

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

DOI: 10.30490/aead.2020.252609.0

## الگوی مسیریابی بهینه ناوگان حمل و نقل توزیع گوشت مرغ شهر تهران در حالت چندقرارگاهی با محدودیت پنجره زمانی\*

فرشید ریاحی درچه<sup>۱</sup>، امیرحسین چیدری<sup>۲</sup>، رضا اسفنجاری کناری<sup>۳</sup>

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

### چکیده

حمل و نقل یک رشته خدماتی است که از تولید تا مصرف تمامی کالاها و خدمات نقش و سهم به سزایی دارد. این مسئله برای کالاهای فسادپذیر همانند گوشت مرغ و همچنین، در شهرهای بزرگ اهمیت دوچندان پیدا می کند. در همین راستا، مطالعه حاضر با هدف طراحی

---

\* بدین وسیله از شهرداری تهران به ویژه مرکز مطالعات و برنامه ریزی شهر تهران به خاطر حمایت مالی در انجام پژوهش حاضر و همچنین، همکاری در جمع آوری اطلاعات پژوهش صمیمانه تشکر و قدردانی می شود.  
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.

الگوی مسیریابی ناوگان حمل و نقل ناهمگن در حالت چندقرارگاهی و با در نظر گرفتن محدودیت پنجره زمانی در قالب الگوهای برنامه‌ریزی خطی عدد صحیح مختلط انجام شد. بدین منظور، با توجه به تقاضای روزانه گوشت مرغ در بازارهای روز سازمان میادین میوه و تره‌بار شهرداری تهران، الگوی بهینه حمل و نقل، طراحی و تحلیل شد. در همین راستا، الگوی مسیریابی برای سه روز مختلف مورد آزمون قرار گرفت. نتایج نشان داد که مدل طراحی شده می‌تواند هزینه‌های حمل و نقل را به میزان قابل توجهی کاهش دهد، به گونه‌ای که برای سه روز مورد آزمون، هزینه‌ها به ترتیب ۲۹/۵، ۲۷/۹ و ۳۲/۵ درصد (معادل ۱۶۶۹۸، ۱۴۵۹۶ و ۱۴۱۱۶ هزار ریال) نسبت به شرایط حمل و نقل موجود کاهش می‌یابد. بر این اساس، پیشنهاد می‌شود که سازمان میادین میوه و تره‌بار شهرداری تهران، با به کارگیری سامانه ثبت تقاضا و توزیع و همچنین، استفاده از مدل طراحی شده برای توزیع گوشت مرغ، به کاهش هزینه‌های حمل و نقل بپردازد.

#### طبقه‌بندی JEL: C60, C61, Q13

**کلیدواژه‌ها:** مسیریابی، گوشت مرغ، FSMTW، MILP، سازمان مدیریت میادین میوه و تره‌بار شهرداری تهران.

#### مقدمه

حمل و نقل در نظام‌های اقتصادی، تولیدی و خدماتی از جایگاه ویژه برخوردار است، به گونه‌ای که ۱۳/۶ درصد از درآمد ملی کشورمان مربوط به بخش حمل و نقل و انبارداری بوده و حدود ۹ درصد آن مربوط به بخش حمل و نقل است. همچنین، طی یک دهه گذشته، بخش حمل و نقل با متوسط رشد ۱۴/۵ درصد یکی از مهم‌ترین مؤلفه‌های رشد اقتصادی کشور بوده است (۸). عدم استفاده از تمام ظرفیت‌های ناوگان حمل و نقل و ناآگاهی در مورد مسیرهای بهینه توزیع از جمله مسائلی است که از دیرباز وجود داشته و موجب شده است که هزینه‌های

حمل و نقل افزایش یابد. از این رو، محققان همواره در پی یافتن راه‌حل‌هایی برای بهبود حمل و نقل و حذف مسیرهای اضافی بوده‌اند، چراکه به‌طور متوسط بیست درصد قیمت تمام‌شده 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 بر جنبه‌های اقتصادی، نظیر هزینه‌های حمل و نقل، 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 حمل و 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 این رو، با توجه به جمعیت بالای شهر تهران و نیز افزایش جمعیت سالانه که منجر به افزایش مقدار تقاضای گوشت مرغ می‌شود، اهمیت بررسی موضوع حمل و نقل محصولات فسادپذیر (از جمله گوشت مرغ) دوچندان می‌شود، چراکه با افزایش تقاضا، به وسایل حمل و نقل بیشتری نیاز خواهد بود و در صورتی که یک سامانه حمل و نقل 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 بقیه 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 به صورت مستقیم و با پیگیری جداگانه به تأمین نیاز روزانه خود اقدام می‌کنند.

مسیریابی وسیله نقلیه<sup>۱</sup> (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<sup>۲</sup> (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 دانتریگ و رامسر در سال ۱۹۵۹ در قالب روابط ریاضی مطرح و بر اساس روش‌های ریاضی، نسبت به حل آن اقدام شد (۲۲). هدف مطالعه حاضر برنامه مسیریابی بهینه ناوگان حمل‌ونقل همگن برای خدمت به مجموعه‌ای از مشتریان بود، به گونه‌ای که هر خودرو از یک انبار حرکت خود را آغاز می‌کند و دوباره به انبار بازمی‌گردد. در زمینه مسائل VRP، مطالعات زیادی وجود دارد که از آن جمله می‌توان به مطالعات لاپورته (۲۳) و تات و ویگو (۴۷) اشاره کرد.

در زمینه 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

الگوی مسیریابی بهینه ناوگان حمل و نقل.....

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 سی صد تایی از نقاط تقاضا، الگوریتم مورد نظر برای حداقل سازی زمان توزیع مناسب است. آگاروال و همکاران (۱) به توسعه یک روش حل کارآ در زمینه حل مسئله مسیریابی با محدودیت پنجره زمانی پرداختند. در این مطالعه، هدف کمینه کردن تعداد وسایل نقلیه و کل هزینه حمل و نقل به صورت همزمان بود و در همین راستا، از الگوریتم فایرفلای<sup>۱</sup> 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 به کارگیری داده‌های واقعی است. در واقع، نه تنها 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 به دست آمده به نتایج بهینه الگوریتم‌های دقیق است. در مطالعه 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 میوه و تره‌بار شهرداری تهران در سال ۱۳۹۲ استفاده می‌شود.

---

## 1. firefly algorithm

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

### مبانی نظری و روش تحقیق

به طور کلی، می‌توان مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی را در قالب مدل‌های  $LP^1$ ،  $NLP^2$ ،  $ILP^3$ ،  $JNLP^4$ ،  $MILP^5$ ،  $MINLP^6$  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 زمینه بهینه‌سازی پویای حمل و نقل 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 زمینه 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) به ترتیب 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 حمل و نقل مورد استفاده قرار می‌گیرد. برای نمونه، در ایران می‌توان به مطالعات حسین‌پور و همکاران (۱۶)، محمدی زنجیرانی و اسعدی آغاچری (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 طراحی شده 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 حمل و نقل دسترسی دارند، برخلاف مدل کلاسیک VRP، تابع هدف عبارت است از حداقل‌سازی هزینه‌های ثابت و متغیر هر نوع از وسایل نقلیه، به گونه‌ای که کمترین هزینه حاصل شود. از این قبیل مطالعات با وسایل نقلیه

ناهمگن (HVRP<sup>۱</sup>) 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، به گونه‌ای که اگر تعداد وسایل نقلیه محدود نباشند، مدل مسیریابی با وسایل نقلیه نامحدود (FSMVRP<sup>۲</sup>) است، که اولین بار توسط گلدن و همکاران (۱۴) ارائه شد؛ در غیر این صورت، اگر تعداد ناوگان از پیش تعیین شده باشد، یک مدل مسیریابی با وسایل نقلیه محدود و ناهمگن (HFVRP<sup>۳</sup>) 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 طی شده (۲۲). لازم به ذکر است که فرم استاندارد مسئله مسیریابی وسایل نقلیه با پنجره زمانی (VRPTW<sup>۴</sup>)، اولین بار، توسط سولامان (۴۰) ارائه شد. در مسائل مسیریابی با ناوگان حمل‌ونقل محدود پنجره زمانی، از طریق وارد کردن زمان و مسیر (HFTW) به ترتیب

- 
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 به عنوان متغیر پنجره زمانی (FSMTW) به ترتیب می توان به مطالعات لیو و شن (۲۶) و برایسی و همکاران (۱۷) اشاره کرد. سایر محدودیت های لحاظ شده 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 پرنیس (۳۶) و سیخاس و مندز (۳۸) است. مسائل دیگری از قبیل اضافه ظرفیت حمل و نقل، تقاضا و مسیر احتمالی، مسیریابی مطابق با محیط زیست، و حمل و نقل چندمحصولی نیز در مطالعات مختلف مورد استفاده قرار گرفته، که در مطالعه حاضر بدان پرداخته نشده است.

همان گونه که از مطالب پیش گفته مشخص است، هر کدام از الگوهای طراحی شده برای شرایط متناسب با مطالعه به کار گرفته می شود. در همین راستا، در مطالعه حاضر، از الگوی مسیریابی با استفاده از یک ناوگان حمل و نقل 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 مطالعه حاضر، بر اساس نظر کارشناسان سازمان مدیریت میادین میوه و تره بار شهرداری تهران، برای عامل محدودیت زمانی و علاوه بر این، حفظ کیفیت گوشت مرغ، هر بار توقف وسیله نقلیه حداکثر به تعداد چهار بازار خدمت رسانی کند. از این رو، مدل نهایی مسیریابی در قالب الگوهای مسیریابی با ناوگان ناهمگن و نامحدود و با محدودیت پنجره زمانی (FSMTW) قرار می گیرد. علاوه بر این مدل، برای شرایط چندقرارگاهی و چندسفره نیز الگوسازی می شود.

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 تره بار شهرداری تهران، به الگوسازی مسئله مورد نظر پرداخته می شود. بدین منظور، مفاهیم و پیش فرض هایی به شرح زیر در مدل در نظر گرفته می شود:

### مفاهیم و پیش فرض های 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 حمل و نقل معمولاً دارای وسایل حمل و نقل متفاوت است و استفاده از هر کدام از آنها برای حجم مشخصی از بار توجیه پذیر است.
- ظرفیت حمل هر وسیله نقلیه محدود است.
- هر وسیله نقلیه حداکثر می تواند N بازار (چهار بازار بر اساس نظرات کارشناسان سازمان مدیریت میادین میوه و تره بار) را پوشش دهد، چراکه پوشش تعداد زیاد بازار موجب فساد میکروبی محصول مرغ می شود.
- طول افق برنامه ریزی محدود و تنها برای یک دوره زمانی است.
- وسایل نقلیه قابل کرایه کردن نامحدود است.
- خرابی وسایل نقلیه و یا هر گونه اتفاق پیش بینی نشده مجاز نیست.
- هزینه حمل مرغ متناسب با مسافت طی شده و همچنین، هزینه ثابت هر نوع وسیله نقلیه در نظر گرفته می شود.
- طراحی و تحلیل مدل، با توجه به الزامات و پیش فرض های 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؛  $R = \{1, 2, \dots, r\}$

MD: مجموعه میادین مرکزی توزیع

الگوی مسیریابی بهینه ناوگان حمل و نقل.....

$N$ : مجموعه تمامی گراف‌های مسئله (بازارهای محلی به علاوه میداین مرکزی)؛

$$N = \{1, 2, \dots, n\} \quad N = R + MD$$

$A$ : 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 حمل و نقل به تعداد  $f$  نوع دستگاه خودرو؛  $VS = \{1, 2, \dots, f\}$

$t_{ij}$ : 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  $v$ ام

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

$f_v$ : هزینه ثابت حمل و نقل هر وسیله نقلیه

### متغیر تصمیم مدل

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

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

### 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.

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

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

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

$$\begin{aligned}
\sum_{v=1}^f \sum_{i=1}^r X_{ijv} &= 1 \quad \forall j \in R, 1 \neq j \\
\sum_{v=1}^f \sum_{j=1}^r X_{ijv} &= 1 \quad \forall i \in R, 1 \neq i \\
\sum_{i=1}^r X_{ijv} - \sum_{j=1}^r X_{jiv} &= 0 \quad \forall j \in R, \forall v \in VS \\
\sum_{i=1}^r d_i (\sum_{j=1}^r X_{ijv}) &\leq \text{Cap}_v \quad \forall v \in VS \\
\sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^r t_{ij} X_{ijv} &\leq T \quad \forall v \in VS \\
X_{ijv} &\in \{0,1\}
\end{aligned}$$

تابع هدف درصد حداقل سازی تعداد وسایل نقلیه مورد استفاده است؛ بدیهی است در صورت وجود ظرفیت‌های مختلف ناوگان حمل و نقل، مدل ریاضی همواره تمایل دارد که تا حد امکان، از وسایل نقلیه‌ای با ظرفیت بزرگ‌تر استفاده کند.

محدودیت ۱: هیچ کدام 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، به سوی 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 مشخص شده 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.

الگوی مسیریابی بهینه ناوگان حمل و نقل.....

محدودیت ۷: مربوط به حداکثر ظرفیت وسیله نقلیه است، به گونه‌ای که مقدار مرغ حمل شده با هر وسیله نقلیه با توجه به تقاضای بازارهای مختلف نباید از ظرفیت آن وسیله حمل و نقل بیشتر باشد.

محدودیت ۸: هر وسیله نقلیه حداکثر می‌تواند به  $T$  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 حمل و نقل وسایل نقلیه از سازمان مدیریت میادین میوه و تره‌بار شهرداری تهران برای سال ۱۳۹۲ جمع‌آوری شده و برای برآورد مدل طراحی شده، از نرم‌افزار GAMS 24 استفاده شده است. همچنین، محاسبه 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 نپسان (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 طراحی شده در شرایط واقعی، سه روز پرتقاضا (شامل دو روز ماه رمضان در ماه تیر و یک روز از ماه اسفند<sup>۱</sup>) در نظر گرفته شد. سپس، با توجه به تقاضای بازارها

---

۱. این روزها به‌صورت تصادفی انتخاب شدند و تنها ملاک مورد نظر مجموع تقاضای بازارها برای روز مورد نظر بود، به گونه‌ای 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 حمل و نقل مقایسه شد. از آنجا که در روزهای با تقاضای بالا، مسئله تعیین الگوی بهینه بیشتر به چشم می خورد، مدل برای چند روز با تقاضای بالا آزمون شد. نتایج حمل و نقل در شرایط واقعی در جدول ۱ آمده است. همان گونه که مشاهده می شود، متوسط هزینه حمل و نقل به ازای هر تن گوشت مرغ و هر بازار به ترتیب برابر با ۶۷۱/۱۶ و ۸۲۳/۸۷ هزار ریال است؛ همچنین، متوسط هزینه هر تور<sup>۱</sup> ۱۱۳۸/۸۸ هزار ریال است.

جدول ۱. شرایط واقعی حمل و نقل میدان بهمن در روز اول

ردیف	مسیر اول	مسیر دوم	مسیر سوم	تقاضای هر تور (تن)	مجموع مسافت طی شده 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	گلزار	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 به سمت نقاط تقاضاکننده گوشت مرغ و تحویل کالا و در نهایت، بازگشت به انبار مرکزی یک «تور» نامیده می شود.

الگوی مسیریابی بهینه ناوگان حمل و نقل.....

ردیف	مسیر اول	مسیر دوم	مسیر سوم	تقاضای هر تور (تن)	مجموع مسافت طی شده 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	اکیاتان	-	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	اکیاتان	-	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 به صورت 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 حمل و نقل 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. به طور متوسط، هزینه هر تور ۱۶۷۳۵ هزار ریال، هزینه حمل و نقل هر تن گوشت مرغ ۴۷۵/۱۷ هزار ریال و هزینه حمل و نقل 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 طی شده 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	شهر آرا	بهاره	توانیر		۳/۵	۳۱/۱	۱۶۹۸
۱۱	درکه	لواسانی	اختیاریه	صدف	۳	۴۲/۹	۲۲۷۵
۱۲	معلم	بهاران	گلزار	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



الگوی مسیریابی بهینه ناوگان حمل و نقل.....

مقایسه نتایج، نشان می‌دهد که در شرایط بهینه، مسافت طی شده و هزینه حمل و نقل به ترتیب 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. همان گونه 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 کاهش یافته می‌تواند به عنوان 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 حمل و نقل (جدول ۱) مقایسه شد. همان گونه که نتایج مسیریابی بهینه در مقایسه با شرایط واقعی نشان می‌دهد، در این حالت نیز مسافت طی شده ۵۹۴/۵ کیلومتر (۵۳/۹ درصد) و هزینه‌های حمل و نقل 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 طی شده 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	گلزار	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 حمل و نقل در شرایط موجود را برای میدان پیروزی در روز اول نشان می‌دهد. بر اساس نتایج حمل و نقل در شرایط موجود، مشاهده می‌شود که برای حمل و نقل حدود ۲۳ تن گوشت مرغ از میدان پیروزی، ۱۷۷۶۰ هزار ریال باید هزینه شود. این هزینه به

الگوی مسیریابی بهینه ناوگان حمل و نقل.....

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 طی شده نیز ۴۶۹ کیلومتر است.

جدول ۴. شرایط موجود حمل و نقل میدان پیروزی در روز اول

ردیف	مسیر اول	مسیر دوم	مسیر سوم	مسیر چهارم	تقاضای هر تور (تن)	مجموع مسافت طی شده 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	حکیمیه ۲	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	پیروان	بهرود	-	۰/۲۴	۳۳/۳	۱۰۳۲
۱۰	جمالزاده	کردستان	خرم رودی	-	۰/۴۱	۳۲/۶	۱۰۱۳
۱۱	قصر	سعدی	شهید شیروودی	شهید قندی	۱/۱۴	۱۹/۶	۶۴۹
۱۲	زرگنده	شهدای محله تجریش	قبطریه	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 طی شده (۴۱۷ کیلومتر) و مجموع هزینه تور (۱۶۸۳۸ هزار ریال) ارائه شده است. همچنین، متوسط هزینه

حمل و نقل به ازای هر بازار و به ازای هر تن به ترتیب برابر با ۳۳۶/۷۳ هزار ریال و ۷۲۹/۳۲ هزار 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 طی شده در هر تور (کیلومتر)	هزینه هر تور (هزار ریال)
۱	بلوار پروین	قنات کوثر	شمیران نو	-	۳/۰۲	۱۵/۱	۹۱۳
۲	حکیمیه ۲	گلشن	اشراق	آزادگان	۱/۶۳	۲۲/۵	۷۳۱
۳	اطلس	شمشیری	شهدای محله جی	بهارستان	۰/۸۵	۳۲/۸	۱۰۱۸
۴	احمدیه	شهدای کیانی	شاهد	-	۰/۶۲	۱۴/۱	۴۹۴
۵	آذرنجات	شهدای شیروودی	سعدی	شهدای قندی	۰/۴۴	۱۹/۲	۶۳۹
۶	شهدای قره یاضی	متبریه	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 دژیان	امیرکبیر	شهدای براتلو	۲/۲۷	۵۴/۱	۲۸۲۷
۱۰	میدان شهدای غیبی	-	-	-	۴/۰۰	۲۵/۹	۱۴۴۶
۱۱	شهدای 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، هزینه‌های حمل و نقل ۹۲۲ هزار ریال (پنج درصد) و مسافت طی شده ۵۱/۵ کیلومتر (یازده درصد) کاهش 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 یا

الگوی مسیریابی بهینه ناوگان حمل و نقل.....

---

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 میداین تأمین کند. حال، اگر نتایج بهینه دو میدان به صورت جداگانه با نتایج مسیریابی بهینه در شرایط جدید مقایسه شود، هزینه‌های حمل و نقل ۳۸۳۰ هزار ریال (۸/۹ درصد) و مسافت طی شده 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 نیشان و ۲۳ کامیونت). در واقع، زمانی که مسئله بهینه‌سازی حمل و نقل برای هر دو میدان به صورت 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 حمل و نقل شرایط واقعی صورت گرفته از میدان بهمن (جدول ۱) و میدان پیروزی (جدول ۴) مقایسه شود، مسافت طی شده و هزینه حمل و نقل به ترتیب 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 طی شده در هر تور (کیلومتر)	هزینه هر تور (هزارریال)
۱	۱*	هفت چنار	آزادی	شمشیری	گلنار	۳/۴۵	۱۶/۳	۹۷۵
۲	۱	کیانشهر	خاورشهر	شاهد	۱۷ شهریور	۲/۳۰	۱۷/۸	۱۰۴۵
۳	۱	قلمستان	باکری	سهروردی	شهید شیروزی	۳/۳۳	۳۶/۶	۱۹۷۱
۴	۱	جلال آل احمد	-	-	-	۴/۹۰	۱۸/۰	۱۰۵۸
۵	۱	جمائزاده	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 دزبان	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	پیروزیان	علامه	استادانظر	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	حکیمیه ۲	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: یافته های تحقیق

الگوی مسیریابی بهینه ناوگان حمل و نقل.....

---

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

مقایسه مقدار کاهش هزینه‌ها در میدان‌های بهمن و پیروزی نشان می‌دهد که در میدان پیروزی، به علت وجود سامانه نوین تقاضا، مقدار کاهش هزینه‌ها نسبت به میدان بهمن (سامانه سنتی توزیع) کمتر بوده است (همان گونه 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 نزدیک تر است.

در شرایطی که مسیریابی بهینه برای همه بازارها به صورت 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 حمل و نقل به میزان بیشتری کاهش خواهد یافت، به گونه‌ای که در سه روز مورد مطالعه، هزینه‌های حمل و نقل به ترتیب ۲۹/۵۶، ۲۷/۹۱ و ۳۲/۵۸ درصد نسبت به شرایط موجود کاهش خواهد یافت؛ این کاهش هزینه به ترتیب 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 به صورت همزمان انجام شود، بهتر می‌توان هزینه‌ها را کاهش داد.

جدول ۷. مقایسه نتایج سه روز مورد آزمون با شرایط حمل و نقل موجود

میدان بهمین		میدان پیروزی		ترکیب دو میدان	
شرایط	الگوی	شرایط	الگوی	الگوی	الگوی
موجود	بهمینه	موجود	بهمینه	بهمینه	بهمینه
۴۷	۴۷	۵۰	۵۰	۹۷	۹۷
تعداد بازار	تعداد بازار	تعداد بازار	تعداد بازار	تعداد بازار	تعداد بازار
۵۶/۳۵	۵۶/۳۵	۲۳/۰۹	۲۳/۰۹	۷۹/۴۴	۷۹/۴۴
مقدار تقاضای کل (تن)	مقدار تقاضای کل (تن)	مقدار تقاضای کل (تن)	مقدار تقاضای کل (تن)	مقدار تقاضای کل (تن)	مقدار تقاضای کل (تن)
۱۱۰۲/۹	۱۱۰۲/۹	۴۶۹	۴۶۹	۷۶۲/۹	۷۶۲/۹
کل مسافت طی شده (کیلومتر)	کل مسافت طی شده (کیلومتر)	کل مسافت طی شده (کیلومتر)	کل مسافت طی شده (کیلومتر)	کل مسافت طی شده (کیلومتر)	کل مسافت طی شده (کیلومتر)
۳۸۷۲۲	۳۸۷۲۲	۱۷۷۶۰	۱۷۷۶۰	۳۹۷۸۴	۳۹۷۸۴
هزینه کل (هزار ریال)	هزینه کل (هزار ریال)	هزینه کل (هزار ریال)	هزینه کل (هزار ریال)	هزینه کل (هزار ریال)	هزینه کل (هزار ریال)
۳۴	۳۴	۱۵	۱۵	۲۷	۲۷
تعداد وسایل نقلیه مورد نیاز	تعداد وسایل نقلیه مورد نیاز	تعداد وسایل نقلیه مورد نیاز	تعداد وسایل نقلیه مورد نیاز	تعداد وسایل نقلیه مورد نیاز	تعداد وسایل نقلیه مورد نیاز
۸۲۳/۸۷	۸۲۳/۸۷	۳۵۵/۲	۳۵۵/۲	۴۱۰/۱۴	۴۱۰/۱۴
هزینه به ازای هر بازار (هزار ریال)	هزینه به ازای هر بازار (هزار ریال)	هزینه به ازای هر بازار (هزار ریال)	هزینه به ازای هر بازار (هزار ریال)	هزینه به ازای هر بازار (هزار ریال)	هزینه به ازای هر بازار (هزار ریال)
۶۸۷/۱۷	۶۸۷/۱۷	۷۶۹/۲۶	۷۶۹/۲۶	۵۰۰/۸۲	۵۰۰/۸۲
هزینه به ازای هر تن (هزار ریال)	هزینه به ازای هر تن (هزار ریال)	هزینه به ازای هر تن (هزار ریال)	هزینه به ازای هر تن (هزار ریال)	هزینه به ازای هر تن (هزار ریال)	هزینه به ازای هر تن (هزار ریال)
۱۱۳۸/۸۸	۱۱۳۸/۸۸	۱۱۸۴	۱۱۸۴	۱۴۷۳/۴۸	۱۴۷۳/۴۸
هزینه به ازای هر تور (هزار ریال)	هزینه به ازای هر تور (هزار ریال)	هزینه به ازای هر تور (هزار ریال)	هزینه به ازای هر تور (هزار ریال)	هزینه به ازای هر تور (هزار ریال)	هزینه به ازای هر تور (هزار ریال)
۵۷	۵۷	۴۳	۴۳	۱۰۰	۱۰۰
تعداد بازار	تعداد بازار	تعداد بازار	تعداد بازار	تعداد بازار	تعداد بازار
۵۴/۰۵	۵۴/۰۵	۱۳/۰۳	۱۳/۰۳	۶۷/۰۸	۶۷/۰۸
مقدار تقاضای کل (تن)	مقدار تقاضای کل (تن)	مقدار تقاضای کل (تن)	مقدار تقاضای کل (تن)	مقدار تقاضای کل (تن)	مقدار تقاضای کل (تن)
۱۰۱۵/۱	۱۰۱۵/۱	۴۲۶/۲	۴۲۶/۲	۷۸۹/۳	۷۸۹/۳
کل مسافت طی شده (کیلومتر)	کل مسافت طی شده (کیلومتر)	کل مسافت طی شده (کیلومتر)	کل مسافت طی شده (کیلومتر)	کل مسافت طی شده (کیلومتر)	کل مسافت طی شده (کیلومتر)
۳۸۵۳۰	۳۸۵۳۰	۱۳۷۵۹	۱۳۷۵۹	۳۷۶۹۳	۳۷۶۹۳
هزینه کل (هزار ریال)	هزینه کل (هزار ریال)	هزینه کل (هزار ریال)	هزینه کل (هزار ریال)	هزینه کل (هزار ریال)	هزینه کل (هزار ریال)
۳۲	۳۲	۱۳	۱۳	۲۷	۲۷
تعداد وسایل نقلیه مورد نیاز	تعداد وسایل نقلیه مورد نیاز	تعداد وسایل نقلیه مورد نیاز	تعداد وسایل نقلیه مورد نیاز	تعداد وسایل نقلیه مورد نیاز	تعداد وسایل نقلیه مورد نیاز
۶۷۵/۹۶	۶۷۵/۹۶	۳۱۹/۹۸	۳۱۹/۹۸	۳۷۶/۹۳	۳۷۶/۹۳
هزینه به ازای هر بازار (هزار ریال)	هزینه به ازای هر بازار (هزار ریال)	هزینه به ازای هر بازار (هزار ریال)	هزینه به ازای هر بازار (هزار ریال)	هزینه به ازای هر بازار (هزار ریال)	هزینه به ازای هر بازار (هزار ریال)
۷۱۲/۸۶	۷۱۲/۸۶	۱۰۵۵/۸۵	۱۰۵۵/۸۵	۵۶۱/۹۰	۵۶۱/۹۰
هزینه به ازای هر تن (هزار ریال)	هزینه به ازای هر تن (هزار ریال)	هزینه به ازای هر تن (هزار ریال)	هزینه به ازای هر تن (هزار ریال)	هزینه به ازای هر تن (هزار ریال)	هزینه به ازای هر تن (هزار ریال)
۱۲۰۴/۰۶	۱۲۰۴/۰۶	۱۰۵۸/۳۸	۱۰۵۸/۳۸	۱۳۹۶/۰۴	۱۳۹۶/۰۴
هزینه به ازای هر تور (هزار ریال)	هزینه به ازای هر تور (هزار ریال)	هزینه به ازای هر تور (هزار ریال)	هزینه به ازای هر تور (هزار ریال)	هزینه به ازای هر تور (هزار ریال)	هزینه به ازای هر تور (هزار ریال)
۴۲	۴۲	۴۴	۴۴	۸۶	۸۶
تعداد بازار	تعداد بازار	تعداد بازار	تعداد بازار	تعداد بازار	تعداد بازار
۳۵/۷۹	۳۵/۷۹	۱۴/۱۳	۱۴/۱۳	۴۹/۹۲	۴۹/۹۲
مقدار تقاضای کل (تن)	مقدار تقاضای کل (تن)	مقدار تقاضای کل (تن)	مقدار تقاضای کل (تن)	مقدار تقاضای کل (تن)	مقدار تقاضای کل (تن)
۷۹۳/۵	۷۹۳/۵	۴۴۰	۴۴۰	۶۶۷/۶	۶۶۷/۶
کل مسافت طی شده (کیلومتر)	کل مسافت طی شده (کیلومتر)	کل مسافت طی شده (کیلومتر)	کل مسافت طی شده (کیلومتر)	کل مسافت طی شده (کیلومتر)	کل مسافت طی شده (کیلومتر)
۲۸۵۸۰	۲۸۵۸۰	۱۴۷۵۲	۱۴۷۵۲	۲۹۲۱۶	۲۹۲۱۶
هزینه کل (هزار ریال)	هزینه کل (هزار ریال)	هزینه کل (هزار ریال)	هزینه کل (هزار ریال)	هزینه کل (هزار ریال)	هزینه کل (هزار ریال)
۲۷	۲۷	۱۱	۱۱	۲۴	۲۴
تعداد وسایل نقلیه مورد نیاز	تعداد وسایل نقلیه مورد نیاز	تعداد وسایل نقلیه مورد نیاز	تعداد وسایل نقلیه مورد نیاز	تعداد وسایل نقلیه مورد نیاز	تعداد وسایل نقلیه مورد نیاز
۶۸۰/۴۸	۶۸۰/۴۸	۳۳۵/۲۷	۳۳۵/۲۷	۳۳۹/۷۲	۳۳۹/۷۲
هزینه به ازای هر بازار (هزار ریال)	هزینه به ازای هر بازار (هزار ریال)	هزینه به ازای هر بازار (هزار ریال)	هزینه به ازای هر بازار (هزار ریال)	هزینه به ازای هر بازار (هزار ریال)	هزینه به ازای هر بازار (هزار ریال)
۷۹۸/۶۶	۷۹۸/۶۶	۱۰۴۳/۸۵	۱۰۴۳/۸۵	۵۸۵/۲۹	۵۸۵/۲۹
هزینه به ازای هر تن (هزار ریال)	هزینه به ازای هر تن (هزار ریال)	هزینه به ازای هر تن (هزار ریال)	هزینه به ازای هر تن (هزار ریال)	هزینه به ازای هر تن (هزار ریال)	هزینه به ازای هر تن (هزار ریال)
۱۰۵۸/۵۲	۱۰۵۸/۵۲	۱۳۴۱/۰۹	۱۳۴۱/۰۹	۱۲۱۷/۳۳	۱۲۱۷/۳۳
هزینه به ازای هر تور (هزار ریال)	هزینه به ازای هر تور (هزار ریال)	هزینه به ازای هر تور (هزار ریال)	هزینه به ازای هر تور (هزار ریال)	هزینه به ازای هر تور (هزار ریال)	هزینه به ازای هر تور (هزار ریال)



الگوی مسیریابی بهینه ناوگان حمل و نقل.....

## ادامه جدول ۷.

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

\* اعداد داخل پرانتز درصد کاهش هزینه‌ها (یا مسافت‌ها) در مقایسه‌های صورت گرفته است؛ برای نمونه، ۵۸/۱۷ بیانگر درصد کاهش مسافت در مقایسه الگوی بهینه و موجود میدان بهمین 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 تمام‌شده محصولات مختلف، در مطالعه حاضر، ابتدا با توجه به محدودیت‌ها و شرایط واقعی، الگوی مسیریابی بهینه برای شبکه توزیع گوشت مرغ در شهر تهران طراحی شد. سپس، الگوی طراحی شده 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 طراحی شده 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 طراحی شده برای توزیع گوشت مرغ استفاده کند، ۱۶۶۹۸ هزار ریال هزینه‌های ناوگان کاهش خواهد یافت، که از محل این کاهش هزینه‌ها می‌توان برای بهبود شبکه توزیع موجود استفاده کرد. همچنین، مشاهده شد که در الگوی بهینه، تعداد کمتری وسیله نقلیه نیاز است؛ اما از آنجا که هر کدام 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 سامانه حمل‌ونقل میدان پیروزی، هزینه‌های حمل‌ونقل به میزان کمتری نسبت به شرایط موجود کاهش می‌یابد. برای نمونه، در روز اول، مقدار کاهش هزینه به ترتیب از میدان بهمن و پیروزی برابر با  $30/85$  و  $5/19$  درصد است، که علت اصلی آن، مطابق آنچه پیش‌تر توضیح داده شد، می‌تواند سنتی بودن شرایط تقاضا و توزیع در میدان بهمن نسبت به سامانه 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 به صورت 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 حمل و نقل بهینه نزدیک‌تر است.

با توجه به مشاهدات روزانه، در ارتباط با وسایل حمل و نقل، 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 به موقع 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 حمل و نقل 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 به شرح زیر پیشنهاد می‌شود:

- اگر تمامی نتایج یادشده به صورت جامع مورد تأمل قرار گیرد، می‌توان به مزایای وجود یک سامانه یکپارچه تقاضا و توزیع نوین اشاره کرد، به گونه‌ای 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 سامانه 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 شبکه 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) به نوعی درآمد محسوب می‌شود. از این رو، با به کارگیری الگوی طراحی شده، وجوه و درآمدهای اضافی حاصل می‌شود که از این محل می‌توان در راستای بهبود سامانه حمل‌ونقل موجود استفاده کرد. برای نمونه، نصب GPS برای پیگیری وسایل نقلیه (با هدف حداقل کردن تقلب و تعویض بار) و یا بهبود دستگاه سرمایه‌اشی وسایل نقلیه به منظور 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 طی شده و تعداد وسایل نقلیه در الگوی طراحی شده کاهش می‌یابد.
  - افزایش قابلیت جایگزینی سریع وسایل نقلیه در صورت خرابی آنها، چراکه در سامانه بهینه مسیریابی، تعداد وسایل نقلیه کمتری مورد استفاده قرار گرفته است و از این رو، 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.

الگوی مسیریابی بهینه ناوگان حمل و نقل.....

○ تأمین بهینه تقاضا از کشتارگاه‌ها تا میادین، بدین علت که تقاضای هر بازار در روز قبل مشخص می‌شود. از سوی دیگر، کشتار مرغ نزدیک به غروب انجام می‌شود 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 سامانه 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، به گونه‌ای که تمامی بازارها در یک سامانه یکپارچه، تقاضای خود را مطرح کنند تا از این طریق و با توجه به الگوهای حمل و نقل طراحی شده، 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 طراحی شده، 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 این رو، در نظر گرفتن وسایل نقلیه با ظرفیت بالاتر در سامانه حمل و نقل موجود می‌تواند بهینه باشد؛ و پیشنهاد می‌شود از کامیونت در مسئله توزیع گوشت مرغ بیشتر استفاده شود.

- همان‌گونه که نتایج نشان می‌دهد، مسافت طی شده نیز از طریق مدل طراحی شده مشخص می‌شود. از این رو، 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 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., Mosaddeqkhah, V. and Tavakoli Moghaddam, R. (2007). Design of two mathematical models for probabilistic location-probability mapping. 5<sup>th</sup> International Conference on Industrial Engineering, Tehran. (Persian)
17. Hosseinpour, H.A., Mosaddeqkhah, 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 Science*, 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 2<sup>nd</sup> 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.