چشم‌انداز مدیریت صنعتی
شماره ۲۰ ـ زمستان ۱۳۹۴
ص‌ص ۱۶۶ – ۱۴۳

مکان‌یابی کارخانه در شرایط عدم‌قطعیت بر مبنای تئوری اعداد D

رضا شیخ*، هانیه شامبیاتی**

چکیده

مکان‌یابی به‌عنوان تصمیمی استراتژیک به‌علت بازه زمانی این نوع تصمیم‌گیری و درنتیجه اطلاعات ناقص کارشناسان در شرایط عدم‌قطعیت توسط مدیران عالی سازمان اتخاذ می‌شود. پژوهشگران روش‌های مختلفی برای انتخاب مکان معرفی کرده‌اند. معرفی و به‌کارگیری تئوری اعداد D به‌عنوان بسطی از نظریه دمپستر – شافر در مکان‌یابی ضمن برطرف‌کردن نواقص موجود در نظریه دمپستر – شافر می‌تواند نقصان اطلاعات کارشناس را در پیش‌بینی لحاظ کند. در این مقاله ضمن بررسی انتخاب مکان احداث کارخانه آب‌معدنی در استان سمنان، اعتبار روش در مقایسه با روش AHP فازی (FAHP) موردتأیید خبرگان قرار گرفت.

کلیدواژه‌ها: تئوری اعداد D؛ روش FAHP؛ عدم‌قطعیت؛ مکان‌یابی.

تاریخ دریافت مقاله: ۹۴/۴/۹، تاریخ پذیرش مقاله: ۹۴/۱۱/۲۸.

* دانشیار، دانشگاه صنعتی شاهرود (نویسنده مسئول).

E-mail: resheikh@shahroodut.ac.ir.

** کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی شاهرود.

۱. مقدمه

شرکت‌ها به‌دلیل تفاوت‌ها و مزیت‌های نسبی در هزینه و کیفیت نیروی کار، استعداد، انرژی، امکانات و سرمایه، به واگذاری بخش‌هایی از فرایند تولید خود و فعالیت در سایر مکان‌ها، تمایل دارند. ارزیابی انتخاب مکان جدید بسیار مهم است و به‌عنوان برنامه‌ریزی استراتژیک شرکت محسوب می‌شود. مکان‌یابی مناسب می‌تواند سهم مطلوبی در بازار رقابت شرکت ارائه دهد [۳۳].

انتخاب مکان بهینه واحدهای مختلف صنعتی منوط به شناخت معیارها و عوامل مؤثری است که به بقا و حیات سازمان کمک زیادی می‌کند تا از امکانات و توانایی‌های مناطق مختلف استفاده درست و بهینه به عمل آید. احداث یک یا چند واحد صنعتی در مکان‌های بهینه و در بهترین وضعیت ممکن، نه‌تنها گردش مواد و خدمات به مشتریان را بهبود می‌بخشد؛ بلکه کارخانه را در وضعیت مطلوب قرار می‌دهد [۵]. امروزه مکان‌یابی نیازمند دانش مدل‌سازی، شیوه‌های بهینه‌سازی و ارتباط با رشته‌های مهندسی صنایع، تحقیق در عملیات، مدیریت عملیات، اقتصاد شهری و علوم سیاسی است [۳۳].

مکان‌یابی به تعهدات طولانی‌مدت در ساخت ساختمان‌ها و تسهیلات نیاز دارد و این تصمیم‌گیری نیازمند سرمایه‌گذاری مالی قابل‌توجهی بوده و در بلندمدت تأثیر زیادی را بر هزینه‌های عملیاتی و درآمد دارد. دلایل بالا نشان‌دهنده اهمیت تصمیم‌گیری مکان‌یابی است؛ به‌طوری‌که مکان اشتباه می‌تواند منجر به هزینه‌های حمل‌ونقل بالا، منابع ناکافی مواد اولیه و نیروی کار و ازدست‌دادن مزیت رقابتی و سرمایه شود [۱۲].

مکان‌یابی، تعیین بهترین موقعیت جغرافیایی برای مراکز شرکت است و هدف از مطالعه مکان‌یابی پیداکردن محل مناسبی است که دارای بیشترین مزایا برای سازمان باشد. مدیران برای ایجاد سازمان جدید، توسعه سازمان موجود و یا ایجاد شعبات نیاز به امر مکان‌یابی دارند [۳]؛ بنابراین انتخاب مکان کارخانه، دغدغه اصلی مدیران در موفقیت نهایی شرکت‌ها محسوب می‌شود و نقش مهمی در حداقل‌کردن هزینه و حداکثرسازی استفاده از منابع دارد [۴۰].

تصمیم‌گیری مکان‌یابی کارخانه جزو برنامه‌ریزی بلندمدت محسوب می‌شود و از ویژگی‌های برنامه‌ریزی بلندمدت مواجه‌شدن با محیط عدم‌اطمینان است که تصمیم‌گیرنده را به‌دلیل ناکافی‌بودن اطلاعات با عدم‌قطعیت روبه‌رو می‌کند. تصمیم‌گیری مدیران در تعیین مکان کارخانه با فرض اطلاعات کامل یا شرایط ریسک‌آور از مدل‌های قطعی یا احتمالی یکی از مشکلات مهم در مکان‌یابی است و هر ساله هزینه‌های زیادی را به‌دلیل اتلاف سرمایه‌گذاری‌های انجام‌شده به سازمان و اجتماع تحمیل می‌کند. دانشمندان در مواجهه با شرایط عدم‌اطمینان از مدل‌ها و روش‌های زیادی ازجمله: تجزیه‌وتحلیل راف، مدل‌های احتمالی، مدل‌های فازی با ساختار ریاضی برای ارائه عدم‌قطعیت و یا آنالیز فاصله‌ای، نظریه امکان و تئوری شواهد در شرایط عدم‌اطمینان

استفاده می‌کنند [۲۲]. تئوری شواهد دمپستر – شافر مرتبط‌ترین مدل در شرایط عدم‌قطعیت و مدل تکاملی آنتروپی شانون محسوب می‌شود که بر اساس مفروضات انحصار کامل[1] و محدودیت کامل[2] معرفی شده است؛ اما تئوری شواهد به‌دلیل محدودیت در نشان‌دادن برخی اطلاعات مانند ارزیابی‌های مبتنی بر متغیرهای زبانی و کامل‌نبودن چارچوب تشخیص به‌دلیل ناکاملی دانش قضاوت‌کننده کارایی لازم را ندارد؛ همچنین محاسبات پیچیده نظریه دمپستر–شافر کاربرد آن را محدود می‌سازد [۱۳].

در این مقاله با معرفی مدل اعداد D که بسطی از تئوری دمپستر– شافر ولی مؤثرتر از آن است به‌دلیل ویژگی آن در به‌کارگیری اطلاعات ناقص در شرایط عدم‌قطعیت این نواقص برطرف شده است و می‌تواند برآورد واقعی‌تری را فراهم کند؛ بنابراین این پژوهش به دنبال مکان‌یابی کارخانه در شرایط عدم‌اطمینان با اعداد D است [۱۵]. در بخش دوم با مروری بر مبانی نظری مکان‌یابی و عوامل مؤثر بر مکان‌یابی، پیشینه پژوهش‌های انجام‌شده در این زمینه موردمطالعه قرار می‌گیرد. در بخش سوم، روش‌شناسی پژوهش، عدم‌قطعیت در مکان‌یابی بررسی شده و با معرفی تئوری اعداد D الگوریتم به‌کارگیری اعداد D در مکان‌یابی ارائه می‌شود. در بخش چهارم مدل معرفی‌شده در قالب مطالعه موردی احداث کارخانه آب‌معدنی در استان سمنان اجرا می‌شود؛ سپس نتایج و یافته‌های حاصل از روش تئوری اعداد D در بخش پنجم با روش FAHP مقایسه و اعتبار مدل بررسی می‌شود. در بخش پایانی به نتایج و پیشنهادها پرداخته می‌شود.

۲. مبانی نظری و پیشینه پژوهش

مکان‌یابی. مکان‌یابی کارخانه به‌عنوان یک تصمیم‌گیری مهم استراتژیک، یکی از ویژگی‌های کلیدی در ایجاد مزیت رقابتی برای سازمان محسوب می‌شود. مکان‌یابی، تلاش برای انتخاب بهترین مکان به‌منظور انجام فعالیت‌هایی است که با امکانات مادی و معنوی موجود، بیشترین بهره‌وری را در راستای هدف از پیش تعیین‌شده فراهم کنند. انتخاب یک موقعیت مکانی از میان موقعیت‌های موجود، نیازمند شناخت و ارزیابی دقیق مناطق با استفاده از مدل‌ها و ابزارهای مناسب است. نظریه‌های مکان‌یابی با قانونمندکردن شاخص‌ها و عوامل تأثیرگذار بر تصمیم‌گیری و ارائه راه‌حل‌های منطقی، تصمیم‌گیرندگان و برنامه‌ریزان را در انتخاب مکان یا مکان‌های مناسب یاری می‌کنند. در فرایند تصمیم‌گیری برای یک مکان احتمالاً اولویت‌های سیاسی، طبیعی و امنیتی مطرح است. مکان‌یابی، فرایند تصمیم‌گیری با دوره زمانی طولانی است؛ زیرا تعداد زیادی از شاخص‌های موجود باید آزمایش شوند و تصمیم‌های ممکن ارزیابی شوند. مکان‌یابی مناسب وقتی انجام می‌شود که یک ارزیابی دقیق، همگون و سریع از جذابیت

1. Exclusiveness.
2. Completeness constraint.

مکان‌های مختلف برای کاربردی خاص به عمل آید [۲۰]. تصمیم‌های مکان‌یابی به‌دلیل نیاز به تعهدات طولانی‌مدت در احداث ساختمان‌ها و امکانات و سرمایه‌گذاری مالی کلان که می‌تواند تأثیر زیادی در هزینه‌ها و درآمدهای عملیاتی سازمان داشته باشد نیز مهم است [۱۲]. اولین مدل مکان‌یابی شناخته‌شده بر اساس صفحه مختصات کاتزین است که مجموع فواصل برای مجموعه‌ای از پیش تعریف‌شده از نقاط را حداقل می‌کند. این مسئله را می‌توان به مطالعه توریچلی در اوایل ۱۶۴۸ نسبت داد که مطالعات وی بعدها توسط دیگر دانشمندان دنبال شد. دانشمندانی چون توریچلی، استینر و فرما، مسئله را به‌عنوان یک معمای ریاضی بررسی کردند؛ اما وبر (۱۹۰۹)، مسئله را در بهره‌وری اقتصادی بررسی نمود. اولین مدل مکان‌یابی در فعالیت‌های اقتصادی کارخانه توسط تانن (۱۸۲۶) توسعه یافت [۱۹].

