

ارائه مدل ریاضی چند هدفه برنامه ریزی تولید احتمالی چند محصولی و چند مرحله ای برای چند دوره با استفاده از روش مارکویتز در نرم افزار گمز

اصلان دوستی^۱، سعید رضایی مقدم^۲

^۱ مربی گروه ریاضی، واحد امیدیه، دانشگاه آزاد اسلامی، امیدیه، ایران (نویسنده مسئول)

^۲ مربی گروه مدیریت، واحد امیدیه، دانشگاه آزاد اسلامی، امیدیه، ایران

چکیده

بدون تردید شرایط عدم قطعیت از خصوصیات و ویژگی های اجتناب ناپذیر در همه سیستم ها می باشد و بر همین اساس موضوع تصمیم گیری بیش از پیش پیچیده تر و حساس تر شده و شرایط مدل های تصمیم گیری نیز دست خوش تغییر و دگرگونی شده است. مساله عدم قطعیت امروزه تا بدانجا مد نظر محققین و صاحب نظران قرار گرفته که عدم توجه به آن را علت اساسی دور شدن از اهداف برنامه ها می دانند. لذا با توجه به اهمیت موضوع، در مقاله برای رویارویی با شرایط عدم قطعیت از مدل های احتمالی خاصه آن در این تحقیق، روش مارکویتز در پارامترهای کیفیت محصول تولیدی مرکز تولید در ساعات کار عادی و اضافه کاری و نیز کیفیت محصول مرکز بازسازی در تابع هدف دوم مدل با مشورت مسئولین شرکت قطعات بتنی بروجن استحکام استفاده می شود. پژوهش حاضر در صدد است با طراحی مدل ریاضی برنامه تولید چند هدفه و بهینه سازی آن به گونه ای عمل نماید که هزینه موجودی، تولید و نیروی انسانی حداقل شود و میزان حداکثر کیفیت محصول تولیدی در شرایط احتمالی و حداکثر سازی بیشترین وقوع عدم اطمینان در هر مرحله از تولید که سبب تشخیص گلوگاه کاری شود، موجب افزایش سودآوری شرکت قطعات بتنی بروجن استحکام شود. نتایج حاصل از حل مدل با کدنویسی در نرم افزار گمز مقادیر توابع هدف و متغیرهای تصمیم را نشان می دهد که مورد تایید مسئولین شرکت قطعات بتنی بروجن استحکام واقع شدند.

واژه های کلیدی: مدل ریاضی چند هدفه، برنامه ریزی تولید چند محصولی، چند مرحله ای، چند دوره ای، احتمالی

۱. مقدمه

برنامه ریزی تولید، یکی از مهمترین و اساسی ترین وظایف مدیران در سیستم های تولیدی است که هدف از آن، برنامه ریزی مؤثر و یکپارچگی تمام فعالیت های تولیدی است به گونه ای که اهداف شرکت ها را بهینه سازد. برنامه ریزی تولید، فرآیند تصمیم گیری در خصوص منابعی است که سازمان جهت انجام عملیات تولید در آینده به آنها نیاز دارد؛ به گونه ای که تخصیص این منابع جهت تولید به مقدار مورد نیاز و نیز با صرف کمترین هزینه صورت گیرد. امروزه سازمان ها همه ابعاد زندگی بشر را شامل می شود و کوچکترین واحد تولیدی یا غیر تولیدی بدون توجه به برنامه ریزی به اهداف مورد نظر آن طور که مناسب است نخواهد رسید. لذا در این مقدمه کوتاه اهمیت برنامه ریزی و بطور اخص برنامه ریزی ریاضی چند هدفه برای هر بنگاه اقتصادی که غالبا دارای اهداف متعددی است، بخصوص در روبرو شدن با شرایط عدم قطعیت در پارامترهای ورودی مدل محرض می شود.

لذا در پژوهش حاضر ارائه و حل مدل ریاضی چند هدفه جهت برنامه ریزی تولید در شرکت قطعات بتنی بروجن استحکام مورد مطالعه قرار خواهد گرفت. در این صنعت در کنار واحد تولید یک مرکز بازسازی نیز وجود دارد که محصولات نیازمند ترمیم به آنجا ارسال شده و در صورت تایید کنترل کیفیت برای فروش ارسال می شوند. مهمترین هدف از انجام تحقیق حاضر مطالعه نحوه برنامه ریزی تولید کننده در اخذ تصمیمات مرتبط به تولید محصولات مورد نظر است و تولید کننده در این راستا در مورد هزینه های تولید و کیفیت محصولات تولیدی، تعداد نیروی کار، ساعات کار عادی و اضافه کاری مرکز تولید و مرکز بازسازی و حداقل سازی سطح سرویس به مشتریان و حداکثر سازی حداقل قابلیت اطمینان تصمیم گیرد. بنابراین در طراحی مدل کاربردی-توسعه یافته پیشنهاد شده براساس ادبیات تحقیق (رضایی مقدم، ۱۳۹۷)، تصمیماتی از قبیل تعیین سهم مراکز بازسازی و تولید در ساعات کار عادی و اضافه کاری، تعیین سهم موجودی پایان دوره مرکز بازسازی و تولید، تعیین تعداد نیروی کار اخراج و استخدام شده توسط مرکز تولید در نظر گرفته شده است. بنابراین با توجه به عنایت خاص مسئولین صنعت مذکور به موضوع برنامه ریزی تولید یک مدل ریاضی چند هدفه چند محصولی، چند مرحله ای و چند دوره ای احتمالی با استفاده از روش مارکویتز برای آن صنعت طراحی و در نرم افزار گمز حل گردید که به منظور اعتبارسنجی نتایج آن مورد تایید مسئولین مربوطه قرار گرفت و در صنایع مشابهه نیز قابل کاربرد می باشد. در ادامه ابتدا مروری بر پیشینه تحقیق حاضر ابتدا فارسی و سپس لاتین بیان خواهد شد، سپس مدل ریاضی پیشنهادی معرفی می شود و بعد از آن روش حل مدل تشریح شده و در انتها نتایج مدل با داده های اخذ شده از آن صنعت ارائه خواهد شد.

۲. پیشینه تحقیق

(آسیه وریانی و پرویز فتاحی، ۱۳۹۲) در تحقیقی که انجام داده اند، یک مدل اندازه نمونه دو سطحی شامل یک تولیدکننده و یک انبار مرکزی یکپارچه با اضافه کردن محدودیت تاثیرپذیری تقاضا از متوسط درصد کمبود مورد بررسی قرار گرفته است. در این مدل، انبار مرکزی با تقاضای تصادفی مشتری روبرو می باشد و هزینه سفارش دهی انبار با سرمایه گذاری قابل کاهش می باشد. کارخانه دارای دو بخش مونتاژ و پردازش است. مواد به دو صورت وارد بخش مونتاژ می گردند؛ گونه ای از مواد تحت عنوان مواد پردازش شده از واحد پردازش و برخی دیگر تحت عنوان مواد اولیه آماده، از بیرون کارخانه وارد مرحله مونتاژ می گردند. در مرحله مونتاژ تحت فرایندهای لازم، کالای نهایی تولید می شود. پس از آرایه یک مدل برنامه ریزی غیرخطی، از دو روش شاخه و کران و روش گرادیان کاهشی تعمیم یافته برای حل مدل استفاده شده است. سپس به کمک آزمایش های عددی

کارایی روش های پیشنهادی مورد ارزیابی قرار می گیرد. (ابوالفضل کاظمی و همکاران، ۱۳۹۵). در یک پژوهش، یک مدل دو هدفه مسأله برنامه ریزی تولید- توزیع یکپارچه در یک زنجیره تامین چند سطحی ارائه نمودند. زنجیره تامین پیشنهادی شامل تامین کنندگان، تولید کنندگان، مراکز توزیع و مناطق مشتری است. تصمیمات برای چندین ماده اولیه و محصول و در دوره های زمانی مختلف گرفته شده است. اهداف مسأله علاوه بر کمینه کردن کل هزینه های زنجیره شام هزینه های حمل و تامین مواد اولیه، آماده سازی و تولید محصولات، نگهداری موجودی مواد اولیه و محصولات در کارخانه ها و مراکز توزیع، حمل و خرید محصولات برای توزیع کنندگان و مشتریان و هزینه کمبود به صورت پس افت، سطح خدمت به مشتریان را با به حداقل رساندن زمان انتقال محصولات از سطوح بالایی زنجیره به دست مشتریان افزایش می دهد. به منظور حل مدل از دو الگوریتم چند هدفه مبتنی بر رویکرد پارتو به نام های الگوریتم ژنتیک مرتب سازی نامغلوب و الگوریتم ژنتیک رتبه بندی نامغلوب استفاده شده است. از آنجایی که خروجی این الگوریتم ها به شدت وابسته به پارامترهای ورودی خود هستند، لذا از یک روش تاگوچی به منظور تنظیم پارامتر الگوریتم ها استفاده شده است. در نهایت به منظور اثبات عملکرد مناسب روش های حل ارائه شده در مدل پیشنهادی، این روش ها بر روی مسائل آزمایشی تولید شده با ابعاد مختلف مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. (کیوان احمدی دهرشید و همکاران ۱۳۹۸). در تحقیقی، نخستین بار مدل ریاضی یکپارچه تولید - توزیع با انبارهای میانی و سیستم های حمل و نقل متنوع در زنجیره تامین چند دوره ای برای کالاهای فساد پذیر ارائه شده است. نرخ فساد پذیری کالاها در انبارها، یا در زمان حمل و نقل یا از طریق خبرگان به دست می آیند. تابع هدف مدل پیشنهادی تک هدفه است و هزینه های زنجیره تامین به صورت یکپارچه حداقل می شوند. مدل پیشنهادی، غیرخطی و از نوع سخت است. این مدل با حل چند مسئله در ابعاد کوچک، تأیید و با توجه به قدرت الگوریتم ژنتیک رتبه ای در این مسائل برای حل استفاده شده است. مورد کاوی با داده های واقعی یک زنجیره تامین مواد غذایی فاسد شدنی، انجام و با حالت بدون فسادپذیری کالاها مقایسه شده است. حاصل از حل مدل پیشنهادی، ضمن تعیین میزان فاسد شدن کالاها در هر مرحله نشان می دهد میزان هزینه زنجیره در حالت فساد پذیر بودن افزایش می یابد مدل پیشنهادی به تصمیم گیرندگان در شناسایی نقاط و تعیین میزان فساد کالاها در سطوح زنجیره و بهره مندی از سیستم های نگهداری و حمل نوین با کارایی زیاد در آن برای کاهش هزینه های کل کمک می کند.

(حسن ونایی و همکاران، ۱۳۹۸). یکی از مهم ترین مباحث مطرح شده در زنجیره تامین، برنامه ریزی یکپارچه تولید-توزیع است. تولید و توزیع یکپارچه محصولات در یک زنجیره تامین نقش مهمی را در کاهش هزینه های زنجیره بر عهده دارد. در این مقاله، یک مدل ریاضی برای مساله تولید-توزیع یکپارچه در یک زنجیره تامین سه سطحی شامل کارخانه های تولیدی، مراکز توزیع و مشتریان برای چند نوع محصول و در طی چندین دوره زمانی ارائه شده است. هدف مدل شامل کمینه کردن کل هزینه های زنجیره تامین با توجه به ظرفیت های موجود، در نظر گرفته شده است. برای در نظر گرفتن عدم قطعیت های موجود در مسایل واقعی، در مساله مورد بررسی در این تحقیق نیز برخی پارامترها را، از جمله هزینه های موجود در مدل با استفاده از مدل مارکویتز به صورت غیر قطعی تبدیل خواهیم کرد و در انتها مدل با پارامترهای احتمالی با استفاده از الگوریتم ژنتیک حل خواهد شد. مدل اولیه به صورت خطی است؛ ولی پس از تبدیل شدن پارامترهای قطعی به پارامترهای احتمالی مدل به صورت غیرخطی در می آید. در این تحقیق برای احتمالی کردن پارامترهای مدل، ابتدا با در نظر گرفتن یک توزیع نرمال با میانگین و واریانس معلوم، هر یک از هزینه های موجود به صورت یک تابع تصادفی در آمدند و در انتها با استفاده از مدل مارکویتز، مدل قطعی با پارامترهای قطعی به مدل با رویکرد احتمالی تبدیل خواهد شد. (Asmaa A. Mahmoud.et. al. 2019) تمرکز این مطالعه توسعه یک سیستم برنامه ریزی تولید چند محصولی با عدم اطمینان و عدم قطعیت تقاضای محصولات (تقاضای فصلی) است. عمدتاً، هدف این مشکل با توجه به تقاضای نامشخص برای دوره های مختلف، به سطوح تولید هر محصول می رسد، که به محدودیت ظرفیت، موجودی و منابع بستگی دارد. یک مدل تحلیلی برای این مسئله ارائه شده است که می تواند به دو دسته غیر خطی و تصادفی طبقه بندی شود. هدف این است که جمع هزینه های متغیر تولید را به حداقل برساند. از آنجا که تقاضای نامطمئن یک فرایند داده تصادفی پویا در افق برنامه ریزی است، به عنوان یک مدل درخت در نظر گرفته می شود. هر مرحله در

مدل درخت تقاضا مربوط به یک خوشه از یک دوره است. از این رو، به تقاضای نوسان بستگی به مدل درخت دارد. مدل برنامه‌ریزی تصادفی دو مرحله‌ای به عنوان یک گزینه جایگزین برای همه سناریوهای تقاضا ارائه شده است. بنابراین، این مطالعه مدل را با استفاده از روش تقریب متوسط نمونه برداری پیشنهاد می‌کند که با توجه به تقاضای فصلی با استفاده از برنامه بهینه سازی (Lingo 16) برای حل مدل ریاضی، برای سیستم برنامه‌ریزی تولید در هر محیط تولیدی مناسب است. علاوه بر این، بررسی تقاضای فصلی با استفاده از روش فصلی ضربی انجام می‌شود و اعتبار مدل با استفاده از Mathworks (Matlab R2015 ۶۴ بیتی) با در نظر گرفتن هزینه‌های تولید بررسی شد.

