

بهینه‌یابی شبکه توزیع بنزین در ایران

حسین صادقی^{*}، استادیار، دانشکده مدیریت و اقتصاد، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

بهرام سحابی، استادیار، دانشکده مدیریت و اقتصاد، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

نفیسه صفری، دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده مدیریت و اقتصاد، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

E-mail: sadeghih@modares.ac.ir

دریافت: ۱۳۹۱/۰۱/۱۵ - پذیرش: ۱۳۹۱/۰۶/۲۰

چکیده

در این مطالعه، شبکه توزیع بنزین از پالایشگاه‌ها و بنادر ورودی به مراکز مصرف به صورت یک مدل حمل و نقل مرکب یک کالایی با هدف حداقل نمودن هزینه حمل بهینه‌یابی می‌شود. مدل بهینه شامل ۲ مبدأ، ۷۷ مقصد و ۴۷ نقطه واسط و ۶۰۷۶ متغیر تصمیم (مسیرهای حمل) می‌شود. نتایج نشان می‌دهد ۷۳ درصد بنزین با خطوط لوله، ۲۳ درصد با تانکر و ۳/۴ درصد با کشتی حمل می‌شود، حمل با خط لوله ۷۰ درصد، حمل با تانکر ۲۵ درصد و حمل با کشتی ۵ درصد از کل هزینه‌های حمل را به خود اختصاص داده‌اند و همچنین نتایج نشان‌دهنده ۱۷ درصد صرفه‌جویی در هزینه‌های توزیع بنزین در سال ۱۳۸۷ است.

واژه‌های کلیدی: حمل و نقل، بنزین، تانکر، خط لوله، هزینه حمل و نقل

۱- مقدمه

هر چند که حمل و نقل به عنوان تنها عامل توسعه به حساب نمی‌آید و عوامل بسیار دیگری وجود دارد که موجب رشد و توسعه اقتصادی می‌گردد، اما نباید فراموش کرد که یکی از مهم‌ترین عوامل زیربنایی برای توسعه هر کشوری، وجود یک شبکه کارا و مناسب در آن کشور در جهت رفع نیازهای حمل و نقل آن است. به طور کلی، حمل و نقل به جهت رفع نیازهای مختلف اقتصادی، اجتماعی، نظامی، استراتژیکی، دسترسی و ... صورت می‌گیرد. در صورت عدم وجود شبکه‌ای متناسب برای رفع نیازها، این فعالیت‌ها دچار اختلال و وقفه خواهند شد و این امر باعث اعمال هزینه‌های زیادی به جامعه می‌شود. مسئله حمل و نقل و هزینه‌های آن یکی از معضلات مهمی است که همه کشورهای جهان با آن روبه‌رو هستند. استفاده بهینه و مؤثر از تجهیزات و وسایل موجود حمل و نقل برای پاسخ‌گویی به نیازهای جامعه امری لازم و ضروری است. بنابراین، به منظور رسیدن به حداقل قیمت و توانایی رقابت، لازم است نخست

حمل و نقل یکی از مؤثرترین فعالیت‌های اقتصادی است که عرضه را با تقاضا مرتبط می‌سازد. در گذشته به دلیل این که حمل و نقل یک نیاز ثانویه برای تحقق نیازهای اولیه‌ای همچون تجارت، مسافرت، اشتغال و ... به حساب می‌آمد، به نحو شایسته‌ای به آن پرداخته نمی‌شد. اما همزمان با رشد و توسعه اقتصاد جهانی، تلاش کشورها برای استفاده بهینه از توانمندی‌ها و فرصت‌های در اختیار و همچنین فشرده شدن رقابت در عرصه‌های جهانی موجب گشت تا حمل و نقل به واسطه نقش مستقیمی که در کاهش هزینه‌های تمام شده تولید و دسترسی به بازار و در نهایت افزایش توان رقابت در عرصه تجارت بین‌الملل به خصوص برای کشورهایی که حجم تجارت خارجی (صادرات و واردات) آنها بالا می‌باشد، از جایگاه رفیعی در مدیریت، برنامه‌ریزی و سرمایه‌گذاری و حتی تحقیقات برخوردار شود. تأثیر چنین ویژگی سبب گشته تا نگرش‌های گذشته نسبت به حمل و نقل تغییر یابد و به حمل و نقل به عنوان یک بخش اقتصادی - خدماتی مهم نگریسته شود.

روش تحقیق و بیان ریاضی تابع هدف و محدودیت‌ها و بخش پنجم، به ارزیابی نتایج حاصل از تخمین اختصاص داده شده است. در بخش ششم، نتیجه‌گیری ذکر شده است.

۲- مطالعات انجام شده

سفیمیکسی و همکاران^۱ (۲۰۰۰) در مطالعه خود به بهینه‌یابی استراتژی شبکه توزیع و انتقال پرداخته‌اند. آنها در این مطالعه، از برنامه‌ریزی خطی با هدف حداقل هزینه استفاده نموده‌اند. چنگ و درن^۲ (۲۰۰۴) در زمینه برنامه‌ریزی حمل و نقل نفت خام با روش کنترل بهینه و شبیه‌سازی مطالعه کردند، همچنین در همین سال گیلیس و تاتسی اپلس^۳ در همان سال به طراحی یک سیستم پشتیبانی برای زمان‌بندی و برنامه‌ریزی مسیر نفتکش‌ها پرداختند.

رلواس^۴ و همکاران (۲۰۰۹)، به بررسی سیستم توزیع فرآورده‌های نفتی با روش تجزیه براساس خط لوله و برنامه‌ریزی کنترل موجودی پرداخته‌اند. با توجه به تجهیزات پیچیده مورد نیاز لوله‌های چند محصولی و نیاز به افق برنامه‌ریزی طولانی مدت‌تر، که البته اگر از یک روش بهینه‌سازی دقیق مانند برنامه‌ریزی ریاضی استفاده شود، این پیچیدگی به میزان قابل ملاحظه‌ای با گسترش افق زمانی افزایش می‌یابد؛ آنها با هدف کاهش پیچیدگی مسئله و مراحل محاسباتی کمتر از روش ترکیبی از دو مدل بهم پیوسته MILP^۵ با سطوح متفاوت از جزئیات با یک روش تکرارشونده که اطلاعات را میان دو سطح تبادل می‌کند، استفاده کردند. آنها در این مطالعه از اطلاعات واقعی یک شرکت پرتغالی که حمل و نقل شش فرآورده نفتی را به عهده داشتند استفاده کردند.

پوتاخم و کومار^۶ (۲۰۱۰)، در مطالعه خود به ارزیابی و مقایسه هزینه‌های حمل و نقل (دلار-لیتر بیونفت) بیونفت توسط خطوط لوله و تانکر پرداخته‌اند. آنها نشان دادند حمل و نقل بیونفت توسط خط لوله هزینه کمتری نسبت به حمل و نقل به‌وسیله تانکر (ظرفیت ۳۰ متر مکعب) و مخازن قطار (ظرفیت ۶۰ متر مکعب) و همچنین ظرفیت‌های بالاتری به ترتیب ۱۰۰۰ و ۱۷۰۰ متر مکعب در روز نسبت به آن دو دارد. زمانی که فاصله حمل و نقل بیش از ۱۰۰ کیلومتر باشد، بیونفت باید در ایستگاه‌های تقویت کننده حرارت داده شود. در هنگام حمل و نقل بیونفت

میزان حمل و نقل غیرضروری کاهش یابد؛ ثانیاً حمل و نقلی که غیر قابل اجتناب است با حداقل هزینه صورت پذیرد. نارسایی در حمل و نقل، رشد اقتصادی و نیل به اهداف توسعه اقتصادی و اجتماعی را متوقف ساخته و کارایی بخش‌های اقتصادی، کشاورزی، جنگل‌داری، دامپروری، شیلات، معادن و ... را کاهش می‌دهد و فعالیت‌های اقتصادی را در حد خود مصرفی محدود می‌نماید. از همین سو، بین کارایی در بخش حمل و نقل و کارایی عمومی اقتصاد و رشد اقتصادی همبستگی وجود دارد. واضح‌ترین عوارض نامطلوب استفاده نکردن از سیستم بهینه حمل و نقل، حمل و نقل مجدد، حمل و نقل مضاعف و بالطبع هزینه‌های اضافی حمل و نقل می‌باشد. در حمل و نقل مضاعف به جای این‌که کالاها از طریق نزدیک‌ترین مسیر از مراکز عرضه به مراکز تقاضا حمل شوند، از طریق مسیری طولانی‌تر به مقصد حمل می‌شوند. در حمل و نقل مجدد به جای این‌که کالاها مستقیماً از مراکز مصرف حمل شوند، به نقطه‌ای دیگر حمل شده آنگاه دوباره به مقصد واقعی حمل می‌شوند که در شرایط حداقل باعث هزینه‌های تخلیه و بارگیری غیرضروری خواهد شد. از جمله شبکه‌های گسترده حمل و نقل در ایران، شبکه توزیع فرآورده‌های نفتی است که فرآورده‌های نفتی اعم از بنزین، نفت سفید، نفت گاز، نفت کوره و روغن را به‌وسیله خطوط لوله، نفتکش، کشتی‌ها، مخازن راه آهن و کشتی به اقصی نقاط ایران حمل کند. کشور ایران دارای ۹ پالایشگاه است که فرآورده‌های نفتی تولید می‌کنند، یکی از مهم‌ترین این فرآورده‌ها، بنزین است که با توجه به مصرف بالای این ماده سوختنی، حمل و نقل آن از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

در این تحقیق حمل و نقل بنزین از پالایشگاه‌ها و مبادی ورودی به مراکز مصرف (شهرهای دارای انبار و هم شهرهای مهم با جمعیت بیش از ۱۵۰ هزار نفر) مورد مطالعه قرار گرفته است و با استفاده از یک مدل مناسب میزان بنزین حمل شده به هر مرکز مصرف از هر مبدأ عرضه مشخص می‌شود تا هزینه حمل و نقل حداقل شود.

