مجله تحقیق در عملیات در کاربردهای آن، سال نوزدهم، شماره اول (پیاپی ۷۲)، بهار ۰۱، ص ص ۳۶-۱۷
شاپا ۷۲۸۶-۲۲۵۱

مکان‌یابی بهینه صندوق‌های الکترونیکی جمع‌آوری کمک‌های مردمی با استفاده از مدل ترکیبی برنامه‌ریزی آرمانی محدودیت شانسی و روش رتبه‌بندی ایداس

میثم عمرانی[۱]، زهرا ناجی عظیمی[۲*]، علیرضا پویا[۳]، مجید سالاری[۴]

۱- دانشجوی دکتری تحقیق در عملیات، دانشکده علوم اداری و اقتصادی، دانشگاه فردوسی، مشهد، ایران
۲- دانشیار، گروه مدیریت، دانشکده علوم اداری و اقتصادی، دانشگاه فردوسی، مشهد، ایران
۳- استاد، گروه مدیریت، دانشکده علوم اداری و اقتصادی، دانشگاه فردوسی، مشهد، ایران
۴- دانشیار، گروه مهندسی صنایع، دانشکده مهندسی، دانشگاه فردوسی، مشهد، ایران

رسید مقاله: ۱۷ تیر ۱۳۹۹
پذیرش مقاله: ۱۶ تیر ۱۴۰۰

چکیده

مکان‌یابی بهینه جمع‌آوری کمک‌های مردمی با استفاده از مدل‌سازی ریاضی مسایل مکان‌یابی بر بهینه‌سازی منافع کسب‌شده بسیار مؤثر خواهد بود. در این مقاله با رویکرد مکان‌یابی بهینه صندوق‌های الکترونیکی جمع‌آوری کمک‌های مردمی، پس از تعیین مناطق مورد مطالعه، تعیین اماکن بالقوه و استخراج داده‌های صندوق‌های سنتی مورد بررسی قرار گرفته است. اهداف این مساله حداکثرسازی مقدار کل منفعت به‌دست آمده و مقدار کل انگیزه کمک است که در فرایند تحقیق، استخراج میزان انگیزه کمک بر اساس ضرایب تأثیر منطقه، مکان و تردد و با استفاده از روش ارزیابی مبتنی بر فاصله از میانگین شاخص‌ها (ایداس) تعیین گردیده است. محدودیت‌های مساله نیز غالباً جهت فرهنگ‌سازی و جلوگیری از انباشت صندوق‌ها در یک منطقه یا نوع مکان تعریف شده است. با توجه به چندهدفه بودن مدل و تصادفی بودن میزان منفعت حاصل از هر صندوق و ضریب تردد، دو هدف به صورت محدودیت شانسی در یک مدل برنامه‌ریزی آرمانی به‌کارگرفته شده‌اند که پس از قطعی‌سازی مدل و جایگذاری پارامترها، تعداد ۶۰ نقطه نهایی به‌عنوان جواب‌های بهینه استخراج گردیده است.

کلمات کلیدی: مدل مکان‌یابی تصادفی چندهدفه، برنامه‌ریزی آرمانی محدودیت شانسی، ارزیابی مبتنی بر فاصله از میانگین شاخص‌ها، صندوق کمک مردمی الکترونیکی.

* عهده‌دار مکاتبات
آدرس الکترونیکی: znajiazimi@um.ac.ir

۱ مقدمه

حمایت از افراد و خانواده های نیازمند از مسئولیت‌های اجتماعی افراد یک جامعه است که در جهت مبارزه با تبعات زیان‌بار فقر و برقراری عدالت اجتماعی در تمامی جوامع با دقت مورد بررسی قرار می‌گیرد. در کنار وظایف شخصی افراد، وجود نهادهایی جهت ساماندهی به برخی از این امور ضروری به نظر می‌رسد. کمیته امداد امام خمینی(ره) در ایران را می‌توان بزرگ‌ترین متصدی جمع‌آوری کمک‌های مردمی و ساماندهی و رسیدگی به وضعیت معیشت امور محرومان و نیازمندان دانست. نگاه سنتی جامعه به پرداخت عینی صدقه از یک سو و نماد صندوق صدقات به‌عنوان یک برند در نگاه کمک‌کنندگان باعث شده است تا علی‌رغم ناکارآمدی صندوق‌های سنتی به‌هیچ‌وجه موضوع صندوق‌های صدقات از روش‌های جمع‌آوری کمک مردمی برداشته نشود. ناکارآمدی این صندوق‌ها را می‌توان ناشی از تحمیل هزینه‌های مالی نگهداری و تعمیرات آن، عدم امنیت، کهنه شدن پول‌های داخل آن و تأثیر منفی در زیباسازی سطح معابر شهری دانست چرا که انبوه این صندوق‌ها باعث خواهد شد بررسی همیشگی وضعیت آن‌ها کار مشکلی شود. بر این اساس یکی از موضوعاتی که می‌تواند این معایب را پوشش دهد استفاده از صندوق‌های الکترونیکی با طراحی و مکان‌یابی مناسب است.

مکان‌یابی مناسب این صندوق‌ها (تسهیلات) در سطح شهر با توجه به هزینه زیاد تولید آن‌ها می‌تواند یک مزیت رقابتی مهم برای آن‌ها باشد، کمک فراوانی به هدف توسعه دریافت کمک مردمی کند و با یک طراحی زیبا چهره ظاهری شهر را نیز زیبا نماید؛ اما چند سؤال مهم وجود دارد: صندوق‌ها (تسهیلات) در چه مکانی باید مستقر شوند؟ چه شاخص‌هایی در مکان‌یابی تأثیرگذار است؟ آیا قابلیت پیاده‌سازی یک مدل ریاضی برای تعیین مکان مناسب وجود دارد؟ این مقاله با توجه به عدم وجود تحقیق مرتبط در حوزه مکان‌یابی تسهیلات جمع‌آوری کمک‌های مردمی، به دنبال طراحی یک مدل ریاضی بر اساس اهداف و محدودیت‌های موجود در بهینه‌سازی مکان‌یابی صندوق‌های الکترونیکی کمک‌های مردمی است. در تعریف اهداف، معیارهایی غیر از میزان کمک مردم در گذشته، مانند شاخص‌های تأثیرگذار جذب کمک‌های مردمی در مناطق و اماکن مورد توجه قرار گرفته است، همچنین در تعیین اهداف از پارامترهای تصادفی استفاده شده است که باعث می‌شود مدل تبدیل به مدل تصادفی شود. تعیین این شاخص‌ها و وضعیت هر یک از مناطق و اماکن در این شاخص‌ها نیز از مهم‌ترین موضوعات مورد بررسی مقاله است که در بخش جمع‌آوری پارامترها ارایه شده است. در تعریف محدودیت‌ها نیز علاوه بر توجه به محدودیت‌های منابع مالی، موضوع فرهنگ‌سازی استفاده از این صندوق‌ها به جای صندوق‌های سنتی نیز مدنظر بوده است. تلفیق یک مدل چندهدفه و تصادفی باعث شده است در انتها برای تبدیل مدل چند هدفه تصادفی به مدل تک هدفه قطعی و رسیدن به جواب از روش برنامه‌ریزی آرمانی محدودیت شانسی استفاده شود تا مدل از حالت چند هدفه به تک هدفه و از حالت تصادفی به حالت قطعی تبدیل شود.

۲ پیشینه تحقیق

هر چند تحقیقی که هم‌زمان موضوع مکان‌یابی را با موضوع کمک‌های مردمی مورد بررسی قرار دهد یافت نشد، اما با توجه به نزدیک بودن موضوع مکان‌یابی جمع‌آوری کمک‌های مردمی با مکان‌یابی حداکثر پوشش و

مکان‌یابی بیلبوردها، در بخش اول پیشینه جدیدترین تحقیقات این موضوعات ارایه گردیده است. در بخش دوم پیشینه شاخص‌های تأثیرگذار بر میزان کمک مردمی و در بخش سوم پیشینه برنامه‌ریزی تصادفی محدودیت شانسی ارایه شده است.

لی و همکاران [۱] در تحقیق مدل حداکثرسازی پوشش متعادل را به شکل برنامه‌نویسی عدد صحیح مختلط با هدف پوشش بهتر و خدمات متعادل ارایه دادند و آن را برای مکان‌یابی ایستگاه دوچرخه مشترک استفاده نموده‌اند. کوکو و همکاران [۲] در تحقیق خود به حداقل‌سازی حداکثر پشیمانی در مدل مکان‌یابی حداکثر پوشش از طریق مکان‌یابی حداکثر پوشش استوار پرداخته‌اند؛ که در آن سود و نقطه مقابل پشیمانی هر تسهیل نامشخص است. کاربرد این مدل در امدادرسانی حوادث با وسعت زیاد است و در حل آن از یک الگوریتم دقیق و دو الگوریتم تقریبی استفاده شده است. لی و هان [۳] با توجه به محدوده سفر احتمالی به مکان‌یابی بهینه ایستگاه شارژ برای وسایل نقلیه الکتریکی، به عنوان یک نیاز ضروری خودروها و جاده‌های آینده در مسیرهای طولانی پرداخته‌اند. در این مدل برای حل مساله از الگوریتم قیمت و بندرز با ترکیب تجزیه بندرز و تولید ستون استفاده شده است. لطفی و همکاران [۴] با توجه به پنج فاکتور جذابیت، هزینه نصب، هزینه طراحی، تعداد بازدیدکنندگان و درآمد فروش بیلبورد و دیگر پارامترها مانند تعداد محصولات، تعداد سطوح کیفیت، تعداد بیلبوردهای تبلیغاتی و تعداد مکان‌های بالقوه برای تبلیغ تابلوهای تبلیغاتی، مکان‌یابی بیلبورد را مورد بررسی قرار داده و مدل‌سازی نموده‌اند. بلانکرو و همکاران [۵] یک مدل بهینه‌سازی برای مساله مکان‌یابی حداکثر پوشش ارایه داده‌اند. این مدل یک مدل برنامه‌ریزی غیرخطی عدد صحیح مختلط است و حل آن با الگوریتم شاخه و کران انجام گرفته است. این مساله برای در نظر گرفتن موقعیت بهینه‌ی دوربین‌های ایمنی تقاطع در یک شبکه ترافیک شهری برای به حداکثر رساندن کنترل جاده‌ها و کاهش تعداد حوادث رانندگی مورد بررسی قرار گرفته است. پریرا و همکاران [۶] در مقاله‌ای یک الگوریتم ترکیبی، متشکل از روش فرا ابتکاری جستجوی همسایگی بزرگ انطباقی و روش دقیق برای حل مسایل مکان‌یابی حداکثر پوشش و تخصیص ارایه داده‌اند. کارایی این الگوریتم برای نمونه‌های کوچک و متوسط بهینه‌سازی مورد بررسی قرار گرفته است. همچنین ایشان برای نمونه‌های بزرگ‌تر، یک روش ابتکاری با نام جستجوی همسایگی بزرگ انطباقی انعطاف‌پذیر را پیشنهاد نموده‌اند. داوری و همکاران [۷] یک مدل مکان‌یابی حداکثر پوشش با شعاع پوشش فازی با مقیاس بزرگ در قالب یک مثال فرضی ارایه داده‌اند. سپس برای حل مدل از الگوریتم جستجوی حریصانه استفاده نموده‌اند. آزاد و بوشهری [۸] برای مدل‌سازی تبلیغات بیلبورد با توجه به داده‌های تعداد بازدیدکنندگان، هزینه‌های مربوط به قرار دادن تبلیغات در هر بیلبورد و هزینه کل اختصاص داده شده به تبلیغات بیلبوردی، از مکان‌یابی شمارش شبکه استفاده نموده‌اند. وحدانی و طاهروردی [۹] در پژوهش خود مساله طراحی شبکه زنجیره‌تأمین با در نظر گرفتن حداکثر پوشش جهت پاسخ به تقاضای مشتریان را مورد مطالعه قرار داده‌اند. مدل ریاضی ارایه شده در این پژوهش یک مدل برنامه‌ریزی غیرخطی عدد صحیح مختلط برای مساله مکان‌یابی- مسیریابی- موجودی در زنجیره تأمین چهار سطحی با در نظر گرفتن اهداف متعارض چندگانه هزینه کل، زمان سفر و حداکثر پوشش می‌باشد و در حل مدل از سه الگوریتم فرابتکاری استفاده شده است. محقر و همکاران [۱۰] پس از شناسایی

معیارها و زیرمعیارهای مؤثر در مکان‌یابی شعب بانک از سیستم اطلاعات جغرافیایی برای استخراج برخی از اطلاعات ورودی به مدل و از مدل حداکثر پوشش وزن‌دار با در نظر گرفتن پوشش جزیی برای تعیین بهترین مکان‌ها استفاده نموده است. مدل برنامه‌ریزی ریاضی با دو سناریو پوشش صد درصد و ۵۰ درصد به‌صورت قطعی حل گردیده است.

همچنین در شاخص‌های تأثیرگذار بر میزان کمک مردمی تحقیقاتی مانند آنچه در ادامه می‌آید صورت گرفته است. یائو [۱۱] عوامل مؤثر بر کمک‌های خیرخواهانه را درآمد، سن، وضعیت تأهل، جنسیت، مذهب، تعداد فرزندان، وابستگی به احزاب سیاسی و موقعیت اجتماعی، معرفی می‌نماید. مارکس و کارتر [۱۲] عوامل مؤثر بر کمک در شرایط رکود اقتصادی را بررسی می‌نمایند و عواملی مانند نژاد، جنسیت، میزان درآمد، تجربه، محل سکونت، سن، اندازه خانوار، وضعیت مالیاتی، ثروت خانگی، وابستگی مذهبی، سطح تحصیلات، مالکیت خانه، وضعیت شغلی، وضعیت تأهل و مالکیت رایانه را به‌عنوان عوامل مؤثر معرفی می‌کنند. لوین و فائو [۱۳] ویژگی‌های افراد خیرخواه را در استرالیا مورد بررسی قرار داده‌اند و بر اساس این تحقیق عواملی مانند جنسیت، سن، درآمد، سطح تحصیلات، تعداد فرزند، حس سخاوت، امنیت مالی، مذهبی بودن، نگرش خوب به افراد خیر و نگرش خوب به مؤسسات خیریه را در میزان کمک مؤثر می‌دانند.

از طرفی در مورد استفاده از برنامه‌ریزی تصادفی محدودیت شانسی در مکان‌یابی مواردی مانند مقالات زیر استخراج گردید. سنتوس و همکاران [۱۴] در مقاله خود مساله مکان‌یابی سنسور به صورت متساوی یا عادلانه را ارایه دادند. آن‌ها روی مدل تصادفی که به‌صورت محدودیت شانسی است کار خود را پیش بردند. این نوع مسایل مکان‌یابی یک زیرمجموعه از مکان‌یابی عادلانه و مکان‌یابی حداکثر پوشش است که برای نظارت و محافظت از برخی از مکان‌های مهم، نصب تجهیزات نقشه‌برداری را به‌عنوان دوربین / سنسور در نظر می‌گیرد. لیو و همکاران [۱۵] یک مدل استوار توزیعی سیستم خدمات اورژانس پزشکی برای بهینه‌سازی مکان‌یابی، تعداد آمبولانس و تخصیص به تقاضاها با در نظر گرفتن کمترین هزینه ارایه نموده‌اند. این مدل با استفاده از محدودیت شانسی تضمین می‌کند پاسخگویی به حداکثر تقاضای هم زمان در کل سیستم بیشتر از سطح قابل اطمینان در مساله باشد. کینای و همکاران [۱۶] یک مدل ریاضی جدید را برای مساله مکان‌یابی استقرار پناهگاه تحت عدم قطعیت تقاضا پیشنهاد می‌دهند. آن‌ها در مدل خود دو نوع محدودیت احتمالی و شانسی در مورد میزان استفاده از پناهگاه‌های منتخب و در مورد ظرفیت آن پناهگاه‌ها ارایه می‌دهند. چارلس و همکاران [۱۷] در پژوهش خود یک مساله برنامه‌ریزی چندهدفه تصادفی با محدودیت شانسی را مورد بررسی قرار دادند که در آن مقدار عدد سمت راست دارای توزیع‌های متفاوتی مانند توزیع تابع قدرت، پارتو، بتا نوع اول، ویبل و بور نوع دوم است. آچاری و ساهو [۱۸] در تحقیق خود از برنامه‌ریزی تصادفی آرمانی صفر و یک استفاده نموده‌اند. آن‌ها در تحقیق خود با استفاده از محدودیت‌های شانسی، نمونه عددی و فرضی را در بودجه‌بندی سرمایه‌ای مورد بررسی قرار داده‌اند.

۳ مبانی نظری

۳-۱ مکان‌یابی

مکان‌یابی یکی از شاخه‌های علم تحقیق در عملیات است که توجه به آن سبب کاهش هزینه‌ها و موفقیت حداکثری می‌شود. مسایل مکان‌یابی دارای تنوع زیادی است و تقسیم‌بندی‌های متنوعی از آن نیز ارایه شده است. در تقسیم‌بندی بر اساس نگرش به مدل سازی و حل مساله، نمونه‌ای از مسایل کلاسیک مکان‌یابی عبارت اند از مکان‌یابی میانه ، مکان‌یابی مرکز ، مکان‌یابی پوشش ، مکان‌یابی انبار ، مکان‌یابی تسهیلات ناخوشایند و هاب . در بررسی جزیی‌تر به نظر می‌رسد عناوینی مانند مکان‌یابی پوشش، مکان‌یابی حداکثر دسترسی، مکان‌یابی حداکثر مشاهده‌پذیری و مکان‌یابی بیلبوردها، شباهت‌هایی با موضوع مقاله داشته باشد؛ مسایل مکان‌یابی حداکثر دسترسی، مسایلی هستند برای به حداکثر رساندن پوشش جمعیت با استفاده از یک تسهیل در دسترس، در یک استاندارد زمانی مشخص و با قابلیت اطمینان α؛ به عبارتی به تسهیلاتی می‌پردازد که زمانی در دسترس‌اند و زمان دیگر توسط فرد دیگری اشغال شده‌اند [۱۹]. مدل‌های مرتبط با حداکثر مشاهده‌پذیری با این فرض می‌باشند که تسهیل دارای شرایطی است که بتواند دامنه دید وسیعی را ایجاد کند؛ فلذا در مواردی مانند مکان‌یابی دوربین‌های نگهبانی، برج نگهبانی و برج آتش‌نشانی کاربرد دارند. مکان‌یابی پوششی نیز با توجه به جمعیت و تعداد محدود تسهیل به دنبال حداکثرسازی میزان پوشش افراد است. در مکان‌یابی بیلبوردها نیز بر اساس حجم عبور ترافیک، موضوع حداکثرسازی افرادی که تسهیل را مشاهده می‌نمایند مورد توجه قرار گرفته است. بر این اساس در دو نوع مکان‌یابی پوششی و بیلبوردها می‌توان شباهت بیشتری با مکان‌یابی صندوق‌های جمع‌آوری کمک‌های مردمی مشاهده نمود.

در مدل پایه‌ای مساله پوشش جزئی یا حداکثر پوشش، هدف، پوشش بیشتر مشتریان با تعداد از پیش تعیین‌شده‌ای از تسهیلات است. مدل ساده آن با فرض محدودیت در تعداد کل تسهیلات، بیشتر بودن نقاط تقاضا از اماکن بالقوه تسهیلات به دنبال حداکثرسازی میزان پوشش افراد یا همان تقاضا است [۲۰].

در مکان‌یابی بیلبوردها نیز موضوع تعداد بازدیدکنندگان مورد توجه قرار گرفته است که مدل ساده آن با در نظر گرفتن هزینه‌های مربوط به قرار دادن تبلیغات در هر بیلبورد و محدودیت در هزینه‌کرد، به دنبال حداکثرسازی تعداد بازدیدکنندگان است [۸].

۳-۲ ارزیابی مبتنی بر فاصله از میانگین شاخص‌ها

روش ارزیابی مبتنی بر فاصله از میانگین شاخص‌ها به‌عنوان یک روش جبرانی در سال ۲۰۱۵ توسط کشاورز قربایی و همکاران ارایه شد. این روش هنگام وجود چند شاخص بخصوص تناقض شاخص‌ها کاربرد دارد و بر مبنای فاصله هر گزینه از مقدار بهینه، بهترین گزینه انتخاب می‌گردد. این روش دارای پنج مرحله به شرح زیر است [۲۱]:

۱- میانگین مقادیر هر شاخص بر اساس رابطه (۱) محاسبه می‌گردد. در این رابطه r_{ij} میانگین عناصر ماتریس تصمیم برای i امین گزینه و j امین شاخص است.

$$AV_j = \frac{\sum_{i=1}^{m} r_{ij}}{m},\ j = 1,...,n \qquad (1)$$

۲- فاصله مثبت (PDA) و فاصله منفی (NDA) از میانگین محاسبه می‌گردد. با توجه به نوع شاخص که می‌تواند مثبت یا منفی باشد این فاصله قابل محاسبه است. روابط (۲) و (۳) فاصله مثبت و منفی از میانگین در شاخص مثبت و روابط (۴) و (۵) فاصله مثبت و منفی از میانگین در شاخص منفی را نشان می‌دهد.

$$PDA_{ij} = \frac{\max\left(0,\left(r_{ij} - AV_j\right)\right)}{AV_j} \qquad i = 1,\ldots,m, \qquad j = 1,\ldots,n \qquad (2)$$

$$NDA_{ij} = \frac{\max\left(0,\left(AV_j - r_{ij}\right)\right)}{AV_j} \qquad i = 1,\ldots,m, \qquad j = 1,\ldots,n \qquad (3)$$

$$PDA_{ij} = \frac{\max\left(0,\left(AV_j - r_{ij}\right)\right)}{AV_j} \qquad i = 1,\ldots,m, \qquad j = 1,\ldots,n \qquad (4)$$

$$NDA_{ij} = \frac{\max\left(0,\left(r_{ij} - AV_j\right)\right)}{AV_j} \qquad i = 1,\ldots,m, \qquad j = 1,\ldots,n \qquad (5)$$

۳- با فرض اینکه w_j وزن هر شاخص است فاصله مثبت و منفی وزنی را بر اساس روابط (۶) و (۷) به دست می‌آوریم و آن‌ها را به ترتیب $WPDA_{ij}$ و $WNDA_{ij}$ می‌نامیم.

$$WPDA_{ij} = \sum_{j=1}^{n} PDA_{ij}.w_j; \qquad i = 1,\ldots,m \qquad (6)$$

$$WNDA_{ij} = \sum_{j=1}^{n} NDA_{ij}.w_j; \qquad i = 1,\ldots,m \qquad (7)$$

۴- بر اساس روابط (۸) و (۹) ارزش هریک از مقادیر نرمال‌سازی می‌شود.

$$NWPDA_{ij} = \frac{WPDA_{ij}}{\max\left(WPDA_{ij}\right)};\ i = 1,\ldots,m \qquad (8)$$

$$NWNDA_{ij} = 1 - \frac{WNDA_{ij}}{\max\left(WNDA_{ij}\right)};\ i = 1,\ldots,m \qquad (9)$$

۵- نمره نهایی ارزیابی بر اساس رابطه (۱۰) به‌دست می‌آید و رتبه‌بندی نهایی بر اساس بیشترین تا کمترین مقدار انجام می‌گیرد.

$$AS_i = \frac{1}{2}\left(NWPDA_{ij} + NWNDA_{ij}\right);\quad i = 1,\ldots,m \qquad (10)$$

۳-۳ برنامه‌ریزی آرمانی محدودیت شانسی

یکی از تکنیک‌های برنامه‌ریزی در شرایط عدم اطمینان، برنامه‌ریزی محدودیت شانسی می‌باشد. برنامه‌ریزی آرمانی محدودیت شانسی یک مدل چند معیاری پشتیبانی تصمیم گیری است و در شرایط عدم اطمینان برای مجموعه‌ای از معادلات مربوط به هدف‌های وزن داده شده، جواب های رضایت بخشی ارایه می‌دهد[۲۲]. روش برنامه‌ریزی آرمانی محدودیت شانسی همانند روش برنامه‌ریزی آرمانی به دنبال کمینه نمودن مجموع قدرمطلق انحرافات از مقاصد مشخص است با این تفاوت که هدف در این روش به‌جای تبدیل به یک محدودیت عادی به یک محدودیت شانسی تبدیل می‌شود که عملاً باعث می‌شود مدل تبدیل به یک مدل تصادفی شود. بر این اساس باید محدودیت شانسی در مراحلی تبدیل به یک محدودیت قطعی گردد تا مدل نیز قطعی گردد.

٤ مدل‌سازی مساله

در این تحقیق، مبنا این است که کمیته امداد قصد دارد تعداد محدودی صندوق الکترونیکی را جهت جمع‌آوری کمک‌های مردمی در مناطق مختلف شهر مشهد نصب نماید. هرچند برنامه این نهاد جایگزینی صندوق‌های سنتی با صندوق‌های الکترونیکی است اما باید توجه نمود این موضوع با توجه به تعداد بسیار زیاد صندوق‌ها زمان بسیار زیادی را می‌طلبد، همچنین وجود دلایلی مانند تعداد بسیار زیاد صندوق‌های سنتی و نیاز به امنیت بالا و زیرساخت‌های لازم جهت نصب صندوق‌های جدید تنها این اجازه را به کمیته امداد می‌دهد که صرفاً مکان‌یابی بر اساس اماکن باشد تا معابر.

در این مدل میزان منفعت حاصل از هر تسهیل (صندوق) و ضریب تردد انسانی آن به‌عنوان پارامتر دارای عدم‌قطعیت با توزیع نرمال در نظر گرفته‌شده است و میزان انگیزه‌سازی یک تسهیل برای جذب کمک از سه قسمت ضریب تأثیر منطقه iام در انگیزه‌سازی (DIF_i)، ضریب تأثیر نوع مکان j ام در انگیزه‌سازی برای کمک $\left(LIF_j\right)$ و ضریب تردد ($\tilde{p}_{ijk}$) تشکیل شده است. برای به‌دست آوردن میزان کمک‌های مردمی، از اطلاعات جمع‌آوری شده از کمک‌های مردمی در صندوق‌های سنتی استفاده شده است.

٤-١ متغیرهای مدل

$$x_{ijk} = \begin{cases} ۱ & \text{اگر تسهیل در مکان kام از نوع jام در منطقه iام نصب شود} \\ ۰ & \text{در غیر این‌صورت} \end{cases}$$

٤-٢ پارامترهای مساله

پارامترهای مساله بر اساس جدول ۱ تعریف شده‌اند.

جدول ۱. پارامترهای مساله

پارامترها	نماد	اندیس مرتبط / تعریف
مجموعه مناطق	I	$i \in I = \{۱, ۲, \ldots, m\}$
تعداد مناطق شهری	m	

$j \in J = \{۱, ۲, \ldots, n\}$	J	مجموعه انواع اماکن
	n	تعداد انواع اماکن
$k \in K_{ij} = \{۱, ۲, \ldots, o_{ij}\}$	K_{ij}	مجموعه اماکن از نوع j ام در منطقه iام
	o_{ij}	تعداد اماکن از نوع j ام در منطقه iام
	$\tilde{b}_{ijk}$	منفعت نسبی (تصادفی) حاصل از قرارگیری تسهیل در مکان kام از نوع j ام در
	$\tilde{p}_{ijk}$	ضریب تردد (تصادفی) در تسهیل مکانی kام از نوع j ام در منطقه i ام
	DIF_i	ضریب تأثیر منطقه iام در انگیزه‌سازی برای کمک
	LIF_j	ضریب تأثیر مکان نوع j ام در انگیزه‌سازی برای کمک
	MNF	حداکثر تعداد تسهیلات (صندوق‌های الکترونیکی)
	MFD_i	حداکثر تعداد تسهیل قابل نصب در منطقه iام
	MFL_j	حداکثر تعداد تسهیل قابل نصب در مکان نوع j ام
	γ	حداقل مقدار مورد انتظار هدف اول
	θ	حداقل مقدار مورد انتظار هدف دوم
	α	سطح پذیرش نقض محدودیت
	Z_α	معکوس تابع توزیع نرمال با سطح پذیرش نقض محدودیت به میزان α
	w_i	وزن اهداف iام

٤-۳ مدل ریاضی

حداکثرسازی مقدار کل منفعت به دست آمده از تسهیل‌ها و مقدار کل انگیزه‌سازی کمک، دو هدف مهم این مدل است. اهداف این مساله در روابط (۱۱) و (۱۲) نشان داده شده است.

$$Z_۱ = Max \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{k \in K_{ij}} \tilde{b}_{ijk} x_{ijk} \qquad (۱۱)$$

$$Z_۲ = Max \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{k \in K_{ij}} \left(\tilde{p}_{ijk} . DIF_i . LIF_j \right) x_{ijk} \qquad (۱۲)$$

تابع شماره (۱۱) نشان‌دهنده هدف اول مساله یعنی حداکثرسازی مقدار کل منفعت به‌دست آمده از تسهیل‌ها است. همچنین از آنجا که نوع خدمت این صندوق‌ها، صرفاً دریافت کمک مردمی (صدقه) بر مبنای نیکوکاری است و مخاطبان آن بر مبنای نیاز به دنبال آن نیستند، هدف حداکثرسازی انگیزه کمک بر اساس ضریب تأثیر منطقه و ضریب تأثیر نوع مکان و ضریب تردد انسانی به مدل اضافه شده است که در تابع شماره (۱۲) نشان‌دهنده شده است.

تبدیل مدل چند هدفه به تک هدفه: مدل چندهدفه فوق را می‌توان با استفاده از برنامه‌ریزی آرمانی به یک مدل تک‌هدفه تبدیل نمود. در برنامه‌ریزی آرمانی هر دو هدف به صورت محدودیت در نظر گرفته می‌شوند و مینیمم‌سازی مقادیر نامطلوب انحرافات به‌عنوان هدف در نظر گرفته می‌شود. در این مدل محدودیت‌ها به صورت محدودیت شانسی طبق روابط (۱۳) و (۱۴) ارایه شده است.

$$Prop\left(\sum_{i\in I}\sum_{j\in J}\sum_{k\in K_{ij}}\tilde{b}_{ijk}x_{ijk}\geq\gamma\right)\geq 1-\alpha \qquad (۱۳)$$

$$Prop\left(\sum_{i\in I}\sum_{j\in J}\sum_{k\in K_{ij}}\left(\tilde{p}_{ijk}.DIF_i.LIF_j\right)x_{ijk}\geq\theta\right)\geq 1-\alpha \qquad (۱۴)$$

رابطه (۱۳) بیان می‌کند احتمال آنکه منفعت کل به‌دست آمده از مقدار γ بیشتر شود به اندازه $1-\alpha$ درصد است. همچنین رابطه (۱۴) بیان می‌کند احتمال آنکه ضرب سه عدد ضرایب مکان، منطقه و تردد بیش از مقدار θ شود به اندازه $1-\alpha$ درصد است. بر این اساس با انتقال اهداف به محدودیت‌ها و تبدیل آن‌ها به محدودیت شانسی، سپس ارایه محدودیت‌های سیستمی، مدل برنامه‌ریزی آرمانی محدودیت شانسی مساله بر اساس روابط (۱۵) تا (۲۴) به‌دست می‌آید.

$$\min z = w_1.d_1^+ + w_2.d_2^+ \qquad (۱۵)$$

$$s.t.$$

$$Prop\left(\sum_{i\in I}\sum_{j\in J}\sum_{k\in K_{ij}}\tilde{b}_{ijk}x_{ijk}\geq\gamma\right)+d_1^- - d_1^+ = 1-\alpha \qquad (۱۶)$$

$$Prop\left(\sum_{i\in I}\sum_{j\in J}\sum_{k\in K_{ij}}\left(\tilde{p}_{ijk}.DIF_i.LIF_j\right)x_{ijk}\geq\theta\right)+d_2^- - d_2^+ = 1-\alpha \qquad (۱۷)$$

$$\sum_{i\in I}\sum_{j\in J}\sum_{k\in K_{ij}}x_{ijk}\leq \text{MNF} \qquad (۱۸)$$

$$\sum_{j\in J}\sum_{k\in K_{ij}}x_{ijk}\geq 1 \qquad \forall\, i\in I \qquad (۱۹)$$

$$\sum_{i\in I}\sum_{k\in K_{ij}}x_{ijk}\geq 1 \qquad \forall\, j\in J \qquad (۲۰)$$

$$\sum_{j\in J}\sum_{k\in K_{ij}}x_{ijk}\leq MFD_i \qquad \forall\, i\in I \qquad (۲۱)$$

$$\sum_{i\in I}\sum_{k\in K_{ij}}x_{ijk}\leq MFL_j \qquad \forall\, j\in J \qquad (۲۲)$$

$$x_{ijk}\in\{0,1\}\ \forall\, i\in I,\ \forall\, j\in J,\ \forall\, k\in K_{ij} \qquad (۲۳)$$

$$d_i\geq 0. \qquad (۲۴)$$

رابطه (۱۵) مینیمم‌سازی مقادیر نامطلوب انحرافات از اهداف که هم اکنون در قالب محدودیت شانسی در روابط (۱۶) و (۱۷) ارایه شده را نشان می‌دهد. محدودیت شماره (۱۸) مرتبط با کل صندوق‌های موجود جهت مکان‌یابی است که از تعداد مشخص MNF نمی‌تواند بیشتر شود. با توجه به موضوع جدید بودن این نوع صندوق‌ها، مسلماً یکی از مهم‌ترین اهداف نهاد کمیته امداد موضوع فرهنگ‌سازی استفاده از این امکانات خواهد بود. بر این اساس محدودیت‌هایی تعریف گردیده است تا عملاً مدل را به سمت این هدف هدایت کند. محدودیت‌های شماره (۱۹) و (۲۰) باعث می‌گردد تا به هر منطقه و هر نوع مکان حداقل یک صندوق الکترونیکی تخصیص یابد و محدودیت‌های (۲۱) و (۲۲) به دنبال آن است تا انباشت صندوق‌ها در یک منطقه یا

نوع مکان صورت نگیرد. با توجه به این‌که فرض بر تخصیص یا عدم تخصیص یک صندوق در یک مکان بالقوه است در محدودیت شماره (۲۳) تعریف متغیرها به صورت صفر و یک در نظر گرفته شده‌اند. محدودیت (۲۴) نشان‌دهنده آن است که مقادیر نامطلوب باید مقادیری غیرمنفی باشند.

قطعی‌سازی مدل ریاضی: محدودیت احتمالی رابطه (۱۳) به‌عنوان یک محدودیت شانسی می‌باشد که باید تبدیل به یک محدودیت معمولی گردد. بر این اساس فرض می‌شود $\tilde{b}_{ijk}$ دارای توزیع نرمال با میانگین $E\left(\tilde{b}_{ijk}\right)$ و واریانس $Var\left(\tilde{b}_{ijk}\right)$ است و $\tilde{h}=\sum_{i\in I}\sum_{j\in J}\sum_{k\in K_{ij}}\tilde{b}_{ijk}.x_{ijk}$ آنگاه می‌توان بر اساس روابط (۲۵) تا (۳۱) رابطه (۱۳) را تبدیل به یک نامساوی طبق رابطه (۳۱) نمود. F بیانگر مقدار تابع توزیع احتمال است.

$$Prop\left(\frac{\tilde{h}-E\left(\tilde{h}\right)}{\sqrt{Var\left(\tilde{h}\right)}}\geq\frac{\gamma-E\left(\tilde{h}\right)}{\sqrt{Var\left(\tilde{h}\right)}}\right)\geq 1-\alpha \qquad (۲۵)$$

$$Prop\left(\frac{\tilde{h}-E\left(\tilde{h}\right)}{\sqrt{Var\left(\tilde{h}\right)}}\geq\frac{\gamma-E\left(\tilde{h}\right)}{\sqrt{Var\left(\tilde{h}\right)}}\right)=1-F\left(\frac{\left(\gamma-E\left(\tilde{h}\right)\right)}{(\sqrt{Var\left(\tilde{h}\right)})}\right) \qquad (۲۶)$$

$$1-F\left(\frac{\left(\gamma-E\left(\tilde{h}\right)\right)}{(\sqrt{Var\left(\tilde{h}\right)})}\right)\geq 1-\alpha \qquad (۲۷)$$

$$F\left(Z_{\alpha}\right)=\alpha \qquad (۲۸)$$

$$F\left(\frac{\left(\gamma-E\left(\tilde{h}\right)\right)}{(\sqrt{Var\left(\tilde{h}\right)})}\right)\leq F\left(Z_{\alpha}\right) \qquad (۲۹)$$

$$\frac{\left(\gamma-E\left(\tilde{h}\right)\right)}{(\sqrt{Var\left(\tilde{h}\right)})}\leq Z_{\alpha} \qquad (۳۰)$$

$$\left(\gamma-E\left(\tilde{h}\right)\right)\leq Z_{\alpha}.(\sqrt{Var\left(\tilde{h}\right)}) \qquad (۳۱)$$

ازآنجایی‌که میانگین و واریانس h به ترتیب از روابط (۳۲) و (۳۳) به‌دست می‌آید:

$$E\left(\tilde{h}\right)=\sum_{i\in I}\sum_{j\in J}\sum_{k\in K_{ij}}E(\tilde{b}_{ijk}).x_{ijk} \qquad (۳۲)$$

$$Var\left(\tilde{h}\right)=\sum_{i\in I}\sum_{j\in J}\sum_{k\in K_{ij}}Var\left(\tilde{b}_{ijk}\right).x_{ijk}^{2}+\sum_{\substack{i\in I\\ ijk\neq ijk}}\sum_{j\in J}\sum_{k\in K_{ij}}Cov\left(\tilde{b}_{ijk},\tilde{b}_{ijk}\right).x_{ijk}.x_{ijk} \qquad (۳۳)$$

و فرض بر عدم ارتباط درآمد دو صندوق بر یکدیگر یا استقلال درآمد صندوق‌هاست بر این اساس مقدار کوواریانس درآمد دو صندوق برابر صفر خواهد بود و رابطه (۳۳) به رابطه (۳۴) خلاصه می‌شود.

$$Var\left(\tilde{h}\right)=\sum_{i\in I}\sum_{j\in J}\sum_{k\in K_{ij}}Var\left(\tilde{b}_{ijk}\right).x_{ijk}^{2} \quad (۳۴)$$

بر این اساس با توجه به روابط (۳۲) و (۳۴)، رابطه (۳۱) به رابطه (۳۵) تبدیل می‌شود:

$$\gamma-\sum_{i\in I}\sum_{j\in J}\sum_{k\in K_{ij}}E(\tilde{b}_{ijk}).x_{ijk}\le Z_{\alpha}.(\sqrt{\sum_{i\in I}\sum_{j\in J}\sum_{k\in K_{ij}}Var\left(\tilde{b}_{ijk}\right).x_{ijk}^{2}}) \quad (۳۵)$$

جهت برداشتن جذر موجود در رابطه (۳۵) طرفین این رابطه را طبق رابطه (۳۶) به توان رسانده و در نهایت رابطه (۳۷) در مدل ریاضی جایگزین می‌شود.

$$\left(\gamma-\sum_{i\in I}\sum_{j\in J}\sum_{k\in K_{ij}}E(\tilde{b}_{ijk}).x_{ijk}\right)^{2}\le\left(Z_{\alpha}.(\sqrt{\sum_{i\in I}\sum_{j\in J}\sum_{k\in K_{ij}}Var\left(\tilde{b}_{ijk}\right).x_{ijk}^{2}})\right)^{2} \quad (۳۶)$$

$$\left(\gamma-\sum_{i\in I}\sum_{j\in J}\sum_{k\in K_{ij}}E(\tilde{b}_{ijk}).x_{ijk}\right)^{2}-Z_{\alpha}^{2}.\sum_{i\in I}\sum_{j\in J}\sum_{k\in K_{ij}}Var\left(\tilde{b}_{ijk}\right).x_{ijk}^{2}\le 0 \quad (۳۷)$$

همچنین محدودیت احتمالی رابطه (۱۴) نیز با توجه نکات فوق می‌تواند به یک محدودیت معمولی تبدیل شود. اگر فرض شود $\tilde{p}_{ijk}$ دارای توزیع نرمال با میانگین $E\left(\tilde{p}_{ijk}\right)$ و واریانس $Var\left(\tilde{p}_{ijk}\right)$ است و $\tilde{g}=\sum_{i\in I}\sum_{j\in J}\sum_{k\in K_{ij}}\tilde{p}_{ijk}.DIF_i.LIF_j.x_{ijk}$ آنگاه طبق رابطه (۳۱) می‌توان رابطه (۳۸) را تعریف نمود:

$$\theta-E\left(\tilde{g}\right)\le Z_{\alpha}.(\sqrt{Var\left(\tilde{g}\right)}) \quad (۳۸)$$

میانگین $\tilde{g}$ طبق رابطه (۳۹) و همچنین طبق رابطه (۳۳) و فرض بر عدم ارتباط امتیاز تردد در دو صندوق بر یکدیگر یا استقلال امتیاز تردد صندوق‌ها، واریانس $\tilde{g}$ طبق رابطه (۴۰) به‌دست می‌آید.

$$E\left(\tilde{g}\right)=\sum_{i\in I}\sum_{j\in J}\sum_{k\in K_{ij}}E\left(\tilde{p}_{ijk}\right).DIF_i.LIF_j.x_{ijk} \quad (۳۹)$$

$$Var\left(\tilde{g}\right)=\sum_{i\in I}\sum_{j\in J}\sum_{k\in K_{ij}}Var\left(\tilde{p}_{ijk}\right).DIF_i^{2}.LIF_j^{2}.x_{ijk}^{2} \quad (۴۰)$$

اکنون می‌توان رابطه (۳۸) را با به توان رساندن طرفین نامساوی طبق رابطه (۴۱) به شکل رابطه (۴۲) تبدیل نمود:

$$\left(\theta-\sum_{i\in I}\sum_{j\in J}\sum_{k\in K_{ij}}DIF_i.LIF_j.E\left(\tilde{p}_{ijk}\right).x_{ijk}\right)^{2}\le\left(Z_{\alpha}.\sqrt{\sum_{i\in I}\sum_{j\in J}\sum_{k\in K_{ij}}Var\left(\tilde{p}_{ijk}\right).DIF_i^{2}.LIF_j^{2}.x_{ijk}^{2}}\right)^{2} \quad (۴۱)$$

$$\left(\theta-\sum_{i\in I}\sum_{j\in J}\sum_{k\in K_{ij}}DIF_i.LIF_j.E\left(\tilde{p}_{ijk}\right).x_{ijk}\right)^{2}-Z_{\alpha}^{2}.\sum_{i\in I}\sum_{j\in J}\sum_{k\in K_{ij}}Var\left(\tilde{p}_{ijk}\right).DIF_i^{2}.LIF_j^{2}.x_{ijk}^{2}\le 0 \quad (۴۲)$$

حال با توجه به روابط (۳۷) و (۴۲) مدل برنامه‌ریزی آرمانی محدودیت شانسی که در روابط (۱۵) تا (۲۴) بیان شده است تبدیل به مدل برنامه‌ریزی آرمانی طبق روابط (۴۳) تا (۵۲) می‌شود:

$$\min z = w_1.d_1^+ + w_2.d_2^+ \quad (۴۳)$$

$$s.t.$$

$$\left(\gamma - \sum_{i\in I}\sum_{j\in J}\sum_{k\in K_{ij}} E(\tilde{b}_{ijk}).x_{ijk}\right)^2 - Z_\alpha^2.\sum_{i\in I}\sum_{j\in J}\sum_{k\in K_{ij}} Var\left(\tilde{b}_{ijk}\right).x_{ijk}^2 + d_1^- - d_1^+ = 0 \quad (۴۴)$$

$$\left(\theta - \sum_{i\in I}\sum_{j\in J}\sum_{k\in K_{ij}} DIF_i.LIF_j.E\left(\tilde{p}_{ijk}\right).x_{ijk}\right)^2 - Z_\alpha^2.\sum_{i\in I}\sum_{j\in J}\sum_{k\in K_{ij}} Var\left(\tilde{p}_{ijk}\right).DIF_i^2.LIF_j^2.x_{ijk}^2 + d_2^- - d_2^+ = 0 \quad (۴۵)$$

$$\sum_{i\in I}\sum_{j\in J}\sum_{k\in K_{ij}} x_{ijk} \le \mathrm{MNF} \quad (۴۶)$$

$$\sum_{j\in J}\sum_{k\in K_{ij}} x_{ijk} \ge 1 \qquad \forall\, i \in I \quad (۴۷)$$

$$\sum_{i\in I}\sum_{k\in K_{ij}} x_{ijk} \ge 1 \qquad \forall\, j \in J \quad (۴۸)$$

$$\sum_{j\in J}\sum_{k\in K_{ij}} x_{ijk} \le MFD_i \qquad \forall\, i \in I \quad (۴۹)$$

$$\sum_{i\in I}\sum_{k\in K_{ij}} x_{ijk} \le MFL_j \qquad \forall\, j \in J \quad (۵۰)$$

$$x_{ijk} \in \{0,1\} \;\; \forall\, i \in I,\; \forall\, j \in J,\; \forall\, k \in K_{ij} \quad (۵۱)$$

$$d_i \ge 0 \quad (۵۲)$$

۵ حل مساله

اکنون مدل ریاضی فوق در یک نمونه واقعی مورد بررسی قرار می‌گیرد. بر این اساس بیش از حل مدل ریاضی می‌بایست چگونگی رسیدن به پارامترهای مساله تعیین شود تا مدل ریاضی بخش قبل بر اساس این داده‌ها به جواب نهایی برسد.

۵-۱ جمع‌آوری اطلاعات مکانی

بر اساس نقشه جغرافیایی، کمیته امداد در سطح شهر مشهد دارای چندین اداره مجزاست که با توجه به گستردگی شهر، یک اداره آن به‌عنوان مطالعه موردی در نظر گرفته شد. بر اساس اطلاعات موجود در سامانه SDI شهرداری تعداد ۴۳ محله (منطقه) در محدوده متعلق به این اداره شناسایی گردید. در ادامه بر اساس سامانه مپ اداره فاوای شهرداری مشهد تعداد ۲۱ نوع مکان در ۸ موضوع فعالیت و با تعداد کلی ۱۰۲۴ مکان طبق جدول ۲ استخراج گردید.

جدول ۲. تعداد و نوع اماکن بالقوه

موضوع فعالیت مرکز	j	نام نوع مرکز	تعداد
درمانی-بهداشتی	۱	بیمارستان	۱۸
	۲	درمانگاه	۳۴

	۳	مرکز بهداشت	۱۶
مراکز آموزشی	۴	حوزه‌ی علمیه	۱۷
	۵	دانشگاه و مؤسسه آموزش عالی	۱۰۱
	۶	دبیرستان	۹۳
مراکز مذهبی	۷	مسجد و حسینیه	۱۹۷
حمل‌ونقل و ترافیک	۸	پایانه‌ی اتوبوس‌رانی	۵
	۹	ایستگاه مترو	۴۶
خدمات اداری	۱۰	اداره و سازمان دولتی	۱۴۴
خرید و مراکز خرید	۱۱	مرکز خرید	۵۸
	۱۲	هایپرمارکت	۱۶
سوخت	۱۳	جایگاه بنزین	۱۵
	۱۴	جایگاه گاز	۵
مراکز هنری، فرهنگی	۱۵	سالن سینما	۴
	۱۶	موزه	۹
مراکز اقامتی	۱۷	کتابخانه	۱۸
	۱۸	کمپ زائر	۱
	۱۹	هتل	۶۲
	۲۰	هتل‌آپارتمان	۷۶
	۲۱	مهمان‌سرا	۸۹

پراکندگی هر یک از انواع اماکن (پارامتر o_{ij}) در مناطق مختلف نیز مورد بررسی و احصا گردید.

۵-۲ جمع‌آوری اطلاعات کمک‌های مردمی

بر اساس اطلاعات موجود دو سال گذشته تقریباً ۲۵ هزار صندوق سنتی کوچک، متوسط و بزرگ در اداره مورد مطالعه کمیته امداد، ابتدا مکان هر یک از صندوق‌ها بر اساس مناطق ۴۳ گانه شهرداری مشخص گردید و در ادامه تمامی نقاط بالقوه با یک یا چند صندوق سنتی مرتبط گردید تا بتوان مقدار میانگین کمک در هر یک از اماکن بالقوه را به‌دست آورد.

۵-۳ تعیین شاخص‌های تأثیرگذار بر کمک در هر منطقه (ضریب تأثیر منطقه AIF_i)

برای تعیین ضریب تأثیر هر منطقه از روش ارزیابی مبتنی بر فاصله از میانگین شاخص‌ها به‌عنوان یک روش تصمیم‌گیری چند شاخصه استفاده شده است، به عبارتی خروجی نهایی این روش به‌عنوان ضریب تأثیر منطقه لحاظ شده است. شاخص‌های مدل نیز بر اساس دو گروه داده به دست آمده است. گروه اول با مراجعه به میزان کمک مردمی در هر منطقه و گروه دوم با استفاده از برخی شاخص های اجتماعی مربوط به هر منطقه استخراج گردیده است. در گروه اول سه شاخص استخراج شده است، میانگین کمک در معابر که از تقسیم جمع مبالغ صندوق‌های بزرگ به تعداد آن‌ها در منطقه به‌دست آمده است، میانگین کمک خانگی که از تقسیم جمع مبالغ صندوق‌های متوسط و کوچک به تعداد آن‌ها در منطقه به‌دست آمده است و میانگین کمک کل که از تقسیم جمع کل مبالغ به جمعیت منطقه به‌دست آمده است.

برای رسیدن به شاخص‌های گروه دوم همان‌گونه که در قسمت پیشینه تحقیق مطرح شد عواملی مختلفی مانند درآمد، سن، تعداد اعضای خانواده، وابستگی مذهبی و ... ارایه شده است. در این تحقیق به علت موجود نبودن برخی از داده‌ها، برای رسیدن به شاخص‌ها از اطلاعات مرکز آمار استفاده گردید. هرچند بسیاری از داده‌های مرکز آمار، داده‌های جمعیتی است؛ اما باید توجه داشت اولاً تنها اطلاعات دقیق و در دسترس برای هر منطقه است و ثانیاً اطلاعاتی در آن وجود دارد که به صورت غیرمستقیم نزدیک به شاخص‌های فوق است. این شاخص‌ها در پنج عنوان تعداد کل خانوار به جمعیت منطقه، جمعیت کل بالای ۲۰ سال به جمعیت منطقه، جمعیت شاغل به جمعیت منطقه، درصد ساکنین صاحب خانه و درصد خانه‌های بالای ۱۰۰ متر به کل خانه‌ها ارایه شده است. برای تعیین وزن شاخص‌ها از دو رویکرد کیفی (استفاده از نظر خبرگان) و کمی استفاده می‌شود [۲۳]. در این تحقیق برای رسیدن به وزن شاخص‌ها از اطلاعات پنج نفر از خبرگان مرتبط با بخش کمک‌های مردمی استفاده شده است. جدول ۳ وزن هریک از شاخص‌های فوق را نشان می‌دهد.

جدول ۳. وزن شاخص‌های تأثیرگذار بر کمک در هر منطقه

شاخص	میانگین کمک در معابر	میانگین کمک‌های خانگی	میانگین کمک به جمعیت	تعداد کل خانوار به جمعیت
وزن	۰/۱۵۷۶	۰/۱۳۰۴	۰/۲۰۶۵	۰/۱۰۳۲
شاخص	جمعیت کل بالای ۲۰	جمعیت شاغل به جمعیت	درصد ساکنین صاحب‌خانه	درصد خانه‌های‌بالای
وزن	۰/۰۹۷۸	۰/۱۴۱۳	۰/۰۸۶۹	۰/۰۷۶۰

بر اساس هشت شاخص فوق، وزن هریک از آن‌ها و روش ارزیابی مبتنی بر فاصله از میانگین شاخص‌ها، ضریب تأثیر هر منطقه به‌دست آمده است که در جدول۴ قابل مشاهده است.

جدول ٤. مقادیر ضریب تأثیر هر منطقه

منطقه	ضریب تأثیر	منطقه	ضریب تأثیر	منطقه	ضریب تأثیر	منطقه	ضریب تأثیر	منطقه	ضریب تأثیر
۱	۰/۰۰۴۲	۱۰	۰/۰۱۷۹	۱۹	۰/۰۰۳۴	۲۸	۰/۰۷۹۰	۳۷	۰/۰۱۶۶
۲	۰/۰۰۳	۱۱	۰/۰۰۷۵	۲۰	۰/۰۰۴۰	۲۹	۰/۰۸۷۴	۳۸	۰/۰۱۱۷
۳	۰/۰۰۴۵	۱۲	۰/۰۰۷۰	۲۱	۰/۰۴۷۹	۳۰	۰/۰۲۴۹	۳۹	۰/۰۸۶۳
٤	۰/۰۰۵۲	۱۳	۰/۰۰۴۴	۲۲	۰/۰۱۲۳	۳۱	۰/۰۱۲۶	٤۰	۰/۰۰۸۲
٥	۰/۰۰۴۱	١٤	۰/۰۱۵۷	۲۳	۰/۰۱۹۸	۳۲	۰/۰۱۱۷	٤۱	۰/۰۲۶۶
٦	۰/۰۰۵۶	۱۵	۰/۰۰۵۷	۲٤	۰/۰۷۲۹	۳۳	۰/۰۱۳۴	٤۲	۰/۰۱۸۰
۷	۰/۰۰۸۷	١٦	۰/۰۰۹۷	۲۵	۰/۰۷۷۹	۳٤	۰/۰۰۴۷	٤۳	۰/۰۲۹۵
۸	۰/۰۰۴۸	۱۷	۰/۰۰۳۴	۲٦	۰/۰۶۸۸	۳۵	۰/۰۱۴۸		
۹	۰/۰۰۶۳	۱۸	۰/۰۰۵۷	۲۷	۰/۱۱۳۰	۳٦	۰/۰۱۱۶		

٥-٤ تعیین شاخص‌های تأثیرگذار بر کمک در هر مکان (ضریب تأثیر مکان SIF_j)

شاخص‌های تأثیرگذار بر کمک در هر نوع مکان از طریق مصاحبه حضوری با ۵ نفر از خبرگان بخش کمک‌های مردمی و اولویت‌بندی مهمترین و مرتب‌ترین آن‌ها از طریق طیف لیکرت شناسایی گردیده است. قابل توجه است در فرایند اولیه تحقیق خبرگان مختلفی پیشنهاد گردید که پس از بررسی نظرات ایشان که تماما از خبرگان

موضوع کمک‌های مردمی بوده‌اند، با توجه به تسلط، تخصص و جامعیت نظرات، صرفا ۵ نفرخبره از ایشان تعیین گردید که تا پایان تحقیق از نظرات ایشان استفاده شده است. مهم‌ترین شاخص‌های استخراج‌شده در شش عنوان ماهیت مذهبی، ماهیت تفریحی، احتمال وجود خطر یا تهدید در مکان، میزان رفت و آمد انسان، فراهم بودن کمک برای مخاطبان آن مکان و احتمال حضور زنان تجمیع گردید. وزن هر شاخص نیز همانند گام سه بر اساس نظرسنجی از خبرگان استخراج شده است که در جدول ۵ قابل مشاهده است.

جدول ۵. وزن شاخص‌های تأثیرگذار کمک در مکان

شاخص	ماهیت مذهبی	ماهیت تفریحی	احتمال وجود خطر یا تهدید در مکان
وزن	۰/۱۷۱۴	۰/۱۳۳۳	۰/۲۲۸۶
شاخص	رفت و آمد انسان	فراهم بودن کمک برای مخاطبان آن	احتمال حضور زنان
وزن	۰/۲	۰/۱۴۲۹	۰/۱۲۳۸

نمره ضریب تأثیر هر یک از اماکن ۲۱گانه با استفاده از یک پرسشنامه در قالب طیف لیکرت استخراج شده است. تکمیل‌کنندگان پرسشنامه هم در تعیین وزن شاخص‌ها و هم نمره شاخص در هر مکان، همانند گام قبل پنج نفر از خبرگان مرتبط با بخش کمک‌های مردمی بوده‌اند. در این گام نیز از روش ارزیابی مبتنی بر فاصله از میانگین شاخص‌ها برای استخراج ضریب تأثیر هر مکان در انگیزه‌سازی برای کمک استفاده گردیده است و جواب آن در جدول ۶ ارایه شده است.

جدول ٦. مقادیر ضریب تأثیر هر نوع مکان

مکان	ضریب تأثیر	مکان	ضریب تأثیر	مکان	ضریب تأثیر
بیمارستان	۰/۱۹۵۴	پایانه‌ی اتوبوس‌رانی	۰/۰۹۰۲	سالن سینما	۰/۰۰۳۲
درمانگاه	۰/۱۲۲۴	ایستگاه مترو	۰/۰۶۴۹	موزه	۰/۰۰۲۶
مرکز بهداشت	۰/۰۶۸۷	جایگاه بنزین	۰/۰۵۰۰	کتابخانه	۰/۰۰۶۴
حوزه‌ی علمیه	۰/۰۷۰۶	جایگاه گاز	۰/۰۴۸۷	کمپ زائر	۰/۰۲۷۱
دانشگاه و مؤسسه آموزش عالی	۰/۰۴۲۴	اداره و سازمان دولتی	۰/۰۲۶۵	هتل	۰/۰۰۷۰
دبیرستان	۰/۰۱۶۸	مرکز خرید	۰/۰۳۴۶	هتل‌آپارتمان	۰/۰۰۴۵
مسجد و حسینیه	۰/۰۸۶۴	هایپرمارکت	۰/۰۲۵۳	مهمان‌سرا	۰/۰۰۶۳

۵-۵ تعیین شاخص‌های تأثیرگذار بر ضریب تردد انسانی

عدم دسترسی به جمعیت بازدیدکننده از هر مکان باعث شد در این تحقیق از مبنایی با عنوان ضریب تردد استفاده شود. در این ضریب، شاخص‌ها تعیین گردیده است تا بتواند دو مفهوم تردد و جمعیت بازدیدکننده را نشان دهد بر این اساس پس تعیین شاخص‌ها و رتبه‌بندی از طریق طیف لیکرت توسط خبرگان عنوان شده در مرحله قبل شاخص‌های شش‌گانه نزدیک بودن به اماکن زیارتی، سیاحتی مانند نزدیک بودن به حرم، امکان حضور مسافر یا زائر، دسترسی به مکان در سه بازه سالانه، ماهانه و روزانه، جمعیت منطقه، معروف یا بزرگ بودن مکان و امتیاز از مقایسه زوجی نوع مکان بر حسب امکان حضور جمعیت تعیین گردیده است. این شاخص‌ها بر اساس نزدیک بودن به مفهوم جمعیت و در درجه دوم مفهوم تردد تعیین شده و در یک رتبه‌بندی وضعیت شاخص‌ها احصا شده‌اند. وزن هریک از این شاخص‌ها با استفاده از نظر خبرگان به شرح جدول ۷ است.

جدول ۷. وزن شاخص‌های تأثیرگذار بر ضریب تردد انسانی در مکان

شاخص	نزدیک بودن به اماکن	امکان حضور مسافر یا زائر	جمعیت منطقه
وزن	۰/۰۸۰۱	۰/۰۴۰۳	۰/۲۸۰۳
شاخص	دسترسی به مکان	امتیاز مقایسه زوجی نوع مکان بر	معروف یا بزرگ بودن مکان
وزن	۰/۰۹۹۶	۰/۱۴۲۴	۰/۳۵۷۲

بر اساس این شش شاخص تمام نقاط (۱۰۲۴ نقطه) بالقوه در یک بازه امتیازی، امتیازدهی می‌شود به‌گونه‌ای که برای هر مکان یک مقدار میانگین امتیاز و یک مقدار انحراف از میانگین به‌دست آمده است که در مدل نهایی به‌عنوان یک پارامتر تصادفی در نظر گرفته شده است.

۵-۶ تعیین پارامترهای محدودکننده

هزینه بسیار زیاد ساخت یک صندوق الکترونیکی و عدم آشنایی مخاطبان با آن، این اجازه را نمی‌دهد تا به یکباره تولید و جایگزین صندوق‌های سنتی گردد. بر این اساس در مرحله اول محدودیتی اعمال گردیده است که بر اساس آن حداکثر صندوق قابل تعبیه، ۶۰ صندوق در نظر گرفته شده است. همچنین با هدف فرهنگ‌سازی و آشناسازی مخاطبان با صندوق‌های الکترونیکی، بر مدل محدودیت‌هایی اعمال گردید تا از یک طرف به هر منطقه و هر نوع مکان حداقل یک صندوق الکترونیکی اختصاص یابد و از طرف دیگر از انباشت صندوق‌ها در یک منطقه یا در یک نوع مکان جلوگیری نماید. حداکثر تعداد صندوق قابل نصب در هر منطقه و در هر نوع مکان بر اساس نظر خبرگان و توجه به تعداد نقاط بالقوه در هر منطقه استخراج شده است. تغییر در میزان γ، θ و α می‌تواند جواب‌های مختلفی را ارایه دهد که در این تحقیق بر اساس نظر تصمیم‌گیر، مقدار γ برابر است با ضرب MNF در میانگین مقدار $\tilde{b}_{ijk}$ صندوق‌های گذشته و مقدار θ برابر است با ضرب MNF در میانگین مقدار $\tilde{p}_{ijk}.DIF_i.LIF_j$. همچنین مقدار α در این تحقیق پنج درصد در نظر گرفته شده است.

۵-۷ تعیین توزیع پارامترهای تصادفی

در این مساله دو پارامتر میزان منفعت حاصل از هر صندوق و ضریب تردد به صورت تصادفی بیان شده است و در صورتی می‌توان از مدل ریاضی بخش ۴ استفاده نمود که تابع توزیع این دو پارامتر نرمال باشد. برای هردو پارامتر با استفاده از نرم افزار EasyFit 5.5، تک تک نقاط بالقوه مورد بررسی قرار گرفت. از طریق آزمون کولموگروف-اسمیرنف در این نرم افزار، فرض نرمال بودن تک تک نقاط بالقوه تایید گردید و در ثانی مقادیر میانگین و واریانس در هر دو پارامتر به‌دست می‌آید که در مدل نهایی مورد نیاز است.

۵-۸ حل مدل ریاضی

مدل ریاضی این مساله با استفاده از حل‌کننده CPLEX در نرم‌افزار OPL و رایانه‌ای با سیستم عامل ویندوز ۱۰، کدنویسی گردید. بر اساس پارامترهای مساله واقعی که در مراحل قبل جمع‌آوری شده است تعداد ۶۰ نقطه به‌عنوان جواب نهایی استخراج گردید که در جدول ۸ قابل مشاهده است.

جدول ۸. نقاط بهینه صندوق‌های الکترونیکی

ردیف	i	j	k	ردیف	i	j	k	ردیف	i	j	k	ردیف	i	j	k
۱	۱	۹	۱	۱۶	۱۶	۵	۴	۳۱	۲۷	۲۱	۷	٤٦	۲۹	۱۹	۲
۲	۲	۵	۳	۱۷	۱۷	۱۲	۱	۳۲	۲۸	۲۰	۱۸	٤۷	۳۰	۲۱	۶
۳	۳	۵	۴	۱۸	۱۸	۳	۲	۳۳	۲۸	۲۱	۱۶	٤۸	۳۱	۴	۱
٤	۴	۵	۴	۱۹	۱۸	۶	۵	۳٤	۲۸	۲۱	۱۷	٤۹	۳۲	۱۱	۱۱
۵	۵	۵	۱	۲۰	۱۸	۱۶	۱	۳۵	۲۸	۲۱	۱۸	۵۰	۳۳	۱۰	۱۷
٦	۶	۵	۱	۲۱	۱۸	۱۷	۱	۳٦	۲۸	۲۱	۱۹	۵۱	۳۴	۵	۱
۷	۷	۵	۱	۲۲	۱۸	۱۸	۱	۳۷	۲۸	۲۱	۲۲	۵۲	۳۵	۵	۱
۸	۸	۷	۳	۲۳	۱۹	۵	۲	۳۸	۲۸	۲۱	۲۳	۵۳	۳۶	۵	۲
۹	۹	۸	۱	۲٤	۲۰	۵	۲	۳۹	۲۹	۱	۱	۵٤	۳۷	۵	۳
۱۰	۱۰	۵	۶	۲۵	۲۱	۲	۱	٤۰	۲۹	۷	۱	۵۵	۳۸	۷	۴
۱۱	۱۱	۸	۱	۲٦	۲۲	۸	۱	٤۱	۲۹	۹	۱	۵٦	۳۹	۱	۱
۱۲	۱۲	۱۴	۱	۲۷	۲۳	۸	۱	٤۲	۲۹	۱۰	۱	۵۷	۴۰	۵	۳
۱۳	۱۳	۵	۲	۲۸	۲۴	۵	۲	٤۳	۲۹	۱۰	۲	۵۸	۴۱	۱۵	۱
۱٤	۱۴	۵	۵	۲۹	۲۵	۵	۳	٤٤	۲۹	۱۳	۱	۵۹	۴۲	۸	۱
۱۵	۱۵	۱۴	۱	۳۰	۲۶	۵	۲	٤۵	۲۹	۱۹	۱	٦۰	۴۳	۷	۶

در جدول ۹ تعداد تخصیص به هر نوع مکان ارایه شده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود دانشگاه‌ها و مؤسسه آموزش عالی، مهمان‌سراها و پایانه‌های اتوبوس‌رانی بیشترین حجم انتخاب نقاط بهینه را به خود اختصاص داده‌اند.

جدول ۹. تخصیص نقاط بهینه در نوع مکان

مکان	تعداد	مکان	تعداد
بیمارستان	۲	اداره و سازمان	۳
درمانگاه	۱	مرکز خرید	۱
مرکز بهداشت	۱	هایپرمارکت	۱
حوزه‌ی علمیه	۱	سالن سینما	۱
دانشگاه و مؤسسه آموزش عالی	۲۰	موزه	۱
دبیرستان	۱	کتابخانه	۱
مسجد و حسینیه	۴	کمپ زائر	۱
پایانه‌ی اتوبوس‌رانی	۵	هتل	۲
ایستگاه مترو	۲	هتل‌آپارتمان	۱
جایگاه بنزین	۱	مهمان‌سرا	۸
جایگاه گاز	۲		

در جدول ۱۰ نیز میزان پراکندگی نقاط بهینه در مناطق ۴۳گانه قابل مشاهده است. به دلیل محدودیت ۶۰تایی نقاط، بسیاری از مناطق صرفا دارای یک صندوق الکترونیک شده‌اند ولی در برخی از مناطق مانند مناطق ۱۸، ۲۸ و ۲۹ به دلیل شرایط مناسبشان در اهداف دوگانه، بیش از یک صندوق الکترونیک به آن‌ها اختصاص یافته است.

جدول ۱۰. تخصیص نقاط بهینه در مناطق

منطقه	تعداد	منطقه	تعداد	منطقه	تعداد	منطقه	تعداد
۱	۱	۱۲	۱	۲۳	۱	۳۴	۱
۲	۱	۱۳	۱	۲۴	۱	۳۵	۱
۳	۱	۱۴	۱	۲۵	۱	۳۶	۱
۴	۱	۱۵	۱	۲۶	۱	۳۷	۱
۵	۱	۱۶	۱	۲۷	۱	۳۸	۱
۶	۱	۱۷	۱	۲۸	۷	۳۹	۱
۷	۱	۱۸	۵	۲۹	۸	۴۰	۱
۸	۱	۱۹	۱	۳۰	۱	۴۱	۱
۹	۱	۲۰	۱	۳۱	۱	۴۲	۱
۱۰	۱	۲۱	۱	۳۲	۱	۴۳	۱
۱۱	۱	۲۲	۱	۳۳	۱		

٦ نتیجه‌گیری و پیشنهاد

استفاده از روش‌های علمی مکان‌یابی تسهیلات می‌تواند کمک بسیار زیادی به بهینه‌سازی منافع به‌دست آمده نماید. بر این اساس پس از استخراج داده‌ها و پارامترهای مورد نیاز، شاخص‌های مؤثر بر کمک در هر منطقه، هر نوع مکان و تردد معرفی گردید. شاخص‌های مؤثر بر کمک در هر منطقه با یک عدد به عنوان ضریب تأثیر منطقه تعیین گردید که از هفت شاخص استخراج شد. این شاخص‌ها بر اساس منابع قبلی و اطلاعات در دسترس استخراج شده است. شاخص‌های مؤثر بر کمک در هر نوع مکان نیز با یک عدد به عنوان ضریب تأثیر مکان تعیین گردید که از شش شاخص بر اساس نظر خبرگان استخراج شد. شاخص‌های مؤثر بر ضریب تردد انسانی که یک عدد تصادفی است نیز بر اساس نظر خبرگان با توجه به نزدیک بودن شاخص به مفهوم تردد انسانی و جمعیت بازدیدکننده استخراج شد. برای تعیین نقاط بالقوه تعداد ۱۰۲۴ مکان که در ۴۳ منطقه و ۲۱ نوع مکان در سطح شهر مشهد پراکنده است، استفاده شد. در ادامه با توجه به دو هدف حداکثرسازی مقدار کل منفعت و مقدار کل انگیزه‌سازی کمک بر اساس ضریب تأثیر منطقه، ضریب تأثیر مکان و ضریب تردد انسانی و محدودیت‌های مساله، با استفاده از مدل ریاضی استخراج گردید. با توجه به تصادفی بودن میزان منفعت از هر صندوق و ضریب تردد انسانی، دو هدف به صورت محدودیت شانسی در یک مدل برنامه‌ریزی آرمانی به‌کارگرفته شد که پس از قطعی‌سازی مدل و جایگذاری پارامترها، تعداد ۶۰ نقطه نهایی به عنوان جواب‌های بهینه استخراج گردید. پیشنهاد می‌گردد پس از تعیین نقاط بهینه تعبیه این صندوق‌ها، جهت بهره‌برداری بهتر از آن‌ها اولاً به طراحی و جایگاه نصب آن در محل نیز توجه شود و ثانیاً هر چند سال این مدل ریاضی با استفاده از داده‌های جدید و تعداد تسهیل بیشتر، حل گردد تا اماکن جدید یا جایگزین پیشنهاد گردد.

برای تحقیقات آتی پیشنهاد می‌گردد در گام اول مکان‌یابی با فرض پذیرش نصب صندوق‌های الکترونیکی در معابر انجام گیرد و در گام دوم مکان‌یابی در اماکن و در معابر به طور همزمان مدل‌سازی گردد. همچنین پیشنهاد می‌گردد مدل‌سازی مساله بر اساس پارامترهای مدل به‌خصوص پارامتر تردد انسانی به صورت فازی انجام

گیرد. با توجه به نرمال بودن توزیع پارامترهای این مساله، فرایند قطعی‌سازی مدل تصادفی محدودیت شانسی بر اساس فرض نرمال بودن انجام گرفته است. پیشنهاد می‌گردد فرایند قطعی‌سازی مدل‌های تصادفی محدودیت شانسی با توزیع‌های متفاوت نیز مورد بررسی قرار گیرد.

منابع

[1] Li, H., Mukhopadhyay, S. K., Wu, J. J., Zhou, L., & Du, Z. (2020). Balanced maximal covering location problem and its application in bike-sharing. *International Journal of Production Economics*, *223*, 107513.

[2] Coco, A. A., Santos, A. C., & Noronha, T. F. (2018). Formulation and algorithms for the robust maximal covering location problem. Electronic Notes in Discrete Mathematics, 64, 145-154.

[3] Lee, C., & Han, J. (2017). Benders-and-Price approach for electric vehicle charging station location problem under probabilistic travel range. Transportation Research Part B: Methodological, 106, 130-152.

[4] Lee, C., & Han, J. (2017). Benders-and-Price approach for electric vehicle charging station location problem under probabilistic travel range. Transportation Research Part B: Methodological, 106, 130-152.

[5] Blanquero, R., Carrizosa, E., & Boglárka, G. (2016). Maximal covering location problems on networks with regional demand. Omega, 64, 77-85.

[6] Pereira, M. A., Coelho, L. C., Lorena, L. A., & De Souza, L. C. (2015). A hybrid method for the probabilistic maximal covering location–allocation problem. Computers & Operations Research, 57, 51-59.

[7] Davari, S., Zarandi, M. H. F., & Turksen, I. B. (2013). A greedy variable neighborhood search heuristic for the maximal covering location problem with fuzzy coverage radii. *Knowledge-Based Systems*, *41*, 68-76.

[8] Azad, H. R. L., & Boushehri, N. S. (2014). Billboard advertising modeling by using network count location problem. International Journal for Traffic and Transport Engineering, 4(2).

[9] Vahdani, B., & Tahervardi, M. (2019). A Multi-Objective Optimization Model For Location-Inventory-Routing Problem in a Multi-Echelon Supply Chain Network Considering Maximum Demand Coverage. Industrial Management Studies, 17(52), 239-286. doi: 10.22054/jims.2017.19172.1680.

[10] Mohaghar, A., Aryaee, S., Heidary, J., Toomanian, A. (2017). Using Weighted Maximal Covering Model with Partial Coverage and Geographical Information Systems for Locating Bank Branches. *Industrial Management Studies*, 15(47), 1-22.

[11] Yao, K. (2015). Who gives? The determinants of charitable giving, volunteering, and their relationship.

[12] Marx, J. D., & Carter, V. B. (2014). Factors influencing US charitable giving during the great recession: Implications for nonprofit administration. Administrative Sciences, 4(3), 350-372.

[13] Lwin, M., & Phau, I. (2010). Characteristics of charitable donors in Australia. In Recent Advances in Retailing and Services Science conference proceedings. Recent Advances in Retailing and Services Science.

[14] Santos, M. C., Luss, H., Nace, D., & Poss, M. (2019). Proportional and maxmin fairness for the sensor location problem with chance constraints. Discrete Applied Mathematics, 261, 316-331.

[15] Liu, K., Li, Q., & Zhang, Z. H. (2019). Distributionally robust optimization of an emergency medical service station location and sizing problem with joint chance constraints. *Transportation research part B: methodological*, *119*, 79-101.

[16] Kınay, Ö. B., Kara, B. Y., Saldanha-da-Gama, F., & Correia, I. (2018). Modeling the shelter site location problem using chance constraints: A case study for Istanbul. European Journal of Operational Research, 270(1), 132-145.

[17] Charles, V., Ansari, S. I., & Khalid, M. M. (2011). Multi-objective stochastic linear programming with general form of distributions. Int J Oper Res Optim, 2(2), 261-278.

[18] De, P. K., Acharya, D., & Sahu, K. C. (1982). A chance-constrained goal programming model for capital budgeting. Journal of the Operational Research Society, 33(7), 635-638.

[19] Bashiri, M., Hosseinijoo, S., & Hosseininejad, S. (2014). Industrial Systems Design (Facility Location). Volume 4. Tehran: Publishing Payam.
[20] Church, R., & ReVelle, C. (1974). The maximal covering location problem. In Papers of the regional science association (Vol. 32, No. 1, pp. 101-118). Springer-Verlag.
[21] Zavadskas, E. K., & Turskis, Z. (2011). Multiple criteria decision making (MCDM) methods in economics: an overview. Technological and economic development of economy, 17(2), 397-427.
[22] Salimifard, K., Mostafaee Dowlatabad, K. (2013). Applying Stochastic Goal Programming to Water Resource Management. *Water and Soil*, 27(2), 282-291. doi: 10.22067/jsw.v0i0.24353.
[23] Azar, A., and Rajabzadeh, A. (2010). Applied Decision Making, MADM Approach. Fourth Edition. Tehran: Publishing Ghazn Danesh.