(Kaveh Khalili-Damghani, Ayda Shahrokh. 2014) در مقاله‌ای، یک مسئله برنامه‌ریزی تولید کل محصولات چند هدفه چند دوره‌ای معرفی شده است. مسئله پیشنهادی با استفاده از برنامه نویسی ریاضی مختلط چند هدفه مدل سازی شده است. سه عملکرد هدف، از جمله به حداقل رساندن هزینه کل، به حداکثر رساندن سطح خدمات مشتری و به حداکثر رساندن کیفیت محصول نهایی، به طور همزمان در نظر گرفته شده است. محدودیت‌های متعددی مانند مقدار تولید، زمان موجود، سطح نیروی کار، سطح موجودی، سطح سفارش مجدد، ظرفیت ماشین، فضای انبار و بودجه موجود نیز در نظر گرفته شده است. فرض بر این است که برخی از پارامترهای مدل پیشنهادی کیفی هستند و با استفاده از مجموعه‌های فازی مدل سازی می‌شوند. سپس، یک روش برنامه نویسی هدف فازی برای حل مدل ارائه شده است. روش پیشنهادی در یک مطالعه موردی صنعتی در دنیای واقعی از یک شرکت تولید رنگ و رزین به نام طیف - سایپا اعمال می‌شود. این روش با استفاده از نرم افزار لینگو کدگذاری می‌شود. کارایی و کاربرد روش پیشنهادی در مطالعه موردی نشان داده شده است. نتایج روش پیشنهادی با روش‌های تجربی موجود مورد استفاده در شرکت مقایسه می‌شود. برتری نسبی روش پیشنهادی در مقایسه با روش تجربی آشکار می‌شود. سرانجام، با روش جمع آوری داده‌ها برای اجرای مدل، به منظور تسهیل اجرای مجدد مدل برای توسعه آینده و مطالعات موردی، ارائه شده است. (Kaveh Taghizadeh, et. al. 2011) برنامه‌ریزی تولید چند دوره‌ای چند محصولی، به عنوان یک مسئله شناخته شده در ادبیات، تلاش می‌کند تا نرخ تولید محصولات منفرد را با نوسان تقاضای بازار در افق برنامه‌ریزی مطابقت دهد. این مطالعه نشان می‌دهد که چگونه مدل معمولی برنامه نویسی خطی ممکن است در استفاده از ظرفیت موجود ماشین آلات کوتاهی کند و همچنین یک مدل جدید برنامه‌ریزی خطی چند هدفه برای به حداقل رساندن ارزش فعلی خالص هزینه‌های تولید و حداکثر استفاده از ماشین توسعه یافته است. مدل پیشنهادی شامل محدودیت‌های تولید از جمله نیروی کار موجود، موجودی کالا، حداکثر سطح پیمانکاری فرعی و همچنین تقاضای پیش‌بینی شده است. مدل پیشنهادی با استفاده از توابع عضویت خطی به صورت چند منظوره به برنامه نویسی خطی چند هدفه فازی تبدیل می‌شود. این مدل، تصمیم گیرنده را با یک رویکرد تصمیم گیری منظم‌تر سازگار می‌کند و تصمیم گیرنده را قادر می‌سازد جهت جستجو را در طی روش حل تنظیم کند تا به نتیجه مطلوب تر برسد. (Sutrisno, et. al 2019) این مقاله برای مطالعه توسعه یک مدل بهینه سازی چند هدفه احتمالی است که می‌تواند برای بهینه سازی برنامه‌ریزی تولید و تهیه مواد اولیه در یک صنعت تولیدی که ارزش تقاضا ناشناخته است، مورد استفاده قرار گیرد. اولاً، مقدار تقاضای ناشناخته یک متغیر تصادفی با توزیع احتمال مشخص شناخته شده است. سپس، مدل بهینه سازی چند هدفه را با دو عملکرد هدف، یعنی کل هزینه خرید که به حداقل می‌رسد و تعداد کل تولید، به حداکثر می‌رساند، فرموله کردند. برخی از محدودیت‌های مرتبط که باید برآورده شوند نیز فرموله می‌شوند. ما با یافتن راه حل پارتو این مشکل بهینه سازی چند هدفه را حل می‌کنیم. محاسبه در لینگو * انجام شده است. برای شبیه سازی و مشاهده چگونگی تصمیم گیری بهینه، یک شبیه سازی محاسباتی با استفاده از داده‌های تولید شده انجام شد. از نتایج، تصمیم بهینه (تعداد ماده اولیه‌ای که باید از هر تأمین کننده خریداری شود و تعداد محصولی که باید تولید

شود) به دست می آید. (Mohammad Hossein Zavvar Sabegh, et. al . 2016) برنامه ریزی تولید اصلی یک مرحله میان مدت در برنامه ریزی است که برنامه ریزی تولید کل دراز مدت را به طرحی تبدیل می کند که برنامه ریزی و میزان تولید محصولات مختلف را تعیین می کند. این مشکل نیاز به بررسی طیف وسیعی از پارامترها در مورد تقاضا، استفاده از منابع تولید و هزینه ها دارد. عدم اطمینان یک ویژگی ذاتی این پارامترها است. در این مقاله ، یک مدل برای برنامه ریزی تولید اصلی تحت عدم اطمینان در جایی که تقاضا به عنوان متغیرهای تصادفی در نظر گرفته می شود، در حالی که پارامترهای هزینه و استفاده به عنوان اعداد فازی بیان می شود. یک روش ترکیبی نیز برای حل مدل توسعه یافته ارائه شده است. کاربرد روش پیشنهادی در یک مثال عددی بررسی شده است

(Hasan Mehrmanesh . Morteza Karimi 2020) در یک مقاله، مشکل برنامه ریزی و برنامه ریزی تولید در یک کارخانه در شمال ایران را به عنوان یک مطالعه موردی در نظر گرفته اند. کارخانه با ده خط تولید قوطی و سطل زباله در انواع مختلف تولید می کند. بنابراین، یک مدل برنامه ریزی خطی عدد صحیح مختلط برای مسئله برنامه ریزی و برنامه ریزی تولید یکپارچه برای به حداکثر رساندن سود ارائه نموده اند. مدل پیشنهادی با استفاده از داده های جمع آوری شده از محیط واقعی در نرم افزار گمز پیاده سازی شده و برنامه ریزی بهینه و برنامه ریزی تولید برای سیستم ارائه شده است.

(Hasan Akyer. et. al, 2016) کشاورزی زمینه ای است که برای اقتصاد هر کشور بسیار مهم است. کشورها متناسب با نیازهای خود، استراتژی های مختلف تولید محصولات کشاورزی را در مناطق مختلف دنبال می کنند. در این مطالعه، یک مدل برنامه ریزی تولید بر اساس نظریه نمونه کارها مدرن برای تولید سبزیجات تابستانی و زمستانی در دنیلی، که دارای پتانسیل تولید قابل توجهی در زمینه کشاورزی برای منطقه اژه است، ساخته شد. داده های تاریخی محصولات مشخص شده از موسسه آماری ترکیه یوایک به دست آمده است. به عنوان روش تجزیه و تحلیل، از مدل واریانس مارکویتز و مفاهیم مرزی کارآمد استفاده شد. سبدهای تولید بهینه که دامنه محصولات مختلفی دارند و تولید کنندگان می توانند از طریق آنها حداکثر سود را با توجه به میزان ریسک خود کسب کنند، تعیین شد. این مطالعه به عنوان راهی راهنما برای تولیدکنندگان برای برنامه های کشت در فصول آینده عمل می کند.

اطلاعات جدول شماره (۱) به صورت: محصولات(۱- تک محصولی و ۲- چند محصولی)، فرآیند (۱-مرکز تولید ۲- مرکز بازسازی و ۳- زنجیره تامین و تولیدکننده)، مرحله و دوره (۱- تک مرحله ای و ۲- چند مرحله ای و ۳- چند دوره ای)، شرایط مدل (۱- قطعیت، ۲- عدم قطعیت، ۳- فازی، ۴- استوار فازی، ۵- استوار فازی احتمالی، ۶- مدل احتمالی) است.