ساختار مقاله به این شکل تنظیم شده است که پس از اشاره به مطالعات پیشین در بخش دوم، به بیان وضعیت شبکه توزیع بنزین در ایران در بخش سوم پرداخته شده است. بخش چهارم،

استفاده کرده است. میرحسینی و همکاران (۱۳۸۸) با به‌کارگیری برنامه‌ریزی عدد صحیح و یا گسسته‌سازی پارامتر زمان یک مدل ریاضی برای انتقال محصولات نفتی ارائه کرده‌اند. مدل آنها برای سیستمی طراحی شده است که شامل پالایشگاه، خط لوله چند فرآورده‌ای-چندشاخه‌ای و تعدادی انبار است. در واقع هدف آنها تأمین نیاز مصرف‌کنندگان با رعایت محدودیت‌های فنی و عملیاتی و همچنین حداقل تداخل بوده است.

۳- شبکه توزیع بنزین در ایران

بنزین مورد نیاز مصرف داخلی از تولید پالایشگاه‌های داخلی تأمین می‌گردد ولی با توجه به وجود مازاد مصرف نسبت به تولید کل داخلی، واردات این فرآورده امری اجتناب‌ناپذیر است. واردات بنزین موتور از سال ۱۳۷۷ با سیر صعودی روبه‌رو بوده، به طوری که میزان واردات این محصول در سال ۱۳۷۷ از رقم ۳/۷۷ میلیون لیتر در روز با افزایش روند مصرف این فرآورده به رقم ۲۷/۵ میلیون لیتر در روز در سال ۱۳۸۵ افزایش یافته است، ولی با اعمال سهمیه‌بندی بنزین موتور و ارائه آن از طریق سیستم‌های هوشمند در اوایل سال ۱۳۸۶ که کاهش واردات این فرآورده را در پی داشت، میزان واردات در سال ۱۳۸۷ به ۲۰/۶۱ میلیون لیتر در روز رسید.

مبادی عرضه‌کننده بنزین شامل ۹ پالایشگاه و ۴ بندر ورودی می‌باشد که عبارتند از:

- پالایشگاه آبادان
- پالایشگاه اراک
- پالایشگاه اصفهان
- پالایشگاه بندرعباس
- پالایشگاه تبریز
- پالایشگاه تهران
- پالایشگاه شیراز
- پالایشگاه کرمانشاه
- پالایشگاه لاوان
- بندر ماهشهر
- بندرعباس
- اسکله نکا
- بندر نوشهر

توسط خط لوله به فاصله ۴۰۰ کیلومتر، ظرفیت خط لوله حداقل ۱۱۵۰ و ۲۰۰۰ متر مکعب در روز برای رقابت اقتصادی با تانکر و مخازن قطار لازم است. هرمن و همکاران^۷ (۲۰۱۰) در مطالعه خویش تلاش کردند به‌وسیله خطوط لوله چند محصولی یک روش اقتصادی برای انتقال حجم زیادی از فرآورده‌های نفتی تصفیه شده در مسافت‌های طولانی ارائه کنند. این مطالعه یک روش نوین ریاضیات گسسته را برای حل برنامه‌ریزی عملیاتی کوتاه‌مدت سیستم‌های خطوط لوله چند محصولی برای فرآورده‌های نفتی تصفیه شده پیشنهاد می‌کند؛ همچنین آنها در سال ۲۰۱۲ در مطالعه جدیدی با توسعه الگوریتم‌های فراابتکاری به کارآیی روش MILP مورد استفاده برای برنامه‌ریزی حمل و نقل فرآورده‌های نفتی مختلف در سیستم خطوط لوله چند محصولی را بهبود داده‌اند.

محمدزاده (۱۳۷۵)، در مطالعه خود به بهینه‌یابی حمل و نقل بنزین از پالایشگاه‌ها و مبادی ورودی کشور به انبارهای شرکت نفت پرداخت. وی با استفاده از داده‌های سال ۱۳۷۳ و با استفاده از تکنیک برنامه‌ریزی خطی را با هدف حداقل کردن هزینه حمل و نقل، راه‌کار بهینه را برای میزان بنزین از هر مبدأ به هر کدام از مقاصد را مشخص می‌کند. مدل وی از نظر مکانی برای تمامی کشور ایران و از نظر زمانی برای سال ۱۳۷۳ هست. نتایج به‌دست آمده از مدل وی نشان داد که خط لوله با حمل ۷۳/۶۵ درصد بنزین، ۳۵/۲ درصد هزینه را داشته است و ۲۳/۴۵ درصد بنزین با ۵۶/۴۲ درصد مجموع هزینه از طریق حمل و نقل جاده‌ای حمل شده است. سهم حمل و نقل آبی (کشتی) از حمل بنزین ۲/۹ درصد با هزینه‌ای معادل ۸/۳۸ درصد خواهد بود. همچنین کابلی‌زاده (۱۳۷۸)، با استفاده از تکنیک M.G.A سیستم حمل و نقل بنزین در سطح کشور را بهینه‌یابی کرد. شمس‌خامنه (۱۳۸۶)، حمل و نقل گازوییل (نفت گاز) از پالایشگاه‌ها و مبادی ورودی کشور به انبارهای اصلی شرکت ملی نفت ایران را بهینه‌یابی نمود. نتایج وی نشان داد که معادل ۸۳/۲ درصد از کل گازوییل انتقال‌یافته توسط خطوط لوله با هزینه معادل ۳۶/۰۴ درصد، ۱۵/۱ درصد توسط نفتکش‌ها جاده‌پیما با هزینه معادل ۴۵/۷۸ درصد و مابقی توسط حمل و نقل دریایی با هزینه معادل ۱۸/۱۸ درصد منتقل می‌شود.

طباطبایی محمدی (۱۳۸۷)، توزیع مواد نفتی بین کشورهای تولیدکننده و مصرف‌کننده را بررسی و حمل و نقل آن را ارزیابی کرده است. وی در مطالعه خود از روش برنامه‌ریزی خطی

فرآورده‌های نفتی عموماً توسط خط لوله یا نفتکش و در بعضی مواقع با کشتی حمل می‌شود، حمل و نقل ریلی نیز در انتقال برخی فرآورده‌ها نقش دارند ولی در حمل و نقل بنزین کمتر از این نوع حمل و نقل استفاده می‌شود.

مناسب‌ترین راه حمل در خشکی استفاده از خط لوله است. مسیرهایی که خط لوله دارند با توجه به هزینه پایین حمل توسط خط لوله، حمل بنزین از طریق خط لوله انجام می‌شود. این مسیرها به قرار ارایه شده در جدول ۱ است.

