Archive of SID

بهینه‌یابی شبکه انتقال نفت‌گاز با استفاده از الگوریتم ژنتیک اصلاح شده مبتنی بر گرادیان

حسین صادقی، استادیار، دانشکده مدیریت و اقتصاد، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
نفیسه صفری*، دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، دانشکده مدیریت و اقتصاد، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
حسین سهرابی وفا، دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، دانشکده مدیریت و اقتصاد، دانشگاه صنعت آب و برق شهید عباسپور، تهران، ایران
پست الکترونیکی نویسنده مسئول: safari@modares.ac.ir
دریافت: ۱۳۹۳/۰۲/۰۶ - پذیرش: ۱۳۹٤/۰۷/۱۰

چکیده

هر ساله برای تامین تقاضای نقاط مختلف کشور به فرآورده‌های نفتی، حجم عظیمی از فرآورده‌ها در شبکه حمل و نقل کشور جریان پیدا می‌کنند. این تقاضا از طریق پالایشگاه‌های داخلی و یا واردات از خارج از کشور برآورده می‌شود. مسئله‌ای که مطرح است چگونگی جریان این فرآورده‌ها در شبکه حمل و نقل داخلی برای تامین نیازهای نقاط مختلف کشور از مبادی عرضه می‌باشد. از این رو، در این مطالعه به تعیین جریان بهینه نفت‌گاز در شبکه انتقال پرداخته شده است. به این منظور از الگوریتم ژنتیک اصلاح شده مبتنی بر گرادیان با هدف حداقل سازی هزینه‌های انتقال استفاده شده است. از نظر مکانی این تحقیق برای تمامی کشور ایران و از نظر زمانی مربوط به سال ۱۳۹۰ می‌باشد. نتایج نشان می‌دهد با بهینه‌یابی شبکه توزیع و با استفاده ۷۸٪ از خطوط لوله می‌توان ۶۳ درصد در هزینه‌های حمل و نقل صرفه جویی کرد.

واژه‌های کلیدی: الگوریتم ژنتیک، نفتگاز، حمل و نقل مرکب، خطوط لوله، نفتکش جاده پیما

۱- مقدمه

حمل و نقل یکی از موثرترین فعالیت‌های اقتصادی است که عرضه را با تقاضا مرتبط می‌سازد. در گذشته به دلیل اینکه حمل و نقل یک نیاز ثانویه برای تحقق نیازهای اولیه‌ای همچون تجارت، مسافرت، اشتغال و ... به حساب می‌آمد، به نحو شایسته‌ای بدان 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 بواسطه نقش مستقیمی که درکاهش هزینه‌های تمام شده تولید و دسترسی به بازار ودر نهایت افزایش توان رقابت در عرصه تجارت بین الملل مخصوصا برای کشورهایی که حجم تجارت خارجی (صادرات و واردات) آنها بالا می‌باشد، از جایگاه رفیعی در مدیریت، برنامه‌ریزی و سرمایه‌گذاری و حتی تحقیقات برخوردار گردد. تاثیر چنین ویژگی سبب گشته تا نگرش‌های گذشته نسبت به حمل‌ونقل تغییر یابد و به حمل‌ونقل به عنوان یک بخش اقتصادی ـ خدماتی مهم نگریسته شود.

در مطالعات مختلف دقت و توانایی الگوریتم‌های تکاملی به خصوص الگوریتم ژنتیک در مسائل بهینه‌یابی مختلف به اثبات رسیده است. مسئله حمل‌ونقل مرکب را می‌توان یکی از مسائل NP-hard[1] در نظر گرفت که حل و مقایسه کلیه حالت‌های ممکن برای پاسخ آن بسیار زمان‌بر می‌باشد. از سوی دیگر تکنیک‌های سنتی تنها در مورد مسائل با ابعاد کوچک و تعداد متغیرهای محدود نتایج مطلوب داشته‌اند. مسئله بهینه‌یابی مورد نظر در این مطالعه جز مسائل NP-hard محسوب شده که با دو رویکرد الگوریتم‌های حل دقیق و تکنیک‌های اکتشافی[2] قابل حل می‌باشد. اما زمانی که ابعاد مسئله بسیار بزرگ‌باشد

* ـ نویسنده مسئول

www.SID.ir

Archive of SID

الگوریتم‌های حل دقیق مفید نخواهد بود. از این رو در این مطالعه به کمک الگوریتم ژنتیک اقدام به بهینه‌سازی مسئله حمل‌و نقل مرکب شبکه نفت‌گاز کشور شده است. الگوریتم ژنتیک با جمعیتی از کرموزوم‌ها که هر یک پاسخ کدگذاری شده‌ای برای مسئله است به جستجوی فضای مسئله می‌پردازد. در این الگوریتم تا زمانی که معیار توقف برآورده شود بر روی کرموزوم‌ها عملگرهای تکاملی برای بهبود پاسخ مسئله اعمال می‌گردد[۳].

اما مسئله مهم در به کارگیری الگوریتم‌های تکاملی در مواجهه با چنین مسائلی(شبکه حمل‌ونقل) عدم یک مکانیزم قدرتمند در نسخه‌های اصلی و ابتدایی(بدون دخل و تصرف) این الگوریتم‌ها به منظور بهینه‌یابی مفید می‌باشد. بدین منظور اخیرا تکنیک‌های مختلفی جهت ترکیب با الگوریتم‌های تکاملی به منظور فائق آمدن بر مسائل بهینه‌یابی مقید ارایه شده است که تاکنون در این بین استفاده از تابع جریمه در الگوریتم‌های تکاملی بخصوص الگوریتم ژنتیک بشدت رواج داشته است[٤]. تکنیک‌های مبتنی بر تابع جریمه مسائل بهینه‌یابی مقید را به کمک تعمیم قیود به توابع هدف به عنوان جز جریمه به مسائلی غیر مقید بدل می‌کنند. زمانی که پاسخ غیرعملی[۵] باشد تابع هدف توسط جریمه‌ای معین یا ضریبی از میزان تخطی از قیود، جریمه می‌شود (در مسائل کمینه‌سازی یک اسکالر مثبت و در مسائل بیشینه‌سازی یک اسکالر منفی به عنوان جریمه در نظر گرفته می‌شود). این تکنیک معمولا مقادیری از اطلاعات حاصل شده از پاسخ‌های غیرعملی را به این امید که در چرخه‌های[٦] آتی منجر به بهبود پاسخ مسئله خواهند شد حفظ می‌نماید. مسئله مهم در این رویکرد تعیین میزان مناسب جریمه در هنگام تولید پاسخ‌های غیرعملی می‌باشد. چراکه در برخی مسائل تعیین بیش‌از اندازه بزرگ یا کوچک مقدار جریمه می‌تواند منجر به افزایش زمان حل مسئله شود و در برخی مسائل نیز کیفیت پاسخ مسئله تاحد بالایی به اندازهٔ تابع جریمه بستگی خواهد داشت. در عوض تکنیک اصلاح پاسخ سعی در اصلاح پاسخ‌های غیرعملی به کمک مزیت استفاده از ویژگی‌های خود مسئله دارد. تکنیک اصلاح پاسخ زمانی که ارتباط میان متغیرهای تصمیم و محدودیت براحتی قابل تشخیص باشند ممکن است بسیار کارآمد. در میان تکنیک‌های اصلاح پاسخ‌های مسائل بهینه یابی، تکنیک‌های اصلاحی مبتنی بر گرادیان نتایج موثرتری در ایجاد پاسخ‌های عملی داشته‌اند. از این رو در این مطالعه از تکنیک اصلاح پاسخ تولیدی الگورتیم ژنتیک با استفاده از اطلاعات گرادیان مستخرج از محدودیت‌های مسئله به منظور دستیابی به پاسخ‌های عملی استفاده شده است.

ساختار مقاله به این شکل تنظیم شده است که پس از اشاره به مطالعات پیشین در بخش دوم، به بیان وضعیت شبکه توزیع نفت‌گاز در ایران در بخش سوم پرداخته شده است. بخش چهارم، روش تحقیق و بیان ریاضی تابع هدف و محدودیت‌ها و بخش پنجم، به ارزیابی نتایج حاصل از تخمین و آزمون تحلیل حساسیت اختصاص داده شده است. در بخش ششم، خلاصه و پیشنهادات ذکر شده است.

۲- پیشینه تحقیق

در سال‌های اخیر برخی مطالعات (داخلی و خارجی) در زمینه حمل و نقل منابع انرژی انجام شده است که به برخی از آنها اشاره می‌شود:

سفبمیکسی و همکاران[۷] (۲۰۰) در مطالعه خود به بهینه یابی استراتژی شبکه توزیع و انتقال پرداخته اند. آنها در این مطالعه، از برنامه‌ریزی خطی با هدف حداقل هزینه استفاده نموده‌اند. چنگ و درن[۸] (۲۰۰٤) در زمینه برنامه‌ریزی حمل و نقل نفت خام با روش کنترل بهینه و شبیه سازی مطالعه نمودند، همچنین در همین سال گیلیس و تاتسی اپلس[۹] در همان سال به طراحی یک سیستم پشتیبانی برای زمان‌بندی و برنامه‌ریزی مسیر نفتکش‌ها پرداختند. هالدنبیلن و سیلان[۱۰] (۲۰۰۵) در مقاله‌ای با استفاده الگوریتم ژنتیک به تخمین تابع تقاضای انرژی ترکیه پرداخته و تحت سه سناریو به پیش‌بینی تقاضای آتی انرژی در بخش حمل و نقل تا سال ۲۰۲۰ پرداخته‌اند.

رلواس[۱۱] 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[۱۲] با سطوح متفاوت از جزئیات با یک روش تکرار شونده که اطلاعات را میان دو سطح تبادل می‌کند، استفاده نمودند. آنها در

www.SID.ir

Archive of SID

این مطالعه از اطلاعات واقعی یک شرکت پرتغالی که حمل و نقل شش فرآورده نفتی را به عهده داشتند استفاده کردند.

هرمن و همکاران[۱۳] (۲۰۱۰) در مطالعه خویش تلاش نمودند به وسیله خطوط لوله چند محصولی یک روش اقتصادی برای انتقال حجم زیادی از فرآورده‌های نفتی تصفیه شده در مسافتهای طولانی ارایه کنند. این مطالعه یک روش نوین ریاضیات گسسته را برای حل برنامه‌ریزی عملیاتی کوتاه مدت سیستم‌های خطوط لوله چند محصولی برای فرآورده‌های نفتی تصفیه شده پیشنهاد می‌کند؛ همچنین آنها در سال ۲۰۱۲ در مطالعه جدیدی با توسعه الگوریتم‌های فرا ابتکاری به کارآیی روش MILP به‌مورد استفاده برای برنامه‌ریزی حمل و نقل فرآورده‌های نفتی مختلف در سیستم خطوط لوله چند محصولی را بهبود داده اند.

شمس خامنه (۱۳۸٦)، حمل و نقل گازوئیل (نفت‌گاز) از پالایشگاه‌ها و مبادی ورودی کشور به انبارهای اصلی شرکت ملی نفت ایران را بهینه یابی نمود. نتایج وی نشان داد که معادل ۸۳/۲ درصد از کل گازوئیل انتقال یافته توسط خطوط لوله با هزینه‌ی معادل ۳٦/۰٤ درصد، ۱۵/۱ درصد توسط نفتکش‌ها جاده پیما با هزینه‌ی معادل ٤۵/۷۸ درصد و مابقی توسط حمل و نقل دریایی با هزینه ی معادل ۱۸.۱۸ درصد منتقل می‌شود.

طباطبایی محمدی (۱۳۸۷)، توزیع مواد نفتی بین کشورهای تولید کننده و مصرف کننده را بررسی و حمل و نقل آن را ارزیابی کرده است. وی در مطالعه خود از روش برنامه‌ریزی خطی استفاده نموده است. میرحسینی و همکاران (۱۳۸۸) با بکارگیری برنامه‌ریزی عدد صحیح و یا گسسته‌سازی پارامتر زمان یک مدل ریاضی برای انتقال محصولات نفتی ارایه نموده‌اند. مدل آنها برای سیستمی طراحی شده است که شامل پالایشگاه ، خط لوله چند فرآورده‌ای- چند شاخه‌ای و تعدادی انبار است. در واقع هدف آنها تأمین نیاز مصرف‌کنندگان با رعایت محدودیت‌های فنی و عملیاتی وهمچنین حداقل تداخل بوده است. همچنین صادقی و ذوالفقاری(۱۳۸۸) در مطالعه‌ای برای شبیه‌سازی تقاضای بنزین در بخش حمل و نقل از الگوریتم ژنتیک در قالب توابع خطی، نمایی و درجه دو استفاده کرده و تقاضای بنزین را تا سال ۱٤۰٤ پیش بینی کرده‌اند.

۳- شبکه توزیع نفتگاز در ایران

عمده فرآورده‌هایی نفتی که در حال حاضر در ۹ پالایشگاه کشور تولید می‌شود شامل بنزین معمولی، گاز مایع، نفت سفید، نفت‌گاز و نفت کوره می‌باشد. در سال ۱۳۹۰ روزانه حدود ۲۷۳/۲ هزار مترمکعب فرآورده تولید شده که حدود ۲۳٦/۲ هزار متر مکعب آن به تولید ۵ فرآورده اصلی اختصاص داشته است. حدود ۸۰/۲ درصد از کل تولید پالایشگاه‌های کشور در سال ۱۳۹۰، به تولید نفت‌گاز، بنزین و نفت‌کوره اختصاص داشته که سهم تولید نفت‌گاز، نفت‌کوره و بنزین موتور به ترتیب ۳٤/۷ ، ۲/۲۸و ۱۷/۳ درصد می‌باشد.

نفت‌گاز به لحاظ داشتن قابلیت مصرف در بخش‌های مختلف، دارای تنوع مصرف بیشتری نسبت به سایر فرآورده‌های دیگر می‌باشد. در بخش حمل‌ونقل، به عنوان سوخت موتورهای دیزلی، در بخش کشاورزی به عنوان سوخت ماشین‌آلات کشاورزی و پمپ‌های آبیاری، در بخش صنعت برای سوخت ماشین‌آلات و تجهیزات صنعتی، در نیروگاه‌ها به عنوان سوخت جهت تولید انرژی الکتریکی و در بخش‌های خانگی و تجاری، برای سوخت دستگاه‌های گرمایش و تولید آب گرم استفاده می‌گردد.

مبادی عرضه کننده نفت‌گاز شامل ۹ پالایشگاه و ٤ 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 بوشهر
- ✓ بندر چابهار
- ✓ اسکله نکا
- ✓ بندر نوشهر

استفاده از شبکه خطوط لوله، حمل و نقل ریلی، جاده‌ای و دریایی از روش‌های انتقال فرآورده‌های نفتی در کشور محسوب می‌گردند. انتقال نفت‌گاز معمولاً توسط خط لوله یا نفتکش و در بعضی مواقع با کشتی حمل می‌شود، همچنین هنگامی که مبدا و یا مقصد جزایر باشند، از شناورها به عنوان جایگزین کشتی

www.SID.ir

Archive of SID

استفاده می‌شود. حمل و نقل ریلی نیز در انتقال برخی فرآورده‌ها نقش دارند ولی در حمل و نقل نفت‌گاز کمتر از این نوع حمل و نقل استفاده می‌شود.

٤- مبانی نظری الگوریتم ژنتیک اصلاح شده

٤-١- الگوریتم ژنتیک

الگوریتم ژنتیک در واقع شناخته‌شده‌ترین نوع از الگوریتم‌های تکاملی است که طی سالهای ۱۹٦۰ تا ۱۹۸۰ توسط جان هلند[١٤] و همکارانش ابداع و گسترش یافت. ایده محاسبات تکاملی[١٥] در دهه ۱۹٦۰ توسط رچنبرگ[١٦] در کتابی با عنوان استراتژی‌های تکامل معرفی شد. تحقیقات بر روی الگوریتم ژنتیک دقیقا پس از تحقیات روی شبکه‌های عصبی مصنوعی آغاز شد، که در هر دو شاخه، از سیستم‌های بیولوژیکی، به عنوان مدل انگیزشی و محاسباتی الهام گرفته شده است. این الگوریتم دارای روند تکراری بوده و در هر تکرار با یک راه‌حل یا چندین راه‌حل مختلف کار می‌کند.

الگوریتم ژنتیک جستجو را با جمعیتی از راه‌حل‌های اولیه تصادفی آغاز می‌کند. اگر معیارهای نهایی ارضا نشود، سه عملگر متفاوت؛ تکثیر[١٧]، جهش[١٨] و ادغام[١٩] بکار گرفته می‌شوند تا جمعیت به روز شود. هر تکرار از این سه عملگر به عنوان یک نسل شناخته می‌شود.

چون نمایش راه‌حل‌ها در الگوریتم ژنتیک بسیار شبیه کروموزوم‌های طبیعی است و هم‌چنین عملگرهای الگوریتم ژنتیک شبیه به عملگرهای ژنتیکی عمل می‌کنند، روند فوق را بنام الگوریتم ژنتیک نامگذاری کرده‌اند. در واقع الگوریتم ژنتیک فضای حل را با تکرار سه گام ساده جستجو می‌کند. گام اول، گروهی از نقاط جستجو را که جمعیت[٢٠] نامیده می‌شود، بر اساس تابع هدف ارزیابی می‌کند. در گام دوم، بر اساس وضعیت ارزیابی شده، برخی از نقاط به عنوان کاندیداهای حل مساله انتخاب می‌شوند. در گام سوم نیز عملگرهای ژنتیک[٢١] روی این کاندیداها اعمال می‌شوند تا جمعیت نسل بعدی ساخته شوند. این فرآیند تا زمانی که معیارهای نهایی بدست آید، تکرار می‌شود. معیار نهایی زمانی است که؛ یا نتیجه‌ای در حد قابل قبول بدست آید یا تعداد ماکزیمم نسل تکرار شود.

٤-٢- مکانیزم اصلاح

هدف از این تکنیک بکارگیری اطلاعات گرادیان حاصل از محدودیت‌های مسئله به منظور اصلاح سازمان‌یافتهٔ پاسخ‌های غیرعملی می‌باشد. در اصل در این تکنیک از اطلاعات گرادیان به منظور جهت‌دهی به پاسخ‌های غیر عملی به سوی محدودهٔ پاسخ‌های عملی استفاده می‌شود. به طور کلی اطلاعات گرادیان هم می‌تواند مستقیماً و به طور دقیق از محدودیت‌های مسئله استخراج شود و هم از روش‌های غیردقیق که در مواقعی که قیود بسیار پیچیده بوده یا در حین حل مسئله و شبیه‌سازی متغیر می‌باشند استفاده می‌شود.

چنانچه فرض شود که بردار $\mathbf{V}$ شامل بردارهای قیود نامساوی($\mathbf{g}$) و قیود مساوی($\mathbf{h}$) برای مسئله بهینه‌یابی بوده و تعداد متغیرهای مسئله برابر با $\mathbf{I}$ باشد. مشتق این قیود به صورت زیر خواهد بود:

$$V=\left[\frac{g_{M\times I}}{h_{N\times I}}\right]_{(M+N)\times I} \quad \Rightarrow \quad \nabla_x V=\left[\frac{g}{h}\right]_{(M+N)\times I} \qquad (١)$$

همچنین مشتق فوق به کمک دیفرانسیل زیر نیز قابل برآورد خواهد بود.

$$\nabla_x V=\frac{1}{e}\cdot\left[\frac{g(X\,|x_i=x_i+e)-g(X),\ \ \forall i=1,\ldots,I}{h(X\,|x_i=x_i+e)-h(X),\ \ \forall i=1,\ldots,I}\right]_{(M\times N)\times I} \qquad (٢)$$

که در آن $\mathbf{e}$ یک اسکالر مثبت کوچک به منظور ایجاد انحراف می‌باشد. بنابراین ارتباط میان تغییرات بردار تخطی از محدودیت‌ها (ΔV) و بردار پاسخ‌های مسئله (ΔX) بصورت زیر خواهد بود.

$$\Delta V=\nabla_x V\times\Delta X \quad \Rightarrow \quad \Delta X=\nabla_x V^{-1}\times\Delta V \qquad (٣)$$

براساس مطالب فوق، مشتق‌های مرتبه اول قیود با توجه به بردار پاسخ مسئله، میزانی از تغییرات تخطی قیود برای یک واحد تغییر در بردار پاسخ مسئله را ارایه می‌دهد. به بیان دیگر معکوس ماتریس گرادیان نرخی از تغییرات بردار پاسخ در ازای تغییرات تخطی قیود ارایه می‌دهد. بر این اساس زمانی که میزان تخطی از قیود (ΔV) در دست باشد، پاسخ‌های غیر عملی متعاقب آن قابل اصلاح خواهند بود.

چنانچه $\mathbf{u}$ و $\mathbf{l}$ برداری از محدودیت‌های حد بالا و پایین متغیرهای مسئله باشد ($l\le X\le u$) و قید نامساوی ($g_m(X)\le u_m$) برقرار بوده و همچنین بردار $\mathbf{c}$ نیز بردار سمت راست قیود مساوی باشد ($h_n(X)=c_n$)، میزان تخطی از قیود قابل محاسبه خواهد بود.

$$\Delta V=\left[\frac{Min\{0,u-g(X)\}+Max\{0,l-g(X)\}}{h(X)-c}\right] \qquad (٤)$$

www.SID.ir

Archive of SID

شایان ذکر است که $\nabla_x V$ بطور کلی یک ماتریس مربع نخواهد بود ($M+N \neq I$)، بنابراین وارونپذیر نیز نخواهد بود. بااین وجود امکان محاسبه وارون پنروز- مور یا شبه وارون(کمپبل و میِر، ۱۹۹۱) به عنوان تخمینی از معکوس $\nabla_x V$ در معادله (۳) قابل استفاده است. همچنین این نکته نیز حائز اهمیت است که قیودی که دارای تخطی نمی‌باشند نیازی به اصلاح نداشته و تنها سطرها و ستون‌هایی از $\nabla_x V$ با توجه به عناصر غیرصفر ΔV در محاسبات این مکانیزم و معکوس ماتریس در نظر گرفته خواهند شد. به منظور اصلاح پاسخ‌های غیرعملی، هر یک از مقادیر بردار پاسخ با توجه به کمینه‌سازی تخطی قیود اصلاح خواهند شد. بطور کلی با در نظر گرفتن معادله (۳) مکانیزم اصلاح ممکن است در اثر ابعاد قیود و یا روابط غیرخطی قادر به اصلاح یکباره پاسخ‌های غیرعملی نباشد. بنابراین این مکانیز می‌بایست تکرار شود تا تمامی قیود برآورده شود یا معیار تشخیص کمینه شود(مثلا مقدار متوسط ΔX کوچکتر از جزاخلال معین η باشد) و چنانچه امکان تغییر پاسخ غیرعملی به پاسخ عملی وجود نداشته باشد یک مقدار جریمه (مثلا 10^{10}) برای آن در نظر گرفته می‌شود.

در این مطالعه مکانیز اصلاح تشریح شدهٔ فوق در درون یک الگوریتم ژنتیک ساده به عنوان یک عملگر مخصوص دیگر در کنار عملگرهای مختص الگوریتم ژنتیک گنجانده شده است.

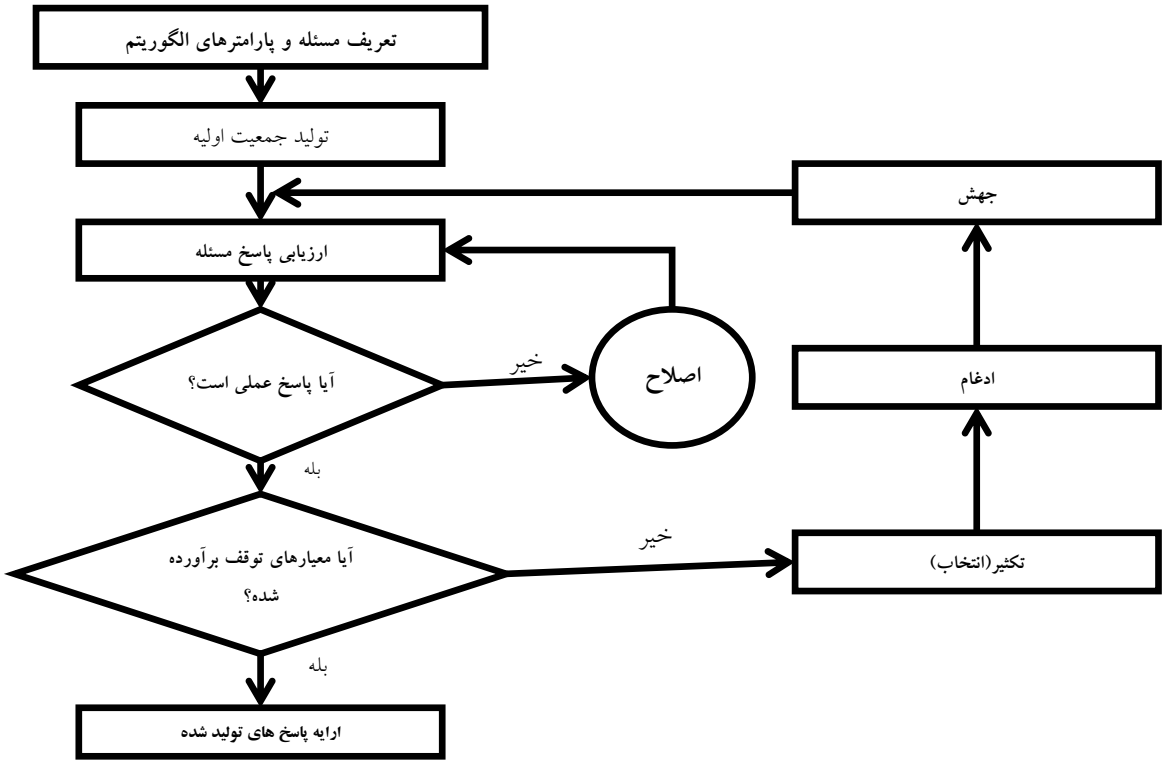
این مکانیزم دارای یک پارامتر مخصوص به عنوان نرخ اصلاح (P_r) همانند احتمال جهش(P_m) در الگوریتم ژنتیک می‌باشد که تعیین کنندهٔ تعداد پاسخ‌های عملی حین مکانیزم اصلاح می‌باشد. مکانیزم اصلاح ترکیب شده با الگوریتم ژنتیک را می‌توان بصورت گام‌های زیر خلاصه کرد:

گام اول: براساس معادلهٔ (٤) برای کلیهٔ پاسخ‌ها میزان تخطی را محاسبه کن. چنانچه پاسخ امکان‌پذیر نیست، یک عدد تصادفی γ در بازهٔ [۰-۱] ایجاد کن. چنانچه $\gamma_t \leq P_r$ باشد، t را برابر یک قرار بده و به گام بعدی برو، در غیر این صورت توقف کن.

گام دوم: میزان ΔX و $\nabla_x V^+$ را با توجه به عناصر غیرصفر ΔV محاسبه کن.

گام سوم: بردار پاسخ را با استفاده از $X^{t+1} = X^t + \nabla_x V^+ \times \Delta V$ بروز کن.

گام چهارم: بردار پاسخ‌های بروز شده را ارزیابی کن. چنانچه $Max_{\forall i} \left| x_i^{t+1} - x_i^t \right| \geq \eta$ باشد و پاسخ هنوز غیرعملی است، t را برابر با t+1 قرار بده و به گام دوم برو. در غیرینصورت توقف کن(η یک معیار تنظیم برای بردار پاسخ است، مثلا 10^{-4}). فلوچارت مربوط به الگوریتم‌های ژنتیک اصلاح شده در شکل زیر ارایه شده است.



شکل ۱. فلوچارت الگوریتم ژنتیک اصلاح شده

www.SID.ir

Archive of SID

۵- طراحی مدل

برای ساختن و طراحی الگوی مسئله‌ی مورد تحقیق لازم است تا خود مسئله به صورت روشن بیان شود تا متغیرها و پارامترهای مسئله شناسایی شوند. لذا در اینجا ابتدا به بیان مسئله پرداخته خواهد شد. کل مسئله به این صورت است که نفت گاز از ١٤ نقطه‌ی عرضه (۹ پالایشگاه و ٦ بندر ورودی به ۵۳ نقطه‌ی تقاضا (شهرهای بزرگ) انتقال می‌یابد. برای این منظور از ۵ نوع وسیله حمل استفاده می‌شود. مقدار عرضه و همچنین مقدار تقاضا در دوره‌ی زمانی مورد مطالعه در سال ۱۳۹۰ ثابت می‌باشد.

گام نخست: تعریف و تعیین مجموعه مبادی و مقاصد

همانطور که گفته شد شبکه نفت گاز ۱۵ نقطه عرضه به شرح جدول ۱ دارد:

شهرهایی با جمعیت بیش از ۲۵۰ هزار نفر، شهرهای بزرگ میانی هستند که نزدیک ٦۰ درصد از مصرف فرآورده‌های نفتی را در سال ۱۳۹۰ به خود اختصاص داده‌اند؛ در واقع بیش از نیمی از منابع انرژی به منظور تأمین نیاز این مناطق از سمت مبادی تولیدکننده به سوی این مناطق پرجمعیت سوق پیدا می‌کنند. از همین سو، این شهرها بعنوان نقاط مصرف در نظر گرفته شده‌اند. در جدول ۲ نقاط مصرف معرفی شده‌اند.

گام دوم: مشخص کردن متغیرهای تصمیم

در این مسئله متغیرهای تصمیم مقدار نفت گاز است که از گره i به گره‌ی j می‌باشد و i نشانه‌ی مبدأ بوده و j نشانه‌ی مقصد می‌باشد.

گام سوم: تعیین پارامترهای الگو

هزینه انتقال یک واحد از نفت گاز روی کمان (i و j) توسط وسیله‌ی K است که جمله داده شده‌ی مسئله محسوب می‌شود. هزینه انتقال شامل دو قسمت است؛ به عبارت دیگر از ضرب نمودن دو عدد به دست آمده است یکی نرخ هزینه حمل انرژی بین دو شهر بر حسب تن کیلومتر (شبکه فرآورده‌های نفتی)، و دیگری مسافت میان دو شهر است.

جدول۱. مبادی عرضه نفت گاز

پالایشگاه		بندر
تهران	بندرعباس*	بندر بوشهر
شیراز	لاوان	بندر نکا
اصفهان	کرمانشاه	بندر نوشهر
تبریز	آبادان	بندر چابهار
اراک		

مأخذ:شرکت پخش فرآورده‌های نفتی

*بندرعباس علاوه بر پالایشگاه، به عنوان بندر ورودی نیز برای فرآورده‌ها محسوب می‌شود.

جدول۲. نقاط مصرفی در شبکه‌های انتقال فرآورده‌های نفتی، گاز و برق

اسامی شهرها							
تبریز	نجف آباد	ورامین	بجنورد	زابل	رفسنجان	بروجرد	بندرعباس
ارومیه	کرج	شهرکرد	آبادان	شیراز	سیرجان	خرم آباد	ملایر
خوی	اسلامشهر	بیرجند	اهواز	کازرون	کرمان	آمل	همدان
میاندواب	پاکدشت	تربت جام	بندر ماهشهر	مرودشت	کرمانشاه	بابل	یزد
اردبیل	تهران	سبزوار	دزفول	قزوین	گرگان	ساری	
اصفهان	رباط کریم	مشهد	زنجان	قم	گنبدکاووس	قائمشهر	
کاشان	شهریار	نیشابور	زاهدان	سنندج	رشت	اراک	

www.SID.ir

Archive of SID

٦- نتایج

٦-١- ارزیابی نتایج

با توجه به نتایج بدست آمده که در جدول ۳ گزارش شده است، در شبکه انتقال بهینه، حجم ۱۸۷٦۷/۵۳ میلیون لیتر نفت‌گاز با هزینه ٥٦٦۱۷۹/۷٤ میلیون ریال از پالایشگاه‌ها و بنادر واردکننده به نقاط مصرف انتقال یافته است. از این مقدار نفت‌گاز منتقل شده حدود ٤۰٥٥ میلیون لیتر معادل ۲۲ درصد از کل حجم حمل شده، با نفتکش جاده پیما و از طریق جاده انتقال یافته است و ۱٤۷۱۳ میلیون لیتر معادل ۷۸ درصد از کل حجم حمل شده توسط خطوط لوله از مبادی عرضه کننده به مقاصد تقاضا کننده ارسال شده است.

خطوط لوله تقریباً ٤ برابر حجمی که نفتکش جاده‌پیما منتقل کرده، حمل نموده است. همچنین مسافت متوسط حمل توسط خطوط لوله تقریباً ۲۳٦ کیلومتر است در حالی که مسافت متوسط حمل توسط نفتکش جاده پیما فقط ۱٤٦ کیلومتر بوده است. از کل هزینه حمل، ٤۷ درصد از آن مربوط به نفتکش و ٥۲ درصد آن مربوط به خطوط لوله بوده که مقدار اندک افزایش هزینه انتقال خطوط لوله با توجه به حجم بالا انتقال یافته توسط خطوط لوله و فزونی مسافت متوسط حمل این وسیله نسبت به نفتکش جاده پیما قابل قبول است.

جدول۳ . مقادیر نفت‌گاز محاسبه شده برای حمل از هر مبدا به هر مقصد

مبدا	مقصد	مقدار(میلیون لیتر)	هزینه(ریال/تن)	هزینه کل (میلیون ریال)
تهران	کرج	۷٥٤.۹٤۹	۳۹۷٤.٤۳	۲۷٤۱.۷٤
تهران	اسلامشهر	۱۳۲.٦۸٤	۱٥٤۱٤.۸۰	۱۸٦۳.۲۰
تهران	پاکدشت	۱۷۹.٥۱	۱۳۰۲۹.٦۰	۲۱۳۰.۷۰
تهران	ورامین	۲۰۱.۸٥۱	۲۱۲۸۸.۸۰	۳۹۱٤.٥۸
تهران	سبزوار	۱۰۱۸.۰۷۸	٤۹۳٤٥.۲۸	٤٥۹۰٥.۱۲
تهران	مشهد	۲۰۱.۷۲۹٤	٦٥٥۷۸.۱۰	۱۲۰۸۸.۲۲
تهران	نیشابور	۳۳۳.٦۱۱۲	٥۷۹۱۷.٥۸	۱۷٦٥٥.۷۲
تهران	زنجان	۷۳.۷٤۳	۲۳٤٥٦.۹۳	۱٥۸۰.٦۲
تهران	قزوین	۱۲۸۸.٤۰۲	۱۱۸۹۹.۹۱	۱٤۰۰۹.۷۲
تهران	گرگان	٤۲٥.٥۱۷	۳۹۲۲۹.۹٦	۱٥۲٥۳.٤۹
تهران	گنبدکاووس	۱۳۹.۳۷٥	۳۹۰۷٤.۱۰	٤۹۷٦.۳۲
تهران	رشت	۲۱۷.۷۳٥	۲٤٦۷۲.٦٤	٤۹۰۸.۸۳
تهران	ساری	٤۹۰.۱٥٤	۲۲۱٥٥.٥۰	۹۹۲۳.۱۲
شیراز	کازرون	۲۱۳.۲۰۹	٤۷۳٤۸	۹۱۹٦.۲۳
شیراز	مرودشت	۲۷۲.۳٤۷	۱٦٥۸۹.٦۰	٤۱۱٥.۸۷
اصفهان	نجف آباد	۱٥۰.٤٦۳	۱٥۰۹٤.٤۰	۲۰٦۸.۹٤
اصفهان	شهرکرد	۱٤٦.۹۱	٤٤۸٥٦	٦۰۰۳.۰۹
اصفهان	یزد	٥٦۰.۳٥٥	۲٦۷۰۱.۱	۱۲۸۳٦.۷۰
تبریز	ارومیه	۱۸۳.۲۷۰	۲۳٤۳۰.۹	۳٦۸٤.۱۹
تبریز	خوی	۲۹۲.٤۲	٥۹۰۹٦	۱٥۷٤۲.۲۹
تبریز	میاندوآب	٤۱۳.۱٤۳٦	۱۱۱۹۸.٥٤	٤۲۲۷.٦۳
تبریز	اردبیل	٤٤۰.۱۷٤	۱۷۷۳٦.۸۷	۷۱۳٤.۰٤
تبریز	زنجان	۲۷٦.۹۹۲	۲۳۷٦۸.٦٥	٦۰۱٥.۹۸
اراک	تهران	۲۳٦.۸٥۹	۲۰٦٦۷	٤۱۹۹.۸۰
اراک	قم	۱۱۳۸.۰۲٦	۹۳٥۱.٦۰	۹۷۲٤.٦۲
اراک	بروجرد	۸۰.۲۷٤	٤٤٥۰۰	۳۲۷۲.۳۹
اراک	ملایر	۲٦۱.۳٦۹	۸۷۲۸.۱٦	۳۰۸٤.٥٤
بندرعباس	رفسنجان	۱۰٦.۸۱۳	۳٥۰٦.۸٥	۳٤۲۲.۷٥

www.SID.ir

Archive of SID

مبدا	مقصد	مقدار(میلیون لیتر)	هزینه(ریال/تن)	هزینه کل (میلیون ریال)
بندرعباس	سیرجان	۳۸۳.۹۹۸	۲۶۰۲۸.۶۲	۹۱۳۳.۰۲
بندرعباس	کرمان	۱۵۵۸.۱۹۸	۱۳۲۴۸.۱۰	۶۳۸۰۱.۳
کرمانشاه	سنندج	۱۶۳.۵۷۸	۱۰۰۲۹.۵۹	۱۴۹۹.۱۴
آبادان	اهواز	۱۱۵۰.۲۸۸	۱۱۷۶۷.۴۳	۱۲۳۶۸.۶۶
آبادان	بندر ماهشهر	۲۳۴.۷۶۳	۹۱۱۷.۸۱	۱۹۵۵.۹۴
نکا	ساری	۵.۲۵۶	۲۱۳۳.۶۵	۱۰.۲۵
نوشهر	آمل	۳۸.۵۴۴	۳۴۸۵۲.۴۰	۱۲۲۳.۷۵
چابهار	زاهدان	۲۵۵.۶۴۶	۲۴۹۱۰۲	۵۴۶۳۵.۷۸
میاندوآب	ارومیه	۳۴۰.۰۱	۱۰۸۰۱.۱۰	۳۳۵۵.۷۸
کرج	رباط کریم	۱۲۶.۲۴۳	۱۸۲۹۸.۴۰	۲۱۰۴.۳۸
کرج	شهریار	۲۳۱.۶۱۱	۸۵۴۴	۱۸۰۲.۷۰
سبزوار	مشهد	۲۴۶.۴۸۰۸	۱۷۲۸۸.۹	۳۶۵۶.۰۴
سبزوار	نیشابور	۴۹۳.۶۱۳	۹۱۳۰	۳۸۶۶.۵۰
سبزوار	بجنورد	۱۰۶.۳۰۷	۶۷۲۸۴	۶۱۳۶.۷۰
مشهد	تربت جام	۸۵.۱۲	۶۷۹۹۶	۵۲۷۲.۵۱
نیشابور	مشهد	۵۲۵.۲۸۳	۸۱۵۸.۹	۳۶۷۶.۹۳
اهواز	دزفول	۱۰۵.۵۷۷	۵۳۴۰۰	۵۱۳۵.۸۶
اهواز	خرم آباد	۱۸۳.۰۲۸	۲۴۱۹۴.۵	۳۷۹۹.۲۳
قزوین	رشت	۲۶۶.۸۱۳	۱۳۶۰۳.۷	۳۱۱۴.۰۵
قم	تهران	۲۹۲.۹۸	۱۰۰۵۲.۹۷	۲۶۹۱.۳۳
قم	کاشان	۳۷۰.۲۹۸	۳۷۷۳۶	۱۲۷۲۹.۴۶
سیرجان	رفسنجان	۱۴۸.۴۹۶	۹۶۲۸	۱۲۲۶.۶۲
کرمان	بیرجند	۱۵۶.۰۱	۲۰۷۱۹۲	۲۹۴۴۶.۱۳
کرمان	زابل	۲۱۱.۸۹۹	۱۹۹۰۰۴	۳۸۴۱۴.۳۵
کرمان	زاهدان	۳۲۴.۳۴۲	۱۹۲۹۵۲	۵۷۰۱۰.۵۵
ساری	آمل	۱۵۰.۵۸۲	۲۸۸۳۶	۳۹۵۵.۵۹
ساری	بابل	۱۳۱.۸۳۱	۱۴۹۸۷.۶۰	۱۷۹۹.۹۲
ساری	قائمشهر	۹۰.۸۷۶	۸۱۵۲.۴۰	۶۷۴.۹۰
ملایر	همدان	۱۵۹.۸۹۱	۷۳۰۴	۱۰۰۱.۹۵
هزینه کل=۵۶۶۱۷۹.۷۳۷۳میلیون ریال				

ماخذ:یافته‌های محقق

۷- تحلیل حساسیت

تحلیل حساسیت رویه‌ای است که به طور کلی بعد از به دست آوردن حل بهینه به اجرا در می‌آید. تحلیل حساسیت تعیین‌کننده میزان حساسیت جواب بهینه در مقابل تغییرات معین در مدل اصلی است. منظور از تحلیل حساسیت بررسی تاثیر تغییرات محتمل پارامترها بر روی جواب بهینه است. پارامترها به دو دسته کلی تقسیم می‌شوند، برخی پارامترها می‌توانند مقادیر منطقی را اختیار کنند و در عین حال تاثیری بر روی بهینگی جواب نداشته باشند. اما در مقابل اندک تغییری در بعضی از پارامترهای دیگر ممکن است اصولا به جواب بهینه جدیدی منجر شود. اهمیت این موضوع وقتی بیشتر می‌شود که در اثر این تغییرات مقدار تابع هدف بهینه قبلی کاملا نامناسب وحتی در مواردی مساله غیرموجه گردد.

بنابراین، هدف اصلی تحلیل حساسیت شناخت پارامترهای کاملا حساس است تا تخمین آنها با دقت بیشتری انجام شود و در عین حال جوابی انتخاب گردد که در مجموع به ازاء تمام مقادیر محتمل پارامترها، به عنوان یک جواب خوب مطرح باشد. در همه‌ی برنامه‌های اجرا شده فرض بر این است که

www.SID.ir

Archive of SID

ضرایب تشکیل دهنده‌ی شکل ریاضی برنامه همگی ثابت بوده و در این گونه ضرایب مانند میزان عرضه‌ی مبادی و میزان تقاضا و هزینه‌های حمل تغییری رخ نمی‌دهد؛ اما در دنیای واقعی ممکن است بعضی پارامترهای مدل تغییر کند. در شرایط تغییرپذیری یک و یا چند پارامتر سوالی که مطرح می‌شود این است که این تغییرات چه تاثیری بر روی راه حل بهینه و نهایی مسئله خواهد گذاشت.

۷-۱- تحلیل حساسیت مقادیر سمت راست (مقدار عرضه و تقاضا)

هدف در تحلیل حساسیت اعداد سمت راست تعیین دامنه‌ی تغییراتی برای عدد سمت راست یک محدودیت مشخص است که در صورت تغییر اعداد سمت راست در آن دامنه، جواب نهایی همچنان موجه باقی بماند. اگر میزان تغییرات در جواب بهینه در داخل محدوده معین باشد در این صورت جواب بهینه برنامه‌ی توزیع تغییر خواهد کرد؛ ولی اگر در اثر عواملی میزان اعداد سمت راست (عرضه و یا تقاضا) از یکی از حدود بالا و پایین تجاوز کند در این صورت یکی از متغیرها و یا کلیه‌ی متغیرهای پایه‌ای تغییر می‌کند و به ازاء هر واحد تغییر در مقدار عرضه و یا تقاضا معادل قیمت سایه‌ای آن در جواب بهینه تغییر ایجاد می‌شود. در شبکه انتقال نفت‌گاز پالایشگاه تبریز، بنادر نکا و نوشهر و پالایشگاه کرمانشاه به ترتیب از بیشترین حساسیت برخوردار هستند. بنابراین با افزایش عرضه این مبادی به ترتیب اولویت‌های بالا، هزینه حمل و نقل در حداقل می‌ماند.

قیمت‌های سایه‌ای صفر که در برخی مبادی مشاهده می‌شود به علت آن است که مبادی مربوطه دارای مازاد عرضه هستند.

در میان نقاط مصرف کننده، بیرجند، زابل و زاهدان به ترتیب بیشترین حساسیت را دارند، به ازای یک واحد افزایش تقاضای نفت‌گاز بیرجند، ۲۶۷۷۲۱ ریال به هزینه کل افزوده می‌شود.

جدول ٤. نتایج تحلیل حساسیت مقادیر عرضه‌ی نفت‌گاز (میلیون لیتر)

مبدأ	مقدار عرضه	قیمت سایه ای	کمترین مقدار مجاز	بیشترین مقدار مجاز
تهران	٤٩٢٧.٥	-٣٠٨٧٦	٤٩٢٧.٢٩٢	٤٩٦٧.٥٦٢
شیراز	١٢٠٤.٥	٠	١٢٠٤.٢٩٢	M
اصفهان	٦٤٩٧	٠	٦٤٩٦.٧٩٣	٦٥٣٧.٠٦٣
تبریز	١٦٠٦	-٨١١٧٤	١٦٠٥.٧٩٧	١٦٤٦.٠٦٧
اراک	٣٤٣١	-١٠٢٠٩	٣٤٣٠.٧٩١	٣٤٧١.٠٦١
بندرعباس	٢٦٢٢٣.٣٢	٠	٢٦٢٢٣.١١	٢٦٢٦٣.٣٨
لاوان	٦٢٠.٥٠٤	٠	٦٢٠.٢٩٤	٦٦٠.٥٦٥
کرمانشاه	٢٩٢	-٤٩٢١٩	٢٩١.٨	٦١٧٢.٠٦٤
آبادان	٦١٣٢	٠	٦١٣١.٧٩٤	٦١٧٢.٠٦٤
نکا	٥.٢٥٧	-٥٢٢٠٠.٤٤	٥.٠٤٧	٤٥.٣١٧
نوشهر	٣٨.٥٤٥	-٤٨٠٨٤.٧	٣٨.٣٣٦	٧٨.٦٠٦
بوشهر	٦٤٦.٦٣٦	٠	٦٤٦.٤٢٦	٦٨٦.٦٩٧
چابهار	٢٥٥.٦٤٥	-٣٤٩٩	٢٥٥.٤٤٧	٢٩٥.٧٠٦

مأخذ:یافته‌های محقق

جدول٥. نتایج تحلیل حساسیت مقادیر تقاضای نفت‌گاز (میلیون لیتر)

مقصد	مقدار تقاضا	قیمت سایه ای	کمترین مقدار مجاز	بیشترین مقدار مجاز
تبریز	٣٣١.٦٠٥	٨١١٧٤	٢٩١.٥٤٤	٣٣١.٨١٥
ارومیه	٥٢٣.٢٨٣	١٠٤٦٠٤.٩	٤٨٣.٢٢٣	٥٢٣.٤٩٣
خوی	٢٩٢.٤١٩	١٤٣٩٢٢	٢٥٢.٣٥٨	٢٩٢.٦٢٨
میاندوآب	٧٣.١٤٠	٩٣١٠١.١	-٥٢٣.٣١٩	٧٣.٣٤٩
اردبیل	٤٤٠.١٧٨	١٠٠٠٦٤.٨	٤٠٠.١١٧	٤٤٠.٣٨٨
اصفهان	٩٣٤.٩١٧	٠	٨٩٤.٨٥٦	٩٣٥.١٢٧

www.SID.ir

Archive of SID

مقصد	مقدار تقاضا	قیمت سایه ای	کمترین مقدار مجاز	بیشترین مقدار مجاز
کاشان	۳۷۰.۳۰۲	۶۰۲۳۷	۳۳۰.۲۴۱	۳۷۰.۵۱۲
نجف آباد	۱۵۰.۴۶۴	۱۶۰۲۷.۲	۱۱۰.۴۰۳	۱۵۰.۶۷۳
کرج	۳۹۷.۱	۳۵۱۰۹	۳۵۷.۰۳۸	۳۹۷.۳۰۸
اسلامشهر	۱۳۲.۶۸۹	۴۷۲۴۳.۴	۹۲.۶۲۸	۱۳۲.۸۹۸
پاکدشت	۱۷۹.۵۱	۴۴۷۱۰.۸	۱۳۹.۴۴۹	۱۷۹.۷۲۰
تهران	۱۶۸۸.۹۳۷	۳۰۸۷۶	۱۶۴۸.۸۷۶	۱۶۸۹.۱۴۷
رباط کریم	۱۲۶.۲۴۳	۵۴۵۳۸.۲	۸۶.۱۸۲	۱۲۶.۴۵۳
شهریار	۲۳۱.۶۱۱	۴۴۱۸۱	۱۹۱.۵۵	۲۳۱.۸۲۱
ورامین	۲۰۱.۸۵۴	۵۳۴۸۰.۴	۱۶۱.۷۹۳	۲۰۲.۰۶۴
شهرکرد	۱۴۶.۹۰۹	۴۷۶۲۸	۱۰۶.۸۴۸	۱۴۷.۱۱۸
بیرجند	۱۵۶.۰۱۲	۲۶۷۷۲۱	۱۱۵.۹۵۱	۱۵۶.۲۲۲
تربت جام	۸۵.۱۲۲	۱۷۲۹۱۸.۵	۴۵.۰۶۱	۸۵.۳۳۱
سبزوار	۱۷۱.۶۷۷	۸۳۴۳۱.۶	۱۳۱.۶۱۶	۱۷۱.۸۸۷
مشهد	۸۸۸.۳۷۶	۱۰۰۷۲۰.۵	۸۴۸.۳۱۵	۸۸۸.۵۸۵
نیشابور	۳۰۱.۹۴۱	۹۲۵۶۱.۶	۲۶۱.۸۸۱	۳۰۲.۱۵۱
بجنورد	۱۰۶.۳۱۲	۱۵۰۷۱۵.۶	۶۶.۲۵۱	۱۰۶.۵۲۲
آبادان	۱۹۹.۱۳۸	۰	۱۵۹.۰۷۷	۱۹۹.۳۴۸
اهواز	۸۶۱.۶۸۴	۱۲۵۳۳	۸۲۱.۶۲۳	۸۶۱.۸۹۴
بندر ماهشهر	۲۳۴.۷۵۸	۹۷۱۱	۱۹۴.۶۹۷	۲۳۴.۹۶۸
دزفول	۱۰۵.۵۷۷	۶۹۲۳۳	۶۵.۵۱۷	۱۰۵.۷۸۷
زنجان	۳۵۰.۷۳۲	۵۵۸۵۹	۳۱۰.۶۷۲	۳۵۰.۹۴۲
زابل	۲۱۱.۹	۲۵۹۰۲۷	۱۷۱.۸۴۰	۲۱۲.۱۱۱
زاهدان	۵۷۹.۹۸۹	۲۵۲۶۰۱	۵۳۹.۹۲۸	۵۸۰.۱۹۸
شیراز	۶۷۸.۹۸۱	۰	-۱۹۲۳۴.۳	۶۷۹.۱۹
کازرون	۲۱۳.۲۰۶	۵۰۲۷۴	۰	۲۱۳.۴۱۶
مرودشت	۲۷۲.۳۴۸	۱۷۶۱۴.۸	۰	۲۷۲.۵۵۷
قزوین	۱۰۲۱.۵۸۹	۴۳۵۵۰.۱	۹۸۱.۵۲۸	۱۰۲۱.۷۹۸
قم	۴۷۴.۷۴۹	۲۰۱۶۹	۴۳۴.۶۸۸	۴۷۴.۹۵۹
سنندج	۱۶۳.۵۷۶	۵۹۹۰۱.۱	۱۲۳.۵۱۶	۱۶۳.۷۸۶
رفسنجان	۲۵۵.۳۰۷	۳۷۳۵۰	۲۱۵.۲۴۶	۲۵۵.۵۱۷
سیرجان	۲۳۵.۵۰۴	۲۷۷۲۲	۱۹۵.۴۴۳	۲۳۵.۷۱۴
کرمان	۸۶۵.۹۵	۴۷۷۲۵	۸۲۵.۸۸۹	۸۶۶.۱۶
کرمانشاه	۵۳۳.۶۱	۴۹۲۱۹	۴۹۳.۵۵	۴۲۵.۷۲۵
گرگان	۴۲۵.۵۱۵	۷۲۶۵۸.۲	۳۸۵.۴۵۵	۴۲۵.۷۲۵
گنبد کاووس	۱۳۹.۳۷۹	۷۲۴۹۲.۲	۹۹.۳۱۸	۱۳۹.۵۸۹
رشت	۴۸۴.۵۵۲	۵۷۱۵۳.۸	۴۴۴.۴۹۱	۴۸۴.۷۶۱
بروجرد	۸۰.۷۲۷	۵۷۴۵۹	۴۰.۶۶۷	۸۰.۹۳۷
خرم آباد	۱۸۳.۰۳	۳۶۷۲۷.۵	۱۴۲.۹۶۹	۱۸۳.۲۴
آمل	۱۸۹.۱۲۶	۸۵۰۹۰.۹	۱۴۹.۰۶۵	۱۸۹.۳۳۵
بابل	۱۳۱.۸۲۶	۷۰۳۸۶.۷	۹۱.۷۶۵	۱۳۲.۰۳۶
ساری	۱۲۲.۱۱۷	۵۴۴۷۲.۹	۸۲.۰۵۶	۱۲۲.۳۲۷
قائمشهر	۹۰.۸۸۰	۶۳۱۲۹.۱	۵۰.۸۱۹	۹۱.۰۸۹
اراک	۴۱۰.۰۶	۱۰۲۰۹	۳۶۹.۹۹۹	۴۱۰.۲۷۰

www.SID.ir

Archive of SID

مقصد	مقدار تقاضا	قیمت سایه ای	کمترین مقدار مجاز	بیشترین مقدار مجاز
بندر عباس	۹٦٦.۲۱۲	۰	۹۲٦.۱٥۲	۹٦٦.٤۲۲
ملایر	۱۰۱.٤۷٥	۱۹٥۰٥	٦۱.٤۱٤	۱۰۱.٦۸٤
همدان	۱٥۹.۸۹۳	۲٦۸۰۹	۱۱۹.۸۳۲	۱٦۰.۱۰۳
یزد	٥٦۰.۳٦۰	۲٦۷۰۱	٥۲۰.۳	٥٦۰.٥۷۰

مأخذ: یافته‌های محقق

اختلاف شبکه توزیع بهینه و شبکه واقعی

با توجه به اینکه شبکه انتقال در نظر گرفته شده بخشی از شبکه واقعی انتقال نفت گاز است و هزینه‌کل انتقال اعلام شده از سوی شرکت‌های مربوطه متعلق به کل سیستم انتقال انرژی می‌باشد، به منظور مقایسه نتایج مدل‌های بهینه با هزینه‌های واقعی می‌توان نسبت حجم انرژی مورد نیاز شبکه طراحی شده به کل انرژی واقعی منتقل شده را محاسبه نمود و با ضرب این نسبت در هزینه واقعی انتقال انرژی مربوطه، به مقدار تقریبی هزینه واقعی شبکه طراحی شده، دست یافت. در جدول ٤ مقادیر واقعی و بهینه هزینه انتقال نشان داده شده است. مقایسه هزینه تحقق یافته با هزینه بهینه بدست آمده از مدل، نشان می‌دهد که تنها با انجام برخی اصلاحات در شیوه انتقال نفت گاز از پالایشگاه‌های تولیدکننده و بنادر ورودی به شهرستان‌های مصرف‌کننده می‌توان مقادیر قابل توجهی از هزینه‌های انتقال انرژی را صرفه‌جویی نمود.

جدول ٦. مقایسه هزینه‌های حمل تحقیق یافته و بهینه (میلیون ریال)

	هزینه واقعی حمل	هزینه بهینه حمل	اختلاف مقدار واقعی از مقدار بهینه	میزان صرفه جویی
هزینه کل	۱٥۲۸۳٤٥	٥٦٦۱۷۹.۷٤	۹٦۲۱٦٥.۳	٪٦۲.۹٥

ماخذ: تراز انرژی ۱۳۹۰ و یافته‌های محقق

۷- پیشنهادات

برای رشد اقتصادی تنها وجود منابع سرشار طبیعی کافی نیست، بلکه آنچه که ضرورت دارد استفاده مطلوب و صحیح از این منابع است که این امر تنها از طریق استفاده از تکنیک‌های جدید به وجود می‌آید و میزان اتلاف منابع به حداقل می‌رسد و دوره استفاده از منابع طولانی‌تر می‌شود. 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 کارآ و مناسب در آن کشور در جهت رفع نیازهای حمل و نقل آن است. با توجه به اهمیتی که منابع انرژی (نفت،گاز و برق) در به حرکت درآوردن چرخه‌های صنعت و اقتصاد کشور دارا می‌باشند، تأمین به موقع تقاضای انرژی بخش‌های مختلف کشور از اهمیت خاصی برخوردار است.

این مسئله به ضرورت وجود سیستم بهینه توزیع و انتقال در بخش انرژی تأکید می‌نماید. از این رو در این تحقیق هدف اصلی بهینه یابی شبکه توزیع نفت گاز بود که علاوه بر تأمین تقاضای نقاط مصرف، در هزینه‌های انتقال انرژی صرفه جویی شود. نتایج به دست آمده نشان داد که با انجام اصلاحاتی در شیوه انتقال نفت گاز ٦۳ درصد می‌توان در هزینه‌ها صرفه‌جویی نمود. در میان وسایل انتقال فرآورده‌های نفتی، خطوط لوله نسبت به سایر وسایل حمل بیشترین کارکرد را داشته است. مشکل استفاده از خط لوله، بالا بودن سرمایه‌گذاری اولیه برای ایجاد خط لوله می‌باشد. ولی با توجه به حجم بالای حمل فرآورده توسط آن، طی بازه زمانی مورد استفاده هزینه بالای اولیه جبران می‌شود. 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 نفتکش و کشتی تنها می‌توانند از یک طرف بار داشته باشند و پس از تخلیه بار در مقصد، بدون بار به پالایشگاه برمی‌گردند. در حمل فرآورده با تانکر و سایر وسایل حمل و نقل جاده‌ای، احتمال تصادف و تأخیر در رسیدن به مقصد در فصل‌های سرد سال وجود دارد. با توجه به نتایج به دست آمده می‌توان پیشنهادات به شرح ارایه نمود:

- ✓ در شبکه انتقال فرآورده‌های نفتی بهتر است به منظور حداقل نمودن هزینه‌ها ابتدا فرآورده‌ها به نقاطی که در

www.SID.ir

Archive of SID

مسیر خطوط لوله قرار دارند حمل شده و سپس از این نقاط به سایر نقاط مصرفی حمل گردد.

- ✓ در شبکه انتقال فرآورده‌های نفتی، حداقل نمودن استفاده از نفتکش با توجه به هزینه بالای حمل و خطرات جاده‌ای موجود در دستور کار قرار گیرد.
- ✓ در صورتی که وزارت نفت تمایل به افزایش ظرفیت تولید پالایشگاه‌ها کشور را داشته باشد، بهتر است به منظور جلوگیری از افزایش هزینه‌های انتقال، پالایشگاه‌های تبریز و کرمانشاه را در اولویت قرار گیرند.
- ✓ به منظور جلوگیری از افزایش هزینه‌های انتقال، جلوگیری از افزایش بیش از حد مجاز تقاضای نفت‌گاز شهرستان‌های بیرجند، زابل، زاهدان نسبت به سایر نقاط مصرفی ارجحیت دارد.

۸- پانوشت‌ها

1 .Non-deterministic Polynomial-time hard
2. exact algorithmsand heuristic methods
۳. برای مطالعه بیشتر در این زمینه مراجعه کنید به: گلدبرگ (۱۹۸۹).
٤. برای مطالعه بیشتر در مورد نحوه مواجه با محدودیت‌ها در الگوریتم ژنتیک مراجعه کنید به؛ کولو(۲۰۰۲) و کازیل و مایکلوایز (۱۹۹۹).
5. Infeasible
6. Iteration
7. .Sophabmixay (et al),
8. Cheng and Duran,
9. Gayialis and Tatsiopoulos,
10. Haldenbilen and Ceylan,
11. Relvas et al,
12. Multi Integer Linear Programming
13.Herran (et al),
14. John Holand
15. Evolutionary computing
16. Rechenberg
17. Reproduction
18. Mutation
19. Crossover
20. Population
21. Genetic Operation

مراجع

— ترازنامه انرژی ، معاونت امور برق و انرژی، دفتر برنامه‌ریزی کلان برق و انرژی، ۱۳۹۰.

— شمس خامنه، م.، "بهینه‌یابی حمل و نقل گازوئیل (نفتگاز) از پالایشگاه‌ها و مبادی ورودی کشور به انبارهای اصلی شرکت ملی نفت ایران"، دانشگاه اصفهان، ۱۳۸٦.

— صادقی، ح.، ذولفقاری، م.، سهرابی، ح. و سلمانی، ی. (۱۳۹۱) کاربرد الگوریتم انبوه ذرات و الگوریتم ژنتیک در شبیه‌سازی و پیش‌بینی تقاضای انرژی. نشریه انرژی ایران. ۱۵، صص. ٦۰-٤۵، ۱۳۹۱.

— صفری، ن.، "بهینه‌سازی شبکه‌های توزیع در بخش انرژی"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۳۹۱.

— طباطبایی محمدی، س. ش. "بررسی توزیع مواد نفتی بین کشورهای تولیدکننده و مصرف‌کننده و ارزیابی حمل و نقل آن"، دانشگاه صنعتی شریف، ۱۳۸۷.

— کابلی‌زاده، ا.، "بهینه‌یابی حمل و نقل بنزین در سطح کشور با استفاده از تکنیک M.G.A"، دانشگاه شهید بهشتی، ۱۳۷۸.

— محمدزاده، ج.، "بهینه‌یابی حمل و نقل بنزین از پالایشگاه‌ها و مبادی ورودی کشور به انبارهای شرکت نفت"، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۳۷۵.

— میرحسینی، س. ع. ، قربانعلی‌زاده، م. و فانی، ح.، "بهینه‌سازی برنامه‌ریزی حمل فرآورده‌های نفتی با خطوط لوله"، اولین همایش راهکارهای نوین تامین، نگهداشت، انتقال و توزیع فرآورده‌های نفتی، ۱۳۸۸.

— Campbell SL, Meyer CD. “Generalized inverses of linear transformations”. NewYork: Dover Press., 1991.

— Chootinan Piya, “Chen Anthony. Constraint handling in genetic algorithms using a gradient-based repair method”. Computers & Operations Research. Pp.2263–2281, 2005.

— Coello Coello CA. “Theoretical and numerical constraint-handling techniques used with evolutionary algorithms: a survey of the state of the art”. Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering. 191; pp.1245–87, 2002.

www.SID.ir

Archive of SID

- Koziel Slawomir, Michaelwicz Zbigniew. “Evolutionary algorithms, homomorphous mappings, and constrained parameter optimization”. Evolutionary Computation. 7; pp.19–44.
- Morlok. E. K, "An Introduction to Transportation Enginneering and Planning", Megrow-Hill, New York, 1982.
- Nihoul. J, "A None-Linear Mathematical Model for the Transport and Spreading of Oil Slicks", Ecological Modeling 22, pp.325-339.
- Pootakham. T, Kumar. A, "Bio-Oil Transport By Pipeline: A Techno-Economic Assessment", Bioresource Technology 101, pp.7137-7143.
- Relvas. S, Paula Barbosa_Povoa. A, A.Matos. H, "Oil products Distribution Systems: Decomposition Approach on Pipeline and Inventory Scheduling**",** Computer Aided Chemical Engineering 27, pp. 1971-1976.
- Xiangyu Cheng, Yan Zhang, Chunyu An. Application of Improved Genetic Algorithm in Solving a Type of Connector Transportation Problem Based on MATLAB, Proceedings of The International Multi Conference of Engineers and Computer Scientists. Pp.1477-1481.
- Goldberg David E, “Genetic algorithms in search, optimization, and machine learning”. Reading, MA: Addison-Wesley, 1989.
- Griewank A, Corliss GF. Automatic differentiation of algorithms: theory, implementation, and application. Philadelphia:SIAM, 1991.
- Haupt Randy .L. Haupt Sue Ellen, “Practical genetic algorithms”, Hoboken, New Jersey, A Wiley-Interscience publication, 2006.
- Herran_Gonzalez. A and Cruz.L.D.M.J and Andres_Toro. D.B and Risco-Martin.L.J, “Modeling and simulation of a gas diatribution pipeline network”, Applied Mathematical Modelling 33, pp.1584-1600.
- Herran.A and Cruz. L.D.M.J and Andres. D.B, "A mathematical model for planning transportation of multiple petroleum products in a multi-pipeline system", Computers & Chemical Engineering 34, pp: 401-413.
- Herran.A and Cruz. L.D.M.J and Andres.D.B , " Global Search Metaheuristics for planning transportation of multiple petroleum products in a multi-pipeline system", Computers & Chemical Engineering 37, pp:248-261.
- Jin. D, L.Kite_Powell. H**,** “On the optimal environmental liability limit for marine oil transport”**,** Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review 35, pp: 77-100.

www.SID.ir