

مکان‌یابی بهینه صندوق‌های الکترونیکی جمع‌آوری کمک‌های مردمی با استفاده از مدل ترکیبی برنامه‌ریزی آرمانی محدودیت‌شانی 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 محدودیت‌شانی در یک مدل برنامه‌ریزی آرمانی به‌کار گرفته 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 محدودیت‌شانی، 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 خانواده‌های 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 به عنوان یک برند در نگاه کمک‌کنندگان باعث شده است تا علی‌رغم ناکارآمدی صندوق‌های سنتی به هیچ وجه 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 شانس 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 بیلوردها، 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 محدودیت‌شناسی 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 امدادسانی 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 بیلورد و دیگر پارامترها مانند تعداد محصولات، تعداد سطوح کیفیت، تعداد بیلوردهای تبلیغاتی و تعداد مکان‌های بالقوه برای تبلیغ تابلوهای تبلیغاتی، مکان‌یابی بیلورد 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. پریا 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 حریمانه استفاده نموده‌اند. آزاد و بوشهری [۸] برای مدل‌سازی تبلیغات بیلورد با توجه به داده‌های تعداد بازدیدکنندگان، هزینه‌های مربوط به قرار دادن تبلیغات در هر بیلورد و هزینه کل اختصاص داده شده به تبلیغات بیلوردی، 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 فرا ابتکاری 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 به صورت 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 به عنوان 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 محدودیت‌شناسی 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 به صورت محدودیت‌شناسی 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 به عنوان 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 محدودیت‌شناسی 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 شناسی 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 محدودیت‌شناسی 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 شناسی، نمونه عددی و فرضی را در بودجه‌بندی سرمایه‌ای مورد بررسی قرار داده‌اند.

۳ مبانی نظری

۳-۱ مکان یابی

مکان یابی یکی از شاخه های علم تحقیق در عملیات است که توجه به آن سبب کاهش هزینه ها و موفقیت حداکثری می شود. مسایل مکان یابی دارای تنوع زیادی است و تقسیم بندی های متنوعی از آن نیز ارائه شده است. در تقسیم بندی بر اساس نگرش به مدل سازی و حل مساله، نمونه ای از مسایل کلاسیک مکان یابی عبارت اند از مکان یابی میانه، مکان یابی مرکز، مکان یابی پوشش، مکان یابی انبار، مکان یابی تسهیلات ناخوشایند و هاب. در بررسی جزئی تر به نظر می رسد عناوینی مانند مکان یابی پوشش، مکان یابی حداکثر دسترسی، مکان یابی حداکثر مشاهده پذیری و مکان یابی بیلوردها، شباهت هایی با موضوع مقاله داشته باشد؛ مسایل مکان یابی 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 می پردازد که زمانی در دسترس اند و زمان دیگر توسط فرد دیگری اشغال شده اند [۱۹]. مدل های مرتبط با حداکثر مشاهده پذیری با این فرض می باشند که تسهیل دارای شرایطی است که بتواند دامنه دید وسیعی را ایجاد کند؛ فلذا در مواردی مانند مکان یابی دوربین های نگهبانی، برج نگهبانی و برج آتش نشانی کاربرد دارند. مکان یابی پوششی نیز با توجه به جمعیت و تعداد محدود تسهیل به دنبال حداکثر سازی میزان پوشش افراد است. در مکان یابی بیلوردها نیز بر اساس حجم عبور ترافیک، موضوع حداکثر سازی افرادی که تسهیل را مشاهده می نمایند مورد توجه قرار گرفته است. بر این اساس در دو نوع مکان یابی پوششی و بیلوردها می توان شباهت بیشتری با مکان یابی صندوق های جمع آوری کمک های مردمی مشاهده نمود.

در مدل پایه ای مساله پوشش جزئی یا حداکثر پوشش، هدف، پوشش بیشتر مشتریان با تعداد از پیش تعیین شده ای از تسهیلات است. مدل ساده آن با فرض محدودیت در تعداد کل تسهیلات، بیشتر بودن نقاط تقاضا از اماکن بالقوه تسهیلات به دنبال حداکثر سازی میزان پوشش افراد یا همان تقاضا است [۲۰]. در مکان یابی بیلوردها نیز موضوع تعداد بازدید کنندگان مورد توجه قرار گرفته است که مدل ساده آن با در نظر گرفتن هزینه های مربوط به قرار دادن تبلیغات در هر بیلورد و محدودیت در هزینه کرد، به دنبال حداکثر سازی تعداد بازدید کنندگان است [۸].

۳-۲ ارزیابی مبتنی بر فاصله از میانگین شاخص ها

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

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

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

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.

$$PDA_{ij} = \frac{\max(r_{ij}, AV_j)}{AV_j} \quad i = 1, \dots, m, \quad j = 1, \dots, n \quad (2)$$

$$NDA_{ij} = \frac{\max(AV_j, r_{ij})}{AV_j} \quad i = 1, \dots, m, \quad j = 1, \dots, n \quad (3)$$

$$PDA_{ij} = \frac{\max(AV_j, r_{ij})}{AV_j} \quad i = 1, \dots, m, \quad j = 1, \dots, n \quad (4)$$

$$NDA_{ij} = \frac{\max(r_{ij}, AV_j)}{AV_j} \quad i = 1, \dots, m, \quad j = 1, \dots, n \quad (5)$$

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.

$$WPDA_{ij} = \sum_{j=1}^n PDA_{ij} \cdot w_j; \quad i = 1, \dots, m \quad (6)$$

$$WNDA_{ij} = \sum_{j=1}^n NDA_{ij} \cdot w_j; \quad i = 1, \dots, m \quad (7)$$

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

$$NWPDA_{ij} = \frac{WPDA_{ij}}{\max(WPDA_{ij})}; \quad i = 1, \dots, m \quad (8)$$

$$NWNDA_{ij} = 1 - \frac{WNDA_{ij}}{\max(WNDA_{ij})}; \quad i = 1, \dots, m \quad (9)$$

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

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

۳-۳ برنامه ریزی آرمانی محدودیت شانس

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

۴ مدل سازی مساله

در این تحقیق، مبنا این است که کمیته امداد قصد دارد تعداد محدودی صندوق الکترونیکی را جهت جمع آوری 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 به عنوان پارامتر دارای عدم قطعیت با توزیع نرمال در نظر گرفته شده است و میزان انگیزه‌سازی یک تسهیل برای جذب کمک از سه قسمت ضریب تأثیر منطقه α در انگیزه‌سازی (DIF_i)، ضریب تأثیر نوع مکان λ در انگیزه‌سازی برای کمک (LIF_j) و ضریب تردد ($\tilde{p}_{ijk}$) تشکیل شده است. برای به دست آوردن میزان کمک‌های مردمی، از اطلاعات جمع آوری شده از کمک‌های مردمی در صندوق‌های سنتی استفاده شده است.

۴-۱ متغیرهای مدل

$$x_{ijk} = \begin{cases} 1 & \text{اگر تسهیل در مکان } k \text{ از نوع } \lambda \text{ در منطقه } \alpha \text{ نصب شود} \\ 0 & \text{در غیر این صورت} \end{cases}$$

۴-۲ پارامترهای مساله

پارامترهای مساله بر اساس جدول ۱ تعریف شده‌اند.

جدول ۱. پارامترهای مساله

پارامترها	نماد	اندیس مرتبط / تعریف
مجموعه مناطق	I	$i \in I = \{1, 2, \dots, m\}$
تعداد مناطق شهری	m	

$j \in J = \{1, 2, \dots, n\}$	J	مجموعه انواع اماکن
	n	تعداد انواع اماکن
$k \in K_{ij} = \{1, 2, \dots, o_{ij}\}$	K_{ij}	مجموعه اماکن از نوع j ام در منطقه i ام
	o_{ij}	تعداد اماکن از نوع j ام در منطقه i ام
	$\tilde{b}_{ijk}$	منفعت نسبی (تصادفی) حاصل از قرارگیری تسهیل در مکان k ام از نوع j ام در منطقه i ام
	$\tilde{p}_{ijk}$	ضریب تردد (تصادفی) در تسهیل مکان k ام از نوع j ام در منطقه i ام
	DIF_i	ضریب تأثیر منطقه i ام 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 i ام
	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 i ام

۳-۴ مدل ریاضی

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

$$Z_1 = \text{Max} \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{k \in K_{ij}} \tilde{b}_{ijk} x_{ijk} \quad (11)$$

$$Z_2 = \text{Max} \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{k \in K_{ij}} (\tilde{p}_{ijk} \cdot DIF_i \cdot LIF_j) x_{ijk} \quad (12)$$

تابع شماره (۱۱) نشان‌دهنده هدف اول مساله یعنی حداکثرسازی مقدار کل منفعت به دست آمده از تسهیلات 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 به عنوان هدف در نظر گرفته می‌شود. در این مدل محدودیت‌ها به صورت محدودیت شانس طبق روابط (۱۳) و (۱۴) ارایه شده است.

$$Prop\left(\sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{k \in K_{ij}} \tilde{b}_{ijk} x_{ijk} \geq \gamma\right) \geq 1 - \alpha \quad (13)$$

$$Prop\left(\sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{k \in K_{ij}} (\tilde{p}_{ijk} \cdot DIF_i \cdot LIF_j) x_{ijk} \geq \theta\right) \geq 1 - \alpha \quad (14)$$

رابطه (۱۳) بیان می‌کند احتمال آنکه منفعت کل به دست 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 شانس، سپس ارایه محدودیت‌های سیستمی، مدل برنامه‌ریزی آرمانی محدودیت شانس مساله بر اساس روابط (۱۵) تا (۲۴) به دست می‌آید.

$$\min z = w_i \cdot d_i^+ + w_r \cdot d_r^+ \quad (15)$$

s.t.

$$Prop\left(\sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{k \in K_{ij}} \tilde{b}_{ijk} x_{ijk} \geq \gamma\right) + d_i^- - d_i^+ = 1 - \alpha \quad (16)$$

$$Prop\left(\sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{k \in K_{ij}} (\tilde{p}_{ijk} \cdot DIF_i \cdot LIF_j) x_{ijk} \geq \theta\right) + d_r^- - d_r^+ = 1 - \alpha \quad (17)$$

$$\sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{k \in K_{ij}} x_{ijk} \leq MNF \quad (18)$$

$$\sum_{j \in J} \sum_{k \in K_{ij}} x_{ijk} \geq 1 \quad \forall i \in I \quad (19)$$

$$\sum_{i \in I} \sum_{k \in K_{ij}} x_{ijk} \geq 1 \quad \forall j \in J \quad (20)$$

$$\sum_{j \in J} \sum_{k \in K_{ij}} x_{ijk} \leq MFD_i \quad \forall i \in I \quad (21)$$

$$\sum_{i \in I} \sum_{k \in K_{ij}} x_{ijk} \leq MFL_j \quad \forall j \in J \quad (22)$$

$$x_{ijk} \in \{0, 1\} \quad \forall i \in I, \forall j \in J, \forall k \in K_{ij} \quad (23)$$

$$d_i \geq 0 \quad (24)$$

رابطه (۱۵) مینیمم‌سازی مقادیر نامطلوب انحرافات از اهداف که هم اکنون در قالب محدودیت شانس 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 این که 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 شانس می‌باشد که باید تبدیل به یک محدودیت معمولی گردد. بر این اساس فرض می‌شود $\tilde{b}_{ijk}$ دارای توزیع نرمال با میانگین $E(\tilde{b}_{ijk})$ و واریانس $Var(\tilde{b}_{ijk})$ است و $\tilde{h} = \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{k \in K_{ij}} \tilde{b}_{ijk} . x_{ijk}$ و $\tilde{h}$ 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.

$$Prop \left(\frac{\tilde{h} - E(\tilde{h})}{\sqrt{Var(\tilde{h})}} \geq \frac{\gamma - E(\tilde{h})}{\sqrt{Var(\tilde{h})}} \right) \geq 1 - \alpha \quad (25)$$

$$Prop \left(\frac{\tilde{h} - E(\tilde{h})}{\sqrt{Var(\tilde{h})}} \geq \frac{\gamma - E(\tilde{h})}{\sqrt{Var(\tilde{h})}} \right) = 1 - F \left(\frac{(\gamma - E(\tilde{h}))}{(\sqrt{Var(\tilde{h})})} \right) \quad (26)$$

$$1 - F \left(\frac{(\gamma - E(\tilde{h}))}{(\sqrt{Var(\tilde{h})})} \right) \geq 1 - \alpha \quad (27)$$

$$F(Z_\alpha) = \alpha \quad (28)$$

$$F \left(\frac{(\gamma - E(\tilde{h}))}{(\sqrt{Var(\tilde{h})})} \right) \leq F(Z_\alpha) \quad (29)$$

$$\frac{(\gamma - E(\tilde{h}))}{(\sqrt{Var(\tilde{h})})} \leq Z_\alpha \quad (30)$$

$$(\gamma - E(\tilde{h})) \leq Z_\alpha . (\sqrt{Var(\tilde{h})}) \quad (31)$$

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

$$E(\tilde{h}) = \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{k \in K_{ij}} E(\tilde{b}_{ijk}) . x_{ijk} \quad (32)$$

$$Var(\tilde{h}) = \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{k \in K_{ij}} Var(\tilde{b}_{ijk}) . x_{ijk}^2 + \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{\substack{k \in K_{ij} \\ ij k \neq ijk}} Cov(\tilde{b}_{ijk}, \tilde{b}_{ijk}) . x_{ijk} . x_{ijk} \quad (33)$$

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.

$$Var(\tilde{h}) = \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{k \in K_{ij}} Var(\tilde{b}_{ijk}) \cdot x_{ijk}^{\gamma} \quad (34)$$

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

$$\gamma - \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{k \in K_{ij}} E(\tilde{b}_{ijk}) \cdot x_{ijk} \leq Z_{\alpha} \cdot \left(\sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{k \in K_{ij}} Var(\tilde{b}_{ijk}) \cdot x_{ijk}^{\gamma} \right) \quad (35)$$

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.

$$\left(\gamma - \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{k \in K_{ij}} E(\tilde{b}_{ijk}) \cdot x_{ijk} \right)^2 \leq \left(Z_{\alpha} \cdot \left(\sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{k \in K_{ij}} Var(\tilde{b}_{ijk}) \cdot x_{ijk}^{\gamma} \right) \right)^2 \quad (36)$$

$$\left(\gamma - \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{k \in K_{ij}} E(\tilde{b}_{ijk}) \cdot x_{ijk} \right)^2 - Z_{\alpha}^2 \cdot \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{k \in K_{ij}} Var(\tilde{b}_{ijk}) \cdot x_{ijk}^{\gamma} \leq 0 \quad (37)$$

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 $E(\tilde{p}_{ijk})$ و واریانس $Var(\tilde{p}_{ijk})$ است و $\tilde{g} = \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{k \in K_{ij}} \tilde{p}_{ijk} \cdot DIF_i \cdot LIF_j \cdot x_{ijk}$ می‌توان رابطه (۳۸) را تعریف نمود:

$$\theta - E(\tilde{g}) \leq Z_{\alpha} \cdot (\sqrt{Var(\tilde{g})}) \quad (38)$$

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) به دست می‌آید.

$$E(\tilde{g}) = \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{k \in K_{ij}} E(\tilde{p}_{ijk}) \cdot DIF_i \cdot LIF_j \cdot x_{ijk} \quad (39)$$

$$Var(\tilde{g}) = \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{k \in K_{ij}} Var(\tilde{p}_{ijk}) \cdot DIF_i^{\gamma} \cdot LIF_j^{\gamma} \cdot x_{ijk}^{\gamma} \quad (40)$$

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

$$\left(\theta - \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{k \in K_{ij}} DIF_i \cdot LIF_j \cdot E(\tilde{p}_{ijk}) \cdot x_{ijk} \right)^2 \leq \left(Z_{\alpha} \cdot \sqrt{\sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{k \in K_{ij}} Var(\tilde{p}_{ijk}) \cdot DIF_i^{\gamma} \cdot LIF_j^{\gamma} \cdot x_{ijk}^{\gamma}} \right)^2 \quad (41)$$

$$\left(\theta - \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{k \in K_{ij}} DIF_i \cdot LIF_j \cdot E(\tilde{p}_{ijk}) \cdot x_{ijk} \right)^2 - Z_{\alpha}^2 \cdot \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{k \in K_{ij}} Var(\tilde{p}_{ijk}) \cdot DIF_i^{\gamma} \cdot LIF_j^{\gamma} \cdot x_{ijk}^{\gamma} \leq 0 \quad (42)$$

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

$$\min z = w_1 \cdot d_1^+ + w_r \cdot d_r^+ \quad (43)$$

s.t.

$$\left(\gamma - \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{k \in K_{ij}} E(\tilde{b}_{ijk}) \cdot x_{ijk} \right)^r - Z_\alpha^r \cdot \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{k \in K_{ij}} Var(\tilde{b}_{ijk}) \cdot x_{ijk}^r + d_1^- - d_1^+ = 0 \quad (44)$$

$$\left(\theta - \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{k \in K_{ij}} DIF_i \cdot LIF_j \cdot E(\tilde{p}_{ijk}) \cdot x_{ijk} \right)^r - Z_\alpha^r \cdot \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{k \in K_{ij}} Var(\tilde{p}_{ijk}) \cdot DIF_i^r \cdot LIF_j^r \cdot x_{ijk}^r + d_r^- - d_r^+ = 0 \quad (45)$$

$$\sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{k \in K_{ij}} x_{ijk} \leq MNF \quad (46)$$

$$\sum_{j \in J} \sum_{k \in K_{ij}} x_{ijk} \geq 1 \quad \forall i \in I \quad (47)$$

$$\sum_{i \in I} \sum_{k \in K_{ij}} x_{ijk} \geq 1 \quad \forall j \in J \quad (48)$$

$$\sum_{j \in J} \sum_{k \in K_{ij}} x_{ijk} \leq MFD_i \quad \forall i \in I \quad (49)$$

$$\sum_{i \in I} \sum_{k \in K_{ij}} x_{ijk} \leq MFL_j \quad \forall j \in J \quad (50)$$

$$x_{ijk} \in \{0, 1\} \quad \forall i \in I, \forall j \in J, \forall k \in K_{ij} \quad (51)$$

$$d_i \geq 0 \quad (52)$$

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 مجزا است که با توجه به گستردگی شهر، یک اداره آن به عنوان 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

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

پراکندگی هر یک از انواع اماکن (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 به دست 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 به عنوان یک روش تصمیم‌گیری چند شاخصه استفاده شده است، به عبارتی خروجی نهایی این روش به عنوان 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 شاخص‌های 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 به دست آمده است، میانگین کمک خانگی که از تقسیم جمع مبالغ صندوق‌های متوسط و کوچک به تعداد آن‌ها در منطقه به دست آمده است و میانگین کمک کل که از تقسیم جمع کل مبالغ به جمعیت منطقه به دست 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 خانه‌های بالای
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 به دست آمده است که در جدول ۴ قابل مشاهده است.

جدول ۴. 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	۰/۰۰۰۳	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
۴	۰/۰۰۵۲	۱۳	۰/۰۰۴۴	۲۲	۰/۰۱۲۳	۳۱	۰/۰۱۲۶	۴۰	۰/۰۰۸۲
۵	۰/۰۰۴۱	۱۴	۰/۰۱۵۷	۲۳	۰/۰۱۹۸	۳۲	۰/۰۱۱۷	۴۱	۰/۰۲۶۶
۶	۰/۰۰۵۶	۱۵	۰/۰۰۵۷	۲۴	۰/۰۷۲۹	۳۳	۰/۰۱۳۴	۴۲	۰/۰۱۸۰
۷	۰/۰۰۸۷	۱۶	۰/۰۰۹۷	۲۵	۰/۰۷۷۹	۳۴	۰/۰۰۴۷	۴۳	۰/۰۲۹۵
۸	۰/۰۰۴۸	۱۷	۰/۰۰۳۴	۲۶	۰/۰۶۸۸	۳۵	۰/۰۱۴۸		
۹	۰/۰۰۶۳	۱۸	۰/۰۰۵۷	۲۷	۰/۰۱۳۰	۳۶	۰/۰۱۱۶		

۵-۴ 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 تماماً از خبرگان

موضوع کمک‌های مردمی بوده‌اند، با توجه به تسلط، تخصص و جامعیت نظرات، صرفاً ۵ نفر خبره 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 نظر سنجی 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 ۲۱ گانه با استفاده از یک پرسشنامه در قالب طیف لیکرت استخراج شده است. تکمیل کنندگان 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 ارائه شده است.

جدول ۶. مقادیر ضریب تأثیر هر نوع مکان

مکان	ضریب تأثیر	مکان	ضریب تأثیر	مکان	ضریب تأثیر
بیمارستان	۰/۱۹۵۴	پایانه 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
حوزه علمی	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	هتل آپارتمان	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 شش گانه 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 به گونه‌ای 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 و θ می‌تواند جواب‌های مختلفی را ارائه 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 $\tilde{p}_{ijk}$. 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 هر دو پارامتر با استفاده از نرم افزار EasyFit 5.5، تک تک نقاط بالقوه مورد بررسی قرار گرفت. از طریق آزمون کولموگروف-اسمیرنوف 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	۴۶	۲۹	۱۹	۲
۲	۲	۵	۲	۱۷	۱۷	۱۲	۱	۳۲	۲۸	۲۰	۱۸	۴۷	۳۰	۲۱	۶
۳	۳	۵	۳	۱۸	۱۸	۳	۲	۳۳	۲۸	۲۱	۱۶	۴۸	۳۱	۴	۱
۴	۴	۵	۴	۱۹	۱۹	۶	۵	۳۴	۲۸	۲۱	۱۷	۴۹	۳۲	۱۱	۱۱
۵	۵	۵	۱	۲۰	۲۰	۱۶	۱	۳۵	۲۸	۲۱	۱۸	۵۰	۳۳	۱۰	۱۷
۶	۶	۵	۱	۲۱	۲۱	۱۷	۱	۳۶	۲۸	۲۱	۱۹	۵۱	۳۴	۵	۱
۷	۷	۵	۱	۲۲	۲۲	۱۸	۱	۳۷	۲۸	۲۱	۲۲	۵۲	۳۵	۵	۱
۸	۸	۷	۳	۲۳	۲۳	۵	۲	۳۸	۲۸	۲۱	۲۳	۵۳	۳۶	۵	۲
۹	۹	۸	۱	۲۴	۲۴	۵	۲	۳۹	۲۹	۱	۱	۵۴	۳۷	۵	۳
۱۰	۱۰	۵	۶	۲۵	۲۵	۲	۱	۴۰	۲۹	۷	۱	۵۵	۳۸	۷	۴
۱۱	۱۱	۸	۱	۲۶	۲۶	۸	۱	۴۱	۲۹	۹	۱	۵۶	۳۹	۱	۱
۱۲	۱۲	۱۴	۱	۲۷	۲۷	۸	۱	۴۲	۲۹	۱۰	۱	۵۷	۴۰	۵	۳
۱۳	۱۳	۵	۲	۲۸	۲۸	۵	۲	۴۳	۲۹	۱۰	۲	۵۸	۴۱	۱۵	۱
۱۴	۱۴	۵	۳	۲۹	۲۹	۵	۳	۴۴	۲۹	۱۳	۱	۵۹	۴۲	۸	۱
۱۵	۱۵	۱۴	۱	۳۰	۳۰	۵	۲	۴۵	۲۹	۱۹	۱	۶۰	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	هتل آپارتمان	۱
جایگاه بنزین	۱	مهمان‌سرا	۸
جایگاه گاز	۲		

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

۶ 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 شانس در یک مدل برنامه‌ریزی آرمانی به کار گرفته 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 قطعی سازی مدل تصادفی محدودیت شانس بر اساس فرض نرمال بودن انجام گرفته است. پیشنهاد می گردد فرایند قطعی سازی مدل های تصادفی محدودیت شانس با توزیع های 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., & Boglárika, 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] Kinay, 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., Hosseiniyoo, 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., Mostafaei 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.