

بهینه سازی برنامه ریزی تولید در شرکتهای تولید پیوسته سایز بزرگ

سعید سوادکوهی^۱، فرهاد حسین زاده لطفی^{۲*}، محمدرضا شهریاری^۳، محسن واعظ قاسمی^۴

^(۱) گروه مدیریت، دانشگاه آزاد اسلامی واحد امارات، دبی

^(۲) گروه ریاضی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران، تهران

^(۳) گروه مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت و حسابداری واحد تهران جنوب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

^(۴) گروه ریاضی دانشگاه آزاد اسلامی واحد رشت، رشت

تاریخ دریافت مقاله: ۹۵/۰۷/۰۱ تاریخ پذیرش مقاله: ۹۵/۱۱/۲۸

چکیده

استفاده بهینه از منابع بالا دستی، تولید مطابق با نیاز بازار و محدودیت‌های ساختاری برای تولید بهینه با ضایعات کمتر و در سریع‌ترین زمان مورد نیاز بازار که در نهایت منجر به سود بیشتر برای سهام داران خواهد شد از اهداف اصلی این تحقیق محسوب می‌شود.

در این تحقیق مدلی برای افزایش بهره‌وری و تولید بهینه با توالی متناسب با محدودیت‌های مساله با استفاده از برنامه‌ریزی عدد صحیح و صفر و یک برمبنای علم تحقیق در عملیات ارائه گردیده است. مدل ریاضی بدست آمده با داده‌های واقعی شرکت پلی پروپیلن جم مورد مطالعه و راستایی آزمایشی قرار می‌گیرد و طی دوره‌های ماهانه با افق برنامه‌ریزی یکساله اجرا می‌گردد که نتایج مورد انتظار این تحقیق در طی زمان بررسی منجر به افزایش سود خالص، کاهش انبارش محصول، پاسخ دهی سریع‌تر به نیاز بازار منطبق بر سود شرکت و با در نظر گرفتن محدودیت‌های ساختاری کارخانه و تولید برآورده می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: برنامه ریزی تولید، پلی پروپیلن، تولید پیوسته، سوددهی، بهینه سازی.

۱- مقدمه

در این مقاله یک مدل برنامه‌ریزی ترکیب بهینه تولید و همچنین توالی عملیات تولید ارائه شده است، این مدل برای شرکت‌ها و کارخانجات گروه صنایع پتروشیمی بومی سازی شده است و مدل ارائه شده در یکی از شرکت‌های بزرگ تولید پروپیلن پیاده‌سازی و تست و اجرا شده است و عملکرد بی‌نظیری در افزایش سود آوری و بهره‌وری شرکت داشته است. ترکیب تولید یکی از اساسی‌ترین آیتم‌های مورد توجه بوده که با توجه به نیاز بازار و توسعه کسب و کار تاثیر فوق‌العاده‌ای در سود شرکت دارد، این ترکیب با توجه به ظرفیت تولید و محدودیت‌های تغییر گریدهای تولید و ... برنامه‌ریزی می‌گردد. هدف ما در این پژوهش مشخص کردن ترکیب بهینه تولید برای سودآوری بیشتر و حداکثر سازی میران نفوذ به بازار می‌باشد.

براساس نتایج مدل، ترکیب بهینه تولید و توالی عملیات آن برای کسب سود حداکثری نیاز به هماهنگ کردن واحدهای توسعه کسب و کار و بازرگانی برای ایجاد بازارهای جدید و همچنین تولید و کنترل موجودی برای سرعت عمل بالا برای تغییرات و پشتیبانی آنها دارد. در شرکت مورد مطالعه، عرضه و تقاضای بازار تعیین کننده ترکیب و توالی تولید در دوره‌های گذشته بوده است اما این روال در سوددهی شرکت تاثیر قابل توجهی دارد. با رویکرد جدید مدیریت برای کسب سود بالاتر و نفوذ بیشتر در بازار، مدلی ارائه گردید تا به عنوان سرخط تولید و فروش قرار گرفته و توسعه کسب و کار با ایجاد و شناسایی بازارهای جدید و بازرگانی با فروش محصولات با سوددهی بالا به هدف نهایی رویکرد جدید دست پیدا کنند.

مدل‌های برنامه‌ریزی تولید بسیار زیادی در مقالات متنوع در صنایع مختلف در سال‌های گذشته چاپ شده است. در سال ۲۰۰۶ در یک مقاله با عنوان ارزیابی موجودی و مدیریت تولید در صنایع تولید پیوسته در مجله مدیریت عملیات JOM منتشر شده که در خصوص توالی و زمانبندی بوده است (Cooke and Rohleder 2006) و در سال ۲۰۱۵ Sagawa and Nagano یک مدل پویا برای کارخانه‌های چند محصولی با یک

نمونه واقعی اجرا شده که در صنایع پایین دستی پتروشیمی، مانند نساجی ارائه شده است. (Sagawa and Nagano 2015) که یک تفاوت در مقالات چاپ شده و رویکرد این پژوهش وجود دارد. در این پژوهش مدل براساس ترکیب بهینه تولید که سود بهینه را محقق می‌سازد شروع شده و سپس براساس ترکیب بهینه با محدودیت‌های بازار و تولید توالی عملیات آن را ارائه می‌دهد هرچند با توسعه مدل، در نهایت با یک فاز هم ترکیب و هم توالی آن در یک مدل برنامه‌ریزی MIP ارائه گردیده است. مدل اولیه، یک مدل با متغیرهای دودویی و همچنین غیر خطی بوده است.

یک مدل Enterprise wide optimization (EWO) در مقاله‌ای توسط Grossmann در سال ۲۰۱۲ ارائه شد که کمک زیادی به حل مسایل MIP در این حوزه نموده است. (Grossmann 2012)

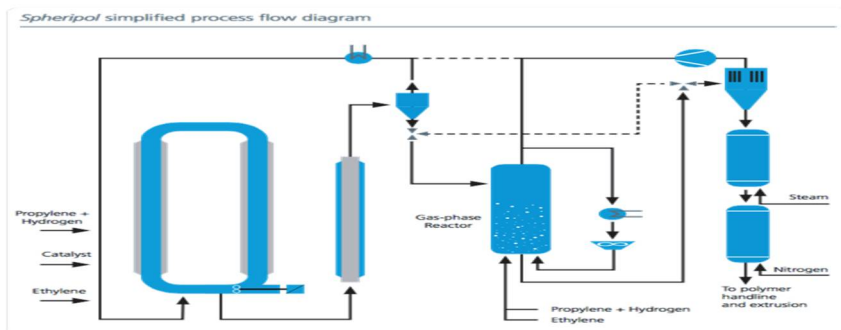
در هند نیز مقاله‌ای توسط Dey و Jana ارائه گردید که براساس منطق فازی و متناسب با سیاست‌های پلی پروپیلن در هند ارائه شده است (Dey and Jana 2016) و همچنین Subulan و همکاران نیز مقاله‌ای بر اساس برنامه‌ریزی آرمانی فازی برای برنامه‌ریزی ارائه کرده‌اند. (Subulan, Taşan et al. 2015) و هر کدام از این مقالات کمک زیادی به تعمیم مدل پژوهش حاضر نمودند. مقالات متاهیورستیک نیز در سال‌های اخیر به کمک حل مدل‌های بزرگ برنامه‌ریزی تولید آمده‌اند، در سال ۲۰۱۰، Liu و همکاران با مقاله‌ای به حل مدل‌های زمانبندی تولید در صنایع پتروشیمی و با الگوریتم PSO پرداختند. (Liu, Wang et al. 2010) مقالات دیگری نیز در حل مسایل پتروشیمی ارائه گردیدند که بیشتر از نقطه نظر شیمیایی و ترکیبات بدست آمده در تولید به موضوع پرداخته‌اند.

۲- سیستم‌های تولید پیوسته پلی پروپیلن

بعد از ۵۰ سال از کشف پلی پروپیلن (PP) ایزوتاکتیک در پلی تکنیک میلان، صنعت جهانی پلی الفین‌ها به یک تجارت بسیار عظیم با حجم تولید در حدود ۱۵۰ میلیون تن در سال تبدیل شده است. PP یکی از پرتولیدترین پلاستیک‌ها از نظر حجمی است و تنها پس از پلی اتیلن

مجتمع الفین دهم واقع در منطقه آزاد انرژی پارس جنوبی تأسیس گردید. این شرکت از تکنولوژی مدرن Spheripol استفاده می‌کند.

تکنولوژی Spheripol جهت تولید انواع گریدهای پلی پروپیلن با کیفیت بالا از منومر پلی پروپیلن طراحی شده است. تنوع این گریدها شامل انواع هموپلیمرها، کوپلیمرهای اتفاقی و کوپلیمرهای ضربه پذیر دوفازی حاصل از کوپلیمریزاسیون با کومونومرهایمانند اتیلن و ۱- بوتن می‌باشد. فرآیند Spheripol یک تکنولوژی مدولار است. بخش پلیمریزاسیون در پراستفاده‌ترین حالت شامل واحدهای اصلی زیر می‌باشد.



فرآیند Spheripol از www.lyondellbasell.com/technology

در چین، حجم زیادی از پلی پروپیلن گرید رافیا روانه بازار می‌شود که بر قیمت داخلی این محصول تاثیرگذار خواهد بود. چین صادرات پلی پروپیلن حاصل از خوراک زغال سنگ را با قیمت ارزان‌تر و جذاب برای مشتریان در بازارهای شرق آسیا تسهیل کرده است که نیازهای صنایع پایین دستی و تولیدکنندگان گونی از الیاف پلی پروپیلن را تامین خواهد کرد. کارشناسان آغاز تولید محصول پلی پروپیلن از خوراک زغال‌سنگ را افزایش فشار بر قیمت پلی پروپیلن در چین ارزیابی می‌کنند در بازار چین قیمت پلی پروپیلن تحت تاثیر تولیدات حاصل از واحدهای جدید (با خوراک زغال‌سنگ) به کمترین مقدار خود طی چهارسال اخیر رسیده و در بازار ترکیه پلی پروپیلن به صوت نسبی با کاهش ۱۶۸ دلاری به کمترین حد از ژانویه ۲۰۱۰ تاکنون رسیده است. همچنین ظرفیت جهانی پلیپروپیلن از سال ۲۰۰۳ با نرخ رشد سالیانه ۵٫۲٪ به ۶۵ میلیون تن در سال ۲۰۱۳ رسید. پیش‌بینی می‌شود با نرخ رشد ۵٫۸٪ تا سال ۲۰۱۸ به ۸۶ میلیون تن افزایش

در جایگاه دوم قرار دارد. در بازاری که این‌گونه رقابت شدیدی را در حال تجربه است، ارزیابی بازارها و انتخاب صحیح و مناسب بازارهای هدف و محصولات هدف، می‌تواند سودآوری و حضور بلندمدت در بازار را تا حد قابل توجهی تضمین نماید. لذا بایستی شرکتها با بررسی بازارهای موجود، بهینه‌ترین بازارها و محصولات را با در نظر گرفتن جمیع شرایط داخلی و محیطی سازمان انتخاب نماید.

داده‌ها، سیستم تولید و بازاریابی از شرکت پلی پروپیلن جم استفاده شده است. شرکت پلی پروپیلن جم در خرداد سال ۱۳۸۳ با هدف راهبری و تولید واحد پلی پروپیلن

۳- ترکیب بهینه و توالی عملیات

براساس گزارش نشریه آرگوس در آینده تغییرات دینامیکی شگرفی در بازار جهانی پروپیلن روی خواهد داد و آمریکا به عنوان صادرکننده خالص پروپیلن خواهد بود. افزایش تولید پروپان از منابع شیل گاز آمریکا، همراه با مصرف خوراک سنگین در منطقه خاورمیانه و خوراک سبک در منطقه اروپا بیش از هر محصول دیگری بر عرضه پروپیلن تاثیر خواهد گذاشت لذا با افزایش ظرفیتهای جدید، مازاد عرضه جهانی پروپیلن بوجود خواهد آمد. پیش‌بینی می‌شود کاهش قیمت جهانی نفت خام در کوتاه مدت نقش محرک را در صنایع پلیمری آمریکا داشته باشد چرا که این کاهش از هزینه انرژی مصرف کنندگان آمریکایی کاسته و تقاضای آنها را در بخش کالاهای نهایی پلاستیکی افزایش می‌دهد، رشد مصرف این کالاها می‌تواند درآمد تولیدکنندگان پلاستیک آمریکا را افزایش دهد. با راه اندازی واحدهای جدید تبدیل خوراک زغال سنگ به محصولات اولفینی

بیشترین سود طراحی گردد که تابع هدف مناسب این تحقیق در ابتدا به صورت زیر طراحی گردید.

هزینه خواب سرمایه - هزینه ثابت - هزینه متغیر تولید - درآمد فروش = حداکثر سود

در بررسی محدودیت‌های موجود در این صنعت، از نظرات کارشناسان و تیم‌های تحقیقاتی و همچنین جلسات متعدد با مدیران محدودیت‌های موجود در این پروژه به صورت لیستی از عوامل تاثیرگذار تهیه گردید و سپس با وزن‌دهی به محدودیت‌های احصا شده، مهمترین محدودیت‌های تاثیر گزار بصورت زیر مورد انتخاب گردیده است. این محدودیت‌ها شامل مواد اولیه ورودی (خوراک مصرفی)، حجم بازار داخلی، قدرت نفوذ در بازار (حداکثر سهم قابل دسترس بازار داخلی)، الزام دولتی، قدرت نفوذ در بازار صادراتی (حداکثر سهم بازار صادراتی)، حداقل میزان تولید، محدودیت خواب سرمایه و ... می‌باشد که بصورت زیر تعریف شده‌اند.

❖ محدودیت خوراک

یکی از مهمترین مواد اولیه ورودی در شرکت‌های تولید کننده پلی پروپیلن، خوراک ورودی (پروپیلن) می‌باشد است، در این محدودیت کل خوراک سالانه پلی پروپیلن به عنوان یک عامل محدود کننده تولید در نظر گرفته شده است.

❖ محدودیت کل حجم بازار داخلی

شناخت محدودیت‌های بازار، یکی از مهمترین عامل سود دهی شرکت‌ها می‌باشد. بنابراین شناخت درست و برآورد درست از بازار داخلی می‌تواند تاثیر بسیار زیادی در سود شرکت داشته باشد. این محدودیت به عنوان ظرفیت کل بازار فروش کشور برای محصولات تولیدی می‌باشد.

یابد اما کاهش قیمت نفت مهمترین عامل تاثیرگذار در بازار محصولات پلیمری بوده است به نظر می‌رسد دورنمای بازار نفت ادامه شرایط ضعیف ولی با ثبات فعلی است که می‌تواند برای سایر بازارها به عنوان یک کلید عمل کند زیرا تجربه نشان داده در شرایط فعلی و ضعف اغلب بازارهای کالایی در جهان می‌توان تشکیل یک کف قیمتی را از سوی بازار نفت انتظار داشت تا سایر بازارهای مشابه بتوانند افزایش قیمت پیدا کنند البته این نظریه می‌تواند بر تمامی بازارهای جهانی موثر باشد. با توجه به موارد گفته شده، قیمت محصولات پلیمری در بازارهای جهانی وارد یک فاز دوگانه شده تا برخی از کالاها با افزایش قیمت و برخی دیگر با کاهش قیمت روبرو شوند البته با توجه به فاصله زمانی سنتی بین کاهش قیمت نفت و کاهش قیمت انواع پلیمرها هنوز هم باید روند نزولی را با قدرت بیشتری تخمین زد. کشور ایران از تولید کنندگان مهم پلی پروپیلن در سالهای اخیر محسوب میشود در حال حاضر مجتمع‌های پتروشیمی مارون و جم هرکدام با ظرفیت اسمی ۳۰۰،۰۰۰ تن در سال، عمده‌ترین تولیدکنندگان پلی پروپیلن در ایران می‌باشند. همچنین شرکت نوید زرشمی، پتروشیمی رجال، پتروشیمی شازند و پتروشیمی پلی نار رتبه‌های بعدی را در زمینه تولید این محصول دارا می‌باشند.

با توجه به رقابت تنگاتنگ جهانی و داخل کشور برای تولید کنندگان پلی پروپیلن، لزوم نو آوری و سود دهی بالا برای شرکت‌های فعال در این حوزه بیش از پیش احساس می‌شود. لذا این پژوهش برآن است تا با طراحی مدلی با محدودیت‌های بازار و تولید بیشترین سودآوری را با ترکیب تولید بهینه ارائه دهد. برای تهیه ترکیب و توالی بهینه تولید ابتدا می‌بایست تابع هدف مناسب برای

مجتمع‌های تولید کننده پلی پروپیلن در ایران به همراه ظرفیت‌های آنها در سال ۱۳۹۲

ردیف	واحد تولیدی	موقعیت جغرافیایی	ظرفیت اسمی (تن)	ظرفیت واقعی (تن)
۱	پلی پروپیلن جم	عسلویه	۳۰۰،۰۰۰	۱۹۰،۰۰۰
۲	پتروشیمی نوینزر شمی	بندر ماهشهر	۱۶۰،۰۰۰	۱۱۰،۰۰۰
۳	پتروشیمی مارون	بندر ماهشهر	۳۰۰،۰۰۰	۱۴۰،۰۰۰
۴	پتروشیمی شازند	اراک	۷۵،۰۰۰	۸۰،۰۰۰
۵	پتروشیمی پلی نار	تبریز	۵۰،۰۰۰	۶۰،۰۰۰
۶	پتروشیمی رجال	بندر ماهشهر	۱۶۰،۰۰۰	۸۰،۰۰۰
	جمع		۱،۰۴۵،۰۰۰	۶۶۰،۰۰۰

شود. در برخی مواقع واحد بازرگانی برای از دست ندادن سهم بازار، تصمیم به تولید هرچند ناچیز از یک گرید خاص را دارد که می‌تواند با این سیاست در حضور خود را در بازار تصبیت نماید.

❖ قدرت نفوذ در بازار صادراتی

همانند قدرت نفوذ در بازار داخلی، حداکثر سهم قابل دسترس در بازارهای صادراتی با توجه به روند پنج سال گذشته مشخص شده و بازارهای جدید عرضه محصولات با قیمت‌های رقابتی شناسایی شده و میزان توانایی نفوذ در این بازارها پیش‌بینی گردیده است. این محدودیت به عنوان حداکثر سهم قابل دسترس در بازارهای صادراتی برای عرضه محصولات که در بازار ایران به حداکثر سهم خود نیز رسیده باشند نیز استفاده می‌گردد.

❖ حداقل میزان تولید

سیستم تولید کارخانه محدودیت‌های حداقلی تولید براساس لیسانس شرکت سازنده دارد که می‌بایست رعایت گردد، این محدودیت حداقل میزان تولید از هر گرید تولید در هر بچ تولید می‌باشد که یکی از محدودیت‌های بزرگ سیستم تولید محسوب می‌گردد. در هر دستور تولید می‌بایست حداقل ۵۰۰ تن از هر گرید در هر دستور وجود داشته باشد و میزان روان روی MFR نیز برای تغییر گریدها رعایت گردد. همچنین محدودیت دیگری در هر ماه برای تولید وجود دارد در واقع براساس مقررات تولید، حجم تولید پیوسته کارخانه از میزان مشخصی کمتر نباید شود تا منجر به توقف خط نگردد.

آمار فوق نشان می‌دهد که از یک میلیون و ۴۵ هزار تن ظرفیت اسمی تولید پلی پروپیلن در ایران، تنها ۶۶۰ هزار تن محصول تولید می‌شود و در حال حاضر حدود ۳۷ درصد از ظرفیت پلی پروپیلن ایجاد شده در کشور به دلیل کمبود خوراک پروپیلن خالی مانده است. علت تفاوت بین ظرفیت اسمی و واقعی تولیدکنندگان فوق، عمدتاً به دلیل طراحی غیر دقیق مجتمع‌ها، کمبود خوراک گازی و بالا بودن قیمت خوراک مایع مجتمع‌های تولید کننده الفین می‌باشد، به طوری که به نظر می‌رسد تنها چاره حصول ظرفیت اسمی در واحدهای پلی پروپیلن، ایجاد ظرفیت‌های جدید پروپیلن در کشور است.

❖ قدرت نفوذ در بازار

با توجه به نظر کارشناسان و مشاوران بازاریابی، حداکثر سهم قابل دسترس در بازارهای داخلی به عنوان قدرت نفوذ شرکت در بازار معرفی شده و با توجه به رقبای داخلی و میزان تولید و فروش آنها و همچنین پیش‌بینی میزان نیاز بازار، حداکثر سهم قابل دسترس برای شرکت پیش‌بینی گردید و که از آن به عنوان یک محدودیت با کران بالا در مساله استفاده شده است.

❖ حداقل میزان سهم بازار (الزام دولتی)

در برخی مواقع و بر حسب نیاز بازار کشور با توجه به توافقات موجود اسناد بالا دستی برای تنظیم بازار، برخی الزام‌های دولتی برای تولید محصولات (گرید) خاص ایجاد می‌گردد که می‌بایست توسط شرکت‌های تولید کننده رعایت گردد. این الزام کاملاً در تناقض با هدف سود دهی بیشتر می‌باشد اما از این محدودیت می‌توان به عنوان محدودیتی حضور در بازار نیز استفاده

مقایسه میزان تولید، واردات و صادرات پلی پروپیلن در سال‌های گذشته

سال	صادرات واقعی	واردات واقعی	تولید واقعی	مصرف واقعی
۱۳۸۸	۱۱۳,۸۸۲	۱۴۸,۸۳۰	۵۵۰,۰۰۰	۵۸۴,۹۴۸
۱۳۸۹	۱۲۶,۰۴۸	۱۲۷,۸۴۶	۵۵۰,۰۰۰	۵۴۱,۷۹۸
۱۳۹۰	۵۵,۵۳۳	۱۲۶,۰۹۹	۵۵۰,۰۰۰	۶۲۰,۵۶۶
۱۳۹۱	۴۵,۷۴۱	۷۳,۳۵۱	۶۰۰,۰۰۰	۶۲۷,۶۱۰
۱۳۹۲	۱۳۹,۸۵۲	۵۲,۷۶۳	۶۶۰,۰۰۰	۵۷۳,۹۱۱

واحد الفین شرکت پتروشیمی جم انجام می‌شود. عامل محدود کننده در ظرفیت تولید شرکت پلی پروپیلن جم میزان پروپیلن دریافتی است. محدودیت‌های ذکر شده در بالا بصورت زیر مدل‌سازی شده و برای اجرا آماده می‌گردد.

تابع هدف اصلی مساله

$$Z = \sum C_j x_j + \sum d.CC_j.xx_j - \sum w_j x_j - \sum w_j xx_j - FC$$

❖ محدودیت خوراک

در این محدودیت کل خوراک سالانه به عنوان یک عامل محدود کننده تولید بصورت زیر می‌باشد که کل خوراکی که در سال به این شرکت تعلق می‌گیرد ۲۱۵۰۰۰ تن می‌باشد.

$$\sum x_j p_j + \sum xx_j p_j \leq 215000$$

❖ محدودیت کل بازار داخلی

این محدودیت به عنوان ظرفیت کل بازار فروش کشور برای محصولات شرکت است. که به صورت زیر می‌باشد.

$$x_j \leq IM_j, \quad x_p + x_t \leq IM_{pt}$$

❖ محدودیت حداقل سهم بازار داخلی

$$x_j \geq SP_j, \quad x_p + x_t \geq SP_{pt}$$

❖ محدودیت حداکثر سهم بازار داخلی

$$x_j \leq CP_j, \quad x_p + x_t \leq CP_{pt}$$

❖ محدودیت بازار صادراتی

$$xx_j \leq XM_j, \quad xx_p + xx_t \leq XM_{pt}$$

❖ محدودیت الزام تولید

$$x_j = 0 \quad \forall \quad x_j \geq 4000$$

$$y_j l_j \leq x_j \leq y_j M, \quad M \equiv \infty, \quad y_j = \{0,1\}$$

❖ محدودیت خواب سرمایه

$$\text{If } 0 \leq x_j < 8000 \rightarrow y_1 = 1 \text{ other} = 0$$

$$\text{If } 8000 \leq x_j < 12000 \rightarrow y_2 = 1 \text{ other} = 0$$

❖ محدودیت خواب سرمایه (کنترل موجودی)

تولید برخی از گریدهای جدید نیاز به بازاریابی بیشتر داشته و با توجه به محدودیت حداقل میزان تولید این امکان وجود دارد که برخی از گریدها در برای رسیدن به نوبت فروش در انبار باقی بمانند، این انبارش برای شرکت علاوه بر هزینه‌های انبارداری، باعث خواب سرمایه در انبار شده و نیاز به سرمایه در گردش را بیشتر می‌کند.

❖ محدودیت ظرفیت انبار

این محدودیت براساس ظرفیت انبار و حداقل کردن هزینه‌های انبارداری طراحی شده است. البته یک انبار دیگر در خارج از محل کارخانه بصورت اجاره‌ای نیز قابل دسترس می‌باشد.

۴- اجرا در شرکت پلی پروپیلن جم و نتایج

تولید پروپیلن در شرکت پلی پروپیلن جم بر مبنای سفارش واحد بازرگانی و قابلیت فنی واحد کارخانه انجام می‌گیرد. ورودی‌های واحد بازرگانی بیشتر شامل اطلاعات روزانه وضعیت بازار می‌باشد و ورودی‌های واحد کارخانه، لیسانس تولید دریافتی از شرکت LyondellBasell است. در این میان متغیرهای بسیاری وجود دارند که می‌توانند اثرات قابل توجهی در تصمیم‌گیری‌ها جهت تولید و فروش داشته باشند که بالطبع سود حاصل برای شرکت و وجهه برند شرکت نیز از آنها متاثر خواهد بود. ظرفیت اسمی واحد ۳۰۰،۰۰۰ تن در سال است که بدون تغییر شرایط سخت افزاری می‌تواند تا ۳۳۰،۰۰۰ تن در سال نیز برسد که در واقع نشان دهنده حد بالایی تولید است. ظرفیت واقعی تولید بر مبنای خوراک دریافتی (عمدتاً پروپیلن و اتیلن) می‌تواند تا ظرفیت اسمی افزایش یابد. با توجه به هزینه‌های بالاسری تولید و استهلاک تجهیزات، هر چه ظرفیت واقعی به ظرفیت اسمی نزدیک‌تر باشد بهتر است.

خوراک شامل دو جزء اصلی پروپیلن و اتیلن می‌باشد. پروپیلن در تولید تمام گریدها استفاده می‌گردد و در شرایط استاندارد از سوی واحد الفین شرکت پتروشیمی جم تامین می‌شود. اتیلن در تولید گریدهای کوپلیمر رندوم (حدود ۴ درصد) و کوپلیمر ضربه پذیر (حدود ۱۰ درصد) مورد استفاده قرار می‌گیرد و تامین آن توسط

با این محدودیت‌ها و تابع هدف ساختار مساله کامل می‌گردد.

در ادامه داده‌های مورد استفاده در مدل براساس مطالعات بازار و نظر سنجی خبرگان بصورت زیر می‌باشد. از میان ۱۲۰ گرید قابل تولید در مجموعه تولید شرکت ۱۴ گرید زیر براساس بازارسنجی و نیاز شرکت استخراج گردید. همانطور که از مدل ارائه شده مشخص است این مدل توانایی مدل کردن بینهایت گرید را دارد و محدودیتی در آن وجود ندارد.

$$\begin{aligned} & \text{If } 12000 \leq x_j < 16000 \rightarrow y_3 = 1 \text{ other} = 0 \\ & \text{If } 16000 \leq x_j < 20000 \rightarrow y_4 = 1 \text{ other} = 0 \\ & \text{If } 20000 \leq x_j < 24000 \rightarrow y_5 = 1 \text{ other} = 0 \\ & \text{If } 24000 \leq x_j < \infty \rightarrow y_6 = 1 \text{ other} = 0 \\ & \sum y_j = 1, \quad y_j = \{0,1\} \\ & \left(C_j x_j * \frac{0.27}{12} * \frac{11}{3}\right) Y_1 - \left(C_j x_j * \frac{0.27}{12} * \frac{10}{3}\right) Y_2 \\ & \quad - \left(C_j x_j * \frac{0.27}{12} * \frac{9}{3}\right) Y_3 - \\ & \quad \left(C_j x_j * \frac{0.27}{12} * \frac{8}{3}\right) Y_4 - \left(C_j x_j * \frac{0.27}{12} * \frac{7}{3}\right) Y_5 \\ & \quad - \left(C_j x_j * \frac{0.27}{12} * 0\right) Y_6 \end{aligned}$$

نام گرید	پروپیلن مصرفی (تن)	هزینه مواد (BOM)	هزینه متغیر تمام شده (ریال/تن)	قیمت صادراتی (دلار/تن)	قیمت داخلی (ریال/تن)
HP525J	1.015	20,786,283	26,010,058	1,000	40,570,000
HP550J	1.015	20,785,383	25,872,901	1,000	40,180,000
HP510L	1.015	20,783,883	25,859,208	1,000	40,180,000
HP510M	1.015	20,686,503	25,741,696	1,000	42,330,000
HP515M	1.015	20,782,473	26,497,938	1,000	42,330,000
HP500N	1.015	20,784,483	25,879,239	1,000	40,180,000
HP502P	1.015	20,786,133	25,895,559	1,020	40,180,000
HP552R	1.015	20,787,183	25,878,638	1,020	40,180,000
HP564S	1.015	20,784,183	26,282,776	1,020	43,250,000
RP340N	1.01	21,716,566	27,736,769	1,050	45,000,000
EP432L	0.92	22,077,015	27,420,731	1,030	42,680,000
EP440L	0.92	22,077,015	27,389,840	1,030	42,680,000
EP440G	0.92	22,072,365	27,400,732	1,030	45,000,000
EP548R	0.95	22,390,763	27,578,176	1,030	42,180,000

اطلاعات بازار نیز بصورت زیر می‌باشد.

گرید	حجم بازار داخلی (تن در سال)	حداقل سهم بازار داخلی (تن در سال)	حداکثر سهم بازار داخلی (تن در سال)	بازار صادراتی (تن در سال)
HP525J	65,000	19,000	45,000	90,000
HP550J	65,000	45,000	45,000	150,000
HP510L	100,000			
HP510M	5,000	1000	1000	50,000
HP515M	5,000	1000		
HP500N	5,000	1000	1000	150,000
HP502P	10,000	25,000	25,000	150,000
HP552R	90,000			
HP564S	30,000	8,000	5000	100,00
RP340N	10,000	5,000	10,000	30,00
EP432L	4,000	4000	8000	3000
EP440L	14,000			
EP440G	13,000	5,000	5000	1,000
EP548R	20,000	5,000	12000	8000

برای انجام بهتر کار یک نرم افزار واسط برای امکان تغییرات و کاربری راحت‌تر طراحی و برنامه‌نویسی گردید که اطلاعات در نرم افزار اولیه وارد می‌گردد و سپس اطلاعات از نرم افزار اولیه بصورت اتومات به نرم افزار گمز انتقال پیدا می‌کند سپس بعد از اجرا در نرم افزار گمز بصورت اتومات به نرم افزار گرافیکی ارسال شده و نمایش داده می‌شود و قابلیت انتقال به فرمت‌های دیگر را خواهد داشت.

اطلاعات نهایی برنامه پس از اولین اجرا بصورت زیر می‌باشد.

اطلاعات دیگر مساله نیز بصورت زیر می‌باشد:

✓ خوراک پروپیلن ورودی سالانه ۲۲۰ هزار تن می‌باشد.

✓ هزینه خواب سرمایه ماهانه ۲،۵ درصد می‌باشد.

✓ هزینه ثابت سالانه ۲۴۲،۶۸۴،۷۲۵،۱۵۸ ریال می‌باشد.

✓ حداقل ظرفیت تولید در هر بچ تولیدی ۴۰۰۰ تن می‌باشد.

✓ حداقل ظرفیت تولید خط پیوسته ماهانه ۱۸۰۰۰ تن می‌باشد.

✓ حداکثر ظرفیت تولید خط پیوسته ماهانه ۲۵۰۰۰ تن می‌باشد.

✓ حداکثر ظرفیت انبار (داخلی کارخانه) ماهانه ۱۸۰۰۰ تن می‌باشد.

سود کل	2,806,006,295,873	
هزینه خواب سرمایه	-81,927,412,429	
GEADE	IR-Market	EX-Market
1	33,495	0
2	0	0
3	58,000	0
4	0	0
5	0	0
6	0	0
7	0	0
8	40,000	0
9	20,000	0
10	0	0
11	10,000	0
12	0	0
13	12,000	10,927
14	12,000	0
15	20,000	0
SUM=	205,495	10,927
SUM-ALL=	216,422	

داخل کشور و ۱۰،۹۲۷ تن آن برای صادرات بفروش برسد.

اطلاعات کلی بدست آمده پس از اجرای مدل نشان می‌دهد که شرکت توان رسیدن به سود ۲،۸۰۶ میلیارد ریالی را با ترکیب و توالی تولیدی که در ادامه آورده می‌شود خواهد داشت. برای رسیدن به این عدد می‌بایست ۲۱۶،۴۲۲ هزار تن تولید گردد که ۲۰۵،۴۹۵ تن آن در

فهرست منابع

Cooke, D. L. and T. R. Rohleder (2006). "Inventory evaluation and product slate management in large-scale continuous process industries." Journal of operations management **24**(3): 235-249.

Dey, S. and D. K. Jana (2016). "Application of fuzzy inference system to polypropylene business policy in a petrochemical plant in India." Journal of Cleaner Production **112**: 2953-2968.

Grossmann, I. E. (2012). "Advances in mathematical programming models for enterprise-wide optimization." Computers & Chemical Engineering **47**: 2-18

Liu, B., L. Wang, Y. Liu, B. Qian and Y.-H. Jin (2010). "An effective hybrid particle swarm optimization for batch scheduling of polypropylene processes." Computers & chemical engineering **34**(4): 518-528.

Sagawa, J. K. and M. S. Nagano (2015). "Modeling the dynamics of a multi-product manufacturing system: A real case application." European Journal of Operational Research **244**(2): 624-636.

Subulan, K., A. S. Taşan and A. Baykasoğlu (2015). "A fuzzy goal programming model to strategic planning problem of a lead/acid battery closed-loop supply chain." Journal of Manufacturing Systems **37**: 243-264.