نویسنده/ سال	تعداد اهداف		مطالعه موردی	ابزار روش حل	محصولات	فرآیند	مرحله و دوره	شرایط مدل
	چند هدفه	تک هدفه			۱ یا ۲	۱ یا ۲	۱ یا ۲ یا ۳	۱-۶
عادل آذر/ ۱۳۹۰	افزایش سود و حداقل سازی هزینه ها		شرکت مبل خاورمیانه	کدنویسی در نرم افزار لینگو	۲	۱	۳ و ۳	۳
صالحی/ ۱۳۹۰	کمینه سازی هزینه های تولید، نگهداری و آماده سازی	کمینه سازی هزینه های تولید، نگهداری و آماده سازی	شرکت رینگ سازی مشهد	کدنویسی در نرم افزار لینگو	۲	۱	۲	۱
حاجی آقا/ ۱۳۹۲	کمینه کردن هزینه های تولید و تعداد ماشین آلات و بیشینه کردن سطح رضایت مشتریان		مثال عددی		۲	۱	۱	۱
آسیه وریانی/ ۱۳۹۲	کمینه کردن هزینه های تولید و تعداد ماشین آلات و بیشینه کردن سطح رضایت مشتریان	کمینه کردن هزینه های تولید و تعداد ماشین آلات و بیشینه کردن سطح رضایت مشتریان	مثال عددی	کدنویسی در نرم افزار لینگو	۲	۱	۲	۶ شاخه و کران
شهرکی/ ۱۳۹۴	حداقل سازی هزینه ها و تخصیص سفارشات		مثال عددی	Lp متریک و کدنویسی در نرم افزار لینگو	۲	۱	۲	۳
اشلقی/ ۱۳۹۳	حداکثر سازی سود و رضایت مشتریان و حداقل سازی هزینه های تولید		شرکت پلیمر البرز	حل با الگوریتم ژنتیک		۱	۳ و ۳	۳
حسینی/ ۱۳۹۳	به حداقل رساندن هزینه های لجستیک و هزینه تاخیرها و به حداکثر رساندن سود		گروه صنعتی برنز	Lp متریک و کدنویسی در نرم افزار لینگو	۲	۱	۱	۳
غلامرضایی/ ۱۳۹۴	حداقل سازی هزینه و حداکثر سازی سود		شرکت آلومینیم	Lp متریک و کدنویسی در نرم افزار لینگو	۲		۳	۳
رضایی نیک/ ۱۳۹۵	حداکثر سازی کارایی نیروی انسانی و حداکثر سازی سود		شرکت شیر آلات بهداشتی	حل با الگوریتم ژنتیک	۲		۲	۳
رضایی مقدم/ ۱۳۹۷	حداکثر سازی سود، حداکثر سازی کیفیت، حداقل سازی		صنعت High Tech	کدنویسی در نرم افزار لینگو	۲	۲	۲	۱

							کمبود و حداکثر سازی رضایت تامین کنندگان	
۳	۳			الگوریتم ژنتیک	مثال عددی		حداقل سازی کل هزینه ها و کل زمان ارسال	نویل / ۱۳۹۵
۱	۳		۲	الگوریتم ژنتیک	مثال عددی		حداقل سازی هزینه ها و حداقل سازی زمان سروس دهی	کاظمی / ۱۳۹۵
۱	۳ و ۲	۳	۲	الگوریتم ژنتیک	مثال عددی	کمینه کردن هزینه های تولید، حمل و نقل، انبارداری، فسادپذیری، کمبود و موجودی توزیع نشده است		احمدی / ۱۳۹۷
۱	۲، ۳	۱	۱	روش CPLEX در نرم افزار GAMS	مثال عددی	حداقل سازی هزینه های ثابت و متغیر ماشین الات		صادقیه / ۱۳۹۸
۶ مدل مار کویتز	۱	۳	۲	الگوریتم ژنتیک	مثال عددی	کمینه سازی هزینه کل		ونایی / ۱۳۹۸
	۱	۱		Lp متریک و کدنویسی در نرم افزار گمز	کارخانه آلومینیوم		کمینه کرده هزینه تولید تعداد ماشین الات و حداکثر سازی سود	ناگن ناگارو / ۱۹۹۷
۳	۳ و ۱	۱	۲	کدنویسی در نرم افزار لینگو	مثال عددی		به حداقل رساندن ارزش فعلی خالص هزینه های تولید و حداکثر استفاده از ماشین توسعه یافته	تقی زاده / ۲۰۱۱
۳	۱	۱	۲	کدنویسی در نرم افزار لینگو	شرکت تولید رنگ		حداکثر سازی سطح خدمات مشتری و حداکثر سازی کیفیت محصول نهایی	خلیلی دامغانی / ۲۰۱۴
	۱	۱		Lp متریک			حداکثر رساندن سود فروش و به حداقل رساندن هزینه های حمل و نقل	غلامرضایی ۲۰۱۵ /
۳	۱	۱	۳ و ۲		مثال عددی		حداکثر سازی سود	زوار سابق / ۲۰۱۶

۶	۱	۱	۲	کدنویسی در نرم افزار لینگو	تولیدات کشاورزی موسسه تویک	حداکثر رساندن سود		اکر/۲۰۱۶
۱	۲	۱	۲	کدنویسی در نرم افزار گمز		حداکثر رساندن درآمد		وانزتی/۲۰۱۸
	۱	۱	۱		شرکت کاشی و سرامیک		حدقل موجودی سازي وزمان تحويل	استسو/۲۰۱۸
۶		۱	۲	کدنویسی در نرم افزار گمز	مثال عددی	حدقل سازي جمع هزینه های متغير توليد		محمود/۲۰۱۹
مدل تصادفی	۳ و ۱	۱	۲	کدنویسی در نرم افزار لینگو	مثال عددی		کمینه سازي هزینه خرید و حداکثر سازي تعداد کل توليد	سوترسنو/ ۲۰۱۹
۱	۳	۱	۲	کدنویسی در نرم افزار گمز	خط توليد قوطي و سطل زباله	حداکثر رساندن سود		مهمرمنش/ ۲۰۲۰
۱	۱	۱		Lp متریک	مثال عددی برای یک شرکت نساجی		حداکثر بازده انتظار و یک مدل حداقل خطر مالی	آقاجانی/۲۰۲۰
۱	۳		۲	نرم افزار cplex	بیمارستان	حداقل سازي بخش های غیر عملیاتی		سادوک ریزگ/۲۰۲۰
۶	۳ و ۲	۲ و ۱	۲	Lp متریک و کدنویسی در گمز	شرکت قطعات بتنی بروجن استحکام		حداکثر سازي سود و کیفیت مرکز توليد و مرکب بازسازي، حداکثر سازي قابلیت اطمینان و سطح سرویس	مدل ریاضی پیشنهادی

۳. مفروضات مدل پیشنهادی

✓ محصولات برگشتی در بخش بازسازی بهینه سازی شده و به تولید کننده داده می شوند

✓ سیستم تولید چند مرحله ای است

✓ در این سیستم تولیدی چند محصول هم خانواده تولید می شود

✓ برای چند دوره برنامه ریزی انجام می شود

✓ پارامترهای کیفیت محصول در حالت احتمالی است

✓ کمبودی موجودی در این برنامه مجاز نمی باشد

✓ در این فرایند یک واحد بازسازی وجود دارد که محصولات نیاز به رفع نواقص ناشی از تولید به ان مرکز ارسال می شود

✓ کیفیت محصولات تولیدی در زمان عادی و اضافه کاری یکسان در نظر گرفته شده اند

✓ کیفیت محصولات خارج شده از مرکز بازرسی یکسان با محصولات سالمی که از خط تولید برای واحد فروش ارسال میشوند فرض شده است

✓ ظرفیت تولید در ساعات کار عادی و اضافه کاری متفاوت در نظر گرفته شده است

✓ هزینه تولید در ساعات اضافه کاری و ساعات کار عادی متفاوت است

✓ سطح موجودی، نیروی کار، فضای انبار از ماکزیمم سطح مجاز نمی تواند تجاوز کند

✓ بدلیل تفاوت اندک در حجم تقاضای مستقل، برای محصولات خانواده یکسان در نظر گرفته شده است

مدل ریاضی پیشنهادی

مجموعه اندیس ها

$i = \{1, 2, \dots, I\}$ مجموعه محصولات i

$k = \{1, 2, \dots, K\}$ مجموعه مراحل تولید K

$t = \{1, 2, \dots, T\}$ مجموعه دوره زمانی t

پارامترهای مدل

d_{ikt} تقاضای پیش بینی شده محصول i در دوره t برای مرحله k .

