مدل یکپارچه تأمین، تولید و توزیع در زنجیرهٔ تأمین مواد غذایی فرودگاهی با در نظر گرفتن تخفیف کلی و نموی (مطالعه موردی: کیترینگ هواپیمایی آرمان)

مقاله علمی – پژوهشی

معصومه رضائی منش، دانشجوی دکتری، گروه مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت و اقتصاد، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

علیرضا رشیدی کمیجان*، استاد مدعو، دانشگاه علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

حامد کاظمی پور، استاد مدعو، دانشگاه علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

*پست الکترونیکی نویسنده مسئول: rashidi@azad.ac.ir

دریافت: ۱۴۰۱/۰۲/۱۵– پذیرش: ۱۴۰۱/۰۷/۰۵

صفحه ۲۲۶-۲۰۹

چکیده

کیترینگ پرواز یک صنعت پیچیدهٔ خدمات غذایی، با هدف تأمین و ارایه خدمات پذیرایی به مسافران خطوط هوایی است. در این پژوهش مدل یکپارچه تأمین، تولید و توزیع در زنجیرهٔ تأمین مواد غذایی فرودگاهی با در نظر گرفتن تخفیف و هدف حداقل‌سازی هزینه‌ها ارایه شده است. هزینه‌ها شامل چهار جزءِ تأخیر، خرید مواد اولیه، نگهداری مواد و حمل‌ونقل می‌باشند. در خصوص خرید مواد اولیه، امکان استفاده از تخفیف نموی و کلی در مدل دیده شده است. تمامی مدل‌های موجود در صنعت هوانوردی به برنامه‌ریزی عوامل تحت‌کنترل شرکت‌های هواپیمایی برای مواجهه و کاهش تأخیر در پرواز پرداخته‌اند و در این میان، به عاملی خارجی نظیر کیترینگ و اثر آن در تأخیرات، توجهی نشده است. در این پژوهش، برای اولین بار به برنامه‌ریزی کیترینگ پروازها پرداخته شده و تلاش می‌شود تأخیرات ناشی از عدم تحویل به‌موقع مواد غذایی به هواپیما، کنترل و کمینه شود. مدل پیشنهادی با اطلاعات کیترینگ هواپیمایی آرمان و نرم افزار گمز حل شده است. نتایج نشان می‌دهد که بکارگیری مدل پیشنهادی منجر به صفرشدن هزینه تأخیر تحویل مواد غذایی به فرودگاه‌ها می‌شود که این امر خود باعث می‌گردد آن بخش از تاخیر در پروازها که مربوط به عدم تحقق به موقع خدمات کیترینگ می‌شود، حذف گردد. ضمناً نتایج نشان می‌دهد که ۸۲/۶۱ درصد کل هزینه‌های این کیترینگ مربوط به هزینه خرید مواد اولیه، ۰/۰۳ درصد مربوط به هزینه نگهداری و ۱۷/۳۶ درصد هزینه‌ها مربوط به حمل و نقل وسایل نقلیه می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: زنجیره تأمین مواد غذایی، بهینه‌سازی، مسیریابی، حمل‌ونقل، تخفیف

۱- مقدمه

از مهمترین اهداف زنجیره تأمین، بالابردن خدمت به مشتری و کم‌کردن هزینه‌ها به‌صورت همزمان می‌باشد (یاریان و شمس‌الدینی، ۱۳۹۵). مدیریت زنجیره تأمین در پی ادغام سه مرحلهٔ تأمین مواد، تنظیم تولید و تحویل محصول برای دستیابی به مدلی است که عملکرد بهینه سیستم را از طریق هماهنگی این مراحل حاصل نماید (جمیلی و رنجبر، ۱۳۹۶). کاهش هزینه‌ها و موجودی‌ها، افزایش مسئولیت‌پذیری در برابر مشتریان، بهبود ارتباط زنجیرهٔ تأمین، کاهش زمان چرخه تولید و بهبود هماهنگی از مهمترین مسائل در مدیریت زنجیرهٔ تأمین است (ظریف‌پویا و همکاران، ۱۳۹۷). یکی از بزرگ‌ترین و پیچیده‌ترین بخش‌های صنعت جهان، زنجیره تأمین موادغذایی است که نقش مهمی در رشد

اقتصادی دارد. به موادغذایی فسادپذیر با طول عمر محدود به علت حجم زیاد ضایعات، آثار مضر زیست‌محیطی و شرایط خاص نگهداری و حمل‌ونقل، توجه زیادی می‌شود (سازور و سپهری، ۲۰۲۰). اقلام فسادپذیر به اقلامی گفته می‌شود که ارزش آنها در طول مدت نگهداری در انبار کاهش یابد. این میزان کاهش ارزش به صورت یکی از هزینه‌های موجودی در نظر گرفته می‌شود (احمدی دهرشید و عبداله‌زاده مقدم، ۱۳۹۸). زنجیره تأمین محصولات فسادپذیر دارای ویژگی‌های خاصی از قبیل عمر کوتاه، شرایط نگهداری خاص، تجهیزات و تسهیلات ویژه جهت تولید، نگهداری و توزیع می‌باشد. انتخاب مناسب تأمین‌کنندگان و انبارش و نگهداری محصولات، می‌باشد و باید با کیفیت بالا و به موقع در دسترس مصرف‌کنندگان قرار گیرند (سیلوا و همکاران، ۲۰۱۷). مسئله مکان‌یابی- مسیریابی شامل دو مسئلهٔ مکان‌یابی تسهیلات و مسیریابی وسیله نقلیه می‌باشد که دو مسئله، از مسائل پایه‌ای در مدیریت زنجیره تأمین به‌شمار می‌آید (صادقی سروستانی و جعفری، ۱۳۹۵). مسئله مسیریابی وسیله نقلیه، درصدد انتخاب و تخصیص مسیرهای ممکن به وسایل نقلیه در دسترس برای توزیع و تحویل کالا به مراکز پخش یا مشتریان است به‌طوری که هزینه‌های مربوط کمینه شود. حل مطلوب این مسئله ضمن کاهش هزینه‌های توزیع، موجب تحویل به موقع کالاها، کاهش نیاز به انبار و نگه‌داری کالا، و همچنین افزایش رضایت مشتریان نیز می‌شود (حسینی و حسنی، ۱۳۹۷). بخش کیترینگ هوایی یکی از حساس‌ترین و در عین حال مهم‌ترین عنصر کیفی در شرکت‌های هواپیمایی به‌شمار می‌رود. هرچه نحوه ارایه سرویس‌ها مطلوب‌تر باشد، رضایت‌مندی از آن شرکت بیشتر خواهد بود. در کیترینگ، مسافران با توجه به نوع پرواز (داخلی یا خارجی)، مسافت پرواز، زمان پرواز، کلاس پرواز و موارد دیگر مورد پذیرایی قرار می‌گیرند. معمولاً کیترینگ غذاهای هوایی شرایط ویژه‌تری نسبت به سایر کیترینگ‌ها دارند. کیترینگ غذایی در پروازهای صبح، میانه روز، ظهر، عصر و شبانه مطابق با فصل‌های سال متغیر است (زعفری هشچین، ۱۳۹۸). در این پژوهش به ارایه مدل یکپارچه تأمین، تولید و توزیع در زنجیرهٔ تأمین مواد غذایی فرودگاهی با در نظر گرفتن تخفیف و هدف حداقل‌سازی هزینه‌ها، پرداخته شده است. هزینه‌ها شامل چهار جزء تأخیر، خرید مواد اولیه، نگهداری مواد و حمل‌ونقل هستند. بر اساس مدل ارایه‌شده غذا در افق‌های زمانی محدود به هواپیما تحویل داده می‌شود که به‌صورت ریاضی در قالب مدل برنامه‌ریزی خطی عدد صحیح ارایه گردیده به‌نحوی که علاوه بر کمینه‌کردن هزینه‌های کل شرکت هواپیمایی، تمامی محدودیت‌های در نظر گرفته شده برای حمل‌و نقل، انبار مواد غذایی و غیره را پوشش دهد. لذا، می‌توان شاهد اثرات بهینه‌سازی بر عملکرد خدمات کیترینگ باشیم. مسأله موردنظر شامل چندین تأمین‌کننده، یک انبار مرکزی، سالن‌های تولیدی کیترینگ، چرخ‌دستی‌های حمل غذا، ماشین‌های یخچال‌دار همگن با ظرفیت یکسان جهت توزیع، دو فرودگاه می‌باشد. مطالعه موردی این پژوهش در شرکت کیترینگ هوایی آرمان صورت گرفته است که این شرکت تقاضای دو فرودگاه امام خمینی و مهرآباد، اعم از پروازهای داخلی و خارجی را تأمین می‌نماید. طبق سیاست این شرکت، همه سفارشات آماده شده بدون موادنگهدارنده و با تاریخ انقضای کوتاه می‌باشند، و تولید تقریباً آنلاین است، سفارشات باید حداکثر تا ۲٤ ساعت بعد از زمان تولید مصرف شوند. لذا، وجود برنامه‌ریزی یکپارچه برای عملکرد بهتر و کاهش هزینه‌ها از اهمیت زیادی برخوردار است. در بخش تأمین جهت خرید مواد اولیه یک مدل تخفیف شامل دو نوع تخفیف نموی و تخفیف کلی ارایه شده است که هدف آن انتخاب بهترین میزان خرید به‌گونه‌ای که هزینه خرید کمینه شود، می‌باشد. برخی از مواد اولیه ممکن است شامل تخفیف کلی و برخی دیگر شامل تخفیف نموی شوند. در تخفیف کلی، تخفیف به کل کالاها اعمال می‌شود یعنی با افزایش سفارش، خریدار قیمت کمتری برای کل سفارش می‌پردازد که سه طبقه کلی بر اساس میزان خرید تعریف شده است. در تخفیف نموی نیز سه طبقه در نظر گرفته شده که بر اساس مقدار خرید، و جای گرفتن آن در یکی از طبقات، تخفیف مربوط به آن اعمال می‌گردد. مدل ارایه شده توسط نرم‌افزار گمز حل شده است.

