

ساختار پشتیبان تصمیم برای رد یا پذیرش سفارش‌ها در محیط‌های ترکیبی MTS/MTO با در نظر گرفتن نقش تأمین‌کنندگان

مسعود ربانی^{۱*}، حامد وفآرانی^۲، حامد رفیعی^۳

^۱ استاد دانشکده مهندسی صنایع - پردیس دانشکده‌های فنی - دانشگاه تهران

^۲ دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی صنایع - پردیس دانشکده‌های فنی - دانشگاه تهران

^۳ دانشجوی دکتری مهندسی صنایع - پردیس دانشکده‌های فنی - دانشگاه تهران

(تاریخ دریافت ۹۱/۱۰/۳۰، تاریخ دریافت روایت اصلاح‌شده ۹۲/۴/۲۹، تاریخ تصویب ۹۲/۷/۶)

چکیده

مقاله حاضر یک ساختار پشتیبان تصمیم را برای در پیش گرفتن سیاست رد یا پذیرش سفارش محصولات سفارش مبنا و انبارمبنا - سفارش مبنا ارائه می‌دهد. بدین منظور، ابتدا سفارش‌های قابل مذاکره و غیر قابل مذاکره از یکدیگر تفکیک می‌شوند. در مدل ارائه‌شده، تأمین‌کنندگان برای محصولات سفارش مبنا و برای محصولات انبار مبنا - سفارش مبنا تا قبل از نقطه نفوذ سفارش با استفاده از روش تحلیل شبکه‌ای و سفارش‌های دریافتی نیز با استفاده از تکنیک TOPSIS فازی اولویت‌بندی می‌شوند. بر اساس اولویت‌های به دست آمده، سفارش‌ها به تأمین‌کنندگان تخصیص داده می‌شوند. از سوی دیگر، سطح موجودی نیمه ساخته محصولات ترکیبی پس از نقطه نفوذ سفارش بررسی می‌شود و در صورت نیاز، از تأمین‌کننده دیگری نیز استفاده خواهد شد. برای تکمیل سفارش‌های مرتبط با محصولات ترکیبی، امکان‌پذیری تولید با استفاده از بررسی سرانگشتی ظرفیت و زمان مورد نیاز تولید ارزیابی می‌شود که بر اساس آن، نتیجه پذیرش یا رد سفارش اتخاذ می‌شود. همچنین، در شرایطی امکان مذاکره روی قیمت، زمان تحویل یا هر دو وجود دارد. برای انجام مذاکره، یک مدل دودویی غیرخطی مختلط توسعه داده شده است تا با استفاده از آن، زوج مرتب‌هایی از قیمت و زمان‌های تحویل حاصل شود. در نهایت نتایج عددی پیاده‌سازی مدل پیشنهادی ارائه شده است.

واژه‌های کلیدی: سیاست رد یا پذیرش سفارش‌ها، محصولات ترکیبی انبارمبنا - سفارش مبنا، فرآیند تحلیل شبکه‌ای،

فازی TOPSIS

مقدمه

سفارش مشتری تولید می‌شوند، سپس همچون سیستم *MTO* بر اساس سفارش مشتری محصولات تکمیل می‌شوند که به این حالت، تفکیک تأخیری^۳ گفته می‌شود [۳]. ویژگی‌های سیستم‌های تولیدی ترکیبی *MTS/MTO* که باعث استفاده از این سیستم‌ها در سازمان‌های تولیدی شده است، عبارتند از: زمان تحویل کم، موجودی کمتر، استفاده از فواید تفکیک‌پذیری تأخیری. به نقطه‌ای که دو مرحله سیستم‌های تولیدی ترکیبی را از هم تفکیک می‌کند، نقطه نفوذ سفارش^۴ گفته می‌شود [۴].

نگاهی که به تازگی متوجه سیستم‌های تولیدی ترکیبی است، برنامه‌ریزی تولید سلسله مراتبی^۵ است. در این راستا و در زمینه سیستم‌های تولید ترکیبی، نخستین بار سومن و همکاران در سال ۲۰۰۴ یک ساختار برنامه‌ریزی سلسله مراتبی سه سطحی را با دو نوع محصول *MTS* و *MTO* معرفی کرد که شامل سطوح

امروزه سیستم‌های تولیدی به شکل‌های متفاوتی برنامه‌ریزی می‌شوند. از جمله سیستم‌های تولیدی رایج، سیستم‌های سفارش مبنا^۱ و انبار مبنا^۲ هستند. در سیستم‌های تولیدی سفارش مبنا، محصولات به طور کامل و از ابتدا، بر اساس سفارش مشتری تولید می‌شوند، اما در سیستم‌های تولیدی انبار مبنا، تولید بر اساس پیش‌بینی تقاضا و موجودی انبار انجام می‌شود. ویژگی‌های سیستم‌های تولیدی *MTO*، زمان تحویل طولانی، هزینه نگهداری پایین و انعطاف‌پذیری بیشتر تولید است؛ از سوی دیگر، ویژگی‌های سیستم‌های تولیدی *MTS*، زمان تحویل کوتاه، هزینه نگهداری زیاد و انعطاف‌پذیری کم در تولید است [۱] و [۲]. برای استفاده از منافع هر یک از این سیستم‌ها و جلوگیری از معایب آن‌ها، از سیستم‌های تولیدی ترکیبی *MTS/MTO* استفاده می‌شود. در این‌گونه سیستم‌ها، ابتدا محصولات به شکل *MTS* و بدون توجه به

تحویل و قیمت، محاسبه شده و سفارش پذیرفته خواهد شد؛ اما اگر ظرفیت کافی نباشد، راه حل‌هایی برای ارتقای ظرفیت پیشنهاد می‌شوند. در صورت سودآور نبودن این راه حل‌ها سفارش رد می‌شود، در غیر این صورت باز هم مدل ریاضی اجرا شده و قیمت و زمان تحویل محاسبه و سفارش پذیرفته می‌شود. در سفارشات قابل مذاکره، در صورت نبود توجیه‌پذیری زمانی و سودآور نبودن راه حل‌های رفع کمبود ظرفیت، سفارش‌ها به طور مستقیم رد نمی‌شوند، بلکه در این‌گونه موارد می‌توان بر سر قیمت، زمان تحویل و یا هر دو، با مشتری مذاکره کرد. در نهایت، پس از محاسبه قیمت و زمان تحویل، به تأیید و موافقت مشتری با قیمت و زمان تحویل نهایی، نیاز است که در صورت موافقت سفارش پذیرفته و در غیر این صورت سفارش رد خواهد شد. در این راستا، بخش بعدی به مرور ادبیات مسئله تعیین سیاست رد/پذیرش در حوزه برنامه‌ریزی تولید سیستم‌های ترکیبی می‌پردازد. مدل پیشنهادی در بخش سوم به تفصیل تشریح داده شده است. سپس نتایج عددی حاصل از آزمودن مدل پیشنهادی در بخش چهارم ارائه شده‌اند. در نهایت، بخش پنجم شامل نتیجه‌گیری و ارائه پیشنهادات برای تحقیقات می‌شود می‌شود.

۲. مرور ادبیات

بیشتر پژوهش‌ها در زمینه سیاست رد یا پذیرش سفارش‌های دریافتی، در محیط تولیدی خالص *MTO* انجام شده‌اند. این موضوع برای محصولات *MTS* جای بحث ندارد، چون تولید آن‌ها بر اساس پیش‌بینی تقاضا است. هندری و کینگزمن در سال ۱۹۸۹ روی گام ورودی سفارش در برنامه‌ریزی تولید در محیط *MTO*، در صورتی که زمان تحویل برای مدیریت بحرانی باشد، بحث کردند. محدودیت ظرفیت، تأثیر زیادی روی سیاست رد یا پذیرش سفارش‌ها دارد [۶]. سریده‌اران (۱۹۹۸) انتخاب‌های گوناگونی ارائه کرد که شرکت‌ها می‌توانند برای تخصیص ظرفیت و مدیریت تقاضا از آن‌ها استفاده کنند. وی همچنین سهمیه‌بندی ظرفیت، سفارش محتمل، قرارداد فرعی و همچنین مکانیزم‌هایی برای بهبود همکاری بین بخش بازاریابی و تولید، در وضعیت‌هایی که مجموع تقاضاها از ظرفیت موجود بیشتر است، ارائه داد [۷]. بالا کریشنان و همکاران (۱۹۹۶)، یک مدل سهمیه‌بندی برای تخصیص

تصمیم‌گیری استراتژیک، تاکتیکی و عملیاتی است. سطح اول شامل تشکیل خانواده محصولات، تعیین سیستم تولیدی هر یک از محصولات و تعیین مکان *OPP* است. سطح دوم این ساختار شامل سیاست رد یا پذیرش سفارش‌ها، تعیین زمان تحویل و قیمت محصول، تعیین اندازه انباشته یا میزان تولید محصولات *MTS* و تخصیص ظرفیت می‌شود و در نهایت، سطح سوم *HPP* یا سطح عملیاتی شامل تعیین توالی و زمان‌بندی تولید در سطح کارگاهی است [۵].

مدل پیشنهاد شده برای تعیین سیاست رد یا پذیرش سفارش‌های جدید ارائه شده است. این تصمیم یکی از تصمیمات اصلی سطح دوم *HPP* است. آنچه که مدل پیشنهادی را نسبت به ادبیات موضوع متمایز می‌کند، در نظر گرفتن نقش و تأثیر تأمین‌کنندگان در سیاست رد یا پذیرش سفارش‌ها است. سیاست رد یا پذیرش سفارش، فقط برای محصولات *MTO* و *MTS/MTO* اعمال می‌شود و چون محصولات *MTS* بر اساس سفارش مشتری تولید نمی‌شوند، نیاز به در پیش گرفتن چنین سیاستی ندارند. در مدل پیشنهادی، ابتدا سفارش‌های قابل مذاکره و غیرقابل مذاکره از یکدیگر تفکیک می‌شوند. سپس هر یک از آن‌ها به محصولات *MTO* و *MTS/MTO* تقسیم می‌شوند. سپس برای محصولات *MTO* اولویت‌بندی تأمین‌کنندگان و برای محصولات *MTS/MTO* انتخاب تأمین‌کنندگان انجام می‌شود. پس از انتخاب تأمین‌کنندگان برای محصولات *MTS/MTO* موجودی کالای نیمه ساخته^۶ قبل از *OPP* برای این محصولات ارزیابی می‌شود. در صورت کافی نبودن سفارش رد می‌شود؛ در غیر این صورت بررسی می‌شود که آیا محصول بعد از *OPP* و در نظر گرفتن سفارش مشتری، نیازی به تأمین‌کننده جدید وجود دارد یا خیر. اگر نیازی به تأمین‌کننده جدید نباشد، ارزیابی زمانی انجام می‌شود. اما اگر نیاز به تأمین‌کننده جدید باشد، محصول همچون محصولات *MTO* وارد مرحله تخصیص سفارش به تأمین‌کنندگان می‌شود. تخصیص سفارش به تأمین‌کنندگان با توجه به اولویت‌بندی تأمین‌کنندگان و اولویت‌بندی مشتریان در مراحل قبل انجام می‌شود. در سفارشات غیرقابل مذاکره، در صورت نبود توجیه‌پذیری زمانی، سفارش رد می‌شود؛ در غیر این صورت، ظرفیت سرانگشتی^۷ محاسبه می‌شود. در صورتی که این ظرفیت کافی باشد، مدل برنامه‌ریزی ریاضی اجرا شده و زمان

نامطلوب رد می‌شوند. در گام بعد قیمت و زمان تحویل با اجرای یک مدل برنامه‌ریزی ریاضی محاسبه می‌شوند، اگر قیمت و زمان تحویل توسط مشتری پذیرفته شد، یک مدل برنامه‌ریزی ریاضی دیگر برای انتخاب تأمین‌کننده و پیمانکار فرعی اجرا می‌شود [۱۵].

پژوهش‌های عنوان شده روی محیط‌های خالص تمرکز دارند. حال به پژوهش‌هایی که در محیط ترکیبی *MTS/MTO* انجام شده‌اند و سیاست رد یا پذیرش سفارش‌ها را ارائه کرده‌اند، می‌پردازیم. سومن و همکاران (۲۰۰۷) یک مسئله تعیین اندازه انباشته اقتصادی را در یک محیط ترکیبی شامل محصولات *MTS*، *MTO* و *MTS/MTO* ارائه کردند [۱۶]. راجاگوپالان (۲۰۰۲) یک مدل برنامه‌ریزی غیرخطی عددصحیح با محدودیت سطح سرویس برای تفکیک محصولات *MTS/MTO* ارائه کرد و یک راه حل تجربی برای حل آن پیشنهاد داد [۱۷]. کلانتری و همکاران (۲۰۱۰) یک ساختار تصمیم‌گیری در محیط ترکیبی شامل محصولات *MTS*، *MTO* و *MTS/MTO* ارائه کردند. این مدل شامل پنج گام است. در گام اول، مشتریان اولویت‌بندی می‌شوند. در گام دوم، ظرفیت و موجودی سرانگشتی ارزیابی می‌شوند؛ در صورت کفایت، یک مدل برنامه‌ریزی ریاضی برای محاسبه قیمت و زمان تحویل اجرا می‌شود. در گام چهارم، شرکت و مشتری بر سر قیمت و زمان تحویل مذاکره می‌کنند و در گام پنجم، اگر مشتری قیمت و زمان تحویل را بپذیرد، سفارش پذیرفته شده و در غیر این صورت رد می‌شود [۱۸]. چارچوب ارائه‌شده توسط رفیعی و ربانی (۲۰۱۲) همه تصمیمات سطح دوم برنامه‌ریزی تولید سلسله مراتبی را پوشش می‌دهد. این مدل شامل تعیین سیاست رد یا پذیرش سفارش، تنظیم تاریخ تحویل سفارش، تعیین اندازه انباشته محصولات *MTS* و تخصیص ظرفیت به هر یک از انواع محصولات است. در این مدل، تخصیص ظرفیت بدون محدودیت‌های ریاضی زیاد ارائه شده و نتایج چارچوب حاصله در یک مورد واقعی، مورد بررسی قرار گرفته است [۱۹].

در پژوهش‌های گذشته در محیط‌های تولید ترکیبی *MTS/MTO* نقش تأمین‌کنندگان و سیاست انتخاب تأمین‌کنندگان در نظر گرفته نشده است. اما پژوهش‌هایی به طور مستقل برای انتخاب و ارزیابی تأمین‌کنندگان و تخصیص سفارش به تأمین‌کنندگان انجام شده است. در

ظرفیت برای دو کلاس محصولات ارائه کرد. در این مدل درصدی از ظرفیت برای سفارش‌های اولویت بالای آینده رزرو می‌شد، بنابراین حتی در صورت وجود ظرفیت کافی ممکن بود برخی سفارش‌های اولویت پایین رد شوند [۸]. کورتی و همکاران (۲۰۰۶) یک ساختار تصمیم‌گیری برای ارزیابی برآوردن تاریخ تحویل، که توسط مشتری تعیین شده‌اند، ارائه کرد. این مدل مجموع ظرفیت‌های مورد نیاز برای سفارش‌های بالقوه و کنونی پذیرفته شده را با سطح ظرفیت واقعی موجود مقایسه می‌کند [۹].

برخی پژوهش‌ها بر اساس کنترل ورودی و خروجی، سیاست رد یا پذیرش سفارش‌ها را ارائه کرده‌اند. هندری و کینگزمن (۱۹۹۳) یک مدل برای رد یا پذیرش سفارش بر اساس کنترل ورودی و خروجی ارائه کردند. چون زمان تحویل و زمان تولید بستگی به پس‌افت مجموع^۱ و پس‌افت برنامه‌ریزی شده^۹ دارند، بنابراین یک مقدار اولیه برای *PB* و *TB* تعریف می‌شوند. اگر سفارش‌های دریافتی بیش از این مقادیر باشند، یا ظرفیت افزایش داده می‌شود و یا سفارش رد می‌شود [۱۰].

دو ویژگی مهم که می‌توان بر اساس آن‌ها سفارش‌ها را رد کرد یا پذیرفت، قیمت و زمان تحویل است. ایستون و مودی (۱۹۹۹) یک روش ایستا و تک منبعی با جریمه دیرکرد، برای بهینه‌سازی قیمت و زمان تحویل سفارش‌ها در محیط *MTO* با سفارش‌های تصادفی ارائه کردند [۱۱]. عشایری و سلن (۲۰۰۱) یک متدولوژی برای بهبود همکاری بین بخش‌های بازاریابی و تولید برای انتخاب سفارش‌های بهینه، برای حداکثرکردن سود ارائه کردند. آن‌ها مدل خود را روی یک مورد با محیط ترکیبی *MTS/MTO* اعمال کردند [۱۲]. اسلاتنیک و مورتون (۲۰۰۷)، یک مدل با ظرفیت محدود و جریمه دیرکرد ارائه کردند [۱۳]. روجرز و ناندی (۲۰۰۷) سیستم کنترل ورودی با جریمه دیرکرد سنگین، در محیط *MTO* و با ظرفیت ثابت ارائه کردند. این مدل، ابتدا سفارش‌ها را انتخاب و در صف قبل از ورود به کارگاه تولیدی، نگهداری می‌کرد. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که این روش تاریخ تحویل را بهبود نمی‌بخشد، بلکه باید تعدادی از سفارش‌ها را رد کنند [۱۴]. عبادیان و همکاران (۲۰۰۸) یک ساختار تصمیم‌گیری در محیط *MTO* برای انتخاب سفارش‌ها، برای حداکثر کردن سود و سهم بازار شرکت ارائه کردند. این ساختار پنج گام دارد. در دو گام اول، برخی سفارش‌های

است که پس از آن هر یک از آن‌ها به سفارشات *MTO* خالص و *MTS/MTO* ترکیبی تقسیم می‌شوند. تفاوت سفارشات *MTO* و *MTS/MTO* در ادامه مدل این است که در سفارشات قابل مذاکره، این امکان وجود دارد که بر سر تغییر زمان تحویل مشخص شده توسط مشتری و قیمت سفارشات، مذاکره انجام شود و قابل تغییر خواهد بود. این تغییرات به دلیل عدم توجه‌ناپذیری در دو مرحله ارزیابی زمانی و ارزیابی افزایش ظرفیت خواهد بود.

۳-۱. سفارش‌های غیر قابل مذاکره

۳-۱-۱. انتخاب تأمین‌کنندگان برای محصولات *MTO* و محصولات ترکیبی *MTS/MTO* با روش *ANP*

نقش تأمین‌کنندگان در رضایت مشتریان، برنامه‌ریزی صحیح تولید و زمان‌بندی صحیح تولید محصولات انکارناپذیر است. همان طور که در شکل (۱) نشان داده شده است، در محصولات *MTS/MTO* به این دلیل که تا قبل از نقطه نفوذ سفارش *OPP*، سفارش مشتریان اهمیتی ندارد و مانند محصولات *MTS* با آن‌ها رفتار می‌شود و در واقع تا قبل از *OPP*، نیازی به اولویت‌بندی تأمین‌کنندگان نیست و فقط انتخاب بهترین تأمین‌کنندگان کافی است. این در حالی است که برای محصولات *MTO* باید تأمین‌کنندگان اولویت‌بندی شوند و بر اساس اولویت‌بندی مشتریان با سفارشات، سفارشات به تأمین‌کنندگان تخصیص داده شوند. برای انتخاب تأمین‌کنندگان برای محصولات *MTS/MTO* و اولویت‌بندی تأمین‌کنندگان برای محصولات *MTO*، از روش *ANP* استفاده شده است. در این روش، باید تعدادی از معیارهای مورد نیاز تأمین‌کنندگان را در نظر گرفته و بر اساس آن‌ها تأمین‌کنندگان با هم مقایسه شوند.

دلیل استفاده از *ANP*، ویژگی مدل‌سازی وابستگی‌ها و ارتباطات میان معیارها است که در یک چارچوب به نسبت ساده‌تر، در مقایسه با روش‌های دارای چنین قابلیت‌هایی پیاده‌سازی می‌شوند. بدین ترتیب، آثار واقعی معیارها بر یکدیگر در مدل‌سازی و محاسبات در نظر گرفته می‌شوند و آن‌ها مستقل در نظر گرفته نمی‌شوند که این به واقعیت نزدیک‌تر است.

این راستا، اردم و گوسن (۲۰۱۲) یک ساختار تصمیم‌گیری براساس *AHP* برای ارزیابی تأمین‌کنندگان و یک مدل برنامه‌ریزی آرمانی برای تخصیص سفارش به تأمین‌کنندگان با در نظر گرفتن معیارهای کمی و کیفی ارائه کرده‌اند [۲۰]. گنجر و گورپینار (۲۰۰۷) یک مدل فرآیند تحلیل شبکه‌ای^۱ را برای انتخاب تأمین‌کنندگان ارائه کرده‌اند [۲۱]. مدل ارائه‌شده در این مقاله با توجه به نکات عنوان شده مبنی بر تعداد کم پژوهش‌ها در محیط‌های ترکیبی *MTS/MTO* و همچنین نبود توجه به نقش تأمین‌کنندگان در سیاست رد یا پذیرش سفارش‌ها، این موارد را به طور همزمان مورد توجه قرار داده است. این مدل بر اساس مدل ارائه‌شده توسط رفیعی و ربانی (۲۰۱۲) ارائه شده است.

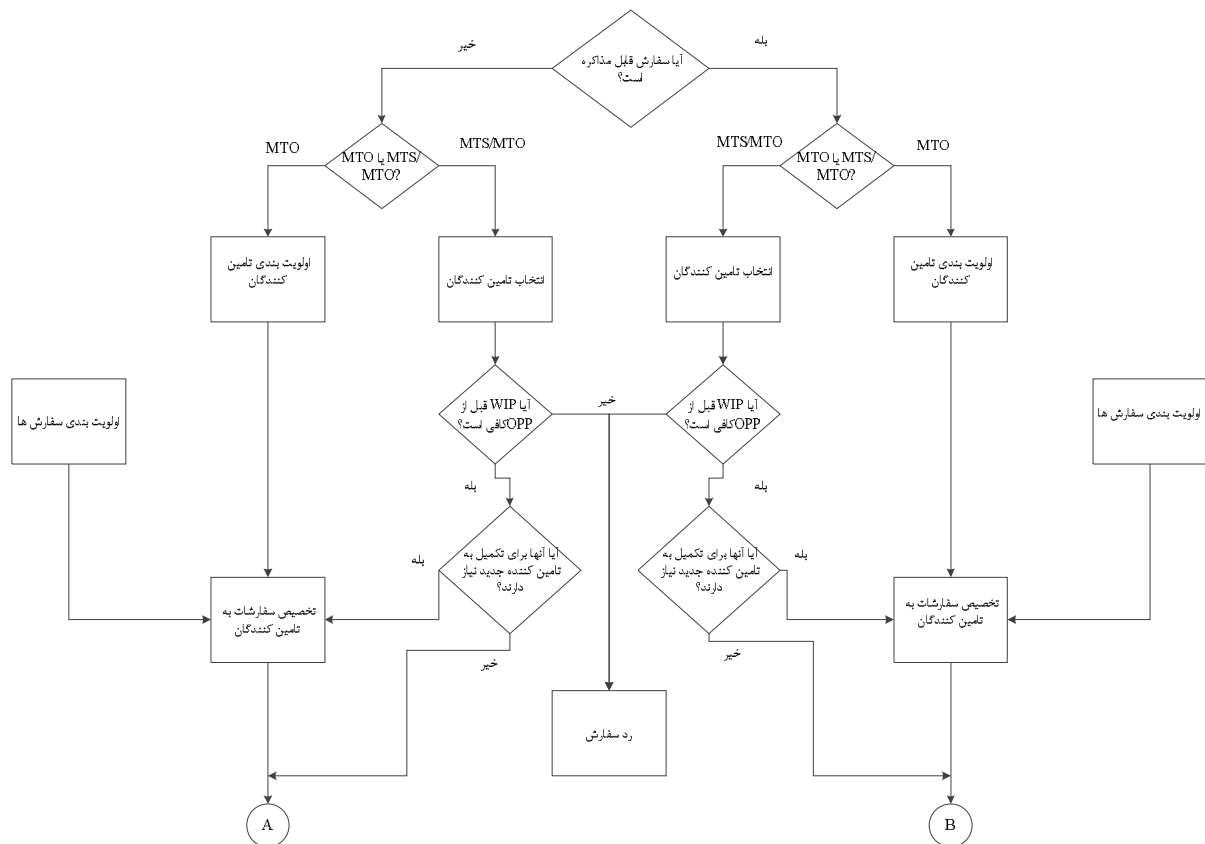
۳. مدل پیشنهادی

مدل پیشنهادی در این مقاله، روی یک ساختار تصمیم‌گیری برای رد یا پذیرش سفارشات دریافتی تمرکز دارد. مدل پیشنهادی در فضای تولیدی ترکیبی ارائه شده است، که شامل محصولات *MTO*، *MTS*، *MTO*، *MTS/MTO* ترکیبی است. اما چون محصولات *MTS* بر اساس سفارشات مشتری تولید نمی‌شوند و بلافاصله بعد از سفارش محصول تحویل داده می‌شوند، نیازی به این ساختار ندارند. بنابراین در مدل پیشنهادی سفارشات *MTO* و *MTS/MTO* ترکیبی مورد توجه قرار گرفته است. این مدل، در سطح دوم برنامه‌ریزی تولید سلسله مراتبی ارائه شده است. با توجه به خروجی‌های سطح اول سلسله‌مراتب مربوطه، ورودی‌های این مدل شامل تفکیک سفارش و نقطه نفوذ سفارش مشتری برای هر یک از خانواده محصولات^۲ که در سطح کارگاه قابلیت تولید آن‌ها وجود دارد، است. تفکیک سفارش به این معنا است که کدام محصول با کدام سیستم تولیدی تولید شوند و نقطه نفوذ سفارش در محصولات تولید ترکیبی *MTS/MTO*، نقطه‌ای است که از آن به بعد محصول بر اساس سفارش مشتری تولید خواهد شد. همچنین خروجی‌های مدل پیشنهادی پذیرش یا رد سفارشات دریافتی است.

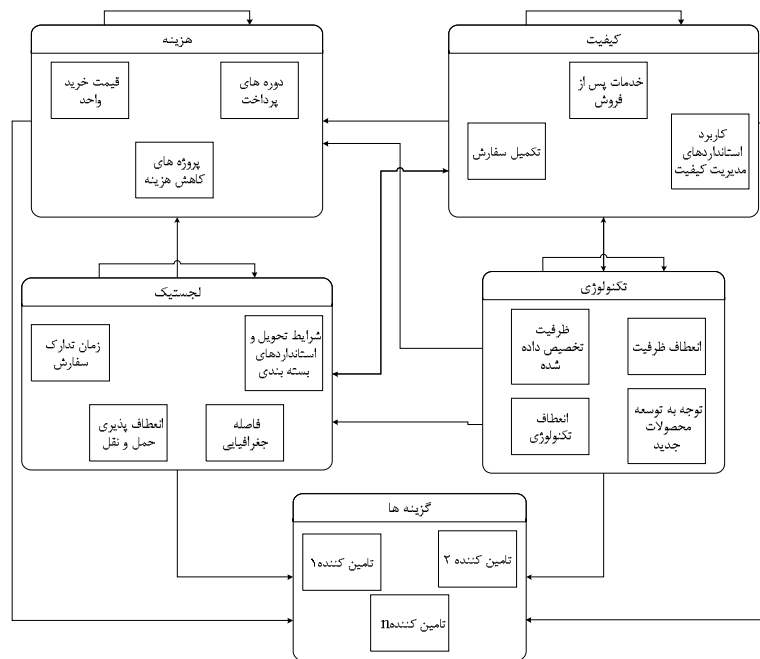
همان طور که در شکل (۱) نشان داده شده است، سفارشات در این مدل به دو دسته قابل مذاکره و غیرقابل مذاکره تقسیم شده‌اند. این تقسیم‌بندی، اولین گام مدل

جدول ۱: خوشه‌ها و معیارهای اولویت‌بندی تأمین‌کنندگان [۲۰]

خوشه	معیار	نماد	توضیح
هزینه (C)	قیمت خرید واحد	C ₁	قیمت واحد هر یک از مواردی که تأمین‌کننده به شرکت می‌دهد، به اضافه هزینه انتقال.
	دوره‌های پرداخت	C ₂	به وضعیت مالی تأمین‌کننده بستگی دارد، مثلاً بعضی تأمین‌کنندگان ممکن است پیش پرداخت بخواهند که باعث جذابیت کمتر برای شرکت‌ها می‌شوند.
	پروژه‌های کاهش هزینه‌ها	C ₃	به سیستم‌های تخفیف تأمین‌کننده برمی‌گردد. هر چه این طرح‌ها بیشتر باشد جذاب‌تر است.
کیفیت (Q)	تکمیل سفارش	Q ₁	سطح موارد ناقصی که به شرکت می‌رسد و به صورت تعداد در میلیون اندازه‌گیری می‌شود.
	خدمات پس از فروش	Q ₂	به مسئولیت شرکت‌های تأمین‌کننده در قبال محصول فروخته شده بر می‌گردد.
	کاربرد استانداردهای مدیریت کیفیت	Q ₃	بر اساس موجودیت یک دپارتمان کیفیت، مستندسازی سیستم‌های کیفیت و توجه مدیریت به کیفیت ارزیابی می‌شوند و با توجه به استانداردهای ISO بررسی می‌شوند.
	زمان تدارک سفارش‌ها	L ₁	زمان مورد نیاز از زمان دریافت سفارش تا رسیدن محصول به دست مشتری.
لجستیک (L)	استانداردهای بسته بندی و ویژگی‌های تحویل	L ₂	
	انعطاف حمل و نقل	L ₃	توانایی تأمین‌کننده در حمل و نقل مقادیر مختلف سفارش.
	فاصله ی جغرافیایی	L ₄	باعث فواید مالی و کاهش زمان از دست رفته در موارد تغییر در برنامه‌ریزی تولید می‌شود.
	ظرفیت تخصیص داده شده	T ₁	به عنوان قسمتی از ظرفیت تولید تأمین‌کننده که به شرکت اختصاص یافته است، تعریف می‌شود. هر چه این مقدار بیشتر باشد، بهتر است.
تکنولوژی (T)	انعطاف ظرفیت	T ₂	توانایی تأمین‌کننده در افزایش ظرفیت در موارد افزایش نرخ تقاضا.
	انعطاف تکنولوژی	T ₃	توانایی در تغییر تکنولوژی و تطابق آن با نیازهای تولیدکننده.
	توجه به توسعه محصولات جدید	T ₄	اینکه چقدر خود را وقف پروژه‌های توسعه محصولات جدید شرکت تولیدکننده می‌کند و با آن همکاری کند.



شکل ۱: شمایی از مدل پیشنهادی برای سیاست رد یا پذیرش محصولات MTO و MTS/MTO



شکل ۲: شبکه برای تحلیل ANP برای اولویت بندی تأمین کنندگان

اعداد ستون مربوطه تقسیم می‌شوند و سپس مجموع اعداد هر ردیف محاسبه شده و بر تعداد ستون‌ها تقسیم می‌شوند. حال ماتریس مقایسات زوجی دو خوشه نسبت به یکدیگر W_{ij} با کنار هم قرار دادن بردارهای ویژه حاصل از مرحله قبل همچون شکل (۴) به دست می‌آیند. در مرحله آخر، ابرماتریس W با کنار هم قرار دادن ماتریس‌های مرحله قبل حاصل می‌شود (شکل ۵). در پایان، ابرماتریس حاصل، آنقدر به توان رسانده می‌شود تا وزن هر یک از گزینه‌ها پس از همگرایی حاصل و اولویت بندی تأمین کنندگان بر این اساس انجام شود. طبق مدل ارائه شده در مقاله ساعتی (۱۹۹۵)، یک سیستم امتیازدهی ۱ تا ۹ برای مقایسات زوجی استفاده می‌شود که در آن، طیف اعداد ۱ تا ۹ اهمیت پایین به بالا را نشان می‌دهند. a_{ij} ها که در ماتریس‌های مقایسات زوجی هر خوشه استفاده می‌شوند، علاوه بر اعداد ۱ تا ۹، می‌توانند معکوس اعداد مذکور را هم اختیار کنند. برای مثال، اگر اهمیت i نسبت به j ، a_{ij} باشد، اهمیت j نسبت به i ، $1/a_{ij}$ خواهد بود [۲۲].

علاوه بر این، در روش ANP خود گزینه‌ها نیز همچون معیارها داخل شبکه قرار گرفته و مورد ارزیابی قرار می‌گیرند و در واقع این امکان وجود دارد که گزینه‌ها هم مستقل از هم نباشند. همچنین تأثیرات متقابل مختص یک سطح خاص از معیارها نیستند و ممکن است زیرمعیارها، خوشه‌ها و گزینه‌ها بر هم اثرگذار باشند. معیارها و صفات تأمین کنندگان که در این مقاله در نظر گرفته شده‌اند، از مدل ANP ارائه شده در مقاله اردم و گوسن (۲۰۱۲) اقتباس شده است [۲۰]. این معیارها شامل ۴ خوشه است که هر یک از این خوشه‌ها، چند معیار را در بر می‌گیرند. این خوشه‌ها و معیارهای آن‌ها و توضیح هر یک از آن‌ها در جدول (۱) آمده است. همچنین شبکه ANP و وابستگی‌های بین خوشه‌ها برای این تحلیل، در شکل (۲) نشان داده شده است.

در این روش، ابتدا تک تک عناصر هر یک از خوشه‌ها نسبت به هر یک از عناصر دیگر خوشه‌ها و یا خود آن خوشه مقایسه زوجی می‌شوند. شکل (۳) ماتریس مقایسات زوجی D را به طور شماتیک نشان می‌دهد. پس از به دست آوردن ماتریس مقایسات زوجی، بردار ویژه آن‌ها نیز محاسبه می‌شود. برای محاسبه بردارهای ویژه در ماتریس‌های مقایسات زوجی، ابتدا هر عدد بر مجموع

این قسمت بر اساس اولویت‌بندی مشتریان در مدل ارائه‌شده توسط کلانتری و همکاران (۲۰۱۰) است. برتری روش TOPSIS نسبت به سایر روش‌ها این است که علاوه بر اینکه گزینه انتخابی کمترین فاصله را با مطلوب‌ترین حالت دارد، بیش‌ترین فاصله را نیز با نامطلوب‌ترین حالت دارد. علاوه بر این، تنها ورودی این الگوریتم ماتریس وزن‌ها است که از تصمیم‌گیرنده خواسته می‌شود و سرعت این الگوریتم در تصمیم‌گیری نسبت به سایر روش‌ها را بالاتر می‌برد، به این دلیل که سایر روش‌ها در ابتدا به تولید ماتریس وزن‌ها می‌پردازند. در این مورد در این مسئله نیز به دلیل کم بودن تعداد معیارها، روش TOPSIS پاسخ بهتری نسبت به سایر روش‌ها می‌دهد [۲۳]. اولویت‌بندی مشتریان در زمینه برنامه‌ریزی و زمان‌بندی تولید برای سازمان‌ها بسیار مهم است و همچنین شرکت‌ها در برابر مشتریان اولویت بالا در زمینه قیمت و زمان تحویل انعطاف پذیرتر هستند [۱۸].

برای استفاده از روش TOPSIS فازی برای اولویت‌بندی مشتریان یا سفارشات، معیارهای زیر به کار گرفته شده‌اند:

- حجم پولی معاملات مشتری با شرکت: این معیار به حاشیه سود محصولات خریداری شده برای شرکت ارتباط دارد. همچنین تنوع و تعداد محصولات در سابقه سفارشات مشتری نیز پراهمیت است.
- تواتر^{۱۱} معاملات مشتری با شرکت: با این معیار، مشتریانی که تواتر معامله مکرر، منظم، معتدل، نامنظم و نادر دارند، بر این اساس اولویت‌بندی می‌شوند.
- اعتبار^{۱۲} مشتری: این معیار بر اساس نرخ تقاضای مشتری، اندازه شرکت و یا سازمان تابعه مشتری و تأثیر سازمان مشتری بر صنعت مربوطه طبقه‌بندی خواهد شد.
- وفاداری مشتری: بستگی به سابقه خرید مشتری، فراوانی و نزدیکی معاملات مشتری با شرکت و همچنین معاملات مشتری با شرکت‌های رقیب دارد.
- نحوه ارتباط مشتری با شرکت: بر اساس نوع ارتباط مشتری با شرکت (تلفن، چهره به چهره، ایمیل و ...)، همکاری شفاف با سازمان و توانایی در بیان انتظارات از شرکت تعیین و طبقه‌بندی می‌شوند.

$$D = \begin{matrix} & A_1 & A_2 & \dots & A_n \\ \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ \vdots \\ A_n \end{matrix} & \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ 1/a_{12} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ 1/a_{1n} & 1/a_{2n} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} & = & \begin{bmatrix} W_{A_1}^{B_1} \\ W_{A_2}^{B_1} \\ \vdots \\ W_{A_n}^{B_1} \end{bmatrix} \end{matrix}$$

شکل ۳: شمایی از ماتریس مقایسه زوجی زیر معیارهای یک خوشه با یکدیگر نسبت به زیرمعیارهای شاخه‌های دیگر و بردار ویژه حاصل از آن

$$W_{AB} = \begin{bmatrix} W_{A_1}^{B_1} & W_{A_1}^{B_2} & \dots & W_{A_1}^{B_m} \\ W_{A_2}^{B_1} & W_{A_2}^{B_2} & \dots & W_{A_2}^{B_m} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ W_{A_n}^{B_1} & W_{A_n}^{B_2} & \dots & W_{A_n}^{B_m} \end{bmatrix}$$

شکل ۴: شمایی از ماتریس مقایسات زوجی برای مقایسه زیرمعیارهای دو خوشه متفاوت

$$W = \begin{matrix} & C & Q & L & T & A \\ \begin{matrix} C \\ Q \\ L \\ T \\ A \end{matrix} & \begin{bmatrix} W_{CC} & W_{CQ} & W_{CL} & W_{CT} & 0 \\ W_{QC} & W_{QQ} & 0 & W_{QT} & 0 \\ W_{LC} & 0 & W_{LL} & W_{LT} & 0 \\ W_{TC} & W_{TQ} & W_{TL} & W_{TT} & 0 \\ W_{AC} & W_{AQ} & W_{AL} & W_{AT} & 0 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

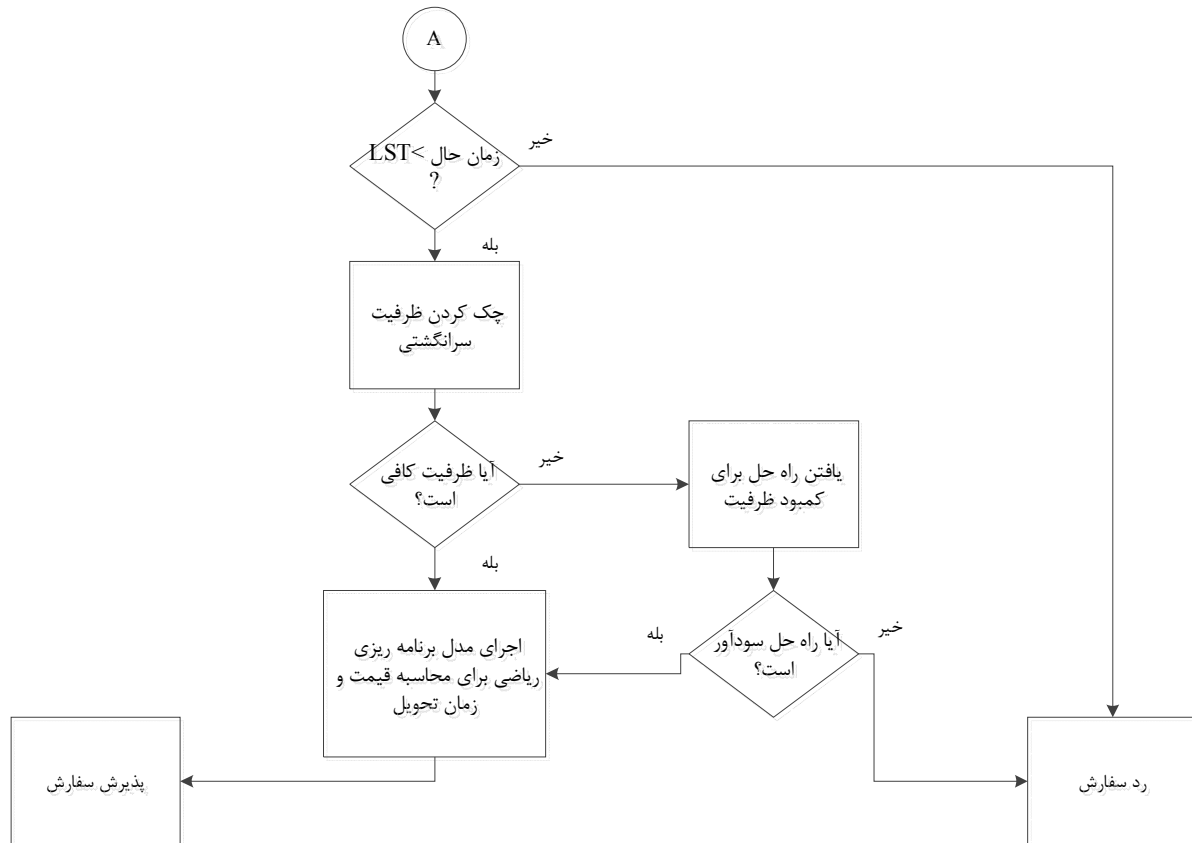
شکل ۵: شمایی از ابرماتریس برای فرآیند تحلیلی شبکه

پس از انتخاب تأمین‌کنندگان برای MTS/MTO ها و بررسی کیفیت موجودی محصولات نیمه‌ساخته برای تولید محصولات MTS/MTO ، باید این موضوع بررسی شود که آیا محصول MTS/MTO مورد نظر و سفارش داده شده مشتری به تأمین‌کننده جدیدی نیاز دارد یا خیر. در صورتی که به تأمین‌کننده جدید نیاز نداشته باشد، باید مرحله ارزیابی زمانی انجام شود، اما اگر به تأمین‌کننده جدید نیاز داشته باشد، باید از این به بعد همچون محصولات MTO مرحله تخصیص سفارش به تأمین‌کنندگان انجام شود. تخصیص سفارش به تأمین‌کنندگان هم با در نظر گرفتن اولویت تأمین‌کنندگان از همین مرحله و اولویت‌بندی سفارش‌ها از مرحله بعد حاصل خواهد شد که در گام ۴ به آن پرداخته خواهد شد.

۲-۱-۳. اولویت‌بندی سفارش‌ها (مشتریان) با روش TOPSIS فازی

جهانشاهلو (۲۰۰۶) استفاده شده است. در این روش، از اعداد فازی مثلثی برای ماتریس تصمیم‌گیری و آرایه وزن‌ها، همان طور که در شکل (۶) نشان داده شده است، استفاده شده است [۲۴].

پنج معیار ذکر شده بر اساس ویژگی‌های عنوان شده برای آن‌ها، به پنج طبقه خیلی زیاد، زیاد، متوسط، کم و خیلی کم تقسیم می‌شوند. برای استفاده از طبقه‌بندی ذکر شده باید از اعداد فازی استفاده شود. در این مدل، برای روش TOPSIS فازی از مدل ارائه شده توسط



شکل ۷: شمایی از مدل پیشنهادی برای سیاست رد یا پذیرش سفارشات غیر قابل مذاکره

$$D = \begin{matrix} & C_1 & C_2 & \dots & C_5 \\ A_1 & \bar{x}_{11} & \bar{x}_{12} & \dots & \bar{x}_{15} \\ A_2 & \bar{x}_{21} & \bar{x}_{22} & \dots & \bar{x}_{25} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ A_m & \bar{x}_{m1} & \bar{x}_{m2} & \dots & \bar{x}_{m5} \end{matrix}$$

$$\bar{W} = [\bar{W}_1, \bar{W}_2, \dots, \bar{W}_5]$$

شکل ۶: ماتریس تصمیم و بردار وزن‌ها در روش TOPSIS فازی با اعداد فازی مثلثی

در این روش، ماتریس D ، ماتریس تصمیم گفته می‌شود و همچنین W آرایه وزن‌ها است. اعداد \bar{x}_{ij} در ماتریس D امتیاز سفارش i در معیار j را نشان می‌دهد. این اعداد را می‌توان به صورت $\bar{x}_{ij} = (x_{ij}, \alpha_{ij}, \beta_{ij})$ نوشت، که در آن x_{ij} مقدار مرکزی، α_{ij} دنباله چپ و β_{ij} دنباله راست است. مقادیر \bar{W}_i نیز اعداد فازی مثلثی نرمال شده هستند. در روش TOPSIS فازی ارائه شده یک ضریب نزدیکی $R_i \in [0, 1]$ برای گزینه‌ها حاصل می‌شود. برای اینکه سفارش‌ها به سه دسته اولویت بالا، اولویت نرمال و اولویت پایین تقسیم شوند، باید دو مقدار معیار برای ضریب نزدیکی R_i معرفی کنیم.

۴-۱-۳. تخصیص سفارشات به تأمین‌کنندگان

برای اینکه سفارش‌های دریافتی برای محصولات *MTO* و *MTS/MTO* به تأمین‌کنندگان اختصاص داده شود، باید اولویت‌بندی‌های انجام شده در دو مرحله قبل در نظر گرفته شوند. برای محصولات *MTO* با استفاده از *ANP* تأمین‌کنندگان اولویت‌بندی و با استفاده از *TOPSIS* فاز سفارشات اولویت‌بندی می‌شوند. حال سفارشات به سه رده اولویت بالا، متوسط و پایین تقسیم می‌شوند و تأمین‌کنندگان نیز اولویت‌بندی می‌شوند. در حالت عادی و بدون کمبود، سفارش‌های اولویت بالا به تأمین‌کننده اولویت بالا، سفارش نرمال به تأمین‌کننده نرمال و سفارش اولویت پایین به تأمین‌کننده اولویت پایین تخصیص می‌یابند.

برای محصولات ترکیبی *MTS/MTO* قبل از نقطه نفوذ سفارش *OPP*، مانند محصولات *MTS* با آنها رفتار می‌شود، در نتیجه آن‌ها نیازی به توجه به سفارشات و اولویت‌بندی سفارشات ندارند و فقط تأمین‌کننده اولویت بالا برای آن‌ها انتخاب و تخصیص داده می‌شوند. اما پس از بررسی، موجودی *WIP*ها بار دیگر بررسی می‌شود که آیا محصول *MTS/MTO*، پس از *OPP* و با توجه به سفارش مشتری نیازی به تأمین‌کننده جدید دارد یا خیر. در صورتی که نیازی نداشته باشد، همان تأمین‌کننده انتخاب شده در مرحله قبل کافی است و فقط روی *WIP* فرآیندهای تولیدی انجام خواهد شد. اما اگر بعد از *OPP* نیازی به تأمین‌کننده جدید وجود داشته باشد، در این صورت همانند *MTO*ها با توجه به اولویت‌بندی سفارشات و تأمین‌کنندگان، سفارشات به تأمین‌کنندگان برای تکمیل محصولات *MTS/MTO* اختصاص می‌یابند.

همان طور که در شکل (۶) برای سفارش‌های غیر قابل مذاکره، نشان داده شده است، برای سفارش‌ها باید ارزیابی زمانی انجام شود. زمان و تاریخ تحویل سفارش به مشتری شامل زمان فرآیند تولید، زمان انتقال، زمان صف و ... می‌شود که بر این اساس محاسبه می‌شود، ولی اغلب توسط خبرگان شرکت تخمین زده می‌شود. برای محاسبه زمان تحویل، لازم است که دیرترین زمان شروع^{۱۳} با استفاده از معادله (۲) محاسبه شود:

$$LST_i = DD_i - DLT_i \quad (2)$$

که در آن:

پنج طبقه معرفی شده برای معیارهای ارزیابی سفارش‌ها در روش *TOPSIS* فازی، همان طور که در جدول (۲) آمده است، به اعداد فازی تبدیل می‌شوند [۲۵].

جدول ۲: درجه اهمیت معیارها و عدد فازی مثلثی متناظر با آن‌ها در روش *TOPSIS* فازی

معیار	عدد فازی مثلثی متناظر
خیلی زیاد	(7,9,9)
زیاد	(5,7,9)
نرمال	(3,5,7)
کم	(1,3,5)
خیلی کم	(0,1,3)

۳-۱-۳. بررسی موجودی *WIP* برای تولید محصولات *MTS/MTO* در سفارشات دریافتی

پس از اینکه از ورودی مدل محصولات ترکیبی *MTS/MTO* مشخص شدند، باید در اولین گام برای تولید این محصولات، موجودی *WIP* بررسی شود. برای پذیرش سفارشات ترکیبی *MTS/MTO* نامعادله (۱) را بررسی می‌کنیم:

$$\sum_{i=1}^n PRS_{iq} \times P_i \leq (SS_{qt} + RSS_{qt}) / UM_q \quad (1)$$

$$\forall q = 1, \dots, m, t \in \{t_{now}, \dots, T\}$$

که در آن

SS_{qt}	تعداد <i>WIP</i> هایی که در دوره <i>t-1</i> برای استفاده در تولید <i>q</i> امین <i>MTS/MTO</i> در دوره <i>t</i> تولید شده اند.
RSS_{qt}	تعداد <i>WIP</i> های باقی مانده از دوره <i>t-1</i> که برای تولید <i>q</i> امین <i>MTS/MTO</i> در دوره <i>t</i> استفاده می‌شوند.
UM_q	نرخ مصرف <i>WIP</i> ها در یک واحد از <i>q</i> امین محصول <i>MTS/MTO</i>
PRS_{iq}	تعداد <i>q</i> امین <i>MTS/MTO</i> در سفارش <i>i</i>
P_i	اولویت سفارش <i>i</i> .

در صورتی که نامعادله (۱) ارضا شود، به مرحله بعد یعنی بررسی اینکه آیا به تأمین‌کننده جدید پس از *OPP* نیاز است یا خیر، رفته و در غیر این صورت سفارش رد خواهد شد. لازم به ذکر است که P_i یا همان اولویت مشتری، برابر ضریب نزدیکی R_i است که در اولویت‌بندی مشتریان مشخص شده است.

$$\left[\sum_{i \in \text{os}(t)} (PTO_r \times PR_i) + \sum_{i \in \text{os}(t)} \sum_{q=1}^m (PTS_{qr} \times PRS_{iq}) \right] \leq \left[C_n - APTO_n - \sum_{q=1}^m [APTS_{qt} - (PHS_r \times PRSS_{qt})] - (PHS'_r \times PRSS'_t) \right] \quad \forall r = 1, \dots, R, t = t_{now}, \dots, T, \quad (4)$$

$$\left[\sum_{i \in \text{os}(t)} (PTO_r \times PR_i) + \sum_{i \in \text{os}(t)} \sum_{q=1}^m (PTS_{qr} \times PRS_{iq}) \right] \leq \left[C_n - APTO_n - \sum_{q=1}^m [APTS_{qt} - (PHS_r \times PRSS_{qt})] - (PHS'_r \times PRSS'_t) \right] (1 - \alpha_n) \quad \forall r = 1, \dots, R, t = t_{now}, \dots, T, \quad (5)$$

$$\left[\sum_{i \in \text{os}(t)} (PTO_r \times PR_i) + \sum_{i \in \text{os}(t)} \sum_{q=1}^m (PTS_{qr} \times PRS_{iq}) \right] \leq \left[C_n - APTO_n - \sum_{q=1}^m [APTS_{qt} - (PHS_r \times PRSS_{qt})] - (PHS'_r \times PRSS'_t) \right] (1 - \alpha_n - \beta_n) \quad \forall r = 1, \dots, R, t = t_{now}, \dots, T, \quad (6)$$

لازم X_{LPO} ، X_{MPO} ، X_{HPO} به ترتیب مجموع ظرفیت‌های لازم تخمینی برای سفارش‌های اولویت بالا، متوسط و پایین که بعد از دوره t می‌آیند، هستند. P : متوسط سود سفارش‌ها در واحد منابع و α_{jt} و β_{jt} بیشترین مقداری هستند که به ازای آن‌ها نامعادلات (۷) و (۸) ارضا شوند:

$$pr(X_{HPO} \geq \alpha_{jt}) \geq \bar{p}_{HPO} / \bar{p}_{MPO} \quad (7)$$

$$pr(X_{MPO} \geq \beta_{jt}) \geq \bar{p}_{MPO} / \bar{p}_{LPO} \quad (8)$$

لازم به ذکر است که برای محاسبه احتمال، توزیع از داده‌های گذشته حاصل می‌شود و در صورت نبود داده‌ها، نظرات خبرگان به جای احتمال استفاده می‌شود. همچنین \bar{P} نشان‌دهنده میانگین سود سفارش به ازای واحد منابع است. اگر نامعادلات ارزیابی ظرفیت (۴) تا (۶) ارضا نشوند، گام بعد یعنی افزایش ظرفیت و ارزیابی افزایش ظرفیت انجام می‌شود. در صورت ارضا، قیمت و زمان تحویل بر اساس مدل ریاضی محاسبه خواهند شد.

۳-۱-۶. یافتن و ارزیابی راه حل برای کمبود ظرفیت

برای رفع مشکل کمبود ظرفیت که در گام قبل مشخص شده است، می‌توان راه حل‌های متعددی را بیان کرد. این راه حل‌ها با توجه به اولویت سفارش‌ها و اولویت تأمین‌کنندگان و انعطاف‌پذیری سازمان تدوین شده‌اند. راه‌حل‌های پیشنهادی عبارتند از:

- افزایش ظرفیت منابع دارای کمبود ظرفیت
- رد تعدادی از سفارشات با اولویت پایین و یا متوسط [۱۸].

DD_i : زمان مقرر تحویل برای سفارش i .

DLT_i : زمان لازم تحویل سفارش i .

دلیل محاسبه LST این است که بررسی شود که آیا سفارش، از زمان حال تا موعد تحویل^{۱۴} قابل انجام است یا خیر. حال اگر نامعادله (۳) برقرار باشد، چون زمان مقرر تحویل قابل مذاکره نیست، سفارش رد می‌شود. در غیر این صورت، گام بعد (محاسبه و ارزیابی ظرفیت سرانگشتی) اجرا می‌شود:

$$LST_i \leq \text{present time} \quad (3)$$

۵-۱-۳. ارزیابی ظرفیت سرانگشتی

برای ارزیابی اینکه آیا ظرفیت کافی برای تولید سفارش‌های دریافتی وجود دارد یا خیر، از سه نامعادله (۴) تا (۶) استفاده می‌شود. این سه نامعادله به ترتیب برای سفارش‌های اولویت بالا، اولویت متوسط و اولویت پایین استفاده می‌شوند [۲۶]:

که در آن

PTO_r	زمان پردازش لازم برای منبع r برای هر واحد محصولات MTO
PR_i	تعداد محصولات MTO در سفارش i .
PTS_{qr}	زمان پردازش لازم برای منبع r برای هر واحد WIP برای تولید یک واحد از محصولات MTS/MTO .
C_{rt}	حداکثر ظرفیت موجود منبع r در دوره t شامل زمان معمول، اضافه کاری و برون سپاری.
$APTO_{rt}$	زمان پردازش لازم منبع r برای محصولات MTO ی سفارشات پذیرفته شده قبلی که در دوره‌های قبلی تکمیل نشده‌اند و باید در دوره t تکمیل شوند.
$APTS_{qrt}$	زمان پردازش لازم منبع r برای q امین محصول MTS/MTO ی سفارشات پذیرفته شده قبلی که در دوره‌های قبلی تکمیل نشده‌اند و باید در دوره t تکمیل شوند.
PHS_r	زمان پردازش لازم منبع r برای هر واحد WIP .
$PRSS_{qt}$	تعداد WIP هایی که باید در دوره t برای تولید q امین MTS/MTO در دوره $t+1$ تولید شوند.
PHS'_r	زمان لازم برای منبع r برای هر واحد محصول MTS .
$PRSS'_t$	تعداد محصولات MTS که در دوره t تولید می‌شوند.
α_{rt}	درصد ظرفیتی که برای سفارشات اولویت بالای آینده رزرو شده‌اند.
β_{rt}	درصد ظرفیتی که برای سفارشات اولویت نرمال آینده رزرو شده‌اند.

α_{rt} درصد منابع موجود r برای سفارش‌های اولویت بالا که بعد از دوره t می‌آیند و β_{rt} درصد منابع موجود r برای سفارش‌های اولویت متوسط که بعد از دوره t می‌آیند، است.

- اگر شرکت برای تحویل سفارش در زمان مقرر ظرفیت کافی نداشته باشد، مجاز به اضافه کاری یا برون‌سپاری است.
- به دلیل تنوع و وابستگی تولید محصولات *MTO* و *MTS/MTO* به سفارش مشتری سیستم تولیدی کار کارگاهی در نظر گرفته شده است که انعطاف بیشتری برای تولید محصولات متنوع و سفارشی را دارد.
- *WIP* ها در هر دوره برای دوره بعد تولید می‌شوند و اضافه‌ها در هر دوره به دوره بعد منتقل می‌شود.
- فرآیند تولید هر محصول منحصر به فرد است.

- تأخیر انداختن در تولید تعدادی از محصولات با اولویت پایین و نرمال که هنوز تکمیل نشده‌اند [۱۸].
- رد سفارشات که ظرفیت قابل ملاحظه‌ای را می‌گیرند و تولید آنها باعث تأخیر در تحویل سفارشات پذیرفته می‌شود [۱۸].
- کاهش تولید *WIP* برای محصولات *MTS/MTO* در دوره حاضر. باید دقت کرد که در این مورد باید هزینه مورد انتظار حاصل از کمبود *WIP* در دوره بعد یا رد سفارشات در دوره حاضر با سود حاصل از این کاهش مقایسه و با نظر مدیریت سازمان تصمیم‌گیری شود [۱۸].
- کاهش یا حذف تولید محصولات *MTS*. این مورد هم نیاز به ارزیابی اقتصادی دارد. باید هزینه مورد انتظار حاصل از کمبود *MTS* ها در دوره بعد و یا سود از دست رفته رد سفارشات را با سود حاصل از این کاهش مقایسه و تصمیم‌گیری کرد [۱۸].
- استفاده از تأمین‌کنندگان اولویت پایین برای برخی سفارشات و تخصیص کامل ظرفیت تأمین‌کنندگان اولویت بالا برای سفارشات اولویت بالا.
- استفاده از تأمین‌کننده جدید و افزایش ظرفیت با تعدد تأمین‌کنندگان.
- برون‌سپاری به شرکت‌های دیگر برای اضافه کردن ظرفیت دیگر شرکت‌ها به ظرفیت شرکت خود.
- اضافه کاری بیشتر.

اندیس‌ها

I	اندیس سفارش‌ها ($i=1, \dots, I$)
K	اندیس نوع محصول ($k=1$ for <i>MTO</i> products , $k=2$ for <i>MTS/MTO</i> products)
R	اندیس منبع ($r=1, \dots, R$)
L	اندیس مواد اولیه ($l=1, \dots, L$)
T	اندیس زمان ($t=1, \dots, T$)

پارامترها

RM_{lt}	تعداد لامین مواد اولیه که در دوره t برای محصولات <i>MTO</i> خریداری شده‌اند.
PRM_{lt}	تعداد باقی مانده لامین مواد اولیه از دوره $t-I$ که برای تولید محصولات <i>MTO</i> در دوره t استفاده می‌شوند.
UM_I	نرخ مصرف لامین مواد اولیه در یک واحد محصولات <i>MTO</i>
RM'_{lt}	تعداد لامین مواد اولیه که در دوره t برای تولید محصولات <i>MTS/MTO</i> خریداری شده‌اند.
PRM'_{lt}	تعداد باقی مانده از لامین مواد اولیه از دوره $t-I$ که برای تولید محصولات <i>MTS/MTO</i> در دوره t استفاده می‌شوند.
UM'_{lq}	نرخ مصرف لامین مواد اولیه در یک واحد از q امین محصول <i>MTS/MTO</i> .
Cr_{krt}	هزینه تولید محصول نوع k در منبع r در دوره t در زمان معمول.
Co_{krt}	هزینه تولید محصول نوع k در منبع r در دوره t در زمان اضافه کاری.
Cs_{krt}	هزینه برون‌سپاری محصول نوع k در منبع r در دوره t
RST_{ikr}	زمان تنظیم برای سفارش i در منبع r در زمان معمول برای محصول نوع k
OST_{ikr}	زمان تنظیم برای سفارش i در منبع r در زمان اضافه

۱-۳-۷. اجرای برنامه‌ریزی ریاضی برای محاسبه قیمت و زمان تحویل

- مدل ارائه شده در این بخش، از مدل پیشنهادی در مقاله کلانتری و همکاران (۲۰۱۰) گرفته شده است. زمان تنظیم نیز در مدل مقاله حاضر در نظر گرفته شده است که در مدل ارائه شده توسط کلانتری و همکاران (۲۰۱۰) مورد توجه قرار نگرفته است. همچنین نوع سیستم تولیدی در مدل آن‌ها جریان کارگاهی^{۱۵} بوده که در مدل حاضر سیستم به شکل کار کارگاهی^{۱۶} در نظر گرفته شده است. فرضیات مدل ارائه شده، در ادامه آمده است:
- افق برنامه‌ریزی T است.
 - ضایعات تولید منظور نشده است.

	کاری برای محصول نوع k .		
O_{ikrt}	مقدار منبع r که به محصول نوع k سفارش i در دوره t که شامل زمان اضافه کاری و زمان تنظیم در اضافه کاری است، اختصاص می یابد (در ساعت‌های ماشین).	RSC_{ikr}	هزینه تنظیم برای سفارش i در منبع r در زمان معمول برای محصول نوع k .
S_{ikrt}	مقدار منبع r که به محصول نوع k سفارش i در دوره t که شامل برون سپاری است، اختصاص می یابد (در ساعت‌های ماشین).	OSC_{ikr}	هزینه تنظیم برای سفارش i در منبع r در زمان اضافه کاری برای محصول نوع k .
Z_{ikrt}	۱، اگر تنظیم برای سفارش i در منبع r در زمان معمول t برای محصول نوع k ؛ ۰، در غیر این صورت.	Ct_i	جریمه زودکرد/دیرکرد برای سفارش i در واحد زمان.
T_{ikrt}	۱، اگر تنظیم برای سفارش i در منبع r در زمان اضافه کاری t برای محصول نوع k ؛ ۰، در غیر این صورت.	CR_{rt}	حداکثر ظرفیت موجود از منبع r در دوره t در زمان معمول.
CD_i	تاریخ تکمیل سفارش i (همچنین دوره تکمیل سفارش را نشان می دهد).	CO_{rt}	حداکثر ظرفیت موجود از منبع r در دوره t در زمان اضافه کاری.
		CS_{rt}	حداکثر ظرفیت برون سپاری از منبع r در دوره t .
		M	عدد بسیار بزرگ.
		Y_{ikrt}	مقدار منبع r که به محصول نوع k سفارش i در دوره t که شامل زمان معمول، زمان اضافه کاری، برون سپاری و زمان تنظیم در زمان معمول و اضافه

متغیرها

$$\text{Min } Z = \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^2 \sum_{r=1}^R \sum_{t=t_{\text{now}}}^T [Cr_{krt} \times (Y_{ikrt} - O_{ikrt} - S_{ikrt}) + Co_{krt} \times O_{ikrt} + Cs_{krt} \times S_{ikrt}] + \quad (9)$$

$$\sum_{i=1}^n [Ct_i \times |CD_i - DD_i|] + \sum_{i=1}^n \sum_{r=1}^R \sum_{k=1}^2 \left[RSC_{ikr} \sum_{t=t_{\text{now}}}^T Z_{ikrt} + OSC_{ikr} \sum_{t=t_{\text{now}}}^T T_{ikrt} \right]$$

s.t.

$$\sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^2 (Y_{ikrt} - O_{ikrt} - S_{ikrt}) \quad (10)$$

$$\leq \left[CR_{rt} - APTO_{rt} - \sum_{q=1}^m [APTS_{qrt} - (PHS_r \times PRSS_{qt})] - (PHS'_r \times PRSS'_t) \right] (1 - \alpha_{rt} - \beta_{rt})$$

 $\forall r, t,$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^2 O_{ikrt} \leq CO_{rt} \quad \forall r, t, \quad (11)$$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^2 S_{ikrt} \leq CS_{rt} \quad \forall r, t, \quad (12)$$

$$\sum_{t=t_{\text{now}}}^T Y_{ikrt} \geq PR_i \times PTO_r \quad \forall i, r, \text{if } k = 1, \quad (13)$$

$$\sum_{t=t_{\text{now}}}^T Y_{ikrt} \geq \sum_{q=1}^m (PRS_{iq} \times PTS_{qr}) \quad \forall i, r, \text{if } k = 2, \quad (14)$$

$$Y_{ikrt} - S_{ikrt} - O_{ikrt} \leq M \cdot Z_{ikrt} \quad \forall i, k, r, t, \quad (15)$$

$$O_{ikrt} \leq M T_{ikrt} \quad \forall i, k, r, t, \quad (16)$$

$$Y_{ikrt} \leq M X_{it} \quad \forall i, k, r, t, \quad (17)$$

$$t X_{it} \leq CD_i \quad \forall i, t, \quad (18)$$

$$[Y_{ikrt} / (PR_i \times PTO_r)] \leq [(RM_{lt} + RPM_{lt}) / UM_l] \quad \forall i, k, r, t, l, \text{if } k = 1, \quad (19)$$

$$\left[Y_{ikrt} / \sum_{q=1}^m PRS_{iq} \times PTS_{qr} \right] \leq \sum_{q=1}^m [(RM'_{lt} + RRM'_{lt}) / UM'_{lq}] \quad (20)$$

$$\forall i, k, r, t, l, ifk = 2,$$

$$\left[Y_{ikrt} / \sum_{q=1}^m PRS_{iq} \times PTS_{qr} \right] \leq \sum_{q=1}^m [(SS_{qt} + RSS_{qt}) / UM''_{lq}] \quad \forall i, k, r, t, ifk = 2, \quad (21)$$

$$Y_{ikrt}, O_{ikrt}, S_{ikrt}, CD_i \geq 0 \quad \forall i, k, r, t, \quad (22)$$

$$X_{it}, Z_{ikrt}, T_{ikrt} \in \{0, 1\} \quad \forall i, k, r, r', t, t', \quad (23)$$

تغییر، محدودیت‌های زیر نیز به این ترتیب به مدل اضافه می‌شوند:

$$CD_i - DD_i = CDP_i - DDN_i; \forall i$$

$$CDP_i, DDN_i \geq 0; \forall i$$

قیمتی که به مشتری اعلام می‌شود، بر اساس مدل ریاضی بالا و جمع هزینه‌های عملیاتی و یک نرخ افزایش قیمت (Mark up) حاصل می‌شود. Mark up برای پوشش هزینه‌های بالاسری و هزینه‌های غیر منتظره به قیمت اضافه می‌شوند. بنابراین بر اساس این مدل ریاضی از حاصل جمع تابع هدف و یک mark up استاندارد، قیمتی که به مشتری برای هر سفارش اعلام می‌شود، حاصل خواهد شد. [۱۱]

۳-۲- سفارش‌های قابل مذاکره

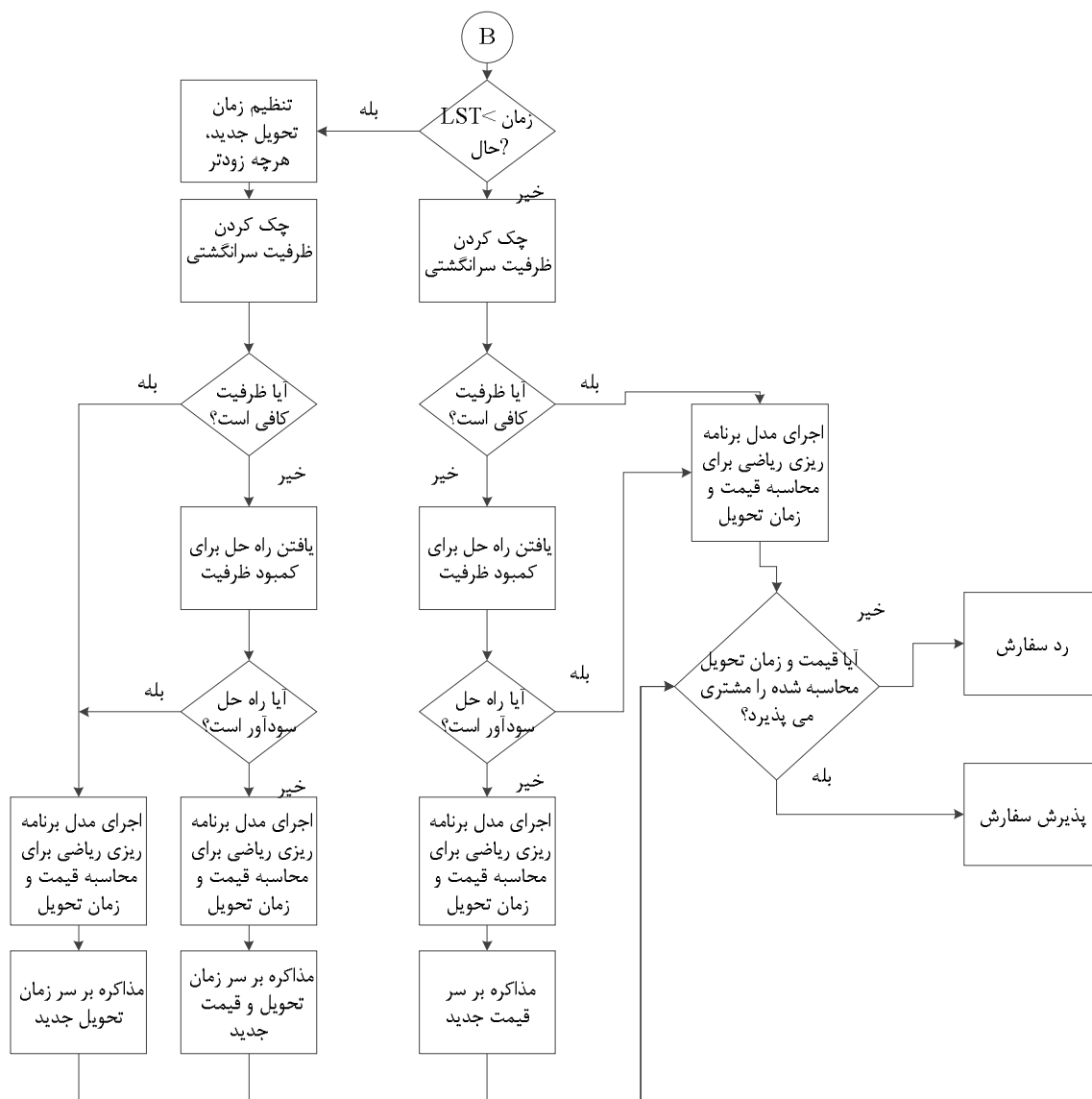
در مورد سفارشات قابل مذاکره مطابق شکل (۱) تا قبل از ارزیابی زمانی، هیچ تفاوتی با سفارشات غیرقابل مذاکره دیده نمی‌شود. اما بعد از آن، تفاوت‌هایی دارند که ناشی از انعطاف سازمان برای مذاکره بر سر قیمت و زمان تحویل با مشتری است. این تفاوت‌ها در ادامه تشریح می‌شوند. در سفارش‌های قابل مذاکره، ارزیابی زمانی انجام می‌شود و در صورتی که توجیه‌پذیر نبود، باید زمان مقرر جدید تعریف شود. اما اینکه زمان مقرر هر چه زودتر تعیین شود، کار دشواری است، چون شاخصه اصلی یک سفارش است. حال برای هر یک از سفارشات توجیه‌پذیر و توجیه ناپذیر زمانی ظرفیت سرانگشتی بررسی می‌شوند و نامعادلات (۴) تا (۶) بررسی خواهند شد. در صورت ارضا نشدن نامعادلات (۴) تا (۶) بررسی سودآوری افزایش ظرفیت انجام می‌شود. در نهایت همان طور که در شکل (۸) مشاهده می‌شود، چهار نوع سفارش حاصل خواهد شد که عبارتند از [۱۹]:

تابع هدف (۹) این مدل هزینه‌های عملیاتی و هزینه نصب و جریمه‌های زودکرد- دیرکرد را حداقل می‌کند. محدودیت‌های (۱۰) و (۱۱)، محدودیت ظرفیت هر منبع در هر دوره در وقت عادی و اضافه کاری را نشان می‌دهند. محدودیت‌های (۱۲) محدودیت برون‌سپاری را اعمال می‌کند. محدودیت‌های (۱۳) و (۱۴)، کفایت مقدار منبع r تخصیص داده شده برای محصولات MTO و MTS/MTO در دوره t را ارزیابی می‌کنند که باید حداقل برابر مقدار لازم برای تکمیل MTO ها و MTS/MTO ها برای همه سفارشات در دوره t باشند. محدودیت‌های (۱۵) و (۱۶) محدودیت زمان نصب در زمان عادی و اضافه کاری را نشان می‌دهند. محدودیت‌های (۱۷) و (۱۸) زمان تکمیل برای سفارشات دریافتی را تعیین می‌کنند. محدودیت‌های (۱۹) و (۲۰) محدودیت مواد اولیه برای MTO ها و MTS/MTO ها است. محدودیت‌های (۲۱) نشان می‌دهد که تعداد MTS/MTO هایی که باید تولید شوند، باید کوچک‌تر یا مساوی تعداد WIP های موجود برای تولید باشند و در نهایت، محدودیت‌های (۲۲) و (۲۳) محدودیت نامنفی برای متغیرها هستند. در مدل ارائه‌شده، عبارت $|CD_i - DD_i|$ باعث غیر خطی شدن مدل شده است. برای حل این مشکل و تبدیل مدل به یک مدل خطی، دو متغیر زیر به این ترتیب معرفی می‌شوند:

$$CDP_i : \begin{cases} CD_i - DD_i & \text{if } (CD_i - DD_i) > 0 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$DDN_i : \begin{cases} DD_i - CD_i & \text{if } (CD_i - DD_i) < 0 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

در عبارت تابع هدف نیز به جای عبارت $|CD_i - DD_i|$ ، از عبارت $CDP_i + DDN_i$ استفاده خواهد شد. در پی این



شکل ۸: شمایی از مدل پیشنهادی برای سیاست رد یا پذیرش سفارشات قابل مذاکره

زمان تحویل محاسبه و در صورت پذیرش نهایی

مشتری، سفارش پذیرفته می‌شود.

- سفارش‌هایی که زمان موجود برای آن‌ها کافی نباشد، ولی ظرفیت کافی است یا راه حل جبران کمبود ظرفیت سودآور است. در این صورت باید بر سر زمان تحویل برای پوشش زمان لازم برای تولید با مشتری مذاکره شود. در صورت توافق، باز هم با اجرای برنامه‌ریزی ریاضی، قیمت و زمان تحویل محاسبه و در صورت پذیرش نهایی مشتری، سفارش پذیرفته می‌شود.

- سفارش‌هایی که نه زمان موجود و نه راه حل جبران کمبود ظرفیت توجیه‌پذیر نیست. در این موارد

- سفارش‌هایی که زمان موجود و ظرفیت موجود برای آن‌ها کافی و توجیه‌پذیر است. این سفارشات به طور مستقیم به مرحله محاسبه قیمت و زمان تحویل با اجرای برنامه‌ریزی ریاضی می‌روند و در صورتی که مشتری با قیمت و زمان تحویل موافقت کند، پذیرفته خواهند شد.

- سفارش‌هایی که زمان موجود برای آن‌ها کافی است، ولی راه حل جبران کمبود ظرفیت برای آن‌ها سودآور و توجیه‌پذیر نیست. در این سفارش‌ها، ابتدا بر سر قیمت برای پوشش هزینه راه حل‌های جبران کمبود ظرفیت با مشتری مذاکره خواهد شد، در صورت توافق، باز هم وارد برنامه‌ریزی ریاضی شده و قیمت و

جدول ۵: مقایسه زوجی خوشه‌ها بر اساس تکنولوژی

تکنولوژی	کیفیت	لجستیک	هزینه	تامین-کنندگان	کیفیت
.	.	.	.	۱	تامین-کنندگان
۴	۰.۱۱	۶	۱	۰	هزینه
۰.۵	۰.۱۱	۱	۰.۱۶۷	۰	لجستیک
۹	۱	۹	۹	۰	کیفیت
۱	۰.۱۱	۲	۰.۲۵	۰	تکنولوژی

در این قسمت با استفاده از داده‌هایی که به طور تصادفی تولید شده‌اند، اجراشدنی بودن مدل ریاضی را به اثبات می‌رسانیم. مدل ارائه شده، یک مدل عدد صحیح مختلط است. T یا افق زمانی در این مثال ۲ هفته در نظر گرفته شده است، که هر دوره یک هفته است. داده‌های مورد نیاز بر اساس داده‌های مقاله کلانتری و همکاران (۲۰۱۰) به شکل تصادفی و با اندکی تغییرات تولید شده‌اند. داده‌های مربوط به سفارش‌های فرضی در جدول (۶) آمده است.

در این مثال، دو سفارش در افق زمانی ۲ هفته با استفاده از دو منبع و دو نوع مواد اولیه برای محصولات MTO و دو نوع مواد اولیه برای محصولات MTS/MTO در نظر گرفته شده است. لازم به ذکر است که P_i یا اولویت سفارشات، حاصل از ضریب نزدیکی R_i ، حاصل از اجرای مدل $TOPSIS$ فازی ارائه شده در مدل است. ادامه داده‌های مورد نیاز برای اجرای مدل عدد صحیح مختلط در جدول (۷) آمده است.

۴-۲. نتایج آزمایش عددی

با استفاده از مقایسات زوجی انجام شده و تشکیل ابرماتریس‌های بی‌وزن و موزون و در نهایت به توان رساندن ابرماتریس موزون، اولویت‌بندی تأمین‌کنندگان به دست می‌آید. همان‌طور که مشاهده می‌شود، تأمین‌کننده ۲ برای استفاده در محصولات MTS/MTO قبل از OPP استفاده می‌شود و تأمین‌کنندگان برای محصولات MTO به صورت جدول (۸) اولویت‌بندی شده‌اند.

مدل عدد صحیح مختلط ارائه شده، با در نظر گرفتن داده‌های ذکر شده، با نرم‌افزار $LINGO8.0$ اجرا شده و نتایج به دست آمده به طور مختصر به این ترتیب است:

$$C D_1 = 3$$

$$C D_2 = 5$$

$$X_{11} = X_{12} = X_{21} = X_{22} = 1$$

مذاکره بر سر قیمت و زمان تحویل انجام می‌شود و باز هم در صورت توافق، با برنامه‌ریزی ریاضی، قیمت و زمان تحویل محاسبه و در صورت پذیرش نهایی مشتری، سفارش پذیرفته می‌شود.

۴. آزمایش عددی مدل

در این قسمت، مدل ANP ارائه شده برای انتخاب و اولویت‌بندی تأمین‌کننده در قسمت اول و مدل برنامه‌ریزی ریاضی برای پیشنهاد زمان‌های تحویل و قیمت در قسمت دوم با داده‌های فرضی مورد آزمایش قرار گرفته‌اند.

۴-۱. داده‌های مربوط به مدل ریاضی و روش ANP

در مدل ANP ارائه شده در قسمت ۱-۱-۲ همه تأمین‌کنندگان یا گزینه‌ها باید بر اساس همه زیرمعیارهای خوشه‌ها همان‌طور که برای نمونه در جدول (۳) یک مورد از این مقایسات آمده است، مقایسه زوجی شوند. علاوه بر این، باید همه خوشه‌ها در صورت داشتن وابستگی به خوشه دیگر، بر اساس آن وابستگی‌ها مقایسه زوجی شوند. برای این منظور باید از نظرات خبرگان شرکت استفاده کرد. برای نمونه در جدول (۴)، زیر معیارهای خوشه هزینه، بر اساس یکی از زیر معیارهای خوشه تکنولوژی، یعنی T_3 مقایسه زوجی شده‌اند. اما می‌توان کل خوشه‌ها را نیز بر اساس وابستگی‌ها مقایسه کرد. برای نمونه جدول (۵)، مقایسه زوجی خوشه‌ها بر اساس کیفیت را نشان می‌دهد.

جدول ۳: مقایسه زوجی تأمین‌کنندگان بر اساس C_1

A_4	A_3	A_2	A_1	C_1
3	2	0.5	1	A_1
4	3	1	2	A_2
2	1	0.33	0.5	A_3
1	0.5	0.25	0.33	A_4

جدول ۴: مقایسه زوجی عناصر خوشه هزینه بر اساس T_3

C_3	C_2	C_1	T_3
2	0	1	C_1
0	1	0	C_2
1	0	0.5	C_3

جدول ۶: اطلاعات مربوط به سفارش‌ها

شماره سفارش	DD	P	Ct	PR	1	2	3	4
					PRs			
1	3	.2	100,000	100	10	20	10	15
2	5	.6	200,000	200	15	20	15	20

جدول ۷: پارامترهای مدل ریاضی ارائه شده

پارامتر	مقدار فرضی	پارامتر	مقدار فرضی	پارامتر	مقدار فرضی
CR_{rt}	۴۰ برای همه اندیس‌ها.	$PRSS_{qt}$	۱۰ برای همه اندیس‌ها.	UM'_{lq}	۱ برای همه اندیس‌ها.
CO_{rt}	۲۸ برای همه اندیس‌ها.	$PRSS'_t$	۱۰ برای همه اندیس‌ها.	UM''_{lq}	۱ برای همه اندیس‌ها.
CS_{rt}	۲۸ برای همه اندیس‌ها.	PHS_r	۰.۵ برای همه اندیس‌ها.	RSC_{ikr}	۲ برای همه اندیس‌ها.
PTO_r	۰.۱ برای همه اندیس‌ها.	PHS'_r	۰.۵ برای همه اندیس‌ها.	OSC_{ikr}	۲.۸ برای همه اندیس‌ها.
PTS_{qr}	۰.۱ برای همه اندیس‌ها.	RM_{lt}	۱۰ برای همه اندیس‌ها.	β_{rt}	۰.۰۵ برای همه اندیس‌ها.
Cr_{krt}	۵۰ برای همه اندیس‌ها.	RPM_{lt}	صفر.	$APTS_{qrt}$	۱۰ برای همه اندیس‌ها.
Co_{krt}	۵۰ برای همه اندیس‌ها.	RM'_{lt}	۱۰۰ برای همه اندیس‌ها.	OST_{ikr}	۰.۰۱ برای همه اندیس‌ها.
CS_{krt}	۵۰ برای همه اندیس‌ها.	RPM'_{lt}	صفر.	SS_{qt}	۱۰۰ برای همه اندیس‌ها.
UM_l	۱ برای همه اندیس‌ها.	RST_{ikr}	۰.۰۱ برای همه اندیس‌ها.	RSS_{qt}	صفر.
α_{rt}	۰.۰۱ برای همه اندیس‌ها.	$APTO_{rt}$	۱۰ برای همه اندیس‌ها.		

نظری آنچنان که شایسته است، مورد بررسی و ارزیابی قرار نگرفته‌اند. در میان تصمیماتی که در حوزه این سیستم‌ها بسیار مطرح است و در پیش گرفتن مناسب آن می‌توان تأثیر بسزایی در عملکرد این سیستم‌ها داشته باشد، چگونگی رد یا پذیرش سفارش‌هایی است که از سوی مشتریان، وارد این سیستم‌ها می‌شوند. از این رو، مقاله حاضر به دنبال توسعه رویکردی برای در پیش گرفتن سیاست رد یا پذیرش سفارش‌های ورودی در سیستمی است که در آن سه نوع محصول MTS، MTO و MTS/MTO تولید می‌شوند. با توجه به ادبیات موضوع مسئله ذکر شده و توجه‌کردن به جنبه تأمین‌کنندگان در این مسئله، مدل ارائه‌شده به ارزیابی و انتخاب تأمین‌کنندگان نیز می‌پردازد. همچنین در قالب ارزیابی‌های ارائه‌شده، امکان‌پذیری تولید سفارش‌ها با توجه به ظرفیت‌ها و موجودی مواد اولیه و نیمه‌ساخته مورد

جدول ۸: اولویت‌بندی نهایی تأمین‌کنندگان بر اساس روش

ANP			
ماتریس اولویتها	نام معیار	نرمال شده بر اساس خوشه‌ها	محدود شده
تأمین‌کنندگان	A1	0.024	0.188
	A2	0.053	0.412
	A3	0.035	0.273
	A4	0.016	0.127

۵. نتیجه‌گیری و پیشنهاد برای تحقیقات بعدی

سیستم‌های تولید ترکیبی MTS/MTO از جمله سیستم‌های تولیدی هستند که با وجود وسعت کاربرد و استفاده گسترده از آن‌ها در صنایع مختلف، در حوزه

می‌تواند تأثیر قابل توجهی بر عملکرد سیستم تولیدی مورد مطالعه داشته باشد. در نهایت، مدل ارائه شده در مدیریت ظرفیت در سطح کارگاه می‌تواند توسعه‌هایی را از جمله برنامه‌ریزی تولید برای محصولات *MTS* در برداشته باشد.

در مورد مدل برنامه‌ریزی ریاضی، استفاده از مدل چندهدفه به جای تک‌هدفه و رویکرد برنامه‌ریزی آرمانی برای حل آن می‌تواند برای توسعه مدل در تحقیقات بعدی مورد توجه باشد. نکته قابل توجه در مورد پیچیدگی حل مدل ریاضی ارائه شده این است که مدل در ابتدا غیر خطی و سپس با تبدیل اشاره شده خطی می‌شود، بنابراین در صورت بزرگ شدن مدل، امکان حل آن با الگوریتم‌های دقیق و نرم‌افزارهای موجود هست، ولی به دلیل وجود متغیرهای صفر و یک در مدل و عدد صحیح مختلط بودن مدل در صورت بالا رفتن زمان اجرای الگوریتم حل باید از الگوریتم‌های ابتکاری یا فراابتکاری استفاده شود.

تشکر و قدردانی

از حمایت مالی دانشگاه تهران از این تحقیق در قالب طرح پژوهشی شماره ۸۱۰۹۰۲/۱/۰۷ قدردانی می‌شود.

ارزیابی قرار می‌گیرد. علاوه بر این، یک مدل خطی عدد صحیح مختلط به منظور تعیین مجموعه‌ای از قیمت‌ها و موعدهای تحویل برای هر یک از سفارش‌ها توسعه داده شده است. در نهایت، نتایج عددی ارائه شده، امکان‌پذیری و چگونگی پیاده‌سازی مدل ارائه شده را اعتباربخشی می‌کند.

مدل ارائه شده برای تعیین زمان تحویل و قیمت محصولات، بدون در نظر گرفتن ضایعات تولید در نظر گرفته شده‌اند. همچنین سیستم تولیدی به صورت کار کارگاهی فقط برای محصولات *MTO* و *MTS/MTO* ترکیبی در نظر گرفته شده است. برای ادامه حوزه تحقیقاتی مورد بحث در این مقاله، نویسندگان چند پیشنهاد را در حوزه‌های تأمین‌کنندگان، برنامه‌ریزی موجودی و مدیریت ظرفیت ارائه می‌دهند. نخست، در نظر گرفتن معیارهای متفاوتی در ارزیابی تأمین‌کنندگان برای هر یک از گروه محصولات و سفارشات و تهیه برنامه خرید از تأمین‌کنندگان می‌تواند توسعه مناسبی بر مدل ارائه شده در بخش تأمین‌کنندگان باشد. از سوی دیگر، وجود محصولات متفاوت با سیاست‌های تولیدی گوناگون سبب جریان موجودی مواد خام، نیمه‌ساخته و نهایی در یک خط تولید مشترک می‌شود که مدیریت صحیح آن‌ها

مراجع

- 1- Dellaert, N.P. and Melo, M.T. (1996). "Production strategies for a stochastic lot-sizing problem with constant capacity." *Eur. J. Oper. Res.*, Vol. 9, PP. 281–301.
- 2- Holweg, M. and Pil. F.K. (2001). "Successful build-to-order strategies: start with the customer." *Sloan Manage. Rev.*, Vol. 42 (fall), PP. 74–83.
- 3- Lee, H.L. and Tang. C.S. (1997). "Modeling the cost and benefit of delayed differentiation." *Manage. Sci.*, Vol. 43, PP. 40–53.
- 4- Wikner, J. and Rudberg. M. (2005). "Integrating production and engineering perspective on the customer order decoupling point." *Int. J. Oper. Prod. Manage.*, Vol. 25, No. 7, PP. 623–641.
- 5- Soman, C.A., Van Donk, D.P. and Gaalman. G. (2004). "Combined make-to-order and make-to-stock in a food production system, *Int. J. Prod. Econ.*, Vol. 90, No. 2, PP. 223–235.
- 6- Hendry, L.C. and Kingsman. B.G. (1989). "Production planning systems and their applicability to make-to-order companies, *Eur. J. Oper. Res.*, Vol. 40, PP. 1–15.
- 7- Sridharan. S.V. (1998). "Managing capacity in tightly constrained systems." *Int. J. Prod. Econ.*, Vol. 56-57, PP. 601–610.
- 8- Balakrishnan, N., Sridharan, V. and Patterson, J.W. (1996). "Rationing capacity between two product classes." *Decision Sci.*, Vol. 27, No. 2, PP. 185–214.

- 9- Corti, D., Pozzetti, A. and Zorzini, M. (2006). "A capacity-driven approach to establish reliable due dates in a MTO environment." *Int. J. Prod. Econ.*, Vol. 104, PP. 536–554.
- 10- Hendry, L.C. and Kingsman, B.G. (1993). "Customer enquiry management: part of a hierarchical system to control lead times in make-to-order companies." *J. Oper. Res. Soc.*, Vol. 44, PP. 61–70.
- 11- Easton, F.F. and Moodie, D.R. (1999). "Pricing and lead time decision for make-to-order firms with contingent orders." *Eur. J. Oper. Res.*, Vol. 16, PP. 305–318.
- 12- Ashayeri, J. and Selen, W.J. (2001). "Order selection optimization in hybrid make-to-order and make-to-stock markets." *J. Oper. Res. Soc.*, Vol. 52, PP. 1098–1106.
- 13- Slotnick, S.A. and Morton, E. (2007). "Thomas order acceptance with weighted tardiness, *Comput. Oper. Res.*, Vol. 34, No. 10, PP. 3029–3042.
- 14- Rogers, P. and Nandi, A. (2007). "Judicious order acceptance and order release in make-to-order manufacturing systems." *Prod. Plan. Control.*, Vol. 18, No. 7, PP. 610–625.
- 15- Ebadian, M., Rabbani, M., Jolai, F., Torabi, S.A. and Tavakkoli-Moghaddam, R. (2008). "A new decision-making structure for the order entry stage in make-to-order environments." *Int. J. Prod. Econ.*, Vol. 111, No. 8, PP. 351–367.
- 16- Soman, C.A., Van Donk, D.P., and Gaalman, G. (2006). "Comparison of dynamic scheduling policies for hybrid make-to-order and make-to-stock production systems with stochastic demand." *International Journal of Production Economics*, Vol. 104, No. 2, PP. 441–453.
- 17- Rajagopalan, S. (2002). "Make to order or make to stock." models and application. *Management Science*. Vol. 48, No. 2, PP. 241–256.
- 18- Kalantari, M., Rabbani, M. and Ebadian, M. (2012). "A decision support system for order acceptance/rejection in hybrid MTS/MTO production systems." *Applied mathematical modeling*.
- 19- Rafiei, H. and Rabbani, M. (2012). "Capacity coordination in hybrid make-to-stock/make-to-order production environments." *International journal of production planning*, Vol. 50, No. 3, PP. 773–789.
- 20- Erdem, A.S. and Gosen, E. (2012). "Development of a decision support system for supplier evaluation and order allocation." *Expert systems with application*, Vol. 39, PP. 4927–4937.
- 21- Gencer, C. and Guřpinar, D. (2007). "Analytic network process in supplier selection: A case study in an electronic firm." *Applied Mathematical Modeling*, Vol. 31, PP. 2475–2486
- 22- Saaty, T. L. (1996). "Decision making with dependence and feedback: The analytic network process." Pittsburgh: RWS Publ.
- 23- Olson, D.L. (2004). "Comparison of weights in TOPSIS models", *Mathematical and Computer Modelling*, Vol. 40. No. 7-8, PP. 721-727.
- 24- Jahanshahloo, G.R., Hosseinzadeh Lotfi, F. and Izadikhah, M. (2006). "Extension of the TOPSIS method for decision-making problems with fuzzy data." *Appl. Math. Comput.*, Vol. 181, PP. 1544–1551.
- 25- Nagasawa, S. (1997). Application of fuzzy theory to value engineering. *Computers and Industrial Engineering*, Vol. 33, No. 3, PP. 565-568.
- 26- Bodily, S.E. and Weatherford, L.R. (1995). "Perishable-asset revenue management: Generic and multiple-price yield management with diversion." *Omega*, Vol. 23, Issue 2, PP. 173–185.

-
- 1- Make-To-Order (MTO)
 - 2- Make-To-Stock (MTS)
 - 3- Delayed Differentiation
 - 4- Order Penetration Point (OPP)
 - 5- Hierarchical Production Planning
 - 6- Work-In-Process (WIP)
 - 7- Rough-cut
 - 8- Total Backlog (TB)
 - 9- Planned Backlog (PB)
 - 10- Analytical Network Process (ANP)
 - 11- Frequency
 - 12- Reputation
 - 13- Latest Starting Time (LST)
 - 14- Due Date
 - 15- Flow Shop
 - 16- Job Shop
-