نظریه‌های پیشرو در مکان‌یابی کارخانه با نظریه تانن (۱۸۲۶) از مکان‌یابی در زمینه کشاورزی آغاز شد. این نظریه به عوامل غیرسازمانی مکان تأکید می‌کند. تانن (۱۸۲۶)، فرض می‌کند که سطح زمین از همه جهت به‌جز فاصله مزرعه تا مصرف‌کننده و یا شهرستان مشابه (همگن) است و سایر عوامل عمومی مانند سرمایه و نیروی کار در این نظریه کم‌اهمیت‌تر در نظر گرفته می‌شوند [۳۶].

اولین چهارچوب علمی این نظریه به‌طور رسمی توسط وبر (۱۹۰۹) معرفی شد. او مسئله مکان‌یابی یک انبار واحد را با هدف حداقل‌کردن مجموع فواصل سفر بین انبار و مجموعه‌ای از مشتریان بررسی کرد [۲۵]. نظریه مکان‌یابی وبر (۱۹۰۹) با رویکردی متفاوت نسبت به تانن (۱۸۲۶) عمل می‌کند. وبر (۱۹۰۹)، سه عامل کلی: مکان، هزینه حمل‌ونقل، هزینه نیروی کار و مجموع نیروهای بالقوه را در نظر گرفت. نظریه مکان‌یابی کارخانه هوور نیز به عوامل تقاضا و عوامل هزینه می‌پردازد. وی عوامل هزینه را به فاکتورهای حمل‌ونقل و تولید تقسیم‌بندی نمود. همه این نظریه‌های مکان‌یابی کارخانه بر اصل جانشینی میان عوامل مکان‌یابی برای انتخاب یک مکان با حداقل هزینه تأکید دارند [۳۶].

پژوهش‌های مکان‌یابی کریستالر در معرفی تئوری مکان مرکزی به‌عنوان یکی از مطالعات برجسته در این حوزه شناخته می‌شود. هتلینگ (۱۹۲۹)، مدل‌هایی برای رقابت فضایی (فاصله‌ای) شامل رقابت قیمت توسعه داد. مطالعات وی اساس و پایه بسیاری از پژوهش‌های رقابت فضایی/ بازار حال‌حاضر قرار گرفت. ویسترفلد (۱۹۳۷) الگوریتمی برای مسئله توریچلی فرمات - وبر منتشر کرد. میهل (۱۹۸۵)، کوهن و کانته (۱۹۶۲) و کوپر (۱۹۶۳) به‌طور مستقل الگوریتم ویسترفلد را دوباره کشف کردند. جذابیت اصلی روش ویستزفلد این است که به‌طورکلی به‌سرعت به سمت یک راه‌حل بهینه همگرا می‌شود.

مدل مکان‌یابی شبکه توسط روولواسوین (۱۹۷۰)، مارانزانا (۱۹۶۴)، ارلنکاتر (۱۹۷۶) و تیتز و

بارت (۱۹۶۸) و مدل فضای پیوسته دووجهی توسط وسولوسکی (۱۹۷۳) و هارترند مارتینیچ (۱۹۸۹) توسعه یافت، تحقیقات فرانسیس و وایت (۱۹۷۴) سهم بسزایی در کاربردی‌شدن این رشته داشته‌اند. تقریباً در تمام مدل‌های مکان‌یابی شرح‌داده‌شده فاصله بین تسهیلات و مشتریان، تنها معیار برای جایابی تسهیلات محسوب می‌شود. نگاه تک‌بُعدی در تضاد کامل با بسیاری از حالات زندگی واقعی است. شرایط واقعی تصمیم‌گیری مبتنی بر عواملی مانند شرایط مطلوب نیروی کار، نزدیکی به بازارها یا تأمین‌کنندگان، زیرساخت‌های موجود و ساختارهای مالیاتی است که اغلب توسط برنامه‌ریزان به همان اندازه و یا مهم‌تر از هزینه‌های حمل‌ونقل ذکر می‌شوند.

پژوهشگران تلاش‌های زیادی برای طبقه‌بندی مدل‌های مکان‌یابی با توجه به اجزای اصلی آن‌ها انجام داده‌اند. برخی از این تلاش‌ها در مطالعات براندیو و چیو (۱۹۸۹)، داسکین (۱۹۹۵)، مسا و بافی (۱۹۹۶) و هاماچر و نیکل (۱۹۹۶) دیده می‌شود. از ویژگی‌های اساسی طبقه‌بندی مدل ها درنظرگرفتن سطح قطعیت است که با پارامترهای آن مرتبط است. به‌طورمعمول، بین مدل‌های قطعی که در آن‌ها همه پارامترها با اطمینان فرض می‌شود و مدل‌های احتمالاتی که در آن‌ها حداقل یک نوع پارامتر دارای عدم‌قطعیت است، تفاوت وجود دارد. بیشتر مدل‌های مکان‌یابی استاتیک (ساکن) هستند؛ ولی به‌دلیل عدم‌اطمینان تقاضا در آینده و پیچیدگی مدل به‌عنوان دلیلی برای برخورد با مدل‌های ایستا بیان می‌شوند. مدل مکان‌یابی ممکن است در شرایط رقابتی یا غیررقابتی مطرح شود. مدل‌های مکان‌یابی رقابتی برای اولین بار توسط هتلینگ (۱۹۲۹)، شرح داده شد [۱۹].

مدل‌های شبکه‌ای در مکان‌یابی شامل سه طبقه: مسائل مرکزی، پوششی و میانه هستند. در مسئله پوشش، مکان‌یابی به‌صورتی انجام می‌پذیرد که خدمات موردنیاز مشتریان را برآورده سازد و شامل مسئله پوششی مجموعه مکان‌یابی[1] (LSCP) و مسئله مکان‌یابی حداکثر پوشش[2] (MCLP) و غیره است؛ همچنین مسائل پوششی را می‌توان به دو دسته: مجموعه پوشش[3] و بیشترین پوشش[4] تقسیم کرد. این دو بر پایه حصول شرط پوشش و بیشترین پوشش به‌دست می‌آیند. مسائل مرکزی به‌دنبال جست‌وجو برای کمینه‌کردن بیشترین فاصله بین هر نقطه تقاضا و نزدیک‌ترین مرکز خدماتی به آن نقطه صورت می‌گیرد و شامل رویکردهای L-Center و P-Center است. مسائل میانه به میزان تقاضا در گره‌های مختلف اهمیت می‌دهد یا به‌عبارت‌دیگر عامل وزن که می‌تواند تقاضا یا تعداد مشتری‌ها در گره‌های مختلف باشد به محاسبات مکان‌یابی اضافه می‌شود. در مسئله p– میانه[5] هدف، یافتن مکان مناسب برای تعداد p

1. Location Set Covering Model
2. Maximum Expected Covering Location Problem
3. Set Over
4. Max Cover
5. P-Median

مرکز به‌منظور ارائه خدمات است؛ به‌طوری‌که مجموع فواصل لازم برای انتقال خدمات به مراکز تقاضا که به‌طورکلی به‌صورت وزن‌دار در نظر گرفته می‌شود، کمینه شود [۱۹]. مدل‌های پوششی بیشتر در رابطه با ارائه پوشش کافی برای مشتریان است و به کاهش هزینه‌های مرتبط با سفر که بیشتر موردتوجه مدل‌های نوع میانه هستند، کاری ندارند [۲].

تصمیم‌گیری در مورد مکان‌یابی تابع روش‌ها و عوامل خاصی است که بهترین امکان را برای تعیین و انتخاب مکان بهینه در اختیار تصمیم‌گیرنده قرار می‌دهد. مکان‌یابی ممکن است در دو سطح مکان‌یابی تکی و مکان‌یابی مرکب انجام شود، در مکان‌یابی تکی، مکان مراکزی مانند تعیین محل یک کارخانه در یک کشور، تعیین محل یک سد روی یک رودخانه یا تعیین محل یک پادگان در یک منطقه تعیین می‌شود. در مکان‌یابی مرکب به‌طور همزمان محل چند مرکز (مانند چند کارخانه) تعیین می‌شود [۲۰].

عوامل مؤثر بر تصمیم‌های مکان‌یابی. یافتن مکان مناسب برای شروع کسب‌وکار جزو مراحل مهم پروژه‌های اجرایی به‌شمار می‌رود. مکان‌های نهایی باید حتی‌الامکان شرایط و شاخص‌های موردنیاز را فراهم کنند؛ زیرا نادیده‌گرفتن آن‌ها نتایج نامطلوب به‌دنبال خواهد داشت [۲۰]. شاخص‌های مؤثر در مکان‌یابی بسته به نوع صنعت متفاوت است. بر اساس مطالعات آنیل کومار و سورش (۲۰۰۹) عوامل مؤثر در مکان‌یابی کارخانه به ماهیت سازمان و به عوامل قابل‌کنترل و غیرقابل‌کنترل تقسیم‌بندی می‌شود. در دسته‌بندی دیگر عوامل مکان‌یابی به عوامل غالب و عوامل اولیه تقسیم می‌شود که از اولویت‌های رقابتی (هزینه، کیفیت، زمان و انعطاف‌پذیری) مشتق شده‌اند و در فروش و یا هزینه تأثیر قوی دارند؛ اما ممکن است عوامل ثانویه نیز در مکان‌یابی بااهمیت باشد و نتوان از آن چشم‌پوشی کرد [۳].

از دیدگاه بسیاری از دانشمندان عوامل کیفی مانند نزدیکی به مشتریان، دردسترس‌بودن نیروی کار و یا کیفیت زیرساخت‌ها مهم هستند. در مرحله انتخاب مکان خاص، عواملی مانند قیمت زمین و دردسترس‌بودن یا کیفیت آب و برق ممکن است تأثیر زیادی داشته باشد [۹].