۲- پیشینه تحقیق

با توجه به اهمیت مباحث مدیریت زنجیره تأمین و یکپارچگی آن، ترکیب مباحث مسیریابی و موجودی در

صنعت اهمیت زیادی یافته است. تاکنون پژوهش‌های زیادی در حوزهٔ یکپارچگی تأمین، تولید و توزیع زنجیرهٔ تأمین مواد غذایی صورت گرفته است اما تعداد پژوهش‌های انجام‌شده در کیترینگ هواپیمایی اندک است. شفیعی و همکاران (۱۳۹۹) به طراحی مدل ریاضی برای زنجیرهٔ تأمین پایدار سه‌سطحی چنددوره‌ای-چندمحصولی در صنعت لبنیات در شرایط عدم‌قطعیت که محصولاتش بر اساس سیاست صدور خروج به ترتیب ورود از انبار تخلیه می شود. بدین منظور، یک مدل برنامه ریزی غیرخطی عدد صحیح مختلط ارایه شده است که هزینه‌های کل زنجیره را با در نظر گرفتن ملاحظات زیست محیطی و اجتماعی بهینه می کند. برای حل مدل، یک رویکرد بهینه‌سازی استوار- ابتکاری با توجه به عدم قطعیت پارامترهای اقتصادی، ظرفیت تسهیلات و تقاضا به کار گرفته شده است. نتایج، کارایی و قابلیت کاربرد مدل ارایه شده و دستیابی به راه حل های با کیفیت در زمان منطقی را نشان می دهد. نتایج این پژوهش را شرکت‌ها برای تصمیم گیری دربارهٔ کاهش هزینه‌های سر به سر و آثار زیست محیطی و اجتماعی فعالیت‌ها می‌توانند استفاده کنند. حاج میرفتاح تبریزی و سونگ (۱۳۹۸) در تحقیق خود با هدف ارایه مدل برنامه‌ریزی عددصحیح غیرخطی چندهدفه برای تصمیم‌گیری در مورد نتایج قابل اعتماد برای مشکلات سیستم عرضه، تولید و سیستم توزیع به این نتیجه رسید که یکپارچه‌سازی زنجیره تأمین و کاهش محدودیت‌ها منجر به بهبود سیستم شده و هزینه کل را ۱۹/۷۳٪ کاهش می‌دهد. ظریف‌پویا و همکاران (۱۳۹۷) در تحقیق خود به ارایه یک مدل ریاضی با رویکرد یکپارچه‌سازی تولید و توزیع در زنجیرهٔ تأمین، به شکل مدل برنامه‌ریزی خطی عدد صحیح پرداختند. یکی از ویژگی‌های بارز مدل این تحقیق چنددوره‌ای بودن آن بوده، همچنین مسائل برنامه‌ریزی تولید، برنامه‌ریزی موجودی و برنامه‌ریزی حمل‌ونقل را به‌طور هم‌زمان حل کرده است. خلیل‌زاده و همکاران (۱۳۹۶)، مسأله طراحی زنجیره تأمین مواد غذایی فاسدشدنی با ریسک اختلال را مورد مطالعه قرار دادند که شامل مکان‌یابی تسهیلات، تخصیص جریان بین تسهیلات و تصمیمات مسیریابی می‌باشد. مراکز توزیع، موادغذایی را از نقاط تأمین دریافت نموده و به مراکز تقاضا تحویل می‌دادند. مراکز توزیع به همراه مسیریابی خودروهای توزیع از تأمین‌کننده به نقاط تقاضا بود. نتایج به همراه تحلیل حساسیت بیانگر آن است که هر چه اهمیت بیشتری به هزینه‌ها داده شود و هزینه بیشتری پرداخته شود، کمبود کاهش یافته و هر چه از اهمیت و توجه به هزینه‌ها کاسته شود، کمبود افزایش می‌یابد. همچنین هرچه به هزینه توجه بیشتری شود درصد پوشش بیشتری وجود داشته و همه مناطق را با بالاترین هزینه می‌توان پوشش داد. چاکرابورتی و همکاران (۲۰۱۵)، تحقیقی دربارهٔ یکپارچه‌سازی زنجیرهٔ تأمین مواد فاسدشدنی انجام دادند. آنها مدلی برای یکپارچه‌سازی بخش‌های تولید-موجودی بررسی کرده‌اند.

در این مدل پارامترهایی مانند تأمین‌کننده، خرده‌فروش و نرخ فسادپذیری ثابت و تقاضا به صورت احتمالی وجود دارد و محدودیت‌های فضای انبار، سرمایه و بودجه موجود نیز در نظر گرفته شده است. وو و همکاران (۲۰۱۷)، در تحقیق خود، به ارایه یک مدل یکپارچه تصمیم‌گیری در شرکت پذیرایی ریلی، که تحت‌تأثیر جنبه‌های مختلف برنامه‌ریزی ریلی هستند، می‌پردازد به طوری‌که پاسخگوی تقاضای مسافران حساس به زمان باشد. بنابراین یک مسئله مسیریابی سه‌سطحی در دوره‌های زمانی دارای محدودیت در جهت طراحی سیستم توزیع یکپارچه پیشنهاد شده است. این مدل ظرفیت/محل مراکز توزیع را تعیین کرده و وعده‌های غذایی تحویل‌شده به ایستگاه‌ها را بهینه می‌کند، همچنین برنامه‌ای برای ماشین‌های یخچال‌دار، برای سفر از مراکز توزیع به ایستگاه‌های راه‌آهن جهت بارگیری قطار طبق برنامه زمان‌بندی و در مهلت تعیین‌شده، ایجاد می‌کند. هیاسات و همکاران (۲۰۱۷) برای کالاهای فسادپذیر یک مدل مکان‌یابی-مسیریابی-موجودی ارایه کردند که در آن یک تأمین‌کننده یک نوع محصول را برای چندین خرده‌فروش از طریق مجموعه‌ای از انبارها توزیع می‌کند. هدف این مسئله، کمینه‌کردن هزینه کل شامل هزینه‌های احداث انبارها، حمل‌ونقل و نگهداری موجودی است و در قالب برنامه‌ریزی عددصحیح مختلط فرموله شده است. آنها برای حل مدل، از الگوریتم ژنتیک استفاده کردند. توران و همکاران (۲۰۱۷) با در نظر گرفتن تقاضای تصادفی برای کالاهای فاسدشدنی، یک مسئله مکان‌یابی-مسیریابی-موجودی دوسطحی ارایه کردند که محصولات از یک انبار مرکزی به فروشگاه‌های خرده‌فروشی منتقل می‌شد. برای نزدیک‌کردن مسئله به حالت

واقعی و برخورد بهتر با عدم‌قطعیت، حمل کالا بین فروشگاه‌ها مجاز فرض شده است. آنها برای حل مدل، از یک روش جست‌وجوی همسایگی متغیر بهره بردند و نشان دادند که مدل ارایه شده، در مقایسه با روش‌های رایج "سفارش‌دهی و حمل‌نکردن کالا بین فروشگاه‌ها" باعث بهبود قابل‌توجهی می‌شود. تیواری و همکاران (۲۰۱۸)، یک مدل مدیریت موجودی پایدار را با یک فروشنده و یک خریدار برای محصولات فسادپذیر ارایه دادند. هدف پژوهش، ارایه خط‌مشی برای تصمیم‌گیری دربارهٔ مقدار حمل‌ونقل و سطح موجودی برای حداقل‌سازی هزینه‌ها و آثار کربن بود. نتایج نشان داد مدل یکپارچه در کاهش هزینه و انتشارات کربن، کارا بوده است. رفیعی مجد و همکاران (۲۰۱۸)، به مسئله مکان‌یابی–مسیریابی–موجودی برای محصولات فاسدشدنی در یک زنجیره سه‌سطحی شامل یک تأمین‌کننده و مراکز توزیع و چندین خرده‌فروش پرداختند، تقاضای مشتریان غیرقطعی بوده و هر مرکز توزیع از سیاست موجودی پیروی می‌کند. هدف مدل ذکرشده، حداقل‌کردن هزینه کل شامل هزینه احداث مراکز توزیع، هزینه مسیریابی از مراکز توزیع به خرده‌فروش‌ها، هزینه نگهداری موجودی در مراکز توزیع و خرده‌فروش‌ها و هزینه حمل‌ونقل از تأمین‌کننده به مراکز توزیع است. آنها برای حل مدل نیز از الگوریتم آزادسازی لاگرانژ استفاده کردند. کاراکوتاس و همکاران (۲۰۱۹) یک مدل برنامه‌ریزی عدد صحیح مختلط برای مسئله مکان‌یابی- مسیریابی–موجودی با برون‌سپاری توزیع ارایه دادند، مسئله ایشان چنددوره‌ای، تک‌محصولی و در حالت قطعی با مجموعه‌ای از مشتریان و انبارها بررسی شد که هدف آن، کمینه‌سازی هزینه کل می‌باشد، آنها همچنین برای حل مدل از الگوریتم جستجوی همسایگی استفاده کردند. یاوری و گرائیلی (۲۰۱۹)، یک زنجیرهٔ حلقه بسته برای محصولات فسادپذیر در صنایع لبنی با عدم قطعیت تقاضا طراحی کردند؛ سپس یک مدل برنامه‌ریزی خطی عدد صحیح مختلط برای کاهش هزینه‌های زیست‌محیطی و آلاینده‌ها و یک مدل استوار برنامه‌ریزی عدد صحیح مختلط برای مقابله با عدم قطعیت مسئله ارایه کردند. تمامی مدل‌های موجود در صنعت هوانوردی به برنامه‌ریزی عوامل تحت‌کنترل شرکت‌های هواپیمایی برای مواجهه و کاهش تأخیر در پرواز پرداخته‌اند و در این میان، به عاملی خارجی نظیر کیترینگ و اثر آن در تأخیرات، توجهی نشده است. در این پژوهش، برای اولین بار به برنامه‌ریزی کیترینگ پروازها پرداخته شده و تلاش می‌شود تأخیرات ناشی از عدم تحویل به‌موقع مواد غذایی به هواپیما، کنترل و کمینه شود.

جدول ۱. خلاصه‌ای از مطالعات پیشین و جایگاه پژوهش حاضر

ردیف	نویسنده (سال)	حوزه مدنظر			تابع هدف		نوع مدل	کالاهای فاسدشدنی	رویکرد حل
		مکان‌یابی	مسیریابی	موجودی	تک‌هدفه	چندهدفه			
۱	یاوری و گرائیلی (۲۰۱۹)					✓	برنامه ریزی خطی عدد صحیح مختلط	✓	روش YAG
۲	کاراکوتاس و همکاران (۲۰۱۹)	✓	✓	✓	✓		برنامه ریزی عدد صحیح مختلط		الگوریتم روش جستجوی همسایگی
۳	رفیعی مجد و همکاران (۲۰۱۸)	✓	✓	✓	✓		برنامه ریزی خطی عدد صحیح	✓	الگوریتم آزادسازی لاگرانژ
٤	تیواری و همکاران (۲۰۱۸)			✓	✓			✓	تجزیه و تحلیل حساسیت
٥	توران و	✓	✓	✓		✓		✓	الگوریتم

	همکاران (۲۰۱۷)							روش جستجوی همسایگی
٦	هیاسات و همکاران (۲۰۱۷)	✓	✓	✓	✓		برنامه ریزی عدد صحیح مختلط	✓	الگوریتم ژنتیک
۷	وو و همکاران (۲۰۱۷)		✓			✓		✓	
۸	چاکرابورتی و همکاران (۲۰۱۵)			✓	✓			✓	
۹	شفیعی و همکاران (۱۳۹۹)			✓	✓		برنامه ریزی غیرخطی عدد صحیح مختلط	✓	رویکرد استوار ابتکاری
۱۰	حاج میرفتاح تبریزی (۱۳۹۸)		✓			✓	برنامه ریزی عدد صحیح غیرخطی	✓	
۱۱	خلیل‌زاده و همکاران (۱۳۹٦)	✓	✓	✓				✓	تجزیه و تحلیل حساسیت
۱۲	پژوهش حاضر		✓	✓			برنامه‌ریزی خطی عدد صحیح	✓	روش حل دقیق

۳- بیان مسأله

مدیریت جریان وعده‌های غذایی از آشپزخانه به هواپیما، همراه با جریان معکوس مواد زائد و تمیزکردن، روند بسیار چالش برانگیز و پیچیده‌ای است (کومار و همکاران، ۲۰۱۵). موضوعات کلیدی در طراحی و اجرای صنعت کیترینگ هوایی وجود دارد. از بزرگترین چالش‌های کیترینگ محدودیت فضا و انبار است. ظرفیت نسبت به کالای دریافتی روزانه کافی نیست، اگرچه کیترینگ به صورت روزانه مواد اولیه را از تأمین‌کنندگان دریافت می‌کند، اما این چالش همچنان حیاتی است. خرید مواداولیه بخش مهمی از هزینه‌های کترینگ را تشکیل داده و با توجه به اینکه حداقل‌سازی آن، از اهمیت زیادی برخوردار است، این تحقیق از تخفیف نموی و کلی خرید مواد اولیه که توسط تأمین‌کنندگان ارایه شده، استفاده کرده که هدف آن انتخاب بهترین میزان خرید به‌گونه‌ای که هزینه خرید کمینه شود، می‌باشد. برخی از مواد اولیه ممکن است شامل تخفیف کلی و برخی دیگر شامل تخفیف نموی شوند. در تخفیف کلی، تخفیف به کل کالاها اعمال می‌شود یعنی با افزایش سفارش، خریدار قیمت کمتری برای کل سفارش می‌پردازد که سه طبقه کلی بر اساس میزان خرید تعریف شده است. در تخفیف نموی نیز سه طبقه در نظر گرفته شده که بر اساس مقدار خرید، و جای گرفتن آن در یکی از طبقات، تخفیف مربوط به آن اعمال می‌گردد. از آنجا که تأمین‌کنندگان متعددی برای تأمین مواد تشکیل‌دهنده منوهای کیترینگ وجود دارد، تأخیر اندکی از طرف تأمین‌کنندگان می‌تواند منجر به تأخیر توالی تولید غذا شود. چالش دیگری که این صنعت با آن روبه‌رو است چرخه کوتاه موادغذایی است زیرا باید در مدت زمان یک روز از ساخت استفاده شود، بنابراین باید طوری برنامه‌ریزی شود که از اتلاف موادغذایی جلوگیری شود. پیش‌بینی مقادیر وعده‌های غذایی بر اساس مقاصد پرواز، با انواع وعده‌های غذایی و منوهای مختلف، کاری دشوار برای بخش برنامه‌ریزی به نظر می‌رسد. همچنین به دلیل طیف گسترده‌ای از مواد غذایی موجود و

منوهای مختلف برای هر کلاس، همگن‌سازی تمام ظروف برای مسافران دشوار است. مسئله حمل‌ونقل نیز بسیار مهم است و غذا باید در زمان مناسب به هر پرواز تحویل داده شود. توقف ناگهانی در تحویل، ممکن است باعث تأخیر در رسیدن غذا به فرودگاه شوند. در این پژوهش کیترینگ هواپیمایی آرمان در نظر گرفته شده که سفارشات تعدادی از پروازهای مربوط به دو فرودگاه امام خمینی و مهرآباد را پوشش می‌دهد. کیترینگ هواپیمایی آرمان در پی آن است که در طی افق‌های زمانی تعیین شده با توجه به مفروضات، قوانین و سیاست‌هایش، برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری در مورد تأمین، تولید و توزیع را به‌گونه‌ای انجام دهد که هزینه کل کمینه شود. در کیترینگ هواپیمایی آرمان، روند کار بدین صورت می‌باشد که ورودی‌ها شامل اقلام تر (مانند گوشت سفید و قرمز و سبزیجات) و اقلام خشک (مانند برنج، ادویه‌جات، آرد، گردو و ظروف)، از تأمین‌کنندگان خریداری و وارد انبار کیترینگ می‌شود. کلیه عملیات تولیدی شامل آماده‌سازی گوشت، آماده‌سازی سبزیجات، طبخ نان و شیرینی، آشپزخانه گرم، آشپزخانه سرد، تولید آبمیوه و سینی‌چینی در کیترینگ انجام می‌شود. سپس سفارشات نهایی وارد چرخ‌دستی‌های حمل غذا شده و آماده توزیع به فرودگاه‌ها طبق اطلاعات آماری می‌شود. سفارشات به ۲ فرودگاه امام‌خمینی و مهرآباد ارسال می‌شوند و طبق برنامه‌ریزی زمان‌بندی شده به ماشین‌های یخچال‌دار بالابر منتقل شده، به پای پرواز رفته و تحویل سرمهماندار می‌شود. وسایل نقلیه همگن هستند و از لحاظ ظرفیتی مشابه‌اند.

٤- مفروضات مدل

برخی از مفروضات مهم در نظر گرفته شده برای این مدل به شرح زیر است:

-سفارشات آماده شده، انبار ندارند و پس از آماده‌سازی به ماشین‌های مخصوص حمل منتقل می‌شوند.

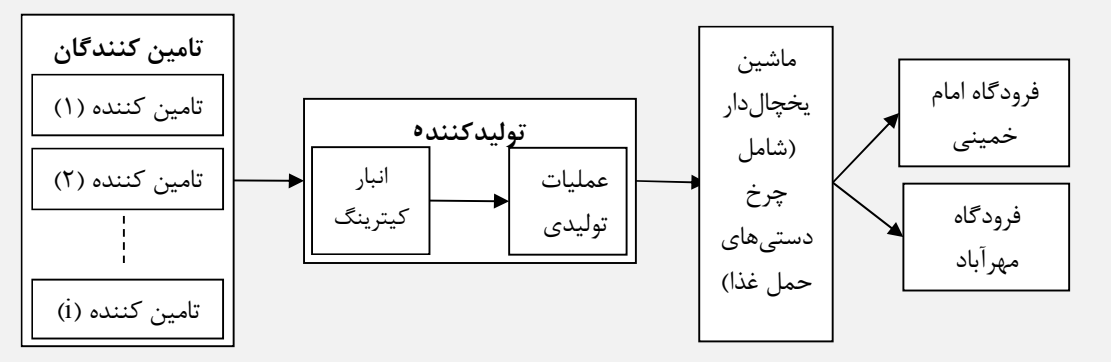
-طبق سیاست شرکت، سفارشات باید حداکثر تا ٢٤ ساعت بعد از زمان تولید مصرف شوند.

پروازهای قبل از ساعت ۵ صبح به‌عنوان پرواز زودهنگام در نظر گرفته می‌شوند که سفارشات مربوط به این پروازها باید در روز قبل ارسال شوند و در برنامه‌ریزی ماشین‌آلات در روز قبل لحاظ شود. زنجیره تأمین محصولات فسادپذیر دارای ویژگی‌های خاصی از قبیل عمر کوتاه، شرایط نگهداری خاص، تجهیزات و تسهیلات ویژه جهت تولید، نگهداری و توزیع می‌باشد. انتخاب مناسب تأمین‌کنندگان و انبارش و نگهداری محصولات، جزء مهمی از این نوع زنجیره می‌باشد که در سال‌های اخیر بسیار مورد توجه قرار گرفته است. زیرا محصولات فسادپذیر مدت زمان ماندگاری بالایی ندارند و باید با کیفیت بالا و به موقع در دسترس مصرف‌کنندگان قرار گیرند (سیلوا و همکاران، ۲۰۱۷). مسئله مسیریابی برای وسایل نقلیه و شبکه توزیع زنجیره تأمین، درصدد انتخاب و تخصیص مسیرهای ممکن به وسایل نقلیه در دسترس برای توزیع و تحویل کالا به مراکز پخش و مشتریان است به‌طوری که هزینه‌های مربوطه کمینه شود. حل مطلوب این مسئله ضمن کاهش هزینه‌های توزیع، موجب تحویل به موقع کالاها، کاهش نیاز به انبار و نگهداری کالا و هم‌چنین افزایش رضایت مشتریان می‌شود (حسینی و حسنی، ۱۳۹۷). شکل ۱ نمایه شماتیک ساختار شبکه زنجیره تأمین یکپارچه پیشنهادی کیترینگ آرمان که شامل چندین تأمین‌کننده، یک انبار مرکزی، سالن‌های تولیدی کیترینگ، چرخ‌دستی‌های حمل غذا، ماشین‌های یخچال‌دار جهت توزیع و دو فرودگاه می‌باشد.

-سفارشات به صورت آماده در چرخ‌دستی‌های حمل غذا، باید ۱۰-٦۰ دقیقه قبل از زمان پرواز تحویل سر مهماندار شود.

-سفارشات باید حداقل ٤,٥ ساعت و حداکثر ۳ ساعت قبل از زمان پرواز به فرودگاه برسد.

-پروازهای قبل از ساعت ۵ صبح به‌عنوان پرواز زودهنگام در نظر گرفته می‌شوند و سفارشات این پروازها باید روز قبل تولید و آماده شوند.



شکل ۱. ساختار شبکه زنجیره تأمین یکپارچه پیشنهادی کیترینگ هواپیمایی

مدل ریاضی مسئله

در این بخش مدل ریاضی مسئله مورد نظر بیان می‌شود. پیش از ارایه مدل ریاضی مسئله، ابتدا نمادهای مورد استفاده معرفی می‌شوند.

اندیس‌ها و مجموعه‌ها

A: مجموعه تمام فرودگاه‌ها

a: اندیس فرودگاه ($a \epsilon A$)

M: مجموعه انواع غذاها (منوی کیترینگ)

m: اندیس نوع غذا ($m \epsilon M$)

N: مجموعه تمام شمارنده‌های حرکت

n: اندیس شمارنده حرکت ($n \epsilon N$)

V: مجموعه تمام وسایل نقلیه

v: اندیس وسیله نقلیه ($v \epsilon V$)

f: اندیس پرواز

F_a: مجموعه تمام پروازهای فرودگاه a

T: مجموعه تمام روزهای افق برنامه‌ریزی

t: اندیس روز ($t \epsilon T$)

R: مجموعه تمام مواد اولیه

r: اندیس ماده اولیه ($r \epsilon R$)

K: مجموعه تمام طبقات تخفیف

k: اندیس طبقه تخفیف ($k \epsilon K$)

Incremental: مجموعه تمام مواد اولیه‌ای که مشمول تخفیف نموی می‌شوند.

Overall: مجموعه تمام مواد اولیه‌ای که مشمول تخفیف کلی می‌شوند.

firstr: اولین طبقه از طبقات تخفیفی ماده r

lastr: آخرین طبقه از طبقات تخفیفی ماده r

پارامترهای مسئله

$time_a$: زمان لازم برای سفر وسیله نقلیه از کیترینگ به فرودگاه a

Depft: لحظه انجام پرواز f در روز t

αrm: میزان مصرف ماده r در منوی غذای m

maxtime: حداکثر زمان کاری وسایل نقلیه در طول روز

ul: زمان لازم برای تخلیه بار وسیله نقلیه

Mr: منوهایی که از ماده r استفاده می‌کنند.

Mf: منوهای مورد نیاز پرواز f

Ft: پروازهای روز t

Fa: پروازهای فرودگاه a

Demfmt: تقاضای پرواز f در روز t به منوی نوع m

capv: ظرفیت وسیله نقلیه v

DCf: هزینه هر واحد زمانی تأخیر

HCr: هزینه نگهداری ماده r

RCrk: قیمت خرید ماده اولیه r از طبقه تخفیفی k

TCav: هزینه سفر وسیله v به سمت فرودگاه a

Lrk: حد پائین میزان خرید ماده r از طبقه تخفیفی k

Urk: حد بالای میزان خرید ماده r از طبقه تخفیفی k

Lastrk: آخرین طبقه تخفیفی ماده r

EFft: پروازهای قبل از ساعت ۵ در روز t

BN: عدد بسیار بزرگ

متغیرهای مسئله

X_{rkt}: میزان ماده r که از طبقه تخفیف k در روز t خریداری می‌شود.

Ymt: تعداد منوی غذایی نوع m (بر حسب پکیج) که در روز t تهیه می‌شود.

Qfmvnt: تعداد منوی غذایی نوع m (بر حسب پکیج) که ماشین v در n امین حرکت خود در روز t برای پرواز f حمل می‌کند.

Havnt: زمان n امین حرکت ماشین v در روز t به سمت فرودگاه a

Zavnt: متغیر صفر و یک نشان‌دهنده اینکه آیا ماشین v در n امین حرکت خود در روز t به سمت فرودگاه a می‌رود یا خیر.

Z´fvnt: متغیر صفر و یک نشان‌دهنده اینکه آیا ماشین v در n امین حرکت خود در روز t نیاز پرواز f را حمل می‌کند یا خیر.

Srkt: متغیر صفر و یک نشان‌دهنده اینکه آیا ماده r در روز t با قیمت طبقه تخفیفی k خریداری می‌شود یا خیر.

Invrt: موجودی ماده r در آخر روز t

Delf: میزان تاخیر در تحویل مواد غذایی به پرواز f

مدل ریاضی

مدل ریاضی و محدودیت‌ها به شکل زیر ارایه می‌شود:

$$Min \sum_{t\epsilon T}\sum_{f\epsilon F_t} DC_f Del_f + \sum_{r\epsilon R}\sum_{k\epsilon K_r}\sum_{t\epsilon T} RC_{rk}\, X_{rkt} + \sum_{r\epsilon R}\sum_{t\epsilon T} HC_r Inv_{rt} + \sum_{a\epsilon A}\sum_{v\epsilon V}\sum_{n\epsilon N}\sum_{t\epsilon T} TC_{av} Z_{avnt} \quad (۱)$$

$$\mathrm{Inv}_{r(t-1)} - \sum_{m\epsilon M_r} \alpha_{rm}\, Y_{mt} + \sum_{k\epsilon K_r} X_{rkt} = \mathrm{Inv}_{rt} \qquad \forall r\epsilon R\,, t \in T \quad (۲)$$

$$\sum_{f\epsilon \mathrm{F}_a \cap (\mathrm{F}_t \cup E\mathrm{F}_{t+1})} \sum_{m\epsilon M_f} Q_{fmvnt} \le Cap_v * Z_{avnt} \qquad \forall a\epsilon A, n\epsilon N, v\epsilon V, t\epsilon T \quad (۳)$$

$$\sum_{a\epsilon A} Z_{avnt} \le 1 \qquad \forall n\epsilon N, v\epsilon V, t\epsilon T \quad (۴)$$

$$\sum_{a\epsilon A} Z_{av(n+1)t} \le \sum_{a\epsilon A} Z_{avnt} \qquad \forall n\epsilon N, v\epsilon V, t\epsilon T \quad (۵)$$

$$\sum_{f\epsilon F_t \cup EF_{t+1}} \sum_{v\epsilon V}\sum_{n\epsilon N} Q_{fmvnt} = Y_{m(t-1)} \qquad \forall m\epsilon M, t\epsilon T : t > 1 \quad (۶)$$

$$\sum_{a\epsilon A}\sum_{n\epsilon \mathrm{N}} (2\ time_a + ul) Z_{avnt} \le \mathrm{maxtime} \qquad \forall\ v\epsilon V, t\epsilon T \quad (۷)$$

$$H_{avnt} \le BN * Z_{avnt} \qquad \forall \mathrm{a}\epsilon \mathrm{A}, n\epsilon N, v\epsilon V, t\epsilon T \quad (۸)$$

$$H_{avnt} \ge \sum_{a'\epsilon A} H_{a'v(n-1)t} + \sum_{a'\epsilon A} (2time_{a'} + ul) Z_{a'v(n-1)t} - BN(1 - Z_{avnt}) \qquad \forall a\epsilon A, n\epsilon N, v\epsilon V, t\epsilon T \quad (۹)$$

$$\sum_{v\epsilon V}\sum_{n\epsilon \mathrm{N}} Q_{fmvnt} = \mathrm{Dem}_{fmt} \qquad \forall t\epsilon T, m\epsilon M_f, f\epsilon F_t \& f \nexists EF_{ft} \quad (۱۰)$$

$$\sum_{v\epsilon V}\sum_{n\epsilon \mathrm{N}} Q_{fmvnt} + \sum_{v\epsilon V}\sum_{n\epsilon \mathrm{N}} Q_{fmvnt-1} = \mathrm{Dem}_{fmt} \qquad \forall t\epsilon T, m\epsilon M_f, f\epsilon EF_{ft} \quad (۱۱)$$

$$\sum_{m\epsilon M_f} Q_{fmvnt} \le \mathrm{BN} * Z'_{fvnt} \qquad \forall n\epsilon N, v\epsilon V, t\epsilon T, f\epsilon F_t \cup EF_{f(t+1)} \quad (۱۲)$$

$$\mathrm{H}_{avnt} + time_a - Del_f \le \mathrm{Dep}_{ft} - 3 * 60 + BN(2 - Z_{avnt} - Z'_{fvnt}) \quad \forall a\epsilon A, n\epsilon N, v\epsilon V, t\epsilon T, f\epsilon F_t \cap F_a \quad (۱۳)$$

$$\mathrm{H}_{avnt-1} + time_a - Del_f \leq 1440 + \mathrm{Dep}_{ft} - 3 * 60 + BN(2 - Z_{avnt-1} - Z'_{fvnt-1})$$
$$\forall a \epsilon A, n \epsilon N, v \epsilon V, t \epsilon T, f \epsilon EF_{ft} \cap F_a \quad (۱۴)$$

$$\mathrm{H}_{avnt} + time_a \geq \mathrm{Dep}_{ft} - 4.5 * 60 - BN(2 - Z_{avnt} - Z'_{fvnt})$$
$$\forall a \epsilon A, n \epsilon N, v \epsilon V, t \epsilon T, f \epsilon F_t \cap F_a \quad (۱۵)$$

$$\mathrm{H}_{avnt-1} + time_a \geq 1440 + \mathrm{Dep}_{ft} - 4.5 * 60 - BN(2 - Z_{avnt-1} - Z'_{fvnt-1})$$
$$\forall a \epsilon A, n \epsilon N, v \epsilon V, t \epsilon T, f \epsilon EF_{ft} \cap F_a \quad (۱۶)$$

$$\sum_{f \epsilon F_a \cap (F_t \cup EF_{f(t+1)})} Z'_{fvnt} \leq \mathrm{BN} * Z_{avnt} \qquad \forall a \epsilon A, n \epsilon N, v \epsilon V, t \epsilon T \quad (۱۷)$$

$$L_{rk} S_{rkt} \leq X_{rkt} \leq U_{rk} S_{rkt} \qquad \forall r \epsilon Overall, k \epsilon K_r, t \epsilon T \quad (۱۸)$$

$$\sum_{k \epsilon K_r} S_{rkt} \leq 1 \qquad \forall r \epsilon Overall, t \epsilon T \quad (۱۹)$$

$$U_{rk} S_{rkt} \leq X_{rkt} \leq U_{rk} \qquad \forall r \epsilon Incremental, k = 1, t \epsilon T \quad (۲۰)$$

$$(U_{rk} - L_{rk}) S_{rkt} \leq X_{rkt} \leq (U_{rk} - L_{rk}) S_{r(k-1)t}$$
$$\forall r \epsilon Incremental, k \epsilon K_r : k \neq 1 \& k \neq last_r, t \epsilon T \quad (۲۱)$$

$$X_{rkt} \leq BN * S_{r(k-1)t} \qquad \forall r \epsilon Incremental, k = last_r, t \epsilon T \quad (۲۲)$$

$$X_{rkt}, H_{avnt}, Inv_{rt}, Del_f \geq 0 \quad (۲۳)$$
$$Y_{mt}, Q_{fmvnt} : Integer \quad (۲۴)$$
$$Z_{zvnt}, Z'_{fvnt} : Binary \quad (۲۵)$$

رابطه (۱) تابع هدف مسئله است که نمایانگر مجموع هزینه‌های کیترینگ می‌باشد. جمله اول این تابع، مجموع هزینه‌های تأخیر، جمله دوم هزینه خرید مواد اولیه، جمله سوم هزینه نگهداری مواد و جمله چهارم هزینه سفر وسایل نقلیه به سمت فرودگاه را نشان می‌دهند. رابطه (۲) رابطه تعادلی موجودی مواد اولیه در انتهای هر روز می‌باشد. محدودیت (۳) تضمین می‌کند که ظرفیت وسایل حمل در هر بار حرکت به سمت فرودگاه، نقض نشود. محدودیت (٤) نشان می‌دهد که هر ماشین در هر ماموریت خود فقط می‌تواند به سمت یکی از فرودگاه‌ها حرکت کند. نامعادله (٥) تضمین می کند که اگر ماشین حرکت (ماموریت) n+1 ام را انجام دهد، حتما ماموریت n ام را هم انجام داده است. محدودیت (٦) بیانگر آن است که منوی موردنیاز پرواز هر روز و همچنین پرواز زودهنگام روز بعد، روز قبل باید تهیه شود. بعبارت دیگر، ارسالی‌های هر روز باید در روز قبل تهیه شوند. محدودیت (۷) تضمین کننده آن است که کل زمان کار رانندگان وسایل نقلیه در روز از سقف مشخصی فراتر نرود. محدودیت (۸) ارتباط منطقی بین متغیرهای تصمیم را نشان می دهد. رابطه (۹) نشان می‌دهد که زمان حرکت n ام هر ماشین به سمت فرودگاه باید حداقل به میزان مجموع زمان حرکت قبلی و با احتساب زمان رفت و برگشت و تخلیه و بارگیری باشد. محدودیت‌های (۱۰) و (۱۱) مربوط به تامین تقاضای پروازها می‌باشد. محدودیت (۱۰) برای پروازهای غیر زودهنگام نوشته می‌شود و نشان می‌دهد که تقاضای آنها در همان روز پرواز باید تحویل داده شود. محدودیت (۱۱) برای پروازهای زودهنگام نوشته می‌شود.

طبیعی است که تقاضای این پروازها می‌تواند در همان روز یا روز قبل به فرودگاه تحیل داده شده باشد. به طور مثال، تقاضای پروازی که قرار است ساعت ۲ بامداد انجام شود می‌تواند چند ساعت زودتر (روز قبل) تحویل داده شود. رابطه (۱۲) نیز مشابه (۸) ارتباط بین متغیرهای تصمیم را نشان می‌دهد. رابطه (۱۳) نشان می‌دهد که برای پروازهای عادی هر فرودگاه، ماشین حمل بار باید حداکثر ۳ ساعت قبل از پرواز به فرودگاه برسد. محدودیت (۱٤) نیز مشابه (۱۳) است و برای پروازهای زودهنگام نوشته می‌شود. طبیعی است که بطور مثال تقاضای پروازی که برای ساعت ۲ بامداد برنامه‌ریزی شده است، باید حداکثر ساعت ۲۳ روز قبل به فرودگاه برسد. رابطه (۱۵) بیانگر آن است که تقاضای یک پرواز عادی می‌تواند حداقل ٤/٥ ساعت قبل از انجام آن پرواز به فرودگاه برسد. رابطه (١٦) نیز مشابه (۱۵) است و برای پروازهای زودهنگام نوشته می شود. محدودیت (۱۷) نشان می‌دهد که اگر یک ماشین در ماموریت خود تقاضای پروازی را حمل کند، حتما باید در آن ماموریت به سمت فرودگاه آن پرواز حرکت نماید. روابط (۱۸) و (۱۹) مربوط به تحفیف کلی و محدودیت‌های (۲۰) الی (۲۲) مربوط به تخفیف نموی می‌باشند. رابطه (۲۳) نیز نوع متغیرهای تصمیم مسئله را نشان می‌دهد.

حل مدل

مدل ارایه‌شده در این مقاله، یک مدل برنامه‌ریزی خطی عدد صحیح مختلط است. به منظور ارزیابی عملکرد مدل پیشنهادی، مسأله با داده‌های واقعی شرکت کیترینگ هوایی آرمان تعریف شده است. تابع هدف شامل هزینه‌های کترینگ است که در چهار بخش هزینه تأخیر، خرید مواد اولیه، نگهداری مواد و حمل‌ونقل در نظر گرفته شده است.

ورودی مدل

در مطالعه موردی، افق برنامه‌ریزی ٤ روزه در نظر گرفته شده است. همچنین تعداد مواد اولیه مورد استفاده شرکت ۱۰ قلم و تعداد وسایل نقلیه در اختیار نیز ۹ عدد می‌باشد. شرکت کیترینگ هوایی آرمان در طی افق برنامه‌ریزی به ۱۵۳ پرواز از دو فرودگاه مهرآباد و امام خمینی سرویس می‌دهد. تعداد منوهای غذایی این شرکت ۱۵ مورد می‌باشد. تقاضای فرودگاه‌ها در طی افق برنامه‌ریزی ٤ روزه به شرح جدول ۲ می‌باشد. علت کم بودن تقاضای برخی پروازها (نظیر f21) آن است که این پروازها بدون مسافر از شهر تهران انجام می‌شوند تا پس از رسیدن به مقصد مورد نظر، پرواز برنامه ریزی شده دیگری را انجام دهند. در نتیجه، تعداد سفارش این پروازها متناسب با کادر پروازشان می‌باشد. شایان ذکر است که ستون تقاضا، مجموع تقاضا از منوهای غذایی مختلف را نشان می‌دهد.

جدول ۲. اطلاعات پرواز در افق برنامه‌ریزی

روز اول				روز دوم				روز دوم				روز چهارم			
پرواز	زمان	فرودگاه	تقاضا	پرواز	زمان	فرودگاه	تقاضا	پرواز	زمان	فرودگاه	تقاضا	پرواز	زمان	فرودگاه	تقاضا
f_1	۳:۴۰	a_1	۱۹۶	f_{43}	۱:۰۰	a_1	۱۹۵	f_{86}	۱:۰۰	a_1	۱۸۸	f_{127}	۱:۰۰	a_1	۱۸۸
f_2	۳:۵۰	a_1	۱۶۴	f_{44}	۸:۰۰	a_2	۱۹۰	f_{87}	۴:۰۰	a_1	۱۷۵	f_{128}	۶:۱۰	a_1	۲۴۹
f_3	۶:۴۰	a_1	۴۶۷	f_{45}	۸:۰۰	a_2	۱۲	f_{88}	۶:۵۰	a_1	۲۳۴	f_{129}	۷:۱۰	a_1	۲۶۰
f_4	۶:۴۵	a_1	۳۱۳	f_{46}	۸:۴۵	a_2	۷۰	f_{89}	۱۲:۴۰	a_1	۱۵۰	f_{130}	۶:۴۵	a_1	۲۱۵
f_5	۶:۵۰	a_1	۲۱۴	f_{47}	۵:۴۰	a_2	۷۶	f_{90}	۶:۵۰	a_1	۳۵۰	f_{131}	۶:۵۰	a_1	۱۸۶
f_6	۶:۰۰	a_1	۷۵	f_{48}	۷:۴۰	a_1	۱۷۱	f_{91}	۶:۴۵	a_1	۴۰۴	f_{132}	۶:۵۰	a_1	۲۳۷
f_7	۷:۳۰	a_1	۱۶۴	f_{49}	۲:۳۰	a_1	۱۲۰	f_{92}	۷:۱۵	a_1	۱۹۰	f_{133}	۷:۰۰	a_1	۱۷۸
f_8	۸:۰۰	a_1	۱۳۵	f_{50}	۷:۰۰	a_1	۱۵۱	f_{93}	۸:۰۰	a_1	۲۲۴	f_{134}	۸:۰۰	a_1	۲۲۵
f_9	۸:۰۰	a_1	۱۸۳	f_{51}	۸:۰۰	a_1	۱۹۲	f_{94}	۸:۱۵	a_1	۱۱۵	f_{135}	۸:۱۵	a_1	۱۲۷
f_{10}	۸:۱۵	a_1	۱۵۵	f_{52}	۸:۵۰	a_1	۱۲۳	f_{95}	۱۲:۳۵	a_1	۲۰۰	f_{136}	۸:۴۵	a_1	۱۴۸
f_{11}	۹:۰۰	a_1	۱۶۰	f_{53}	۶:۵۰	a_1	۲۰۳	f_{96}	۱۴:۲۰	a_1	۹۰	f_{137}	۹:۳۰	a_1	۱۶۴
f_{12}	۱۲:۳۵	a_1	۱۵۷	f_{54}	۹:۰۰	a_1	۲۶۱	f_{97}	۵:۴۵	a_2	۴۱۵	f_{138}	۱۲:۳۵	a_1	۹۰
f_{13}	۴:۵۰	a_2	۷۵	f_{55}	۶:۴۵	a_1	۲۱۸	f_{98}	۵:۵۰	a_2	۱۹۰	f_{139}	۵:۴۵	a_2	۲۵۶
f_{14}	۵:۵۰	a_2	۱۷۲	f_{56}	۶:۵۰	a_1	۲۵۳	f_{99}	۶:۱۵	a_2	۲۰۰	f_{140}	۵:۵۰	a_2	۴۳۴
f_{15}	۵:۴۵	a_2	۷۴	f_{57}	۱۴:۱۰	a_1	۶۲	f_{100}	۸:۱۰	a_2	۲۵۶	f_{141}	۶:۱۵	a_2	۱۹۰
f_{16}	۶:۱۵	a_2	۹۳	f_{58}	۷:۰۰	a_1	۳	f_{101}	۷:۳۰	a_2	۱۰۰	f_{142}	۶:۴۵	a_2	۱۰۰
f_{17}	۸:۱۰	a_2	۱۶۰	f_{59}	۶:۰۰	a_1	۷	f_{102}	۵:۵۰	a_2	۱۲	f_{143}	۷:۳۵	a_2	۷۷
f_{18}	۸:۲۰	a_2	۱۳۱	f_{60}	۱۲:۳۵	a_1	۱۳۱	f_{103}	۴:۵۰	a_2	۱۰۰	f_{144}	۸:۱۰	a_2	۲۵۶
f_{19}	۸:۵۰	a_2	۱۰۰	f_{61}	۱۳:۴۵	a_2	۱۰۰	f_{104}	۹:۳۵	a_2	۸۰	f_{145}	۹:۰۰	a_2	۶۰
f_{20}	۹:۳۰	a_2	۱۰۰	f_{62}	۱۳:۱۰	a_2	۱۰۰	f_{105}	۱۳:۰۰	a_2	۲۵۷	f_{146}	۸:۰۰	a_1	۱۵
f_{21}	۵:۴۵	a_2	۶۱	f_{63}	۱۴:۴۰	a_2	۷۵	f_{106}	۱۳:۱۰	a_2	۱۰۶	f_{147}	۱۴:۱۵	a_2	۲۶۲
f_{22}	۱۳:۰۰	a_2	۱۰۰	f_{64}	۱۳:۰۰	a_2	۱۹۴	f_{107}	۱۴:۲۰	a_2	۹۶	f_{148}	۱۴:۵۰	a_2	۸۵
f_{23}	۱۲:۵۰	a_2	۱۹۰	f_{65}	۱۳:۱۵	a_2	۱۷۵	f_{108}	۱۴:۱۵	a_2	۲۶۲	f_{149}	۱۸:۲۰	a_2	۲۶۴
f_{24}	۱۴:۱۵	a_2	۲۵۶	f_{66}	۱۴:۰۵	a_2	۲۶۴	f_{109}	۱۷:۱۵	a_1	۲۳۵	f_{150}	۱۹:۱۰	a_2	۱۶۴
f_{25}	۱۷:۳۰	a_2	۶۹	f_{67}	۱۲:۳۰	a_2	۱۹۸	f_{110}	۱۸:۰۰	a_1	۱۶۹	f_{151}	۱۹:۴۰	a_2	۴۵۶
f_{26}	۱۸:۲۰	a_2	۱۷۰	f_{68}	۱۷:۴۵	a_2	۱۲	f_{111}	۱۸:۰۰	a_1	۲۴۵	f_{152}	۲۰:۱۰	a_2	۵۱
f_{27}	۱۹:۲۰	a_2	۱۸۵	f_{69}	۱۸:۲۰	a_2	۳۶۰	f_{112}	۲۰:۵۰	a_1	۱۱۴	f_{153}	۲۲:۰۰	a_2	۱۰۶
f_{28}	۱۹:۴۰	a_2	۸	f_{70}	۱۸:۰۰	a_1	۱۷۹	f_{113}	۲۰:۰۰	a_1	۲۰۵				
f_{29}	۱۹:۴۵	a_2	۶۷	f_{71}	۱۷:۱۵	a_1	۱۷۰	f_{114}	۲۳:۳۰	a_1	۱۱۵				
f_{30}	۲۰:۱۰	a_2	۶۹	f_{72}	۱۹:۳۰	a_1	۹۸	f_{115}	۲۲:۱۰	a_1	۳۷۶				
f_{31}	۲۳:۴۰	a_2	۱۵۱	f_{73}	۲۰:۵۰	a_1	۸۱	f_{116}	۲۲:۳۰	a_1	۳۱۷				
f_{32}	۱۹:۴۰	a_2	۱۲	f_{74}	۲۱:۰۰	a_1	۱۰	f_{117}	۲۰:۱۰	a_2	۱۰۶				
f_{33}	۱۹:۳۰	a_2	۱۰	f_{75}	۲۲:۰۰	a_1	۲۶۰	f_{118}	۲۲:۱۰	a_2	۱۰۶				
f_{34}	۱۷:۱۵	a_1	۱۸	f_{76}	۲۰:۳۰	a_1	۲۶۵	f_{119}	۱۷:۳۰	a_2	۵۲				
f_{35}	۱۸:۰۰	a_1	۱۴۱	f_{77}	۲۲:۱۰	a_1	۲۷۸	f_{120}	۲۲:۰۰	a_2	۸۱				
f_{36}	۱۸:۱۵	a_1	۸۰	f_{78}	۲۲:۳۰	a_1	۴۹۰	f_{121}	۱۸:۰۰	a_2	۸۶				
f_{37}	۱۹:۵۵	a_1	۱۵۳	f_{79}	۱۹:۴۰	a_2	۴۴۶	f_{122}	۱۸:۱۰	a_2	۱۹۵				
f_{38}	۲۰:۱۵	a_1	۱۹۰	f_{80}	۱۹:۲۰	a_2	۱۹۱	f_{123}	۲۳:۴۰	a_2	۱۶۵				
f_{39}	۲۱:۲۰	a_1	۵۲	f_{81}	۱۹:۴۵	a_2	۵۸	f_{124}	۱۹:۱۰	a_2	۱۹۵				
f_{40}	۲۱:۳۰	a_1	۱۰۸	f_{82}	۲۰:۰۰	a_2	۶۹	f_{125}	۱۹:۴۰	a_2	۴۳۳				
f_{41}	۲۲:۱۰	a_1	۱۹۰	f_{83}	۲۰:۳۵	a_2	۶۴	f_{126}	۲۲:۱۰	a_2	۱۹۶				
f_{42}	۲۲:۳۰	a_1	۱۵۷	f_{84}	۲۲:۱۰	a_2	۷۵								
				f_{85}	۲۲:۴۵	a_2	۸۷								

زمان لازم برای تخلیه بار هر وسیله نقلیه ۳۰ دقیقه است. مواد اولیه ۱ الی ٤ با تخفیف کلی و مواد اولیه ۵ الی ۱۰ با تخفیف نموی پیشنهاد شده‌اند. همچنین هزینه سفر هر وسیله نقلیه در هر بار حرکت به فرودگاه a_1، ۲٤۰۰۰۰۰ ریال و به فرودگاه a_2، ۸۰۰۰۰۰ ریال است. هزینه خرید مواد اولیه و جزئیات طبقات تخفیفی (کلی و نموی) که توسط تأمین‌کنندگان برای شرکت در نظر گرفته شده است به شرح جدول ۳ می‌باشد.

جدول ۳. هزینه خرید مواد اولیه از هر طبقه تخفیف (ریال)

	طبقه اول تخفیف			طبقه دوم تخفیف			طبقه سوم تخفیف		
ماده اولیه	هزینه خرید هر واحد	حد پایین خرید	حد بالای خرید	هزینه خرید هر واحد	حد پایین خرید	حد بالای خرید	هزینه خرید هر واحد	حد پایین خرید	حد بالای خرید
r_1	۸۰۰۰۰	۰	۲۵۰	۷۰۰۰۰	۲۵۰	٤۵۰	٦۰۰۰۰	٤۵۰	٦۵۰
r_2	۲٦۰۰۰۰	۰	۲۰۰	۲٤۰۰۰۰	۲۰۰	۵۰۰	۲۰۰۰۰۰	۵۰۰	۱۰۰۰
r_3	۲٦۰۰۰۰	۰	۸۰	۲۵۰۰۰۰	۸۰	۳۰۰	۲٤۰۰۰۰	۳۰۰	٤۵۰
r_4	۹۰۰۰۰۰	۰	۸۰	۷۵۰۰۰۰	۸۰	۲۵۰	٦۰۰۰۰۰	۲۵۰	٤۰۰
r_5	۱٦۰۰۰۰	۰	۵۰	۱۵۰۰۰۰	۵۰	۱۰۰	۱۰۰۰۰۰	۱۰۰	۲۰۰
r_6	۹۰۰۰۰	۰	۱۵۰	۷۰۰۰۰	۱۵۰	٤۰۰	۵۰۰۰۰	٤۰۰	۱۰۰۰
r_7	۲۸۰۰۰۰	۰	۷۰	۲٦۰۰۰۰	۷۰	۱۵۰	۲۵۰۰۰۰	۱۵۰	۳۰۰
r_8	۲۲۰۰۰۰	۰	۵۰	۲۰۰۰۰۰	۵۰	۱۰۰	۱۹۰۰۰۰	۱۰۰	۲۰۰
r_9	٦۵۰۰۰۰	۰	۱۰۰	٦۰۰۰۰۰	۱۰۰	۱۵۰	۵۸۰۰۰۰	۱۵۰	۲۰۰
r_{10}	۸۰۰۰۰	۰	۲۰۰	۷۰۰۰۰	۲۰۰	٤۰۰	٦۰۰۰۰	٤۰۰	٦۰۰

خروجی مدل

برای حل مدل از نرم‌افزار GAMS استفاده شده است. یکی از جملات تابع هدف، هزینه خرید مواد اولیه است که برای کمینه کردن آن، مدل میزان خرید مواد را بر اساس سیستم تخفیف پیشنهادی تعیین می‌کند. جدول ٤ مقدار خرید مواد اولیه مورد نیاز کیترینگ را در طی دوره ٤ روزه نشان می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌شود، بیشتر خریدها در ابتدای دوره برنامه‌ریزی انجام می‌گردد که این به دلیل پایین بودن هزینه نگهداری مواد و استفاده از قیمت پائین‌تر در سیستم تخفیف است.

جدول٤. برنامه‌ریزی خرید مواد اولیه از هر طبقه تخفیف (کیلوگرم)

روز / ماده اولیه	روز اول	روز دوم	روز سوم	روزچهارم	روز / ماده اولیه	روز اول	روز دوم	روز سوم	روزچهارم
r_1	۲۶,۳۴۶	–	۱۲,۱۵۸	–	r_6	۲۵۰	–	–	–
r_2	۲۰۰	۴۵۰,۰۰۰	–	–	r_6	۶۶۳,۲۸۸	–	–	–
r_3	۴۰۶,۴۱۷	–	–	–	r_7	۷۰	–	–	–
r_4	۱۱۳,۶۷۷	–	–	–	r_7	۳۲,۰۲۶	–	–	–
r_5	۵۰	–	–	–	r_8	–	۱۰,۴۸۴	–	–
r_5	۵۰	–	–	–	r_9	۶,۴۳۱	۹,۲۲۶	۳,۱۹۴	–
r_5	۱۶۰,۱۷۵	–	–	–	r_{10}	۲۷,۵۰۸	۳۰,۱۶۹	۵۱,۹۰۱	–
r_6	۱۵۰	–	–	–					

برنامه‌ریزی ماشین‌های حمل و تعداد تردد آنها باید طوری انجام شود که هزینه حمل‌ونقل حداقل شود. جدول ۵ برنامه‌ریزی حمل‌ونقل وسایل نقلیه را در طی افق زمانی تعیین شده نشان می‌دهد. به طور نمونه، طبق برنامه پیشنهادی باید وسیله نقلیه اول در روز دوم برنامه‌ریزی، اولین سفر خود را به سمت فرودگاه مهرآباد (a_2)، دومین حرکت خود را به سمت فرودگاه امام خمینی (a_1) و سومین و چهارمین حرکت خود را به سمت فرودگاه مهرآباد انجام دهد.

جدول ۵. برنامه‌ریزی حمل‌ونقل وسایل نقلیه

روز / وسیله نقلیه	روز اول	روز دوم	روز سوم	روز چهارم
اول	$a_2 - a_1$	$a_2 - a_1 - a_2 - a_2$	a_2	$a_2 - a_2$
دوم	$a_2 - a_2$	$a_1 - a_2 - a_2 - a_1$	$a_2 - a_2$	$a_1 - a_1 - a_2$
سوم	a_1	-	$a_1 - a_2 - a_2 - a_1$	a_1
چهارم	-	$a_2 - a_2 - a_1$	-	-
پنجم	$a_1 - a_1 - a_1$	-	$a_2 - a_2 - a_2$	-
ششم	-	$a_1 - a_1$	$a_2 - a_2 - a_2 - a_1$	a_2
هفتم	$a_2 - a_1$	$a_1 - a_1 - a_2 - a_1 - a_1 - a_2$	a_1	-
هشتم	$a_1 - a_1$	-	-	-
نهم	-	a_1	$a_1 - a_1 - a_1 - a_1$	-

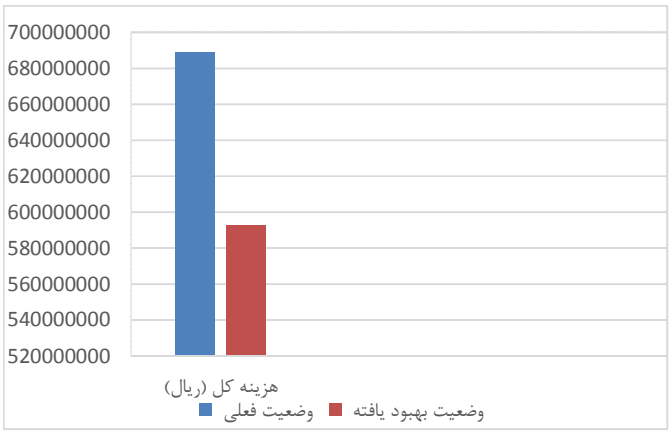
جدول ٦، نتیجه حل مدل پیشنهادی با استفاده از نرم‌افزار گمز را نمایش می‌دهد. بر اساس نتایج حاصل، هزینه تأخیر در تحویل مواد غذایی به فرودگاه که از مهمترین اهداف این مدل است، به صفر رسیده است. به عبارت دیگر، برنامه‌ریزی برای تهیه و حمل بسته‌های غذایی مورد تقاضا بگونه‌ای انجام شده که منجر به بروز تاخیر در پروازها نمی‌شود. هزینه نگهداری مواد، خرید مواد اولیه و هزینه‌های حمل‌ونقل به ترتیب ۱، ۸۲ و ۱۷ درصد هزینه‌های کیترینگ را به خود اختصاص می‌دهند. زمان لازم برای حل این مدل نیز ۹۹۹۶۰ ثانیه بوده است.

جدول ٦. نتیجه حل مدل در گمز

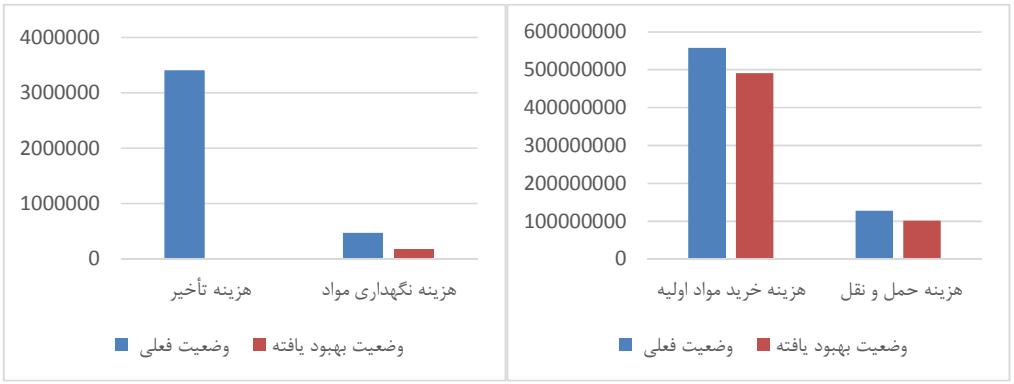
	هزینه تأخیر	هزینه خرید مواد اولیه	هزینه نگهداری مواد	هزینه حمل‌ونقل	هزینه کل
مقدار هزینه (ریال)	۰	٤٩٠٩٦١١٠٠	١٧٦٦٥٠	١٠١٦٠٠٠٠٠	٥٩٢٧٣٧٧٥٠
میزان سهم از هزینه کل (درصد)	۰	۸۲	۱	۱۷	۱۰۰

مقایسه نتایج حاصل از مدل با شرایط فعلی

یکی از مهم‌ترین شاخص‌ها برای بررسی عملکرد مدل پیشنهادی، مقایسهٔ هزینه‌ها در وضعیت کنونی با وضعیتی است که مدل در شرکت مورد مطالعه پیاده‌سازی شود. بر این اساس، با در نظر گرفتن پارامترهایی چون هزینه تأخیر تحویل سفارشات به فرودگاه‌ها، هزینه نگهداری مواد اولیه، هزینه خرید مواد اولیه و هزینه حمل‌ونقل و همچنین به دست آوردن مقادیر متغیرهایی مانند میزان خرید و جزئیات آن، تعداد ترددها و برنامه ماشین‌ها به دست آمده است. از این رو، با استفاده از داده‌های موجود میزان این هزینه‌ها در وضعیت فعلی معادل ۶۸۹۲۳۰۱۵۰ ریال می‌باشد که پس از اجرای مدل پیشنهادی هزینه‌ها به ۵۹۲۷۳۷۹۰۰ ریال می‌رسد که این میزان تقریباً معادل ۱۴٪ بهبود در هزینه‌های شرکت است. در شکل‌های ۲ الی ۶ هزینه‌های به دست آمده با هزینه‌های فعلی شرکت مقایسه شده است. میزان بهبود هزینه‌های شرکت به ترتیب هزینه تأخیر ۱۰۰٪، هزینه خرید ۱۲٪، هزینه نگهداری ۶۳٪ و هزینه حمل‌ونقل ۴۸٪، می‌باشد.