جدول ۱. مسیرهای دارای خط لوله

مقاصد	مبادی
سمنان- دامغان- شاهرود- سبزوار- نیشابور- گرگان- گنبد کاووس- تربت حیدریه- مشهد	تهران (ری)
کرج- قزوین- رشت	تهران (ری)
ساری	تهران (ری)
زنجان- میانه- تبریز	تهران (ری)
دامغان- شاهرود- سبزوار- نیشابور- گرگان- گنبد کاووس- تربت حیدریه- مشهد	سمنان
شاهرود- سبزوار- نیشابور- گرگان- گنبد کاووس- تربت حیدریه- مشهد	دامغان
سبزوار- نیشابور- گرگان- گنبد کاووس- تربت حیدریه- مشهد	شاهرود
میاندوآب- ارومیه- مراغه- سرآب- اردبیل	تبریز
ماهشهر- اهواز- اندیمشک- خرم آباد- ازنا- دره شهر- کرمانشاه- اراک- قم- تهران (ری)	آبادان
دره شهر- خرم آباد	اندیمشک
ازنا- اراک- قم- تهران (ری)	خرم آباد
سیرجان- کرمان- رفسنجان- اصفهان- یزد- نائین	بندرعباس
اراک- تهران (ری)	اصفهان
سنندج	کرمانشاه
قم- تهران (ری)- ملایر- همدان	اراک

مأخذ: شرکت خطوط و مخابرات نفت ایران

جدول ۲. مسیرهای که در آن امکان حمل توسط کشتی امکان‌پذیر می‌باشد

مقاصد	مبادی
بوشهر- خارک- ماهشهر- کیش- بندر لنگه- قشم- بندرعباس- چابهار	لاوان
قشم- کیش- بندر لنگه- لاوان- بوشهر- خارک- ماهشهر- چابهار	بندرعباس
خارک- ماهشهر- لاوان- بندر لنگه- کیش- قشم- بندرعباس- چابهار	بوشهر
خارک- بوشهر- لاوان- کیش- بندر لنگه- قشم- بندرعباس- چابهار	ماهشهر
آستارا- نوشهر	نکا
آستارا- نکا	نوشهر

مأخذ: ترازنامه هیدروکربوری ۱۳۸۷

۴- تدوین الگو

همه مدل‌های برنامه‌ریزی خطی با استفاده از روش سیمپلکس قابل حل می‌باشند. اما برخی از آنها به دلیل برخورداری از ساختاری ویژه با استفاده از تکنیک‌های به‌خصوصی حل می‌شوند. این فنون در حل مسایل ویژه نسبت به سیمپلکس از کارایی بیشتری برخوردارند. مدل حمل و نقل یکی از مهم‌ترین ساختارهای خاص در برنامه‌ریزی خطی می‌باشد. در سال ۱۹۳۹ کانترویچ^۸ مسئله حمل و نقل را مورد مطالعه قرار داد و در سال ۱۹۴۱ هیچکاک^۹ یک فرمول‌بندی ریاضی که در حال حاضر به‌طور استاندارد مورد استفاده قرار می‌گیرد و به مسئله هیچکاک موسوم است را ارائه کرد. کوپمنس^{۱۰} نیز در سال ۱۹۴۷ در این زمینه تحقیقاتی داشت و به این جهت گاه‌گاهی نامش با این مسئله همراه است.

در فرموله کردن مدل حمل و نقل بایستی متغیرها، محدودیت‌ها و تابع هدف تعریف شوند. متغیرها، عوامل قابل اندازه‌گیری هستند که در طی مسئله مورد نظر تعیین می‌شوند. محدودیت‌ها، موانع ایجاد شده برای متغیرهای قابل کنترل و غیرقابل کنترل هستند.

مدل کلی حمل و نقل به توزیع کالایی از مجموعه‌ای از مراکز عرضه (i) که مبدأ خوانده می‌شوند، به مجموعه‌ای از مراکز دریافت (j) که مقصد نامیده می‌شوند، مربوط می‌گردد. با این هدف که هزینه‌های توزیع (C_{ij}) را به حداقل برساند.

مسئله را می‌توان به صورت زیر فرموله کرد:

$$\begin{aligned} Z & \text{ کل هزینه حمل و نقل} \\ X_{ij} & \text{ مقدار محصول حمل شده از مبدأ } i \text{ به مقصد } j \\ C_{ij} & \text{ هزینه حمل هر واحد محصول از مبدأ } i \text{ به مقصد } j \\ S_i & \text{ مقدار عرضه مبدأ } i \text{ (در واحد زمان)} \\ d_j & \text{ مقدار تقاضای مقصد } j \text{ (در واحد زمان)} \end{aligned}$$

با این فرضیات، مدل کلی مسئله به صورت زیر فرموله می‌شود:

– تابع هدف

$$\text{Subject to: minimize } Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n C_{ij} X_{ij}$$

$$\sum_{j=1}^n X_{ij} = S_i, i=1,2,\dots,m \quad \text{– محدودیت عرضه}$$

$$\sum_{i=1}^m X_{ij} = d_j, j=1,2,\dots,n \quad \text{– محدودیت تقاضا}$$

محدودیت متغیرهای غیرمنفی (به‌ازای تمام iها و jها)

مسیرهایی که در آن امکان حمل توسط کشتی وجود دارد، به علت هزینه پایین حمل توسط کشتی، بنزین ابتدا به این نقاط و سپس به نقاط مصرف مجاور می‌تواند حمل شود. این مسیرها در جدول ۲ آورده شده است.

در مابقی مسیرها به علت عدم دسترسی به دریا و قرار نگرفتن در مسیر خطوط لوله، حمل توسط تانکرهای جاده‌پیما انجام می‌شود. با توجه به این مسئله که حمل بنزین توسط خط راه آهن کمتر انجام می‌شود، در این مدل این وسیله حمل در نظر گرفته نمی‌شود.

بنزین تولید شده توسط پالایشگاه‌های داخل و یا ورودی از طریق بنادر ورودی کشور توسط خطوط لوله یا کشتی و یا تانکر به مقاصد مورد نظر حمل می‌شود. در این مطالعه علاوه بر انبارهای ذخیره‌سازی شرکت پخش و پالایش فرآورده‌های نفتی ایران، شهرهای پر جمعیت کشور (جمعیت بیش از ۱۵۰ هزار نفر) نیز به عنوان نقطه مصرف در نظر گرفته شده است. از میان ۱۳ نقطه عرضه و ۱۱۲ نقطه تقاضاکننده، که خود نقاط عرضه‌کننده نیز تقاضاکننده بنزین محسوب می‌شوند، ۲۱ نقطه هم مبدأ و هم مقصد محسوب می‌شوند و ۱۷ نقطه به علت قرار گرفتن در مسیر خطوط لوله و ۹ نقطه به علت دسترسی به آب و امکان استفاده از کشتی، به عنوان نقطه واسطه در نظر گرفته شده‌اند.

هزینه حمل هر تن بنزین از مبدأ به مقاصد توسط هر وسیله، از ضرب نرخ حمل هر وسیله در فاصله بین مبدأ و مقاصد به‌دست می‌آید. برای مسیرهایی که امکان حمل بنزین از چند وسیله وجود دارد، هزینه‌های هر وسیله برای حمل یک تن بنزین در مسیر مورد نظر مقایسه شده و هزینه کمتر در مدل وارد شده است.

جدول ۳. هزینه حمل هر تن در کیلومتر هر وسیله در سال ۱۳۸۷

وسيله	هزینه حمل هر تن در کیلومتر (ریال)
تانکر	۲۷۰
لوله	۷۱/۲۱
کشتی	۱۶۸

مأخذ: ترازنامه هیدروکربوری ۱۳۸۷

جدول ۴. مبادی عرضه کننده بنزین

کد	مبدأ	میزان عرضه بنزین (میلیون لیتر)
S ₁	پالایشگاه شیراز	۶۴۱/۸۸۲
S ₂	پالایشگاه لاوان	۳۷۲/۵۹۰

عرضه نقاط واسط، میزان بنزینی است که توسط هر نقطه واسط تولید می‌شود و تقاضای نقاط واسط، میزان بنزینی است که برای مصرف آن شهر مورد نیاز می‌باشد و اختلاف عرضه و تقاضا، بیانگر مقدار بنزینی است که لازم است به آن گره حمل شود یا از آن گره به سایر گره‌ها ارسال گردد. میزان عرضه و تقاضای نقاط واسط و اختلاف آنها برای سال ۱۳۸۷ آورده شده است:

متغیرهای تصمیم در این مدل نشان‌دهنده میزان کالای ارسالی از گره i به گره j می‌باشد و i نشانه مبدأ بوده و j نشانه مقصد می‌باشد.

در واقع این مدل یک مسئله برنامه‌ریزی خطی با ۶۰۷۶ متغیر تصمیم می‌باشد یعنی به ازای هر مسیر یک متغیر تصمیم وجود دارد. در این مدل از هر مبدأ به تمامی نقاط واسط و مقاصد، هر کدام یک مسیر وجود دارد و از هر نقطه واسط به تمامی نقاط واسط و مقاصد یک مسیر وجود دارد، مجموع این مسیرها تعداد متغیرهای تصمیم را نشان می‌دهد.

۶- نتایج مدل

پس از تعیین هدف، نرخ هزینه‌ها و میزان عرضه و تقاضا، جهت حل مسئله اطلاعات مربوط به عرضه مبادی و نیاز مقاصد و هزینه حمل یک تن بنزین از هر مبدأ به تمام مقاصد به نرم‌افزار QSB داده شده است.

نتایج به‌دست آمده حاوی اطلاعات دقیق مربوط به حمل بنزین از هر کدام از مبادی به هر کدام از مقاصد برای سال ۱۳۸۷ در جدول ۷ گزارش شده است.

در این مدل، هدف حداقل کردن هزینه‌های حمل و نقل به شرط تأمین تقاضای تمامی مقاصد از طریق مبادی مختلف است. یکی از شرایط اصلی مسئله حمل و نقل این است که مسیر توزیع مواد از مبدأ i به مقصد j از قبل کاملاً معین باشد. که در این شرایط هزینه حمل و نقل هر واحد G_{ij} دقیقاً مشخص است. ولی گاهی می‌توان کالایی را به صورت غیرمستقیم بین مبدأ و مقصد حمل نمود.

واضح است که در این مواقع بهترین مسیر انتقال از قبل مشخص نیست. در این حالات ممکن است حمل و نقل از طریق نقاط انتقالی میانی انجام گیرد.

در بعضی شرایط ارسال مستقیم کالا از مبدأها به مقصدها اقتصادی نیست، بلکه شاید اقتصادی‌تر باشد که کالا قبل از رسیدن به مقصد نهایی از مبدأها و مقصدهای دیگر عبور کند. مسئله حمل و نقلی که هر مقصد مانند هر مبدأ توانایی ارسال کالا داشته و هر مبدأ نیز امکان دریافت داشته باشد، مسئله حمل و نقل مرکب نامیده می‌شود. مدل ریاضی مسئله حمل و نقل مرکب ساختار خاصی دارد که با مدل مسئله حمل و نقل بسیار نزدیک است.

۵- طراحی مدل

در این مطالعه، مسئله ارسال بنزین از ۱۳ نقطه عرضه (پالایشگاه و بندر ورودی) به ۱۱۲ نقطه تقاضا است. همه نقاط عرضه خود تقاضا کننده بنزین نیز می‌باشد. در طراحی مدل ابتدا تقاضای هر نقطه از عرضه آن برآورده می‌شود و باقی‌مانده به سایر نقاط ارسال می‌گردد. ۱۱ نقطه عرضه و ۳۶ نقطه تقاضا به‌عنوان نقطه واسط در نظر گرفته شده‌اند و تقاضای ۱ نقطه توسط عرضه همان نقطه تأمین می‌شود.

به این ترتیب مدل با ۲ نقطه عرضه، ۴۷ نقطه واسط و ۷۷ نقطه تقاضا طراحی شده است. در زیر نقاط عرضه، واسط و تقاضا به همراه میزان بنزین مورد تقاضا و یا عرضه هر نقطه آورده شده است.

بهینه‌یابی شبکه توزیع بنزین در ایران

جدول ۵. عرضه و تقاضای نقاط واسط در سال ۱۳۸۷ (میلیون لیتر)

کد	نقاط واسط	تقاضا	عرضه	اختلاف	کد	نقاط واسط	تقاضا	عرضه	اختلاف
T _۱	تهران	۳۶۴۵/۵۴۰	۲۴۱۷/۸۴۱	-۱۲۲۷/۶۹۹	T _{۲۵}	گنبد	۱۰۸/۰۵۲	۰	-۱۰۸/۰۵۲
T _۲	مشهد	۱۰۶۰/۶۷۰	۰	-۱۰۶۰/۶۷۰	T _{۲۶}	تربت حیدریه	۱۰۹/۲۸۷	۰	-۱۰۹/۲۸۷
T _۳	اصفهان	۱۰۳۸/۴۱۰	۲۸۸۰/۴۴۹	۱۸۲۴/۰۳۹	T _{۲۷}	بندرعباس	۳۰۹/۵۰۸	۹۱۴۳/۹۳۹	۶۳۶۶/۵۳۵
T _۴	تبریز	۵۶۷/۲۱۹	۱۰۴۷/۱۲۹	۱۸۲۴/۰۳۹	T _{۲۸}	بندر ماهشهر	۱۰۶/۲۴۱	۱۳۰۶/۸۰۵	۳۱۸۰/۲۱۹
T _۵	کرج	۷۰۹/۳۰۱	۰	-۷۰۹/۳۰۱	T _{۲۹}	میاندوآب	۶۶/۹۸۵	۰	-۶۶/۹۸۵
T _۶	اهواز	۴۷۷/۷۸۳	۰	-۴۷۷/۷۸۳	T _{۳۰}	سیرجان	۱۰۴/۴۸۹	۰	-۱۰۴/۴۸۹
T _۷	قم	۴۰۷/۰۳۲	۰	-۴۰۷/۰۳۲	T _{۳۱}	مراغه	۷۸/۰۱۲	۰	-۷۸/۰۱۲
T _۸	آبادان	۱۰۶/۵۵۱	۳۶۰۹/۶۲۴	۳۵۰۳/۰۷۳	T _{۳۲}	شاهرود	۹۷/۶۹۶	۰	-۹۷/۶۹۶
T _۹	ارومیه	۳۵۲/۲۷۹	۰	-۳۵۲/۲۷۹	T _{۳۳}	بوشهر	۱۴۴/۱۳۲	۰	-۱۴۴/۱۳۲
T _{۱۰}	رشت	۳۴۹/۷۶۸	۰	-۳۴۹/۷۶۸	T _{۳۴}	چابهار	۱۱۱/۸۴۹	۰	-۱۱۱/۸۴۹
T _{۱۱}	کرمان	۳۳۸/۷۸۰	۰	-۳۳۸/۷۸۰	T _{۳۵}	سمنان	۸۶/۲۲۳	۰	-۸۶/۲۲۳
T _{۱۲}	همدان	۱۹۳/۴۷۶	۰	-۱۹۳/۴۷۶	T _{۳۶}	ازنا	۱۸/۰۸۱	۰	-۱۸/۰۸۱
T _{۱۳}	اراک	۲۶۶/۷۹۰	۱۶۳۹/۹۴۰	۱۳۷۳/۱۵۰	T _{۳۷}	دره شهر	۲۲/۶۱۹	۰	-۲۲/۶۱۹
T _{۱۴}	اردبیل	۲۱۱/۰۰۱	۰	-۲۱۱/۰۰۱	T _{۳۸}	دامغان	۴۴/۷۸۷	۰	-۴۴/۷۸۷
T _{۱۵}	قزوین	۳۵۴/۰۵۸	۰	-۳۵۴/۰۵۸	T _{۳۹}	اندیمشک	۱۰۲/۱۰۴	۰	-۱۰۲/۱۰۴
T _{۱۶}	یزد	۲۴۳/۶۸۱	۰	-۲۴۳/۶۸۱	T _{۴۰}	نائین	۵۲/۶۶۵	۰	-۵۲/۶۶۵
T _{۱۷}	خرم آباد	۱۶۸/۳۸۵	۰	-۱۶۸/۳۸۵	T _{۴۱}	سراب	۳۴/۱۶۴	۰	-۳۴/۱۶۴
T _{۱۸}	ساری	۱۹۹/۴۰۳	۰	-۱۹۹/۴۰۳	T _{۴۲}	نکا	۳۲/۶۹۳	۱۲۹/۳۷	۱۵۹/۱۸۱
T _{۱۹}	زنجان	۱۸۷/۵۱۶	۰	-۱۸۷/۵۱۶	T _{۴۳}	نوشهر	۶۰/۳۳۱	۲۹۴/۰۳	۱۱۱/۸۶۳
T _{۲۰}	نیشابور	۱۱۹/۸۸۷	۰	-۱۱۹/۸۸۷	T _{۴۴}	چالوس	۶۱/۷۷۰	۰	-۶۱/۷۷۰
T _{۲۱}	سبزوار	۱۱۶/۸۶۰	۰	-۱۱۶/۸۶۰	T _{۴۵}	بندر لنگه	۵۹/۱۵۹	۰	-۵۹/۱۵۹
T _{۲۲}	سنندج	۱۲۸/۱۰۶	۰	-۱۲۸/۱۰۶	T _{۴۶}	میناب	۶۱/۹۶۲	۰	-۶۱/۹۶۲
T _{۲۳}	رفسنجان	۱۴۰/۷۹۱	۰	-۱۴۰/۷۹۱	T _{۴۷}	کرمانشاه	۳۷۷/۰۱۷	۳۱۰/۵۶۵	-۶۶/۴۵۲
T _{۲۴}	ملایر	۷۴/۱۳۶	۰	-۷۴/۱۳۶					

جدول ۶. تقاضای مقاصد تقاضا کننده بنزین در سال ۱۳۸۷ (میلیون لیتر)

کد	مبدأ	میزان تقاضای بنزین	کد	مبدأ	میزان تقاضای بنزین	کد	مبدأ	میزان تقاضای بنزین
D _۱	شیراز	۸۰۴/۹۲۵	D _{۲۸}	لار	۸۴/۱۳۶	D _{۵۵}	ممسنی	۴۸/۴۱۱
D _۲	شهریار	۳۴۴/۱۰۸	D _{۲۹}	بجنورد	۱۰۶/۲۷۴	D _{۵۶}	خاش	۳۸/۷۸۸
D _۳	زاهدان	۲۴۴/۱۹۶	D _{۳۰}	بیرجند	۱۰۲/۸۷۶	D _{۵۷}	شاهین شهر	۱۵۱/۱۶۹
D _۴	رباط کریم	۱۵۰/۴۸۱	D _{۳۱}	ساوجبلاغ	۱۵۶/۵۷۴	D _{۵۸}	لاهیجان	۱۶۷/۶۰۹
D _۵	ورامین	۱۳۱/۹۹۶	D _{۳۲}	یاسوج	۸۸/۵۳۹	D _{۵۹}	دورود	۴۱/۹۷۴
D _۶	بابل	۱۶۱/۵۹۶	D _{۳۳}	کوهدهشت	۲۶/۸۱۹	D _{۶۰}	ابهر	۷۶/۸۹۳
D _۷	اسلامشهر	۱۹۸/۳۱۷	D _{۳۴}	سقز	۵۹/۰۵۳	D _{۶۱}	مشکین شهر	۳۶/۴۸۲
D _۸	گرگان	۲۰۵/۱۴۵	D _{۳۵}	بوکان	۵۳/۹۸۱	D _{۶۲}	خرمشهر	۴۰/۱۱۸
D _۹	دزفول	۱۳۵/۱۹۳	D _{۳۶}	جهرم	۶۸/۴۷۸	D _{۶۳}	بهشهر	۵۶/۷۲۴
D _{۱۰}	خوی	۱۱۷/۶۰۸	D _{۳۷}	قروه	۳۳/۴۷۴	D _{۶۴}	بوئین زهرا	۲۶/۹۱۵
D _{۱۱}	شهرکرد	۱۵۴/۱۷۹	D _{۳۸}	تنکابن	۱۰۹/۷۰۶	D _{۶۵}	شیروان	۴۲/۱۷۵
D _{۱۲}	آمل	۱۴۳/۶۹۱	D _{۳۹}	ایلام	۹۹/۱۰۹	D _{۶۶}	مریوان	۵۱/۸۸۱
D _{۱۳}	بروجرد	۷۹/۳۷۹	D _{۴۰}	فسا	۱۵/۳۶۴	D _{۶۷}	اسفراین	۳۵/۷۴۶
D _{۱۴}	زابل	۲۶۴/۴۲۰	D _{۴۱}	میانه	۴۰/۹۸۹	D _{۶۸}	بانه	۶۱/۹۹۰
D _{۱۵}	کاشان	۱۴۷/۰۲۴	D _{۴۲}	شوشتر	۶۴/۸۹۰	D _{۶۹}	بیجار	۲۴/۰۳۱
D _{۱۶}	مرودشت	۱۲۴/۳۲۶	D _{۴۳}	جیرفت	۸۳/۶۸۳	D _{۷۰}	تویسرکان	۲۱/۷۳۵
D _{۱۷}	قائمشهر	۱۶۳/۸۰۱	D _{۴۴}	سلماس	۶۷/۹۳۰	D _{۷۱}	قشم	۵۳/۷۷۹
D _{۱۸}	نجف آباد	۱۲۵/۳۴	D _{۴۵}	قوچان	۴۲/۸۲۹	D _{۷۲}	کیش	۲۰/۳۰۸
D _{۱۹}	بم	۹۰/۹۲۸	D _{۴۶}	نهاد	۳۸/۷۸۳	D _{۷۳}	خلارک	۳/۶۷۴
D _{۲۰}	ساوه	۱۳۱/۷۳۱	D _{۴۷}	لردگان	۳۲/۶۹۳	D _{۷۴}	آباده	۴۵/۴۷۳
D _{۲۱}	ایران شهر	۸۰/۰۲۰	D _{۴۸}	ماکو	۳۹/۴۷۱	D _{۷۵}	آوج	۱۶/۶۱۱
D _{۲۲}	کازرون	۹۵/۶۹۹	D _{۴۹}	داراب	۵۹/۲۱۴	D _{۷۶}	خلخال	۲۶/۱۷۱
D _{۲۳}	پاکدشت	۸۴/۴۹۰	D _{۵۰}	بابلسر	۷۸/۲۸۷	D _{۷۷}	آستارا	۳۹/۷۲۱
D _{۲۴}	سراوان	۱۰۲/۴۸۷	D _{۵۱}	بهبهان	۶۰/۶۰۵			
D _{۲۵}	تربت جام	۵۹/۸۰۳	D _{۵۲}	تاکستان	۴۶/۵۶۳			
D _{۲۶}	مرند	۵۳/۷۹۲	D _{۵۳}	مسجد سلیمان	۴۳/۳۶۸			
D _{۲۷}	لنجان	۸۵/۶۹۸	D _{۵۴}	پارس آباد	۴۲/۸۴۵			

مأخذ: آمارنامه شرکت پخش و پالایش فرآورده‌های نفتی ۱۳۸۷

جدول ۷. مقادیر بنزین محاسبه شده برای حمل از هر مبدأ به هر مقصد برای سال ۱۳۸۷

مبدأ	مقصد	مقدار (میلیون لیتر)	هزینه (ریال/تن)	هزینه کل (میلیون ریال)
S _۱	شیراز	D _۱	شیراز	۰
S _۱	شیراز	D _{۱۶}	مرودشت	۱۳۱۹/۶۸۴
S _۲	لاوان	D _{۷۲}	کیش	۲۱۲/۰۹۴۹
S _۲	لاوان	T _{۳۳}	بوشهر	۱۰۰۵۱/۷۹
S _۲	لاوان	T _{۴۵}	بندر لنگه	۳۷۱۱/۹۷۴
T _۱	تهران	D _۴	رباط کریم	۱۶۶۹/۱۸
T _۱	تهران	D _۵	ورامین	۱۱۱۶/۴۰۹
T _۱	تهران	D _۷	اسلامشهر	۱۲۲۱/۵۳۹
T _۱	تهران	D _۸	گرگان	۵۷۰۸/۲۱۳
T _۱	تهران	D _{۳۳}	پاکدشت	۶۱۹/۷۴۳۷
T _۱	تهران	T _۲	مشهد	۵۸۹۵۴/۶۸
T _۱	تهران	T _۴	تبریز	۲۳۹۹۵/۶۶
T _۱	تهران	T _۵	کرج	۳۴۱۴/۶۹۷
T _۱	تهران	T _{۱۰}	رشت	۱۰۲۱۷/۷۶
T _۱	تهران	T _{۱۵}	قزوین	۳۷۵۳/۰۰۵
T _۱	تهران	T _{۱۸}	ساری	۱۰۱۳۹/۷۹
T _۱	تهران	T _{۱۹}	زنجان	۴۴۰۳/۲۰۹
T _۱	تهران	T _{۲۰}	نیشابور	۴۹۳۰/۴۲۸
T _۱	تهران	T _{۲۱}	سیزوار	۱۰۵۴۹/۷۲
T _۱	تهران	T _{۲۵}	گنبد کاووس	۲۹۹۶/۵۵۹
T _۱	تهران	T _{۲۵}	تربت حیدریه	۵۲۲۰/۳۲۲
T _۱	تهران	T _{۳۲}	شاهرود	۲۰۴۹/۸۵۵
T _۱	تهران	T _{۳۵}	سمنان	۱۰۴۹/۵۲۴
T _۱	تهران	T _{۳۸}	دامغان	۸۱۷/۷۸۹۹
T _۲	مشهد	D _{۲۵}	تربت جام	۲۳۷۶/۳۳۹
T _۲	مشهد	D _{۳۰}	بیرجند	۱۰۷۰۸/۱۵
T _۲	مشهد	D _{۴۵}	قوچان	۱۲۶۰/۸۷۱
T _۳	اصفهان	D _{۱۱}	شهرکرد	۳۹۹۴/۲۱۹
T _۳	اصفهان	D _{۱۸}	نجف آباد	۹۲۳/۳۴۴۲
T _۳	اصفهان	D _{۲۷}	لنجان	۳۹۶۳/۰۳۸
T _۳	اصفهان	D _{۴۷}	لردگان	۱۶۶۴/۸۰۱
T _۳	اصفهان	D _{۵۷}	شاهین شهر	۱۱۳۲/۵۳

ادامه جدول ۷. مقادیر بنزین محاسبه شده برای حمل از هر مبدأ به هر مقصد برای سال ۱۳۸۷

مبدأ		مقصد		مقدار (میلیون لیتر)	هزینه (ریال/تن)	هزینه کل (میلیون ریال)
T _۳	اصفهان	D _{۷۴}	آباده	۴۵/۴۷۰	۵۵۲۸۴	۱۹۵۳/۱۹۴
T _۳	اصفهان	T _۱	تهران	۱۱۹۴/۸	۲۶۴۹۰	۲۴۵۹۲/۲۵
T _۳	اصفهان	T _{۴۰}	نائین	۵۲/۶۷۰	۱۱۴۶۵	۴۶۹/۲۰۰۴
T _۴	تبریز	D _{۲۶}	مرند	۵۳/۷۹۰	۱۸۹۴۰	۷۹۱/۵۹۴۱
T _۴	تبریز	D _{۴۱}	میانه	۴۰/۹۹۰	۱۲۲۴۸	۳۹۰/۰۸۹۴
T _۴	تبریز	T _۹	ارومیه	۵۷۷/۳۰	۲۰۱۰۳	۹۰۱۷/۴۴۴
T _۴	تبریز	T _{۱۴}	اردبیل	۲۹۰/۳۳	۱۶۲۰۷	۳۶۵۶/۰۷۹
T _۴	تبریز	T _{۲۹}	میاندوآب	۱۲۰/۹۷	۱۰۲۳۳	۹۶۱/۸۳۷۴
T _۴	تبریز	T _{۳۱}	مراغه	۷۸/۰۱۰	۷۹۷۶	۴۸۳/۴۵۵۴
T _۴	تبریز	T _{۴۱}	سراب	۳۴/۱۶۰	۱۰۲۳۳	۲۷۱/۶۰۷۶
T _۵	کرج	D _۲	شهریار	۳۴۴/۱۰	۶۴۵۸	۱۷۲۶/۶۴۸
T _۵	کرج	D _{۳۱}	ساوجبلاغ	۱۵۶/۶۰	۹۴۰۴	۱۱۴۴/۲۶۲
T _۶	اهواز	T _{۳۷}	دره شهر	۱۲۱/۷۳	۱۸۰۸۷	۱۷۱۰/۷۴۵
T _۷	قم	D _{۱۵}	کاشان	۱۴۷	۲۷۲۲۸	۳۱۰۹/۹۵۵
T _۸	آبادان	D _{۶۲}	خرمشهر	۴۰/۱۲	۳۶۸۵	۱۱۴/۸۷۳۴
T _۸	آبادان	T _۱	تهران	۲۷۴۴/۱	۶۳۶۶۲	۱۳۵۷۳۷/۹
T _۸	آبادان	T _۶	اهواز	۵۹۹/۵۳	۱۰۷۵۳	۵۰۰۹/۱۲۲
T _۸	آبادان	T _{۱۷}	خرم آباد	۱۶۸/۴۰	۳۵۶۴۱	۴۶۶۳/۵۱۱
T _۸	آبادان	T _{۳۶}	ازنا	۱۳۹/۴۳	۴۲۹۷۵	۴۶۵۵/۷۸۷
T _۸	آبادان	T _{۳۹}	اندیمشک	۳۷۲/۳۸	۲۳۹۹۸	۶۹۴۳/۵۶۴
T _۹	ارومیه	D _{۱۰}	خوی	۱۱۷/۶۰	۳۸۰۱۸	۳۴۷۳/۹۰۲
T _۹	ارومیه	D _{۴۴}	سلماس	۶۷/۹۳۰	۲۵۵۹۰	۱۳۵۰/۶۸۱
T _۹	ارومیه	D _{۴۸}	ماکو	۳۹/۴۷۰	۷۳۴۰۷	۲۲۵۱/۲۶
T _{۱۰}	رشت	D _{۵۸}	لاهیجان	۱۶۷/۶۰	۱۸۹۰۴	۲۴۶۱/۷۷۷
T _{۱۰}	رشت	D _{۷۶}	خلخال	۲۶/۱۷۰	۳۶۱۴۷	۷۳۵۰/۱۶۴
T _{۱۰}	رشت	D _{۷۷}	آستارا	۳۹/۷۲۰	۴۵۱۰۱	۱۳۹۱/۹۲۷
T _{۱۱}	کرمان	D _۳	زاهدان	۲۴۴/۲۰	۱۳۸۳۳۹	۲۶۲۴۸/۹۱
T _{۱۱}	کرمان	D _{۱۹}	بم	۹۰/۹۳۰	۵۲۴۷۳	۳۷۰۷/۳۵۴
T _{۱۱}	کرمان	D _{۵۶}	خاش	۳۸/۷۹۰	۱۸۷۱۱۹	۵۶۳۹/۷۳۵
T _{۱۲}	همدان	D _{۳۷}	قروه	۳۳/۴۷۰	۲۴۶۴۲	۶۴۰/۸۴۴۵
T _{۱۳}	اراک	D _{۲۰}	ساوه	۱۳۱/۷۰	۴۶۵۴۹	۴۷۶۳/۴۰۱
T _{۱۳}	اراک	T _۱	تهران	۳۲۵/۶۷	۱۷۷۳۱	۴۴۶۸/۷۵۱

ادامه جدول ۷. مقادیر بنزین محاسبه شده برای حمل از هر مبدأ به هر مقصد برای سال ۱۳۸۷

مبدأ	مقصد	مقدار (میلیون لیتر)	هزینه (ریال/تن)	هزینه کل (میلیون ریال)
T _{۱۳}	اراک	T _۷	قم	۳۶۷۸/۲۶۴
T _{۱۳}	اراک	T _{۱۲}	همدان	۲۵۷۴/۴۴
T _{۱۳}	اراک	T _{۲۴}	ملایر	۸۳۴/۵۳۵۴
T _{۱۴}	اردبیل	D _{۵۴}	پارس آباد	۲۰۹۵/۷۸۶
T _{۱۴}	اردبیل	D _{۶۱}	مشکین شهر	۷۴۷/۵۷
T _{۱۵}	قزوین	D _{۵۲}	تاکستان	۲۳۶/۹۶۰۱
T _{۱۵}	قزوین	D _{۶۴}	بوئین زهرا	۳۱۷/۰۳۶۵
T _{۱۵}	قزوین	D _{۷۵}	آوج	۳۳۲/۸۴۵
T _{۱۸}	ساری	D _۶	بابل	۱۳۷۸/۵۵۸
T _{۱۸}	ساری	D _{۶۲}	آمل	۱۲۲۲/۳۰۲
T _{۱۸}	ساری	D _{۱۷}	قائم‌شهر	۷۷۴/۴۵۳۸
T _{۱۸}	ساری	D _{۵۰}	بابلسر	۱۰۱۱/۳۲۱
T _{۱۸}	ساری	D _{۶۳}	بهنشهر	۵۷۹/۵۳۹۴
T _{۱۹}	زنجان	D _{۶۰}	ابهر	۱۲۵۴/۴۱۶
T _{۲۱}	سبزوار	D _{۲۹}	بجنورد	۴۰۰۸/۹۱۸
T _{۲۱}	سبزوار	D _{۶۵}	شیروان	۲۱۱۹/۶۷۱
T _{۲۱}	سبزوار	D _{۶۷}	اسفراین	۸۴۳/۶۳۸
T _{۲۲}	سنندج	D _{۳۴}	سقز	۲۳۹۴/۲۰۷
T _{۲۲}	سنندج	D _{۶۶}	مریوان	۱۴۴۳/۲۴۶
T _{۲۲}	سنندج	D _{۶۸}	بانه	۳۳۰۳/۳۳۶
T _{۲۲}	سنندج	D _{۶۹}	بیجار	۷۳۴/۳۴۲۶
T _{۲۳}	رفسنجان	T _{۱۷}	یزد	۲۹۸۰/۰۶۷
T _{۲۴}	ملایر	D _{۴۶}	نهادند	۱۵۱۹/۵۹
T _{۲۴}	ملایر	D _{۷۰}	تویسرکان	۳۰۵/۷۴۴۸
T _{۲۷}	بندرعباس	D _{۷۱}	قشم	۱۵۴/۴۴۵
T _{۲۷}	بندرعباس	T _۱	تهران	۲۸۰۲۰۴/۷
T _{۲۷}	بندرعباس	T _{۱۱}	کرمان	۲۲۶۷۵/۲۲
T _{۲۷}	بندرعباس	T _{۲۳}	رفسنجان	۹۵۷۳/۶۵۲
T _{۲۷}	بندرعباس	T _{۳۰}	سیرجان	۱۲۴۱۰/۵۴
T _{۲۷}	بندرعباس	T _{۳۴}	چابهار	۳۲۱۶۷/۹۳
T _{۲۷}	بندرعباس	T _{۴۵}	بندر لنگه	۳۶۷۳/۲۱۶
T _{۲۷}	بندرعباس	T _{۴۶}	میناب	۲۹۰۱/۲۳۹

ادامه جدول ۷. مقادیر بنزین محاسبه شده برای حمل از هر مبدأ به هر مقصد برای سال ۱۳۸۷

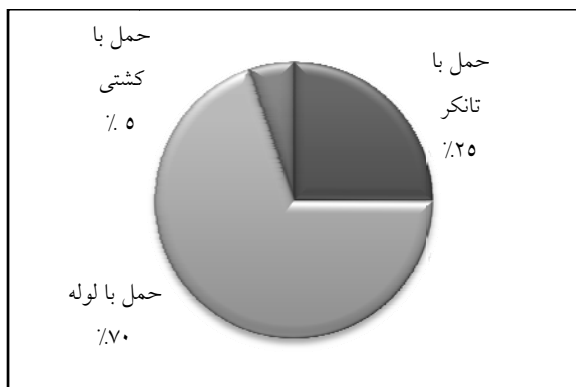
مبدأ		مقصد		مقدار (میلیون لیتر)	هزینه (ریال/تن)	هزینه کل (میلیون ریال)
T _{۲۷}	بندر عباس	Dummy		۲۷۲۸/۴	۰	۰
T _{۲۸}	بندر ماهشهر	D _{۲۲}	کازرون	۹۵/۷۰۰	۴۶۷۲۴	۳۴۷۴/۳۴۵
T _{۲۸}	بندر ماهشهر	D _{۳۲}	یاسوج	۸۸/۵۴۰	۹۶۳۹۳	۶۶۳۱/۴۱۲
T _{۲۸}	بندر ماهشهر	D _{۵۱}	بهبهان	۶۰/۶۱۰	۳۶۳۹۱	۱۷۱۳/۷۹۷
T _{۲۸}	بندر ماهشهر	D _{۷۳}	خارک	۳/۶۷۴۰	۳۶۹۶۰	۱۰۵/۵۰۹۶
T _{۲۸}	بندر ماهشهر	T _۸	آبادان	۵۶۰/۶۰	۸۳۳۲	۳۶۲۹/۳۰۴
T _{۲۸}	بندر ماهشهر	T _{۴۷}	کرمانشاه	۳۹۱/۸۸	۵۰۵۵۹	۱۵۳۹۴/۷۵
T _{۲۹}	میاندوآب	D _{۳۵}	بوکان	۵۳/۹۸۰	۱۵۶۸۵	۶۵۷/۸۶۷۵
T _{۳۰}	سیرجان	D _۱	شیراز	۲۸۷/۰۳۰	۱۰۱۷۰۳	۲۲۷۰۳/۳۷
T _{۳۰}	سیرجان	D _{۱۴}	زابل	۲۶۴/۴۰	۲۲۳۳۵۶	۴۵۸۸۵/۹۹
T _{۳۰}	سیرجان	D _{۴۰}	فسا	۱۵/۳۶۰	۷۳۵۳۵	۸۷۷/۶۱۹۶
T _{۳۳}	بوشهر	D _{۵۵}	ممسنی	۴۸/۴۱۰	۵۱۶۹۷	۱۹۴۴/۵۶
T _{۳۴}	چابهار	D _{۲۱}	ایران شهر	۸۰/۰۲۰	۹۳۲۸۶	۵۸۰۰/۱۰۷
T _{۳۴}	چابهار	D _{۲۴}	سراوان	۱۰۲/۵۰	۱۳۰۵۸۶	۱۰۴۰۰/۲
T _{۳۶}	ازنا	D _{۱۳}	بروجرد	۷۹/۳۸۰	۲۶۵۴۰	۱۶۳۶/۹۴۱
T _{۳۶}	ازنا	D _{۵۹}	دورود	۹۷۰/۴۱	۱۱۳۱۰	۳۶۸/۸۲۶۹
T _{۳۷}	دره شهر	D _{۳۹}	ایلام	۹۹/۱۱۰	۳۳۷۵۰	۲۵۹۹/۰۳۶
T _{۳۹}	انديمشک	D _۹	دزفول	۱۳۵/۲۰	۳۷۱۳	۳۹۰/۰۵۲۱
T _{۳۹}	انديمشک	D _{۳۳}	کوهدشت	۲۶/۸۲۰	۵۱۳۱۸	۱۰۶۹/۴۲۳
T _{۳۹}	انديمشک	D _{۴۲}	شوشتر	۶۴/۸۹۰	۱۹۸۶۷	۱۰۰۱/۶۸۵
T _{۳۹}	انديمشک	D _{۵۳}	مسجد سلیمان	۴۳/۳۷۰	۳۶۶۰۲	۱۲۳۳/۴۳۲
T _{۴۲}	نکا	T _{۱۸}	ساری	۹۶/۶۸۰	۲۶۵۳	۱۹۹/۲۹۴۳
T _{۴۳}	نوشهر	T _{۴۴}	چالوس	۲۳۳/۷۰	۷۷۶	۱۴۰/۹۰۹۹
T _{۴۴}	چالوس	D _{۱۲}	آمل	۶۲/۲۳۰	۲۷۶۷۳	۱۳۳۸/۰۶۵
T _{۴۴}	چالوس	D _{۳۸}	تنکابن	۱۰۹/۷۰	۱۵۳۰۳	۱۳۰۴/۳۸
T _{۴۵}	بندر لنگه	D _{۲۸}	لار	۸۴/۱۴۰	۸۵۱۹۷	۵۵۶۹/۹۰۶
T _{۴۵}	بندر لنگه	D _{۳۶}	جهرم	۶۸/۴۸۰	۱۲۷۹۶۱	۶۸۰۸/۶۷۲
T _{۴۵}	بندر لنگه	D _{۴۹}	داراب	۵۹/۲۱۰	۱۳۵۶۷۹	۶۲۴۲/۰۷۱
T _{۴۶}	میناب	D _{۴۳}	جیرفت	۸۳/۶۸۰	۶۹۴۸۸	۴۵۱۸/۰۶۵
T _{۴۷}	کرمانشاه	T _{۲۲}	سنندج	۳۲۵/۰۵	۹۱۶۵	۲۳۱۴/۷۴۸
هزینه کل = ۱۰۱۴۵۶۸ میلیون ریال						

مأخذ: یافته‌های تحقیق

۷- ارزیابی نتایج به‌دست آمده

با توجه به نتایج به‌دست آمده که در جدول ۷ گزارش شده است، در شبکه توزیع بهینه برای سال ۱۳۸۷، حجم ۲۸۸۲۲/۴۱ میلیون لیتر بنزین با هزینه ۱۰۱۴۵۶۸ میلیون ریال از پالایشگاه‌ها و بنادر واردکننده به نقاط مصرف انتقال یافته است. از این مقدار بنزین منتقل شده حدود ۶۵۱۳/۷۵ میلیون لیتر با تانکر و از طریق جاده حمل شده است، ۹۸۱/۳۲۴ میلیون لیتر نیز از مسیر آبی، توسط کشتی حمل شده است و ۲۱۳۲۷/۳۴ میلیون لیتر توسط خطوط لوله از مبادی عرضه‌کننده به مقاصد تقاضاکننده ارسال شده است. در نمودار ۱ سهم هر یک از وسایل حمل در انتقال بنزین نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود خطوط لوله با ۷۴ درصد حمل بنزین بیشترین نقش را در حمل این فرآورده در شبکه توزیع بر عهده دارد و حمل و نقل دریایی تنها با ۳/۴ درصد کمترین نقش را داشته است.

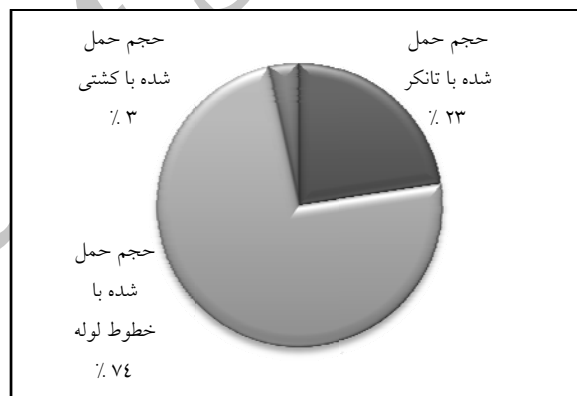
نمودار ۲. هزینه حمل بنزین با هر وسیله برای سال ۱۳۸۷



مأخذ: یافته‌های محقق

در سیستم واقعی توزیع فرآورده در سال ۱۳۸۷، ۱۳۲۶۹۲/۱ میلیون لیتر فرآورده به نقاط مختلف کشور حمل شده است. در مدل بهینه پیشنهاد شده، حجم حمل شده ۲۱/۱۷ درصد از کل حجم واقعی حمل شده در سال ۱۳۸۷ است که با ضرب این نسبت در هزینه کل تحقق یافته حمل فرآورده، می‌توان به مقدار تقریبی هزینه کل واقعی حمل بنزین دست یافت. در جدول ۸ مقادیر واقعی و بهینه هزینه حمل نشان داده شده است. مقایسه هزینه‌های تحقق یافته با هزینه‌های بهینه به‌دست آمده از مدل، نشان می‌دهد که با انجام برخی اصلاحات در شیوه انتقال بنزین از پالایشگاه‌های تولیدکننده و بنادر ورودی به شهرستان‌های مصرف‌کننده می‌توان ۱۷ درصد در هزینه‌های انتقال صرفه‌جویی کرد. همان‌طور که در جدول ۹ مشاهده می‌شود در مدل بهینه از خطوط لوله بیش از آنچه در واقعیت در انتقال بنزین استفاده شده، بهره برده شده است.

نمودار ۱. میزان بنزین حمل شده با هر وسیله در سال ۱۳۸۷



مأخذ: یافته‌های محقق

هزینه حمل بنزین توسط تانکر در سال ۱۳۸۷، معادل ۲۵۴۵۳۸/۵ میلیون ریال بوده است، در واقع تانکر در شبکه توزیع طراحی شده، ۲۵/۰۹ درصد از کل هزینه حمل را به خود اختصاص داده است. سهم حمل و نقل دریایی با ۵/۱۴ درصد از کل هزینه حمل معادل ۵۲۱۶۸/۲ میلیون ریال و سهم خطوط لوله

جدول ۸. مقایسه هزینه‌های حمل تحقیق یافته و بهینه (میلیون ریال)

هزینه کل	هزینه واقعی حمل	هزینه بهینه حمل	اختلاف مقدار واقعی از مقدار بهینه	میزان صرفه جویی
۱۱۸۴۶۹۳/۴	۱۰۱۴۵۶۸	۱۷۰۱۲۵/۶۹۰۴		۱۷٪

مأخذ: تراز هیدروکربوری ۱۳۸۷ و یافته‌های محقق

می‌توانند از یک طرف بار داشته باشند و پس از تخلیه بار در مقصد، بدون بار به پالایشگاه برمی‌گردند. در خصوص حمل فرآورده با تانکر و سایر وسایل حمل و نقل جاده‌ای، در فصل‌های سرد سال احتمال تصادف و تأخیر در رسیدن به مقصد مطرح است؛ و متغیر زمان از اهمیت برخوردار می‌شود. از دیگر معایب تانکرها، موضوع آلودگی هوا است که امروزه از موضوعات با اهمیت محسوب می‌شود.

جدول ۹. مقایسه حجم حمل شده در حالت بهینه با واقعیت

نسبت حجم حمل شده بهینه به حجم واقعی حمل شده	وسيله
۱/۷۷	خطوط لوله
۰/۴۵	تانکر
۰/۶۸	کشتی

مأخذ: تراز هیدروکربوری ۱۳۸۷ و یافته‌های محقق

۸- نتیجه‌گیری

در این مطالعه تلاش شد تا یک مدل بهینه برای سیستم توزیع بنزین به عنوان یکی از با اهمیت‌ترین و پرمصرف‌ترین فرآورده‌های نفتی در ایران، ارائه شود. همان‌طور که در ارزیابی نتایج نیز مشاهده شد بیشترین هزینه حمل مربوط به حمل با خطوط لوله می‌باشد، اما با توجه به این‌که میزان حجم بنزین حمل شده با خطوط لوله بیش از دو برابر حجم حمل شده با تانکر و بیش از ۲۱ برابر حجم حمل شده با کشتی می‌باشد و همچنین مسافت متوسط حمل با خطوط لوله بیش از ۲ برابر مسافت متوسط حمل با تانکر و بیش از مسافت متوسط حمل با کشتی می‌باشد. بنابراین، می‌توان با در نظر گرفتن حجم بالای حمل شده و مسافت متوسط طی شده توسط خطوط لوله هزینه بالای حمل بنزین با خطوط لوله را نسبت به سایر روش‌های حمل، منطقی دانست و به سهولت می‌توان بیان کرد که خطوط لوله با توجه به حجم بیشتر حمل فرآورده و نرخ هزینه کمتر نسبت به سایر وسایل حمل در اولویت است. اولویت استفاده از خطوط لوله در حمل بنزین به منظور کاهش هزینه‌های حمل، در مقایسه نتایج مدل بهینه با هزینه‌ها تحقق یافته کاملاً مشهود است. مشکل استفاده از خط لوله، بالا بودن سرمایه‌گذاری اولیه برای ایجاد خط لوله می‌باشد. ولی با توجه به حجم بالایی حمل فرآورده توسط آن، طی بازه زمانی مورد استفاده هزینه بالای اولیه را جبران می‌کند. در مقابل در نفتکش‌ها سرمایه‌گذاری اولیه کمتر ولی هزینه عملکرد، حقوق کارکنان، هزینه سوخت و نگهداری و تعمیرات بسیار زیادتر است. در حمل فرآورده‌های نفتی، نفتکش‌ها باید از بالاترین استانداردهای فنی و ایمنی برخوردار باشند. از سوی دیگر، وسایل حمل مانند تانکر و کشتی تنها

۹- پیشنهادات

با توجه به مطالب گفته شده، بهتر است در کوتاه مدت با توجه به هزینه‌های کمتر حمل با خطوط لوله و کشتی، به منظور حداقل نمودن هزینه‌ها ابتدا بنزین به این نقاطی که در مسیر خطوط لوله و یا در نزدیکی دریا قرار دارند حمل شده و سپس از این نقاط به سایر نقاط مصرفی حمل گردد. همچنین در شبکه حمل و نقل حداقل کردن استفاده از تانکر با توجه به هزینه بالای حمل و خطرات جاده‌ای موجود در دستور کار قرار گیرد. مقایسه نتایج مدل بهینه با هزینه‌های تحقق یافته نشان داد بهتر است در بلندمدت توجه بیشتری به برنامه‌های توسعه خطوط لوله شود.

۱۰- پی‌نوشت‌ها

1. Sophabmixay et al., (2000)
2. Cheng and Duran (2004)
3. Gayialis and Tatsiopoulos (2004)
4. Relvas et al., (2009)
5. Multi Interger Linear Programming
6. Pootakham and Kumar (2010)
7. Herran et al., (2010)
8. Kantorovitch
9. Hichcock
10. Koopmans

۱۱- مراجع

- آمارنامه (۱۳۸۷)، شرکت ملی پخش فرآورده‌های نفتی ایران.
- ترازنامه هیدروکربوری (۱۳۸۷)، مؤسسه مطالعات بین‌المللی انرژی.

- Logistics and Transportation Review 35, pp. 77-100.
- Herran_Gonzalez, A., Cruz. L. D. M. J., Andres_Toro. D.B. and Risco-Martin. L.J., (2009) "Modeling and simulation of a gas distribution pipeline network", Applied Mathematical Modelling 33, pp. 1584-1600.
 - Herran. A., Cruz. L. D. M. J. and Andres, D. B. (2010) "A mathematical model for planning transportation of multiple petroleum products in a multi-pipeline system", Computers and Chemical Engineering 34, pp. 401-413.
 - Herran, A., Cruz. L. D. M. J. and Andres. D. B. (2012) "Global Search Metaheuristics for planning transportation of multiple petroleum products in a multi-pipeline system", Computers & Chemical Engineering 37, pp. 248-261.
 - Morlok, E. K. (1982) "An introduction to transportation engineering and Planning", McGraw-Hill, New York.
 - Nihoul. J. (2003) "A none-linear mathematical model for the transport and spreading of oil slicks", Ecological Modeling 22, pp. 325-339.
 - Pootakham. T. and Kumar. A. (2010) "Bio-Oil transport by pipeline: A techno-economic assessment", Bioresource Technology 101, pp. 7137-7143.
 - Relvas. S., Paula Barbosa_Pova. A. and A. Matos. H. (2009) "Oil products distribution systems: Decomposition approach on pipeline and inventory scheduling", Computer Aided Chemical Engineering 27, pp. 1971-1976.
 - Sazi Murat. Y. and Ceylan. H., (2006) "Use of artificial neural networks for transport energy demand modeling", Energy Policy 34, pp. 3165-3172.
 - خادم، ب. (۱۳۷۶) "روش‌های مقداری در مدیریت بازرگانی (تحقیق در عملیات با رایانه)", دانشگاه امام حسین (ع)، مؤسسه چاپ و انتشارات.
 - شمس خامنه، م. (۱۳۸۶) "بهینه‌یابی حمل و نقل گازوییل (نفت گاز) از پالایشگاه‌ها و مبادی ورودی کشور به انبارهای اصلی شرکت ملی نفت ایران"، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران.
 - کابلی‌زاده، ا. (۱۳۷۸) "بهینه‌یابی حمل و نقل بنزین در سطح کشور با استفاده از تکنیک M.G.A"، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.
 - محمدزاده، ج. (۱۳۷۵) "بهینه‌یابی حمل و نقل بنزین از پالایشگاه‌ها و مبادی ورودی کشور به انبارهای شرکت نفت"، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.
 - مهرگان، م. ر. (۱۳۷۸) "پژوهش عملیاتی: برنامه‌ریزی خطی و کاربردهای آن"، نشر کتاب دانشگاهی.
 - میرحسینی، ع.، قربانعلی‌زاده، م. و فانی، ح. (۱۳۸۸) "بهینه‌سازی برنامه‌ریزی حمل فرآورده‌های نفتی با خطوط لوله"، اولین همایش راه‌کارهای نوین تأمین، نگهداشت، انتقال و توزیع فرآورده‌های نفتی.
 - طباطبایی محمدی، ش. (۱۳۸۷) "بررسی توزیع مواد نفتی بین کشورهای تولیدکننده و مصرف‌کننده و ارزیابی حمل و نقلی آن"، دانشگاه صنعتی شریف، تهران، ایران.
 - وفادار مقدم، ح. ر. (۱۳۷۴) "الگوی توزیع بهینه (حمل و نقل) گوشت قرمز در ایران"، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.
 - Jin. D, L. and Kite_Powell. H, (1999) "On the optimal environmental liability limit for marine oil transport", Transportation Research Part E: