ارائه یک مدل فازی برای مسئله مکان‌یابی-مسیریابی در زنجیره تامین مواد غذایی فسادپذیر

دریافت: ۹۶/۱۰/۱۴ پذیرش: ۹۶/۱۲/۱۲

محمد خلیل زاده
استاد یار گروه مهندسی صنایع، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم تحقیقات، تهران، ایران
mo.kzadeh@gmail.com

هدیه شاکری
دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مهندسی صنایع، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم تحقیقات، تهران، ایران

محمد کریمی مشکانی
دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مهندسی صنایع، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم تحقیقات، تهران، ایران

زنجیره تامین/ مواد غذایی فساد پذیر/ مسئله مکان‌یابی و مسیریابی/ برنامه‌ریزی امکانی/ ریسک اختلال

چکیده

امروزه رقابتی شدن بازارها و توسعه مفاهیم مدیریتی، شرکت‌ها را وادار به طراحی و مدیریت بهتر زنجیره‌های تامین کرده است. مدیریت زنجیره تامین بر یکپارچه‌سازی اعضای زنجیره تاکید دارد. زیرا برای افزایش کارایی یک زنجیره تامین نمی‌توان تصمیمات آن را به‌طور جداگانه در نظر گرفته و به بهینه‌سازی آن پرداخت. از آنجایی که نقش بالای عامل مکان‌یابی، مسیریابی در ادامه حیات یک زنجیره تامین پوشیده نیست، لذا یکپارچگی این عناصر یک زنجیره تامین کارا و موثر را به‌دست خواهد داد. این پژوهش، مساله طراحی شبکه زنجیره تامین مواد غذایی فاسد شدنی با ریسک اختلال را مورد مطالعه قرار می‌دهد که شامل مکان‌یابی تسهیلات، تخصیص جریان بین تسهیلات و تصمیمات مسیریابی می‌باشد. در این پژوهش مراکز توزیع مواد غذایی را از نقاط تامین دریافت نموده و به مراکز تقاضا تحویل می‌دهند. هدف پژوهش حاضر ارائه مدلی فازی جهت مکان‌یابی مراکز توزیع به همراه مسیریابی خودروهای توزیع از تامین کننده به نقاط تقاضا می‌باشد. مدل ارائه شده توسط نرم افزار گمز و روش LP-metric حل شده است. نتایج تحقیق به همراه تحلیل حساسیت آن بیانگر آن است که هر چه ما اهمیت بیشتری برای هزینه‌ها قائل شویم و

هزینه بیشتری پرداخته شود، کمبود کاهش می‌یابد و هر چه از اهمیت و توجه به هزینه‌ها کاسته شود، کمبود افزایش می‌یابد. همچنین هر چه به هزینه توجه بیشتری شود درصد پوشش بیشتری خواهیم داشت و همه مناطق را با بالاترین هزینه می‌توانیم پوشش دهیم.

مقدمه

دنیای رقابتی امروز، شرکت‌ها را بر آن می‌دارد تا تصمیمات استراتژیکی و عملی جهت بهینه‌سازی و مدیریت سودمند پردازش دستگاه‌های لجستیک خود اتخاذ نمایند. مسئله مکان‌یابی- مسیریابی وسیله نقلیه از مسائل مهم در لجستیک است و با توجه به نوع تسهیلات و محصولات از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد. این موضوع در مورد محصولات شدیداً فاسدشدنی اهمیت دوچندانی پیدا می‌کند. مسئله مکان‌یابی- مسیریابی متشکل از دو مسئله مکان‌یابی انبار و مسیریابی وسایل نقلیه است که در مدل ریاضی مکان‌یابی- مسیریابی، این دو مسئله را هم‌زمان در نظر گرفته و مسئله را حل می‌نمایند. با استفاده از سیستم‌های حمل‌ونقل مشتری محور می‌توان بازارهای فعال کنونی را گسترش داد و نیز بازارهای جدید ایجاد کرد، محصولات فاسدشدنی را در حداقل زمان به مصرف‌کنندگان برساند و با حداقل رساندن زمان تحویل کالا، رضایت مشتریان افزایش یابد که همین امر سبب به تسخیر درآوردن بازار کالا مربوطه می‌شود.

زنجیره‌های تأمین به ویژه زنجیره‌های تأمین جهانی درمعرض طیف وسیعی از ریسک‌ها قرار دارند که این ریسک‌ها عملکرد تأمین‌کننده‌ها وکل زنجیره تأمین را درمعرض خطر قرار می‌دهند. به طور مثال: بلایای طبیعی، اعتصابات و اقدامات تروریستی ازجمله این ریسک‌ها است. در نتیجه شرکت‌ها می‌بایست استراتژی‌های مدیریتی خود را برای پاسخ‌دهی سریع به حوادث غیرمنتظره در زنجیره تأمین حذف و یا کاهش اثرات نامطلوب حوادث غیرمنتظره بهبود دهند. در بیشتر مدل‌های مکان‌یابی یا مدل‌های طراحی شبکه زنجیره تأمین فرض بر این است که تسهیلات تولیدی یا توزیعی همواره سالم و در دسترس می‌باشند. اما هنگامی‌که تسهیلات دچار اختلال می‌شوند، ساختار مدلی به‌کلی تغییر می‌کند و مدل‌های کنونی دراین شرایط کارا نمی‌باشند. بنابراین این مدل‌ها باید به گونه‌ای طراحی شوندکه در شرایط وجود ریسک‌های اختلال نیز کارا باشند. ریسک اختلال هنگامی اتفاق می‌افتد که ساختار سیستم زنجیره تأمین دچار تغییر اساسی گردد و دلیل آن دردسترس نبودن تسهیلات توزیع، انبار، تولید و یا اختلال موجود درحمل و نقل ناشی از وقایع غیره منتظره طبیعی یا بشری است. اختلال یک تأمین‌کننده یا یک زیرسیستم باعث کمبود عرضه و یا در بدترین حالت باعث اختلال کل زنجیره می‌شود. در چنین محیط عرضه‌کننده ممکن است پیامدهای نامطلوبی برموفقیت همه شرکت‌های موجود در زنجیره تأمین داشته باشد. هزینه‌های از دست‌رفته، کاهش سهم بازار و جریمه‌های قراردادهای بسته‌شده همگی ازپیامدهای ممکن اختلال‌ها در زنجیره تأمین است.

در این پژوهش مسئله مکان‌یابی-مسیریابی دوسطحی انتقال کالاها از کارخانه به مشتریان به‌واسطه‌ی انبارهای میانی (مراکز توزیع) صورت می‌گیرد. در سطح اول به اتخاذ تصمیمات مربوط به انتخاب تسهیلات فعال از مجموعه کارخانه‌ها و مراکز توزیع بالقوه و در سطح دوم تصمیمات مربوط به تعیین مقدار محصولات تحویل داده شده به مشتریان از مراکز توزیع و متعاقباً به مراکز توزیع از کارخانه‌ها و همچنین مسیریابی وسیله نقلیه می‌پردازیم. شبکه‌ی زنجیره تأمین طراحی‌شده باید قابلیت پاسخ‌دهی به نیازهای مشتریان را هنگام وقوع ریسک اختلال، مانند اختلال در تسهیلات را دارا باشد. بنابراین این شبکه‌ها باید به‌گونه‌ای طراحی شوند که به هنگام وقوع اختلال توانایی فراهم آوری محصولات وخدمات به مشتریان را در هر لحظه از زمان داشته باشند. هدف این تحقیق مکان‌یابی تسهیلات و تعیین سایز هر محموله و مؤثرترین مسیرهای خودرو برای حداقل کردن

هزینه کل در سه سطح (کارخانه‌ها، مراکز توزیع و مشتریان) تحت وجود ریسک اختلال در سیستم است.

روش طراحی شبکه زنجیره تامین با مساله مسیریابی و موجودی می‌تواند به‌صورت موردی تعریف شود که متشکل از تخصیص جریان و مسیریابی وسایل نقلیه بین تسهیلات و مکان‌یابی مراکز توزیع می‌باشد که باید به‌طور همزمان حل شوند. این پژوهش، زنجیره تامینی را درنظر می‌گیرد که در آن تولیدکنندگان از طریق محموله بار محصولاتی را به مراکز توزیع می‌فرستند و مراکز توزیع از طریق وسایل نقلیه محصولات را به مشتریان ارسال می‌نمایند. مراکز توزیع متعدد می‌توانند برای رفع تقاضای مشتریان به‌کار روند و برای مراکز توزیع تولیدکنندگان متعددی می‌توانند انتخاب شوند. همچنین فرض می‌شود که واحد به گونه‌ای تنظیم شده‌اند که یک واحد ورودی به یک تولیدکننده، یک واحد محصول نهایی را تولید می‌کند. مدل این پژوهش، دارای ساختار برنامه‌ریزی ترکیبی عدد صحیح برای مساله مورد نظر می‌باشد. این مساله، مساله مکان یابی- تخصیص و مساله مسیریابی وسایل نقلیه برای چند انبار را با مساله موجودی ترکیب می‌کند و نشان داده می‌شود که در حوزه یکپارچه‌سازی تصمیمات مکان‌یابی، مسیریابی و موجودی، انسجام و در نظرگرفتن همزمان آنها به نحو قابل توجهی به بهبود عملکرد یک زنجیره تامین خواهد انجامید.

