



Designing a Model for Optimizing the Production of Gasoline Products in an Oil Refinery

Saber Khandan Alamdari^{1*}, Babak Dashtkar², Neda Farahbakhsh³

¹Assistant Professor, PhD in Industrial-Production Management, Department of Humanities, Islamic Azad University, Roodehen Branch, Roodehen, Iran.

²PhD Student, Industrial Management, Department of Humanities, Islamic Azad University, Roodehen Branch, Roodehen, Iran.

³Assistant Professor, PhD in Economics, Department of Humanities, Islamic Azad University, Roodehen Branch, Roodehen, Iran.

ARTICLE INFO

Received: 10.09.2021

Revised: 01.01.2022

Accepted: 02.28.2022

Keyword:

Production
Gasoline product
Oil Refinery
Octane number
Vapour pressure
Benzen

***Corresponding Author:**

Saber Khandan Alamdari

Email: sabersum@yahoo.com

ABSTRACT

The purpose of this research was to design a development model to optimize the production of gasoline products in an oil refinery. The research method was an experimental using non-linear programming with GOMES software, version 24.1.2, Solver Baron, and conducted experiments on octane number, vapor pressure, and benzene amount on slices and mixing slices in the laboratory. One of the innovations of this project is the amount of blending of cuttings effective in the production of gasoline products in different seasons of the year in such a way that the variables of octane number, vapor pressure and benzene of the final product are in accordance with the standard specifications of the National Refining and Distribution Company because currently the change of seasons is not taken into account and cuts in the production of gasoline products are made by guesswork and error. Due to the multi-objective nature of the problem, the weighted sum method was considered for the objective functions. The characteristics of octane number, vapor pressure and benzene amount of the combination of the cut values obtained from the output of the software were tested in the laboratory and compared with the results of the software. Taking into consideration the very small difference between the results of the two methods, the output values of the software were confirmed.



EXTENDED ABSTRACT

Introduction

The fractions that contribute to the production of gasoline products are almost similar in terms of process characteristics such as distillation temperature range, vapor pressure, benzene amount and octane number. Octane number, vapor pressure and benzene amount of gasoline products are important characteristics of the mentioned product. Different operating units cannot directly produce final products. They produce components and intermediate products or semi-intermediate products and mixed together to produce products with desirable characteristics. Therefore, in the opinion of the researcher, the cuts that are the result of the production of each of the operating units and each with its own characteristics of octane number, vapor pressure and benzene, should be combined in such a way that the result of their combination is the gasoline product according to the standard specifications of the National Petroleum Products Distribution Company. Therefore, the purpose of this research was to provide an optimal development model of gasoline production in one of Iran's oil refineries taking into account the characteristics of octane number, vapor pressure and benzene amount in different seasons of the year. In the present research, an experimental method was used. In this way, by using non-linear programming of Solver Baron 24.1.2 software gams, the amount of the mentioned cuts was extracted and then the correctness of their combination was tested according to the specifications of standard gasoline.

Methodology

Description of variables

A: Benzene: It is a colorless and volatile liquid that burns with a yellow flame along with smoke and is used in industrial production, compounds such as aspirin and explosives, and it is toxic and carcinogenic.

B: Octane Number: Used to indicate the fuel's resistance to heat, pressure, and the initiation of spontaneous combustion (without spark). The octane number of regular gasoline is 87, special gasoline is 89 and super gasoline is 93.

C: Vapor Pressure: One of the important physical properties of volatile liquids is their vapor pressure, which is particularly important in automobile and airplane gasolines.

The combination of different oil fractions to produce gasoline products in accordance with the standards of the National Petroleum Products Distribution Company in one of Iran's central oil refineries such as catalytic conversion units with platform product, isomerization unit with isomer product, kerosene hydrogen purification unit with wild naphta product, distillation unit intended with heavy and light naphta production products and somax units with Isomax light and heavy naphta production products. In this way, different oil cuts along with their specifications according to Table 1 were mixed in a way that resulted in the optimal production of gasoline products according to standard specifications in different seasons according to Table 2.

Table 1. Octane number, vapor pressure (kilopascals) and benzene amount (percent by volume) of different cuts.

Cut	Min octane	Max octane	Vapor	Benzene
Plat1	91	93	37	4
Plat2	92	95	39	4
Isomer	80	85	96	0
L.naphta(khds)	45	45	20	2.8
H. naphta.iso1	40	40	20	0.4
H. naphta.iso2	40	40	20	0.7
L. naphta dist	67	67	75	2
L. naphta.iso1	70	70	66	2
H. naphta dist	47	47	20	0.5

Table 2. Vapor pressure (kilopascals), octane number and benzene (percent by volume) of gasoline in four seasons.

	Min				Max			
	6mar - 5june	6june - 6sept	7sept - 21nov	22nov - 5mar	6mar - 5june	6june - 6sept	7sept - 21nov	22nov - 5mar
Vapor	50	45	50	60	62	60	65	70
benzene	0	0	0	0	2	2	2	2
Oct NO	87	87	87	87	87	87	87	87

Production model of gasoline product blending

The gasoline product production model consisted of a main model and three sub-models derived from the main model and coded with Gams software according to Tables 3 to 4.

Table 3. The main production model of gasoline product blending.

Collection of cuts : I	
Collection of benzene,oct & vapor : J	Collection
Collection of courses : T	
Index of elements of collection $i,j,t : I,j,t$	Index
Low limit of element j related to components i in period $t : MIN_{ijt}$	
Up limit of element j related to components i in period $t : MAX_{ijt}$	Parameter
Standard value of elements j in period $t : S_j$	
The amount of gasoline to be: produced in period $t : Q_t$	
The amount of steam pressure in the period $t : F_{_Vapour\ pressure\ t}$	
Objective function2 in period $t : F_{_Octane\ t}$	
The amount of benzene in period $t : F_{_Benzene\ t}$	Variable
The amount of production of elements j belonging to Components $i : V_{ijt}$ in period t	
The amount used of component i in period $t : \lambda_{it}$	

In the main model, benzene was considered to form the first sub-model. The second and third sub-models also had the same octane number and vapor pressure variables as the first model. The first subsection was written as follows:

Table 4. The main production model of gasoline product blending.

Calculates cuts amount in each period	$Max(F) = \sum_{j \in J} \sum_{t \in T} w_j \cdot \sum_{j \in J} \frac{v_{ijt} \cdot \lambda_{ijt}}{Q_t}$	1	Function
calculates amount of benzene in each period	$F_Benzene_t = \sum_{t \in T} \sum_{i \in I} \frac{v_{i,Benzene,t} \cdot \lambda_{i,Benzene,t}}{Q_t}$	2	
upper and lower limits of element production	$MIN_{ijt} \leq v_{ijt} \leq MAX_{ijt} \quad \forall i \in I, j \in J, t \in T$	1	Limit
It limits the amount of gasoline production	$\sum_{i \in I} \lambda_{it} v_{ijt} = S_{jt} \cdot Q_t \quad \forall t \in T$	2	
more than zero shows the amount of variable	$\lambda_{it} \cdot M \geq w_j \cdot \sum_{j \in J} v_{ijt} \quad \forall i \in I, t \in T$	3	

Results and discussion

To produce 7100 cubic meters of gasoline in the spring season separately, the following cubic meters per day were used: Plat 1: 1484 cubic meters per day, Plat 2: 1441 cubic meters per day, Isomer: 1954 cubic meters per day, L.naphta (khds) 193 cubic meters per day, H. naphta.iso1&2: 215 cubic meters per day, L. naphta dist: 726 cubic meters per day, L. naphta.iso1: 591 cubic meters per day and H. naphta dist: 276 cubic meters per day. As can be observed, in the summer season, the vapor pressure of all the cuts that were effective in the production of gasoline products had a lower value than in the spring season, which is completely logical considering the hot weather in summer compared to spring. In the hot season of the year, the low vapor pressure of gasoline producing cuts and ultimately the gasoline product was directly related to respecting the rights of consumers. Because if the above matter was not observed, the reduction of the volume of gasoline purchased by the customer was certain when filling the car tank. In addition, the issue of reducing gas vapor pressure in the hot season compared to the spring season was of great importance for safety reasons. In order to further analyze the results of the model, by changing the value of Max_(Octane,t), the analysis of the model was continued. It is clear that if the value of Max_(Octane, t) cut 4 was increased in the spring season, according to maximizing the objective function, the model attempted to attain the maximum value from the increase of this parameter, resulting in an increased value. On the other hand, by considering the increase of $[V_octane]_{(max,t)}$, the value was adjusted so that this limit was always maintained preventing the problem from becoming impossible to solve. In addition, the value of Max_(Octane,t) of cut 4 could not be reduced by more than 5% due to the lower limit of Min_(Octane,t) because it would have led the model to become impossible.

Conclusion

The main goal of this research was to develop a non-linear programming model to optimize the production of gasoline products in oil refineries under special conditions, including considering vapor pressure, benzene amount, and octane number in the production of gasoline products. In order to solve the problem, the general refinery production optimization model was divided into three sub-models. First, based on the standard benzene value of the final gasoline and the blended cuts to produce gasoline, the first sub-model was created. Then, based on the standard value of the octane number of the final gasoline and the blended cuts to produce gasoline, the second sub-model was created. Finally, based on the vapor pressure of the final gasoline amount and the cuts blended in order to produce standard gasoline, the third sub-model was created with the aim of optimizing the mixing ratio and component demand. Then, the optimal values of cuts for the three variables of octane number, vapor pressure and benzene, in four seasons and to produce a certain amount of standard gasoline product, were obtained. Therefore, by analyzing the general production optimization model and solving three sub-models consecutively, the optimal solution of the general production model of the refinery gasoline product was obtained. The model was coded and implemented using the Gams software version 24.1.2. Due to the fact that the problem model is a non-linear programming type, Barron's solver was used to accurately solve the model. Then, the values of the cuts obtained from Gams software were averaged using Excel program and then practically tested in the laboratory and confirmed.