تصمیم برای مکان‌یابی بر اساس انواع اطلاعات و ورودی‌ها انجام می‌شود. هیچ مدل و یا روش خاصی که بهترین مکان از یک گروه را انتخاب کند، وجود ندارد؛ بااین‌حال روش‌هایی در دسترس هستند که به سازمان‌دهی اطلاعات مکان کمک می‌کنند و می‌توانند به‌عنوان نقطه شروع برای مقایسه مکان‌های مختلف استفاده شوند [۳۵]. دانشمندان در شناسایی مکان ایده‌آل، مدل‌های کمی مختلفی ازجمله: روش امتیاز عامل، روش رتبه عامل موزون، روش فاصله- بار، روش ثقل از مرکز و تجزیه‌وتحلیل نقطه سربه‌سر را معرفی کرده‌اند [۳].

پیشینه تحقیق. هادر و جکر (۱۹۸۵)، مکان‌یابی بین‌المللی کارخانه را تحت عدم‌قطعیت نرخ مبادله و ارز بررسی کردند. آن‌ها از مدل تک‌نرخی برای حداکثرسازی سود در بخش‌هایی از ارزش نرخ ارز در بنگاه‌های جهانی استفاده نمودند [۲۴]. کارنت و همکاران (۱۹۹۰)، اهداف چندگانه تصمیم‌های مکان‌یابی تسهیلات را بررسی کردند. آن‌ها مهم‌ترین معیارها را در چهار طبقه: حداقل‌سازی هزینه، تقاضاگرایی، حداکثرسازی سود و نگرانی‌های زیست‌محیطی تقسیم‌بندی نمودند که این عوامل با هم همپوشانی دارند و هرکدام دارای زیرمجموعه‌های بسیاری است [۱۱]. هراگو و کیوسیاک (۱۹۹۱) مدل مکان‌یابی خطی پیوسته با ارزش مطلق در تابع هدف و محدودیت، و عدد صحیح خطی مخلوط را ارائه دادند، نتایج محاسباتی ارائه شده برای این مسئله نشان داد که الگوریتم اکتشافی ارائه شده، راه حل‌هایی با کیفیت بالا و نیاز به زمان محاسبه کم ارائه داد [۲۳].

سمبیدی (۲۰۰۳) به بررسی عوامل مؤثر بر تصمیم‌گیری مکان‌یابی کارخانه گوشتی آمریکا پرداخت. او عواملی مانند نزدیکی به بازار مواد اولیه، نرخ بیکاری در منطقه، سیاست‌های محلی، قوانین و غیره را شناسایی کرد [۳۶]. بوردورلو و اژدر (۲۰۰۳)، روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی را برای مکان‌یابی کارخانه‌های صنعت مبلمان در ترکیه استفاده کردند و بر پایه شاخص‌هایی مانند جمعیت شهری، سرعت رشد جمعیت، آسانی حمل‌ونقل محصول به سایر مناطق، شهر استانبول را مناسب‌ترین مکان برای احداث واحدهای جدید تولید مبلمان معرفی کردند [۶]. پرتوی (۲۰۰۶)، راه‌حلی استراتژیک برای مکان‌یابی ارائه داد. وی از معیارهای درونی و بیرونی در فرایند تصمیم‌گیری استفاده کرد. جزء بیرونی شامل مشتریان و خواسته‌های آن‌ها، رقبا و ویژگی مکان‌های مختلف و اجزای داخلی مدل فرآیندهای بحرانی در سازمان تولید است [۳۳]. چچرنکاوا (۲۰۰۸) به بررسی عوامل مهم برای راه‌اندازی کارخانه جدید پرداخت. وی عواملی مانند زیرساخت، مشخصه‌های نیروی کار، عوامل اقتصادی کیفیت زندگی، نزدیکی به عرضه‌کننده را معرفی کرد [۹]. یاوز (۲۰۰۸) از تصمیم‌گیری چندشاخصه فازی برای مکان‌یابی کارخانه استفاده کرد. در مدل وی، یک گروه متخصص معیارهای مؤثر بر محل کارخانه صنعت سنگ طبیعی را تعیین نمودند و شاخص‌های مؤثر به چهار گروه شامل: زیست‌محیطی، بازاریابی، تولید و اقتصادی و ۱۵ زیر شاخص تقسیم‌بندی شدند [۴۰].

کانبلات و ماسو (۲۰۱۱)، مکان‌یابی مراکز اورژانس با تقاضای تصادفی با هدف حداقل‌سازی ریسک را با استفاده از یک روش شبیه‌سازی برای حل پیچیدگی مسائل دوبُعدی انجام دادند. آن‌ها نشان دادند که روش شبیه‌سازی راه‌حل بسیار نزدیک به بهینه در موارد خطی فراهم می‌کند که ممکن است بینش ارزشمندی در سیستم انتخاب مکان فراهم کند [۷]. پلگرین و همکاران (۲۰۱۲) به مکان‌یابی تسهیلات جدید پرداختند. هدف آن‌ها مطالعه مسئله مکان‌یابی در

یک چارچوب جدید بود که در آن وجود امکانات ثابت در شبکه در نظر گرفته شده بود. آن‌ها مدل مکان‌یابی را برای یک مسئله بهینه‌سازی گسسته ارائه دادند که به‌عنوان یک مدل برنامه‌ریزی خطی عدد صحیح مختلط فرموله شده بود [۳۴]. تانگ و همکاران (۲۰۱۲)، مکان‌یابی بازار کشاورزان را با تلفیق متغیرهای زمان - فضا بررسی کردند. آن‌ها دو مدل برای انتخاب مکان و برنامه خدمات مرتبط برای تعداد ثابتی از بازار کشاورزان ارائه کردند و برای نشان دادن مزیت‌های رویکرد پیشنهادی به مطالعه موردی در «توسان»، آریزونا پرداختند [۴۰].

خباززاده و همکاران (۲۰۱۳) در مکان‌یابی بر کوتاه‌ترین مسیر زمان سفر به‌جای معیار فاصله برای محاسبه ترافیک شبکه شهری تمرکز کرده و مدلی برای یافتن بهترین مکان سیستم‌های پارک و سوار به‌منظور حداقل‌سازی ترافیک شبکه ارائه کردند. آن‌ها از الگوریتم ژنتیکی در پژوهش خود استفاده نمودند [۲۶]. چاترجی و ماخرجی (۲۰۱۳) برای انتخاب مکان بیمارستان از میان ۳ مکان کاندیدشده بر مبنای سه معیار اصلی و ۱۱ زیرمعیار از روش AHP فازی (FAHP) استفاده کردند [۸]. کامبر و همکاران (۲۰۱۵) با استفاده از مدل GIS اصلاح‌شده به مکان‌یابی ساختمان‌های مرکزی محیط‌زیست در منطقه میدلندز در شرق انگلستان با توجه به توزیع منابع عرضه‌کننده پرداختند [۱۰]. کیلسی و همکاران (۲۰۱۵)، روش برنامه‌ریزی خطی عدد صحیح مختلط را برای مکان‌یابی سایت‌های سرپناه موقت در ترکیه به‌کار بردند [۲۷]. تیان و همکاران (۲۰۱۵)، مکان‌یابی سازمان خدماتی اتومبیل را با استفاده از مدل موازنه هزینه ـ سود انجام دادند. آن‌ها برای درنظرگرفتن عدم‌قطعیت از مدل تصادفی هزینه - سود استفاده کردند. الگوریتم ترکیبی یکپارچه‌سازی شبیه‌سازی تصادفی و الگوریتم ژنتیک (GA) برای حل مدل پیشنهاد شده است [۳۹].

آگهی و عبدی (۱۳۸۸) به تعیین مکان مناسب کارخانه قند برای حداکثرسازی تولید چغندر قند استان کرمانشاه پرداختند و آن‌ها از مدل تلفیقی Topsis و AHP استفاده کردند. آن‌ها جذب چغندرقند مازاد بر مصرف دو کارخانه قند موجود استان، حداقل‌سازی هزینه حمل‌ونقل و نزدیکی به منابع مواد اولیه و بازار مصرف را با استفاده از ۹ معیار کمی کیفی ملاک قرار دادند [۱]. فرقانی و همکاران (۱۳۸۶)، چارچوبی مناسب برای مکان‌یابی مراکز صنعتی در سطح ملّی ارائه دادند و از انواع روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره استفاده کردند. معیارهای تصمیم‌گیری بر اساس نیازمندی‌های کارخانه موردنظر، نظرهای خبرگان و مدیران، ملاحظات مسائل مکان‌یابی و سیاست‌های خاص مکان‌یابی صنایع در کشور تعریف شدند [۲۱]. جبل عاملی و همکاران (۱۳۸۸)، مدلی ترکیبی برای مکان‌یابی ارائه دادند. آن‌ها از مدل هیبریدی، فرایند تحلیل شبکه‌ای، روش دسته‌بندی، تاکسونومی عددی بهبودیافته و مدل ریاضی ایجاد پراکندگی بین مراکز استفاده کردند [۲۵].

نارنجی و همکاران (۱۳۹۰)، طرح‌های سرمایه‌گذاری در احداث کارخانه را با استفاده از تصمیم‌گیری سلسله‌مراتبی در شرایط عدم‌قطعیت اولویت‌بندی کردند. آن‌ها دو مدل تصمیم‌گیری با عنوان‌های «برنامه‌ریزی آرمانی لکسیکوگرافی» و «برنامه‌ریزی آرمانی لگاریتمی دومرحله‌ای» برای وزن‌دهی و اولویت‌بندی گزینه‌ها ارائه دادند [۳۲]. امیری و همکاران (۱۳۹۱)، تخصیص و مکان‌یابی ایستگاه‌های امداد جاده‌ای را با استفاده از یکی از مدل‌های صف در زمینهٔ مکان‌یابی در طول بزرگراه تهران ـ قم، بررسی کردند. هدف اصلی آن‌ها، مکان‌یابی بهینه ایستگاه‌های امداد جاده‌ای و تقسیم‌بندی نواحی تحت‌خدمت برای تخصیص مناسب آن‌ها به خدمت‌دهنده‌ها بود [۲].

توکلی و همکاران (۱۳۹۲)، مدل تلفیقی تصمیم‌گیری چندمعیاره فازی بر مبنای معیارهای کمّی و کیفی را به‌صورت همزمان برای ارزیابی طرح‌های مکان‌یابی استفاده کردند [۳۸]. فرزد و همکاران (۱۳۹۲)، الگویی برای شناسایی و ارزیابی موقعیت مکانی نمایندگی‌ها و شعب مؤسسه‌های خدماتی صنعتی معرفی کرده و از تلفیق عوامل کمی و کیفی با استفاده از روش «براون جیبسون» برای ارزیابی موقعیت مکانی شعب استفاده کردند[۲۰]. بررسی‌ها نشان می‌دهد تمام این پژوهش‌ها در شرایط اطلاعات کامل و یا مبتنی بر شرایط و عدم‌قطعیت با رویکرد مدل‌های آماری و اطلاعات فازی بررسی شده است.

تئوری اعداد D روش جدیدی برای نمایش عدم‌قطعیت و بسطی از تئوری دمپستر – شافر است که ضمن سادگی به‌دلیل قابلیت‌های آن درخصوص بیان اطلاعات غیرقطعی در سال ۲۰۱۲ توسط دنگ[1] معرفی شد و برای بیان انواع متفاوتی از عدم‌قطعیت مؤثر است.

دنگ‌ایکس و همکاران (۲۰۱۴) به ارزیابی شرایط پل با استفاده از اعداد D پرداختند [۱۴]. در پژوهشی دیگر دنگ‌ایکس و همکاران (۲۰۱۴)، اثر محیطی را با رویکرد تئوری اعداد D ارزیابی کردند [۲۲]. دنگ‌ایکس و همکاران (۲۰۱۴)، انتخاب عرضه‌کنندگان را با استفاده از روش AHP بسط‌داده‌شده با اعداد D موردبررسی قرار داد [۱۶].

از نوآوری‌های این پژوهش به‌کارگیری اعداد D در مکان‌یابی کارخانه است که به‌علت بلندمدت‌بودن تصمیم‌ها همواره با عدم‌قطعیت و اطلاعات ناقص همراه است. از ویژگی‌های اعداد D توانمندبودن در چنین شرایطی است که نتایج دقیق‌تری به‌دست آورده و می‌تواند ملاک تصمیم‌گیری قرار گیرد.

۳. روش‌شناسی پژوهش

پژوهش حاضر از نظر هدف جزو پژوهش‌های کاربردی و از نظر روش از نوع توصیفی

1. Yong Deng

موردی و زمینه‌ای به‌شمار می‌رود. مورد مطالعه «شرکت آب‌معدنی بدشت» است. در بررسی پیشینه پژوهش، «روش تحقیق پیمایشی» به‌کار رفت. برای گردآوری اطلاعات از آخرین یافته‌های پژوهشی و جمع‌آوری داده‌های مربوط به مسئله از کارشناسان و خبرگان استفاده شد.

عدم‌قطعیت در مکان‌یابی. مدیران برای تصمیم‌گیری با بازه‌ای از محیط اطمینان کامل تا محیط عدم‌اطمینان کامل سروکار دارند. تصمیم‌های بلندمدت نیاز به درنظرگرفتن محیط درحال تکامل دارد که با افق برنامه‌ریزی روبه‌جلو عدم‌قطعیت افزایش می‌یابد [۳۱]. نتایج بسیاری از تصمیم‌گیری‌ها منوط به وقایع و رویدادهای آینده بوده و پیش‌بینی آینده ناگزیر با عدم‌قطعیت مرتبط است. عدم‌قطعیت و اطلاعات، دو عنصر جدانشدنی هستند. عدم‌قطعیت منعکس‌کننده کمبود اطلاعات و اطلاعات عاملی برای کاهش عدم‌قطعیت است. کمبود اطلاعات می‌تواند در قالب اطلاعات ناقص، مبهم، غیرقابل‌اعتماد یا ضدونقیض باشند. به‌طورکلی نوع کمبود اطلاعات دلالت بر نوع عدم‌قطعیت دارد [۲۸].

شناخت محیط و به‌کارگیری ابزارهای متناسب با آن اولین گام در اتخاذ تصمیم‌های مناسب و بهینه است. عدم‌اطمینان در بسیاری موارد به‌عنوان یکی از مشخصه‌های تصمیم‌هایی است که افراد در سازمان‌ها اخذ می‌کنند. عدم‌اطمینان در چارچوب تصمیم‌گیری ممکن است ناشی از اطلاعات ناقص باشد و یا توسط درک نادرست اطلاعات موجود به‌وجود بیایدغ همچنین تمیزندادن میان گزینه‌های پیش روی سازمان ممکن موجب عدم‌قطعیت شود. مفهوم اندازه‌گیری عدم‌قطعیت توسط لیو (۲۰۰۷) به‌عنوان بخش کلیدی نظریه عدم‌قطعیت توسعه داده شد که در حال‌حاضر به‌عنوان شاخه‌ای از ریاضیات عدم‌اطمینان در سیستم‌های انسانی را مطالعه می‌کند. در سیر مطالعات کلاسیک دانشمندان اطلاعات مبتنی بر عدم‌قطعیت را بر اساس دو مفهوم «امکان فازی» و «احتمال آماری» موردبررسی قرار داده‌اند [۲۹].

در مکان‌یابی، عدم‌قطعیت محیط عملیاتی ممکن است منجر به هزینه‌های غیرمنتظره در عملکرد سیستم شود. در مکان‌یابی کلاسیک مسائلی بررسی می‌شود که وزن پارامترها و دردسترس‌بودن آن‌ها دقیقاً مشخص باشد؛ اما اغلب برآورد دقیق از تمام پارامترها امکان‌پذیر نیست. بخش مهمی از داده‌های زندگی واقعی اغلب شامل عدم قطعیت است و این پارامترها ممکن است با زمان تغییر کنند. [۴۱]. مدل‌های مکان‌یابی را می‌توان از نظر نوع پارامترهای مسئله به مدل‌های قطعی و غیرقطعی تقسیم‌بندی کرد. در مدل‌های قطعی تمام پارامترهای مسئله با قطعیت معلوم است؛ درحالی‌که پارامترهای مدل‌های غیرقطعی دارای نوعی عدم‌قطعیت هستند. مدل‌های غیرقطعی را بسته به نوع عدم‌قطعیتی که در آن‌ها نهادینه شده است می‌توان به مدل‌هایی با پارامترهای احتمالی و فازی تقسیم‌بندی کرد [۲].

برای مقابله با عدم‌قطعیت در مسائل مکان‌یابی دانشمندان از روش‌هایی مانند اعداد خاکستری، مجموعه راف و یا فازی استفاده کرده‌اند. پرتوی (۲۰۰۶)، روش‌های QFD و ANT و AHP را برای مکان‌یابی به‌کار برد [۳۳]. سیکدر و گانگوپدهای (۲۰۰۷) با استفاده از تئوری شواهد و مجموعه راف به مدیریت عدم‌قطعیت در حوزه مکان‌یابی پرداختند [۳۷]. یه و هیوانگ (۲۰۱۴) با استفاده از روش‌های GOQ یکپارچه و دمیتل فازی و ANT به انتخاب مکان مناسب مزارع با توجه به عوامل مدنظر کارشناسان پرداختند [۴۱]. آزاده و همکاران (۲۰۱۴) با استفاده از DEA فازی سلسله‌مراتبی به بررسی مکان‌یابی تحت عدم‌قطعیت پرداختند [۴].

تئوری اعداد D. نظریه شواهد، تئوری استدلال در محیط نامطمئن است که ابتدا توسط دمپستر معرفی شد؛ سپس شافر (۱۹۶۷) آن را توسعه داد و اغلب آن را بسطی از تئوری بایزن احتمال[1] می‌دانند [۳۰]. دمپستر ـ شافر از تئوری شواهد در محیط نامطمئن با اطلاعات نامشخص استفاده کرده‌اند. در این نظریه مفهوم تخصیص احتمال اولیه (BPA)[2] برای نشان دادن اطلاعات نامشخص استفاده شده است [۱۷] و قانون ترکیب دمپستر از شواهد اپراتوری برای ترکیب شواهد متعدد از منابع مستقل را فراهم می‌کند. به علت توانایی نظریه دمپستر– شافر در بیان اطلاعات نامشخص، این نظریه به‌طور گسترده‌ای در بسیاری از زمینه‌ها مانند داده‌های مبهم، تجزیه‌وتحلیل تصمیم‌گیری، الگوشناسی، ارزیابی ریسک و غیره به‌کار گرفته شده است [۱۶]. نشان‌دادن عدم اطمینان با مفهوم BPA به مجموعه زیرگروه‌ها تا تک تک اعضا هرچند از مزایای نظریه دمپستر - شافر محسوب می‌شود؛ اما با بزرگ‌ترشدن مسئله، کارایی آن کاهش می‌یابد و به‌عنوان محدودیت تلقی می‌شود. در تئوری شواهد دمپستر ـ شافر، دامنه توسط یک مجموعه متناهی غیر تهی Ω با فرضیه‌های متقابلاً منحصربه‌فرد و جامع‌بودن به نام چارچوب تشخیص (FOD)[3] نشان داده می‌شود [۱۸].

چارچوب ریاضی تئوری دمپستر - شافر هرچند بر اساس فرضیه‌های قوی در مورد چارچوب تشخیص و تخصیص پایه‌ای احتمال استوار است؛ اما در بسیاری از موارد توانایی نظریه دمپستر - شافر برای نشان‌دادن برخی اطلاعات دارای محدودیت است. برای مثال در ارزیابی یک شی، اغلب از متغیرهای زبانی همانند «خیلی خوب»، »خوب»، « نسبتا خوب»، «بد» و «خیلی بد» استفاده می‌شود. با توجه به ارزیابی‌های مبتنی بر متغیرهای زبانی فرضیه انحصار را نمی‌توان دقیقاً تضمین کرد؛ به‌طوری‌که کاربرد تئوری دمپستر - شافر برای چنین موقعیت‌هایی سؤال‌برانگیز است.

1. Bayesian theory.
2. Basic probability assignment.
3. Frame of discernment.

از طرفی BPA نرمال باید محدودیت کامل و جمع احتمال برابر با ۱ باشد؛ اما در بسیاری از موارد قضاوت‌کننده دانش کاملی نداشته و ارزیابی تنها بر اساس اطلاعات ناقص صورت می‌گیرد. کامل نبودن چارچوب تشخیص ممکن است به نمایش احتمالی کمتر از ۱ منجر شود؛ ازاین‌رو فرض محدودیت کاملی در اطلاعات ناقص با استفاده از BPA نرمال نقص می‌شود [۱۳].

