

بهینه سازی درصد ترکیب بنزین پیرولیز و بررسی تبدیل آن به بنزین موتور در شرایط خاص

سعید سلیمیان^۱

مجید بروجرديان^۲

اراک، خیابان جهاد، خیابان خیام ۱، کوچه ی حافظ ۲، کد پستی ۳۸۱۸۹۹۵۷۹۷، تلفن: ۰۸۶۱۳۱۳۸۵۶۰ و ۰۹۱۸۳۶۲۴۰۷۵، مجید بروجرديان

M_borojerdian@yahoo.com

چکیده :

در شرایط کنونی که مواد خام صنایع پتروشیمی با قیمت روز افزون مواجه می باشد و بازارهای هدف را رقبای جدید مورد توجه قرار داده اند لازم است ضمن حفظ کیفیت محصول هزینه های تولید کاهش یافته و قیمت تمام شده به حداقل ممکن برسد ، در این راستا روشهای افزایش سود در نظر قرار می گیرد . یکی از این روشها افزایش سخت افزاری تولید می باشد که با هزینه های فراوان خرید ، نصب و راه اندازی تجهیزات جدید همراه است . روش دیگر بهینه سازی تولید با حفظ شرایط موجود (هزینه ها ، تجهیزات ، کارکنان و ...) است که بصورت نرم افزاری و با هزینه ی بسیار اندک قابل اجرا است . در روش دوم با استفاده از مدل سازی و برنامه ریزی خطی می توان درصد ترکیب محصول را در حالت حداکثر سود بدست آورده و با بررسی کیفی چند نمونه آزمایشگاهی از محصول به ضرایب تصحیح نیز دست پیدا کرد و در نهایت آنرا در اندازه ی اصلی اجرا نمود . یکی از محصولات صادراتی پتروشیمی بنزین پیرولیز است که با توجه به دارا بودن درصد بالای آروماتیک مورد توجه خریداران خارجی است . در بخش اول این پژوهش به بررسی روش دوم (مدل سازی و برنامه ریزی خطی) در مورد آن پرداخته شده است . در ادامه نظر به شرایط خاص کشورمان و احتمال تحریم نفتی که منجر به قطع صادرات بنزین پیرولیز و منع واردات بنزین موتور خواهد شد ناگزیر باید جهت رفع نیاز داخلی و به حداقل رساندن ضرردهی توان تبدیل بنزین پیرولیز به بنزین موتور (بدون هزینه های سخت افزاری که آنها نیز شامل تحریم می باشند) را داشته باشیم . از این جهت چرخش کاربری از تولید بنزین پیرولیز به بنزین موتور با روش مدل سازی و برنامه ریزی خطی بررسی شده و ترکیب درصد بهینه در راستای سودآوری ارائه گردیده که نتایج بصورت عملی در آزمایشگاه سنجیده شده است .

واژه های کلیدی : بهینه سازی ، مدل سازی ، برنامه ریزی خطی ، بنزین

۱ - مقدمه

^۱ - کارشناس مهندسی شیمی - صنایع پتروشیمی و دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی صنایع - مدیریت سیستم و بهره وری
^۲ - کارشناس مهندسی شیمی - صنایع پتروشیمی و دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی صنایع - مدیریت سیستم و بهره وری

امروزه در دنیا در تمامی صنایع و سیستمهای تولیدی و یا حتی خدماتی و در مورد تمامی منابع و انرژیها مدل سازی و به طبع آن بهینه سازی دارای اهمیت خاصی است و یکی از مواردی است که حتی پیش از آغاز به کار لحاظ می شود [۷].
از میان روشهای گوناگون مدل سازی روش خطی بعلت استفاده ی آسانتر و پاسخگویی سریع تر این روش مورد توجه می باشد و با میزان خطای کم و قابل اغماض نتایج حاصل از این روش قابلیت استفاده در عمل را دارد [۲] و [۳] و [۴] و [۶].
روش مدل سازی خطی یکی از کاربردی ترین روشها در مدل سازی در ریاضیات مهندسی به شمار می آید [۱] که این روش در مباحث تصمیم گیری نیز ارائه می شود [۵].

بنابراین با حذف سوبسید خوراک پتروشیمی اراک باعث می شود سود واحد بنزین پیرولیز (PGH) به صفر برسد (گزارشات سود نه ماهی اول ۱۳۸۵)، ما بر آن شدیم تا با مدل سازی خوراک و محصولات این واحد، مخلوطی بهینه را بدست آوریم که ضمن حفظ کیفیت و یا حتی ارتقاء آن، سود آوری را تضمین کند.

یکی از گزینه ها استفاده از خوراک نفتای سبک (LN) در محصول بود. با این گزینه C6 که یکی از محصولات با ارزش می باشد و دارای درصد بالایی بنزن است در محصول به کار گرفته می شود.

گزینه ی بعدی حذف C6 از مخلوط به کار رفته در محصول و استفاده از نفت سفید ارسالی از پالایشگاه اراک (به عنوان خوراک پتروشیمی) بود. در این گزینه علاوه بر حذف C6 از مواد مخلوط در محصول، مخلوط جدیدی بدست آمد که شامل: نفت سفید، نفتای سبک، C5 و C7 می باشد.

محاسبات بصورت تئوری (نتیجه ی مدل سازی) و عملی (نتایج آزمایشگاه) صورت گرفت و نتایج با هم مقایسه شد و سپس خطای موجود که به دلیل خطی نبودن چند محدودیت و متغیر بودن خواص هر یک از مواد به کار رفته در محصول در روزهای مختلف بود، بدست آمد. در نهایت درصد اجزاء مخلوط بهینه و سود (به ریال) به ازاء هر تن محاسبه گردید. همچنین صحت محاسبات با نتایج آزمایشگاهی تثبیت شد.
محققین این مقاله ابتدا واحد PGH را و در مرحله ی بعد تولید در این واحد با استفاده از LN و در مرحله ی بعد تولید با استفاده از نفت سفید و نفتای سبک را مدل سازی و بهینه سازی نموده اند و در ادامه به بررسی تبدیل آن به بنزین موتور در شرایط خاص پرداختند که بعلت محدودیت در طول مقاله فقط مورد "تولید با استفاده از نفت سفید و نفتای سبک در محصول و حذف C6" در این مقاله ارائه می شود.

۲- متن اصلی

۲-۱- نفت سفید(kerosene)

نفت سفید به عنوان یکی از خوراک های واحد الفین استفاده می شود و نسبت به نفتا سبک دارای نقاط ضعف

می باشد:

- . کمتر بودن درصد تبدیل به اتیلن
- . قیمت مساوی نفتا سبک یا بیشتر از آن

با در نظر گرفتن این دو گزینه و در شرایطی که می توان از نفتا سبک برای تولید استفاده نمود می توان از نفت سفید به عنوان یکی از ترکیبات بنزین نهایی استفاده نمود.

۲-۲- طرح

در این طرح واحد بنزین پیرولیز (PGH) با به کار گرفتن نفتا سبک (LN) و نفت سفید(KEROSENE)

به صورت خطی مدل سازی شده است.

۲-۳- مزایای طرح

- ۱- استفاده از نفت سفید (KEROSENE) برای تهیه بنزین نهایی
- ۲- استفاده از نفتا سبک (LN) برای تهیه بنزین نهایی.
- ۳- انعطاف پذیری محاسبات برای بررسی قیمت های جدید.
- ۴- این کار بدون هیچ تغییری در روند عملیات کنونی واحد انجام می گیرد.
- ۵- کل C6 تولیدی به عنوان محصول به فروش می رسد.

۲-۴- نکات

- قیمت ها بر اساس قیمت های دی و بهمن ۱۳۸۶ می باشد. (جدول ۲)
- قیمت نفت سفید برابر قیمت نفتا سبک در نظر گرفته شده است.
- با توجه به تولید بنزین خام در واحد الفین و عدم نیاز به خرید آن از بازار، هزینه عملیات در قیمت خوراک در نظر گرفته شده است.

قیمت خوراک = قیمت تمام شده بنزین خام + هزینه عملیات واحد PGH

- خوراک واحد با توجه به شرایط عملیاتی ، حداکثر ممکن در نظر گرفته شده است.
- تعدادی از خواص محصول (مخلوط C5, C6, C7, LN, KEROSENE) به صورت خطی رفتار نمی کنند ولی می توان با تقریب آنها را خطی فرض کرد.

۲-۵- شرح

در شکل ۱ ، دیاگرام واحد بنزین پیرولیز (PGH) پتروشیمی اراک نشان داده شده است و هر یک از جریانات

در جدول ۱ نشان داده شده است.

تعداد واحد های فرآیندی در این دیاگرام یک واحد می باشد. یک واحد به عنوان قسمت اختلاط محصولات واحد فرآیندی در نظر گرفته شده است که در آن محصول بنزین نهایی ساخته میشود. کل C6 تولیدی فروخته می شود و تانکهای برای ذخیره سازی C5 و C7 در نظر گرفته شده است تا در صورت اضافه بودن این محصولات ، در تانکها نگهداری شده و در زمان مقتضی تصمیم گیری شود.

محصولاتی که قابل فروش هستند ، بنزین نهایی ، C6 و محصول سنگین HE و اضافی محصول C5 و C7 در صورت موجود بودن ، می باشند. قیمت هر یک از این محصولات در جدول ۲ ارائه شده است. خوراک اصلی واحد PGH بنزین خام می باشد که قیمت آن و همچنین قیمت نفتا سبک و نفت سفید، که به عنوان ماده خام شرکت کننده در تهیه بنزین نهایی به کار می رود، نیز در جدول ۲ آورده شده است.

قیمت بنزین خام (RG) ، نفتا سبک (LN) و محصول نهایی (PG) بر اساس قیمت های بهمن ۱۳۸۶ حسابداری صنعتی و محصول سنگین (HE) و برش شش کربن (C6) بر اساس قیمت های CFO و بنزین ارائه شده توسط شرکت بازرگانی پتروشیمی در سایت مربوط ، مورخ ۸۶/۱۲/۲۶ برای فروش داخل محاسبه گردیده است. همچنین قیمت نفت سفید در مبادلات برابر نفتا سبک در نظر گرفته می شود.

هدف از این برنامه ریزی حداکثر سازی سود می باشد. بنابراین تابع هدف باید بر مبنای MAX نوشته شود. جریان های خوراک بنزین خام، نفت سفید و نفتا سبک ، چون هزینه هستند با علامت منفی وارد تابع هدف می شوند (خوراک این واحد در پتروشیمی اراک تولید می شود و بلافاصله به این واحد منتقل می گردد. قیمت در نظر گرفته شده ، قیمت فروش بنزین خام است نه قیمت تمام شده آن ، بنابر این هزینه

فرآیند نیز در همان مبلغ در نظر گرفته شده است). جریانهای محصول سنگین ، C6 و بنزین نهایی به دلیل سودآور بودن آنها با علامت مثبت وارد تابع هدف می شوند.

پس می توان تابع هدف را به این صورت نوشت :

$$MaxZ = -7495800 * X1 + 3580000 * X2 + 8968000 * X7 - 7495800 * X12 + 8370000 * X13 - 749580 * X14$$

پس از نوشتن تابع هدف، محدودیت های مساله را به شکل معادله می نویسیم:

محدودیت اول : در قسمت اختلاط مواد و ساخت محصول نهایی است. این محدودیت یک محدودیت کمی است و بر اساس جرم مواد تن در ساعت در نظر گرفته می شود:

$$X9 + X10 + X11 + X12 + X14 - X13 = 0$$

محدودیت های دوم تا دهم محدودیت های کیفی هستند که محصول نهایی باید آنها را دارا باشد. در واقع تعدادی از این محدودیت ها در مخلوط به صورت خطی رفتار نمی کنند ولی می توان آنها را تقریباً خطی در نظر گرفت. این محدودیت ها بر اساس جدول ۳ و بر مبنای خواص هر کدام از جریانهای C5 و C6 و C7 و نفت سفید و نفتای سبک برای هر یک از جریان های ورودی و خروجی به قسمت اختلاط مواد نوشته می شود. .

