برنامه‌ریزی استوار کیترینگ هواپیما با درنظرگرفتن ترافیک مسیر و با هدف کمینه‌شدن تأخیرات (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: ۱۴۰۳/۰۴/۰۲– پذیرش: ۱۴۰۳/۰۸/۲۰

صفحه ۲۶۸-۲۵۵

چکیده

کیترینگ پرواز یک صنعت پیچیدهٔ خدمات غذایی، با هدف تأمین و ارائه خدمات پذیرایی به مسافران خطوط هوایی است. این پژوهش از بهینه‌سازی استوار در زمان‌بندی وسایل نقلیه با پنجره زمانی جهت حداقل‌سازی میزان تأخیر در تحویل مواد غذایی به فرودگاه‌ها استفاده می‌کند. همچنین عامل مهم ترافیک مسیر نیز با توجه به بازه زمانی حرکت وسایل نقلیه، در نظر گرفته می‌شود. در مدل‌های پیشین حوزه هوانوردی به برنامه‌ریزی عوامل مربوط به شرکت‌های هواپیمایی برای مواجهه و کاهش تأخیر در پرواز پرداخته شده و به عامل خارجی نظیر کیترینگ و اثر آن در تأخیرات، توجهی نشده است. همچنین در این پژوهش، زمان‌بندی ماشین‌آلات با توجه به ترافیک مسیر صورت می‌گیرد که عامل ترافیک به صورتی متفاوت با تحقیقات پیشین فرموله شده است. در مدل پیشنهادی، پارامتر زمان سفر غیرقطعی در نظر گرفته شده و از بهینه‌سازی استوار برای کنترل آن استفاده شده است. مدل پیشنهادی با اطلاعات کیترینگ هواپیمایی آرمان و نرم افزار گمز حل شده است. نتایج نشان می دهد مدل ارائه شده موثر و کارا است و می تواند یک برنامه ریزی تولید بهینه را در شرایط نبود قطعیت ارائه دهد.

واژه‌های کلیدی: برنامه‌ریزی استوار، بهینه‌سازی استوار، کیترینگ هوایی

۱- مقدمه

از بزرگ‌ترین و پیچیده‌ترین بخش‌های صنعت جهان، زنجیره تأمین موادغذایی است که نقش مهمی در رشد اقتصادی دارد (سازور و سپهری، ۲۰۲۰). به موادغذایی فسادپذیر با طول عمر محدود به علت حجم زیاد ضایعات، آثار مضر زیست‌محیطی و شرایط خاص نگهداری و حمل‌ونقل، توجه زیادی می‌شود. اهمیت و حساسیت بخش کیترینگ هوایی به عنوان یکی از عناصر کیفی شرکت‌های هواپیمایی موجب می‌شود که ارائه سرویس مطلوب‌تر کیترینگ‌ها، رضایت‌مندی بیشتری از شرکت‌های هواپیمایی ایجاد نماید. 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 (رضائی منش و همکاران، ۱۴۰۱). از مسائل حیاتی که در سیستم‌های توزیع و حمل‌ونقل کیترینگ‌های هواپیمایی در کنار محدودیت‌ها

و معیارهای اقتصادی و زیست‌محیطی وجود دارد، رضایت مشتری یا سطح پاسخگویی نامیده می‌شود که به‌طور خاص در کیترینگ‌ها در رابطه با توزیع محصولات فاسدشدنی و تحویل آن مطرح است. از این رو، محصولات فاسدشدنی باید در طول پنجره زمانی مجاز تعیین شده به دست مشتری برسند و در صورت دیرکرد، سیستم توزیع متحمل جریمه می‌شود (بابایی تیرکلایی، ۱۳۹۸). از طرفی لجستیک به جزء قابل‌توجهی جهت اتصال شرکت‌های زنجیره تأمین مدرن به سراسر محیط کسب‌وکار تبدیل شده است. هزینه‌های مربوط به عملیات‌های مختلف حمل‌ونقل، بخش عمده‌ای از هزینه‌های عملیاتی یک سازمان را در برمی‌گیرند. بنابراین یک برنامه حمل‌ونقل مؤثر می‌تواند به شدّت به سودآوری، رقابت‌پذیری و اعتبار یک سازمان کمک کند. از این جهت، علاقه زیادی به فرمول‌بندی مؤثر مدل‌های حمل‌ونقل و همچنین توسعه استراتژی‌های قدرتمند بهینه‌سازی برای تولید برنامه‌های حمل‌ونقل با کیفیت بالا وجود دارد. حمل‌ونقل کالا و یا ارائه خدمات از نقاط عرضه به مشتریان، یک وظیفه بسیار مهم در زنجیره تأمین است. در اکثر شرکت‌ها، حمل‌ونقل نشان‌دهندهٔ مهمترین عنصر در هزینه‌های لجستیک است (معصومی و بهنامیان، ۱٤۰۰). در اغلب مسائل تصمیم‌گیری از جمله برنامه‌های حمل‌ونقل، اغلب به دلیل خطا در اندازه‌گیری پارامترها، تغییرپذیری مستمر پارامترها و مشکلات مربوط به پیش‌بینی وقایع آینده مانند وجود ترافیک، با عدم‌اطمینان‌هایی همراه است. استوارسازی مدل یکی از راهکارهای مقابله با چنین شرایطی است. با استوارشدن مدل، حساسیت خروجی مدل نسبت به تغییر مقادیر پارامترهای ورودی کاهش می‌یابد و از ناموجه یا نابهینه‌شدن پاسخ مدل در مقابل تغییرپذیری پارامترها در یک بازهٔ معین محافظت می‌شود (برتسیماس و سیم، ۲۰۰٤). در این پژوهش استفاده از برنامه‌ریزی استوار در تعیین زمان‌بندی وسایل نقلیه کیترینگ هوایی می‌تواند راهکاری جهت حداقل‌سازی میزان تأخیر در تحویل مواد غذایی به فرودگاه‌های موردنظر با استفاده حداکثری از ظرفیت وسایل نقلیه موجود باشد. بدین منظور این پژوهش به برنامه‌ریزی وسایل نقلیهٔ حمل‌ونقل و توزیع مواد غذایی با هدف حداقل‌سازی میزان تأخیرات و هزینه‌های به‌کارگیری وسایل نقلیه با در نظر گرفتن ترافیک مسیر پرداخته شده است. هزینه‌ها شامل دو جزء تأخیر و به‌کارگیری وسایل نقلیه هستند. بر اساس مدل ارائه شده غذا در افق‌های زمانی محدود به هواپیما تحویل داده می‌شود که به صورت ریاضی در قالب مدل برنامه‌ریزی خطی عدد صحیح ارائه گردید و همتای آن به صورت مدل استوار ارائه گردیده است به نحوی که علاوه بر حداقل‌سازی هزینه‌های ذکر شده تمامی محدودیت‌های در نظر گرفته شده برای میزان حمل غذا، زمان حرکت وسایل نقلیه، تعیین وسیله نقلیه و بازه زمانی و میزان تأخیر در تحویل را پوشش دهد. لذا می‌توان شاهد اثرات بهینه‌سازی بر برنامه‌ریزی وسایل نقلیه باشیم. مسأله موردنظر شامل ماشین‌های یخچال‌دار همگن با ظرفیت یکسان جهت توزیع می‌باشد. مطالعه موردی این پژوهش در شرکت کیترینگ هوایی آرمان صورت گرفته است که این شرکت تقاضای فرودگاه امام خمینی، 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 وسایل نقلیه برای عملکرد بهتر و کاهش هزینه‌ها از اهمیت زیادی برخوردار است. مدل ارائه شده توسط نرم‌افزار گمز حل شده است.

۲- پیشینه تحقیق

معصومی و بهنامیان (۱٤۰۰) به برنامه‌ریزی ظرفیت وسایل نقلیه در یک مسئله مسیریابی چند هدفه با ناوگان ناهمگن با در نظر گرفتن پنجره‌های زمانی پرداختند. نتایج حاصل نشان داد که با در نظر گرفتن ناوگان اجاره‌ای در بخش عظیمی از هزینه‌ها و انرژی مصرفی صرفه‌جویی شده است. همچنین رویکرد پیشنهادی توانسته به عنوان یک سیستم تصمیم‌گیری پشتیبان برای بررسی استراتژی‌های ظرفیت شرکت‌های باربری مورد استفاده قرار گیرد. مشهدی و توکلی مقدم (۱٤۰۰) به مدل‌سازی ریاضی برای مسئله مکان‌یابی-مسیریابی دو سطحی در زنجیره تأمین مواد غذایی فسادپذیر با ریسک اختلال پرداختند که شامل مکان‌یابی تسهیلات، تخصیص جریان بین تسهیلات و تصمیمات مسیریابی است و به ارائه مدل سه هدفه جهت کمینه‌سازی هزینه‌های عملیاتی شامل هزینه بازگشایی مراکز خدمات‌رسانی، هزینه تعمیر مسیرها در جریان اختلال و هزینه تقاضاهای برآورده نشده، کمینه‌سازی زمان پاسخ و بیشینه‌سازی قابلیت اطمینان مسیرها می‌پردازد. درستی مدل پیشنهادی از طریق حل با روش محدودیت اپسیلون در نرم‌افزار گمز بررسی می‌شود. جهت نشان

دادن کارایی مدل پیشنهادی ارائه شده، نمونه مطالعات واقعی شامل نواحی ده‌گانه منطقه یک شهر تهران مورد آزمون قرار گرفت. شفیعی و همکاران (۱۳۹۹) به طراحی مدل ریاضی برای زنجیرهٔ تأمین پایدار سه‌سطحی چنددوره‌ای-چند محصولی در صنعت لبنیات در شرایط عدم‌قطعیت که محصولاتش بر اساس سیاست صدور خروج به ترتیب ورود از انبار تخلیه می‌شود. بدین منظور، یک مدل برنامه‌ریزی غیرخطی عدد صحیح مختلط ارائه شده است که هزینه‌های کل زنجیره را با در نظر گرفتن ملاحظات زیست محیطی و اجتماعی بهینه می‌کند. 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 ارائه شده و دستیابی به راه حل‌های با کیفیت در زمان منطقی را نشان می‌دهد. نتایج این پژوهش را شرکت‌ها برای تصمیم‌گیری دربارهٔ کاهش هزینه‌های سر به سر و آثار زیست محیطی و اجتماعی فعالیت‌ها می‌توانند استفاده کنند. رضایی و همکاران (۱۳۹۹) به طراحی مدل مسیریابی وسیله نقلیه ناهمگن با در نظر گرفتن اولویت‌بندی پنجره‌های زمانی مشتریان پرداختند. در این پژوهش به بررسی مسئله مسیریابی وسیله نقلیه ناهمگن با در نظر گرفتن چندین دپو توزیع کالا و اولویت‌بندی پنجره‌های زمانی مشتریان پرداخته شده است. مسئله ارائه شده دارای دو هدف است، هدف اول به حداقل رساندن هزینه‌های حمل‌ونقل و هدف دوم کاهش زمان انتظار مشتریان و در نتیجه افزایش رضایت مشتریان با توجه به پنجره‌های زمانی اولویت‌بندی شده برای آنان است. نتایج به دست آمده از حل مسایل در بعد کوچک و بزرگ نشان می‌دهد این الگوریتم‌ها، کارایی و اثربخشی مناسبی در حل مسایل مختلف بخصوص با اندازه‌های بزرگ را در زمان کوتاه دارند. 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. کو و همکاران (۲۰۲۲) به بررسی مشکل مسیریابی خودرو با پهپادها با در نظر گرفتن پنجره‌های زمانی پرداختند. همکاری کامیون‌ها و وسایل نقلیه هوایی بدون سرنشین (پهپاد) به روشی جدید تحویل در حوزه لجستیک و حمل‌ونقل تبدیل شده است. در این شکل از همکاری، کامیون‌ها نه تنها قادر به ارائه خدمات به مشتریان هستند، بلکه به عنوان یک "سکوی پرتاب" برای پهپادها عمل می‌کنند که در آن پهپادها می‌توانند برای خدمات‌رسانی به مشتری پرتاب شوند و سپس در گره قرار ملاقات بازیابی شوند. در این مطالعه این همکاری را با توسعه مدلی برای مشکل مسیریابی وسیله نقلیه با هواپیماهای بدون سرنشین که حضور پنجره‌های زمانی مشتری را در نظر می‌گیرد، بررسی کند. یک مدل برنامه‌ریزی عدد صحیح مختلط برای به حداقل رساندن کل هزینه‌های سفر ارائه شده است. سپس، یک روش ساده و در عین حال موثر جستجوی همسایگی متغیر با یک نمایش راه‌حل جدید به عنوان یک حل‌کننده پیشنهاد می‌شود. نتایج عددی نشان دهنده توانایی روش حل پیشنهادی برای حل مدل و همچنین بهبود عملکرد تحویل با استفاده از پهپادها است. شاپ و همکاران (۲۰۲۲) به جستجوی محله بزرگ برای مشکل مسیریابی خودرو با پنجره‌های زمانی چندتایی پرداختند. لجستیک کاربر محور که هدف آن رضایت مشتری است به دلیل رشد تجارت الکترونیک و تحویل در خانه اهمیت بیشتری پیدا می‌کند. رضایت مشتری را می‌توان با ارائه پنجره‌های زمان تحویل محدود به شدت افزایش داد. اما پنجره‌های زمانی تحویل کاربر پسند ممکن است انعطاف‌پذیری عملیاتی را کاهش دهند. در برابر این مسئله، این تحقیق مشکل مسیریابی وسیله نقلیه را با پنجره‌های زمانی متعدد مطالعه می‌کنیم که مجموعه‌ای از مسیرهای بهینه را تعیین می‌کند به طوری که هر مشتری یک بار در یک پنجره از چندین پنجره زمانی بازدید می‌شود. آنها نشان دادند که ارائه پنجره‌های زمانی متعدد می‌تواند از نظر اقتصادی برای ارائه‌دهندگان خدمات لجستیک مفید باشد و انعطاف‌پذیری مشتری را به‌طور همزمان افزایش دهد. ژانگ و همکاران (۲۰۲۰) به ارائه مدل بهینه‌سازی فازی برای مشکل مسیریابی وسایل نقلیه الکتریکی با پنجره‌های زمانی و ایستگاه‌های شارژ پرداختند. در مدل ارائه شده، از اعداد فازی برای نشان دادن عدم‌قطعیت‌های زمان سرویس، مصرف انرژی

باتری و زمان سفر استفاده شده است. علاوه بر این، شارژ جزئی در محیط نامشخص مجاز است. برای حل این مدل، یک الگوریتم جستجوی همسایگی بزرگ تطبیقی با روش شبیه‌سازی فازی پیشنهاد شده است. وو و وو (۲۰۲۰) به تحقیق در مورد مسئله مسیریابی وسیله نقلیه سبز به صورت تحویل تقسیم شده وابسته به زمان برای محصولات کشاورزی تازه با پنجره‌های زمانی، با در نظرگرفتن هزینه و رضایت مشتری پرداختند. یک تابع اندازه‌گیری رضایت بر اساس یک پنجره زمانی و یک تابع اندازه‌گیری هزینه اقتصادی با در نظر گرفتن سرعت خودرو، مصرف سوخت، انتشار کربن و پنجره‌های زمانی مشتریان به کار گرفته شد. هدف مدل به حداقل رساندن مجموع هزینه اقتصادی و به حداکثر رساندن میانگین رضایت مشتری است. با توجه به ویژگی‌های مدل، یک جستجوی همسایگی متغیر همراه با الگوریتم ژنتیک مرتب‌سازی غیرغالب طراحی شد. در نهایت، داده‌های تجربی نشان می‌دهند که رویکردهای پیشنهادی به طور موثر هزینه‌های توزیع کل را کاهش می‌دهند و حفظ انرژی و رضایت مشتری را ارتقا می‌دهند. 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 ارائه کردند. 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. با توجه به مرور ادبیات، پژوهش حاضر از ویژگی‌ها و ساختار بدیعی برخوردار است که تاکنون در پژوهش‌های مشابه تعریف نشده است. از جمله مهم‌ترین مزیت‌های مدل پیشنهای این پژوهش می‌توان به در نظر گرفتن ترافیک مسیر با هدف کمینه‌شدن تأخیرات اشاره کرد. هدف مدل پیشنهادی حداقل‌سازی هزینه‌های تأخیر ناشی از به کارگیری وسایل نقلیه جهت حمل‌ونقل مواد غذایی می‌باشد.

جدول ۱. خلاصه‌ای از مطالعات پیشین و جایگاه پژوهش حاضر

ردیف	نویسنده (سال)	حوزه مدنظر			تابع هدف		مدل ریاضی	مدل استوار	رویکرد حل
		زنجیره تأمین مواد فسادپذیر	مسیریابی با پنجره زمانی	برنامه‌ریزی ظرفیت وسایل نقلیه	تک هدفه	چند هدفه			
۱	معصومی و بهنامیان (۱۴۰۰)		✓			✓	برنامه‌ریزی خطی عدد صحیح مختلط		الگوریتم فراابتکاری
۲	مشهدی و توکلی مقدم (۱۴۰۰)	✓		✓		✓	برنامه‌ریزی عدد صحیح مختلط		محدودیت اپسیلون
۳	شفیعی و همکاران (۱۳۹۹)	✓			✓		برنامه‌ریزی خطی و غیرخطی عدد صحیح	✓	دایکوپت و سیمپلکس
٤	رضایی و همکاران (۱۳۹۹)		✓			✓	برنامه‌ریزی غیرخطی عدد صحیح	✓	الگوریتم فراابتکاری NSGA-II

۵	خلیل‌زاده و همکاران (۱۳۹۶)	✓		✓		✓	برنامه‌ریزی عدد صحیح مختلط		الگوریتم روش جستجوی همسایگی
۶	کو و همکاران (۲۰۲۲)		✓			✓	برنامه‌ریزی عدد صحیح مختلط		روش جستجوی همسایگی
۷	شاپ و همکاران (۲۰۲۲)		✓			✓	برنامه‌ریزی عدد صحیح مختلط		روش جستجوی همسایگی
۸	ژانگ و همکاران (۲۰۲۰)		✓			✓	مدل فازی		روش جستجوی همسایگی
۹	وو و وو (۲۰۲۰)	✓	✓			✓	برنامه‌ریزی عدد صحیح مختلط		روش جستجوی همسایگی و ژنتیک
۱۰	یاوری و گرائیلی (۲۰۱۹)	✓				✓	برنامه‌ریزی خطی عدد صحیح مختلط	✓	روش YAG
۱۱	چاکرابورتی و همکاران (۲۰۱۵)	✓			✓		برنامه‌ریزی غیرخطی عدد صحیح مختلط	✓	تحلیل حساسیت و ژنتیک
۱۲	پژوهش حاضر	✓	✓	✓		✓	برنامه‌ریزی خطی عدد صحیح	✓	روش حل دقیق

۳- بیان مسأله

حمل‌ونقل هوایی از صنایعی است که به دلایل مختلفی با عدم قطعیت همراه است. معمولاً عملیات پرواز با زمان‌بندی طرح‌ریزی شده اولیه متفاوت است و برنامه اولیه پیاده‌سازی نمی‌شود. دلیل این موضوع به وجود آمدن تأخیر در پروازهاست که دلایل متعددی دارد. یکی از این دلایل می‌تواند تأخیر در دریافت سفارشات منوی پرواز از طرف کیترینگ به دلایلی چون ترافیک مسیر باشد. بروز تأخیرها در زمان‌بندی اولیه موجب می‌شود پروازها مطابق انتظار شرکت‌های هواپیمایی و مسافران آنها انجام نشوند و متفاوت از برنامه اولیه باشند. این موضوع هزینه‌های زیاد و بعضاً غیرقابل جبرانی به شرکت‌ها و مسافران تحمیل می‌کند. یکی از راهکارهای کاهش این هزینه‌ها، استفاده از برنامه‌های پاسخگو و حساس به عدم قطعیت‌هاست. رویکردی که به برنامه‌ریزی استوار معروف است. بنابراین یک تأخیر در یک منبع از کیترینگ منجر به تأخیر ارسال سفارشات خواهد شد و تأخیر در سفارشات نیز باعث تأخیر در پرواز شده و این موجب بروز تأخیر در یک یا چند پرواز متوالی بعد از آن می‌شود. استفاده از برنامه‌ریزی استوار در تعیین زمان‌بندی وسایل نقلیه کیترینگ هوایی می‌تواند راهکاری جهت حداقل‌سازی

میزان تأخیر در تحویل مواد غذایی به پروازها در فرودگاه‌های موردنظر با استفاده حداکثری از ظرفیت وسایل نقلیه موجود باشد. در این تحقیق تلاش می‌شود زمان‌بندی وسایل نقلیه به گونه‌ای انجام شود که در مقابل اختلال‌ها و تأخیرهای احتمالی منعطف باشد و کمتر از آنها متأثر شود. این پژوهش در کیترینگ هواپیمایی آرمان در نظر گرفته شده که سفارشات تعدادی از پروازهای مربوط به فرودگاه امام‌خمینی را پوشش می‌دهد. این کیترینگ در پی آن است که در طی بازه‌های زمانی تعیین شده با توجه به مفروضات، قوانین و سیاست‌هایش، برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری در مورد توزیع را به‌گونه‌ای انجام دهد که هزینه‌های تأخیر و هزینه‌های به‌کارگیری وسایل نقلیه کمینه گردد. در این کیترینگ، روند کار بدین صورت می‌باشد که ورودی‌ها از تأمین‌کنندگان خریداری و وارد انبار کیترینگ می‌شود. کلیه عملیات تهیه غذا در کیترینگ انجام می‌شود. سپس سفارشات نهایی وارد چرخ‌دستی‌های حمل غذا شده و آماده توزیع به فرودگاه‌ها طبق اطلاعات آماری می‌شود. سفارشات به فرودگاه ارسال می‌شوند و طبق برنامه‌ریزی زمان‌بندی شده به ماشین‌های یخچال‌دار بالابر منتقل شده، به پای پرواز رفته و تحویل سرمهماندار می‌شود. قبل از توضیح مسئله لازم است که مفاهیم کلاسیک مسیریابی وسایل نقلیه با پنجره‌های زمانی توصیف شوند. در مسئله مسیریابی وسایل نقلیه با در نظر گرفتن پنجره‌های زمانی یک گره خاص به نام انبار، مجموعه‌ای از مشتریان و یک شبکه جهت‌دار که انبار را به مشتریان متصل می‌کند، در نظر گرفته می‌شود. علاوه بر این، مجموعه‌ای از وسایل نقلیه نیز در انبار در دسترس هستند. این وسایل نقلیه باید انبار مرکزی را ترک کرده و در نهایت به آن بازگردند. هر وسیله نقلیه یک ظرفیت محدود و هر مشتری یک تقاضای از قبل مشخصی دارد. مسافت و زمان سفر با هر کمان از شبکه مرتبط هستند. از طرف دیگر، به هر مشتری باید در بازه زمانی از پیش تعیین شده خدمت‌رسانی شود. این مسئله به برنامه‌ریزی وسایل نقلیه جهت حمل‌ونقل سفارشات پروازهای فرودگاه امام خمینی می‌پردازد و به نوعی مسیریابی وسایل نقلیه صورت می‌گیرد با این تفاوت که ماشین‌های حمل در هر سفر فقط یک مشتری را پوشش داده و برخلاف فرض مدل کلاسیک مسیریابی، ماشین چند بار از کیترینگ خارج می‌شود. این مسئله یک مدل برنامه‌ریزی وسایل نقلیه را پیشنهاد می‌کند که در آن وسایل نقلیه دارای ظرفیت مشخصی هستند، سفارشات به ترتیب زمانی ارسال خواهند شد و تا مأموریت قبلی انجام نشود، مأموریت بعدی انجام نخواهد پذیرفت. زمان کار رانندگان به صورت مشخص است که در هر روز از میزان مورد نظر نباید فراتر رود. زمان رفت و برگشت و بارگیری وسایل نقلیه برای هر مأموریت در نظر گرفته شده است طوری که تقاضاهای پرواز تأمین شود. ماشین حمل بار با حداکثر زمان کاری مشخص در بازه زمانی مشخص به سمت فرودگاه حرکت خواهد کرد. ساعات پرواز، زمان لازم برای سفر وسایل نقلیه در هر بازه زمانی، زمان لازم برای تخلیه بار، تقاضای پروازها به منوها، ظرفیت وسایل نقلیه، هزینه هر واحد زمانی تأخیر در پروازها، هزینه به کارگیری هر وسیله نقلیه مشخص است. پس از بررسی ادبیات موضوع و مطالعه شکاف و خلأهای موجود، در این پژوهش یک مسأله برنامه‌ریزی وسایل نقلیه به همراه بازه‌های زمانی به مشتریان با در نظر گرفتن شرایط مختلف ترافیکی ارائه می‌شود. ۵ بازه زمانی بدین ترتیب در نظر گرفته شده است. ساعت ۲٤ تا ٦ صبح، ساعت ٦ تا ۹ ، ۹ تا ۱۳ ، ۱۳ تا ۱۸ و در نهایت ۱۸ تا ۲٤ . در واقع شرایط مختلف ترافیکی تعیین‌کننده و معادل با متوسط سرعت حرکت وسایل نقلیه است که هرچه وضعیت ترافیک مناسب‌تر باشد سرعت وسایل نقلیه نیز جهت سرویس‌دهی بیشتر است.

همچنین در مدل برنامه‌ریزی خطی عدد صحیح پیشنهادی، پارامتر زمان سفر غیرقطعی در نظر گرفته شده و از بهینه‌سازی استوار برای کنترل آن استفاده شده است.

٤-مفروضات مدل

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

-ظرفیت ماشین‌های حمل‌ونقل مشخص است.

-ماشین‌های حمل حداقل باید ۳ ساعت قبل از پرواز و حداکثر ٤/۵ ساعت قبل از پرواز به فرودگاه برسد.

-سفارشات باید حداکثر تا ۲٤ ساعت بعد از زمان تولید مصرف شوند.

٤-١-مدل ریاضی مسئله

در این بخش مدل ریاضی مسئله مورد نظر ارائه می‌گردد.

اندیس‌ها و مجموعه‌ها

I: مجموعهٔ تمام بازه‌های زمانی

i: اندیس بازه زمانی ($i \epsilon I$)

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: مجموعه تمام پروازها

f: اندیس پرواز

پارامترهای مسئله

t_i: زمان لازم برای سفر وسیله نقلیه به فرودگاه در بازه زمانی i ام

Dep_f: لحظه انجام پرواز f

maxtime: حداکثر زمان کاری وسایل نقلیه در طول روز

ul: زمان لازم برای تخلیه بار وسیله نقلیه

Dem_f: تقاضای پرواز f به منوی غذایی

cap_v: ظرفیت وسیله نقلیه v

DC_f: هزینه هر واحد زمانی تاخیر در پرواز f

HC_v: هزینه به‌کارگیری وسیله v

BN: عدد بسیار بزرگ

متغیرهای مسئله

Q_{fvn}: میزان غذا (بر حسب پکیج) که ماشین v در n امین حرکت خود برای پرواز f حمل می‌کند.

H_{vn}: زمان n امین حرکت ماشین v به سمت فرودگاه.

X_v: متغیر صفر و یک نشان‌دهندهٔ اینکه آیا ماشین v مورد استفاده قرار می‌گیرید یا خیر.

Z_{vn}: متغیر صفر و یک نشان‌دهندهٔ اینکه آیا ماشین v حرکت n ام خود به سمت فرودگاه را انجام می‌دهد یا خیر.

Z'_{fvn}: متغیر صفر و یک نشان‌دهندهٔ اینکه آیا ماشین v در n امین حرکت خود نیاز پرواز f را حمل می‌کند یا خیر.

Y_{ivn}: متغیر صفر و یک نشان‌دهندهٔ اینکه آیا ماشین v حرکت n ام خود به سمت فرودگاه را در بازه زمانی i انجام می‌دهد یا خیر.

Del_f: میزان تأخیر در تحویل مواد غذایی به پرواز f

مدل ریاضی

مدل ریاضی و محدودیت‌ها به شکل زیر ارائه می‌شود:

$$Min \sum_{f \epsilon F} DC_f Del_f + \sum_{v \epsilon V} HC_v X_v \qquad (1)$$

$$\sum_{f \epsilon F} Q_{fvn} \leq Cap_v * Z_{vn} \qquad \forall n \epsilon N, v \epsilon V \qquad (2)$$

$$Z_{v(n+1)} \leq Z_{vn} \qquad \forall n \epsilon N, v \epsilon V \qquad (3)$$

$$\sum_{n\epsilon N}\sum_{i\epsilon I}(2t_i + ul)\,Y_{ivn} \le maxtime \qquad \forall\, v\epsilon V \tag{4}$$

$$H_{vn} \le BN * Z_{vn} \qquad \forall n\epsilon N, v\epsilon V \tag{5}$$

$$H_{vn} \ge H_{v(n-1)} + \sum_{i\epsilon I} 2t_i\, Y_{ivn} + ul - BN(1 - Z_{vn}) \qquad \forall n\epsilon N, v\epsilon V \tag{6}$$

$$\sum_{v\epsilon V}\sum_{n\epsilon \mathrm{N}} Q_{fvn} = Dem_f \qquad \forall f\epsilon F \tag{7}$$

$$Q_{fvn} \le \mathrm{BN} * Z'_{fvn} \qquad \forall n\epsilon N, v\epsilon V, f\epsilon F \tag{8}$$

$$\mathrm{H}_{vn} + \sum_{i\epsilon I} t_i\, Y_{ivn} - Del_f \le \mathrm{Dep}_f - 3 * 60 + BN\big(2 - Z_{vn} - Z'_{fvn}\big)$$
$$n\epsilon N, v\epsilon V, f\epsilon F \tag{9}$$

$$\mathrm{H}_{vn} + \sum_{i\epsilon I} t_i\, Y_{ivn} \ge \mathrm{Dep}_f - 4.5 * 60 - BN\big(2 - Z_{vn} - Z'_{fvn}\big)$$
$$\forall n\epsilon N, v\epsilon V, f\epsilon F \tag{10}$$

$$Z_{vn} = \sum_{i\epsilon I} Y_{ivn} \qquad \forall n\epsilon N, v\epsilon V \tag{11}$$

$$\sum_{f\epsilon F} Z'_{fvn} \le \mathrm{BN} * Z_{vn} \qquad \forall n\epsilon N, v\epsilon V \tag{12}$$

$$\sum_{n\epsilon N} Z_{vn} \le \mathrm{BN} * X_v \qquad \forall v\epsilon V \tag{13}$$

$$\sum_{n\epsilon N} Y_{ivn} \le 1 \qquad \forall v \in V, i \in I \tag{14}$$

$$Y_{ivn} \le \sum_{i'<i} Y_{i'v(n-1)} \qquad \forall v \in V, i \in I, n \in N: n > 1 \tag{15}$$

رابطه شماره (۱) تابع هدف مسأله است که نشان دهنده مجموع هزینه‌هاست، جمله اول این تابع، مجموع هزینه‌های تأخیر، و جمله دوم مجموع هزینه‌های به کارگیری وسیله های نقلیه را نشان می‌دهد. رابطه شماره (۲) تضمین می‌کند که ظرفیت وسایل حمل در هر بار حرکت به سمت فرودگاه نقض نشود. محدودیت شماره (۳) تضمین می‌کند، اگر وسیله حمل حرکت (n+1) را انجام دهد، حتما مأموریت n را انجام داده است. رابطه شماره (٤) بیانگر آن است که کل زمان کار رانندگان وسایل حمل در روز از سقف مشخصی فراتر نرود. رابطه شماره (٥) ارتباط منطقی بین متغیرهای تصمیم را نشان می‌دهد. رابطه شماره (٦) بیانگر آن است 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. رابطه شماره (۷) نشان دهندهٔ تأمین تقاضای پروازهاست. نامعادله شماره (۸) ارتباط منطقی بین متغیرهای تصمیم را نشان می‌دهد. رابطه شماره (۹) بیانگر آن است که ماشین حمل بار باید حداقل ۳ ساعت قبل از پرواز به فرودگاه برسد. رابطه شماره (۱۰) نشان دهندهٔ آن است که تقاضای هر پرواز می‌تواند حداکثر ٤/٥ ساعت قبل از انجام پرواز به فرودگاه برسد. معادلهٔ شماره (۱۱) تضمین می کند که اگر ماشین حمل حرکتی به سمت فرودگاه داشته باشد، در بازهٔ زمانی مشخص خواهد بود. رابطه شماره (۱۲ و ۱۳) ارتباط منطقی بین متغیرهای تصمیم را نشان می دهد. رابطه شماره (١٤) بیان می کند یک ماشین در یک بازه زمانی حداکثر یک بار به سمت یک فرودگاه می رود و در نهایت نامعادله شماره (۱۵) توالی حرکت هر ماشین را بیان می‌کند.

٤-٢-مدل استوار

مدل ارائه شده در بخش قبل برای حالت قطعی بود که در آن تمام پارامترهای مدل مورد نظر از قبل تعیین شده و مشخص هستند. اما برای تطابق بیشتر مدل مورد نظر با شرایط دنیای واقعی و از آنجایی که زمان سفر وسایل نقلیه با توجه به ترافیک مسیر در بازه‌های زمانی مختلف قطعی نیست، پارامتر t در این پژوهش عدم قطعیت دارد، که آن را به صورت $\bar{t}_i$ تعریف می کنیم که میانگین سفر را میرساند. از آنجایی که در این پژوهش از منطق برتسیماس و سیم که رویکردی بازه محور می باشد، استفاده شده است؛ $\hat{t}_i$ را به صورت زیر تعریف می‌کنیم.

$\bar{t}_i$: میانگین مدت زمان سفر به فرودگاه در بازه زمانی i

$\hat{t}_i$: بازه‌ی تغییرات مدت زمان سفر به فرودگاه در بازه زمانی i

برای استوارسازی مدل، پارامتر درجه استواری به شرح زیر نیاز داریم.

$\Gamma 1_v$، $\Gamma 2_{vn}$، $\Gamma 3_{fvn}$، $\Gamma 4_{fvn}$: درجه استواری

ضمنا متغیرهای زیر به مسئله اضافه می‌شود.

$P1_v$، $P2_{vn}$، $P3_{f,v,n}$، $P4_{f,v,n}$، $\theta 1_{ivn}$، $\theta 2_{ivn}$، $\theta 3_{ifvn}$، $\theta 4_{ifvn}$: متغیرهای دوگان

بر این اساس می‌توان همتای استوار مدل فوق را به صورت زیر مدلسازی کرد.

محدودیت شماره ٤ حذف و محدودیت‌های شماره ١٦ و ١٧ جایگزین آن می‌شوند. به طور مشابه محدودیت شماره ٦ حذف و محدودیت‌های شماره ١٨ و ١٩ جایگزین می‌شوند. همچنین محدودیت‌های شماره‌های ٢٠ و ٢١ جایگزین محدودیت شماره ٩ و در نهایت محدودیت‌های شماره ٢٢ و ٢٣ جایگزین محدودیت شماره ١٠ می‌شوند.

$$\sum_{n\epsilon N}\sum_{i\epsilon I}(2\bar{t}_i + ul)Y_{ivn} + \Gamma 1_v P1_v + \sum_{n\epsilon N}\sum_{i\epsilon I}\theta 1_{ivn} \le maxtime \quad \forall\, v\epsilon V \quad (16)$$

$$P1_v + \theta 1_{ivn} \ge \hat{t}_i Y_{ivn} \qquad \forall i\epsilon I, n\epsilon N, v\epsilon V \quad (17)$$

$$\sum_{i\epsilon I} 2\bar{t}_i\, Y_{ivn} + ul + H_{v(n-1)} - H_{vn} + \Gamma 2_{vn} P2_{vn} + \sum_{i\epsilon I}\theta 2_{ivn} - BN(1 - Z_{vn}) \le 0 \quad \forall n\epsilon N, v\epsilon V \quad (18)$$

$$P2_{vn} + \theta 2_{ivn} \ge \hat{t}_i Y_{ivn} \qquad \forall i\epsilon I, n\epsilon N, v\epsilon V \quad (19)$$

$$\sum_{i\epsilon I} \bar{t}_i\, Y_{ivn} + \mathrm{H}_{vn} - Del_f + \Gamma 3_{fvn} P3_{fvn} + \sum_{i\epsilon I}\theta 3_{ifvn} \le \mathrm{Dep}_f - 3*60 + BN\left(2 - Z_{vn} - Z'_{fvn}\right) \quad n\epsilon N, v\epsilon V, f\epsilon F \quad (20)$$

$$P3_{fvn} + \theta 3_{ifvn} \ge \hat{t}_i Y_{ivn} \qquad \forall i\epsilon I, f\epsilon F, n\epsilon N, v\epsilon V \quad (21)$$

$$\sum_{i\epsilon I} \bar{t}_i\, Y_{ivn} + \mathrm{H}_{vn} - \Gamma 4_{fvn} P4_{fvn} + \sum_{i\epsilon I}\theta 4_{ifvn} \ge \mathrm{Dep}_f - 4.5*60 - BN\left(2 - Z_{vn} - Z'_{fvn}\right) \quad \forall n\epsilon N, v\epsilon V, f\epsilon F \quad (22)$$

$$P4_{fvn} + \theta 4_{ifvn} \ge \hat{t}_i Y_{ivn} \qquad \forall i\epsilon I, f\epsilon F, n\epsilon N, v\epsilon V \quad (23)$$

٤-٣-حل مدل

مدل ارائه شده در این مقاله، یک مدل برنامه‌ریزی خطی عدد صحیح است . به منظور ارزیابی عملکرد مدل پیشنهادی، مسأله با داده‌های واقعی شرکت کیترینگ هوایی آرمان تعریف شده است. تابع هدف که نشان دهنده مجموع هزینه‌هاست، در دو بخش هزینه‌های تأخیر و هزینه‌های به کارگیری وسیله‌های نقلیه در نظر گرفته شده است.

٤-٤-ورودی مدل

در این پژوهش، زمان‌بندی ماشین‌آلات با توجه به ترافیک مسیر صورت می‌گیرد. بدین منظور ۵ بازه زمانی در شبانه روز در نظر گرفته شده است که زمان سفر وسایل نقلیه از کیترینگ به فرودگاه در آنها به شرح جدول ۱ مشخص شده است.

در مطالعه موردی، کیترینگ شرکت هواپیمایی آرمان به ۹۰ پرواز سرویس می‌دهد که اطلاعات مربوط به تقاضای آنها از منوهای غذایی به شرح جدول ۲ می‌باشد.

جدول ۱. زمان لازم برای سفر وسیله نقلیه به فرودگاه (دقیقه)

	بازه زمانی	مدت زمان
i_1	24-6	۱۵
i_2	6 - 9	٤۵
i_3	9 - 13	۲۵
i_4	13 - 18	٤۵
i_5	18-24	٤۵

جدول ۲. اطلاعات پرواز

پرواز	تقاضا	پرواز	تقاضا	پرواز	تقاضا	پرواز	تقاضا	پرواز	تقاضا
F1	188	F19	108	F37	191	F55	100	F73	186
F2	100	F20	190	F38	58	F56	80	F74	237
F3	164	F21	157	F39	91	F57	262	F75	178
F4	403	F22	195	F40	71	F58	235	F76	225
F5	160	F23	120	F41	106	F59	169	F77	127
F6	157	F24	103	F42	231	F60	196	F78	148
F7	75	F25	162	F43	188	F61	70	F79	164
F8	172	F26	218	F44	190	F62	81	F80	77
F9	95	F27	100	F45	220	F63	86	F81	256
F10	160	F28	75	F46	110	F64	195	F82	60
F11	42	F29	194	F47	145	F65	165	F83	115
F12	100	F30	175	F48	90	F66	195	F84	262
F13	75	F31	262	F49	415	F67	433	F85	85
F14	61	F32	207	F50	190	F68	196	F86	264
F15	100	F33	302	F51	200	F69	188	F87	164
F16	190	F34	278	F52	256	F70	249	F88	458
F17	190	F35	360	F53	100	F71	260	F89	51
F18	52	F36	446	F54	143	F72	215	F90	106

هزینه هر واحد زمانی تأخیر در پرواز ٤۰۰۰۰۰۰ ریال است. منظور از هزینه تاخیر در این پژوهش، هزینه‌ای است که بابت تاخیر در رساندن و تحویل دادن سفارشات پروازها، که منجر به تاخیر ساعت پرواز می شود، به شرکت کترینگ تحمیل می‌گردد. از جمله این هزینه‌ها، هزینه پذیرایی احتمالی از مسافران در فرودگاه به دلیل تاخیر پرواز با توجه به میزان ساعت تاخیر و همچنین تاثیر منفی در اعتبار شرکت و احتمال کاهش سفارشات و ... می‌باشد. همچنین هزینه سفر هر وسیله نقلیه در هر بار حرکت به فرودگاه ۲٤۰۰۰۰۰ ریال می‌باشد. کلیه ماشین آلات همگن بوده و ظرفیت آنها معادل حمل ۱۵۰۰ منوی غذایی می‌باشد.

٤-۵-خروجی مدل

به منظور اعتبارسنجی مدل پیشنهادی مورد کاوی کیترنگ هوایی آرمان استفاده شده است و با بهره‌گیری از اطلاعات مثال عددی و با استفاده از نرم‌افزار گمز مدل پیشنهادی حل شد. یکی از جملات تابع هدف هزینه های به کارگیری وسیله‌های نقلیه است. جدول

شماره ۳ باتوجه به بازه زمانی و تعداد تقاضای هر پرواز و ساعت پرواز، برنامه ریزی ماشین آلات را نشان می دهد.

به عنوان مثال: ماشین شماره ۲ در اولین حرکت خود تقاضای پروازهای شماره ۲ و۷ و۵۰ و۵۲ و همچنین در دومین حرکت خود، تقاضای پروازهای ۳ و۲٤ و ٤٤ و۵۳ و۷۱ و۷۲ و۷٤ را حمل می‌کند.

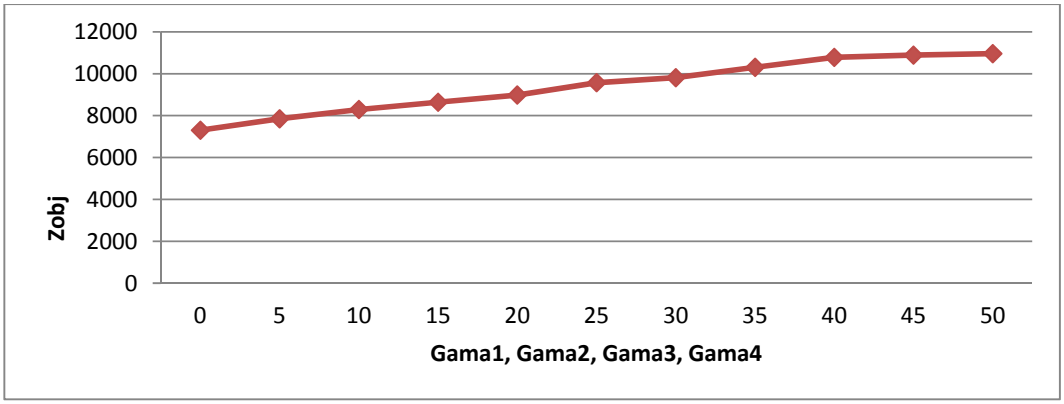
جدول ۳. برنامه ریزی حرکت وسایل نقلیه

حرکت / وسیله نقلیه	اول	دوم	سوم	چهارم	پنجم
اول	F1, F22, F23, F43, F49, F55, F69	F4, F10, F45, F76, F80, F81, F83	F28, F31, F48, F57, F84, F85	F36, F37,F38, F64, F67, F87	F21, F42, F65
دوم	F2, F7, F50, F52	F3, F24, F44, F53, F71, F72, F74	F6, F15, F16, F17, F27, F29, F30, F32, F47	F58, F59, F60, F63, F86	
نهم	F8, F9, F14, F26, F51, F70, F73, F75	F5, F11, F12, F13, F25, F46, F52, F56, F77, F78, F79, F82	F33, F39, F40, F61, F66, F88, F89	F18, F19, F20, F34, F35, F41, F62, F68, F90	

جدول شماره ٤ زمان حرکت هر ماشین را به دقیقه نشان می‌دهد. به عنوان مثال ماشین شماره یک، دومین حرکت را در ساعت ۳ بامداد انجام داده است. مقدار به دست آمده تابع هدف برای مدل قطعی ۷۳۰۳، میزان تاخیر ۰ و هچنین زمان حل ۱۸۰۰۰ ثانیه می‌باشد. برای به دست آوردن گامای مناسب در مدل استوار، گاما را از ۰ تا ۵۰ مقدار می‌دهیم، تابع هدف روند افزایشی پیدا می‌کند. یعنی هر چه گاما بیشتر می‌شود و مدل به سمت استوار می‌رود، مقدار تابع هدف بدتر می‌شود (با توجه به مینیمم بودن مدل، مقدار تابع هدف بیشتر می‌شود). بعد از گاما ٤۰ مدل خیلی نسبت به گاما حساس نیست، در نتیجه میتوانیم گامای مناسب را گامای ٤۰ در نظر بگیریم. شکل ۱، بیانگر این مسئله است.

جدول ٤. زمان حرکت ماشین‌ها به سمت فرودگاه (دقیقه)

حرکت / وسیله نقلیه	اول	دوم	سوم	چهارم	پنجم
اول	٦۵	۱۸۰	۵۹۵	۸۷۰	۱۱۲۵
دوم	٦۵	۱۵۵۵	٤۸۰	۸۰۰	–
نهم	۱۳۵	۲۸۰	۹۳۵	۱۰۵۰	–



شکل ۱. مقادیر تابع هدف با توجه به تغییر گاما در مدل استوار

۵-نتیجه‌گیری

این مطالعه، به ارائه مدل استوار برنامه‌ریزی وسایل نقلیه با درنظرگرفتن ترافیک مسیر و با هدف کمینه‌شدن تأخیرات در کیترینگ هواپیمایی آرمان، می‌پردازد. بر این اساس زنجیره تأمین دو سطحی شامل تأمین‌کننده و مشتری برای محصولات فسادپذیر بررسی شد. هدف کاهش هزینه‌های تأخیر و هزینه‌های به‌کارگیری وسایل نقلیه بود که هزینه‌های تأخیر و به‌کارگیری وسایل نقلیه با توجه به عدم قطعیت در پارامترها به دلیل وجود ترافیک مسیر در نظر گرفته شد و مدل پیشنهادی با استفاده از رویکرد قطعی و رویکرد بهینه‌سازی استوار حل شد. نتایج نشان می‌دهد مدل ارائه شده موثر و کارا است و می‌تواند یک برنامه ریزی تولید بهینه را در شرایط نبود قطعیت ارائه دهد. به کارگیری مدل های استوار، تأثیر زیادی در کمک به مدیران برای تصمیم گیری در شرایط نامطمئن دارد تا ارسال سفارشات را در کیترینگ هواپیمایی آرمان بهینه کند. به منظور اعتبار سنجی مدل پیشنهادی، با اطلاعات کیترینگ هوایی آرمان و با بهره گیری از نرم افزار گمز مورد کاوی انجام شده است. پیشنهاد می شود به منظور جلوگیری از افزایش زمان اجرای مدل در ابعاد بزرگتر در صورت نیاز از روش‌های فراابتکاری کارآمد برای حل مدل استفاده شود.

٦- مراجع

-رضائی‌منش، معصومه، رشیدی کمیجان، علیرضا و کاظمی‌پور، حامد، (١٤٠١). مدل یکپارچه تأمین، تولید و توزیع در زنجیرهٔ تأمین مواد غذایی فرودگاهی با در نظر گرفتن تخیف کلی و نموی (مطالعه موردی: کیترینگ هواپیمایی آرمان)، *فصلنامه علمی جاده*، سال بیستم، دوره چهارم، شماره۱۱۳،۲۲٦-۲۰۹.

- معصومی، ملیحه و بهنامیان، جواد، (١٤٠٠). برنامه‌ریزی ظرفیت وسایل نقلیه در یک مسئله مسیریابی چندهدفه با ناوگان ناهمگن، *فصل‌نامه پژوهش‌نامه بازرگانی*، شماره ۱۰۰، ۱۹۸-۱۵۹.

-مشهدی، ندا و توکلی مقدم، رضا، ١٤٠٠، مدل سازی ریاضی برای مسئله مکان یابی-مسیریابی دوسطحی در زنجیره تأمین مواد غذایی فسادپذیر با ریسک اختلال، *دوفصلنامه پژوهشی مدیریت بحران*، شماره ۱۹، ٤٦-۳۱.

-شفیعی، فهیمه، کاظمی، عالیه، جعفرنژاد چقوشی، احمد، سازور، زینب و عموزاد مهدیرجی، (۱۳۹۹)، ارائه یک مدل بهینه سازی استوار زنجیره تأمین پایدار برای محصولات فاسدپذیر لبنی، *مدیریت تولید و عملیات*، دوره ۱۱، شماره ۳، پیاپی ۲۲، ٤٦-۱۷.

-بابایی تیرکلایی، عرفان، هادیان، دهقان؛ مهدوی، ایرج و سید اصفهانی، میرمهدی، (۱۳۹۸). حل مسأله مسیریابی وسایل نقلیه سبز با در نظر گرفتن وضعیت ترافیک شهری و کاهش سوخت مصرفی در توزیع کالاهای فاسدشدنی، *فصلنامه مهندسی حمل و نقل*، سال یازدهم، شماره اول، پیاپی٤٢، ۱۸۰-۱٦۳.

-خلیلزاده، محمد، شاکری، هدیه و کریمی مشکانی، محمد (۱۳۹٦). ارائه یک مدل فازی برای مسئله مکانیابی-مسیریابی در زنجیره تأمین مواد غذایی فسادپذیر، *بررسی‌های بازرگانی*، ۸٤ و ۸۵، ۳٦-۲۰.

-Bertsimas, D. and Sim M. (2004). The price of robustness. *Operations Research*, 52(1), 35-53.

-Bertsimas, D., Pachamanova D., and Sim M. (2004). Robust linear optimization under general norms. *Operations Research Letters,* 32(6), 510-516.

-Bertsimas, J.B., Sim, M. (2004). The Price of Robustness. *Operations Research.* 52(1), 35 53.

-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.

-Kuo, R.J., Shih-Hao Lu, Pei-Yu Lai & Setyo Tri Windras Mara, (2022). Vehicle routing

-Tavakkoli-Moghaddam, R. Safali, N. and Gholipour, Y. (2006). A hybrid simulated annealing for capacitated vehicle routing problems with the independent route length. *Applied Mathematics and Computation,* 176, 445- 454.

-Tavakkoli-Mohghaddam, R. Safali, N. and Rabbani, M. (2007)A new capacitated vehicle routing problem with split service for minimizing oat cost by simulated annealing. *Journal of the Franklin Institute.* 344, 406-425.

-Wu, D.; Wu, C. (2022). Research on the Time-Dependent Split Delivery Green Vehicle Routing Problem for Fresh Agricultural Products with Multiple Time Windows. *Agriculture Large*, 12, 793.
doi.org/ 10.3390/agriculture1206079

-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, 282-305.

-Zhang, Shuai & Mingzhou Chen & Wenyu Zhang & Xiaoyu Zhuang, (2020). Fuzzy optimization model for electric vehicle routing problem with time windows and recharging stations, Vol. 145, 113123.

problem with drones considering time windows Vol. 191, 116264.
doi.org/10.1016/j.eswa.2021.116264

-Moghadam, B. F., Sadjadi, S. J., Seyedhosseini, S. M., (2010). Comparing Mathematical and Heuristic Methods for Robust Vehicle Routing Problem. *IJRRAS,* 2(2), 108-116.

-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.

-Schaap Hendrik, Maximilian Schiffer, Michael Schneider & Grit Walther (2022). A Neighborhood Search for the Vehicle Routing Problem with Multiple Time Windows. **doi.org/10.1287/trsc.2021.1120**

Robust Programming of Aircraft Catering, Considering Rout Traffic, with the Purpose of Minimizing Delays (Case Study: Arman Airline Catering)

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

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

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

E-mail: rashidi@azad.ac.ir

Received: August 2024- Accepted: December 2024

ABSTRACT

Air-travel catering is a complex industry of food services with the aim of providing and offering hospitality services to the airline passengers. This research uses robust optimization in vehicle scheduling with the time-table in order to minimize delay of food delivering to the airports. Besides, the significant factor of route traffic should be considered due to the vehicle movement time. In previous models of aviation domain, the focus has been on related factors to the airlines in order to face and reduce flight delay while external factors and their impact on flight delay is not noted. Additionally, in this research, machinery scheduling is performed due to the traffic congestion which is formulated in different ways from the previous studies. In integer linear programming model, travel time parameter in considered as an uncertain factor and uses robust optimization to control the object. The proposed model is solved by Arman airline catering data and GAMS software. The results show that the presented model is effective and could present an optimal production plan under uncertain conditions.

Keywords: Robust Programming, Robust Optimization, Airline Catering