فصلنامه مدیریت راهبردی در سیستم های صنعتی (مدیریت صنعتی سابق)
دانشگاه آزاد اسلامی واحد سنندج
سال هفدهم/ شماره ۵۹ / بهار ۱۴۰۱

ارائه مدل ریاضی چندهدفه برنامه‌ریزی تولید فازی چند محصولی و چندمرحله‌ای برای چند دوره در نرم‌افزار گمز

اصلان دوستی
گروه ریاضی، واحد امیدیه، دانشگاه آزاد اسلامی، امیدیه، ایران
سعید رضایی مقدم (نویسنده مسوؤل)
گروه ریاضی، واحد امیدیه، دانشگاه آزاد اسلامی، امیدیه، ایران
Email: kasra_kk200218@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۰/۱۵ * تاریخ پذیرش ۱۴۰۰/۰۷/۲۳

چکیده

در فرایندهای تولیدی و خدماتی مواجهه با شرایط عدم قطعیت و تغییر در مقدار داده‌های مورداستفاده در مدل باعث ایجاد پارامترهای متغیر می‌شود و بنابراین انتظار وجود چنین شرایطی در تصمیم‌گیری غیرعادی نیست. لذا عدم توجه به این‌گونه تغییرات، موجب انحراف در برنامه‌ریزی و دور شدن از شرایط واقعی شده و ضررهای فراوانی را در محیط‌های مذکور ایجاد می‌نماید. با توجه به اهمیت موضوع، در این مقاله از رویکرد بهینه‌سازی فازی جهت مقابله با عدم قطعیت در پارامترهای عدم اطمینان مراحل تولید و کیفیت محصول تولیدی در مرکز تولیدکننده و مرکز بازسازی مدل استفاده می‌شود. پژوهش حاضر درصدد است با طراحی مدل ریاضی برنامه تولید چندهدفه و بهینه‌سازی آن به‌گونه‌ای عمل نماید که هزینه موجودی، تولید و نیروی انسانی حداقل شود و میزان حداکثر کیفیت محصول تولیدی و حداکثر سازی بیشترین وقوع عدم اطمینان در هر مرحله از تولید که سبب تشخیص گلوگاه کاری می‌شود، موجب افزایش سودآوری شرکت قطعات بتنی بروجن استحکام شود. نتایج حاصل از حل مدل با کد نویسی در نرم‌افزار گمز و با استفاده از روش معیار جامع شامل مقادیر توابع هدف و متغیرهای تصمیم می‌باشد که نتایج مورد تائید مسئولین شرکت قطعات بتنی بروجن استحکام واقع شدند.

کلمات کلیدی: برنامه‌ریزی تولید، چند محصولی، چندمرحله‌ای، مدل ریاضی چندهدفه فازی.

۱-مقدمه

اولین وظیفه مدیران در فرایندهای تولیدی و خدماتی برنامه‌ریزی و به‌طور خاص برنامه‌ریزی تولید در ارائه محصولشان است. مدیران مذکور جهت برنامه‌ریزی تولید، با اهداف متنوع و متعددی مانند حداکثر سازی سود، حداقل کردن هزینه، حداکثر سازی رضایت مشتریان، حداقل سازی زمان تولید و نظایر آن روبرو هستند و این اهداف گاهی با یکدیگر در تضاد می‌باشند و دستیابی به یک هدف مانع دستیابی اهداف دیگر می‌شود. ازاین‌رو مدیران، ناگزیر به استفاده از روش‌هایی هستند که در ضمن رعایت محدودیت‌های موجود و پیچیدگی ابعاد مسئله برنامه‌ریزی بتوانند اهداف سازمانی را در حد قابل قبولی تأمین کنند. یکی از روش‌های مؤثر و کارا برای حل این‌گونه مسائل استفاده از مدل‌های ریاضی است (Azar, Andalib Ardakani & Mir Fakhr-al-Dini, 2012).

در پژوهش حاضر، ارائه و حل مدل ریاضی چندهدفه جهت برنامه‌ریزی تولید در شرکت قطعات بتنی بروجن استحکام موردمطالعه قرار خواهد گرفت. در این صنعت در کنار واحد تولید یک مرکز بازسازی نیز وجود دارد که محصولات نیازمند ترمیم به آنجا ارسال‌شده و در صورت تائید کنترل کیفیت برای فروش ارسال می‌شوند. مهم‌ترین هدف از انجام تحقیق حاضر مطالعه نحوه برنامه‌ریزی تولیدکننده در اخذ تصمیمات مرتبط به تولید محصولات موردنظر است و در این راستا در مورد هزینه‌های تولید و کیفیت، تعداد نیروی کار، ساعات کار عادی و اضافه‌کاری مرکز تولید و مرکز بازسازی و حداقل سازی سطح سرویس به مشتریان و حداکثر سازی حداقل قابلیت اطمینان تصمیم گیرد. همچنین در مدل ریاضی پیشنهادی، تابع هدف کیفیت و حداکثر سازی حداقل سازی قابلیت اطمینان هر مرحله در شرایط فازی در نظر گرفته‌شده است؛ بنابراین در طراحی مدل کاربردی–توسعه یافته پیشنهادشده بر اساس ادبیات تحقیق(Rezaie Moghaddam et al., 2018).

تصمیماتی از قبیل تعیین سهم مراکز بازسازی و تولید در ساعات کار عادی و اضافه‌کاری، تعیین سهم موجودی پایان دوره مرکز بازسازی و تولید، تعیین تعداد نیروی کار اخراج و استخدام‌شده توسط مرکز تولید در نظر گرفته‌شده است؛ بنابراین با توجه به عنایت خاص مسئولین صنعت به موضوع برنامه‌ریزی تولید یک مدل ریاضی چندهدفه چند محصولی، چندمرحله‌ای و چند دوره‌ای فازی برای آن صنعت طراحی و در نرم‌افزار گمز حل گردید که به‌منظور اعتبارسنجی نتایج آن مورد تائید مسئولین مربوطه قرار گرفت و در صنایع مشابهِ نیز قابل کاربرد هست. در ادامه ابتدا مروری بر پیشینه تحقیق حاضر بیان خواهد شد، سپس مدل ریاضی پیشنهادی معرفی می‌شود و بعدازآن روش حل مدل تشریح شده و در انتها نتایج مدل با داده‌های اخذشده از آن صنعت ارائه خواهد شد.

در این قسمت به بررسی پیشینه پژوهش می‌پردازیم:

مدل ریاضی یک تحقیق که جهت برنامه‌ریزی تولید شرکت مبل خاورمیانه ساخته‌شده است، از نوع کسری چندهدفه است. یکی از مشکلاتی که در حل مسائل کسری چندهدفه وجود دارد پیچیدگی محاسباتی ناشی از تغییر متغیر است که به‌طور مثال در روش‌های چارنز و کوپر و گیلمر و گموری وجود دارد. ازاین‌رو در آن تحقیق جهت حل مدل ریاضی کسری چندهدفه شرکت مبل خاورمیانه از رویکرد فازی استفاده‌شده است. بدین طریق ضمن غلبه بر مشکلات ناشی از پیچیدگی محاسباتی تغییر متغیر در روش‌های قبلی، مسئولان ذی‌ربط نیز قادر خواهند شد تا به بهینه‌سازی سیستم تولیدی خود بپردازند. در این راستا ابتدا از روش فازی پال استفاده گردیده که با استفاده از برنامه‌ریزی آرمانی فازی به خطی سازی مدل کسری چندهدفه می‌پردازد در ادامه با به‌کارگیری روش فازی دووتا مشخص گردید که مقادیر بهینه توابع هدف کسری حاصل از به‌کارگیری هر دو روش یکسان و با درجات عضویت m^1=۰/۷۰۱ وm^2=۱ می‌باشد. لازم به ذکر است که شرکت‌های دیگر نیز با اندکی تغییر در مدل ریاضی پیشنهادی خواهند توانست به بهینه‌سازی برنامه‌ریزی تولید بپردازند (Azar et al., 2012).

در یک پژوهش، مدلی به‌صورت یک برنامه ریاضی برای برنامه‌ریزی تولید چند محصولی– چندمرحله‌ای و چند دوره‌ای تحت تقاضای معین به‌منظور برنامه‌ریزی تولید شرکت رینگ سازی مشهد ارائه می‌دهد. تابع هدف به‌منظور کمینه‌سازی سه هزینه تولید، نگهداری موجودی و آماده‌سازی (تعویض خط) تنظیم‌شده است. با توجه به حجیم شدن مدل رویکردی برای تجزیه مدل کلی به مدل‌هایی کوچک‌تر ارائه‌شده است. با حل مدل‌ها تعداد دفعات تعویض در هرماه و اندازه دسته‌های تولیدی در هر تعویض

برای محصولات مختلف در مراحل مختلف تولید و دوره‌های مختلف افق برنامه‌ریزی محاسبه می‌شود. مدل برای یک دوره چهارماهه برای چهار محصول اصلی شرکت مذکور با استفاده از نرم‌افزار لینگو حل‌شده است (Salehi, Kamalabadi, & Hamzehi, 2011).

در تحقیقی دیگر، یک مدل برنامه‌ریزی ریاضی تولید برای چند محصول در زنجیره عرضه گروه صنعتی برنز طراحی و ارائه شد. مدل ارائه‌شده در این تحقیق، مدل برنامه‌ریزی خطی آرمانی است که بر حداقل کردن هزینه‌های لجستیک و هزینه دیرکرد تحویل محصول به مشتری و حداکثر کردن درآمد فروش تمرکز دارد. همچنین وزن آرمان‌ها بر اساس مقایسات زوجی توسط خبرگان تعیین گردید. این مدل ریاضی ۴ آرمان، ۱۸۸ محدودیت و ۵۱۰ متغیر دارد. مدل طراحی‌شده در این تحقیق، با جمع‌آوری اطلاعات از گروه صنعتی برنز حل گردیده و جواب بهینه به‌دست‌آمده است. پس از مقایسه جواب‌های حاصل از حل مدل با وضع موجود، کارایی مدل با استفاده ازنظر خبرگان در موردمطالعه تائید شده است. (Azar & Hosseini, 2012). در یک مدل برنامه‌ریزی تولید فازی ارائه‌شده، یک مسئله عدد صحیح مختلط با توابع هدف حداقل سازی هزینه‌ها شامل، هزینه تولید، هزینه نگهداری موجودی و هزینه شکست و تخصیص سفارش‌ها ارائه و سپس با استفاده از الگوریتم CPLEXحل می‌شود. این مدل، با توجه به پنجره‌های زمانی تولید و ظرفیت کارخانه‌ها سعی در به دست آوردن مقادیر تخصیص‌یافته از سفارشات مشتریان به کارخانه‌ها دارد، به‌گونه‌ای که هزینه کل کمینه گردد. پس از حل مدل ارائه‌شده، میزان حساسیت هزینه کل با تغییر پارامترها محاسبه و نتایج ارائه می‌شود. درنهایت پس از نتیجه‌گیری مسیر تحقیقاتی آینده مشخص می‌شود (Salamati Hormozi, & Shahraky, 2016).

در پژوهشی دیگر یک مدل برنامه‌ریزی تولید چند محصولی و چندهدفه با پارامترهای فازی و ارزش زمانی پول بر اساس سطح موجودی، سطح نیروی کار، ظرفیت ماشین‌آلات و فضای انبار معرفی‌شده است. مدل پیشنهادی سعی دارد که سود حاصل از فروش را حداکثر، هزینه نگهداری و سفارش‌های تأخیر شده و هزینه تغییر در سطوح نیروی انسانی را حداقل کند. این مطالعه در کارخانه آلومینیوم انجام گرفت و کارایی مدل پیشنهادی نسبت به وضع موجود مورد تائید قرارگرفته است. (Gholamrezaei & Zare, 2015).

در تحقیق بعدی که توسط رضایی نیک و اسدی زیدآبادی (۲۰۱۶) انجام‌شده، یک مدل برنامه‌ریزی تولید دو هدفه استوار سناریو محور ارائه‌شده است که در آن توابع هدف به ترتیب بیانگر حداکثر سازی سود و حداکثر سازی کارایی نیروی انسانی می‌باشند. مدل مذکور در خط مونتاژ یک شرکت تولیدی شیرآلات بهداشتی پیاده‌سازی شده است. برای حل مدل از نرم‌افزار Matlab R2015a و در حل مدل دو هدفه، از ورژن دوم الگوریتم ژنتیک با مرتب‌سازی استفاده نامغلوب شده است و نتایج نقاط پارتو حاصل از حل مدل با سه شاخص اندازه فاصله، اندازه میانگین فاصله از نقطه ایدئال و نرخ دست‌یابی هم‌زمان به‌اندازه دو تابع هدف ارزیابی گردیده و با یکدیگر مقایسه شده‌اند(Rezaei nik & Asadi Zeidabadi, 2016).

در طراحی مدل ریاضی چندهدفه و بهینه‌سازی آن‌که توسط طلوعی و همکاران (۲۰۱۴) انجام‌گرفته، هزینه تولید و موجودی، میزان ضایعات و مدت‌زمان فرآیند بر روی محصولات برگشتی حداقل گردیده و درنهایت رضایت مشتریان و سودآوری سازمان حداکثر سازی شده است. مسئله برنامه‌ریزی تولید و کنترل موجودی پژوهش مذکور به دلیل قرار گرفتن در گروه مسائل NP-Hard با روش گرادیان مبنا به‌راحتی قابل‌حل نبوده و ازاین‌رو الگوریتم ژنتیک برای حل مدل ریاضی آرمانی- فازی استفاده‌شده است. یک مدل برنامه‌ریزی تولید با اهداف چندگانه در شرایط فازی، بر اساس سطح موجودی، سطح نیروی کار، ظرفیت ماشین‌آلات، منابع مالی و فضای انبار معرفی شد که این اهداف شامل کمینه کردن هزینه‌های تولید و تعداد ماشین‌آلات و بیشینه کردن سطح رضایت مشتریان می‌باشد. برای اجرای مدل پیشنهادی، ابتدا با استفاده از فرایند تحلیل سلسله مراتبی اولویت تولید محصولات و سبد تولید کالا طراحی‌شده و سپس با استفاده از مجموعه‌های فازی، مدل پیشنهادی به یک مدل برنامه‌ریزی خطی قطعی تک هدفه تبدیل و با استفاده از نرم‌افزار گمز اجرا و میزان بهینه تولید هرکدام از محصولات تعیین گردیده است (Tolouei, Ashlaghi, Ehtesham, Nazemi & Alborzi, 2014).

در یک مقاله پژوهشی، یک مدل ریاضی برای تصمیمات برنامه‌ریزی تولید- توزیع یکپارچه در شبکه زنجیره تأمین حلقه بسته چهار سطحی شامل کارخانه‌ها، انبارها، مناطق مشتریان و مراکز جمع‌آوری ارائه‌شده است. در این زنجیره تأمین حلقه بسته، کالاها توسط کارخانه‌ها تولید و به دست مشتریان می‌رسند. سپس، مراکز جمع‌آوری کالاهای مصرف‌شده مشتریان را جمع کرده و به کارخانه‌ها برای بازیافت و تولید مجدد بازمی‌گردانند. مدل ارائه‌شده یک مسئله برنامه‌ریزی خطی با دو تابع هدف نامعین شامل کل هزینه‌ها و کل زمان ارسال در شبکه و برای چندین دوره زمانی است. هزینه‌های تولید، بازیافت، نگهداری و حمل‌ونقل جزء هزینه‌های مدل و زمان تولید، بازیافت و حمل‌ونقل جزء زمان‌های مدل محسوب می‌شوند. درنهایت مدل پیشنهادی با استفاده از ترکیب برنامه‌ریزی خطی و روش فازی حل‌شده است (Nobil & Kazemi, 2016).

در تحقیق بعدی هدف این است که هزینه‌های کل تولید، موجودی کالا و کمبودها به حداقل برسد. برای حل مشکل از یک روش متوالی سه مرحله‌ای استفاده می‌شود. دامنه کل مسئله با گروه‌بندی ماشین قالب به سه زیر مشکل تقسیم می‌شود. سپس هر زیر مشکل به‌عنوان یک مسئله کوچک‌سازی ظرفیت، با یک افق برنامه‌ریزی سه‌ماهه، به‌صورت تک ماشین، چند محصولی حل می‌شود. برای تولید راه‌حل از یک روش برنامه‌ریزی خطی و صفر و یک هدف استفاده‌شده است. سرانجام، برنامه تولید ماه اول تجزیه می‌شود و برنامه‌ریزی برای هر دستگاه جداگانه با روش ابتکاری انجام می‌شود. مقایسه نتایج نشان می‌دهد که روش جدید می‌تواند به‌طور قابل‌توجهی هم از کمبود هزینه و هم از موجودی کالا بکاهد (Nagarur, Vrat & Duongsuwan, 1997).مقاله‌ای ارائه‌شده است که مسئله برنامه‌ریزی تولید را به‌عنوان یک مسئله بهینه‌سازی چندهدفه مبتنی بر شبیه‌سازی فرموله می‌کند و یک الگوریتم ژنتیک را برای جستجوی مجموعه‌ای از برنامه‌های انتشار که تقریباً بهینه پارتو هستند، تطبیق می‌دهد. راه‌حل‌های بهینه‌سازی شبیه‌سازی می‌تواند به‌عنوان یک معیار مفید برای روش‌های برنامه‌ریزی تولید موجود و جدید باشد (Li et al., 2011).

استسو آلمانی، اوریتز و پیدرو[1] (۲۰۱۸) یک مدل برنامه‌ریزی ریاضی چندهدفه را پیشنهاد دادند تا محصولات همگن موجود در انبار و تولید برنامه‌ریزی‌شده را به سفارش‌ها متعهد تخصیص دهد. هدف اصلی این مدل در نظر گرفتن نیاز همگنی بین واحدهای با خطوط مختلف از همان سفارش، میزان تحویل جزئی خطوط سفارش و مشخصات برخی از مشخصات مربوط به محصولات برای انجام با الزام همگنی مشتری است. فرضیه‌های مختلف از طریق آزمایشات و تجزیه‌وتحلیل آماری اعمال‌شده در یک شرکت کاشی و سرامیک ثابت می‌شود. از روش ε- محدودیت برای به دست آوردن یک‌راه حل قابل‌اجرا برای شرکت استفاده می‌شود. از روش جمع وزنی هنگام اثبات فرضیه‌های دیگر که برخی از بینش‌های مدیریتی را به شرکت‌ها ارائه می‌دهند، استفاده می‌شود.

هدف مقاله‌ای که توسط آقاجانی و میرزا پور (۲۰۲۰) ارائه‌شده است، توسعه یک مدل برنامه‌ریزی تولید است که تجارت بین اهداف مختلف و برخی اوقات متعارض به‌عنوان بازده، ریسک مالی و ریسک زیست‌محیطی را در نظر بگیرد. یک مدل برنامه‌نویسی چندهدفه فرموله شده است که وضعیت تولید واقعی را ضبط می‌کند. با شروع از آن، دو مدل تک هدف بررسی می‌شود: یک مدل حداکثر بازده انتظار و یک مدل حداقل خطر مالی. یک مثال عددی برای یک شرکت نساجی تحلیل‌شده است. در تحقیقی دیگر یک مدل چندمنظوره و چندهدفه از برنامه‌ریزی تولید با پارامترهای فازی و محدودیت‌های نرم در مورد ارزش زمانی پول، سطح موجودی، نیروی کار، ظرفیت ماشین‌آلات و فضای انبار را ارائه می‌دهد. مدل پیشنهادی سعی در به حداکثر رساندن سود فروش و به حداقل رساندن هزینه‌های حمل و بازپرداخت و تغییر در سطح کارگر دارد(Aghajani & Mirzapour, 2020).

مطالعه موردی انجام‌شده در کارخانه آلومینیوم، عملکرد این مدل را در مقایسه با وضعیت فعلی نشان می‌دهد. در مقاله‌ای غلام‌رضایی و زارع یک مدل زمان‌بندی بهینه تحت محدودیت تولید و نگهداری برای یک مورد واقعی از یک سیستم رویداد گسسته ارائه‌شده است. هدف استفاده از نظریه غنی ریاضیات و الگوریتم‌های بهینه‌سازی در مطالعه این گروه مهم از سیستم‌ها بود. مطالعه حاضر ابتدا یک رویکرد جدید برای نقشه‌برداری از نمودار رابطه رویداد شبیه‌سازی را به یک برنامه ترکیبی-صحیح، با

[1] Esteso Alemany, Ortiz & Peidro

یک مورد واقعی کارگاه انعطاف‌پذیر ارائه داده است. مدل می‌تواند برای برنامه‌های دیگر مانند سیستم‌های موزه یا مورد داده‌های بزرگ در شبکه‌های پیچیده و اجتماعی نیز جالب باشد (Rezig, Ezzeddine, Turki & Rezg, 2020).

در پژوهش دیگر توسط خدایی و همکاران (۲۰۱۴)، برنامه‌ریزی تولید برای محصولات شرکت عرقیات گلچکان زمانی، با دو رویکرد قطعی و فازی مدل‌سازی ریاضی شده است. بدین منظور ابتدا یک مدل ریاضی خطی قطعی برای یک دوره زمانی سه‌ماهه طراحی‌شده است سپس برای نزدیک شدن مسئله موردنظر به حالت واقعی، عدم قطعیت نیز در نظر گرفته‌شده است. عدم قطعیت در نظر گرفته‌شده در این تحقیق، پارامتر تقاضا و همچنین تابع هدف مدل است. به این صورت که از قبل یک‌میزان تخطی برای تابع هدف حالت قطعی و میزان تقاضا توسط مدیریت در نظر گرفته می‌شود که این تخطی می‌تواند موجب نیل به جواب‌های واقعی‌تر شود. نتایج حاصل از مدل‌های قطعی و فازی، همگی بیانگر بهبود جواب بهینه مدل فازی نسبت به مدل قطعی بودند (Khodaei Ardakani, Pouya & Effati, 2014).

در مطالعه بعدی برنامه‌ریزی تولید اصلی یک مرحله مؤثر از برنامه‌ریزی تولید است که منجر به زمان‌بندی و میزان تولید محصولات مختلف در یک شرکت می‌شود. این مشکل نیاز به بررسی طیف گسترده‌ای از پارامترها، در موردتقاضا، مصرف منابع تولید و هزینه‌ها دارد. عدم اطمینان یک ویژگی ذاتی برای این پارامترها است. در این مقاله، مدلی برای زمان‌بندی تولید اصلی تحت شرایط عدم اطمینان ارائه‌شده است، که در آن تقاضا، به‌عنوان متغیرهای وابسته به زمان، به‌عنوان متغیرهای تصادفی در نظر گرفته می‌شوند. پارامترهای هزینه نیز به‌عنوان اعداد فازی بیان می‌شوند. کاربرد روش پیشنهادی در یک مشکل عملی از صنعت تولید لوله و اتصالات پلی‌اتیلن در ایران موردبررسی قرارگرفته است. نتیجه کارایی بالایی را نشان داد (Razavi Hajiagha, Hashemi & Sadeghi, 2019).

رامیار، مهدی زاده و حاجی مولانا (۲۰۱۷) یک مدل برنامه تولید ادغامی چندهدفه، چند محصولی و چندمرحله‌ای را در یک زنجیره تأمین ارائه دادند. در مدل پیشنهادی اهدافی از قبیل به حداقل رساندن هزینه کل زنجیره تأمین اشاره‌شده است که هزینه‌ها شامل به حداقل رساندن هزینه موجودی، هزینه‌های تولید، هزینه‌های نیروی کار، هزینه‌های استخدام بوده است و تابع هدف دوم به حداکثر رساندن حداقل قابلیت اطمینان تأمین‌کنندگان با در نظر گرفتن زمان‌های تأخیر مجاز برای بهبود کارایی سیستم تولیدی موردنظر پرداخته است.

ازآنجاکه مسائل NP-Hard[2] یا مسائل چندجمله‌ای پیچیده غیر قطعیت است، از الگوریتم جستجو چندهدفه برای حل آن استفاده‌شده است که برای مقایسه پاسخ‌ها از الگوریتم ژنتیک استفاده‌شده که مجموعه پاسخ‌های پارتویی در خصوص پایداری مدل رضایت‌بخش بوده است. اطلاعات جدول شماره (۱) به‌صورت: محصولات(۱- تک‌محصولی و ۲- چند محصولی)، فرآیند(۱-مرکز تولید و۲- مرکز بازسازی)، مرحله و دوره(۱-تک‌مرحله‌ای و ۲-چندمرحله‌ای و ۳- چند دوره‌ای) و شرایط (۱- قطعیت۲- عدم قطعیت) است.

جدول شماره (۱): تحقیقات انجام‌شده

نویسنده/ سال	تعداد اهداف	مطالعه موردی	ابزار روش حل	محصولات	فرآیند	مرحله و دوره	شرایط مدل
	چندهدفه یا تک هدفه			۱یا ۲	۱یا ۲	۱یا۲ یا ۳	۱یا۲
آذر(۲۰۱۲)	چندهدفه- افزایش سود و حداقل سازی هزینه‌ها	شرکت مبل خاورمیانه	کد نویسی در نرم‌افزار لینگو	۲	۱	۳و۲	۱
صالحی(۲۰۱۱)	تک هدفه- کمینه‌سازی هزینه‌های تولید،نگهداری و اماده‌سازی	شرکت رینگ سازی مشهد	کد نویسی در نرم‌افزار لینگو	۲	۱	۲	
حاجی‌آقا(۲۰۱۹)	چندهدفه- کمینه کردن هزینه‌های تولید و تعداد ماشین‌آلات و بیشینه کردن سطح	مثال عددی		۲	۱	۱	۲

[2] Nondeterministic Polynomial Time Hard Problem

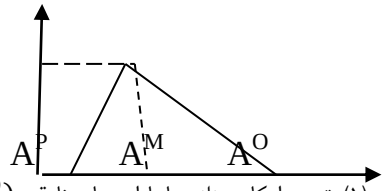
	رضایت مشتریان						
سلامتی هرمزی(۲۰۱۶)	چندهدفه– حداقل سازی هزینه‌ها و تخصیص سفارشات	مثال عددی	Lp متریک و کد نویسی در نرم‌افزار لینگو	۲	۱	۲	۲
طلوعی (۲۰۱۴)	چندهدفه– حداکثر سازی سود و رضایت مشتریان و حداقل سازی هزینه‌های تولید	شرکت پلیمر البرز	حل با الگوریتم ژنتیک		۱	۳و۲	۱
حسینی(۲۰۱۵)	چندهدفه– به حداقل رساندن هزینه‌های لجستیک و هزینه تأخیرها و به حداکثر رساندن سود	گروه صنعتی برنز	Lp متریک و کد نویسی در نرم‌افزار لینگو	۲	۱	۱	۲
غلامرضایی(۲۰۱۵)	چندهدفه– حداقل سازی هزینه و حداکثر سازی سود	شرکت آلومینیم	Lp متریک و کد نویسی در نرم‌افزار لینگو	۲		۳	
رضایی نیک (۲۰۱۶)	چندهدفه– حداکثر سازی کارایی نیروی انسانی و حداکثر سازی سود	شرکت شیرآلات بهداشتی	حل با الگوریتم ژنتیک	۲		۲	
نوبیل(۲۰۱۶)	چندهدفه– حداقل سازی کل هزینه‌ها و کل زمان ارسال	مثال عددی	الگوریتم ژنتیک			۳	۲
ناگارو(۱۹۹۷)	چندهدفه– کمینه کرده هزینه تولید تعداد ماشین‌آلات و حداکثر سازی سود	کارخانه آلومینیوم	Lp متریک و کد نویسی در نرم‌افزار گمز		۱	۱	
غلامرضایی (۲۰۱۵)	چندهدفه– حداکثر رساندن سود فروش و به حداقل رساندن هزینه‌های حمل‌ونقل		Lp متریک		۱	۱	
استسو (۲۰۱۸)	چندهدفه– حداقل سازی موجودی و زمان تحویل	شرکت کاشی و سرامیک		۱	۱	۱	
آقاجانی(۲۰۲۰)	چندهدفه– حداکثر بازده انتظار و یک مدل حداقل خطر مالی	مثال عددی برای یک شرکت نساجی	Lp متریک		۱	۱	
ریزگ(۲۰۲۰)	تک هدفه– حداقل سازی بخش‌های غیرعملیاتی	بیمارستان	cplex نرم‌افزار	۲		۳	
مدل ریاضی پیشنهادی	چندهدفه– حداکثر سازی سود و کیفیت مرکز تولید و مرکز بازسازی،حداکثر سازی قابلیت اطمینان و سطح سرویس	شرکت قطعات بتنی بروجن استحکام	Lp متریک و کد نویسی درگز	۲	۱و۲	۲و۳	۲

۲- روش‌شناسی پژوهش

الف) معرفی ساده روش فازی

با استفاده از داده‌های فازی پارامترهای تابع هدف دوم و سوم طبق جدول شماره (۳) که کیفیت محصول تولیدی در مرکز تولیدکننده در ساعات کار عادی و اضافه‌کاری است و نیز کیفیت محصول تولیدی مرکز بازسازی می‌باشد را نشان می‌دهد. تعریف توابع عضویت داده‌های فازی سخت است و تا حدودی زیادی به دستیابی اطلاعات بستگی دارد. معمول‌ترین روش برای ساخت توابع عضویت، استفاده از فرم خطی است. به دلیل کارایی محاسباتی و سادگی در استفاده داده‌ها، فواصل مثلثی معمولی‌ترین ابزار برای مدل‌سازی با پارامترهای فازی است. بنابراین در این تحقیق فرض می‌شود که پارامترهای فازی دارای فواصل مثلثی هستند. شکل (۱) یک توزیع امکان مثلثی با پارامترهای نادقیق $\tilde{A} = (A^P, A^M, A^O)$ نشان می‌دهد که به ترتیب خوش‌بینانه‌ترین؛ محتمل‌ترین و بدبینانه‌ترین مقادیر از $\tilde{A}$ تخمین زده‌شده به‌وسیله تصمیم‌گیرنده است. درواقع برای پارامترهای

فازی سه سناریو در نظر گرفته می‌شود (Azar & Farrokh, 2020).در این مدل پیشنهادی برای تبدیل پارامترهای تابع هدف دوم و سوم به حالت فازی مثلثی از اندیس n در جدول شماره (۳) استفاده‌شده است.



شکل شماره (۱): توزیع امکان مثلثی با پارامترهای نادقیق $\tilde{A} = (A^P, A^M, A^O)$

ب) مفروضات مدل پیشنهادی

- محصولات برگشتی در بخش بازسازی بهینه‌سازی شده و به تولیدکننده داده می‌شوند
- سیستم تولید چندمرحله‌ای است
- در این سیستم تولیدی چند محصول هم‌خانواده تولید می‌شود
- برای چند دوره برنامه‌ریزی انجام می‌شود
- همه پارامترها در شرایط قطعیت در نظر گرفته‌شده‌اند
- کمبود موجودی در این برنامه مجاز نیست
- در این فرایند یک واحد بازسازی وجود دارد که محصولات نیاز به رفع نواقص ناشی از تولید به آن مرکز ارسال می‌شود
- کیفیت محصولات تولیدی در زمان عادی و اضافه‌کاری یکسان در نظر گرفته‌شده‌اند
- کیفیت محصولات خارج‌شده 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 اضافه‌کاری متفاوت در نظر گرفته‌شده است
- هزینه تولید در ساعات اضافه‌کاری و ساعات کار عادی متفاوت است
- سطح موجودی، نیروی کار، فضای انبار از ماکزیمم سطح مجاز نمی‌تواند تجاوز کند
- به دلیل تفاوت اندک در حجم تقاضای مستقل، برای محصولات خانواده یکسان در نظر گرفته‌شده است.

ج) مجموعه اندیس‌ها

i	مجموعه محصولات	$i = \{1,2, \dots, I\}$
K	مجموعه مراحل تولید	$k = \{1,2, \dots, K\}$
t	مجموعه دوره زمانی	$t = \{1,2, \dots, T\}$
n	مجموعه دوره زمانی	$n = \{1,2, \dots, N\}$

د) پارامترهای مدل

d_{ikt}	تقاضای پیش‌بینی‌شده محصول i در دوره t برای مرحله k.
$\propto_{ikt}$	درصد محصول i برگشتی توسط مرحله k به مرکز بازسازی در دوره t
CAPP	ظرفیت نگهداری کالا در مرکز تولیدکننده
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 اضافه‌کاری
CD_i	هزینه تهیه یک واحد محصول i از مرکز بازسازی
CLR_t	هزینه یک نفر کارگر در دوره t در زمان عادی
CLO_t	هزینه یک نفر کارگر در دوره t در زمان اضافه‌کاری.

HC_t هزینه استخدام یک نفر نیروی انسانی در دوره t.

FC_t هزینه اخراج یک نفر نیروی انسانی در دوره t

HIP_{it} هزینه نگهداری یک واحد محصول i در دوره t در انبار تولیدکننده

HID_{it} هزینه نگهداری یک واحد محصول i در انبار مرکز بازسازی در دوره t

π_{ikt} هزینه کمبود یک واحد کالا i برای مرحله k در دوره.

$\widetilde{QR}_{itn}$ ضریب کیفیت تولید محصول i در دوره t در ساعات عادی

$\widetilde{QCO}_{itn}$ ضریب کیفیت تولید محصول i در دوره t در ساعات اضافه‌کاری

$\widetilde{QCD}itn$ ضریب کیفیت تولید محصول i در دوره t توسط مرکز بازسازی.

$\widetilde{Re}_{kn}$ ضریب عدم احتمال کارکرد سالم مرحله k

MW_t ماکزیمم نیروی کار در دسترس در دوره t

MOT_t ماکزیمم ساعات اضافه‌کاری در دسترس در دوره t

TW حداکثر تعداد ساعات کاری در زمان عادی

TP_i میزان نفر–ساعت موردنیاز برای تولید محصول i (در ساعات اضافه‌کاری و ساعات کار عادی)

γ_t درصد تغییر مجاز در نیروی انسانی در دورهt.

P_{ikt} قیمت فروش محصول i به مرحله k

$CPRD_i$ هزینه تولید یک واحد محصولi در ساعات عادی واحد بازسازی.

$CPOD_i$ هزینه تولید یک واحد محصول i در ساعات اضافه‌کاری واحد بازسازی

tt افق برنامه‌ریزی

ه) متغیرهای تصمیم مدل پیشنهادی.

B_{ikt} میزان کسری (سفارش عقب‌افتاده) محصول نهایی i در دوره t برای مرحلهk

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

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

ZD_{it} میزان تأمین 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 اضافه‌کاری موردنیاز در دوره t

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

WL_t تعداد نیروی کار موردنیاز در دوره t

HL_t تعداد نیروی کار استخدام‌شده 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 کار عادی در دوره t واحد بازسازی

YD_{it} میزان تولید محصول خانواده i در زمان اضافه‌کاری 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

و) مدل ریاضی پیشنهادی فازی

$$\text{Minz}_1 = \sum_t \sum_i \sum_k F_{ikt} \cdot P_{ikt} - (\sum_t \sum_i (CPR_i XP_{it} + CPO_i YP_{it} + CPRD_i XD_{it} + CPOD_i YD_{it}) + \sum_t \sum_i (CD_i \cdot ZD_{it}) + \sum_t (CLR_t \cdot WL_t + CLO_t OT_t) + \sum_t (HL_t \cdot HC_t + FL_t \cdot FC_t) + \sum_t \sum_i IP_{it} \cdot HIP_{it} + ID_{it} \cdot HID_{it} + \sum_t \sum_i \sum_k B_{ikt} \cdot \pi_{ikt}) \quad \text{رابطه(۱)}$$

$$\text{Maxz}_2 = \sum_t \sum_i (XP_{it} \cdot \widetilde{QR}_{itn} + YP_{it} \cdot \widetilde{QCO}_{itn}) + \sum_t \sum_i (ZD_{it} \cdot \widetilde{QCD}_{itn}) \quad \text{رابطه(۲)}$$

$$\text{Maxz}_3 = \sum_t \min_k (\widetilde{Re}_{kn} \cdot \sum_i AA_{ikt}) \quad \text{رابطه(۳)}$$

$$\text{Maxz}_4 = \frac{1}{tt} \sum_i \sum_k \sum_t 1 - (B_{ikt} / ID_{it}) \quad \text{رابطه(۴)}$$

Subject to

$$IP_{i(t-1)} + XP_{it} + YP_{it} + ZD_{it} + \sum_k B_{ik(t-1)} = \sum_k B_{ik(t-1)} + \sum_k F_{ikt} + IP_{it} \quad \forall i, t \quad \text{رابطه(۵)}$$

$$ID_{it} = ID_{i(t-1)} + \sum_k \alpha_{ikt} \cdot F_{ikt} - ZD_{it} \quad \forall i, t \quad \text{رابطه(۶)}$$

$$\sum_i IP_{it} \leq CAPP \quad \forall t \quad \text{رابطه(۷)}$$

$$\sum_i ID_{it} \leq CAPD \quad \forall t \quad \text{رابطه(۸)}$$

$$WL_t \leq MW_t \quad \forall t \quad \text{رابطه(۹)}$$

$$WL_t = WL_{(t-1)} + HL_t - FL_t \quad \forall t \quad \text{رابطه(۱۰)}$$

$$HL_t \cdot FL_t = 0 \quad \forall t \quad \text{رابطه(۱۱)}$$

$$OT_t \leq MOT_t \quad \forall t \quad \text{رابطه(۱۲)}$$

$$\sum_i TP_i \cdot XP_{it} \leq TW \quad \forall t \quad \text{رابطه(۱۳)}$$

$$\sum_i TP_i \cdot YP_{it} \leq OT_t \quad \forall t \quad \text{رابطه(۱۴)}$$

$$FL_t + HL_t \leq \gamma_{t-1} WL_{t-1} \forall t \quad \text{رابطه(۱۵)}$$

$$B_{ikt} = B_{(t-1)ik} + d_{ikt} - F_{ikt} - ZC_{ikt} \quad \forall i, k, t \quad \text{رابطه(۱۶)}$$

$$ZD_{it} \leq CAPD \quad \forall t, i \quad \text{رابطه(۱۷)}$$

$$YP_{it}, ZD_{it}, F_{ikt}, AA_{ikt}, OT_t, IP_{it}, WL_t, HL_i, FL_t, ZC_{it}, XD_{it}, YD_{it}, XP_{it}, ID_{it} \geq 0 \quad \text{رابطه(۱۸)}$$

رابطه (۱) در مدل اولین تابع هدف مسئله را نشان می‌دهد که برای کمینه‌سازی هزینه‌ها است. هزینه‌ها شامل هزینه‌های تولید یک واحد محصول در ساعت عادی، ساعات اضافه‌کاری، و مرکز بازسازی، هزینه یک نفر کارگر در ساعت کار عادی هزینه یک نفر کارگر در ساعت کار اضافه‌کاری، هزینه استخدام و اخراج نیروی انسانی، هزینه نگهداری یک واحد محصول در انبار تولیدکننده، و در انبار مرکز بازسازی، هزینه کمبود یک واحد محصول و تقاضای پیش‌بینی‌شده است. در این رابطه همه هزینه‌ها دارای قطعیت هستند. رابطه (۲) تابع هدف دوم مدل است که برای بیشینه‌سازی ضریب کیفیت محصول دریافتی از مرکز بازسازی و ضریب کیفیت محصول دریافتی از مرکز تولیدکننده یا خط تولید در ساعات عادی و اضافه‌کاری در شرایط فازی است. رابطه (۳) سومین تابع هدف مسئله است که برای کمینه کردن حداکثر عدم قابلیت اطمینان در میان مراحل تولید در شرایط فازی است. رابطه (۴) بیانگر سطح سرویس صنعت موردنظر است.

رابطه (۵) این رابطه تعادل موجودی تولیدکننده را نشان می‌دهد. رابطه (۶) بیانگر تعادل موجودی در مرکز بازسازی است. رابطه (۷) ظرفیت نگهداری محصول در مرکز تولیدکننده است. رابطه (۸) نشان‌دهنده 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 تولیدکننده است. در رابطه (۱۱) استخدام و یا اخراج کارکنان در هر دوره نشان داده‌شده است. رابطه (۱۲) محدودیت سقف اضافه‌کاری 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 اضافه‌کاری در دسترس کمتر باشد. رابطه (۱۵) درصد تغییر مجاز در نیروی انسانی در هر دوره را نشان می‌دهد. رابطه (۱۶) تعادل کمبود محصول تولیدکننده را با توجه به کمبود دوره قبل، میزان محصول ارسال‌شده از تولیدکننده را در هر دوره نشان می‌دهد رابطه‌های (۱۷) بیانگر حداکثر محصول تهیه‌شده از مرکز بازسازی

است رابطه (۱۸) بیانگر نامنفی بودن متغیرهای تصمیم مدل است. رابطه‌های (۱۹،۲۰،۲۱) در زیر بیانگر فرم خطی سازی شده رابطه (۱۱) در مدل است. در این روابط Y_t یک متغیر باینری است.

$Y_t \leq FL_t \quad \forall t$ رابطه(۱۹)

$Y_t \leq HL_t \quad \forall t$ رابطه(۲۰)

$Y_t \geq FL_t + HL_t - 1 \quad \forall t$ رابطه (۲۱)

جدول شماره (۲): طراحی پارامترها و اندیس‌های ورودی

پارامتر/اندیس	تنظیمات	پارامتر	تنظیمات
CAPP	۷۵۰۰	TP_i	۱۲
TW	۶۰۰		
$HID_{(i,t)}$	U(۶۰۰۰۰۰,۷۰۰۰۰۰)	MW_i	۴
$CPR_{(i)}$	U(۱۲۰۰۰۰,۱۳۵۰۰۰)	MOT_i	۱۵۰
CPO_i	U(۱۳۰۰۰۰,۱۴۵۰۰۰)	HIP_{it}	U(۶۰۰۰۰۰,۷۰۰۰۰۰)
CLR_i	U(۲۸۰۰۰۰۰۰,۲۸۹۰۰۰۰۰)	QCR_{it}	U(۰/۹۵,۰/۹۸)
CLO_i	U(۲۵۰۰۰,۶۷۰۰۰)	HIP_{ikt}	U(۴۰۰۰۰۰,۶۰۰۰۰۰)
HC_t	U(۱۰۰۰۰۰۰,۲۰۰۰۰۰۰)		U(۲۵,۳۰)
FC_t	U(۴۰۰۰۰۰۰۰,۵۰۰۰۰۰۰۰)	P_{ikt}	U(۱۶۵۰۰۰,۱۷۰۰۰۰)
π_{ikt}	U(۳۶۰,۳۷۵)	$CPOD_i$	U(۱۴۰۰۰۰,۱۴۵۰۰۰)
ID_{ikt}	U(۷۰۰۰,۹۰۰۰)	$ALFA_{ikt}$	U(۰/۰۳,۰/۰۵)
K	(۴)	$CPRD_i$	U(۱۴۰۰۰۰,۱۴۵۰۰۰)
i	(۳)	D_{ikt}	U(۴۰۰۰,۷۵۰۰)
$t.n$	(۳)		

جدول شماره(۳): طراحی پارامترهای ورودی در شرایط فازی

پارامتر	تنظیمات	پارامتر	تنظیمات
$\widetilde{QCO}_{itn}$	U(۰/۷۰,۰/۹۵)	$\widetilde{QCD}_{itn}$	U(۰/۸۰,۰/۹۷)
$\widetilde{Re}_{itn}$	U(۰/۹۴,۰/۹۸)	$\widetilde{QR}_{itn}$	U(۰/۷۰,۰/۹۵)

جدول شماره(۴): مجموعه جواب‌های پارتویی مدل ریاضی چندهدفه پیشنهادی در شرایط فازی

P,I=۳.T=۳.N=۳,k=٤	$F_۱$	$F_۲$	$F_۳$	$F_٤$	LP
P=۱	۲/۳۳۷۴E+۱۰	۱۵۴۵۴/۳۳۳	۰/۳۲۹	۰/۶۰۶	۱۵۴۵۳/۵۰۳
P=۲	۲/۳۳۷۴E+۱۰	۱۵۴۵۴/۳۳۳	۰/۳۲۹	۰/۶۰۶	۲/۳۸۹۳۱۱ E+۸
P=۳	۲/۳۳۷۴E+۱۰	۱۵۴۵۴/۳۳۳	۰/۳۲۹	۰/۶۰۶	۱/۰۰۰۰۰E+۱۰
P=۴	۲/۳۳۷۴E+۱۰	۱۵۴۵۴/۳۳۳	۰/۳۲۹	۰/۶۰۶	۱/۰۰۰۰۰E+۱۰
P=۱۱	۲/۳۳۷۴E+۱۰	۱۵۴۵۴/۳۳۳	۰/۳۲۹	۰/۶۰۶	۰

جدول شماره (۵) حدود جواب‌های متغیر تصمیم از حل مد ریاضی چندهدفه پیشنهادی در شرایط قطعیت

حدود جواب‌های متغیر تصمیم	توضیح متغیر تصمیم
B(I,k,t)=[۲۷۷/۷۷,۱۰۰۰۰/۰۰۰]	میزان سفارشات عقب افتاد محصول در مرحله نهایی تولید
Y(I,t)=[۱۰/۴۱۷,۱۲/۵۰۰]	میزان تولید محصول در ساعات اضافه‌کاری
X(I,t)=[۱۲/۱۶۷,۱۴/۵۰۰]	میزان تولید محصول در ساعات کار عادی
IP(i,t)=[۲۲۱۱/۴۱۷,۳۰۵۵/۵۵۶]	سطح موجودی تولیدکننده در هر دوره به‌طور متوسط
ZD(i,t)=[۱۹۲/۷۷۱,۱۸۲۹/۳۹۶]	سطح موجودی محصول واحد بازسازی در هر دوره
HL(t)=[۰,۳۰۰۰]	تعداد نیروی کار استخدام‌شده در هر دوره

$OT(t))=[۱۲۵/۰۰۰,۳۱۵۰/۰۰۰]$	ساعات اضافه‌کاری موردنیاز درهر دوره
$FL(t)=[\ \ ۰\ \ ]$	تعداد نیروی کار اخراج شده در دوره را نشان می‌دهد
$F(I,k,t)=[۴۴/۷۷۳,۱۰۰۰۰/۰۰۰]$	تعداد محصول مرحله آخر تولید که برای فروش ارسال‌شده است
$WL(t)=[۳۰۰۰]$	تعداد نیروی کار موردنیاز درهر دوره

۳- نتایج و بحث

در این مقاله به بررسی و تصمیم‌گیری درباره برنامه‌ریزی تولید شرکت مذکور در قالب یک مدل ریاضی چندهدفه برای سه نوع محصول، سه دوره و چهار مرحله تولید با در نظر گرفتن سه سناریو کم، متوسط و زیاد بر اساس تئوری فازی مثلثی به‌منظور بهینه‌سازی جواب‌های مدل در برابر تغییرات محیطی طراحی شد و با استفاده از داده‌های واقعی آن صنعت با کد نویسی در نرم‌افزار گمز و استفاده از روش معیار جامع جواب توابع هدف و متغیرهای تصمیم محاسبه‌شده استفاده‌شده است. نتایج حاصل از حل مدل با روش معیار جامع در توان‌های مختلف نشان داد که به ازای توان یک حداقل مقدار جواب ممکنه بهینه حاصل‌شده است. آنچه در طراحی این مدل که به‌صورت برنامه‌ریزی غیرخطی 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 اضافه‌کاری، هزینه تولید مرکز بازرسی و هزینه مربوط به نیروی انسانی است. تابع کیفیت محصولات تولیدی در ساعت کار عادی و اضافه‌کاری و مرکز بازسازی در شرایط فازی، تابع عدم اطمینان محل تولید در شرایط فازی و تابع سطح سرویس به مشتریان در طراحی یک مدل ریاضی چندهدفه است. نتایج توابع هدف و متغیرهای تصمیم که به ترتیب در جداول(۴) و (۵) ارائه‌شده است اعتبار آن‌ها مورد تائید مسئولین صنعت مذکور قرار گرفت. این مدل برای صنایع مشابه نیز قابل‌استفاده است.

محققین آتی مدل‌سازی و حل مسئله با رویکردهای عدم قطعیت از قبیل برنامه استوار و استوار فازی را در مدل انجام خواهند داد. در نظر گرفتن مرکز نگهداری و تعمیرات به‌عنوان یک مسئله مهم و اساسی در حفظ و افزایش اثربخشی تجهیزات و در نظر گرفتن معیارهای سبزینگی و محیطزیست، کمینه نمودن مدت‌زمان تولید و تحویل و حداقل سازی حداکثر کمبود محصول ارسالی به مشتریان در راستای افزایش رضایت‌مندی مشتریان به مدل مذکور افزوده شود. علاوه بر این در صورت نداشتن موردمطالعه مشخص ابعاد مسئله را افزایش داده و تحلیل حساسیتی را انجام دهند و در صورت عدم دستیابی به جواب با استفاده از نرم‌افزارهای ابتکاری مانند گمز و لینگو و طولانی شدن زمان حل مدل بنابراین با ذکر شرایط لازم از روش‌های فرا ابتکاری در حل مدل ریاضی پیشنهادی استفاده کنند.

٤-منابع

1. Aghajani, F., & Mirzapour Al-e-hashem, M. J. (2020). A multi-objective mathematical model for production-distribution scheduling problem. *Journal of Industrial and Systems Engineering*, 13 (Special issue: 16th International Industrial Engineering Conference), 121-132.
2. Azar, A., Andalib Ardakani, D., & Mir Fakhr-Al-Dini, S. H. (2012). Designing a mathematical model of production planning deficit with a fuzzy approach studied. *Middle East Furniture Company, Quarterly Journal of Industrial Management Studies*. (22):23-40. (In Persian).
3. Azar, A., & Farrokh, M. (2020). *Mathematical programming in the uncertainty of stochastic, fuzzy and solid approaches*. Organization for the Study and Compilation of University Humanities Books. (In Persian).
4. Azar, A., & Sadat Hosseini, A. (2014). Designing a multi-product production planning model in the supply chain based on the ideal planning approach Case study: Burns Industrial Group, Quarterly *Journal of Industrial Meditation Studies*, 12 (34), 1-17. (In Persian).
5. Esteso, A., Alemany, M. M. E., Ortiz, Á., & 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.

6. Gholamrezaei, R. M., & Zare, H. K. (2015). A Model Of Production Planning With Multi-Product, Multi Time Period. *Production And Operations Management*, 1(10), 61- 78. (In Persian)
7. Gholamrezaei, R. M., & Zare, H. K. (2015). Development of a multi-product, multi-period and multi-objective production planning model with fuzzy parameters. *Production and Operations Management Quarterly*, 6 (1). (In Persian)
8. Razavi Hajiagha, S. H., Hashemi, S., & Sadeghi, M. (2019). Hybrid fuzzy-stochastic approach to multi-product, multi-period, and multi-resource master production scheduling problem: Case of a polyethylene pipe and fitting manufacturer. *Scientia Iranica*, 26(3), 1809-1823.
9. Hosseini, M. A., Ehsanfar, B., & Akhavan, A. (2015). Modeling and Problem Solving Multi-objective Production Planning in Fuzzy Conditions Using Hierarchical Analysis Approach, *International Conference on Applied Research in Management, Industrial Engineering, Economics and Accounting with Acquisition Development Approach And work* . (In Persian)
10. Khodaei Ardakani, P., Pouya, A., & Effati, S. (2014). Design of Fuzzy Multi-Objective Linear Planning Model in Production Planning (Case Study: Golchakan Zamani Factory) Thesis of the Ministry of Science, Research and Technology - *Ferdowsi University of Mashhad - Faculty of Economics and Administrative Sciences.* (In Persian)
11. Liu, J., Li, C., Yang, F., Wan, H., & Uzsoy, R. (2011, December). Production planning for semiconductor manufacturing via simulation optimization. In *Proceedings of the 2011 winter simulation conference (WSC)* (pp. 3612-3622). IEEE.
12. Nagarur, N., Vrat, P., & Duongsuwan, W. (1997). Production planning and scheduling for injection moulding of pipe fittings A case study. In*ternational journal of production economics*, 53(2), 157-170.
13. Nobil, A. H., & Kazemi, A. (2016). Presenting a multi-objective fuzzy model for integrated production-distribution planning in a four-level closed-loop supply chain. *International Journal of Industrial Engineering and Production Management* 27(1). (in persian)
14. Ramyar, M., Mehdizadeh, E., & Hadji Molana, M. (2017). Optimizing reliability and cost of system for aggregate production planning in supply chain. *Scientia Iranica*, 24(6), 3394-3408.
15. Razavi, S. H. H. A., Akrami, H., & Hashemi, S. S. (2013). Fuzzy Interactive Approach to Solve Multi-Product Multi-Product Production Planning Problem, *Journal of Industrial Management Studies* (In Persian)
16. Rezaei nik, E., & Asadi Zeidabadi, S. (2016). Presenting a Multi-Objective Production Planning Model Based on Scenario-Based Approach in the Uncertainty Environment of Non-Governmental *Higher Education Institutions - Sajjad University of Technology - Faculty of Industrial Engineering Thesis.* (In Persian).
17. Rezaie Moghaddam, S., Yousefi, A., Karbasian, M., & Khayyam, B. B. (2018). A robust optimization model for multi-factory integrated production planning of perishable products under conditions of uncertainty with consideration of deferral policy, *Quarterly Journal of Industrial Management Studies*, 43, 27-51. (In Persian)
18. Rezig, S., Ezzeddine, W., Turki, S., & Rezg, N. (2020). Mathematical Model for Production Plan Optimization—A Case Study of Discrete Event Systems. *Mathematics*, 8(6), 955.
19. Salamati Hormozi, H., Shahraky, M. (2016). Fuzzy production planning model with production time window and failure of orders in the production production system in order to order. *4th Joint Congress of Fuzzy and Intelligent Systems of Iran.* (In Persian).

20. Salehi, M., Kamalabadi, I. N., & Hamzehi, A. (2011). Production planning model for several products, several products and several periods under special demand *Fourth International Conference of the Iranian Association for Opereation Research.* (In Persian)
21. Tolouei Ashlaghi, A., Ehtesham, R. R., Nazemi, J., & Alborzi, M. (2014). Design and Mathematical Model of Production Planning Process and Inventory Control in Reverse Supply Chain, *Journal of Development and Transformation Management*, 8. (In Persian)

Presenting a Multi-Objective Mathematical Model of Multi-Product and Multi-Stage Fuzzy Production Planning For Several Periods in Gamz Software

Aslan Doosti
Department of Mathematics, Omidiyeh Branch, Islamic Azad University, Omidiyeh, Iran
Saeed Rezaei Moghaddam (Corresponding Author)
Department of Manegment, Omidiyeh Branch, Islamic Azad University, Omidiyeh, Iran
Email: kasra_kk200218@yahoo.com

Abstract
In manufacturing and service processes, facing conditions of uncertainty and changes in the amount of data used in the model causes variable parameters, and therefore it is not uncommon to expect such conditions in decision making. Therefore, not paying attention to such changes causes deviation in planning and deviation from the real situation and causes a lot of damage in the mentioned environments. Due to the importance of the issue, in this paper, the fuzzy optimization approach is used to deal with the uncertainty in the parameters of uncertainty of production stages and product quality in the manufacturer's center and model reconstruction center. The present study intends to design a mathematical model of a multi-objective production program and optimize it to minimize the cost of inventory, production and manpower, and the maximum quality of the product and maximize the maximum occurrence of uncertainty at each stage of production that causes bottlenecks. It can increase the profitability of Borujen Concrete Parts Company. The results of solving the model by coding in Gamz software and using the comprehensive criterion method include the values of objective functions and decision variables. The results were approved by the officials of Borujen Stream Concrete Parts Company.

Keywords: Fuzzy multi-objective mathematical model, multi-product, multi-stage, production planning.