نوآوری‌های این پژوهش ابتدا دخیل کردن برنامه‌ریزی امکانی استوار در حل مسائل مسیریابی به همراه ریسک اختلال و در نظر گرفتن عدم قطعیت می‌باشد. همچنین ارائه چندین مدل از برنامه‌ریزی امکانی استوار در حل مسئله مسیریابی زنجیره تامین مواد غذایی فاسد شدنی می‌باشد. همچنین لحاظ کردن هدف ماکزیمم کردن درصد پوشش به عنوان یک هدف مجزا در مدل برای یکپارچه‌سازی پشتیبانی به کل نواحی تقاضا تا هر کدام که درصد پوشش کمتری دارد را بیشینه سازد.

پژوهش حاضر در هفت بخش ارائه می‌گردد در بخش دوم مرور ادبیات و در بخش سوم بیان مسئله آورده شده است. بخش چهارم به مدلسازی ریاضی و پخش پنجم به فرآیند ارائه مدل در حالت غیر قطعی پرداخته است. مطالعه موردی در بخش ششم و در نهایت نتیجه‌گیری در بخش آخر آمده است.

۱. مرور ادبیات

هیاست و همکاران (۲۰۱۷) مسئله مسیریابی - مکان‌یابی قابل‌اعتماد با ظرفیت محدود تحت شرایط اختلال تصادفی در انبارها را بررسی کردند و یک مدل برنامه‌ریزی عدد صحیح مختلط سناریو محور را جهت بهینه‌سازی مکان انبارها، مسیرهای تحویل خارج از محدوده و برنامه‌های پشتیبانی ارائه نمودند. نادی‌زاده و همکاران(۲۰۱۴) یک مدل برنامه‌ریزی احتمالی فازی برای طراحی شبکه‌های لجستیک مستقیم-معکوس پایدار در شرایط وجود ریسک‌های اختلال احتمالی و تصادفی تسهیلات ارائه نمودند و به معرفی استراتژی‌های قابل‌اعتماد مؤثر از قبیل معرفی تسهیلات قابل‌اعتماد و غیرقابل‌اعتماد، ظرفیت اختلال کامل و جزئی می‌پردازند. ژانگ و همکاران (۲۰۱۵) به طراحی شبکه خرده‌فروشی استوار و بهبودپذیر تحت ریسک‌های عملیاتی و اختلال پرداخته‌اند و آن را به‌صورت یک مدل احتمالی سناریو محور توسعه دادند. پابلو و همکاران (۲۰۱۶) شبکه لجستیکی قابل‌اعتماد چند کالایی و چند خودرویی، چند جاده ای(سه نوع جاده ارتباطی) با در نظر گرفتن اختلال در تسهیلات و جاده‌های ارتباطی وسیله نقلیه ارائه داد.

گویندان و همکاران(۲۰۱۴) مدلی را جهت مسیریابی و مکان‌یابی مکان‌های بالقوه جهت احداث کارخانه ارائه نمودند. از جمله نوآوری‌های این مقاله در نظر گرفتن محدودیت‌های پنجره زمانی می‌باشد. مدل مورد نظر که بصورت چند هدفه می‌باشد توسط الگوریتم اجتماع ذرات حل شده است.

جین و همکاران(۲۰۱۲) به مکان‌یابی و مسیریابی کارخانه‌ها و انبارهای محصولات مصرف شدنی پرداختند.

نوآوری این کار عدم قطعیت در ظرفیت ماشین آلات می‌باشد. مدل ارائه شده نیز با الگوریتم ابتکاری حل شده و تحلیل حساسیت آن عملکرد مناسب مدل ارائه شده را نشان می‌دهد.

سجادی و چراغی(۲۰۱۱) یک مدل برنامه‌ریزی خطی برای تعیین حداکثر تقاضای رضایت‌بخش برای محصولات با ماندگاری محدود ارائه کردند. آن‌ها مکان‌یابی انبارها و تخصیص نقاط تقاضا را در نظر گرفتند. مسیریابی وسیله نقلیه و اولویت‌بندی سرویس‌دهی از جمله نوآوری‌های این تحقیق به شمار می‌رود.

ما و همکاران(۲۰۱۰) مدل برنامه‌ریزی عدد صحیح مختلط را جهت مکان‌یابی انبارها با در نظر گرفتن محدودیت بودجه ارائه کردند. نوآوری پژوهش مذکور در نظر گرفتن همزمان عدم قطعیت در تقاضا و عرضه می‌باشد.

وانگ و همکاران(۲۰۱۰) با در نظر گرفتن یک مدل دو سطحی شامل مسیریابی و مکان‌یابی محصولات غذایی پرداختند. از جمله نقاط ضعف این مقاله در نظر نگرفتن پنجره زمانی جهت فساد کالاهای مصرفی می‌باشد. مسئله مذکور نیز با روش برنامه‌ریزی خطی و حل دقیق حل شده است.

یانگ (۲۰۱۰) مسئله مکان‌یابی- مسیریابی را در سیستم‌های لجستیک حلقه بسته برای جمع‌آوری و بازیافت محصولاتی که عمرشان به پایان رسیده بررسی کردند. فرضیات این مدل، دقیقاً مشابه فرضیات مدلی است که در سال ۲۰۰۸ توسط چانچان و همکارانش ارائه شد. تنها روش حل متفاوت است. این مدل با استفاده از یک الگوریتم ابتکاری دو مرحله‌ای که بر اساس الگوریتم ژنتیک توسعه داده شده، حل می‌شود.

جاوید و آزاد (۲۰۰۹) برای اولین بار مدلی ارائه دادند که تصمیمات مکان‌یابی، تخصیص، ظرفیت و مسیریابی را به طور همزمان بررسی می‌کند. زنجیره تامین مورد مطالعه سه سطحی بوده و شامل یک تامین‌کننده، مراکز توزیع و مشتریان می‌شود. مسئله در حالت تک محصولی و تک دوره‌ای با تقاضای احتمالی مشتریان که از توزیع نرمال تبعیت می‌کند و ظرفیت نامحدود برای تامین‌کننده مدل شده است. ارائه چند سطح ظرفیت برای هر یک از مراکز توزیع و انتخاب از بین آن‌ها، این مقاله را از سایر مقالاتی که در این حوزه نوشته شده‌اند، متمایز می‌کند.

جیانگ و همکاران (۲۰۰۹)، برای اولین بار به بررسی شبکه توزیع اقلام فسادپذیر بر اساس توزیع به موقع (JITD)[۱] پرداختند. زنجیره تامین مورد بررسی در این مقاله، سه سطحی بوده و شامل یک کارخانه و چندین انبار و مشتری است. این مسئله به صورت چند هدفه مدل شده است. بدین‌ترتیب که مسئله دارای سه تابع هدف از نوع مینیمم‌سازی بوده که دو تابع هدف در راستای افزایش سطح خدمت به مشتری با پاسخ سریع به تقاضا از طریق کاهش اختلاف زمانی بین زمان مورد انتظار مشتری برای دریافت سفارش و زمان واقعی تحویل، توسعه داده شده‌اند. تابع هدف سوم درصدد کاهش هزینه‌های کلی سیستم است. مسئله در حالت تک محصولی و تک دوره‌ای با تقاضای قطعی مورد بررسی قرار گرفته و این مدل با استفاده از الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات(PSO) حل شده است.

لی (۲۰۰۸) برای اولین بار با در نظر گرفتن همزمان فرضیات چند دوره‌ای، چند محصولی و غیرقطعی بودن تقاضا بر پیچیدگی مسئله مکان‌یابی- مسیریابی افزودند . زنجیره تامین سه سطحی شامل یک تامین‌کننده و چندین انبار و مشتری است. در این مدل مشتریان و انبارها برای تکمیل موجودی از سیاست مرور دوره‌ای استفاده می‌کنند. بنابراین هزینه‌های کمبود و نگهداری موجودی در تابع هدف هم برای مشتریان و هم برای انبارها لحاظ می‌شود. تقاضای مشتریان غیرقطعی بوده و از توزیع پواسون پیروی می‌کند. هدف تعیین تعداد و مکان بهینه استقرار انبارها و تعیین سیاست کنترل موجودی انبارها و مشتریان و مسیریابی وسایل حمل با حداقل هزینه است. برای حل این مدل از یک روش ابتکاری بر اساس الگوریتم ژنتیک استفاده می‌شود.

سجادی (۲۰۰۸) به بررسی یک شبکه توزیع سه سطحی

چند محصولی شامل کارخانه‌ها و انبارها و مشتریان پرداختند. در این مدل فرض می‌شود که شرکت‌های لجستیک شخص ثالث در صورت نیاز فضای اضافی برای انبار ارائه می‌دهند، زیرا انبارها دارای ظرفیت محدود هستند. تقاضای مشتریان احتمالی بوده و مسئله در حالت تک دوره‌ای بررسی می‌شود. این مدل با استفاده از الگوریتم شبیه‌سازی تبرید حل شده است.

هرازو و همکاران(۲۰۱۵) با در نظر گرفتن یک مدل دو سطحی شامل مسیریابی و مکان‌یابی محصولات غذایی پرداختند. از جمله نقاط ضعف این مقاله در نظر گرفتن پنجره زمانی جهت فساد کالاهای مصرفی می‌باشد. مسئله مذکور نیز با روش برنامه‌ریزی خطی و حل دقیق حل شده است.

ژاله چیان و همکاران(۲۰۱۶) یک مدل مسیریابی، مکان‌یابی و موجودی برای زنجیره تامین حلقه بسته با در نظر گرفتن عدم قطعیت ارائه کردند. هدف این پژوهش کاهش دی اکسید کربن، کاهش مصرف سوخت و کاهش انرژی از دست رفته می‌باشد. عدم قطعیت در نظر گرفته شده در این پژوهش بصورت حالت احتمالی می‌باشد.

توکلی مقدم و همکاران (۲۰۱۶) یک مسئله مسیریابی، مکان‌یابی و موجودی را در حالت چند دوره‌ای و چند محصولی به همراه ناوگان حمل و نقل ناهمگن در نظر گرفت. عدم قطعیت در تقاضای مشتریان در این پژوهش بصورت فازی در نظر گرفته شده است. تابع هدف این پژوهش شامل مینیمم کردن هزینه استفاده از وسایل نقلیه شامل هزینه سوخت، هزینه نگهداری موجودی و هزینه مکان‌یابی مراکز توزیع به عنوان تابع هدف اول و مینیمم کردن هزینه کمبود موجودی به عنوان تابع هدف دوم می‌باشد.

قربانی و همکاران(۲۰۱۶) به بررسی مکان‌یابی، مسیریابی و مدیریت موجودی در یک زنجیره تامین سه سطحی پرداختند. سه سطح زنجیره تامین شامل تامین کنندگان، دپوها و مشتریان می‌باشد. محصولات از طریق دپوها بین مشتریان توسط ناوگان حمل و نقل همگن انتقال می‌یابد. در این پژوهش اگر محصولات کیفیت مطلوب را دارا نباشد به مرکز توزیع پس فرستاده می‌شوند. نوآوری این پژوهش طراحی زنجیره تامین چند محصوله و اجازه دادن برگشت به عقب در صورت بی‌کیفیت بودن محصول می‌باشد. مسئله مذکور بصورت برنامه‌ریزی عدد صحیح مدلسازی شده است و توسط الگوریتم شبیه سازی بازپخت برای مثال‌های عددی متعددی حل شده است.

سید حسینی و همکاران(۲۰۱۵) مدلی را جهت مسیریابی، مکان‌یابی و موجودی با در نظر گرفتن خرابی در مرکز توزیع ارائه کردند. مدل مذکور تعداد مکان‌های تاسیس شده به عوان مراکز توزیع، تخصیص مشتریان به این مراکز و مسیریابی مشتریان، نقطه سفارش مجدد در نهایت موجودی اطمینان این مراکز را تعیین می‌کند.

کلانتری و پشوایی(۱۳۹۵)یک مدل برنامه‌ریزی اصلی برای زنجیره تامین دارو براساس یک مدل برنامه‌ریزی امکانی استوار که قدرت تنظیم درجه استواری تصمیمات خروجی در برابر عدم قطعیت پارامترها را دارا می‌باشد، توسعه دادند و با یک مطالعه موردی نشان دادند مدل برنامه‌ریزی امکانی استوار دارای کیفیت بالای عملکرد و کاربردی می‌باشد.

قاسمی و همکاران (۱۳۹۶) شاخص‌های دخیل در پایداری زنجیره تامین مواد غذایی را شناسایی و اولویت‌بندی نمودند. صفایی قادیکلایی و غلامرضاتبار دیوکلایی (۱۳۹۳) چارچوبی برای ارزیابی پایداری زنجیره تامین مواد غذایی با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی ارائه نمودند.

جدول ۱- خلاصه مرور ادبیات

مولف	مکان‌یابی		تخصیص	میزان حمل بین تسهیلات مختلف		میزان موجودی	مسیریابی وسایل نقلیه			کالای فاسد شدنی
	کارخانه	انبارها	تقاضا	کارخانه به انبار	انبار به مشتری		مشتری به مسیر	وسیله نقلیه به مسیر	ترتیب سرویس‌دهی مشتریان در مسیر	
Hiassat et al (2017)		*		*				*		
Zhang et al (2015)			*		*				*	
K. Govindan, A. Jafarian, R. Khodaverdi, K. Devika(2013)	*	*	*		*	*	*	*	*	*
Jean et al 2012	*	*	*		*		*		*	
Sajjadi and Cheraghi 2011		*	*	*	*		*		*	
Ma H., et al. 2010		*	*		*	*	*		*	
Wang X. 2010		*	*		*		*		*	
Yang X.,et al. 2010		*	*	*	*	*	*		*	
Javid and Azad, 2009		*	*	*	*		*		*	*
Jiang S., et al. 2009		*	*	*	*	*	*		*	
Li H., et al. 2008			*			*	*		*	
Sajjadi 2008		*	*	*	*	*	*		*	
Zhalechian (2016)		*	*		*		*		*	
Tavakolli moghadam (2016)		*		*		*			*	
Ghorbani et al (2016)		*			*	*			*	
Hosseini (2016)		*	*			*			*	
پژوهش حاضر		*	*	*			*		*	*

با توجه به مرور ادبیات تاکنون مطالعه جامعی که به مسئله مکان‌یابی - مسیریابی در زنجیره تامین مواد غذایی فسادپذیر با در نظر گرفتن ریسک اختلال بپردازد وجود نداشته است. همچنین نوآوری‌های در نظر گرفته شده در این پژوهش به شرح

زیر می‌باشد: ۱- در نظر گرفتن ریسک اختلال در زنجیره تامین مواد غذایی فاسد شدنی ۲- در نظر گرفت داده‌های فازی از نوع ذوزنقه‌ای ۳- حل مدل با استفاده از بهینه‌سازی امکانی ۴- در نظر گرفتن مطالعه موردی برای مسئله مورد نظر

۲. بیان مسئله

مساله مکان‌یابی و مسیریابی با توجه به نوع تسهیلات و محصولات از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. این موضوع در مورد محصولات به شدت فاسدشدنی اهمیت دوچندانی پیدا می‌کند. محصولات فاسدشدنی می‌تواند شامل موادغذایی، خون و یا حتی بافت‌های انسانی جهت پیوند و ... باشند.

در این پژوهش مسئله مکان‌یابی-مسیریابی دوسطحی انتقال کالاها از کارخانه به مشتریان به‌واسطه‌ی انبارهای میانی (مراکز توزیع) صورت می‌گیرد. در سطح اول به اتخاذ تصمیمات مربوط به انتخاب تسهیلات فعال از مجموعه کارخانه‌ها و مراکز توزیع بالقوه و در سطح دوم تصمیمات مربوط به تعیین مقدار محصولات تحویل داده‌شده به مشتریان از مراکز توزیع و متعاقباً به مراکز توزیع از کارخانه‌ها و همچنین مسیریابی وسیله نقلیه می‌پردازیم. شبکه‌ی زنجیره تأمین طراحی‌شده باید قابلیت پاسخ‌دهی به نیازهای مشتریان را هنگام وقوع ریسک اختلال، مانند اختلال در تسهیلات را دارا باشد. بنابراین این شبکه‌ها باید به‌گونه‌ای طراحی شوند که به هنگام وقوع اختلال توانایی فراهم‌آوری محصولات و خدمات به مشتریان را درهر لحظه از زمان داشته باشند. هدف این تحقیق مکان‌یابی تسهیلات و تعیین سایز هر محموله و مؤثرترین مسیرهای خودرو برای حداقل کردن هزینه کل در سه سطح (کارخانه‌ها، مراکز توزیع و مشتریان) تحت وجود ریسک اختلال در سیستم است.

در این تحقیق شش نقطه تامین وجود دارد که به ترتیب عبارتند از: گرگان، ساری، قزوین، سمنان، اراک و اصفهان از طرف دیگر شش مرکز توزیع j برای انتخاب وجود دارد که عبارتند از: گرگان، ساری، قزوین، سمنان، تهران غرب، کاشان و همچنین هفت منطقه تقاضا عنوان شده است که عبارتند از: ساری، نور، تهران شمال، لاهیجان، رشت، سمنان و شاهرود می‌باشد. مراکز توزیع مواد غذایی را نقاط تامین دریافت نموده و به مراکز تقاضا تحویل می‌دهند. هدف پژوهش حاضر مکان‌یابی مراکز توزیع به همراه مسیریابی خودروهای توزیع از تامین کننده به نقاط تقاضا می‌باشد. همچنین مقدار بهینه کالای منتقل شده از مراکز توزیع به نقاط تقاضا نیز محاسبه خواهد شد.