محدودیت یازدهم : بیشترین ظرفیت واحد PGH است. این واحد که شامل دو بخش فرآیندی مجزا و هم شکل می باشد که هر بخش به صورت عملیاتی حداکثر ۱۶ تن در ساعت خوراک دریافت می کند:

$$X1 \leq 32$$

محدودیت های بعدی (دوازدهم تا پانزدهم) شامل درصد تبدیل جرمی خوراک به هریک از محصولات میانی است. این درصدها بر اساس گزارشات مهندسی فرآیند در ماههای دی و بهمن ۱۳۸۶ بدست آمده است. محدودیت های شانزدهم تا هجدهم ، بالانس جرمی مقادیر محصولات میانی می باشند. این محصولات ممکن است برای ساخت محصول نهایی استفاده شوند ، همچنین می توانند در مخزن ذخیره شوند یا به فروش برسند.

۳ - مدل نهایی :

$$MaxZ = -749580 * X_1 + 358000 * X_2 + 896800 * X_7 - 749580 * X_{12} + 837000 * X_{13} - 749580 * X_{14}$$

s.t

- 1) $X_9 + X_{10} + X_{11} + X_{12} + X_{14} - X_{13} = 0$
- 2) $0.6998 * X_9 + 0.8625 * X_{10} + 0.8911 * X_{11} + 0.66 * X_{12} + .7952 * X_{14} - 0.78 * X_{13} \geq 0$
- 3) $0.6998 * X_9 + 0.8625 * X_{10} + 0.8911 * X_{11} + 0.67 * X_{12} + 0.8 * X_{14} - 0.82 * X_{13} \leq 0$
- 4) $10 * X_9 + 50 * X_{10} + 55 * X_{11} + 60 * X_{12} + 1080 * X_{14} - 700 * X_{13} \leq 0$
- 5) $X_9 + X_{10} + 2 * X_{11} + 25 * X_{12} + 25 * X_{14} - 5 * X_{13} \leq 0$
- 6) $33 * X_9 + 81 * X_{10} + 116 * X_{11} + 32 * X_{12} + 133 * X_{14} - 34 * X_{13} \geq 0$
- 7) $90 * X_9 + 137 * X_{10} + 202 * X_{11} + 185 * X_{12} + 242 * X_{14} - 210 * X_{13} \leq 0$
- 8) $0.051 * X_9 + 89.926 * X_{10} + 96.94 * X_{11} + 4.1 * X_{12} + 96.15 * X_{14} - 50 * X_{13} \geq 0$
- 9) $12.5 * X_9 + 3.5 * X_{10} + 1.5 * X_{11} + 17 * X_{12} + 1.8 * X_{14} - 7 * X_{13} \geq 0$
- 10) $12.5 * X_9 + 3.5 * X_{10} + 1.5 * X_{11} + 17 * X_{12} + 1.8 * X_{14} - 12 * X_{13} \leq 0$
- 11) $X_1 \leq 32$
- 12) $0.154 * X_1 - X_2 = 0$
- 13) $0.272 * X_1 - X_3 = 0$
- 14) $0.302 * X_1 - X_4 = 0$
- 15) $0.267 * X_1 - X_5 = 0$
- 16) $X_3 - X_6 - X_9 = 0$
- 17) $X_4 - X_7 - X_{10} = 0$
- 18) $X_5 - X_8 - X_{11} = 0$

۴ - جداول

جدول ۱- توضیح جریانات ورودی ، میانی و محصولات

۱	RG	X1	بنزین خام ورودی به واحد
۲	HE	X2	محصول سنگین واحد
۳	C5	X3	برش پنج کربن خروجی از واحد
۴	C6	X4	برش شش کربن خروجی از واحد
۵	C7	X5	برش هفت کربن خروجی از واحد
۶	C5	X6	برش پنج کربن به سمت مخزن ذخیره
۷	C6	X7	برش شش کربن به سمت مخزن ذخیره
۸	C7	X8	برش هفت کربن به سمت مخزن ذخیره
۹	C5	X9	برش پنج کربن برای ساخت محصول
۱۰	C6	X10	برش شش کربن برای ساخت محصول
۱۱	C7	X11	برش هفت کربن برای ساخت محصول
۱۲	LN	X12	نفتا سبک
۱۳	PG	X13	محصول بنزین نهایی
۱۴	KE	X14	نفت سفید

جدول ۲ - قیمت مواد

ریال	۷۴۹۵۸۰۰	RG	بنزین ورودی به واحد	۱
ریال	۳۵۸۰۰۰۰	HE	محصول سنگین	۲
ریال	۸۹۶۸۰۰۰	C6	برش شش کربن	۳
ریال	۷۴۹۵۸۰۰	LN	نفتا سبک	۴
ریال	۷۴۹۵۸۰۰	KE	نفت سفید	۵
ریال	۸۳۷۰۰۰۰	PG	محصول بنزین نهایی	۶

جدول ۳ - محدوده مشخصات کیفی محصول واحد PGH

مقدار یا محدوده	واحد اندازه گیری	خاصیت
۰,۸۲ - ۰,۷۸	گرم بر سانتیمتر مکعب	دانسیته در ۱۵,۶ درجه سانتیگراد
حداکثر ۷۰۰	ppm وزنی	مقدار سولفور
حداکثر ۵	ppb	مقدار سرب
حداقل ۳۴	درجه سانتیگراد	دمای جوش اولیه (I.B.P)
حداکثر ۲۱۰	درجه سانتیگراد	دمای جوش نهایی (F.B.P)
حداقل ۵۰	درصد وزنی	آروماتیک
۷ - ۱۲	PSI	فشار بخار
حداقل ۱۰+		رنگ

جدول ۴ - نتیجه آزمایش نمونه ی اول

نمونه ی اول				
تن در ساعت	درصد وزنی	وزن	درصد حجمی	
۸,۷۰۳۷	۰,۴۳۰۹	۳۴,۰۱۴۸	۴۶,۵	C5
۸,۵۰۳۲	۰,۴۲۱۰	۳۳,۲۳۱۰	۳۸	C7
۲,۰۳۴۸	۰,۱۰۰۷	۷,۹۵۲۰	۱۰	KEROSENE
۰,۹۵۵۲	۰,۰۴۷۳	۳,۷۳۳۰	۵,۶	LN
۲۰,۱۹۶۹		۷۸,۹۳۰۷		
واحد	مقدار هدف	جواب آزمایشگاه		
گرم بر سانتیمتر مکعب	۰,۷۸-۰,۸۲	۰,۷۷۷۸	SP.GR	
PSI	۷-۱۲	۹,۲	R.V.P	
درجه ی سانتیگراد	>=۳۴	۳۳	I.B.P	
درجه ی سانتیگراد	<=۲۱۰	۲۲۱	F.B.P	
PPM وزنی	<=۷۰۰	۲۱۲	SULPHUR	
درصد وزنی	>=۵۰	۶۰,۲	AR	

جدول ۵ - نتیجه آزمایش نمونه ی دوم

نمونه ی دوم				
	درصد حجمی	وزن	درصد وزنی	تن در ساعت
C5	۴۶,۵	۳۴,۰۱۴۸	۰,۴۳	۸,۲۴۶
C7	۴۰	۳۴,۹۸۰۰	۰,۴۴	۸,۴۸۰
KEROSENE	۸	۶,۳۶۱۶	۰,۰۸	۱,۵۴۲
LN	۵,۵	۳,۶۶۶۳	۰,۰۵	۰,۸۸۹
		۷۹,۰۲۲۷		۱۹,۱۵۷
	جواب آزمایشگاه	مقدار هدف	واحد	
SP.GR	۰,۷۸۱	۰,۷۸-۰,۸۲	گرم بر سانتیمتر مکعب	
R.V.P	۷,۵	۷-۱۲	PSI	
I.B.P	۳۳	>=۳۴	درجه ی سانتیگراد	
F.B.P	۲۱۴	<=۲۱۰	درجه ی سانتیگراد	
SULPHUR	۱۵۰	<=۷۰۰	PPM وزنی	
AR	۶۳	>=۵۰	درصد وزنی	

جدول ۶ - مقایسه ی نتایج عملی و تئوری

مقادیر بهینه ترکیب محصول	مقادیر تئوری	درصد خطا در مقادیر بهینه
C5	۸,۲۴۶	۵,۲۶۲
C7	۸,۴۸۰	۰,۰۰
KEROSENE	۱,۵۴۲	۲,۰۶۳
LN	۰,۸۸۹	۰,۹۴۹۶
PG	۱۹,۱۵۷	۲۰,۱۹۶۸

جدول ۷ - هزینه و درآمد (عملی)

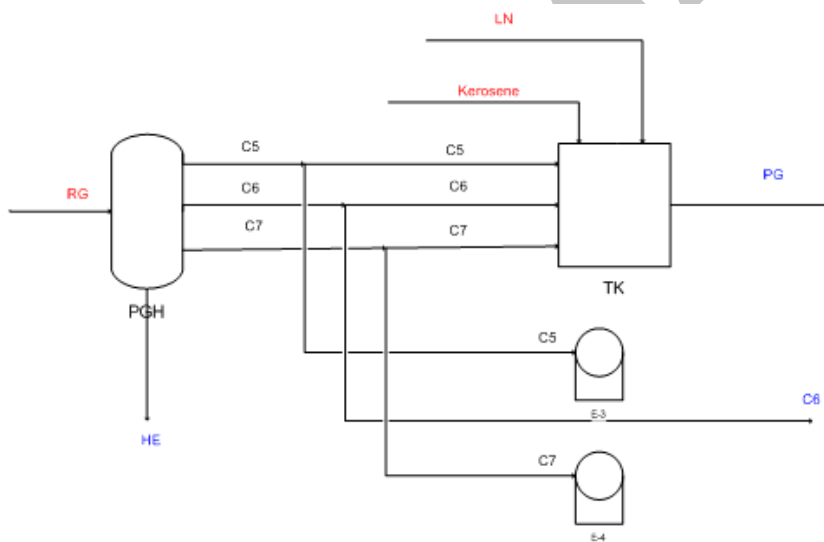
	تن در ساعت	ریال در تن	ریال در ساعت
خوراک بنزین خام	۳۲	-۷۴۹۵۸۰۰	-۲۳۹۸۶۵۶۰۰
خوراک نفتا سبک	۰,۸۹	-۷۴۹۵۸۰۰	-۶۶۷۱۲۶۲
خوراک نفت سفید	۱,۵۴	-۷۴۹۵۸۰۰	-۱۱۵۴۳۵۳۲
محصول سنگین واحد	۴,۹۲۸	۳۵۸۰۰۰۰	۱۷۶۴۲۲۴۰
محصول C6	۹,۶۶۴	۸۹۶۸۰۰۰	۸۶۶۶۶۷۵۲
محصول C5 *	۰,۴۵۸	۷۴۹۵۸۰۰	۳۴۳۳۰۷۶,۴
محصول بنزین نهایی	۱۹,۱۵۷	۸۳۷۰۰۰۰	۱۶۰۳۴۴۰۹۰
جمع کل (سود)			۱۰۰۰۵۷۶۴,۴

*: اضافی محصول C5 را می توان به صورت مخلوط در بنزین خام فروخت .

جدول ۸ - مقایسه ی سود تئوری و عملی

ریال در ساعت		
	به ازاء ۳۲ تن خوراک	به ازاء یک تن خوراک
مقدار سود محاسبه شده (تئوری)	۱۰۹۰۷۲۶۱,۸	۳۴۰۸۵۱,۹۳۱۲۵
مقدار سود محاسبه شده (عملی)	۱۰۰۰۵۷۶۴,۶	۳۱۲۶۸۰,۱۴۳۷۵
درصد خطا در سود		۸,۶۲۵

۵ - شکل



دیاگرام واحد بنزین پیرولیز (PGH PFD)

۶- نتیجه گیری

عامل حذف سوبسید که باعث کاهش سود تا حد صفر شده بود با این مدل سازی مهار شده و سود تا حدود ۳۰,۰۰۰ تومان در هر تن خوراک افزایش می یابد (جدول ۸). همچنین نتایج آزمایشات عملی انجام شده (جدول ۴ و ۵)، صحت استفاده از روش مدل سازی خطی، جهت بهینه سازی محصول در این واحد تولیدی و واحدهای مشابه را به اثبات می رساند. هرچند خطای کمی در محاسبات تئوری نسبت به واقعیت وجود دارد، که ناشی از غیرخطی بودن تعدادی از محدودیت ها و متغیر بودن کیفیت خوراک و محصول می باشد، ولی سادگی این روش و نتایج قابل قبول آن می تواند استفاده از روش مدل سازی خطی را به عنوان شروعی خوب در استفاده بهتر از منابع و امکانات مطرح سازد. تولید بنزین موتور در شرایط خاص (تحریم نفتی) با استفاده از همین روش بررسی شد. در این بررسی محصول واحد بنزین پیرولیز به بنزین موتور تبدیل شده که علاوه بر تامین بخشی از نیاز داخلی، می تواند از ضرردهی و تعطیلی این واحد تولیدی جلوگیری کند. با توجه به بررسی صحت روش برنامه ریزی خطی در طی مقاله و محدودیت در حجم مقاله از ذکر محاسبات تهیه بنزین موتور صرف نظر شده است.

تشکر و قدردانی :

در اینجا لازم است از استاد گرانقدر جناب آقای دکتر کرامتی بخاطر حمایت های بی دریغشان از ما در انجام این تحقیق سپاسگذاری و قدردانی نمایم و از درگاه خداوند منان توفیق روز افزون برای این عزیز خواستاریم .

مراجع

- 1- Kreyszig E.,(2006), Advanced Engineering Mathematics, 9th ed., John Wiley & Sons, pp. 939-953
- 2- Li C., He X., Chen B., Gong Z., Chen B., Zhang Q., Infeasibility diagnosis on the linear programming model of production planning in refinery, Chinese J. Chem. Eng.,2006, 14(5) 569-573 , www.sciencedirect.com
- 3- Parkash, s. (2003), Refining processes handbook, Gulf Professional,394-455 ,www.elsevier.com
- 4- Thehrani Nejad M. A., Allocation of Co2 emissions in petroleum refineries to petroleum joint products: A linear programming model for practical application, Energy Economics 29, 2007, 974-997, www.elsevier.com/locate/eneco
- 5- Thierauf R.J., Klekamp R.C. ,(1975), Decision Making Through Operation Research, 2nd ed. , John Wiley & Sons , pp. 157-212.
- 6- Zandin K.B.,(2001), Maynard's Industrial Engineering HandBook,5th ed., vol.2, McGraw-Hill, pp. 11.47-1165
- 7- Zhang J.D. , Rong G. , An MILP model For multi-period optimization of fuel gas system scheduling in refinery and Its marginal analysis, CHEMICAL ENGINEERING RESEARCH AND DESIGN 86 , 2008,141-151 , www.elsevier.com/locate/cherd