محاسبات بسیار پیچیده نظریه دمپستر– شافر کاربرد آن را محدود می‌سازد. برای غلبه بر کمبودهای نظریه دمپستر - شافر روش جدید نمایش عدم‌قطعیت به نام اعداد D معرفی شد [۱۵].

این تئوری ضمن برطرف کردن نواقص موجود در نظریه دمپستر ـ شافر در پیش‌بینی شرایط عدم‌قطعیت مؤثر است. بر اساس ارزیابی به روش اعداد D عناصر متقابلاً منحصربه‌فرد نیست و با توجه به اصل اطلاعات ناقص جمع احتمال ممکن است کمتر از ۱ باشد [۱۶].

همان‌طورکه ارائه اطلاعات جدید به نام اعداد D برای مدل‌کردن اطلاعات نامشخص استفاده می‌شود. قانون ترکیبی اعداد D نیز برای ترکیب‌کردن تمام اطلاعات ذکرشده توسط اعداد D و اجرای عدم‌قطعیت و استدلال دانش پیشنهاد شده است. اعداد D و قانون ترکیبی اعداد D به‌ترتیب بسطی از تابع جرم و قانون ترکیب دمپستر است [۱۳].

الگوریتم مکان‌یابی در شرایط عدم‌قطعیت بر مبنای اعداد D

- **شناسایی و تعیین معیارهای مهم و مؤثر در مکان‌یابی.** شناسایی عواملی که تأثیر مهمی در اهداف استراتژیک شرکت دارند، مهم و اساسی است. در این مرحله، مدیران عوامل مکان‌یابی که برای کسب‌وکار مهم و حیاتی است شناسایی می‌کند. عوامل بسیاری شامل: نزدیکی به مصرف‌کننده، حمل‌ونقل، منابع نیروی کار، ویژگی اجتماع، نزدیکی به عرضه‌کنندگان و غیره می‌تواند تصمیم‌های مکان‌یابی را تحت‌تأثیر قرار دهد. شناسایی این عوامل مستلزم قضاوت و دانش مدیریتی، و ماهیت کسب‌وکار سازمان است [۱۲].

- **شناسایی گزینه‌های مکانی منتخب.** هنگامی‌که مدیران عوامل اساسی مؤثر بر سازمان را شناسایی کردند، می‌توانند گزینه‌های مکانی که این عوامل را برآورده می‌سازد از بین گزینه‌های موجود شناسایی کنند.

- **تخصیص وزن به معیارها توسط هر کارشناس.** کارشناس با توجه به اهمیت هر عامل نسبت به عوامل دیگر وزنی را به معیار تخصیص می‌دهد. پس از تعیین معیارهای مکان‌یابی، باید میزان اهمیت هر یک از پارامترها در قالب تخصیص وزنی مشخص به آن مشخص شود. با توجه به اینکه مسائل تصمیم‌گیری در دنیای واقعی اغلب پیچیدگی و عدم‌قطعیت بالایی دارند که خود

نتیجه طبیعت انسان در قضاوت‌های ذهنی است، گاهی دور از واقعیت است که قضاوت‌های انسان دقیق و قطعی در نظر گرفته شود. در مدل‌های تصمیم‌گیری روش‌های متعددی برای تعیین وزن معیارها وجود دارد. به لحاظ وجود معیارهای نادقیق و مبهم به اعتقادی استفاده از اعداد فازی در این زمینه اولویت دارد. در این روش‌ها تصمیم‌گیران با استفاده از ارزیابی ذهنی یا برآوردهای عینی یا ترکیب هر دو، وزن معیارها را مشخص می‌کنند [۳۲].

- **تعیین مقادیر معیارها در گزینه‌ها (مکان‌ها).** مقادیر معیارها یا ارزش هر معیار در هر گزینه بسته به ماهیت کمی یا کیفی‌بودن آن‌ها یا به‌صورت عینی و مستقیم قابل‌اندازه‌گیری هستند یا از طریق مقایسه زوجی گزینه‌ها برای هر معیار از طریق قضاوت خبرگان تعیین می‌شوند. در این پژوهش با استفاده از نظرهای خبرگان مکان‌های کاندیدشده از طریق مقایسه زوجی ارزش‌گذاری شدند.

- **همسان‌سازی و نرمالیزه‌کردن معیارها (درصورتی‌که معیارها هم‌جنس نباشند).** پس از وزن‌دهی باید وزن‌ها را نرمالیزه کرد. با توجه به ناهمسانی جنس معیارها ضرورت باید داده‌های جمع‌آوری‌شده همسان‌سازی شود. بدین منظور از عمل (C_1-۱) در این پژوهش استفاده شده است.

- **محاسبه اعداد D برای هر مکان.** اگر $\Omega = \{E_1, E_2, \dots, E_i, \dots, E_N\}$ مجموعه متناهی غیرتهی باشد؛ به‌طوری‌که $F_i \neq F_j$ اگر $i \neq j$ و $\forall i,j = \{1, \dots, N\}$. آنگاه نگاشت عدد D به‌صورت رابطه ۱ است

$$D: 2^{\Omega} \longrightarrow [0,1] \qquad (۱)$$

به‌طوری‌که

$$\sum_{B \subseteq \Omega} D(B) \leq 1 \qquad D(\phi) = 0 \qquad (۲)$$

مجموعه تهی و B یک زیرمجموعه از Ω است [۱۲].
در حالت وجود دو عدد D_1 و D_2، (رابطه ۳):

$$D_1 = \{(b_1^1, v_1^1), \dots, (b_i^1, v_i^1), \dots, \dots, (b_n^1, v_n^1)\}$$

$$D_2 = \{(b_1^2, v_1^2), \dots, (b_j^2, v_j^2), \dots, \dots, (b_m^2, v_n^2)\} \quad (۳)$$

آنگاه ترکیب D_1 و D_2 به‌وسیله $D = D_1 \oplus D_2$ نشان داده می‌شود و عناصر b و v به صورت زیر محاسبه می‌شود [۱۸].

$$D(b) = v \quad (۴)$$

$$\mathrm{b} = \frac{\mathrm{b_i^1 + b_j^2}}{2} \quad (۵)$$

$$\mathrm{v} = \frac{\mathrm{v_i^1 + v_j^2}}{2} / \mathrm{c} \quad (۶)$$

$$\mathrm{C} = \begin{cases} \sum_{\mathrm{j=1}}^{\mathrm{m}} \sum_{\mathrm{i=1}}^{\mathrm{n}} \left(\frac{\mathrm{v_i^1 + v_j^2}}{2} \right), & \sum_{\mathrm{i=1}}^{\mathrm{n}} \mathrm{v_i^1} = 1 \quad \text{and} \quad \sum_{\mathrm{j=1}}^{\mathrm{m}} \mathrm{v_j^2} = 1 \\ \sum_{\mathrm{j=1}}^{\mathrm{m}} \sum_{\mathrm{i=1}}^{\mathrm{n}} \left(\frac{\mathrm{v_i^1 + v_j^2}}{2} \right) + \sum_{\mathrm{j=1}}^{\mathrm{m}} \left(\frac{\mathrm{v_c^1 + v_j^2}}{2} \right), & \sum_{\mathrm{i=1}}^{\mathrm{n}} \mathrm{v_i^1} < 1 \text{ and } \sum_{\mathrm{j=1}}^{\mathrm{m}} \mathrm{v_j^2} = 1 \\ \sum_{\mathrm{j=1}}^{\mathrm{m}} \sum_{\mathrm{i=1}}^{\mathrm{n}} \left(\frac{\mathrm{v_i^1 + v_j^2}}{2} \right) + \sum_{\mathrm{i=1}}^{\mathrm{n}} \left(\frac{\mathrm{v_i^1 + v_c^2}}{2} \right), & \sum_{\mathrm{i=1}}^{\mathrm{n}} \mathrm{v_i^1} = 1 \quad \text{and} \quad \sum_{\mathrm{j=1}}^{\mathrm{m}} \mathrm{v_j^2} < 1 \\ \sum_{\mathrm{j=1}}^{\mathrm{m}} \sum_{\mathrm{i=1}}^{\mathrm{n}} \left(\frac{\mathrm{v_i^1 + v_j^2}}{2} \right) + \left(\frac{\mathrm{v_c^1 + v_j^2}}{2} \right) + \sum_{\mathrm{i=1}}^{\mathrm{n}} \left(\frac{\mathrm{v_i^1 + v_c^2}}{2} \right), & \sum_{\mathrm{i=1}}^{\mathrm{n}} \mathrm{v_i^1} = 1 \quad \text{and} \quad \sum_{\mathrm{j=1}}^{\mathrm{m}} \mathrm{v_j^2} = 1 \end{cases}$$

$$\mathrm{v_c^1} = 1 - \sum_{\mathrm{i=1}}^{\mathrm{n}} \mathrm{v_i^1} \quad \text{and} \quad \mathrm{v_c^2} = 1 - \sum_{\mathrm{j=1}}^{\mathrm{m}} \mathrm{v_j^2}$$

این عملیات ترکیبی، اولویت شرکت‌پذیری را مطابق رابطه ۷ حفظ نمی‌کند؛ بر این اساس اعداد D متعدد می‌تواند به‌درستی و کارآمد ترکیب شوند [۱۵].

$$(D_1 \oplus D_2) \oplus D_3 \neq D_1 \oplus (D_2 \oplus D_3) \quad (۷)$$

ـ محاسبه مقدار $\mathbf{I_i(D)}$ برای هر مکان و رتبه‌بندی مکان‌های کاندید شده. اگر $D = \{(b_1, v_1), (b_2, v_2), \dots, (b_n, v_n)\}$ یک عدد D باشد، عمل‌گر اجتماع[1] D به‌صورت رابطه ۸ تعریف می‌شود [۱۸].

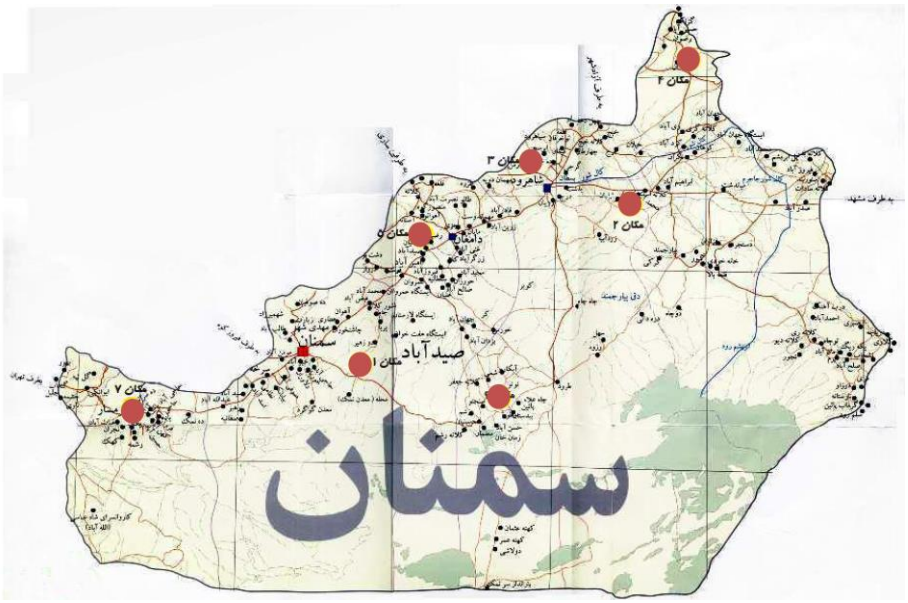
$$I(D) = \sum_{i=1}^{n} b_i v_i \quad (۸)$$

1. Integration representation

مورد مطالعه. استان سمنان با مساحت ۹۷،۴۹۱ کیلومتر مربع، ۵/۹ درصد از مساحت کل کشور را شامل می‌شود. این استان از نظر مساحت ششمین استان ایران بوده و دارای ۸ شهرستان شامل: سمنان، شاهرود، دامغان، گرمسار، مهدیشهر، سرخه، میامی و آرادان است.

این استان جایگاه درخور توجهی در اقتصاد کشور دارد. بخش صنعت استان به‌علت نزدیکی به استان تهران، دارابودن شبکه ارتباطی پیشرفته و راه‌آهن با استان‌های تهران، خراسان، مازندران و در آینده با اصفهان و جنوب کشور و همچنین کشف ذخایر معدنی مهم، طی سال‌های اخیر از اهمیت ویژه‌ای برخوردار شده است.

مدیر «شرکت آب‌معدنی صنایع بدشت» در نظر دارد مکانی برای احداث کارخانه جدید در استان سمنان خریداری کند. در بررسی اولیه ۷ مکان در استان مطابق شکل ۱ در نظر گرفته شد و بر اساس ماهیت فعالیت شرکت سه معیار اصلی «هزینه حمل‌ونقل»، «میزان دبی[1] آب» و «نزدیکی به بازار مصرف» برای انتخاب بهترین مکان، مدنظر قرار گرفت. آبنگاری یا دبی مقدار آبی است که از نقطه مشخصی در واحد زمان عبور می‌کند. این میزان از حاصل‌ضرب سطح مقطع در سرعت آب به‌دست می‌آید و طی زمان میزان آن تابع عوامل بسیاری است و غیرقابل‌پیش‌بینی می‌باشد.



شکل ۱. مکان‌های پیشنهاد شده در استان سمنان

1. flow rate

ازآنجاکه مکان‌یابی جزو برنامه‌ریزی بلندمدت محسوب می‌شود و معیارهای مدنظر در فرایند زمان و بر اساس اطلاعات ناکافی در محیط نامطمئن و شرایط عدم‌قطعیت دست‌خوش تغییرات است؛ بنابراین تعیین مکان احداث کارخانه در قالب اعداد D و بر مبنای اجماع نظرهای سه نفر از کارشناسان مطابق جدول ۱ صورت گرفت. شکل ۲ نمای کلی فلوچارت تصمیم‌گیری را نشان می‌دهد.

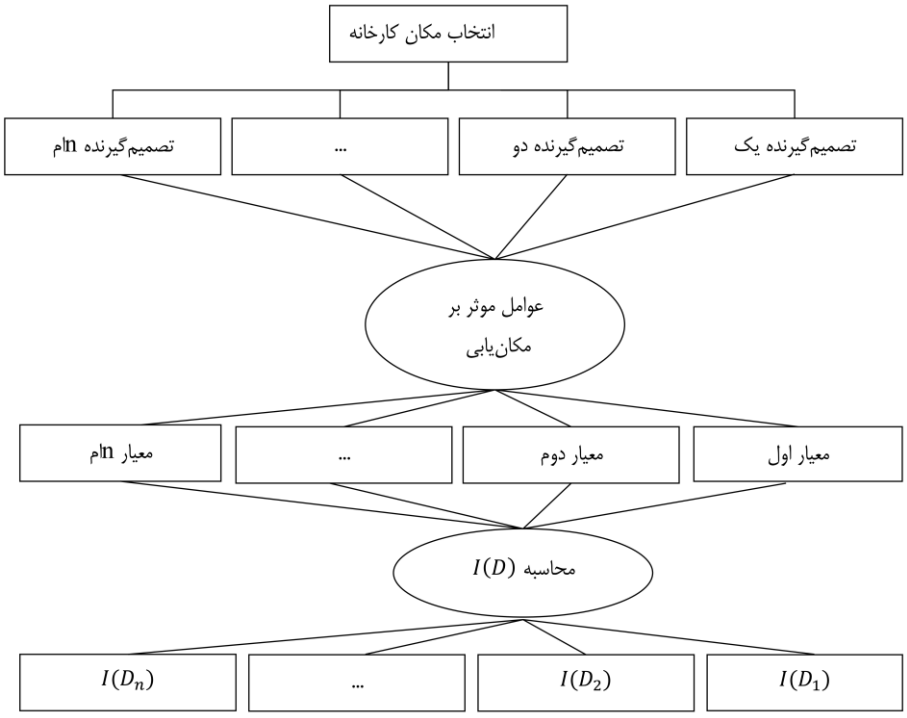
جدول ۱. ماتریس تصمیم برای تصمیم‌گیری گروهی

گزینه‌های / معیارها	کارشناس ۱			کارشناس ۲			کارشناس ۳		
	C_1	C_2	C_3	C_1	C_2	C_3	C_1	C_2	C_3
مکان ۱	۰/۵۹	۰/۸۰	۰/۴۵	۰/۶۵	۰/۳۵	۰/۷۰	۰/۵۷	۰ /۶۲	۰/۸۰
مکان ۲	۰/۴۲	۰/۶۶	۰/۸۷	۰/۵۴	۰/۶۸	۰/۸۲	۰/۶۶	۰/۸۳	۰/۴۹
مکان ۳	۰/۳۲	۰/۵۹	۰/۷۰	۰/۷۹	۰/۵۷	۰/۵۱	۰/۴۵	۰/۹۵	۰/۷۰
مکان ۴	۰/۶۷	۰/۷۹	۰/۶۳	۰/۴۸	۰/۷۶	۰/۴۴	۰/۷۲	۰/۷۱	۰/۶۴
مکان ۵	۰/۸۸	۰/۷۶	۰/۲۸	۰/۳۳	۰/۴۹	۰/۳۹	۰/۲۹	۰/۶۴	۰/۸۳
مکان ۶	۰/۴۸	۰/۲۴	۰/۵۵	۰/۶۰	۰/۸۱	۰/۴۳	۰/۶۶	۰/۴۴	۰/۵۹
مکان ۷	۰/۵۷	۰/۶۰	۰/۷۹	۰/۴۴	۰/۲۹	۰/۶۳	۰/۵۱	۰/۴۷	۰/۳۱

٤. تحلیل داده‌ها و یافته‌های پژوهش

با توجه به ناهمسانی جنس معیارها باید داده‌های جمع‌آوری‌شده همسان‌سازی شود؛ معیار هزینه حمل‌ونقل (C_1) به‌عنوان معیاری منفی از جنس هزینه بوده و معیارهای دبی آب (C_2) و نزدیکی به بازار مصرف‌کننده (C_3) از جنس مثبت هستند. بدین منظور معیار اول با استفاده از عمل (C_1-1) به معیار مثبت تبدیل شد کخ نتایج آن در ماتریس تصمیم در جدول ۳ آورده شده است. ازآنجاکه وزن معیارها در استقرار کارخانه ضرورتاً یکسان نیست؛ بنابراین از دیدگاه کارشناسان وزن‌دهی معیارها به صورت جدول ۲ است.

فرایند ارزیابی کلی مکان‌ها بر اساس معیار و وزن‌های مختلف در قالب اعداد D طبق رابطه ۳ و اطلاعات جدول‌های ۲ و ۳ انجام شد که این محاسبات برای مکان ۱ به شرح جدول ۴ است.



شکل ۲. فلوچارت تصمیم‌گیری با اعداد D

نظرهای کارشناسان برای هر مکان به‌وسیله عدد D و بر اساس قانون ترکیب اعداد D ترکیب شدند. به‌عنوان مثال برای مکان اول، ارزیابی کامل سه کارشناس اجتماع D_1^1، D_1^2 و D_1^3 است.

$$\mathrm{D_1} = \mathrm{D_1^1} + \mathrm{D_1^2} + \mathrm{D_1^3} \qquad (۹)$$

مقادیر b و v برای کلیه حالات ترکیبی نظرهای کارشناسان در مورد مکان اول با استفاده از معادلات ۵ و ۶ محاسبه و در جدول ۵ نشان داده شده است. برای سایر مکان‌ها نیز به همین ترتیب محاسبه می‌شود.