α_{ikt} درصد محصول i برگشتی توسط مرحله k به مرکز باز سازی در دوره t

CAPP ظرفیت نگهداری کالا در مرکز تولید کننده

CAPD ظرفیت نگهداری کالا در مرکز بازسازی

CPR_i هزینه تولید یک واحد محصول i در ساعات عادی

CPO_i هزینه تولید یک واحد محصول i در ساعات اضافه کاری

CD_i هزینه تهیه یک واحد محصول i از مرکز بازسازی

CLR_t هزینه یک نفر کارگر در دوره t در زمان عادی

هزینه یک نفر کارگر در دوره t در زمان اضافه کاری.	CLO_t
هزینه استخدام یک نفر نیروی انسانی در دوره t .	HC_t
هزینه اخراج یک نفر نیروی انسانی در دوره t	FC_t
هزینه نگهداری یک واحد محصول i در دوره t در انبار تولید کننده	HIP_{it}
هزینه نگهداری یک واحد محصول i در انبار مرکز بازسازی در دوره t	HID_{it}
هزینه کمبود یک واحد کالا i برای مرحله k در دوره.	π_{ikt}
ضریب کیفیت تولید محصول i در دوره t در ساعات عادی	QR_{it}
ضریب کیفیت تولید محصول i در دوره t در ساعات اضافه کاری	QCO_{it}
ضریب کیفیت تولید محصول i در دوره t توسط مرکز بازسازی.	QCD_{it}
ضریب عدم احتمال کارکرد سالم مرحله k	Re_k
ماکزیمم نیروی کار در دسترس در دوره t	MW_t
ماکزیمم ساعات اضافه کاری در دسترس در دوره t	MOT_t
حداکثر تعداد ساعات کاری در زمان عادی	TW
میزان نفر-ساعت مورد نیاز برای تولید محصول i (در ساعات اضافه کاری و ساعات کار عادی)	TP_i
درصد تغییر مجاز در نیروی انسانی در دوره t .	γ_t
قیمت فروش محصول i به مرحله k	P_{ikt}
هزینه تولید یک واحد محصول i در ساعات عادی واحد بازسازی.	$CPRD_i$
هزینه تولید یک واحد محصول i در ساعات اضافه کاری واحد بازسازی	$CPOD_i$
افق برنامه ریزی	tt
واریانس پارامترهای کیفیت مدل	VAR
پارامتر وزن دهی است و مقدار آن در بازه $[0 \text{ و } 1]$ تغییر میکند.	λ
متغیرهای تصمیم مدل پیشنهادی.	
میزان کسری (سفارش عقب افتاده) محصول نهایی i در دوره t برای مرحله k	B_{ikt}

XP_{it} میزان تولید محصولات خانواده i در زمان تولید عادی در دوره t

YP_{it} میزان تولید محصولات خانواده i در زمان اضافه کاری در دوره t

ZD_{it} میزان تامین محصولات خانواده i توسط مرکز بازسازی در دوره t

F_{ikt} میزان محصول ارسالی خانواده i در دوره t برای مرحله k

OT_t ساعات اضافه کاری مورد نیاز در دوره t

IP_{it} سطح موجودی محصول خانواده i در انتهای دوره t برای تولید کننده

WL_t تعداد نیروی کار مورد نیاز در دوره t

HL_t تعداد نیروی کار استخدام شده در دوره t

FL_t تعداد نیروی کار اخراج شده در دوره t

ZC_{ikt} میزان محصولات خانواده i که در دوره t برای مرحله k

ID_{it} سطح موجودی محصول خانواده i در انتهای دوره t در مرکز بازسازی

XD_{it} میزان تولید محصول خانواده i در زمان کارعادی در دوره t واحد بازسازی

YD_{it} میزان تولید محصول خانواده i در زمان اضافه کاری در دوره t واحد بازسازی

AA_{ikt} اگر مرحله k در دوره t برای تولید محصول i آماده باشد یک و در غیر این صورت صفر

۴. مدل ریاضی پیشنهادی احتمالی به روش مارکویتز

$\text{Min} z_1 = \sum_t \sum_i \sum_k F_{ikt} \cdot P_{ikt} - (\sum_t \sum_i (CPR_i \cdot XP_{it} + CPO_i \cdot YP_{it} + CPRD_i \cdot XD_{it} + CPOD_i \cdot YD_{it}) + \sum_t \sum_i (CD_i \cdot ZD_{it}) + \sum_t (CLR_t \cdot WL_t + CLO_t \cdot OT_t) + \sum_t (HL_t \cdot HC_t + FL_t \cdot FC_t) + \sum_t \sum_i IP_{it} \cdot HIP_{it} + ID_{it} \cdot HID_{it} + \sum_t \sum_i \sum_k B_{ikt} \cdot \pi_{ikt})$	رابطه ۱)
$\text{Max} z_2 = \sum_t \sum_i (XP_{it} \cdot QR_{it} + YP_{it} \cdot QCO_{it}) + \sum_t \sum_i (ZD_{it} \cdot QCD_{it})$	رابطه ۲)
$\text{Max} z_3 = \sum_t \min_k (Re_k \cdot \sum_i AA_{ikt})$	رابطه ۳)
$\text{Max} z_4 = \frac{1}{tt} \cdot \sum_t \sum_k \sum_i 1 - (B_{i,k,t} / ID_{it})$	رابطه ۴)
Subject to	

$IP_{i(t-1)} + XP_{it} + YP_{it} + ZD_{it} + \sum_k B_{ik(t-1)} = \sum_k B_{ik(t-1)} + \sum_k F_{ikt} + IP_{it} \quad \forall i, t$	رابطه ۵)
$ID_{it} = ID_{i(t-1)} + \sum_k \alpha_{ikt} \cdot F_{ikt} - ZD_{it} \quad \forall i, t$	رابطه ۶)
$\sum_i IP_{it} \leq CAPP \quad \forall t$	رابطه ۷)
$\sum_i ID_{it} \leq CAPD \quad \forall t$	رابطه ۸)
$WL_t \leq MW_t \quad \forall t$	رابطه ۹)
$WL_t = WL_{(t-1)} + HL_t - FL_t \quad \forall t$	رابطه ۱۰)
$HL_t, FL_t = 0 \quad \forall t$	رابطه ۱۱)
$OT_t \leq MOT_t \quad \forall t$	رابطه ۱۲)
$\sum_i TP_i \cdot XP_{it} \leq TW \quad \forall t$	رابطه ۱۳)
$\sum_i TP_i \cdot YP_{it} \leq OT_t \quad \forall t$	رابطه ۱۴)
$FL_t + HL_t \leq \gamma_{t-1} WL_{t-1} \quad \forall t$	رابطه ۱۵)
$B_{ikt} = B_{(t-1)ik} + d_{ikt} - F_{ikt} - ZC_{ikt} \quad \forall i, k, t$	رابطه ۱۶)
$ZD_{it} \leq CAPD \quad \forall t, i$	رابطه ۱۷)
$YP_{it}, ZD_{it}, F_{ikt}, AA_{ikt}, OT_t, IP_{it}, WL_t, HL_t, FL_t, ZC_{it}, XD_{it}, YD_{it}, XP_{it}, ID_{it} \geq 0$	رابطه ۱۸)

رابطه (۱) در مدل اولین تابع هدف مسئله را نشان می‌دهد که برای کمینه سازی هزینه‌ها است. هزینه‌ها شامل هزینه‌های تولید یک واحد محصول در ساعت عادی، ساعات اضافه کاری، و مرکز بازسازی، هزینه یک نفر کارگر در ساعت کار عادی هزینه یک نفر کارگر در ساعت کار اضافه کاری، هزینه استخدام و اخراج نیروی انسانی، هزینه نگهداری یک واحد محصول در انبار تولید کننده، و در انبار مرکز بازسازی، هزینه کمبود یک واحد محصول و تقاضای پیش بینی شده است. در این رابطه همه هزینه‌ها دارای قطعیت هستند. رابطه (۲) تابع هدف دوم مدل است که برای بیشینه سازی ضریب کیفیت محصول دریافتی از مرکز بازسازی و ضریب کیفیت محصول دریافتی از مرکز تولیدکننده یا خط تولید در ساعات عادی و اضافه کاری است. رابطه (۳) سومین تابع هدف مسئله است که برای کمینه کردن حداکثر عدم قابلیت اطمینان در میان مراحل تولید است. رابطه (۴) بیانگر سطح سرویس صنعت مورد نظر است. رابطه (۵) این رابطه تعادل موجودی تولید کننده را نشان می‌دهد. رابطه (۶) بیانگر تعادل موجودی در مرکز بازسازی است. رابطه (۷) ظرفیت نگهداری محصول در مرکز تولید کننده است. رابطه (۸) نشان دهنده ظرفیت نگهداری محصول در مرکز بازسازی است. رابطه (۹) محدودیت حداکثر تعداد نیروی انسانی در دسترس را نشان می‌دهد. رابطه (۱۰) بیانگر تعادل نیروی انسانی تولید کننده است. در رابطه (۱۱) استخدام و یا اخراج کارکنان در هر دوره نشان داده شده است. رابطه (۱۲) محدودیت سقف اضافه کاری را نشان می‌دهد. رابطه (۱۳) نشان می‌دهد که زمان تولید محصول در هر دوره از زمان‌های عادی در دسترس کمتر است. رابطه (۱۴) نشان می‌دهد زمان تولید محصول از زمان‌های اضافه

کاری در دسترس کمتر باشد. رابطه (۱۵) درصد تغییر مجاز در نیروی انسانی در هر دوره را نشان می دهد. رابطه (۱۶) تعادل کمبود محصول تولید کننده را با توجه به کمبود دوره قبل، میزان محصول ارسال شده از تولید کننده را در هر دوره نشان می دهد. رابطه های (۱۷) بیانگر حداکثر محصول تهیه شده از مرکز باز سازی است. رابطه (۱۸) بیانگر نامنفی بودن متغیرهای تصمیم مدل است. رابطه های (۱۹، ۲۰، ۲۱) در زیر بیانگر فرم خطی سازی شده رابطه (۱۱) در مدل است. در این روابط Y یک متغیر باینری است.

$$Y \leq FL_t \quad \forall t \quad \text{رابطه ۱۹}$$

$$Y \leq HL_t \quad \forall t \quad \text{رابطه ۲۰}$$

$$Y \geq FL_t + HL_t - 1 \quad \forall t \quad \text{رابطه ۲۱}$$

در این تحقیق برای احتمالی کردن پارامترهای مدل، ابتدا با در نظر گرفتن یک توزیع نرمال با میانگین و واریانس معلوم، هریک از کیفیت های موجود به صورت یک تابع درآمدند و در انتها با استفاده از مدل مارکویتز، مدل قطعی با پارامترهای قطعی به مدل با رویکرد احتمالی تبدیل خواهد شد. در مدل مارکویتز یک سرمایه گذار پول های خود را در سهامی سرمایه گذاری می کند که، بیشترین مقدار ممکن از بازده آن ها به دست آورد. او همچنین، علاقه دارد که میزان پراکندگی و انحراف از بازده سبد سهام او کمترین مقدار را دارا باشد. برای اندازه گیری ریسک اوراق بهادار، از واریانس بازده های مورد انتظار استفاده می شود. در ابتدا، مارکویتز انتخاب سبد سهام را با استفاده از واریانس برای اندازه گیری ریسک نشان داد. روش ارائه شده توسط او به روش میانگین - واریانس (E-V) مشهور است. مدل مارکویتز بیش ترین مقدار مورد انتظار (V) و کم ترین مقدار واریانس (E) را به طور همزمان در نظر می گیرد. مفروضات اساسی مارکویتز، مبنای مدل او را تشکیل می دهد، اینکه سرمایه گذاران بازده را مطلوب دانسته و از ریسک گریزان هستند. به علاوه آن ها، در تصمیم گیری منطقی عمل می کنند و تصمیماتی را اتخاذ می کنند که باعث حداکثر کردن بازده مطلوب آن ها می شود، بنابراین، مطلوبیت سرمایه گذاران، تابعی است از بازده مورد انتظار و ریسک، که این دو عامل، پارامترهای اساسی مربوط به سرمایه گذاری هستند. به طور خلاصه می توان گفت مدل مارکویتز (مدل میانگین - واریانس) مدلی است که ورودی آن پارامترهای احتمالی هستند. در نتیجه با توجه به مطالب گفته شده، مدل به رویکرد احتمالی تبدیل خواهد شد و در انتها برای حل مدل از نرم افزار گمز استفاده خواهد شد. (حسن ونایی و همکاران ۱۳۹۸).

$$QR_{it} \sim N(\mu_{QR_{it}}, \sigma^2_{QR_{it}})$$

$$QCO_{it} \sim N(\mu_{QCO_{it}}, \sigma^2_{QCO_{it}})$$

$$QCD_{it} \sim N(\mu_{QCD_{it}}, \sigma^2_{QCD_{it}})$$

در ادامه برای هریک از کیفیت های مدل خواهیم داشت:

$$XP_{it}, QR_{it} \sim N(\mu_{QR_{it}}, XP_{it}, \sigma^2_{QR_{it}}, XP^T_{it})$$

$$YP_{it}, QCO_{it} \sim N(\mu_{QCO_{it}}, YP_{it}, \sigma^2_{QCO_{it}}, YP^T_{it})$$

$$ZD_{it}, QCD_{it} \sim N(\mu_{QCD_{it}}, ZD_{it}, \sigma^2_{QCD_{it}}, ZD^*_{it})$$

و در انتها با استفاده از روش مارکویتز، که در آن میانگین با ضریبی از واریانس جمع می شود، مدل قطعی با پارامترهای قطعی، به مدل با رویکرد احتمالی تبدیل خواهد شد.

رابطه (۲۲) در زیر، حالت احتمالی رابطه (۲) تابع کیفیت محصول تولیدی را در نشان می دهد.

$$\begin{aligned} \text{Max} z_2 = & \sum_t \sum_i (\mu_{QR_{it}} \cdot XP_{it} + \lambda \cdot \sigma^2_{QR_{it}} \cdot XP^*_{it} + \mu_{QCD_{it}} \cdot YP_{it} + \lambda \cdot \sigma^2_{QCD_{it}} \cdot YP^*_{it}) \\ & + \sum_t \sum_i \mu_{QCD_{it}} \cdot ZD_{it} + \lambda \cdot \sigma^2_{QCD_{it}} \cdot ZD^*_{it} \end{aligned}$$

جدول (۲): طراحی پارامترهای ورودی در شرایط

پارامتر	تنظیمات	پارامتر	تنظیمات
CAPP	7500	TP _(i)	12
TW	600	tt	36
HID _(i,t)	(۶۰۰۰۰۰, ۷۰۰۰۰۰)	MW _(t)	4
CPR _(i)	U(120000, 135000)	MOT _(t)	150
CPO _(i)	U (130000, 145000)	HIP _{i,t)}	U (600000 ,700000)
CLR _(t)	U (۲۸۰۰۰۰۰۰, ۲۸۹۰۰۰۰۰)	QCR _(i,t)	U (0.95 ,0.98)
CLO _(t)	U (25000,67000)	HIP _(i,t)	U (400000 ,600000)
HC _(t)	U (1000000, 2000000)	MA _(m,t)	U (25 , 30)
FC _(t)	U (40000000, 50000000)	QD _{it}	U (0.8 ,0.97)
π_{ikt}	U (360 , 375)	P _(i,k,t)	U (165000 , 170000)
QO _(i,t)	U (۰,۷۰ , ۰,۹۵)	CPOD _i	U ۱۴۰۰۰۰ ,۱۴۵۰۰۰)
Re _(i,m,t)	U (0.94 ,0.98)	ALFA _(i,k,t)	U (0.03 ,0.05)
QR _(i,t)	U (۰,۷۰ , ۰,۹۵)	CPRD _(i)	U ۱۴۰۰۰۰ ,۱۴۵۰۰۰)
ID _(i,k,t)	U (7000 ,9000)	D _(i,k,t)	U (4000 ,7500)
$\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$	1	VAR	0.009

جدول (۳): مجموعه جواب های پار تویی مدل ریاضی چند هدفه پیشنهادی در شرایط احتمالی

$P, I=3, T=3, M=3$	F1	F2	F3	F4	LP
$P=1$	2.36480E+10	71163.882	0.360	0.858	71162.252
$P=2$	2.36480E+10	71163.882	0.360	0.858	5.064181E+9
$P=3$	2.36480E+10	71163.882	0.360	0.858	1.00000E+10
$P=4$	2.36480E+10	71163.882	0.360	0.858	1.00000E+10
$P=5$	2.36480E+10	71163.882	0.360	0.858	۰

جدول (۴): حدود جواب های متغیر تصمیم از حل مد ریاضی چند هدفه پیشنهادی در شرایط احتمالی

توضیح متغیر تصمیم	حدود جواب های متغیر تصمیم
میزان سفارشات عقب افتاد محصول در مرحله نهایی تولید	$B_{(ik,t)}=[277.778, 10000.000]$
میزان تولید محصول در ساعات اضافه کاری	$F_{(i,k,t)}=[44.776, 9600.000]$
میزان تولید محصول در ساعات کار عادی	$X_{(i,t)}=[150000, 216000]$
میزان تولید محصول در ساعات اضافه کاری	$Y_{(i,t)}=[8\ 000, 90000]$
سطح موجودی تولید کننده در هر دوره بطور متوسط	$IP_{(i,t)}=[186.250, 3055.556]$
سطح موجودی محصول واحد بازسازی در هر دوره	$ZD_{(i,t)}=[192.751, 1825.875]$
تعداد نیروی کار استخدام شده در هر دوره	$HL_{(t)}=[0, 3]$
تعداد نیروی کار مورد نیاز در دوره	$WL_{(t)}=[0, 4.000]$
تعداد نیروی کار اخراج شده در دوره را نشان می دهد	$FL_{(t)}=[۰]$
تعداد محصول مرحله آخر تولید که برای فروش ارسال شده است	$F_{(l,k,t)}=[6۰۰۰, ۵۸۵۰۰۰۰]$
تعداد نیروی کار مورد نیاز در هر دوره	$WL_{(t)}=[3000]$

۵. پیشنهادها و نتایج

در مدل ریاضی پیشنهادی سایر توابع هدف را بر حسب اهمیت بهینه سازی در شرایط احتمالی، فازی، استوار فازی احتمالی طراحی کنند. همچنین توسعه مدل در قالب یک زنجیره تامین و حل مسأله با رویکردهای قطعیت و عدم قطعیت از قبیل احتمالی، فازی، برنامه استوار و استوار فازی و استوار فازی احتمالی را در آن مدل انجام دهند. در نظر گرفتن مرکز نگهداری و تعمیرات به عنوان یک مسأله مهم و اساسی در حفظ و افزایش اثربخشی تجهیزات و در نظر گرفتن معیارهای سبزینگی و محیط کمینه نمودن مدت زمان تولید و تحویل زیست، و حداقل سازی حداکثر کمبود محصول ارسالی به مشتریان در راستای افزایش رضایت‌مندی مشتریان به مدل مذکور افزوده شود. علاوه براین در صورت نداشتن مورد مطالعه مشخص ابعاد مساله را افزایش داده و تحلیل حساسیتی را انجام دهند و در صورت عدم دستیابی به جواب با استفاده از نرم افزارهای ابتکاری مانند گمز و لینگو و طولانی شدن زمان حل مدل بنابراین با ذکر شرایط لازم از روش‌های فراابتکاری در حل مدل ریاضی پیشنهادی در حل آن مسائل استفاده کنند.

در این مقاله بررسی و تصمیم‌گیری درباره برنامه ریزی تولید شرکت مذکور در قالب طراحی یک مدل ریاضی چند هدفه برای سه نوع محصول، سه دوره و چهار مرحله تولید در شرایط عدم قطعیت براساس مدل مارکویتز که بر روی پارامترهای کیفیت مربوط به تابع هدف دوم می‌باشد، انجام شده است. سپس مدل با استفاده از داده‌های واقعی آن صنعت و با کدنویسی در نرم افزار گمز و استفاده از روش معیار جامع جواب توابع هدف و متغیرهای تصمیم محاسبه شد که نتایج حاصل از حل مدل به ترتیب در جداول (۳) و (۴) نشان داده شده است. آنچه در طراحی این مدل که به صورت برنامه ریزی غیر خطی فرموله شده است، اهمیت دارد و در پژوهش‌های مشابه مشاهده نشده است، در نظر گرفتن تابع انواع هزینه‌های تولید از قبیل هزینه تولید در ساعات کار عادی و اضافه کاری، هزینه تولید مرکز بازسازی و هزینه مربوط به نیروی انسانی، تابع کیفیت در شرایط احتمالی، تابع قابلیت اطمینان و تابع حداکثر سازی سطح سرویس شرکت است.

منابع

- ۱- وریانی. آسیه و فتاحی. پرویز (۱۳۹۲) تعیین مقدار بهینه تولید در یک سیستم تولید دو سطحی با تقاضای احتمالی. نشریه بین المللی مهندسی صنایع و مدیریت تولید. ۱(۲۴)، ۵۶-۶۶.
- ۲- کاظمی. ابوالفضل، صرافها. کیوان و علینژاد. علیرضا (۱۳۹۵) ارائه مدلی دو هدفه برای مسله برنامه‌ریزی یکپارچه تولید- توزیع در یک زنجیره تامین چند سطحی با در نظر گرفتن سطح خدمت. مدیریت تولید و عملیات، دوره ۸، ۵۱، (۲). ۵۵۱-۵۹۱.
- ۳- احمدی دهرشید. کیوان و عبدالله زاده مقدم. سهراب (۱۳۹۸). مدل ریاضی یکپارچه برای بهینه‌سازی سیستم تولید- توزیع زنجیره تأمین کالاهای فاسدشدنی با انبارهای میانی. مدیریت تولید و عملیات، دوره ۱۰، پیاپی ۲، شماره ۲، صص: (۹-۹۰)

- ۴- ونایی. حسن، شریفی. مانی، رادفر. رضا، حسین زاده لطفی. فرهاد و طلوعی اشلقی. عباس (۱۳۹۸). بهینه سازی یک سیستم یکپارچه تولید - توزیع با پارامترهای احتمالی در شبکه زنجیره تامین چند سطحی با در نظر گرفتن کمبود. مجله تحقیق در عملیات و کاربردهای آن. ۳ (۶۲). ۱۴۵-۱۲۳.
- ۵- صادقیه. احمد و دهنوی آرانی. سعید. (۱۳۹۸). توسعه مسئله یکپارچه تشکیل سلولی پویا و برنامه ریزی تولید با در نظر گرفتن وسایل جابه جاکنده مواد بین و درون سلولها. مدیریت تولید و عملیات، ۱ (۲) ۷۳-۵۵.
- ۶- رضایی مقدم. سعید، یوسفی. ام البنین، کرباسیان. مهدی و خیام باشی. بیژن. (۱۳۹۷). برنامه ریزی تولید ادغامی در زنجیره تامین برگشت پذیر با استفاده از مدلسازی ریاضی چندهدفه با رویکرد عدم قطعیت (مطالعه موردی در صنعت مهمات سازی اصفهان)؛ پایان نامه دکتری؛ رشته مهندسی صنایع، دانشگاه صنعتی مالک اشتر.
- ۷- آذر، عادل، عندلیب اردکانی. داود، میرفخرالدینی. سید حیدر (۱۳۹۰) طراحی مدل ریاضی کسری برنامه ریزی تولید با رویکرد فازی (مورد مطالعه: شرکت مبل خاورمیانه). فصلنامه علمی- پژوهشی مطالعات مدیریت صنعتی سال نهم، شماره ۲۲. پاییز ۹۰ صفحات ۴۸-۲۳.
- ۸- صالحی. مجتبی، نخعی کمال ابادی. عیسی و حمزه ای. ارزو، (۱۳۹۰) مدل برنامه ریزی تولید چند محصولی، چند محصولی و چند پرودی تحت تقاضای معین، چهارمین کنفرانس بین المللی انجمن ایرانی تحقیق در عملیات،
- ۹- رضایی نیک، ابراهیم، اسدی زیدآبادی. سپیده. (۲۰۱۶). ارائه مدل برنامه ریزی تولید چند هدفه بر اساس رویکرد مبتنی بر سناریو در محیط عدم قطعیت. موسسات آموزش عالی غیر دولتی - دانشگاه صنعتی سجاد دانشکده مهندسی صنایع - پایان نامه.
- ۱۰- طلوعی اشلقی. عباس، احتشام راثی. رضا، ناظمی. جمشید و البرزی. محمود (۱۳۹۳) طراحی و مدل ریاضی فرآیند برنامه ریزی تولید و کنترل موجودی در زنجیره تامین معکوس، مجله مدیریت توسعه و تحول شماره ۱۸،
- ۱۱- رضوی حاجی آقا. سید حسین، اکرمی. هادی و هاشمی. شیده سادات (۱۳۹۲) رویکرد تعاملی فازی برای حل مسئله برنامه ریزی تولید چند محصولی چند دوره، نشریه مطالعات مدیریت صنعتی « ۳۱
- ۱۲- نوییل. امیرحسین و کاظمی. ابوالفضل، (۱۳۹۵) ارائه یک مدل چند هدفه فازی جهت برنامه ریزی تولید-توزیع یکپارچه در یک زنجیره تامین حلقه بسته چهار سطحی، نشریه بین المللی مهندسی صنایع و مدیریت تولید، ۱ (۲۷)، ۹۲-۱۰۴
- ۱۳- شهرکی. محمدرضا، سلامتی. حمید هرمزی و یزدان خواه. فرید. (۱۳۹۴) برنامه ریزی تولی چند اقلامی فازی با ظرفیت محدود و محدودیت پنجره زمانی تولید، دومین همایشهای ملی مهندسی صنایع
- ۱۴- غلامرضایی. مصطفی و خادمی زارع. حسن. (۱۳۹۴) توسعه یک مدل برنامه ریزی تولید چند محصولی، چند پرودی و چند هدفه با پارامترهای فازی، فصلنامه مدیریت تولید و عملیات، دوره ششم، شماره (۱)،
- ۱۵- آذر. عادل و السادات حسینی. اکرم. (۱۳۹۳) طراحی مدل برنامه ریزی تولید چند محصولی در زنجیره تامین براساس رویکرد برنامه ریزی ارمانی مطالعه مورد :گروه صنعتی برنز، فصلنامه علمی-پژوهشی مطالعات مدیریت صنعتی، سال دوازدهم، شماره ۱، ۳۴-۱۷

- ۱۶- Asmaa A. Mahmoud, Mohamed F. Aly, Ahmed M. Mohib, Islam H. Afefy. (2019) New Optimization Model for Multi-Period Multi-Product Production Planning System with Uncertainty Industrial Engineering Department, Faculty of Engineering, Fayoum University, Egypt Industrial Engineering and Management Systems.18(4) 782-883.
- 17- Kaveh Khalili-Damghani, Ayda Shahrokh.(2014). Solving a New Multi-Period Multi-Objective Multi-Product Aggregate Production Planning Problem Using Fuzzy Goal Programming. industrial Engineering & Management Systems 13(4).369-382.
- 18- Sutrisno, P. A. Wicaksono and Solikhin.(2019). Probabilistic multi-objective optimization approach to solve production planning and raw material supplier selection problem under probabilistic demand value. Journal of Physics: Conference Series, The 6th International Conference on Research, Implementation, and Education of Mathematics and Science Yogyakarta, Indonesia

- 19- Zavvar Sabegh. M. H, Mirzazadeh. A, Eric C. Maass, Ozturkoglu. Y, Mohammadi. M & Moslemi. S. (2016). A mathematical model and optimization of total production cost and quality for a deteriorating production process. *Cogent Mathematics* .
- 20- Hasan Mehrmanesh. Morteza Karimi. (2020) An integrated mathematical model of production planning considering order acceptance, production and customer delivery at Marun Petrochemical Company. *Journal of quality engineering and production optimization*.
- 21- Akyer. H, Utku. M and Kaya. Y. (2016). Determining the Optimum Production Oortfolio in Agricultural Sector: Orovine of Denizli Case. *Journal of Accounting, Finance and Auditing Studies* 2(2) 23-38
- 22- Taghizadeh. K , Bagherpour. M & Mahdavi. I (2011). Application of Fuzzy Multi-Objective Linear Programming Model in a Multi-Period Multi- Product Production Planning Problem. *International Journal of Computational Intelligence Systems*. 4(2). 228-243
- 23- Rezig, S. Ezzeddine, W., Turki, S., and Rezg, N., (2020), Mathematical Model for Production Plan Optimization A Case Study of Discrete Event. *Systems And Mathematics*, (8),
- 24- Nagarur, N., Vrat, P., Duongsuwan, W., (1997), Production planning and scheduling for injection moulding of pipe fittings A case study Author links open overlay panel *International Journal of Production Economics*, 53(2), 157-170
- 25- Aghajani, F, Mirzapour Al-e-Hashem, M. J., (2020), A muilti objective mathematical model for production- distribution scheuling problem. *Journal of Industrial and Systems Engineering*. 13 (16)
- 26- Estes, A., Alemany, M.M.E., Ortiz, A and Peidro, D., (2018), A multi-objective model for inventory and planned production reassignment to committed orders with homogeneity requirements, *Computers & Industrial Engineering*. (124), 180-194.
- 27- Vanzetti. N, Broz. D, Corsano. G and M. Montagna. J. (2018) An optimization for multiperiod planning in a sawmill. *Forest Policy and Economics* 97.1-8.

A multi-objective mathematical model of possible multi-product and multi-stage production planning for multi- periods using Markowitz method in GAMS software

Abstract

Undoubtedly, uncertainty conditions are inevitable features and characteristics in all systems and therefore the issue of decision making has become more complex and sensitive and the conditions of decision models have undergone changes. The issue of uncertainty has been considered by researchers and experts. Lack of attention to it is considered as the main reason for moving away from the goals of the program. Work and product quality of the reconstruction center is used in the second objective function of the model in consultation with the officials of Borujen Strength Concrete Parts Company. The present study intends to design a mathematical model of a multi-objective production program and optimize it in such a way that the cost of inventory, production and manpower is minimized and the maximum quality of the product in possible conditions and maximizing the maximum occurrence of uncertainty at each stage of Production that detects work bottlenecks will increase the profitability of Borujen Strength Concrete Company. The results of solving the model by coding in GAMS software show the values of objective functions and decision variables that were approved by the officials of Borujen Stream Concrete Company.

Keywords: multi-objective mathematical model, multi-product production planning, multi-stage, multi-period, probabilistic