شاپای الکترونیکی: ۲۵۳۸-۴۴۳۰

شاپای چاپی: ۲۳۸۲-۹۷۹۶



طراحی مدل توسعه بهینه‌سازی تولید فرآورده بنزین در پالایشگاه نفت

صابر خندان علمداری^{*۱}، بابک دشت کار^۲ ID، ندفرح بخش^۳

- ۱- استادیار، دکتری مدیریت صنعتی تولید، گروه علوم انسانی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد رودهن، رودهن، ایران.
- ۲- دانشجویی دکتری مدیریت صنعتی، گروه علوم انسانی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد رودهن، رودهن، ایران.
- ۳- استادیار، دکتری علوم اقتصادی، گروه علوم انسانی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد رودهن، رودهن، ایران.

چکیده

اطلاعات مقاله

هدف این تحقیق طراحی مدل توسعه بهینه‌سازی تولید فرآورده بنزین در پالایشگاه نفت است. روش تحقیق، تجربی آزمایشی است که از برنامه‌ریزی غیرخطی با نرم‌افزار گمز نسخه ۲۴.۱.۲ سالور بارون و انجام آزمایش‌های عدد اکتان، فشار بخار و مقدار بنزن بر روی برش‌ها و امتزاج برش‌ها در آزمایشگاه استفاده گردیده است. میزان امتزاج برش‌های مؤثر در تولید فرآورده بنزین در فصول مختلف سال به‌نحوی که متغیرهای عدد اکتان، فشار بخار و بنزن فرآورده نهایی مطابق با مشخصات استاندارد شرکت ملی پالایش و پخش باشند از نوآوری‌های این طرح است؛ چراکه در حال حاضر تغییر فصول در نظر گرفته نمی‌شود و برش‌ها در تولید فرآورده بنزین به‌صورت حدس و خطا ترکیب می‌شوند. به دلیل چند هدف بودن مسئله، روش مجموع وزنی برای توابع هدف در نظر گرفته شده است. مشخصات عدد اکتان، فشار بخار و مقدار بنزن ترکیب مقادیر برش‌های حاصل از خروجی نرم‌افزار در آزمایشگاه آزمایش و با نتایج نرم‌افزار مقایسه گردید. با توجه به اختلاف بسیار کم نتایج حاصل از دو روش، مقادیر خروجی نرم‌افزار مورد تأیید قرار گرفت.

دریافت مقاله: ۱۴۰۰/۰۷/۱۷

بازنگری مقاله: ۱۴۰۰/۱۰/۱۱

پذیرش مقاله: ۱۴۰۰/۱۱/۱۹

کلید واژگان:

تولید
فرآورده بنزین
پالایشگاه نفت
عدد اکتان
فشار بخار
بنزن

*نویسنده مسئول: صابر خندان علمداری

پست الکترونیکی:

sabersum@yahoo.com



مقدمه

ترکیبات موجودات زنده در زیر سنگ‌های رسوبی دفن شده و تحت گرما و فشار قرار می‌گیرند و به سوخت فسیلی نفت خام تبدیل می‌شوند. نفت خام با کمک فرایند تقطیر و در محدوده دمایی ۱۶۵- درجه سانتی‌گراد تا ۷۵۰+ درجه سانتی‌گراد به محصولات با مشخصات مختلفی تبدیل می‌گردد. فرایند تقطیر مؤلفه‌های با نقطه جوش پایین‌تر را تبخیر نموده و بنابراین اجزای با فراریت کمتر برجای می‌مانند و بدین ترتیب عملیات جداسازی مواد صورت می‌پذیرد. با ترکیب مواد جداسازده تحت شرایط فرایندی، محصولاتی مانند بنزین تولید می‌گردد [۱]. برش‌هایی که در ساخت فرآورده بنزین سهیم هستند از لحاظ مشخصات فرایندی مانند دامنه دمایی تقطیر، فشار بخار، مقدار بنزن و عدد اکتان تقریباً مشابهت دارند. امروزه بنزین تولید شده می‌بایست ملزومات موتورهای مدرن امروزی و مقررات و استانداردهای محیط‌زیست را پوشش دهد. در آغاز قرن بیستم، اتومبیل‌های بنزینی، دارای موتورهایی با تراکم‌پذیری و قدرت پایین بودند. در نتیجه نفتای سبک یا بنزین معمولی برای سوختن در آن موتورها مناسب بود؛ اما کارخانه‌های اتومبیل‌سازی به سرعت و بنا به تقاضا به سمت تولید موتورهای پر قدرت حرکت کردند. افزایش قدرت با افزایش تعداد سیلندر موتور و همچنین متراکم کردن موتورها ارتباط مستقیم داشت. با افزایش تراکم موتور، بنزین معمولی، ناپهنگام می‌سوخت و بنابراین علاوه بر ایجاد قدرت کم، به دلیل آسیب به موتور ناشی از ضربه، عملکرد آن را نیز کاهش می‌داد. برای حذف ضربه، ترکیب بنزین با اکتان افزاها و در نتیجه ایجاد تأخیر در سوختن بنزین معمولی به عنوان راه حل در نظر گرفته شد. بنابراین عدد اکتان یکی از مشخصه‌های مهم فرآورده بنزین است. در حالی که اکتان، مشخصه‌ای است ثابت در طول یک سال، فشار بخار ترکیب بنزین در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد در طول یک سال متغیر است. در تابستان، زمانی که دما به بیش از ۳۷ درجه سانتی‌گراد می‌رسد، فشار بخار بنزین باید کمتر از ۱۴/۷ پوند بر اینچ مربع باشد. در غیر این صورت، فشار بخار بنزین ایجاد شده در باک خودروها، مشکل‌آفرین خواهد شد؛ بنابراین فشار بخار ترکیب بنزین در یک محدوده مجاز می‌بایست رعایت گردد و از این رو اختلاط ترکیب بنزین وابسته به فشار بخار ترکیبات مختلف موجود در ساخت فرآورده بنزین است و در نتیجه فشار بخار نیز یکی دیگر از متغیرهای کنترلی فرآورده بنزین است. بشردر قرن بیست و یکم با دو بحران انرژی و آلودگی محیط‌زیست روبروست. بحران انرژی از مسائلی همچون پایان‌پذیری منابع سوخت‌های فسیلی، افزایش قیمت نفت و بالا رفتن تقاضا با صنعتی شدن کشورها [۲] و بحران آلودگی از سوختن سوخت‌های فسیلی همچون بنزین سرچشمه می‌گیرد. بالا رفتن مقدار بنزن فرآورده بنزین از حد استاندارد، مسبب بالا رفتن میزان آلودگی هوا می‌گردد. عمل هم‌افزایی آن با سایر آلاینده‌ها می‌تواند به اجزای مختلف زیست‌کره آسیب برساند و قرار گرفتن انسان در معرض بنزن نیز ارتباط آشکاری با برخی از بیماری‌ها نظیر سرطان دارد. از ۴۸ کشور آسیایی، فقط ۱۴ کشور دارای استاندارد بنزن هستند [۳]. تولید پاک‌تر سبب حفظ مواد اولیه، آب، انرژی و برطرف کردن مواد اولیه خطرناک و کاهش مقدار مواد سمی منتشره در طول فرایند می‌گردد [۴]. آژانس حفاظت از محیط‌زیست^۱ سازمانی است که انتشار گازها و دیگر شاخصه‌های آلاینده بنزین را کنترل می‌کند. این سازمان استفاده از اکتان افزاهایی چون سرب و آروماتیک‌ها را ممنوع کرد و کارخانه‌های اتومبیل‌سازی را ملزم به سیستم کنترل تبخیر نمود. همچنین برای کاهش مقدار منواکسید کربن، استفاده از ترکیبات اکسیژنه مانند میتل ترشیابوتیل اتر^۲ را الزام کرد. در سال ۲۰۰۵ استفاده از میتل ترشیابوتیل اتر نیز به دلیل نفوذ از تانک‌های زیرزمینی و آلوده شدن سفره‌های آب ممنوع گردید و اتانول جایگزین آن گردید؛ اما به دلیل حلالیت زیاد اتانول با آب، امکان استفاده از آن در پالایشگاه‌های نفت و ارسال با خطوط لوله میسر نبود و فقط می‌بایست در پایانه‌های نفتی مورد استفاده قرار می‌گرفت [۵].

¹ EPA² MTBE

در کل عدد اکتان، فشار بخار و مقدار بنزن فرآورده بنزین از مشخصات مهم فرآورده مذکور است. واحدهای مختلف عملیاتی نمی‌توانند به‌طور مستقیم فرآورده‌های نهایی را تولید کنند. آنها اجزا و فرآورده‌های میانی یا فرآورده‌های نیمه میانی را تولید و باهم مخلوط تا فرآورده‌های با مشخصات مطلوب تولید کنند. از این رو به نظر محقق، برش‌هایی که حاصل تولید هر یک از واحدهای عملیاتی می‌باشند و هر کدام از آنها دارای مشخصات عدد اکتان، فشار بخار و بنزن مختص به خود هستند، باید به‌گونه‌ای باهم ترکیب گردند که حاصل امتزاج آنها، فرآورده بنزین مطابق با مشخصات استاندارد شرکت ملی پالایش و پخش باشد. برش‌های مذکور عبارتند از پلاتفرمیت واحد تبدیل کاتالیستی، محصول واحد ایزومر، نفتای سبک و سنگین واحد آیزوماکس، نفتای سبک و سنگین واحد تقطیر و نفتای واحد تصفیه هیدروژنی نفت سفید که هر کدام دارای مشخصات عدد اکتان، فشار بخار و مقدار بنزن مختص به خود می‌باشند. تغییر مشخصات استاندارد فرآورده بنزین در فصول مختلف سال منجر به تغییر مقدار ترکیب این برش‌ها جهت تولید فرآورده نهایی مطابق با استاندارد شرکت ملی پالایش و پخش می‌گردد. در حالی که در حال حاضر تغییر فصول در نظر گرفته نمی‌شود و برش‌ها برای تولید فرآورده بنزین به‌صورت حدس و خطا ترکیب می‌شوند؛ بنابراین هدف از انجام این پژوهش ارائه یک مدل توسعه بهینه تولید بنزین دریکی از پالایشگاه نفت ایران با در نظر گرفتن مشخصات عدد اکتان، فشار بخار و مقدار بنزن در فصول مختلف سال است. در این تحقیق از روش تجربی آزمایشی استفاده شده است. بدین ترتیب که با استفاده از برنامه‌ریزی غیرخطی نرم‌افزار گمز نسخه ۲۴.۱.۲ سالور بارون، مقدار برش‌های مذکور استخراج شده و سپس به روش آزمایشی صحت مقدار ترکیب آنها از لحاظ مشخصات استاندارد بنزین مورد آزمایش قرار گرفت و تأیید شد.

مبانی نظری تحقیق

از مطالعات انجام شده در این راستا می‌توان به تحقیق بابازاده و پاشازاده در سال ۱۳۹۶ [۶]، اشاره کرد که یک مدل ریاضی عدد صحیح مختلط برای برنامه‌ریزی و توسعه شبکه زنجیره تأمین بنزین در ایران در پژوهش با موضوع برنامه‌ریزی بهینه برای تولید، توزیع و ذخیره بنزین از پالایشگاه تا نقاط مصرف، ارائه شد. در آن پژوهش متغیر مهم فشار بخار لحاظ نگردیده بود. بیگی و همکاران (۱۳۹۶)، در تحقیق خود با موضوع بهینه‌سازی واحد شکست کاتالیستی، به منظور بهبود کیفیت و افزایش تولید بنزین به همراه کاهش آلایندگی واحد، با بررسی تأثیر متغیرهای ورودی فرایند شکست کاتالیستی بر کیفیت بنزین و میزان آلایندگی واحد، مدلی را طراحی که تنها محدودیت‌های عملیاتی از جمله دما و شدت جریان را در نظر گرفته شده بود [۷]. در حالی که فشار بخار بنزین نیز جزء متغیرهای مهم است. دانیل و همکاران^۱ (۲۰۱۹) در پژوهش خود با موضوع اندازه‌گیری و پیش‌بینی فشار بخار بنزین حاوی اکسیژن به این نتیجه رسیدند که فشار بخار فرآورده بنزین، معمولاً رفتار غیر ایده‌آلی را نشان می‌دهد و مستلزم اندازه‌گیری و ابزارهای پیش‌بینی به‌روز است تا از مشخصات ایمنی سوخت و عملکرد آن اطمینان حاصل گردد [۸]. سالم و همکاران^۲ (۲۰۱۸)، در تحقیق خود با موضوع اثرات ژنتیکی قرار گرفتن در معرض بنزن در کارگران پمپ بنزین به این نتیجه رسیدند که بنزن، یکی از اجزاء خطرناک موجود در فرآورده بنزین است که در طبقه‌بندی اول مواد تشدیدکننده سرطان انسانی قرار دارد [۹]. جاو و همکاران^۳ (۲۰۱۸)، در پژوهش خود با موضوع روش تجزیه درخت تصمیم‌گیری برای برنامه‌ریزی پالایشگاه نفت با استفاده از یک روش تجزیه درختی، مدلی برای بهینه‌سازی سوخت‌های پالایشی طراحی کردند [۱۰]. ساختار درخت تصمیم‌گیری بر اساس ورودی‌های مهم شامل نرخ تبدیل نفت خام به محصولات، میزان تقاضا و کیفیت محصولات و خروجی به چند کلاس و بر اساس نوع سرمایه‌گذاری پالایشگاه نفت تقسیم‌بندی

¹ Daniel & et al

² Salem & et al

³ Gao & et al

می‌گردد. خروجی درخت تصمیم‌گیری به یک سری زیر مدل ریاضی متصل می‌گردد که بستگی به متغیرهای ورودی درخت تصمیم‌گیری دارد. از ضعف‌های مدل می‌توان ۱. عدم در نظر گرفتن تغییرات فصلی ۲. عدم در نظر گرفتن تعمیرات و شرایط اضطراری واحدهای عملیاتی ۳. عدم استفاده از برش‌های دیگر در شرایط خاصی و در ساخت بنزین نام برد. سوتانتو و یانگ^۱ (۲۰۱۷) در طرح خود با موضوع رویکرد مبتنی بر سناریو برای کنترل و بهینه‌سازی سیستم هوشمند از یک روش هوشمند برای بهینه‌سازی استفاده کردند [۱۱]. در روش آنها، محدودیت‌های بهینه‌سازی، قابل تغییر در یک بازه مجاز هستند و بنابراین بهینه‌سازی به صورت هوشمند کنترل می‌گردد. لیکن لحاظ مشخصه مهم بنزن در تولید فرآورده بنزین نیز می‌بایست در نظر گرفته شود. هی و همکاران^۲ (۲۰۱۶) در تحقیق خود با موضوع بهینه‌سازی برنامه‌ریزی و برنامه‌ریزی محصول پالایشگاه بر اساس نیازهای پایین دست به این نتیجه رسیدند که قطع ارتباط بین بهینه‌سازی سیستم تولید محصولات و بازار تقاضا، مشکلاتی را برای تولیدکنندگان پدید می‌آورد [۱۲]. روش‌های موجود فقط قسمتی از یک پالایشگاه و یا بازار تقاضا را مدل می‌کنند و محققین با ترکیب این دو، نه تنها از هزینه‌های اضافی نیروی انسانی و اتلاف منابع می‌کاهند، بلکه از لحاظ اقتصادی نیز به صرفه هستند. آنها از سه روش سیمپلکس، روش غیرخطی PSO و روش عددی برای بهینه‌سازی و ارتباط بین جریان‌های بالاسری تولید، تولیدات و بازار استفاده کردند. آنها از مدل اتیل ۷۰ برای اکتان بنزین استفاده کردند. ضمناً برای فشار بنزین نیز تنها یک فصل سال را در نظر گرفتند. فرآورده بنزین حاصل ترکیب برش‌های پلاتفرمیت واحد تبدیل کاتالیستی، محصول واحد ایزومر، نفتای سبک و سنگین واحد آیزوماکس، نفتای سبک و سنگین واحد تقطیر و نفتای واحد تصفیه هیدروژنی نفت سفید است که هرکدام از این برش‌ها دارای مشخصات عدد اکتان، فشار بخار و مقدار بنزن مختص به خود می‌باشند. تغییر مشخصات استاندارد فرآورده بنزین در فصول مختلف سال منجر به تغییر مقدار ترکیب این برش‌ها جهت تولید فرآورده نهایی مطابق با استاندارد شرکت ملی پالایش و پخش می‌گردد. درحالی‌که در حال حاضر تغییر فصول در نظر گرفته نمی‌شود و برش‌ها برای تولید فرآورده بنزین به صورت حدس و خطا ترکیب می‌شوند؛ بنابراین هدف از انجام این پژوهش ارائه یک مدل توسعه بهینه تولید بنزین در یکی از پالایشگاه نفت ایران با در نظر گرفتن مشخصات عدد اکتان، فشار بخار و مقدار بنزن در فصول مختلف سال است. در این رابطه سؤالی که مطرح می‌شود عبارت است از مدل توسعه بهینه‌سازی تولید فرآورده بنزین در پالایشگاه نفت در شرایط خاص چگونه طراحی می‌شود؟

روش‌شناسی

شرح متغیرها

بنزن^۳: مایعی است بی‌رنگ و فرار که با شعله زردرنگ همراه با دود می‌سوزد و در تولیدات صنعتی، ترکیباتی از جمله آسپیرین و ماده منفجره استفاده می‌شود و سمی و سرطان‌زا است. بنزن متعلق به خانواده هیدروکربن‌هاست که هر مولکول آن ۶ اتم کربن و ۶ اتم هیدروژن دارد که یک آرایش حلقوی را به وجود می‌آورد. افزودن بنزن به بنزین، عدد اکتان بنزین را افزایش و کوبش موتور را کاهش می‌دهد. به همین دلیل تا دهه ۱۹۵۰ بیشتر بنزین‌ها چندین درصد بنزن داشتند اما پس از آن تترایل سرب رایج‌تر از بنزن شد. منسوخ شدن بنزین‌های سرب‌دار باعث بازگشت بنزن به

¹ Sutanto & Yang

² He & et al

³ Benzene

بنزین‌های برخی کشورها شده است اما با توجه به اثرات منفی این ماده بر سلامتی، مقررات سختی در مورد میزان بنزین وضع شده است که معمولاً میزان آن را به کمتر از یک درصد محدود کرده است.

عدد اکتان: درصد ایزواکتان در نرمال هپتان است برای نشان دادن مقاومت سوخت‌ها در مقابل گرما، فشار و شروع احتراق خودبه‌خود (بدون جرقه). عدد اکتان بنزین معمولی ۸۷، ویژه ۸۹ و سوپر ۹۳ است.

فشار بخار^۱: یکی از خواص فیزیکی مهم مایعات فرار، مقدار فشار بخار آنها است که مخصوصاً در بنزین‌های اتومبیل و هواپیما بسیار حائز اهمیت است. فشار بخار در به حرکت درآوردن، گرم کردن و تمایل خفگی در اثر ایجاد بخار در دماهای کارکرد بالا یا ارتفاعات زیاد مؤثر است.

امتزاج برش‌های مختلف نفتی جهت تولید فرآورده بنزین مطابق با استانداردهای شرکت ملی پخش فرآورده‌های نفتی در یکی از پالایشگاه‌های مرکزی نفت ایران شامل واحدهای تبدیل کاتالیستی با محصول تولیدی پلاتفرمیت، واحد ایزومریزاسیون با محصول تولیدی ایزومر، واحد تصفیه هیدروژنی نفت سفید با محصول تولیدی وایلد نفتا، واحد تقطیر با محصولات تولیدی نفتای سنگین و سبک و واحدهای آیزوماکس با محصول تولیدی نفتای سبک‌وسنگین آیزوماکس، موردنظر است. بدین‌صورت برش‌های مختلف نفتی به همراه مشخصات آنها مطابق با جدول ۱ به نحوی امتزاج خواهند گردید که منتج به تولید بهینه فرآورده بنزین مطابق با مشخصات استاندارد در فصول مختلف طبق جدول ۲ گردد.

جدول ۱. عدد اکتان، فشار بخار (کیلوپاسکال) و مقدار بنزن (درصدحجمی) برش‌های مختلف.

بنزن	فشار بخار	عدد اکتان حداکثر	عدد اکتان حداقل	نام برش
۴	۳۷	۹۳	۹۱	پلاتفرمیت ۱
۴	۳۹	۹۵	۹۲	پلاتفرمیت ۲
۰	۹۶	۸۵	۸۰	ایزومریت
۲/۸	۲۰	۴۵	۴۵	نفتای (تصفیه نفت سفید)
۰/۴	۲۰	۴۰	۴۰	نفتای سنگین آیزوماکس ۱
۰/۷	۲۰	۴۰	۴۰	نفتای سنگین آیزوماکس ۲
۲	۷۵	۶۷	۶۷	نفتای سبک تقطیر
۲	۶۶	۷۰	۷۰	نفتای سبک آیزوماکس
۰/۵	۲۰	۴۷	۴۷	نفتای سنگین تقطیر

جدول ۲. فشار بخار (کیلوپاسکال)، عدد اکتان و بنزن (درصدحجمی) بنزین در چهارفصل.

	حداکثر				حداقل			
اُذرتا ۱۴	۱۶ شهریور	۱۶ خرداد تا	۱۵ اسفند تا	۱۴ اُذرتا تا	۱۶ شهریور	۱۶ خرداد تا	۱۵ اسفند تا	۱۴ اُذرتا تا
اسفند	تا ۳۰ آبان	۱۵ شهریور	۱۵ خرداد	اسفند	تا ۳۰ آبان	۱۵ شهریور	۱۵ خرداد	اسفند
۷۰	۶۵	۶۰	۶۲	۶۰	۵۰	۴۵	۵۰	۷۰
۲	۲	۲	۲	۰	۰	۰	۰	۲
۲	۲	۲	۲	۰	۰	۰	۰	۲
۸۷	۸۷	۸۷	۸۷	۸۷	۸۷	۸۷	۸۷	۸۷
عدد اکتان								

¹ Vapor Pressure

عدد اکتان با استفاده از دستگاه موتور اکتان و استاندارد ASTM D۲۶۹۹، فشار بخار برش‌ها با استاندارد ASTM D۳۲۳ و مقدار بنزن با دستگاه G.C و استاندارد ASTM D۵۱۳۴ استخراج گردیده‌اند.

مدل تولید مخلوط سازی فرآورده بنزین

مدل تولید فرآورده بنزین متشکل از یک مدل اصلی و سه مدل فرعی مشتق شده از مدل اصلی و کد نویسی با نرم افزار گمز مطابق با جداول ۳ تا ۹ حاصل گردیده است.

جدول ۳. مدل اصلی تولید مخلوط سازی فرآورده بنزین.

مدل اصلی	
I	مجموعه‌ای از اجزا
J	مجموعه‌هایی از مقدار بنزن، تابع هدف ۲ و مقدار فشار بخار
T	مجموعه دوره‌ها
i	اندیس عناصر عضو مجموعه I
j	اندیس عناصر عضو مجموعه J
t	اندیس عناصر عضو مجموعه T
MIN_{ijt}	حد پایین تولید عنصر j مربوط به اجزاء i در دوره t
MAX_{ijt}	حد بالای تولید عنصر j مربوط به اجزاء i در دوره t
S_j	مقدار استاندارد عناصر j در دوره t
Q_t	مقدار بنزینی که باید در دوره t تولید شود
$F_{_Vapour\ pressure\ t}$	مقدار فشار بخار در دوره t
$F_{_Octane\ t}$	تابع هدف ۲ در دوره t
$F_{_Benzene\ t}$	مقدار بنزن در دوره t
V_{ijt}	مقدار تولید عناصر j متعلق به اجزاء i در دوره t
λ_{it}	مقدار مورد استفاده از اجزاء i در دوره t

جدول ۴. مدل فرعی اول.

مدل فرعی اول	
I	مجموعه‌ای از اجزا
J	مجموعه‌هایی از Benzene

مدل فرعی اول	
T : مجموعه دوره‌ها	
I : اندیس عناصر عضو مجموعه	اندیس‌ها
J : اندیس عناصر عضو مجموعه	
T : اندیس عناصر عضو مجموعه	
MIN_{ijt} : حد پایین تولید عنصر j مربوط به اجزاء i در دوره t	پارامترها
MAX_{ijt} : حد بالای تولید عنصر j مربوط به اجزاء i در دوره t	
S_j : مقدار استاندارد عنصر j در دوره t	
Q_t : مقدار بنزینی که باید در دوره t تولید شود	متغیرها
$F_{Benzene_t}$: مقدار Benzene در دوره t	
v_{ijt} : مقدار عناصر j متعلق به اجزاء i در دوره t	
λ_{it} : مقدار مورد استفاده از اجزاء i در دوره t	متغیرهای مثبت

جدول ۵. روابط تابع هدف و محدودیت‌های مدل فرعی اول.

روابط تابع هدف و محدودیت‌های مدل فرعی اول		
مقدار متغیر برش‌ها در هر دوره را محاسبه می‌کند.	$Max(F) = \sum_{j \in J} \sum_{t \in T} w_j \cdot \sum_{j \in J} \frac{v_{ijt} \cdot \lambda_{ijt}}{Q_t}$	رابطه ۱
مقدار متغیر بنزن در هر دوره را محاسبه می‌کند.	$F_{Benzene_t} = \sum_{t \in T} \sum_{i \in I} \frac{v_{i,Benzene,t} \cdot \lambda_{i,Benzene,t}}{Q_t}$	رابطه ۲
حد بالای و پایین تولید عناصر را تعیین می‌کند.	$MIN_{ijt} \leq v_{ijt} \leq MAX_{ijt} \quad ; i \in I, j \in J, t \in T$	محدودیت ۱
مقدار تولید بنزین را محدود می‌کند.	$\sum_{i \in I} \lambda_{it} v_{ijt} = S_{jt} \cdot Q_t \quad \forall t \in T$	محدودیت ۲
بیشتر از صفر بودن مقدار بنزن و مقدار برش‌ها را نشان می‌دهد.	$\lambda_{it} \cdot M \geq w_j \cdot \sum_{j \in J} v_{ijt} \quad \forall i \in I, t \in T$	محدودیت ۳

جدول ۶. مدل فرعی دوم.

مدل فرعی دوم	
I : مجموعه‌ای از اجزا	
J : مجموعه‌هایی از تابع هدف ۲	مجموعه
T : مجموعه دوره‌ها	
i : اندیس عناصر عضو مجموعه I	اندیس‌ها
j : اندیس عناصر عضو مجموعه J	
t : اندیس عناصر عضو مجموعه T	
MIN_{ijt} : حد پایین تولید عنصر j مربوط به اجزاء i در دوره t	پارامترها
MAX_{ijt} : حد بالای تولید عنصر j مربوط به اجزاء i در دوره t	
S_j : مقدار استاندارد عناصر j در دوره t	
Q_t : مقدار بنزینی که باید در دوره t تولید شود	
$F_{-Octane_t}$: تابع هدف ۲ در دوره t	متغیرها
v_{ijt} : مقدار تولید عناصر j متعلق به اجزاء i در دوره t	متغیرهای مثبت
λ_{it} : مقدار مورد استفاده از اجزاء i در دوره t	

جدول ۷. روابط تابع هدف و محدودیت‌های مدل فرعی دوم.

روابط تابع هدف و محدودیت‌های مدل فرعی دوم			
مقدار متغیر برش‌ها در هر دوره را محاسبه می‌کند.	$Max(F) = \sum_{j \in J} \sum_{t \in T} w_j \cdot \sum_{i \in I} \frac{v_{ijt} \cdot \lambda_{ijt}}{Q_t}$	رابطه ۱	تابع هدف
مقدار متغیر اکتان در هر دوره را محاسبه می‌کند.	$F_{-Octane_t} = \sum_{t \in T} \sum_{i \in I} \frac{v_{i,Octane,t} \cdot \lambda_{i,Octane,t}}{Q_t}$	رابطه ۲	
حد بالای و پایین تولید عناصر را تعیین می‌کند.	$MIN_{ijt} \leq v_{ijt} \leq MAX_{ijt} \quad I, j \in J, t \in T$	محدودیت ۱	محدودیت‌ها
مقدار تولید بنزین را محدود می‌کند.	$\sum_{i \in I} \lambda_{it} v_{ijt} = S_{jt} \cdot Q_t \quad \forall t \in T$	محدودیت ۲	
بیشتر از صفر بودن عدد اکتان و مقدار برش‌ها را نشان می‌دهد.	$\lambda_{it} \cdot M \geq w_j \cdot \sum_{j \in J} v_{ijt} \quad \forall i \in I, t \in T$	محدودیت ۳	

جدول ۸. مدل فرعی سوم.