جدول ۲. وزن معیارها از دیدگاه کارشناسان مختلف

	(C_1)	(C_2)	(C_3)
کارشناس ۱	۰/۵۵۰۲	۰/۳۰۱۰	۰/۱۴۸۸
کارشناس ۲	۰/۰۷۶۱	۰/۴۳۵۶	۰/۴۸۸۳
کارشناس ۳	۰/۳۷۵۲	۰/۲۹۸۷	۰/۳۲۶۱

جدول ۳. ماتریس تصمیم‌گیری گروهی

گزینه‌ها	کارشناس ۱			کارشناس ۲			کارشناس ۳		
معیارها	C_1	C_2	C_3	C_1	C_2	C_3	C_1	C_2	C_3
مکان ۱	۰/۴۱	۰/۸۰	۰/۴۵	۰/۳۵	۰/۳۵	۰/۷۰	۰/۴۳	۰ /۶۲	۰/۸
مکان ۲	۰/۵۸	۰/۶۶	۰/۸۷	۰/۴۶	۰/۶۸	۰/۸۲	۰/۳۴	۰/۸۳	۰/۴۹
مکان ۳	۰/۶۸	۰/۵۹	۰/۷۰	۰/۲۱	۰/۵۷	۰/۵۱	۰/۵۵	۰/۹۵	۰/۷۰
مکان ۴	۰/۳۳	۰/۷۹	۰/۶۳	۰/۵۱	۰/۷۶	۰/۴۴	۰/۲۸	۰/۷۱	۰/۶۴
مکان ۵	۰/۱۲	۰/۷۶	۰/۲۸	۰/۶۷	۰/۴۹	۰/۳۹	۰/۷۱	۰/۶۴	۰/۸۳
مکان ۶	۰/۵۲	۰/۲۴	۰/۵۵	۰/۴۰	۰/۸۱	۰/۴۳	۰/۳۴	۰/۴۴	۰/۵۹
مکان ۷	۰/۴۳	۰/۶۰	۰/۷۹	۰/۵۶	۰/۲۹	۰/۶۳	۰/۴۹	۰/۴۷	۰/۳۱

جدول ۴. نمایش عدد D برای مکان اول

مکان ۱	D numbers
کارشناس ۱	$D_1^1 = \{(0.41,0.5502), (0.80,0.3010), (0.45,0.1488)\}$
کارشناس ۲	$D_1^2 = \{(0.35,0.0761), (0.35,0.4356), (0.70,0.4883)\}$
کارشناس ۳	$D_1^3 = \{(0.43,0.1631), (0.62,0.3503), (0.80,0.4866)\}$

جدول ۵. نتایج ترکیب نظر سه کارشناس برای مکان اول

v	**b**	**v**	**b**
۰/۰۶۰۹	۰/۴۹۲۵	۰/۰۷۱۵	۰/۴۰۵۰
۰/۰۵۲۴	۰/۵۹۰۰	۰/۰۶۳۰	۰/۵۰۲۵
۰/۰۵۵۵	۰/۵۰۲۵	۰/۰۶۶۱	۰/۴۱۵۰
۰/۰۵۶۳	۰/۵۸۷۵	۰/۰۶۲۳	۰/۵۰۰۰
۰/۰۴۷۸	۰/۶۸۵۰	۰/۰۵۳۸	۰/۵۹۷۵
۰/۰۵۰۹	۰/۵۹۷۵	۰/۰۵۶۹	۰/۵۱۰۰
۰/۰۵۳۳	۰/۶۷۷۵	۰/۰۵۶۷	۰/۵۹۰۰
۰/۰۴۵۰	۰/۷۷۵۰	۰/۰۴۸۲	۰/۶۸۷۵
۰/۰۴۸۰	۰/۶۸۷۵	۰/۰۵۱۲	۰/۶۰۰۰

فرایند محاسبه اعداد D نیز برای سایر مکان‌ها بر اساس روابط ۴ و ۵ انجام می‌گیرد. در پایان می‌توان با استفاده از رابطه ۸ برای همه گزینه‌ها (I_i (D)) را محاسبه نمود (جدول ۶) و بر اساس آن مکان‌ها رتبه‌بندی می‌شود.

با توجه به ارزیابی کارشناسان بر اساس سه معیار اصلی شرکت، مکان ۳ (منطقه شاهوار شاهرود) بهترین گزینه برای احداث کارخانه آب‌معدنی است. مکان‌های ۲ و ۵ به‌ترتیب در

رتبه‌های بعدی قرار می‌گیرند که بر اساس عوامل مؤثر بر مکان‌یابی به‌ترتیب دارای بیشترین اهمیت هستند و باید در مکان‌یابی کارخانه مدنظر قرار گیرند.

جدول ۶. رتبه‌بندی مکان‌ها با تئوری اعداد D

گزینه‌ها	مکان ۱	مکان ۲	مکان ۳	مکان ٤	مکان ٥	مکان ٦	مکان ۷
I(D)	۰/۵۶۶۸	۰/۶۰۹۸	۰/۶۳۵۳	۰/۵۵۲۵	۰/۵۸۶۲	۰/۴۷۳۸	۰/۴۸۴۶
رتبه‌بندی	۴	۲	۱	۵	۳	۷	۶

اعتبارسنجی. پژوهشگران در پژوهش‌های مختلف از روش‌های متعددی برای مکان‌یابی استفاده کرده‌اند؛ ازجمله می‌توان به پژوهش کیلسی و همکاران (۲۰۱۵)، اشاره کرد که از روش برنامه‌ریزی خطی عدد صحیح مختلط برای مکان‌یابی سایت‌های سرپناه موقت در ترکیه استفاده کردند [۲۷]؛ همچنین تیان و همکاران (۲۰۱۵)، مکان‌یابی سازمان خدماتی اتومبیل را با استفاده از مدل موازنه هزینه ـ سود انجام دادند. آن‌ها برای درنظرگرفتن عدم‌قطعیت از مدل تصادفی هزینه - سود استفاده کرده و الگوریتم ترکیبی یکپارچه‌سازی شبیه‌سازی تصادفی و الگوریتم ژنتیک (GA) را برای حل مدل پیشنهاد دادند [۳۹]. در پژوهش‌های داخلی نیز امیری و همکاران (۱۳۹۱)، تخصیص و مکان‌یابی ایستگاه‌های امداد جاده‌ای را با استفاده از یکی از مدل‌های صف در زمینه مکان‌یابی در طول بزرگراه تهران ـ قم بررسی کردند [۲]. برای اعتبارسنجی، نتایج اجرای روش تصمیم‌گیری پیشنهادی با نزدیک‌ترین روش مشابه ارائه‌شده در مبانی نظری مقایسه شده است.

چاترجی و ماخرجی (۲۰۱۳) به‌دلیل عدم‌قطعیت انتخاب مکان بیمارستان از میان ۳ مکان کاندیدشده در پژوهش خود از روش (FAHP) فازی استفاده کرند. [۸]. به‌دلیل شباهت محیط تصمیم‌گیری عدم‌قطعیت و شرایط اولیه این پژوهش با پژوهش چاترجی و ماخرجی (۲۰۱۳) برای اعتبارسنجی، نتایج تئوری اعداد D با نتایج روش FAHP (شکل ۳) مطابق جدول ۷ مقایسه شد و درنهایت به‌منظور ارزیابی کارایی، کارشناسان و خبرگان حوزه مکان‌یابی نتایج دو روش را بررسی کردند. نتایج هر دو روش توسط ارزیابان اولیه مجدداً بر اساس روش توفان مغزی بررسی و تحلیل شد. نتایج رتبه‌بندی، تئوری اعداد D را به واقعیات نزدیک‌تر دانسته و اعتبار آن را تأیید کرده‌اند.

شکل ۳. الگوریتم AHP فازی

گام اول: تعیین معیارهای مکان‌یابی، گزینه‌های واجد شرایط و کارشناسان مرتبط با حوزه مکان‌یابی
گام دوم: تعیین وزن‌های تصمیم‌گیرندگان
گام سوم: ایجاد جزئیات سلسله‌مراتب مسئله
گام چهارم: تعیین وزن معیارها
گام پنجم: محاسبه امتیاز و رتبه‌بندی گزینه‌ها

جدول ۷. مقایسه رتبه‌بندی مکان‌ها با روش FAHP و روش اعداد D

گزینه‌ها	مکان ۱	مکان ۲	مکان ۳	مکان ٤	مکان ٥	مکان ٦	مکان ۷
FAHP	۰/۱۶۲۰	۰/۱۰۶۴	۰/۱۰۵۳	۰/۰۷۳۳	۰/۰۹۷۸	۰/۰۸۰۵	۰/۰۷۲۵
رتبه‌بندی	۱	۲	۳	۶	۴	۵	۷
D	۰/۵۶۶۸	۰/۶۰۹۸	۰/۶۳۵۳	۰/۵۵۲۵	۰/۵۸۶۲	۰/۴۷۳۸	۰/۴۸۴۶
رتبه‌بندی	۴	۲	۱	۵	۳	۷	۶

در روش FAHP تمام اطلاعات مبهم و عدم‌اطمینان در دامنه صفر و یک بیان شده و جهل اطلاعات در نظر گرفته نمی‌شود. بر اساس نظر خبرگان تئوری اعداد D با درنظرگرفتن جهل، اطلاعات به واقعیت نزدیک‌تر بوده و دارای کاربرد بیشتری است و در مواردی که اطلاعات کافی به‌علت دانش ناکافی کارشناسان و یا شرایط محیطی و غیره در اختیار پژوهشگران نباشد، این روش بسیار مفید خواهد بود؛ چراکه قادر است ضمن نادیده‌نگرفتن اطلاعات ناقص با روشی ساده اطلاعات را تجزیه‌وتحلیل کند و به اولویت‌بندی گزینه‌ها بپردازد؛ به‌علاوه کارآمدی تئوری اعداد D در این پژوهش در راستای تأیید اعتبارسنجی‌ای است که دنگ‌ایکس و همکاران (۲۰۱۴) در ارزیابی شرایط پل با استفاده از اعداد D انجام دادند [۱۴]؛ همچنین دنگ‌ایکس و همکاران (۲۰۱۴) بعد از به‌کارگیری انتخاب عرضه‌کنندگان در شرایط عدم‌قطعیت با استفاده از روش AHP بسط‌داده‌شده با اعداد D به مقایسه روش با روش FAHP پرداختند و مزیت و برتری آن را نسبت به FAHP تأیید کردند [۱۶].

۵. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

مکان‌یابی جزو برنامه‌ریزی بلندمدت محسوب می‌شود و این تصمیم‌گیری در محیط عدم‌اطمینان و شرایط عدم‌قطعیت صورت می‌گیرد. مفهوم گسترده عدم‌قطعیت به‌طور نزدیک با مفهوم اطلاعات مرتبط شده و تحت‌تأثیر میزان اطلاعات عینی و اطلاعات ذهنی است. اطلاعات عینی (هدف) معمولاً دانش حاصل از محیط عملی و از نظر کارشناسان و اطلاعات ذهنی اولویت و شناخت تصمیم‌گیرندگان است. تصمیم‌گیرنده ابتدا اطلاعات عینی را جمع‌آوری کرده، سپس

اولویت‌های ذهنی خود را برای تصمیم‌گیری به آن اضافه می‌کند. در برخی شرایط نشان‌دادن و ترکیب‌کردن اطلاعات عینی و اطلاعات ذهنی دشوار است. اطلاعات ذهنی نامشخص به‌عنوان یک محدودیت در مورد اطلاعات عینی تلقی می‌شود.

نظرات افراد خبره و کارشناس نقش مهمی در ارزیابی‌ها و مسائل تصمیم‌گیری ایفا می‌کند. ازآنجاکه قضاوت‌های ذهنی انسان موجب شکل‌گیری انواع مختلفی از عدم‌قطعیت مانند بی‌دقتی، ابهام و نقص می‌شود، به‌کارگیری روش‌هایی همانند اعداد D می‌تواند نقصان اطلاعات را لحاظ کند و باعث می‌شود تا نتایج تصمیم‌گیری به واقعیات نزدیک‌تر شود.

روش پیشنهادی در مکان‌یابی «شرکت آب‌معدنی بدشت» بر اساس قضاوت کارشناسان بر مبنای اعداد D صورت گرفته است و نتایج نهایی بر اساس اجماع‌نظر در شرایط عدم‌قطعیت نشان می‌دهد که مکان ۳ (شاهوار شاهرود) بر اساس سه معیار حیاتی و مدنظر کارشناسان و هیئت‌مدیره شرکت با ضریب اهمیت ۰/۶۳۵۳ دارای اولویت اول است و مکان‌های ۲ و ۵ به‌ترتیب در اولویت‌های بعدی قرار می‌گیرند.

با توجه به اینکه یکی از دلایل اصلی راکد یا نیمه‌فعال ماندن بسیاری از شرکت‌ها در فرایند چرخه عمرشان، مکان‌یابی نامناسب است؛ بنابراین سایر پژوهشگران می‌توانند از روش پیشنهادی که شرایط عدم‌اطمینان را در نظر می‌گیرد در مکان‌یابی و استقرار کارخانه استفاده کنند؛ همچنین با توجه به اینکه معیارهای مؤثر در مکان‌یابی بر اساس ماهیت فعالیت‌ها و سیاست‌های هر شرکتی متفاوت است، پیشنهاد می‌شود تا سایر شرکت‌ها به تناسب سیاست و فلسفه کاری خود از سایر عوامل مؤثر در تحلیل و تدوین برنامه‌ریزی بلندمدت مکان‌یابی استفاده کنند.

منابع

1. Agahi, H., & Abdi, F., (2009). Location and capacity determining of the third sugar factory in Kermanshah province. *Agricultural Economics and Development, 17(68),* 129-153. (In persian)

2. Amiri, M., Khatami firuzabadi, M., & Mobin, M., (2012). Hayprkyvb stations Roadside assistance allocation model lineup during the Tehran-Qom highway. *Journal of Industrial Management Perspective, 70,* 45-70. (In persian)

3. Anil Kumar, s., & Suresh, N, (2009). Operations Management, New Age International (P) Ltd, Publishers.

4. Azadeh, A., Rahimi-Golkhandan, A., & Moghaddam, M. (2014). Location optimization of wind power generation–transmission systems under uncertainty using hierarchical fuzzy DEA: A case study, Renewable and Sustainable Energy Reviews, *30,* 877–885.

5. Barimany, A., Gasemian, A., Azizi, M., Mohebbi, N., & Zabihzadeh, S.M., (2013). Determination and evaluation of effective criteria to location selection the optimal for establishing a Fluting Paper mills from Agricultural Residues of Mazandaran province. *Iran Wood & Paper Industry Magazine, 2,* 47-64. (In persian)

6. Burdurlu, E., & Ejder, E. (2003). Location choice for furniture industry firms by using Analytic Hierarchy Process (AHP) method, G.U. *Journal of Science, 2(16),* 369-373.

7. Canbolat, M., & Massow, M. (2011). Locating emergency facilities with random demand for risk minimization. *Expert Systems with Applications, 38,* 10099–10106.

8. Chatterjee, D., & Mukherjee, B. (2013). Potential Hospital Location Selection Using Fuzzy-AHP: An Empirical Study in Rural India. *International journal of innovative technology and research, 1(4),* 304-314.

9. Checherenkova, S., (2008), Pre-Study of the Important Factors for the Factory Start-Up Abroad, A Thesis.

10. Comber, A., Dickie, J., Jarvis, C., Phillips, M., & Tansey, K. (2015). Locating bioenergy facilities using a modified GIS-based location–allocation-algorithm: Considering the spatial distribution of resource supply. *Applied Energy, 154,* 309–316.

11. Current J., Min H., & Schilling D. (1990). Multi objective analysis of facility location decisions. European Journal of Operational Research, 49, 295-307.

12. Dan Reid, R., & Sanders N.R., (2009), Operations Management An Integrated Approach. John Wiley & Sons, Inc.

13. Deng X., & Deng Y., (2014). D numbers theory: a generalization of Dempster-Shafer theory. Cornell University Library, arxiv.org.

14. Deng X., Hu Y., & Deng Y., (2014). Bridge Condition Assessment Using D Numbers. *The Scientific World Journal, 358057,* 1- 11.

15. Deng X., Hu Y., Deng Y., & Mahadevan S. (2014). Environmental impact assessment based on D numbers. *Expert Systems with Applications, 41,* 635-643.

16. Deng X., Hu Y., Deng Y., & Mahadevan S. (2014). Supplier selection using AHP methodology extended by D numbers. *Expert Systems with Applications, 41,* 156-167.

17. Deng X., Li Y., & Deng Y. (2012). A Decision Making Method Based on Dempster-Shafer Theory of Evidence Under the Constraint of Uncertain Subjective

Information. *Journal of Information &Computational Science, 9,* 2049-2006.

18. Deng, Y, (2012). D Numbers: Theory and Applications. *Journal of Information & Computational Science, 9,* 2421-2428.

19. Eiselt H.A., & Sandbiom C.L. (2004). DecisionAnalysis, Location Models, and Scheduling Problems, Springer.

20. Farzed, F., .Maddah, M., & Zarkar, A., (2013). Model agencies and branches of institutions to identify and assess Location Industry. *Journal of Industrial Management Perspective, 3(9),* 117-134. (In Persian)

21. Forghani, A., Yazdan shenas, N., Akhoundi, A., (2007). A general framework for locating the industrial centers at the national level along with a case study. *Management knowledge, 20(77),* 81-104. (In Persian)

22. Helton J. C., & Johnson J.D. (2011). Quantification of margins and uncertainties: Alternative representations of epistemic uncertainty. *Reliability Engineering and System Safety, 96,* 1034-1052.

23. Heragu S.S., & Kusiak A., (1991). Efficient models for the facility layout problem. *European Journal of Operational Research, 53,* 1-13.

24. Hodder J.E., & Jucker J.V., (1985). International Plant Location under Price and Exchange Rate Uncertainty. *Engineering Costs and Production Economics, 9,* 225-229.

25. Jabalameli, M.S., Shahanaghi, K., Hosnavi, R., & Nasiri, M.R., (2010). A Combined Model for Locating Critical Centers (HAPIT). *International Journal of Industrial Engineering & Production Research, 20 (4),* 65-76. (In Persian)

26. Khakbaz, A., Nookabadi, A., & Shetab-bushehri, N. (2013). A Model for Locating Park-and-Ride Facilities on Urban Networks Based on Maximizing Flow Capture: A Case Study of Isfahan, Iran. *Netw Spat Econ, 13,* 43–66.

27. Kılcı, F., Kara, B., & Bozkaya, B., (2015). Locating temporary shelter areas after an earthquake: A case for Turkey. *European Journal of Operational Research, 243,* 323–332.

28. Klir G J. (2006). Uncertainty and Information Foundations of Generalized Information Theory. Wiley Interscience.

29. Liu B., (2009). Some Research Problems inUncertainty Theory. *Journal of Uncertain Systems, 3,* 3-10.

30. Li Y., Shu G., Deng X., & deng Y., (2014). A Multi-attribute Decision Making Method Based on Evidence Theory and Average Operator. *Journal of Computational Information Systems, 10,* 595-601.

31. Mestre, A. M., Oliveira, M. D., & Barbosa-Póvoa, A., (2015). Location–allocation approaches for hospital network planning under uncertainty. *European Journal of Operational Research, 240,* 791–806.

32. Narenji, M., Forghani, A., & Pourabrahim, A. (2011), Prioritization of investment projects using a hierarchical model of decision making under uncertainty: Case Study: Plant location. *Journal of Industrial Engineering, 45(2),* 229-237. (In Persian)

33. Partovi Y.F., (2006). An analytic model for locating facilities strategically. *Omega, The International Journal Of Management Science, 44,* 41-55.

34. Pelegrın, B., Fernandez, P., Perez, M., & Hernandez, S., (2012). On the location of new facilities for chain expansion under delivered pricing. *Omega, 40,* 149–158.

35. Russell, S., & Taylor, W. (2010). Operations Management Creating Value

Along the Supply Chain. Seventh Edition, John Wiley & Sons, Inc.

36. Sambidi R.P., (2003). Factors Affecting Plant Location Decisions Of U. S. Broiler Executives, A Thesis. Submitted to the Graduate Faculty of the Louisiana State University and Agricultural and Mechanical College.

37. Sikder, U., & Gangopadhyay, A. (2007). Managing uncertainty in location services using rough set and evidence theory. *Expert Systems with Applications, 32,* 386–396.

38. Tavakoli, A., Pooya, A., & Alavi Tabari, J., (2013). Fuzzy Multi-Criteria Decision Making Fusion Model Design for Facility Layout Selection. *The Journal of Industrial Management Perspective, 10,* 57-84. (In Persian)

39. Tian, G., Zhou, M., Chu, J., Qiang, T., & Hu, H., (2015). Stochastic Cost-Profit Tradeoff Model for Locating an Automotive Service Enterprise. *IEEE Transactions on automation science and engineering, 12(2),* 580-587.

40. Yavuz M., (2008). Selection of plant location in the natural stone industry using the fuzzy multiple attribute decision making method. *Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy, 18,* 641-649.

41. Yeha, T., & Huang, Y. (2014). Factors in determining wind farm location: Integrating GQM, fuzzy DEMATEL, and ANP. *Renewable Energy, 66*, 159-169.