ارائه رویکردی جدید در تصمیم‌گیری همزمان مدیریت تقاضا و برنامه‌ریزی تولید

سیدعلی ترابی[*1]، مرتضی الهوردیلو[2] و محسن مقدم[3]

[1] دانشیار گروه مهندسی صنایع- پردیس دانشکده‌های فنی - دانشگاه تهران

[2] دانش آموخته کارشناسی ارشد مهندسی صنایع- پردیس دانشکده‌های فنی - دانشگاه تهران

[3] دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی صنایع- پردیس دانشکده‌های فنی - دانشگاه تهران

(تاریخ دریافت 88/10/12، تاریخ دریافت روایت اصلاح شده89/8/23، تاریخ تصویب 90/1/28)

چکیده

یکی از اصلی‌ترین موضوعات موجود در زمینه بازاریابی، مدیریت تقاضا است که تأثیر زیادی بر عملکرد عملیات در سازمان‌ها دارد. در سیستم‌های کلاسیک برنامه‌ریزی تولید، تقاضا به عنوان یک عامل از قبل تعیین شده در نظر گرفته می‌شد، ولی در سیستم‌های نوین، تقاضا به صورت عامل قابل کنترل در نظر گرفته می‌شود. در این مقاله سعی شده است تا با تکیه بر رویکردهای نوین مطرح شده در زمینه برنامه‌ریزی زنجیره تأمین، رویکردی یکپارچه در زمینه مدیریت تقاضا و برنامه‌ریزی تولید ارائه شود که در آن تقاضا، از طریق اهرم‌های قیمت و انتخاب بازار قابل کنترل است. یک مدل غیرخطی عدد صحیح برای این مسئله ارائه شده است. با توجه به اینکه این موضوع یک موضوع $\mathcal{N}$p-hard است، یک الگوریتم ابتکاری ترکیبی نیز برای حل این موضوع پیشنهاد شده است. در انتها نیز برای نشان دادن کاربردی بودن مدل ریاضی و الگوریتم توسعه یافته، یک مثال عددی ارائه شده است.

واژه‌های کلیدی: یکپارچه‌سازی زنجیره تأمین، مدیریت تقاضا، برنامه‌ریزی اندازه انباشته تولید با ظرفیت محدود، الگوریتم ژنتیک

مقدمه

در سیستم‌های تولید برای سفارش که تولیدکننده باید بتواند خود را با تقاضاهای بازارهای مختلف هماهنگ کند و محصول را در زمان‌های خواسته شده به مقدار مناسب و با کیفیت مطلوب به دست مشتری برساند و به عبارتی دیگر باید انعطاف‌پذیری تولیدکننده در برابر تغییرات تقاضای مشتری زیاد باشد، تولیدکننده اغلب با چالش محدود بودن ظرفیت‌های تولیدی و اولویت‌بندی در پاسخگویی و برآوردن سطحی از تقاضاها مواجه است. در اکثر مدل‌های برنامه‌ریزی تولید که تا کنون بررسی شده است، تقاضای محصولات در دوره‌های مختلف افق برنامه‌ریزی، از قبل تعیین شده است و به صورت یک عامل غیر قابل کنترل از بیرون سیستم تولیدی به مدل وارد می‌شود. اما با وجود شرایط بازارهای رقابتی و رشد تقاضا و همچنین ظرفیت‌های محدود تولیدی، الزامی بر برآوردن همه تقاضاها توسط تولیدکننده به نظر نمی‌رسد. بنابراین تولیدکننده باید بتواند با استفاده از اهرم‌هایی سطح تقاضاها و در نتیجه تولید خود را کنترل کند. دو اهرم مناسب در مدیریت تقاضا شامل قیمت‌گذاری[1] و انتخاب بازار هدف[2] است.

قیمت‌گذاری توسط تولیدکننده، یک اهرم مناسب برای مدیریت تقاضا است. در مسائل واقعی با وجود تنوع و رقابت شرکت‌های تولیدی یا ارائه دهنده خدمات، مشتری حق انتخاب محصول مورد نظر خود را از بین محصولات مشابه تولیدشده توسط تولیدکنندگان مختلف دارد. بنابراین تقاضای محصول تحت تأثیر عوامل متعددی می‌تواند تغییر کند. یکی از این عوامل قیمت است که تغییرات آن با فرض همسان بودن دیگر عوامل در محصولات مشابه، می‌تواند سبب نوسان در سطح تقاضا شود. حتی در شرایط بازارهای تک‌انحصاری نیز این نوسانات به دلیل نقش قیمت در جذابیت محصول، محسوس است. بنابراین تولیدکننده به جای پاسخگویی به یک تقاضای از قبل تعیین شده می‌تواند قیمت محصول خود را متغیر تصمیم‌گیری مدل فرض کرده و با گرفتن تصمیم برای آن و ایجاد رابطه مناسب بین قیمت و مقدار

*نویسنده مسئول : تلفن : 88021067 , فاکس : 88013102 ، Email: satorabi@ut.ac.ir

Archive of SID
www.SID.ir

تقاضا، سطح بهینه تقاضا را یافته و سیاست‌های تولیدی / سفارش‌دهی خود را به نحوی با آن تنظیم کند که سود حاصل ماکزیمم شود. در این مدل‌ها، تقاضا می‌تواند قطعی یا احتمالی و ثابت یا متغیر نسبت به زمان منظور شود. توابع متعدد بسیاری نیز در بیان ارتباط بین قیمت و تقاضا تعریف شده است. در برخی مطالعات، تقاضاهای قطعی را توابعی خطی از قیمت پیشنهادی تولیدکننده در نظر گرفته‌اند و برخی نیز از توابع غیرخطی و نزولی کمک گرفته‌اند. در تقاضاهای احتمالی نیز عوامل توزیع احتمال تقاضا، توابعی از قیمت تعریف شده‌اند؛ هر چند که به ندرت از توابع تقاضای مقعر نسبت به قیمت استفاده شده است [1].

رویکردی دیگر در مدیریت تقاضا که به نسبت جدید است و زمینه مطالعاتی وسیعی را در زنجیره تأمین گشوده است، موضوع انتخاب بهترین بازار هدف از بین بازارهای بالقوه است. در این نگرش، شرکت تولیدکننده یا تأمین‌کننده می‌تواند از بین مجموعه‌ای از بازارها، زیرمجموعه‌ای را برای عرضه انتخاب کند و به عبارتی یک "سبد تقاضا " یا "سهام تقاضا" برای خود تعیین کند. انتخاب بازار در تحقیقات پیشین تنها بر اساس درآمد آن بازار بوده است، در حالی که انتخاب هر بازار دارای هزینه‌های بالای سرمایه‌گذاری اولیه در آن بازارها است، بنابراین در این مقاله این هزینه اولیه نیز به عنوان یکی از عوامل مؤثر در انتخاب بازار در نظر گرفته شده است. این هزینه‌های اولیه شامل هزینه‌های تأسیس پایانه‌های فروش، تهیه تسهیلات حمل و نقل و سایر هزینه‌های مربوط به فروش در آن بازار است. بنابراین بالا بودن این هزینه می‌تواند جذابیت آن بازار را برای تولیدکننده/ تأمین‌کننده کمتر کند. این معیار در مقابل سوددهی هر بازار قرار می‌گیرد و تولیدکننده باید از میان بازارهای مختلف، بازارهایی را انتخاب کند که برآیند سود خود را حداکثر کند. این مدل‌ها در بازارهای منطقه‌ای که اغلب در مناطق جغرافیایی مجزا و مرزبندی شده قرار دارند، کاربرد دارند. در این حالت برای انتخاب بازارهای هدف، معیار نزدیک بودن یک بازار به دلیل پایین آمدن هزینه-های اولیه انتخاب آن بازار، در مقابل معیار درآمد حاصل از آن بازار قرار می‌گیرد. همچنین این نوع مدل‌ها در تقسیم‌بندی یک بازار[3] به طیف‌های متفاوت با تقاضاهای متفاوت، مصداق دارد. گینس[2] نشان داد که تصمیم‌گیری همزمان انتخاب بازار و برنامه‌ریزی تولید در حالت کلی یک مسئله NP-hard است، اما در شرایط خاصی می‌توان جواب‌هایی در زمان چندجمله‌ای از ابعاد مسئله تولید کرد.

رویکرد دیگری که می‌توان بر مدیریت تقاضا متصور بود این است که در بازار رقابتی، یک تولیدکننده از بین بازارهای بالقوه، با توجه به تغییرات سطح تقاضای آنها نسبت به قیمت، بهترین بازارها و سطح بهینه تقاضای آنها را تعیین کند. به این ترتیب که تولیدکننده از هر دو اهرم کنترل تقاضا برای مدیریت تقاضای پیش روی خود استفاده کند. این رویکرد پیچیدگی‌های مسئله را بیشتر می‌کند، ولی اختیارات بیشتری را به تولیدکننده/ تأمین‌کننده برای کنترل تقاضا می‌دهد. در این مقاله با استفاده از هر دو اهرم قیمت‌گذاری و انتخاب بازار سعی در ارائه رویکردی نوین در تصمیم‌گیری همزمان مدیریت تقاضا و برنامه‌ریزی تولید وجود دارد.

ادامه این تحقیق به این ترتیب است. در بخش 2 مروری بر کارهای انجام شده در این زمینه خواهد شد. سپس در بخش 3 با معرفی مسئله تعریف شده در این پژوهش، مدل ریاضی آن ارائه داده خواهد شد. در بخش 4 پیچیدگی مدل، مورد بحث قرار خواهد گرفت. در ادامه و در بخش 5 روش حل پیشنهادی همراه با یک مثال کاربردی ارائه خواهد شد. در انتها و در بخش 6 پس از جمع‌بندی، نتایج کسب شده در این تحقیق مورد بحث قرار خواهد گرفت.

پیشینه تحقیق

در برنامه‌ریزی همزمان تولید و قیمت‌گذاری، هم قیمت و هم مقدار تولید، متغیرهای تصمیم‌گیری هستند و مدل‌های مطالعه شده در این زمینه، هم محدودیت‌های تولید و هم محدودیت‌های بازاریابی را در نظر می‌گیرند. کارهای زیادی در ارتباط با تصمیم‌گیری همزمان تولید و قیمت‌گذاری انجام شده است. این دسته از تحقیقات، رویکرد تصمیم‌گیری متمرکز را توسط برنامه‌ریزان مورد بررسی قرار می‌دهند که در آن برنامه‌ریزان به اطلاعات هر دو بخش تولید و بازاریابی دسترسی دارند. هدف این دسته از مدل‌ها تعیین همزمان قیمت‌ها و اندازه انباشته‌های تولید[4] برای ماکزیمم‌سازی تابع سود است که در آنها تقاضا تابعی از قیمت است. بیشتر مدل‌های مطالعه شده

Archive of SID

www.SID.ir

در این حوزه، توابع هدف غیر خطی دارند. این موضوع به این دلیل است که برای به دست آوردن تابع سود، دو متغیر اصلی مسئله یعنی قیمت فروش و مقدار فروش باید در هم ضرب شوند. الیشبرگ و استینبرگ [3] مدل‌های تصمیم‌گیری غیرمتمرکز و یکپارچه، مدل‌های با ساختار هزینه محدب برای هموارسازی تقاضاهای بی‌ثبات و مدل‌های با ساختار هزینه مقعر برای انتخاب مقادیر و دوره‌های تولید را مورد مطالعه قرار داند. یانو و گیلبرت [4] مطالعه کاملی را روی کارهای انجام شده در ارتباط با مدل‌ها، توابع هزینه و روش‌های حل برنامه‌ریزی همزمان تولید و قیمت‌گذاری انجام دادند.

توماس [5] موضوع معروف اندازه انباشته تولید پویای با ظرفیت نامحدود را با مسئله قیمت‌گذاری یکپارچه کرد. او یک الگوریتم پیشرو برای حل مسئله معرفی کرد که افق‌های برنامه‌ریزی را مشخص می‌کرد. . توماس [6] همین موضوع را با در نظر گرفتن تابع تقاضای احتمالی مورد مطالعه قرار داد. گیلبرت [7] یک مدل همزمان قیمت‌گذاری واحد و زمان‌بندی تولید برای یک محصول با تقاضای فصلی را ارائه داد. او در این مدل فرض کرده است که نسبت تقاضاها در هر دو دوره به قیمت پیشنهادی برای محصول وابسته نیست. گیلبرت [7] همچنین مدلی با ادغام زمان‌بندی تولید و قیمت‌گذاری برای چند محصول که توسط تجهیزات تولیدی مشترک تولید می‌شوند ارائه کرد. تقاضا در این مدل، فصلی و وابسته به قیمت و هزینه‌های راه‌اندازی ناچیز فرض شده است. سوان [8] تصمیمات قیمت‌گذاری پویا را با تصمیمات مربوط به برنامه‌ریزی تولید یکپارچه کرد. ژائو و ونگ [9] هماهنگی بین تصمیمات قیمت‌گذاری پویا و تولید/ سفارش در یک زنجیره تأمین غیرمتمرکز با یک تولیدکننده که توزیع / خرده فروشی محصول خود را به یک توزیع کننده / خرده فروش مستقل واگذار می‌کند، مورد مطالعه قرار دادند. چان و دیگران [10] بر خلاف فرضیه‌های مدل مقدار اقتصادی تولید (EPQ) که همه محصولات تولیدی را با کیفیت مطلوب می‌دان، با ساده‌سازی این فرض، به بیان چارچوبی یکپارچه برای قیمت‌گذاری پایین‌تر اقلام با امکان دوباره‌کاری و برگشت محصول با ساختار EPQ پرداختند. پارلار و ونگ [11] تأثیرات هماهنگی تصمیمات تولید و قیمت‌گذاری را در بهبود موقعیت یک شرکت در محیط قیمت رقابتی بر اساس قیمت تحلیل کردند. چن و چن [12] یک مدل برنامه‌ریزی انباشته تولید/ زمان‌بندی با ظرفیت محدود و تقاضای پویای مشتری، ارائه کردند. آنها به طور خاص فرض کردند که تقاضای محصول تابع زمان و قیمت است. همچنین آنها فرض کردند که محصول یک نرخ فرسایش ثابت دارد. ونگ [13] مدل تصمیم‌گیری و قیمت‌گذاری را در حالتی بررسی کرد که در آن چند تولیدکننده وجود دارد و هر یک از آنها محصول خاصی را تولید می‌کنند و به طور مستقیم یا از طریق واسطه به بازار می‌فرستند و این محصولات مکمل هم هستند و باید با هم مصرف شوند یا اینکه به صورت یک بسته محصول عرضه شوند. چان و همکارانش [14] تعیین همزمان قیمت و مقدار تولید یک محصول را در چند دوره با افق زمانی محدود و ظرفیت تولید محدود در وضعیتی که تابع تقاضای دوره‌های غیر ایستا و احتمالی بوده و گزینه‌های قیمتی گسسته وجود داشته باشد، بررسی کردند. دنگ و یانو [15] یک مدل همزمان تولید و قیمت‌گذاری یک محصولی و چند دوره‌ای با تقاضاهای متغیر در طول دوره‌ها و ظرفیت تولیدی محدود و متغیر نسبت به زمان را مطالعه کردند. پکگان و دیگران [16] موضوع برنامه‌ریزی تولید و قیمت‌گذاری را در حالتی که تقاضا تابعی از قیمت و زمان تحویل است، بررسی کردند. ناهپتیان و پاردالوس [17] یک فرمولاسیون اعداد صحیح مختلط با روش کاهش در شرایط وجود چند محصول و ظرفیت محدود تولید ارائه کردند. هدف، یافتن سطح تولید مناسب و سیاست قیمت‌گذاری دوخطی برای یک مدل همزمان تولید و قیمت‌گذاری پویا برای بیشینه‌سازی سود بود.

