طراحی زنجیره تأمین چابک با برنامه‌ریزی یکپارچه تولید، انتخاب سفارشات و قیمت‌گذاری

منصوری، فرزانه*[۱]، عباس نژاد، طیبه[۲]
۱. کارشناسی ارشد، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران.
۲. استاد یار گروه مدیریت صنعتی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران.
نویسنده مسئول مکاتبات: farzanmansouri97@gmail.com

چکیده

برآورد تقاضا، رویکرد جدیدی در مدیریت تقاضا و برنامه‌ریزی زنجیره تأمین می‌باشد و ترکیب آن با قیمت‌گذاری، ابزاری قدرتمند برای کنترل تقاضا در اختیار زنجیره تأمین قرار می‌دهد. این توانمندی می‌تواند در کنار یکپارچه‌سازی فرآیند برنامه‌ریزی تولید و توزیع و همچنین فرآیند انتخاب اعضای زنجیره، سود زنجیره را افزایش دهد. در این پژوهش با استفاده از رویکردهای انتخاب سفارش، برآورد تقاضا، و قیمت‌گذاری در کنار فرآیند برنامه‌ریزی تولید و فرآیند انتخاب اعضای زنجیره، توسعه‌ای بر مطالعات قبلی انجام گرفته در این زمینه صورت گرفته است. در این پژوهش یک مدل برنامه‌ریزی غیرخطی آمیخته با اعداد صحیح چند دوره‌ای ارائه می‌شود. هدف مدل ارائه شده ایجاد یک روش یکپارچه برای طراحی زنجیره تأمین چابک، برنامه‌ریزی تولید، انتخاب سفارش‌ها و قیمت‌گذاری است. با اجرای مدل توسط نرم‌افزار GAMS باتوجه به ظرفیت محدود تولیدکنندگان در پاسخگویی به همه تقاضاها و همچنین مقرون به صرفه نبودن پاسخ‌دهی به کل تقاضای مشتریان، در هر دوره از بین مجموعه‌ای از سفارش‌های بازارها، سودآورترین سفارش‌ها بر مبنای قیمت‌های فروش محصول به آن‌ها، انتخاب می‌شوند و با سیاست قیمت‌گذاری تقاضای سفارش‌های انتخاب شده در سطوح بهینه‌ای که سود زنجیره را بیشینه می‌کند تأمین می‌گردد. برنامه‌ریزی تولید و توزیع برای پاسخگویی به سطح تقاضای تعیین شده سفارش‌ها، ارائه می‌گردد.

واژگان کلیدی: زنجیره تأمین چابک، برنامه‌ریزی تولید، قیمت‌گذاری، انتخاب سفارشات.

۱. مقدمه

دنیای کسب‌وکار تحت‌شعاع سه واژه مشتری، رقابت و تغییر است، چابکی راه‌حلی برای مشکلات کسب‌وکار شرکت‌ها پیشنهاد شده است (Azar *et al*, 2011). با توجه به لزوم داشتن سرعت عمل و پاسخگویی به تغییرات روزافزون بازار و نیازهای مصرف‌کنندگان چابکی زنجیره تأمین ضرورت می‌یابد (Lou *et al*, 2004). مدیریت زنجیره‌تأمین چابک، روشی کلیدی برای رقابت‌پذیری، بهبود و بهینه‌سازی مدیریت زنجیره تأمین است تا به مدیریت زنجیره‌تامین یکپارچه، خودکار و چابک و همچنین به کاهش هزینه‌ها در زنجیره‌تامین، دست‌یابند (Lou *et al*, 2004). مشخصه کلیدی سازمان چابک انعطاف‌پذیری است، انعطاف‌پذیری به‌معنای تغییرپذیری ساختاری و عملکردی به منظور سازگاری با محیط و تغییرات آن در موقعیت‌های متفاوت است (Vazquez-Bustelo *et al*, 2007). هدف از مدیریت زنجیره‌تأمین چابک تولید محصولات مناسب به مقدار مناسب در زمان مناسب با کمترین هزینه است (Charles, 2010).

چالز قابلیت‌هایی از زنجیره‌های تأمین که آنها را قادر به توسعه چابکی‌شان می‌کند را بدین صورت بیان می‌کند: انعطاف‌پذیری در حجم، انعطاف‌پذیری در تحویل، انعطاف‌پذیری ترکیبی، انعطاف‌پذیری در تولید، واکنش‌پذیری، سرعت (توانایی پوشش دهی سریع نیازها)، پایداری، قابلیت اطمینان، کامل بودن (توانایی تحقق بخشیدن به اهداف) (Charles, 2010). هر یک از این قابلیت‌ها می‌تواند در سطوح مختلف و بین بخش‌های مختلف یک زنجیره مورد توجه قرار گیرد و به‌علاوه هر کدام از این قابلیت‌ها در موقعیت‌های مختلف زنجیره تأمین دارای مفاهیم و تعاریف خاص خود می‌باشند. به عنوان مثال، انعطاف‌پذیری در بخش تولید می‌تواند در قالب

سفارشی‌سازی تولید، طراحی محصولات براساس سفارشات و تغییرات، ظاهر شود (Grigore, 2007). انعطاف پذیری به معنای قدرت پاسخگویی یا انطباق با تغییرات تقاضا است که در مسائل مختلف به شکل‌های متفاوتی بیان شده‌است (Esmaeilikia *et al*, 2014). می‌توان انعطاف‌پذیری را در قالب وابستگی تقاضا به قیمت و کیفیت نیز تعریف کرد زیرا با تغییرات قیمت فروش محصول به هر دلیل (تورم، رقابت و ....) و همچنین تغییرات کیفیت در دوره‌های مختلف، میزان تقاضا تغییر خواهد کرد، و باید بتوان این تغییر تقاضا را مدیریت کرد. در مسائل و مدل‌های ریاضی، انعطاف پذیری معمولاً به برآورده کردن و پاسخگویی به موارد زیر مورد توجه قرار می‌گیرد: زمان (تولید، مونتاژ و ...)، تعداد و تنوع محصولات با طراحی‌های مختلف، مواد اولیه، دوره‌های کاری (روزانه، هفتگی، ماهانه و ...) (Esmaeilikia *et al*, 2014).

با افزایش رقابت جهانی و کاهش در سود، بسیاری از شرکت‌ها، به ویژه شرکت‌های چند ملیّتی مجبور به تغییر استراتژی‌های عملیاتی خود شدند تا بتوانند سهم خود را از بازار حفظ کرده یا توسعه داده و سود خود را افزایش دهند. ازجملهٔ این استراتژی‌ها استفاده از سیستم‌های ساخت برای سفارش است. در تولید سنتی (ساخت برای ذخیره)، یک محصول تولید شده و ذخیره می‌شود تا زمانی که به فروش برسد. اما در سیستم ساخت برای سفارش، تنها بعد از دریافت سفارش ساخت، تولید صورت می‌گیرد. در سیستم‌های تولیدی ساخت برای سفارش، هدف ارضای سریع تغییرات تقاضای مشتری است. مدیریت زنجیره‌های تأمین درسیستم ساخت برای سفارش به صورت "ایجاد زنجیره ارزشی که محصولات یا خدمات با کیفیت بر اساس نیازهای مشتریان مجزّا یا گروه‌های مشتری در قیمت‌های رقابتی تولید می‌کنند" تعریف می‌شود (Olhager & Ostlund, 1990).

انتخاب سفارش بازار، رویکرد جدیدی در مدیریت تقاضا و برنامه‌ریزی زنجیره تأمین است و ترکیب آن با قیمت‌گذاری، ابزاری قدرتمند برای کنترل تقاضا در اختیار زنجیره تأمین قرار می‌دهد (Joseph & Retsef, 2011). این توانمندی در کنار برنامه‌ریزی تولید، می‌تواند سود زنجیره را افزایش دهد (Rajabzadeh *et al*, 2015). در مسئله انتخاب بهترین سفارش بازارها، از بین سفارش‌های بازارها، زیرمجموعه‌ای از سفارش‌ها برای عرضه محصولات زنجیره انتخاب می‌شود و به عبارتی یک "سبد تقاضا" یا "سهام تقاضا" برای زنجیره تعیین می‌شود (Taaffe *et al*, 2008). تقاضا در این بازارها می‌تواند قطعی یا غیر قطعی (از نوع احتمالی یا فازی) و ثابت یا متغیر نسبت به زمان در یک افق برنامه‌ریزی تعریف شود. تحت شرایط بازارهای رقابتی و رشد تقاضا و با وجود ظرفیت‌های محدود تولیدی، الزامی بر تأمین همه تقاضاها توسط زنجیره، وجود ندارد (Romeijn, 2007). بنابراین بنا به نظر رومین[1] (۲۰۰۷)، تولیدکننده باید بتواند با استفاده از اهرم‌هایی سطح تقاضاها و در نتیجه سطح تولید خود را کنترل و مدیریت کند. سه اهرم مناسب در مدیریت تقاضا عبارتند از: ویژگی‌های بازاریابی (از قبیل قیمت‌گذاری، سطح خدمات، ضمانت نامه‌ها، کیفیت، تبلیغات)، انتخاب بازار (سفارش)، بازاریابی.

در مدل ارائه شده در این پژوهش با استفاده از اهرم قیمت‌گذاری سطح تقاضاها و در نتیجه سطح تولید زنجیره کنترل و مدیریت می‌شود. در این پژوهش با استفاده از رویکردهای انتخاب سفارش، برآورد تقاضا، و قیمت‌گذاری در کنار فرآیند برنامه‌ریزی تولید و فرآیند انتخاب اعضای زنجیره، توسعه‌ای بر مطالعات قبلی انجام گرفته در این زمینه صورت گرفته است. بنابراین در یک تصمیم‌گیری یکپارچه سفارش‌های بازارها انتخاب می‌شوند، و قیمت فروش محصول در هر بازار و به دنبال آن برآوردی از مقدار بهینه‌ی تقاضای هر سفارش مشخص می‌شود. برنامه‌ریزی تولید و توزیع برای تأمین سفارش‌های انتخاب شده براساس سطوح بهینه‌ی تعیین شده آنها، انجام می‌شود. به میزان سطح بهینه‌ی تعیین شده هر سفارش، محصول به بازار جهت تأمین سفارش انتخاب شده، عرضه می‌شود. در مدل ارائه شده،

[1] Romeijn

اعضای زنجیره نیز تعیین می‌شوند. سفارشی‌سازی تولید، افزایش ارزش مشتری، ارائه محصولات مشتی مدار، حفظ و رشد رابطه با مشتری، طراحی محصولات بر اساس سفارشات و تغییرات بازار، از دیگر ویژگی‌های این مدل می‌باشد.

