management, Int. J. Production Economics, Vol (123), pp 25-34.
 5. Sodhi, M.S., Son, B.G., Tang, C.S., 2012. Perspectives on Supply Chain Risk Management. International Journal of Production and Operations Management, Vol (21). No 1, pp 1-13.
 6. Vilko, J., 2012. Approaches to supply chain risk management: identification, analysis and control. Lap- peenranta University of Technology Digipaino.
 7. Tummla, R., Schoenherr, T., 2011. Assessing and managing risks using the Supply Chain Risk Management Process (SCRMP). Supply Chain Management: An International Journal, pp, 474-483.

1. Supply Chain Managment
2. Supply Chain Risk Managment
3. Engineering-To-Order
4. Sari
5. Make-To-Stock
6. Assemble-To-Order
7. Make-To-Order
8. Gosling
۹. گوسلینگ و همکاران نقطه اتصال را نقطه ای که سفارش وارد می شود (پذیرفته می شود) و از آن به بعد کارها مطابق با سفارش انجام می شود، تعریف کرده اند [۲۴].
10. Buy-To-Order
11. Make-To-Stock
12. Ship-To-Stock
13. Bertrand and Muntslag
14. Olhager
15. Abdel-Basset
16. Neutrosophic Analytical Hierarchy Process
۱۷. تقویت تغییرپذیری تقاضا از پایین زنجیره به سمت بالای زنجیره را اثر شلای می نامند.
18. Jaing
19. Dallasega
20. Strandhagen
21. Value Stream Mapping
22. Muntslag
23. Galbraith

۸۰
شماره هجدهم
پاییز و زمستان
۱۳۹۹

دوفصلنامه
علمی و پژوهشی

بهرین

شناسایی و رتبه بندی ریسک های زنجیره تامین مهندسی طبق سفارش با استفاده از روش نمونه گیری مجدد جک نایف و تحلیل بازه ای

22. Lavastre, O., Gunasekaran, A., Spalanzani, A., 2012. Supply chain risk management in French companies. *Decision Support Systems*, Vol (52), pp 828–838.
23. Xia, D., Chen, B., 2011. A comprehensive decision-making model for risk management of supply chain. *Expert Systems with Applications*, Vol (38), pp 4957–4966.
24. Waters, D., 2007. Supply chain risk management: vulnerability and resilience in logistics. Kogan Page Limited.
25. Abdel-Basset, M., MaiMohamed., Gunasekaran, M., Chilamkurti, N., 2019. A framework for risk assessment, management and evaluation: Economic tool for quantifying risks in supply chain. *Future Generation Computer Systems*, Volume 93, PP 1076–1077.
۲۶. شاهبندرزاده. ح؛ مصلى نژاد. ل؛ (۱۳۹۱). ارائه مدل سلسله مراتبی جهت شناسایی عوامل مؤثر بر مدیریت ریسک در زنجیره تأمین. سومین همایش ملی مهندسی صنایع و سیستم، دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب.
27. Bocho, L., 2010. Supply Chain Risk Assessment Based on AHP and Fuzzy Comprehensive Evaluation. *International Conference on Management of e-Commerce and e-Government*.
28. Shashank Rao, S., & Goldsby, T.J., 2009. Supply chain risks: a review and typology, *The International Journal of Logistics Management*, pp.97–123.
۲۹. مظاهری. ع؛ کرباسیان. م؛ شیرویه زاد. ه؛ (۱۳۹۰). شناسایی و اولویت بندی ریسک های زنجیره تأمین در سازمان های تولیدی با استفاده از تصمیم گیری چند معیاره. دومین کنفرانس مدیریت اجرایی. ۱۰ و ۱۱ تیرماه.
30. Jingwu, C., Pengwu, Y., 2009. Research on Supply Chain and Logistics Risk Management Model, *The 1st International Conference on Information Science and Engineering*.
31. Edalat Sarvestani, M.R., Shahraki, M.R., Anisesh, M., 2016. Developing a new project risk ranking model by means of jackknife resampling method consider interval analysis. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, vol. 30, no. 5, pp. 2593–2600.
۳۲. عدالت سروستانی. م ر؛ شهرکی. م ر؛ (۱۳۹۴). مقایسه رتبه بندی عوامل مؤثر بر مدیریت ریسک زنجیره تأمین به روش الکترا فازی و روش نمونه گیری جک نایف همراه با تحلیل بازه ای. دوفصلنامه علمی و پژوهشی مدیریت بحران. دوره ۴ شماره هشتم صفحه ۱۰۷–۱۱۱.
33. Jaing, ch., Hu, X., Xi, J., 2019. A hybrid algorithm of product-service framework for the multi-project scheduling in ETO assembly process. *Procedia CIRP* 83. Volume 83, PP 298–303.
34. Dallasega, P., Rauch, E., Matt, D., 2015. Sustainability in the supply chain through synchronization of demand and supply in ETO-companies. *Procedia CIRP* 29. PP 215 – 220.
35. Strandhanen, Jo., Vallandingham, L., Alfnes, E., Strandhanen, Jan., 2018. Operationalizing lean principles for lead time reduction in engineer-to-order (ETO) operations: A case study. *IFAC-PapersOn-Line*. Volume 51, Issue 11, PP 128–133.
36. Muntslag, D.R., 1994. Profit and risk evaluation in
8. Giunipero, L., Eltantawy, R., 2004. Securing the upstream supply chain: a risk management approach. *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*, Vol (34). No 9, pp 698–713.
9. Cameron, N.S., Braiden, P.M., 2004. Using business process re-engineering for the development of production efficiency in companies making engineered to order products. *International Journal of Production Economics* 89 (3), 261–273.
10. Gosling, J., Naim, M., 2009. Engineer-to-order Supply Chain Management: A Literature Review and Research Agenda. *International Journal of Production Economics* 122(2):741–754.
11. Alderman, N., Braiden, P.M., Hills, W., Maffin, D., Thwaites, A., Vaughan, R., 1998. Business process analysis and technological change in the capital goods industry. *International Journal of Computer Applications in Technology* 11 (6), 418–427.
12. Braiden, P.M., Alderman, N., Thwaites, A.T., 1993. Engineering design and product development and its relationship to manufacturing: A programme of case study research in British companies. *International Journal of Production Economics* 30–31, 265–272.
13. Rodrigues, P.C., Oliveira, O.J., 2010. Engineering-to-order Versus Make-to-stock Strategy: An Analysis at Two Printing Companies. *Independent Journal of a Management & Production* 1(1):1–23.
۱۴. میرغفوری. ح؛ مروتی شریف آبادی. ع؛ اسدیان اردکانی. ف؛ (۱۳۹۱). مدیریت ریسک زنجیره تأمین: مفاهیم و کاربردها. نخستین همایش ملی علوم مدیریت نوین، استان گلستان، گرگان، پنجم شهریور.
15. Sari, J.F., 1981. The MPS and the Bill of Material go hand-in-hand. Richard C. Ling, Inc.
16. Gosling, J., Naim, M., Fowler, N. and Fearne, A. 2007, "Manufacturer's preparedness for agile construction", *International Journal of Agile Manufacturing*, 10(2), 113–24.
17. Bertrand, J.W.M. and Muntslag, D.R., 1993. Production control in engineer-to-order firms. *Int. J. Prod. Econom.*, 30-3 1: 3322.
18. Olhager, J., 2003. Strategic positioning of the order penetration point. *International Journal of Production Economics* 85 (3), 319–329.
19. Gosling, J., Hewlett, B and Naim, M., 2011. A framework for categorising engineer-to order construction projects In: Egbu, C. and Lou, E.C.W. (Eds.) *Procs 27th Annual ARCOM Conference*, 5-7 September 2011, Bristol, UK, Association of Researchers in Construction Management, 995–1004.
20. Manuj, I & Mentzer, J., 2008. Global supplychain risk management strategies *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*. 223–192.
21. Wagner, S.M., Neshat, N., 2010. Assessing the vulnerability of supply chains using graph theory. *International Journal Production Economics*, Vol (126), pp 121–129.

customer and manufacturing. Int. J. Production Economics 36, 97-107.

37. Galbraith, J.R., 1973. Designing Complex Organizations, Addison-Wesley, Reading.
38. Gosling, J., Naim, M., Towill, D., 2013. Identifying and Categorizing the Sources of Uncertainty in Construction Supply Chains. JOURNAL OF CONSTRUCTION ENGINEERING AND MANAGEMENT. 2013.139:102-110.
39. Ramachandran, K. M., & Tsokos, C. P., 2009. Mathematical statistics with applications. Amsterdam ; Boston: Academic Press.
40. Ebrahimnejad, S., Mousavi, S.M., Mojtahedi, S.M.H., 2008. A fuzzy BOT project risk evaluation model in Iranian power plant industry. In: Proc. 5th IEEE Int. Conf. on Ind. Eng. Eng. Manag. Singapore, pp. 1038-1042.
41. Mojtahedi, S.M.H., Mousavi, S.M., Makui, A., 2008. Risk identification and analysis concurrently: group decision making approach. In: Proc. 4th IEEE Int. Conf. Manag. Innov. Technol. (ICMIT), Thailand, pp. 299-304.
42. Project Management Institute., 2008. A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PM-BOK Guide), fourth ed. Proj Manage Inst., Newton Square, PA.
43. Mojtahedi, S.M.H., Mousavi, S.M., Makui, A., 2010. Project risk identification and assessment simultaneously using multi-attribute group decision making technique. Saf. Sci. 48 (4), 499-507.
44. Sofyalioğlu, Ç. & Kartal, B., 2012. The selection of global supply chain risk management strategies by using fuzzy analytical hierarchy process-a case from Turkey. Procedia - Social and Behavioral Sciences, pp.1448-1457.
45. Sayadi, M.K., Heydari, M., Shahanaghi, K., 2009. Extension of VIKOR method for decision making problem with interval numbers. Appl. Math. Model. 33 (5), 2257-2262.
46. Moore, R.E., 1979. Methods and Applications of Interval Analysis. Society for Industrial and Applied Mathematics, Philadelphia, PA.

۴۷. ابراهیم نژاد. س؛ موسوی. م؛ قربانی کیا. آ؛ (۱۳۸۶). شناسایی و تحلیل ریسک‌های زنجیره ریسک‌های زنجیره‌ای تأمین در چهارچوب تصمیم‌گیری چند معیاره فازی. نخستین کنفرانس بین‌المللی مدیریت زنجیره تأمین و سیستم‌های اطلاعات.

تحلیل تعامل بین عوامل بحرانی موفقیت در مدیریت بحران با رویکردهای ترکیبی تصمیم‌گیری چند معیاره فازی

محمود مدیری: استادیار، گروه مدیریت صنعتی، واحد تهران جنوب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران؛ M.Modiri@azad.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۴/۲۳

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۹/۲۶

چکیده

توجه ناکافی به مدیریت بحران باعث ایجاد خسارات زیادی می‌شود. بنابراین نیاز به بهبود در تمام فرآیندهای مدیریت بحران برای مقابله با بلایا و فاجعه از طریق شناسایی و تعیین تعامل و روابط بین عوامل بحرانی موفقیت بسیار ضروری است. تحقیق حاضر از لحاظ هدف، تحقیق کاربردی و از نظر گردآوری اطلاعات، توصیفی-اکتشافی است. از طریق مطالعات کتابخانه‌ای و مصاحبه با خبرگان عوامل بحرانی موفقیت در مدیریت بحران شناسایی شدند. عوامل شناسایی شده با کسب نظرات ۱۵ نفر از خبرگان سازمان مدیریت بحران و اساتید دانشگاهی به روش دلفی فازی بومی‌سازی و در چهار دسته اصلی «سیستم‌های فناوری و اطلاعاتی»، «عملیاتی»، «سازمانی» و «نیروی انسانی» انتخاب شد. در ادامه داده‌ها با استفاده از پرسش‌نامه مقایسات زوجی و به روش میدانی گردآوری و با رویکردهای ترکیبی تصمیم‌گیری چند معیاره فازی و کدنویسی در نرم‌افزار اکسل تحلیل داده‌ها صورت گرفت. در این تحقیق از روش فرآیند تحلیل شبکه‌ای بر اساس دیمتل فازی برای تعیین تعامل، وزن‌دهی و میزان اهمیت عوامل استفاده شده است. یافته‌های دیمتل فازی نشان داد که عامل اصلی «عملیاتی» بیشترین تأثیر را به ترتیب از عوامل «سازمانی»، «سیستم‌های فناوری و اطلاعاتی» و «نیروی انسانی» برای موفقیت در مدیریت بحران می‌پذیرد و عوامل «سازمانی» موجب بهبود سیستم می‌شود. عامل اصلی «عملیاتی» و زیرعامل «تیم‌های واکنش» بیشترین اهمیت را برای موفقیت در مدیریت بحران دارد. با توجه به نتایج این تحقیق انتظار می‌رود تا مدیران با برنامه‌ریزی مناسب و توجه کافی به عوامل پراهمیت و چگونگی روابط بین آنها عملکرد مدیریت بحران را ارتقا دهند.

واژه‌های کلیدی: بحران، مدیریت بحران، عوامل بحرانی موفقیت، رویکردهای تصمیم‌گیری چند معیاره فازی

Analysis of the Interaction between Critical Success Factors in Emergency Management with Combining Fuzzy Multiple criteria Decision-Making Approaches

Mahmoud Modiri¹

Abstract:

Inadequate attention to emergency management can cause a great deal of damage. Therefore, the need to improve all emergency management processes to address Catastrophe and disaster through identifying and determination the interaction and relationships between critical success factors is It is very necessary. This study, in perspective of purpose is applied research and in terms of data collection is descriptive-exploration. Critical success factors in crisis management identifying through library studies and interviews with experts. Factors identified localized by fuzzy Delphi method by the opinion of 15 experts from emergency Management Organization and university professors, and selected in four main categories: "Information and Technology Systems", "Operational", "Organizational", and "Human Resources". Then, data were collected by paired comparisons questionnaire and field method and Data were analyzed by combining fuzzy multiple criteria decision-making and coding in Excel software. In this study of fuzzy analytical network process based FUZZY DEMATEL method was used to determine the interaction, weighting and importance of factors. The findings of FUZZY DEMATEL showed that the 'operational' main factor is the most influenced of 'organizational', 'information and information systems' and 'Human Resources' factors for emergency management success, and 'organizational' factors improved system performance. "Operational" main factor and the "response teams" sub-factor are the most important for success in emergency management. According to the results of this study, is expected to managers to improve the performance of emergency management with proper planning and attention to important factors and how their relationships.

Keywords: Crisis, emergency management, critical success factors, fuzzy multiple criteria decision-making approaches.

1. Assistant Professor, Department of Industrial Management, South Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran, Email: M.Modiri@azad.ac.ir

مقدمه

در سال‌های اخیر بحران عمومی به‌طور مداوم اتفاق می‌افتد و منجر به ضرر و زیان جدی به محیط، انسان و تأثیرات منفی زیادی بر توسعه اجتماعی و اقتصادی شده است [۱]. مدیریت بحران به‌عنوان موضوعی جهانی ظهور کرده و توجه بیشتر دولت‌مردان را به انواع مخرب بلایای طبیعی مانند وقوع زلزله و نشت هسته‌ای جلب کرده است [۲]. در سال‌های اخیر موارد اضطراری غیرمتعارف در سراسر جهان رخ داده است؛ مانند زلزله ونچان^۱ چین در سال ۲۰۰۸، شیوع جهانی سارس در سال ۲۰۰۳ [۳] انواع حوادث غیرمترقبه دیگر مانند وقایع فاجعه‌آمیز و مصیبت‌ها از جمله آتش‌فشان‌ها، سیل، طوفان، نشت مواد شیمیایی، اشعه‌های هسته‌ای، بیماری‌های واگیردار، سقوط، انفجار، آتش‌سوزی‌های شهری و غیره اتفاق می‌افتد. این بلایا نه تنها موجب درد و رنج فراوانی برای زندگی و اموال مردم می‌شود، بلکه بر ثبات جامعه نیز تأثیر می‌گذارد. البته چنین بلایایی ممکن است در هر زمان و در سراسر جهان رخ دهد؛ در نتیجه جوامع مدرن سیستم مدیریت بحران^۲ (EM) را برای مدیریت بلایای مختلف و تأثیر آنها بر زندگی و اموال تأسیس کرده‌اند [۴]. مدیریت بحران صنایع و اداراتی مانند سیستم نظامی، ادارات دولتی (حفاظت از آتش‌سوزی، امنیت عمومی، خدمات پزشکی، مدیریت ترافیک، ارتباطات، نظارت بر ایمنی و مدیریت) را در بر می‌گیرد. فرماندهی اضطراری مجبور است منابع مختلفی (به‌عنوان مثال نیروی انسانی، منابع مالی و مادی) را بسیج کند و احزاب مختلف را هماهنگ کند [۱]. آژانس‌های مدیریت بحران دارای یک هدف مشترک شامل آماده‌سازی، پیشگیری، پاسخگویی، کاهش اثرات حوادث و بهبود هستند. بنابراین باید همیشه هماهنگی بین بخش‌های محلی، دولت مرکزی و سازمان‌های خصوصی وجود داشته باشد [۵].

تاکنون دغدغه بسیاری در مورد مدیریت بحران وجود داشته و تعداد زیادی از تحقیقات به آن پرداخته است. به‌طور مثال، شتو^۳ (۲۰۰۷) نقش مهم عوامل بحرانی موفقیت در کاهش تأثیرات بلایا را بسیار مهم می‌داند [۲]. مطالعات دیگر به سایر چالش‌های مدیریت بحران مانند آگاهی از وضعیت‌ها و جریان اطلاعات در مدیریت بحران پرداخته‌اند [۶].

هدف مدیریت بحران، کاهش و به حداقل ممکن رساندن آسیب از طریق ادغام منابع مختلف اجتماعی با تصمیمات مناسب و تقویت توانایی بازیابی جامعه از تأثیرات منفی است که جامعه را ایمن، پایدار و تاب‌آور می‌سازد [۳]. بهبود جامع مدیریت بحران و افزایش توانایی واکنش سریع و مقاومت در برابر ریسک و حوادث می‌تواند اثرات منفی تلفات، خسارات اقتصادی و بحران سیاسی را کاهش دهد. به عبارتی دیگر مدیریت بحران برای توسعه اقتصادی پایدار و ثبات اجتماعی هماهنگ از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است [۱].

امروزه انسان‌ها با بلایای طبیعی بیشتر و یا حوادث در معرض خطر مواجه هستند. این فاجعه طبیعی باعث خسارات فراوان

شده؛ اما عملکرد مدیریت بحران بهبود چشمگیری ندارد. برای مثال سیستم اطلاعات بحران برای اطمینان از انتقال اطلاعات مؤثر نیست. فقدان تکنولوژی مدرن نیز مسئله‌ای دیگری است. در نتیجه بهبود مدیریت بحران ضروری است [۷].

مدیریت بحران^۴ (EM) یک مسئله بسیار مهم است که با انواع مختلف حوادث اضطراری که اغلب اتفاق می‌افتد، رخ می‌دهد. یکی از مهمترین اجزای EM ارزیابی ظرفیت پاسخ اضطراری^۵ (ERC) بخش اضطراری است [۴]. در حقیقت، اضطراب ممکن است بر روی هر یک از شرکت‌ها، ارائه‌دهنده خدمات، جامعه و خانواده در یک ملت به دلیل بیماری و از دست دادن زندگی و اثرات منفی آن بر نیروی کار، دسترسی به کالاها و خدمات و شرایط اقتصادی و اجتماعی به‌طور کلی تأثیر بگذارد. مدیریت ساختاریافته و هماهنگ پایه و اساس برای به حداقل رساندن پیامدهای ناشی از بحران است [۸].

با توجه به اینکه بسیاری از عوامل مؤثر بر مدیریت بحران تأثیرگذار هستند، هدایت درست آن عوامل موجب بهبود مدیریت بحران می‌شوند. با این حال به دلیل محدودیت منابع مدیریت بحران ضروری است که عوامل تأثیرگذار به‌طور همزمان شناسایی و بهبود یابند. یک روش قابل درک بهتر این است که رابطه بین عوامل روشن شود و عوامل فوری و مهم شناسایی شوند. این نوع عوامل به‌عنوان عوامل بحرانی موفقیت نام‌گذاری شده و بیشترین تأثیر را در مدیریت بحران دارند [۷].

شهر تهران با توجه به موقعیت جغرافیایی و پراکندگی جمعیت از جمله شهرهایی به‌شمار می‌آید که ممکن است بر اثر بروز سوانحی چون سیل، زلزله، خشکسالی و حوادث ناشی از فعالیت‌های انسانی خسارات جانی و مالی قابل توجهی به آن وارد شود. در این خصوص مدیریت بحران وظیفه برنامه‌ریزی، سازماندهی و هماهنگی جهت وارد آمدن کمترین خسارت و آسیب به جامعه، امکانات، تجهیزات و محیط زیست را دارد. اما چنین به نظر می‌رسد که برای هدایت سیستماتیک مدیریت عملیات بحران نقص‌ها و کمبودهایی در برنامه‌ریزی وجود دارد که موفقیت در مدیریت بحران را به چالش خواهد کشاند. در واقع عملکرد مدیریت بحران در بروز بحران‌ها همواره با کاستی‌هایی مواجه است که تحت تأثیر عوامل مختلفی بوده که بررسی آن برای مدیران دشوار است. محدودیت در منابع برای موفقیت در برنامه‌ریزی فرآیند مدیریت بحران چالش برانگیز است. بنابراین شناسایی و اولویت‌بندی عوامل بحرانی اثرگذار در موفقیت مدیریت بحران بسیار پراهمیت است؛ چرا که مدیران و تصمیم‌گیران می‌توانند با اولویت‌بندی عوامل برای بهبود وضعیت فرآیند مدیریت بحران تمرکز کنند. پس نیاز به شناسایی و تحلیل روابط عوامل بحرانی موفقیت در فرآیند مدیریت بحران ضروری به نظر می‌رسد.

مدیریت بحران شامل نظم و انضباط، کاربرد علم، فناوری، برنامه‌ریزی و مدیریت برای مقابله با وقایع شدیدی است که می‌تواند به محیط صدمه بزند [۲]. مدیریت بحران به تجزیه و تحلیل علمی علل، وقوع بالقوه و توسعه وقایع فاجعه غیرمنتظره و همچنین اثرات منفی ناشی از بلایای ناگهانی اشاره

دارد. از آنجایی که شرایط بحران غیرمعمول اتفاق می‌افتد، اغلب نمی‌توان در چنین شرایطی پاسخ‌های مناسب ارائه داد [۳]. مدیریت بحران فرآیندهایی شامل فعالیت‌های پیش‌بینی، پیشگیری، آماده‌سازی، تعیین ویژگی، کنترل و بازسازی است. اولین گام در الگوی جامع مدیریت بحران مرحله پیش‌بینی است که قبل از وقوع غافل‌گیرانه بحران، خود به استقبال آن می‌رود. پیشگیری وقایع و رعایت تمهیدات پیشگیری، آماده‌سازی و مصون کردن عوامل انسانی در مقابل هر نوع بحرانی نشان‌دهنده تدبیر است [۹]. میزان آمادگی در مدیریت بحران نباید فراموش شود؛ چرا که ماهیت بحران غیر قابل پیش‌بینی و نادر است [۱۰]. پاسخ سریع و دقیق به خواسته‌های بشردوستانه در هنگام وقوع یک فاجعه طبیعی مسئله مهمی است که همیشه باید در مدیریت فاجعه و مدیریت امدادرسانی مد نظر باشد. تیم‌های واکنش اضطراری^۶ (ERT) مبنای توزیع منابع انسانی و اجرای عملیات جستجو و نجات هستند [۱۱]. در این خصوص سطح تحصیلات، تجربه کار و مهارت نیروی انسانی برای مشارکت در پاسخ‌های اضطراری نقش به‌سزایی دارد. بنابراین برای افزایش مهارت‌ها و اطمینان، موارد مربوط به آماده‌سازی واکنش اضطراری در برنامه‌ریزی لازم است [۱۲] بنابراین مدیران باید آموزش و تجربه یا دانش لازم را برای کنترل شرایط اضطراری و پاسخگویی داشته باشند [۱۳] (Jennings, 2019). پاسخ اضطراری به اطلاعات و دانش چندرشته‌ای نیاز دارد و فرهنگ‌سازی به‌طور قابل توجهی در زمینه واکنش اضطراری بسیار مورد توجه قرار گرفته است؛ چرا که فرهنگ موجب بهبود پاسخ اضطراری می‌شود [۱۴]. همچنین تعامل شهروندان با یکدیگر و با مدیران محلی برای تقویت مدیریت بحران پراهمیت است. این تعامل به‌صورت برخط (رسانه‌های اجتماعی) رفتارهای اجتماعی شهروندان را در گفتگوهای تعاملی ترغیب می‌کند. بنابراین مدیران باید از تأثیر رفتار جمعی برخط که از اطلاعات منتشرشده ناشی می‌شود، آگاهی داشته باشند تا باعث دستیابی به سطح بالایی از مشارکت شهروندان برای بهبود پاسخ به فاجعه در سطح ملی و در رسانه‌های اجتماعی شود [۱۵].

مدیریت بحران فعالیت بسیار تجربی است و اغلب اوقات به توانایی انسان برای مقابله با عوامل غیرمنتظره و جمع‌آوری انواع اطلاعات برای ارائه بهترین تصمیم و بهترین اقدامات مرتبط است؛ به‌شرطی که جریان اطلاعات باید به‌خوبی شرح داده شود [۱۶]. مدیران بحران با چالش مهمی همانند مرتب‌سازی اطلاعات موجود برای تصمیم‌گیری و اعتماد به آن اطلاعات روبه‌رو هستند. در این مورد حرکت به سمت مدیریت اضطراری الکترونیکی به‌عنوان ابزار ارتباط داخلی و هم‌به‌عنوان ابزاری برای برقراری ارتباط با مردم از اهمیت بسیار مهمی برخوردار است [۵].

با توجه به ابزارهای مدیریت بحران، استفاده از سیستم‌های پشتیبانی تصمیم به‌سرعت در حال افزایش است. این سیستم‌ها برای جلوگیری و مدیریت بهتر بحران‌ها برای محافظت از زندگی و اموال انسانی کاربرد بسیاری دارند [۱۰]. در این مورد یک چارچوب با تمرکز بر روی سیستم‌های برنامه‌ریزی و پشتیبانی تصمیم برای

مدل‌سازی و شبیه‌سازی سناریوهای واقعی بحران پیشنهاد شده است [۱۷].

در داخل کشور محققین مدل تعاملی اطلاعات و فعالیت‌های ذی‌نفعان مدیریت بحران در صنعت با رویکرد مهندسی همزمان را ایجاد کرده‌اند و نتیجه مدل نشان داد که حوزه برنامه‌ریزی و گزارش وضعیت و ارزیابی خسارات در ایجاد مدل تعاملی اطلاعات و فعالیت‌های ذی‌نفعان مدیریت بحران در صنعت بسیار پراهمیت هستند و باید به آن توجه شود [۱۸]. در تحقیقی به بررسی سنجش عوامل مؤثر در کارآمدی سیستم‌های اطلاعاتی در مدیریت بحران در جمعیت هلال احمر پرداخته شده است. در این مطالعه عوامل مؤثر در کارآمدی سیستم‌های اطلاعاتی در مدیریت بحران شامل سه عامل فرعی پاسخ به‌هنگام سیستم‌های اطلاعاتی، در دسترس بودن اطلاعات مربوط به سیستم‌های اطلاعاتی، مرتبط بودن سیستم‌های اطلاعاتی با وظایف کاربران و عامل اصلی رضایت کاربران شناخته شده است [۱۹].

محققین دیگر در مطالعه‌ی برنامه‌ریزی مدیریت بحران در حوزه‌ی مدیریت شهری با رویکرد پدافند غیرعامل به این نتیجه رسیدند که نبود هماهنگی برنامه و تمهیدات ستادهای مدیریت بحران مهمترین عامل در مدیریت بحران محسوب می‌شود و راهبرد طرح جامع ایمن‌سازی شهر در مقابل بحران‌ها برای برنامه‌ریزی در حوزه‌ی مدیریت شهری می‌تواند بسیار کارآمد باشد [۹].

برخی دیگر از محققین اعتقاد دارند که شکاف بارز میان هماهنگ‌سازی و به اشتراک‌گذاری دانش و اطلاعات همواره یکی از حلقه‌های مفقوده در مدیریت بحران بلایای طبیعی نظیر خشکسالی بوده است. بنابراین مدیریت دانش می‌تواند نقش مؤثری در فرآیند مدیریت بحران خشکسالی ایفا کند. هنگام مواجهه با بحران خشکسالی تجارب سازمان‌ها و افراد درگیر در اداره کردن بحران و ثبت این تجارب به‌عنوان دانش سبب می‌شود تا سازمان‌ها اشتباهاتشان را ببینند و آموزش سازمانی وسیعی را شروع کرده که کسب، تسهیم و رسمی‌سازی دانش مدیریت بحران را تسهیل می‌کند [۲۰]. بر اساس نتایج به‌دست آمده از مطالعه‌ی دیگر، در بین عوامل تسهیل‌کننده‌ی مدیریت دانش، عوامل فناوری اطلاعات و فرهنگ سازمانی برای تسهیل مدیریت دانش معنی‌دار بود. از میان چهار متغیر مورد بررسی، فرهنگ سازمانی مهمترین عامل تأثیرگذار جهت تسهیل مدیریت دانش و عامل استراتژی کمترین اهمیت را بر تسهیل مدیریت دانش داشت [۲۱]. نتیجه حاصل از بررسی انجام‌شده نشان می‌دهد که برای مدیریت پشتیبانی امداد و نجات اولین عامل وجود نظام ذخیره‌سازی است. همچنین برای هدایت عملیات امداد و نجات باید ساختار تشکیلات مناسب و کافی باشد [۲۲]. در مطالعه‌ای دیگر از تحلیل عوامل بحرانی موفقیت در مدیریت بحران نشان داده شده که طرح واکنش اضطراری، اجتماعی و مقررات، تأثیرگذارترین عامل و مشارکت و حمایت ارتش تأثیرپذیرترین عامل در روش دیمتل است [۳]. در تحقیق دیگر در همین راستا محققین به این نتیجه رسیدند که عامل ساختار سازمانی منطقی و آگاهی

روشن از مسئولیت‌ها تأثیرگذارترین عامل و امنیت کمک‌های
امدادی در طول توزیع و اطلاعات تأثیرپذیرترین عامل در موفقیت
مدیریت بحران است [۲].

در مطالعه‌ی شناسایی عوامل موفقیت بحرانی در مدیریت
بحران، محققین با روش دیمتل نشان دادند که کمپین آموزشی
در مورد پیشگیری و پاسخگویی به فاجعه تأثیرگذارترین
عامل و ساختار سازمانی منطقی و آگاهی روشن از مسئولیت‌ها
تأثیرپذیرترین عامل است [۷]. بر اساس تحقیق مشابه دیگر،
عامل ساختار سازمانی منطقی و آگاهی روشن از مسئولیت‌ها بر
سایر عوامل اثرگذار است و عامل زمان پاسخ بسیار کوتاه برای
شروع برنامه بحران از سایر عوامل در موفقیت مدیریت بحران اثر
می‌پذیرد [۲۳].

در مطالعه‌ی دیگر بر نقش و اهمیت عوامل انسانی در
پاسخگویی در بحران تأکید شده است. به غیر از تشخیص خطا
و هشدار عملیات پاسخ اضطراری (به طور مثال تصمیم‌گیری،
فعالیت‌های واکنش و حفاظت از خطاها) عمدتاً شامل عملیات
انسانی می‌شود. از این رو، عوامل انسانی بر عملیات انجام‌شده به
درستی و در زمان مناسب بسیار تأثیرگذار هستند [۲۴]. محققین
دیگر در مطالعه‌ی شناسایی عوامل دانش و چالش‌ها در مدیریت
حادثه به این نتیجه رسیدند که مدیریت دانش از طریق شناسایی
عوامل اصلی فاجعه، قادر به مدیریت موفقیت‌آمیز فاجعه خواهد
بود. آنها چالش‌های فقدان سیستم‌های تشخیص و هشدار،
نیاز به آموزش مؤثر، برنامه‌های افزایش آموزش و آگاهی، نیاز به
روزآمدسازی منظم قوانین مربوط به فاجعه، کمبود بودجه برای
اقدامات برنامه‌ریزی، برنامه‌ریزی ضعیف، ارتباطات ضعیف،
رهبری ضعیف و ناکارآمد را به عنوان مهمترین چالش‌های مدیریت
حادثه معرفی کرده‌اند [۲۵].

مطالعه‌ی دیگر به ساختار سازمانی برای پروژه مدیریت فاجعه
پرداخته است. در این مطالعه عنوان شد که هماهنگی نقطه
اصلی عملیات واکنش در فاجعه است. به دلیل حضور بسیاری از
سازمان‌ها در هنگام فاجعه، تلاش در ایجاد هماهنگی بسیار چالش
برانگیز است. بنابراین نیاز به یک ساختار سازمانی کلی وجود دارد
که می‌تواند کارایی لازم را با ادغام چندین سازمان مستقل برای
تضمین اقدامات کافی برای بهبود در مرحله واکنش داشته باشد
[۲۶].

در تحقیق ارزیابی تعامل‌های کاری اعضای تیم واکنش
اضطراری با استفاده از تحلیل شبکه اجتماعی، محققین به این
نتیجه رسیدند که شرایط اضطراری و پیامدهای ناشی از آن یکی
از چالش‌های مهم و تهدیدکننده در صنایع محسوب می‌شود
که درک وضعیت تعامل‌های کاری درون تیمی مدیریت شرایط
اضطراری در بهبود عملکرد تیم واکنش در کاهش و کنترل اثرات
بالقوه شرایط اضطراری مؤثر است و می‌توان با برقراری هماهنگی،
تعامل و ارتباط شایسته بین اعضای تیم واکنش در هنگام شرایط
اضطراری، پیامدهای شرایط اضطراری را به طور قابل توجهی
کاهش داد [۲۷].

در بررسی رابطه بین تعهد حرفه‌ای و تعهد سازمانی کارکنان با
موفقیت در مدیریت بحران، نتیجه نشان داد که مهمترین هدف
هر سازمانی دستیابی به بهترین عملکرد است. یکی از عوامل اصلی
دستیابی به بهترین عملکرد نیروی انسانی است که تعهد کارکنان
در آن نقش اصلی را ایفا می‌کند. همچنین یکی از مؤلفه‌های
عملکرد موفق میزان توانایی سازمان در مدیریت موفقیت‌آمیز
بحران‌هاست. نتایج تحقیق آنها نشان داد که تعهد حرفه‌ای و
تعهد سازمانی با موفقیت در مدیریت بحران رابطه مثبتی دارند
و ارائه برنامه‌ها و سازوکارهایی به منظور حفظ و تقویت تعهد در
کارکنان ضروری است [۲۸].

همان‌گونه که بررسی اسنادی مطالعات نشان می‌دهد عوامل
متفاوت از دیدگاه مختلف برای موفقیت در مدیریت بحران بررسی
شده که هر یک می‌تواند در موفقیت مدیریت بحران تأثیر مهم
داشته باشد. برای افزایش اثربخشی عملیاتی مدیریت بحران،
به طور کلی باید فرآیند مدیریت بحران به عناصر و عوامل معنی‌دار
تقسیم شود تا گام به گام کل فعالیت‌های مدیریت بحران تسهیل
شود.

هدف کلی تحقیق، کمک به ستاد مدیریت بحران برای
شناسایی و تحلیل تعامل و تعیین اهمیت نسبی هر یک از عوامل
اثرگذار در موفقیت مدیریت بحران برای آمادگی و کاهش آسیب
در وقوع خطرات و فاجعه است. با توجه به ادبیات نظری تحقیق
مهمترین عوامل بحرانی موفقیت در مدیریت بحران شناسایی
شدند که در جدول ۱ آمده است.

روش شناسایی تحقیق

تحقیق حاضر بر حسب هدف، کاربردی و بر حسب گردآوری
داده‌ها از نوع توصیفی-اکتشافی است. مدل تحلیلی تحقیق حاضر
حاصل روش استدلالی-عقلانی از نوع قیاسی است؛ بدین جهت که
از پشتوانه نظری مدل‌های مطرح شده و مرتبط با مدیریت بحران
استفاده شده است. روش حل مسائل از نوع مدل‌سازی ریاضی و
تصمیم‌گیری چند شاخصه از نوع فازی است.

جامعه تحقیق خبرگان سازمان مدیریت بحران تهران و اساتید
دانشگاهی تشکیل می‌دهند. برای انتخاب عوامل بحرانی موفقیت
در مدیریت بحران از نظرات خبرگان و به صورت پنل تخصصی
دلفی فازی استفاده شده است. خبرگان به تعداد ۱۵ نفر شامل
مدیران و کارشناسان ارشد سازمان مدیریت بحران تهران و اساتید
دانشگاهی بودند که به صورت قضاوتی و در دسترس انتخاب
شدند. دارا بودن مدارک تحصیلی تکمیلی مرتبط، حداقل ۱۰ سال
سابقه کار علی‌الخصوص تجربه مدیریتی در واحد مدیریت بحران،
انگیزه کافی برای مشارکت و همکاری از ویژگی‌های خبرگان بود که
برای پاسخگویی سؤالات پرسش‌نامه پژوهش انتخاب شدند.
مهمترین نکته در تعیین خبرگان، وجود خبرگان دانشگاهی در برابر
خبرگان حرفه‌ای و تجربی صنعت جهت کسب اطمینان از جامعیت
دیدگاه‌های مختلف است.

روش گردآوری اطلاعات مطالعات کتابخانه‌ای است و با
بررسی اسنادی مهمترین عوامل شناسایی شدند که در جدول ۱

جدول ۱. شناسایی عوامل بحرانی موفقیت در مدیریت بحران

عوامل اصلی	زیرعوامل	شرح عوامل	منبع
سیستم‌های فناوری و اطلاعاتی	وجود سیستم‌های پشتیبانی تصمیم	برای پاسخگویی مدیران بحران	[۸، ۱۰، ۱۷، ۱۸، ۱۹]
	مدیریت دانش	مدیریت دانش جهت پاسخگویی	[۲۰، ۲۱، ۱۷، ۲۵]
	قابلیت انتقال اطلاعات	سیستم اطلاعات اضطراری مؤثر برای اطمینان از انتقال درست اطلاعات برای رفع مشکل برقراری ارتباط و هماهنگی بین مؤسسات مستقل	[۳، ۳، ۸، ۲۳]
	سیستم فناوری اطلاعات	سیستم فناوری اطلاعات مناسب برای سازماندهی، هماهنگی و پشتیبانی از مدیریت بحران	[۲، ۳، ۵، ۷، ۲۳]
عملیاتی	مستندسازی	رویه‌های شفاف برای گزارش‌گیری و ثبت اطلاعات	[۲، ۷، ۲۳]
	نظام اطلاع‌رسانی	توانایی قوی برای ارسال هشدار خاص در مورد خطرات بالقوه	[۳، ۲۳، ۴، ۲۵، ۲۹]
	ذخایر اورژانسی	نظام ذخیره‌سازی برای مدیریت پشتیبانی امداد و نجات	[۴، ۲۲، ۲۹]
	تجهیزات	تجهیزات و امکانات تخصصی عملیات امداد و نجات	[۲۹]
	امنیت	امنیت در کمک‌های امدادی در طول توزیع و حمل و نقل و اسکان	[۲، ۳، ۴، ۷، ۲۳]
	به موقع بودن	زمان پاسخ بسیار کوتاه برای شروع برنامه اضطراری	[۳، ۲۳]
سازمانی	تضمین مالی	اقدامات تضمین مالی و برنامه ریزی قبلی برای مراکز لجستیک و پناهگاه‌ها	[۳، ۲۳، ۲۵]
	مانور	سازماندهی منظم برای تمرین و شبیه‌سازی حادثه	[۲، ۳، ۷، ۲۳، ۴]
	ارزیابی دقیق امداد	ارزیابی دقیق امداد برای مدیریت بهتر	[۲، ۷، ۲۳]
	ساختار سازمانی	ساختار سازمانی پاسخگو و آگاهی روشن از مسئولیت‌ها	[۲، ۷، ۲۳، ۲۶]
	قوانین و طرح‌ها	قوانین و طرح‌ها برای واکنش اضطراری قابل اجرا	[۲، ۷، ۲۳، ۴، ۲۶]
	رهبری	رهبری در برنامه‌ریزی و هماهنگی	[۲، ۳، ۲۳، ۹، ۲۶، ۲۵]
نیروی انسانی	قابلیت پیش بینی بحران	توانایی برای پیش بینی مدیریت بحران	[۴]
	مهارت کارکنان	مهارت کارکنان در انجام امور محول شده	[۱۳، ۲۳]
	تیم‌های واکنش	آمادگی تیم‌های واکنش برای سازماندهی، هماهنگی و پشتیبانی از مدیریت بحران	[۲۷، ۱۱]
	آموزش	آموزش ویژه متخصصین مانند نجات کارگران و کارکنان پزشکی	[۱۳، ۲۳، ۴، ۲۹، ۲۵]
	تعهد کارکنان	تعهد حرفه‌ای و تعهد سازمانی کارکنان	[۲۸]
	کمپین آموزش	کمپین آموزش برای پیشگیری از حادثه و پاسخگویی	[۲، ۳، ۷، ۲۳]

طریق رابطه‌ی شماره ۱ استفاده شده است [۳۰] که در آن خطا در پاسخ‌گویی کمتر از ۵ درصد است و قابل تایید است:

$$\text{رابطه ۱} \quad \frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{|t_{ij}^p - t_{ij}^{p-1}|}{t_{ij}^p} \times 100\% = 4.97\% < 5\%$$

در رابطه ۱، n تعداد زیرعوامل و t_{ij}^p تجمیع نظرات ۱۵ خبره است. محاسبات انجام شد. جداول شماره‌های ۲ و ۳ تجمیع نظرات خبرگان برای محاسبه نرخ پراکندگی پاسخ‌ها را نشان می‌دهد.

آمده است. روش گردآوری داده‌ها میدانی و ابزار گردآوری داده‌ها پرسش‌نامه و مصاحبه است. روایی محتوایی پرسش‌نامه از طریق نظرات خبرگان بررسی شد. بدین منظور شاخص‌های شناسایی شده در قالب پرسش‌نامه به تعداد ۷ نفر از اساتید دانشگاهی و ۸ نفر از مدیران سازمان ارجاع داده شد که در این مرحله برخی از عوامل شناسایی شده توسط خبرگان ادغام، اصلاح، حذف و اضافه شدند. برای پایایی پرسش‌نامه غربالگری به روش دلفی فازی از مکانیزم خودکنترلی استفاده شده است که در آن بر اساس نظرات خبرگان اختلاف بین پاسخ‌ها ۰/۲ در نظر گرفته شد. برای پایایی پرسش‌نامه دیمتل از دو روش استفاده شده است. درجه قابلیت اطمینان پاسخ‌دهندگان برای پراکندگی بین پاسخ‌های خبرگان از

جدول ۲. تجميع نظرات ۱۴ نفر خبره برای محاسبه پراکندگی پاسخ‌ها

	C ₁₁	C ₁₂	C ₁₃	C ₁₄	C ₂₁	C ₂₂	C ₂₃	C ₂₄	C ₃₁	C ₃₂	C ₃₃	C ₃₄	C ₄₁	C ₄₂	C ₄₃	C ₄₄
C ₁₁	۰	۲/۲۵	۲/۷۵	۱/۲۵	۲/۷۵	۴	۳	۴	۳	۱/۲۵	۱/۲۵	۳/۲۵	۲/۷۵	۲	۲	۱
C ₁₂	۲/۲۵	۰	۲/۵	۲/۵	۱/۵	۱/۲۵	۱/۷۵	۲/۵	۳/۵	۳/۲۵	۳/۷۵	۲/۷۵	۳	۱/۷۵	۱	۳
C ₁₃	۲/۲۵	۳	۰	۲/۷۵	۲/۵	۲/۷۵	۲/۵	۱/۲۵	۲/۲۵	۳/۲۵	۲/۷۵	۳/۵	۲/۵	۱/۷۵	۳/۲۵	۳
C ₁₄	۱/۲۵	۱/۵	۱/۷۵	۰	۳/۷۵	۲	۳/۷۵	۱/۵	۲	۳	۳	۲/۷۵	۱/۷۵	۲/۵	۲/۲۵	۳/۲۵
C ₂₁	۲/۵	۱/۷۵	۳/۷۵	۲/۷۵	۰	۳	۱/۲۵	۲/۲۵	۲/۷۵	۲/۲۵	۳/۲۵	۰/۷۵	۱/۲۵	۳/۲۵	۱/۷۵	۲
C ₂₂	۲/۷۵	۳/۲۵	۲	۰	۰/۷۵	۰	۳	۲/۷۵	۱/۲۵	۳/۵	۲/۵	۳/۲۵	۲/۷۵	۳/۲۵	۳/۷۵	۲
C ₂₃	۲/۷۵	۲/۵	۱/۲۵	۱	۰	۰/۲۵	۰	۲	۰	۱/۲۵	۲/۵	۲/۷۵	۱/۲۵	۱/۵	۱/۵	۲/۲۵
C ₂₄	۲/۲۵	۲/۵	۱	۳	۳	۲/۲۵	۲	۰	۱/۲۵	۱	۳	۳/۵	۲/۲۵	۰/۲۵	۱/۲۵	۱/۲۵
C ₃₁	۲/۵	۲	۲/۵	۲/۲۵	۲	۱/۷۵	۲/۲۵	۲/۷۵	۰	۲/۵	۲	۱/۷۵	۱	۲/۲۵	۳/۷۵	۰/۲۵
C ₃₂	۲/۵	۱/۵	۳/۲۵	۲/۲۵	۱	۱/۵	۰/۲۵	۲	۲/۲۵	۰	۲	۲/۲۵	۳/۷۵	۳/۲۵	۲	۰/۷۵
C ₃₃	۲	۳/۵	۲	۳/۷۵	۲/۷۵	۲/۲۵	۱/۲۵	۴	۱	۲	۰	۱/۲۵	۲/۷۵	۲	۱	۱
C ₃₄	۲/۷۵	۳	۰/۵	۰/۷۵	۲/۵	۲/۵	۲/۵	۴	۳	۱	۳	۰	۲	۲	۱	۲
C ₄₁	۲/۲۵	۱/۵	۳	۲/۵	۲/۵	۲/۲۵	۳/۷۵	۲/۷۵	۲/۲۵	۳	۳	۴	۰	۲	۰	۱
C ₄₂	۲/۵	۲/۵	۱/۲۵	۳/۵	۲/۲۵	۲/۲۵	۱/۵	۲	۱	۲/۲۵	۴	۲/۷۵	۰	۰	۲	۴
C ₄₃	۲/۷۵	۲/۲۵	۳	۲/۲۵	۳/۵	۲/۲۵	۰/۲۵	۱/۲۵	۳	۱/۷۵	۲	۲	۱	۴	۰	۱
C ₄₄	۳	۲/۲۵	۲/۵	۱/۷۵	۱/۲۵	۲	۲/۵	۰/۵	۳/۲۵	۳/۲۵	۲/۲۵	۰	۳	۲	۱	۰

جدول ۳. تجميع نظرات ۱۵ نفر خبره برای محاسبه پراکندگی پاسخ‌ها

	C ₁₁	C ₁₂	C ₁₃	C ₁₄	C ₂₁	C ₂₂	C ₂₃	C ₂₄	C ₃₁	C ₃₂	C ₃₃	C ₃₄	C ₄₁	C ₄₂	C ₄₃	C ₄₄
C ₁₁	۰	۲/۲	۲/۶	۱/۲	۲/۶	۴	۳	۴	۳	۱/۲	۱/۲	۳/۲	۲/۸	۲	۲	۱
C ₁₂	۲/۲	۰	۲/۶	۲/۴	۱/۴	۱/۲	۱/۸	۲/۴	۲/۶	۳/۲	۳/۸	۲/۶	۲/۸	۱/۶	۱	۳
C ₁₃	۲/۲	۳	۰	۲/۸	۲/۶	۲/۸	۲/۴	۱/۲	۲/۴	۳/۲	۲/۶	۳/۲	۲/۴	۱/۶	۳	۳
C ₁₄	۱/۲	۱/۴	۱/۶	۰	۳/۸	۲	۳/۸	۱/۴	۲/۲	۳	۳	۲/۶	۱/۶	۲/۳	۲/۴	۳/۴
C ₂₁	۲/۶	۱/۸	۳/۸	۲/۶	۰	۳	۱/۲	۲/۲	۲/۸	۲/۴	۳	۰/۶	۱/۲	۳/۲	۱/۸	۲
C ₂₂	۲/۶	۳/۴	۲	۰	۰/۸	۰	۲/۸	۲/۸	۱/۲	۳/۴	۲/۴	۳/۲	۲/۸	۳/۴	۳/۶	۲
C ₂₃	۲/۴	۲/۴	۱/۲	۱	۰/۲	۰/۴	۰	۲	۰	۱/۲	۲/۶	۲/۶	۱/۲	۱/۴	۱/۶	۲/۲
C ₂₄	۲/۲	۲/۴	۱	۳	۳	۲/۲	۲	۰	۱/۲	۱	۳	۳/۶	۲/۲	۰/۴	۱/۴	۱/۲
C ₃₁	۲/۴	۲/۲	۲/۴	۲/۲	۲	۱/۸	۲/۲	۲/۸	۰	۲/۴	۲	۱/۸	۱	۲/۴	۳/۸	۰/۲
C ₃₂	۲/۴	۱/۴	۲/۳	۲/۲	۱	۱/۴	۰/۲	۲	۲/۲	۰	۲	۲/۲	۳/۸	۲/۳	۲	۰/۸
C ₃₃	۲/۲	۳/۶	۲	۳/۸	۲/۶	۲/۴	۱/۲	۴	۱	۲	۰	۱/۲	۲/۸	۲/۲	۱/۲	۱
C ₃₄	۲/۶	۳/۲	۰/۴	۰/۸	۲/۶	۲/۴	۲/۶	۴	۳	۱	۳	۰	۲	۲	۱	۲
C ₄₁	۲/۴	۱/۶	۳	۲/۶	۲/۶	۲/۴	۳/۸	۲/۸	۲/۲	۳	۳	۴	۰	۲	۰	۱
C ₄₂	۲/۶	۲/۴	۱/۴	۳/۶	۲/۴	۲/۲	۱/۶	۲/۲	۱/۲	۲/۲	۴	۲/۶	۰/۲	۰	۲	۴
C ₄₃	۲/۶	۲/۴	۳/۲	۲/۲	۳/۶	۲/۴	۰/۲	۱/۴	۲/۸	۱/۶	۱/۸	۲	۱	۴	۱	۱
C ₄₄	۳	۲/۴	۲/۴	۱/۶	۱/۲	۲	۲/۴	۰/۶	۳/۲	۳/۴	۲/۲	۰	۳	۲	۰	۰

$$\frac{1}{16(16-1)} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{|t_{ij}^{15} - t_{ij}^{15-1}|}{t_{ij}^{15}} \times 100\% = 4.97\% < 5\%$$

موفقیت در مدیریت بحران شناسایی و سپس با روش دلفی فازی بومی‌سازی شده و برای حل نهایی مدل انتخاب شدند. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از روش‌های ترکیبی تئوری تصمیم‌گیری چند معیاره فازی شامل فرآیند تحلیل شبکه‌ای براساس دیمتل^۸ (DANP) و با توجه به عدم قطعیت در پاسخگویی خبرگان به صورت فازی مثلثی انجام شد.

همچنین سازگاری درونی پرسش‌نامه دیمتل برای پایایی کنترل شد. به عنوان نمونه اگر تأثیر متغیر ۱ بر متغیر ۲ برابر ۱ باشد و تأثیر متغیر ۲ بر متغیر ۳ برابر ۲ باشد، بنابراین تأثیر متغیر ۱ بر ۳ باید کمتر یا برابر با ۲ باشد. برای برخی از عوامل در ماتریس مستقیم این حالت برقرار نبود که ماتریس و شدت اثرات آن اصلاح شد. در این تحقیق در ابتدا با مروری بر ادبیات نظری، پیشینه تحقیق و مصاحبه با خبرگان دانشگاهی و سازمان، عوامل بحرانی

۸۸

شماره هجدهم

پاییز و زمستان
۱۳۹۹دوفصلنامه
علمی و پژوهشی

بحران

تحلیل تعامل بین عوامل بحرانی موفقیت در مدیریت بحران با رویکردهای ترکیبی تصمیم‌گیری چند معیاره فازی

روش دیمتل فازی

دیمتل روشی جامع برای طراحی و تحلیل نقشه‌ی شبکه روابط میان عوامل یک سیستم پیچیده است. روش دیمتل توانایی این را دارد که شدت تعامل‌ها و روابط میان عوامل را به صورت کمی نشان داده و میزان اثرگذاری و اثرپذیری عوامل از یکدیگر را با یک عدد نشان دهد [۳۱]. دیمتل یک روش ریاضی است که می‌تواند برای تحلیل وابستگی علی و رابطه بین ابعاد یک مشکل برای مدیریت پیچیده و حل مسئله کارآمد استفاده شود و نتیجه نهایی فرآیند دیمتل نمایشی بصری است که به تئوری گراف متکی است [۳۲]. روش دیمتل تعامل میان معیارها را با دسته‌بندی آنها به گروه علت و معلول و شناسایی راه‌حل‌های قابل قبول با یک شیوه ساختار سلسله مراتبی تشخیص می‌دهد [۳۳].

گام‌های این روش به شرح زیر است [۳۱]:

گام ۱: ایجاد ماتریس روابط مستقیم فازی از طریق تعیین تأثیر معیار i بر j با راهنمایی جدول ۴.

جدول ۴. مقیاس‌های زبانی برای مقایسات زوجی. منبع [۲۶]

اعداد فازی	واژه‌های زبانی برای مقایسات زوجی
(۰/۷۵, ۰/۷۵, ۱)	تأثیر خیلی بالا
(۰/۵, ۰/۷۵, ۱)	تأثیر بالا
(۰/۲۵, ۰/۵, ۰/۷۵)	تأثیر پایین
(۰/۰, ۰/۲۵, ۰/۵)	تأثیر خیلی کم
(۰, ۰, ۰/۲۵)	بدون تأثیر

گام ۲: نرمال‌سازی ماتریس روابط مستقیم از طریق روابط ۲ و ۳:

$$\tilde{X} = K \cdot \tilde{X} \quad \text{رابطه ۲}$$

$$\quad \text{رابطه ۳}$$

$$k = \min \left[\frac{1}{\max_{1 \leq i \leq n} \sum_{j=1}^n \tilde{A}_{ij}}, \frac{1}{\max_{1 \leq j \leq n} \sum_{i=1}^n \tilde{A}_{ij}} \right] \quad i, j = 1, 2, \dots, n$$

گام ۳: محاسبه‌ی ماتریس روابط کلی با رابطه ۴.

$$\tilde{T} = \tilde{X} (I - \tilde{X})^{-1} \quad \text{رابطه ۴}$$

گام ۴: تعیین بردار اثرگذار $\tilde{R}$ و اثرپذیر $\tilde{D}$ از طریق روابط ۵ تا ۷:

$$\tilde{T} = \tilde{t}_{ij} (n \times n), \quad i, j = 1, 2, \dots, n \quad \text{رابطه ۵}$$

$$\tilde{R} = \left[\sum_{j=1}^n \tilde{t}_{ij} \right] = \tilde{r}_i (n \times 1) \quad \text{رابطه ۶}$$

$$\tilde{D} = \left[\sum_{i=1}^n \tilde{t}_{ij} \right] = \tilde{t}_j (1 \times n) \quad \text{رابطه ۷}$$

گام ۵: محاسبه تعامل $(\tilde{R} + \tilde{D})$ و اثرگذاری و اثرپذیری $(\tilde{R} - \tilde{D})$ و ترسیم نقشه روابط تأثیرات در محور مختصات.

روش فرآیند تحلیل شبکه‌ای براساس دیمتل (DANP)

امروزه در شرایط واقعی تصمیم‌گیرنده یا تحلیلگر نمی‌تواند ساختار مسئله را به آسانی شکل دهد. در این خصوص روش فرآیند تحلیل شبکه‌ای فازی با ایجاد ساختار شبکه برای مسائل پیچیده تصمیم‌گیری کرده و از لحاظ دقت مدل از اهمیت حیاتی برخوردار است؛ چرا که تأثیرهای بین معیارها را براساس مقایسه‌های زوجی اندازه‌گیری می‌کنند [۳۴]. فرآیند تحلیل شبکه‌ای برای محاسبه وزن نسبی معیارها، براساس مجموعه‌ای از روابط سلسله مراتبی و درونی بین معیارها کاربرد دارد [۳۵]. روش فرآیند تحلیل شبکه‌ای یک تئوری ریاضی است که به‌طور سیستماتیک وزن عوامل را هنگامی که با هم در ارتباط هستند، محاسبه و مسائلی که میان عوامل ارزیابی وابستگی و بازخورد وجود دارد را اولویت‌بندی می‌کند [۳۶].

در این پژوهش برای حل فرآیند تحلیل شبکه‌ای فازی بر اساس دیمتل در ابتدا سوپرماتریس موزون که از طریق ماتریس روابط کلی دیمتل به‌دست آمده از طریق رابطه‌ی ۸ نرمالیزه می‌شود تا سوپرماتریس غیروزنی معیارها (T^a) تشکیل شود [۳۰].

$$d_{ci}^{11} = \sum_{j=1}^{m_1} T_{cij}^{11}, i = 1, 2, \dots, m_1 \quad \text{رابطه ۸}$$

$$T_c^{\alpha 11} = \begin{bmatrix} t_{c11}^{11}/d_{c1}^{11} & \dots & t_{c1j}^{11}/d_{c1}^{11} & \dots & t_{c1m_1}^{11}/d_{c1}^{11} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ t_{ci1}^{11}/d_{ci}^{11} & \dots & t_{cij}^{11}/d_{ci}^{11} & \dots & t_{cim_1}^{11}/d_{ci}^{11} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ t_{cm_11}^{11}/d_{cm_1}^{11} & \dots & t_{cm_1j}^{11}/d_{cm_1}^{11} & \dots & t_{cm_1m_1}^{11}/d_{cm_1}^{11} \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} t_{c11}^{\alpha 11} & \dots & t_{c1j}^{\alpha 11} & \dots & t_{c1m_1}^{\alpha 11} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ t_{ci1}^{\alpha 11} & \dots & t_{cij}^{\alpha 11} & \dots & t_{cim_1}^{\alpha 11} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ t_{cm_11}^{\alpha 11} & \dots & t_{cm_1j}^{\alpha 11} & \dots & t_{cm_1m_1}^{\alpha 11} \end{bmatrix}$$

سپس سوپرماتریس موزون W^c به‌صورت رابطه ۹ تشکیل

می‌شود:

$$W^a = \begin{bmatrix} W^{11} & \dots & W^{i1} & \dots & W^{n1} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ W^{1j} & \dots & W^{ij} & \dots & W^{nj} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ W^{1n} & \dots & W^{in} & \dots & W^{nn} \end{bmatrix} \quad \text{رابطه ۹}$$

در نهایت سوپرماتریس موزون از طریق رابطه‌ی $\lim_{K \rightarrow \infty} (W^a)^K$ همگرا شده تا سوپرماتریس حددار تشکیل شود و سپس اوزان

نهایی از طریق روش فرآیند تحلیل شبکه‌ای فازی بر اساس دیمتل فازی به دست می‌آید.
به طور کلی فرآیند روش ترکیبی DANP در تصویر ۱ آمده است.

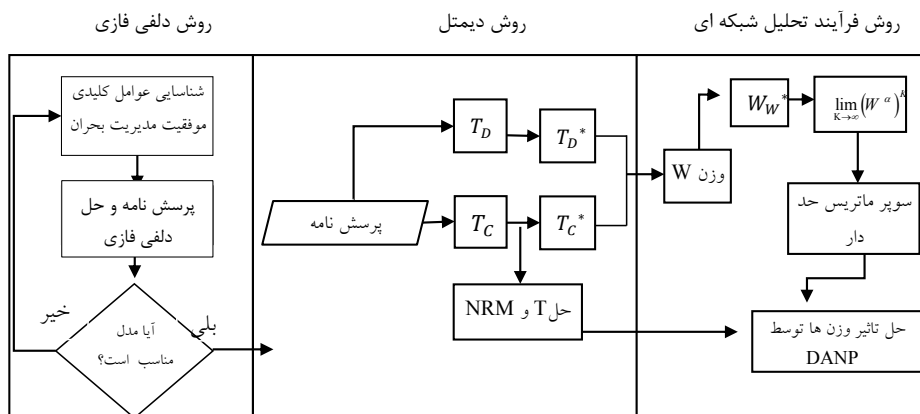
یافته‌های پژوهش

عواملی بحرانی موفقیت که از طریق مروری بر ادبیات نظری تحقیق شناسایی شده بودند، با نظرات ۱۵ نفر از خبرگان بر اساس طیف پنج گزینه‌ای لیکرت از طریق روش دلفی فازی غربالگری شدند. مرحله دلفی فازی طی سه مرحله انجام شد و در هر مرحله نظرات گروه به همراه نظرات قبلی هر خبره برای تجدید نظر در پاسخ ارسال شد. در این مرحله به خاطر اینکه اختلاف نظر خبرگان کمتر از حد آستانه ۰/۲ (طبق اصل پاره تو ۲۰/۸۰) بود، نظرخواهی متوقف شد و میانگین نظرات عواملی که از هشت بیشتر بودند، برای حل نهایی انتخاب و عوامل «امنیت»، «به موقع بودن»،

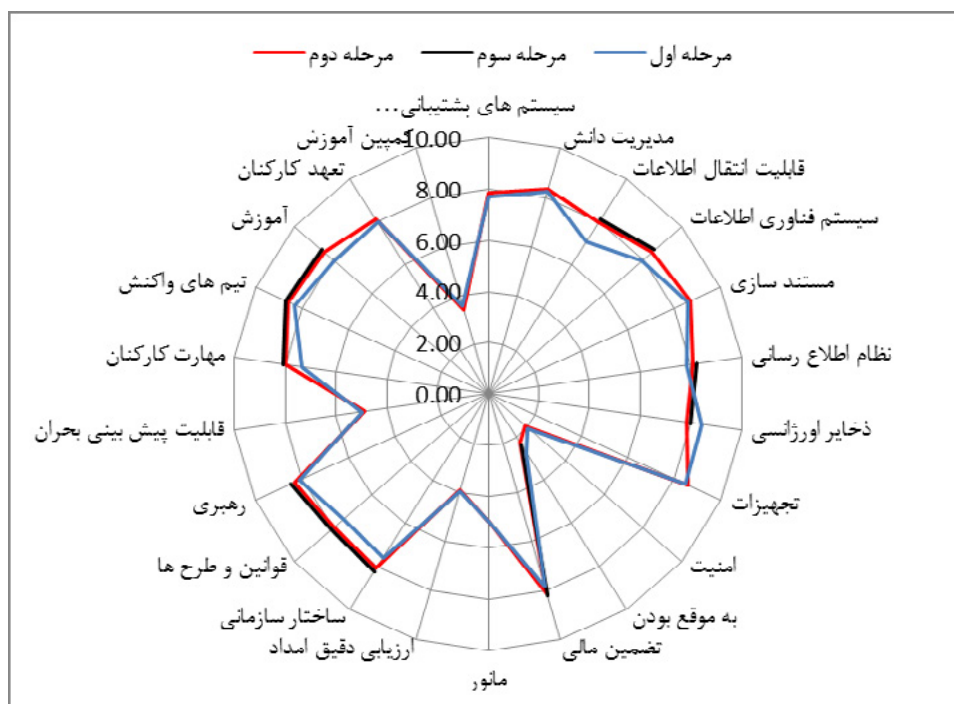
«مانور»، «ارزیابی دقیق امداد»، «قابلیت پیش‌بینی بحران» و «کمپین آموزش» که امتیاز کمتر از ۸ کسب کرده بودند، از مدل نهایی حذف شد. تصویر ۲ میانگین امتیازات و توافق خبرگان برای عوامل بحرانی موفقیت به روش دلفی فازی را نشان می‌دهد.

بنابراین در سه دور نظرخواهی چهار عامل اصلی به همراه ۱۶ زیرعامل بحرانی اثرگذار در موفقیت مدیریت بحران توسط خبرگان انتخاب و مدل با ساختار شبکه‌ای ترسیم شد که به صورت تصویر ۳ است.

سپس نظرات ۱۵ خبره در مورد تأثیرگذاری و تأثیرپذیری هر یک از عوامل بحرانی موفقیت در مدیریت بحران بر اساس جدول ۴ جمع‌آوری و به روش میانگین حسابی و از رابطه
$$z = \frac{x^1 + x^2 + x^3 + \dots + x^p}{p}$$
 z جمع و ماتریس روابط مستقیم



تصویر ۱: فرآیند حل مسئله به روش ترکیبی DANP



تصویر ۲: میانگین امتیازات نظرات خبرگان به روش دلفی فازی برای غربالگری عوامل بحرانی موفقیت در مدیریت بحران

فازی به دست آمد. در این رابطه p تعداد خبرگان و $X^1, X^2, \dots, X^p$ به ترتیب ماتریس مقایسه زوجی خبره ۱، خبره ۲ و خبره p است. جدول ۵ این ماتریس را برای عوامل اصلی و جدول ۶ برای

زیرعوامل نشان می‌دهد. این ماتریس شدت اثرات عوامل بر یکدیگر را به صورت فازی مثلثی نشان می‌دهد.



تصویر ۳. مدل با ساختار شبکه‌ای برای اولویت بندی عوامل بحرانی موفقیت در مدیریت بحران

جدول ۵. ماتریس روابط مستقیم فازی تجمیع شده نظرات خبرگان بین عوامل بحرانی موفقیت در مدیریت بحران

	C ₁			C ₂			C ₃			C ₄		
	L	M	U	L	M	U	L	M	U	L	M	U
C ₁	.	.	.	۰/۴۵	۰/۶	۰/۷	۰/۰۵	۰/۲	۰/۴۵	۰/۴	۰/۵۵	۰/۷
C ₂	.	۰/۱۵	۰/۴	.	.	.	.	۰/۰۵	۰/۳	۰/۰۵	۰/۲	۰/۴۵
C ₃	۰/۲۵	۰/۴	۰/۶۵	۰/۴۵	۰/۶	۰/۷	.	.	.	۰/۳۵	۰/۵	۰/۷
C ₄	.	۰/۱	۰/۳۵	۰/۴۵	۰/۶	۰/۷	.	۰/۰۵	۰/۳	.	.	.

جدول ۶. ماتریس روابط مستقیم فازی تجمیع شده نظرات خبرگان بین زیرعوامل بحرانی موفقیت در مدیریت بحران

	C ₁₁			C ₁₂			C...	C ₄₃			C ₄₄		
C ₁₁	.	.	.	۰/۳	۰/۵۵	۰/۸	...	۰/۲۵	۰/۵	۰/۸	.	۰/۳	۰/۵
C ₁₂	۰/۳	۰/۵۵	۰/۸	.	.	.	...	.	۰/۲۵	۰/۵	۰/۴	۰/۷	۰/۹
C ₁₃	۰/۳	۰/۵۵	۰/۸	۰/۵	۰/۷۵	۱	...	۰/۵	۰/۷۵	۱	۰/۴	۰/۷	۰/۹
C ₁₄	۰/۰۵	۰/۳	۰/۵۵	۰/۱	۰/۳۵	۰/۶	...	۰/۳	۰/۵۵	۰/۸	۰/۵	۰/۷	۰/۸۵
C ₂₁	۰/۲۵	۰/۵	۰/۷۵	۰/۲	۰/۴۵	۰/۷	...	۰/۲	۰/۴۵	۰/۷	۰/۳	۰/۵	۰/۷۵
C ₂₂	۰/۳۵	۰/۶	۰/۸۵	۰/۵	۰/۷۵	۰/۹	...	۰/۴۵	۰/۷	۰/۸	۰/۳	۰/۵	۰/۷۵
C ₂₃	۰/۳۵	۰/۶	۰/۸۵	۰/۴	۰/۶۵	۰/۸۵	...	۰/۲۵	۰/۵	۰/۷	۰/۱	۰/۳	۰/۵۵
C ₂₄	۰/۲	۰/۴	۰/۶۵	۰/۳۵	۰/۶	۰/۸	...	۰/۱	۰/۳۵	۰/۶	۰/۲	۰/۴	۰/۶
C ₃₁	۰/۳	۰/۵	۰/۷۵	۰/۱۵	۰/۴	۰/۶۵	...	۰/۶۵	۰/۹	۱	.	۰/۱	۰/۳
C ₃₂	۰/۲	۰/۳۵	۰/۶	۰/۱۵	۰/۴	۰/۶۵	...	۰/۲۵	۰/۵	۰/۸	.	۰/۲	۰/۴۵
C ₃₃	۰/۳	۰/۵۵	۰/۸	۰/۶۵	۰/۹	۱	...	۰/۰۵	۰/۳	۰/۶	.	۰/۳	۰/۵
C ₃₄	۰/۳	۰/۵۵	۰/۸	۰/۵	۰/۷۵	۰/۹	...	.	۰/۲۵	۰/۵	۰/۳	۰/۵	۰/۷۵
C ₄₁	۰/۳	۰/۵۵	۰/۸	۰/۲۵	۰/۵	۰/۷	...	.	.	۰/۳	.	۰/۳	۰/۵
C ₄₂	۰/۳	۰/۵۵	۰/۸	۰/۴	۰/۶۵	۰/۸	...	۰/۲۵	۰/۵	۰/۸	۰/۸	۱	۱
C ₄₃	۰/۴	۰/۶۵	۰/۹	۰/۳۵	۰/۶	۰/۸۵	...	.	.	.	.	۰/۳	۰/۵
C ₄₄	۰/۵	۰/۷۵	۱	۰/۳۵	۰/۶	۰/۸۵	...	.	۰/۲۵	۰/۵	.	.	.

توجه: به دلیل بزرگی ماتریس روابط مستقیم فازی بین زیرعوامل (۱۶*۱۶) به صورت فشرده آورده شده است.

جدول ۷. ماتریس روابط کلی دی فازی بین عوامل اصلی بحرانی موفقیت در مدیریت بحران

	عوامل اصلی	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄
C ₁	سیستم‌های فناوری و اطلاعاتی	۰/۱۴	۰/۵۱	۰/۱۸۷	۰/۴۲
C ₂	عملیاتی	۰/۱۵	۰/۱۴	۰/۰۹۶	۰/۲
C ₃	سازمانی	۰/۳۳	۰/۵۵	۰/۱۱	۰/۴۴
C ₄	نیروی انسانی	۰/۱۵	۰/۴	۰/۱۰۴	۰/۱۳

جدول ۸. ماتریس روابط کلی دی فازی بین زیرعوامل بحرانی موفقیت در مدیریت بحران

	C ₁₁	C ₁₂	C ₁₃	C ₁₄	C ₂₁	C ₂₂	C ₂₃	C ₂₄	C ₃₁	C ₃₂	C ₃₃	C ₃₄	C ₄₁	C ₄₂	C ₄₃	C ₄₄
C ₁₁	۰/۲۵	۰/۳۱	۰/۳	۰/۲۶	۰/۲۸	۰/۳۲	۰/۲۹	۰/۳۴	۰/۲۹	۰/۲۶	۰/۳۱	۰/۲۷	۰/۲۹	۰/۲۹	۰/۲۶	۰/۲۳
C ₁₂	۰/۳	۰/۲۷	۰/۳۱	۰/۲۹	۰/۲۸	۰/۲۸	۰/۲۷	۰/۳۳	۰/۲۹	۰/۳	۰/۳۵	۰/۲۹	۰/۲۹	۰/۳	۰/۲۴	۰/۲۷
C ₁₃	۰/۳۱	۰/۳۴	۰/۲۷	۰/۳	۰/۳۱	۰/۳۲	۰/۲۹	۰/۳۱	۰/۲۹	۰/۳۱	۰/۳۵	۰/۳۱	۰/۳	۰/۳	۰/۲۹	۰/۲۸
C ₁₄	۰/۲۸	۰/۲۹	۰/۲۹	۰/۲۴	۰/۳۲	۰/۲۹	۰/۲۹	۰/۳۱	۰/۲۸	۰/۲۹	۰/۳۳	۰/۲۹	۰/۲۸	۰/۳	۰/۲۶	۰/۲۷
C ₂₁	۰/۳	۰/۳	۰/۳۳	۰/۲۹	۰/۲۵	۰/۳۱	۰/۲۶	۰/۳۲	۰/۲۸	۰/۲۹	۰/۳۴	۰/۲۶	۰/۲۸	۰/۳۱	۰/۲۶	۰/۲۶
C ₂₂	۰/۳	۰/۳۲	۰/۲۹	۰/۲۵	۰/۲۸	۰/۲۵	۰/۲۷	۰/۳۳	۰/۲۶	۰/۳	۰/۳۳	۰/۲۹	۰/۲۹	۰/۳۲	۰/۲۷	۰/۲۵
C ₂₃	۰/۲۵	۰/۲۷	۰/۲۳	۰/۲۲	۰/۲۲	۰/۲۳	۰/۱۹	۰/۲۶	۰/۲	۰/۲۳	۰/۲۸	۰/۲۵	۰/۲۳	۰/۲۳	۰/۲۲	۰/۲
C ₂₄	۰/۲۷	۰/۳	۰/۲۶	۰/۲۸	۰/۲۹	۰/۲۸	۰/۲۶	۰/۲۶	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۳۳	۰/۲۹	۰/۲۷	۰/۲۶	۰/۲۳	۰/۲۳
C ₃₁	۰/۲۷	۰/۲۷	۰/۲۷	۰/۲۶	۰/۲۷	۰/۲۶	۰/۲۶	۰/۳	۰/۲۱	۰/۲۴	۰/۳	۰/۲۶	۰/۲۵	۰/۲۷	۰/۲۶	۰/۲۱
C ₃₂	۰/۲۷	۰/۲۸	۰/۳	۰/۲۷	۰/۲۷	۰/۲۸	۰/۲۴	۰/۳	۰/۲۷	۰/۲۳	۰/۳۱	۰/۲۸	۰/۲۹	۰/۳	۰/۲۵	۰/۲۲
C ₃₃	۰/۲۹	۰/۳۳	۰/۲۹	۰/۳	۰/۲۹	۰/۳	۰/۲۶	۰/۳۴	۰/۲۵	۰/۲۸	۰/۲۸	۰/۲۷	۰/۲۹	۰/۲۹	۰/۲۴	۰/۲۳
C ₃₄	۰/۲۹	۰/۳۲	۰/۲۷	۰/۲۵	۰/۲۹	۰/۲۹	۰/۲۸	۰/۳۴	۰/۲۹	۰/۲۶	۰/۳۴	۰/۲۴	۰/۲۸	۰/۲۹	۰/۲۳	۰/۲۵
C ₄₁	۰/۳۱	۰/۳۲	۰/۳۲	۰/۳	۰/۳۱	۰/۳۱	۰/۳	۰/۳۴	۰/۲۹	۰/۳۱	۰/۳۶	۰/۳۳	۰/۲۶	۰/۳	۰/۲۴	۰/۲۵
C ₄₂	۰/۳	۰/۳۱	۰/۲۹	۰/۳۱	۰/۲۹	۰/۳	۰/۲۷	۰/۳۲	۰/۲۶	۰/۲۹	۰/۳۵	۰/۲۸	۰/۲۶	۰/۲۵	۰/۲۶	۰/۲۹
C ₄₃	۰/۳	۰/۳۱	۰/۳۱	۰/۲۸	۰/۲۹	۰/۲۹	۰/۲۵	۰/۳	۰/۲۸	۰/۲۷	۰/۳۲	۰/۲۸	۰/۲۶	۰/۳۲	۰/۲۲	۰/۲۳
C ₄₄	۰/۳	۰/۳	۰/۲۹	۰/۲۵	۰/۲۷	۰/۲۸	۰/۲۶	۰/۲۹	۰/۲۸	۰/۲۹	۰/۳۱	۰/۲۴	۰/۲۹	۰/۲۸	۰/۲۳	۰/۲

بر اساس نتایج جدول ۹ عامل «عملیاتی» با بیشترین مقدار $\bar{D} + \bar{R}$ برابر با ۲/۱۸۷ بیشترین تعامل را با سایر عوامل دارد. عامل «سازمانی» با بیشترین مقدار $\bar{D} - \bar{R}$ برابر با مقدار ۰/۹۲۸ بیشترین تأثیر بر سایر عوامل را دارد و عامل «عملیاتی» با کمترین مقدار $\bar{D} - \bar{R}$ برابر با ۱/۰۱۲- بیشترین تأثیر را از سایر عوامل می‌پذیرد.

نقشه‌ی شبکه‌ی روابط از طریق رسم نقاطی با مختصات $\bar{D} + \bar{R}$ و $\bar{D} - \bar{R}$ ترسیم شد. تصویر ۴ نقشه‌ی شبکه‌ی روابط بین عوامل و زیرعوامل بحرانی موفقیت در مدیریت بحران را نشان می‌دهد. در این تصویر جهت تأثیرگذاری از طریق پیکان مشخص شده است. بر اساس نتایج تصویر ۴ عامل سازمانی به ترتیب بر عوامل سیستم‌های فناوری و اطلاعاتی، نیروی انسانی و عملیاتی تأثیرگذار است.

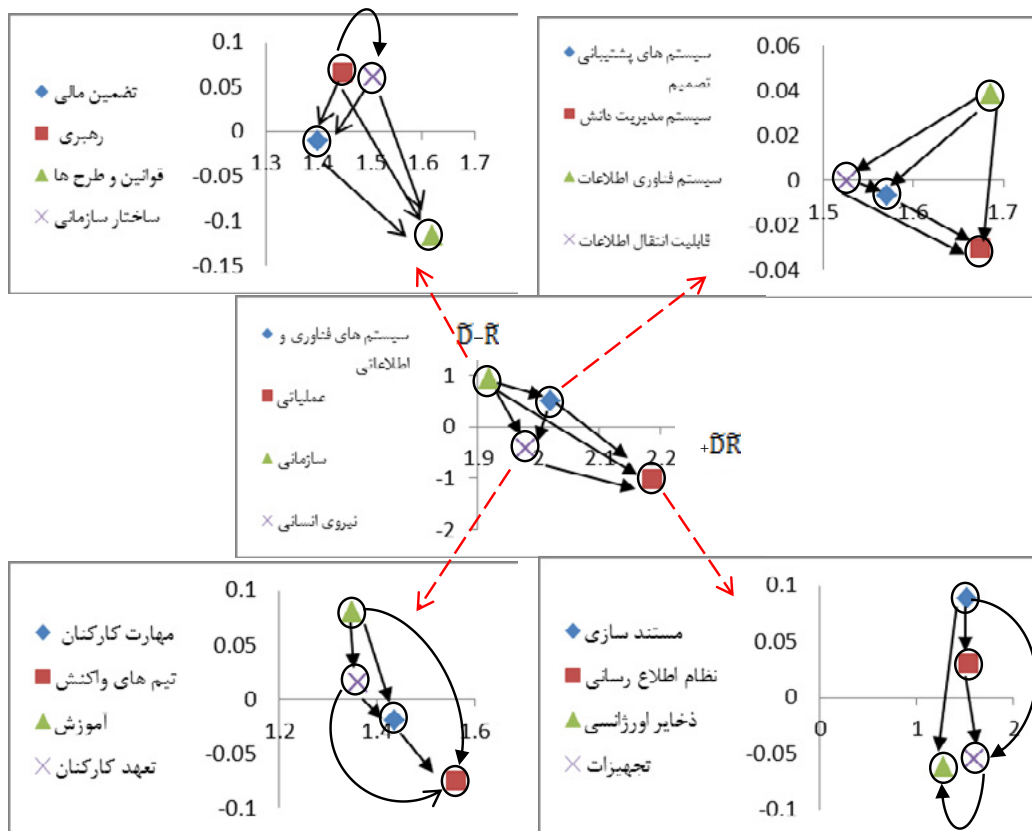
در بین زیرعوامل سیستم‌های فناوری و اطلاعاتی زیرعامل «سیستم فناوری اطلاعات» به ترتیب بر زیرعوامل «قابلیت انتقال اطلاعات»، «سیستم‌های پشتیبانی تصمیم» و «سیستم مدیریت دانش» اثر می‌گذارد.