تصمیم‌گیری همزمان در زمینه انتخاب بازار و برنامه‌ریزی تولید نیز به تازگی مورد توجه محققان قرار گرفته است. اشایری و سلن [18] برای انتخاب سفارش‌های مختلف بازار، رویکرد جدیدی را معرفی کردند. آنها یک متدولوژی در غالب یک مدل برنامه‌ریزی ریاضی برای بهبود همکاری بین بخش‌های بازاریابی و تولید ارائه کردند که در آن سهم مالی (ارزشی) سفارش‌های انتخابی بیشینه می‌شود و سفارش‌های خرید بهینه انتخاب می‌شوند. فاطمی قمی و کریمی [19] به تعیین اندازه انباشته پویای تک مرحله‌ای چندمحصولی با محدودیت ظرفیت و امکان انتقال راه‌اندازی‌ها به دوره بعد پرداختند. آنها در ابتدا مسئله را در قالب یک مدل

Archive of SID

www.SID.ir

برنامه‌ریزی مخلوط با اعداد صحیح مدل کردند و سپس الگوریتم‌های ابتکاری برای حل این مسئله را ارائه کردند که از سه بخش اصلی تعیین اندازه انباشته، تأمین شرط موجه‌بودن جواب و روش انتخاب محصول برای انتقال راه‌اندازی به دوره بعد تشکیل می‌شود. گینس و دیگران [20] در اولین مطالعه خود در حوزه انتخاب همزمان بازار و برنامه‌ریزی تولید، مدلی را بررسی کردند که در آن یک تولیدکننده در تولید یک مرحله‌ای، با مجموعه‌ای از سفارش‌های مشتری رو به روست که می‌تواند به صلاحدید خود از میان آنها برخی را انتخاب و برخی دیگر را رد کند. ربانی و دیگران [21] در مطالعه‌ای به ارائه یک مدل تصمیم‌گیری پرداختند که در آن به کمک ترکیب روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی و برنامه‌ریزی آرمانی و در نظر گرفتن محدودیت‌های گوناگون، بهترین تأمین‌کنندگان و همچنین برنامه خرید از هر یک در هر دوره مشخص می‌شود. گینس و دیگران [22] در ادامه این رویکرد را که یک تولیدکننده باید تقاضای همه بازارها را برآورده کند تغییر دادند و آن را منعطف‌تر کردند؛ به این ترتیب که آنها فرض کردند که یک تولیدکننده می‌تواند از بین بازارهای مختلف، با توجه به محدودیت‌های تولیدی خود بازارهایی را انتخاب کند. مرزیفونلوگلو و گینس [23] مدلی برای برنامه‌ریزی نیازهای تولیدکننده ارائه کردند که در آن تولیدکننده مجاز به انتخاب از بین سفارش‌های دریافت شده است و باید سفارش‌های منتخب را برآورده کرده و نیازمندی‌های خود را با این سفارش‌ها برای پاسخگویی به آنها تطبیق دهد. تافی و دیگران [24] مدلی را در ارتباط با تصمیم‌گیری همزمان سطح موجودی، بازارهای هدف و سطح منابع تبلیغات که باید در هر بازار خرج شود، ارائه کردند. آنها در این مطالعه فرض کردند که شرکت در ارتباط با انتخاب بازارهایی که می‌خواهد به آنها پاسخ دهد، انعطاف‌پذیری دارد. گینس و دیگران [22] یک مدل برنامه‌ریزی نیازهای چند دوره‌ای با افق زمانی محدود در تولید یک مرحله‌ای با محدودیت ظرفیت تولید و با فرمولاسیون برنامه‌ریزی اعداد صحیح مختلط، برای بیان ارتباط قیمت‌گذاری محصول و تصمیم پذیرش یا رد سفارش ارائه کردند. تافی و دیگران [24] یک مدل ماکزیمم‌سازی سود را که تمرکز اصلی آن روی انتخاب همزمان بازار، تلاش‌های بازاریابی و تصمیمات مربوط به تدارک بود را توسعه دادند. آنها فرض کردند که قیمت کالا در بازارهای مختلف متفاوت است و هر بازار توزیع تقاضای مربوط به خود را با عواملی که مقدار آنها وابسته به میزان تلاش بازاریابی در آن بازارها است، دارد. باکال و همکارانش [25] با فرض اینکه یک مدل برنامه‌ریزی موجودی به جای داشتن یک تقاضای مشخص قطعی یا احتمالی، می‌تواند چندین تقاضا از بازارها و یا مشتریان مختلف داشته باشد، ابعاد جدیدی را در مسائل برنامه‌ریزی زنجیره تأمین ایجاد کردند که شامل انتخاب بازارها و مشتریان هدف از سبد تقاضای موجود است. گینس و همکارانش [22] با تأکید بر مدیریت تقاضا به عنوان یک عامل مهم در عملکرد عملیات و با هدف ایجاد تطابق بین عرضه و تقاضا و توجه به نگرش جدید ایجاد شده در این حوزه یعنی موضوع انتخاب بازار هدف از بین بازارهای بالقوه موجود، مدل جدید اقتصاد مقیاس چند دوره‌ای را در این حوزه معرفی کردند.

بیشتر مطالعات انجام گرفته در زمینه تصمیم‌گیری همزمان مدیریت تقاضا و تولید در ارتباط با برنامه‌ریزی همزمان قیمت‌گذاری و تولید است. کارهای انجام شده در ارتباط با تصمیم‌گیری همزمان انتخاب بازار و برنامه‌ریزی تولید محدود به کارهایی است که گینس و همکارانشان انجام داده‌اند. در مطالعات انجام‌گرفته در حوزه تصمیم‌گیری همزمان انتخاب بازار و برنامه‌ریزی تولید کمتر به استفاده از اهرم قیمت‌گذاری برای مدیریت تقاضا استفاده شده است. تنها در یک مورد تقاضا تابعی از قیمت در نظر گرفته شده است، ولی با توجه به اینکه قیمت‌گذاری در آن حالت ایستا دارد، کمتر از اهرم قیمت‌گذاری استفاده شده است. به عبارت دیگر در مطالعات انجام گرفته به مسئله تصمیم‌گیری همزمان انتخاب بازار، قیمت‌گذاری و برنامه‌ریزی تولید توجه نشده است. همچنین در حوزه تصمیم‌گیری همزمان انتخاب بازار و برنامه‌ریزی تولید، هزینه‌ای در ارتباط با انتخاب یک بازار در نظر گرفته نشده است، یعنی انتخاب یک بازار هیچ هزینه‌ای را برای تولیدکننده ایجاد نمی‌کند. همچنین در همه کارهای انجام شده پس از انتخاب یک بازار، تولیدکننده باید همه تقاضای آن بازار را پاسخ دهد، در حالی که در برخی از موارد ممکن است با توجه به محدود بودن ظرفیت تولید، تولیدکننده نتواند همه تقاضای آن بازار را در یک دوره برآورده کند. در ادامه این مقاله

Archive of SID

www.SID.ir

موضوع مطرح شده در این پژوهش تشریح و مدلسازی می‌شود.

تعریف و مدل‌سازی مسئله

در این پژوهش فرض می‌کنیم یک تولیدکننده، محصولی را در سطح یک منطقه تولید و به فروش می‌رساند. این تولیدکننده یک سیستم تولید برای سفارش دارد. این تولیدکننده با بازارهای مختلفی در سطح منطقه رو به رو بوده و قصد دارد محصولات تولیدی خود را در این بازارها توزیع کند. بازارهای موجود تقاضاهای مستقل و دوره‌ای دارند. تقاضای این بازارها قطعی و وابسته به قیمت تولیدکننده بوده و توابعی کاهشی و پیوسته از قیمت هستند. همچنین، ظرفیت تولید این تولیدکننده محدود است و تولید در هر دوره نیازمند هزینه‌ای در جهت راه‌اندازی است. با توجه به محدود بودن ظرفیت تولیدکننده، این تولیدکننده توان پاسخ به همه تقاضاهای بالقوه خود را ندارد. بنابراین این تولیدکننده قصد دارد با توجه به محدودیت‌های موجود در سیستم تولید خود و ماهیت تقاضاهای موجود در بازارهای مختلف، نخست بازارهای هدف خود را انتخاب کند (MSP) و دوم با توجه به تقاضاهای موجود در این بازارها، سطح بهینه تقاضا را با توجه به قیمت پیشنهادی خود در هر دوره مشخص کند و با توجه به تقاضاهای انتخاب شده برای دوره‌های مختلف خود برنامه‌ریزی تولید انجام دهد. بنابراین تولیدکننده علاوه بر انتخاب بازارهای هدف و سطح بهینه تقاضا در هر یک از بازارهای انتخاب شده باید با توجه به هزینه‌های تولید پیش‌روی خود و محدودیت‌های موجود در تولید، نخست دوره‌هایی که در آنها باید تولید انجام گیرد و همچنین مقدار تولید در هر یک از این دوره‌ها را مشخص کند. از سوی دیگر انتخاب هر یک از بازارها هزینه اولیه‌ای در جهت ایجاد پایانه‌های فروش و تسهیلات حمل و نقل است و در صورت انتخاب یک بازار، حداقل تقاضای آن در هر دوره باید برآورده شود. بنابراین این تولیدکننده با دو زیر مسئله برنامه‌ریزی تولید و مدیریت تقاضا (انتخاب بازار هدف، قیمت‌گذاری) با هدف ماکزیمم کردن سود کل خود رو به روست که باید در قالب یک مدل تصمیم‌گیری یکپارچه این تصمیم‌گیری انجام گیرد.

فرضیه‌های اصلی مسئله

- سیستم تولیدی تک محصولی است.
- تولیدکننده با یک سیستم تولیدی MTO رو به رو است.
- سیستم تولید تک‌مرحله‌ای است.
- در هر دوره هزینه راه‌اندازی داریم و بنابراین ساختار تولید به شکل انباشته‌ای است.
- ظرفیت تولیدکننده محدود است و تولیدکننده در هر دوره تولیدی به اندازه محدودی می‌تواند تولید کند.
- کمبود مجاز نیست.
- تولیدکننده با چندین بازار هدف با تقاضاهای متفاوت و دوره‌ای رو به روست.
- تقاضای بازارها قطعی و مشخص است.
- تقاضای بازارها مستقل از هم است.
- تقاضای هر یک از بازارها در هر دوره پویا است. به عبارت دیگر تقاضای هر بازار وابسته به قیمت پیشنهادی در آن بازار است. در این مقاله تقاضاها را تابعی پیوسته، خطی و نزولی از قیمت در نظر گرفته‌ایم.
- انتخاب هر بازار هزینه ثابت و مشخصی در جهت تأسیس پایانه و تهیه تجهیزات حمل و نقل دارد.
- در بازارهای انتخابی، حداقل تقاضای آن در هر دوره باید برآورده شود.
- در صورت انتخاب نکردن یک بازار، کل تقاضای آن بازار در کل افق برنامه‌ریزی از دست می‌رود.
- مجموع مینیمم تقاضاهای بازارها از ظرفیت تولید در هر دوره کوچک‌تر است. این فرض به این دلیل است که در صورت انتخاب همه بازارها، تولیدکننده بتواند حداقل تقاضای همه آنها را برآورده کند.
- افق برنامه‌ریزی محدود و مشخص است. این افق برنامه‌ریزی به اندازه یک سال است.
- افق برنامه‌ریزی گسسته است و طول هر بازه زمانی برنامه‌ریزی یک ماه است.

موارد مورد تصمیم‌گیری

- انتخاب بازارهای هدف: تعیین بازارهای هدف از بین بازارهای بالقوه موجود.

Archive of SID

www.SID.ir

- قیمت محصولات در بازارهای انتخاب شده در هر دوره از افق برنامه‌ریزی.
- سطح تقاضای بهینه هر بازار در هر دوره: با توجه به پویا بودن تقاضا در هر بازار باید سطح هر تقاضا در هر بازار و در هر دوره با توجه به قیمت پیشنهادی مشخص شود.
- انتخاب دوره‌هایی که باید در آنها تولید انجام گیرد: با توجه به اینکه در ابتدای هر دوره هزینه راه‌اندازی تولید وجود دارد، بنابراین باید تولید به شکل اقتصادی انجام گیرد.
- اندازه انباشته اقتصادی تولید در دوره‌هایی که باید تولید انجام بگیرد.
- تابع هدف: ماکزیمم‌سازی سود در کل افق برنامه‌ریزی: سود، شامل برآیند درآمد بازارها منهای هزینه‌های تولید منهای هزینه‌های انتخاب بازارها است.

علائم

t: دوره‌های زمانی برنامه‌ریزی {1و2و3و....و12}

j : بازارهای بالقوه موجود {1و2و3و ....J}

S_t : هزینه راه‌اندازی تولید در دوره t

h_t : هزینه نگهداری یک واحد محصول در دوره t

M_j : هزینه انتخاب بازار j

C_t: هزینه متغیر تولید یک واحد محصول در دوره t

O_t : ظرفیت تولید در دوره t (بر حسب واحد محصول)

N_j : حداکثر تقاضای بازار j

L_j: حداقل تقاضایی بازار j در صورت انتخاب

a_t^j : عامل شیب تابع تقاضای بازار j دردوره t

b_t^j : عامل عرض از مبدا تابع تقاضای بازار j دردوره t

y_t : متغیر باینری برابر با یک، اگر در دوره t تولید انجام گیرد و در غیر این صورت برابر صفر است

z_j : متغیر باینری برابر با یک، اگر بازار j به عنوان بازار هدف انتخاب شود و در غیر ایصورت برابر صفر است

Q_t : میزان تولید محصول در دوره t

R_t^j : میزان فروش محصول به بازار j در دورهt

I_t : میزان موجودی محصول در انتهای دوره t

P_t^j : قیمت محصول در دوره t در بازار j

π : تابع سود تولیدکننده

مدل‌سازی مسئله

$$Max\ \pi = \sum_{j=1}^{m}\sum_{t=1}^{n} P_t^j R_t^j - \sum_{t=1}^{n} S_t y_t - \sum_{t=1}^{n} M_j z_j - \sum_{t=1}^{n} C_t Q_t - \sum_{t=1}^{n} h_t I_t \quad (1)$$

Subject to

$$Q_t + I_{t-1} = I_t + \sum_{j=1}^{m} R_t^j \qquad (t = 1,2,\dots,T) \quad (2)$$

$$Q_t \le O_t y_t \qquad (t = 1,2,\dots,T) \quad (3)$$

$$R_t^j \le N_j z_j \qquad (t = 1,2,\dots,T), (j = 1,2,\dots M) \quad (4)$$

$$R_t^j \ge L_j z_j \qquad (t = 1,2,\dots,T), (j = 1,2,\dots M) \quad (5)$$

$$P_t^j \ge 0 \qquad (t = 1,2,\dots,T), (j = 1,2,\dots M) \quad (6)$$

$$Q_t \ge 0 \qquad (t = 1,2,\dots,T) \quad (7)$$

$$I_t \ge 0 \qquad (t = 1,2,\dots,T) \quad (8)$$

$$R_t^j \ge 0 \qquad (t = 1,2,\dots,T), (j = 1,2,\dots M) \quad (9)$$

که در آن معادله (1) تابع هدف مدل را نشان می‌دهد. تابع هدف مدل، ماکزیمم‌سازی سود تولیدکننده است که برابر مجموع درآمدهای تولیدکننده منهای مجموع هزینه‌های تولیدکننده است. معادله (2) محدودیت تعادل موجودی را در دوره‌های مختلف نشان می‌دهد. معادله (3) محدودیت موجود در ظرفیت تولید را نشان می‌دهد. محدودیت ظرفیت تسهیلات حمل و نقل و پایانه‌های فروش در یک منطقه در معادله (4) نشان داده شده است. محدودیت (5) بیانگر این مطلب است که در صورت انتخاب یک بازار به عنوان بازار هدف، تولیدکننده باید در هر دوره حداقل تقاضای این منطقه را برآورده کند. معادله (12) نیز نشانگر رابطه بین قیمت پیشنهادی و میزان فروش در هر بازار و هر دوره است. این رابطه نشان می‌دهد که میزان فروش در هر بازار تابع خطی درجه یک از قیمت محصول در آن بازار است.

پیچیدگی مسئله

مسئله انتخاب همزمان بازار هدف، قیمت‌گذاری و برنامه‌ریزی تولید، حالت خاصی از مسئله CLSP است. این موضوع در حالتی که تنها یک بازار وجود داشته باشد و به ازای یک قیمت ثابت یک تقاضای مشخص برای آن بازار وجود داشته باشد، تبدیل به مسئله CLSP در حالت

Archive of SID

www.SID.ir

تک‌محصولی با یک مرحله تولید می‌شود که تقاضای آن مشخص و قطعی است. بیتران و یاناسی [26] نشان داد که این مسئله CLSP در شکل عمومی خود یعنی در حالت تک‌محصولی و تک‌مرحله‌ای یک مسئله NP-hard است. بنابراین حل آن حداقل از نظر تئوری بسیار پیچیده است. حال با توجه به این نکته که مسئله مطرح شده در این پایان‌نامه بسیار کلی‌تر از مسئله CLSP در حالت تک‌محصولی است، بنابراین موضوع همزمان انتخاب بازار، قیمت‌گذاری و برنامه‌ریزی تولید نیز NP-hard است و حتی پیدا کردن یک جواب شدنی نیز در این حالت بسیار دشوار است.

روش حل پیشنهادی

با توجه به NP-hard بودن موضوع مطرح شده در این پژوهش، در این بخش به ارائه یک روش ابتکاری برای حل این مسئله خواهیم پرداخت. موضوع تصمیم‌گیری همزمان برنامه‌ریزی تولید و مدیریت تقاضا با فرضیه‌هایی که در این پایان‌نامه مطرح شده است، یک مسئله برنامه‌ریزی غیرخطی است. در راستای حل این موضوع از ترکیب ایده‌ها و روش‌های ابتکاری مختلف در قالب روش فراابتکاری الگوریتم ژنتیک استفاده شده است. مهم‌ترین ایده‌های مطرح شده در روش پیشنهادی از یک روش ابتکاری برای پیدا کردن جواب‌های شدنی استفاده شده است.

همچنین با تبدیل مسئله مطرح شده به یک مسئله برنامه‌ریزی کوادراتیک از طریق تصمیم‌گیری در ارتباط با متغیرهای صفر و یک و استفاده از روش‌های برنامه‌ریزی محدب برای حل مسئله استفاده شده است و در انتها از یک الگوریتم ژنتیک مرکب بر اساس ایده‌های مطرح شده برای حل مسئله استفاده شده است. در شکل (1) ساختار کلی روش حل پیشنهادی نشان داده شده است. بنابراین گام‌های مختلف این الگوریتم را می‌توان به صورت زیر توصیف کرد:

گام اول: تعریف سیستم کدینگ (کروموزوم)

اولین گام در به کارگیری و پیاده‌سازی یک الگوریتم ژنتیک نمایش جواب‌های مسئله به صورت یک کروموزوم است. در الگوریتم پیشنهادی این پایان‌نامه در جهت کدینگ جواب‌های مسئله از کدینگ رشته‌ای دو به دویی استفاده شده است. در واقع کروموزوم‌های موجود در الگوریتم پیشنهادی ما از عناصر صفر و یک تشکیل شده‌اند. کروموزوم‌های تعریف شده متشکل از متغیرهای انتخاب بازار (z_j) و همچنین متغیرهای انتخاب دوره‌های تولید (y_t) است که متغیرهای صفر و یک هستند. بنابراین هر کروموزوم M+T ژن دارد که در آن M برابر تعداد بازارهای موجود در مسئله و T تعداد دوره‌های تعریف شده در افق برنامه‌ریزی مسئله است. به عبارت دیگر جواب‌های تولید شده اولیه شامل بازارهایی است که به عنوان بازار هدف انتخاب می‌شوند که مقادیر یک به خود می‌گیرند و بازارهایی که انتخاب نمی‌شوند که مقادیر صفر به خود می‌گیرند. همچنین این جواب‌ها شامل دوره‌هایی هستند که تولید در آن‌ها انجام می‌گیرد که مقدار یک به خود می‌گیرند و دوره‌هایی هستند که تولید در آنها انجام نمی‌گیرد که مقادیر صفر به خود می‌گیرند. در **Error! Reference source not found.** یک نمونه از کروموزوم تعریف شده در این مسئله دیده می‌شود.

گام دوم: تنظیم عوامل

در این مرحله از الگوریتم، عوامل مختلف تنظیم می‌شوند. عواملی که باید تنظیم شوند بر دو نوع هستند. نوع اول شامل عوامل مدل است که در قسمت قبلی توضیح داده شد. نوع دوم عوامل، شامل عوامل خاص الگوریتم است. این عوامل در جدول زیر آمده است.

گام سوم: تولید تصادفی جمعیت اولیه

در الگوریتم پیشنهادی نیز، ما از تولید تصادفی برای ایجاد جواب‌های اولیه استفاده می‌کنیم. با توجه به عامل مشخص شده در ارتباط با میزان جمعیت به تعداد Popsize جواب اولیه با استفاده از ساختار کروموزوم ارائه شده در شکل(2) ایجاد می‌کنیم.

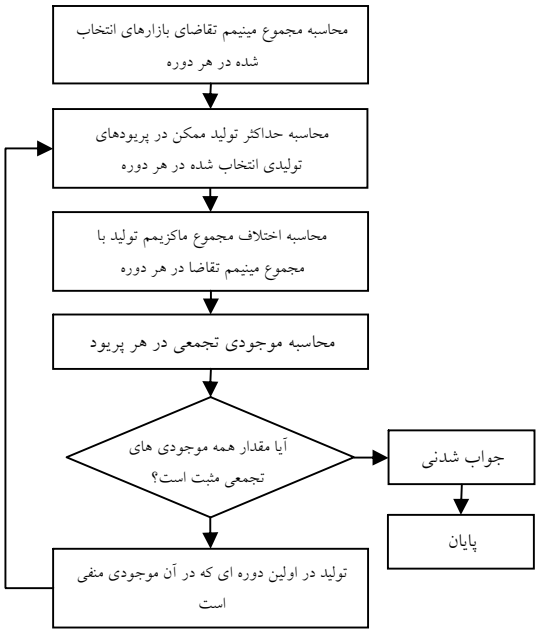
گام چهارم: بررسی شدنی بودن جواب‌ها و تعمیر جواب‌های نشدنی با روش ابتکاری پیشنهادی.

با توجه به اینکه فرایند ایجاد کروموزوم‌های اولیه تصادفی است، بنابراین این امکان وجود دارد که جواب‌های اولیه تولیدشده، شدنی نباشند. در راستای اصلاح جواب‌های غیر موجه تولیدشده در نسل‌های مختلف الگوریتم، روشی ابتکاری ارائه شده است. این روش با تمرکز بر این فرض که کمبود در هیچ دوره‌ای جایز نیست،

Archive of SID

www.SID.ir

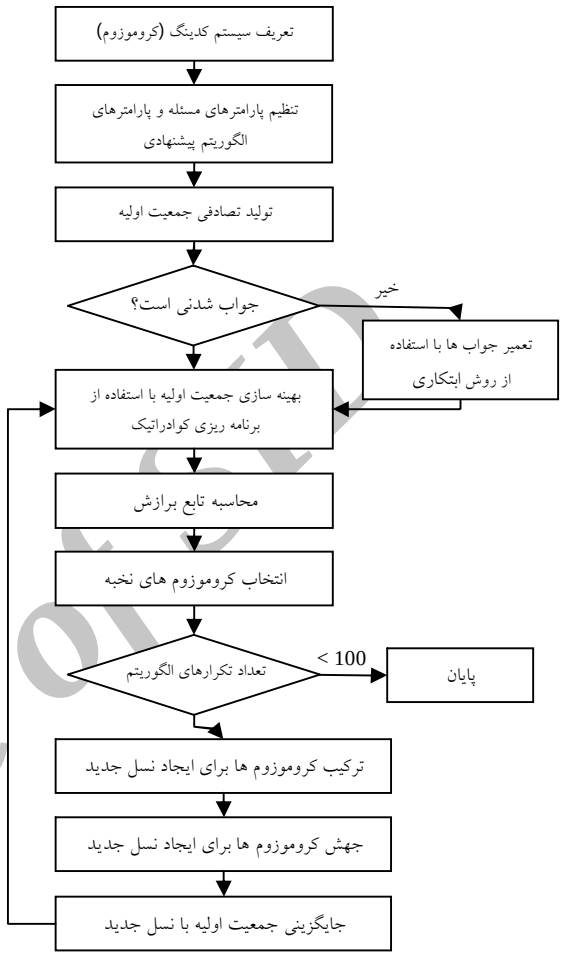
با محاسبه میزان موجودی در هر دوره سعی در مثبت کردن این موجودی در دوره‌های مختلف می‌کند. در شکل (3) نمودار جریان این روش دیده می‌شود.



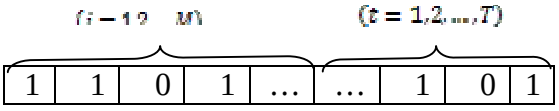
شکل 3: نمودار جریان بررسی شدنی بودن جواب و اصلاح آن

همان طور که در شکل (3) دیده می‌شود، این روش با تمرکز بر نداشتن کمبود، سعی در شدنی کردن جواب‌ها دارد. در گام نخست با توجه به این محدودیت که در هر دوره باید حداقل تقاضای هر بازار برآورده شود، این الگوریتم مجموع مینیمم تقاضاهای ممکن بازارهای انتخاب شده را در هر دوره استخراج کرده و مجموع آنها را محاسبه می‌کند، سپس با توجه به محدودیت ظرفیت تولیدی حداکثر توان تولیدکننده که برابر ظرفیت تولیدکننده است را در هر دوره استخراج می‌کند. حال با توجه به این دو متغیر، مقدار موجودی در هر دوره محاسبه می‌شود. در صورتی که مقدار موجودی در همه دوره‌های بزرگ‌تر مساوی با صفر باشد، جواب حاضر شدنی است، در غیر این صورت در اولین دوره‌ای که مقدار موجودی منفی می‌شود، تولید راه‌اندازی و انجام می‌شود. این فرایند به همین ترتیب تکرار می‌شود تا جواب حاضر، شدنی شود. با توجه به روش پیشنهادی همه کروموزوم‌ها در همه تکرارها شدنی خواهند بود که این نکته در راستای رسیدن به جواب‌های بهینه کمک زیادی به حل مسئله می‌کند.

گام پنجم: بهینه‌سازی جمعیت اولیه با استفاده از



شکل 1: نمودار جریان الگوریتم پیشنهادی



شکل 2: ساختار کروموزوم تعریف شده در الگوریتم پیشنهادی

جدول 1: عوامل خاص الگوریتم ژنتیک

عامل	اندیس	توضیح
میزان جمعیت	PopSize	تعداد فرزندان هر نسل به عبارت دیگر تعداد جواب‌ها در هر تکرار
ماکزیمم تعداد تکرار	SC	حداکثر تعداد تکرار الگوریتم (شرط توقف)
درصدهای ترکیب	Pc	درصدی از جمعیت که باید عملیات ترکیب روی آنها انجام شود.
درصدهای جهش	Pm	درصدی از جمعیت که باید عملیات جهش روی آنها انجام شود.
موجودی اولیه	I0	مقدار موجودی اولیه

Archive of SID

www.SID.ir

برنامه‌ریزی کوادراتیک.

با توجه به کروموزوم‌های موجود در جمعیت اولیه و یا همان جواب‌های اولیه، با تصمیم‌گیری در ارتباط با متغیرهای انتخاب بازار (z_j) و همچنین متغیرهای انتخاب دوره‌های تولید (y_i) مسئله موجود قابل تبدیل به یک مسئله برنامه‌ریزی کوادراتیک است. شرط لازم برای داشتن جواب بهینه برای یک مسئله کوادراتیک این است که ماتریس هسیان (H) تابع کوادراتیک یک ماتریس نیمه‌معین مثبت باشد. در این حالت برنامه کوادراتیک یک مینیمم‌کننده کلی است، اگر حداقل یک بردار X وجود داشته باشد که محدودیت‌های موجود در مسئله را ارضا کند و تابع کوادراتیک $f(x)$ از پایین در ناحیه موجه کران‌دار باشد. شکل کوادراتیک مدل ارائه شده در این پژوهش در معادلات زیر دیده می‌شود:

$$Max\ f = \sum_{j=1}^{m}\sum_{t=1}^{n} a_t^j P_t^{j^2} + b_t^j P_t^j - \sum_{t=1}^{n} C_t Q_t - \sum_{t=1}^{n} h_t I_t - cte \quad (10)$$

$$S.t.$$

$$Q_t + I_{t-1} = I_t + \sum_{j=1}^{m} a_t^j P_t^j + b_t^j; \quad (t = 1,2,\dots,T) \quad (11)$$

$$Q_t \le O_t; \quad (t = 1,2,\dots,T) \quad (12)$$

$$\frac{L_j - b_t^j}{a_t^j} < P_t^j < \frac{L_j - b_t^j}{a_t^j}; \quad (t = 1,2,\dots,T), (j = 1,2,\dots M); \quad (13)$$

$$Q_t \ge 0; \quad (t = 1,2,\dots,T) \quad (14)$$

$$I_t \ge 0; \quad (t = 1,2,\dots,T) \quad (15)$$

با توجه به اینکه مقدار a_t^j در رابطه $R_t^j = a_t^j P_t^j + b_t^j$ منفی است، بنابراین مقادیر روی قطر اصلی ماتریس هسیان بالا بزرگ‌تر مساوی صفر است، بنابراین ماتریس هسیان تابع کوادراتیک این مدل نیمه معین مثبت است. بنابراین شرط لازم برای وجود جواب بهینه در مسئله حاضر، هست و با توجه به اینکه بردار X=(0,0,0,0,0,0….,0) محدودیت‌های موجود در این مسئله را ارضا می‌کند، همچنین نظر به این نکته که فضای جواب کراندار است، این تابع دارای کران پایین در فضای جواب است. پس بنا به شرایط کراش- کان- تاکر[5]، همواره جواب بهینه برای مسئله حاضر وجود دارد. برای حل این مسئله از بسته نرم‌افزاری QuadProg استفاده شده است. این نرم‌افزار با استفاده از زبان برنامه‌نویسی R نوشته شده است. اساس این روش بر پایه الگوریتمی است که توسط گلدفارب و ایدنانی [27] توسعه داده شد. این الگوریتم نیز با استفاده از روش مجموعه‌های فعال[6] جواب‌های بهینه مسئله را پیدا می‌کند. نرم‌افزار ذکر شده در Optimization Toolbox Matlab قرار داده شده است. این نرم‌افزار الگوریتم‌های متفاوت برای مسائل با اندازه کوچک، متوسط و بزرگ دارد. مدل مسئله حاضر بر اساس ساختار مورد نیاز در این نرم‌افزار که به صورت برنامه‌ریزی کواراتیک است، بازنویسی شده و عوامل مورد نیاز این نرم‌افزار نیز استخراج شده است.

گام ششم: محاسبه تابع برازش[7]

پس از مشخص شدن مقدار بهینه تابع هدف مسئله کوادراتیک، هزینه‌های مربوط به تولید و درآمدهای ناشی از فروش در بازارهای انتخاب شده در دوره‌های مختلف مشخص می‌شود. حال با اضافه کردن هزینه‌های مربوط به انتخاب بازارهای هدف و همچنین هزینه‌های راه‌اندازی تولید در دوره‌هایی که در آنها تولید انجام می‌گیرد، به مقدار بهینه حاصل از برنامه‌ریزی کوادراتیک، مقدار تابع برازش این مسئله مشخص می‌شود. تابع برازش مدل پیشنهادی به صورت زیر است:

$$Fitness\ function = \sum_{j=1}^{m}\sum_{t=1}^{n} P_t^j R_t^j - \sum_{t=1}^{n} S_t y_t - \sum_{t=1}^{n} M_j z_j - \sum_{t=1}^{n} C_t Q_t - \sum_{t=1}^{n} h_t I_t \quad (16)$$

گام هفتم: انتخاب کروموزوم‌ها

پس از مشخص شدن مقدار تابع برازش کروموزوم‌ها، باید کروموزوم‌های برتر انتخاب شوند. در این راستا از روش انتخاب بر اساس چرخ رولت[8] استفاده شده است. ایده اصلی این روش این است که نخست کروموزوم‌های بهتر شانس انتخاب بیشتری دارند. دوم شانس انتخاب هر کروموزوم متناسب با میزان برازندگی آن کروموزوم است. با توجه به اینکه تابع برازش در این مسئله، هم می‌تواند مثبت و هم منفی باشد، بنابراین چرخه رولت در این ارتباط درست کار نمی‌کند. برای این حالت در این مسئله، از رتبه توابع برازش برای رتبه‌بندی و انتخاب کروموزوم‌ها استفاده شده است. به این ترتیب که بعد از محاسبه تابع برازش کروموزوم‌ها آنها را رتبه‌بندی می‌کنیم. سپس رتبه‌های مربوط به هر برازش را جمع و

Archive of SID

www.SID.ir

رتبه‌های تجمعی را محاسبه می‌کنیم. عددی تصادفی در فاصله صفر و مجموع رتبه‌ها، ایجاد می‌کنیم. عدد مربوط را با رتبه تجمعی مقایسه کرده و کروموزومی را که در فاصله مربوطه قرار گرفته را انتخاب می‌کنیم.

گام هشتم: انجام عملیات‌های ژنتیک روی کروموزوم‌ها برای ایجاد نسل جدید

عملیات ژنتیک، فرآیند انتقال موروثی ژن‌ها را برای ایجاد اولاد جدید در هر نسل تقلید می‌کنند. به شکل دو نوع عملیات در ژنتیک وجود دارد. این دو عملیات شامل ترکیب[9] و جهش[10] است. در ادامه این دو عملیات تشریح می‌شوند.

- **ترکیب کروموزوم‌ها**

عملیات ترکیب، یک یا چند نقطه از دو یا چند جواب را انتخاب و مقادیر آنها را تعویض می‌کند. روش‌های مختلفی برای ترکیب دو کروموزوم وجود دارد. در این پژوهش از روش دونقطه‌ای برای تقاطع کروموزوم‌ها و ترکیب آنها استفاده شده است. به این ترتیب که به طور تصادفی دو کروموزوم را از بین جمعیت موجود انتخاب می‌کنیم. سپس به طور تصادفی یک نقطه بین $0,T$ و یک نقطه بین $0,M$ انتخاب می‌کنیم. یک کروموزوم را از نقطه تصادفی اول و کروموزوم دوم را از نقطه تصادفی دوم می‌شکنیم. سپس قسمت‌های جدا شده هر کروموزوم با یکدیگر جا به جا می‌شوند که در نتیجه این جا به جایی دو کروموزوم جدید به وجود می‌آید. در این مسئله احتمال اینکه یک کروموزوم در عملیات ترکیب شرکت کند با عامل Pc مشخص شده است.

- **جهش کروموزوم‌ها**

عملیات جهش یک یا چند ژن از یک کروموزوم را انتخاب و مقادیر آنها را تغییر می‌دهد. در این مسئله احتمال اینکه یک کروموزوم در عملیات جهش شرکت کند، با عامل Pm مشخص شده است. ابتدا به طور تصادفی به تعداد Pm*Popsize کروموزوم از بین جمعیت موجود انتخاب می‌شود. در کروموزوم‌های انتخاب شده 25 درصد ژن‌های آن کروموزوم به طور تصادفی انتخاب می‌شوند. ژن‌های انتخاب شده در صورتی که مقدار آنها یک باشد، مقدار صفر و در صورتی که مقدار آنها صفر باشد، مقدار یک به خود می‌گیرند.

گام نهم: جایگزینی جمعیت اولیه با نسل جدید

پس از انجام عملیات‌های ترکیب و جهش و همچنین انتخاب کروموزوم‌های نخبه، کروموزوم‌های جدید حاصل از ترکیب و جهش و کروموزوم‌های نخبه جایگزین جمعیت اولیه شده و نسل جدید را به وجود می‌آورند و سایر عملیات‌های شرح داده شده نیز همانند نسل قبل برای نسل جدید نیز تکرار می‌شود. این تکرارها به همین صورت ادامه می‌یابد تا شرط توقف ارضا شود.

شرط توقف الگوریتم

در این پژوهش، معیار توقف، تعداد نسل‌های تکامل یافته در نظر گرفته شده است که تعداد آن 100 نسل است. به عبارت دیگر پس از ایجاد 100 نسل و انجام عملیات‌های مختلف ژنتیک در هر نسل الگوریتم به پایان می‌رسد.

حل یک مثال عددی با استفاده از الگوریتم پیشنهادی

فرض کنید تولیدکننده‌ای یک محصول خاص را تولید می‌کند. او با پنج بازار بالقوه رو به روست. هر یک از این بازارها تابع تقاضای خاصی دارد. عوامل مختلف بازارهای هدف در جدول زیر آمده است. او می‌خواهد با توجه به هزینه‌های تولیدی خود و هزینه‌های مربوط به انتخاب بازارهای هدف و همچنین درآمدهای مربوط به فروش محصول در دوره‌های مختلف، برآیند سود خود را در طول دوره‌های تولیدی حداکثر کند. این تولیدکننده با محدودیت ظرفیت تولید رو به روست. افق برنامه‌ریزی 12 ماه است. هدف تولیدکننده، مشخص کردن بازارهای هدف، قیمت محصول در هر بازار، میزان فروش محصول در هر دوره و در هر بازار، دوره‌هایی که باید در آنها تولید انجام بگیرد و همچنین میزان تولید در هر دوره است.

لازم به ذکر است که در این مثال، عوامل هزینه راه‌اندازی تولید (S_t)، هزینه نگهداری یک واحد محصول (h_t)، هزینه متغیر تولید یک واحد محصول (C_t)، ظرفیت تولید (O_t)، عامل شیب تابع تقاضای بازار (a_t^j) و عامل عرض از مبدا تابع تقاضای بازار (b_t^j) در همه دوره‌های زمانی برنامه‌ریزی یکسان در نظر گرفته شده‌اند (نسبت به تغییرات t). مقادیر داده‌های ورودی مسئله در جدول‌های (2) و (3) آورده شده‌اند.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول 2: عوامل بخش تولید مسئله نمونه

پارمتر	S_t	h_t	C_t	O_t	I_0
مقدار	3500	5	80	5000	2000

جدول 3: عوامل بخش بازار مسئله نمونه

پارامتر	بازار اول	بازار دوم	بازار سوم	بازار چهارم	بازار پنجم
M_j	100000	2000000	2000000	100000	2000000
N_j	4000	2000	3000	4000	3000
L_j	400	400	400	400	400
a_t^j	3	4	3	5	4
b_t^j	3000	2000	2500	3000	25000

نتایج حاصله از حل مدل:

- بازارهای انتخاب شده: ۳،۴
- دوره‌های تولیدی: ۱۱،۱۰،۹،۸،۷،۶،۴،۳،۲

جدول 4: میزان فروش در هر بازار در هر دوره (R_t^j)

دوره / بازار	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	736	679	723	723	669	679	679	723	679	723	723	669
4	925	915	959	959	905	915	915	959	915	959	959	946
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

جدول 5: میزان تولید (Q_t) و موجودی (I_t) در هر دوره

دوره	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
میزان تولید	0	0	1255	1682	3256	0	1594	1594	1682	1594	1682	3297	0
موجودی	2000	339	0	0	1574	0	0	0	0	0	0	1615	0

میزان سود به دست آمده = 1299275

برای بررسی روند تغییرات احتمالی جواب مدل پیشنهادی و میزان حساسیت آن به تغییرات عوامل اصلی، آنالیز حساسیت چندین عامل انجام پذیرفته و نتایج به شرح زیر به دست آمد (لازم به ذکر است به دلیل رعایت اختصار از ارائه جزئیات نتایج تحلیل حساسیت صرف نظر شده است):

- با افزایش عامل هزینه ایجاد پایانه‌های فروش و تسهیلات حمل و نقل یک بازار، جذابیت بازار کمتر شده و احتمال انتخاب بازار بسیار کاهش می‌یابد و بر عکس.
- با تغییر عامل هزینه راه‌اندازی تولید در یک دوره، میزان جذابیت آن دوره برای تولید نیز تغییر می‌کند. با بالا رفتن هزینه راه‌اندازی در برخی از موارد، به دلیل اقتصادی نبودن تولید، تولید در آن دوره انجام نمی‌گیرد.
- با تغییر عامل ظرفیت تولید، متغیرهای مدل از جمله انتخاب بازار، قیمت بازار، میزان فروش در هر بازار و

Archive of SID
www.SID.ir

همچنین میزان تولید در دوره‌های مختلف نیز تغییر می‌کند.

- با تغییر تابع تقاضای یک بازار، مطلوبیت آن بازار تغییر می‌کند. به عبارت دیگر با حرکت تابع تقاضا به سمت بالا، میزان مطلوبیت آن بازار افزایش و احتمال انتخاب آن بازار افزایش می‌یابد.

همچنین لازم به ذکر است که برای ارزیابی عددی روش حل پیشنهادی، مسائل مختلفی به طور تصادفی با ابعاد مختلف تولید شده است. در این رابطه و با توجه به دو بعد اندازه بازار و میزان دسترسی منابع، شش گروه از مسائل طراحی شده است.

برای مسائل با ابعاد کوچک که قابل حل با نرم‌افزارهای بهینه‌سازی موجود نیز هستند، حل آنها توسط نرم‌افزار بهینه‌سازی GAMS و همچنین الگوریتم پیشنهادی انجام شده و مقایسه نتایج حاصله، نشان می‌دهد که الگوریتم پیشنهادی در بسیاری از موارد جواب بهینه و در پاره‌ای از موارد جواب‌های بسیار نزدیک به بهینه ارائه می‌دهد. همچنین سایر کلاس‌های مسائل، توسط این الگوریتم در زمان معقول و مناسبی حل شده‌اند.

همه این نتایج به تفصیل در متن پایان‌نامه کارشناسی ارشد نویسنده دوم مقاله آورده شده است و در اینجا به دلیل رعایت در اختصار مطالب از بیان آنها صرف‌نظر می‌شود.

جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

در این مقاله با تمرکز بر یکپارچه‌سازی تصمیمات دو بخش بازاریابی و تولید، سعی شد تا یک رویکرد تصمیم‌گیری همزمان، در زمینه تصمیم‌گیری انتخاب بازارهای هدف، تصمیم‌گیری در ارتباط با میزان فروش در هر بازار و تصمیم‌گیری در ارتباط با برنامه انباشته تولید ارائه شود. بنابراین با مرور مدل‌های موجود در ارتباط با اندازه انباشته تولید، همچنین مدل‌های موجود در تصمیم‌گیری همزمان قیمت‌گذاری- برنامه‌ریزی تولید و مدل‌های تصمیم‌گیری همزمان انتخاب بازار - برنامه‌ریزی تولید، یک مدل تصمیم‌گیری همزمان جامع در زمینه مدیریت تقاضا و برنامه‌ریزی تولید ارائه شد. در این مدل، از هر دو اهرم قیمت‌گذاری و انتخاب بازار برای مدیریت تقاضا استفاده می‌شود. مهم‌ترین ایده‌هایی که در زمینه توسعه مدل جدید ارائه شد، این است که برای انتخاب هر بازار، یک هزینه اولیه به عنوان هزینه سرمایه‌گذاری در جهت ایجاد پایانه‌های فروش و تسهیلات حمل و نقل در نظر گرفته می‌شود که این هزینه روی جذابیت یک بازار تأثیر زیادی دارد.

با توجه به این نکته که در هر بازار انتخابی، هزینه اولیه‌ای برای سرمایه‌گذاری صرف شده است، بنابراین این فرض نیز در مدل مورد توجه قرار گرفت که در صورت انتخاب یک بازار، حداقل تقاضای آن بازار باید در هر دوره برآورده شود.

از آنجایی‌که مدل ارائه شده، از دسته مسائل NP-hard است، یک الگوریتم ابتکاری ترکیبی برای حل این مدل ارائه شد. در انتها برای بررسی کاربرد این مدل یک مثال کاربردی ارائه و تحلیل شد. نتایج این مثال نشان می‌دهد که میزان سرمایه‌گذاری در جهت تأسیس تسهیلات حمل و نقل و پایانه‌های فروش برای بازارهای مختلف تأثیر زیادی در انتخاب یک بازار دارد.

مراجع

1- Geunes, J., Romeijn, H. E. and Taaffe, K. (2002). "Models for integrated production planning and order selection." *Industrial Engineering Research Conference (IERC).* Orlando.

2- Geunes, J. (2008). "Integrated market selection and production planning: complexity and solution approaches." *Joint Seminar with Operations Research*, Daniels Hall.

3- Eliashberg, J., and Steinberg, R. (1991). "Marketing-production joint decision-making." In *Management Science in Marketing, Handbooks in Operations Research and Management Science*, 827–880. Amsterdam: North-Holland.

4- Yano, C. A., and Gilbert, S. M. (2003). "Coordinated pricing and production/procurement decisions: A review.Managing business interfaces: Marketing, engineering and manufacturing perspectives." *Managing business interfaces: Marketing, engineering and manufacturing perspectives*, 65–103.

Archive of SID

www.SID.ir

5- Thomas, L. J. (1970). "Price-production decisions with deterministic demand." *Management Science,* 16(11), 747–750.

6- Thomas, L. J. (1974). "Price-production decisions with random demand." *Operations Research,* 22(3), 513–518.

7- Gilbert, S. M. (2000). "Coordination of pricing and multiple-period production across multiple constant priced goods." *Management Science,* 46 (12), 1602-1616.

8- Swann, J. L., (2001). *Dynamic pricing models to improve supply chain performance.* Evanston: Department of Industrial Engineering and Management Sciences, Northwestern University.

9- Zhao, W., and Wang, Y. (2002). "Coordination of joint pricing-production decisions in a supply chain." *IIE Transactions (Institute of Industrial Engineers,* 34 (8),701-715.

10-Chan, W.M., Ibrahim, R.N. and Lochert, P.B. "A new EPQ model: Integrating lower pricing, rework and reject situations." *Production Planning and Control,* 14 (7), 588-595.

11-Parlar, M., and Weng. Z.K. (2005). "Coordinating pricing and production decisions in the presence of price competition." *European Journal of Operational Research,* 170 (1), 211-227.

12-Chen, J., and Chen. L. (2005). "Periodic pricing and replenishment policy for continuously decaying inventory with multivariate demand." *Applied Mathematical Modeling,* 31,1819–1828.

13-Wang, Y. (2006)." Joint pricing-production decisions in supply chains of complementary products with uncertain demand." *Operations Research,* 54 (6), 1110-1127.

14-Chan, L.M.A., Simchi-Levi, D. and Swann, J. (2006). "Pricing, production, and inventory policies for manufacturing with stochastic demand and discretionary sales." *Manufacturing and Service Operations Management,* 8 (2), 149-168.

15-Deng, S., and Yano, C.A. (2006). "Joint production and pricing decisions with setup costs and capacity constraints." *Management Science,* 52 (5), 741-756.

16-Pekgun, P., Paul, M. G. and Keskinocak, P. (2007). *Coordination of Marketing and Production for Price and Lead-time Decisions.* Atlanta: Georgia Institute of Technology.

17-Nahapetyan, A.G., and Pardalos, P.M. (2008)." A bilinear reduction based algorithm for solving capacitated multi-item dynamic pricing problems. " *Computers and Operations Research,* 35 (5), 1601-1612.

18-Ashayeri, J., and Selen, W. J. (2001). "Order selection optimization in hybrid make-toorder and make-to-stock markets." *The Journal of The Operational Research Society,* 52 (10), 1098-1106.

19-Karimi, B. and Fatemi Ghomi, S. M. T. (2003). "A new metaheuristic method for multi-product single stage dynamic lot-sizing with capacity constraint." *Journal of Industrial Engineering,* 36 (3).

20-Geunes, J., Shen, Z.-J. and Romeijn, H.E. (2004). "Economic ordering decisions with market choice flexibility." *Naval Research Logistics,* 51 (1), 117- 136.

21-Rabbani, M., Razmi, J., Rezaei, K. and Karbasian, S. (2004). "A decision support system for planning, evaluating and selecting suppliers." *Journal of Industrial Engineering,* 38 (5).

22-Geunes, J., Romeijn, H.E. and Taaffe. K. (2006). "Requirements planning with pricing and order selection flexibility." *Operations Research,* 54 (2), 394- 401.

23-Merzifonluoglu, Y., and Geunes, J. (2004). "Requirements planning with order selection and demand timing flexibility." *IIE Annual Conference and Exhibition,* 1563- 1568.

24-Taaffe, K., Geunes, J. and Romeijn, H.E. (2008). "Target market selection and marketing effort under

Archive of SID

www.SID.ir

uncertainty: The selective newsvendor." *European Journal of Operational Research,* 189, 987–1003.

25-Bakal, I.S., Geunes, J. and Romeijn, H.E. (2007). " 2008. market selection decisions for inventory models with price-sensitive demand." *Journal of Global Optimization,* 41, 633-657.

26-Bitran, G.R., and Yanasse, H.H. (1982). "Computational complexity of the capacitated lot size problem." *Management Science,* 28, 1174–1186.

27-Goldfarb, D., and Idnani, A. (1982). "Dual and primal-dual methods for solving strictly convex quadratic programs." *Lecture Notes in Mathematics,* 909, 226-239.

واژه های انگلیسی به ترتیب استفاده در متن

1- Pricing
2- Market Selection Problem
3- Market Segmentation
4- Production Lot Sizing
5- Karush–Kuhn–Tucker
6- Active Set
7- Fitness Function
8- Roulette Wheel Selection
9- Crossover
10-Mutation

Archive of SID