ادامه این تحقیق به این ترتیب است. در بخش ۲ مروری بر کارهای انجام شده در این زمینه خواهد شد. سپس در بخش ۳ روش پژوهش. در بخش ٤ با معرفی مسئله تعریف شده در این پژوهش، مدل ریاضی آن ارائه داده خواهد شد و پیچیدگی مدل و اعتبار مدل مورد بحث قرار خواهند گرفت. در ادامه و در بخش ٥ یک مثال کاربردی ارائه خواهد شد و به بررسی محاسباتی مدل پرداخته خواهد شد. در انتها و در بخش ٦ پس از جمع‌بندی، نتایج کسب شده در این تحقیق مورد بحث قرار خواهد گرفت.

۲. مبانی نظری و مروری بر مطالعات گذشته

چابکی زنجیره تأمین توانایی یک زنجیره برای درک و پاسخگویی سریع به تغییرات بازارهای بی‌ثبات و خواسته‌های متغییر مشتریان، می‌باشد (Tandler, 2013). مفهوم چابکی شامل دو عامل اصلی و اساسی می‌شود؛ عامل اول، پاسخ به تغییرات (پیش بینی شده و پیش بینی نشده) به بهترین شیوه‌ی ممکن در زمان مناسب، عامل دوم استفاده از تغییرات و بهره‌برداری از آنها جهت ارائه محصولات نوآورانه به‌عنوان فرصت می‌باشد (Ming *et al*, 2007). عناصر زنجیره تأمین چابک باید به نحوی هماهنگ شوند که علاوه بر ایجاد مزیّت رقابتی برای شرکت‌های درگیر، محصول نهایی را با کیفیت مطلوب، قابلیت اطمینان بالا و کمترین هزینه به دست مشتری برسانند (Abbasi *et al*, 2014). دو تفاوت بین زنجیره تأمین چابک و زنجیره تأمین عمومی وجود دارد که عبارتنداز سرعت و انعطاف‌پذیری، سرعت به معنای توانایی یک زنجیره تأمین برای پاسخ سریع به تغییر در نیازهای مشتریان است، و انعطاف‌پذیری، توانایی سیستم برای برآوردن انتظارات گوناگون در حال افزایش مشتری در کمترین زمان، هزینه، زیان عملکردی و اختلالات سازمانی است (Costantino *et al*, 2012).

۲-۱. مدل‌های طراحی زنجیره تأمین

اسماعیل کیا و همکاران برای برنامه‌ریزی زنجیره تأمین در سطح تاکتیکی مدلی از نوع برنامه‌ریزی غیر خطی عدد صحیح ارائه می‌دهد (Esmaeilikia *et al*, 2014). در مدل ارائه شده توسط آنها ابعاد مختلف انعطاف‌پذیری (حجم، تحویل، تصمیم عملیاتی، نگهداری، فرآیندها، لجستیک و..) بصورت محدودیت‌هایی به مدل اضافه شده است. فکور در تحقیقی به معرفی روش اندازه گیری انعطاف پذیری براساس تئوری سیستم‌های خاکستری می‌پردازد (Fakoor, 2016). برای این منظور انعطاف‌پذیری شرکت خودروسازی آلفا که در صنعت خودرو ایران فعالیت می‌کند، اندازه گیری شده است. نتایج تحقیق گویای آن است که مشکلات بخش توزیع و محدودیت‌های منبع یابی جدی‌ترین نقاط آسیب-پذیری هستند که شرکت خودروسازی آلفا را تهدید می‌کنند. بنابراین شرکت باید با انتخاب مجموعه‌ای مناسب از توانمندی‌ها، جهت بهبود انعطاف پذیری خود برنامه‌ریزی نماید. همچنین اثربخشی، انعطاف‌پذیری در تأمین و انعطاف‌پذیری دراجرای سفارش به عنوان سه توانمندی مهم شرکت خودروسازی آلفا شناسایی شدند. آذر و همکاران در تحقیقی یک مدل ریاضی یکپارچه برای طراحی زنجیره تامین حلقه بسته ارائه دادند، که شامل دو مرحله است. در مرحله اول، چارچوبی برای معیار انتخاب تأمین کننده و پیمانکار در زنجیره‌های معکوس پیشنهاد می‌شود (Azar *et al*, 2016). به‌علاوه از روش فازی برای ارزیابی آنها براساس معیارهای کمی و کیفی استفاده شده است. خروجی این مرحله ارزش هر یک از تامین کننده‌ها و پیمانکارها برحسب قطعات است. در مرحله دوم یک برنامه‌ریزی خطی چند هدفه عدد صحیح مختلط چند دوره‌ای ارائه شده است، به طوری که انتخاب تأمین کننده‌ها و تخصیص کالا به آن‌ها، انتخاب پیمانکارها و تخصیص کالا به آنها و تعداد بهینه قطعات و محصولات را تعیین می‌کند. پن و نگی یک مدل یکپارچه چند هدفه جهت بهینه‌سازی تصمیمات زنجیره

عرضه چابک در شرایط عدم قطعیت تقاضا ارائه داده‌اند (Pan, F., & Nagi, 2013). آنها در مدل خود به برنامه‌ریزی در سطح استراتژیک پرداخته‌اند. در سطح استراتژیک، هدف مدل ارائه شده‌ی آنها حداقل سازی هزینه‌های لجستیک و تولید از طریق انتخاب مناسب‌ترین شرکت‌کنندگان در هر یک از مراحل فرآیند تولید، می‌باشد. کاستن‌تینو[۲] و همکارانش، برای مدلسازی یک زنجیره عرضه با سیستم تولیدی چابک مدل برنامه‌ریزی صفر و یکی ارائه داده‌اند (Costantino *et al*, 2012). در مدل ارائه شده توسط آنها برای کلیه مسیرهای ارتباطی بین اعضای زنجیره، شاخص‌هایی مانند قیمت خرید محصول از آن مسیر، کیفیت محصول ارائه شده آن مسیر، قابلیت اطمینان و زمان حمل‌ونقل در آن مسیر ارتباطی، اختصاص داده شده است. در مدل ارائه شده توسط آنها هدف، انتخاب زیرمجموعه‌ای از مسیرهای ارتباطی موجود می‌باشد، برای به حداکثر رساندن بهینگی شاخص‌های عملکرد. پن و نگی برای طراحی زنجیره تأمین با سیستم تولید چابک مدل از نوع اعداد صحیح مختلط، ارائه داده‌اند (Pan & Nagi, 2010). مدل ارائه شده توسط آنها به دنبال به حداقل رساندن هزینه‌های ایجاد هماهنگی بین شرکت‌ها، تولید، ضایعات، نگهداری و حمل‌ونقل می‌باشد. محدودیت‌های این مدل شامل محدودیت‌های تولید و توزیع می‌باشند. آنها همچنین جهت حل مدل یک الگوریتم ساده‌سازی‌های لاگرانژی ارائه داده‌اند. عباسی و همکاران یک مدل برنامه‌ریزی خطی جهت طراحی یک زنجیره تأمین چابک ارائه داده‌اند (Abbasi *et al*, 2014). در مدل ارائه شده توسط آنها قابلیت‌های کلیدی زنجیره تأمین چابک از جمله سفارشی‌سازی، برون سپاری، انعطاف‌پذیری در سیستم حمل و نقل، تخفیف، اتحاد (یکپارچه‌سازی فرآیند و اطلاعات) به مدل افزوده شده است. این مدل جامع می‌تواند در طراحی شبکه زنجیره تأمین چابک در محیط‌های رقابتی، بکار گرفته شود.

۲-۲. مدل‌های مدیریت تقاضا و قیمت‌گذاری

قیمت‌گذاری توسط تولیدکننده، یک اهرم مناسب برای مدیریت تقاضا می‌باشد (Deng & Yano, 2006). در مسائل واقعی با وجود تنوع و رقابت شرکت‌های تولیدی یا ارائه‌دهنده خدمات، مشتری حق انتخاب محصول مورد نظر خود از بین محصولات مشابه تولیدشده توسط تولیدکنندگان مختلف را دارد. بنابراین تقاضای محصول تحت تأثیر عوامل متعددی می‌تواند تغییر کند. یکی از این عوامل قیمت است که تغییرات آن با فرض یکسان بودن دیگر پارامترها در محصولات مشابه، می‌تواند موجب نوسان در سطح تقاضاها گردد (Merzifonluoglu & Geunes, 2004). حتی در شرایط بازارهای تک انحصاری نیز این نوسانات به دلیل نقش قیمت در جذابیت محصول، محسوس می‌باشد. معمولاً یک تولیدکننده از بازارهای مختلف تقاضای متعددی دریافت می‌کند لزومی به تحمیل فشار بر تولیدکننده برای برآوردن همه تقاضاها نیست و باتوجه به ظرفیت محدود تولیدکننده در پاسخگویی به تقاضاها، مدل‌هایی برای انتخاب سفارش و تعیین مقدار بهینه سفارش توسط قیمت‌گذاری، ارائه می‌شود (خسروآبادی و همکاران، ۱۳۹۲؛ فاروقی و اشرفی فشی، ۱۳۹۶؛ Geunes, 2007). در مدل‌های مورد مطالعه گونش و همکارانش (۲۰۰۷، ۲۰۰۸) برنامه‌ریزی تولید و قیمت‌گذاری در قالب انتخاب سفارش انجام شده است (Geunes, 2007; Bakal *et al*, 2008). مرزیفونلوگلو و گونش (۲۰۰۷) مدلی برای برنامه‌ریزی احتیاجات تولیدکننده ارائه کرده‌اند، که درآن تولیدکننده ازبین سفارش‌های دریافت شده مجموعه‌ای را انتخاب نموده و تأمین می‌کند. در این مدل برای پاسخگویی به تقاضای سفارش‌های انتخاب شده برنامه‌ریزی احتیاجات را انجام می‌شود. باکال و همکارانش (۲۰۰۸) با این فرض که یک مدل برنامه‌ریزی موجودی به جای داشتن یک تقاضای مشخص قطعی یا احتمالی، می‌تواند چندین تقاضا از بازارهای مختلف داشته باشد، یک مدل بهینه‌سازی ترکیبی غیرخطی با رویکرد انتخاب بازار ارائه دادند. آن‌ها به منظور کنترل تقاضاها که به قیمت پیشنهادی نیز حساس هستند، دو استراتژی "یک قیمت برای همه بازارها" و "قیمت اختصاصی برای هر بازار" را مورد مطالعه قرار داده

وشرایط بهینگی هر استراتژی همراه با الگوریتم‌هایی کارا برای حل آن‌ها ارائه کرده‌اند. همچنین آنها تأثیر تغییرات یک بازار بر قیمت دیگر بازارها را نیز تحلیل کردند.

مهم‌ترین قابلیت‌های زنجیره تأمین چابک عبارتند از ایجاد مزیت رقابتی قابل اتکا و پایدار، یکپارچگی فرآیندها، حساسیت و پاسخگویی به بازار، کاهش عدم قطعیت در طول زنجیره، انعطاف‌پذیری، بهبود کیفیت، افزایش تعدد معرفی محصولات نوآورانه (محصولات جدید)، همسان‌سازی عرضه و تقاضا، واستفاده از تکنولوژی (Shahbandarzadeh *et al*, 2013). در مدل ارائه شده در این پژوهش طراحی محصولات بر اساس سفارشات و تغییرات بازار انجام می‌شود که این قابلیت را سفارشی‌سازی تولید می‌نامند که باعث افزایش ارزش مشتری، ارائه محصولات مشتی مدار، حفظ و رشد رابطه با مشتری، انعطاف‌پذیری، تعدد معرفی محصولات نوآورانه (محصولات جدید)، همسان‌سازی عرضه و تقاضا، می‌شود (Ming *et al*, 2007). در این مدل مشتریان محصولات مورد نیاز خود را با طراحی دلخواه در سطح کیفیت مد نظر خود، سفارش می‌دهند که این قابلیت را انعطاف‌پذیری در تولید می‌نامند (Esmaeilikia *et al*, 2014). مدل ارائه شده نسبت به تغییرات بازار و نیازهای مشتریان حساس می‌باشد و به‌سرعت واکنش نشان می‌دهد. ایجاد زیرساخت‌های مناسب برای تشویق نوآوری در کمترین زمان و ارائه محصولات مشتری مدار، همچنین ایجاد امکان دست یابی آنی به اطلاعات تقاضاها، پیشنهادات مشتریان و تغییرات بازار، و نگهداری این اطلاعات در بایگانی جهت استفاده طراحان و متخصصان در ارائه و تولید محصولات جدید، از اهداف فرعی این مدل است.

۳. تعریف و مدل سازی مسئله

در دنیای رقابتی امروز، حتی اگر بازارها تک انحصاری هم باشند، پارامترهای زیادی مانند بازاریابی و قیمت هستند که میزان تقاضا را تحت تأثیر قرار می‌دهند. زنجیره تأمین باید بتواند با قیمت‌گذاری مناسب سطح بهینه‌ای از تقاضا را برای بهبود درآمد تعیین نماید. بنابراین، زنجیره تأمین باید هم‌زمان، سطح بهینه تقاضا را با اهرم قیمت‌گذاری و توابعی که تخمین می‌زند، تعیین نماید، و برای پاسخگویی به این تقاضای تعیین شده با کمترین هزینه برنامه‌ریزی کند تا در نهایت سود خود را بیشینه نماید. این مدل‌ها تحت عنوان مدل‌های برنامه‌ریزی تولید با تقاضاهای وابسته به قیمت مطرح می‌شوند. رویکرد دیگری نیز به مدیریت تقاضا وجود دارد که در آن با توجه به تعدّد سفارش‌های بازارها، باید سودآورترین سفارش‌ها انتخاب شده و سیاست تولیدی برآوردن این سفارش‌ها تعیین شود. ترکیب این دو رویکرد جهت مدیریت تقاضا، باعث بهبود عملکرد زنجیره تأمین چابک می‌شود (Rajabzadeh *et al*, 2015). در این مقاله با مرور کلی برخی مطالعات اصلی و کلیدی صورت گرفته در حوزه مسائل برنامه‌ریزی توأم تقاضا و تولید، و مسائل طراحی زنجیره تأمین چابک، توسعه‌ای بر برخی مدل‌های مورد بحث در مطالعات پیشین است. در این پژوهش، مدل یکپارچه انتخاب سفارش بازارها، قیمت‌گذاری و برنامه‌ریزی تولید و توزیع ارائه شده‌است.

در مدل ارائه شده در این پژوهش فرض بر این است که، تولیدکنندگان زنجیره محصولات متنوعی با طراحی مختلفدر چندین سطح کیفیت، تولید می‌کنند. مشتریان محصولات مورد نظر خود را با طراحی دلخواه در سطح کیفیتی مدنظر خود سفارش می‌دهند. طراحی محصولات بر اساس سفارشات، نیازهای مشتریان و همچنین تغییرات بازار انجام می‌شود. زنجیره در دوره‌های مختلف دارای سفارش‌های متنوعی از بازارهای مختلف است، تقاضای اولیه هر یک از این بازارها ثابت است. با توجه به ظرفیت محدود تولیدکنندگان در پاسخگویی به همه تقاضاها و همچنین مقرون به صرفه نبودن پاسخ‌دهی به کل تقاضای بازارها، سودآورترین سفارش‌ها بر مبنای قیمت‌های فروش محصول در آنها انتخاب می‌شوند، وسیاست تولیدی برآوردن سفارش‌های انتخاب شده تعیین می‌گردد. سطح بهینه‌ی تقاضای هر یک از سفارش‌های انتخاب شده با استفاده از قیمت‌گذاری تعیین می‌شود همان میزان محصول به مشتری ارائه می‌شود، جهت به حداکثر رساندن سود زنجیره.

برنامه‌ریزی تولید و توزیع در قالب تعیین مقدار بهینه‌ی تقاضای سفارش‌های انتخاب شده از طریق قیمت‌گذاری انجام می‌شود بنابراین در یک تصمیم‌گیری یکپارچه با انتخاب سفارش بازارها، قیمت فروش محصول در هر بازار و به دنبال آن، برآوردی از تقاضای هر سفارش تعیین می‌شود و سیاست تولید و توزیع مشخص می‌شود. مناسب‌ترین تولیدکنندگان، توزیع‌کنندگان با استفاده از محدودیت‌هایی که برای طراحی زنجیره تأمین در این مدل تعریف شده است، انتخاب می‌شوند.

فرض بر این است که اگر سفارش بازاری انتخاب شود، باید تقاضای آن در سطوح بهینه‌ای که سود زنجیره را بیشینه می‌کند تأمین گردد. هزینه‌های مدل ارائه شده شامل هزینه‌های متغیر تولید، هزینه‌های راه‌اندازی تولید در هر دوره از افق برنامه‌ریزی، هزینه‌های نگهداری همچون بیشتر مدل‌های برنامه‌ریزی تولید تابعی خطی از موجودی پایان هر دوره است، هزینه‌های ضایعات که به علت محصولات فاقد کیفیت بازگشتی ایجاد می‌شوند، هزینه‌های ایجاد هماهنگی و هزینه‌های لجستیکی ناشی از توزیع، می‌باشد. همچنین این مدل، با محدودیت ظرفیت تولید، نگهداری، توزیع و انتقال در افق برنامه‌ریزی مواجه است.

تابع درآمد هر دوره تابعی مقعر از قیمت برآورده شده در آن دوره می‌باشد، که یک نقطه بهینه دارد و قیمت بیشتر از آن نمی‌تواند درآمد بیشتری به همراه داشته باشد. چرا که از نقطه‌ای به بعد افزایش قیمت و در نتیجه افزایش تقاضای برآورد شده مشتریان و تولید بیشتر، افزایش درآمد فروش به همراه ندارد و تنها هزینه تولید وجود دارد و سود افزایش نمی‌یابد. درآمد در این مدل، عبارت از درآمد حاصل از فروش به بازارهای انتخابی در دوره‌های مختلف است. در این مدل، کمبود مجاز نیست و سفارش عقب افتاده نداریم. با این تفاسیر، پیش فرض‌های مدل مورد بحث به شرح زیر است:

۱-۳. پیش فرض‌های اصلی مسئله

برای طراحی زنجیره تأمین چابک، یک زنجیره سه سطحی در نظر گرفته شده است که شامل تولید کننده‌گان، توزیع کننده‌گان و بازارهای بالقوه که مشتریان زنجیره محسوب می‌شوند، می‌باشد.

- محصولات متفاوت با طراحی مورد نظر مشتریان در سطوح کیفیتی مختلف تولید می‌شوند.
- طراحی محصولات بر اساس سفارشات، نیازهای مشتریان و همچنین تغییرات بازار انجام می‌شود.
- تولیدکننده‌گان و توزیع‌کنندگان دارای محدودیت تولید، توزیع و ذخیره‌سازی می‌باشند.
- تقاضای بازارها قطعی و وابسته به قیمت پیشنهادی زنجیره به آنها است و تقاضاها توابعی کاهشی و پیوسته از قیمت هستند.
- هزینه‌های این مدل شامل هزینه‌های ثابت راه‌اندازی، تولید، هزینه‌های ارزش افزوده (مانند هزینه‌های بسته‌بندی، تبلیغات و ....)، هزینه‌های ضایعات، هزینه‌های ایجاد هماهنگی و هزینه‌های لجستیک است.
- محصولات هر شرکت تولیدی دارای درصدی از ضایعات می‌باشد که باعث ایجاد هزینه محصولات فاقد کیفیت برای زنجیره می‌شود، مدل به دنبال به حداقل رساندن هزینه‌ی ضایعات نیز می‌باشد.
- هزینه‌ی ایجاد هماهنگی بین اعضای زنجیره و هزینه‌ی ثابت راه‌اندازی اعضا تنها در ابتدای هر افق برنامه‌ریزی اعمال می‌شود.
- تابع درآمد فروش، مقعر و غیرکاهشی فرض شده‌است و تابع هزینه می‌تواند خطی باشد (همانند مسائل واقعی).

با این فرضیات، سناریوی ارائه شده به شرح زیراست:

فرض بر این است زنجیره در دوره‌های مختلف دارای سفارش‌های متنوع از بازارهای مختلف است، که هرکدام از سفارش‌های بازارها بر مبنای قیمت‌های فروش محصول به آنها، انتخاب می‌شود، و سپس در هر دوره با سیاست قیمت‌گذاری تقاضای آنها در سطوح بهینه‌ای که سود زنجیره را بیشینه می‌کند تأمین می‌گردد و همچنین بهترین برنامه تولید و توزیع برای پاسخگویی به سطح تقاضای تعیین شده سفارشات انتخاب شده، ارائه می‌شود.

• **تابع هدف**

بیشینه‌سازی سود

۲-۳. اندیس‌های بکار رفته در این مدل عبارتند از:

محصولات تولید شده: $p \in P$

شرکت تولیدکننده: $i \epsilon I$

مرکز توزیع: $j \epsilon J$

بازارهای بالقوه / مشتری زنجیره: $c \epsilon C$

دوره زمانی: $t \in T$

سطوح کیفیت محصولات: $q \epsilon Q$

طراحی محصول: $d \epsilon D$

۳-۳. پارامترهای این مدل عبارتند از:

FP_{pi}: هزینه ثابت راه‌اندازی شرکت تولیدی i جهت تولید محصول p

FD_j: هزینه ثابت راه‌اندازی مرکز توزیع j

f_{ij}: هزینه ثابت ایجاد توافق بین شرکت تولیدی i و مرکز توزیع j

f'_{jc}: هزینه ثابت ایجاد توافق بین مرکز توزیع j و بازار بالقوه c.

MC_{pdqit}: هزینه تولید هر واحد محصول p با طراحی d در سطح کیفیت q تولید شده توسط شرکت تولیدی i در دوره t.

MC'_{pdqjt}: هزینه ایجاد ارزش افزوده برروی هر واحد محصول p با طراحی d در سطح کیفیت q در مرکز توزیع j در دوره t.

TR_{ijt}: هزینه انتقال از شرکت تولیدی i به مرکز توزیع j در دوره t.

WC_{jct}: هزینه توزیع محصول از مرکز توزیع j به بازار (مشتری زنجیره) c در دوره t.

S'_{pjt}: هزینه ذخیره‌سازی هر واحد محصول p در مرکز توزیع j در دوره t.

RC_{pdqit}: هزینه ضایعات برای هر واحد محصول p با طراحی d در سطح کیفیت q در دوره t.

W'_{pjt}: حداکثر ظرفیت ذخیره‌سازی (نگهداری) محصول p در انبار مرکز توزیع j در دوره t.

$\emptyset_{pdqit}$: حداکثر ظرفیت تولیدی شرکت‌های تولیدی i برای تولید محصول p با طراحی d در سطح کیفیت q در دوره t.

$\emptyset'_{pjt}$: حداکثر ظرفیت مرکز توزیع j برای محصول p در دوره t.

φ_{pit}: حداکثر ظرفیت انتقال شرکت تولیدی i برای انتقال محصول p به مراکز توزیع در دوره t.

φ'_{ijt}: حداکثر ظرفیت انتقال شرکت تولیدی i برای انتقال محصول به مرکز توزیع j در دوره t.

φ''_{jct}: حداکثر ظرفیت توزیع مرکز توزیع j برای توزیع محصول به بازار (مشتری زنجیره) c در دوره t.

δ_{pdqit}: درصد ضایعات محصول p با طراحی d در سطح کیفیت q در دوره t.

β_{pdqct}: ثابت مثبت (ضریب یا نرخ کاهش تقاضا با افزایش قیمت در دوره t).

D°_{pdqct}: تقاضای اولیه برای محصول p با طراحی d در سطح کیفیت q در سفارش بازار c در دوره t.

٤-٣. متغیرهای تصمیم

متغیرهای تصمیم این مدل شامل دو دسته متغیر هستند:

متغیرهای صفر و یک:

انتخاب بازارهای هدف، تولیدکنندگان و توزیع‌کنندگان:

G_{pi}: در صورتی که شرکت تولیدی i موجود در ستون تولیدکنندگان برای تولید محصول p اختصاص یافته باشد مقدار یک می‌پذیرد، در غیر این صورت مقدار آن صفر است.

G'_j: در صورتی که مرکز توزیع j در ستون توزیع‌کنندگان عضو شبکه باشد مقدار یک می‌پذیرد، در غیر این صورت مقدار آن صفر است.

G''_{ij}: در صورتی که توافقی بین شرکت تولیدی i و مرکز توزیع j جهت انتقال محصول صورت بگیرد و محصول منقل شود مقدار یک می‌پذیرد، در غیر این صورت مقدار آن صفر است.

G''''_{pdqc}: در صورتی که سفارش بازار c برای محصول p با طراحی d در سطح کیفیت q انتخاب شود، مقدار یک می‌پذیرد، در غیر این صورت مقدار آن صفر است.

G'''_{jc}: در صورتی که مرکز توزیع j محصولی به بازار c ارائه دهد، مقدار یک می‌پذیرد در غیر این صورت مقدار آن صفر است.

متغیرهای پیوسته غیر منفی:

قیمت فروش هر واحد محصول p با طراحی d در سطح کیفیت q به بازار c در دوره t: P_{pdqct} ها

مقدار تقاضای برآورد شده سفارش بازار c برای محصول p با طراحی d در سطح کیفیت q در دوره t (سطح بهینهٔ تقاضای هر سفارش در هر دوره): $D_{pdqct}(P_{pdqct})$ ها.

میزان تولید محصول p با طراحی d در سطح کیفیت q در شرکت تولیدی i در دوره t (اندازهٔ اقتصادی انباشته‌های تولیدی): A_{pdqit} ها.

میزان محصول p با طراحی d در سطح کیفیت q ذخیره‌شده در مرکز توزیع j در دوره t: X'_{pdqjt} ها.

میزان محصول p با طراحی d در سطح کیفیت q که در دوره t از شرکت تولیدی i به مرکز توزیع j منقل می‌شود: Y_{pdqijt} ها.

میزان محصول p با طراحی d در سطح کیفیت q که در دوره t از مرکز توزیع j به بازار c توزیع می‌شود: Y'_{pdqjct} ها.

درآمد کل زنجیره در افق برنامه‌ریزی تعیین شده: REV.

هزینه تولید زنجیره در افق برنامه‌ریزی تعیین شده: PC.

هزینه‌های حمل‌ونقل محصولات از شرکت‌های تولیدی i به مراکز توزیع j، هزینه‌های توزیع محصولات از مراکز توزیع j به بازارهای c و هزینه‌های ایجاد ارزش افزوده در مراکز توزیع j در افق برنامه‌ریزی تعیین شده: TCD.

هزینه‌های ذخیره‌سازی (نگهداری) زنجیره در افق برنامه‌ریزی تعیین شده: SC

هزینه ضایعاتTRC.

۵-۳. مدلسازی مسئله

$$Max\ Z = Revenue\,(REV) - Total\ cost\,(TC)$$

$$REV = \sum_{p\epsilon P}\sum_{d\epsilon D}\sum_{q\epsilon Q}\sum_{c\epsilon C}\sum_{t\epsilon T} P_{pdqct}\ .D_{pdqct}\ (P_{pdqct})$$

$$TC\ = PC + SC + TCD + TRC$$

Constraints:

$$G''_{ij} \le \sum_{p\epsilon P} G_{pi} \qquad \forall\, i,j \qquad (1)$$

$$G''_{ij} \le G'_{j} \qquad \forall\, i,j \qquad (2)$$

$$\sum_{j\epsilon J} G''_{ij} \ge G_{pi} \qquad \forall i,p \qquad (3)$$

$$\sum_{i\epsilon I} G_{ij}'' \ge G'_{j} \qquad \forall j \qquad (4)$$

$$G'''_{jc} \le G'_{j} \qquad \forall c,j \qquad (5)$$

$$G'''_{jc} \le \sum_{p\epsilon P}\sum_{d\epsilon D}\sum_{q\epsilon Q} G''''_{pdqc} \qquad \forall \mathrm{j,c} \qquad (6)$$

$$\sum_{c\epsilon C} G'''_{jc} \ge G'_{j} \qquad \forall j \qquad (7)$$

$$\sum_{j\epsilon J} G'''_{jc} \ge G''''_{pdqc} \qquad \forall p,q,c \qquad (8)$$

$$A_{pdqit} \le \emptyset_{pdqit}\ .G_{pi} \qquad \forall\, \mathrm{p,d,q,}i,t \qquad (9)$$

$$A_{pdqit} = \left(\sum_{j\epsilon J} Y_{pdqijt}\right) \qquad \forall\, p,\mathrm{d},q,i,t \qquad (10)$$

$$\sum_{d\epsilon D}\sum_{q\epsilon Q}\sum_{i\epsilon I} Y_{pdqijt} \le \emptyset'_{pjt}\,.G'_{j} \qquad \forall\, p,j,t \qquad (11)$$

$$\sum_{d\epsilon D}\sum_{q\epsilon Q}\sum_{j\epsilon J} Y_{pdqijt} \le \varphi_{pit}\,.\ G_{pi} \qquad \forall\, p,i,t \qquad (12)$$

$$\sum_{p\epsilon P}\sum_{d\epsilon D}\sum_{q\epsilon Q} Y_{pdqijt} \le \varphi'_{ijt}\,.\ G''_{ij} \qquad \forall\, i,j,t \qquad (13)$$

$$\sum_{j\epsilon J} Y'_{pdqjct} \le \sum_{j\epsilon J} \varphi''_{jct}\ .\ G''''_{pdqc} \qquad \forall p,\mathrm{d}.q,c,t \qquad (14)$$

$$\sum_{p\epsilon P}\sum_{d\epsilon D}\sum_{q\epsilon Q} Y'_{pdqjct} \le \varphi''_{jct}\,.G'''_{jc} \qquad \forall j,c,t \qquad (15)$$

$$D_{pdqct}\left(P_{pdqct}\right) = D^{\circ}_{pdqct} - \beta_{pdqct}.P_{pdqct} \qquad \forall\, p,q,c,t \qquad (16)$$

$$D_{pdqt} = \sum_{c\epsilon C} D_{pdqct}\left(P_{pdqct}\right) \qquad \forall\, p,q,t \qquad (17)$$

$$X'_{pdqjt} = X'_{pdqj(t-1)} + \sum_{i\epsilon I} Y_{pdqijt} - \sum_{c\epsilon C} Y'_{pdqjct} \qquad \forall\, p,q,\mathrm{j},t \qquad (18)$$

$$\sum_{d\epsilon D}\sum_{q\epsilon Q} X'_{pdqjt} \le W'_{pjt}\,.G'_{j} \qquad \forall\, p,\mathrm{j},t \qquad (19)$$

$$\sum_{i\epsilon I} A_{pdqit} + \sum_{j\epsilon J} X'_{pdqj(t-1)} \ge D_{pdqt} \qquad \forall\, p,q,t \qquad (20)$$

$$\sum_{i\epsilon I} Y_{pdqijt} + X'_{pdqj(t-1)} \ge \sum_{c\epsilon C} Y'_{pdqjct} \qquad \forall p,q,j,t \qquad (21)$$

$$\sum_{j\epsilon J} Y'_{pdqjct} = D_{pdqct}\left(P_{pdqct}\right) \qquad \forall\, p,q,c,t \qquad (22)$$

$$\sum_{i}\sum_{j} Y_{pdqijt} + \sum_{j} X'_{pdqj(t-1)} = \sum_{j}\sum_{c} Y'_{pdqjct} + \sum_{j} X'_{pdqjt} \qquad \forall p,q,t \qquad (23)$$

$$PC = \sum_{i\epsilon I}\sum_{p\epsilon P}\sum_{d\epsilon D}\sum_{q\epsilon Q}\sum_{t\epsilon T} MC_{pdqit}\ .A_{pdqit} + \sum_{i\epsilon I}\sum_{p\epsilon P} FP_{ip}\ .G_{ip} \qquad (24)$$

$$sc = \sum_{p\epsilon P}\sum_{j\epsilon J}\sum_{t\epsilon T} S'_{pjt}\ \sum_{d\epsilon D}\sum_{q\epsilon Q} X'_{pdqjt} \qquad (25)$$

$$TRC = \sum_{p\epsilon P}\sum_{d\epsilon D}\sum_{q\epsilon Q}\sum_{i\epsilon I}\sum_{t\epsilon T} TRC_{pdqit} = \sum_{p\epsilon P}\sum_{d\epsilon D}\sum_{q\epsilon Q}\sum_{i\epsilon I}\sum_{t\epsilon T} \delta_{pdqit}.A_{pdqit}.RC_{pdqit} \qquad (26)$$

$$G''_{ij} \le G'_{j} \qquad \forall\, i,j$$

$$TCD = \sum_{i\epsilon I}\sum_{j\epsilon J}\ \sum_{t\epsilon T} TR_{ijt}\ .\sum_{p\epsilon P}\sum_{d\epsilon d}\sum_{q\epsilon Q} Y_{ijpdqt} + \sum_{j\epsilon J}\sum_{c\epsilon C}\sum_{t\epsilon T} WC_{jct}\ .\ \sum_{p\epsilon P}\sum_{d\epsilon D}\sum_{q\epsilon Q} Y'_{jpdqct} + \sum_{j\epsilon J} FD_{j}\ .G'_{j} + \sum_{p\epsilon P}\sum_{d\epsilon D}\sum_{q\epsilon Q}\sum_{j\epsilon J}\sum_{t\epsilon T} MC_{pdqjt}\ .\ \sum_{i\epsilon I} Y_{pdqijt}\ + \sum_{i\epsilon I}\sum_{j\epsilon J} f_{ij}\ .G''_{ij} + \sum_{j\epsilon J}\sum_{c\epsilon C} f'_{jc}.G'''_{jc} \qquad (27)$$

٦-٣. محدودیت‌های مسئله

محدودیت‌های ٤-١ تضمین می‌کند که توافق (هماهنگی) بین شرکت تولیدی i و مرکز توزیع j تنها زمانی می‌تواند صورت گیرد که هر دو شرکت تولیدی i و مرکز توزیع j انتخاب شده باشند یا به‌عبارتی عضو شبکه زنجیره تأمین باشند. محدودیت ١ تضمین می‌کند که، زمانی بین شرکت تولیدی i و مرکز توزیع j توافقی صورت می‌گیرد که، شرکت تولیدی i حداقل برای تولید یک محصول تولیدی انتخاب شده باشد و جزء شبکه باشد. محدودیت ٢ همچنین تضمین می‌کند که، زمانی بین شرکت تولیدی i و مرکز توزیع j توافقی صورت می‌گیرد که، مرکز توزیع j انتخاب شده باشد و جزء شبکه باشد. همجنین محدودیت ٣ بیان می‌کند که، اگر شرکت تولیدی i برای تولید محصول p انتخاب شده باشد حداقل باید به یک مرکز توزیع j این محصول را منتقل کند، بدین ترتیب محدودیت ٤ بیان می‌کند، اگر مرکز توزیع j انتخاب شده باشد حداقل باید از یک شرکت تولیدی i محصول دریافت کند. محدودیت ٥ تضمین می‌کند، زمانی مرکز توزیع j می‌تواند به بازار c محصول توزیع نماید که انتخاب شده باشد و عضو زنجیره باشد. محدودیت ٦ تضمین می‌کند زمانی توافقی بین مرکز توزیع j و بازار c ایجاد می‌شود و مرکز توزیع j به بازار c محصول مورد نظر را ارائه می‌دهد که سفارش بازار c برای محصول p با طراحی d در سطح کیفیت q انتخاب شده باشد و بازار عضو شبکه باشد. محدودیت ٧ تضمین می‌کند زمانی که مرکز توزیع j انتخاب شده باشد و عضو زنجیره باشد حداقل باید به یک بازار محصول مورد نظر را ارائه نماید. محدودیت ٨ تضمین می‌کند زمانی که سفارش بازار c برای محصول p با طراحی d در سطح کیفیت q انتخاب شده باشد و بازار عضو شبکه باشد حتماً حداقل از یک مرکز توزیع j محصول دریافت می‌کند و تقاضای آن برآورده می‌شود. محدودیت ٩ تضمین می‌کند که، محصولات فقط می‌توانند در شرکت‌های تولیدی که انتخاب شده‌اند تولید شوند و میزان تولید در شرکت تولیدی i تحت یک محدودیت ظرفیتی انجام می‌گیرد، لذا هر مرکز تولیدی i یک ظرفیت تولیدی برای هر محصول در هر سطح کیفیت دارد. محدودیت ١٠ نشان‌دهنده میزان محصول p با طراحی d در سطح کیفیت q منتقل شده از شرکت تولیدی i در دوره t است، این محدودیت تضمین می‌کند که کل محصول p با طراحی d در سطح کیفیت q تولید شده در شرکت تولیدی i، باید به مراکز توزیع منتقل شوند. محدودیت ١١ تضمین می‌کند که، تنها مراکز توزیعی که انتخاب شده‌اند می‌توانند بر روی محصولات عملیات ارزش افزوده انجام دهند. همچنین محدودیت ١١ نشان‌دهنده این است که میزان محصولاتی که در مرکز توزیع j بر روی آنها عملیات ارزش افزوده انجام می‌شوند یا به‌عبارتی میزان محصولاتی که به این مراکز توزیع منتقل می‌شوند تحت یک محدودیت ظرفیتی انجام می‌گیرند لذا هر مرکز تولیدی i یک ظرفیت تولید و هر مرکز توزیع j یک ظرفیت برای انجام عملیات ارزش افزوده برروی محصولات یا پذیرش محصول را دارد. محدودیت ١٢ نشان‌دهنده این است که هر مرکز تولیدی برای انتقال هر محصول p به توزیع‌کنندگان یک ظرفیت انتقال دارد که باید رعایت شود. محدودیت ١٤ تضمین می‌کند که در صورت انتخاب سفارش بازار c برای محصول p با طراحی d در سطح کیفیت q، میزان کل محصول مورد نظر که از مراکز توزیع j به بازار c در دوره t منتقل می‌شود کمتر از ظرفیت این مراکز توزیع است. محدودیت ١٥ تضمین می‌کند که در صورت ایجاد توافق بین مرکز توزیع j و بازار c، میزان انتقال محصولات بین آنها تحت یک محدودیت ظرفیتی انجام می‌گیرد به‌عبارتی میزان انتقال محصولات از هر مرکز توزیع j باید از ظرفیت انتقال‌ش کمتر باشد. محدودیت ١٥ تضمین می‌کند که در صورت انتخاب مرکز توزیع j برای توزیع محصول به بازار c میزان توزیع محصول تحت یک محدودیت ظرفیتی انجام می‌گیرد. محدودیت ١٦ برآورد میزان تقاضای بازار c برای محصول p با طراحی d در سطح کیفیت q در دوره t را نشان می‌دهد، به‌عبارت دیگر این محدودیت میزان تقاضایی را برآورد می‌کند که زنجیره باید برآورده سازد تا به حداکثر سود دست یابد. محدودیت ١٧ نشان‌دهنده کل تقاضای بازارها برای محصول p با طراحی d در سطح کیفیت q در

دوره t می‌باشد که باید برآورده شود. محدودیت ۱۸ نشان‌دهنده میزان محصول p با طراحی d در سطح کیفیت q، ذخیره شده در مرکز توزیع j در دوره t است، که میزان محصول p با طراحی d در سطح کیفیت q، ذخیره شده در مرکز توزیع j برابر حاصل جمع میزان محصولات منتقل شده توسط شرکت‌های تولیدی i به مرکز توزیع j در دوره t و میزان محصولات ذخیره از دوره قبل (t-1) منهای میزان محصولاتی است که به بازارهای c توزیع می‌شود است، این معادله در واقع معادله بالانس محصولات ذخیره شده در مرکز توزیع j است. محدودیت ۱۹ محدودیت ذخیره‌سازی را نشان می‌دهد، به‌عبارتی میزان ذخیره‌سازی محصول باید از ظرفیت ذخیره‌سازی مرکز توزیع j کمتر باشد. محدودیت ۲۰ تضمین می‌کند که مجموع محصول p با طراحی d در سطح کیفیت q، تولیدشده در دوره t و میزان ذخیره‌سازی‌های این محصول از دوره‌های قبل باید از کل تقاضای بازارهای از محصول مورد نظر بیشتر باشد. محدودیت ۲۱ تضمین می‌کند میزان محصول p با طراحی d در سطح کیفیت q، منتقل شده به مرکز توزیع j و میزان ذخیره شده از آن محصول از دوره‌های قبل در این مرکز باید از میزان محصول توزیع شده از این مرکز بیشتر باشد. محدودیت ۲۲ نشان‌دهنده این است که میزان محصولاتی که از توزیع‌کنندگان برای تأمین سفارش انتخاب شده بازار c برای محصول p با طراحی d در سطح کیفیت q منتقل می‌شود، باید برابر با میزان تقاضای برآوردشده برای سفارش آن بازار باشد. محدودیت ۲۳ بالانس توزیع و ذخیره‌سازی محصول p با طراحی d در سطح کیفیت q است. محدودیت ٢٤ نشان-دهنده هزینه تولید می‌باشد. محدودیت ۲۵ نشان‌دهنده معادله هزینه ذخیره‌سازی می‌باشد. محدودیت ٢٦ نشاندهنده هزینه ضایعات می‌باشد. معادله ۲۷ نشان‌دهنده هزینه‌های ترانزیت، هزینه‌های ثابت راه‌اندازی، هزینه‌های ایجاد هماهنگی و هزینه‌های ایجاد ارزش افزوده در مراکز توزیع است.

۴. پیچیدگی مسئله

لازم به ذکر است که با توجه به اینکه مدل ارائه شده شامل برنامه‌ریزی توأم تقاضا و تولید چند محصولی با ظرفیت محدود است و برنامه‌ریزی با ظرفیت محدود از نظر رده پیچیدگی NP-hard تلقی می‌شود (Merzifonluoglu et al, 2007)، حال با توجه به اینکه مسئله مطرح شده در این مقاله بسیار کلی‌تر از مسئله اندازه انباشته با ظرفیت محدود در حالت تک‌محصولی است و موضوع همزمان انتخاب تولیدکنندگان، توزیع‌کنندگان، سفارشات بازاها و همچنین قیمت‌گذاری و برنامه‌ریزی تولید و توزیع است، در نتیجه این مسئله نیز NP-hard محسوب می‌شود و شامل تعداد بسیار زیادی متغیر و محدودیت است که از کارایی عملی آنها در حل مسائل با ابعاد واقعی می‌کاهد. این مدل شامل طراحی زنجیره تأمین و برنامه‌ریزی توأم تقاضا، تولید و توزیع در حالت تقاضای وابسته به قیمت است که در حقیقت یک مسئله قیمت‌گذاری پویا نیز محسوب می‌شود.

۵. مثال عددی

در بخش قبل، یک مدل توأم انتخاب سفارشات بازارها و برنامه‌ریزی تولید و توزیع چند محصولی در حالت تقاضای وابسته به قیمت که در حقیقت یک مسئله قیمت‌گذاری نیز محسوب می‌شود، با تابع هدف مقعر تعریف شد که به دلیل پیچیدگی آن، مسئله را در خانواده مسائل NP-hard قرار می‌دهد (Merzifonluoglu *et al*, 2007)، همانند برخی از مطالعات صورت گرفته این پژوهش در صدد طراحی مدلی مبتنی بر قابلیت‌های چابکی زنجیره تأمین و یافتن جواب بهینه این مسئله است. در این راه مسئله در محیط GAMS که توانایی حل مسائل برنامه‌ریزی درجه دو و مسائل برنامه ریزی غیرخطی عدد صحیص ترکیبی را دارد و قادر به حل دقیق و بهینه مدل این پژوهش است، تولید و توسط حل کننده برنامه‌ریزی معادله درجه دوم آمیخته با اعداد صحیح (MIQCP) حل شده است. شبکه مورد بررسی دارای سه ستون می‌باشد که به ترتیب در ستون اول چهار تولیدکننده، در ستون دوم چهار توزیع‌کننده و در

ستون سوم شش بازار بالقوه وجود دارد که دو نوع محصول با طراحی مطابق با سفارش مشتریان در سه سطح کیفیت تولید می‌کنند. افق برنامه‌ریزی دو دوره می‌باشد. داده‌های به‌کار رفته در این مسئله به صورت تصادفی و مبتنی بر توزیع یکنواخت در بازه‌هایی که در جدول شماره (۱) ارائه شده است، انتخاب می‌شوند. هدف انتخاب اعضای زنجیره و همچنین برنامه‌ریزی تولید، موجودی، توزیع و قیمت‌گذاری است. لازم به ذکر است به دلیل رعایت اختصار از ارائه داده‌های بکار رفته جهت حل مدل صرف نظر شده است.

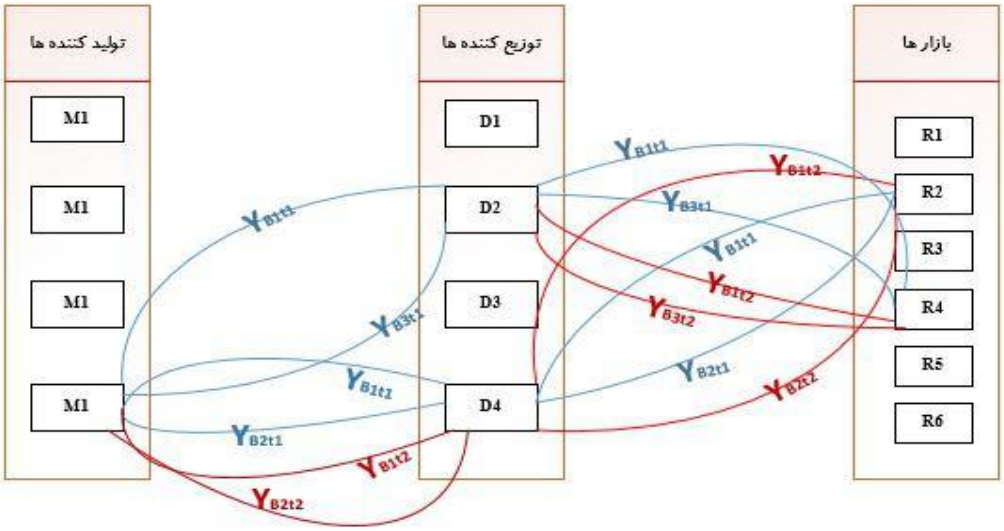
جدول ۱: دادهای استفاده شده در مسئله

f_{ij}: (۹۹۸،۱۰۴۲)	FD_j: (۵۶۰،۶۳۰)	FP_{pi}: (۱۲۴۱،۳۶۲۸)
TR_{ijt}: (۱۵،۱۹)	MC_{pdqjt}: (۶،۷۴،۹،۴۶)	MC_{pdqit}: (۳۵،۱۳،۴۸،۵۵)
RC_{pdqit}: (۱۰۰،۲۲۰)	δ_{pdqit}: (۰،۲،۰،۶)	S'_{pjt}: (۷،۱۲)
φ'_{ijt}: (۴۳۸۵۶،۶۵۸۵۹)	φ_{pit}: (۵۲۱۲۶،۷۳۲۵۰)	W'_{pjt}: (۱۸۹۹،۲۷۵۶)
f'_{jc}: (۴۷۵،۶۹۵)	$\emptyset'_{pjt}$: (۱۳۹۲۸،۲۱۳۴۵)	D^{s}_{pdqct}: (۱۵۱۲،۵۲۸۱)
β_{pdqct}: (۰،۵۱،۰،۹۸)	$\emptyset_{pdqit}$: (۱۱۲۳۵۱،۱۷۰۶۸۲)	WC_{jct}: (۱۵،۲۱)

۱-۵. خروجی مدل

در هر تکرار حل مسئله، یک جواب بهینه برای مسئله بدست می‌آید، که دارای دو نوع متغیر است: متغییرهای باینری و متغییرهای پیوسته. متغیرهای باینری جهت طراحی شبکه زنجیره و انتخاب اعضای زنجیره و متغییرهای پیوسته برای برنامه‌ریزی تولید، توزیع، موجودی و همچنین متغیرهای قیمت و تابع هدف است. ساختار شبکه زنجیره تأمین نشان‌دهنده شرکت‌هایی است که در شبکه وجودارند و ارتباط آنها با دیگر شرکت‌ها است. در هر بار تکرار با حل کردن مسئله بدست می‌آید.

همان طور که شکل شماره ۱ نشان می‌دهد، در این دوره از بین دو محصول A و B تنها محصول B جهت تولید انتخاب شده است، از بین تولیدکنندگان و مراکز توزیع تنها تولیدکننده i4 و توزیع‌کنندگان j2 و j4 انتخاب شده‌اند، همچنین از بین سفارشات، سفارش مربوط به محصول B با طراحی d2 در سطوح کیفیت q1 و q2 و سفارش مربوط به محصول B با طراحی d4 در سطوح کیفیت q1 و q3، پذیرفته شده‌اند. تولیدکننده i4 برای تولید محصول B انتخاب شده است و عضو شبکه می‌باشد، مقدار G_{i4Bt}، برابر ۱ است. دو توزیع‌کننده j2 و j4 از بین چهار توزیع‌کننده موجود انتخاب شده‌اند و عضو شبکه می‌باشند، مقادیر G'_{j2t} و G'_{j4t} برابر ۱ است. همچنین بین تولیدکننده i4 و توزیع‌کنندگان j2 و j4 هماهنگی ایجاد می‌شود لذا مقادیر G''_{i4j2t} و G''_{i4j4t} برابر ۱ است، یه عبارت دیگر انتقال کالا بین تولیدکننده i4 و توزیع‌کنندگان j2 و j4 امکان‌پذیر است.



Ypdqt: میزان محصول **p** در سطح کیفیت **q** منتقل شده در دوره **t**

P = A,B q=1,2,3 T=t1, t2

شکل ۱: زیر شبکه انتخاب شده

با توجه به جدول شماره (۲) که در پیوست ارائه شده است، مقادیر $G''''_{Bd2q1c2}$ ،$G''''_{Bd2q2c2}$ برابر ۱ می‌باشد لذا این بدین معناست که از بازار $c2$ سفارشات مربوط به محصول B با طراحی d2 در سطوح کیفیت q1 و q2 پذیرفته می‌شود. همچنین مقادیر $G''''_{Bd4q1c4}$ ،$G''''_{Bd4q3c4}$ برابر ۱ می‌باشد این بدین معناست که از بازار c4 سفارشات مربوط به محصول B با طراحی d4 در سطوح کیفیت q1 و q3 پذیرفته می‌شود. نتایج جدول شماره (۳) نشان دهنده میزان محصول B تولیدشده توسط تولید کننده i4 با طراحی d2 و d4 در سه سطح کیفیت q1، q2 و q3 می‌باشد. نتایج جدول شماره (٤) نشان-دهنده، مقادیر متغییر قیمت می‌باشد، این قیمت‌های تعیین شده جهت بیشینه سازی سود کل زنجیره می‌باشد. نتایج جدول شماره (٥) نشان دهنده میزان محصول منتقل شده توسط تولیدکننده i4 به توزیع‌کننده‌گان j2 و j4 می‌باشد. نتایج جدول شماره (٦) نشان‌دهنده میزان محصولات توزیع شده از توزیع‌کنندگان به بازارهای c2 و c4 است. جدول شماره (۷) نشان‌دهنده مقدار موجودی پایان دوره می‌باشد. همچنین جدول شماره (۸) نشان‌دهنده میزان تقاضای برآورده شده از سفارشات بازارها جهت حداکثرسازی سود می‌باشد. جدول شماره (۹) نیز نشان‌دهنده مقادیر تابع هدف، زمان حل مسئله و توابع هزینه است.

۲-۵. بررسی محاسباتی مدل

در این بخش با دو مسئله ایجاد شده در ابعاد مختلف و تغییر در مقدار برخی از پارامترها، مدل ارائه‌شده اجرا و نتایج آن را بررسی می‌شود. مسئله‌های ایجادشده برای آزمون مدل، تصادفی هستند این مسئله‌ها در محیط GAMS ver 24.8.3 student- حل می‌شوند. لذا مدل در نرم‌افزار GAMS با مسائل تصادفی تولید و توسط حل کننده برنامه‌ریزی معادله درجه دوم آمیخته با اعداد صحیح (MIQCP) حل شده است. نتایج حاصل از اجرا و جواب‌های بهینه تولید شده توسط این نرم‌افزار در جدول (۱۰) ارائه شده است. این مدل قادر به حل مسائل با ابعاد بزرگتر (دوره‌های بیشتر، محصولات و سطوح کیفیت متنوع‌تر و همچنین با شرکت کنندگان بیشتر زنجیره) می‌باشد.

دو مسئله تصادفی در ابعاد کوچک و متوسط تولید و اجرا می‌شوند. در تولید مسئله‌ها، مقادیر همه پارامترها در هر دوره به صورت تصادفی و مبتنی بر توزیع یکنواخت در بازه‌هایی انتخاب می‌شوند که این بازه‌ها در جدول شماره (۱) ارائه شده است، به جز بازه‌های پارامتر ظرفیت‌های

مراکز توزیع که در مسئله اول (۱۱۲،۱۷۰) و در مسئله دوم (۷۸۰،۹۸۰)، و همچنین پارامتر ضریب یا نرخ کاهش تقاضا با افزایش قیمت که در مسئله اول (۰،۵۱،۰،۹۸) و در مسئله دوم (۰،۵۰،۰،۷۰)، می‌باشند. این تغییرات جهت بررسی اعتبار مدل می‌باشند. این دو مسئله شامل دو دوره‌ی زمانی T1 و T2 و دومحصول A و B در دو سطح کیفیتی Q1 و Q2، سه تولیدکننده، دو توزیع‌کننده، وهمچنین مسئله اول شامل دو بازار هدف و مسئله دوم شامل چهار بازار، می‌باشند. در جدول شماره (۱۰)، DRI نشان‌دهنده تقاضای اولیه برای محصول و D'RI نشاندهنده تقاضای برآورد شده بازار RI می‌باشد. مقدار تابع هدف برای مسئله اول برابر با ۱۸۳۳۸۵۶۶,۹۷۱۱ و برای مسئله دوم برابر با ۹۲۲۵۶۳۶۱,۴۰۹۱ می‌باشد.

جدول (۱۰): نتایج محاسبات *GAMS*

	T1				T2			
	A		B		A		B	
	Q1	Q2	Q1	Q2	Q1	Q2	Q1	Q2
DR1	۱۷۰۵,۷۵۳	۳۸۸۲,۲۳	۲۰۸۶,۲۹۲	۲۹۶۷,۰۴۴	۱۵۳۴,۶۴۶	۲۳۶۲,۸۵۱	۵۰۴۱,۰۰۱	۲۹۲۳,۹۹۱
D'R1	۰	۲۵۹,۵۷۵	۰	۰	۰	۰	۷۹۷,۶۶۹	۰
DR2	۳۰۲۴,۲۲۷	۳۰۰۴,۹۸۲	۳۱۰۵,۰۰۸	۲۵۲۳,۹۰۵	۳۴۷۱,۴۳۲	۲۵۵۲,۶۷	۲۰۱۹,۵۴۵	۵۰۸۶,۴۰۸
D'R2	۴۱۴,۵۹۷	۱۱۲,۹۶۱	۰	۰	۳۹۰,۰۳۸	۴۳۵,۶۵۷	۰	۸۲۹,۵۷۱
DR1	۰۴۴/۲۹۶۷	۱۸۹۵,۲۶۷	۴۴۶۳,۵۱۱	۲۱۱۲,۲۲۸	۲۹۲۳,۹۹۱	۲۹۵۸,۸۸۰	۵۰۷۶,۵۳۰	۳۹۸۷,۸۲۶
D'R1	۷۹۸,۴۳۳	۴۰۴,۵۲۳	۱۰۰۳,۲۳۷	۱۴۰,۰۱۶	۵۴۲,۵۶۲	۸۷۷,۰۵۶	۱۲۲۱,۶	۹۷۹,۳۳۱
DR2	۲۵۲۳,۹۰۵	۲۷۳۳,۵۱۰	۳۷۶۰,۰۶۷	۳۴۸۶,۵۰۲	۵۰۸۶,۴۰۸	۲۲۳۶,۱۵۴	۳۸۰۱,۰۶۹	۱۹۸۰,۸۵۰
D'R2	۴۵۴,۵۶۷	۶۸۴,۹۱۱	۷۶۴,۱۹۸	۰	۱۸۴۰,۹۷۵	۴۶۷,۶۴۸	۷۶۴,۱۹۸	۰
DR3	۲۲۲۴,۱۱۶	۱۹۳۵,۵۱۷	۲۸۷۸,۲۹۸	۵۲۳۰,۹۵۰	۲۶۳۳,۳۱۳	۳۷۶۰,۴۲۸	۳۷۵۱,۰۴۲	۲۳۷۱,۷۹۶
D'R3	۲۸۸,۷۳	۴۲۱,۵۶۰	۱۰۹,۲۵۶	۱۴۴۱,۳۰۷	۵۶۸,۶۲۹	۱۱۷۸,۳۱۴	۱۰۹,۲۵۶	۲۷۴,۲۲۷
DR4	۱۷۹۲,۹۸۹	۳۴۳۹,۶۵۱	۴۰۷۴,۳۷۰	۴۰۵۸,۵۴۳	۳۰۲۴,۶۷۴	۱۶۸۱,۸۵۴	۳۴۲۱,۳۳۰	۴۴۳۹,۶۷۴
D'R4	۰	۹۷۹,۷۰۱	۶۲۵,۴۸۳	۹۰۸,۹۸۴	۶۱۸,۲۲۷	۲۰۹,۶۳۷	۳۳۵,۰۶۰	۱۲۸۴,۶۲۷

۶. نتیجه‌گیری و پیشنهادات

در مدل ارائه شده در این پژوهش بر خلاف بیشتر مطالعات صورت گرفته در حوزه زنجیره تأمین چابک و مدل‌های ارائه شده برای طراحی این زنجیره، تقاضا به صورت یک عامل قابل کنترل در نظر گرفته شده‌است. قیمت‌گذاری به عنوان ابزاری جهت کنترل تقاضا و در نتیجه کنترل تولید استفاده شده است. همچنین در این مدل از رویکرد انتخاب سودآورترین سفارش استفاده شده است. لذا در مدل ارائه شدهدر این پژوهش با استفاده از رویکردهای انتخاب سفارش، برآورد تقاضا و قیمت‌گذاری در کنار فرآیند برنامه‌ریزی تولید و توزیع، توسعه‌ای بر مطالعات قبلی صورت گرفته دیر زمینه شده است. ترکیب این رویکرها باعث بهبود عملکرد زنجیره تأمین چابک می‌شود. برای ایجاد سطحی از پاسخگویی، کاهش هزینه و انعطاف‌پذیری در تولید و همچنین کاهش حلقه عمر محصول که ناشی از تغییر در سلیقهٔ مشتریان و وجود عامل رقابت در تولید است، از سیستم ساخت برای سفارش استفاده شده است، که وابستگی به پیش‌بینی‌ها و سرمایه‌گذاری را کاهش می‌دهد و به همین نسبت از این نوع هزینه‌ها نیز اجتناب می‌کند.

با توجه به جدول شماره ۱۰، در دوره‌های مختلف مجموعه‌ای از سفارش‌های متعدد از بازارهای مختلف وجود دارد، باتوجه به ظرفیت محدود تولیدکنندگان در پاسخگویی به همه تقاضاها و همچنین مقرون به صرفه نبودن پاسخ‌دهی به کل تقاضای مشتریان، سودآورترین سفارش‌ها انتخاب شده‌اند و از طریق قیمت‌گذاری سطح بهینه‌ی تقاضای سفارش‌های انتخاب شده تعیین می‌گردد. به میزان سطح

بهینه‌ی تعیین شده هر سفارش، محصول به بازار جهت تأمین سفارش انتخاب شده، عرضه می‌شود. برنامه‌ریزی تولید و توزیع برای تأمین سفارش‌های انتخاب شده بر اساس سطوح بهینه‌ی تعیین شده آنها، انجام می‌شود. به‌منظور کنترل تقاضای بازارها که به قیمت پیشنهادی زنجیره حساس هستند، در این مدل استراتژی قیمت اختصاصی برای هر بازار بکار گرفته شده است. این مدل می‌تواند در طراحی شبکه زنجیره تأمین چابک در محیط‌های رقابتی، بکار گرفته شود. با مطالعه ادبیات و تاریخچه موضوع و نیم‌نگاهی به مدل‌های واقعی و همچنین برخی ساده‌سازی‌های منطقی در مدل‌های مورد بحث، سه پیشنهاد زیر می‌تواند مورد توجه قرار گیرد:

بررسی پارامتر دیگری همچون تأثیر بازار رقیب، تبلیغات و شهرت و محبوبیت محصول در قیمت‌گذاری.

وارد کردن عواملی دیگر از جمله کیفیت محصول، محبوبیت و شهرت محصول در تابع برآورد تقاضا.

تغییر در ظرفیت‌های تولیدی در افق برنامه‌ریزی.

منابع

۱. خسروآبادی، لطفی، خادمی زارع، (۱۳۹۲). مسأله توأم انتخاب تأمین کننده و تعیین اندازه سفارش برای محصولات قابل بازساخت با تخفیف قیمت و هزینه حمل ونقل، نشریه پژوهش‌های مهندسی صنایع در سیستم‌های تولید،:۱۳۹-۱۵۳.

۲. فاروقی، اشرفی فشی. (۱۳۹۶). طراحی شبکه زنجیره‌ی تأمین چند سطحی با در نظر گرفتن راهبردهای پایای چندگانه در سطح مراکز توزیع، نشریه پژوهش‌های مهندسی صنایع در سیستم‌های تولید، ۵۳-۶۷.

3. Azar, A., Tizrou A., Moghbel A., & Anvari Rostami A. A., (2011). Modeling the agile supply chain using interpretive structural modeling approach, Management Research in Iran, 14 (4), 1-25.
4. Lou, P., Chen, Y. P., & Ai, W. (2004). Study on multi-agent-based agile supply chain management. The international journal of advanced manufacturing technology, 23(3-4), 197-203.
5. Vazquez-Bustelo, D., Avella, L., & Fernández, E. (2007). Agility drivers, enablers and outcomes: empirical test of an integrated agile manufacturing model. International Journal of Operations & Production Management, 27(12), 1303-1332.
6. Charles, A. (2010). Improving the design and management of agile supply chains: feedback and application in the context of humanitarian aid.
7. Grigore, S. D. (2007). Supply chain flexibility. Romanian Economic Business Review, 2(1), 66-70.
8. Esmaeilikia, M., Fahimnia, B., Sarkis, J., Govindan, K., Kumar, A., & Mo, J. (2014). A tactical supply chain planning model with multiple flexibility options: an empirical evaluation. Annals of Operations Research, 1-26.
9. Olhager, J., Ostlund, B., 1990. Integrated push-pull manufacturing strategy, European Journal of Operational Research, 45 (2-3), 135-142.
10. Joseph, G., Retsef, L. (2011). Mathematical programming, Approximation algorithms for supply chain planning and logistics problems with market choice. Springer, 130(1), 85–106.
11. Rajabzadeh, A., Keramatpanah, M., Shahroudi, K., Keramatpanah, A., (2015). Comparative modeling of supply chain using interpretive structural modeling and DEMATEL, Organizational Resources Management Research, 5(2), 49-71.
12. Taaffe, K., Geunes, J., Romeijn, H. E., 2008, Target market selection with demand uncertainty: the selective newsvendor problem, European Journal of Operational Research 189 (3), 987-1003.
13. Romeijn, H.E., 2007, Supply chain planning problems with market choice. Seminar at Tech. Bldg, Room M228, September.
14. Tandler, S. M. (2013). Supply Chain Safety Management: Konzeption und Gestaltungsempfehlungen für lean-agile Supply Chains. Springer-Verlag.
15. Ming, S. O. N. G., FU, R. X., Chen, Z. H. U., & XIN, Z. H. (2007). Study on the agile supply chain management based on agent. The Journal of China Universities of Posts and Telecommunications, 14, 115-118.

16. Abbasi, M., Hosnavi, R., & Babazadeh, R. (2014). Agile and flexible supply chain network design under uncertainty. International Journal of Industrial Engineering: Theory, Applications and Practice, 21(4).
17. Costantino, N., Dotoli, M., Falagario, M., Fanti, M. P., & Mangini, A. M. (2012). A model for supply management of agile manufacturing supply chains. International Journal of Production Economics, 135(1), 451-457.
18. Fakoor A., (2016). Measuring the flexibility of supply chain by using gray system, Management Research in Iran, 19(4), 117-138.
19. Azar, A., Kouliaei, M.,Amini, M. R., RajabZadeh, A., (2016). Design of integrated mathematical model for closed-loop supply chain, Management Research in Iran, 20 (1), 1-32.
20. Pan, F., & Nagi, R. (2013). Multi-echelon supply chain network design in agile manufacturing. Omega, 41(6), 969-983.
21. Costantino, N., Dotoli, M., Falagario, M., Fanti, M. P., & Mangini, A. M. (2012). A model for supply management of agile manufacturing supply chains. International Journal of Production Economics, 135(1), 451-457.
22. Pan, F., & Nagi, R. (2010). Robust supply chain design under uncertain demand in agile manufacturing. Computers & Operations Research, 37(4), 668-683.
23. Deng, S., Yano, C.A., 2006. Joint production and pricing decisions with setup costs and capacity constraints. Management Science, 52 (5), 741-756.
24. Merzifonluoglu, Y., Geunes, J., 2004. Requirements planning with order selection and demand timing flexibility. IIE Annual Conference and Exhibition 2004, 1563-1568.
25. Geunes, J., 2007. Integrated market selection and production planning: complexity and solution approaches. Joint Seminar with Operations Research, November 30, 218 Daniels Hall.
26. Bakal, I.S., Geunes, J., Romeijn, H.E., 2008. Market selection decisions for inventory models with price-sensitive demand. Accepted for Journal of Global Optimization.
27. Merzifonluoglu, Y., Geunes, J., Romeijn, H. E., 2007. Integrated capacity, demand, and production planning with subcontracting and overtime options. Naval Research Logistics, 54 (4), 433-447.
28. Shahbandarzadeh, H., Salimifard, KH, Ghorbanpour A., (2013). A hybrid model using interpretive structural modeling and Fuzzy analytic network process for identifying and ranking key factors on agile supply chain, Journal of Executive Management, 4(8), 7-7.
29. Liu, Z. and Wang, H. (2005). "GA-Based resource-constrained project scheduling with the objective of minimizing activities' Cost". ICIC2005, PartI, LNCS 3644, PP. 937-946.

پیوست الف

انتخاب سفارشات برای محصول B با طراحی دلخواه مشتریان: G''''_{pdqc}						
	سفارش بازار c1	سفارش بازار c2	سفارش بازار c3	سفارش بازار c4	سفارش بازار c5	سفارش بازار c6
q1	۰	۱	۰	۱	۰	۰
q2	۰	۱	۰	۰	۰	۰
q3	۰	۰	۰	۱	۰	۰

جدول (۲)

میزان محصول B تولیدشده توسط تولید کننده $i4$ با طراحی $d2$ و $d4$ در سه سطح کیفیت $q1$، $q2$ و $q3$ می‌باشد.

	میزان محصول B با طراحی $d2$ برای سفارش بازار c2		میزان محصول B با طراحی d4 برای سفارش بازار c4	
	دوره $t1$	دوره $t2$	دوره $t1$	دوره $t2$
q1	۲۵۵٤,۸۰۷	۰	۳۸۱٦,۲۹۸	٥۸,٤٦٤
q2	۰	۰	۱۳٤٦,۲۰٦	۱۱۷٥,۰٥٤
q3	۲٦۰٥,٤۰۱	۰	۰	۰

جدول (۳)

مقادیر متغییر قیمت می‌باشد، این قیمت‌های تعیین شده جهت بیشینه سازی سود کل زنجیره می‌باشد.

	قیمت محصولB با طراحی $d2$ برای سفارش بازار c2		قیمت محصولB با طراحی d4 برای سفارش بازار c4	
	دوره $t1$	دوره $t2$	دوره $t1$	دوره $t2$
q1	۲۳۷۷,۰۳۷	۳۷۷۷,۰۹٥	۲۷٤٥,۸٤۲	۱٦۹۷,۳۳۸
q2	۱۹٦۰,۰۰٤	۱۳۹۳,۰۲۸	۱۹۹۲,۳۳۸	۳۰۲٦,۰۲۰
q3	۳۲۲۸,٥٥۷	۳۸۰۸,٦٥٦	۲٤۳۱,٤٥۷	۱۱۷٤,۸٥۸

جدول (٤)

میزان محصول منتقل شده توسط تولیدکننده $i4$ به توزیع‌کننده‌گان $j2$ و $j4$ می‌باشد.

	میزان محصول B با طراحی d4 منتقل شده به توزیع‌کننده $j2$		میزان محصول B با طراحی $d2$ منتقل شده به توزیع‌کننده $j4$	
	دوره $t1$	دوره $t2$	دوره $t1$	دوره $t2$
q1	۲۵۵٤,۸۰۷	۰	۳۸۱٦,۲۹۸	٥۸,٤٦٤
q2	۰	۰	۱۳٤٦,۲۰٦	۱۱۷٥,۰٥٤
q3	۲٦۰٥,٤۰۱	۰	۰	۰

جدول (٥)

میزان محصولات توزیع شده از توزیع‌کنندگان به بازارهای c2 و c4 است

	میزان محصول B با طراحی $d2$ توزیع شده از مرکز توزیع $j4$ به بازار c2		میزان محصول B با طراحی d4 توزیع شده از مرکز توزیع $j2$ به بازار c4	
	دوره $t1$	دوره $t2$	دوره $t1$	دوره $t2$
q1	۱٤۰٦,۱۳۰	۲٤٦۸,٦۳۲	۱٤۰٦,۱۳۰	۱۰۹٤,٦۲۱
q2	۱۳٤٦,۲۰٦	۱۳٤٦,۲۰٦	۰	۰
q3	۰	۰	۱۸۸۷,۹٦۸	۷۱۷,٤۳۳

جدول (٦)

مقدار موجودی پایان دوره می‌باشد.

	موجودی محصول B با طراحی d4 در مرکز توزیع $j2$		موجودی محصول B با طراحی $d2$ در مرکز توزیع $j4$	
	دوره $t1$	دوره $t2$	دوره $t1$	دوره $t2$
q1	۱۰۹٤,٦۲۱	۰	۲٤۱۰,۱٦۸	۰
q2	۷۱۷,٤۳۳	۰	۰	۰
q3	۰	۰	۰	۰

جدول (۷)

میزان تقاضای برآورده شده از سفارشات بازارها جهت حداکثر سازی سود می‌باشد.

	میزان برآورد محصول B با طراحی $d2$ برای سفارش بازار c2		میزان برآورد محصول B با طراحی d4 برای سفارش بازار c4		جدول (۸)
	دوره $t1$	دوره $t2$	دوره $t1$	دوره $t2$	
$q1$	۱٤۰٦,۱۳۰	۲٤٦۸,٦۳۲	۱٤٦۰,۱۸٦	۱۰۹٤,٦۲۱	
$q2$	۱۳٤٦,۲۰٦	۱۱۷٥,۰٥٤	۰	۰	
$q3$	۰	۰	۱۸۸۷,۹٦۸	۷۱۷,٤۳۳	

مقادیر تابع هدف، زمان حل مسئله و توابع هزینه است

		جدول (۹)
مقدار تابع هدف: Z	۲٦۷۰۷۳۳۹,٦٤۲۹	
هزینه تولید: PC	٤۸۰۸۸۷,۰٥٥	
هزینه ذخیره‌سازی: SC	۳٦٦۲۰,۳۹٦	
هزینه ترانزیت، ایجاد هماهنگی، ارزش افزوده: TCD	٤۹۸٦٦۲,۹۳۷	
هزینه محصولات بازگشتی (فاقد کیفیت): TRC	٥۱۹۳۹۷,۳٥۱	

Agile Supply Chain Network Design with Integrated Production, Market Selection and Pricing Planning

Mansouri, F[*1], Abbas Nejad, T[2]

1. Master of Industrial Management, Department of Mangment, University of Hormozgan, Faculty of Humanisties, Bandar Abbas, Iran
2. Assistant Professor/Department of Mangement, University of Hormozgan, Faculty of Humanisties.

*Corresponding author's email: farzanmansouri97@gmail.com

Abstract

In today's competitive world, there are a lot of parameters such as market selection and pricing which affect the level of demand. Combination of marketing and pricing is a powerful tool to control demand in a competitive supply chain. For design production and supply planning model in agile supply chain, a three-level supply chain is considered, including producers, distribution and potential markets where considered as chain customers. In this problem there are M potential markets each of them and every one of their orders selected on the basis of their product sales prices, and then in each period their demands are provided with pricing policy in an optimal level that maximizes chain profit. Also the best production plan to meet the level of determined demands of selected markets is provided. On the other hand, the problem also is an order selection. In order to design an agile supply chain network model a nonlinear mixed integer programming that provides required processes to maximize the total profits is presented. The integrated decisions in this program includes selecting participants for each level, demand management, pricing, production, inventory and distribution planning. Finally, to check the quality of the model, three groups of example randomly is created, solving by software Gams, problems with small, medium and large size.

Keywords: Agile supply chain, Production planning, Pricing and Orders selection.