۳. مدل‌سازی ریاضی

فرضیات اصلی مساله به شرح ذیل می‌باشد:

- تقاضای روزانه در مرکز توزیع، مقدار کالای جمع شده در نقطه تامین فازی و هزینه‌های انتقال هر واحد کالا فازی هستند.
- تعداد خودروها آماده به سرویس در مرکز توزیع مشخص و خودروها دارای ظرفیت فازی هستند.
- خودروها از مرکز مواد غذایی شروع به حرکت می‌کنند و در پایان به مرکز بازمی‌گردند.
- ویزیت‌های متوالی از یک مکان مجاز نیست. اگر یک خودرو یک مکان را در یک دوره ملاقات نمود، تا دوره بعد اجازه ورود به آن مکان را ندارد .
- شناساگرهای مدل:

با توجه به فرضیات مطرح شده، شناساگرهای مدل عبارتند از:

I: مجموعه نقاط تامین

J: مجموعه مراکز توزیع مواد غذایی

K: مجموعه گره‌های نقاضا

k: شناساگر مربوط به نقاط تقاضا

i: شناساگر مربوط به نقاط تامین

j: شناساگر مربوط به مراکز توزیع مواد غذایی

b: شناساگر مربوط به مسیرها

p: شناساگر مربوط به خودروها

B: مجموعه خودروها

P: مجموعه مسیرها

T: دوره زمانی

۳-۱. پارامترهای مدل عبارتند از:

F_j: هزینه برپاسازی مرکز توزیع مواد غذایی j

d_{kt}: مقدار کالا مورد نیاز در نقطه تقاضا k در دوره زمانی t

S_{it}: مقدار کالای جمع شده در نقطه تامین i در دوره زمانی t

qj احتمال خرابی مرکز توزیع j

C_{ij}: هزینه انتقال هر واحد کالا از نقطه تامین i به مرکز توزیع j

C_{jk}: هزینه انتقال هر واحد کالا از مرکز توزیع مواد غذایی j به نقطه تقاضا k

CC_K: هزینه تاسیس مکان بالقوه خودرو سیار در نقطه تقاضای k

π_k: هزینه کمبود هر واحد کالا در نقطه تقاضا k

N_{ij}: کل ظرفیت استفاده شده وسیله نقلیه از نقطه تامین i به مرکز توزیع مواد غذایی j

N_{jk}: کل ظرفیت استفاده شده وسیله نقلیه از مرکز توزیع موادغذایی j به نقطه تقاضا k

۳-۲. متغیرهای مدل

X_{ijt}: مقدار کالای منتقل شده از نقطه تامین i به مرکز توزیع مواد غذایی j در دوره زمانی t

$u_{bk'k}$: اگر خودروی b بلافاصله بعد از گره ¢k به گره k برود، یک و در غیر این صورت صفر .

Y_{jkt}: مقدار کالای منتقل شده از مرکز توزیع مواد غذایی j به نقطه تقاضا k در دوره زمانی t

Z_j: اگر مرکز توزیع مواد غذایی j جهت باز شدن انتخاب شود برابر یک و در غیر این صورت صفر

H_K: اگر مکان بالقوه خودرو سیار در نقطه تقاضای k انتخاب شود یک در غیر این صورت صفر

۳-۳. تابع اهداف

$$\min \tilde{f}_1 = \sum_{,k} \pi_k (\tilde{d}_{,kt} - \sum_j y_{jkt}) \quad (۱)$$

$$\equiv \min \tilde{f}_2 = \sum_{,k} \pi_k (\tilde{d}_{,kt}) - \sum_{,k} \pi_k (\sum_j y_{jkt}) \quad (۲)$$

$$min\tilde{f}_\tau = \sum_j \tilde{f}_j z_j(1-q_i) + \sum_{i,j} \widetilde{c_{ij}} x_{ijt} + \sum_{j,k} \widetilde{c_{jk}} y_{jkt} + \sum_{j,k} CC_k H_k$$

a_{kt}

در واقع این تحقیق شامل ۳ هدف می‌باشد، که هدف ۱ کمبود کالاهای مورد نیاز را کمینه می‌کند. هدف ۲ در تلاش است تا رضایت‌مندی در نقاط تقاضا از طریق بیشینه‌سازی مجموع کمترین درصد پوشش در نقاط تقاضا، بیشینه شود. هدف ۳ در تلاش است تا مجموع هزینه‌های راه اندازی، هزینه‌های حمل و نقل از نقاط تامین به مراکز توزیع مواد غذایی و هزینه حمل و نقل از مراکز توزیع مواد غذایی به نقاط تقاضا را کمینه سازد.

۳-۴. محدودیت‌ها

$$\sum_{j,k} y_{jkt} \le \min\{\sum_k \tilde{d}_{kt}, \sum_i \tilde{s}_{it}\} \cong \lambda \quad (۵)$$

$$\sum_{j,k} y_{jkt} \le \lambda \quad (۶)$$

$$\lambda \le \sum_k \tilde{d}_{,kt} \quad (۷)$$

$$\lambda \le \sum_i \tilde{s}_{it} \quad (۸)$$

$$\forall j \quad \sum_i x_{ijt} = \sum_k y_{jkt} \quad (۹)$$

$$\forall i \quad \sum_j x_{ijt} \le \tilde{s}_{it} \quad (۱۰)$$

$$\forall k \quad \sum_j y_{jkt} \le \tilde{d}_{kt} \quad (۱۱)$$

$$\forall i, j \quad x_{ijt} \le N_{ij} z_j (1-qj) \quad (۱۲)$$

$$\forall j,k \quad y_{jkt} \le N_{jk} z_j (1-qj) \quad (۱۳)$$

$$x_{pk} + x_{p+1,k'} \le u_{k'kb} + 1, \quad (۱۳)$$

$$\forall k', b, p, k$$

$$\forall i, j \quad x_{ijt} \ge 0 \quad (۱۴)$$

$$\forall j,k \quad y_{jkt} \ge 0 \quad (۱۵)$$

$$\forall j \quad z_j \in \{0,1\} \quad (۱۶)$$

$$\lambda \ge 0$$

محدودیت (۵) تا (۸) به این معنا هستند که به کالاها اجازه داده نمی‌شوند، بیکار باشند و می‌بایست ارسال شوند

و همچنین نمی‌توان کالایی که وجود ندارد را فرستاد. محدودیت (۹) معادله تعادل جریان برای هر کالا در هر مرکز توزیع مواد غذایی را نشان می‌دهد و تضمین می‌کند که کل کالاهایی که به یک مرکز توزیع مواد غذایی وارد می‌شوند، از آن خارج خواهند شد. محدودیت (۱۰) به‌این معنا است که کل کالاهای در دسترس در نقاط تامین، قابل ارسال به مراکز توزیع مواد غذایی هستند. محدودیت (۱۱) از ارسال کالا اضافی به نقاط تقاضا جلوگیری می‌کند. محدودیت (۱۲) و (۱۳) از ورود و خروج کالا به مرکز توزیع مواد غذایی که راه اندازی نشده‌اند، جلوگیری می‌کند و اگر مرکز توزیع مواد غذایی راه اندازی شده باشد نباید از کل ظرفیت استفاده شده وسیله نقلیه به آن مرکز توزیع مواد غذایی بیشتر باشد.

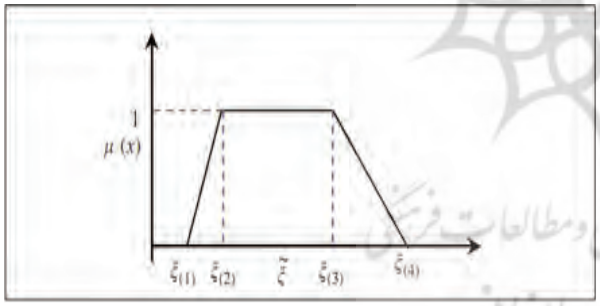
محدودیت(۱۳) تضمین می‌کند اگر خودروی b در p امین مسیر خود به گره k برود ودر p+۱ مسیر خود به گره¢k برود آن گاه متغیر $u_{k'kb}$ مقدار یک خواهد گرفت. محدودیت‌های (۱۴) تا (۱۶) محدودیت‌های غیر منفی بودن و صفر و یک بودن متغیرها است.

۴. فرآیند ارائه مدل در حالت غیر قطعی با استفاده ازمدل BPCCP[۲]

به طور کلی عدم قطعیت به دو دسته قابل طبقه‌بندی می‌باشد. اولین دسته مرتبط باتغییرپذیری و انعطاف موجود در مقدار تابع هدف و محدودیت‌ها می‌باشد. به عبارت دیگر، حدود تابع هدف و محدودیت‌ها در این خالت غیرقطعی و مبهم می‌باشند . رویکرد برنامه‌ریزی ریاضی انعطاف‌پذیر که از مجموعه‌های فازی مبتنی بر ترجیح استفاده می‌کند، برای مقابله با این نوع از عدم قطعیت مورد استفاده قرار می‌گیرد. نوع دوم عدم قطعیت مرتبط با فقدان داده و یا دانش در مورد مقدار دقیق پارامترهای ورودی مساله می‌باشد. از این رو، رویکردهای برنامه‌ریزی امکانی(BPCCP) استفاده گردیده‌اند تا با این نوع از عدم قطعیت مواجهه گردند. لازم به ذکر است که پارامترهای غیرقطعی توسط توابع امکانی مقتضی مانند تابع امکانی مثلثی و یا ذوزنقه‌ای، بر اساس داده‌های ناکافی موجود و یا دانش و تجربه تصمیم‌گیرندگان قابل مدلسازی می‌باشند. در برنامه‌ریزی امکانی می‌توان به این موارد اشاره کرد: سطح اطمینان ارضای محدودیت‌ها به صورت یک پارامتر می‌باشد و توسط تصمیم‌گیر تعیین می‌شود و این موجب می‌شود سطح اطمینان تعیین شده بهینه نباشد. در مدل برنامه‌ریزی امکان توجه چندانی به استواری شدنی بودن و استواری بهینگی بودن نمی‌شود.[۳]

مدل ارائه شده در این قسمت مدل پایه برای برنامه‌ریزی امکانی با محدودیت‌های احتمالی می‌باشد. در این بخش از ارزش مورد انتظار اپراتور برای مدل کردن تابع هدف و اندازه لزوم برای آن که از عهده‌ی محدودیت‌های احتمالی با پارامترهای مبهم برآید، استفاده شده است.

