# برنامه‌ریزی توزیع، انتقال و ذخیره‌سازی نفت‌خام

آلبرت بغزیان [۱]، شهلا خالقی [۲]
مهدی قطعی [۳]، ابراهیم نصرآبادی [۴]

**چکیده**

**سیستم توزیع، انتقال و ذخیره‌سازی نفت‌خام مهم‌ترین قسمت زنجیره تامین نفت‌خام و بخش اصلی شبکه ارتباطی بین صنایع بالادستی و پایین‌دستی در صنعت‌نفت را تشکیل می‌دهد و مدیریت این سیستم نقش به‌سزایی در عملکرد زنجیره تامین نفت‌خام دارد. با توجه به گستردگی محدوده عملیات نفتی و همچنین تعدد مراکز تولید و مصرف، استفاده از روش‌های علمی و بهینه‌سازی به‌منظور استفاده بهینه از منابع موجود کاهش هزینه‌های انتقال و ذخیره‌سازی و همچنین بهبود خدمات‌رسانی به مشتریان ضروری به‌نظر می‌رسد. در این مطالعه، مساله برنامه‌ریزی توزیع، انتقال و ذخیره‌سازی نفت‌خام از واحدهای بهره‌برداری به مراکز مصرف (پالایشگاه‌ها و پایانه‌های صادراتی) به‌صورت یک مساله جریان**

۱. شرکت ملی نفت ایران، مدیریت برنامه‌ریزی تلفیقی. *E-mail:* boghosian@yahoo.com
۲. شرکت ملی نفت ایران، مدیریت برنامه‌ریزی تلفیقی. *E-mail:* sh.khaleghi@nioc.com
۳. دانشکده ریاضی و علوم کامپیوتر، دانشگاه صنعتی امیرکبیر. *E-mail:* ghatee@aut.ac.ir
۴. دانشکده ریاضی و علوم کامپیوتر، دانشگاه صنعتی امیرکبیر. *E-mail:* nasrabadi@aut.ac.ir

**پویا با هدف کمترین هزینه مدل می‌شود. مدل طراحی شده به‌عنوان پایلوت با بهره‌گیری از اطلاعات مقدماتی مربوط به کلیه پارامترهای تعریف شده در مدل روی قسمتی از شبکه خطوط لوله شرکت ملی نفت ایران پیاده‌سازی شده که نتایج حاصل از آن به‌طور خلاصه ارائه گردیده است.**

**واژه‌های کلیدی: صنعت نفت، صنایع بالادستی و پایین‌دستی، برنامه‌ریزی حمل و نقل، جریان‌های پویا.**

## ۱. مقدمه

یکی از مسائلی که مدیریت ارشد در صنعت نفت و گاز همواره با آن روبه‌رو است، توزیع و انتقال نفت‌خام، گاز و فرآورده‌های نفتی از مبادی تولید به مبادی مصرف می‌باشد.شبکه خطوط لوله، نفت‌کش‌ها و شبکه ریلی عموماً برای توزیع و انتقال استفاده می‌شوند.خطوط لوله برای انتقال حجم بالایی از نفت‌خام بین فواصل دور با هزینه پایین استفاده می‌شود،اما این روش به مسیرها و مکان‌های مشخص محدود می‌شود. با توجه به اینکه مطالعه ما در محدوده شرکت ملی نفت ایران می‌باشد، ما روش خطوط لوله را در نظر می‌گیریم. سیستم توزیع و انتقال نفت‌خام می‌تواند در استمرار جریان تولید تا مصرف و پیشگیری از بحران‌های مقطعی در مبدا و مقصد فرآورده‌های نفتی نقش حیاتی ایفا کند. ذخیره‌سازی‌از یکسو در مواقع کاهش توان تولید بعنوان یک خنثی‌کننده شوک وارده در مراکز مصرف عمل می‌کند و از سوی دیگر در هنگام بیشتر شدن عرضه نسبت به تقاضا، جلوی توقف تولید را می‌گیرد. با توجه به گستردگی محدوده عملیات نفتی، تعدد مراکز تولید، تنوع‌نوع نفت‌خام، پیچیدگی شبکه خطوط انتقال و پراکندگی مخازن ذخیره‌سازی؛ استفاده از روش‌های بهینه‌سازی و سیستمی بجای روش‌های سنتی به منظور استفاده بهینه از منابع (خطوط لوله و مخازن ذخیره‌سازی)، کاهش هزینه‌های انتقال، جلوگیری از توقف جریان تولید، برآورده ساختن نیاز پالایشگاهها و مشتریان، سهولت در امر تصمیم‌گیری، نگرش یکپارچه و متمرکز اجتناب‌ناپذیر خواهد بود.

تاکنون مطالعاتی در زمینه‌های برنامه‌ریزی حمل و نقل نفت‌خام با روش کنترل بهینه و شبیه‌سازی (Cheng & Duran, 2004)، توسعه بهینه سیستم گازرسانی (خالقی، ۱۳۷۵ و Khaleghi, 2002) و طراحی یک سیستم طراحی پشتیبانی برای زمانبندی

و برنامه‌ریزی مسیر نفتکش‌ها (Gayialis & Tatsiopoulos, 2004) صورت گرفته است. اما در بررسی‌های به عمل آمده در خصوص توزیع، انتقال و ذخیره‌سازی نفت‌خام از واحدهای بهره‌برداری به پالایشگاهها و پایانه‌های صادراتی و همچنین ذخیره‌سازی نفت‌خام در مخازن ذخیره‌سازی در شرکت ملی نفت ایران و شرکتهای تابعه، کماکان به روش سنتی و براساس تجربه کارشناسان اکتفا می‌شود و هیچ ابزار نرم‌افزاری جامع برای پشتیبانی سیستم تصمیم‌گیری طراحی نشده است.

جریان با کمترین هزینه [1] یکی از مهمترین مسائل کلاسیک در تحقیق در عملیات است که الگوریتم‌های ترکیباتی مختلفی برای حل آن ارائه شده است. برای مطالعه روش‌های موجود در حل مسائل شبکه‌های جریان، می‌توانید به کتاب ارزشمند آهوجا، مگننتی و اُرلین (Ahuja, Magnanti & Orlin, 1993) مراجعه کنید. در مدل‌های کلاسیک شبکه‌های جریان، بعد زمانی در نظر گرفته نمی‌شود و پارامترهای مدل و همچنین جریان ورودی به کمان‌ها با گذشت زمان ثابت می‌باشند و علاوه بر این زمان عبور جریان از روی کمان‌ها در نظر گرفته نمی‌شود. در بسیاری از مسائل کاربردی نظیر برنامه‌ریزی حمل و نقل کنترل ترافیک، شبکه‌های کامپیوتری و ... در نظر گرفتن بعد زمانی مهم می‌باشد. فورد و فولکرسون (Ford & Fulkerson, 1962) برای اولین بار با در نظر گرفتن بعد زمانی، جریان‌های پویا [2] را مطرح کردند. امروزه تحقیقات گسترده‌ای در زمینه جریان‌های پویا صورت گرفته است. در این مطالعه، مساله برنامه‌ریزی توزیع، انتقال و ذخیره‌سازی نفت‌خام از واحدهای بهره‌برداری به مراکز مصرف (پالایشگاهها و پایانه‌های صادراتی) به صورت یک مساله جریان پویا با هدف کمترین هزینه و با قابلیت ذخیره‌سازی جریان در گره‌ها مدل می‌شود. مدل پیشنهادی یک مدل انعطاف‌پذیر می‌باشد و با توجه به اهداف مدیریت، قابلیت اضافه و کم کردن اهداف و محدودیتها را بسادگی به کاربر می‌دهد. مدل پیشنهاد شده با استفاده از نرم افزار MATLAB کد شده و بعنوان پایلوت روی قسمتی از خطوط لوله نفت ایران پیاده‌سازی شده که نتایج حاصل از آن به‌طور خلاصه ارائه گردیده است.

## ۲. شبکه جریان نفت‌خام

در زندگی روزمره با نمونه‌های فراوانی از شبکه‌های جریان، مانند شبکه جریان الکتریسیته،

1. Minimumcost flow
2. Dynamic flows

شبکه ارتباطات و مخابرات، شبکه اینترنت، ناوگان حمل و نقل شهری و ... مواجه می‌شویم. شبکه‌های جریان از جالب‌ترین مباحث ریاضیات کاربردی هستند که کاربرد فراوان آنها در مسائل دنیای واقعی بر هیچکس پوشیده نیست. به بیان ریاضی، یک *گراف*[1] به صورت زوج مرتب $G = (N, A)$ تعریف می‌شود که $N$ مجموعه‌ای از *گره ها*[2] و $A$ مجموعه‌ای از زوج‌های مرتب روی $N$، به نام مجموعه *کمان‌ها*[3]، است. به گراف $G$ که به نودها و کمان‌های آن پارامترهایی نسبت داده شده باشد، *شبکه*[4] می‌گوییم.

سیستم توزیع، انتقال و ذخیره‌سازی نفت‌خام را به راحتی می‌توان به‌صورت یک شبکه بیان کرد. به عبارت دقیق‌تر، واحدهای بهره‌برداری، پالایشگاههای نفتی، پایانه‌های صادراتی، تلمبه‌خانه‌های بین راهی، مخازن ذخیره‌سازی نفت‌خام بین‌راهی و محل تقاطع خطوط لوله انتقال نفت‌خام، مجموعه نودهای گراف مربوطه را تشکیل می‌دهند و خطوط لوله انتقال نفت‌خام، کمان‌های گراف را نشان می‌دهند. بدون کاستن از کلیت، فرض می‌کنیم گراف جریان نفت‌خام، گرافی ساده (بدون طوقه و کمان‌های موازی) می‌باشد. بنابراین شناسایی گراف جریان نفت‌خام مستلزم داشتن اطلاعات زیر است:

- تعداد و موقعیت واحدهای بهره‌برداری؛
- تعداد و موقعیت پالایشگاههای نفتی؛
- تعداد و موقعیت مخازن تلمبه‌خانه‌های بین‌راهی؛
- تعداد و موقعیت مخازن ذخیره‌سازی بین‌راهی؛
- تعداد و موقعیت پایانه‌های صادراتی؛
- تعداد و موقعیت محل تقاطع خطوط لوله انتقال و
- خطوط لوله انتقال نفت‌خام.

شکل ۱ نمونه‌ای از گراف جریان نفت‌خام شامل ۴ واحد بهره‌برداری، ۳ پالایشگاه نفتی، ۱ پایانه صادراتی نفت‌خام، ۲ تلمبه‌خانه بین‌راهی به همراه خطوط لوله انتقال نفت‌خام را نشان می‌دهد.

1. Graph
2. Nodes
3. Arcs
4. Network

**شکل ۱. نمونه‌ای از گراف جریان انتقال نفت‌خام**

همچنین پارامترهای شبکه جریان نفت‌خام عبارتند از:

- میزان تولید واحدهای بهره‌برداری؛
- خوراک نفت‌خام پالایشگاههای نفتی؛
- ظرفیت عملیاتی خطوط لوله؛
- ظرفیت عملیاتی مخازن ذخیره‌سازی؛
- برنامه صادرات نفت‌خام پایانه‌های صادراتی.

## ۳. مدل‌سازی ریاضی

در این بخش می‌خواهیم مساله چگونگی توزیع، انتقال و ذخیره‌سازی نفت‌خام را طی یک دوره مشخص، که دوره برنامه‌ریزی نامیده می‌شود، به صورت یک مساله برنامه‌ریزی ریاضی مدل کنیم. برای این منظور مفروضات و اختصارات جدول ۱ را در نظر می‌گیریم.

**جدول ۱. مفروضات و اختصارات**

| |
|---|
| **اندیس‌ها:** |
| $i$: گره |
| $(i,j)$: کمانی که گره $i$ را به گره $j$ وصل می کند |
| $t$: گام زمانی |
| **پارامترها:** |
| T: افق برنامه‌ریزی |
| $b_i(t)$: عرضه/ تقاضای گره $i$ در گام زمانی $t$ بر حسب هزار بشکه |
| $u_i(t)$: ظرفیت ذخیره‌سازی در گره $i$ در گام زمانی $t$ بر حسب هزار بشکه |
| $k_i(0)$: مقدار نفت‌خام ذخیره شده در گره $i$ در ابتدای دوره برنامه‌ریزی بر حسب هزار بشکه |
| $c_i(t)$: هزینه ذخیره‌سازی هزار بشکه نفت‌خام در گره $i$ در گام زمانی $t$ |
| $u_{ij}(t)$: ظرفیت عملیاتی انتقال نفت‌خام روی کمان $(i,j)$ در گام زمانی $t$ بر حسب *هزار بشکه* |
| $\pi_{ij}(t)$: زمان انتقال نفت‌خام از گره $i$ به گره $j$ در گام زمانی $t$ |
| $c_{ij}(t)$: هزینه انتقال هزار بشکه نفت‌خام از گره $i$ به گره $j$ |
| **متغیرهای تصمیم:** |
| $x_{ij}(t)$: مقدار نفت‌خام ارسالی از گره $i$ به گره $j$ در گام زمانی $t$ |
| $k_i(t)$: مقدار نفت‌خام ذخیره شده در گره $i$ بر حسب هزار بشکه در انتهای دوره زمانی $t$ |

توجه به نکات زیر ضرورت دارد:

• اگر $b_i(t) > 0$ باشد، در این‌صورت گره $i$ یک تولیدکننده جریان و بیانگر یک واحد بهره‌برداری خواهد بود. اگر $b_i(t) < 0$ باشد، در این‌صورت گره $i$ یک مصرف‌کننده جریان و بیانگر یک پالایشگاه نفتی و یا پایانه صادراتی خواهد بود. اگر $b_i(t) = 0$ باشد، در این‌صورت گره $i$ نه تولیدکننده جریان و نه مصرف‌کننده جریان و در حقیقت بیانگر یک مخزن ذخیره‌سازی بین راهی یا تلمبه‌خانه بین راهی و یا تقاطع خطوط لوله انتقال خواهد بود.

• اگر $u_i(t) > 0$ باشد، در این‌صورت در گام زمانی $t$ در جوار گره $i$ مخازن ذخیره‌سازی با مجموع ظرفیت عملیاتی $u_i(t)$ وجود دارد. همچنین $u_i(t) = 0$ بیانگر این است که در گام زمانی $t$ در جوار گره $i$ هیچ مخزن ذخیره‌سازی وجود ندارد.

## محدودیت‌های توازن

توزیع انتقال و ذخیره‌سازی نفت‌خام بایستی به‌گونه‌ای برنامه‌ریزی شود که:

۱. تولید نفت‌خام هیچگاه کاهش نیابد و یا متوقف نشود؛

۲. خوراک پالایشگاهها و نیاز پایانه‌های صادراتی طبق برنامه تامین شود؛

۳. حداقل هزینه برای اجاره کشتی‌های مادر جهت ذخیره‌سازی مقدار نفت‌خام اضافی در پایانه‌های صادراتی پرداخت شود

به عبارت دقیق‌تر بایستی توازن بین جریان ورودی و خروجی در گره‌ها در طول دوره برنامه‌ریزی بر قرار باشد. محدودیتهای توازن زیر اهداف فوق را برآورده می‌سازند:

$$\sum_{j:(j,i)\in A}\ \sum_{t^*:t^*+\pi_{ij}(t^*)=t} x_{ij}(t^*) - \sum_{j:(i,j)\in A} x_{ij}(t) - k_i(t-1) + b_i(t) = k_i(t),\ i\in N,\ t = 1,..,T.$$

در رابطه فوق مجموع سمت چپ کل جریان ورودی به گره $i$ و مجموع سمت راست کل جریان خروجی از گره $i$ در دوره زمانی $t$ را نشان می‌دهد.

## محدودیت‌های ظرفیت

جریان ارسالی به خطوط لوله و مخازن ذخیره‌سازی نباید از ظرفیت عملیاتی آنها بیشتر باشد. محدودیت‌های ظرفیت زیر این هدف را برآورده می‌سازند:

$$0 \le x_{ij}(t) \le u_{ij}(t),\ \ (i,j)\in A,\ t = 1,...,T,$$

$$0 \le k_i(t) \le u_i(t),\ \ i\in N,\ t = 1,...,T.$$

## تابع هدف

هدف ما مینیمم کردن هزینه‌های انتقال و ذخیره‌سازی نفت‌خام است. این هزینه‌ها با توابع زیر محاسبه می‌شوند:

هزینه های انتقال: $\sum_{t=1}^{T}\sum_{(i,j)\in A} c_{ij}(t)x_{ij}(t)$

هزینه های ذخیره سازی: $\sum_{t=1}^{T}\sum_{i\in N} c_i(t)k_i(t)$

### مدل برنامه‌ریزی خطی

با توجه به مطالب گفته شده مدل زیر به‌دست می‌آید:

$$\min \sum_{t=1}^{T}\left\{\sum_{(i,j)\in A} c_{ij}(t)x_{ij}(t)+\sum_{i\in N} c_i(t)k_i(t)\right\}$$

s.t.

$$\sum_{j:(j,i)\in A}\sum_{t^*:t^*+\pi_{ij}(t^*)=t} x_{ij}(t^*)-\sum_{j:(i,j)\in A} x_{ij}(t)-k_i(t-1)+b_i(t)=k_i(t),\quad i\in N,\ t=1,..,T, \qquad (1)$$

$$0\le x_{ij}(t)\le u_{ij}(t),\quad (i,j)\in A,\ t=1,\ldots,T,$$

$$0\le k_i(t)\le u_i(t),\quad i\in N,\ t=1,\ldots,T.$$

در عمل علاوه بر محدودیتهای توازن جریان و ظرفیت، محدودیتهای دیگری نیز وجود دارند که با توجه به شرایط می‌توان آنها را در مدل‌سازی لحاظ کرد. در مدل فوق فرض بر این بوده است که در شبکه فقط یک نوع نفت‌خام وجود دارد در حالتهایی که با بیش از یک نوع نفت‌خام (نفت‌خام سبک، سنگین، فوق‌سنگین و ...) سر و کار داشته باشیم، مساله به یک مدل شبکه جریان چند کالایی با کمترین هزینه تبدیل می‌شود. توجه کنید که در این حالت بایستی محدودیتهای دیگری (نظیر اینکه هر پالایشگاهی یک نوع نفت مشخص را می‌تواند مصرف کند) را به مساله اضافه کرد.

## ۴. شبیه‌سازی کامپیوتری

مدل (۱) یک مساله برنامه‌ریزی خطی است. مسائل برنامه‌ریزی خطی از جالب‌ترین مباحث در ریاضیات کاربردی و مهندسی صنایع به حساب می‌آیند که به‌طور مفصل در خصوص روش‌های حل آنها در کتاب برنامه‌ریزی خطی و شبکه‌های جریان بازارا، جارویس و شرالی (Bazarra, Jarvis & Sherali, 1993) صحبت شده است. روش سیمپلکس از مشهورترین و کاراترین روش‌ها برای حل مسائل برنامه‌ریزی خطی است و نرم افزارهایی چون Gams, Lindo, Lingo, Tara,... با کاربری آسان و امکاناتی چون تحلیل حساسیت، برنامه‌ریزی پارامتری و ... طراحی شده است. اما توجه به این نکته ضروری به نظر می‌رسد که حل مدل (۱) با استفاده از روش برنامه‌ریزی خطی بسیار زمان بر است. زمان اجرای بهترین الگوریتمی که تاکنون برای حل یک مساله برنامه‌ریزی خطی با $p$ محدودیت و $q$ متغیر ارائه شده است، $O(pq^{9/2})$ می‌باشد (Ye, 1997). بنابراین زمان اجرا برای حل مدل (۱) با بکار بردن این الگوریتم از مرتبه $O(nT(mT+nT)^{9/2})$

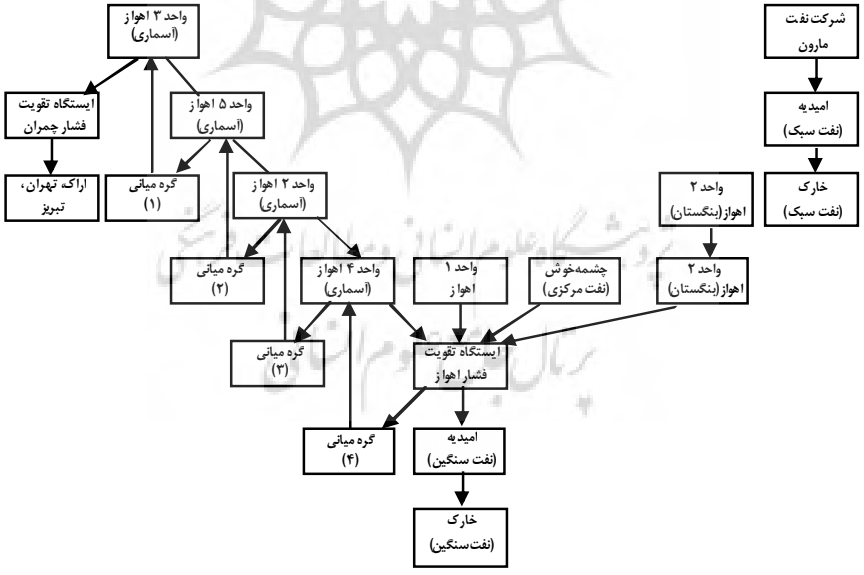
خواهد بود که $n$ و $m$ به‌ترتیب تعداد گره‌ها و کمان‌های گراف مربوطه را نشان می‌دهند و این مستلزم صرف زمان زیادی برای حل می‌باشد. از طرفی ماتریس تبیین‌کننده محدودیتهای مدل (۱) دارای ساختار ویژه‌ای است به‌طوری‌که می‌توان مدل (۱) را بصورت یک مساله شبکه جریان پویا با هدف کمترین هزینه روی گراف مربوطه بیان کرد. در این مقاله، از این خصوصیت ماتریس تبیین‌کننده استفاده شده و یک مساله جریان پویا با هدف کمترین هزینه ساخته می‌شود که با مدل (۱) معادل می‌باشد. سپس با استفاده از مفهوم شبکه‌های توسعه‌یافته زمانی(Ford & Fulkerson, 1962)، مساله جریان پویا به یک مساله جریان ایستا تبدیل می‌شود و در پایان با بهره‌گیری از الگوریتم کوتاه‌ترین مسیر متوالی (Ahuja, Magnanti & Orlin, 1993) مساله جریان ایستا تعیین خواهد گردید.

الگوریتم پیشنهادی با استفاده از نرم‌افزار MATLAB کد شده و به عنوان پایلوت روی قسمتی از خطوط لوله انتقال نفت‌خام شرکت ملی نفت ایران شامل شرکت کارون (بنگستان و آسماری)، شرکت نفت مناطق مرکزی، شرکت مارون و پالایشگاههای اصفهان، اراک، تهران و تبریز و پایانه صادراتی خارک پیاده‌سازی شده است که نتایج اجرای مدل در ادامه آمده است.

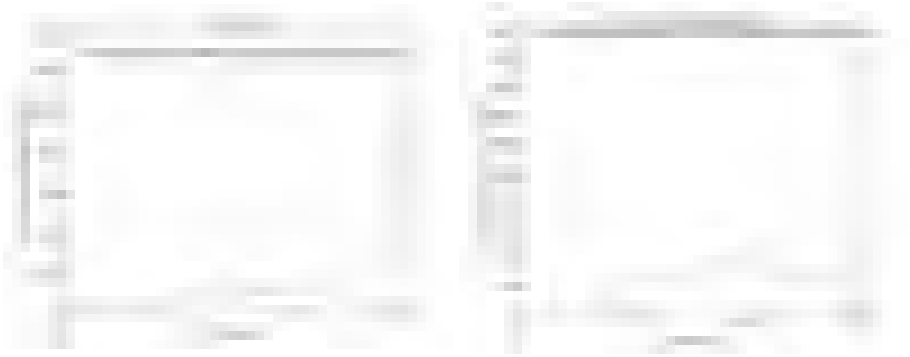
در پیاده‌سازی از اعداد غیرواقعی به‌عنوان میزان پیش‌بینی تولید و مصرف نقاط برای ۱۵ روز استفاده شده است. ورود اطلاعات و داده‌ها از طریق EXCEL انجام می‌شود و خروجی مدل را می‌توان در قالب جداول و نمودارهایی در نرم‌افزارهای EXCEL و MATLAB که چگونگی فرآیند توزیع، انتقال و ذخیره‌سازی نفت‌خام طی ۱۵ روز آینده از مبادی تولید به مبادی مصرف را توضیح می‌دهند، گزارش‌گیری نمود. در اینجا نمونه‌ای از خروجی مدل در جدول ۲ و شکل‌های ۲، ۳ و ۴ آورده شده است. جدول ۲ نحوه توزیع نفت‌خام در روز دوازدهم دوره برنامه‌ریزی و شکل ۳ نمایی از خروجی مدل به‌صورت گراف را نشان می‌دهد به‌طوری‌که می‌توان میزان نفت‌خام ارسالی روی هر یک از کمان‌ها را به‌راحتی مشاهده کرد. شکل ۳ وضعیت موجودی مخازن ذخیره‌سازی برای پالایشگاه اصفهان و نفت آسماری واحد بهره‌برداری شماره ۳ اهواز و شکل ۴ وضعیت موجود مخازن ذخیره‌سازی در پایانه خارک طی ۱۵ روز را نشان می‌دهد. در شکلهای ۳ و ۴ خطوط پررنگ سقف ذخیره‌سازی را نشان می‌دهند. نتایج حاصل از اجرای مدل نشان می‌دهد که در هیچ روزی با مشکل کمبود مخزن مواجه نشده‌ایم، بنابراین نیاز به اجاره کشتی مادر نمی‌باشد.

**جدول ۲. نحوه ارسال جریان در روز دوازدهم**

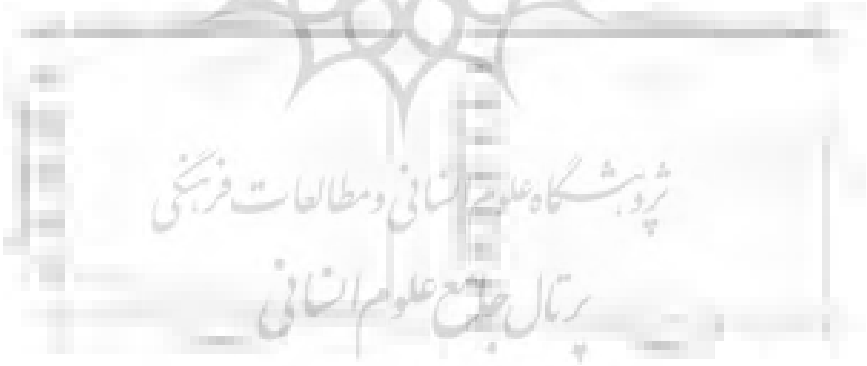
| مبدا | مقصد | مقدار انتقال داده شده (هزار بشکه) |
|---|---|---|
| اهواز ۳ -آسماری | ایستگاه تقویت فشار چمران | ۵۲۵ |
| تلمبه خانه تقویت فشار چمران | پالایشگاههای شمالی | ۵۲۵ |
| ایستگاه تقویت فشار اهواز | امیدیه (نفت سنگین) | ۳۶۵ |
| اهواز ۱ | ایستگاه تقویت فشار اهواز | ۲۶۰ |
| نفت شرکت نفت مرکزی | ایستگاه تقویت فشار اهواز | ۵۶ |
| اهواز ۲ -بنگستان | ایستگاه تقویت فشار اهواز | ۴۹ |
| نفت سنگین امیدیه | نفت سنگین خارک | ۳۶۵ |
| نفت سبک امیدیه | نفت سبک خارک | ۱۵۰ |
| نفت شرکت مارون | نفت سبک امیدیه | ۱۵۰ |
| نفت شرکت مارون | پالایشگاه اصفهان | ۵۰۷ |




**شکل ۲. نمایی از خروجی مدل بصورت گراف**



**شکل ۳. نمودار سمت راست موجودی مخازن ذخیره‌سازی نفت آسماری در واحد بهره‌برداری شماره ۳ اهواز و نمودار سمت چپ موجودی مخازن نفت‌خام سبک در پالایشگاه اصفهان را نشان می‌دهد.**



پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

**شکل ٤. نمودار سمت راست موجودی مخازن ذخیره‌سازی نفت‌خام سنگین و نمودار سمت چپ موجودی مخازن ذخیره‌سازی نفت‌خام سبک در پایانه صادراتی خارک را نشان می‌دهد.**

## ۵. نتیجه‌گیری

هدف اصلی از این مقاله، ارائه یک مدل شبکه جریان پویا برای برنامه‌ریزی توزیع، انتقال و ذخیره‌سازی نفت‌خام بوده است. با استفاده از این مدل می‌توان طی یک دوره کوتاه‌مدت (به عنوان مثال ۱۵ روزه یا یک ماهه) چگونگی توزیع، انتقال و ذخیره‌سازی را برنامه‌ریزی نمود. مدل پیشنهادی یک مدل انعطاف‌پذیر بوده و قابلیتهای زیر را در چارچوب برنامه‌های بلندمدت به‌صورت یکپارچه دارا می‌باشد:

الف. سهولت تغییر در تابع هدف، و همچنین اضافه و کم کردن محدودیتها؛

ب. تعیین ظرفیت و محل بهینه مخازن ذخیره‌سازی نفت‌خام مورد نیاز؛

ج. تعیین محل احداث خطوط لوله انتقال نفت‌خام جدید.

از آنجا که لازمه تست و پیاده‌سازی این مدل در راستای عملیاتی‌سازی و بهره‌مندی از نتایج واقعی مدل، دستیابی به اطلاعات و داده‌های واقعی قابل ملاحظه‌ای در خصوص ویژگی‌های فیزیکی مربوط به زیرساخت‌های صنعت نفت می‌باشد و این امر مستلزم صرف وقت بسیار زیادی خواهد بود، لذا عملیاتی نمودن این مدل (که با ارقام مقدماتی مورد تست قرار گرفته است) پس از گردآوری و تحلیل دقیق اطلاعات از نظر سنخیت و صحت داده‌ها امکان‌پذیر می‌باشد.

## مراجع


۱. شهلا خالقی (۱۳۷۵). توسعه بهینه سیستم گازرسانی، ویژه‌نامه دومین کنگره ملی انرژی و اقتصاد، تهران، انجمن نفت ایران، ۴۰-۷۶.

2. R.K. Ahuja, T.L. Magnanti and J.B. Orlin (1993), *Network flows: Theory and Algorithms*. Prentice-Hall, Englewood cliffs.

3. M.S. Bazarra, J.J. Jarvis, H.D. Sherali (1993), *Linear Programming and Network Flows*, John Wiley & Sons, New York.

4. L. Cheng, M. A. Duran, Logistics for world-wide crude oil transportation using discrete event simulation and optimal control, *Computers and Chemical Engineering* 28 (2004) 897-911.

5. L. R. Ford, D.R. Fulkerson (1962), *Flows in Network*, Princeton University, Press, Princeton, NJ.

6. S. P. Gayialis, I. P. Tatsiopoulos, Design of an IT-driven decision support system for vehicle routing and scheduling, *European Journal of Operation Research* 152 (2004) 382-398.

7. S. Khaleghi, Optimization of Gas Supply in Iran, *25th Annual IAEE International Conference*, 26 – 29 June (2002).

8. Y. Ye (1997), *Interior Point Algorithms: Theory and Analysis,* Wiley, New York.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی