



مدل برنامه‌ریزی آرمانی تولید محصولات در کارخانه‌ی تولید مواد اولیه الیاف مصنوعی (دی ام تی)

حسین استادی

گروه اقتصاد، واحد دهقان، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران

ایمان اجری پور (نویسنده مسؤل)

گروه اقتصاد، واحد دهقان، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران.

Email: eim_ajripour@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۹۴/۱۰/۱۵ * تاریخ پذیرش: ۹۵/۴/۲۸

چکیده

سازمان‌ها جهت پیشرفت و بقاء نیازمند تصمیم‌گیری بهینه برای منابع و امکانات خود می‌باشند. باتوجه به آرمان‌های موجود و در راستای اهداف سازمان، اینکه با چه ترکیب و میزانی مقدار بهینه‌ی تولید مشخص شود از مهمترین دغدغه‌های مدیران سازمان‌ها در سال‌های اخیر گردیده است. لذا می‌توان از مدل برنامه‌ریزی آرمانی برای حل مسائل با اهداف چندگانه و گاه متضاد استفاده نمود. در این مقاله سعی شده است که با در نظر گرفتن محدودیت‌های آرمانی موجود در شمواد، مقادیر برنامه‌ریزی جهت تولید دو محصول دی ام تی مذاب و جامد بصورت سالیانه محاسبه گردد. پس از تعیین محدودیت‌ها و اولویت مربوط به هر یک از آرمان‌ها، تابع هدف مدل مشخص گردید. سپس برای حل آن از روش لکسیکوگراف و الگوریتم انتقالات متوالی استفاده شده است. در نهایت خروجی‌های مدل پس از تجزیه و تحلیل نشان می‌دهد که میزان تولید دو محصول دی ام تی مذاب و جامد نسبت به مقدار هدف بترتیب کاهشی ۳ درصدی و افزایشی ۲۱ درصدی خواهد داشت.

کلمات کلیدی: تصمیم‌گیری، برنامه‌ریزی آرمانی، برنامه‌ریزی تولید، روش لکسیکوگراف، الگوریتم انتقالات متوالی.

۱- مقدمه

در برخی از کشورهای در حال توسعه، بطور سالیانه تعداد صنایع به میزان ۲۰ تا ۳۰ درصد در حال افزایش است (Mohanty & Koay, 1988). برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری در حوزه‌های مختلف این صنایع، نیاز به توجه زیادی از طرف مدیران این سازمان‌ها دارد. با توجه به پیشرفت‌های گسترده در سیستم‌های تولیدی کشورها که بنیاد اقتصادی یک کشور را تشکیل می‌دهد، توجه بیشتر مدیران در سال‌های اخیر به تولید بهینه و به هنگام با کمترین هزینه جلب شده است. برنامه‌ریزی تولید دقیق و منظم که پیش نیاز اساسی دستیابی به اهداف مورد نظر در فرآیند تولید است، یکی از مهمترین وظایف مدیران سازمان‌های تولیدی می‌باشد. لذا استفاده از مدل‌های واقعی برنامه‌ریزی تولید که می‌تواند سازمان را به هدف یا اهداف چندگانه و شاید متعارض خود برساند، توسط مدیران احساس می‌شود. توجه به محدودیت‌های فرآیند تولید، محدودیت‌های نیروی انسانی، محدودیت‌های ساعات در دسترس بودن، محدودیت‌های فروش و... بایستی در کلیه برنامه‌های تولیدی در نظر گرفته شود. بنابراین بایستی بدنبال تکنیک‌های مختلف علمی بود تا علاوه بر در نظر گرفتن محدودیت‌ها، بهترین (بهینه ترین) جواب را از بین جواب‌های موجود ارائه نماید. لذا در این برهه تکنیک‌های مختلف تحقیق در عملیات مانند برنامه‌ریزی آرمانی می‌تواند کمک قابل توجهی جهت دستیابی به اهداف برنامه‌ی تولید ارائه نماید. برنامه‌ریزی آرمانی یکی از مدل‌های مورد توجه در برنامه‌ریزی چندهدفه^۱ است که امروزه بیشتر از قبل از آن استفاده می‌گردد. در برنامه‌ریزی آرمانی با در نظر گرفتن کلیه محدودیت‌های آرمانی و سیستمی، مجموع انحرافات آرمان‌ها مینیمم خواهد شد. تعیین میزان بهینه‌ی تولید از انواع محصولات از جمله مسائلی است که در صنایع دارای تولید ترکیبی، قابل توجه است (Safaie Ghadikaliee & Mahdavi, 2001). بر همین اساس هدف از این مطالعه تعیین مقدار بهینه تولید دو محصول دی ام تی مذاب و جامد در شرکت تولید مواد اولیه الیاف مصنوعی با در نظر گرفتن محدودیت‌های آرمانی موجود و متفاوت از مطالعات پیشین می‌باشد. در ادامه تعاریف مختصری از برنامه‌ریزی تولید، برنامه‌ریزی آرمانی و پیشینه پژوهش ارائه گردیده است.

تعاریف متفاوتی از تولید می‌توان عنوان نمود. تولید به معنای تلاش برای بوجود آوردن، استفاده از امکانات موجود برای افزایش ارزش اشیا، و یا انجام فعالیت‌های گوناگون جهت ارائه خدمات می‌باشد (Azar, 2007) در مورد برنامه‌ریزی تولید نیز تعاریف مختلفی وجود دارد. یک تعریف جامع از برنامه‌ریزی تولید، تعیین هدف تولید و اتخاذ روش‌های صحیح، دقیق و بروز در جهت استفاده و تخصیص منابعی که سازمان برای عملیات تولید در افق زمانی تعیین شده، با کمترین هزینه و بالاترین کیفیت، به آنها احتیاج دارد (Makouie, 2004).

برنامه‌ریزی برای رسیدن به تمام اهداف سازمان با حداقل کردن انحراف کلیه آرمان‌ها، می‌تواند تعریف مختصری از برنامه‌ریزی آرمانی باشد. با توجه به گسترش رقابت در بازارهای تولیدی، بیشتر مدیران سازمان‌ها تمایل به دستیابی به یک جواب رضایتبخش جهت برنامه‌ریزی تولیدشان را دارند. همچنین در دنیای واقعی شرایط و محدودیت‌ها همیشه بگونه‌ای نیستند که انحراف از آنها ممکن نباشد، در بسیاری از موارد امکان تخطی از آنها وجود دارد (Momeni, 2013). لذا سازمان نیازمند نوعی از برنامه‌ریزی جهت دستیابی به کلیه آرمان‌های (اهداف) مورد نظر با حداقل انحراف می‌باشد. بنابراین برنامه‌ریزی آرمانی می‌تواند کمکی به مدیران جهت دستیابی به کلیه اهداف سازمان باشد.

برنامه‌ریزی آرمانی یکی از مهم‌ترین مدل‌های برنامه‌ریزی در حوزه‌ی تصمیم‌گیری چند هدفه (MODM)^۲ می‌باشد. در تصمیم‌گیری چند هدفه، تصمیم‌گیرنده (گان)، تصمیم‌گیری برای بیش از یک هدف را مد نظر قرار می‌دهند. مدل اولیه برنامه‌ریزی آرمانی اولین بار توسط چارلز و کوپر^۳ در سال ۱۹۵۵ مطرح و در سال ۱۹۶۱ مدل عمومی آن ارائه گردید (Choudhary & Shankar, 2014)، (Leung & Ng, 2007)، (Leung & Chan, 2008)، (Aouni et al., 2014).

^۱ Multi Objective Programming (MOP)

^۲ Multi Objective Decision Making

^۳ Charnes and Cooper

توسعه مدل برنامه‌ریزی آرمانی بوسیله‌ی آیجری^۴ در سال ۱۹۶۵ انجام شده است. کتاب‌های نوشته شده توسط لی^۵ در سال ۱۹۷۲ و اینیزو^۶ در سال ۱۹۷۶ استفاده‌ی عامیانه از این روش به عنوان یک ابزار تحقیق در عملیات را گسترش داده است. در سال ۱۹۸۰ بدلیل عدم آگاهی افراد از تکنیک تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه، برنامه‌ریزی آرمانی مورد انتقاد قرار گرفت و این انتقادها با چاپ کتاب رومر در سال ۱۹۹۱ به اوج خود رسید. در دهه‌ی ۹۰، با توسعه‌های تئوریک بیشتر، مدل‌سازی و سیستم‌های حل برنامه‌ریزی ریاضی، حل انواع مسائل برنامه‌ریزی آرمانی آسان گردید. لذا کاربردهای برنامه‌ریزی آرمانی بیشتر شد (Jones & Tamiz, 2010).

تاکنون پژوهش‌های مرتبطی در زمینه استفاده از برنامه‌ریزی آرمانی جهت برنامه‌ریزی تولید محصولات انجام شده است. مطالعه‌ای تحت عنوان مدل جدید برنامه‌ریزی آرمانی نرمال شده برای مسائل چند هدفه، در قالب انتخاب تامین کننده و تخصیص سفارش در سال ۲۰۱۳ انجام شده است. در این مقاله انتخاب تامین کننده به عنوان یک مساله‌ی بهینه‌سازی چند هدفه با توجه به سه هدف کمینه کردن قیمت، مقادیر برگشتی و زمان تاخیر بیان گردیده است. در این مقاله دو مورد متفاوت (۱) بهینه‌سازی مسائل چند هدفه قطعی که آرمان‌های اهداف از قبل تعیین و (۲) بهینه‌سازی مسائل چندهدفه فازی که وزن اهداف از قبل تعیین گردیده، مورد توجه قرار گرفته است. سپس مدل برنامه‌ریزی آرمانی فازی برای هر یک از دو روش اجرا گردیده است. هدف اصلی در مدل ارائه شده، در مورد (۱) مقادیر بدست آمده واقعی اهداف با آرمان‌های آن سازگار باشند و در مورد (۲) مقادیر بدست آمده واقعی ترجیحاً بهتر از سازگاری آن‌هاست اگر سازگاری دیگر اهداف را برهم نزنند. برای حل مسئله در مورد (۱) از برنامه‌ریزی آرمانی نرمال شده استفاده گردیده است. سپس روشی دوم و برگرفته از برنامه‌ریزی آرمانی نرمال شده برای تکمیل مورد (۲) در نظر گرفته شده است. در مورد (۱) برنامه‌ریزی آرمانی وزن دار و در مورد (۲) برنامه‌ریزی توافقی^۷، تاپسیس^۸، اهداف وزن دار^۹، برنامه‌ریزی آرمانی حداقل- حداکثری^{۱۰}، و مدل حداقل- حداکثری وزن دار^{۱۱} برای مقایسه راه حل‌ها استفاده گردیده است. نتایج نشان داده است مقایسه برنامه‌ریزی توافقی، تاپسیس، اهداف وزن دار، برنامه‌ریزی آرمانی حداقل- حداکثری سازگاری اهداف با آرمان‌ها را تضمین نمی‌کنند اما برنامه‌ریزی آرمانی نرمال شده و برنامه‌ریزی آرمانی نرمال شده دوم در سازگار کردن اهداف و آرمان‌ها توانا هستند (Jadidi, Zolfaghari & Cavalieri, 2013).

مطالعه‌ی دیگری در سال ۲۰۰۹ توسط لیونگ و چان با هدف بهینه‌سازی سود، کمینه‌سازی هزینه تعمیرات و بهینه‌سازی استفاده از ماشین‌آلات انجام شده است. در این پژوهش از مدل برنامه‌ریزی آرمانی اولویت‌دار استفاده شده است. محدودیت‌های عملیاتی شامل ظرفیت تولید، سطح نیروی کار، مکان کارخانه، استفاده از ماشین، فضای انبار و دیگر محدودیت‌های منابع از جمله محدودیت‌های متفاوت این مطالعه است. در این مطالعه سه کارخانه‌ی تولیدی در امریکای شمالی و یک کارخانه در چین بطور همزمان مورد مطالعه قرار گرفته است (Leung & Chan, 2008).

در سال ۲۰۰۹ مطالعه‌ای در دانشگاه علم و صنعت ایران صورت گرفته است. در این مطالعه از مدل برنامه‌ریزی آرمانی لکسیکوگراف برای بهینه‌سازی سهام استفاده شد. در این پژوهش، اهداف مدل تصمیم‌گیری چندهدفه طبق وزن‌های مستخرج از اولویت‌های تصمیم‌گیرندگان رتبه‌بندی گردیده است. هدف از این مقاله استفاده از پنج معیار نرخ بازگشت سرمایه در یک سال، نرخ بازگشت سرمایه در سه سال، سود سهام سالانه، ریسک و رتبه‌بندی خدمات صندوق در مقایسه با مدل ارائه شده توسط مارکویز^{۱۲} با دو معیار ریسک و نرخ بازگشت سرمایه بوده است. در این مطالعه از مقایسات زوجی برای وزن‌دهی به هر یک از معیارها و تعیین اولویت آن‌ها استفاده شده است. پس از تعیین اولویت هر معیار، مدل برنامه‌ریزی آرمانی لکسیکوگراف آن ارائه

⁴ Ijiri

⁵ Lee

⁶ Ignizio

⁷ Compromise Programming

⁸ Topsis

⁹ Weighted Objective

¹⁰ Min-Max Goal Programming

¹¹ Weighted Min-Max Model

¹² Markowitz

گردیده است. در این مقاله، الگوریتمی جهت سهولت و درک صحیح موضوع برای مدل تهیه شده است (Babaei et al, 2009).

مطالعه‌ی دیگری در کشور هنگ کنگ تحت عنوان مدل برنامه‌ریزی آرمانی برای برنامه‌ریزی تولید محصولات فاسد شدنی توسط لیونگ و ان جی در سال ۲۰۰۷ انجام شده است. معرفی یک مدل برنامه‌ریزی آرمانی اولویت‌دار برای برنامه‌ریزی تولید انبوه محصولات فاسد شدنی که به تعیین تعداد محصولات تولید شده از مواد خام، تعداد محصولات نیمه تمام تولید شده از مواد خام و تعداد محصولات تولید شده از محصولات نیمه تمام می‌پردازد (Leung & Ng, 2007).

ارزیابی عملکرد دانشگاه با استفاده از برنامه‌ریزی آرمانی لکسیکوگراف با رویکرد آموزشی و پژوهشی (مطالعه موردی دانشگاه شاهد) مقاله‌ای است که در سال ۱۳۹۲ در فصلنامه مدیریت صنعتی چاپ شده است. در این مطالعه یک مدل برنامه‌ریزی آرمانی لکسیکوگرافیک جهت اختصاص منابع دانشگاه ارائه گردیده است. در این مطالعه ۴۹ محدودیت آرمانی، ۷ محدودیت سیستمی و ۳۶ متغیر تصمیم (شامل منابع و فرآورده‌های دانشگاه) در نظر گرفته شده است. پس از حل مدل توسط نرم افزار لینگو ۱۱، تفاوت بین وضعیت فعلی و وضعیت مطلوب با در نظر گرفتن آرمان‌ها مشخص گردیده است. لذا نتایج نشان می‌دهد، افزایش در اختصاص اساتید با رتبه‌های استادی، دانشیاری، استادیاری، و مربی با توجه به افزایش و توسعه رشته‌های تحصیلات تکمیلی و افزایش تعداد دانشجویان، برنامه‌ریزی دقیق و منظمی جهت دستیابی به آرمان‌های دانشگاه را نیازمند است (Safari & Sabziyan papi, 2013).

مقاله‌ای تحت عنوان ارائه مدل برنامه‌ریزی آرمانی جامع تولید با رویکرد فازی در صنعت پالایش نفت در سال ۱۳۸۹ منتشر گردیده است. اهداف اصلی این مطالعه شامل حداکثر کردن فروش، حداکثر کردن تقاضا، حداقل کردن موجودی بوده است. در این مقاله از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی^{۱۳} جهت تعیین اهمیت وزن هر یک از آرمان‌ها و شاخص‌های تاثیرگذار در صنعت پالایشگاه نفت استفاده شده است. مدل ارائه شده در این مطالعه نشان می‌دهد که درمیزان درآمد، بازده و درآمد سرانه هر بشکه نفت بهبود حاصل شده است (Heidari Gharebalagh & Moheb Rabani, 2010).

در مطالعه دیگری در سال ۱۳۸۷ از برنامه‌ریزی آرمانی با استفاده از رویکرد فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، جهت بهینه‌سازی ترکیب تولید محصولات در یک واحد صنعتی استفاده شده است. در این مطالعه از ۹ عامل جهت اولویت بندی محصولات استفاده گردیده است. ۹ محدودیت بصورت آرمانی و ۲۴ محدودیت به عنوان محدودیت‌های سیستمی در نظر گرفته شده است. مدل با استفاده از نرم افزار لیندو حل و نتایج بدست آمده با مقادیر اولیه آرمان‌ها مقایسه گردیده است. سرانجام مدل پژوهش منجر به لحاظ اهداف بیشتری شده است و انحرافات کمتری نسبت به روش رایج شرکت بدست آمده است (Gharegozlo & Barzegar, 2008).

طراحی مدل آرمانی برنامه‌ریزی تولید برای شرکت کابل‌های مخابراتی شهید قندی یزد، عنوان مقاله‌ای است که در سال ۱۳۸۵ توسط مهرگان و همکاران در مجله مدیریت دانش به چاپ رسیده است. در این مقاله پس از تعاریف مختصری از برنامه‌ریزی تولید، و برنامه‌ریزی آرمانی و شرح مختصری از خط تولید شرکت مورد مطالعه، ۷ مشخصه برای متغیرهای تصمیم، و ۲۱ متغیر تصمیم به همراه ۱۴ پارامتر جهت تعیین مدل، تعریف گردیده است. ۴ نوع محدودیت شامل محدودیت مربوط به ظرفیت، محدودیت مربوط به بالانس، محدودیت مربوط به موجودی‌های پایان دوره و محدودیت مربوط به برآوردن سفارشات برای مدل ارائه شده در نظر گرفته شده است. سه آرمان در نظر گرفته شده در این مطالعه با توجه به خطوط تولید، شامل برآوردن سفارشات تا حد امکان، حداقل نمودن ساعات بیکاری دستگاه‌ها، و حداقل نمودن موجودی کابل اضافه بر ظرفیت بوده است. پس از حل مدل توسط نرم افزار لیندو، نتایج نشان می‌دهد استفاده از مدل ارائه شده منجر به کاهش ۱۲ درصدی هزینه‌ها می‌گردد. همچنین ظرفیت کارخانه را بالا می‌برد و ساعات بیکاری ماشین آلات و دستگاه جهت برنامه‌ریزی انجام تعمیرات را امکان پذیر می‌سازد (Mehregan, Kazemi & Kamyabmoghadas, 2005).

¹³ Analytic Hierarchy Process (AHP)

نکته قابل توجه در پژوهش حاضر نسبت به پژوهش‌های قبلی، در نظر گرفتن آرمان‌هایی است که در مطالعات قبلی در نظر گرفته نشده است. همچنین استفاده از دو روش لکسیکوگراف و انتقالات متوالی جهت حل مسئله و مقایسه‌ی نتایج آن، تفاوت دیگر این پژوهش با پژوهش‌های انجام شده است.

جدول شماره (۱): خلاصه پژوهش‌های داخلی انجام شده

سال	محقق(محققان)	عنوان مقاله
۱۳۹۰	مهسا قندهاری سید حسن حجازی سعیده کتابی	ارائه چهارچوبی برای تحلیل و انتخاب تامین کنندگان سنگ آهن در شرکت ذوب آهن اصفهان با استفاده از AHP و GP
۱۳۹۱	اسماعیل مهدی زاده رسا قاضی زاده	حل مدل برنامه‌ریزی تولید ادغامی چندهدفه فازی با اثریادگیری و زوال با استفاده از برنامه‌ریزی آرمانی فازی
۱۳۸۹	سعید محب ربانی هادی حیدرقره بلاغ	ارائه مدل برنامه‌ریزی آرمانی جامع تولید با رویکرد فازی در صنعت پالایش نفت
۱۳۹۰	عادل آذر داود عندلیب اردکانی سید حیدر میرفخرالدینی	طراحی مدل ریاضی کسری برنامه‌ریزی تولید با رویکرد فازی(مورد مطالعه: شرکت میل خاورمیانه)
۱۳۸۷	علی رضا قراگوزلو مجید برزگر	برنامه‌ریزی آرمانی با رویکرد AHP جهت بهینه سازی ترکیب تولید
۱۳۸۵	محمد رضا مهرگان عالیه کاظمی امین کامیاب مقدس	طراحی مدل آرمانی برنامه‌ریزی تولید برای شرکت کابل های مخابراتی شهید قندی یزد
۱۳۸۹	محمد رضا مهرگان محمود دهقان نبیری	ترکیب کارت امتیازی متوازن و برنامه‌ریزی آرمانی جهت تبیین و توسعه راهبردی دانشکده‌های مدیریت استان تهران
۱۳۸۱	قاسم مهدوی عبدالحمید صفايي قاديكلایی	به کارگیری مدل برنامه‌ریزی آرمانی جهت بهینه سازی برنامه‌ریزی تولید در شرکت های فرآورده-های گوشتی
۱۳۹۲	سعید صفری حسین سبزیان بایی	ارزیابی عملکرد دانشگاه با استفاده از برنامه‌ریزی آرمانی لکسیکوگراف با رویکرد آموزشی و پژوهشی(مطالعه موردی دانشگاه شاهد)

جدول شماره (۲): خلاصه پژوهش‌های خارجی انجام شده

Years	Researcher	Research
۲۰۱۲	Alidrisi, Hisham Mohamed, Sherif	Resource allocation for strategic quality management: a goal programming approach
۱۹۸۸	Mohanty, R.P. Koay, Jerry C.C.	A Goal Programming Application for Waste Treatment Quality Control
۲۰۱۰	Jiang, Jiang Jiang Jiang Li, Xuan Li Xuan Yang, Ke-wei Yang Ke-wei Chen, Ying-wu Chen Ying-wu	A goal programming approach to Group Decision Making with incomplete linguistic preference relations
۲۰۱۱	Jlassi, Jihene Chabchoub, Habib Mhamedi, Abederrahman	A combined AHP-GP model for nurse scheduling
۲۰۱۱	Mezghani, Mouna Loukil, Taicir	Remanufacturing Planning With Imprecise Quality Inputs Through the Goal Programming and The Satisfaction Function
۲۰۰۸	Pal, Bijay Baran Sen, Shyamal	A linear goal programming procedure for academic personel management problems in

		university system
۲۰۰۹	Alinezhad, a Mavi, R Kiani	Practical common weights goal programming approach for technology selection
۲۰۰۱	Aouni, Belaïd Kettani, Ossama	Goal programming model: A glorious history and a promising futur
۲۰۰۹	Babaei, H Tootooni, M Shahanaghi, K Bakhsha, A	Lexicographic Goal Programming Approach for Portfolio Optimization
۲۰۰۲	Chang, Ching-Ter	A modified goal programming model for piecewise linear functions
۲۰۱۴	Choudhary, Devendra Shankar, Ravi	A goal programming model for joint decision making of inventory lot-size, supplier selection and carrier selection
۲۰۱۴	da Silva, Aneirson Francisco Marins, Fernando Augusto Silva	A Fuzzy Goal Programming model for solving aggregate production-planning problems under uncertainty: A case study in a Brazilian sugar mill
۲۰۱۳	Güler, M. Güray	A hierarchical goal programming model for scheduling the outpatient clinics
۲۰۱۴	Jadidi, O. Cavalieri, S. Zolfaghari, S.	An improved multi-choice goal programming approach for supplier selection problems
۲۰۱۴	Jadidi, O. Zolfaghari, S. Cavalieri, S.	A new normalized goal programming model for multi-objective problems: A case of supplier selection and order allocation
۲۰۱۱	Jung, Hosang	A fuzzy AHP-GP approach for integrated production-planning considering manufacturing partners
۲۰۰۹	Leung, Stephen C.H. Chan, Shirley S.W.	A goal programming model for aggregate production planning with resource utilization constraint
۲۰۰۷	Leung, Stephen C.H. Ng, Wan-lung	A goal programming model for production planning of perishable products with postponement
۲۰۱۳	Shahroudi, K Soltani, S	Application of goal programming for target setting in Irans auto industry

هدف از مدل برنامه‌ریزی آرمانی در این مقاله، تعیین مقادیر تولید محصولات در کارخانه تولید مواد اولیه الیاف مصنوعی می‌باشد. بطور کلی تابع هدف در مدل برنامه‌ریزی آرمانی مقادیر انحرافات نامطلوب از آرمان‌های مشخص را مینماید. این آرمان‌ها به اهداف متضاد در تولید دو محصول مرتبط هستند (Nixon et al, 2014). ساختار برنامه‌ریزی آرمانی متشکل از متغیرهای تصمیم، محدودیت‌های سیستمی، محدودیت‌های آرمانی، و تابع هدف می‌باشد.

متغیرهای تصمیم: متغیرهایی هستند که تصمیم‌گیرنده در نظر دارد با حل مدل، مقادیر آن‌ها مشخص شود.

محدودیت‌های سیستمی: محدودیت‌هایی هستند که امکان تخطی از آنها وجود ندارد و مقدار متغیرهای تصمیم بایستی در آن‌ها صدق کند.

محدودیت‌های آرمانی: امکان تخطی از آنها وجود دارد، به عبارتی دیگر انحراف (مثبت یا منفی) از این محدودیت‌ها مجاز می‌باشد.

تابع هدف: در مدل برنامه‌ریزی آرمانی تابع هدف، مجموع وزنی انحرافات نامطلوب^{۱۴} را حداقل می‌کند (Momeni, 2013).

¹⁴ Undesirable Deviation

بنابراین مدل کلی برنامه‌ریزی آرمانی بصورت زیر تعریف می‌گردد.

- تابع هدف
- $$1) \text{ Min} D = \{W_1 P_1(d^+, d^-), W_2 P_2(d^+, d^-), \dots, W_k P_k(d^+, d^-)\}$$
- s.t:
- $$2) g_i(x) \leq b_i \quad ; \quad i=1, 2, \dots, m \quad \text{محدودیت سیستمی}$$
- $$3) f_j(x) + d^+ - d^- = b_j \quad ; \quad j=1, 2, \dots, k \quad \text{محدودیت آرمانی}$$
- $$4) X, d^+, d^- \geq 0 \quad \text{متغیرهای غیرصفر}$$
- حداکثر یکی از انحرافات می‌تواند مقدار مثبت بگیرد.
- $$5) d^- = 0 \quad d^+ \geq 0$$

W_j : وزن هر یک از متغیرهای انحرافی

P_j : اولویت مربوط به آرمان j ام

b_i : مقادیر سمت راست محدودیت‌های سیستمی

$g_i(x)$: معادله متغیرهای محدودیت‌های سیستمی

b_j : مقادیر سمت راست محدودیت‌های آرمانی

$f_j(x)$: معادله متغیرهای محدودیت‌های سیستمی

d^- : متغیر انحرافی کمتر محقق

d^+ : متغیر انحرافی بیشتر محقق

۲- مواد و روش‌ها

جهت حل مدل‌های برنامه‌ریزی آرمانی روش‌های مختلفی وجود دارد. روش برنامه‌ریزی آرمانی لکسیکوگرافیک^{۱۵}، روش برنامه‌ریزی آرمانی وزن دار، برنامه‌ریزی آرمانی چبیشو^{۱۶} و... از جمله این روش‌ها می‌باشند (Jones & Tamiz, 2010). در این پژوهش از مدل برنامه‌ریزی آرمانی لکسیکوگرافیک و الگوریتم انتقالات متوالی استفاده شده است.

در مدل برنامه‌ریزی آرمانی لکسیکوگراف یا اولویت‌دار^{۱۷}، مسائل مانند یک مرحله از مسائل خطی حل شده است. به عبارتی دیگر هر اولویت به عنوان یک مسئله خطی در نظر گرفته می‌شود (Choudhary & Shankar, 2014). در این روش اهداف با اهمیت بیشتر در بالاترین سطح اولویت قرار می‌گیرند. مقادیر بدست آمده‌ی انحرافات، در حل مدل با سطوح اولویت بالاتر به عنوان محدودیت در سطوح اولویت پایین تر در نظر گرفته می‌شود. در حقیقت، اهداف در سطوح اولویت پایین نقش کمی در فرآیند تصمیم‌گیری را دارند (Aouni, Colapinto & La Torre, 2014).

در الگوریتم انتقالات متوالی ابتدا مساله به چند مساله تک هدفه تبدیل می‌گردد. بطوریکه اولین مساله شامل هدف با اولویت یکم بوده و آخرین مساله شامل هدف با الویت آخر می‌باشد. اگر مقدار تابع هدف در مرحله‌ی اول برابر با صفر باشد مدل برنامه‌ریزی دارای جواب خواهد بود و به مرحله‌ی دوم خواهیم رفت. در غیر اینصورت ناحیه‌ی تشکیل شده توسط محدودیت‌ها تهی بوده و مساله جواب ندارد. در مرحله‌ی دوم مجموع انحرافات نامطلوب با اولویت دوم در تابع هدف نوشته می‌شود و کلیه‌ی محدودیت‌های مربوط به اولویت اول و دوم به همراه محدودیت تابع هدف در مرحله‌ی اول نوشته می‌شود. به همین ترتیب، این مراحل تا آخرین اولویت ادامه می‌یابد تا کلیه‌ی انحرافات نامطلوب در توابع هدف حداقل گردد و مقادیر متغیرهای تصمیم مشخص شود (Asgharpoor, 2013).

شرکت تولید مواد اولیه الیاف مصنوعی جهت تولید دو نوع محصول خود (دی ام تی مذاب و دی ام تی جامد) دارای محدودیت‌های آرمانی از لحاظ مصرف مواد اولیه، هزینه‌های تولید، مقادیر فروش و... می‌باشد. لذا مدیران شرکت در نظر دارند با توجه به

¹⁵ Lexicographic

¹⁶ Chebyshev

¹⁷ Pre-emptive

محدودیت‌های آرمانی موجود، مقادیر بهینه تولید برای هر یک از محصولات را محاسبه نماید. هریک از محدودیت‌ها به عنوان یک آرمان و تولید هر یک از محصولات به عنوان یک متغیر تصمیم در نظر گرفته می‌شود. بنابراین منظور از این پژوهش استفاده از برنامه‌ریزی آرمانی در تولید بهینه محصولات در کارخانه تولید مواد اولیه الیاف مصنوعی و تعیین مقادیر برنامه‌ریزی تولید می‌باشد. مدل برنامه‌ریزی آرمانی محصولات در کارخانه دی ام تی با توجه به آرمان‌های مورد نظر بصورت زیر نوشته می‌شود.

$$\begin{aligned} \text{Min } Z &= P_1 (d_1 + d_2 + d_{18} + d_{19} + d_{23} + d_{24} + d_{25}) + P_2 (d_{10}^+ + d_{11}^+ + d_{12}^+ + d_{13}^+ + \\ &d_{14} + d_{15}^+ + d_3^+ + d_4^+ + d_5^+) + P_3 (d_6^+ + d_7^+ + d_8^+ + d_9^+ + d_{16} + d_{17}^+ + d_{26}^+ + d_{27}^+ + \\ &d_{28}^+ + d_{29}^+ + d_{30}^+ + d_{20} + d_{21}^+) + P_4 (d_{22}^+) \\ X_1 + X_2 + d_1 - d_1^+ &= A & (1) \text{ محدودیت آرمانی کل تولید محصول مذاب و جامد} \\ X_1 + a X_2 + d_2 - d_2^+ &= B & (2) \text{ محدودیت آرمانی تولید محصول مذاب و جامد در ظرفیت فعلی} \\ (X_1 + X_2) + d_3 - d_3^+ &= C & (3) \text{ محدودیت آرمانی مصرف پارازایلین} \\ (X_1 + X_2) + d_4 - d_4^+ &= D & (4) \text{ محدودیت آرمانی مصرف متانول} \\ (X_1 + X_2) + d_5 - d_5^+ &= E & (5) \text{ محدودیت آرمانی مصرف استات کبالت} \\ X_1 + d_6 - d_6^+ &= F & (6) \text{ محدودیت آرمانی میزان محصول مذاب نامنطبق} \\ X_1 + d_7 - d_7^+ &= G & (7) \text{ محدودیت آرمانی میزان محصول جامد نامنطبق} \\ X_1 + d_8 - d_8^+ &= H & (8) \text{ محدودیت آرمانی محصول جامد ضایعاتی} \\ X_1 + d_9 - d_9^+ &= I & (9) \text{ محدودیت آرمانی محصول مذاب ضایعاتی} \\ (X_1 + X_2) + d_{10} - d_{10}^+ &= J & (10) \text{ محدودیت آرمانی میزان مصرف آب} \\ (X_1 + X_2) + d_{11} - d_{11}^+ &= K & (11) \text{ محدودیت آرمانی میزان مصرف اسید سولفوریک} \\ (X_1 + X_2) + d_{12} - d_{12}^+ &= L & (12) \text{ محدودیت آرمانی میزان مصرف سود کاستیک} \\ (X_1 + X_2) + d_{13} - d_{13}^+ &= M & (13) \text{ محدودیت آرمانی میزان مصرف برق از شبکه} \\ (X_1 + X_2) + d_{14} - d_{14}^+ &= N & (14) \text{ محدودیت آرمانی میزان مصرف برق از توربین} \\ (X_1 + X_2) - (X_1 + X_2) + d_{15} - d_{15}^+ &= O & (15) \text{ محدودیت آرمانی میزان مصرف انرژی (گاز)} \\ X_1 + X_2 + d_{16} - d_{16}^+ &= P_m & (16) \text{ محدودیت آرمانی نفر ساعت تعمیرات پیشگیرانه} \\ X_1 + X_2 + d_{17} - d_{17}^+ &= P_e & (17) \text{ محدودیت آرمانی نفر ساعت تعمیرات اضطراری} \\ X_1 + d_{18} - d_{18}^+ &= b_s & (18) \text{ محدودیت آرمانی فروش محصول مذاب} \\ X_2 + d_{19} - d_{19}^+ &= c_s & (19) \text{ محدودیت آرمانی فروش محصول جامد} \\ X_1 + X_2 + d_{20} - d_{20}^+ &= I_{t1} & (20) \text{ محدودیت آرمانی ساعات بازرسی برنامه ریزی شده} \\ X_1 + X_2 + d_{21} - d_{21}^+ &= I_{t2} & (21) \text{ محدودیت آرمانی ساعات بازرسی برنامه ریزی شده} \\ X_2 + d_{22} - d_{22}^+ &= c_d & (22) \text{ محدودیت آرمانی محصول جامد ضایعاتی وارد شده به انبار} \\ p_1 X_1 + d_{23} - d_{23}^+ &= I_1 & (23) \text{ محدودیت آرمانی درآمد حاصل از فروش محصول مذاب (به هزار} \\ & & \text{تومان)} \\ p_2 X_2 + d_{24} - d_{24}^+ &= I_2 & (24) \text{ محدودیت آرمانی درآمد حاصل از فروش هر تن محصول جامد (به} \\ & & \text{هزار تومان)} \\ p_1 X_1 + p_2 X_2 + d_{25} - d_{25}^+ &= I_1 + I_2 & (25) \text{ محدودیت آرمانی مجموع درآمد حاصل از فروش (به هزار تومان)} \\ p_3 X_1 + d_{26} - d_{26}^+ &= C_{px} & (26) \text{ محدودیت آرمانی هزینه‌ی خرید پارازایلین (به هزار تومان)} \\ p_4 X_1 + d_{27} - d_{27}^+ &= C_{me} & (27) \text{ محدودیت آرمانی هزینه‌ی خرید متانول (به هزار تومان)} \\ (p_5 X_1) + (p_6 X_1) + (p_7 X_1) + d_{28} - & & (28) \text{ محدودیت آرمانی هزینه خرید استات کبالت، اسید سولفوریک، سود} \\ d_{28}^+ &= C_u & \text{کاستیک (به هزار تومان)} \\ p_8 (X_1 + X_2) + d_{29} - d_{29}^+ &= C_w & (29) \text{ محدودیت آرمانی هزینه‌ی مصرف آب (به هزار تومان)} \\ (X_1 + X_2) - (X_1 + X_2) + p_{10} + d_{30} - d_{30}^+ &= C_{et} & (30) \text{ محدودیت آرمانی هزینه‌ی مصرف گاز (به هزار تومان)} \\ X_k, d_j^+, d_j^- \in 0 & \quad k: 1, 2, \dots, 30, \quad j: 1, 2, \dots, 30 & (31) \text{ محدودیت متغیرهای غیرصفر} \\ d_i^-: i = 1, 2, \dots, 32 & \text{ انحراف منفی نامطلوب} & \end{aligned}$$

d_i^+ : ۳۲، ۱، ۴، ۱ = انحراف مثبت نامطلوب :

X_i : $i=1$ (جامد)، ۲ (مذاب) میزان تولید محصول

A: مقدار آرمانی کل تولید محصول مذاب و جامد به تن

B: مقدار آرمانی تولید محصول مذاب و جامد به تن

a : ظرفیت فعلی تولیدی واحد جامدساز

: ضریب مصرف پارازایلین برای تولید یک تن محصول مذاب

C: مقدار آرمانی مصرف پارازایلین به تن

: ضریب مصرف متانول برای تولید یک تن محصول مذاب

D: مقدار آرمانی مصرف متانول به تن

: ضریب مصرف استات کبالت برای تولید یک تن محصول مذاب

E: مقدار آرمانی مصرف استات کبالت به گرم

: میزان مجاز محصول مذاب نامنطبق در تولید یک تن محصول

F: مقدار آرمانی محصول مذاب نامنطبق به تن

: میزان مجاز محصول جامد نامنطبق در تولید یک تن محصول

G: مقدار آرمانی محصول جامد نامنطبق به تن

: میزان مجاز مقدار محصول جامد ضایعاتی در تولید یک تن محصول

H: مقدار آرمانی محصول جامد ضایعاتی به تن

: میزان مجاز مقدار محصول مذاب ضایعاتی

I: مقدار آرمانی محصول مذاب ضایعاتی به تن

: ضریب مصرف آب برای تولید هر تن محصول

J: مقدار آرمانی مصرف آب به مترمکعب

: ضریب مصرف اسید سولفوریک برای هر مترمکعب آب

K: مقدار آرمانی مصرف اسید سولفوریک به کیلوگرم

: ضریب مصرف سود کاستیک برای هر مترمکعب آب

L: مقدار آرمانی مصرف سود کاستیک به کیلوگرم

: ضریب مصرف برق از شبکه به ازای تولید یک تن محصول به مگاوات ساعت

M: مقدار آرمانی مصرف برق از شبکه مگاوات ساعت

: ضریب مصرف برق از توربین به ازای تولید یک تن محصول به مگاوات ساعت

N: مقدار آرمانی مصرف برق از توربین مگاوات ساعت

: ضریب مصرف انرژی به ازای یک تن تولید محصول

: ضریب تبدیل مصرف برق از مگاوات ساعت به مترمکعب گاز

O: مقدار آرمانی مصرف انرژی به مترمکعب

Pm: مقدار آرمانی نفرساعت تعمیرات پیشگیرانه

Pe: مقدار آرمانی نفرساعت تعمیرات اضطراری

b_s: مقدار آرمانی فروش محصول مذاب به تن

c_s: مقدار آرمانی فروش محصول جامد به تن

- I_{t1} : مقدار آرمانی ساعات بازرسی برنامه‌ریزی شده
 I_{t2} : مقدار آرمانی ساعات بازرسی برنامه‌ریزی نشده
 C_d : مقدار آرمانی محصول جامد ضایعاتی وارد شده به انبار به کیلوگرم
 P_1 : قیمت فروش هر تن محصول مذاب به تومان
 I_1 : درآمد آرمانی حاصل از فروش هر تن محصول مذاب به تومان
 P_2 : قیمت فروش هر تن محصول جامد به تومان
 I_2 : درآمد آرمانی حاصل از فروش هر تن محصول جامد به تومان
 P_3 : قیمت تمام شده‌ی هر تن پارازایلین به تومان
 C_{px} : هزینه‌ی آرمانی خرید پارازایلین به تومان
 P_4 : قیمت تمام شده‌ی هر تن متانول به تومان
 C_{me} : هزینه‌ی آرمانی خرید متانول به تومان
 P_5 : قیمت تمام شده‌ی هر تن استات کبالت به تومان
 P_6 : قیمت تمام شده‌ی هر تن اسید سولفوریک به تومان
 P_7 : قیمت تمام شده‌ی هر تن سود کاستیک به تومان
 C_u : هزینه‌ی آرمانی خرید هر تن مواد فرعی به تومان
 P_8 : قیمت مصرف هر مترمکعب آب به تومان
 C_w : هزینه‌ی آرمانی مصرف آب به تومان
 P_9 : قیمت مصرف هر مترمکعب گاز به تومان
 C_{et} : هزینه‌ی آرمانی مصرف گاز به تومان

داده‌های هر یک از پارامترهای موجود در مدل، ضرایب مصرف و آرمان‌ها با توجه به میانگین مقادیر برنامه‌ریزی و واقعی در برنامه‌ی اهداف سالیانه ۹۳-۸۳ شرکت تولید مواد اولیه الیاف مصنوعی محاسبه گردیده است. لازم بذکر است مدل فوق بجز محدودیت‌های غیرصفر دارای محدودیت سیستمی نمی‌باشد و کلیه محدودیت‌ها از نوع آرمانی است.

رتبه‌بندی آرمان‌ها بر اساس نظرات تصمیم‌گیرندگان ارشد در شرکت دی ام تی صورت گرفته است.

لذا هدف از آرمان‌های با اولویت P_1 :

۱. حداکثر کردن تولید محصولات
۲. حداکثر کردن فروش محصولات
۳. حداکثر کردن درآمد حاصل از فروش محصولات می‌باشد.

هدف از آرمان‌های با اولویت P_2 :

۱. حداقل کردن مصرف مواد اولیه اصلی و جانبی
۲. حداقل کردن میزان مصارف آب، برق، گاز
۳. حداقل کردن هزینه‌های خرید مواد اصلی، فرعی و مصارف می‌باشد.

هدف از آرمان‌های با اولویت P_3 :

۱. حداقل کردن میزان محصولات نامنطبق و ضایعاتی
۲. حداقل کردن میزان ساعات بازرسی برنامه‌ریزی نشده و حداکثر کردن میزان ساعات بازرسی برنامه‌ریزی شده تجهیزات به ازای تولید محصولات می‌باشد.

هدف از آرمان با اولویت P_4 :

۱. حداقل کردن نفرساعت تعمیرات اضطراری و حداکثر کردن نفرساعت تعمیرات پیشگیرانه تجهیزات به ازای تولید محصولات می‌باشد.

۳- نتایج و بحث

امروزه مدیریت تولید، بدلیل کاهش هزینه‌ها و زمان تولید، افزایش بهره‌وری و کیفیت محصولات، و بسیاری از آرمان‌هایی که مورد توجه سازمان‌های تولیدی می‌باشد، از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است. هدف از مدل آرمانی در این مطالعه، کمینه کردن انحرافات از آرمان‌های مورد نظر با اولویت‌های متفاوت و تعیین مقدار بهینه محصولات در شرکت تولید مواد اولیه الیاف مصنوعی بوده است.

جدول شماره (۳): نتایج نهایی حاصل از حل مدل با روش لکسیکوگراف و انتقالات متوالی در نرم افزار لینگو

مقدار متغیرهای انحرافی منفی	مقدار متغیرهای انحرافی مثبت	مقدار متغیرهای انحرافی منفی	مقدار متغیرهای انحرافی مثبت	مقدار متغیرهای تصمیم	مقدار تابع هدف
$N_{16}=0$	$P_{16}=2890$	$N_1=0$	$P_1=0$	$X_1=40771$	$Z=1229$
$N_{17}=0$	$P_{17}=17988$	$N_2=0$	$P_2=0$	$X_2=7229$	
$N_{18}=0$	$P_{18}=4771$	$N_3=0$	$P_3=3738$		
$N_{19}=0$	$P_{19}=1229$	$N_4=0$	$P_4=2172$		
$N_{20}=0$	$P_{20}=47220$	$N_5=0$	$P_5=846$		
$N_{21}=0$	$P_{21}=47680$	$N_6=6$	$P_6=0$		
$N_{22}=0$	$P_{22}=1229$	$N_7=0$	$P_7=6$		
$N_{23}=0$	$P_{23}=13001210$	$N_8=0$	$P_8=34$		
$N_{24}=0$	$P_{24}=3686745$	$N_9=2$	$P_9=0$		
$N_{25}=0$	$P_{25}=121178000$	$N_{10}=0$	$P_{10}=9000$		
$N_{26}=35099880$	$P_{26}=0$	$N_{11}=0$	$P_{11}=28800$		
$N_{27}=26724580$	$P_{27}=0$	$N_{12}=0$	$P_{12}=81000$		
$N_{28}=0$	$P_{28}=912618200$	$N_{13}=0$	$P_{13}=600$		
$N_{29}=62400$	$P_{29}=0$	$N_{14}=0$	$P_{14}=6060$		
$N_{30}=0$	$P_{30}=9360000$	$N_{15}=0$	$P_{15}=7041824$		

لازم بذکر است متغیرهای انحرافی منفی d_j^- با علامت N_j و متغیرهای انحرافی مثبت d_j^+ با علامت P_j در حل مدل با نرم افزار در نظر گرفته شده است. همچنین، نتایج بدست آمده دارای مقادیر اعشاری، گرد شده است.

نتایج بدست آمده در مرحله‌ی اول حل مدل به دو روش لکسیکوگراف و انتقالات متوالی نشان می‌دهد، کلیه آرمان‌ها با اولویت یک برآورده شده است که دلیل آن صفر شدن مقدار تابع هدف می‌باشد. کلیه‌ی متغیرهای انحرافی نامطلوب با اولویت یک مقداری صفر گرفته‌اند بدین معنی که در هیچ یک از آرمان‌ها انحراف وجود ندارد. نتایج حاصل شده در مرحله‌ی دوم و سوم نشان می‌دهد که مقادیر آرمان‌ها بیشتر و درموردی کمتر از مقدار هدف محقق گردیده است. بدین معنی که آرمان‌ها با اولویت ۲ و ۳ بطور کامل محقق نگردیده است.

نتایج حاصل از حل مدل توسط الگوریتم انتقالات متوالی نیز نتایجی مشابه حل مدل به روش لکسیکوگراف را نشان می‌دهد. لذا با توجه به نتایج بدست آمده از حل مدل به دو روش بالا، می‌توان عنوان نمود که نتایج بدست آمده برای مقادیر متغیرهای تصمیم و انحرافات با توجه به اولویت‌بندی صورت گرفته جوابی رضایت بخش است. تفسیر نتایج حاصل از حل مدل در زیر ارائه گردیده است.

- ۱- با توجه به این که $P_1 = 0$ و $N_1 = 0$ یعنی محدودیت آرمانی حداکثر تولید کل محصول بدون هیچ انحرافی دقیقاً برابر ۴۸۰۰۰ تن در سال می‌باشد.
- ۲- $N_2 = 0$ و $P_2 = 0$ بدین معنی است میزان تولید محصولات در ظرفیت فعلی کارخانه، دقیقاً برابر با مقدار آرمانی تولید ۴۲۰۰۰ تنی مجموع محصولات مذاب و جامد می‌باشد. لذا انحراف از مقدار تولید در ظرفیت فعلی صفر است.
- ۳- نتایج بدست آمده برای محدودیت آرمانی سوم نشان می‌دهد که میزان انحراف نامطلوب برابر ۳۷۳۸ می‌باشد. با توجه به این که این محدودیت میزان مصرف پارازیلین می‌باشد و این ماده جهت تولید محصول مذاب و جامد جزء مواد اصلی در تولید این محصولات محسوب می‌شود. مقدار $P_3 = 3738$ (انحراف نامطلوب در تابع هدف با اولویت دوم) نشان می‌دهد که میزان مصرف پارازیلین به مقدار ۳۷۳۸ تن بیشتر از میزان هدف (۲۶۱۶۶ تن) خواهد شد.
- ۴- میزان انحراف نامطلوب در محدودیت مربوط به حداکثر مصرف ماده‌ی اصلی متانول برای تولید محصولات ۲۱۷۲ تن را نشان می‌دهد. حداکثر مصرف متانول طبق نظر تصمیم‌گیرنده ۱۵۲۰۴ تن بوده است. لذا می‌توان عنوان نمود که میزان مصرف متانول ۲۱۷۲ تن بیشتر از مقدار هدف (۱۵۲۰۴) خواهد بود.
- ۵- مصرف استات کبالت که جزء مواد فرعی در تولید محصولات می‌باشد، ۸۴۶ گرم بیشتر از مقدار هدف (۵۹۲۲) خواهد شد. لذا کل مقدار مصرف استات کبالت در مدل ارائه شده جهت تولید محصولات ۶۷۶۸ گرم می‌باشد.
- ۶- مقدار آرمانی ۲۱۰ تن در سال هدفی است که مدیران در برنامه‌ریزی برای مقدار نامنتطبق در تولید محصول دی ام تی مذاب در نظر گرفته‌اند. در مدل ارائه شده، میزان محصول مذاب نامنتطبق ۶ تن نسبت به مقدار هدف (۲۱۰) کاهش یافته است. یعنی مقدار محصول مذاب نامنتطبق در سال برابر ۲۰۴ تن خواهد شد. به عبارتی دیگر، مفهوم عدد ۶ این است که ۶ واحد از آرمان ششم محقق نگردیده است.
- ۷- مقدار محصول جامد نامنتطبق جهت برنامه‌ریزی تولید این محصول، ۶ تن در سال بیشتر از مقدار آرمانی در نظر گرفته شده در این مدل خواهد شد. یعنی حداکثر محصول دی ام تی جامد نامنتطبق ۳۰ تن در سال می‌باشد که در مدل ارائه شده ۶ تن بیشتر از سقف آن خواهد شد.
- ۸- حداکثر ۱۶۸ تن محصول جامد ضایعاتی در سال، آرمانی است که توسط تصمیم‌گیرندگان با توجه به اطلاعات سال-های گذشته جهت برنامه‌ریزی سال آتی در نظر گرفته‌اند. در مدل ارائه شده، این آرمان ۳۴ تن بیشتر از مقدار هدف خواهد شد. به عبارتی دیگر مقدار این آرمان ۳۴ واحد بیشتر از مقدار هدف محقق گردیده است.
- ۹- مقادیر $P_9 = 0$ و $N_9 = 2$ نشان می‌دهند که مقدار محصول مذاب ضایعاتی ۲ واحد کمتر از مقدار هدف (۶۲) محقق گردیده است. بدین معنی که میزان محصول مذاب ضایعاتی ۶۰ تن در سال خواهد شد.
- ۱۰- آرمان مربوط به میزان مصرف آب به متر مکعب نشان می‌دهد که میزان مصرف آب در سال ۹۰۰۰۰ مترمکعب بیشتر از مقدار هدف محقق گردیده است. لذا میزان مصرف آب ۱۵۳۰۰۰ مترمکعب در سال برای تولید محصول مذاب و جامد می‌باشد.
- ۱۱- اسید سولفوریک از مواد فرعی مورد استفاده در تولید می‌باشد. محدودیت آرمانی مربوط به این مدل نشان می‌دهد که تصمیم‌گیرندگان، مقدار آرمانی ۲۰۱۶۰۰ کیلوگرم را جهت مصرف این ماده‌ی افزودنی به آب در نظر گرفته‌اند. با توجه به مدل ارائه شده، مقدار بیشتر محقق در این محدودیت (P_{11}) مصرف این ماده را ۲۸۸۰۰ کیلوگرم بیشتر از مقدار هدف نشان می‌دهد. به عبارتی دیگر مصرف برای اسید سولفوریک معادل ۲۳۰۴۰۰ کیلوگرم می‌باشد ولی تصمیم‌گیرندگان حداکثر مقدار آرمانی را ۲۰۱۶۰۰ کیلوگرم در نظر گرفته‌اند.
- ۱۲- مصرف سود کاستیک به میزان ۸۱۰۰۰ کیلوگرم بیشتر از مقدار هدف محقق گردیده است. با توجه به این که مصرف این ماده با مصرف آب رابطه دارد و به ازای مصرف هر متر مکعب آب ۰/۹ سود کاستیک مصرف خواهد شد با توجه به آرمان دهم که میزان بیشتر محقق مصرف آب ۹۰۰۰۰ مترمکعب می‌باشد میزان مصرف سود کاستیک ۸۱۰۰۰ کیلوگرم خواهد شد. به عبارتی دیگر مصرف این ماده‌ی فرعی با توجه به مدل ارائه شده، ۶۴۸۰۰۰ کیلوگرم خواهد شد.

- ۱۳- میزان مصرف برق از شبکه با توجه به مقادیر تولید دو محصول مذاب و جامد ۶۰۰ مگاوات ساعت بیشتر از مقدار هدف (۴۲۰۰ مگاوات ساعت) محقق شده است. بنابراین میزان مصرف برق از شبکه ۴۸۰۰ مگاوات ساعت خواهد شد.
- ۱۴- با توجه به اینکه بیشتر حجم مصرف برق در کارخانه‌ی دی ام تی توسط توربین تولید می‌شود و ضریب مصرف برق نسبت به تولید هر تن دی ام تی ۱/۰۱ می‌باشد هر چه برق مصرفی از توربین بیشتر باشد کمتر از برق شبکه استفاده خواهد شد. با توجه به مقدار آرمانی مصرف برق از توربین ۴۲۴۲۰ مگاوات ساعت که توسط تصمیم‌گیرندگان برای یک سال در نظر گرفته شده و مقادیر $P_{14} = ۶۰۶۰$ و $N_{14} = ۰$ ، حداقل مقدار مصرف برق از توربین ۴۲۲۴۰ مگاوات ساعت می‌باشد که ۶۰۶۰ مگاوات ساعت بیشتر از مقدار هدف مصرف می‌کنیم.
- ۱۵- میزان مصرف انرژی که از ترکیب مصرف گاز و برق شبکه برحسب مترمکعب محاسبه می‌گردد مقداری برابر با ۷۰۴۱۸۲۴ مترمکعب بیشتر از حداکثر میزان هدف مصرف می‌گردد. بنابراین مصرف انرژی برابر با ۵۶۳۳۴۲۸۹ مترمکعب در سال خواهد شد. مقدار بیشتر محقق در این محدودیت آرمانی ۷۰۴۱۸۲۴ و مقدار کمتر محقق صفر گردیده است.
- ۱۶- در مورد نفر ساعت تعمیرات پیشگیرانه میزان هدف توسط تصمیم‌گیرندگان برای این آرمان ۴۵۱۱۰ نفر ساعت در نظر گرفته شده، پس از حل مدل مقدار بیشتر محقق این آرمان ۲۸۹۰ نفر ساعت خواهد شد بدین معنی که میزان نفر ساعت تعمیرات پیشگیرانه ۲۸۹۰ نفر ساعت بیشتر از میزان هدف ۴۵۱۱۰ است.
- ۱۷- حداقل نفر ساعت تعمیرات اضطراری مورد نظر تصمیم‌گیرندگان در کارخانه‌ی دی ام تی ۳۰۰۱۲ نفر ساعت می‌باشد. لذا میزان هدف آرمانی برای این محدودیت ۳۰۰۱۲ نفر ساعت در نظر گرفته شده است. اما پس از حل مدل مقدار $P_{17} = ۱۷۹۸۸$ نشان می‌دهد که نفر ساعت مورد نیاز جهت تعمیرات اضطراری ۱۷۹۸۸ کمتر از مقدار هدف در نظر گرفته شده است.
- ۱۸- فروش محصول مذاب که از اولویت‌های اولیه مدیران کارخانه‌ی دی ام تی می‌باشد مقدار ۳۶۰۰۰ تن در سال برای میزان هدف آرمانی فروش محصول مذاب در نظر گرفته شده است. پس از حل مدل مقدار بیشتر محقق این آرمان ۴۷۷۱ خواهد شد. به عبارت دیگر حداقل فروش محصول مذاب ۳۶۰۰۰ تن می‌باشد که ۴۷۷۱ تن بیشتر از میزان هدف خواهیم فروخت. لذا کل مقدار فروش می‌تواند ۴۰۷۷۱ باشد.
- ۱۹- حداکثر کردن فروش محصول جامد، از دیگر محدودیت‌های آرمانی است که تصمیم‌گیرندگان آن را در اولویت یک قرار داده‌اند. با توجه به آرمان بیشتر محقق این محدودیت آرمانی پس از حل مدل، که مقداری برابر با ۱۲۲۹ خواهد داشت، می‌توان گفت میزان فروش محصول جامد ۷۲۲۹ تن در سال خواهد شد. لذا مفهوم عدد ۱۲۲۹ این است که ۱۲۲۹ واحد بیشتر از آرمان نوزدهم (فروش محصول جامد) محقق شده است.
- ۲۰- محدودیت ساعات بازرسی برنامه‌ریزی شده از جمله محدودیت‌هایی است که هرچه بیشتر باشد باعث بهبود در فرآیند تولید می‌شود. مقدار آرمانی ۷۸۰ ساعت به ازای تولید هر تن محصول مذاب و جامد، میزانی است که تصمیم‌گیرندگان برای این محدودیت در نظر گرفته‌اند. با توجه به مدل ارائه شده، میزان بیشتر محقق برای این آرمان ۴۷۲۲۰ است.
- ۲۱- $N_{21} = ۰$ و $P_{21} = ۴۷۶۸۰$ نشان می‌دهد که ۴۷۶۸۰ ساعات بازرسی برنامه‌ریزی نشده تجدید نظر نمایند زیرا عدد ۴۷۶۸۰ نشان می‌دهد که آرمان ۲۱، به میزان ۴۷۶۸۰ واحد بیشتر از مقدار هدف (۳۲۰ ساعت) محقق گردیده است.
- ۲۲- محدودیت محصول جامد ضایعاتی به انبار از دیگر محدودیت‌های آرمانی است که تصمیم‌گیرندگان در کارخانه‌ی دی ام تی تصمیم به حداقل کردن آن دارند. میزان هدف برای این آرمان ۶۰۰۰ کیلوگرم در سال نظر گرفته شده است. با توجه به مدل ارائه شده میزان محصول جامد ضایعاتی ۱۲۲۹ کیلوگرم بیشتر از میزان هدف محقق گردیده است. لذا کل محصول ضایعاتی ۷۲۲۹ کیلوگرم می‌باشد.

۲۳- با توجه به هدف در نظر گرفته شده توسط تصمیم‌گیرندگان، مقدار آرمانی درآمد حاصل از فروش محصول مذاب $P_{23} = 9810000$ (به هزار تومان) در نظر گرفته شده است. با توجه به مقادیر بدست آمده در حل مدل 13001200 و $N_{23} = 0$ می‌توان گفت که درآمد حاصل از فروش محصول مذاب 13001200 (به هزار تومان) بیشتر از میزان هدف خواهد شد. لذا درآمد حاصل از فروش محصول مذاب 111101200 (به هزار تومان) می‌شود.

۲۴- میزان هدف برای درآمد حاصل از فروش محصول مذاب طبق نظر تصمیم‌گیرندگان 18000000 (به هزار تومان) در نظر گرفته شده است. مقدار انحراف بیشتر محقق در حل مدل آرمانی که برابر 3686747 می‌باشد، نشان می‌دهد که این آرمان 3686747 بیشتر از حداقل مقداری که توسط تصمیم‌گیرندگان در نظر گرفته شده است، محقق می‌گردد. بنابراین مقدار درآمد حاصل از فروش دی ام تی جامد 21686774 (به هزار تومان) خواهد شد.

۲۵- درآمد حاصل از فروش محصولات، هرچه بیشتر باشد مقدار سود بیشتر می‌شود. هدف از این آرمان حداکثر کردن میزان درآمد حاصل از مجموع فروش محصولات است. میزان هدف در این آرمان 11610000 (به هزار تومان) تعیین گردیده است. اما مقدار $P_{25} = 121178000$ در حل مدل آرمانی نشان می‌دهد که مجموع درآمد حاصل از فروش بیشتر از حداقل میزان هدف تعیین شده می‌باشد.

۲۶- بیشترین هزینه‌ی تولید محصول دی ام تی مذاب و دی ام تی جامد مربوط به خرید پارازایلین می‌شود. زیرا اولین ماده‌ی اصلی جهت تولید دی ام تی است. میزان هدف در نظر گرفته شده توسط تصمیم‌گیرندگان 95848800 (به هزار تومان) در سال می‌باشد. لذا هرچه هزینه‌ی خرید این ماده کمتر شود هزینه‌های تولید کمتر و قیمت تمام شده‌ی محصول نیز کاهش می‌یابد. با توجه به مدل آرمانی ارائه شده میزان متغیر انحرافی کمتر محقق (N_{26}) مقدار عددی 35099880 را نشان می‌دهد. بدین معنی که میزان هزینه‌ی خرید پارازایلین 35099880 کمتر از مقدار هدف تعیین شده در مدل می‌باشد. لذا هزینه خرید پارازایلین 60748920 (به هزار تومان) خواهد شد.

۲۷- $N_{27} = 26724580$ و $P_{27} = 0$ جدول ۴.۴ نشان می‌دهد که میزان هزینه خرید متانول 26724580 واحد کمتر از میزان هدف 41076000 محقق گردیده است. به عبارتی دیگر حداکثر میزان هزینه‌ی در نظر گرفته شده برای خرید محصولات 41076000 (به هزار تومان) در نظر گرفته شده است که با حل مدل آرمانی هزینه‌ای معادل 26724580 (به هزار تومان) از میزان هدف کمتر خواهد شد. هزینه‌ی خرید متانول 14351420 (به هزار تومان) خواهد شد.

۲۸- میزان هدف آرمانی مربوط به هزینه‌ی خرید مواد فرعی شامل استات کبالت، اسید سولفوریک، و سود کاستیک 817200 (به هزار تومان) در نظر گرفته شده است. در مدل آرمانی ارائه شده مقدار انحراف بیشتر محقق این محدودیت معادل 912618200 می‌باشد. مفهوم این عدد این است که هزینه‌ی خرید متانول به اندازه 912618200 بیشتر از مقدار هدف محقق گردیده است.

۲۹- هزینه‌ی مصرف آب از جمله محدودیت‌های آرمانی است که از نظر تصمیم‌گیرندگان اولویت سوم را به خود اختصاص داده است. حداکثر میزان هزینه‌ی آب مصرفی جهت تولیدات 398400 (به هزار تومان) در نظر گرفته شده است. نتایج حاصل از حل مدل در جدول ۴.۴ نشان می‌دهد که مقدار متغیر انحرافی کمتر محقق برابر 62400 می‌باشد. مفهوم عدد 62400 این است که 62400 واحد از آرمان 29 محقق نگردیده است. لذا هزینه‌ی آب مصرفی 336000 (به هزار تومان) در سال خواهد شد.

۳۰- مقدار بیشتر محقق در محدودیت آرمانی مربوط به هزینه‌ی گاز مصرفی (P_{30}) نشان می‌دهد که هزینه‌ی گاز مصرفی بیشتر از مقدار هدف 5568000 خواهد شد.

بطور کلی پس از حل مدل به روش‌های فوق و با استفاده از نرم‌افزار لینگو، مقادیر تولید دو محصول در حل مدل بترتیب $X_1 = 40771/11$ و $X_2 = 7228/9$ بدست آمده است. لذا مقادیر بدست آمده در حل مدل آرمانی، نشان می‌دهد که با در نظر گرفتن اهداف موجود و شاید متضاد در شرکت تولید مواد اولیه الیاف مصنوعی، مقادیر برنامه‌ریزی شده برای تولید محصولات توسط واحد برنامه‌ریزی دارای اختلاف $1228/89$ - برای محصول اول (X_1) و $1228/89$ + برای محصول دوم (X_2) می‌باشند.

این اختلافات در مقادیر برنامه‌ریزی آرمانی تولید نسبت به مقادیر ارائه شده در واحد برنامه‌ریزی، ناشی از عدم توجه به آرمان‌های موجود در هنگام برنامه‌ریزی تولید بوده است. بنابراین، می‌توان گفت هر چند که تغییر در اولویت‌های مدل و تغییر در مقادیر آرمان‌ها و یا ضرایب متغیرها در محدودیت‌ها می‌تواند جواب‌های مسئله را تغییر دهد اما این مدل می‌تواند به سازمان‌هایی که فرآیندی مشابه این سازمان دارند، یاری رساند. مقایسه‌ی نتایج بدست آمده در این پژوهش با مطالعات قبلی نشان می‌دهد استفاده از مدل برنامه‌ریزی آرمانی برای مسائل تولیدی در بیشتر موارد منجر به بهبود در اهداف آرمانی مربوط به سازمان می‌شود. جهت مطالعات آتی دو پیشنهاد مطرح می‌گردد: ۱- آیا تغییر در اولویت محدودیت‌های آرمانی منجر به حصول نتایج دیگری خواهد شد؟ ۲- از مدل‌های دیگر برنامه‌ریزی آرمانی مانند، برنامه‌ریزی آرمانی وزن دار، برنامه‌ریزی آرمانی فازی، برنامه‌ریزی آرمانی کسری، برنامه‌ریزی آرمانی عدد صحیح جهت تعیین ترکیب بهینه محصولات استفاده گردد.

۴- منابع

1. Aouni, B., Colapinto, C., & La Torre, D. (2014). Financial portfolio management through the goal programming model: Current state-of-the-art. *European Journal of Operational Research*, 234, 536° 545. Retrieved from <http://doi.org/10.1016/j.ejor.2013.09.040>.
2. Asgharpoor, M. (2013). *Multi Criteria decision making (11rd ed.)*. Tehran: Tehran university publication.
3. Azar, A. (2007). *Operation research*. Tehran: SAMT publication.
4. Babaei, H., Tootooni, M., Shahanaghi, K., & Bakhsha, A. (2009). Lexicographic Goal Programming Approach for Portfolio Optimization, 5(9), 63° 75.
5. Choudhary, D., & Shankar, R. (2014). A goal programming model for joint decision making of inventory lot-size, supplier selection and carrier selection. *Computers and Industrial Engineering*, 71, 1° 9. Retrieved from <http://doi.org/10.1016/j.cie.2014.02.003>
6. Gharegozlo, A., Barzegar, M. 2008. Goal programming using AHP approach to optimize the production combination. *Journal of Business Studies*. 29. 59-72.
7. Heidari Gharebalagh, H., Moheb Rabani, S. 2010. Goal programming model of production with fuzzy approach in the oil refining industry. *Journal of management*. 18. 48-60.
8. Jadidi, O., Zolfaghari, S., & Cavalieri, S. (2013). A new normalized goal programming model for multi-objective problems: A case of supplier selection and order allocation. *International Journal of Production Economics*, 148, 158° 165. Retrieved from <http://doi.org/10.1016/j.ijpe.2013.10.005>.
9. Jones, D., & Tamiz, M. (2010). *Practical Goal Programming (Vol.157)*. Springer.
10. Leung, S. C. H., & Chan, S. S. W. (2008). A goal programming model for aggregate production planning with resource utilization constraint. *Computers & Industrial Engineering*, 56(3), 1053° 1064. Retrieved from <http://doi.org/10.1016/j.cie.2008.09.017>.
11. Leung, S. C. H., & Ng, W. (2007). A goal programming model for production planning of perishable products with postponement. *Computers & Industrial Engineering*, 53, 531° 541. Retrieved from <http://doi.org/10.1016/j.cie.2007.05.010>.
12. Makouie, A. (2004). *Introduction to production planning*, Tehran: Danesh Parvar Publication (In Persian)
13. Mehregan, M., Kazemi, A. & Kamyabmoghadas, A. (2005). Goal production planning for telecommunication cables in Yazd suger company. 74. 133-147.
14. Mohanty, R. P., & Koay, J. C. C. (1988). A Goal Programming Application for Waste Treatment Quality Control. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 5, 65° 77. Retrieved from <http://doi.org/10.1108/eb002914>.
15. Momeni, M. (2013). *New topics in operation research*. Tehran: moalef.
16. Nixon, J. D., Dey, P. K., Davies, P. a., Sagi, S., & Berry, R. F., (2014), Supply chain optimisation of pyrolysis plant deployment using goal programming. *Energy*, No.68, pp. 262° 271. Retrieved from <http://doi.org/10.1016/j.energy.2014.02.058>

17. Safaie Ghadikaliee, A., Mahdavi, G. (2001). Application of goal programming model to optimize production planning in meat products companies. Journal of Humanities and Social Sciences. 4. 93-112.
18. Safari,S., Sabziyan papi,H. (2013). University performance evaluation by using Lexicograph goal programming approach(A case study SHAHED university).Journal of Industrial Management-Islamic Azad University of Sannandaj.25(8).129-143.