همچنین با توجه به نمودار۱ توزیع احتمال ذوزنقه‌ای با چهار نقطه برجسته به صورت $\tilde{\xi}=(\xi(1),\xi(2),\xi(3),\xi(4))$ برای پارامترهای مبهم در نظر گرفته شده است.



نمودار۱- یک عدد فازی ذوزنقه‌ای

$$\min \tilde{f}_3 = \sum_j \tilde{f}_j z_j + \sum_{i,j} \tilde{c}_{ij} x_{ij} + \sum_{j,k} \tilde{c}_{jk} y_{jk}$$

$$\equiv \min E(z) = F x_{ij} + c y_{jk} + a z_j \quad (۱۷)$$

$$\equiv \min E(z) = E(\tilde{F}) x_{ij} + E(\tilde{c}) y_{jk} + E(\tilde{a}) z_j \quad (۱۸)$$

$$\min E(z) = \left(\frac{F_1+F_2+F_3+F_4}{4}\right) x_{ij} + \left(\frac{C_1+C_2+C_3+C_4}{4}\right) y_{jk} \quad (۱۹)$$
$$+ \left(\frac{a_1+a_2+a_3+a_4}{4}\right) z_j$$

برای فرار از پیچیدگی مدل غیر خطی، ما هدف دوم را به صورت زیر به فرم خطی در آوردیم:

$$\max \tilde{f}_2 = \sum_w w \quad (۲۰)$$

$$w \le \frac{\sum_j y_{jk}}{\tilde{d}_{,k}} \rightarrow \quad (۲۱)$$

$$(\sum_j y_{jk} - d_{3k}) / (d_{4k} - d_{3k}) \ge \kappa$$

$$\frac{\sum_j y_{jk}}{w} \ge \kappa d_{4k} + (1-\kappa) d_{3k} \quad (۲۲)$$

$$\min \tilde{f}_1 = \sum_{,k} \pi_k (\tilde{d}_{,k}) - \sum_{,k} \pi_k (\sum_j y_{jk})$$

$$\equiv \min \tilde{f}_1 = E(\tilde{d}) \pi_k - \sum_k \pi_k (\sum_j y_{jk}) \quad (۲۳)$$

$$\equiv \min \tilde{f}_1 = (\frac{d_1 + d_2 + d_3 + d_4}{4}) \pi_k - \sum_{,k} \pi_k (\sum_j y_{jk}) \quad (۲۴)$$

$$st : Ax_{ij} \le (1-\alpha) s_{2i} + \alpha s_{1i} \quad \forall i, j \quad (۲۵)$$

$$Nec\{Ax_{ij} \le \tilde{s}_i\} \ge \alpha \rightarrow \quad \forall i, j \quad (۲۶)$$

$$\frac{s_{2i} - Ax_{ij}}{s_{2i} - s_{1i}} \ge \alpha \rightarrow Ax_{ij} \le (1-\alpha) s_{2i} + \alpha s_{1i} \quad \forall i, j \quad (۲۷)$$

$$Ry_{jk} \le (1-\beta) d_{2k} + \beta d_{1k} \quad \forall j, k \quad (۲۸)$$

$$Qx_{ij} - Oy_{jk} = 0 \quad \forall i, j, k \quad (۲۹)$$

$$x_{ij} \le ((1-\mu) N_{2ij} + \mu N_{1ij}) z_j \quad \forall i, j \quad (۳۰)$$

$$y_{jk} \le ((1-\rho) N_{2jk} + \rho N_{1jk}) z_j \quad \forall j, k \quad (۳۱)$$

$$Ty_{jk} \le \lambda \quad \forall j, k \quad (۳۲)$$

$$\lambda \le U \tilde{d}_k \rightarrow Nec\{\lambda \le U \tilde{d}_k\} \ge R \rightarrow \quad \forall k \quad (۳۳)$$

$$\frac{d_{2k} - (\frac{\lambda}{U})}{d_{2k} - d_{1k}} \ge R \rightarrow \quad \forall k \quad (۳۴)$$

$$\lambda \le U\{(1-\phi) d_{2k} + \phi d_{1k}\} \quad \forall j, k \quad (۳۵)$$

$$\lambda \le V \tilde{s}_i \quad \forall i \quad (۳۶)$$

$$\lambda \le V\{(1-\varphi) s_{2i} + \varphi s_{1i}\} \quad \forall i \quad (۳۷)$$

$$x_{ij} \ge 0 \quad \forall i, j$$

$$y_{jk} \ge 0 \quad \forall j, k$$

$$z_j \in \{0,1\} \quad \forall j$$

در این تحقیق فرض شده است که محدودیت‌های احتمالی باید با سطح اطمینان بزرگ‌تر از ۰/۵ راضی شوند. در این رویکرد تصمیم‌گیر باید کمترین سطح اطمینان برای محدودیت‌های احتمالی را تعیین کند، بنابراین تصمیم‌گیر چندین ارزش اولیه برای هر سطح اطمینان به طور ذهنی تعیین می‌کند و سپس در یک آزمایش تعاملی یکی که بیشتر از بقیه تصمیم‌گیر را راضی کرد انتخاب می‌شود. به عنوان ارزش نهایی مشاهده می‌شود که در این رویکرد ارزش نهایی انتخاب شده در یک روش ذهنی به هر طریقی تضمینی که ارزش انتخاب شده برای هر سطح اطمینان، بهترین انتخاب ممکن است وجود ندارد. این روش شبیه تحلیل حساسیت در بازه تنوع ارزش پارامترهای تصمیم‌گیری و تحلیل حساسیت تاثیر آن روی خروجی مدل می‌باشد. بنابراین این روش می‌تواند به عنوان روش واکنشی یا بهترین روش پیش واکنشی طبقه‌بندی شود. به علاوه هنگامی که تعداد محدودیت‌های احتمالی بزرگتر می‌شود، عدد آزمایش‌های نیاز شده برای تعیین ارزش مناسب سطح اطمینان باید به طور قابل توجهی افزایش یابد (برای مثال به صورت نمایی). بنابراین آزمایشات نیاز شده نمی‌توانند به صورت دستی انجام شوند و به علت پیچیدگی و افزایش زمان باید با استفاده از آزمایش‌های شبیه سازی شده انجام شود. در خصوص تابع هدف، مدل تلاش می‌کند تا ارزش مورد انتظار (ارزش میانگین) تابع هدف را مینیمم کند. به صورت قابل توجهی، مدل به تغییرات ارزش تابع هدف از ارزش مورد انتظار آن حساس نیست.

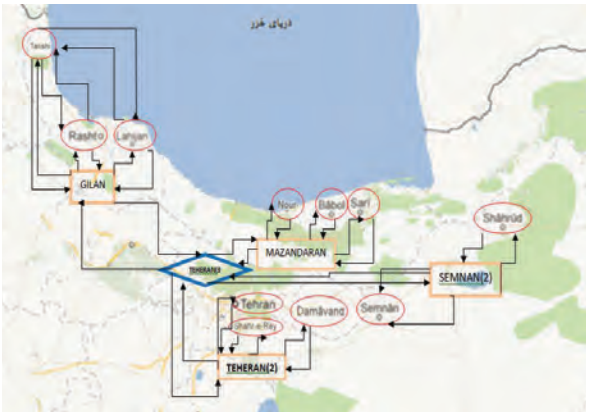
۵. مطالعه موردی

در این تحقیق شش نقطه تامین وجود دارد که به ترتیب عبارتند از: گرگان، ساری، قزوین، سمنان، اراک و اصفهان از طرف دیگر شش مرکز توزیع j برای انتخاب وجود دارد که عبارتند از: گرگان، ساری، قزوین، سمنان، تهران غرب، کاشان و همچنین هفت منطقه تقاضا عنوان شده است که عبارتند از: ساری، نور، تهران شمال، لاهیجان، رشت، سمنان و شاهرود می‌باشد.

مراکز توزیع مواد غذایی را نقاط تامین دریافت نموده و به مراکز تقاضا تحویل می‌دهند. هدف پژوهش حاضر مکان‌یابی مراکز توزیع به همراه مسیریابی خودروهای توزیع از تامین کننده به نقاط تقاضا می‌باشد. همچنین مقدار بهینه کالای منتقل شده از مراکز توزیع به نقاط تقاضا نیز محاسبه خواهد. برای هر شهر در محل توزیع دو خودرو جهت پخش مواد غذایی وجود دارد. هزینه کمبود هر واحد کالا ثابت و برابر ۰/۳۵ در نظر گرفته شده است.

نتایج عملکرد مدل با مفروضاتی که در این مطالعه موردی آمده است با استفاده از نرم افزار GAMS ۲۳/۵ و با حل کننده سیمپلکس (CPLEX) عدد صحیح مختلط و با روش LP- metric حل شده است.

نمودار (۲) زنجیره تامین مواد غذایی در نظر گرفته شده در این پژوهش به همراه نحوه ارتباطات موجود در زنجیره تامین را نمایش می‌دهد.



نمودار ۲- شبکه زنجیره تامین مواد غذایی

جدول (۲) هزینه انتقال هر واحد کالا از مرکز توزیع j به نقطه تقاضا k را نشان می‌دهد. اعداد در نظر گرفته شده بصورت فازی ذوزنقه‌ای می‌باشد.

جدول۲- هزینه انتقال هر واحد کالا از مرکز توزیع j به نقطه تقاضا k

c_{jk}	نور	ساری	تهران (شمال)	لاهیجان	رشت	سمنان	شاهرود
گرگان	(۹۷،۷۷،۵۰،۳۵)	(۱۱۷،۹۵،۷۰،۵۲)	(۲۵۰،۲۲۲،۲۰۰،۱۹۰)	(۱۷۰،۱۴۸،۱۳۰،۱۱۱)	(۱۶۷،۱۵۲،۱۳۵،۱۱۸)	(۱۷۹،۱۶۸،۱۴۰،۱۲۲)	(۱۹۲،۱۷۱،۱۵۰،۱۳۲)
ساری	(۲۲،۱۹،۵،۰)	(۳۳،۲۵،۱۵،۷)	(۱۶۴،۱۴۵،۱۲۰،۱۰۷)	(۱۰۲،۸۹،۸۰،۶۳)	(۸۷،۷۹،۶۵،۵۵)	(۱۵۴،۱۳۸،۱۱۰،۹۵)	(۱۸۵،۱۶۰،۱۴۰،۱۲۸)
قزوین	(۱۱۵،۱۰۲،۹۰،۸۵)	(۱۳۲،۱۱۴،۹۰،۷۲)	(۸۳،۶۲،۴۰،۲۶)	(۸۸،۶۸،۴۰،۲۸)	(۶۷،۵۱،۳۵،۱۹)	(۶۱،۳۹،۲۰،۴)	(۶۷،۵۶،۴۵،۳۱)
سمنان	(۹۸،۸۶،۷۵،۶۷)	(۱۲۵،۱۰۳،۸۰،۶۰)	(۲۰۵،۱۸۳،۱۶۰،۱۴۷)	(۷۶،۶۴،۵۰،۴۲)	(۶۸،۵۸،۴۵،۳۲)	(۱۰۳،۷۹،۶۰،۴۴)	(۱۳۷،۱۱۷،۱۰۰،۸۷)
تهران- غرب	(۱۰۵،۸۹،۸۰،۶۳)	(۱۱۵،۹۸،۸۵،۶۷)	(۱۵۵،۱۳۶،۱۱۰،۹۸)	(۱۴،۸،۵،۰)	(۱۷،۱۲،۱۰،۴)	(۴۴،۳۳،۱۵،۱۰)	(۷۱،۵۵،۳۵،۲۱)
کاشان	(۱۶۴،۱۴۲،۱۲۰،۱۰۸)	(۱۷۶،۱۵۶،۱۳۰،۱۱۳)	(۱۸۳،۱۷۱،۱۶۰،۱۴۸)	(۱۱۲،۹۱،۷۰،۵۱)	(۱۰۵،۸۶،۷۵،۵۷)	(۹۸،۸۲،۵۵،۳۹)	(۷۲،۶۰،۳۵،۱۹)

جدول(۳) مقدار کالای جمع شده در نقاط تامین را نشان می‌دهد. اعداد در نظر گرفته شده بصورت فازی ذوزنقه‌ای می‌باشد.

جدول۳- مقدار کالا جمع شده در نقطه تامین i *۱۰

S_{it}	گرگان	ساری	قزوین	سمنان	اراک	اصفهان
(۱،۲،۳،۴) S_{it}	(۳۴۰،۴۰۰،۵۰۰،۶۲۵)	(۶۶۲،۵۶۲،۴۵۰،۳۸۲)	(۸۵۰،۷۵۰،۶۰۰،۵۱۰)	(۷۲۵،۶۲۵،۵۰۰،۴۲۵)	(۹۲۵،۸۷۵،۷۰۰،۵۹۵)	(۹۲۵،۸۷۵،۷۰۰،۵۹۵)

جدول (۴) هزینه برپاسازی مراکز توزیع مواد غذایی می‌باشد. اعداد در نظر گرفته شده بصورت فازی ذوزنقه‌ای و در مقیاس ۱۰۰۰۰ واحد پولی می‌باشد.

جدول۴- هزینه برپاسازی مرکزتوزیع مواد غذایی j (*۱۰۰۰۰)

کاشان	تهران- غرب	سمنان	قزوین	ساری	گرگان
(۱۸۶۰،۱۸۳۰،۱۸۲۰،۱۸۰۰)	(۱۶۸۰،۱۶۷۵،۱۶۵۰،۱۶۰۰)	(۱۴۸۵،۱۴۷۰،۱۴۶۰،۱۴۰۰)	(۱۲۸۹،۱۲۷۰،۱۲۶۰،۱۲۰۰)	(۱۷۰۰،۱۴۰۰،۱۱۰۰،۱۰۰۰)	(۹۸۴،۹۷۵،۹۵۰،۹۰۰)

جدول (۵) مقدار مواد غذایی مورد نیاز در نقطه تقاضا را نشان می‌دهد. اعداد در نظر گرفته شده بصورت فازی ذوزنقه‌ای و در مقیاس ۱۰۰۰ واحد پولی می‌باشد.

جدول۵- مقدار مواد غذایی مورد نیاز در نقطه تقاضا k (*۱۰۰۰)

شاهرود	سمنان	رشت	لاهیجان	تهران (شمال)	ساری	نور
(۵۵۵،۴۸۰،۴۰۵،۳۳۰)	(۶۲۰،۵۲۵،۴۳۷،۳۵۰)	(۱۳۳۰،۱۲۸۰،۱۰۸۰،۸۸۰)	(۱۹۳۵،۱۷۱۰،۱۴۸۵،۱۲۱۵)	(۳۹۰،۳۲۰،۳۰۰،۲۵۰)	(۳۰۰،۲۵۵،۲۱۲،۱۷۰)	(۳۶۰،۳۱۵،۲۷۰،۲۲۵)

جدول (۶) هزینه انتقال هر واحد کالا از نقطه تامین i به مرکز توزیع را نشان می‌دهد. اعداد در نظر گرفته شده از نوع فازی ذوزنقه‌ای می‌باشد.

جدول۶- هزینه انتقال هر واحد کالا از نقطه تامین i به مرکزتوزیع j

C_{ij}	گرگان	ساری	قزوین	سمنان	تهران- غرب	کاشان
گرگان	(۰،۰،۰،۰)	(۷۲،۶۲،۵۰،۳۰)	(۱۷۲،۱۶۰،۱۵۰،۱۳۷)	(۱۰۰،۹۰،۷۰،۶۰)	(۱۴۰،۱۲۵،۱۱۰،۹۷)	(۲۲۰،۲۰۷،۱۸۰،۱۶۶)
ساری	(۹۰،۷۰،۵۰،۳۳)	(۰،۰،۰،۰)	(۱۱۵،۱۰۲،۹۰،۸۵)	(۹۵،۸۰،۷۰،۵۵)	(۹۹،۸۹،۸۰،۶۳)	(۱۶۲،۱۴۲،۱۲۰،۱۰۸)
قزوین	(۱۹۰،۱۸۰،۱۵۰،۱۴۰)	(۱۱۰،۱۰۲،۹۰،۸۵)	(۰،۰،۰،۰)	(۱۰۰،۸۷،۷۰،۵۵)	(۸۵،۶۵،۴۰،۲۸)	(۹۰،۷۹،۷۰،۶۳)
سمنان	(۱۰۲،۹۲،۸۰،۶۷)	(۹۷،۸۶،۷۵،۶۷)	(۱۰۵،۹۷،۸۵،۷۱)	(۱۷،۱۳،۵،۰)	(۷۴،۶۴،۵۰،۴۲)	(۱۶۴،۱۴۴،۱۲۰،۱۰۵)
اراک	(۲۷۱،۲۶۱،۲۵۰،۲۳۶)	(۱۷۵،۱۵۵،۱۳۰،۱۱۸)	(۹۷،۸۱،۶۰،۴۸)	(۱۹۱،۱۷۶،۱۵۰،۱۳۶)	(۸۰،۶۵،۵۰،۳۵)	(۹۵،۸۵،۷۰،۴۳)
اصفهان	(۳۲۵،۳۰۵،۲۸۰،۲۶۰)	(۲۲۰،۱۹۷،۱۷۰،۱۵۸)	(۲۴۰،۲۳۰،۲۲۰،۲۰۴)	(۱۷۲،۱۵۲،۱۳۰،۱۱۱)	(۱۳۲،۱۱۲،۹۰،۶۸)	(۷۹،۷۰،۶۰،۵۵)

جدول (۷) تخصیص محل تامین به خودروهای توزیع می‌باشد. همانطوری که در این جدول نشان داده شده، به عنوان مثال خودروی شماره یک شهر لاهیجان برای توزیع مواد غذایی به شهر ساری تخصیص داده شده است.

جدول ۷- تخصیص محل تامین به خودرو

		گرگان	ساری	قزوین	سمنان	اراک	اصفهان
نور	خودرو۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
	خودرو۲	۰	۰	۰	۱	۱	۰
ساری	خودرو۱	۱	۰	۱	۰	۰	۱
	خودرو۲	۰	۱	۰	۱	۱	۰
تهران شمال	خودرو۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
	خودرو۲	۰	۰	۰	۱	۰	۰
لاهیجان	خودرو۱	۱	۱	۰	۱	۱	۰
	خودرو۲	۰	۰	۱	۱	۰	۱
رشت	خودرو۱	۱	۰	۱	۰	۱	۱
	خودرو۲	۰	۱	۰	۱	۰	۱
سمنان	خودرو۱	۰	۱	۱	۰	۱	۱
	خودرو۲	۱	۰	۰	۱	۱	۱
شاهرود	خودرو۱	۰	۱	۱	۱	۰	۱
	خودرو۲	۰	۱	۱	۱	۱	۰

جدول (۸) مقدار کالای منتقل شده از مرکز توزیع j به محل تقاضا k را نشان می‌دهد. اعداد بر حسب واحد کالا می‌باشد. به عنوان مثال میزان کالای ارسالی از قزوین به تهران ۱۰۰ واحد کالا و میزان کالای ارسالی از سمنان به لاهیجان ۱۱۰ واحد کالا می‌باشد.

جدول۸- مقدار کالای منتقل شده از مرکز توزیع j به محل تقاضا k

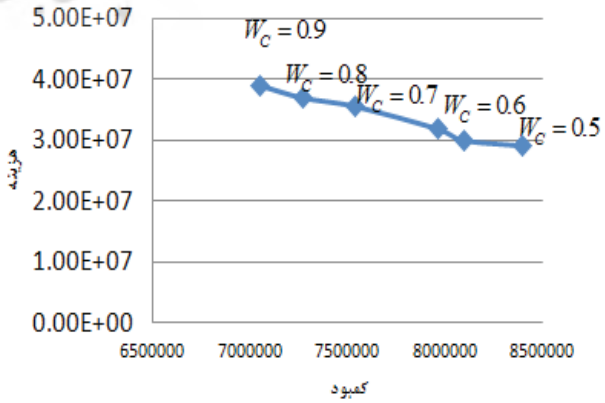
Y_{jkt}	نور	ساری	تهران (شمال)	لاهیجان	رشت	سمنان	شاهرود
گرگان	۱۰۰	۱۱۰	۱۰۰	۱۰۰	۹۵	۱۱۰	۱۰۰
ساری	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
قزوین	۱۲۰	۱۲۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۱۰	۹۵	۱۰۵
سمنان	۱۰۵	۱۳۰	۱۰۰	۱۱۰	۱۲۰	۱۲۰	۱۴۰
تهران- غرب	۱۴۰	۱۴۰	۱۴۰	۱۴۰	۱۴۰	۱۴۰	۱۴۰
کاشان	۱۰۰	۱۱۰	۱۲۰	۱۳۰	۱۴۰	۱۰۰	۱۰۰

جدول (۹) مسیریابی خودروهای پخش را نشان می‌دهد.

جدول ۹- مسیریابی خودروهای توزیع مواد غذایی

نور	ساری	تهران (شمال)	لاهیجان	رشت	سمنان	شاهرود	I and I'
۰	۱	۰	۰	۰	۱	۰	گرگان
۱	۰	۱	۰	۰	۰	۰	ساری
۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	قزوین
۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	سمنان
۰	۱	۰	۰	۱	۰	۰	تهران- غرب
۱	۰	۰	۰	۰	۰	۱	کاشان

همانطور که مشاهده می‌شود با روش Lp-metric عملکرد مدل در سطح مطلوب می‌باشد. زیرا فاصله متریک که در روش Lp-metric به منظور سنجش نزدیکی یک راه حل موجود نسبت به راه حل ایده آل مورد استفاده واقع می‌شود در مدل ارائه شده برای $\alpha = \beta = 0.9$ برابر ۰،۳۶۳- بوده و مقدار آن حتی برای مقادیر دیگر α و β از دیگر مدل‌ها کوچکتر می‌باشد و همچنین این رویکرد یک رویکرد کاملا محافظه کارانه و مخالف ریسک است و عملکرد این مدل‌ها برای $\alpha = \beta = 0.7$ بهتر است و مقدار این متغیرها به ترتیب ۳۵۵۰۵/۷۴ و ۳۰۴۳۳/۲۱ می‌باشد تحلیل حساسیت آن به صورت نمودار (۳)بیان می‌شود:



نمودار ۳- مقایسه هزینه -کمبود

در ابتدا هدف اول که همان کم کردن کمبود می‌باشد با هدف سوم که کم کردن هزینه‌ها می‌باشد، با هم مقایسه شده‌اند و در نمودار (۳) می‌شود که هر چه ما اهمیت بیشتری برای هزینه‌ها قائل شویم و هزینه بیشتری پرداخته شود، کمبود کاهش می‌یابد و هر چه از اهمیت و توجه به هزینه‌ها کاسته شود، کمبود افزایش می‌یابد.

نمودار ۴- مقایسه هزینه-درصد پوشش

در تحلیل حساسیت قسمت دوم مقایسه بین هدف سوم و هدف دوم که ماکزیمم کردن درصد پوشش می‌باشد، انجام شده است و همانطور که از نمودار (۴) قابل مشاهده است هر چه به هزینه توجه بیشتری بشود درصد پوشش بیشتری خواهیم داشت و همه مناطق را با بالاترین هزینه می‌توانیم پوشش دهیم.

جمع‌بندی و ملاحظات

مساله مکان‌یابی و مسیریابی با توجه به نوع تسهیلات و محصولات از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در فضای رقابتی امروز، طراحی برنامه‌های تامین و توزیع در یک چارچوب متحد شود،امری مهم و ضروری می‌باشد. این موضوع در مورد محصولات به شدت فاسدشدنی اهمیت دوچندانی پیدا می‌کند. محصولات فاسدشدنی می‌تواند شامل موادغذایی و یا حتی بافت‌های انسانی جهت پیوند و ... باشند. هریک از این فرآورده‌ها طول عمر متفاوتی دارند که این باعث می‌شود زنجیره تامین متفاوتی برای این محصولات طراحی گردد. مکان‌یابی و مسیریابی درست یک تسهیل درمانی در زنجیره تامین مخصوصا در بحث محصولات فاسدشدنی نقش مهمی دارد از یک سو نزدیکی مراکز به تامین کنندگان از یک سو متضمن تامین سریع و کم هزینه و از سوی دیگر نزدیکی آنها به مراکز جمعیتی موجب دسترسی سریع و ارزان می‌شود. بنابراین مکان‌یابی و مسیریابی درست مراکز توزیع می‌تواند تا حدود زیادی موجب کاهش اتلاف در وقت و هزینه می‌گردد.

نامشخص بودن و وجود عدم قطعیت نیز در زنجیره تامین این محصولات، جزو جداناپذیر آنها محسوب می‌شود. به همین دلیل حساسیت کار در تکمیل این زنجیره تامین بالا می‌رود. فسادپذیری و حیاتی بودن را همیشه باید در این فرآیند در نظر داشت. هزینه‌های ثابت و متغیر ایجاد پایگاه‌های جمع‌آوری و انتقال مواد غذایی باعث می‌شود که در این زنجیره تامین از بین نقاط بالقوه ایجاد این پایگاه‌ها با یک روند بهینه سازی دست به انتخاب بزنیم تا هم هزینه‌های احداث این تسهیلات و هم زمان انتقال فرآورده‌ها را به نقاط مصرف کاهش دهیم. ضمن اینکه تمام این امور باید به صورتی انجام پذیرد که خللی در روند زنجیره تامین اتفاق نیفتد.

در بیشترمدل‌های مکان‌یابی یا مدل‌های طراحی شبکه زنجیره تأمین فرض بر این است که تسهیلات تولیدی یا توزیعی همواره سالم و دردسترس می‌باشند. اما هنگامی‌که تسهیلات دچار اختلال می‌شوند، ساختار مدل یا شبکه به کلی تغییر می‌کند و مدل‌های کنونی در این شرایط کارا نمی‌باشند. بنابراین این مدل‌ها باید به‌گونه‌ای طراحی شوند که در شرایط وجود ریسک‌های اختلال نیز کارا باشند .ریسک اختلال هنگامی اتفاق می‌افتد که ساختار سیستم زنجیره تأمین دچار تغییر اساسی گردد و دلیل آن دردسترس نبودن تسهیلات توزیع، انبار، تولید و یا اختلال موجود درحمل و نقل ناشی از وقایع غیره منتظره طبیعی یا بشری است. اختلال یک تأمین‌کننده یایک زیرسیستم باعث کمبود عرضه ویا دربدترین حالت باعث شکست کل زنجیره می‌شود. در چنین محیطی شکست یک عرضه‌کننده ممکن است پیامدهای نامطلوبی برموفقیت همه شرکت‌های موجود در زنجیره تأمین داشته باشد. هزینه‌های ازدست‌رفته، کاهش سهم بازار و جریمه‌های قراردادهای بسته‌شده همگی از پیامدهای ممکن شکست‌ها در زنجیره تأمین است.

در این تحقیق شش نقطه تامین وجود دارد که به ترتیب عبارتند از: گرگان، ساری، قزوین، سمنان، اراک و اصفهان از طرف دیگر شش مرکز توزیع j برای انتخاب وجود دارد که عبارتند از: گرگان، ساری، قزوین، سمنان، تهران غرب، کاشان و همچنین هفت منطقه تقاضا عنوان شده است که عبارتند از: ساری، نور، تهران شمال، لاهیجان، رشت، سمنان و شاهرود می‌باشد. برای مسئله مطرح شده یک مدل سه هدفه ارائه شده است. هدف اول کمبود کالاهای مورد نیاز را کمینه می‌کند. هدف دوم در تلاش است تا رضایت مندی در نقاط تقاضا از طریق بیشینه‌سازی مجموع کمترین درصد پوشش در نقاط تقاضا، بیشینه شود. هدف سوم در تلاش است تا مجموع هزینه‌های راه اندازی، هزینه‌های حمل ونقل از نقاط تامین به مراکز توزیع مواد غذایی و هزینه حمل و نقل از مراکز توزیع مواد غذایی به نقاط تقاضا را کمینه سازد. نتایج تحلیل حساسیت که بر روی مقدار کمبود و درصد پوشش می‌باشد بیانگر آن است که هر چه ما اهمیت بیشتری برای

هزینه‌ها قائل شویم و هزینه بیشتری پرداخته شود، کمبود کاهش می‌یابد و هر چه از اهمیت و توجه به هزینه‌ها کاسته شود، کمبود افزایش می‌یابد. همچنین هر چه به هزینه توجه بیشتری بشود درصد پوشش بیشتری خواهیم داشت و همه مناطق را با بالاترین هزینه می‌توانیم پوشش دهیم. از جمله مواردی که می‌توان برای تحقیقات آتی مدنظر قرار داد:

۱-در نظرگرفتن بحث زمانبندی وسایل حمل و نقل، ۲- لحاظ نمودن بحث قابلیت اطمینان، ۳- افزایش قلمرو لجستیک مواد غذایی در سطح بین‌المللی، ۴- فرموله کردن مساله به صورت یک مدل برنامه‌ریزی پویا، ۵- حل مسایل با مقیاس بزرگتر با استفاده از الگوریتم‌های ابتکاری و فراابتکاری، ۶- در نظر گرفتن رویکردهای دیگر برای مواجهه با عدم قطعیت برای مدل ارائه شده و مقایسه جوابهای آن با رویکرد مورد بررسی در این مقاله.

پی‌نوشت

1. Just In Time Distribution

2. basic possibilistic chance constrained programming

۳. کلانتری، پیشوایی، ۱۳۹۵

منابع

صفایی قادیکلایی، عبدالحمید، غلام رضاتبار دیوکلایی، زهرا، «تبیین چارچوبی برای ارزیابی پایداری زنجیره تامین مواد غذایی با استفاده از فرآیند تحلیل شبکه‌ای فازی (مورد مطالعه: شرکت‌های منتخب تولیدی فراورده‌های گوشتی استان مازندران»، نشریه مدیریت صنعتی، شماره ۱۴، پاییز ۱۳۹۳.

قاسمی، احمدرضا، رعیت پیشه، محمدعلی، حدادی، احد، رعیت پیشه، سعید، «شناسایی و اولویت‌بندی شاخص‌های دخیل در پایداری زنجیره تامین مواد غذایی»، فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط زیست، شماره ۱۹، بهار ۱۳۹۶.

کلانتری، محدثه، پشوایی، میرسامان، «یک مدل برنامه‌ریزی استوار امکانی برای برنامه‌ریزی اصلی زنجیره تامین دارو»، نشریه پژوهش‌های مهندسی صنایع در سیستم‌های تولید، دوره ۴، شماره ۷، بهار و تابستان ۱۳۹۵.

Abdelhalim, Hiassat, Diabat, Ali, Iyad, Rahwan, "A Genetic Algorithm Approach For Location-Inventory-Routing Problem With Perishable Products", Journal Of Manufacturing Systems, Vol. 42, (2017).

Engineering Research And Innovation Conference, Atlanta, Georgia, (2009B).

European Journal Of Operational Research, Vol. 48, No. 14, (2014).

Ghorbani, Atiye, Akbari Jokar, Mohammad Reza, "A Hybrid Imperialist Competitive-Simulated Annealing Algorithm For A Multisource Multi-Product Location-Routing-Inventory Problem", Computers & Industrial Engineering, Vol. 101, (2016).

Govindan , Keyvan, Jafarian, Ali, Khodaverdi, Reza, Devika, Kamil, "Two-Echelon Multiple-Vehicle Location–Routing Problem With Time Windows For Optimization Of Sustainable Supply Chain Network Of Perishable Food", International Journal Of Production Economics, Vol. 152, (2014).

Herazo-Padilla, N, Montoya-Torres, J R, Nieto Isaza, S, Alvarado-Valencia, J, "Simulation-Optimization Approach For The Stochastic Location-Routing Problem", Volume 9, No. 4, (2015).

Javid , Ali, Azad, Nima, "Incorporating Location, Routing And Inventory Decisions In Supply Chain Network Design", Transportation Research Part E: Logistics And Transportation Review, Vol. 46, No. 5, (2009).

Jean-Sébastien Tancrez, Jean-Charles Lange, Pierre Semal, "A Location-Inventory Model For Large Three-Level Supply Chains", Transportation Research Part E 48,(2012).

Jeong-Hun Lee, Il-Kyeong Moon & Jong-Heung Park, "Multi-Level Supply Chain Network Design With Routing", International Journal Of Production Research,(2008):

Juan-Pablo Riquelme-Rodríguez, Michel Gamache, André Langevin, "Location Arc Routing Problem With Inventory Constraints", Computers & Operations Research Vol.76, (2016).

Ma, Zhuang, Dai, Yong, "Stochastic Dynamic Location-Routing-Inventory Problem In Two-Echelon Multi-Product Distribution Systems", Iclem, (2010)

Nadizadeh, Ali, Hosseini Nasab, Hassan, "Solving The Dynamic Capacitated Location-Routing

European Journal Of Operational Research, Vol. 127, (2010).

Yang-Jun Max Shen, Jia Shu, Chung Piaw Teo, "Stochastic Transportation-Inventory Network Design Problem", Operations Research, (2010).

Ying Zhang, Mingyao Qi, Wei-Hua Lin, Lixin Miao," A Metaheuristic Approach To The Reliable Location Routing Problem Under Disruptions", Transportation Research Part E: Logistics And Transportation Review Volume 83, November, Pages 90–110, (2015).

Zhalechian , Door M, Tavakkoli-Moghaddam, Reza, Zahiri , Babak, Mohammadi, Mohammad, "Sustainable Design Of A Closed-Loop Location-Routing-Inventory Supply Chain Network Under Mixed Uncertainty", Transportation Research Part E: Logistics And Transportation Review, Volume 89, (2016).

Zhang, Xiaoge, Zhang, Wang, "Route Selection For Emergency Logistics Management: A Bio-Inspired Algorithm", Safety Science, Vol. 54, (2014).

Zhiuang, Jung, Yates, Jin, Coles, J.Bin, "Measuring Partnership Efficacy In Haitian Disaster Recovery", Proceedings Of (2011) Nsf

Problem With Fuzzy Demands By Hybrid Heuristic Algorithm", European Journal Of Operational Research, Vol. 238. , No. 2, (2014).

Sajjadi, Hamid, "Solving The Dynamic Ambulance Relocation And Dispatching Problem Using Approximate Dynamic Programming. European Journal Of Operational Research, Vol. 219, No. 3, (2008).

Sajjadi, Seyed Reza, Cheraghi, Seyed Hossein, "Multi-Products Location–Routing Problem Integrated With Inventory Under Stochastic Demand", International Journal Of Industrial And Systems Engineering, (2011)

Seyedhosseini, Seyed Mohammad, Bozorgi-Amiri, Ali, Daraei, Sahar, "An Integrated Location-Routing-Inventory Problem By Considering Supply Disruption", Ibusiness, 6, (2014).

Tavakkoli-Moghaddam, Reza, Raziei, Zahra, "A New Bi-Objective Location-Routing-Inventory Problem With Fuzzy Demands", Ifac, (2016).

Wang, Sing, Cheng, Essen, Yang, Xuang, Huang, Zuang, "Coordination Of Supply Chains By Option Contracts: A Cooperative Game Theory Approach",

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی