اقتصاد کشاورزی و توسعه، سال ۲۷، شمارهٔ ۱۰۸، زمستان ۱۳۹۸

DOI: 10.30490/aead.2020.252609.0

الگوی مسیریابی بهینهٔ ناوگان حمل‌ونقل توزیع گوشت مرغ شهر تهران در حالت چندقرارگاهی با محدودیت پنجره زمانی*

فرشید ریاحی درچه[۱]، امیرحسین چیذری[۲]، رضا اسفنجاری کناری[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۴/۳۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۹/۱۵

چکیده

حمل‌ونقل یک رشتهٔ خدماتی است که از تولید تا مصرف تمامی کالاها و خدمات نقش و سهم به‌سزایی دارد. این مسئله برای کالاهای فسادپذیر همانند گوشت مرغ و همچنین، در شهرهای بزرگ اهمیت دوچندان پیدا می‌کند. در همین راستا، مطالعه حاضر با هدف طراحی

* بدین وسیله از شهرداری تهران به‌ویژه مرکز مطالعات و برنامه‌ریزی شهر تهران به‌خاطر حمایت مالی در انجام پژوهش حاضر و همچنین، همکاری در جمع‌آوری اطلاعات پژوهش صمیمانه تشکر و قدردانی می‌شود.

۱. نویسنده مسئول و کارشناس ارشد اقتصاد کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ایران. (farshidriahi@ut.ac.ir)

۲. استادیار گروه اقتصاد کشاورزی، دانشگاه تهران، ایران.

۳. استادیار گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران.

الگـوی مسـیریابی ناوگـان حمـل‌ونقـل نـاهمگن در حالـت چنـدقرارگاهی و بـا در نظـر گـرفتن محدودیت پنجره زمانی در قالب الگوهای برنامه‌ریزی خطـی عـدد صـحیح مختـلط انجـام شـد. بدین منظور، با توجه به تقاضای روزانه گوشت مـرغ در بازارهـای روز سـازمان میـادین میـوه و تره‌بار شهرداری تهران، الگوی بهینه حمل‌ونقل، طراحی و تحلیل شـد. در همـین راسـتا، الگـوی مسیریابی برای سه روز مختلف مورد آزمون قرار گرفت. نتایج نشان داد که مـدل طراحـی‌شـده می‌تواند هزینه‌های حمل‌ونقل را به میزان قابل توجهی کاهش دهد، به‌گونه‌ای که برای سـه روز مورد آزمون، هزینه‌ها بـه‌ترتیـب ۲۹/۵، ۲۷/۹ و ۳۲/۵ درصـد (معـادل ۱۶۶۹۸، ۱۴۵۹۶ و ۱۴۱۱۶ هزار ریال) نسبت به شرایط حمل‌ونقل موجود کاهش می‌یابد. بر این اسـاس، پیشـنهاد مـی‌شـود که سازمان میادین میوه و تره‌بار شهرداری تهران، با به‌کـارگیری سـامانه ثبـت تقاضـا و توزیـع و همچنین، استفاده از مدل طراحی‌شده برای توزیع گوشت مرغ، به کاهش هزینه‌های حمـل‌ونقـل بپردازد.

طبقه‌بندی JEL: C60, C61, Q13

کلیدواژه‌ها: مسیریابی، گوشت مرغ، FSMTW، MILP، سازمان مدیریت میادین میوه و تـره‌بـار شـهرداری تهران.

مقدمه

حمل‌ونقل در نظام‌های اقتصادی، تولیدی و خدماتی از جایگـاه ویـژه برخـوردار اسـت، به‌گونه‌ای که ۱۳/۶ درصد از درآمد ملی کشورمان مربوط به بخش حمل‌ونقل و انبارداری بوده و حدود ۹ درصد آن مربوط به بخش حمل‌ونقل است. همچنین، طی یک دهـه گذشـته، بخـش حمل‌ونقل با متوسط رشد ۱۴/۵ درصد یکی از مهم‌ترین مؤلفه‌های رشد اقتصـادی کشـور بـوده است (۸). عدم استفاده از تمام ظرفیت‌های ناوگان حمـل ونقـل و ناآگـاهی در مـورد مسـیرهای بهینه توزیع از جمله مسائلی است که از دیرباز وجود داشته و موجب شده است کـه هزینـه‌هـای

حمل‌ونقل افزایش یابد. از این‌رو، محققان همواره در پی یافتن راه‌حل‌هایی برای بهبود حمل‌ونقل و حذف مسیرهای اضافی بوده‌اند، چراکه به‌طور متوسط بیست درصد قیمت تمام‌شدهٔ محصولات تولیدی کشور صرف توزیع فیزیکی آنها می‌شود (۱۱). این نسبت در بخش کشاورزی و برای گوشت مرغ، از زمان تولید تا رسیدن به دست مصرف‌کننده نهایی، حدود ده درصد قیمت تمام‌شده محصول را شامل می‌شود (۹).

مهم‌ترین موضوع در حمل کالاهای فاسدشدنی نظیر محصولات پروتئینی و به‌ویژه گوشت مرغ، حفظ کیفیت آن در طول مسیر است که علاوه برجنبه‌های اقتصادی، نظیر هزینه‌های حمل‌ونقل، به لحاظ حفظ ایمنی غذایی نیز اهمیت دارد. براوو و ویدال (۶) نیز از دو متغیر زمان سفر و مسافت به‌عنوان مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر کیفیت محصولات فسادپذیر یاد می‌کنند.

مسئله حمل‌و نقل محصولات فسادپذیر برای شهر تهران بسیار اهمیت دارد، چراکه شهر تهران با جمعیت بیش از ۸/۳ میلیون نفر پرجمعیت‌ترین شهر ایران و بیست و پنجمین شهر پرجمعیت جهان است. همچنین، رشد سالانه جمعیت تهران ۱/۷۹ درصد است (۴۱). از این‌رو، با توجه به جمعیت بالای شهر تهران و نیز افزایش جمعیت سالانه که منجر به افزایش مقدار تقاضای گوشت مرغ می‌شود، اهمیت بررسی موضوع حمل‌ونقل محصولات فسادپذیر (از جمله گوشت مرغ) دوچندان می‌شود، چراکه با افزایش تقاضا، به وسایل حمل‌ونقل بیشتری نیاز خواهد بود و در صورتی که یک سامانهٔ حمل ونقل بهینه وجود نداشته باشد، این افزایش وسایل نقلیه به افزایش آلودگی، ترافیک و ... می‌انجامد.

بر اساس آمار سازمان مدیریت میادین میوه و تره‌بار شهرداری تهران، حدود ده درصد از توزیع فیزیکی گوشت مرغ، در شهر تهران، توسط بازارهای این سازمان صورت می‌پذیرد(۴۴). این توزیع از طریق دو میدان بهمن و پیروزی برای حدود ۱۴۰ بازار روز (مراکز توزیع خرده‌فروشی شهرداری تهران) صورت می‌گیرد. از مجموعه مراکز توزیع خرده‌فروشی یادشده، حدود پنجاه بازار روز تقاضای مورد نیاز خود را از میدان پیروزی و بقیهٔ مراکز یا

بازارهای خرده‌فروشی تقاضای روزانه خود را از میدان بهمن تأمین می‌کنند. در میدان پیروزی، کارگزاران خرید سفارش تقاضای هر بازار را برای روز آتی تحویل گرفته و با توجه به تقاضای هر بازار، به ثبت سفارش خرید برای بازار مورد نظر می‌پردازند. در روز آتی نیز تقاضای یادشده به بازار ارسال می‌شود. البته در میدان بهمن، بازارهای تقاضاکننده گوشت مرغ به‌صورت مستقیم و با پیگیری جداگانه به تأمین نیاز روزانه خود اقدام می‌کنند.

مسیریابی وسیله نقلیه[1] (VRP) به مجموعه‌ای از مسائل اطلاق می‌شود که در آن، تعدادی خودرو متمرکز در یک یا چند قرارگاه باید به مجموعه‌ای از مشتریان مراجعه کنند و خدماتی را ارائه دهند که هر کدام دارای تقاضای معین است. مسیریابی وسیله نقلیه (VRP) در حالت‌های متنوع قابل بررسی است؛ اما مسیریابی وسیله نقلیه با محدودیت ظرفیت[2] (CVRP) نمونه اصلی مسئله مسیریابی وسایل نقلیه است که در آن، همه مشتریان دارای تاریخ تحویل مشابه و تقاضای معین هستند (۱۷). در مسئله یادشده، هدف حداقل‌سازی ترکیب خطی تعداد مسیرها، طول مسیرها و یا زمان سفر است تا بدین صورت، بتوان خدمات مناسب‌تر و با هزینه کمتر به مشتریان ارائه داد (۴۶).

مسئله کلاسیک مسیریابی وسیله نقلیه (VRP) برای نخستین بار توسط دانتزیگ و رامسر در سال ۱۹۵۹ در قالب روابط ریاضی مطرح و بر اساس روش‌های ریاضی، نسبت به حل آن اقدام شد (۲۲). هدف مطالعهٔ حاضر برنامه مسیریابی بهینه ناوگان حمل‌ونقل همگن برای خدمت به مجموعه‌ای از مشتریان بود، به‌گونه‌ای که هر خودرو از یک انبار حرکت خود را آغاز می‌کند و دوباره به انبار بازمی‌گردد. در زمینهٔ مسائل VRP، مطالعات زیادی وجود دارد که از آن جمله می‌توان به مطالعات لاپورته (۲۳) و تات و ویگو (۴۷) اشاره کرد.

در زمینهٔ بررسی مسئله مسیریابی، مطالعات گسترده انجام شده که در همین راستا، برخی مطالعات بررسی مسیریابی ناوگان حمل‌ونقل با محدودیت پنجره زمانی صورت گرفته است.

1. Vehicle Routing Problem
2. Capacitated

کوک و همکاران (۲۱)، برای حل مسائل مسیریابی ناوگان ناهمگن با محدودیت پنجره‌های زمانی، الگوریتم هیبرید تکاملی را ارائه دادند. نتایج نشان داد که استفاده از الگوریتم مورد نظر در چهار نوع مسیریابی نسبت به سایر روش‌های حل «بهینه» بوده است، که عبارت‌اند از: ۱- ناوگان ناهمگن با محدودیت پنجره زمانی، ۲- ناوگان ناهمگن ثابت با محدودیت پنجره زمانی، ۳- ناوگان ناهمگن با حداقل کردن هزینه‌های ثابت و متغیر، و ۴- ناوگان ناهمگن با حداقل کردن فاصله. پراتاما و محمودی (۳۵)، با استفاده از الگوریتم ژنتیک، مسئله مسیریابی وسایل نقلیه با محدودیت پنجره زمانی را برای مسئله توزیع محصولات غذایی بررسی کردند. نتایج نشان داد که برای یک مجموعه سی‌صد تایی از نقاط تقاضا، الگوریتم مورد نظر برای حداقل‌سازی زمان توزیع مناسب است. آگاروال و همکاران (۱) به توسعه یک روش حل کارآ در زمینهٔ حل مسئله مسیریابی با محدودیت پنجره زمانی پرداختند. در این مطالعه، هدف کمینه کردن تعداد وسایل نقلیه و کل هزینه حمل‌ونقل به‌صورت همزمان بود و در همین راستا، از الگوریتم فایرفلای[1] استفاده شد. نتایج نشان داد که رویکرد پیشنهادی نسبت به نتایج سایر الگوریتم‌های مورد بررسی برتر است و با نتایج بهینه الگوریتم‌های دقیق قابل مقایسه است.

آنچه در اکثر مطالعات مسیریابی و مطالعات یادشده قابل مشاهده است، عدم مقایسه الگوهای مورد نظر با شرایط واقعی و حتی عدم به‌کارگیری داده‌های واقعی است. در واقع، نه‌تنها در مطالعات یادشده بلکه در اکثر مطالعات مربوط به مسئله مسیریابی، هدف کاربرد الگوریتم‌های مختلف در کاهش زمان حل مسئله و در عین حال، نزدیک بودن جواب‌های به‌دست آمده به نتایج بهینه الگوریتم‌های دقیق است. در مطالعهٔ حاضر، ابتدا الگوی مسیریابی بهینه شبکه توزیع گوشت مرغ طراحی و در نهایت، این الگو با شرایط و داده‌های واقعی مقایسه می‌شود. بدین منظور، از داده‌های روزانه تقاضا برای بازارهای سازمان مدیریت میادین میوه و تره‌بار شهرداری تهران در سال ۱۳۹۲ استفاده می‌شود.

1. firefly algorithm

با توجه به نقش حمل‌ونقل در قیمت تمام‌شده محصولات کشاورزی و نیز اهمیت بیشتر حمل‌ونقل محصولات فسادپذیر (همانند گوشت مرغ) به‌ویژه در شهر تهران (به علت تعداد زیاد وسایل نقلیه و مشکلات آلودگی)، بررسی مسئله حمل‌ونقل گوشت مرغ در شهر تهران بسیار اهمیت دارد. این مسئله برای شهرداری تهران، به‌عنوان بزرگ‌ترین مرکز توزیع گوشت مرغ دارای اهمیت دوچندان است. در مطالعه حاضر، با بررسی ساختار موجود حمل‌ونقل، به ارائه یک الگوی بهینه برای توزیع روزانه گوشت مرغ در شهر تهران اقدام شده است. در نهایت، مقایسه‌ای میان هزینه‌های حمل‌ونقل برای شرایط موجود و الگوی مسیریابی ارائه‌شده موصورت گرفته است. در واقع، هدف مطالعهٔ حاضر پاسخ بدین سؤال است که «آیا الگوی مسیریابی طراحی‌شده برای شبکه توزیع گوشت مرغ سازمان مدیریت میادین میوه و تره‌بار، شهرداری تهران می‌تواند هزینه‌های حمل‌ونقل را کاهش دهد یا خیر؟».

مبانی نظری و روش تحقیق

به‌طور کلی، می‌توان مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی را در قالب مدل‌های LP[1]، NLP[2]، ILP[3]، INLP[4]، MILP[5]، MINLP[6] و MOP[7] تقسیم‌بندی کرد (۶). اگر محدودیت‌ها و تابع هدف همگی خطی باشند، الگوی برنامه‌ریزی خطی (LP) است؛ این الگو در مطالعات صالح و همکاران (۳۷) در زمینهٔ بهینه‌سازی پویای حمل‌ونقل دانه‌های روغنی در ایران، آپایا و هندریکس (۳) برای طراحی شبکه توزیع مواد پروتئینی و همچنین، پاکسوی و همکاران (۳۱) برای عملکرد زیست‌محیطی و عملیاتی زنجیره تأمین چندمحصولی قابل مشاهده است. در

1. Linier Programming
2. Non Linier Programming
3. Integer Linier Programming
4. Integer Non Linier Programming
5. Mix Integer Linier Programming
6. Mix Integer Non Linier Programming
7. Multi Objective Programming

مسائلی که علاوه بر تابع هدف، قیود آنها نیز غیرخطی باشد، الگوی برنامه‌ریزی غیرخطی (NLP) خواهد بود؛ مطالعه جی‌ها و شانکر (۱۹) در زمینهٔ مدل یکپارچه موجودی تولید یک فروشنده- چند خریدار با کنترل زمان تأخیر و سطح خدمات از این قبیل مطالعات است. در شرایطی که تمامی دامنه متغیرها عضو مجموعه اعداد صحیح باشد، آنگاه یک الگوی برنامه‌ریزی اعداد صحیح (ILP یا INLP) خواهیم داشت؛ برای نمونه، مطالعات کارابوک (۲۰) و جاواهرا و بالاجی (۱۸) به‌ترتیب دارای الگوهای برنامه‌ریزی عدد صحیح خطی و غیرخطی هستند. در شرایطی که در مدل بهینه‌سازی به‌طور همزمان متغیرهای پیوسته و گسسته وجود داشته باشد، الگوی برنامه‌ریزی عدد صحیح مخلوط (MIP) نامیده می‌شود. فرم خطی مدل برنامه‌ریزی عدد صحیح مخلوط (MILP) به‌وفور در الگوهای حمل‌ونقل مورد استفاده قرار می‌گیرد. برای نمونه، در ایران می‌توان به مطالعات حسین‌پور و همکاران (۱۶)، محمدی زنجیرانی و اسعدی آغاجری (۲۹) و فرقانی و جعفری (۱۳) اشاره کرد؛ در خارج از کشور نیز می‌توان به مطالعات امیری (۲)، پیدرو و همکاران (۳۳) و ملو و همکاران (۲۷) اشاره کرد. فرم برنامه‌ریزی عدد صحیح مختلط غیرخطی (MINLP) نیز در مطالعات دهباری و همکاران (۱۱)، تیموری و حافظ‌الکتب (۴۵) و شاوندی و بزرگی (۳۹) دیده می‌شود. در نهایت، اگر در مدل برنامه‌ریزی چند تابع هدف داشته باشیم، الگوی برنامه‌ریزی چندهدفه (MOP) ایجاد می‌شود، که این مدل می‌تواند به‌صورت عدد صحیح مختلط خطی (۳۰، ۴۳)، عدد صحیح مختلط غیرخطی (۲۸) و یا برنامه‌ریزی چندهدفه خطی و غیرخطی (۲۵) باشد. الگوی طراحی‌شده برای مطالعه حاضر نیز همانند اکثر مطالعات مسیریابی در قالب الگوهای برنامه‌ریزی عدد صحیح مختلط خطی (MILP) قرار می‌گیرد.

از آنجا که اکثر شرکت‌ها به یک ناوگان حمل‌ونقل دسترسی دارند، برخلاف مدل کلاسیک VRP، تابع هدف عبارت است از حداقل‌سازی هزینه‌های ثابت و متغیر هر نوع از وسایل نقلیه، به‌گونه‌ای که کمترین هزینه حاصل شود. از این قبیل مطالعات با وسایل نقلیه

ناهمگن (HVRP[1]) می‌توان به مطالعات گلدن و همکاران (۱۴) و هاف و همکاران (۱۵) اشاره کرد. تعیین ابعاد ناوگان وسایل نقلیه و یا ترکیب مناسب آنها غالباً یک تصمیم چالش‌برانگیز برای شرکت‌هاست. این تصمیم‌گیری عمدتاً شامل انتخاب تعداد و یا انواع وسیله نقلیه مورد استفاده است. انتخاب حالت دوم اغلب از طریق ظرفیت وسایل نقلیه مشخص می‌شود (۲۲). تصمیمات یادشده از متغیرهای بازارهای مختلف مانند هزینه حمل‌ونقل، تقاضای مشتریان و... تأثیر می‌پذیرد. در الگوهای با ناوگان ناهمگن، از دو نوع مختلف مسیریابی در مطالعات استفاده می‌شود. تفاوت این دو الگو در محدود یا نامحدود بودن تعداد وسیله نقلیه از هر نوع است، به‌گونه‌ای که اگر تعداد وسایل نقلیه محدود نباشند، مدل مسیریابی با وسایل نقلیه نامحدود (FSMVRP[2]) است، که اولین بار توسط گلدن و همکاران (۱۴) ارائه شد؛ در غیر این‌صورت، اگر تعداد ناوگان از پیش تعیین شده باشد، یک مدل مسیریابی با وسایل نقلیه محدود و ناهمگن (HFVRP[3]) خواهیم داشت. این مدل نیز ابتدا توسط تیلارد (۴۲) بیان شد. در هر دو الگوی یادشده، هدف حداقل‌سازی هزینه‌های ثابت و متغیر است، که در مطالعات مختلف نظیر مطالعه لی و همکاران (۲۴)، با توجه به حداقل کردن هزینه ثابت، هزینه متغیر یا هر دو هزینه ثابت و متغیر، مورد استفاده قرار گرفته است.

از دیگر محدودیت‌هایی که در مطالعات مورد نظر قرار می‌گیرد، زمان خدمت‌رسانی است. در مسائل حمل‌ونقل، برای تعیین پنجره زمانی، از دو روش استفاده می‌شود: ۱- در نظر گرفتن مجموع زمان توقف وسیله نقلیه و زمان طی کردن مسیر، و ۲- در نظر گرفتن زمان توقف و مسافت طی‌شده (۲۲). لازم به ذکر است که فرم استاندارد مسئله مسیریابی وسایل نقلیه با پنجره زمانی (VRPTW[4])، اولین بار، توسط سولامان (۴۰) ارائه شد. در مسائل مسیریابی با ناوگان حمل‌ونقل محدود پنجره زمانی، از طریق وارد کردن زمان و مسیر (HFTW) به‌ترتیب

1. Heterogeneous Vehicle Routing Problem
2. Fleet Size and Mix Vehicle Routing Problem
3. Heterogeneous Fleet VRP.
4. VRP with Time Windows

در مطالعات پاراسکوپولوس و همکاران (۳۲) و کوک و همکاران (۲۱) قابل مشاهده است. و در مسائل با ناوگان نامحدود با در نظر گرفتن زمان و مسافت به‌عنوان متغیر پنجره زمانی (FSMTW) به‌ترتیب می‌توان به مطالعات لیو و شن (۲۶) و برایسی و همکاران (۱۷) اشاره کرد.

سایر محدودیت‌های لحاظ‌شده در مطالعات شامل چند قرارگاه مرکزی در مطالعات دوندو و سردا (۱۲)، بتینلی و همکاران (۴) و بتینلی و همکاران (۵) و چند سفره در مطالعات پرینس (۳۶) و سیخاس و مندز (۳۸) است. مسائل دیگری از قبیل اضافه ظرفیت حمل‌ونقل، تقاضا و مسیر احتمالی، مسیریابی مطابق با محیط زیست، و حمل‌ونقل چندمحصولی نیز در مطالعات مختلف مورد استفاده قرار گرفته، که در مطالعهٔ حاضر بدان پرداخته نشده است.

همان‌گونه که از مطالب پیش‌گفته مشخص است، هر کدام از الگوهای طراحی‌شده برای شرایط متناسب با مطالعه به‌کار گرفته می‌شود. در همین راستا، در مطالعه حاضر، از الگوی مسیریابی با استفاده از یک ناوگان حمل‌ونقل و تعداد نامحدود از هر نوع وسیله نقلیه (FSMVRP) استفاده خواهد شد. در الگوهای FSMVRP، هدف ارائه یک حد پایین از وسایل نقلیه است (۱۳). همچنین، در مطالعهٔ حاضر، بر اساس نظر کارشناسان سازمان مدیریت میادین میوه و تره‌بار شهرداری تهران، برای عامل محدودیت زمانی و علاوه بر این، حفظ کیفیت گوشت مرغ، هر بار توقف وسیله نقلیه در هر بازار به‌عنوان یک واحد زمانی در نظر گرفته شد، به‌گونه‌ای که هر وسیله نقلیه حداکثر به تعداد چهار بازار خدمت‌رسانی کند. از این‌رو، مدل نهایی مسیریابی در قالب الگوهای مسیریابی با ناوگان ناهمگن و نامحدود و با محدودیت پنجره زمانی (FSMTW) قرار می‌گیرد. علاوه بر این مدل، برای شرایط چندقرارگاهی و چندسفره نیز الگوسازی می‌شود.

بر اساس تمامی مسائل یادشده، در شبکه توزیع گوشت مرغ شهر تهران، با در نظر گرفتن دو میدان توزیع گوشت مرغ و نیز بازارهای تقاضاکننده گوشت مرغ سازمان مدیریت میادین میوه و تره‌بار شهرداری تهران، به الگوسازی مسئله مورد نظر پرداخته می‌شود. بدین منظور، مفاهیم و پیش‌فرض‌هایی به‌شرح زیر در مدل در نظر گرفته می‌شود:

مفاهیم و پیش‌فرض‌های مدل

- میادین مرکزی توزیع همواره توانایی تأمین مرغ مورد نیاز بازارهای مختلف را دارند و هیچ کمبودی مجاز نیست.
- مقدار تقاضای هر بازار ثابت و معین است.
- ظرفیت وسایل نقلیه مختلف متفاوت است، زیرا یک ناوگان حمل‌ونقل معمولاً دارای وسایل حمل‌ونقل متفاوت است و استفاده از هر کدام از آنها برای حجم مشخصی از بار توجیه‌پذیر است.
- ظرفیت حمل هر وسیله نقلیه محدود است.
- هر وسیله نقلیه حداکثر می‌تواند N بازار (چهار بازار بر اساس نظرات کارشناسان سازمان مدیریت میادین میوه و تره‌بار) را پوشش دهد، چراکه پوشش تعداد زیاد بازار موجب فساد میکروبی محصول مرغ می‌شود.
- طول افق برنامه‌ریزی محدود و تنها برای یک دوره زمانی است.
- وسایل نقلیه قابل کرایه کردن نامحدود است.
- خرابی وسایل نقلیه و یا هرگونه اتفاق پیش‌بینی‌نشده مجاز نیست.
- هزینه حمل مرغ متناسب با مسافت طی‌شده و همچنین، هزینه ثابت هر نوع وسیله نقلیه در نظر گرفته می‌شود.
- طراحی و تحلیل مدل، با توجه به الزامات و پیش‌فرض‌های مدل و نیز ماهیت متغیرهای تصمیم، تدوین شده و مدل ریاضی مسئله از یک تابع هدف و نه محدودیت مستقل تشکیل شده است.

تعاریف علائم و نمادهای مدل

R: مجموعه بازارها؛ $R=\{1,2,\ldots,r\}$

MD: مجموعه میادین مرکزی توزیع

N: مجموعه تمامی گراف‌های مسئله (بازارهای محلی به‌علاوه میادین مرکزی)؛ N=R+MD (N={1,2,…,n)

Arcs: مجموعه تمامی سویه‌های ارتباط‌دهنده بین دو گره عضو N

G: شبکه گراف مسئله متشکل از دو مجموعه A و N؛ G=(A,N)

VS: مجموعه ناوگان حمل‌ونقل به تعداد f نوع دستگاه خودرو؛ VS={1,2,…,f}

t_{ij}: زمان سفر از گره i به گره j(در اینجا زمان برای هر یال، مقدار واحد در نظر گرفته شد. در واقع، از این طریق، وسایل نقلیه به تعداد محدودی از بازارها می‌توانند خدمت‌رسانی کنند)

T: تعداد یال (مسیر) که یک وسیله نقلیه مجاز به حرکت در آن است

d_i: مقدار تقاضای بازارها

Cap_v: ظرفیت قابل حمل با خودروی Vام

C_{ijv}: هزینه حمل محصول از نقطه i به نقطه j با استفاده از خودرو vام

f_v: هزینه ثابت حمل ونقل هر وسیله نقلیه

متغیر تصمیم مدل

متغیر تصمیم این مدل از نوع عدد صحیح است که بیان ریاضی آن به‌شکل زیر است:

$$X_{ijv}\begin{cases}1 & \text{اگر خودرو v عهده‌دار خدمت‌دهی به گره i و سپس j باشد.}\\ 0 & \text{در غیر این صورت.}\end{cases}$$

تعریف تابع هدف و محدودیت‌ها

$$\min Z=\sum_{v=1}^{f} f_v \sum_{j=1}^{n} X_{njv}+\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n}\sum_{v=1}^{f} C_{ijv}X_{ijv}$$

S.t.

$X_{iiv}=0 \quad \forall i\in R, \forall v\in VS$

$\sum_{j=1}^{r} X_{njv}=1 \quad \forall v\in VS$

$\sum_{i=1}^{r} X_{inv}=1 \quad \forall v\in VS$

$$\sum_{v=1}^{f}\sum_{i=1}^{r}X_{ijv} = 1 \quad \forall j \in R \quad i \neq j$$
$$\sum_{v=1}^{f}\sum_{j=1}^{r}X_{ijv} = 1 \quad \forall i \in R \quad i \neq j$$
$$\sum_{i=1}^{r}X_{ijv} - \sum_{j=1}^{r}X_{jiv} = 0 \quad \forall j \in R, \forall v \in VS$$
$$\sum_{i=1}^{r}d_i\left(\sum_{j=1}^{n}X_{ijv}\right) \leq Cap_v \quad \forall v \in VS$$
$$\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n}t_{ij}X_{ijv} \leq T \quad \forall v \in VS$$
$$X_{ijv} \in \{0,1\}$$

تابع هدف درصدد حداقل‌سازی تعداد وسایل نقلیه مورد استفاده است؛ بدیهی است در صورت وجود ظرفیت‌های مختلف ناوگان حمل‌ونقل، مدل ریاضی همواره تمایل دارد که تا حد امکان، از وسایل نقلیه‌ای با ظرفیت بزرگ‌تر استفاده کند.

محدودیت ۱ : هیچ‌کدام از وسایل نقلیه اجازه ندارد بلافاصله به گرهی که حرکت را از آن آغاز کرده است، برگردد . به دیگر سخن، در گراف مسئله، نباید هیچ کمانی (مسیری) دارای ابتدا و انتهای یکسان باشد.

محدودیت ۲ : نقطه شروع سفر هر کدام از وسایل نقلیه باید میادین مرکزی باشد، چراکه وسایل نقلیه ابتدا باید از میدان مرکزی بارگیری کرده و سپس، به‌سوی بازارها حرکت کنند.

محدودیت ۳ : نقطه پایان سفر نیز برای هر کدام از وسایل نقلیه انبار مرکزی است. وسایل نقلیه باید بعد از پیمایش مسیر مشخص‌شده و اتمام تحویل محموله، برای بارگیری بعدی، به انبار مرکزی مراجعه کنند.

محدودیت‌های ۴ و ۵ : در هر دوره برنامه‌ریزی، فقط یک وسیله نقلیه، آن هم فقط یک بار، می‌تواند به هر کدام از بازارهای محلی خدمت‌دهی کند. این وسیله نقلیه باید از مکان قبلی بیاید و به مکان بعدی نیز برود.

محدودیت ۶ : تضمین می‌کنند که اگر وسیله نقلیه‌ای به یک بازار وارد شده و ارائه خدمت کند، تنها باید همین وسیله نقلیه این بازار را ترک کند.

محدودیت ۷: مربوط به حداکثر ظرفیت وسیله نقلیه است، به‌گونه‌ای که مقدار مرغ حمل‌شده با هر وسیله نقلیه با توجه به تقاضای بازارهای مختلف نباید از ظرفیت آن وسیله حمل‌ونقل بیشتر باشد.

محدودیت ۸: هر وسیله نقلیه حداکثر می‌تواند به r بازار خدمت‌رسانی کند. پس، تعداد مسیرهایی (یال‌هایی) که وسیله نقلیه می‌تواند طی کند، نباید از T بیشتر باشد.

محدودیت ۹: الزام صفر و یک بودن مقدار هر متغیر X_{ijv} را تضمین می‌کند.

شایان یادآوری است که داده‌ها و اطلاعات تقاضای روزانه بازارها و هزینه‌های حمل‌ونقل وسایل نقلیه از سازمان مدیریت میادین میوه و تره‌بار شهرداری تهران برای سال ۱۳۹۲ جمع‌آوری شده و برای برآورد مدل طراحی‌شده، از نرم‌افزار GAMS 24 استفاده شده است. همچنین، محاسبهٔ ماتریس فاصله بازارها با به‌دست آوردن مختصات جغرافیایی بازارها و استفاده از نرم‌افزار Arc GIS 9.3 صورت گرفته است.

نتایج و بحث

پس از طراحی الگوی بهینه و در نظر گرفتن فروض تحقیق، مدل برآورد شد. لازم به ذکر است که در فروض یادشده، حداکثر چهار بازار برای خدمت‌رسانی یک وسیله نقلیه در نظر گرفته شد. همچنین، از آنجا که در شرایط واقعی، دو نوع وسیله نقلیه نیسان (با ظرفیت دو تن) و کامیونت (با ظرفیت ۳/۵ تن) بیشتر مورد استفاده قرار می‌گرفت، در الگوی طراحی ده نیز فقط همین دو نوع وسیله نقلیه لحاظ شد. در نهایت، شرایط موجود و مدل بهینه پیشنهادی برای چند روز مختلف مورد مقایسه و تجزیه و تحلیل قرار گرفتند.

برای بررسی مدل طراحی‌شده در شرایط واقعی، سه روز پرتقاضا (شامل دو روز ماه رمضان در ماه تیر و یک روز از ماه اسفند[۱]) در نظر گرفته شد. سپس، با توجه به تقاضای بازارها

۱. این روزها به‌صورت تصادفی ی انتخاب شدند و تنها ملاک مورد نظر مجموع تقاضای بازارها برای روز مورد نظر بود، به‌گونه‌ای که تقاضای آنها بیشتر از مقدار میانگین تقاضای سالانه باشد.

در روز مورد نظر، مدل بهینه مسیریابی مشخص شد؛ آنگاه شرایط موجود با شرایط بهینه از نظر حمل‌ونقل مقایسه شد. از آنجا که در روزهای با تقاضای بالا، مسئله تعیین الگوی بهینه بیشتر به‌چشم می‌خورد، مدل برای چند روز با تقاضای بالا آزمون شد. نتایج حمل‌ونقل در شرایط واقعی در جدول ۱ آمده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، متوسط هزینه حمل‌ونقل به ازای هرتن گوشت مرغ و هر بازار به‌ترتیب برابر با ۶۷۱/۱۶ و ۸۲۳/۸۷ هزار ریال است؛ همچنین، متوسط هزینه هر تور[1] ۱۱۳۸/۸۸ هزار ریال است.

جدول ۱. شرایط واقعی حمل‌ونقل میدان بهمن در روز اول

ردیف	مسیر اول	مسیر دوم	مسیر سوم	تقاضای هر تور (تن)	مجموع مسافت طی‌شده در هر تور (کیلومتر)	هزینه هر تور (هزار ریال)
۱	صدف	–	–	۱/۲	۲۸/۶	۹۰۲
۲	توانیر	لاله	ایثار	۰/۹۵	۸۲/۱	۲۳۹۸
۳	ولیعصر	آزادی	گلسار	۱/۳	۴۴/۷	۱۳۵۲
۴	باکری	–	–	۱/۵	۲۹/۱	۹۱۴
۵	اختیاریه	–	–	۱	۳۴/۲	۱۰۵۷
۶	۱۷ شهریور	مشیریه	–	۰/۵	۲۲/۴	۷۲۸
۷	شهرک قدس	–	–	۲	۲۶/۹	۸۵۴
۸	نواب	–	–	۰/۴	۶/۷	۲۸۹
۹	هفت چنار	–	–	۰/۵	۱۰/۳	۳۸۷
۱۰	بهارارم شمالی	–	–	۲	۲۸/۳	۸۹۱
۱۱	مشیریه	–	–	۰/۶	۱۷/۹	۶۰۱
۱۲	جلال آل احمد	–	–	۱/۸	۱۸/۰	۶۰۵
۱۳	آزادی	–	–	۱/۷	۱۴/۷	۵۱۲
۱۴	فجر	–	–	۰/۶	۱۵/۹	۵۴۵

۱. شروع حرکت هر وسیله نقلیه از انبار مرکزی (محل بارگیری) و سپس، حرکت به‌سمت نقاط تقاضاکننده گوشت مرغ و تحویل کالا و در نهایت، بازگشت به انبار مرکزی یک «تور» نامیده می‌شود.

ردیف	مسیر اول	مسیر دوم	مسیر سوم	تقاضای هر تور (تن)	مجموع مسافت طی‌شده در هر تور (کیلومتر)	هزینه هر تور (هزار ریال)
۱۵	تهرانسر	علامه	–	۱/۵	۴۱/۷	۱۲۶۷
۱۶	ازگل	لواسانی	–	۰/۹	۴۲/۳	۱۲۸۴
۱۷	بهاران	اکباتان	–	۴/۲	۲۲/۴	۱۲۷۰
۱۸	جلال آل احمد	ویلاشهر	رجایی	۱/۸	۶۹/۶	۲۰۴۹
۱۹	شهران	طوقانی	کن	۱/۵	۵۳/۴	۱۵۹۵
۲۰	صادقیه	شهرآرا	–	۲/۵	۲۱/۳	۱۲۲۱
۲۱	مسعودیه	جماران	–	۲/۵	۴۹/۲	۲۵۸۴
۲۲	معلم	بلوار فردوس	–	۱/۳	۲۸/۹	۹۰۸
۲۳	شهید توکلی	ازگل	درکه	۱/۷	۵۰/۴	۱۵۱۱
۲۴	صادقیه	شهرآرا	استادنظر	۳	۳۵/۱	۱۸۹۶
۲۵	صادقیه	–	–	۲/۲	۲۰/۱	۶۶۴
۲۶	پیامبر	–	–	۱	۲۴/۱	۷۷۵
۲۷	شهرک نفت	–	–	۰/۸	۴۰/۳	۱۲۲۹
۲۸	شهرک آزادی	جنت آباد	بلوار فردوس	۲	۴۶/۱	۱۳۹۰
۲۹	خاورشهر	اکباتان		۲	۳۴/۱	۱۰۵۴
۳۰	قلمستان	جلال آل احمد	سهروردی	۱/۸	۳۴/۷	۱۰۷۱
۳۱	سردار جنگل	–	–	۳	۲۹/۶	۱۶۲۷
۳۲	جلال آل احمد	–	–	۱/۸	۱۸/۰	۶۰۵
۳۳	شهرآرا	مجیدیه	بهاره	۴	۳۲/۴	۱۷۶۲
۳۴	تهرانسر	–	–	۰/۸	۲۹/۴	۹۲۴
جمع	–	–	–	۵۶/۳۵	۱۱۰۲/۹	۳۸۷۲۲

* از آنجا که بر اساس نظر کارشناسان، حداکثر ظرفیت وسیله نقلیه ۳/۵ تن لحاظ شد، ولی در شرایط موجود و بهینه برخی بازارها بیش از ظرفیت وسیله نقلیه تقاضا داشته‌اند (استفاده از وسیله نقلیه بزرگ‌تر به‌صورت استثنا)، در مدل‌سازی، این تقاضا حداکثر ۳/۵ تن در نظر گرفته و سپس، هزینه اصلاح شد.

مأخذ: یافته‌های تحقیق

نتایج مسیریابی بهینه میدان بهمن برای روز اول مورد بررسی در جدول ۲ آمده است. این نتایج نشان می‌دهد که برای حمل‌ونقل حدود ۵۶/۳ تن تقاضای بازارها در روز اول مورد بررسی نیاز به صرف ۲۶۷۷۶ هزار ریال هزینه و شانزده وسیله نقلیه است. همچنین، در مجموع، حدود ۴۶۰ کیلومتر مسافت باید طی شود. به‌طور متوسط، هزینه هر تور ۱۶۷۳۵ هزار ریال، هزینه حمل ونقل هر تن گوشت مرغ ۴۷۵/۱۷ هزار ریال و هزینه حمل‌ونقل به ازای هر بازار معادل ۵۶۹/۷ هزار ریال می‌شود.

جدول ۲. مسیریابی بهینه میدان بهمن برای روز اول

ردیف	مسیر اول	مسیر دوم	مسیر سوم	مسیر چهارم	تقاضای هر تور (تن)	مجموع مسافت طی‌شده در هر تور (کیلومتر)	هزینه هر تور (هزار ریال)
۱	مشیریه	مسعودیه	فجر		۳/۵	۱۸/۵	۱۰۸۰
۲	۱۷ شهریور	خاورشهر	ولیعصر		۱/۸	۲۳/۸	۷۶۶
۳	نواب	پیامبر	اکباتان		۳/۳	۲۵/۹	۱۴۴۵
۴	جلال آل احمد				۴/۹	۱۸/۰	۱۵۱۲
۵	سردار جنگل				۳	۲۹/۶	۱۶۲۷
۶	باکری	طوقانی	کن	شهران	۳	۳۵/۳	۱۹۰۴
۷	علامه	استادنظر	شهرک قدس		۳/۵	۳۳/۷	۱۸۲۷
۸	صادقیه				۷/۵	۲۰/۱	۲۶۵۷
۹	بلوار فردوس	جنت آباد	بهارارم شمالی		۳/۳	۲۹/۹	۱۶۴۱
۱۰	شهرآرا	بهاره	توانیر		۳/۵	۳۱/۱	۱۶۹۸
۱۱	درکه	لواسانی	اختیاریه	صدف	۳	۴۲/۹	۲۲۷۵
۱۲	معلم	بهاران	گلسار	قلمستان	۳/۳	۲۰/۲	۱۱۶۴
۱۳	رجایی	آزادی	هفت چنار		۳/۵	۱۵/۳	۹۲۴
۱۴	لاله	تهرانسر	ویلاشهر	شهرک آزادی	۳/۲	۴۴/۴	۲۳۵۱
۱۵	ازگل	ایثار	شهرک نفت	جماران	۲/۵۵	۴۴/۵	۲۳۵۶
۱۶	مجیدیه	شهید توکلی	سهروردی		۳/۵	۲۸/۰	۱۵۴۸
جمع	–	–	–	–	۵۶/۳۵	۴۶۱/۳	۲۶۷۷۶

مأخذ: یافته‌های تحقیق

مقایسه نتایج ، نشان می‌دهد که در شرایط بهینه، مسافت طی‌شده و هزینه حمل‌ونقل به‌ترتیب ۶۴۱/۶ کیلومتر (۵۸/۱ درصد) و ۱۱۹۴۶ هزار ریال (۳۰/۸ درصد) نسبت به شرایط فعلی کاهش می‌یابد. علاوه بر این، هزینه متوسط برای هر بازار از ۶۷۱/۱۶ هزار ریال به ۵۶۹/۷ هزار ریال (۱۵/۱۲ درصد) کاهش می‌یابد. تعداد وسایل نقلیه نیز از هفت کامیونت به پانزده کامیونت افزایش و از ۲۷ نیسان به یک نیسان کاهش یافته است. همان‌گونه که از مقایسه نتایج الگوی موجود و بهینه قابل مشاهده است، هرچند، هزینه هر تور نسبت به شرایط بهینه کمتر است، ولی به علت بالا بودن تعداد تور در شرایط موجود، نسبت به شرایط بهینه، هزینه کل افزایش می‌یابد. در واقع، در شرایط موجود، تعداد بیشتری وسیله نقلیه با درآمد کمتر برای مالک وسیله نقلیه نیاز است، در حالی که در شرایط بهینه، تعداد کمتری وسیله نقلیه و با درآمد بالاتر برای مالکان وسیله نقلیه، مورد نیاز است. همچنین، هزینه‌های کاهش‌یافته می‌تواند به‌عنوان درآمد برای دارنده ناوگان مورد نظر محسوب شود. لازم به ذکر است که این ناوگان زیر نظر سازمان مدیریت میادین میوه و تره بار شهرداری تهران فعالیت می‌کند.

در جدول ۳، محدودیت تعداد بازار در هر تور به سه بازار تقلیل یافته است؛ یعنی، هر وسیله نقلیه حداکثر می‌تواند به سه بازار خدمت‌رسانی کند. در واقع، هدف از این کار بررسی شرایطی بود که اهمیت آنها در زمان خدمت‌رسانی بیشتر شود. سپس، نتایج بهینه (جدول ۳) با شرایط واقعی حمل‌ونقل (جدول ۱) مقایسه شد. همان‌گونه که نتایج مسیریابی بهینه در مقایسه با شرایط واقعی نشان می‌دهد، در این حالت نیز مسافت طی‌شده ۵۹۴/۵ کیلومتر (۵۳/۹ درصد) و هزینه‌های حمل‌ونقل ۹۸۷۲ هزار ریال (۲۵/۵ درصد) کاهش می‌یابد. تعداد وسایل نقلیه نیز به شانزده کامیونت (یک کامیونت بیشتر از قبل) و یک نیسان (هجده نیسان کمتر از شرایط موجود) تغییر یافته است.

جدول ۳. مسیریابی بهینه میدان بهمن برای روز اول، با شرط حداکثر سه مسیر

ردیف	مسیر اول	مسیر دوم	مسیر سوم	تقاضای هر تور (تن)	مجموع مسافت طی‌شده در هر تور (کیلومتر)	هزینه هر تور (هزار ریال)
۱	هفت چنار	آزادی	رجایی	۳/۵	۱۵/۳	۹۲۴
۲	ولیعصر	فجر	خاورشهر	۲/۲	۲۰/۸	۱۱۹۲
۳	مسعودیه	مشیریه	۱۷ شهریور	۳/۱	۲۲/۴	۱۲۷۴
۴	نواب	بهاران	گلسار	۲/۲	۱۰/۷	۷۰۲
۵	شهرک آزادی	بهارارم شمالی	طوقانی	۳/۳	۳۴/۶	۱۸۷۲
۶	جلال آل احمد	–	–	۴/۹	۱۸/۰	۱۵۱۲
۷	شهرک قدس	استادنظر	علامه	۳/۵	۳۳/۷	۱۸۲۷
۸	سردار جنگل	ویلاشهر	کن	۳/۵	۵۵/۵	۲۸۹۵
۹	پیامبر	صدف	اختیاریه	۳/۲	۴۳/۳	۲۲۹۵
۱۰	جنت آباد	باکری	شهران	۳/۴	۳۵/۳	۱۹۰۷
۱۱	شهید توکلی	سهروردی	مجیدیه	۳/۵	۲۹/۲	۱۶۰۷
۱۲	بهاره	توانیر	قلمستان	۲/۹	۲۶/۸	۱۴۹۰
۱۳	صادقیه	–	–	۷/۵	۲۰/۱	۲۶۵۷
۱۴	شهرآرا	اکباتان	بلوار فردوس	۳/۳	۲۷/۳	۱۵۱۳
۱۵	جماران	لواسانی	درکه	۱/۳	۴۳/۴	۱۳۱۶
۱۶	معلم	تهرانسر	لاله	۳	۳۰/۳	۱۶۶۰
۱۷	شهرک نفت	ایثار	ازگل	۲/۰۵	۴۱/۵	۲۲۰۸
جمع	–	–	–	۵۶/۳۵	۵۰۸/۴	۲۸۸۵۰

مأخذ: یافته‌های تحقیق

جدول ۴ مسیرهای حمل‌ونقل در شرایط موجود را برای میدان پیروزی در روز اول نشان می‌دهد. بر اساس نتایج حمل‌ونقل در شرایط موجود، مشاهده می‌شود که برای حمل‌ونقل حدود ۲۳ تن گوشت مرغ از میدان پیروزی، ۱۷۷۶۰ هزار ریال باید هزینه شود. این هزینه به

ازای هر تور معادل ۱۱۸۴ هزار ریال و به ازای هر تن گوشت مرغ ۷۶۹/۳ هزار ریال است و همچنین، به ازای هر بازار معادل ۳۵۵/۲ هزار ریال خواهد بود. کل مسافت طی‌شده نیز ۴۶۹ کیلومتر است.

جدول ۴. شرایط موجود حمل‌ونقل میدان پیروزی در روز اول

ردیف	مسیر اول	مسیر دوم	مسیر سوم	مسیر چهارم	تقاضای هر تور (تن)	مجموع مسافت طی‌شده در هر تور (کیلومتر)	هزینه هر تور (هزار ریال)
۱	میدان آزادگان	اشراق	شمیران نو	کالاد	۱/۷۲	۱۹/۲	۶۳۷
۲	قنات کوثر	بلوار پروین	حکیمیه۲	گلشن	۳/۱۹	۲۵/۳	۱۴۱۴
۳	کارون	شهدای محله جی	شمشیری	اطلس	۱/۴۵	۳۳/۶	۱۰۴۱
۴	کیانشهر	شاهد	شهید کیانی	–	۰/۸۲	۱۷/۲	۵۸۰
۵	شهید غیبی	–	–	–	۴/۰۰	۲۵/۹	۱۴۴۶
۶	بهارستان	شهید قره یاضی	احمدیه	–	۰/۶۰	۱۵/۵	۵۳۳
۷	منیریه	کوثر	غدیر	خلیج فارس	۰/۶۵	۴۶/۱	۱۳۹۱
۸	بنفشه	شهید براتلو	گلها	–	۰/۷۵	۴۹/۹	۱۴۹۶
۹	آذرنجات	پیروزان	بهرود	–	۰/۲۴	۳۳/۳	۱۰۳۲
۱۰	جمالزاده	کردستان	خرم رودی	–	۰/۴۱	۳۲/۶	۱۰۱۳
۱۱	قصر	سعدی	شهید شیرودی	شهید قندی	۱/۱۴	۱۹/۶	۶۴۹
۱۲	زرگنده	شهدای محله تجریش	قیطریه	میرداماد	۲/۳۳	۲۹/۵	۱۶۲۳
۱۳	امیرکبیر	امید دژبان	شهرک بیمه	–	۲/۱۹	۵۴/۰	۲۸۲۰
۱۴	دولت آباد	خزانه	شهید نبی پور	–	۱/۹۵	۳۲/۱	۹۹۸
۱۵	دارآباد	میدان هروی	کوهستان-قائم	شهرک لاله	۱/۶۵	۳۵/۱	۱۰۸۲
جمع	–	–	–	–	۲۳/۰۹	۴۶۹	۱۷۷۶۰

مأخذ: یافته‌های تحقیق

جدول ۵ مسیریابی بهینه میدان پیروزی را نشان می‌دهد. در این جدول نیز پارامترهای تعداد بازار (پنجاه)، تعداد وسیله نقلیه (چهارده)، مجموع تقاضا (۲۳ تن)، مسافت طی‌شده (۴۱۷ کیلومتر) و مجموع هزینه تور (۱۶۸۳۸ هزار ریال) ارائه شده است. همچنین، متوسط هزینه

حمل‌ونقل به ازای هر بازار و به ازای هر تن به‌ترتیب برابر با **۳۳۶/۷۳** هزار ریال و **۷۲۹/۳۲** هـزار ریال برآورد شده است.

جدول ۵. مسیریابی بهینه میدان پیروزی برای روز اول

ردیف	مسیر اول	مسیر دوم	مسیر سوم	مسیر چهارم	تقاضای هر تور (تن)	مجموع مسافت طی‌شده در هر تور (کیلومتر)	هزینه هر تور (هزار ریال)
۱	بلوار پروین	قنات کوثر	شمیران نو	–	۳/۰۲	۱۵/۱	۹۱۳
۲	حکیمیه۲	گلشن	اشراق	آزادگان	۱/۶۳	۲۲/۵	۷۳۱
۳	اطلس	شمشیری	شهدای محله جی	بهارستان	۰/۸۵	۳۲/۸	۱۰۱۸
۴	احمدیه	شهید کیانی	شاهد	–	۰/۶۲	۱۴/۱	۴۹۴
۵	آذرنجات	شهید شیرودی	سعدی	شهید قندی	۰/۴۴	۱۹/۲	۶۳۹
۶	شهید قره یاضی	منیریه	کارون	جمالزاده	۱/۳۵	۲۵/۶	۸۱۵
۷	کردستان	خرم رودی	میرداماد	زرگنده	۲/۰۶	۳۵/۰	۱۸۹۰
۸	قصر	میدان هروی	کالاد	–	۱/۳۶	۱۵/۴	۵۳۱
۹	شهرک بیمه	امید دژبان	امیرکبیر	شهید براتلو	۲/۲۷	۵۴/۱	۲۸۲۷
۱۰	میدان شهید غیبی	–	–	–	۴/۰۰	۲۵/۹	۱۴۴۶
۱۱	شهید نبی پور	دولت آباد	کیانشهر	خزانه	۲/۳۵	۳۰/۴	۱۶۶۷
۱۲	شهدای محله تجریش	گلها	بهرود	پیروزان	۰/۵۷	۴۶/۳	۱۳۹۷
۱۳	کوثر	غدیر	خلیج فارس	بنفشه	۱/۲۴	۴۸/۷	۱۴۶۲
۱۴	کوهستان-قائم	شهرک لاله	دارآباد	قیطریه	۱/۳۳	۳۲/۴	۱۰۰۷
جمع	–	–	–	–	۲۳/۰۹	۴۱۷/۵	۱۶۸۳۸

مأخذ: یافته‌های تحقیق

نتایج مسیریابی بهینه میدان پیروزی نشان می‌دهد که نسبت به شرایط موجود، هزینه‌هـای حمل‌ونقل **۹۲۲** هزار ریال (پنج درصد) و مسافت طی‌شده **۵۱/۵** کیلومتر (یازده درصد) کـاهش می‌یابد.

همچنین، مدل تحقیق در شرایطی که پنجاه بازار تقاضاکننده از میدان پیروزی و **۴۷** بازار تقاضاکننده از میدان بهمن، در روز مورد نظر، بتوانند تقاضای خود را از هر دو میدان بهمن و یـا

پیروزی تأمین کنند، برآورد شد (یک مدل جامع توزیع با دو مرکز عرضه بهمن و پیروزی و تمامی ۹۷ بازار روز تقاضاکننده در روز اول). نتایج این برآورد در جدول ۶ آمده است. در این شرایط، هر بازار می‌تواند تقاضای گوشت مرغ خود را، از هر کدام از میادین تأمین کند. حال، اگر نتایج بهینه دو میدان به‌صورت جداگانه با نتایج مسیریابی بهینه در شرایط جدید مقایسه شود، هزینه‌های حمل‌ونقل ۳۸۳۰ هزار ریال (۸/۹ درصد) و مسافت طی‌شده ۱۱۶ کیلومتر (۱۳/۲ درصد) نسبت به قبل کاهش نشان می‌دهد. در مقایسه تعداد وسایل نقلیه مورد نیاز در شرایط جدید نسبت به مسیریابی بهینه جداگانه، سه وسیله نقلیه کمتر احتیاج است (چهار نیسان و ۲۳ کامیونت). در واقع، زمانی که مسئله بهینه‌سازی حمل‌ونقل برای هر دو میدان به‌صورت جداگانه در نظر گرفته شود، در مجموع، سی دستگاه وسیله نقلیه نیاز است (شانزده دستگاه در میدان بهمن و چهارده دستگاه در میدان پیروزی). ولی در شرایطی که یک الگوی جامع با در نظر گرفتن تمامی بازارهای روز تقاضاکننده و دو مرکز عرضه در نظر گرفته شود، تعداد وسایل نقلیه سه دستگاه کمتر خواهد شد. اگر نتایج جدول ۶ با حمل‌ونقل شرایط واقعی صورت‌گرفته از میدان بهمن (جدول ۱) و میدان پیروزی (جدول ۴) مقایسه شود، مسافت طی‌شده و هزینه حمل‌ونقل به‌ترتیب ۸۰۹ کیلومتر (۵۱/۵ درصد) و ۱۶۶۹۸ هزار ریال (۲۹/۶ درصد) کاهش نشان می‌دهد. تعداد وسایل نقلیه نیز از ۴۹ دستگاه به ۲۷ دستگاه کاهش می‌یابد.

جدول ۶. مسیریابی بهینه با در نظر گرفتن هر دو میدان بهمن و پیروزی و تمامی بازارها برای روز اول

ردیف	میدان مبدأ	مسیر اول	مسیر دوم	مسیر سوم	مسیر چهارم	تقاضای هر تور (تن)	مجموع مسافت طی‌شده در هر تور (کیلومتر)	هزینه هر تور (هزارریال)
۱	۱*	هفت چنار	آزادی	شمشیری	گلسار	۳/۴۵	۱۶/۳	۹۷۵
۲	۱	کیانشهر	خاورشهر	شاهد	۱۷ شهریور	۲/۳۰	۱۷/۸	۱۰۴۵
۳	۱	قلمستان	باکری	سهروردی	شهید شیرودی	۳/۳۳	۳۶/۶	۱۹۷۱
۴	۱	جلال آل احمد	–	–	–	۴/۹۰	۱۸/۰	۱۰۵۸
۵	۱	جمالزاده	شهدای محله جی	بهارارم شمالی	کارون	۳/۵۰	۳۴/۲	۱۸۴۹
۶	۱	جنت آباد	ویلاشهر	بنفشه	لاله	۲/۰۴	۴۷/۴	۲۴۹۸
۷	۱	صادقیه	–	–	–	۷/۵۰	۲۰/۱	۱۱۶۲
۸	۱	شهرآرا	شهرک قدس	گلها	شهید براتلو	۳/۲۲	۳۲/۶	۱۷۷۴
۹	۱	خرم رودی	امیرکبیر	امید دژبان	کن	۲/۳۹	۴۵/۷	۲۴۱۶
۱۰	۱	شهرک بیمه	خلیج فارس	تهرانسر	شهرک آزادی	۳/۲۴	۳۵/۰	۱۸۹۰
۱۱	۱	شهید غیبی	–	–	–	۴/۰۰	۱۰/۳	۶۷۹
۱۲	۱	معلم	اکباتان	بلوار فردوس	منیریه	۳/۲۵	۳۰/۱	۱۶۵۰
۱۳	۱	بهاران	غدیر	کوثر	رجایی	۲/۲۰	۱۹/۲	۱۱۱۴
۱۴	۲	میدان آزادگان	بلوار پروین	گلشن	اشراق	۲/۲۵	۱۸/۶	۱۰۸۸
۱۵	۲	کالاد	شمیران نو	هروی	صدف	۲/۳۶	۲۰/۷	۱۱۹۱
۱۶	۲	مسعودیه	مشیریه	فجر	–	۳/۵۰	۱۶/۱	۹۶۴
۱۷	۲	احمدیه	بهارستان	نواب	اطلس	۰/۹۰	۱۵/۵	۵۳۴
۱۸	۲	شهید کیانی	دولت آباد	شهید نبی پور	خزانه	۲/۱۷	۲۰/۷	۱۱۹۰
۱۹	۲	بهرود	سردار جنگل	میرداماد	–	۳/۳۷	۳۹/۲	۲۰۹۷
۲۰	۲	پیروزان	علامه	استادنظر	پیامبر	۲/۶۵	۳۷/۱	۱۹۹۵
۲۱	۲	سعدی	کردستان	طوقانی	توانیر	۱/۱۱	۴۱/۲	۱۲۵۴
۲۲	۲	شهید توکلی (نظام آباد)	آذرنجات	ولیعصر	شهید قره یاضی	۱/۲۳	۱۴/۵	۵۰۷
۲۳	۲	بهاره	ایثار	شهرک نفت	لواسانی	۳/۴۵	۳۲/۴	۱۷۶۳
۲۴	۲	اختیاریه	قیطریه	شهید قندی	قصر	۱/۸۳	۲۵/۲	۸۰۴
۲۵	۲	زرگنده	شهران	درکه	شهدای محله تجریش	۳/۲۶	۵۰/۷	۲۶۵۸
۲۶	۲	ازگل	شهرک لاله	حکیمیه۲	قنات کوثر	۳/۰۲	۳۴/۱	۱۸۴۵
۲۷	۲	کوهستان-قائم	جماران	دارآباد	مجیدیه	۳/۰۲	۳۳/۴	۱۸۱۱
جمع		–	–	–	–	۷۹/۴۴	۷۶۲/۹	۳۹۷۸۴

* ۱:میدان بهمن ۲:میدان پیروزی

مأخذ: یافته‌های تحقیق

الگوی مسیریابی طراحی‌شده برای دو روز دیگر نیز مورد آزمون قرار گرفت. در جدول ۷، نتایج مربوط به کاهش هزینه‌ها، مسافت و سایر اطلاعات محاسبه‌شده برای سه روز مورد نظر به‌صورت خلاصه آمده است.

مقایسه مقدار کاهش هزینه‌ها در میدان‌های بهمن و پیروزی نشان می‌دهد که در میدان پیروزی، به‌علت وجود سامانهٔ نوین تقاضا، مقدار کاهش هزینه‌ها نسبت به میدان بهمن (سامانهٔ سنتی توزیع) کمتر بوده است (همان‌گونه که در مقدمه ذکر شد، در میدان پیروزی، تقاضا از طریق سامانه ثبت و سپس، توزیع در روز آتی انجام می‌شود). در واقع، مدل بهینه پیشنهادی در میدان پیروزی به شرایط موجود نزدیک‌تر است.

در شرایطی که مسیریابی بهینه برای همه بازارها به‌صورت همزمان و در یک الگو مشخص شود و در واقع، بازارها با توجه به تقاضای خود و نیز تقاضای سایر بازارها در روز مورد نظر، میدان بهینه برای تأمین تقاضای خود را انتخاب کنند، آنگاه هزینه‌های حمل‌ونقل به میزان بیشتری کاهش خواهد یافت، به‌گونه‌ای که در سه روز مورد مطالعه، هزینه‌های حمل‌ونقل به‌ترتیب ۲۹/۵۶، ۲۷/۹۱ و ۳۲/۵۸ درصد نسبت به شرایط موجود کاهش خواهد یافت؛ این کاهش هزینه به‌ترتیب ۸/۹، ۱۴/۲ و ۱۶/۷۶ درصد بیشتر از مجموع شرایط بهینه دو بازار با الگوی مسیریابی جداگانه است. پس، در شرایطی که مسیریابی همه بازارها به‌صورت همزمان انجام شود، بهتر می‌توان هزینه‌ها را کاهش داد.

جدول ۷. مقایسه نتایج سه روز مورد آزمون با شرایط حمل‌ونقل موجود

		میدان بهمن		میدان پیروزی		ترکیب دو میدان
		شرایط موجود	الگوی بهینه	شرایط موجود	الگوی بهینه	الگوی بهینه
روز اول	تعداد بازار	۴۷	۴۷	۵۰	۵۰	۹۷
	مقدار تقاضای کل (تن)	۵۶/۳۵	۵۶/۳۵	۲۳/۰۹	۲۳/۰۹	۷۹/۴۴
	کل مسافت طی شده (کیلومتر)	۱۱۰۲/۹	۴۶۱/۳	۴۶۹	۴۱۷/۵	۷۶۲/۹
	هزینه کل (هزار ریال)	۳۸۷۲۲	۲۶۷۷۶	۱۷۷۶۰	۱۶۸۳۸	۳۹۷۸۴
	تعداد وسایل نقلیه مورد نیاز	۳۴	۱۶	۱۵	۱۴	۲۷
	هزینه به ازای هر بازار (هزار ریال)	۸۲۳/۸۷	۵۶۹/۷	۳۵۵/۲	۳۳۶/۷۶	۴۱۰/۱۴
	هزینه به ازای هر تن (هزار ریال)	۶۸۷/۱۷	۴۷۵/۱۷	۷۶۹/۲۶	۷۲۹/۳۳	۵۰۰/۸۲
	هزینه به ازای هر تور (هزار ریال)	۱۱۳۸/۸۸	۱۶۷۳/۵	۱۱۸۴	۱۲۰۲/۷۱	۱۴۷۳/۴۸
روز دوم	تعداد بازار	۵۷	۵۷	۴۳	۴۳	۱۰۰
	مقدار تقاضای کل (تن)	۵۴/۰۵	۵۴/۰۵	۱۳/۰۳	۱۳/۰۳	۶۷/۰۸
	کل مسافت طی شده (کیلومتر)	۱۰۱۵/۱	۵۸۸/۴	۴۲۶/۲	۴۰۵/۶	۷۸۹/۳
	هزینه کل (هزار ریال)	۳۸۵۳۰	۳۰۹۹۲	۱۳۷۵۹	۱۲۹۷۶	۳۷۶۹۳
	تعداد وسایل نقلیه مورد نیاز	۳۲	۱۹	۱۳	۱۱	۲۷
	هزینه به ازای هر بازار (هزار ریال)	۶۷۵/۹۶	۵۴۳/۷۲	۳۱۹/۹۸	۳۰۱/۷۷	۳۷۶/۹۳
	هزینه به ازای هر تن (هزار ریال)	۷۱۲/۸۶	۵۷۳/۴	۱۰۵۵/۸۵	۹۹۵/۷۶	۵۶۱/۹۰
	هزینه به ازای هر تور (هزار ریال)	۱۲۰۴/۰۶	۱۶۳۱/۱۶	۱۰۵۸/۳۸	۱۱۷۹/۶۴	۱۳۹۶/۰۴
روز سوم	تعداد بازار	۴۲	۴۲	۴۴	۴۴	۸۶
	مقدار تقاضای کل (تن)	۳۵/۷۹	۳۵/۷۹	۱۴/۱۳	۱۴/۱۳	۴۹/۹۲
	کل مسافت طی شده (کیلومتر)	۷۹۳/۵	۴۱۳/۴	۴۴۰	۴۱۲/۶	۶۶۷/۶
	هزینه کل (هزار ریال)	۲۸۵۸۰	۲۱۴۵۹	۱۴۷۵۲	۱۳۶۴۰	۲۹۲۱۶
	تعداد وسایل نقلیه مورد نیاز	۲۷	۱۳	۱۱	۱۱	۲۴
	هزینه به ازای هر بازار (هزار ریال)	۶۸۰/۴۸	۵۱۰/۹۳	۳۳۵/۲۷	۳۱۰	۳۳۹/۷۲
	هزینه به ازای هر تن (هزار ریال)	۷۹۸/۶۶	۵۹۹/۶۶	۱۰۴۳/۸۵	۹۶۵/۱۶	۵۸۵/۲۹
	هزینه به ازای هر تور (هزار ریال)	۱۰۵۸/۵۲	۱۶۵۰/۶۹	۱۳۴۱/۰۹	۱۲۴۰	۱۲۱۷/۳۳

ادامهٔ جدول ۷.

		مقایسه الگوی بهینه و شرایط موجود، مقدار (درصد)		
		میدان بهمن	میدان پیروزی	ترکیب دو میدان
روز اول	تعداد بازار	–	–	–
	مقدار تقاضای کل (تن)	–	–	–
	کل مسافت طی شده (کیلومتر)	۶۴۱/۶(۵۸/۱۷)*	۵۱/۵(۱۰/۹۸)	۸۰۹(۵۱/۴۷)
	هزینه کل (هزار ریال)	۱۱۹۴۶(۳۰/۸۵)	۹۲۲(۵/۱۹)	۱۶۶۹۸(۲۹/۵۶)
	تعداد وسایل نقلیه مورد نیاز	۱۸(۵۲/۹۴	۱(۶/۶۷)	۲۲(۴۴/۹)
	هزینه به ازای هر بازار (هزار ریال)	۲۵۴/۱۷(۳۰/۸۵)	۱۸/۴۴(۵/۱۹)	۱۷۲/۱۴(۲۹/۵۶)
	هزینه به ازای هر تن (هزار ریال)	۲۱۲(۳۰/۸۵)	۳۹/۹۴(۵/۱۹)	۲۱۰/۲۰(۲۹/۵۶)
	هزینه به ازای هر تور (هزار ریال)	-۵۳۴/۶۲(-۴۶/۹۴)	-۱۸/۷۱(-۱/۵۸)	-۳۲۰/۷۹(۲۷/۸۳)
روز دوم	تعداد بازار	–	–	–
	مقدار تقاضای کل (تن)	–	–	–
	کل مسافت طی شده (کیلومتر)	۴۲۶/۷(۴۲/۰۴)	۲۰/۶(۴/۸۳)	۶۵۲(۴۵/۲۴)
	هزینه کل (هزار ریال)	۷۵۳۸(۱۹/۵۶)	۷۸۳(۵/۶۹)	۱۴۵۹۶(۲۷/۹۱)
	تعداد وسایل نقلیه مورد نیاز	۱۳(۴۰/۶۳)	۲(۱۵/۳۸)	۱۸(۴۰)
	هزینه به ازای هر بازار (هزار ریال)	۱۳۲/۲۵(۱۹/۵۶)	۱۸/۲۱(۵/۶۹)	۱۴۵/۹۶(۲۷/۹۱)
	هزینه به ازای هر تن (هزار ریال)	۱۳۹/۴۶(۱۹/۵۶)	۶۰/۰۹(۵/۶۹)	۲۱۷/۵۹(۲۷/۹۱)
	هزینه به ازای هر تور (هزار ریال)	-۴۲۷/۱۰(-۳۵/۴۷)	-۱۲۱/۲۵۲(-۱۱/۴۶)	-۲۳۴/۰۶(-۲۰/۱۴)
روز سوم	تعداد بازار	–	–	–
	مقدار تقاضای کل (تن)	–	–	–
	کل مسافت طی شده (کیلومتر)	۳۸۰/۱(۴۷/۹)	۲۷/۴(۶/۲۳)	۵۶۵/۹(۴۵/۸۸)
	هزینه کل (هزار ریال)	۷۱۲۱(۲۴/۹۲)	۱۱۱۲(۷/۵۴)	۱۴۱۱۶(۳۲/۵۸)
	تعداد وسایل نقلیه مورد نیاز	۱۴(۵۱/۸۵)	۰(۰)	۱۴(۳۶/۸۴)
	هزینه به ازای هر بازار (هزار ریال)	۱۶۹/۵۵(۲۴/۹۲)	۲۵/۲۷(۷/۵۴)	۱۶۴/۱۴(۳۲/۵۸)
	هزینه به ازای هر تن (هزار ریال)	۱۹۸/۹۹(۲۴/۹۲)	۷۸/۶۸(۷/۵۴)	۲۸۲/۷۹(۳۲/۵۸)
	هزینه به ازای هر تور (هزار ریال)	-۵۹۲/۱۷(-۵۵/۹۴)	۱۰۱/۰۹(۷/۵۴)	-۷۷/۰۲(-۶/۷۵)

* اعداد داخل پرانتز درصد کاهش هزینه‌ها (یا مسافت‌ها) در مقایسه‌های صورت‌گرفته است؛ برای نمونه، ۵۸/۱۷ بیانگر درصد کاهش مسافت در مقایسه الگوی بهینه و موجود میدان بهمن است.

مأخذ: یافته‌های تحقیق

جمع‌بندی و پیشنهادها

با توجه به جایگاه ویژه حمل‌ونقل در نظام‌های اقتصادی و درآمد ملی و همچنین، سهم بالای آن در شبکه توزیع و قیمت تمام‌شدهٔ محصولات مختلف، در مطالعهٔ حاضر، ابتدا با توجه به محدودیت‌ها و شرایط واقعی، الگوی مسیریابی بهینه برای شبکه توزیع گوشت مرغ در شهر تهران طراحی شد. سپس، الگوی طراحی‌شده برای سه روز مختلف از سال ۱۳۹۲ مورد آزمون و مقایسه قرار گرفت. پس از مقایسه شرایط حمل‌ونقل اولیه با مدل‌های بهینه، مشاهده شد که استفاده از الگوهای طراحی‌شده می‌تواند هزینه‌های حمل‌ونقل را کاهش دهد. هرچند، در برخی موارد این کاهش هزینه ناچیز است (الگوهای بهینه میدان پیروزی)، مزیت این کاهش هزینه قابلیت حصول آن است. برای نمونه، الگوی بهینه روز اول هزینه‌های مسیریابی را به میزان ۱۶۶۹۸ هزار ریال کمتر می‌کند. حال، در صورتی که سازمان مدیریت میادین میوه و تره‌بار شهرداری تهران که متولی این ناوگان است، از الگوی طراحی‌شده برای توزیع گوشت مرغ استفاده کند، ۱۶۶۹۸ هزار ریال هزینه‌های ناوگان کاهش خواهد یافت، که از محل این کاهش هزینه‌ها می‌توان برای بهبود شبکهٔ توزیع موجود استفاده کرد. همچنین، مشاهده شد که در الگوی بهینه، تعداد کمتری وسیله نقلیه نیاز است؛ اما از آنجا که هرکدام از این وسایل نقلیه تقاضای بیشتری را تأمین می‌کنند، درآمد روزانه بالاتری عاید آنها می‌شود.

مسئله دیگری که از مقایسه بین مسیریابی بهینه و حمل‌ونقل موجود حاصل شد، بدین شرح است که در سامانهٔ حمل‌ونقل میدان پیروزی، هزینه‌های حمل‌ونقل به میزان کمتری نسبت به شرایط موجود کاهش می‌یابد. برای نمونه، در روز اول، مقدار کاهش هزینه به‌ترتیب از میدان بهمن و پیروزی برابر با ۳۰/۸۵ و ۵/۱۹ درصد است، که علت اصلی آن، مطابق آنچه پیش‌تر توضیح داده شد، می‌تواند سنتی بودن شرایط تقاضا و توزیع در میدان بهمن نسبت به سامانهٔ تقاضا و توزیع نوین در میدان پیروزی باشد. در واقع، علت این تفاوت عدم اطلاع بازارهای تقاضاکننده گوشت مرغ از سایر بازارها و مقدار تقاضای آنها در میدان بهمن است، چراکه گاه به‌صورت جداگانه اقدام به خرید می‌کنند. در واقع، هر بازار بدون اطلاع سایر

بازارها اقدام به تأمین تقاضای خود می‌کند. از این‌رو، می‌توان گفت که روش توزیع میدان پیروزی به الگوی حمل‌ونقل بهینه نزدیک‌تر است.

با توجه به مشاهدات روزانه، در ارتباط با وسایل حمل‌ونقل، فقط دو نوع وسیله نقلیه (نیسان با ظرفیت دو تن و کامیونت با حداکثر ظرفیت ۳/۵ تن) که بیشترین کاربرد را داشتند، در مدل‌سازی مورد استفاده قرار گرفتند و در واقع، حداکثر ظرفیت ۳/۵ تن لحاظ شد. پس از بررسی نتایج مدل‌سازی روزانه، مشاهده شد که استفاده از کامیونت در الگوی بهینه بیشتر شده است. از سوی دیگر، با توجه به این فرض که هر وسیله نقلیه حداکثر به چهار بازار می‌تواند خدمت‌رسانی کند، همین موضوع موجب شد که تا حدودی بحث زمان توزیع مد نظر قرار گیرد تا تقاضا به‌موقع تأمین شود. از این‌رو، استفاده از وسایل نقلیه با ظرفیت بالاتر، به شرط خدمت‌رسانی به تعداد محدودی بازار، می‌تواند قابل تأمل باشد. لازم به ذکر است اکثر وسایل نقلیه که از استان‌های مختلف وارد میدان بهمن می‌شوند، کامیونت هستند؛ این مسئله باعث می‌شود که در برخی موارد، حتی نیاز به تخلیه گوشت مرغ از کامیونت و بارگیری مجدد در وسایل نقلیه کوچک‌تر نباشد. پس، به شرطی که وسایل نقلیه ملزم به خدمت‌رسانی به تعداد محدودی از بازارها باشند، استفاده از وسایل نقلیه بزرگ‌تر برای حمل‌ونقل درون‌شهری قابل تأمل است؛ بدین گونه، رضایت‌مندی تقاضاکنندگان نیز حفظ می‌شود. در همین راستا، لازمه اجرایی شدن این پیشنهاد صدور مجوز تردد درون‌شهری برای کامیونت‌های مورد نظر است.

در پژوهش حاضر، افزون بر پیشنهادهای پیشین، نکاتی نیز به‌شرح زیر پیشنهاد می‌شود:

- اگر تمامی نتایج یادشده به‌صورت جامع مورد تأمل قرار گیرد، می‌توان به مزایای وجود یک سامانهٔ یکپارچه تقاضا و توزیع نوین اشاره کرد، به‌گونه‌ای که تقاضای گوشت مرغ و حتی سایر محصولات کشاورزی برای تمامی بازارهای سازمان مدیریت میادین میوه و تره‌بار از طریق این سامانه صورت پذیرد. فعال‌سازی بهینه این سامانه در راستای نتایج تحقیق حاضر می‌تواند مزایای زیر را در پی داشته باشد:

- نظم‌دهی به سامانهٔ موجود و در واقع، مشخص بودن دقیق زمان دریافت و تحویل گوشت مرغ برای روز آتی، چراکه مسیریابی از قبل و در یک الگوی بهینه مشخص شده است.
- کمک به تجهیز شبکهٔ توزیع و بهبود وسایل نقلیه از محل کاهش هزینه‌ها؛ همان‌گونه که در مدل‌سازی روزانه مشاهده شد، هزینه‌های حمل‌ونقل نسبت به شرایط موجود کاهش یافته است. از طرفی، این کاهش هزینه برای دارنده ناوگان (سازمان مدیریت میادین میوه و تره بار) به‌نوعی درآمد محسوب می‌شود. از این‌رو، با به‌کارگیری الگوی طراحی‌شده، وجوه و درآمدهای اضافی حاصل می‌شود که از این محل می‌توان در راستای بهبود سامانهٔ حمل‌ونقل موجود استفاده کرد. برای نمونه، نصب GPS برای پیگیری وسایل نقلیه (با هدف حداقل کردن تقلب و تعویض بار) و یا بهبود دستگاه سرمایشی وسایل نقلیه به‌منظور حفظ کیفیت گوشت مرغ و...
- کاهش هزینه‌های غیرمستقیم نظیر مصرف سوخت، آلودگی‌های زیست‌محیطی، کاهش ترافیک و...، به علت استفاده از وسیله نقلیه کمتر و طی مسافت کمتر برای روزهای مختلف، زیرا نتایج تحقیق نشان داد که مسافت طی‌شده و تعداد وسایل نقلیه در الگوی طراحی‌شده کاهش می‌یابد.
- افزایش قابلیت جایگزینی سریع وسایل نقلیه در صورت خرابی آنها، چراکه در سامانهٔ بهینه مسیریابی، تعداد وسایل نقلیه کمتری مورد استفاده قرار گرفته است و از این‌رو، مشکل عدم دسترسی به وسایل نقلیه جایگزین، در صورت خرابی یک وسیله نقلیه، کاهش می‌یابد.
- مشخص بودن دقیق عرضه و تقاضا در روزهای مختلف سال و همچنین، کمک به برنامه‌ریزی برای تأمین مرغ برای روزها و ماه‌های آتی.

- تأمین بهینهٔ تقاضا از کشتارگاه‌ها تا میادین، بدین علت که تقاضای هر بـازار در روز قبل مشخص می‌شود. از سوی دیگر، کشتار مرغ نزدیک به غروب انجام می‌شـود و بنابراین، ازین فاصله زمانی می‌توان برای تعیین مقدار دقیق تقاضا و استان بهینه برای تأمین تقاضا در روز آتی استفاده کرد.

- بر اساس مزایای استفاده از سیامانهٔ یکپارچه ثبت تقاضا و توزیع که در بالا بدان اشاره شد، پیشنهاد می‌شود که تأمین تقاضا و توزیع گوشت مرغ در میدان بهمن نیز با استفاده از این سامانه انجام شود، به‌گونه‌ای که تمامی بازارها در یک سامانهٔ یکپارچه، تقاضای خود را مطرح کنند تا از این طریق و با توجه به الگوهای حمل‌و نقل طراحی‌شده، توزیع با حداقل هزینه صورت پذیرد. لازم به ذکر است که در میدان پیروزی، این سامانه وجود دارد و به همین دلیل، هزینه‌ها در الگوی بهینه نسبت به شرایط موجود میدان پیروزی به میزان کمتری کاهش یافته است. البته در میدان پیروزی نیز این سامانه تنها برای ثبت سفارش مورد استفاده قرار می‌گیرد و از آن برای مسیریابی بهینه استفاده نمی‌شود.
- در الگوی طراحی‌شده، مشاهده شد که وسایل نقلیه با ظرفیت بالاتر می‌تواند در سامانه مورد استفاده قرار گیرد و با تعریف محدودیت زمان، کارآ باشد و حتی برخی هزینه‌های بارگیری و تخلیه نیز از بین برود. از این‌رو، در نظر گرفتن وسایل نقلیه با ظرفیت بالاتر در سامانهٔ حمل‌ونقل موجود می‌تواند بهینه باشد؛ و پیشنهاد می‌شود از کامیونت در مسئله توزیع گوشت مرغ بیشتر استفاده شود.
- همان‌گونه که نتایج نشان می‌دهد، مسافت طی‌شده نیز از طریق مدل طراحی‌شده مشخص می‌شود. از این‌رو، پیشنهاد می‌شود که برای مطالعات مشابه آتی، منافع غیرمستقیم نظیر میزان کاهش آلودگی‌ها، ترافیک، کاهش هزینه سوخت و... محاسبه شود.

منابع

1. Aggarwal, D., Kumar, V.G. and Girdhar, A.G. (2017). Development of Efficient Approaches for Solving the Vehicle Routing Problem with Time Windows (Doctoral Dissertation).
2. Amiri, A. (2006). Designing a distribution network in a supply chain system: formulation and efficient solution procedure. *European Journal of Operational Research*, 171(2): 567-576.
3. Apaiah, R.K. and Hendrix, E.M.T. (2003). Linear programming for supply chain design: a case on novel protein foods. Product Design and Quality Management Group, Department of Agro Technology and Food Science, Wageningen University, Netherlands.
4. Bettinelli, A., Ceselli, A. and Righini, G. (2011). A branch-and-cut-and-price algorithm for the multi-depot heterogeneous vehicle routing problem with time windows. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, *19*(5): 723-740.
5. Bettinelli, A., Ceselli, A. and Righini, G. (2014). A branch-and-price algorithm for the multi-depot heterogeneous-fleet pickup and delivery problem with soft time windows. *Mathematical Programming Computation*, *6*(2): 171-197.
6. Bravo, J.J. and Vidal, C.J. (2013). Freight transportation function in supply chain optimization models: a critical review of recent trends, *Expert Systems with Applications*, 40: 6742-6757.
7. Bräysy, O., Dullaert, W., Hasle, G., Mester, D. and Gendreau, M. (2008). An effective multirestart deterministic annealing metaheuristic for the fleet size and mix vehicle-routing problem with time windows. *Transportation Science*, 42(3): 371-386.
8. Central Bank of The Islamic Republic of Iran (2016). Time series database of Central Bank of The Islamic Republic of Iran. Available at http://tsd.cbi.ir/Display/Content.aspx. (Persian)
9. Chizari, A.H., Riahi Dercheh, F. and Rafiei, H. (2016). Investigating the structure of transport pattern and supplying poultry meat in Tehran. *Agricultural Economics*, 10(2): 69-91. (Persian)
10. Dantzig, G.B. and Ramser, J.H. (1959). The truck dispatching problem. *Management Science*, 6(1): 80-91.
11. Dehbari, S., Pourosta, A.R., Naderi Bani, M., Ghobadian, A. and ;holi Moghaddam, R. (2012). Routing multi-purpose vehicles with probable service time and fuzzy demand under time window constraints. *Investigating Operations and Applications*, 9(4): 85-106. (Persian)

12. Dondo, R. and Cerdá, J. (2007). A cluster-based optimization approach for the multi-depot heterogeneous fleet vehicle routing problem with time windows. *European Journal of Operational Research*, 176(3): 1478-1507.
13. Forghani, M. and Jafari, A.A. (2013). A new metamorphic algorithm for routing transport vehicles along with the division of demand and access restrictions to vehicles. *Business Research*, 66: 21-48. (Persian)
14. Golden, B., Assad, A., Levy, L. and Gheysens, F. (1984). The fleet size and mix vehicle routing problem. *Computers and Operations Research*, 11(1): 49-66.
15. Hoff, A., Andersson, H., Christiansen, M., Hasle, G. and Lokketangen, A. (2010). Industrial aspects and literature survey: fleet composition and routing. *Computers and Operations Research*, 37(12): 2041-2061.
16. Hosseinpour, H.A., Mosaddeqhkhah, V. and Tavakoli Moghaddam, R. (2007). Design of two mathematical models for probabilistic location-probability mapping. 5th International Conference on Industrial Engineering, Tehran. (Persian)
17. Hosseinpour, H.A., Mosaddeqhkhah, V. and Tavakoli Moghaddam, R. (2009). Solving the vehicle routing problem in multidimensional and probable multipurpose mode using simulated annealing. *Industrial Engineering*, 43(1): 25-36. (Persian)
18. Jawahara, N. and Balaji, N. (2012). A genetic algorithm based heuristic to the multiperiod fixed charge distribution problem. *Applied Soft Computing*, 12: 682-699.
19. Jha, J.K. and Shanker, K. (2013). Single-vendor multi-buyer integrated production inventory model with control lable lead time and service level constraints. *Applied Mathematical Modelling*, 37(4): 1753-1767.
20. Karabuk, S. (2007). Modeling and optimizing transportation decisions in a manufacturing supply chain. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 43(4): 321-337.
21. Koç, Ç., Bektaş, T., Jabali, O. and Laporte, G. (2015). A hybrid evolutionary algorithm for heterogeneous fleet vehicle routing problems. *Computers and Operations Research*, 64: 11-27.
22. Koç, Ç., Bektaş, T., Jabali, O. and Laporte, G. (2016). Thirty years of heterogeneous vehicle routing. *European Journal of Operational Research*, 249(1): 1-21.
23. Laporte, G. (2009). Fifty years of vehicle routing. *Transportation Science*, 43(4): 408-416.

24. Li, F., Golden, B. and Wasil, E. (2007). A record-to-record travel algorithm for solving the heterogeneous fleet vehicle routing problem. *Computers and Operations Research*, 34(9): 2734-2742.
25. Liang, T. (2008). Fuzzy multi-objective production/distribution planning decisions with multi-product and multi-time period in a supply chain. *Computers and Industrial Engineering*, 55(3): 676-694.
26. Liu, F.H. and Shen, S.Y. (1999). The fleet size and mix vehicle routing problem with time windows. *Journal of the Operational Research Society*, 12(5): 721-732.
27. Melo, M.T., Nickel, S. and Saldanha-da-Gama, F. (2012). A tabu search heuristic for redesigning a multi-echelon supply chain network over a planning horizon. *International Journal of Production Economics*, 136: 218-230.
28. Mirzapour Al-e-Hashem, S.M.J., Malekly, H. and Aryanezhad, M.B. (2011). A multi objective robust optimization model for multiproduct multisite aggregate production planning in a supply chain under uncertainty. *International Journal of Production Economics*, 134: 28-42.
29. Mohammadi Zanjirani, D. and Asaadi Aghajery, M. (2009). Designing a math model for inventory routing in supply chain: a case study in Donar Khazer Co. *Industrial Management*, 1(3): 119-136. (Persian)
30. Olivares-Benitez, E., Rios-Mercado, R.Z. and Gonzalez-Velarde, J.L. (2013). A metaheuristic algorithm to solve the selection of transportation channels in supply chain design. *Production Economics*, 145: 161-172.
31. Paksoy, T., Bektas, T. and Ozceylan, E. (2011). Operational and environmental performance measures in a multi-product closed-loop supply chain. *Transportation Research Part E*, 47: 532-546.
32. Paraskevopoulos, D.C., Repoussis, P.P., Tarantilis, C.D., Ioannou, G. and Prastacos, G.P. (2008). A reactive variable neighborhood tabu search for the heterogeneous fleet vehicle routing problem with time windows. *Heuristics*, 14(5): 425-455.
33. Peidro, D., Mula, J., Jiménez, M. and Botella, M. (2010). A fuzzy linear programming based approach for tactical supply chain planning in an uncertainty environment. *European Journal of Operational Research*, 205: 65-80.
34. Pisarski, A. (2008). The transportation challenge: moving the US economy. (Research Report), Cambridge Systematics, Inc. for National Chamber Foundation.

35. Pratama, R.Y. and Mahmoudi, W.F. (2017). Optimization of vehicle routing problem with time window (VRPTW) for food product distribution using genetics algorithm. *Information Technology and Computer Scienc*e, 2(2): 102-132.
36. Prins, C. (2004). A simple and effective evolutionary algorithm for the vehicle routing problem. *Computers and Operations Research*, 31(12): 1985-2002.
37. Saleh, I., Peykani, Gh.R. and Moghiseh, S. (2010). Dynamic optimization of transportation of soybean oil in Iran. *Economics and Development*, 18(70): 1-16. (Persian)
38. Seixas, M.P. and Mendes, A.B. (2013). Column generation for a multi trip vehicle routing problem with time windows, driver work hours, and heterogeneous fleet. *Mathematical Problems in Engineering*, 14(27): 125-136.
39. Shavandi, H. and Bozorgi, B. (2012). Developing a location-inventory model under fuzzy environment. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 63(1-4): 191-200. (Persian)
40. Solomon, M.M. (1987). Algorithms for the vehicle routing and scheduling problems with time window constraints. *Operations Research*, 35(2): 254-265.
41. Statistical Center of Iran (2011). Population and housing census. Tehran: Statistical Center of Iran. (Persian)
42. Taillard, É.D. (1999). A heuristic column generation method for the heterogeneous fleet VRP. *Revue Française d'Automatique, d'Informatique et de Recherche Opérationnelle,* 33(1): 1-14.
43. Tavakoli Moghaddam, R. and Mazloumi, S.Z. (2009). Mathematical modeling problem location - multi-objective routing in the three-level supply chain. The 2nd International Conference on Operation, Iran, Babolsar. (Persian)
44. Tehran Municipality Management of Fruit and Vegetables Organization (2013). Central Market of Fruit and Vegetables, Tehran Municipality, System No. 2, Agricultural Products, Office of Monitoring of Information on Protein Products. Available at http://mayadin.tehran.ir/Default.aspx?tabid=434. (Persian)
45. Teymouri, A. and Hafez Alkotob, A. (2008). Designing a Multi-product supply network using nonlinear dual-programming planning and using the AHP method, case study: automobile logistic network. *Business Journal of Research*, 47: 169-204. (Persian)

46. Toth, P. and Vigo, D. (2002). The vehicle routing problem. *SIAM* Series, Philadelphia.
47. Toth, P. and Vigo, D. (Eds) (2014). Vehicle routing: problems, methods, and applications (Vol. 18). *SIAM* Series on Optimization, Philadelphia.