در ادامه مراحل از دیمتل فازی، ماتریس نرمال شده‌ی روابط مستقیم فازی تشکیل و سپس ماتریس روابط کلی ($\bar{T}$) به دست آمد. جدول ۷ و ۸ ماتریس روابط کلی برای عوامل اصلی و زیرعوامل را نشان می‌دهد. ماتریس $\bar{T}$ شدت اثرات مستقیم و غیرمستقیم عوامل بر یکدیگر را نشان می‌دهد که شدت اثرات بیشتر نشان از تأثیرگذاری آن عامل بر عامل دیگری است که مدیران می‌توانند از شدت اثرات برای بهبود استفاده کنند. بر طبق نتایج جدول ۷ عامل سیستم‌های فناوری و اطلاعاتی بر عملیاتی ۵۱ درصد اثر می‌گذارد و ۱۵ درصد از آن اثر می‌پذیرد.

سپس اثرگذاری ($\bar{D}$) عوامل از طریق مجموع عناصر ستون‌های ماتریس $\bar{T}$ و اثرپذیری ($\bar{R}$) عوامل از طریق مجموع عناصر سطرها محاسبه شد که در نهایت تعامل ($\bar{D} + \bar{R}$) و اثرگذاری/اثرپذیری خالص ($\bar{D} - \bar{R}$) برای عوامل و زیرعوامل به دست آمد که نتایج در جدول ۹ آمده است. عواملی که دارای $\bar{D} - \bar{R}$ مثبت باشند، تأثیرگذار (علت) هستند و عواملی که $\bar{D} - \bar{R}$ منفی داشته باشند، تأثیرپذیر (معلول) هستند.

جدول ۹. اولویت اثرگذاری و اثرپذیری خالص ($\tilde{D} - \tilde{R}$) عوامل بحرانی موفقیت در مدیریت بحران

عامل / زیرعامل	$\tilde{D}$	$\tilde{R}$	$\tilde{D} + \tilde{R}$	$\tilde{D} - \tilde{R}$	نتیجه
سازمانی	۰/۴۹۶	۱/۹۲	۰/۹۲۸	۱/۴۲۴	تأثیرگذارترین
سیستم‌های فناوری و اطلاعاتی	۱/۲۵۹	۰/۷۶۱	۲/۰۲	۰/۴۹۸	تأثیرگذار
نیروی انسانی	۰/۷۵۳	۰/۱۹۷	۱/۹۸	۰/۴۱	تأثیرپذیر
عملیاتی	۰/۵۸۷	۱/۶	۲/۱۸۷	-۱/۰۱	تأثیرپذیرترین
سازمانی	۰/۷۵۸	۰/۶۹۱	۱/۴۴۸	۰/۰۶۷	تأثیرگذارترین
ساختار سازمانی	۰/۷۸۴	۰/۷۲۳	۱/۵۰۷	۰/۰۶۱	تأثیرگذار
تضمین مالی	۰/۶۹۴	۰/۷۰۵	۱/۳۹۹	۰/۰۱۱	تأثیرپذیر
قوانین و طرح‌ها	۰/۷۵۱	۰/۸۶۸	۱/۶۱۸	۰/۱۱۷	تأثیرپذیرترین
سیستم‌های فناوری و اطلاعاتی	۰/۸۶۲	۰/۸۲۴	۱/۶۸۶	۰/۰۳۸۵	تأثیرگذارترین
قابلیت انتقال اطلاعات	۰/۷۶۳	۰/۷۶۲	۱/۵۲۷	۰/۰۰۰۶	تأثیرپذیر
سیستم‌های پشتیبانی تصمیم	۰/۷۸۲	۰/۷۸۹	۱/۵۷۱	۰/۰۰۷	تأثیرپذیر
سیستم مدیریت دانش	۰/۸۲۲	۰/۸۵۳	۱/۶۷۵	۰/۰۳۱	تأثیرپذیرترین
نیروی انسانی	۰/۶۸۸	۰/۶۷۳	۱/۳۶۲	۰/۰۱۴۹	تأثیرگذار
آموزش	۰/۷۱۵	۰/۶۳۵	۱/۳۵	۰/۰۸۰۶	تأثیرگذارترین
مهارت کارکنان	۰/۷۰۹	۰/۷۲۹	۱/۴۳۸	۰/۰۲	تأثیرپذیر
تیم‌های واکنش	۰/۷۴۳	۰/۸۱۹	۱/۵۶۲	۰/۰۷۶	تأثیرپذیرترین
مستندسازی	۰/۸۰۱	۰/۷۱۲	۱/۵۱۳	۰/۰۸۸۴	تأثیرگذارترین
نظام اطلاع‌رسانی	۰/۷۸۲	۰/۷۵۲	۱/۵۳۳	۰/۰۳	تأثیرگذار
تجهیزات	۰/۷۶۶	۰/۸۲۲	۱/۵۸۸	۰/۰۵۶	تأثیرپذیر
ذخایر اورژانسی	۰/۶۰۸	۰/۶۷۱	۱/۲۷۹	۰/۰۶۳	تأثیرپذیرترین



تصویر ۴. نقشه‌ی شبکه‌ی روابط بین عوامل و زیرعوامل بحرانی موفقیت در مدیریت بحران

زیرعامل «مستندسازی» بر زیرعوامل «نظام اطلاع‌رسانی»، «تجهیزات» و «ذخایر اورژانسی» در عوامل عملیاتی تأثیرگذار است. در بین زیرعوامل سازمانی به ترتیب زیرعوامل «رهبری»، «ساختار سازمانی»، «تضمین مالی» و «قوانین و طرح‌ها» بیشترین اثرگذاری را دارند. زیرعامل «تیم‌های واکنش» به ترتیب از زیرعوامل «آموزش»، «تعهد کارکنان» و «مهارت کارکنان» در نیروی انسانی تأثیر می‌پذیرد.

سپس با محاسبه تقسیم هر درایه ماتریس روابط کلی دیمتل فازی بر جمع سطرهاى آن ماتریس، ماتریس نرمالیزه تشکیل و سوپرماتریس موزون به‌دست آمد که در جدول ۱۰ آمده است. در ادامه سوپرماتریس موزون در توان هفت همگرا شد و ماتریس حددار تشکیل، وزن عوامل و زیرعوامل بحرانی موفقیت در مدیریت بحران به‌دست آمد که در جدول ۱۱ آمده است. در جدول ۱۱ وزن عوامل اصلی از حاصل جمع اوزان نهایی زیرعوامل آن عامل به‌دست آمد. وزن نسبی زیرعوامل نیز از تقسیم وزن نهایی زیرعوامل بر وزن نهایی عامل مربوط به خود به‌دست آمد.

جدول ۱۰. سوپرماتریس موزون حددار دی‌فازی شده

	C ₁₁	C ₁₂	C ₁₃	C ₁₄	C ₂₁	C ₂₂	C ₂₃	C ₂₄	C ₃₁	C ₃₂	C ₃₃	C ₃₄	C ₄₁	C ₄₂	C ₄₃	C ₄₄
C ₁₁	۰/۰۱۶	۰/۰۲۲	۰/۰۲۲	۰/۰۱۸	۰/۰۸۷	۰/۰۱۲۴	۰/۰۱۰۱	۰/۰۱۳۲	۰/۰۳۴	۰/۰۲۷	۰/۰۳۲	۰/۰۲۹	۰/۰۱۷	۰/۰۹۸	۰/۰۸۸	۰/۰۶۳
C ₁₂	۰/۰۲	۰/۰۱۶	۰/۰۲۱	۰/۰۲	۰/۰۱۲	۰/۰۹۵	۰/۰۱۰۱	۰/۰۱۴۵	۰/۰۲۷	۰/۰۳	۰/۰۳۷	۰/۰۲۸	۰/۰۱۳	۰/۰۹۸	۰/۰۶۳	۰/۰۹۳
C ₁₃	۰/۰۲	۰/۰۲۳	۰/۰۱۶	۰/۰۲	۰/۰۱۱۸	۰/۰۱۲۶	۰/۰۹۹	۰/۰۱	۰/۰۲۷	۰/۰۳۱	۰/۰۳۴	۰/۰۳۱	۰/۰۸۹	۰/۰۸۱	۰/۰۹۸	۰/۰۸۹
C ₁₄	۰/۰۲	۰/۰۲۱	۰/۰۲۲	۰/۰۱۶	۰/۰۱۳	۰/۰۹۸	۰/۰۱۱۳	۰/۰۱۲	۰/۰۲۸	۰/۰۲۹	۰/۰۳۵	۰/۰۳۱	۰/۰۸۳	۰/۰۹۸	۰/۰۸۳	۰/۰۹۳
C ₂₁	۰/۰۵	۰/۰۵۳	۰/۰۶۳	۰/۰۵۳	۰/۰۳۹	۰/۰۶۹	۰/۰۴۷	۰/۰۶۵	۰/۰۲۴	۰/۰۲۷	۰/۰۳۳	۰/۰۲۳	۰/۰۱۹	۰/۰۱۳۹	۰/۰۱۰۱	۰/۰۱۵
C ₂₂	۰/۰۵۸	۰/۰۶۶	۰/۰۵۶	۰/۰۳۹	۰/۰۵۱	۰/۰۴۱	۰/۰۵۲	۰/۰۷۴	۰/۰۲۲	۰/۰۲۸	۰/۰۳	۰/۰۲۶	۰/۰۱۱	۰/۰۱۴۲	۰/۰۱۱۱	۰/۰۹۱
C ₂₃	۰/۰۶	۰/۰۶۶	۰/۰۴۹	۰/۰۴۵	۰/۰۵	۰/۰۵۷	۰/۰۳۷	۰/۰۷۶	۰/۰۱۸	۰/۰۲۵	۰/۰۳۴	۰/۰۳	۰/۰۱۱۵	۰/۰۱۱۹	۰/۰۱۳۲	۰/۰۸۸
C ₂₄	۰/۰۵۱	۰/۰۶۱	۰/۰۴۷	۰/۰۶	۰/۰۶۶	۰/۰۵۸	۰/۰۵۲	۰/۰۴۳	۰/۰۲۲	۰/۰۲۲	۰/۰۳۳	۰/۰۳	۰/۰۱۴۵	۰/۰۱۰۸	۰/۰۹۵	۰/۰۱۶
C ₃₁	۰/۰۵۶	۰/۰۵۵	۰/۰۵۶	۰/۰۵۵	۰/۰۹۸	۰/۰۹۳	۰/۰۹۶	۰/۰۱۲۵	۰/۰۰۹	۰/۰۱۲	۰/۰۱۶	۰/۰۱۳	۰/۰۷۴	۰/۰۸۷	۰/۰۱۰۸	۰/۰۴۷
C ₃₂	۰/۰۴۸	۰/۰۵۳	۰/۰۶۵	۰/۰۵۵	۰/۰۹۶	۰/۰۱۰۸	۰/۰۸۵	۰/۰۱۲۲	۰/۰۱۲	۰/۰۱	۰/۰۱۵	۰/۰۱۳	۰/۰۹۹	۰/۰۹۷	۰/۰۶۹	۰/۰۵۱
C ₃₃	۰/۰۴۹	۰/۰۶۵	۰/۰۴۹	۰/۰۵۹	۰/۰۹۶	۰/۰۱۰۵	۰/۰۷۲	۰/۰۱۳۹	۰/۰۱۱	۰/۰۱۳	۰/۰۱۳	۰/۰۱۳	۰/۰۱۲	۰/۰۹۳	۰/۰۶۲	۰/۰۵۹
C ₃₄	۰/۰۵۹	۰/۰۷۲	۰/۰۴۸	۰/۰۴۳	۰/۰۹۳	۰/۰۹۷	۰/۰۸۹	۰/۰۱۳۳	۰/۰۱۳	۰/۰۱۱	۰/۰۱۶	۰/۰۱	۰/۰۸۸	۰/۰۹	۰/۰۶	۰/۰۷۸
C ₄₁	۰/۰۳۵	۰/۰۳۷	۰/۰۳۸	۰/۰۳۴	۰/۰۱۶	۰/۰۱۵۳	۰/۰۱۶۵	۰/۰۱۷۳	۰/۰۱۸	۰/۰۲	۰/۰۲۴	۰/۰۲۲	۰/۰۲۸	۰/۰۳۹	۰/۰۲۵	۰/۰۲۹
C ₄₂	۰/۰۳۴	۰/۰۳۸	۰/۰۳۴	۰/۰۳۸	۰/۰۱۵۵	۰/۰۱۷	۰/۰۱۱	۰/۰۱۸۵	۰/۰۱۷	۰/۰۲	۰/۰۲۷	۰/۰۲	۰/۰۲۷	۰/۰۲۶	۰/۰۳	۰/۰۳۸
C ₄₃	۰/۰۳۵	۰/۰۳۷	۰/۰۳۸	۰/۰۳۳	۰/۰۱۹	۰/۰۱۶۸	۰/۰۱۲۲	۰/۰۱۷۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲۴	۰/۰۲	۰/۰۲۹	۰/۰۴۴	۰/۰۲۲	۰/۰۲۶
C ₄₄	۰/۰۳۹	۰/۰۳۹	۰/۰۳۷	۰/۰۲۹	۰/۰۱۴۹	۰/۰۱۷۵	۰/۰۱۵۴	۰/۰۱۷۲	۰/۰۲۲	۰/۰۲۳	۰/۰۲۴	۰/۰۱۶	۰/۰۳۹	۰/۰۳۵	۰/۰۲۶	۰/۰۲

جدول ۱۱. وزن و اولویت عوامل بحرانی موفقیت در مدیریت بحران

وزن و اولویت عوامل اصلی		زیرعوامل		وزن و اولویت نسبی زیرعوامل		وزن و اولویت نهایی زیرعوامل	
سیستم‌های فناوری و اطلاعاتی (C ₁)	۰/۱۴ (۳)	سیستم‌های پشتیبانی تصمیم (C ₁₁) سیستم مدیریت دانش (C ₁₂) سیستم فناوری اطلاعات (C ₁₃) قابلیت انتقال اطلاعات (C ₁₄)		۰/۲۴۸ (۳)	۰/۳۴۷ (۱۱)	۰/۳۴۷ (۱۱)	۰/۳۴۷ (۱۱)
				۰/۲۶۲ (۱)	۰/۳۶۸ (۹)	۰/۳۶۸ (۹)	۰/۳۶۸ (۹)
				۰/۲۵ (۲)	۰/۳۵ (۱۰)	۰/۳۵ (۱۰)	۰/۳۵ (۱۰)
				۰/۲۴۱ (۴)	۰/۳۳۷ (۱۲)	۰/۳۳۷ (۱۲)	۰/۳۳۷ (۱۲)
عملیاتی (C ₂)	۰/۳۶۳ (۱)	مستندسازی (C ₂₁) نظام اطلاع‌رسانی (C ₂₂) ذخایر اورژانسی (C ₂₃)		۰/۲۴۸ (۳)	۰/۹۰۱ (۵)	۰/۹۰۱ (۵)	۰/۹۰۱ (۵)
				۰/۲۵۵ (۲)	۰/۹۲۶ (۴)	۰/۹۲۶ (۴)	۰/۹۲۶ (۴)
				۰/۲۲۴ (۴)	۰/۸۱۳ (۷)	۰/۸۱۳ (۷)	۰/۸۱۳ (۷)
				۰/۲۷۴ (۱)	۰/۹۹۶ (۲)	۰/۹۹۶ (۲)	۰/۹۹۶ (۲)
سازمانی (C ₃)	۰/۱۰۸ (۴)	تضمین مالی (C ₃₁) رهبری (C ₃₂) قوانین و طرح‌ها (C ₃₃) ساختار سازمانی (C ₃₄)		۰/۲۳۵ (۴)	۰/۲۵۸ (۱۶)	۰/۲۵۸ (۱۶)	۰/۲۵۸ (۱۶)
				۰/۲۴۷ (۳)	۰/۲۶۷ (۱۵)	۰/۲۶۷ (۱۵)	۰/۲۶۷ (۱۵)
				۰/۲۶۶ (۱)	۰/۲۸۸ (۱۳)	۰/۲۸۸ (۱۳)	۰/۲۸۸ (۱۳)
				۰/۲۴۹ (۲)	۰/۲۶۹ (۱۴)	۰/۲۶۹ (۱۴)	۰/۲۶۹ (۱۴)
نیروی انسانی (C ₄)	۰/۳۵۹ (۲)	مهارت کارکنان (C ₄₁) تیم‌های واکنش (C ₄₂) آموزش (C ₄₃) تعهد کارکنان (C ₄₄)		۰/۲۶۶ (۲)	۰/۹۵۶ (۳)	۰/۹۵۶ (۳)	۰/۹۵۶ (۳)
				۰/۲۸ (۱)	۰/۱۰۰۵ (۱)	۰/۱۰۰۵ (۱)	۰/۱۰۰۵ (۱)
				۰/۲۴ (۳)	۰/۸۶۱ (۶)	۰/۸۶۱ (۶)	۰/۸۶۱ (۶)
				۰/۲۱۴ (۴)	۰/۷۶۸ (۸)	۰/۷۶۸ (۸)	۰/۷۶۸ (۸)

بر اساس نتایج جدول ۱۱ در بین عوامل اصلی بیشترین وزن نسبی را عامل «عملیاتی» برابر با ۰/۳۶۳ دارد که اولویت اول را کسب کرد. زیرعامل «تیم‌های واکنش» با وزن نهایی ۰/۱۰۱ اولویت اول، «تجهیزات» با وزن ۰/۱ اولویت دوم و «مهارت کارکنان» با وزن ۰/۰۹۶ اولویت سوم دارد و سایر زیرعوامل اولویت بعدی را کسب کردند. زیرعامل «سیستم مدیریت دانش» در بین عوامل سیستم‌های فناوری و اطلاعاتی اولویت اول، زیرعامل «تجهیزات» در بین زیرعوامل عملیاتی بیشترین وزن، زیرعامل «قوانین و طرح‌ها» دارای اولویت اول در بین زیرعوامل سازمانی و در نهایت زیرعامل «تیم‌های واکنش» بیشترین اهمیت نسبی در بین زیرعوامل نیروی انسانی را دارد.

در نهایت تصویر ۵ نمودار مربوط به اولویت عوامل بحرانی موفقیت در مدیریت بحران را نشان می‌دهد.

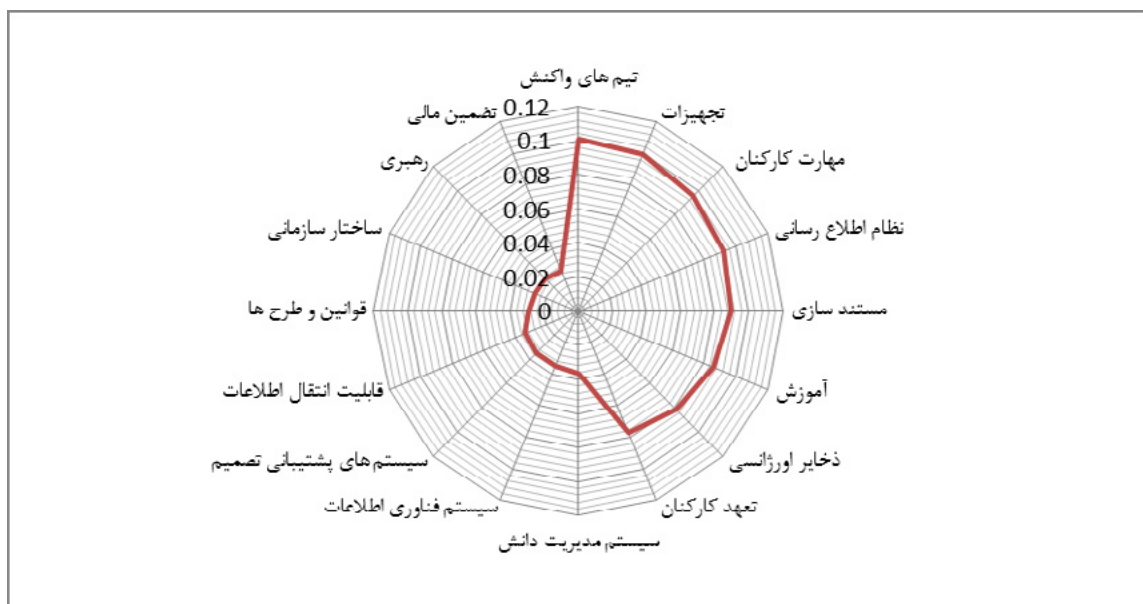
نتیجه‌گیری و پیشنهادها

تحقیق حاضر با هدف اولویت‌بندی عوامل بحرانی موفقیت در مدیریت بحران برای کنترل و کاهش خسارات واردآمده در بحران‌ها و فجایع است. برای رسیدن به این هدف در ابتدا عوامل با مرور ادبیات نظری تحقیق و طی مصاحبه با خبرگان شناسایی و سپس با روش دلفی فازی انتخاب شدند. در ادامه برای تحلیل روابط اثرگذاری، اثرپذیری‌ها، وزن و اولویت‌بندی عوامل بحرانی اثرگذار در موفقیت مدیریت بحران، از روش ترکیبی فرایند تحلیل شبکه‌ای بر اساس دیمتل (DANP) فازی استفاده شد.

یافته‌ها حل مدل دیمتل نشان داد که عوامل «سازمانی» و «سیستم‌های فناوری و اطلاعاتی» تأثیرگذار هستند و موجب هدایت سیستم برای موفقیت در مدیریت بحران می‌شوند. عوامل «نیروی انسانی» و «عملیاتی» تأثیرپذیر هستند و از طریق عوامل اثرگذار بهبود می‌یابند. عامل «سازمانی» در بین عوامل اصلی تأثیرگذارترین و عامل «عملیاتی» تأثیرپذیرترین عامل است. این

نتیجه نشان می‌دهد که موفقیت و عدم موفقیت مدیریت بحران به عامل «عملیاتی» وابسته است. از طرفی دیگر برای بهبود در مدیریت بحران باید بر تأثیرگذارترین عامل «سازمانی» تمرکز کرد. عوامل سازمانی از طریق سازوکارهای مدیریتی می‌تواند مسائل و مشکلات فرایندهای مدیریت بحران را حل کرده و بهبود دهد.

بر اساس نتایج وزن‌دهی و اولویت‌بندی به روش فرایند تحلیل شبکه‌ای فازی، عامل اصلی «عملیاتی» بیشترین وزن و اولویت اول در سطح استراتژیک مدیریت بحران دارد. همان‌گونه که نتیجه دیمتل نیز نشان داد، عامل عملیاتی تأثیرپذیرترین عامل و یک مسئله اصلی در موفقیت مدیریت بحران است که با نتایج وزن‌دهی همراستاست و این همسویی یکی از مزایای روش ترکیبی DANP است. این نتیجه نشان می‌دهد که در تصمیم‌گیری اولویت اول برای مدیریت «مسئله» است و برای حل آن باید کوشش کرد. بدین‌منظور باید به روابط تعیین‌شده و عامل اثرگذار توجه کرد. برای بهبود مدیریت باید عوامل تأثیرگذار را اولویت قرار داد. زیرعامل «تیم‌های واکنش» با بیشترین وزن نهایی اولویت اول را در موفقیت مدیریت بحران کسب کرد. این نتیجه نشان می‌دهد که با هماهنگی و مدیریت در شرایط اضطراری (بحران) و کنترل حوادث به‌وجودآمده از طریق کمیته و تیم‌های واکنش می‌تواند بحران‌ها را مدیریت و کنترل کند. زیرعامل «تجهیزات» اولویت دوم، «مهارت کارکنان» اولویت سوم، «نظام اطلاع‌رسانی» اولویت سوم، «مستندسازی» اولویت چهارم و «آموزش» اولویت پنجم و در نهایت زیرعامل «ذخایر اورژانسی» اولویت ششم را در بین ۱۶ زیرعامل کسب کردند که تقریباً ۶۴/۵۷ درصد از کل وزن زیرعوامل را به خود اختصاص دادند و این نشان از اهمیت بسیار این زیرعوامل است. همان‌گونه که نتایج اولویت‌بندی نشان می‌دهد، بالاترین اولویت‌ها به عوامل عملیاتی و نیروی انسانی اختصاص دارد که این عوامل در روش دیمتل تأثیرپذیر و عمدتاً منجر به موفقیت در مدیریت بحران می‌شدند. پس مدیران و



تصویر ۵. نمودار اولویت نهایی زیرعوامل بحرانی موفقیت در مدیریت بحران

تصمیم‌گیرندگان باید به آنها توجه و جزو اولویت‌های برنامه‌ریزی جهت بهبود قرار دهند.

در نهایت نتایج تحقیق با چند نفر از خبرگان بررسی شد. خبرگان روایی تحقیق را تایید کردند و اعتقاد داشتند که عوامل کلیدی موفقیت مدیری بحران بیشتر تحت تأثیر عوامل سازمانی یک سیستم است. خبرگان بر این باور بودند که نگرش‌های سازمانی می‌تواند برخی از وقایع و فرآیندها را در سازمان ایجاد کند. سازمان مدیریت بحران به‌طور مداوم برای ارتقای بهره‌وری نیازمند پیکربندی سازمان است. از آنجایی که عوامل عملیاتی تحت تأثیر سایر عوامل به‌ویژه عوامل سازمانی هستند؛ بنابراین بهبود عوامل عملیاتی برای سازمان‌ها دارای اهمیت است و نتایج موفقیت در مدیریت بحران بر اساس این عامل مشخص خواهد شد. به‌طور مثال مدیران ارشد از راه اصول رهبری مناسب می‌توانند موجب بهبود عملیات در مدیریت بحران شوند.

برای بهبود عوامل به روابط دیمتل توجه می‌شود. زیرعامل «تیم‌های واکنش» اولویت نهایی اول را دارد. در بین زیرعوامل نیروی انسانی «تیم‌های واکنش» تأثیرپذیرترین عامل و مسئله‌ای است که به‌ترتیب از طریق عوامل «آموزش»، «تعهد کارکنان» و «مهارت کارکنان» بهبود می‌یابد. این نتیجه نشان می‌دهد که تیم‌های واکنش ستاد مدیریت بحران باید آموزش دیده باشند و از طریق آموزش و آشنایی با مسئولیت‌های خود به احتمال قوی تعهد به کار و سازمان خواهند داشت که در نتیجه آن به کسب مهارت تشویق خواهند شد و از این طریق تیم‌های واکنش بهبود خواهند یافت. برای «آموزش» در راستای آمادگی بیشتر تیم واکنش سریع مدیریت بحران در برابر حوادث غیرمترقبه، باید مانور تمرینی از پیش تعیین‌شده این تیم برگزار و نقاط قوت و ضعف تیم بررسی و تحلیل شود. اعضای تیم واکنش سریع با ملزوماتی نظیر ماشین‌آلات ایستگاه، دستگاه‌های اطفای حریق، ژنراتور برق، اهره‌برقی، دستگاه پمپ مکش باد و سایر تجهیزات و امکانات آشنا شوند. همچنین اعضای تیم واکنش سریع باید آموزش‌های لازم را جهت مقابله با حوادث احتمالی فرا بگیرند.

برای موفقیت در فرآیند عملیات مدیریت بحران باید «ذخایر اورژانسی» را مدیریت کرد؛ چرا که این عامل اثرپذیر است و به‌ترتیب از عوامل «مستندسازی»، «نظام اطلاع‌رسانی» و «تجهیزات» اثر می‌پذیرد. این نتیجه نشان می‌دهد که با ایجاد رویه‌های شفاف برای گزارش‌گیری و ثبت اطلاعات می‌توان خطرات بالقوه را شناسایی و در صورت وقوع آن هشدار خاص ارسال کرد. همچنین با مستندسازی در مورد خطرات بالقوه می‌توان تجهیزات و امکانات تخصصی عملیات امداد و نجات مربوط به آن خطر را تهیه کرده و نظام ذخیره‌سازی برای مدیریت پشتیبانی امداد و نجات را پایش و ارزیابی کرد.

برای بهبود عوامل سازمانی باید به روابط آن توجه کرد. بر اساس یافته‌ی روش دیمتل، زیرعامل «قوانین و طرح‌ها» تأثیرپذیرترین و گلوگاه موفقیت سازمان است که به‌ترتیب از عوامل «رهبری»، «ساختار سازمانی» و «تضمین مالی» اثر می‌پذیرد. این نتیجه نشان می‌دهد که اقدامات تضمین مالی و برنامه‌ریزی قبلی

برای مراکز لجستیک، پناهگاه‌ها قابل اجرا و وجود ساختار سازمانی پاسخگو و آگاهی روشن از مسئولیت‌ها برای قوانین و طرح‌های واکنش اضطراری مفید خواهد بود. بنابراین پیشنهاد می‌شود که قوانین و طرح‌های آماده برای واکنش اضطراری قابل اجرا در مدیریت بحران از طریق فرآیندهای برنامه‌ریزی و هماهنگی بین بخش‌های مختلف توسط رهبری ایجاد شوند.

برای ارتقای آمادگی سیستم‌های فناوری و اطلاعاتی جهت مقابله با مدیریت بحران باید به عامل تأثیرپذیر «سیستم مدیریت دانش» توجه کرد. جهت دستیابی به این هدف در مرحله اول نیاز است سازمان «سیستم فناوری اطلاعات» جدید و مناسب داشته باشد تا «قابلیت انتقال اطلاعات» برای رفع مشکل برقراری ارتباط و هماهنگی بین مؤسسات مستقل که اهداف متفاوت و رقابتی دارند، ایجاد شود و مدیران با کسب اطلاعات مناسب از «سیستم‌های پشتیبانی تصمیم» بتوانند در شرایط پیچیده و غیرقابل اطمینان بهتر تصمیم‌گیری کنند که این امر منجر به ایجاد «سیستم مدیریت دانش» برای پاسخگویی می‌شود.

پی‌نوشت

1. Wenchuan
2. Emergency management
3. Sheu
4. emergency response capacity
5. Drake and Hoetmer
6. emergency response teams
7. Dihé
8. DEMATEL based ANP (DANP)

منابع

1. Li, X., Pu, W., & Zhao, X. (2019). Agent action diagram: Toward a model for emergency management system. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 94, 66–99.
2. Zhou, X., Shi, Y., Deng, X. & Deng, Y. (2017). D-DEMATEL: A new method to identify critical success factors in emergency management. *Safety Science*, 91, 93–104.
3. Ding, X.F., & Liu, H.C. (2018). A 2-dimension uncertain linguistic DEMATEL method for identifying critical success factors in emergency management. *Applied Soft Computing*, 71, 386–395.
4. Ju, Y., Wang, A. & Liu, X. (2012). Evaluating emergency response capacity by fuzzy AHP and 2-tuple fuzzy linguistic approach. *Expert Systems with Applications*, 39(8), 6972–6981.
5. Youngblood, S. A., & Youngblood, N. E. (2018). Usability, content, and connections: How county-level Alabama emergency management agencies communicate with their online public. *Government Informa-*

egrated crisis management simulation, in: *Proceedings of the 20th International Congress on Modelling and Simulation*, 1-6.

۱۸. نصیبی، مهدی؛ مدیری، محمود؛ نکوئی، محمد علی؛ حسینی، رضا؛ نوری، مهدی (۱۳۹۴). ایجاد مدل تعاملی اطلاعات و فعالیت‌های ذی‌نفعان مدیریت بحران در صنعت با رویکرد مهندسی همزمان، مطالعه‌ی موردی: ایران خودرو، مدیریت بحران، ۴(۲)، ۳۶-۲۳

۱۹. نجفی ملکی، زهرا (۱۳۹۲). *سنجش عوامل مؤثر در کارآمدی سیستم‌های اطلاعاتی در مدیریت بحران (مطالعه‌ی موردی: جمعیت هلال احمر مرکز)*. پایان نامه کارشناسی ارشد مدیریت. دانشگاه پیام نور، تهران.

۲۰. خسروی، پرویز؛ خمی، حسینعلی؛ حلبیان، امیرحسین (۱۳۹۲). بررسی و اولویت‌بندی عوامل کلیدی موفقیت مدیریت بحران خشکسالی بر مبنای مدیریت دانش در ایران. پنجمین کنفرانس بین‌المللی مدیریت جامع بحران‌های طبیعی، تهران.

۲۱. نکودری، مریم؛ یعقوبی، نور محمد (۱۳۹۰). بررسی عوامل تسهیل‌کننده مدیریت دانش در سازمان مدیریت بحران. پژوهش‌های مدیریت عمومی، ۴(۱۳)، ۹۵-۱۱۹.

۲۲. عزیزپور، ملکه؛ زنگی‌آبادی، علی؛ اسماعیلیان، زهرا (۱۳۹۰). اولویت‌بندی عوامل مؤثر در مدیریت بحران شهری در برابر بلایای طبیعی (مطالعه‌ی موردی: سازمان‌های مرتبط با بحران شهر اصفهان). جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، ۲۲(۳)، ۱۰۷-۱۲۴.

23. Zhou, Q., Huang, W. & Zhang, Y. (2011). Identifying critical success factors in emergency management using a fuzzy DEMATEL method. *Safety Science*, 49(2), 243-252.

24. Woodcock, B. & Au, Z. (2013). Human factors issues in the management of emergency response at high hazard installations. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 26, 547-557.

25. Pathirage, CH., Seneviratne, K., Amararatunga, D. & Haigh, R. (2012). Managing disaster knowledge: identification of knowledge factors and challenges. *International Journal of Disaster Resilience in the Built Environment*, 3 (3), 237 - 252.

26. Paula, A. D., Lukosevicius, A. & Leiras, A. (2017). Organizational Structure for Disaster Management Projects. *Conference Paper WIT Transactions on The Built Environment*, 173, 33-42.

۲۷. محمدفام، ایرج؛ باستانی، سوسن؛ اسحاقی، محبوبه؛ گل محمدی، رستم؛ ساعی، علی (۱۳۹۳). ارزیابی تعامل‌های کاری اعضای تیم واکنش اضطراری با استفاده از تحلیل شبکه اجتماعی. بهداشت و ایمنی کار، ۴(۳)، ۳۷-۴۸.

۲۸. عموزاده، شهرام؛ مرادی، حجت‌اله (۱۳۹۵). رابطه بین تعهد حرفه‌ای و تعهد سازمانی کارکنان با موفقیت در مدیریت بحران. فصلنامه مدیریت بحران و وضعیت‌های اضطراری، ۸(۲۸)، ۷۷-۱۰۳.

۲۹. ابراهیم بابایی، شهین (۱۳۹۲). *اولویت‌بندی عوامل مؤثر بر مدیریت بحران شهری در برابر بلایای طبیعی (مطالعه‌ی موردی: امداد و نجات شهر اصفهان)*. پایان نامه کارشناسی ارشد جغرافیا و برنامه‌ریزی گرایش شهری، دانشگاه اصفهان.

30. Wang, F.K., Hsu, CH. & Tzeng, G.H. (2012). The best vendor selection for conducting the recycled material

tion Quarterly, 35(1), 50-60.

6. Fogli, D., Greppi, C. & Guida, G. (2017). Design patterns for emergency management: An exercise in reflective practice. *Information & Management*, 54(7), 971-986.

7. Li, Y., Hu, Y., Zhang, X., Deng, Y. & Mahadevan, S. (2014). An evidential DEMATEL method to identify critical success factors in emergency management. *Applied Soft Computing*, 22, 504-510.

8. Fogli, D. & Guida, G. (2013). Knowledge-centered design of decision support systems for emergency management. *Decision Support Systems*, 55(1), 336-347.

۹. مدیری، محمود؛ نصرتی، شهریار؛ کریمی شیرازی، حامد (۱۳۹۴). برنامه‌ریزی مدیریت بحران در حوزه‌ی مدیریت شهری و SWOT با رویکرد پدافند غیرعامل با استفاده از روش MCDM. مدیریت بحران، ۷، ۱۴-۵.

10. Hetu, S., Gupta, S., Vu, V.N. & Tan, G. (2018). A simulation framework for crisis management: Design and use. *Simulation Modeling Practice and Theory*, 85, 15-32.

11. Nadi, A., & Edrisi, A. (2017). Adaptive multi-agent relief assessment and emergency response. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 24, 12-23.

12. Weaver, S. B., Wingate, L., Dunkelly-Allen, N., Major, J. & Nguyen, K. (2018). An assessment of the relationship between pharmacy students' perceptions of their preparedness to contribute to emergency responses and their current work status. *Currents in Pharmacy Teaching and Learning*, 10, 1579-1586.

13. Jennings, M. (2019). The oil and gas industry, the Off-shore Installation Manager (OIM) and the management of emergencies - Changes necessary to achieve effective competence assessment of OIMs in controlling emergencies. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 59, 1-13.

14. Ha, K. (2018). Changing the emergency response culture: case of Korea. *International Journal of Emergency Services*, 7(1), 60-70.

15. Gálvez-Rodríguez, M., Haro-de-Rosario, A., García-Tabuyo, M. and Caba-Pérez, C. (2019). Building online citizen engagement for enhancing emergency management in local European government: The case of the November 2015 Paris attacks. *Online Information Review*, 43(2), 219-238.

16. Bénaben, F. (2016). A Formal Framework for Crisis Management describing information flows and functional structure. *Procedia Engineering*, 159, 353 - 356.

17. Dihé, P., Denzer, R., Polese, M., Heikkilä, A.M., Havlik, D. Sautter, J., Hell, T., Schlobinski, S., Zuccaro, G., & Engelbach, W. (2013). An architecture for in-

based on a hybrid MCDM model combining DANP with VIKOR. *Resources. Conservation and Recycling*, 66, 95–111.

31. Jeng, D.G. & Tzeng, G.H. (2012). Social Influence on the Use of Clinical Decision Support Systems: Revisiting the Unified Theory of Acceptance and Use of Technology by the Fuzzy DEMATEL Technique. *Computers & Industrial Engineering*, 62(3), 819–828.
32. Kumar, A. & Dixit, G. (2018). Evaluating critical barriers to implementation of WEEE management using DEMATEL approach. *Resources. Conservation & Recycling*, 131, 101–121.
33. Hsu, C.C., Liou, J.J. & Chuang, Y.C. (2013). Integrating DANP and modified grey relation theory for the selection of an outsourcing provider. *Expert Systems with Applications*, 40, 2297–2304.
34. Gölcük, I. & Baykasoglu, A. (2016). An analysis of DEMATEL approaches for criteria interaction handling within ANP. *Expert Systems With Applications*, 46, 346–366.
35. Yeh, T.M. & Huang, Y.L. (2014). Factors in determining wind farm location: Integrating GQM, fuzzy DEMATEL, and ANP. *Renewable Energy*, 66, 159–169.
36. Huang, J.J., Tzeng, G.H. & Ong, S.C. (2005). Multidimensional data in multidimensional scaling using the analytic network process. *Pattern Recognition Letters*, 26, 755–767.

ارائه مدلی به منظور آنالیز جذابیت در زیرساخت شبکه آب

ساره رودباری: کارشناسی ارشد پدافند غیرعامل دانشگاه صنعتی مالک اشتر
محمدعلی نکوئی*: هیئت علمی دانشگاه صنعتی مالک اشتر، ali.nekooie@gmail.com
روح الله طاهرخانی: هیئت علمی دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره) قزوین

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۵/۲

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۹/۲۶

چکیده

زیرساخت های حیاتی پایه و اساس هر جامعه ای را شکل می دهند. زندگی روزمره انسان ها تا حد بسیار زیادی به فعالیت این زیرساخت ها وابسته است و جالب تر اینکه تمامی زیرساخت ها برای ادامه عملکرد به یکدیگر نیز وابسته اند. مثلاً زیرساخت آب چگونه می تواند بدون وجود زیرساخت برق به ادامه فعالیت های خود بپردازد؟ در این مقاله هدف آنالیز جذابیت زیرساخت آبرسانی در منطقه ای فرضی از تهران است که به دلیل مسائل و محدودیت های موجود نمی توان نام آنرا بیان کرد. با استفاده از روش گیم تئوری این آنالیز جذابیت انجام داده شد. به منظور انجام آنالیز جذابیت دارایی های شبکه آبرسانی شناسایی و تهدیدات احتمالی که می تواند در این شبکه به وقوع بپیوندد تعیین شد. سپس با در نظر گرفته دو بازیکن شبکه آبرسانی به عنوان مدافع (بازیگر B) و متخاصم با عنوان بازیکن مهاجم (بازیگر A) آنالیز جذابیت صورت گرفت. در پایان نتیجه گرفته شد که روش گیم تئوری روشی مؤثر در آنالیز زیرساخت ها محسوب می شود و با استفاده از آن می توان به نتایج مطلوبی دست یافت. در این پژوهش با استفاده از آنالیز جذابیت گیم تئوری محقق شد که در شبکه آبرسانی تحت مطالعه تصفیه خانه آب و پس از آن مخازن و منابع آب از بیشترین جذابیت برای حمله دشمن برخوردار هستند.

کلمات کلیدی: زیرساخت، شبکه آبرسانی، آنالیز جذابیت، گیم تئوری

مقاله حاضر استخراج شده از پایان نامه کارشناسی ارشد با عنوان مدل بومی تحلیل آسیب پذیری زیرساخت ها با رویکرد مدل احتمالی و نظریه گراف (مطالعه موردی شبکه آبرسانی منطقه فرضی از تهران) است.

Analysis attractiveness of the infrastructure by using game theory method

Sareh Roudbari¹, Mohammadali Nekooie^{*2}, Rohollah Taherkhani³

Abstract

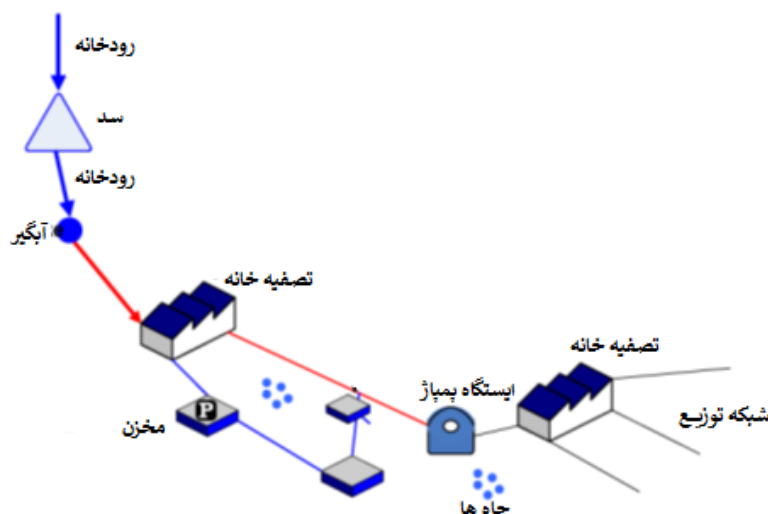
The vital infrastructure forms the foundation of any society. And the everyday life of humans depends to a great extent on the operation of this infrastructure, and more interestingly, the infrastructure itself is dependent on one another for continuing to operate. Consider, for example, the infrastructure of water. How can it continue to operate without electricity infrastructure? The purpose of this paper is to analyze the attractiveness of water supply infrastructure, which is based on game theory. The theory of game theory is a mathematical approach that was first introduced in the field of economics and then entered other disciplines. The water network is always targeted at all major wars and hostilities as a fundamental basis. Considering the strategies of attack and resilience for the two countries, modeling of scenarios was done using the theory of games. After calculations, it was determined that among all the components of the water supply network of the refinery is of great importance. It was also determined that the theory of game theory is an effective method in the analysis of infrastructure and can be achieved with the desired results.

Key word: Infrastructure, Water Supply Network, attractiveness Analysis, Game Theory

1. M.A of passive defense of Malek Ashtar University of Technology

2. Faculty Member of Malek Ashtar University of Technology, Email: ali.nekooie@gmail.com

3. Faculty Member of Imam Khomeini International University Qazvin



تصویر ۲: نمایی از انتقال آب از سد تا شهر [۱۲]

ایستگاه‌های پمپاژ، لوله‌های اصلی و فرعی، شیرآلات و تأسیسات جانبی است [۱۶].

جذابیت شبکه آبرسانی برای حملات تروریستی

از آنجا که تأمین آب با کمیت و کیفیت خاصی به منظور مصارف شهری مدنظر است، در نتیجه برای جلوگیری از عوامل تهدید از جمله حملات هوایی، زمینی، موشکی و تروریستی به تأسیسات لازم است اقدامات پیشگیرانه در نظر گرفته شود. در کشور ایران بیشتر طرح‌ها بدون در نظر گرفتن مبانی پدافند غیرعامل طراحی و اجرا شده است [۱۸]. دارایی‌های زیرساختی، اهداف بسیار نرم‌تری نسبت به تأسیسات دولتی هستند و جذابیت بیشتری برای تروریست‌ها دارند. علاوه بر این پیامدهای اقتصادی و روانی ناشی از ضربه به هریک از این بخش‌های زیرساختی مخرب‌تر و وسیع‌تر از تخریب یکی از تأسیسات نظامی است [۷].

مرور مطالعات

وانگ^۱ و همکارانش در سال ۲۰۰۳ در مقاله‌ای با عنوان تخصیص منابع آب با استفاده از رویکرد گیم تئوری بیان کردند که برای تخصیص آب از رودخانه با رویکرد گیم تئوری همکارانه بازی دو مرحله‌ای لازم است که شامل تخصیص حق استفاده اولیه از آب و بازی بازتخصیص آب است. حق استفاده از آب به صورت اولیه بر مبنای وجود سیستم‌های حقوقی آب یا توافقات است؛ در حالی که بازی بازتخصیص آب از طریق استفاده از سود خالص ذی‌نفعان فرمول‌بندی می‌شود. وی همچنین بیان کرد تخصیص آب رودخانه نباید مبنای محاسبه سود اقتصادی باشد؛ چراکه بر روی رودخانه اثرات نامناسبی دارد. وانگ بیان کرد که مبنای استفاده از این بازی باید بر اساس همکاری بین ذی‌نفعان رودخانه و ساختار بازی بر مبنای ایجاد ساختار ائتلافی باشد [۲۰].

آریل دینار^۲ در مقاله خود منابع آب را با استفاده از مدل‌های گیم تئوری بازی‌های مشارکتی مورد ارزیابی قرارداد و مبنای

برای تلافی حملات، عراق تأسیسات آب شیرین‌کن کویت را مورد هدف قرار داد. در حمله ارتش آمریکا به عراق و کوزوو شبکه‌های آبرسانی و مخازن آب به عنوان دومین حلقه راهبردی واردن هدف قرار گرفت. در حمله رژیم صهیونیستی به نوار غزه در ۲۷ دسامبر سال ۲۰۰۸ آسیب زیادی به لوله‌های آب و فاضلاب وارد شد و هشت چاه آب به صورت کلی و جزئی تخریب شد. این صدمات منجر به کمبود آب آشامیدنی و وخیم‌تر شدن بحران در غزه شد. علی‌رغم تجارب یادشده، تشدید تهدیدات، رشد فزاینده‌ی شهرها و همچنین احداث شهرهای جدید، متأسفانه مطالعات، تحقیقات و اقدامات مهندسی دفاع غیرعامل در حوزه‌ی تأسیسات آبرسانی شهری و به منظور کاهش آسیب‌پذیری در برابر تهدیدات، به اندازه کافی و متناسب با سطح تهدید صورت نگرفته است [۱۱]. تصویر ۲ نشان دهنده شبکه آبرسانی از منبع تا محل مصرف‌کننده را به صورت شماتیک نشان می‌دهد.

بر اساس نظریه پنج حلقه‌ی واردن مهمترین کار شناسایی مراکز ثقل یک کشور است، در صورتی که این مراکز توسط کشور مهاجم شناسایی و هدف قرار گیرد، کشور موردتهاجم زودتر از حالت عادی از پای درآمده و طعم شکست را تجربه خواهد کرد [۱۳]. نظریه یا مدار پنج حلقه واردن در جنگ ۴۳ روزه (۱۳۷۰) جنگ اول خلیج فارس)، مناقشه کوزوو (جنگ ۱۱ هفته‌ای سال ۱۳۷۸ ناتو علیه یوگسلاوی) و جنگ اخیر آمریکا و انگلیس علیه عراق (۱۳۸۲) دقیقاً به کار گرفته شد. در نظریه مذکور مراکز ثقل یک کشور به صورت دستگاهی همانند اعضای بدن قلمداد و در صورت انهدام هر یک از مراکز ثقل، سیستم، بیکره و کالبد کشور مورد تهاجم فلج می‌شود و قادر به ادامه فعالیت و حیات نخواهد بود [۱۳، ۱۴]. شبکه توزیع مجموعه‌ای به هم پیوسته از منابع، خطوط لوله، عناصر هیدرولیکی مانند پمپ‌ها، شیرهای تنظیم‌کننده، مخازن هوایی است که هدف آن ارائه آب با فشار مطلوب به مشترکین است [۱۵]. این بخش شامل چهار قسمت از جمله مخازن ذخیره آب،

محاسبات وی برای حداکثر سود و مطلوبیت‌ها سود اقتصادی بود. وی با مطالعه‌ای که در مزارع انجام داد، کیفیت آب (شور یا شیرین بودن آب کشاورزی)، همکاری در تعیین کیفیت آب منطقه و میزان سهمیه در میان مزرعه‌داران از جمله ابعادی بود که برای تعارضات ایجاد شده و رسیدن به حداکثر مطلوبیت در نظر گرفت و بیان کرد که این مسائل باید به صورت مشترک حل شوند [۲۱].

اردشیر احمدی در مقاله خود بیان کرد که محدودیت منابع طبیعی موجب ایجاد تعارضات در میان مصرف‌کنندگان می‌شود و از آنجایی که امکان راضی داشتن تمامی کاربران امری غیرممکن است، بنابراین هر کاربر می‌تواند منابع بیشتری را نسبت به بقیه به خود اختصاص دهد. وی همچنین بیان کرد که مسئله کمبود آب امروزه به خوبی قابل درک است و از آنجایی که جمعیت رو به افزایش است، در این باره نگرانی‌هایی بیشتر از قبل احساس می‌شود. احمدی در مقاله خود با نام کاربرد گیم تئوری در مسائل توزیع آب صنایع کشاورزی، صنعتی و مصارف خانگی را به عنوان بازیکنان گیم تئوری در نظر گرفت و به مدل سازی تعارضات مابین آنها با استفاده از روش‌های غیرمشارکتی گیم تئوری پرداخت. وی تعادل خالص را ابتدا با استفاده از مسئله بهینه سازی درجه دوم به دست آورد و تعادل خالص چانه زنی را از طریق حداکثر سازی تعادل به دست آورد [۲۲].

ایرن پارچینو^۲ در پژوهشی با نام مشارکت گیم تئوری و کاربرد آن در طبیعت، محیط زیست و موضوعات آبی بیان کرد که گیم در نظریه در مسائل مختلفی از قبیل تأمین آب شهری، آبیاری، نیروی برق آبی، آلودگی آب، تصفیه فاضلاب، آب‌های زیرزمینی، تخصیص منابع آب و حوضچه‌های بین‌المللی آب کاربرد دارد. وی در مسئله تخصیص آب نیز تمرکز خود را بر روی بازی چانه زنی معطوف کرده بود [۲۳].

فوستر^۴ و مک‌دونالد^۵ در سال ۲۰۰۰ در مطالعه خود، ارزیابی ریسک آلودگی در منابع تأمین آب را با استفاده از سیستم‌های اطلاعاتی جغرافیایی (GIS) انجام دادند. ظرفیت ذاتی سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS) در ذخیره سازی، آنالیز و نمایش داده‌های فضایی آن را به ابزاری ایده‌آل برای کمک به ارزیابی‌های ریسک تبدیل کرده است. آنان با استفاده از این مقاله کاربردهای بالقوه GIS را در مدیریت و ارزیابی ریسک منابع مصرف عمومی آب نشان دادند که با استفاده از این نرم افزار مناطق بالقوه خطر شناسایی شد [۲۴].

میکاد^۶ و آپوستلاکیس^۷ در سال ۲۰۰۶ روشی را برای رتبه بندی عناصر شبکه آب رسانی از منظر آسیب پذیری ارائه دادند و بیان داشتند که برای رسیدن به هدف ارزیابی ریسک باید به سؤالاتی از قبیل چه اشتباهی می‌تواند رخ دهد؟ چه پیامدهایی دارد؟ و چه میزان محتمل است؟ بتوان پاسخ داد. پیامد یا حالت‌های پایانی معمولاً با سلامت و ایمنی مردم مرتبط است، اگرچه دیگر حالت‌های پایانی مانند پیامدهای اقتصادی را نیز می‌تواند شامل شود. آنان معتقد بودند که نقطه شروع تجزیه و تحلیل، شناسایی دارایی‌های زیرساخت مورد نظر است و دریافتند که برای تحلیل جامع آسیب پذیری ظرفیت عناصر سیستم باید در نظر گرفته

شود. گام عمده در جهت این ارزیابی آسیب پذیری جامع ارزیابی کل سیستم است. آنان نشان دادند که محدود کردن غربالگری آسیب پذیری با رویکرد همه یا هیچ (برای مثال با استفاده از رویکرد مجموعه برشی حداقل یا منطق دودویی) منجر به برآورد کمتر آسیب پذیری سیستم است. یک راه ممکن برای برداشتن گام واقعی نزدیک به رفتار سیستم، ایجاد مدل هیدرولیکی شبکه و اجرای آن برای سناریوهاست [۲۵].

پینتو^۸ و بنتس^۹ در مقاله خود تحت عنوان نظریه آسیب پذیری لوله‌های شبکه آب در سال ۲۰۱۰ بیان کردند که مدل‌ها و ابزارهای ریاضی مدرن یکی از ابزارهای ارزشمند است که می‌تواند به ارائه دهنده‌گان خدمات آب شهری و سازمان‌های دولتی در اجرای سیاست مدیریت عرضه منابع آب در مناطق شهری کمک کرده تا همزمان کیفیت عرضه آب را در نظر داشته باشند. هدف اصلی از مطالعات آسیب پذیری، شناسایی نقاط آسیب پذیر از یک سازه بر اساس تحلیل شکل ساختاری و میزان اتصال آن است. مفهوم آسیب پذیری در ارتباط با پیامدهای شکست علل اولیه خسارات است. یک سازه زمانی آسیب پذیر است که آسیب کوچکی منجر به عواقب شکست بزرگی در آن سازه شود، اقدامی که می‌تواند موجب این خسارت شود می‌تواند از هر نوع از جمله خطای انسانی و یا حتی یک اقدام خرابکارانه باشد [۲۶].

هررا^{۱۰} و گارسیا^{۱۱} در مقاله خود با عنوان استفاده از روش گراف طیفی در ارزیابی آسیب پذیری شبکه‌های آب رسانی در سال ۲۰۱۳ بیان کردند که نظریه گراف طیفی بر مبنای مجموعه‌ای از اندازه‌گیری‌های مقادیر شبکه و معیارهای طیفی است. این معیارها از طیف ماتریس مجاورت شبکه و تعیین کمیت‌های ثابت شبکه استخراج می‌شوند. در زمینه‌ی روش گراف‌های طیفی الگوریتم‌های رتبه بندی متفاوتی برای تصمیم‌گیری راجع به اهمیت یک عنصر در نمودار با توجه به اطلاعات کلی از ساختار گراف بیان می‌کنند. دو الگوریتم PageRank و HITS را برای رتبه بندی عناصر شبکه آب رسانی استفاده کردند. آنان شبکه آب مکزیک را برای پیاده سازی این روش مورد استفاده قرار دادند. این شبکه از ۴۷۹ خط و ۳۳۹ گره تشکیل یافته بود. کل طول لوله‌ها ۴۲٫۵ کیلومتر و متوسط میانگین گره‌ها ۱۵۶ متر و مقدار کل دبی جریان مصرف شده ۹۱ L/S بود. هدف از بخش بندی شبکه انتقال آب رسیدن به خوشه‌های مهم و رسیدن به روش الگوریتم خوشه بندی نیمه متمرکز بود. آنها طبق معیارهای پیچ رنگ و HITS شبکه آب رسانی را به سه خوشه مهم تقسیم بندی کردند و دریافتند که ناحیه ۲ (شکل ۲) حیاتی‌تر از سایر نواحی است [۲۷]. در تمامی مطالعات فوق مسئله تخصیص آب و یا تعیین آسیب پذیری شبکه در نتیجه رخداد‌های طبیعی صورت گرفته؛ اما وجه تمایز این پژوهش با پژوهش‌های بالا در این است که در این پژوهش هدف آنالیز جذابیت دارایی‌های شبکه آب رسانی از منظر دشمن و عوامل انسان ساخت بررسی خواهد شد.

مواد و روش

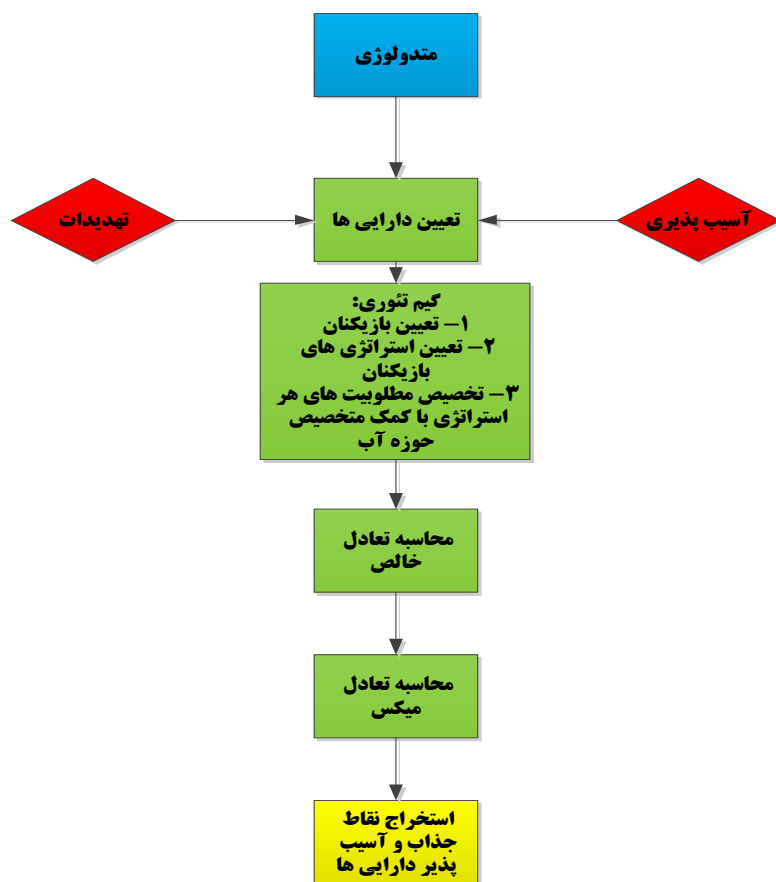
به منظور آنالیز جذابیت در این پژوهش با تعیین دارایی‌های شبکه آبرسانی، روش گیم تئوری به این منظور برگزیده شد. برای انجام روش گیم تئوری نیاز بود تا نوع بازی و هم چنین بازیکن‌ها و استراتژی‌های آنان تهیه شود که پس از تعیین آنها و محاسبه احتمال رخداد هریک بتوان میزان جذابیت هر دارایی از شبکه آبرسانی برای وقوع حملات محتمل را استخراج کرد. تصویر ۳ زیر نمای کلی روش انجام تحقیق پژوهش را نشان می‌دهد و در ادامه هریک از موارد به تفصیل توضیح داده خواهد شد.

گیم تئوری

گیم تئوری مجموعه‌ای از ابزارهاست که کمک می‌کند در موقعیت‌های راهبردی بتوان تصمیمات مناسب را اتخاذ کرد. در اینجا آنچه با نام بازی شناخته می‌شود روابط متقابل بین دو (و یا بیشتر) تصمیم‌گیرنده است که به یکدیگر وابسته باشد. به این معنی که هر آن چیزی که یک بازیکن خواهان به دست آوردن آنهاست، همانند مطلوبیت، رفاه، سود و ... نه تنها متأثر از تلاش خود فرد برای به دست آوردن آن است، بلکه تحت تأثیر تلاش‌ها و تصمیم‌های بازیکن مقابل است. ویژگی عمده‌ای که در این بازی‌ها باید مدنظر قرار داشت این است که هر بازیکن قبل از اینکه تصمیمی اتخاذ کند، باید بتواند اقدامات بازیکن مقابل را نسبت به انتخاب خودش بسنجد و تجزیه و تحلیل کند و سپس تصمیمی را

اتخاذ کند که بهترین نتیجه را برایش داشته باشد. در این بازی‌ها فرض بر این است که بازیکنان عقلایی هستند و تصمیماتی را اتخاذ می‌کنند که بیشترین عایدی را نصیبشان کند.

استراتژی نوعی مهارت ذهنی و مغزی برای خوب بازی کردن در یک بازی است. به عبارت دیگر استراتژی مهارت خوب بازی کردن و یا محاسبه‌ی به‌کارگیری مهارت‌ها به بهترین وجه ممکن است. بازی‌ها می‌توانند به صورت همکارانه یا غیرهمکارانه باشد؛ به این معنی که ممکن است بازیکنان در هنگام انجام بازی پیرامون انتخاب یک استراتژی باهم توافق کنند. اگر این توافق قابل اجرا و عملی باشد، بازی را همکارانه و اگر توافق بین بازیکنان قابل اجرا نباشد، آن را بازی غیرهمکارانه نامیده می‌شود. بازی که در این پژوهش قصد مدل کردن آن را داریم، بازی مدافع-مهاجم است که توافق بین دو بازیکن قابل اجرا نخواهد بود. در نتیجه از نوع بازی‌ها غیرهمکارانه است. هدف این است که یاد گرفته شود چگونه بازی کرد و خروجی بازی را پیش‌بینی کرد. بازی‌ها می‌تواند به صورت هم‌زمان یا ترتیبی انجام شوند. مثلاً بازی سنگ کاغذ چینی بازی هم‌زمان است و زمانی که بازیکن می‌خواهد اقدام را انجام بدهد، نمی‌داند که طرف مقابلش چه واکنشی نشان خواهد داد؛ اما در بازی‌های ترتیبی به این صورت است که اول یک بازیکن حرکت خود را انجام می‌دهد و سپس بازیکن دوم حرکت خود را انجام می‌دهد. یعنی به صورت هم‌زمان نیست. نکته مهم‌تر از ترتیب این است که در بازی ترتیبی وقتی بازیکن



تصویر ۳: متدولوژی انجام پژوهش

جدول ۱: نمادهای اقدامات مهاجم

متخاصم		تعاریف نمادها
Action حمله زیستی جذب	ATR	حمله به منابع آب
	ATL	حمله به خطوط انتقال آب
	ATD	حمله به شبکه توزیع
	ATT	حمله به تصفیه خانه
	ATM	حمله به مخازن
Action حمله فیزیکی-تطبیق	ATR	حمله به منابع آب
	ATL	حمله به خطوط انتقال آب
	ATD	حمله به شبکه توزیع
	ATT	حمله به تصفیه خانه
	ATM	حمله به مخازن
Action حمله فیزیکی-ترمیم	ATR	حمله به منابع آب
	ATL	حمله به خطوط انتقال آب
	ATD	حمله به شبکه توزیع
	ATT	حمله به تصفیه خانه
	ATM	حمله به مخازن
		Attack to resource
		Attack to line
		Attack to distribution network
		Attack to treatment
		Attack to reservoir (به دلیل مشابهت با منابع آب m انتخاب شد)

بازیکنان که در آن باور هر بازیکن نسبت به انتخاب حریفان با انتخاب واقعی حریفان یکسان است و هر بازیکن با توجه به باور درست بهترین پاسخ را انتخاب می‌کند. اما استراتژی مختلط یک بازیکن باور بازیکن حریف نسبت به انتخاب او در بازی است. استراتژی مختلط نشان‌دهنده عدم اطمینان ذهنی یک بازیکن نسبت به انتخاب حریف است که این عدم اطمینان با احتمال نشان داده می‌شود (استراتژی مختلط برای یک بازیکن همان توزیع احتمال استراتژی خالص اوست). به صورت کلی می‌توان گفت که استراتژی مختلط یعنی اینکه به هر اقدام یک احتمالی را متصل کرد و مجموع این احتمالات باید برابر یک باشد [۱۹]. P_n بیان‌کننده احتمال هرکدام از اتفاقات است. ممکن است n اتفاق بیفتد که فرد می‌خواهد بداند مطلوبیت دریافتی‌اش چیست. فقط کافی است ارزش انتظاری را حساب کرد. برای محاسبه ارزش انتظاری باید سود شکلی خاص داشته باشد. اگر بتوان اعداد $u_1, \dots, u_n$ را منتسب کرد مطلوبیت کل از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$U(I) = u_1 p_1 + \dots + u_n p_n$$

در این مرحله ۳ بازی دو بازیکن (یکی متخاصم (بازیکن A) و دیگری مدیریت شبکه آب (بازیکن B)) به صورت هم‌زمان در نظر گرفته شده‌اند. هرکدام از این بازیکنان استراتژی و اقدامات مربوط به خود را دارند. شرح تفصیلی نمادهای بازی به صورت جدول ۱ تا جدول ۲ است.

در روش تحلیل پس از تخصیص نماد به هر اقدام باید آنها را در جداولی تنظیم کرد؛ به این صورت که اقدامات مهاجم به صورت عمودی و اقدامات مدافع به صورت افقی در جدول قرار داده شود. پس از آن به هر خانه مطلوبیت‌های مربوط به اقدام را در آن قرار داده و با جایگذاری پیامدها در هر ستون و سطر جدول، پیامدهای مربوط به احتمال آن ضرب خواهد شد و سپس با یکدیگر جمع شده، معادلات به دست آمده را دو به دو مساوی یکدیگر قرار داده

می‌خواهد انتخاب کند، می‌داند که طرف مقابلش چه چیزی را می‌خواهد انتخاب کند و اینکه انتخاب‌های بازیکن اول مجموعه انتخاب‌های بازیکن دوم را محدود خواهد کرد و برعکس. بازی موردنظر در اینجا از نوع همزمان است.

بازیکنان آدم‌هایی هستند که کارهایی را باید انجام بدهند تا بتواند مطلوبیت را کم یا زیاد کنند و هرکدام از این بازیکنان استراتژی، اقدام‌ها و همچنین مطلوبیت‌ها یا پیامد مربوط به خود را دارند که عبارت است از مقدار برد یا باخت و یا آنچه در پایانی یک بازی عاید بازیکنان می‌شود که مطلوبیت یا پیامد گفته می‌شود. وقتی در یک بازی بازیکن استراتژی و اقدام‌های خود را تعیین کرد، باید به دنبال نقطه تعادل برای بازی بود. در تعادل هر بازیکن استراتژی را به کار می‌برد که بهترین پاسخ به استراتژی‌های انتخابی سایر بازیکنان باشد. در تعادل لزوماً همه چیز برای بازیکنان بهترین نیست. به عبارت دیگر تعادل که اصطلاحاً به آن تعادل خالص نیز گفته می‌شود، در جایی حاصل می‌شود که در آنجا هیچ بازیکنی انگیزه تخطی از آن استراتژی را نداشته باشد. تعادل استراتژی خالص را به صورت ریاضی همانند معادله زیر تعریف می‌کنند:

$$U_i(a, a^*) \geq U_i(a_i, a - i^*) \quad [19]$$

که در آن U_i مطلوبیت عایدی هر بازیکن و a_i^* در اینجا اقدام پروفایل تعادل خالص است. a_i اقدام هر بازیکن و a^* اقدام بازیکن مقابل است. بازی‌ها انواع متفاوتی دارند. بازی‌ای که در این پژوهش برای انجام پروژه اتخاذ شده، استراتژی مختلط است که در ادامه به بررسی آن پرداخته می‌شود.

استراتژی مختلط

بازی‌هایی که استراتژی خالص ندارند و یا بیش از یک استراتژی خالص دارند، تعادل خالص استراتژی مختلط دارند. تعادل خالص استراتژی خالص عبارت است از ترکیب استراتژی

جدول ۲: نمادهای اقدامات مدافع

مدیریت شبکه آب			توضیح نمادها	
Action حمله زیستی- جذب	STA	استحکام	stability	استحکام سیستم اثرات سیستماتیک را از طریق قدرت ارتباطات فردی در سیستم کاهش می دهد.
	REL	قابلیت اطمینان	Reliability	معمولاً به عنوان احتمال عملکرد مؤثر سیستم در گذر زمان تعریف می شود.
	RED	افزونی	Redundancy	اشاره به توانایی مؤلفه های خاص سیستم برای تقبل کردن عملکردهای مؤلفه های شکست خورده بدون داشتن تأثیر منفی بر عملکرد سیستم است. ظرفیت افزونی در تناظر با موقعیتهای اضطراری شانس بیشتری را جهت آسیب ناشی از اقدام تروریستی و یا مخاطرات طبیعی تضمین می کند.
	INN	نوآوری	Innovation	اقدامات مبتکرانه ای که سیستم در خودش برای کاهش میزان آسیب وارده انجام می دهد. مثلاً افزایش ظرفیت، بهینه سازی استراتژی های بهبود از جمله ویژگی های مهم و مؤثر بر ظرفیت تطبیقی تاب آوری است.
Action حمله فیزیکی- تطبیق	SUB	جایگزینی	superseded	توانایی جایگزینی یکی از مؤلفه های سیستم با دیگری، که یکی از ویژگی های بهبود تاب آوری است که می تواند روز ظرفیت تطبیقی تأثیر داشته باشد.
	ADC	سازگاری حفاظتی	Protective compatibility	شامل همه اقداماتی است که ورود به سیستم را محدود می کند. از جمله این اقدامات دوربین های مدار بسته، فنرکشی، نگهبان ها و دستگاه های کنترل ورود هستند.
	ALT	قابلیت تغییر	alteration	استفاده از مجموعه ای از ظرفیت ها از طریق مداخله که باعث ایجاد و افزایش توانایی جامعه برای پاسخگویی به بحران می شود. به عبارت دیگر پاسخ به عوارض پدیدآمده بعد از حادثه از طریق تغییر است.
Action حمله نظامی- ترمیم	RES	مقابله و بازسازی	resistance	مقاومت جامعه در برابر حوادث و مخاطرات طبیعی و انسان ساخت، همچنین توانایی بازایی جامعه پس از بروز حادثه با استفاده از منابع داخلی خود است.
	AGS	ساختار چابک	Agile structure	چابکی به عنوان توانایی بقا در محیط کسب و کار در حال تغییر و غیرقابل پیش بینی تعریف شده است. تاب آوری مستلزم چابکی است تا به رویدادهای پیش بینی نشده سریع واکنش نشان داده و مزیتی متمایز در محیطی نامطمئن را ایجاد کند.
	TRS	آموزش و استاندارد سازی	stan- & Training dardization	روندی است که در آن افراد، گروه ها، سازمان ها، مؤسسات و جوامع می توانند توانایی در خود ایجاد کنند که سبب حل مشکلات مورد نظر شده و به اهداف از پیش تعیین شده دست یابند.
	MON	پایش	monitoring	نظارت آنلاین و یا غیرآنلاین بر کل سیستم؛ بدین معنی که تمام سیستم به صورت دائم تحت نظارت و کنترل باشد.

بازی حمله زیستی-جذب

در این بازی برای بازیکن A که همان متخاصم است، استراتژی حمله زیستی و اقدام های حمله به منابع آب، حمله به خطوط انتقال آب، حمله به شبکه توزیع، حمله به تصفیه خانه و در نهایت حمله به مخازن آب در نظر گرفته شده است. از جهت دیگر برای بازیکن B یعنی مدیریت شبکه آب رسانی استراتژی طراحی شده جذب است و اقدام های آن استحکام، قابلیت اطمینان، افزونی و ابتکار است.

با وارد کردن مطلوبیت های مربوط به اقدام های هر بازیکن در یک جدول 5×4 ماتریسی حاصل می شود که هر خانه ماتریس حاوی دو عدد است. یک عدد مطلوبیت بازیکن A و عدد دیگر مربوط به بازیکن B است. پس از تهیه این جدول ابتدا تعادل خالص آن نشان داده می شود. در یک بازی تعادل خالص زمانی ایجاد می شود که هیچ بازیکنی از مطلوبیت حاصل انگیزه تخطی و انتخاب استراتژی دیگری را نداشته باشد. یعنی هر بازیکن بزرگترین مطلوبیت ممکن را به دست آورد. تعادل خالص در

تا احتمال هر اقدام به دست آید. در نهایت دو اقدام که بیشترین مقدار احتمال را از سمت مدافع و مهاجم به دست آورده اند، در نقطه تقاطع، نقطه تعادل خالص مختلط را به دست خواهد داد. از بازی آنالیز آسیب پذیری خروجی مورد انتظار استخراج نقاط آسیب پذیر شبکه است که بر اساس آن بتوان دارایی های بیشتر آسیب پذیر را استخراج کرد و آنها را برای تخصیص منابع برای کاهش آسیب اولویت بندی و رتبه بندی کرد و اما از بازی آنالیز جذابیت در نهایت نقاطی که از دید دشمن برای وقوع حمله از جذابیت بیشتری برخوردارند، شناسایی خواهد شد. در نتیجه از ترکیب این بازی ها خروجی جذابیت یعنی VA ارائه خواهد شد.

بحث و نتایج

به منظور آنالیز جذابیت دارایی های شبکه آبرسانی با استفاده از گیم تئوری سه بازی در نظر گرفته که در هر سه بازی دو بازیکن هستند که یکی متخاصم است و دیگری در مدیریت شبکه آب شرکت می کند.

جدول ۳: تعادل خالص حمله زیستی-جذب

Player A		Player B				
		STA	REL	RED	INN	
	ATR	۱و۱	۱و۱	۱و۱	۲و۲	P1
	ATL	۱و۳	۱و۳	۱و۲	۲و۳	P2
	ATD	۱و۳	۱و۲	۱و۲	۲و۳	P3
	ATT	۲و۲	۲و۱	۲و۱	۳و۲	P4
	ATM	۵و۲	۳و۱	۲و۱	۳و۲	P5
		q1	q2	q3	q4	

جدول ۴: تعادل مختلط بازی حمله زیستی-جذب

Player A		Player B				
		STA	REL	RED	INN	
	ATR	۱و۱	۱و۱	۱و۱	۲و۲	P1
	ATL	۱و۳	۱و۳	۱و۲	۲و۳	P2
	ATD	۱و۳	۱و۲	۱و۲	۲و۳	P3
	ATT	۲و۲	۲و۱	۲و۱	۳و۲	P4
	ATM	۵و۲	۳و۱	۲و۱	۳و۲	P5
		q1	q2	q3	q4	

$$Player B = (STA = 0 / REL = RED = 0 / INN = 1)$$

با مشاهده نتایج بالا تعیین می‌شود که تعادل خالص مختلط در جایی حاصل می‌شود که بازیکن ۱ استراتژی چهارم خود یعنی حمله به تصفیه‌خانه و بازیکن ۲ استراتژی نوآوری و ابتکار را در پیش بگیرد. به این معنی است که در میان بخش‌های مختلف شبکه آب تصفیه‌خانه از جذابیت بسیار بالایی برای حملات زیستی دشمن برخوردار است (خانه آبی‌رنگ مشخص شده در جدول). توجه کنید که اعداد این ماتریس‌ها با قضاوت انسانی به‌دست‌آمده‌اند؛ به این معنی که مطلوبیت‌های تخصیص یافته به هریک از این خانه‌ها توسط کارشناسان متخصص در حوزه آب و فاضلاب تخصیص داده شده و ممکن است با خطای انسانی همراه باشد. همچنین خطای گرد کردن اعداد هنگام حل مسئله و خطای روش نیز وجود دارد. از طرفی با قرارداد استراتژی ۱ و ۰ بعضی از داده‌های مسئله حذف می‌شوند. برای رفع این مشکل استراتژی‌ها را با تأثیر کم وارد مسئله می‌کنند؛ چرا که آسیب‌پذیری صفر عملاً وجود ندارد و در تمامی محاسبات تعادل مختلط برای اینکه عدد صفر و یا آسیب‌پذیری صفر حاصل نشود، به همین شیوه اعمال شده است.. به عنوان مثال ۱ را ۰.۹ و ۰ را ۰.۱ در نظر می‌گیرند.

$$Player A = (ATR = 0.1 / ATL = 0.1 / ATD = 0.1 / ATT = 0.6 / ATM = 0.1)$$

$$Player B = (STA = 0.1 / REL = 0.1 / RED = 0.1 / INN = 0.7)$$

جایی است که هر بازیکن انگیزه تخطی از آن استراتژی و اتخاذ استراتژی دیگری را نداشته باشد؛ یعنی بیشترین عدد ممکن در هر سطر و ستون که در اینجا به صورت خانه زردرنگ نشان داده شده است. گفتنی است که محاسبه تعادل خالص در تمامی جدول‌های تعادل خالص به همین صورت و یکسان است. این بازی شامل ۲ تعادل خالص است که نقاط آن به صورت جدول ۳ هستند.

همانطور که در جدول بالا دیده می‌شود، این بازی در دو نقطه تعادل خالص دارد. بازیکن ۱ مابین دو اقدام حمله به تصفیه‌خانه و حمله به مخازن آب احتمال دارد که هرکدام را انتخاب کند؛ اما نمی‌توان تعیین کرد که به چه احتمالی یکی از این دو را برمی‌گزیند. این دو اقدام مطلوبیت‌هایی قانع‌کننده را برای بازیکن ۱ فراهم می‌کند. بازیکن ۲ نیز دو اقدام نوآوری و مستحکم‌سازی مطلوبیت‌های یکسانی را برایش در پی خواهد داشت و باز هم نمی‌توان تعیین کرد که به چه احتمالی کدام یک را برمی‌گزیند. در حقیقت به یقین مشخص نیست که کدام استراتژی نسبت به دیگری برتری دارد. تعادل مختلط هر بازیکن از رابطه زیر به دست می‌آید که در جدول ۴ نشان داده شده است:

$$U(I) = u_1 p_1 + \dots + u_n p_n$$

محاسبه این تعادل میکس در تمامی جدول‌های تعادل میکس با استفاده از فرمول بالا است و به صورت یکسان محاسبه می‌شود. با محاسبه تعادل خالص مختلط نتیجه بازی به صورت جدول ۴ خواهد بود.

با تخصیص دادن احتمال به هر مطلوبیت و در نهایت ساده‌سازی معادلات به دست آمده، نتیجه این بازی به صورت زیر خواهد بود:

$$Player A = (ATR = 0 / ATL = 0 / ATD = 0 / ATT = 1 / ATM = 0)$$

جدول ۵: تعادل خالص بازی حمله فیزیکی-تطبیق

Player A	Player B				
		SUB	ADC	ALT	
	ATR	۱و۳	۱و۱	۲و-۲	P۱
	ATL	۱و۳	-۱و۱	۲و-۲	P۲
	ATD	۱و۲	-۱و۱	۲و-۲	P۳
	ATT	۲و۲	-۲و۲	۳و-۳	P۴
	ATM	۳و۳	-۲و۲	۳و-۳	P۵
		q1	q2	q3	

جدول ۶: تعادل مختلط بازی حمله فیزیکی-تطبیق

Player A	Player B				
		SUB	ADC	ALT	
	ATR	۱و۳	۱و۱	۲و-۲	P۱
	ATL	۱و۳	-۱و۱	۲و-۲	P۲
	ATD	۱و۲	-۱و۱	۲و-۲	P۳
	ATT	۲و۲	-۲و۲	۳و-۳	P۴
	ATM	۳و۳	-۲و۲	۳و-۳	P۵
		q1	q2	q3	

بازی حمله فیزیکی-تطبیق

حملات فیزیکی جذاب ترین نقطه شبکه آب رسانی مخازن خواهند بود. توجه کنید که اعداد این ماتریس ها با قضاوت انسانی به دست آمده اند که حتماً همراه با خطای انسانی است و همچنین خطای گرد کردن اعداد هنگام حل مسئله و خطای روش نیز وجود دارد. از طرفی با قرارداد استراتژی ۱ و ۰ بعضی از داده های مسئله حذف می شوند که برای رفع این مشکل استراتژی ها را با تأثیر کم وارد مسئله می کنند. به عنوان مثال ۱ را ۰٫۹ و ۰ را ۰٫۱ در نظر می گیرند.

$$Player A = (ATR = 0.1 / ATL = 0.1 / ATD =$$

$$= 0.1 / ATT = 0.1 / ATM = 0.6)$$

$$Plyer B = (SUB = 0.8 / ADC = 0.1 / ALT = 0.1)$$

بازی حمله نظامی-ترمیم

در این بازی نیز همانند دو بازی قبل دو بازیکن متخاصم و شبکه آب رسانی را در نظر گرفته و برای هر کدام از آنها استراتژی ها و اقدام های جدول ۷ ارائه شد.

از مقایسه مطلوبیت های حاصل مشاهده می شود که این بازی دارای سه استراتژی خالص است و بازیکن ۱ می تواند از بین اقدام های ۱ و ۴ و ۵ یعنی حمله به منابع آب، حمله به تصفیه خانه و حمله به مخازن آب یکی را انتخاب کند؛ چرا که این سه برایش تفاوتی ندارد و اما وقتی بازیکن ۲ اقدام ۴ یعنی پایش را انتخاب کند، با بازیکن ۱ به حالت تعادل می رسد. برای اینکه ببینیم کدام یک از این اقدام برتری نسبت به دیگری دارند، برای این بازی نیز همانند بازی های قبل تعادل مختلط محاسبه می شود که نتیجه آن به صورت جدول ۸ است.

در این بازی هم دو بازیکن متخاصم و مدیریت شبکه آب در نظر گرفته شده و استراتژی متخاصم حمله فیزیکی و اقدام های او همانند بازی قبل حمله به منابع آب، حمله به خطوط لوله، حمله به شبکه توزیع، حمله به تصفیه خانه و در نهایت حمله به مخازن آب است. برای بازیکن دو که همان مدیریت شبکه آب است، استراتژی انتخاب شده، استراتژی تطبیق با اقدام های جایگزینی، سازگاری حفاظتی و قابلیت تغییر است. با چیدن مطلوبیت های مربوط به هر بازیکن در جدول ماتریسی به صورت جدول ۵ حاصل می شود.

با مقایسه مطلوبیت های جدول بالا تعیین می شود که این بازی یک تعادل خالص دارد و آن هم زمانی که بازیکن ۱ استراتژی پنجم یعنی حمله به مخازن آب را انتخاب کند و بازیکن ۲ استراتژی اول خود یعنی استراتژی مستحکم سازی را اتخاذ کند. با محاسبه تعادل خالص مختلط نقطه تعادل این بازی به صورت جدول ۶ تغییر می کند

با انجام محاسبات برای به دست آوردن تعادل مختلط این بازی نتیجه آن به صورت زیر خواهد بود:

$$Player A = (ATR = 0 / ATL = 0 / ATD =$$

$$0 / ATT = 0 / ATM = 1)$$

$$Plyer B = (SUB = 1 / ADC = 0 / ALT = 0)$$

همانطور که از نتایج به دست آمده نیز مشاهده می شود، تعادل خالص مختلط آن در جایی است که تعادل خالص نیز در همان نقطه یعنی انتخاب action پنجم توسط بازیکن ۱ و انتخاب ac-tion اول توسط بازیکن ۲ حاصل می شود؛ به این معنی که برای

۱۰۲

شماره هجدهم
پاییز و زمستان
۱۳۹۹

دوفصلنامه
علمی و پژوهشی



جدول ۷: تعادل خالص بازی حمله نظامی-ترمیم

Player A	Player B					
		RES	AGS	TRS	MON	
	ATR	۳-۳	۳-۳	۱-۲	۲و۲	P۱
	ATL	-۱و۱	۱و۱	۱-۱	۱و۱	P۲
	ATD	-۱و۱	۱و۱	۱-۱	۱و۱	P۳
	ATT	۲و-۳	۳و-۳	۱و-۲	۲و۲	P۴
	ATM	۱و-۲	۲و-۲	۱و-۲	۲و۲	P۵
		q ^۱	q ^۲	q ^۳	q ^۴	

جدول ۸: تعادل مختلط بازی حمله نظامی-ترمیم

Player A	Player B					
		RES	AGS	TRS	MON	
	ATR	۳و-۳	۳و-۳	۱و-۲	۲و۲	P۱
	ATL	-۱و۱	۱و۱	۱و-۱	۱و۱	P۲
	ATD	-۱و۱	۱و۱	۱و-۱	۱و۱	P۳
	ATT	۲و-۳	۳و-۳	۱و-۲	۲و۲	P۴
	ATM	۱و-۲	۲و-۲	۱و-۲	۲و۲	P۵
		q ^۱	q ^۲	q ^۳	q ^۴	

$$Player A = (ATR = 0.33 / ATL = 0 / ATD = 0 / ATT = 0.34 / ATM = 0.33)$$

$$Player B = (RES = 0 / AGS = 0 / TRS = 0 / MON = 1)$$

جدول ۹: مقدار Va برای بخش‌های مختلف شبکه آب

دارایی‌های شبکه آب	جذابیت v	جذابیت نرمال شده
منابع آب	۰.۹۳ = (va resource)	۰.۲۷
خطوط انتقال	۰.۳ = (va line)	۰.۰۸۵
تصفیه‌خانه	۱.۰۴ = (va Treatment)	۰.۳
شبکه توزیع	۰.۳ = (va Distribution)	۰.۰۷۵
مخازن	۰.۹۳ = (va Reservoir)	۰.۲۷

عددهایی که برای بازیکنان حاصل شد، تحت عنوان Va و یا جذابیت هستند که از جمع جبری عددهای حاصل برای دارایی‌های منابع آب در نتیجه مقدار جذابیت کل هریک محاسبه شد. سپس برای آنکه بتوان تعیین کرد که هریک از دارایی‌ها به چه میزان در جذابیت شبکه آبرسانی برای حملات انسان ساخت سهم دارد، باید آنها را نرمال کرد. برای نرمال کردن این اعداد آنها را جمع و هریک را بر مجموعشان تقسیم کرده که نتیجه نهایی آن در جدول ۹ ارائه شده است.

همانطور که از جدول ۹ قابل مشاهده است، مقدار Va برابر با ۳.۵ حاصل شد.

پس از نرمال کردن داده‌های بالا تعیین می‌شود که تصفیه‌خانه از بالاترین میزان جذابیت برای دشمنان برخوردار است؛ اما از آنجایی که این مقدار برای خطوط انتقال و مخازن صفر می‌شود، همه اعداد به دست آمده با یک جمع و نتیجه نهایی به صورت زیر قابل مشاهده است.

$$Va = va + 1$$

از جمع بندی مطالب بالا معلوم می‌شود که تعادل خالص مختلط بازی هنگامی است که بازیکن ۱ اقدام چهارم خود یعنی حمله به تصفیه‌خانه و بازیکن ۲ نیز اقدام چهارم خود یعنی پایش را انتخاب کرده باشد؛ به این معنی که جذاب‌ترین نقطه برای حملات نظامی در شبکه آب رسانی تصفیه‌خانه است.

توجه کنید که اعداد این ماتریس‌ها با قضاوت انسانی به دست آمده‌اند که حتماً همراه با خطای انسانی است و همچنین خطای گرد کردن اعداد هنگام حل مسئله و خطای روش نیز وجود دارد. از طرفی با قرار دادن استراتژی ۱ و ۰ بعضی از داده‌های مسئله حذف می‌شوند. برای رفع این مشکل استراتژی‌ها را با تأثیر کم وارد مسئله می‌کنند. به عنوان مثال ۱ را ۰.۹ و ۰ را ۰.۱ در نظر می‌گیرند.

$$Player A = (ATR = 0.33 / ATL = 0 / ATD = 0 / ATT = 0.34 / ATM = 0.33)$$

$$Player B = (RES = 0.1 / AGS = 0.1 / TRS = 0.1 / TRS = 0.1 / MON = 0.7)$$

جدول ۱۰: مقادیر نهایی Va بخش های مختلف شبکه آب

مقدار نهایی Va	دارایی های شبکه آب
۱.۹۳	منابع آب
۱.۳	خطوط انتقال
۲.۰۴	تصفیه خانه
۱.۳	شبکه توزیع
۱.۹۳	مخازن



تصویر ۴: جذابیت دارایی های شبکه آب

و نگه داری از این زیرساخت ها بیش از گذشته مورد توجه است. زیرساخت آب از جمله زیرساخت هایی است که در بیشتر جنگ ها به عنوان هدفی برای از پای درآوردن کشور محسوب می شود. بنابراین در این پژوهش، هدف استفاده از روش گیم تئوری برای تعیین آنالیز جذابیت شبکه آبرسانی یک منطقه از تهران بود. برای انجام این پژوهش پس از تعیین دارایی های شبکه و با استفاده از روش گیم تئوری (بازی معمای زندانیان) پس از تعیین بازیکن ها (مدیریت شبکه آب و مهاجم) در نهایت استراتژی های هر بازیکن تعیین شد. به منظور تعیین تعادل خالص به هر استراتژی بازیکنان مطلوبیت هایی تخصیص داده شد. پس از آن با ضرب مطلوبیت های بازیکن یک در برابر یک استراتژی از بازیکن شماره ۲ در مطلوبیت های بازیکن شماره ۲ در برابر استراتژی اتخاذ شده بازیکن شماره ۱، چندین تعادل خالص برای هر بازی تعیین شد و به منظور تعیین احتمال اینکه کدام یک از این استراتژی ها احتمال بیشتری برای حمله دارند، استراتژی مختلط آن تعیین شد. با استفاده از این روش مشاهده شد که کدام حملات برای این شبکه آبرسانی محتمل تر خواهد بود و هر بخش از شبکه چه

با محاسبه طبق فرمول بالا نتیجه نهایی مقادیر به شرح جدول ۱۰ است.

با جمع زدن مقادیر بالا مقدار نهایی Va پس از گرفتن میانگین هندسی از مقادیر فوق تقریباً برابر با ۱.۶۷ حاصل شد. با وارد کردن مقادیر جذابیت برای دارایی های مختلف شبکه آب در نرم افزار GIS پهنه بندی آنالیز جذابیت دارایی های شبکه آب به صورت تصویر ۴ ارائه شد.

با مطالعه تصویر ۴ تعیین می شود که مخازن آب از جمله دارایی های است که جذابیت بالایی برای هدف قرار گرفتن در حملات و تهدیدات انسان ساخت دارد و برای حفظ آنها باید برنامه ریزی و اقدامات کاهش آسیب را انجام داد.

نتیجه گیری

شریان های حیاتی نقش کلیدی در زندگی انسان ها ایفا می کنند. آب از جمله این زیرساخت هاست که تصور یک روز زندگی بدون آن برای افراد و جامعه ناممکن است. امروزه که شیوه بیشتر جنگ ها تغییر کرده و به عملیات روانی و نرم خلاصه شده، حفظ

don Dordrecht Heidelberg New York, A catalogue record for this book is available from the, British Library - Springer-Verlag London Limited 2011

۷. اسکندری، محمد. امیدوار، بابک. توکلی ثانی، محمد صادق. تحلیل خسارت شریان‌های حیاتی با در نظر گرفتن اثرات وابستگی در اثر حملات هدفمند؛ دوفصلنامه علمی و پژوهشی مدیریت بحران، شماره ۱۹، ویژه‌نامه پدافند غیرعامل، ۱۳۹۳.

۸. شرافت، سعیده. قنبری، فریبا. حسینی، سید احمد. ریسک و مدیریت آب، نشریه آب و توسعه پایدار، سال اول، شماره ۲، شهریور ۱۳۹۳، صفحه ۲۱-۱۵.

۹. مشهدی حسن، کتاب معرفی تهدیدات و نحوه بررسی و ارزیابی آنها؛ تدوین سازمان پدافند غیرعامل، بهار ۱۳۹۱.

۱۰. شکیبامنش ا، و هاشمی فشارکی س ج، "ملاحظات پدافند غیر عامل در تأسیسات زیربنایی شهری"، مجموعه مقالات اولین کنفرانس ملی مهندسی و مدیریت زیرساخت‌ها، دانشکده فنی دانشگاه تهران، آبان ۱۳۸۸.

۱۱. کارآموز، محمد. مجاهدی، سیدعلی. احمدی، آزاده. ارزیابی اقتصادی و تعیین سیاست‌های بهره برداری انتقال آب بین حوزه‌ای، نشریه تحقیقات منابع آب ایران، سال سوم، شماره ۲، پاییز ۱۳۸۶، صفحه ۱۵-۱۰.

12. Mohammad Karamouz, Sara Saadati, Azadeh Ahmadi, Vulnerability Assessment and Risk Reduction of Water Supply Systems. World Environmental and Water Resources Congress 2010: Challenges of Change. © 2010 ASCE

۱۳. سعیدی، علی. کفاش جمشید، محمدرضا. ملاحظات دفاعی-امنیتی در آمایش سرزمینی استان اردبیل، فصلنامه آفاق امنیت، سال ششم، شماره ۲۱، زمستان ۱۳۹۲.

۱۴. اسکندری، حمید. دانستنی‌های پدافند غیرعامل، کتاب، ۱۳۸۹.

15. approach using MATLAB, A.R.-B., *COST VALUE FUNCTION OF WATER DISTRIBUTION NETWORKS*. 2008, An-Najah National University.

16. Mays, L. W. (2004). "Water supply systems security", New York, McGraw-Hill Professional Engineering

۱۷. کریمی، رضا. طراحی شبکه توزیع آب شهری از منظر پدافند غیرعامل، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، ۱۳۹۳.

۱۸. قاضی زاده، علیرضا. جلیلی قاضی زاده، محمدرضا. کاربرد تحلیل ریسک در مطالعه پدافند غیرعامل، دومین کنفرانس ملی سد و نیروگاه‌های برقابی، اردیبهشت ۱۳۸۷.

۱۹. عبدلی، قهرمان. نظریه بازی‌ها و کاربردهای آن، سازمان جهاد دانشگاهی تهران، دانشکده اقتصاد، شابک ۹۷۸-۹۶۴-۲۲۲۹-۱-۲۴، ۱۳۹۵.

20. L. Z. Wang, L. Fang and K. W. Hipel, Water Resources Allocation: A Cooperative Game Theoretic Approach, *Journal of Environmental Informatics* 2 (2) 11-22 (2003).

21. ARIEL DINAR, AHARON RATNER, AND DAN YARON, EVALUATING COOPERATIVE GAME THEORY IN WATER RESOURCES, *Theory and Decision* 32: 1-20, 1992.

22. Ardashir Ahmadi, Raquel Salazar Moreno, Game Theory Applications in a Water Distribution Problem, *Journal of Water Resource and Protection*, 2013, 5, 91-96.

23. Irene Parrachino, Ariel Dinar and Fioravante Patrone, COOPERATIVE GAME THEORY AND ITS APPLICATION TO NATURAL, ENVIRONMENTAL AND WATER RESOURCE ISSUES: 3. Application to Water Resources, World Bank Pol-

میزان برای دشمنان دارای جذابیت هدف است. با رتبه‌بندی اعداد به دست آمده جذاب‌ترین نقاط شبکه آبرسانی برای حمله به رنگ قرمز در تصویر ۴ نشان داده شده است. با انجام این پژوهش تعیین شد که دارایی‌های شبکه آب مورد مطالعه تقریباً از جذابیت پایینی برای حملات برخوردارند؛ اما در محدوده مخزن دیده می‌شود که بیشتر نقاط به صورت قرمز رنگ هستند. به این معنی که این نواحی برای مورد حمله قرار گرفتن جذابیت بسیار بالایی دارند. در این مورد مخازن معمولاً از لحاظ توپولوژیکی به گونه‌ای هستند که به آسانی قابل تشخیص هستند و از آنجایی که آب تصفیه شده به منظور رسیدن به دست شهروندان و سایر مصرف‌کنندگان در این مخازن ذخیره می‌شود، در نتیجه از جمله نقاط جذاب برای انواع حملات نظامی، تروریستی و یا خرابکاری است. بنابراین درباره مدیریت شبکه آب توصیه می‌شود که برای حفظ مشروعیت لازم، منابع بیشتری برای حفاظت از این ناحیه به مخزن اختصاص داده شود.

پی‌نوشت

1. Wang
2. Arial Dinar
3. Iren parachino
4. Foster
5. McDonald
6. Michaud
7. Apostolakis
8. Pinto
9. Bentes
10. Herrera
11. Garcia

منابع

1. J. Johansson, H. Hassel. An approach for modelling interdependent infrastructures in the context of vulnerability analysis, *Reliability Engineering and system Safety* 95(2010) 1335-1344.
2. S. Wang, L. Hong, X. Chen. Vulnerability analysis of interdependent infrastructure systems: A methodological framework; *Physica A* 391 (2012) 3323-3335.
3. M, Ouyang, L. Hong, Z. Mao, M. Yu, F. Qi. A methodological approach to analyze vulnerability of interdependent infrastructures; *Simulation Modelling Practice and Theory* 17 (2009) 817-828.
4. E. Bompard, R. Napolì, F. Xue. Analysis of structural vulnerabilities in power transmission grids; *INTERNATIONAL JOURNAL OF CRITICAL INFRASTRUCTURE PROTECTION* 2 (2009) 5 ± 1 2. Received 30 October 2008, Received in revised form 2 January 2009, Accepted 9 February 2009
5. Giuliano Andrea Pagani, Marco Aiello. The Power Grid as a complex network: A survey; *Physica A* 392 (2013) 2688-2700
6. W. Kröger • E. Zio. *Vulnerable Systems*; Springer Lon-

۱۱۰

شماره هجدهم
پاییز و زمستان
۱۳۹۹
دوفصلنامه
علمی و پژوهشی



راهنمای علمی به منظور آشنایی در زیرساخت شبکه آب

icy Research Working Paper 4074, November 2006.

24. J.A. Foster, A.T. McDonald. Assessing pollution risks to water supply intakes using geographical information systems (GIS), Environmental Modelling & Software 15 (2000) 225–234
25. David Michaud , George E. Apostolakis. Methodology for Ranking the Elements of Water-Supply Networks, J. Infrastruct. Syst. 2006.12:230-242.
26. Jorge Pinto · Humberto Varum · Isabel Bentes · Jitendra Agarwal. A Theory of Vulnerability of Water Pipe Network (TVWPN). Water Resource Manage (2010) 24:4237–4254.
27. J.A. Gutiérrez-Pérez, M. Herrera, R. Perez-Garcia, E. Romas-martinez. Application of graph-spectral methods in the vulnerability, assessment of water supply networks; Mathematical and Computer Modelling 57 (2013) 1853–1859.

۱۱۱

شماره هجدهم

پاییز و زمستان
۱۳۹۹

دوفصلنامه
علمی و پژوهشی



نقش مخازن آب اضطراری به عنوان آب انبارهای نسل تازه در تأمین کمی و کیفی آب شبکه توزیع در مواقع بحرانی

ناصرمهردادی: دکترای تخصصی، عضو هیئت علمی، استاد دانشکده محیط زیست دانشگاه تهران
غلامرضا نبی بیدهندی: دکترای تخصصی، عضو هیئت علمی، استاد دانشکده محیط زیست دانشگاه تهران
اکبرامامی*: دانشجوی دکتری محیط زیست گرایش آب و فاضلاب پردیس بین الملل کیش دانشگاه تهران emami.akbar@ut.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱/۲۸

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۹/۲۶

چکیده

تأمین آب شرب در مواقع بحرانی از جمله زلزله در کلانشهری همچون تهران مهمترین پارامتر جهت حفظ حیات و تداوم عملیات امدادرسانی است. در این پژوهش کوشش شد با محوریت یکی از مناطق شش گانه آیفای شهر تهران که عمدتاً دارای بافت فرسوده است، به بررسی انواع روش های آبرسانی اضطراری در مواقع زلزله پرداخته و در ادامه به صورت ویژه نقش مخازن اضطراری (همیشه در مدار شبکه توزیع) در جهت تأمین کمی و کیفی آب در حداقل سه روز اول وقوع بحران ها را نشان داده تا از آن به عنوان آب انبارهای نسل تازه رونمایی کند. نتایج حاصل از تحلیل ها و مدل سازی های هیدرولیکی انجام شده درباره ابعاد، جزییات اجرایی، نحوه اتصال و استقرار مخازن اضطراری نشان می دهد که با توجه به گردش مناسب آب در این مخازن می توان در حالت عادی از آنها به عنوان بخشی از شبکه توزیع بهره برد؛ در حالی که در مواقع اضطراری با استفاده از یک شیر هوشمند مخصوص ارتباط مخزن با شبکه توزیع قطع می شود. در این حالت آب ذخیره شده در این مخازن که شعاعی معادل هزار متر را پوشش خواهند داد، با استفاده از پمپ های دستی، بنزینی و ... خارج و جهت مصرف مردم حادثه دیده توزیع می شود. با توجه به برآوردهای آژانس همکاری های بین المللی ژاپن [۱] یا جایکا (JICA) در صورت وقوع زلزله ای با بزرگی حدود ۷ ریشتر، دسترسی حدود چهار میلیون نفر از شهروندان تهران به مدت حدود ۸۲ روز به آب آشامیدنی لوله کشی قطع خواهد شد؛ در صورتی که با اجرای این طرح انتظار می رود جمعیت بی آب به حدود یک میلیون نفر و زمان هم به مدت ۳۰ روز کاهش و موجب صرفه جویی حدود ۴۰۰ میلیون دلاری در هزینه و خسارات پس از زلزله احتمالی شهر تهران شود.

کلمات کلیدی: بحران، مخازن اضطراری، زلزله، بهینه سازی، شبکه توزیع آب

The role of emergency water reservoirs as new generation water reservoirs in quantitative and qualitative distribution of water distribution networks in critical situations

Naser. Mehrdadi¹, Gholam Reza Nabi Bidhendi², Akbar emami^{3*}

Abstract

Drinking water in critical times such as an earthquake in a metropolitan area such as Tehran is the most important parameter to preserve the survival and sustainability of relief operations. Various types of emergency water supply methods have been discussed during the earthquake, and in particular the role of emergency tanks (always in the distribution network circuit) to provide quantitative and qualitative water supply for at least the first three days of crises and as a new generation water storage depots.

The results of hydraulic analysis and modeling on dimensions, operating details and how to connect and deploy emergency tanks show that due to the proper flow of water in these tanks they can normally be used as part of the distribution network. The range of water stored in these tanks that will cover a radius of one thousand meters, using manual pumps, gasoline, in emergency situations, using a special smart valve and ... it is distributed outside and for the benefit of the people who are affected.

According to estimates by the Japan International Cooperation Agency (JICA) in the event of an earthquake measuring about 7 on the Richter scale, access to about four million Tehran citizens will be cut off from drinking water for about 82 days. The project, if implemented, is expected to reduce the population to about one million people by 30 days and save about \$ 400 million in costs and damages after a potential earthquake in Tehran.

Keywords: Crisis, emergency reservoirs, earthquake, optimization, water distribution network

1. Prof. of Environmental Engineering, Faculty of Environment, University of Tehran, Tehran, Iran

2. Prof. of Environmental Engineering, Faculty of Environment, University of Tehran, Tehran, Iran

3. PhD Student of Water and Environmental Engineering, University of Tehran, Tehran, Iran, Email: emami.akbar@ut.ac.ir

۱۱۳

شماره هجدهم

پاییز و زمستان
۱۳۹۹

دوفصلنامه
علمی و پژوهشی



نقش مخازن آب اضطراری به عنوان آب انبارهای نسل تازه در تأمین کمی و کیفی آب شبکه توزیع در مواقع بحرانی

مقدمه

پارامترهای ارزیابی خطرپذیری تأسیسات آب شامل احتمال وقوع، پیامدهای پس از وقوع و گستره تأثیرگذاری است که زمین لرزه به دلیل شدت اثرات بیش از سایر بحران ها در اولویت قرار می گیرد. ایمن سازی تأسیسات آبرسانی در برابر زمین لرزه را می توان به دو بخش قبل و بعد از وقوع بحران تقسیم بندی کرد. اقدامات قبل از وقوع بحران شامل مقاوم سازی و تاب آورسازی است. (جدول ۱)

آبرسانی اضطراری در فازهای زمانی مدیریت بحران در فاز هنگام بحران تعریف می شود. مراحل مدیریت بحران شامل پیشگیری، آمادگی، مقابله و بازسازی است. آبرسانی اضطراری در مرحله پیشگیری به مطالعات و ایجاد زیرساخت های اجرایی پرداخته، در مرحله آمادگی در تمرین ها و مانورهای آبرسانی تمرکز کرده، در مرحله مقابله ظرفیت های ایجاد شده در مرحله پیشگیری را به خدمت گرفته و عملیات آبرسانی را در نقاط تعیین شده اجرا می کند. در مرحله بازسازی با تعمیر و بازایی شبکه و تأسیسات شرایط را برای افزایش سرانه آبرسانی اضطراری فراهم کرده و گام به گام تا بازگشت به شرایط پیش از بحران پیش می رود.

همچنین در چارچوب استراتژی های مدیریت ریسک، آبرسانی اضطراری از طریق به کارگیری استراتژی کاهش ریسک، تبعات و اثرات نامطلوب ناشی از وقوع سوانح را کاهش می دهد.

شرکت های آبرسانی در بسیاری از کشورهای دنیا در حال برنامه ریزی برای تأمین آب شرب در شرایط اضطراری بوده و در این راستا استانداردهای کمی و کیفی آب در شرایط اضطرار منتشر شده و مطالعات متعددی برای شناسایی خلأهای منابع محلی آبرسانی انجام می شود تا برنامه ریزان در سطح استانی و ملی قادر باشند سایر منابع (امکانات، تجهیزات، نیروی انسانی و...) را در برنامه ریزی های بعدی لحاظ کنند.

پورمحمدی و مصیب زاده [۲] به این نتیجه رسیده اند که افزایش جمعیت، ازدیاد اتومبیل در شهرها، مسکن نامناسب شهری، فعالیت افراد غیرمتخصص در بازار زمین و مسکن، شهرسازی و ساختار کالبدی شهر، بافت و فرم شهر، توزیع و تقسیمات فضای شهر، کاربری اراضی و تراکم شهری، برنامه ریزی شهری میان نسلی، ناکارآمدی فعالیت امدادگران رسمی در هنگام وقوع و بعد از آن و تأسیسات زیربنایی شهر از جمله عواملی هستند که در مدیریت بحران می توانند مؤثر باشند.

مهندسی زلزله شریان های حیاتی توسط پروفیسور دوک آمریکایی در دهه هفتاد و بعد از زلزله سان فراندو مورد توجه قرار گرفت. [۳]

همچنین در مورد میزان مصرف به عنوان مثال سازمان مدیریت بحران فدرال آمریکا حداقل آب آشامیدنی مورد نیاز یک نفر را نیم گالن (۲ لیتر در روز) تعیین و با اضافه کردن آب مورد نیاز یک نفر جهت پخت و پز توصیه کرده برای هر نفر حداقل یک گالن آب (۴ لیتر در روز) از طریق بطری آب یا ظروف پلاستیکی ذخیره شود. [۴] که این مقدار با توجه به استانداردهای مختلف و همچنین نشریه ۳-۱۱۷ (ضوابط طراحی سامانه های انتقال و توزیع آب شهری و روستایی) [۵] برای ایران تعیین و در ستون سرانه جدول ۲ درج شده است.

همچنین رولند و گالوین [۶] راهنمایی برای برنامه واکنش اضطراری برای سیستم آب آشامیدنی عمومی تدوین کرده اند. یکی از الزامات عملیاتی سیستم آبرسانی تهیه آب خالص، سالم، قابل شرب و قابل اعتماد برای مردم است. این راهنما کمک می کند تا برنامه ریزی دقیق برای واکنش اضطراری در مواقع بحران جهت رساندن آب آشامیدنی و منبع قابل اعتماد انجام شود. فرایند برنامه ریزی شامل جمع آوری اطلاعات کلی، اطلاعات سیستم آبرسانی و تهیه بانک اطلاعاتی کامل از وضعیت موجود است. جهت برآورد تأمین آب اضطراری فرمول زیر پیشنهاد شده است. $\text{تقاضای سیستم} - \text{تأمین اضطراری} = \text{مقدار ذخیره آب} = \text{تأمین آب اضطراری}$

در نهایت و با تلفیق برنامه های مختلف اهداف و استراتژی های آبرسانی اضطراری در جدول ۲ نمایش داده شده است.

روش تحقیق و ابزارها

تعریف گستره طرح مورد مطالعه و منابع تأمین آب

منطقه مورد مطالعه آبفای منطقه ۴ تهران با وسعت ۷ هزار و ۳۲۰ هکتار دارای حدود یک میلیون و ۳۸۰ هزار نفر جمعیت است. در تصویر ۱ محدوده مطالعاتی نمایش داده شده است.

همچنین آب مورد نیاز ساکنین آبفای منطقه مورد مطالعه از طریق ۹ مخزن تأمین می شود. این محدوده در قالب سه ناحیه اداره می شود که عبارتند از ناحیه افسریه، ناحیه بهارستان و ناحیه سلیمانیه.

جمعیت تحت پوشش

میزان جمعیت منطقه در سال ۱۳۹۰ مطابق آمار برابر با یک میلیون و ۳۰۸ هزار و ۷۲۴ نفر و در سال انتهای طرح یعنی ۱۴۱۰ برابر با یک میلیون و ۵۳۴ هزار و ۳۴۱ نفر محاسبه شده که به تفکیک محدوده تحت پوشش هر یک از مخازن در جدول ۳ ارائه شده است.

جدول ۱: تقسیم بندی ایمن سازی تأسیسات آبرسانی در برابر زمین لرزه

اقدام اساسی	فاز زمانی	محور برنامه
ایمن سازی سیستم آبرسانی در برابر زمین لرزه	قبل از وقوع زمین لرزه	مقاوم سازی تأسیسات
	بعد از وقوع زمین لرزه	تاب آورسازی تأسیسات آبرسانی اضطراری تعمیر و بازایی فوری تأسیسات

جدول ۲: خلاصه اهداف و استراتژی های طرح آبرسانی اضطراری

مجرى اصلی	موقعیت های برداشت	روش آبرسانی	حداکثر فاصله دسترسی به آب	حجم آب مورد نیاز هر مرحله	سرانه	زمان اجرا	مورد مصرف آب	استراتژی	هدف اساسی	مراحل آبرسانی اضطراری
داوطلبان مردمی (با نظارت آبفا)	پایگاه های آبرسانی اضطراری	مخازن آبرسانی اضطراری ، تانکر ، آب بسته بندی و بطری	۱۰۰۰,۰۰۰	۱۰,۰۰۰	۳,۰۰۰	۳,۰۰۰ (۷۲ ساعت اولیه)	آشامیدن	تأمین پایه آبرسانی اضطراری	حفظ حیات شهروندان	مرحله اول
سازمانها ، نهادها ، آبفا	خیابانها و اماکن اصلی شهر	علاوه بر روشهای مرحله اول ، شیرهای تأمین موقت آب	۵۰۰,۰۰۰	۹۰,۰۰۰	۱۳,۰۰۰	۷ جمعا ۱۰ روز اول پس از حادثه)	آشامیدن توالیت، وضو	آبرسانی اضطراری بدون شبکه	تداوم زندگی	مرحله دوم
آبفا شرکتهای معین	خیابانهای فرعی تا	علاوه بر روشهای مرحله اول و دوم ، شیرهای هیدرانت دو منظوره آبرسانی روی خطوط فرعی توزیع آب	۲۵۰,۰۰۰	۳۰۰۰,۰۰۰	۱۵۰,۰۰۰	۳۰ جمعا یک ماه)	آشامیدن توالیت، وضو دست و استحمام	بازیابی سریع شبکه و تأسیسات آبرسانی	بازگشت به زندگی روزمره	مرحله سوم



تصویر ۱: محدوده تحت پوشش آبفای منطقه ۴ تهران

جدول (۳) جمعیت تحت پوشش هر مخزن براساس جمعیت سال ۱۴۱۰

تراکم جمعیت (نفر در هکتار)	درصد ناحیه	مساحت ناحیه (هکتار)	جمعیت (نفر)	شماره مخزن	ردیف
۲۳۶,۹	۳٪	۲۲۰	۵۲۰۲۵	۲	۱
۲۴۲,۸	۷٪	۵۱۲	۱۲۴۴۱۸	۴	۲
۲۰۵,۴	۱۲٪	۸۷۸	۱۸۰۳۸۱	۵	۳
۳۰۶,۸	۱۰٪	۷۳۲	۲۲۴۵۸۷	۶	۴
۲۰,۹	۱۶٪	۱۱۷۱	۲۴۴۸۱۲	۷	۵
۴۰,۹	۸٪	۵۸۶	۲۳۹۵۲۲	۳۱	۶
۲۴,۵	۲۱٪	۱۵۳۷	۳۷۶۷۴	۴۳	۷
۲۶۵,۸	۲۲٪	۱۶۱۰	۴۲۸۰۸۹	۵۱	۸
۳۸,۷	۱٪	۷۳	۲۸۳۲	۶۳	۹
۲۰۹,۶	۱۰۰٪	۷۳۲۰	۱۵۳۴۳۴۱		مجموع

۱۱۵

شماره هجدهم

پاییز زمستان
۱۳۹۹

دوفصلنامه
علمی و پژوهشی

بهرین

نقش مخازن آب اضطراری به عنوان آب انبارهای نسل تازه در
تأمین کمی و کیفی آب شبکه توزیع در مواقع بحرانی

آبرسانی در دوره اول (روز اول تا پایان روز سوم بحران)

قبل از هر اقدام باید تعداد تلفات را از فهرست متقاضیان دریافت آب در منطقه کم کرد. این تعداد شامل تلفات بافت فرسوده و تلفات در سایر نقاط خواهد بود. برای محاسبه تلفات در بافت فرسوده در ابتدا باید مساحت بافت فرسوده در منطقه مورد بررسی اندازه گیری شود و سپس با توجه به تعداد افراد ساکن در این مناطق و میزان خرابی ساختمان ها در اثر بدترین سناریوی زلزله تعداد تلفات محاسبه شود. جدول ۴ مساحت بافت فرسوده در هر یک از مناطق شهرداری را نشان می دهد.

جایکا مطالعات خود را با فرض ۸۰ درصد خرابی ساختمان های مسکونی در بافت فرسوده و ۳۰ درصد خرابی در مکان های دیگر انجام داده است. (جایکا ۲۰۰۶) اما اکثر مراجع میزان تخریب را در بافت فرسوده ۱۰۰ درصد در نظر گرفته اند. در این مطالعات با توجه به مطالب بیان شده ۸۰ درصد جمعیت بافت فرسوده به عنوان تلفات در نظر گرفته و فرض شده که این جمعیت با توجه

به تخریب ساختمان ها به محل اسکان اضطراری منتقل می شوند و بعد از اتمام تعمیر لوله ها باز به این شهروندان باید آبرسانی مستمر صورت گیرد.

همچنین با توجه به حجم نوسازی ساختمان ها در سال های اخیر و با توجه به اطلاعات اخذ شده از شهرداری های زیر پوشش، میزان نوسازی ها بر مبنای معیار و ساختمان ها (جوازهای صادر شده و بناهای ساخته شده) مدنظر قرار گرفته و بر این مبنا درصد بافت فرسوده تا سال ۱۴۱۰ به صورت سریالی محاسبه شده است. در این مطالعات مشخص شد ماکزیم جمعیت بافت فرسوده و ماکزیم جمعیت بی آب بافت فرسوده متعلق به محدوده مخازن ۵ و ۶ و ۴ است. بر این اساس در جدول ۵ میزان تلفات در سال ۱۴۱۰ محاسبه و ارائه شده است.

جدول ۴: مساحت بافت فرسوده در هر یک از مناطق شهرداری

منطقه	مساحت منطقه (هکتار)	بافت فرسوده (هکتار)	نسبت بافت فرسوده (درصد)	منطقه	مساحت منطقه (هکتار)	بافت فرسوده (هکتار)	نسبت بافت فرسوده (درصد)
۱	۴۵۷۴٫۲۴	۶۴٫۲۸	۱/۴	۱۲	۱۶۰۰٫۸۱	۵۹۲٫۶۵	۳۷/۰
۲	۴۷۶۱٫۰۰	۱۸٫۶۵	۰/۴	۱۳	۱۷۰۰٫۰۱	۷۳٫۰۴	۴/۳
۳	۲۹۳۸٫۲۷	۲۴٫۵۴	۰/۸	۱۴	۲۴۱۲٫۴۲	۲۵۷٫۵۴	۱۰/۷
۴	۶۱۶۰٫۲۹	۷٫۷۲	۰/۱	۱۵	۳۱۳۰٫۳۱	۲۴۶٫۲۸	۷/۹
۵	۵۳۲۱٫۸۱	۱۱٫۵۸	۰/۲	۱۶	۱۶۵۲٫۱۴	۱۴۹٫۱۱	۹/۰
۶	۲۱۴۱٫۲۶	۵۰٫۷	۰/۲	۱۷	۸۲۱٫۶۹	۲۳۹٫۸۸	۲۹/۲
۷	۱۵۳۶٫۵۴	۲۳۷٫۴۸	۱۵/۵	۱۸	۳۸۰۷٫۹۸	۱۰۲٫۸۲	۲/۷
۸	۱۳۳۲٫۱۲	۱۴۳٫۸۵	۱۰/۹	۱۹	۲۰۵۳٫۳۷	۲۲٫۳۶	۱/۱
۹	۱۹۵۱٫۴۴	۱۴۶٫۰۳	۷/۵	۲۰	۲۲۵۴٫۸۹	۱۳۷٫۲۳	۶/۱
۱۰	۸۰۷٫۲۵	۱۴۶٫۰۳	۱۸/۱	۲۱	۵۵۴۹٫۹۰	۶٫۹۲	۰/۱
۱۱	۱۲۰۴٫۹۷	۳۵۲٫۳۵	۲۹/۲	۲۲	۵۸۵۱٫۰۹	۰٫۹۵	۰/۰

جدول ۵: میزان تلفات در بافت فرسوده منطقه مورد مطالعه آبفا (سال ۱۴۱۰)

ردیف	شماره مخزن	جمعیت کل (نفر)	درصد بافت فرسوده	جمعیت موجود در بافت فرسوده (نفر)	تلفات بافت فرسوده (نفر)
۱	۲	۵۲۰۲۵	۰/۱۱۰۰	۵۷۲۳	۴۵۷۸
۲	۴	۱۲۴۴۱۸	۰/۱۳۰۰	۱۶۱۷۴	۱۲۹۳۹
۳	۵	۱۸۰۳۸۱	۰/۱۲۰۰	۲۱۶۴۶	۱۷۳۱۷
۴	۶	۲۲۴۵۸۷	۰/۱۰۰۰	۲۲۴۵۹	۱۷۹۶۷
۵	۷	۲۴۴۸۱۲	۰/۰۰۰۰	۰	۰
۶	۳۱	۲۳۹۵۲۲	۰/۰۵۰۰	۱۱۹۷۶	۹۵۸۱
۷	۴۳	۳۷۶۷۴	۰/۰۰۰۰	۰	۰
۸	۵۱	۴۲۸۰۸۹	۰/۰۰۰۰	۰	۰
۹	۶۳	۲۸۳۲	۰/۰۰۰۰	۰	۰
کل		۱۵۳۴۳۴۱	۵۰/۷	۷۷۹۷۸	۶۲۳۸۲

جدول (۶): تلفات و جمعیت بدون آب در ۳ روز اول به تفکیک سال ۱۳۹۰ تا ۱۴۱۰

سال	جمعیت (نفر)	تعداد تلفات (نفر)		کل تلفات (نفر)	جمعیت بی‌آب (نفر)
		بافت فرسوده	سایر نقاط		
۱۳۹۰	۱۳۰۸۷۲۴	۱۷۸۸۸۵	-	۱۷۸۸۸۵	۱۱۲۹۸۳۹
۱۴۰۰	۱۴۲۱۵۳۳	۱۲۶۰۵۰	-	۱۲۶۰۵۰	۱۲۹۵۴۸۲
۱۴۱۰	۱۵۳۴۳۴۱	۶۲۳۸۲	-	۶۲۳۸۲	۱۴۷۱۹۵۹

در نهایت و با توجه به نتایج گزارش‌های انجام‌شده توسط جایکا میزان تلفات به تفکیک در بافت فرسوده محاسبه و مقدار تلفات در سایر نقاط جهت افزایش اطمینان طرح صفر و در نهایت میزان کل تلفات موجود در منطقه و تعداد افراد بی‌آب در ۳ روز اول (جمعیت زنده) در جدول ۶ محاسبه و ارائه شده است.

مطابق جدول ۶ جمعیت کل بی‌آب این منطقه در سال‌های ۱۳۹۰، ۱۴۰۰ و ۱۴۱۰ به ترتیب معادل ۱۱۲۹۸۳۹ و ۱۲۹۵۴۸۲ و ۱۴۷۱۹۵۹ نفر بوده که با اختصاص حدود ۱۰ لیتر آب به ازای هر نفر در طول دوره ۳ روزه در سال‌های ۱۳۹۰، ۱۴۰۰، ۱۴۱۰ به ترتیب حجمی معادل ۱۱۲۹۸۳۹، ۱۴۷۲۰ مترمکعب آب به ازای ۳ روز باید تأمین شود که در نهایت هم هدف، تأمین حدود ۱۲ هزار و ۹۵۵ متر مکعب حجم آب اضطراری برای سال افق طرح (سال ۱۴۰۰) در محدوده طرح در نظر گرفته شد.

تئوری و محاسبات

روش‌های مختلف تأمین آب در شرایط اضطراری

درباره روش‌های مختلف تأمین آب در شرایط اضطراری می‌توان به صورت عمومی این روش‌ها را پیشنهاد و به صورت زیر اولویت‌بندی کرد. لازم به ذکر است این موارد و به‌ویژه اولویت‌بندی آن بسته به منطقه و شرایط آن تغییر می‌کند.

اولویت اول: استفاده مخازن ذخیره آب موجود (شعاع تحت پوشش قابل استفاده: ۱۰۰۰ متر)

اولویت دوم: استفاده از چاه‌ها و پکیج‌های تصفیه سیار
اولویت سوم: استفاده از حجم آب موجود در خطوط انتقال واقع در منطقه

اولویت چهارم: استفاده از مخازن آب اضطراری از جنس فولادی یا چدنی (شعاع تحت پوشش: ۱۰۰۰ متر)
اولویت پنجم: استفاده از تانکرهای ذخیره آب

در نهایت در صورت کمبود آب در منطقه و عدم تأمین مناسب نیاز مردم می‌توان از روش آبرسانی با بطری به‌عنوان روش مکمل استفاده کرد. نکته قابل تامل در این رابطه این است که اگر بخواهیم کل دبی مورد نیاز در سه روز اول را فقط با استفاده از بطری آب تأمین کنیم، با فرض جمعیت نزدیک به ۱۰ میلیون تهران و با احتساب ۳ لیتر در هر روز به ازای هر نفر (جدول ۲) حدود ۳۰ میلیون لیتر در روز یا ۲۰ میلیون بطری ۱٫۵ لیتری آب احتیاج خواهد بود. این مقدار فقط برای سه روز اول به حدود ۶۰ میلیون بطری رسیده که علاوه بر نحوه تأمین، توزیع این تعداد بطری در مواقع بحران خود فرآیندی پیچیده را خواهد داشت.

به‌طور خلاصه و برای توضیح موارد فوق در منطقه مورد مطالعه تعداد ۷ مخزن اصلی تأمین آب وجود دارد (این منطقه از ۹ مخزن آبیگری می‌کند که ۲ مخزن آن در محدوده این منطقه واقع نشده و بنابراین در محاسبات محدوده آب‌دهی پس از بحران لحظ نشده) که با توجه به محدودیت‌های آبرسانی برای شرایط اضطراری در دوره اول (حداکثر فاصله دسترسی شهروندان به آب ۱۰۰۰ متر) می‌توان در حدود ۵۰۰ مترمکعب از حجم آب این مخازن را به‌صورت مستقیم استفاده کرد و مازاد حجم موجود در این مخازن باید با استفاده از تانکرها و آب بسته‌بندی‌شده (اولویت پنجم) در اختیار مردم قرار گیرد. لازم به ذکر است در تأمین مابقی کمبود آب باید از مخازن اضطراری با حجمی بین ۲۰ تا ۱۰۰ مترمکعب استفاده شود. [۷]

نکته مهم در این رابطه این است که از تمامی حجم مخزن به‌عنوان حجم فعال نمی‌توان استفاده کرد. در این رابطه و جهت جلوگیری از خروج بدون هماهنگی کل آب از مخزن و خالی بودن آن در زمان وقوع بحران باید با نصب سیفون بر روی خروجی این مخازن اصلی، حداقل حدود یک سوم از حجم آب مخازن را ذخیره و جهت مصرف حالت بحران مدیریت کرد. در حالت عادی هم پس از عبور آب از یک سوم آخر، هشدار استفاده از حجم ذخیره بحران داده شده و در صورت استفاده از این مقدار باید در اسرع وقت نسبت به جایگزینی آن اقدام شود.

در منطقه مورد مطالعه حدود ۶۱ چاه فعال هم موجود بوده که دستگاه‌های بسته‌بندی و تصفیه آب را می‌توان در محل این چاه‌ها مستقر و با ژنراتورهای در نظر گرفته‌شده برای شرایط اضطراری برق مورد نیاز را تأمین کرد که در نهایت با توجه به وضعیت نامشخص پایداری و ... به‌عنوان پشتیبان فرض می‌شود.

در مورد حجم آب موجود در خطوط انتقال هم بخشی از خط انتقال آب از سد ماملو که از منطقه مورد مطالعه عبور می‌کند را می‌توان به‌عنوان یکی دیگر از منابع تأمین آب در شرایط اضطرار استفاده کرد. این خط لوله با قطر ۱۲۰۰ میلیمتر از خیابان نبرد جنوبی در تقاطع خاوران عبور کرده و وارد مخزن ۱۶ (نبرد شمالی) می‌شود. طول این قسمت از خط انتقال در حدود ۲ کیلومتر است. به دلیل عدم اجرای تمهیدات لازم در این خطوط و همچنین طول کم آن نسبت به کل منطقه و برای اطمینان بیشتر از حجم آن در محاسبات محدوده صرف نظر می‌شود. در ادامه آیتم آبرسانی توسط مخازن اضطراری ثابت که بحث اصلی این مقاله بوده مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

آبرسانی توسط مخازن اضطراری ثابت

در این قسمت مطلب اصلی این مقاله یعنی استفاده از مخازن اضطراری ثابت در مدار شبکه توزیع مورد بحث قرار می‌گیرد. این مخازن به صورتی جانمایی شده که بتوانند در محدوده شعاع ۱۰۰۰ متر آبرسانی در مواقع بحران را به شهروندان انجام دهند. این حریم با توجه به تجربیات و مطالعات انجام شده و برای سهولت آبرسانی و همچنین جلوگیری از ازدحام جمعیت در زمان‌های بحران در مراکز تأمین آب تعیین می‌شود.

در کشور ژاپن به ویژه بعد از زلزله سال ۱۹۹۵ کوبه استفاده از مخازن اضطراری رونق بیشتری گرفت. [۸] به طور مثال می‌توان گفت که در شهر کوبه با مساحت تقریبی ۵۵ هزار و ۲۰۰ هکتار و جمعیت یک میلیون و ۵۰۰ هزار نفر، بعد از زلزله ۱۹۹۵ هانشین حدود ۶۶ مخزن با حجم بالا تعبیه شد. جهت مقایسه، منطقه مورد مطالعه ما با وسعتی معادل ۷ هزار و ۳۲۰ هکتار دارای جمعیتی نزدیک به شهر کوبه بوده که این نشان دهنده تراکم بالاتر جمعیت این ناحیه نسبت به شهر کوبه است.

بهرام پور و بمانیان [۹] برای جانمایی پایگاه‌های مدیریت بحران معیارهای مختلف تعریف کرده و با استفاده از روش فرایند تحلیل سلسه مراتبی AHP ضریب وزنی هر کدام از معیارها را محاسبه و با این روش در مناطقی از تهران محل‌هایی برای پایگاه‌های مدیریت بحران مشخص کرده‌اند.

در تحقیقی دیگر از محمد فقیهی و ایمان میرباقری [۱۰] به این نتیجه می‌رسیم که مخازن آب به ویژه مخازن زیرزمینی باید از استتار و حفاظت کافی برخوردار باشند تا بتوان آب مورد نیاز یک جامعه را به ویژه برای شرایط اضطراری با اطمینان بالا تأمین کرد. با توجه به مطالب فوق در این پژوهش هم پیشنهاد شده که این مخازن ثابت به صورت مدفون و در اولویت اول در پایگاه‌های مدیریت بحران و مراکز اسکان اضطراری و در اولویت‌های بعدی در مکان‌هایی مانند پارک‌ها، اماکن ورزشی، مدارس و ... که فضای عمومی محسوب می‌شوند، طراحی و ساخته شوند. این مخازن باید به گونه‌ای طراحی شوند که به سیستم آبرسانی شهری به طور مستقیم متصل بوده و همواره آب درون این مخازن در جریان باشد. شیرهای ورودی و خروجی متصل به این مخازن باید مجهز

به سنسورهای تشخیص زلزله باشد تا به محض وقوع زلزله این شیرها به طور خودکار قطع شوند و هیچ گونه آلودگی یا هدر رفتی در آب موجود در مخزن صورت نگیرد.

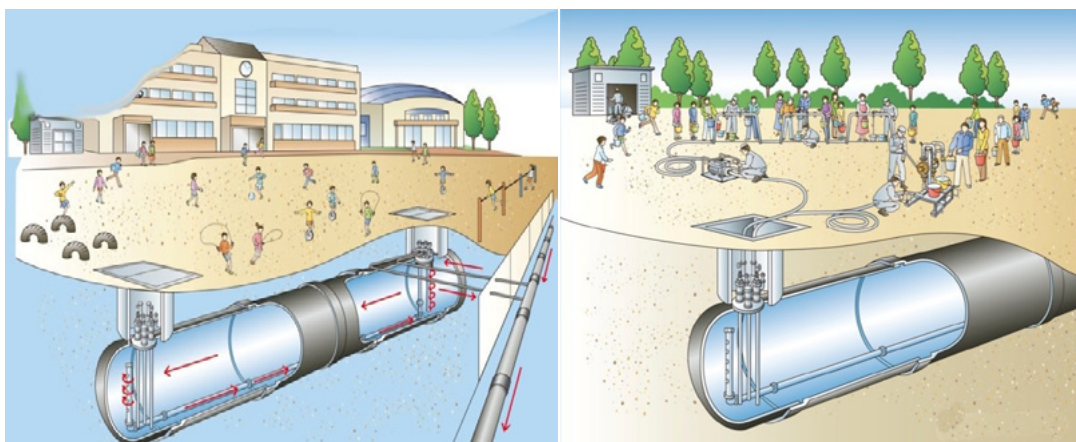
نعمت حسنی و سعیده نگارش [۱۱] در مقاله‌ای به تعیین معیارهای مؤثر در جانمایی مخازن اضطراری آبرسانی پرداخته و به نتایج زیر رسیده که مهمترین معیارها جهت جانمایی این مخازن عبارتند از در دسترس بودن، هزینه تملک، نزدیکی به مراکز با اهمیت بالا، نزدیکی به مراکز پرجمعیت و حفظ شرایط هیدرولیکی شبکه توزیع آب؛ که نزدیکی مخازن به مراکز حساس و با اهمیت بالا نسبت به دیگر معیارها در اولویت اول قرار دارد و در دو اولویت بعدی نزدیکی به مراکز پرجمعیت و حفظ شرایط هیدرولیکی شبکه بوده که همراه با اولویت اول جمعاً بیش از ۸۰ درصد وزن تصمیم‌گیری را به خود اختصاص می‌دهند. همچنین هزینه تملک کمترین وزن را در بین معیارهای پنج‌گانه دارد.

تاییدی دیگر برای استفاده از آب این مخازن به عنوان یک ذخیره سالم، مطمئن و ایزوله این است که بلایای طبیعی مانند سیل می‌تواند آلودگی میکروبی آب‌های سطحی را به میزان قابل توجهی افزایش دهد (Faruque et al, ۲۰۰۵, [۱۲]). همچنین دیگر مشکلات کیفیت آب پس از یک فاجعه عبارتند از شوری و آلودگی آب با انتشار مواد خطرناک (Young et al, ۲۰۰۴, [۱۳] - ۲۰۰۸, Srinivas and Nakagawa [۱۴] ۲۰۰۹, [۱۵])

جالب‌تر آنکه مواد خطرناکی مانند رادیونوکلئیدها هم پس از زلزله ۲۰۱۱ ژاپن در آبراه‌ها شناسایی شدند. [۱۶] (Matsumoto, Inoue, ۲۰۱۱)

در بلایا آلودگی بذر و کدورت آب تا NTU حدود ۱۰ هزار هم مشاهده شده است (Garsadi و همکاران، ۲۰۰۹, [۱۷]) که این نشان دهنده پیچیدگی و تنوع ترکیب آب پس از یک فاجعه بوده و وجود بیش از حد آلودگی‌های میکروبی و شیمیایی در آب، شکست بالقوه سیستم‌های تصفیه آب محلی را افزایش می‌دهد (Roig et al, ۲۰۱۱, [۱۸]) و این امر خود را در سه روز اول بحران بیش از پیش نشان خواهد داد.

در ادامه تصویر ۲ نمایی شماتیک از عملکرد مخزن در حالت عادی و غیرعادی در زیر حیات یک مدرسه



تصویر ۲: نمایی شماتیک از عملکرد مخزن در حالت عادی و غیرعادی در زیر حیات یک مدرسه

با توجه به برنامه‌ریزی انجام شده در جهت فراگیر شدن این مخازن در شهرهای کشور، وجود یک نماد جهت شناسایی محل این مخازن توسط مردم امری ضروری خواهد بود. در این رابطه ایده‌های مختلفی مورد بررسی قرار گرفته و در نهایت و با توجه به سابقه قدیمی تأمین آب در آب‌انبارهای بادگیردار معروف ایران و همچنین رعایت منظر زیباشناختی به دلیل قرارگیری این مخازن در مکان‌های عمومی تصویر ۳ که از آب‌انبارهای مورد اشاره الهام گرفته شده پیشنهاد شد.

در این حالت بر روی مخازن مدفون فوق می‌تواند نماد ارائه شده زیر را طراحی و اجرا کرد که در واقع بادگیرها نقش دکل ارتباطی این مخازن با واحد تله متری را بازی کرده و قسمت گنبدی شکل محل دپوی تجهیزات مورد نیاز در مواقع بهره‌برداری از این مخازن شامل پمپ‌های پدالی، موتور پمپ‌های دیزلی یا بنزینی، نازل‌های برداشت آب و ... خواهد بود.

همچنین نحوه عملکرد خاص شیر قطع اضطراری این مخازن که در عمل نقش سه شیر برقی را همزمان بازی می‌کند، در تصویر ۴ نمایش داده شده است.

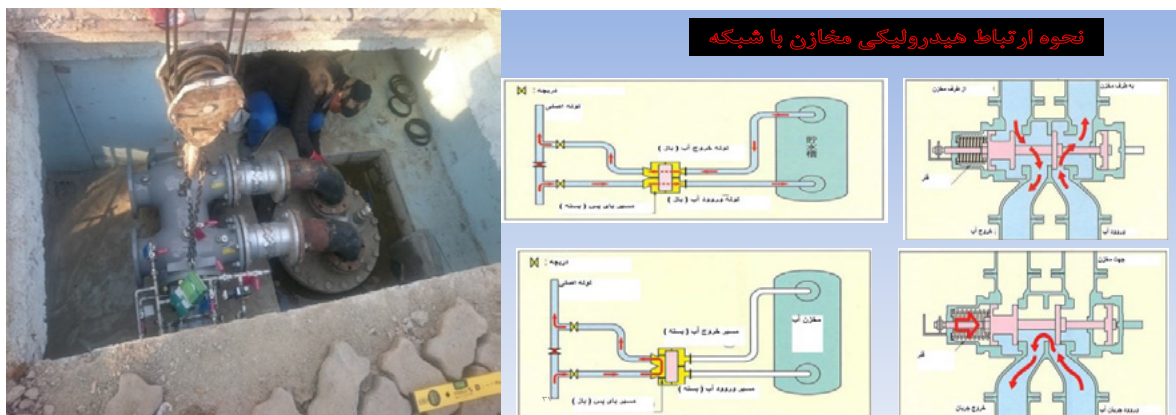
رفیعیان و مطهری [۱۹] در مقاله‌ای به طراحی مدلی برای مطالعه رویکرد مدیریت ریسک بحران به شکل اجتماع محور پرداخته‌اند و آن را بر اساس سطوح کارکردی به سه دسته محلی،

منطقه‌ای و ملی تقسیم کرده‌اند. در این پژوهش نشان می‌دهد که تحکیم رابطه بین نهادهای مختلف و توانمندسازی اجتماع محلی از طریق آموزش و بالابردن سطح ادراک و مهارت‌های عملی نسبت به بحران از ضرورت زیادی برخوردار است. بنابراین در بهره‌برداری از این مخازن اضطراری نقش نهادهای مردمی در قالب اصطلاحاً میراب‌ها و انجام مانورهای مختلف جهت آشنا کردن مردم با محل استقرار این مخازن ضروری خواهد بود.

همچنین انجمن امور آب آمریکا راهنمای برنامه‌ریزی تأمین آب اضطراری برای بیمارستان‌ها و مراکز درمانی را تدوین کرده‌اند. در این راهنما دلایل مختلف قطعی آب را بررسی کرده و روش‌های تأمین آب جایگزین را مشخص کرده‌اند. یکی از روش‌های پیشنهادی ساخت مخازن ذخیره اضطراری در محل بیمارستان عنوان شده است. فلوچارت استفاده از مخازن ذخیره موجود و دیگر منابع آب از جمله شبکه‌های عمومی، چاه‌های آب، آب‌های سطحی و همچنین انواع مخازن ذخیره مانند مخازن بالشتکی و پیازی ارائه شده است. در آخر توصیه کرده EWSP که همان برنامه‌ریزی تأمین آب اضطراری است، نباید فقط نوشته شده و در کتابخانه‌ها موجود باشد؛ بلکه باید عملاً تمرین و به‌صورت مانور اجرا شود. [۲۰]



تصویر ۳: نمایی از طراحی مخازن اضطراری با الهام از آب‌انبارهای قدیمی در محوطه پارک و محل بازی کودکان



تصویر ۴: نصب شیر قطع اضطراری در مخزن پایلوت آب‌ای شهر تهران و نحوه عملکرد شیر قطع اضطراری در مخزن

جدول ۷: روش‌ها و احجام مخزن تأمین آب در شرایط اضطرار (۳ روز اول)

ردیف	روش تأمین آب	حجم (مترمکعب)
۱	مخازن اصلی	۳۵۰۰
۲	مخازن اضطراری (۹۹۵۰ مترمکعب)	واقع در اماکن اسکان اضطراری
۳		واقع در پارک‌ها
۴		واقع در اماکن ورزشی
۵		واقع در مدارس
۶	جمع کل	۱۳۴۵۰

طرح اول

با استفاده از نرم‌افزار Water Gems مدل مربوط به این طرح ایجاد شده؛ به این ترتیب که فشار ورودی در محل انشعاب ۳۰ مترآب و سرعت در خط لوله در حدود یک متر بر ثانیه مدل شده است. قطر انشعاب هم با توجه به محاسبات زیر دو اینچ در نظر گرفته شده است. اجرای این مدل نشان می‌دهد که آب از خط لوله خروجی مخزن خارج نمی‌شود و این بدان معناست که آب در داخل مخزن گردش نخواهد کرد. بنابراین این طرح قابل قبول نیست. تصویر ۶ مدل طرح اول در نرم‌افزار Water Gems را نشان می‌دهد.

محاسبه قطر لوله ورودی مخزن

برای محاسبه قطر لوله ورودی به مخزن ذکر این نکته ضروری است که آب وارد شده به این مخزن با توجه به استانداردهای موجود باید به مدت ۲۴ ساعت در آن باقی بماند و سپس خارج شد.

$$Q = (100 \text{ m}^3 * 1000) / (24 \text{ hr} * 60 * 60) = 1.16 \text{ lit/s}$$

در نهایت و با توجه به موارد گفته شده در بند ۵ کل حجم آب مورد نیاز در سه روز اول پس از زلزله معادل ۱۲ هزار و ۹۵۵ مترمکعب برای سال ۱۴۰۰ بوده که با توجه به تیپ کردن احجام مخازن، حجم به تفکیک در جدول ۷ درج و معادل ۱۳ هزار و ۴۵۰ مترمکعب شد.

بحث و نتایج

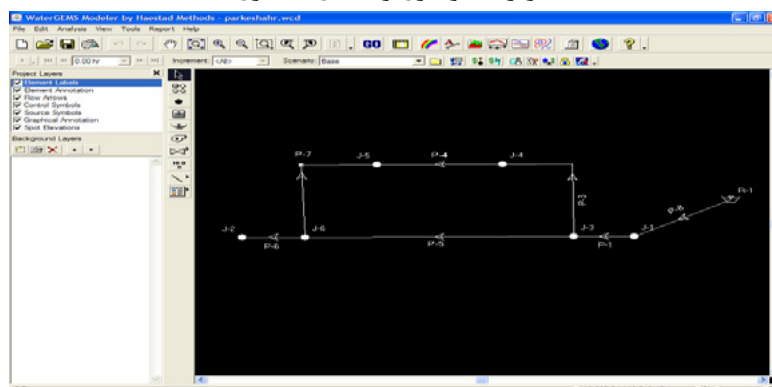
نحوه ارتباط مخزن با شبکه با استفاده از مدل

نرم‌افزار Water GEMS V8i

در نحوه اتصال مخزن اضطراری به شبکه دو طرح مدنظر قرار گرفته است. در طرح اول مخزن اضطراری از شبکه جدا خواهد بود و به موازات آن عمل خواهد کرد و در طرح دوم مخزن اضطراری قسمتی از شبکه شده و به صورت سری عمل می‌کند. تصویر ۵ نحوه اتصال هر مخازن را نمایش می‌دهد.



تصویر ۵: نحوه قرارگیری مخازن اضطراری



شکل ۶: مدل طرح اول در نرم‌افزار Water Gems

۱۲۰

شماره هجدهم

پاییز و زمستان
۱۳۹۹

دوفصلنامه
علمی و پژوهشی

بحرین

نقش مخازن آب اضطراری به عنوان آب‌انبارهای نسل تازه در تأمین کمی و کیفی آب شبکه توزیع در مواقع بحرانی

$Q =$ دبی ورودی به مخزن

$$Q = A \cdot V$$

$A =$ سطح مقطع لوله

$V =$ سرعت آب در لوله (سرعت آب در لوله به طور متوسط ۰,۸ متر بر ثانیه در نظر گرفته می شود)

$$1.16 \frac{\text{lit/s}}{\text{m/s}} = A \cdot 0.8$$

$$A = 0.00145 \text{ m}^2$$

$$d = 0.043 \text{ m} = 43 \text{ mm}$$

بدین ترتیب قطر لوله ورودی مخزن که باید از خط لوله چدن داکتیل به قطر ۴۰۰ میلیمتر منشعب شود، ۴۳ میلیمتر است. بنابراین لوله ای به قطر ۲ اینچ در مدل سازی طرح شماره یک مدنظر قرار گرفته است.

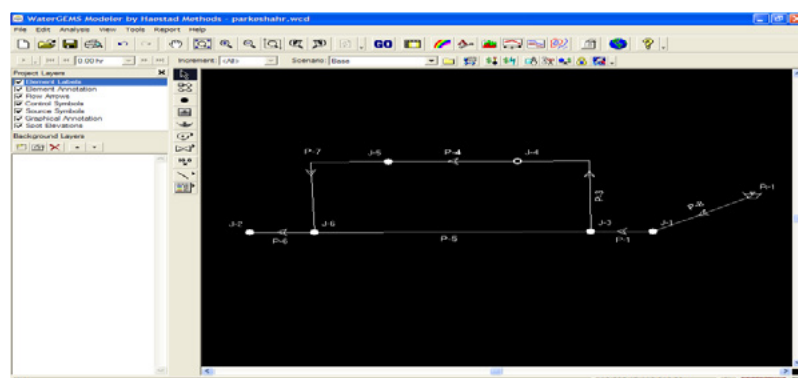
طرح دوم

همانطور که ذکر شد، در این طرح مخزن اضطراری بخشی از لوله شبکه توزیع است. فشار ورودی در محل انشعاب در حدود ۳۰ مترآب و میزان سرعت در خط لوله داکتیل ۴۰۰ میلیمتری در حدود یک مترآب در نظر گرفته شده است. قطر خط لوله پیشنهادی

در ورودی و خروجی این طرح معادل ۱۵۰ میلی متر است. با مدل کردن این طرح به این نتیجه می رسیم که آب در این مخزن در حال گردش خواهد بود.

از معایب این طرح می توان به این نکته اشاره کرد که در صورت فاصله مخزن از خط لوله اصلی، طول خط لوله انشعابی زیاد خواهد شد و این قضیه بالطبع باعث افزایش هزینه ها خواهد شد. تصویر ۷ مدل طرح اول در نرم افزار Water Gems را نشان می دهد.

نحوه گردش آب در مخزن با استفاده از مدل فیزیکی ساخته شده
همانطور که قبلاً هم بیان شده، قطر مخزن در برابر قطر لوله های ورودی و خروجی بزرگ است و این موضوع منجر به کند شدن سرعت جریان شده و احتمال ماند آب و در ادامه افت کیفیت را بالا می برد. علی رغم مدل کردن این مخازن با استفاده از نرم افزار و به جهت اهمیت نحوه گردش و میزان ماند آب یک مدل با حجم ۲۰ لیتر ساخته و با ورود ماده رنگی نحوه پخش و خروج ماده رنگی از مخزن مورد بررسی میدانی قرار گرفت. تصویر ۸ وضعیت مخزن و



تصویر ۷: مدل طرح دوم در نرم افزار Water Gems



تصویر ۸: نحوه گردش آب در مخزن ساخته شده پایلوت ۲۰ لیتری

۱۲۱

شماره هجدهم

پاییز و زمستان
۱۳۹۹

دوفصلنامه
علمی و پژوهشی

بحرین

نقش مخازن آب اضطراری به عنوان آب ایمنی در نسل تازه در تامین کمی و کیفی آب شبکه توزیع در مواقع بحرانی

ماده رنگی را در سه حالت با نمایش ساعت کنار آن جهت مشخص شدن مدت زمان این فرآیند نشان می‌دهد.

بر اساس نتایج آزمایش انجام شده مشخص شد که تقریباً در تمامی حالات میزان جابه‌جایی در حدود ۴ تا ۵ برابر حجم مخزن است. به عبارت دیگر در صورتی که حجم آب ورودی به مخزن در بازه زمانی مشخص در حدود ۴ تا ۵ برابر حجم مخزن شد، جابه‌جایی کامل آب در داخل این مخزن اتفاق خواهد افتاد.

در تحقیق انجام شده در انجمن مخازن چدن نشکن ژاپن [۲۶] این بررسی به کمک مخازن واقعی و با استفاده از نمک اشباع به عنوان ردیاب انجام شده که شرایط اندازه‌گیری و درصد جابه‌جایی آب به ترتیب در جدول ۸ و تصویر ۹ ارائه شده است. بر

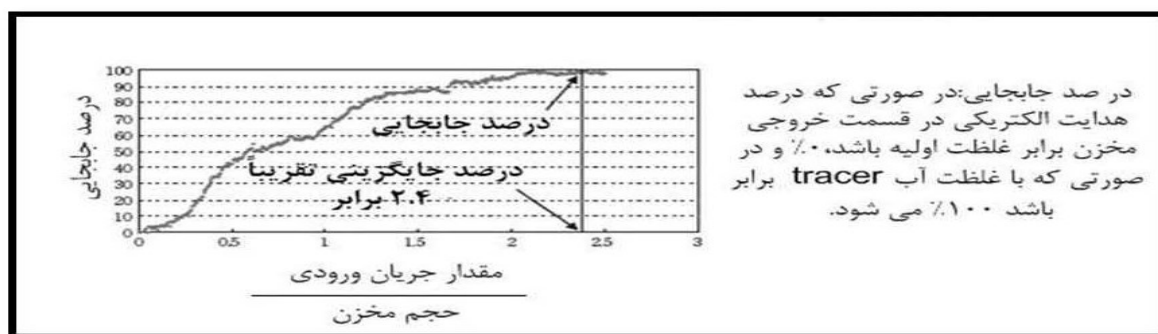
طبق نتایج حاصله مشخص شد برای رسیدن به درصد جابه‌جایی ۱۰۰ درصد میزان جابجایی در حدود ۲,۴ برابر حجم مخزن است. در آزمایش دیگر از تغییرات میزان کلر باقیمانده در ورودی و خروجی مخزن استفاده شده که بر طبق تصویر شماره ۱۰ بعد از دو ساعت تغییرات میزان غلظت اعمال شده در بخش ورودی، در بخش خروجی دیده می‌شود.

برآورد مالی آبرسانی اضطراری

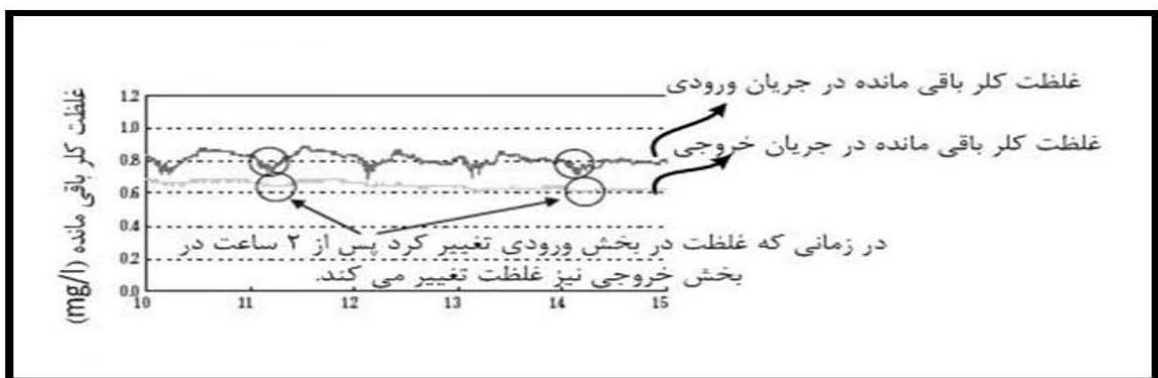
با محاسبه حجم آب مورد نیاز در شرایط اضطرار، تعداد مخازن مورد نیاز در احجام مختلف و مکان اجرای آنها مشخص شده و سپس با تهیه نقشه‌های این مخازن برآورد هزینه‌های ساخت و اجرای آنها به تفکیک محاسبه شده است. در جدول ۹ تعداد، هزینه ساخت و اجرای مخازن در احجام مختلف ذکر شده است.

جدول ۸: شرایط اندازه‌گیری در مخزن واقعی

قطر اسمی یا طول	Ø2600×19.3m
مدل	غیر متمرکز
قطر لوله ورودی و خروجی	Ø1۰۰
حجم مخزن	۱۰۰ m ^۳
مقدار جریان روزانه	۱۰۰ m ^۳ (ثابت در طول زمان)
آب ردیاب	تقریباً ۳۰۰ mg/l آب نمک اشباع با جریان ورودی مخلوط می‌شود.
موارد اندازه‌گیری	درصد رسانایی الکتریکی سرعت جریان (بر اساس دستگاه اندازه‌گیری امواج Ultrasonic)



شکل ۹: درصد جابه‌جایی در حالت ردیابی درصد رسانایی الکتریکی



تصویر ۱۰: غلظت کلر باقیمانده در جریان ورودی و خروجی

جدول ۹: تعداد، هزینه ساخت و اجرای مخازن در احجام مختلف (کل منطقه مورد مطالعه آبفای تهران)

ردیف	حجم مخازن (مترمکعب)	تعداد	جنس	هزینه ساخت و اجرای واحد (ریال)	کل هزینه ساخت و اجرا (ریال)
۱	۵۰	۱۸	فولادی	۱,۲۵۰,۰۰۰,۰۰۰	۲۲,۵۰۰,۰۰۰,۰۰۰
۲	۱۰۰	۹۰	فولادی	۲,۵۶۰,۰۰۰,۰۰۰	۲۳۰,۴۰۰,۰۰۰,۰۰۰
۳	کل	۱۰۸	-	-	۲۵۲,۹۰۰,۰۰۰,۰۰۰

جدول ۱۰: تعداد و هزینه شیرآلات و متعلقات مخزن اضطراری

ردیف	شرح	سایز (میلیمتر)	تعداد	هزینه خرید (ریال)	کل هزینه (ریال)
۱	شیر قطع و وصل اضطراری	۱۰۰	۴۰	۱,۰۱۲,۰۰۰,۰۰۰	۴۰,۴۸۰,۰۰۰,۰۰۰
		۱۵۰	۴۰	۱,۲۵۱,۰۰۰,۰۰۰	۵۰,۰۴۰,۰۰۰,۰۰۰
		۲۰۰	۲۲	۱,۵۵۲,۰۰۰,۰۰۰	۳۴,۱۴۴,۰۰۰,۰۰۰
		۲۵۰	۲	۱,۸۰۳,۰۰۰,۰۰۰	۳,۶۰۶,۰۰۰,۰۰۰
		۳۰۰	۴	۲,۱۰۴,۰۰۰,۰۰۰	۸,۴۱۶,۰۰۰,۰۰۰
۲	کیت سنجش کیفیت آب	-	۱۰۸	۶۱۰,۰۰۰,۰۰۰	۶۵,۸۸۰,۰۰۰,۰۰۰
۳	موتور پمپ بنزینی	-	۱۰۸	۱۰,۵۰۰,۰۰۰	۱,۱۳۴,۰۰۰,۰۰۰
۴	تلمبه دستی	-	۱۰۸	۲,۵۳۰,۰۰۰	۲۷۳,۲۴۰,۰۰۰
۵	نازل برداشت آب	-	۱۰۸	۲,۴۷۰,۰۰۰	۲۶۶,۷۶۰,۰۰۰
۶	کانکس یا نماد آب انبار (۶ مترمربع)	-	۱۰۸	۶۹,۰۰۰,۰۰۰	۷,۴۵۲,۰۰۰,۰۰۰
۷	کل				۲۱۱,۶۹۲,۰۰۰,۰۰۰

جدول ۱۱: جمع بندی کل هزینه های مخزن اضطراری با متعلقات

ردیف	شرح	هزینه (ریال)
۱	ساخت و اجرای مخازن اضطراری	۲۵۲,۹۰۰,۰۰۰,۰۰۰
۲	شیرآلات و متعلقات مخزن اضطراری	۲۱۱,۶۹۲,۰۰۰,۰۰۰
	برآورد کل (ریال)	۴۶۴,۵۹۲,۰۰۰,۰۰۰

مرحله اول (۳ روز) بعد بحران بوده و البته در مراحل دوم (۷ روز) و مرحله سوم (۲۰ روز) هم کاربرد دارند.

در این راستا جدی گرفتن وقوع بحران ها و انجام اقدامات پیشگیرانه جهت کاهش تلفات قبل از دیر شدن نیازمند همکاری کلیه نهادها از جمله شهرداری ها، آتش نشانی، مدارس، استانداری و ... با شرکت های آب و فاضلاب در اجرایی کردن این امر مهم و تأمین مکان یا بخشی از هزینه ساخت این مخازن است.

نتایج تحلیل های انجام شده با نرم افزار Water Gems و همچنین خروجی آزمایشات انجام شده با مدل (در مقیاس کوچک) ساخته شده و در نهایت بررسی های انجام شده در تنها نمونه فولادی احداثی در ایران واقع در پارک شهر تهران که در ادامه و نتیجه همین پژوهش احداث شده نشان می دهد که جهت حفظ کیفیت آب و عدم ماند آن، نحوه نصب این مخازن باید به صورت بخشی از شبکه و نه یک مخزن ذخیره عادی باشد؛ به نحوی که عملاً این مخازن خطوط لوله ای با قطر بزرگ بوده که در حالت عادی نقش لوله شبکه توزیع را عمل کرده و در حالت وقوع بحران

در جدول ۱۰ هم تعداد و هزینه شیرآلات و متعلقات مخزن اضطراری به تفکیک شیر قطع و وصل اضطراری، کیت سنجش کیفیت آب، موتور پمپ بنزینی، تلمبه دستی، نازل برداشت آب و کانکس (۶ مترمربع) درج شده است.

در نهایت هم در جدول ۱۱ جمع بندی کل هزینه های مخزن اضطراری در محدوده مورد مطالعه با توجه به نتایج گزارش مشاور درج شده است. [۲۲]

نتیجه گیری

نتایج این پژوهش نشان می دهد که با توجه بالا بودن احتمال وقوع بحران ها به ویژه زلزله در تهران (قابل بسط به کل کشور) احیای مجدد آب انبارها با توجه به سابقه تاریخی آن در ایران و البته این بار در قالب مخازن اضطراری همیشه در مدار شبکه امری ضروری است. نقش این مخازن به صورت ویژه برای تأمین آب در

3. Takada, S., Hassani, N., and Fukuda, K. (2001). A new proposal for simplified design of buried steel pipes crossing active faults. *Journal of Earthquake Engineering & Structural Dynamics*, 30(8), 1243-1257. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/eqe.62/full>
4. Federal Emergency Management Agency (FEMA). (2004). Food and water in emergency. U.S. Department of Homeland Security. <https://www.fema.gov/pdf/library/f8cweb.pdf>
۵. ضوابط طراحی سامانه‌های انتقال و توزیع آب شهری و روستایی (نشریه ۱۱۷-۳-۱۳۹۲)
6. Rowland, J.G., Galvin, J.R. (2006). Emergency response planning guide for public drinking water systems. State of Connecticut, Department of Public Health, Drinking Water Division. http://www.ct.gov/dph/LIB/dph/drinking_water/pdf/CT_ERP_GUIDE.pdf
۷. شرکت مهندسی مشاور پارس آیندآب، (۱۳۹۲). مطالعات پایه آبرسانی اضطراری منطقه چهار آبفای تهران.
۸. حسنی، نعمت (۱۳۹۰). آسیب‌پذیری لرزه‌ای و راهکارهای مقابله با زلزله در سامانه‌های آبرسانی ایران. فصل‌نامه علمی-ترویجی دانش پیشگیری و مدیریت بحران، شماره اول، ۳۹-۶۳. (ص ۲) بازیابی از: <http://tdmmo.tehran.ir/Portals/0/Document/1392/no%201.pdf>
۹. بهرام پور، مهدی؛ بمانیان، محمدرضا (۱۳۹۱). تبیین الگوی جانمایی پایگاه‌های مدیریت بحران با استفاده از GIS نمونه موردی: شهر تهران، منطقه ۳. دوفصل‌نامه علمی-پژوهشی مدیریت بحران، بهار و تابستان ۱۳۹۱، ۵۹-۵۹ (ص ۸) بازیابی از: http://www.joem.ir/article_1407.html
۱۰. فقیهی، محمد؛ میرباقری، ایمان (۱۳۹۱). معرفی الگوهای مختلف مدیریت بحران در شبکه‌های آب و فاضلاب و جایگاه پدافند غیرعامل (سومین همایش مدیریت بحران در صنعت ساختمان) مشهد. (ص ۹) بازیابی از: http://www.joem.ir/article_1407.html
۱۱. حسنی، نعمت و سعیده نگارش (۱۳۹۵، ص ۸) در فصل‌نامه دانش پیشگیری و مدیریت بحران (سال ۱۳۹۵).
12. aruque, S.M., Naser, I.B., Islam, M.J., Faruque, A.S.G.,

با استفاده از شیرهای قطع اضطراری که عملکرد آنها در این مقاله توضیح داده شده، نقش مخزن ذخیره آب را برای ۱۰ لیتر به ازای سه روز اول برای بازماندگان از بحران بازی خواهد کرد.

لازم به ذکر است در این حالت هیچ‌گونه ورود و خروج عادی آب به آن صورت نمی‌گیرد؛ اما با وارد شدن یک بای پس شبکه توزیع به عملکرد عادی خود (در صورت عدم آسیب) ادامه خواهد داد.

نحوه پراکنش این مخازن هم در جهت دسترسی سریع، آسان و همچنین عدم ازدحام مردم در چند نقطه محدود که خود منشا مشکلات اجتماعی می‌شود، در شعاع آب‌دهی حدود ۱۰۰۰ متر برای هر مخزن اضطراری پیشنهاد شده است.

همچنین با توجه به نتایج بررسی شده بر روی دو پابلوت ساخته شده به ترتیب در منطقه زرگنده واقع در آبفا یک تهران (مخزن از جنس چدن) و پارک شهر واقع در آبفای ۴ تهران (مخزن از جنس فولادی) و با عنایت به محدودیت ساخت اقطار بیش از ۲ متر با سائز چدن در ایران و همچنین محدودیت‌های اجرایی در نصب، تعمیر و همچنین بهره‌برداری، جنس مورد تایید در تهران از نوع فولادی با پوشش داخلی و خارجی پیشنهاد شد. به عنوان نمونه برای ساخت یک مخزن ۱۰۰ مترمکعبی با قطر ۳ هزار و ۲۰۰ میلی‌متر، فولادی به طول ۱۲ متر احتیاج بوده که به سادگی پس از ساخت قابلیت حمل و اجرا را دارد (تصویر ۱۱). در صورتی که این طول برای لوله‌های چدن با محدودیت ۲ متر معادل ۳۲ متر خواهد بود.

پی‌نوشت

1. Rowland and Galvin
2. Japanese International Co-operation Agency

منابع

1. JICA (2006). The study on water supply system resistant to earthquakes in Tehran municipality.
۲. پورمحمدی، محمدرضا؛ مصیب زاده، علی (ص ۲۷-۱۳۸۷). آسیب‌پذیری شهرهای ایران در برابر زلزله و نقش مشارکت محل‌ها در امداد رسانی آنها.

۱۲۴

شماره هجدهم

پاییز و زمستان
۱۳۹۹

دوفصل‌نامه
علمی و پژوهشی

بحرین

نقش مخازن آب اضطراری به عنوان آب‌انبارهای نسل تازه در تامین کمی و کیفی آب شبکه توزیع در مواقع بحرانی



تصویر ۱۱: نمایی از مراحل حمل و نصب مخزن فولادی با حجم ۱۰۰ مترمکعبی در پارک شهر تهران



- Ghosh, A.N., Nair, G.B., Sack, D.A., Mekalanos, J.J., 2015. Seasonal epidemics of cholera inversely correlate with the prevalence of environmental cholera phages. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 112, 0812-0818
13. Young, S., Balluz, L., Malilay, J., 2012. Natural and technologic hazardous material releases during and after natural disasters: a review. *Science of the Total Environment* 22222-21
14. Srinivas, H., Nakagawa, Y., 2017. Environmental implications for disaster preparedness: lessons learnt from the Indian Ocean Tsunami. *Journal of Environmental Management* 72, 2-02
15. Violette, S., Boulicot, G., Gorelick, S.M., 2012. Tsunami-induced groundwater salinization in southeastern India. *Comptes Rendus Geosciences* 220, 222-222
16. Matsumoto, M., Inoue, K., 2010. Editorial: earthquake, tsunami, radiation leak, and crisis in rural health in Japan. *Rural and Remote Health* 00, 0-2. McCann, D.G.C., Moore, A., Walker, M.-E.A., 2010. The public health implications of water in disasters. *World Medical and Health Policy* 2. Article 2
17. Garsadi, R., Salim, H.T., Soekarno, I., Doppenberg, A.F.J., Verberk, J.Q.J.C., 2012. Operational experience with a micro hydraulic mobile water treatment plant in Indonesia after the "Tsunami of 2012". *Desalination* 227, 20-27
18. Roig, B., Delpla, I., Baure`s, E., Jung, A.V., Thomas, O., 2010. Analytical issues in monitoring drinking-water contamination related to short-term, Schafer, A., Broeckmann, A., Richards, B., 2015. Membranes and renewable energy e a new era of sustainable development for developing countries. *Membrane Technology*, 2-01
۱۹. رفیعیان، مجتبی؛ مطهری، زینب السادات (۱۳۹۱). طراحی مدلی برای مطالعه رویکرد مدیریت ریسک بحران اجتماع محور. دوفصلنامه علمی-پژوهشی مدیریت بحران، بهار و تابستان ۱۳۹۱-۵-۱۲. بازیابی از: http://www.joem.ir/article_1402_b26fcad5975868e98b6e31ae5f317fa4.pdf
20. Centers for Disease Control and Prevention and American Water Works Association (2012). Emergency water supply planning guide for hospitals and health care facilities, Atlanta: U.S. Department of Health and Human Services. <http://www.cdc.gov/healthywater/pdf/emergency/emergency-water-supplyplanning-guide.pdf>
۲۱. مخازن آبرسانی اضطراری چدن نشکن مقاوم در برابر زلزله. انجمن مخازن چدن نشکن ژاپن ترجمه نعمت حسنی و سهله افروز. http://www.civilica.com/Paper-CMCILFUS03-CMCILFUS03_014.html
۲۲. مهندسين مشاور مديسه سامان (۱۳۹۵). مطالعات مرحله دوم آبرسانی اضطراری منطقه چهارآبفا.

سنجش آسیب‌پذیری فضاهای شهری در برابر مخاطرات طبیعی با رویکرد تاب‌آوری کالبدی

مطالعه‌ی موردی: محله زرگنده تهران

محمد تقوی زواره*: کارشناس ارشد برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران، mohammad.72art@yahoo.com

حمیدرضا صارمی: استادیار گروه شهرسازی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

مجتبی رفیعیان: دانشیار گروه شهرسازی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

این مقاله برگرفته از پایان نامه کارشناسی ارشد نویسنده مسئول با عنوان «ارزیابی آسیب‌پذیری فضاهای شهری محله زرگنده تهران با رویکرد تاب‌آوری کالبدی» است.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۷/۸

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۹/۲۶

چکیده

سوانح طبیعی که جزئی از فرآیند زندگی بشر به شمار می‌رود، به عنوان چالشی اساسی برای نیل به توسعه پایدار جوامع انسانی مطرح هستند. از این رو دیدگاه غالب از تمرکز بر روی صرفاً کاهش آسیب‌پذیری به افزایش تاب‌آوری در برابر سوانح تغییر پیدا کرده است. تاب‌آوری به عنوان «میزان تخریب و زیانی که یک سیستم قادر است جذب کند، بدون آنکه از حالت تعادل خارج شود» و «میزان توانایی یک سیستم برای خود سازماندهی در شرایط مختلف» تعریف می‌شود. این پژوهش با هدف شناسایی وضعیت آسیب‌پذیری فضاهای شهری محله زرگنده تهران و اتخاذ راهکارهایی برای تاب‌آور کردن فضاهای آسیب‌پذیر انجام شده است. این پژوهش کاربردی است و با استفاده از روش تحقیق کمی و رویکرد توصیفی-تحلیلی به استخراج شاخص‌های تاب‌آوری کالبدی و سنجش آنها در محدوده مطالعه می‌پردازد. برای نهایی کردن شاخص‌ها از پرسشنامه متخصصان علوم شهری و در راستای اولویت‌بندی آنها از روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) استفاده شده است. نتایج ارزیابی نشان می‌دهد بافت و فضاهای شهری بخش‌های مرکزی و شرقی محدوده به علت وجود فرسودگی، معابر کم‌عرض، مشکلات دسترسی و تراکم بالای جمعیتی آسیب‌پذیرتر از سایر پهنه‌ها هستند. در نهایت می‌توان با اتخاذ راهکارهایی برای کاهش ضعف سیستم‌های کالبدی در فضاهای شهری و نیز آموزش و فرهنگ‌سازی جامعه محلی در مواجهه با سوانح طبیعی، در راستای ارتقای تاب‌آوری محدوده گام برداشت.

کلمات کلیدی: آسیب‌پذیری، تاب‌آوری، تاب‌آوری کالبدی، فضاهای شهری، محله زرگنده

Assessing the vulnerability of urban spaces to natural hazards with physical resilience approach

Case study: Zargandeh neighborhood of Tehran

Mohammad Taghavi Zavareh^{*1}, Hamid Reza Saremi², Mojtaba Rafieyan³

Abstract

Natural disasters, which are part of the process of human life, are a major challenge for the sustainable development of human societies. Consequently, the prevailing view of focusing on merely reducing vulnerability has shifted to increasing resilience to disasters. Resilience is defined as "the amount of destruction and loss that a system can absorb without going out of equilibrium" and "the ability of a system to self-organize in different conditions". This research was conducted with the aim of identifying the vulnerability of urban spaces in Zargandeh neighborhood of Tehran and adopting strategies for resilience of vulnerable spaces. This research is applied and using the quantitative research method and descriptive-analytic approach, are extracting the indicators of physical resilience and measuring them in the scope of the study. in order to finalize the indicators, a questionnaire of urban science experts, and to prioritize them of Analytical Hierarchy Process (AHP) has been used. The results of the evaluation show that the texture and urban spaces of the central and eastern parts of the region are more vulnerable than other areas due to deterioration, Low width streets, access problems and high population density. Finally, it seems that taking measures to reduce the weakness of physical systems in urban spaces, as well as the education and making culture in the local community in the face with natural disasters, can be taken to promote resilience.

Key Words: *Vulnerability, Resilience, Physical Resilience, Urban Spaces, Zargandeh Neighborhood*

1. Master of Urban Planning, Tarbiat Modares University, Tehtan, Iran, Email: mohammad.72art@yahoo.com

2. Associate Professor of Urban Planning, Tarbiat Modares University, Tehtan, Iran

3. Associate Professor of Urban Planning, Tarbiat Modares University, Tehtan, Iran

۱۲۷

شماره هجدهم

پاییز و زمستان
۱۳۹۹

دوفصلنامه
علمی و پژوهشی



سنجش آسیب‌پذیری فضاهای شهری در برابر مخاطرات طبیعی با رویکرد تاب‌آوری کالبدی

مقدمه و بیان مسئله

بلایای طبیعی همواره در طول تاریخ کره زمین وجود داشته و خواهند داشت. زلزله، آتشفشان، سیل و حوادث طبیعی مشابه پدیده‌هایی هستند که همیشه زندگی انسان را از آغاز حیات بشری به نابودی کشانده‌اند. کشور ایران و به‌خصوص کلان‌شهرهای آن از جمله تهران مناطقی هستند که در معرض بلایای طبیعی و به ویژه زلزله و سیل هستند. آسیب‌پذیری و نحوه تأثیرپذیری شهر از سوانح طبیعی وابسته به شناخت دقیق علل و نحوه آسیب‌پذیری هر یک از عناصر تشکیل‌دهنده کالبد شهر است. در این میان، آسیب‌پذیری فضاهای شهری به دلیل تأثیر مستقیمی که بر عملکرد سایر عناصر شهری می‌گذارد، حائز اهمیت است. فضاهای شهری در شرایط بحرانی عملکردهای متعددی می‌یابند: استقرار بیمارستان سیار و جمع‌آوری کمک‌ها، مهار و مدیریت بحران و نیز اسکان موقت زلزله و سیل زدگان و از این دست کارها. بنابراین باید توجه داشت که کاهش آسیب‌پذیری فضاهای شهری می‌تواند منجر به ارتقای سطح ایمنی و پایداری در برابر سوانح طبیعی شود. از طرفی امروزه تجربه بحران‌های رخ داده و آسیب‌های تحمیلی که در ادامه آنها حاصل شده، بشریت را متوجه نیاز به تاب‌آور ساختن شهرها کرده است. درواقع سامانه‌های شهری و جوامع آنها باید توانایی مقابله با فشارها، حوادث و بلایا را داشته باشند. همچنین باید بتوانند پس از وقوع بحران در مدت زمان نه چندان زیادی به مسیر اولیه خود بازگردند [۱]. درشرایطی که ریسک‌ها و عدم قطعیت‌ها در حال رشد هستند، تاب‌آوری به عنوان مفهوم مواجهه با اختلالات، غافلگیری‌ها و تغییرات معرفی می‌شود. همچنین امروزه در سطح جهانی، تغییرات چشمگیری در نگرش به خطرات دیده می‌شود؛ به‌طوری که دیدگاه غالب از تمرکز صرف بر کاهش آسیب‌پذیری، به افزایش تاب‌آوری در مواجهه با سوانح تغییر پیدا کرده است [۲]. تاب‌آوری کالبدی-محیطی، ارزیابی واکنش جامعه و ظرفیت بازبایی بعد از سانحه مانند پناهگاه‌ها، واحدهای مسکونی و زیرساخت‌هایی مثل خطوط لوله، جاده‌ها و وابستگی آنها به زیرساخت‌های دیگر می‌شود [۳].

پیشینه تحقیق

در رابطه با تحلیل تاب‌آوری کالبدی و نقش آن در کاهش سوانح طبیعی مطالعات زیادی انجام نشده، ولی در رابطه با بررسی جنبه‌های مختلف آسیب‌پذیری، خطرات و کاهش سوانح طبیعی و ارتباط آن با تاب‌آوری مطالعاتی صورت گرفته است. گزیده‌ای از تحلیل‌ها و ارزیابی‌هایی که در ارتباط با آسیب‌پذیری و نیز تاب‌آوری در برابر سوانح در قالب پژوهش‌های گوناگون توسط محققان صورت گرفته به شرح زیر است:

رضایی و همکاران [۴] در پژوهشی با عنوان سنجش و ارزیابی میزان تاب‌آوری کالبدی اجتماع‌های شهری در برابر زلزله (مطالعه موردی: محله‌های شهر تهران) با هدف شناسایی شاخص‌ها و عوامل مؤثر بر تاب‌آوری کالبدی محله‌های شهری، به سنجش و ارزیابی میزان تاب‌آوری کالبدی در محله‌های منتخب شهر تهران و ارائه چارچوبی برای سنجش میزان تاب‌آوری کالبدی پرداخته

است. در این پژوهش با استفاده از روش میدانی و پرسشنامه به جمع‌آوری اطلاعات پرداخته می‌شود و سپس با استفاده از روش‌های مجموع ساده وزین و براساس روش الکترونیک، وضعیت محله‌های مورد مطالعه از نظر تاب‌آوری کالبدی محاسبه می‌شود. نتایج نشان می‌دهد محله‌ی قیطریه و قلعه‌مرغی به‌ترتیب از نظر تاب‌آوری کالبدی در بهترین و بدترین وضعیت و محله‌های ستارخان و نارمک در رتبه‌های دوم و سوم از نظر تاب‌آوری کالبدی قرار دارند. از طرفی، معرب و همکاران [۵] در مقاله‌ای با عنوان ارزیابی تاب‌آوری ساختاری-طبیعی کاربری اراضی شهرها، به تبیین عوامل تأثیرگذار در میزان تاب‌آوری ساختاری و طبیعی کاربری اراضی شهری و تعیین میزان اهمیت نقش هر یک از این عوامل و بررسی آنها در منطقه یک شهر تهران می‌پردازد. در این پژوهش برای ارزیابی و بررسی معیارها و زیرمعیارهای تاب‌آوری از روش‌های FAHP، سیستم اطلاعات جغرافیایی، ادریسی و تاپسیس بهره گرفته شده است. در نهایت ارزیابی‌ها و بررسی‌ها نشان می‌دهد که میانگین تاب‌آوری نواحی منطقه یک شهرداری تهران معادل ۰.۸۷ است. بر این اساس پیشنهادها و راهبردها به منظور ارتقای میزان تاب‌آوری منطقه مورد مطالعه ارائه شده است. همچنین در ارتباط با مهمترین پژوهش‌های خارجی صورت گرفته در ارتباط با موضوع حاضر می‌توان گفت مایانگا [۶] در مطالعه‌ای درباره ارزیابی اجتماعات تاب‌آور مبتنی بر اندازه‌گیری پنج نوع سرمایه (سرمایه اجتماعی، اقتصادی، فیزیکی، انسانی و طبیعی) برای هر نوع سرمایه شاخص‌هایی را در ارتباط با سنجش تاب‌آوری پیشنهاد کرده است. در پژوهشی دیگر لانتادا و همکاران [۷] در تحقیقی ضمن مدل‌سازی آسیب‌پذیری شهر بارسلون با استفاده از مدل RISK_UE، با به‌کارگیری مدل‌های موجود در زمینه تخمین خسارات به ارزیابی خسارات انسانی و اقتصادی در شهر بارسلون پرداخته‌اند. با توجه به موارد یادشده هدف اصلی این پژوهش عبارت است از: «سنجش و ارزیابی میزان آسیب‌پذیری فضاهای شهری محله زرگنده و اتخاذ راهکارهایی برای تاب‌آور کردن آنها». در ادامه به بررسی مبانی و چارچوب نظری تحقیق پرداخته می‌شود.

مبانی و چارچوب نظری

مفهوم تاب‌آوری

واژه تاب‌آوری، اغلب به مفهوم «بازگشت به گذشته» به کار می‌رود که از ریشه‌ی لاتین «Resilio» به معنای «برگشت به عقب» گرفته شده است [۸]. واژه تاب‌آوری (Resilience) در فرهنگ لغات، توانایی بازبایی یا بهبود سریع، تغییر، شناسایی و کشسانی و همچنین خاصیت فیزی و ارتجاعی ترجمه شده است. البته این واژه‌ها رسایی و گویایی لازم را برای انتقال مفهوم این واژه ندارند؛ به همین دلیل ترجمه تاب‌آوری به عنوان معادل فارسی این واژه اصطلاح بهتر و مناسب‌تری است. واژه تاب‌آوری را می‌توان به صورت توانایی بیرون آمدن از شرایط سخت یا تعدیل آن تعریف کرد. در واقع تاب‌آوری، توانایی سیستم برای بازگشت به تعادل و یا حالتی پایدار پس از اختلال را نشان می‌دهد [۹]. برای مثال تبیین توضیح می‌دهد که پایداری و تاب‌آوری برای مدیریت

جدول ۱: تعاریف تاب‌آوری مرتبط با بحران [۱۹، ۱۶، ۳]

سال	تعاریف
۲۰۱۰	تاب‌آوری به ظرفیت جذب و عملکردهای اساسی و ویژه در طی سوانح و نیز ظرفیت بازیابی " برگشت به تعادل " پس از سانحه اطلاق می‌شود.
۲۰۱۱	براهمیت آموزش در تاب‌آوری تاکید دارند. به عبارت دیگر توانایی کسب تجربه از شرایط بحرانی و استفاده بهینه از این تجارب در آینده است.
۲۰۱۲	تاب‌آوری فرآیند پویایی است و در افرادی به وجود می‌آید که می‌توانند با گذشت زمان خود را با شرایط منطبق و به شرایط پاسخ دهند. این فرآیند به آنها این امکان را می‌دهد که بتوانند سرپا بایستند و عملکرد سالم خود را حفظ کنند.
۲۰۱۳	فرآیند دگرگونی تقویت ظرفیت جمعیت، جوامع، سازمان‌ها و پیش‌بینی، بازدارندگی، بازیابی و دگرگونی کشورها پس از وقوع شوک‌ها، استرس و تغییرات را تاب‌آوری می‌نامند.
۲۰۱۴	شدت اختلالاتی که سیستم می‌تواند آن را جذب کند، قبل از اینکه ساختار سیستم از طریق تغییر متغیرها و فرآیندهایی که رفتار آن را کنترل می‌کند، به ساختار متفاوتی تبدیل شود.
۲۰۱۵	تاب‌آوری به ظرفیت سیستم‌های اکولوژیکی برای جذب اختلالات و نیز برای حفظ بازخوردها، فرآیندها و ساختارهای لازم و ذاتی سیستم اطلاق می‌شود.

تاب‌آوری به عنوان دگرگونی

این رویکرد بیشتر در ارتباط با تاب‌آوری اجتماعی و به عنوان ظرفیت جامعه برای واکنش به تغییر و به شکل سازگارانه است که به جای بازگشت ساده به حالت قبل می‌تواند به معنای تغییر به حالت نو که در محیط موجود پایدارتر است، باشد [۱۷]. رویکرد دگرگونی به تاب‌آوری برای درک چگونگی واکنشی که جامعه‌ای می‌تواند به شکلی مثبت به تغییر نشان دهد، مفید است و می‌پذیرد که تغییر غیرقابل اجتناب است و به جای اینکه تغییر را یک عامل فشار بداند، آن را چیزی در نظر می‌گیرد که جامعه به آن برای احیا به حالت اصلیش نیاز دارد. رویکرد تاب‌آوری به عنوان دگرگونی ویژگی پویایی جوامع و تعاملات انسان-اکوسیستم را می‌پذیرد و مسیرهای پتانسیل چندگانه درون آنها را قبول می‌کند [۱۸]. در جدول ۱ تعاریف و مفاهیم گوناگونی از تاب‌آوری که ارتباط آن با مدیریت بحران و خطرات ایجاد شده در جامعه و فضاهای شهری را نشان می‌دهد، آورده شده است.

تاب‌آوری در شهرها

شهر تاب‌آور شبکه‌ای پایدار از سیستم‌های کالبدی و جوامع انسانی است. منظور از سیستم‌های کالبدی مؤلفه‌های ساخته شده و طبیعی و منظور از جوامع انسانی، مؤلفه‌های اجتماعی و نهادی یک شهر است که شامل اجتماعات انسانی رسمی و غیررسمی، پایدار و منفرد هستند که در فضای شهری عمل می‌کنند [۲۰]. تاب‌آوری شهری نیز به معنای ظرفیت یک شهر برای جذب اختلالات است؛ در حالی که بتواند همان ساختار اولیه و روشهای عملکردی را حفظ کند. بنابراین تعریف، تاب‌آوری در مرحله اول شامل ظرفیت مقاومت در برابر ناهنجاری‌هاست که در مرحله بعد ریسک‌های آینده را کاهش دهد [۲۱]. از آنجا که الگوهای کاربری اراضی بستری برای این اجزای فیزیکی و اجتماعی هستند، لذا تناسب این الگوها با خطرات و توجه به خطرات طبیعی در طراحی آنها نقش مهمی در حفظ تاب‌آوری این اجزا و در نتیجه تاب‌آوری کل شهر خواهد داشت [۲۲].

تاب‌آوری کالبدی

یکی از ابعاد چهارگانه تاب‌آوری بعد کالبدی-محیطی (زیرساختی) است که به طور اساسی واکنش جامعه و ظرفیت

جامع فاجعه از یک نقطه نظر ثابت نظری آسان است؛ اما در اجرا تا زمانی که روابط بین این دو به بسیاری از فاکتورهای اجتماعی، اقتصادی، سیاسی و فیزیکی وابسته است مشکل می‌نماید؛ چرا که آسیب‌پذیری و تاب‌آوری موضوعات مختلف و اما دارای اشتراک پذیرفته شده به وسیله پایداری را ترکیب کرده‌اند [۱۰]. در ادامه مطرح می‌شود که لازم است تا تاب‌آوری به عنوان سودی اجتماعی حاصل از تلاش جمعی شناخته شود تا بتوان به یک سرمایه و ظرفیت جمعی برای مقابله با فشار دست یافت. به بیانی دیگر، مفهوم تاب‌آوری گام به گام تکامل یافت و توجه از مفهوم اولیه اکولوژیکی آن به سمت مفهوم اجتماعی-اکولوژیکی و سپس به سمت مفهوم اجتماعی جلب شد [۱۱، ۱۲، ۱۳].

رویکردهای مفهومی تاب‌آوری

تاب‌آوری به عنوان پایداری

رویکرد پایداری نسبت به تاب‌آوری از مطالعات اکولوژیکی که تاب‌آوری را به عنوان توانایی بازگشت به حالت قبل تعریف می‌کند، بسط یافته است. این رویکرد تاب‌آوری را به صورت مقدار اختلالی که یک سیستم قبل از اینکه به حالت دیگری منتقل شود، می‌تواند تحمل یا جذب کند، تعریف می‌کند [۱۴]. برخی محققان آستانه‌ای را فراتر از آنچه جامعه سانحه‌زده قادر به بازگشت به حالت عملکردی خود نیست را در نظر می‌گیرند؛ چون جامعه‌ای تاب‌آور دارای آستانه بالایی است و قادر به جذب فشار زیادی است؛ البته قبل از اینکه از حد آستانه‌اش بگذرد [۱۵].

تاب‌آوری به عنوان بازیابی

رویکرد بازیابی از تاب‌آوری در ارتباط با توانایی جامعه برای «بازگشت به گذشته» از تغییر یا عامل فشار و برگشت به حالت اولیه آن است. تاب‌آوری در اینجا معیاری است که به عنوان زمان صرف شده یک جامعه برای بازیابی از تغییر اندازه‌گیری می‌شود [۱۶]. جامعه تاب‌آور قادر به برگشت نسبتاً سریع به وضعیت قبلی است؛ در حالی که جامعه‌ای که تاب‌آوری کمتری دارد، ممکن است زمان بیشتری را صرف بازیابی خود کند یا اصولاً قادر به بازیابی نباشد.

بازیابی بعد از سانحه نظیر پناهگاه، واحدهای مسکونی خالی یا اجاره‌ای و تسهیلات سلامتی را ارزیابی می‌کند. شاخص‌ها و متغیرهای بعد کالبدی-محیطی یکی از ابعاد تأثیرگذار در سنجش سطح تاب‌آوری، بعد کالبدی است که از طریق آن میتوان وضعیت جامعه را از نظر ویژگی‌های فیزیکی و جغرافیایی تأثیرگذار در مواقع بروز سانحه ارزیابی کرد. به همین منظور، برای سنجش این بعد متغیرهایی مانند مقاومت ساختمان محل سکونت خانوارها، تراکم جمعیت، دسترسی به خدمات و مراکز امدادرسانی، کاربری‌های ناسازگار، وضعیت فضاهای باز و زمین بستر و غیره بررسی می‌شوند. در ادامه به هر کدام از مؤلفه‌ها و عوامل مؤثر بر آسیب‌پذیری و نیز تاب‌آوری کالبدی در شهرها و فضاهای شهری پرداخته می‌شود:

عوامل مؤثر بر تاب‌آوری کالبدی شهری

• فرم شهر

به گفته‌ی لینچ فرم شهر متشکل از همه‌ی عناصر و اجزای کالبدی قابل رؤیت شهر، همه‌ی عناصر طبیعی و مصنوع، تبلور فضایی و شکل فعالیت‌های جوامع است. مفهوم آسیب‌پذیری در تعریف و تبیین فرم شهر و عناصر تشکیل‌دهنده‌ی آن می‌تواند در قالب چند ترکیب خاص صورت پذیرد: موقعیت قرارگیری، ساخت و سازماندهی الگوی فضایی-کالبدی و بافت.

• اندازه‌ی شهر

ویژگی دیگری که بر ارزیابی آسیب‌پذیری شهر و اجزای آن استفاده می‌شود، اندازه‌ی شهر است. اندازه ویژگی کمی است و هر چیز قابل سنجش با ویژگی‌های کمی دارای اندازه است. مفاهیم گوناگون اندازه شهر در سطوح مختلف:

الف. اندازه به مفهوم مشخصات کالبدی و فضایی شهر (سطح، حجم و فاصله)؛

ب. اندازه به مفهوم ظرفیت یا حجم فعالیت‌های مختلف؛

پ. اندازه در مفهوم تراکم جمعیت.

• الگوی شهر

یکی از ویژگی‌هایی مورد مطالعه برای بررسی آسیب‌پذیری شهر و اجزای آن الگوی شهر است. لینچ بر این عقیده است که الگو در شهرسازی چگونگی همجواری عناصر و اجزای کالبدی تشکیل‌دهنده‌ی شهر است که دارای نظام و قانونمندی مشخص است [۲۳].

ارتباط بین تاب‌آوری و آسیب‌پذیری

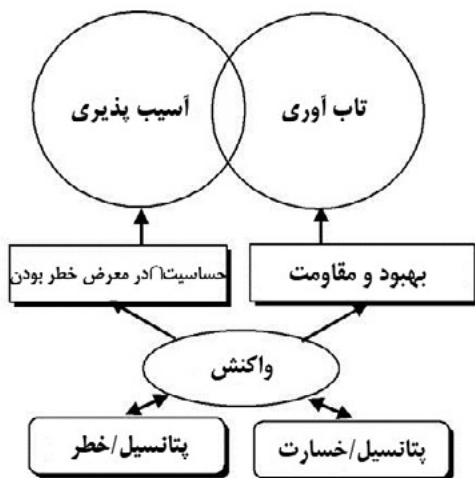
به نظر بسیاری از محققان مدیریت سوانح، تاب‌آوری و آسیب‌پذیری دو مفهوم کلیدی در مطالعه خطرات طبیعی هستند. آسیب‌پذیری ویژگی یا کیفیت ذاتی سیستم‌های اجتماعی است که پتانسیل آسیب را به دنبال دارد و تابع جنبه‌های در معرض خطر قرار گرفتن^۱ (چه چیز یا چه کسی در خطر است؟)، حساسیت^۲ (میزان آسیب دیدگی افراد و مکان‌ها) و ظرفیت واکنش^۳ است که به‌طور کلی تنها بر وضعیت سیستم قبل از سانحه تکیه و برای آمادگی در برابر خطرات آتی مفید است و با حرکت از یک نقطه به نقطه دیگر یا بازسازی بعد از سانحه تغییر میکند [۲۴].

اما تاب‌آوری توانایی یک سیستم در واکنش و بازیابی از سوانح بوده و شامل شرایط ذاتی است که به سیستم اجازه می‌دهد

تأثیرات را جذب و با فرآیندهای سازگاری در سازماندهی دوباره، تغییر و درس گرفتن از واکنش‌ها انطباق پیدا کند. در همین ارتباط نظر اتحادیه تاب‌آوری^۴ هم بر این است چیزی که آسیب‌پذیر باشد، تاب‌آور نیست و برعکس. در این مورد، تاب‌آوری عاملی از آسیب‌پذیری است و آسیب‌پذیری نیز عاملی از تاب‌آوری. اما این نوع از تعبیر به نظر بسیاری از محققان ساده است و به عبارت دیگر دور تسلسل است؛ سیستم آسیب‌پذیر است چون تاب‌آور نیست و تاب‌آور است، زیرا آسیب‌پذیر نیست. در تصویر ۱ ارتباط میان مفاهیم تاب‌آوری و آسیب‌پذیری بیان شده است.

روش تحقیق و ابزارها

روش شناسی این تحقیق از نظر تحلیل داده‌ها و اطلاعات عمدتاً مبتنی بر رویکرد کمی تحقیق است. همچنین روش تحقیق از نظر هدف توصیفی-تحلیلی بوده و از نظر روش گردآوری اطلاعات از مطالعات کتابخانه‌ای (اسنادی)-میدانی بهره می‌گیرد. بنابراین روش تحقیق به کار گرفته شده در این پژوهش، ترکیبی از روش‌های مشاهده، بازدید میدانی و بررسی متون و داده‌های اسنادی است. پس از مطالعه مبانی نظری تحقیق و جمع‌آوری اطلاعات که از بررسی متون، اسناد، منابع داخلی و خارجی استخراج می‌شود، ساختار بخش نظری پژوهش شکل می‌گیرد. در گام بعد و در راستای دستیابی به روابط بین متغیرها و شناخت روابط علی از روش تحلیلی استفاده می‌شود. در این مرحله و با توجه به چارچوب استخراج‌شده از مبانی نظری تحقیق، فضاهای شهری محله زرگنده بر اساس اصول و معیارهای تاب‌آوری کالبدی و میزان آسیب‌پذیری اولویت‌بندی شده و در پایان به منظور ساماندهی فضاهای شهری و بهبود تاب‌آوری محدوده مورد مطالعه راهکارهایی ارائه می‌شود. در این پژوهش شاخص‌های مورد نظر برای ارزیابی آسیب‌پذیری با مطالعه اسناد و منابع داخلی و خارجی بررسی شده و چارچوب‌های سنجش تاب‌آوری کالبدی و تجارب موفق در این زمینه استخراج شده است. سپس با استفاده از نظرات کارشناسان و متخصصان علوم شهری در قالب پرسش‌نامه، به ارزیابی معیارها و زیرمعیارها با استفاده از روش



تصویر ۱: ارتباط بین آسیب‌پذیری و تاب‌آوری [۲۴]

جدول ۲: مقادیر ضرب هماهنگی کندال و میزان اطمینان نسبت به ترتیب عوامل [۲۵]

مقدار W	تفسیر	اطمینان نسبت به ترتیب عوامل
۰,۱	اتفاق نظر بسیار ضعیف	وجود ندارد
۰,۳	اتفاق نظر ضعیف	کم
۰,۵	اتفاق نظر متوسط	متوسط
۰,۷	اتفاق نظر قوی	زیاد
۰,۹	اتفاق نظر بسیار قوی	خیلی زیاد

معیارهای مشابهی را برای قضاوت درباره اهمیت هریک از مقوله‌ها به کار برده‌اند و از این لحاظ با هم اتفاق نظر دارند [۲۵]. ضرب هماهنگی کندال (W) با استفاده از رابطه ۱ محاسبه می‌شود.

$$W = \frac{S}{\frac{1}{12} K^2 (N^3 - N)} \quad \text{رابطه ۱:}$$

S: حاصل جمع مربعات انحراف‌های از میانگین

K: تعداد متخصصان

N: تعداد عوامل رتبه‌بندی شده

با توجه به جدول ۲ مقدار این ضریب در صورت وجود هماهنگی کامل برابر با ۱ و در صورت عدم هماهنگی کامل برابر با صفر خواهد بود. پس از تکمیل پرسشنامه متخصصان برای نهایی کردن ترتیب اهمیت و اولویت معیارها و زیرمعیارهای پژوهش، ضریب هماهنگی کندال برای این پژوهش برابر با ۰,۶۷ به دست آمد. با توجه به جدول ۲ و معیار اتفاق نظر، ضریب به دست آمده دارای اتفاق نظر مناسب و نزدیک به قوی است. بنابراین با درصد بالایی از احتمال می‌توان به ترتیب اهمیت و اولویت معیارها و زیرمعیارها اعتماد کرد.

روش تحلیل سلسله مراتبی AHP پس از آگاهی از نظرات متخصصان به واسطه توزیع پرسشنامه‌های یادشده برای اولویت‌بندی معیارها و زیرمعیارهای منتخب در پژوهش از روش تحلیل سلسله مراتبی AHP و نرم افزار Expert Choice استفاده شد. در همین راستا معیارها و زیرمعیارهای اولویت‌بندی شده توسط متخصصان به صورت دودویی و در مقیاس ۹ کمیتی توماس ال ساعتی نسبت به یکدیگر رتبه‌بندی و ارزش‌گذاری شده و در نهایت امتیاز وزنی هر معیار محاسبه شد. جدول ۳ میزان و درصد اهمیت هریک از معیارها و زیرمعیارهای نهایی این پژوهش را برای سنجش آسیب‌پذیری محدوده مورد مطالعه نشان می‌دهد. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از روش بالا معیار دسترسی با حدود ۴۹ درصد مهمترین معیار در راستای ارزیابی آسیب‌پذیری است. پس از آن معیار تراکم با ۱۹ درصد در جایگاه دوم و معیار شبکه ارتباطی با حدود ۱۳ درصد در جایگاه سوم قرار دارد. معیارهای ویژگی‌های زمین-بستر و مقاومت ساختمان هم به ترتیب با ۱۱ و ۸ درصد در رتبه‌های بعدی از نظر اهمیت در ارزیابی آسیب‌پذیری محدوده قرار گرفته است.

تحلیل سلسله مراتبی (AHP) پرداخته شده است. سپس به منظور ارزیابی میزان آسیب‌پذیری، به کمک روش درون‌یابی تراکمی و نیز دستورات raster reclassify و raster calculator در نرم‌افزار GIS، با محاسبه وزن و ضریب اهمیت هریک از زیرمعیارهای پژوهش، سطح محله زرگنده بر اساس تراکم وجود هریک از عناصر مؤثر در میزان آسیب‌پذیری به مناطقی همگن تقسیم شده است. در ادامه تکنیک‌های به‌کارگرفته‌شده برای تبیین و ارزیابی شاخص‌ها برای سنجش توضیح داده می‌شود.

بررسی توصیفی

بررسی‌های توصیفی بر مبنای امتیاز هر شاخص بر اساس طیف ارزش‌گذاری لیکرت و با در نظر گرفتن اختلاف از میانه نظری انجام می‌شود. ارزش‌گذاری یادشده در راستای آگاهی از نظرات متخصصان و برای نهایی کردن شاخص‌ها و معیارهای پژوهش حاضر انجام شده است. لازم به ذکر است در طیف لیکرت، ارزش کمتر یا آنها که پیرامون و نزدیک ۱ هستند، به عنوان کمترین میزان نسبت به استاندارد و ارزش‌های بالا یعنی نزدیک ۵ به عنوان بیشترین میزان نسبت به میزان استاندارد در نظر گرفته شده‌اند.

تکنیک دلفی

روشی که می‌کوشد تا با استفاده از اعمال نظر کارشناسان صاحب نظر، رابطه میان تأثیر هریک از شاخص‌ها و زیرشاخص‌های پژوهش را در ارتباط با موضوع کلی پژوهش کشف و تعیین کند. این میزان تأثیر توسط توزیع پرسش‌نامه‌های مختلف ویژه کارشناسان و برگزاری جلسه‌های مختلف برای رسیدن به نتیجه و با استفاده از مقایسه‌ی دودویی معیارها و زیرمعیارها بر اساس طیف ارزش‌دهی لیکرت تدوین شده است. گفتنی است، در راستای تکمیل پرسشنامه و تعیین اوزان معیارها و زیرمعیارهای پژوهش ۳۰ نفر از متخصصان علوم شهری در رشته‌های برنامه‌ریزی شهری، طراحی شهری و معماری همکاری کردند.

ضریب هماهنگی کندال

در پژوهش حاضر، برای تعیین میزان اتفاق نظر میان اعضای پانل از ضریب هماهنگی کندال استفاده شده است. این ضریب در واقع مقیاسی برای تعیین درجه هماهنگی و موافقت میان چندین دسته رتبه‌بندی مربوط به N شیء یا فرد است. به عبارتی، با کاربرد این مقیاس می‌توان همبستگی رتبه‌ای میان K مجموعه رتبه را یافت. ضریب هماهنگی کندال نشان می‌دهد افرادی که چند مقوله را بر اساس اهمیت آنها مرتب کرده‌اند، اساساً

جدول ۳: ارزش‌گذاری هریک از معیارها و زیرمعیارهای مورد مطالعه با روش AHP

میزان آسیب‌پذیری	میزان آسیب‌پذیری	زیرمعیار	نرخ ناسازگاری	میزان آسیب‌پذیری نهایی
مقاومت ساختمان	۰.۰۷۳	قدمت ابنیه	۰.۰۲	۰.۳۸۳
		نوع اسکلت ابنیه		۰.۲۶۹
		کیفیت ابنیه		۰.۱۴۹
		مصالح نما		۰.۰۴۵
		مساحت قطعات (متر مربع)		۰.۰۵۶
		تراکم ساختمانی (ارتفاع)		۰.۰۹۹
تراکم	۰.۱۹۴	تراکم جمعیتی (نفر در هکتار)	۰	—
شبکه ارتباطی	۰.۱۲۹	عرض معابر	۰	۰.۷۵
		پیوستگی شبکه راه		۰.۲۵
		دسترسی به معابر اصلی (متر)		۰.۱۰۲
		دسترسی به بیمارستان و مراکز درمانی (متر)		۰.۲۵۹
دسترسی	۰.۴۹۲	دسترسی به مراکز آموزشی (متر)	۰.۰۵	۰.۰۷۰
		فاصله تا فضاهای سبز و باز محله (متر)		۰.۵۶۹
		درصد شیب اراضی		۰.۱۶۷
خصوصیات زمین-بستر	۰.۱۱۳	فاصله از رود دره (متر)	۰	۰.۸۸۳

شناخت محدوده مطالعه

کارخانه رنگ‌سازی که اکنون به محوطه دانشگاه آزاد اختصاص ضمیمه شده، جزو ابنیه تاریخی این محله محسوب می‌شوند. تأثیر این ویژگی‌ها در بافت و سیمای شهری بخش‌های متفاوت انقدر بارز است که در نگاه اول جلب توجه می‌کند [۲۶]. در تصویر ۲ موقعیت جغرافیایی محله حسن‌آباد زرگنده در منطقه ۳ شهر تهران و موقعیت منطقه ۳ در شهر تهران مشخص شده است.

مواجهه محدوده مورد مطالعه با مخاطرات طبیعی احتمالی

با توجه به موضوع پژوهش، بررسی عوامل ایجادکننده آسیب در محله زرگنده که موجب افزایش آسیب‌پذیری فضاهای شهری در محدوده مورد مطالعه می‌شود، ضروری به نظر می‌رسد. از طرفی، محله زرگنده جزو محدوده‌های متراکم و متمرکز دسته‌بندی می‌شود. بافت فرسوده زرگنده وسعتی معادل ۱۲،۵۹ هکتار، متشکل از ۹۰۵ قطعه با متوسط مساحت معادل ۱۰۶ مترمربع و با جمعیتی در حدود ۵۵۶۹ نفر و تراکم خالص ۴۲۲ نفر در هکتار است. به علاوه، بافت فرسوده حدود ۴۰-۲۵ درصدی سطح محله یکی از مهمترین معضلات جدی محله است. در این میان، ریزدانی واحدهای مسکونی و کم‌عرض بودن و نازیبایی برخی معابر محله و توقفگاهی شدن آنها از مشکلات اصلی بافت فرسوده محله حسن‌آباد زرگنده است [۲۷]. بنابراین در ادامه به مطالعه ویژگی‌های طبیعی از جمله گسل‌ها و مسیل‌های موجود در منطقه که خطر بروز بلایای طبیعی همچون زلزله و سیلاب را افزایش می‌دهند، پرداخته می‌شود. به طور کلی زلزله، سیل و آتش‌سوزی عمده‌ترین سوانحی است که منطقه ۳ شهر تهران و بالطبع محدوده مورد مطالعه این پژوهش را تهدید می‌کند.

محله حسن‌آباد زرگنده در شمال مرکزی تهران واقع شده که قبلاً جزو نقاط ییلاقی تهران محسوب می‌شد. پهنه محدوده زرگنده از شمال به بزرگراه صدر، از شرق به خیابان شریعتی، از جنوب به خیابان وحید دستگردی و از غرب به بزرگراه مدرس محدود می‌شود. زرگنده بخشی از ناحیه ۲ منطقه ۳ شهرداری تهران به مساحت تقریبی ۱۲۹ هکتار است. در سرشماری ۱۳۳۵ روستای زرگنده جزو قلهک و شمیران بود [۲۶]. بیشترین میزان جمعیت در این محدوده مربوط به دهه ۷۰ شمسی است. در حالی که با گذشت ۱۰ سال به علت تغییرات جمعیتی و تغییرات کلی بافت سکونت منطقه ۳ و در پی آن محله زرگنده، شاهد کاهش جمعیت و شتاب رشد آن در سال ۱۳۸۵ نسبت به دوره‌های گذشته هستیم. اما از طرفی جمعیت محله زرگنده بر طبق امار ۱۳۹۰ برابر با ۴۸۰۵۰ نفر است که در مقایسه با جمعیت محله در سال ۱۳۸۵ افزایش یافته است.

وجه تسمیه زرگنده به کشف سکه و کوزه‌های با ارزش موجود در تپه‌های آن برمی‌گردد. سال‌ها مردمان زیادی به بهانه یافتن زر و سیم به این محله می‌آمدند تا شاید بتوانند چیزی درخور نام این محله به دست آورند. وجود قنوات، آب‌های زیرزمینی و مسیل زرگنده (رودکی) نشانگر روزهای شادابی و طراوت این محله است. محله دارای بافت فرسوده و ساکنان آن شامل دو گروه هستند؛ گروهی که همان ساکنان قدیمی و بومی روستای حسن‌آباد زرگنده بوده‌اند و گروهی که از شهرهای دیگر به این محله خوش‌اب‌وهوا مهاجرت کرده‌اند. آستانه مبارک امامزاده اسماعیل (ع) و محوطه

۱۳۲

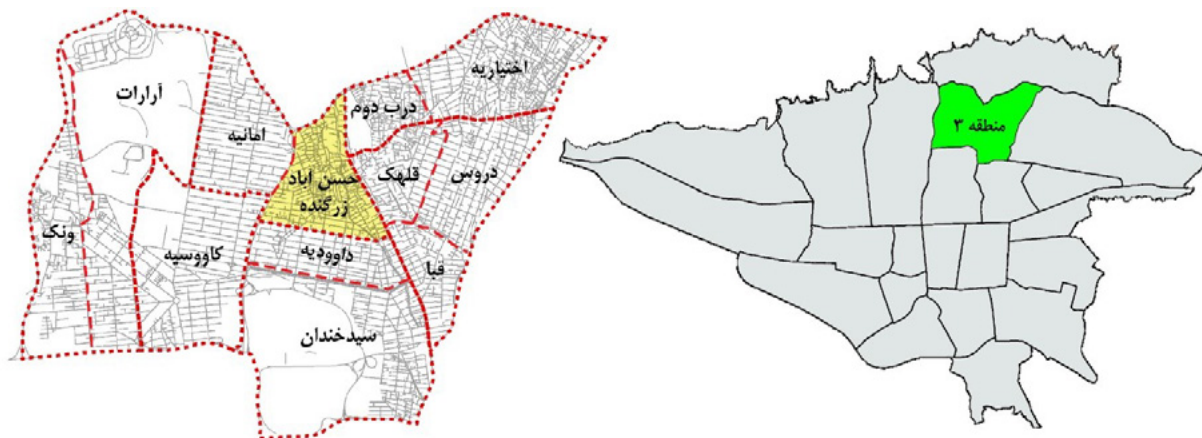
شماره هجدهم

پاییز و زمستان
۱۳۹۹

دوفصلنامه
علمی و پژوهشی

مجله
میراث

پیش‌بینی
سنجش آسیب‌پذیری فضاهای شهری در برابر مخاطرات
فیزیکی با رویکرد تاب‌آوری کالبدی



تصویر ۲: موقعیت جغرافیایی محله زرگنده در منطقه ۳ و شهر تهران [۲۶]

شبکه ارتباطی و دسترسی‌های موجود در آن ضروری به نظر می‌رسد [۲۶].

تحلیل یافته‌ها

با توجه به ارزش‌گذاری انجام‌شده در ارتباط با هریک از معیارها و زیرمعیارها در جدول ۳ با استفاده از نرم‌افزار GIS و روش درون‌یابی تراکمی، سطح محله زرگنده بر اساس تراکم وجود هریک از عناصر مؤثر در میزان آسیب‌پذیری و با لحاظ کردن ضرایب آنها به مناطقی همگن از نظر میزان آسیب‌پذیری و تاب‌آوری کالبدی تقسیم می‌شود. در این راستا و برای تولید نقشه‌های آسیب‌پذیری در نرم‌افزار GIS از دستور *raster reclassify* برای اولویت‌بندی هریک از معیارها بر اساس طیف لیکرت و دستور *raster calculator* برای محاسبه وزن و ضریب اهمیت هریک از زیرمعیارهای پژوهش استفاده شده است.

همچنین میزان آسیب‌پذیری نهایی پس از ارزیابی آسیب‌پذیری محدوده مورد مطالعه نسبت به ۵ معیار در نظر گرفته شده برای سنجش (تصویر ۳) در این پژوهش محاسبه شد. با توجه به ضریب و درصد اهمیت هریک از معیارهای سنجش لازم است تا ارزیابی آسیب‌پذیری نهایی در محله زرگنده از ترکیب لایه‌های مرتبط با آسیب‌پذیری هرکدام از معیارهای یادشده و با اعمال وزن و ضریب هریک به دست آید. با توجه به جدول ۳ که میزان اهمیت هریک از معیارها و زیرمعیارهای پژوهش در آن مشخص شده، در نهایت با استفاده از منطق فازی و دستور *Raster Calculator* در نرم‌افزار GIS لایه‌های مرتبط با آسیب‌پذیری هریک از معیارها با هم ترکیب شده و آسیب‌پذیری نهایی محدوده مطالعه به دست می‌آید.

از مشاهده تصویر ۴ مشخص می‌شود پهنه‌های شمالی، غربی و جنوب شرقی محله دارای کمترین میزان آسیب‌پذیری هستند. در پهنه شمالی به دلیل وجود فضاهای سبز و باز، فضاهای آموزشی و درمانی نظیر بیمارستان و درمانگاه‌ها، همچنین به دلیل وجود دسترسی مناسب به این فضاها احتمال آسیب‌پذیری فضاهای شهری در زمان وقوع سوانح طبیعی کمتر بوده و در برخی بخش‌های این پهنه به سمت کمترین میزان آن (عدد ۱) میل

خطر زمین‌لرزه

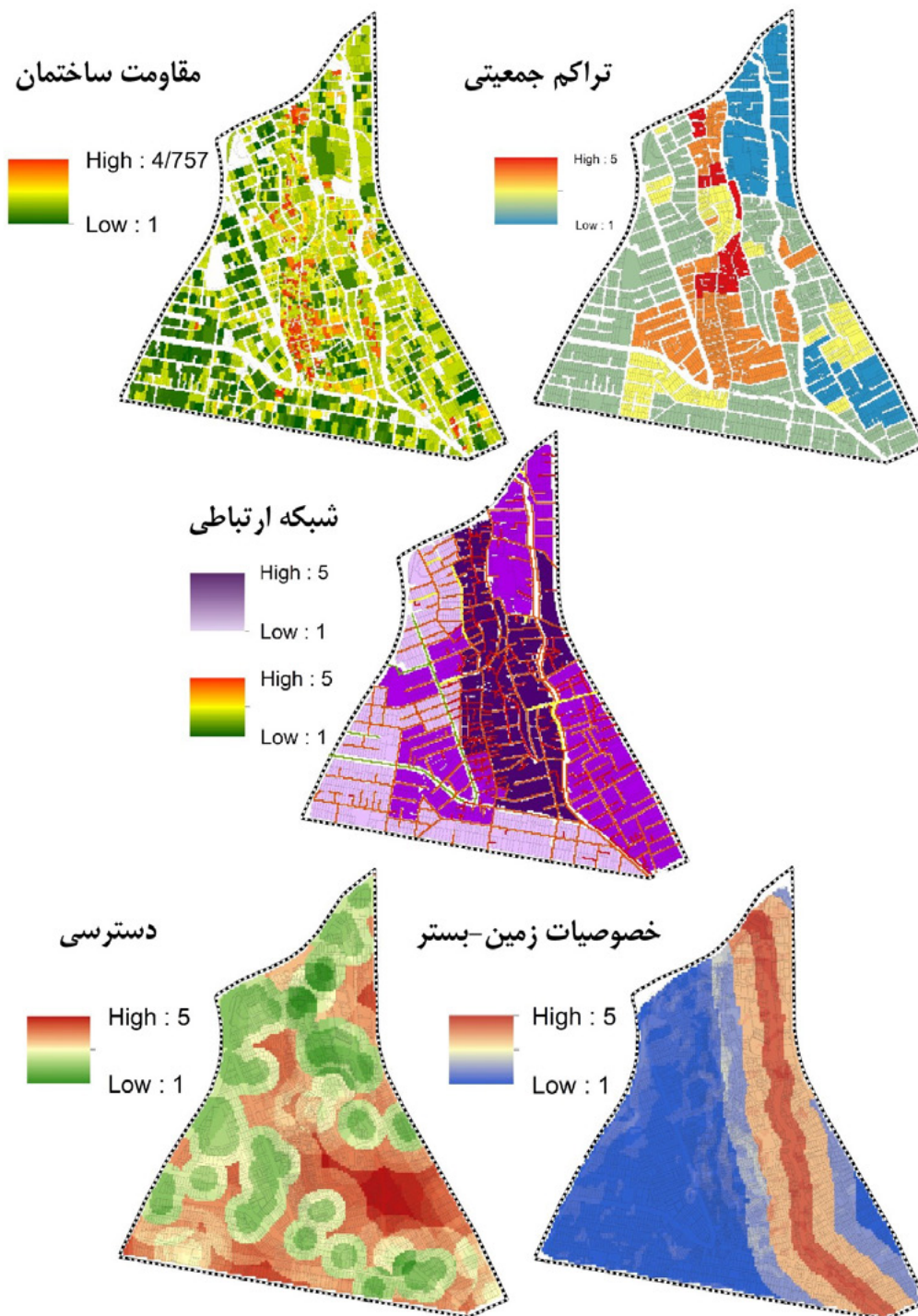
در سطح شهر تهران سه گسل اصلی شمال تهران، مشاء و ری وجود دارند که خطر اصلی زلزله شهر تهران محسوب می‌شوند. اما با در نظر گرفتن گسل‌های منطقه سه شهر تهران و حرایم ۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۱۵۰۰ متری آنها می‌توان دریافت در محله زرگنده به عنوان محدوده مورد مطالعه هیچ گسلی وجود ندارد. اما این بدان معنا نیست که از آسیب‌پذیری در برابر زلزله مصون است؛ زیرا ممکن است گسل‌های پنهان در زیر لایه‌های رسوبی شهر تهران وجود داشته باشد که در چنین صورتی تعیین مکان دقیق آنها دشوار و احتمال رویداد زلزله در هر جای شهر یکسان خواهد بود [۲۶].

خطر سیلاب

در شهر تهران هفت رود دره اصلی دارآباد، درکه، کن، فرحزاد، دربند، خرگوش‌دره و گلابدره جریان دارند که از این رود دره‌ها انشعابات به شکل مسیل و کانال از منطقه عبور می‌کنند. مسیل مقصودبیک از جنوب میدان تجریش شروع می‌شود و آب مسیل‌های سعدآباد، دربند و گلابدره به این مسیل می‌ریزد. این مسیل دارای بستری خاکی است و عمدتاً در طول مسیر دیواره سازه‌ای دارد. در بیشتر قسمت‌ها کف مسیل شسته شده است. این رود دره با عبور از محله زرگنده نقش مهمی برای برنامه‌ریزی در راستای کاهش آسیب‌پذیری و بهبود تاب‌آوری کالبدی در محدوده مورد مطالعه این پژوهش ایفا می‌کند.

خطر آتش‌سوزی

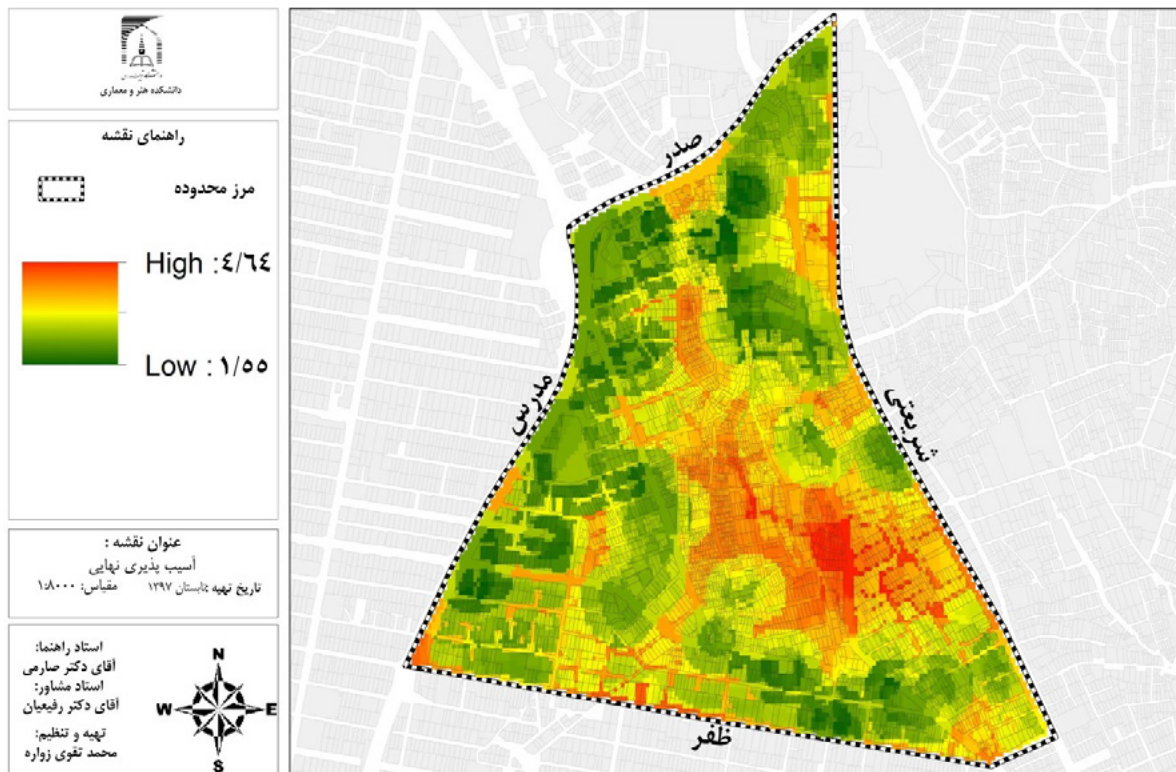
آتش‌سوزی به عنوان یکی از مخاطرات بالقوه در بافت شهرها حائز اهمیت است. به طور معمول علل آتش‌سوزی گوناگون بوده و با درگیر کردن بخش‌های تجاری، صنعتی، مسکونی و غیره خسارات شدید انسانی و مالی به فضاهای شهری وارد می‌کند. در حال حاضر، شهرداری تهران دارای ۱۲۹ ایستگاه آتش‌نشانی فعال در سطح شهر تهران است که از این تعداد ۸ ایستگاه در منطقه ۳ شهرداری واقع است. اما از نکات قابل توجه، قرار نداشتن ایستگاه آتش‌نشانی در محدوده مطالعه و افزایش ضریب خطر در زمان وقوع سوانح طبیعی است. بنابراین برنامه‌ریزی برای احداث ایستگاه آتش‌نشانی در محدوده با توجه به وضعیت نامناسب



تصویر ۳: وضعیت آسیب‌پذیری محدوده نسبت به معیارهای پژوهش

ابنیه موجود، وضعیت آسیب‌پذیری به صورت کم و بهینه ارزیابی می‌شود. در ادامه با حرکت به سمت پهنه جنوب شرقی محدوده و با نزدیک شدن به مرز محله در این قسمت‌ها نیز شاهد کم بودن آسیب‌پذیری کالبدی هستیم. از جمله دلایل کم بودن آسیب‌پذیری در این قسمت از محله می‌توان به دسترسی مناسب به مراکز درمانی، آموزشی، فضاهای سبز و باز، معابر نسبتاً عریض، انتظام و پیوستگی مناسب بلوک‌ها و نیز وجود ساختمان‌های نوساز و مقاوم اشاره کرد. اما از سویی دیگر، با نگاه به پهنه‌های

می‌کند. با حرکت از پهنه شمالی به سمت پهنه غربی محدوده و به ویژه با نزدیک شدن به لبه غربی محله و بزرگراه مدرس کماکان شاهد کمتر شدن آسیب‌پذیری محدوده در مقایسه با سایر قسمت‌های آن هستیم. در این قسمت از محله زرگنده به دلیل وجود معابر دارای عرض مناسب، انتظام و پیوستگی معابر و بلوک‌های موجود، وجود برخی فضاهای مناسب برای کاهش آسیب‌پذیری نظیر فضاهای سبز و باز و نیز استفاده از مصالح مقاوم در ساخت‌وسازهای این محدوده در کنار نوساز بودن بیشتر



تصویر ۴: وضعیت آسیب پذیری نهایی محدوده

آسیب پذیری بالاتر از یک است و این خود بدان معنی است که در بخش هایی از محله که آسیب پذیری در کمترین مقدار خود قرار دارد، برخی از عوامل و معیارهای ایجاد آسیب پذیری همچنان محله را تهدید می کند و ثانیاً از سوی دیگر حد بالای موجود کمتر از ۵ است که این مقدار هم مبین آن است که در نقاطی از محله زرگنده که بیشترین احتمال آسیب پذیری کالبدی وجود دارد، همه شرایط و عوامل ایجاد کننده آسیب حداکثری نبوده و در بدترین شرایط خود به سر نمی برند.

نتیجه گیری و پیشنهادها

هدف کلی از پژوهش فوق، گذار از مفهوم سازی های کیفی به معیارهای کمی در جهت شناخت بهتر عوامل مؤثر در تاب آوری کالبدی و بررسی عوامل درگیر است. بنابراین می توان نتیجه گرفت معیارهایی نظیر مقاومت ساختمان، تراکم، شبکه ارتباطی، دسترسی و خصوصیات زمین-بستر به عنوان معیارهای سنجش تاب آوری کالبدی، برای ارزیابی آسیب پذیری در برابر سوانح طبیعی مهم به شمار می روند. مهمترین نتایج حاصل از معیارهای پژوهش در ادامه بررسی می شود.

بر اساس نظرات متخصصان و فرایند تحلیل سلسله مراتبی می توان گفت معیار دسترسی با حدود ۴۹ درصد مهمترین معیار در راستای ارزیابی آسیب پذیری بوده است. پس از آن معیار تراکم با ۱۹ درصد در جایگاه دوم و معیار شبکه ارتباطی با حدود ۱۳ درصد در جایگاه سوم قرار دارد. معیارهای خصوصیات زمین-بستر و

مرکزی محدوده در تصویر بالا می توان دریافت آسیب پذیری در وضعیت پیشینه قرار گرفته است. پهنه مرکزی محله که بافت فرسوده زرگنده عمده آن را تشکیل می دهد، با توجه به مقاومت پایین ساختمان ها و ابنیه موجود، عرض کم معابر، ناپیوسته بودن اکثر بلوک ها در کنار ریزدانی قطعات، تراکم بالای جمعیتی و نیز بالاتر بودن درصد شیب در این نقاط نسبت به سایر قسمت های محله، کمترین تاب آوری کالبدی را از خود در برابر سوانح طبیعی احتمالی نشان خواهد داد. همچنین با حرکت از پهنه مرکزی به سمت خیابان شریعتی و مرز شرقی زرگنده شاهد بیشتر شدن میزان آسیب پذیری و میل کردن آن به حالت پیشینه (عدد ۵) هستیم. از عمده دلایل قابل گفتن برای افزایش آسیب پذیری کالبدی در این پهنه می توان به نزدیک شدن به مسیر رودکی به عنوان یک بستر خطرزا در زمان بحران سیلاب، افزایش فاصله دسترسی تا مراکز پشتیبان و اسکان موقت نظیر فضاهای سبز و باز، درمانی و آموزشی و نیز وجود معابر بن بست و دارای عرض کم اشاره کرد. لازم به ذکر است در سایر پهنه های محدوده مورد مطالعه وضعیت آسیب پذیری به صورت میانه قابل دیدن است که می توان آن را به واسطه برهم کنش عوامل و معیارهای آسیب پذیر توجیه کرد. همچنین نکته قابل توجه در ارتباط با تصویر آسیب پذیری نهایی در بالا، حد عددی بالا و پایین موجود در آن است؛ به طوری که دیده می شود، مقدار عددی آسیب پذیری که در تصویر بالا به صورت عددی و در حالت فازی درج شده، مقداری بین ۱،۵۵ تا ۴،۶۴ را نشان می دهد. اعداد بالا گویای آن است که اولاً حد پایین

مقاومت ساختمان هم به ترتیب با ۱۱ و ۸ درصد در رتبه های بعدی قرار گرفته اند. با توجه به جدول ۳ در ارتباط با معیار دسترسی، فاصله تا فضاهای سبز و باز و دسترسی به مراکز آموزشی به ترتیب دارای بیشترین و کمترین تأثیر در میزان آسیب پذیری هستند. همچنین پراکنش بیشتر این فضاها در بخش های شمالی و غربی زرگنده موجب کاهش آسیب پذیری این بخش ها نسبت به سایر پهنه ها شده است. در رابطه با معیار تراکم جمعیتی، بلوک های فرسوده موجود در نوار مرکزی محله با تراکم جمعیتی بیش از ۳۵۰ نفر در هکتار دارای بیشترین میزان آسیب پذیری هستند. در مقابل، بخش های مرزی محدوده با متوسط تراکم جمعیتی ۲۰۰ نفر در هکتار کمترین میزان آسیب پذیری را از خود نشان می دهند. طبق آمار به دست آمده ۲۳ درصد از بلوک های زرگنده دارای وضعیت آسیب پذیری بالا در رابطه با معیار تراکم جمعیتی هستند. در ارتباط با معیار شبکه ارتباطی، عرض معابر به عنوان مهمترین عامل در برآورد میزان آسیب پذیری نقش دارد؛ به طوری که معابر نفوذناپذیر و دارای عرض کمتر از ۶ متر که عمدتاً در نوار مرکزی محدوده قرار دارند، به علت مختل کردن عملیات امداد و نجات در زمان بحران دارای بیشترین میزان آسیب پذیری هستند. این معابر در حدود ۲۰ درصد از کل شبکه ارتباطی زرگنده را شامل می شوند. در ارتباط با ویژگی های بستر زمین در محدوده مطالعه دو عامل وجود رودخانه و شیب زمین به ترتیب بیشترین اهمیت را دارا هستند. بر طبق نتایج، با توجه به استقرار مسیل رودکی در پهنه شرقی محدوده، شعاع ۱۵۰ متری این عارضه به عنوان پهنه های دارای آسیب پذیری بیشینه ارزیابی می شود. از طرفی با افزایش شیب زمین در بخش های مرکزی و غربی زرگنده تا حدود بالای ۴۰ درصد آسیب پذیری هم افزایش می یابد. در نهایت نتایج حاصل از ارزیابی معیار مقاومت ابنیه نشان می دهد حدود ۱۰ درصد از کل ابنیه زرگنده دارای قدمت بالای ۲۵ سال، ۱۳ درصد بناها دارای اسکلت چوبی و ناپایدار، ۲ درصد از کل ابنیه تخریبی و بالای ۴۰ درصد از کل ابنیه دارای مساحت کمتر از ۲۰۰ متر مربع (ریزدانه) هستند. ابنیه یادشده که عمدتاً در بخش های مرکزی و شرقی محدوده قرار گرفته اند، آسیب پذیری بیشتری را در مقایسه با ابنیه نوساز و مستحکم از خود نشان می دهند.

با توجه به نتایج به دست آمده، در ادامه راهکارهای پیشنهادی برای بهبود وضعیت تاب آوری کالبدی مطرح می شود. علاوه بر راهکارهای کالبدی تعدادی از راهکارها هم جنبه آموزشی و فرهنگ سازی داشته و به نقش مردم و جامعه محلی در راستای آگاه سازی هرچه بیشتر از وضعیت محل زندگی خود و شرایط به وجود آمده در هنگام بروز سوانح طبیعی نظیر زلزله، سیلاب و آتش سوزی اشاره دارند:

- کنترل روند تراکم جمعیتی و ساختمانی
- تعیین مسیرهای ایمن خدمت رسانی در زمان وقوع حادثه
- ایجاد فضاهای سبز و باز در نواحی در معرض آسیب پذیری بالا
- بهسازی و نوسازی بافت های فرسوده در قسمت های آسیب پذیر

- ارزیابی ایمنی همه مکان های عمومی مانند مدارس، تأسیسات درمانی و ارتقای آنها در صورت لزوم.
- امتداد مسیرهای سریع الوصول تا کاربری های ویژه (مدارس، بیمارستان ها و ...) برای امداد رسانی سریع پس از وقوع سوانح و کاهش اثرات آن
- اصلاح و تعریض معابر دارای عرض کمتر از ۶ متر در راستای تسهیل امداد رسانی در زمان وقوع سوانح
- اعمال قوانین در جهت مقاوم سازی ساختمان های فرسوده و افزایش ضریب ایمنی در ساختوسازهای تازه
- آگاه کردن مردم از آسیب پذیری اماکن محل کار و سکونت به منظور ایجاد انگیزه برای مقاوم سازی یا نوسازی از طریق ایجاد تسهیلات اعتباری توسط بخش دولتی
- تهیه نقشه و طرح تخلیه محله و تعیین محل اسکان موقت شهروندان توسط شهرداری و قرار دادن آن در اختیار مردم محله هنگام بروز سوانح
- در نظر گرفتن مجموعه ای از قطعات کوچک زمین در بافت فرسوده به منظور ایجاد پارک های محله برای تقویت دسترسی به فضاهای باز
- برگزاری دوره های آموزشی مقابله با زلزله ویژه سنین مختلف و برگزاری دوره های کمک های اولیه در طول هفته بحران و زلزله.
- تدوین و اجرای برنامه های آموزشی و آگاهی بخشی به شهروندان در هنگام و پس از وقوع سوانح
- تجمیع قطعات کوچکتر به قطعات بزرگتر در بافت فرسوده

پی نوشت

- 1.Exposure
- 2.Sensitivity
3. capacity of response
- 4.Resilience Alliance

منابع

1. Balbo, A. (2012). Resilient Cities 2012: Congress Report. Global Forum on Urban Resilience and Adaptation, 3, Local Governments for Sustainability (ICLEI.)
۲. پرورش، زهرا (۱۳۹۲). سنجش میزان تاب آوری اجتماعات جدید شهری در مواجهه با مخاطرات طبیعی نمونه موردی: شهرهای جدید منطقه ای شهری اصفهان، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید بهشتی، تهران.
۳. رفیعیان، مجتبی و دیگران (۱۳۸۹). "تبیین مفهومی تاب آوری و شاخص سازی آن در مدیریت سوانح اجتماع محور (CBDM)". برنامه ریزی و آمایش فضا ۱۵(۴)، صفحه ۴۱-۱۹.
۴. رضایی، محمدرضا؛ رفیعیان، مجتبی؛ حسینی، سیدمصطفی (۱۳۹۴). سنجش و ارزیابی میزان تاب آوری کالبدی اجتماع های شهری در برابر زلزله مطالعه موردی: محله های شهر تهران، فصلنامه پژوهش های جغرافیای انسانی، شماره ۹۴، صفحه ۶۲۳-۶۰۹.
۵. معرب، یاسر؛ محمدجواد امیری، بهناز سپهرزاد، اسماعیل صالحی (۱۳۹۶). ارزیابی تاب آوری ساختاری- طبیعی کاربری اراضی شهرها (نمونه موردی: منطقه ۱ تهران). فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، صفحه ۱۴۸-۱۳۷.

18. Brown, K. (2014). "Global environmental change I: A social turn for resilience?" *Progress in Human Geography* 1(38): pp107-117.
۱۹. رضایی، محمدرضا (۱۳۸۹). تبیین تاب‌آوری اجتماعات شهری برای کاهش اثرات سوانح طبیعی (زلزله) مطالعه موردی: کلانشهر تهران. رساله دوره دکتری، دانشگاه تربیت مدرس، تهران.
۲۰. صالحی، اسماعیل و دیگران (۱۳۹۰). "بررسی میزان تاب‌آوری محیطی با استفاده از مدل شبکه علیت." *مجله محیط‌شناسی* ۳۷(۵۹)، صفحه ۱۹۹-۱۱۲.
21. Satterthwaite, D. (2013). "The political underpinnings of cities' accumulated resilience to climate change." *Environment and Urbanization* 2(25): pp381-391.
۲۲. روستا، مجتبی؛ ابراهیم زاده، عیسی؛ ایستگلدی، مصطفی (۱۳۹۶). "تحلیل تاب‌آوری کالبدی در برابر زلزله؛ مطالعه‌ی موردی؛ بافت فرسوده‌ی شهر مرزی زاهدان" *جغرافیا و توسعه*، سال پانزدهم (۴۶)، صفحه ۱۸-۱.
۲۳. رازقی، فاطیما؛ زرگر، اکبر؛ اهری، زهرا (۱۳۹۴). "تدوین چارچوبی برای اندازه‌گیری تاب‌آوری یک محله شهری در برابر زلزله، نمونه موردی: محله هرزه ویل، منجیل، گیلان." *نشریه صفا* ۲۵(۶۹)، صفحه ۱۱۸-۸۹.
24. Zhou, H., J. Wan and H. Jia (2010). "Resilience to natural hazards: a geographic perspective." *Natural Hazards* 1(53): pp 14-21
۲۵. اسماعیلی شاه‌رخت، مسلم؛ تقوایی، علی‌اکبر (۱۳۹۰). "ارزیابی آسیب‌پذیری شهر با رویکرد پدافند غیرعامل با استفاده از روش دلفی؛ نمونه‌ی موردی: شهر بیرجند" *فصلنامه مدیریت شهری* ۲۸(۲۸)، صفحه ۱۱۰-۹۳.
۲۶. مهندسین مشاور شاران (۱۳۸۶). *مطالعات طرح تفصیلی منطقه ۳ شهر تهران*.
۲۷. شهرداری منطقه سه شهر تهران (۱۳۹۱). *سند راهبردی توسعه محله حسن‌آباد زرگنده* (۱۳۹۵-۱۳۹۱).
6. Mayunga, J. S., (2007) "Understanding and applying the concept of community disaster resilience: A capital-based approach", A Draft Working Paper Prepared for the Summer Academy for Social Vulnerability and Resilience Building, pp 22- 28.
7. Lantada, N, Pujades, L, Barbat, A (2009) Vulnerability index and capacity spectrum based methods for urban seismic risk evaluation, A comparison, *Nat Hazards* 51, pp: 524-501.
8. Klein, R. J., R. J. Nicholls and F. Thomalla (2003). "Resilience to natural hazards: How useful is this concept?" *Global Environmental Change Part B: Environmental Hazards* 1(5): pp 35-45
9. Dhar, T. K. and L. Khirfan (2017). "A multi-scale and multi-dimensional framework for enhancing the resilience of urban form to climate change." *Urban Climate* 19:p 72-91
10. Ainuddin, S. and J. K. Routray (2012). "Community resilience framework for an earthquake prone area in Baluchistan." *International Journal of Disaster Risk Reduction* 2: pp 25-36
۱۱. نیکمرد نمین، سارا؛ برک‌پور، ناصر؛ عبداللهی، مجید (۱۳۹۳). کاهش خطرات زلزله با تاکید بر عوامل اجتماعی رویکرد تاب‌آوری (نمونه موردی: منطقه ۲۲ شهر تهران). *فصلنامه مدیریت شهری* ۳۷(۳۷)، صفحه ۳۴-۱۹.
12. Hardoy, J. and R. Ruete (2013). "Incorporating climate change adaptation into planning for a liveable city in Rosario, Argentina." *Environment and Urbanization* 2(25) p 339-360
13. Johnson, C. and S. Blackburn (2012). *Making Cities Resilient Report 2012*. My city is getting ready! A global snapshot of how local governments reduce disaster risk. the United Nations Office for Disaster Risk Reduction United Nation Office for Risk Reduction: pp 1-114
14. Beatley, T. and P. Newman (2013). "Biophilic Cities Are Sustainable, Resilient Cities." *Sustainability* 8(5): p.3328
15. Windle, G. (2011). "What is resilience? A review and concept analysis." *Reviews in Clinical Gerontology* 2(21): pp 152-169
16. Bastaminia, A., M. R. Rezaie and M. H. Saraie (۲۰۱۶). "Explaining and Analyzing the Concept of Resiliency and its Indicators and Frameworks in Natural Disasters." *Journal of Tehran Disaster Management and Mitigation Organization (TDMMO)* 32-46 : (1)6
17. Matyas, D. and M. Pelling (2015). "Positioning resilience for 2015: the role of resistance, incremental adjustment and transformation in disaster risk management policy." *Disasters* 39(s1): pp.1-18