مدل فرعی سوم	
I : مجموعه‌ای از اجزا	
J : مجموعه‌هایی از Vapour Pressure	مجموعه
T : مجموعه دوره‌ها	
i : اندیس عناصر عضو مجموعه I	اندیس‌ها
j : اندیس عناصر عضو مجموعه J	
t : اندیس عناصر عضو مجموعه T	
MIN_{ijt} : حد پایین تولید عنصر j مربوط به اجزاء i در دوره t	پارامترها
MAX_{ijt} : حد بالای تولید عنصر j مربوط به اجزاء i در دوره t	
S_j : مقدار استاندارد عناصر j در دوره t	
Q_t : مقدار بنزینی که باید در دوره t تولید شود	
$F_{-Vapour\ pressure\ t}$: مقدار Vapour Pressure در دوره t	متغیرها
v_{ijt} : مقدار تولید عنصر j متعلق به اجزاء i در دوره t	متغیرهای مثبت
λ_{it} : مقدار مورد استفاده از اجزاء i در دوره t	

جدول ۹. روابط تابع هدف و محدودیت‌های مدل فرعی سوم.

روابط تابع هدف و محدودیت‌های مدل فرعی سوم			
مقدار متغیر برش‌ها در هر دوره را محاسبه می‌کند.	$Max(F) = \sum_{j \in J} \sum_{t \in T} w_j \cdot \sum_{j \in J} \frac{v_{ijt} \cdot \lambda_{ijt}}{Q_t}$	رابطه ۱	تابع هدف
مقدار متغیر فشاربخار در هر دوره را محاسبه می‌کند.	$F_{-vapour\ perssurq} = \sum_{t \in T} \sum_{i \in I} v_{i,vapour\ pressurq} \cdot \lambda_{i,vapour\ pressurq} \cdot Q_t$	رابطه ۲	
حد بالای و پایین تولید عناصر را تعیین می‌کند.	$MIN_{ijt} \leq v_{ijt} \leq MAX_{ijt} \quad \forall i \in I, j \in J, t \in T$	محدودیت ۱	محدودیت‌ها
مقدار تولید بنزین را محدود می‌کند.	$\sum_{i \in I} \lambda_{it} v_{ijt} = S_{jt} \cdot Q_t \quad \forall t \in T$	محدودیت ۲	
بیشتر از صفر بودن فشار بخار و مقدار برش‌ها را نشان می‌دهد.	$\lambda_{it} \cdot M \geq w_j \cdot \sum_{j \in J} v_{ijt} \quad \forall i \in I, t \in T$	محدودیت ۳	

با توجه به احتمال تغییر اهمیت مشخصات فرآورده بنزین در زمان آتی، از روش وزن دهی استفاده شده است. لیکن در این تحقیق هر سه متغیر دارای اهمیت یکسانی در مشخصات فرآورده بنزین دارند و از روش وزن دهی به صورت $w \text{ vapour pressure} = 1$ ، $w \text{ octane max} = 1$ ، $w \text{ octane min} = 1$ استفاده گردیده است.

تجزیه و تحلیل نتایج

در این تحقیق هدف طراحی و توسعه مدل بهینه‌سازی فرآورده بنزین در پالایشگاه نفت تحت شرایط خاص بوده است. با توسعه یک مدل برنامه‌ریزی غیرخطی و همچنین شناسایی استانداردهای بین‌المللی مؤلفه‌های اثرگذار در تولید فرآورده مطلوب بنزین، از حل مدل توسعه داده شده با سالور بارون در نرم‌افزار گمز نسخه ۲۴.۱.۲، ترکیب امتزاج بهینه در چهار دوره زمانی مختلف محاسبه شده است. سپس مقادیر برش‌های به دست آمده از نرم‌افزار گمز توسط برنامه اکسل متوسط گیری و نهایی شده است. جامعه آماری مجموعه برش‌های اثرگذار در تولید بنزین، فشار بخار، بنزن، اکتان در چهار دوره زمانی مختلف جهت تولید فرآورده بنزین مطابق با استانداردهای شرکت ملی پخش فرآورده‌های نفتی در یکی از پالایشگاه‌های نفت ایران است. آزمایش‌ها بر روی ۵۶ نمونه از بنزین یکی از پالایشگاه‌های نفت ایران صورت گرفته است. در جدول ۱۰، میزان بهینه متغیرهای اصلی نشان داده شده است.

جدول ۱۰. مقدار بهینه متغیرهای مسئله در چهار دوره زمانی مختلف.

متغیر	دوره زمانی			
	بهار	تابستان	پاییز	زمستان
فشار بخار	۶۲/۸۸	۶۳/۳۳	۶۲/۸۸	۶۱/۹
بنزن	۰	۰	۰	۰
اکتان	۸۷/۰۹	۸۷	۸۷/۰۹	۸۷/۱۸

مطابق با استاندارد فرآورده‌های نفتی، محدوده فشار بخار بنزین در بازه ۴۵ تا ۷۰ کیلوپاسکال، مقدار درصد حجمی بنزن بین ۰ تا ۲ و حداقل عدد اکتان ۸۷ از ملزومات تولید فرآورده بنزین مطابق با مشخصات استاندارد می‌باشد که نتایج مطلوب در جدول فوق حاصل گردیده است.

محاسبه مقادیر برش‌ها با توابع هدف مربوطه

مقادیر برش‌ها برای تابع هدف ۱ مدل فرعی اول، تابع هدف ۲ مدل فرعی دوم و تابع هدف ۳ مدل فرعی سوم در نرم‌افزار گمز کدنویسی شده و خروجی نرم‌افزار مطابق با جداول ۱۱، ۱۲ و ۱۳ حاصل شده است.

جدول ۱۱. مقادیر تابع هدف ۱ برش‌ها برای فصل‌های مختلف.

مقادیر برش‌ها	تابع هدف ۱			
	بهار	تابستان	پاییز	زمستان
۱	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰
۲	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰
۳	۳۵۸۵/۷۱	۳۵۸۵/۷۱	۳۵۸۵/۷۱	۳۵۸۵/۷۱
۴	۵۷/۱۴	۵۷/۱۴	۵۷/۱۴	۵۷/۱۴

مقادیر برش‌ها	تابع هدف ۱			
۵	۱۴۲/۸۵	۱۴۲/۸۵	۱۴۲/۸۵	۱۴۲/۸۵
۶	۱۴۲/۸۵	۱۴۲/۸۵	۱۴۲/۸۵	۱۴۲/۸۵
۷	۵۷۱/۴۲	۵۷۱/۴۲	۵۷۱/۴۲	۵۷۱/۴۲
۸	۳۱۴/۲۸	۳۱۴/۲۸	۳۱۴/۲۸	۳۱۴/۲۸
۹	۲۸۵/۷۱	۲۸۵/۷۱	۲۸۵/۷۱	۲۸۵/۷۱

جدول فوق با لحاظ مقدار بنزن هر کدام از برش‌ها در مقدار بهینه آن برش‌ها حاصل گردیده است.

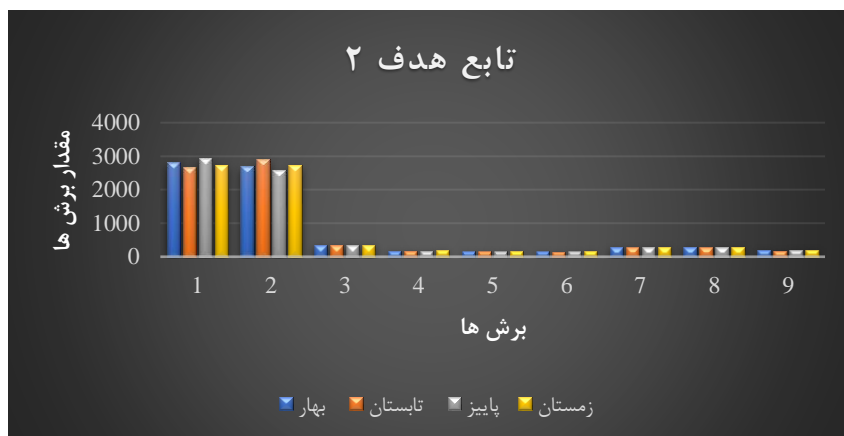


شکل ۱. تابع هدف ۱ برای فصل ۴.

جدول ۱۲. مقادیر تابع هدف ۲ برش‌ها برای چهار فصل.

برش	تابع هدف ۲			
	بهار	تابستان	پاییز	زمستان
۱	۲۸۱۴/۶۱	۲۶۵۸/۲۴	۲۹۲۶/۱۹	۲۷۴۵/۶۸
۲	۲۶۸۴/۴۴	۲۸۹۹/۹۵	۲۵۷۲/۸۵	۲۷۱۷/۸۷
۳	۳۵۰/۹۴	۳۴۷	۳۵۰/۹۴	۳۵۴/۸۸
۴	۱۷۷/۴۴	۱۶۹/۵۵	۱۷۷/۴۴	۱۸۹/۲۷
۵	۱۵۷/۷۲	۱۵۲/۷۸	۱۵۷/۷۲	۱۶۱/۶۷
۶	۱۵۷/۷۲	۱۴۹/۸۴	۱۵۷/۷۲	۱۶۱/۶۷
۷	۲۷۶/۰۲	۲۷۲/۰۸	۲۷۶/۷۲	۲۷۹/۹۶
۸	۲۸۳/۹۱	۲۷۲/۰۸	۲۸۳/۹۱	۲۸۷/۸۵
۹	۱۹۷/۷۶	۱۷۷/۴۴	۱۹۷/۱۶	۲۰/۱

جدول فوق با لحاظ تابع هدف ۲ هر کدام از برش‌ها در مقدار بهینه آن برش‌ها حاصل گردیده است.

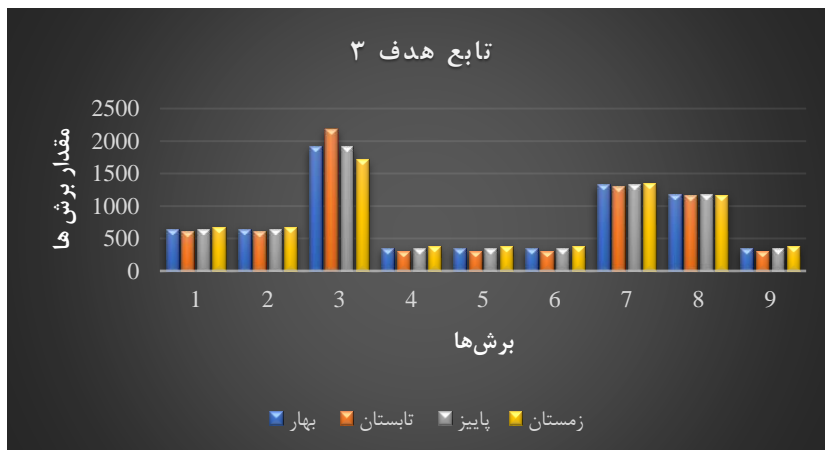


شکل ۲. تابع هدف ۲ برای چهار فصل.

جدول ۱۳. مقادیر تابع هدف ۳ برش ها برای چهار فصل.

برش	تابع هدف ۳			
	بهار	تابستان	پاییز	زمستان
۱	۶۴۰/۱۳	۶۰۵/۵۳	۶۴۰/۱۳	۶۷۴/۷۴
۲	۶۴۰/۱۳	۶۰۵/۵۳	۶۴۰/۱۳	۶۷۴/۷۴
۳	۱۹۲۶/۹۸	۲۱۸۶/۵	۱۹۲۶/۹۸	۱۷۱۲/۸
۴	۳۴۶/۰۲	۳۱۱/۴۱	۳۴۶/۰۲	۳۸۰/۶
۵	۳۴۶/۰۲	۳۱۱/۴۱	۳۴۶/۰۲	۳۸۰/۶
۶	۳۴۶/۰۲	۳۱۱/۴۱	۳۴۶/۰۲	۳۸۰/۶
۷	۱۳۳۲/۱۷	۱۲۹۷/۵۷	۱۳۳۲/۱۷	۱۳۴۹/۴۸
۸	۱۱۷۶/۴۷	۱۱۵۹/۱۶	۱۱۷۶/۴۷	۱۱۶۵/۷۴
۹	۳۴۶/۰۲	۳۱۱/۴۱	۳۴۶/۰۲	۳۸۰/۶۲

جدول فوق با لحاظ فشار بخار هر کدام از برش ها در مقدار بهینه آن برش ها حاصل گردیده است.



شکل ۳. تابع هدف ۳ برای چهار فصل.

جدول ۱۴. نتایج میزان امتزاج و مقادیر اکتان، فشار بخار و بنزن هر برش.

نام برش	متغیر	دوره زمانی			
		بهار	تابستان	پاییز	زمستان
پلاتفرمیت ۱	اکتان	۳۷	۳۵	۳۷	۳۹
	بنزن	۹۴	۹۴	۹۴	۹۴
	مقدار	۰.۰۳۵	۰.۰۳۵	۰.۰۳۵	۰.۰۳۵
	فشار بخار	۱۴۸۴/۹	۱۴۲۱/۲۶	۱۵۲۲/۱۱	۱۴۷۳/۴۷
پلاتفرمیت ۲	اکتان	۳۷	۳۵	۳۷	۳۹
	بنزن	۹۴	۹۴	۹۴	۹۴
	مقدار	۰.۰۳۵	۰.۰۳۵	۰.۰۳۵	۰.۰۳۵
	فشار بخار	۱۴۴۱/۵	۱۵۰۱/۸۳	۱۴۰۴/۳	۱۴۶۴/۲
ایزومریت	اکتان	۹۸	۹۶	۹۸	۹۹
	بنزن	۸۹	۸۸	۸۹	۹۰
	مقدار	۰	۰	۰	۰
	فشار بخار	۱۹۵۴/۵	۲۰۳۹/۷۴	۱۸۵۴/۵	۱۸۸۴/۴
نفتای (تصفیه نفت سفید)	اکتان	۲۰	۱۸	۲۰	۲۲
	بنزن	۴۵	۴۳	۴۵	۴۸
	مقدار	۰.۰۰۲	۰.۰۰۲	۰.۰۰۲	۰.۰۰۲
	فشار بخار	۱۹۳/۵۳	۱۷۹/۳۶	۱۹۳/۵۳	۲۰۹
نفتای سنگین آیزوماکس ۱	اکتان	۲۰	۱۸	۲۰	۲۲
	بنزن	۴۰	۳۹	۴۰	۴۱
	مقدار	۰.۰۰۵	۰.۰۰۵	۰.۰۰۵	۰.۰۰۵
	فشار بخار	۲۱۵/۵۳	۲۰۲/۶۸	۲۱۵/۵۳	۲۲۸/۳۷
نفتای سنگین آیزوماکس ۲	اکتان	۲۰	۱۸	۲۰	۲۲
	بنزن	۴۰	۳۸	۴۰	۴۱

نام برش	متغیر	دوره زمانی				
		فشار بخار	بهار	تابستان	پاییز	زمستان
نفتای سبک تقطیر	مقدار	۰.۰۰۵	۰.۰۰۵	۰.۰۰۵	۰.۰۰۵	۰.۰۰۵
	فشار بخار	۲۱۵/۵۳	۲۰۲/۶۸	۲۱۵/۵۳	۲۲۸/۳۷	۲۲۸/۳۷
	اکتان	۷۷	۷۵	۷۷	۷۸	۷۸
	بنزن	۷۰	۶۹	۷۰	۷۱	۷۱
	مقدار	۰.۰۲	۰.۰۲	۰.۰۲	۰.۰۲	۰.۰۲
	فشار بخار	۷۲۶/۵۳	۷۱۳/۶۹	۷۲۶/۷۷	۷۳۳/۶۲	۷۳۳/۶۲
نفتای سبک آیزوماکس	اکتان	۶۸	۶۷	۶۸	۶۷	۶۷
	بنزن	۷۲	۶۹	۷۲	۷۳	۷۳
	مقدار	۰.۰۱۱	۰.۰۱۱	۰.۰۱۱	۰.۰۱۱	۰.۰۱۱
	فشار بخار	۵۹۱/۵۵	۵۸۱/۸۴	۵۹۱/۵۵	۵۸۹/۲۹	۵۸۹/۲۹
نفتای سنگین تقطیر	اکتان	۲۰	۱۸	۲۰	۲۲	۲۲
	بنزن	۵۰	۴۵	۵۰	۵۱	۵۱
	مقدار	۰.۰۱	۰.۰۱	۰.۰۱	۰.۰۱	۰.۰۱
	مقدار	۲۷۶/۴۹	۲۵۸/۱۸۷	۲۷۶/۲۹۷	۲۸۹/۱۴	۲۸۹/۱۴

مطابق با جدول فوق و به منظور تولید ۷۱۰۰ مترمکعب بنزین در فصل بهار به تفکیک، پلاتفرمیت ۱: ۱۴۸۴ مترمکعب در روز، پلاتفرمیت ۲: ۱۴۴۱ مترمکعب در روز، ایزومر: ۱۹۵۴ مترمکعب در روز، نفتای واحد تصفیه نفت سفید ۱۹۳ مترمکعب در روز، نفتای سنگین آیزوماکس ۱ و ۲: ۲۱۵ مترمکعب در روز، نفتای سبک تقطیر: ۷۲۶ مترمکعب در روز، نفتای سبک آیزوماکس: ۵۹۱ مترمکعب در روز و نفتای سنگین تقطیر ۲۷۶ مترمکعب در روز حاصل شده است. مقادیر برش‌های مذکور برای فصل تابستان پلاتفرمیت ۱: ۱۴۲۱ مترمکعب در روز، پلاتفرمیت ۲: ۱۵۰۱ مترمکعب در روز، ایزومر: ۲۰۳۹ مترمکعب در روز، نفتای واحد تصفیه نفت سفید ۱۷۹ مترمکعب در روز، نفتای سنگین آیزوماکس ۱ و ۲: ۲۰۲ مترمکعب در روز، نفتای سبک تقطیر: ۷۱۳ مترمکعب در روز، نفتای سبک آیزوماکس: ۵۸۱ مترمکعب در روز و نفتای سنگین تقطیر ۲۵۸ مترمکعب در روز، برای فصل پاییز پلاتفرمیت ۱: ۱۵۲۲ مترمکعب در روز، پلاتفرمیت ۲: ۱۴۰۴ مترمکعب در روز، نفتای سبک آیزوماکس: ۱۸۵۴ مترمکعب در روز، نفتای واحد تصفیه نفت سفید ۱۹۳ مترمکعب در روز، نفتای سنگین آیزوماکس ۱ و ۲: ۲۱۵ مترمکعب در روز، نفتای سبک تقطیر: ۷۲۶ مترمکعب در روز، نفتای سبک آیزوماکس: ۵۹۱ مترمکعب در روز و نفتای سنگین تقطیر ۲۷۶ مترمکعب در روز و برای فصل زمستان پلاتفرمیت ۱: ۱۴۷۳ مترمکعب در روز، پلاتفرمیت ۲: ۱۴۶۴ مترمکعب در روز، ایزومر: ۱۸۸۴ مترمکعب در روز، نفتای واحد تصفیه نفت سفید ۲۰۹ مترمکعب در روز، نفتای سنگین آیزوماکس ۱ و ۲: ۲۲۸ مترمکعب در روز، نفتای سبک تقطیر: ۷۳۳ مترمکعب در روز، نفتای سبک آیزوماکس: ۵۸۹ مترمکعب در روز و نفتای سنگین تقطیر ۲۸۹ مترمکعب در روز حاصل شده است. همان‌گونه که ملاحظه می‌گردد در فصل تابستان، فشار بخار کلیه برش‌های اثرگذار در تولید فرآورده بنزین دارای مقدار کمتری، نسبت به فصل بهار هستند که با توجه به گرم بودن هوای تابستان نسبت به بهار، این موضوع کاملاً منطقی است. در فصل گرم سال، کم بودن فشار بخار برش‌های تولیدکننده بنزین و در نهایت فرآورده بنزین، ارتباط مستقیم با احترام به حقوق مصرف‌کنندگان دارد. چراکه در صورت عدم رعایت موضوع فوق، کاهش حجم بنزین خریداری شده توسط مشتری در هنگام شارژ نمودن باک خودرو، قطعی است. ضمناً موضوع کاهش فشار بخار بنزین در فصل گرم نسبت به فصل بهار، از لحاظ ایمنی نیز بسیار حائز اهمیت است. به منظور تحلیل بیشتر بر روی نتایج مدل، با تغییر مقدار $MaxOctane,t$ ، تحلیل مدل ادامه داده شده است. پرواضح است که اگر مقدار $MaxOctane,t$ برش ۴ در فصل بهار افزایش داده شود با

توجه به ماکزیمم کردن تابع هدف، مدل سعی می‌کند بیشترین مقدار را از افزایش این پارامتر کسب کند در نتیجه مقدار آن را زیادتر می‌کند و از طرفی با توجه به افزایش $V_{octane_{max,t}}$ مقدار λ_{4t} طوری تنظیم می‌شود که این محدودیت $\sum_{i \in I} \lambda_{it} v_{ijt} = S_{jt}$ همواره برقرار باشد و از نشدنی شدن مسئله جلوگیری کند. همچنین مقدار $Max_{Octane,t}$ برش ۴ را با توجه حد پایینی خود $Min_{Octane,t}$ بیش از ۵ درصد نمی‌توان کاهش داد چراکه منجر به نشدنی شدن مدل خواهد شد. در جدول ۱۵ تغییرات مجاز و نتایج نشان داده شده است.

جدول ۱۵. تحلیل حساسیت پارامتر $Max_{Octane,t}$ برش ۴.

پارامتر	تابع هدف مقدار برش ۴	تابع هدف مقدار اکتان ماکزیمم	تغییرات مقدار اکتان ماکزیمم
	۲۵۶/۳۰۹۱	۸۷/۲۷۲۱	+۴۰٪
	۲۲۰/۸۲۰۴	۸۷/۱۳۷۱	+۲۰٪
$Max_{Octane,t}$	۱۷۷/۴۴۴۸	۸۷/۰۹	۰
	۱۷۷	۸۷/۰۸	-۱۰٪
	حل نشدنی	حل نشدنی	-۵٪

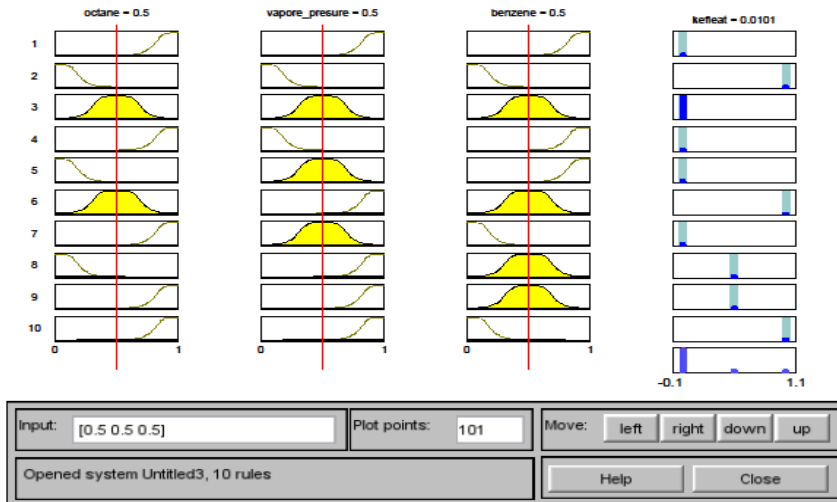
کیفیت فرآورده بنزین متأثر از متغیرهای عدد اکتان، فشار بخار و بنزن

میزان کیفیت فرآورده بنزین متأثر از متغیرهای عدد اکتان، فشار بخار و بنزن فرآورده بنزین در قالب ۱۰ قاعده با بخش فازی نرم‌افزار متلب ارزیابی گردیده است. قواعد به کار رفته به شرح جدول ۱۶ می‌باشند. به‌منظور تحلیل حساسیت و یافتن بازه متغیرهای عدد اکتان، فشار بخار و بنزن، شاخص در بدترین حالت و بهترین حالت قرار داده شده است که حساسیت کیفیت بنزین در بازه ۰/۰۰۰۵ تا ۰/۰۱ نتیجه گردیده است.

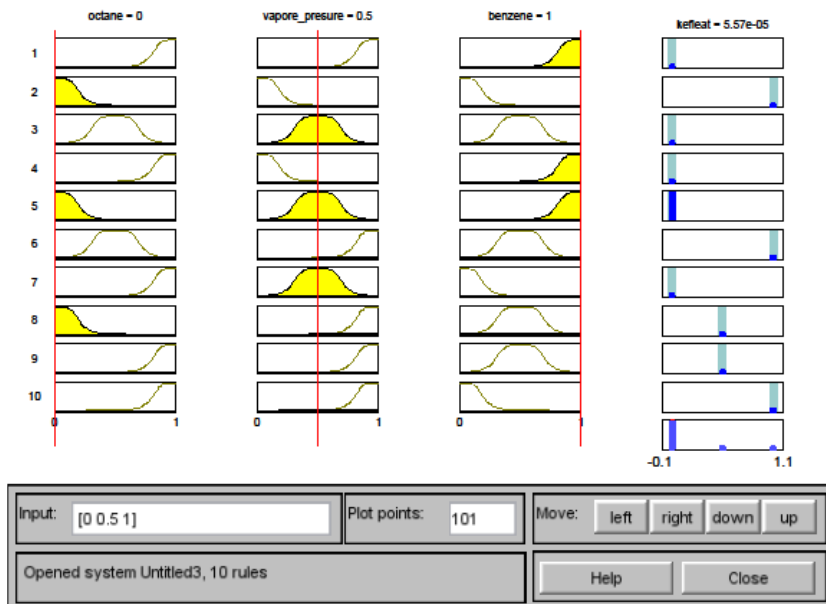
جدول ۱۶. کیفیت فرآورده بنزین متأثر از متغیرهای عدد اکتان، فشار بخار و بنزن.

ردیف	عدد اکتان	فشار بخار	مقدار بنزن	رضایتمندی مشتری
۱	پایین	پایین	پایین	پایین
۲	متوسط	متوسط	متوسط	متوسط
۳	بالا	بالا	بالا	پایین
۴	پایین	متوسط	پایین	پایین
۵	متوسط	بالا	پایین	پایین
۶	بالا	پایین	بالا	متوسط
۷	پایین	بالا	متوسط	پایین
۸	متوسط	پایین	بالا	بالا
۹	پایین	پایین	بالا	بالا
۱۰	پایین	پایین	متوسط	متوسط

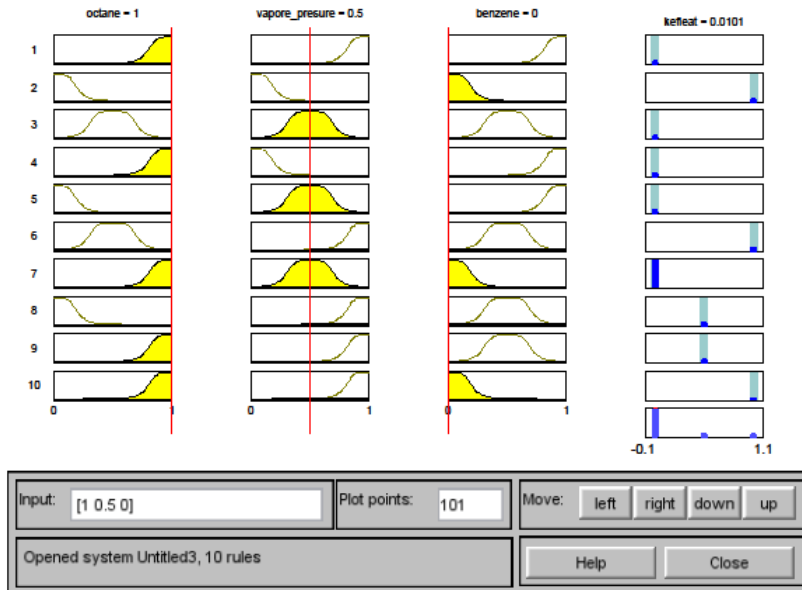
که با استفاده از ممدانی به‌صورت زیر نتیجه‌گیری می‌شود.



شکل ۴. خروجی رضایتمندی مشتری در حالت میانه مقادیر عدد اکتان، فشار بخار و بنزن.



شکل ۵. خروجی رضایتمندی مشتری در بدترین مقادیر عدد اکتان، فشار بخار و بنزن.



شکل ۶. خروجی رضایتمندی مشتری در بهترین مقادیر عدد اکتان، فشار بخار و بنزین.

نتیجه‌گیری

هدف اصلی در این پژوهش، توسعه مدل برنامه‌ریزی غیرخطی جهت بهینه‌سازی تولید فرآورده بنزین در پالایشگاه نفت در شرایط خاص شامل لحاظ نمودن فشار بخار، مقدار بنزین، عدد اکتان در تولید فرآورده بنزین است. به‌منظور حل مسئله، مدل کلی بهینه‌سازی تولید پالایشگاه به سه مدل فرعی تجزیه گردید. ابتدا بر اساس مقدار استاندارد بنزین نهایی و برش‌های امتزاج شده جهت تولید بنزین، مدل فرعی اول، سپس بر اساس مقدار استاندارد عدد اکتان بنزین نهایی و برش‌های امتزاج شده جهت تولید بنزین، مدل فرعی دوم و در نهایت بر اساس فشار بخار مقدار بنزین نهایی و برش‌های امتزاج شده به‌منظور تولید بنزین استاندارد، مدل فرعی سوم ایجاد و با هدف بهینه‌سازی نسبت اختلاط و تقاضای اجزاء، ایجاد شد. سپس مقادیر بهینه به‌دست‌آمده برش‌ها برای سه متغیر عدد اکتان، فشار بخار و بنزین، در چهار فصل و برای تولید مقدار مشخصی از فرآورده بنزین استاندارد حاصل گردید. بنابراین، از طریق تجزیه مدل کلی بهینه‌سازی تولید و حل سه مدل فرعی به‌طور متوالی، راه‌حل بهینه مدل کلی تولید فرآورده بنزین پالایشگاه به دست آمد. مدل با استفاده از نرم‌افزار گمز نسخه ۲۴.۱.۲ کد نویسی و اجرا شد. با توجه به این‌که مدل مسئله از نوع برنامه‌ریزی غیرخطی است، به‌منظور حل دقیق مدل از سالور بارون^۱ استفاده گردید. سپس مقادیر برش‌های به‌دست‌آمده از نرم‌افزار گمز توسط برنامه اکسل متوسط گیری و سپس به‌صورت عملی در آزمایشگاه، آزمایش گردید. مقدار برش‌ها جهت تولید ۷۱۰ مترمکعب بنزین در فصل بهار به تفکیک، پلانفرمیت ۱: ۱۴۸۴ مترمکعب در روز، پلانفرمیت ۲: ۱۴۴۱ مترمکعب در روز، ایزومر: ۱۹۵۴ مترمکعب در روز، نفتای واحد تصفیه نفت سفید ۱۹۳ مترمکعب در روز، نفتای سنگین آیزوماکس ۱ و ۲: ۲۱۵ مترمکعب در روز، نفتای سبک تقطیر: ۷۲۶ مترمکعب در روز، نفتای سبک آیزوماکس: ۵۹۱ مترمکعب در روز و نفتای سنگین تقطیر ۲۷۶ مترمکعب در روز حاصل شده است. مقادیر برش‌های مذکور برای فصل تابستان پلانفرمیت ۱: ۱۴۲۱ مترمکعب در روز، پلانفرمیت ۲: ۱۵۰۱ مترمکعب در روز، ایزومر: ۲۰۳۹ مترمکعب در روز، نفتای واحد تصفیه نفت سفید ۱۷۹

¹ Salver Baron

مترمکعب در روز، نفتای سنگین آیزوماکس ۱ و ۲: ۲۰۲ مترمکعب در روز، نفتای سبک تقطیر: ۷۱۳ مترمکعب در روز، نفتای سبک آیزوماکس: ۵۸۱ مترمکعب در روز و نفتای سنگین تقطیر: ۲۵۸ مترمکعب در روز، برای فصل پاییز پلاتفرمیت ۱: ۱۵۲۲ مترمکعب در روز، پلاتفرمیت ۲: ۱۴۰۴ مترمکعب در روز، ایزومر: ۱۸۵۴ مترمکعب در روز، نفتای واحد تصفیه نفت سفید ۱۹۳ مترمکعب در روز، نفتای سنگین آیزوماکس ۱ و ۲: ۲۱۵ مترمکعب در روز، نفتای سبک تقطیر: ۷۲۶ مترمکعب در روز، نفتای سبک آیزوماکس: ۵۹۱ مترمکعب در روز و نفتای سنگین تقطیر ۲۷۶ مترمکعب در روز و برای فصل زمستان پلاتفرمیت ۱: ۱۴۷۳ مترمکعب در روز، پلاتفرمیت ۲: ۱۴۶۴ مترمکعب در روز، ایزومر: ۱۸۸۴ مترمکعب در روز، نفتای واحد تصفیه نفت سفید ۲۰۹ مترمکعب در روز، نفتای سنگین آیزوماکس ۱ و ۲: ۲۲۸ مترمکعب در روز، نفتای سبک تقطیر: ۷۳۳ مترمکعب در روز، نفتای سبک آیزوماکس: ۵۸۹ مترمکعب در روز و نفتای سنگین تقطیر ۲۸۹ مترمکعب در روز حاصل شده است.

قدردانی

مقاله حاضر منتج از رساله دکتری رشته مدیریت صنعتی است، لذا از کلیه استادان گران قدری که بزرگوارانه من را در انجام این پژوهش یاری کرده‌اند بسیار سپاسگزاری می‌نمایم.

References

- [1] Nalinakshan, S., Sivasubramanian, V., Ravi, V., Vasudevan, A., Sankar, M. S. R., & Arunachalam, K. (2019). Progressive crude oil distillation: An energy-efficient alternative to conventional distillation process. *Fuel*, 239(2), 1331-1337. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2018.11.033>
- [2] Farahmand, S., Habibi, A., & Mohammadi, M. (2018). Waste Cooking Oil Conversion to the Biofuel. *Karafan Quarterly Scientific Journal*, 15(2), 67-78. https://karafan.tvu.ac.ir/article_100524.html?lang=en
- [3] Sekar, A., Varghese, G. K., & Varma, M. R. (2019). Analysis of benzene air quality standards, monitoring methods and concentrations in indoor and outdoor environment. *Heliyon*, 5(11), e02918. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e02918>
- [4] Hassani Khorshidi, F., Azizi, M., Zare Hossein Abadi, H., & Faezipour, M. (2020). Identification and Explanation of Cleaner Production Indicators and Solutions in Medium Density Fiberboard (MDF) Factory. *Karafan Quarterly Scientific Journal*, 17(2), 69-83. <https://doi.org/10.48301/kssa.2020.119213>
- [5] Patrascioiu, C., Doicin, B., & Stamatescu, G. (2015). Optimal blending study for the commercial gasoline. *Computer Aided Chemical Engineering*, 37, 215-220. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-63578-5.50031-1>
- [6] Babazadeh, R., & Pashazadeh, S. (2017, December 23). *Optimal Planning for Production, Distribution and Storage of Gasoline from Refinery to Consumption Points*. Third Annual Conference on Business Management and Economics, Tehran, Iran. <https://civilica.com/doc/743335/>
- [7] Beigi, A., Zahedi Abghari, S., & Hallaj Thani, A. (2017, April 28). *Optimization of catalytic failure unit to improve the quality and increase gasoline production while reducing unit pollution* 4th International Conference on Oil, Gas and Petrochemical, Tehran, Iran. <https://civilica.com/doc/640730/>
- [8] Gaspar, D. J., Phillips, S. D., Polikarpov, E., Albrecht, K. O., Jones, S. B., George, A., Landera, A., Santosa, D. M., Howe, D. T., Baldwin, A. G., & Bays, J. T. (2019).

- Measuring and predicting the vapor pressure of gasoline containing oxygenates. *Fuel*, 243(3), 630-644. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2019.01.137>
- [9] Salem, E., El-Garawani, I., Allam, H., El-Aal, B., & Hegazy, M. (2017). Genotoxic effects of occupational exposure to benzene in gasoline station workers. *Industrial Health*, 56(2), 132-140. <https://doi.org/10.2486/indhealth.2017-0126>
- [10] Gao, X., Huang, D., Jiang, Y., & Chen, T. (2018). A decision tree based decomposition method for oil refinery scheduling. *Chinese Journal of Chemical Engineering*, 26(8), 1605-1612. <https://doi.org/10.1016/j.cjche.2017.10.006>
- [11] Sutanto, C., & Yang, Y. (2017, November 6-7). *A scenario-based approach for smart system control and optimization*. 2017 IEEE Green Energy and Smart Systems Conference, Long Beach, CA, USA. <https://doi.org/10.1109/IGESC.2017.8283459>
- [12] He, G., Liang, Y., Fang, L., Zheng, Q., & Sun, L. (2016, September 26-30). *Optimization of Planning and Scheduling of Refinery Product Based on Downstream Requirements*. 11th International Pipeline Conference Calgary, Alberta, Canada. <https://asmedigitalcollection.asme.org/IPC/proceedings-abstract/IPC2016/50275/V003T04A028/266925>