شکل ۲. مقایسهٔ هزینه‌های کل شرکت در وضعیت کنونی و شرایط بهبود یافته



شکل ۳. مقایسهٔ هزینه‌های شرکت به تفکیک در وضعیت کنونی و شرایط بهبود یافته

۵-نتیجه‌گیری

این مقاله، به مسئله حداقل‌سازی هزینه‌ها در کیترینگ هوایی آرمان پرداخته است. برای این منظور، مدل یکپارچه تأمین، تولید و توزیع در زنجیرهٔ تأمین موادغذایی ارایه شده که به تعیین میزان خرید مواد اولیه، میزان نگهداری مواد، تعداد ترددها، برنامه وسایل نقلیه و جزئیات برنامه خرید می‌پردازد. همچنین با توجه به تخفیف کلی و نموی که

تأمین‌کنندگان برای شرکت در نظر گرفته‌اند، میزان خرید، میزان موجودی و میزان حمل‌ونقل به‌گونه‌ای توسط مدل تعیین می‌شود که تابع هدف در حداقل میزان ممکن خود قرار گیرد. برای این مسئله یک مدل برنامه‌ریزی خطی عدد صحیح مختلط با هدف کمینه‌سازی مجموع هزینه‌های سیستم (هزینه تأخیر تحویل مواد غذایی به فرودگاه‌ها، خرید مواد اولیه، نگهداری مواد و هزینه سفر وسیله نقلیه به سمت فرودگاه) ارایه شده است. برای حل مدل، از نرم‌افزار گمز استفاده شده است. به منظور بررسی کارایی مدل پیشنهادی، مطالعه موردی در کیترینگ هواپیمایی آرمان انجام شد.

نتایج نشان می‌دهد که، هزینه‌ها از مقدار ۶۸۹۲۳۰۱۵۰ ریال به ۵۹۲۷۳۷۹۰۰ ریال می‌رسد که این میزان تقریباً معادل ۱۴٪ بهبود در هزینه‌های شرکت است. میزان بهبود هزینه‌های شرکت به ترتیب هزینه تأخیر ۱۰۰٪، هزینه خرید ۱۲٪، هزینه نگهداری ۶۳٪ و هزینه حمل‌ونقل ۴۸٪، می‌باشد. سرعت و دقت نرم‌افزار گمز برای حل این مدل بسیار بالاست و نتایج توسط کارشناسان کیترینگ هوایی آرمان قابل قبول تشخیص داده شده است. از مزیت‌های این مدل حداقل‌سازی همزمان هزینه‌های شبکه زنجیره تأمین یکپارچه است. پیشنهاد می‌شود این مدل را در حالت عدم‌قطعیت و فازی نیز انجام داده همچنین با یک الگوریتم فراابتکاری مدل را حل کرده و نتایج با گمز مقایسه گردد.

۶- مراجع

- احمدی دهرشید، ک. و عبداله‌زاده مقدم، س.، (۱۳۹۸)، "مدل ریاضی یکپارچه برای بهینه‌سازی سیستم تولید- توزیع زنجیرهٔ تأمین کالاهای فاسدشدنی با انبارهای میانی"، مدیریت تولید و عملیات، دوره ۱۰، پیاپی ۱۹، شماره ۲، ص. ۵۷-۷۳.

- جمیلی، ن. و رنجبر، مح.، (۱۳۹۶)، "ارایه الگوریتم‌های ابتکاری و فراابتکاری برای مسأله زمان‌بندی یکپارچه تولید و توزیع در یک زنجیره تأمین"، جلد ۲۷، شماره ٤، ص. ۵۴۹-۵۲۹.

- حاج میرفتاح تبریزی، م. س. و هومینگ، س.، (۱۳۹۸)، "بررسی محدودیت‌های موجود در سیستم زنجیره تأمین برای به حداقل رساندن هزینه کل با یکپارچه‌سازی مدلسازی ساخت بر اساس رویکرد MINLP"، گروه علوم و مهندسی مدیریت دانشگاه علم و صنعت نانجینگ چین، ص. ۱۷-۱، doi:10.3390/app9061185.

- حسینی، س.م. ح. و حسنی، ع.ا.، (۱۳۹۷)، "مدل‌سازی و حل مسأله مسیریابی وسایل نقلیه (VRP) در بخش توزیع زنجیرهٔ تأمین با در نظرگرفتن محدودیت تردد"، مهندسی صنایع و مدیریت شریف، دورهٔ ۱-۳٤، شمارهٔ ۱/۱، ص. ۱۵۵-۱٤۷.

-خلیل‌زاده، م. شاکری، ه. و کریمی مشکانی، م.، (۱۳۹٦)، "ارایه یک مدل فازی برای مسئله مکان‌یابی-مسیریابی در زنجیره تأمین مواد غذایی فسادپذیر"، بررسی‌های بازرگانی شماره ۸٤ و ۸۵، ص. ۳٦-۲۰.

- زعفری هشجین، ف.، (۱۳۹۸)، "راه‌اندازی کیترینگ و آشپزخانه‌های صنعتی صفر تا صد"، سایت ایران شف به آدرس www.iranchef.com.

- شفیعی، ف. کاظمی، ع. جعفرنژاد چقوشی، ا. سازور، ز. و عموزاد مهدیرجی، م.، (۱۳۹۹)، "ارایه یک مدل بهینه‌سازی استوار زنجیره تأمین پایدار برای محصولات فاسدپذیر لبنی"، مدیریت تولید و عملیات، دوره ۱۱، شماره ۳، پیاپی ۲۲، ص. ٤٦-۱۷.

- صادقی سروستانی، ا. و جعفری، ع.، (۱۳۹۵)، "حل مسئلهٔ مکان‌یابی-مسیریابی با تحویل چندبخشی تقاضای مشتریان با استفاده از الگوریتم آنیل شبیه‌سازی شده"، www.trijournal.ir.

- ظریف‌پویا، ا. مرادی، ا. دلبری، س.م.، (۱۳۹۷)، "ارایه یک مدل ریاضی با رویکرد یکپارچه‌سازی تولید و توزیع در زنجیره تامین"، چهارمین کنفرانس بین‌المللی مهندسی صنایع و سیستم‌ها، دانشگاه فردوسی مشهد.

- یاریان تل زالی، ز. و شمس‌الدینی، ا.، (۱۳۹۵)، "یکپارچگی زنجیره تأمین"، چهارمین کنفرانس بین‌المللی پژوهش‌های نوین در مدیریت، اقتصاد و حسابداری، برلین-آلمان، ص. ۱۹-۱.

- Chakraborty, D., D.K. Jana, and T.K. Roy, (2015), “Multi-item integrated supply chain model for deteriorating items with stock dependent demand under fuzzy random and bifuzzy environments”.
- Gzara, F., Nematollahi, E., & Dasci, A., (2014), “Linear location-inventory models for service parts logistics network design”, Computers & Industrial Engineering, 69, pp.53–63.
- Hiassat, A., Diabat, A., & Rahwan, I., (2017), “A genetic algorithm approach for locationinventory routingproblem with perishable products”, Journal of Manufacturing Systems, 42, pp.93-103.
- Karakostas P., Sifaleras A., Georgiadis M., (2019), "A general variable neighborhood search-based solution approach for the location
inventory-routing problem with distribution outsourcing"; Computers & Chemical Engineering, 126, pp.263-279.
- Kumar, B. R., M. K. Sharma, and A. Agarwal, (2015), “An Experimental Investigation of Lean Management in Aviation: Avoiding Unforced Errors for Better Supply Chain”, Journal of Manufacturing Technology Management 26 (2), pp.231–260.
- Rafie-Majd, Z., Pasandideh, S.H., & Naderi, B., (2018), “Modeling and Solving the Integrated Inventory-Location-Routing Problem in a multi-period and multi-perishable Product Supply Chain with Uncertainty: Lagrangian Relaxation Algorithm”, Computers & Chemical Engineering, 109, pp.9-22.
- Sazvar, Z., and Sepehri, M., (2020), “An integrated replenishment-recruitment policy in a sustainable retailing system for deteriorating products, Socio-Economic Planning Sciences, 69, 100686.
- Silva, W. E., Nadal-Roig, E., González-Araya, M. C., Pla-Aragones, L. M., (2017), “Operational research models applied to the fresh fruit supply chain”, European Journal of Operational Research, 251(2), pp.345–355.
- Tiwari, S., Daryanto, Y., and Wee, H. M., (2018), "sustainable inventory management with deteriorating and imperfect quality items considering carbon emission", Journal of Cleaner Production, 192, pp. 281-292.
- Turan, B., Minner, S. and Hartl, R. F., (2017), “A VNS approach to multi-location inventory redistribution with vehicle routing”, Computers and Operations Research, 78, pp.526–536.
- Wu, X., Nie, L., Xu, M., (2017a), “Designing an integrated distribution system for catering services for high-speed railways: a three-echelon location routing model with tight time windows and time deadlines”, Transport. Res. Part C: Emerg. Technol., 74, pp.212–244.
http://dx.doi.org/10.1016/j.trc.2016.11.006.
- Yavari, M., and Geraeli, M., (2019), “Heuristics method for robust optimization model for green closed-loop supply chain network design of perishable goods, Journal of Cleaner Production, 226, pp. 282-305.

An Integrated Supply, Production and Distribution Model in Airline Food Supply Chain Considering Overall and Incremental Discount (Case Study: Arman Airline Catering)

Masoomeh Rezaeimanesh, Ph.D., Student ,Department of Industrial Management, Faculty of Management and Economics, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

Alireza Rashidi Komijan, Invited Professor, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

Hamed Kazemipour, Invited Professor, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

E-mail: rashidi@azad.ac.ir

Received: July 2022- Accepted: November 2022

ABSTRACT

Flight catering is a complicated food service industry with the aim of supply and distribution services to the airline passengers. In this study, integrated supply, production and distribution model in airline food supply chain is presented with considering discount and the aim of minimizing costs. The costs include four components of delay, purchasing raw materials, material storage and transportation. Regarding purchasing raw materials, it is possible to use the incremental and overall discount in the model. All the existing models in the airline industry are addressed to the planning of factors under the control of airlines to face and reduce delay of flights. In the meantime, external factors such as catering and its effect on delays, is not yet noticed. In this study, for the first time, schedule of flight catering is considered and try to control and minimize delays caused by lack of timely delivery of food to the aircrafts. Proposed model is solved with Arman airline catering information and GAMS software. Results show that applying the proposed model leads to make zero delay cost for delivering foods to the airports which itself causes elimination of parts of aircraft delay which resulted by lack of timely catering services. Meanwhile, results show that %61.82 of total catering costs belongs to purchasing raw materials, %03.0 for material storage and %36/18 belongs to transportation of vehicles.

Keywords: Food Supply Chain, Optimization, Routing, Transportation, Discount