مجله‌ی علمی و پژوهشی شریف
شهریور ۱۳۸۷، شماره‌ی چهل و سوم، ص. ۷۹-۸۸

بهینه‌سازی زمان تحویل قطعات اولیه و نیمه‌ساخته در زنجیره‌ی تأمین خودرو در ایران

میربهادرقلی آریانژاد (استاد)
ساناز ذوالفقار تهرانی (دانشجوی کارشناسی ارشد)
دانشکده‌ی مهندسی صنایع، دانشگاه علم و صنعت ایران

رشد صنعت خودرو و افزایش تعداد قطعه‌سازان در زنجیره‌ی تأمین خودرو کشور، روزبه‌روز بر اهمیت برنامه‌ریزی منابع در این زنجیره‌می‌افزاید. با سرعت‌گرفتن تغییر نظام رقابتی بازار و نیز با توجه به عمرکوتاه محصولات، راهبردهای جدید برای ارضاء نیازهای مشتری ضرورت می‌یابد. تحقیقات نشان داده که اجرای فلسفه‌ی تحویل به‌موقع (JIT) و برنامه‌ریزی منابع ساخت (MRPII)، هریک به‌تنهایی، درکاهش هزینه‌ی تأخیر در تحویل به‌موقع قطعات و زمان تحمیلی از سوی تأمین‌کننده تأثیری نخواهد داشت. در این نوشتار، فلسفه‌ی JIT توسط یک مدل دوفازی به‌همراه سیستم برنامه‌ریزی منابع ساخت (MRPII) برای حل این مشکل ارائه شده است. در فاز اول این مدل، دسته سفارش مطابق فلسفه‌ی JIT و براساس تعداد تأمین‌کننده‌های قطعات محاسبه می‌شود؛ و در فاز دوم با هدف کاهش هزینه‌ی تأخیر، زمان تحویل بهینه از سوی مشتری تعیین می‌شود.

واژگان کلیدی: زمان تحویل، زنجیره تأمین، مدل‌سازی، بهینه‌سازی، تولید به‌هنگام، برنامه‌ریزی منابع ساخت، مدیریت موجودی تأمین قطعات.

mirarya@iust.ac.ir
sanazindustry@yahoo.com

مقدمه

در حال حاضر زنجیره‌ی تأمین قطعات هریک از خودروهای ایرانی، تعداد قابل توجهی از واحدهای قطعه‌ساز در سراسرکشور را دربرمی‌گیرد. هر شرکت خودروسازی، قطعات مورد نیاز خود را برای تولید و مونتاژ خودرو از سازندگان عمده‌ی این قطعات خریداری می‌کند. آنها نیز به‌نوبه‌ی خود قطعات و مواد اولیه‌ی مورد نیاز خود را از دیگر سازندگان تهیه می‌کنند و این امر تا عمق چند لایه[1] ادامه دارد.[1]

رشد صنعت خودرو، لزوم خودکفایی در این صنعت، افزایش تعداد سازندگان، و نیز بهینه‌سازی تأمین قطعات اولیه از تأمین‌کنندگان برای هریک از واحدهای تولید، روزبه‌روز بر اهمیت توجه به این زنجیره‌ها می‌افزاید؛ و همچنین منافع ناشی از کارایی یا هزینه‌های ناشی از عدم کارایی این زنجیره‌ها نقش مهم‌تری درکل هزینه‌ها و منافع سازندگان دارد. با این حال سیستم تأمین قطعات، از نقطه‌نظر زمان‌بندی عملیات و زمان تحویل نهایی، و درنتیجه برنامه‌ریزی تأمین و تولید دچار چالش‌هایی است که از آن جمله می‌توان به زمان تحویل[2] تحمیلی براساس ضریب بهره‌وری تأمین‌کننده اشاره کرد که در آن برنامه‌ریزی برای تأمین قطعات به‌خصوص در صنعت خودرو که هزاران قطعه و زیرمجموعه دارد، مدیران را در اتخاذ تصمیم درست، برنامه‌ریزی و کنترل دچار مشکل می‌کند.

به‌دلیل بروز مشکل در سیستم تأمین مواد اولیه و قطعات نیمه‌ساخته در زنجیره‌ی تأمین قطعات خودرو در ایران، در این نوشتار مدلی ارائه شده است که با نرم‌افزار MATLAB7 کد شده و با ورود اطلاعاتی همچون زمان تحویل تعیین‌شده از جانب سفارش‌دهنده یا مشتری، و نیز شرایط و امکانات موجود تولید، معیارهای بهینه برای استانداردسازی زمان بهینه‌ی تحویل مواد و قطعات در سیستم برنامه‌ریزی تولید و تأمین معین می‌شود. این مدل مبتنی بر فلسفه‌ی تولید به‌موقع[3] و رویکردهای فشرده‌سازی طول مدت تحویل محصول نهایی تدوین شده، که گسترش‌دهنده‌ی برنامه‌ریزی و کنترل در سیستم کارا و منسجم برنامه‌ریزی منابع ساخت[4] (MRPII) است. خروجی‌های مدل مذکور داده‌ها و اطلاعات مناسبی هستند برای تصمیم‌گیری مدیریت، خودارزیابی، اندازه‌گیری نارسایی سیستم تأمین مواد و قطعات زنجیره‌ی تأمین.

با بهبود مدت تحویل، هزینه‌هایی چون پرداخت دیرکرد، صدمه‌های جبران‌ناپذیر از دست‌دادن مشتری، و... کاهش می‌یابد. برنامه‌ریزی سفارش، تولید و تأمین مواد اولیه منجر به برنامه‌ریزی حمل‌ونقل و موجودی، استفاده‌ی درست از منابع و جلوگیری از هدر رفتن منابع می‌شود.

هزینه‌ی زنجیره‌ی تأمین سفارش تا مونتاژ در صنعت خودرو مشتمل است بر ۶٪ موجودی، ۲۶٪ حمل‌ونقل، و ۴۰٪ عدم انتخاب درست تأمین‌کنندگان و چگونگی تأمین مواد که در این میان ۸٪ آن غیرقابل اجتناب و ۲۰٪ هم متعلق به تبادل اطلاعات بین اجزای زنجیره‌ی تأمین است.[2] لذا با بهینه‌سازی زمان تحویل مواد اولیه به‌طور غیرمستقیم می‌توان تمامی هزینه‌های مذکور را کاهش داد. در ادامه‌ی این بحث، ابتدا به مرور ادبیات موضوع، سیستم پیشنهادی مسئله برای بهینه‌سازی زمان

Archive of SID

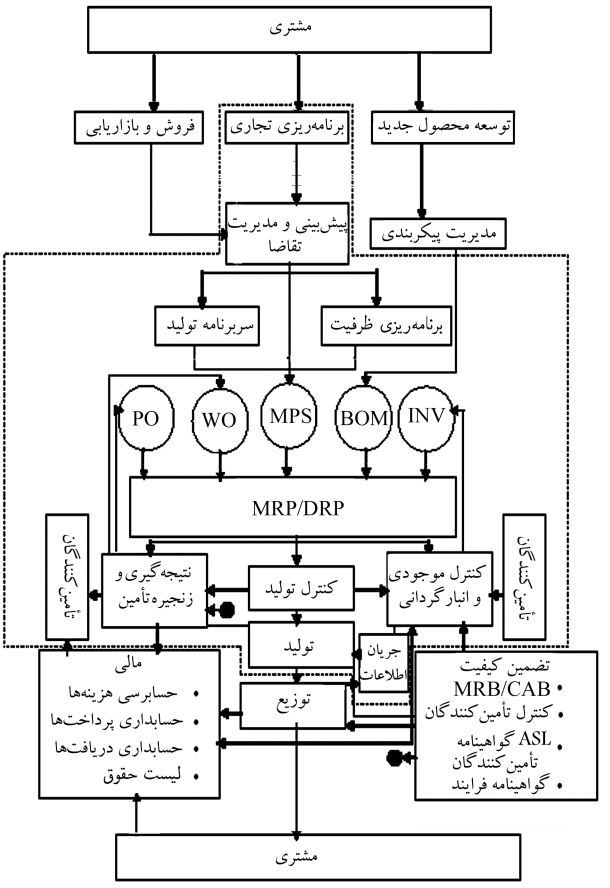
www.SID.ir

در زنجیره‌ی تأمین و تشریح مدل بهینه‌سازی مدت‌زمان ارائه‌ی خدمت می‌پردازیم، و سپس برای نمایش عملکرد مدل، مثال عددی آورده می‌شود.

مرور ادبیات

مدیریت زنجیره‌ی تأمین[5] مجموعه‌یی از تمام فعالیت‌های شرکت (اعم از راهبردی و عملیاتی) است که هدف آن یک‌پارچه‌سازی تأمین‌کنندگان، سازندگان، توزیع‌کنندگان و انبارداران، و نیز تولید و توزیع صحیح و مناسب محصولات از لحاظ تعداد، محل، زمان و هزینه در راستای ارضای نیازهای مشتری است.[3] در شکل ۱ این فرایند نمایش داده شده است و فضای محصور در نقطه‌چین، نشان‌گر محدوده‌ی «مدیریت تأمین مواد اولیه و موجودی زنجیره‌ی تأمین» در راستای بهبود هزینه و زمان تحویل است. مدیریت تولید و موجودی یک زیرسیستم در واحدهای تولیدی است، که اهداف آن در امر تولید و نگه‌داری موجودی، پیشینه‌سازی سطح خدمت‌دهی به مشتری، بازده عملیاتی کارخانه و کمینه‌سازی سرمایه‌گذاری در امر نگه‌داری موجودی است، که توسط مجموعه فعالیت‌های این سیستم، به تعادل می‌رسد.[4]

چون عموم شرکت‌های خودروساز در ایران حجم زیادی از قطعات و مجموعه‌های مورد نیازشان را از دیگر تأمین‌کنندگان خریداری می‌کنند، هماهنگی و برنامه‌ریزی تحویل به‌موقع کالا برای آنها بسیار ضروری است. در سیستم مدیریت تولید و موجودی



INV : داده های موجودی
BOM : درخت محصول
MPS : داده مربوط به دریافت ها
WO : عملیات تولیدی
PO : فرایند تولیدی

شکل ۱. مدیریت زنجیره‌ی تأمین.[6]

برای برنامه‌ریزی تأمین قطعات در زنجیره‌ی تأمین از رویکرد MRPII که اولویت‌ها و ظرفیت‌ها را برنامه‌ریزی و کنترل می‌کند، استفاده می‌شود. اگرچه MRPII تجربه‌یی نسبتاً موفق است، محدودیت‌هایی نیز دارد:[5]

- به زمینه‌های تولیدی توجه نمی‌شود.
- MRPII ایده‌یی است برای واگذاری مدیریت منابع[6] به کاربر، که استفاده‌کننده را با جزئیات درگیر می‌کند، و حضور چندین برنامه‌ریز ماهر را ضروری می‌سازد.
- حجم بیش از اندازه‌ی مسائل متعدد در حوزه‌های مختلف با رویکرد یکسان، در شرایط متفاوت تصمیم‌گیری‌های متعددی را می‌طلبد.
- زمان‌بندی استاندارد (شامل زمان پیشبرد و زمان تحویل) مشخص نیست.
- انتظار برای انباشته‌شدن سفارش‌ها، به‌حدی که بتوان ظرفیت‌های مورد نیاز را با استفاده از آنها تنظیم کرد، کاملاً اشتباه است؛ زیرا زمان تحویل را بسیار طولانی و متغیر، و سیستم سرعت‌بخشی ناکارا را حاکم می‌کند. همچنین تعیین ظرفیت‌ها با استفاده از پیش‌بینی تک‌تک سفارش‌ها در آینده نیز کاری بی‌حاصل می‌شود.
- در سیستم موجودی MRPII چگونگی توزیع تقاضا به‌طور مشابه، با توجه به تقاضای محصولات در طول ماه‌های سال و سطح موجودی‌هایی که در طول سال ایجاد می‌شود، و دقت چندانی هم ندارد، با نظر کاربر صورت می‌پذیرد.
- تمایل به ساده‌سازی در تعیین اندازه‌ی انباشته‌ها به‌گونه‌یی است که هیچ‌گاه اندازه‌ی واقعی انباشته‌ها طبق سفارشات برنامه‌ریزی‌شده‌ی احتیاجات خالص تعیین نمی‌شود.

راهکار ارائه‌شده در این نوشتار برای رفع معایب MRPII ترکیب آن با فلسفه‌ی کمال‌طلب JIT ــ روشی که محدودیت‌هایی چون عدم موفقیت در شرایط تکراری، ناتوانایی در پیش‌بینی دقیق تقاضا و عدم بهره‌وری در تنوع بالای محصول دارد ــ است.[7] در واقع این دو روش با هم‌پوشانی ضعف‌های یکدیگر به ابزار توان‌مندی بدل می‌شود که به‌همراه مدل ریاضی ارائه‌شده هدف اصلی مسئله (کاهش زمان پرت و بهبود زمان تحویل مواد اولیه در زنجیره‌ی تأمین که در سرتاسر زنجیره‌اثرگذار است و منجر به بهبود اقتصادی می‌شود) را برآورده می‌کند.

با مروری در پژوهش‌های انجام‌شده در باب برنامه‌ریزی تقاضا که عامل زمان و مسائل اولویت‌بندی زمانی را در آن مورد بررسی قرار داده‌اند، می‌توان گفت که تنها مدل تقویت تقاضا در زنجیره‌ی تأمین، مدل جی. رایت فاستر[7] است که در سال ۱۹۹۶ برای اولین‌بار توسط دنیز تویل[8] مطرح شد. روش‌هایی که تاکنون برای فشرده‌سازی زمان به‌منظور رسیدن به زمان بهینه عنوان شده عبارت‌اند از:

الف) زمان فشرده[8]

زمان فشرده در کل زنجیره که ابزاری توان‌مند و مهم محسوب می‌شود، عبارت است از مدت زمان سپری‌شده بین درخواست مشتری و انجام عملیات زیرساختی تجاری برای برآورده کردن نیاز مشتری، به‌خصوص در زنجیره‌ی تأمین چابک[9]. فشردگی تراکم زمان مصرفی[10] (CTC)، منجر به اثربخشی مدیریت زیربنایی زمان تولید[11]، سرعت‌بخشی نوآوری محصول در بازار، ارتقاء کیفیت و کاهش زمان چرخه‌ی زنجیره می‌شود. این روش در تمام سطوح زنجیره‌ی تأمین، در فرایندهای تجاری و عملیات تولیدی تأثیرگذار است. در جدول ۱ چهار شیوه‌ی اولیه برای دست‌یابی به زمان فشرده ارائه شده است.

پیش‌تازان در امر زنجیره‌ی تأمین تأکید دارند که در مدل زمان‌فشرده شرایط سازگاری که باید مهیا شود عبارت‌اند از:

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۱. تکنیک‌های اولیه برای مهندسی زمان فشرده.[۸]

شیوه‌های سازگار	فرایندهای مهندسی
حذف فرایند	حذف
حذف زمان همراه یک فرایند	فشردگی
مهندسی مجدد فرایندهای متوالی	یک‌پارچگی
انجام عملیات به‌طور موازی	مهندسی همزمان

جدول ۲. روش عملی در دست‌یابی به زمان فشرده در زنجیره‌ی تأمین.[۸]

راهکار	شیوه	مثال
مهندسی صنایع	کاهش زمان آماده‌سازی	تبادل یک طرفه‌ی ضایعات
توسعه‌ها	روش‌های کنترل	طراحی کانتینرها و کانوایرها
	طراحی محصول	طراحی برای تولید
مهندسی محصول	یک‌پارچه‌سازی فرایندها	تلفیق فرایندها
توسعه‌ها	توالی عملیات	هموارسازی تأخیرات مختلف
فناوری اطلاعات	دسترسی سریع‌تر به اطلاعات با همزمانی بیشتر	کدگذاری در دستور سفارش، یا بخش مواد
توسعه‌ها	تبادل اطلاعاتی الکترونیکی	سفارش، انتقال سرمایه یا مهندسی طراحی در صنعت انتقالی
مهندسی تولید	کانبان	کنترل تولید در بین سفارشات واقعی
توسعه‌ها	تأمین به‌موقع (JIT)	تنوع زیاد و تعداد کم
	اطلاع‌رسانی کنسلی‌های مشترک	توسعه‌ی سطح خدمات در بین خطاهای پایین پیش‌بینی

- تأمین مواد اولیه، نیمه‌ساخته و یا دیگر مایحتاج مورد نیاز قطعه یا مجموعه‌ساز به‌منظور تولید محصول جدید، برای تمامی تولیدکنندگان موجود در زنجیره و نیز تبادل دقیق و به‌موقع اطلاعات سفارش بین خودروسازان و قطعه‌سازان؛
- اصلاح چرخه‌های کاری با کمک به هریک از اجزاء زنجیره (که خودروسازان هم جزء آن هستند) به‌منظور حذف موانع فشردگی زمان که شرکت‌ها غالباً ناخودآگاه با آن درگیر می‌شوند؛
- همزمانی زمان تحویل و ظرفیت‌ها در بین سطوح یا میان اجزاء زنجیره‌ی تأمین که بیشتر سطوح پایینی را شامل می‌شود.

مدل فشردگی زمان با استفاده از تکنولوژی خاصی از طبقات مهندسی صنایع، مهندسی محصول، فناوری اطلاعات و مهندسی تولید به اهداف خود دست می‌یابد. در جدول ۲ این فعالیت‌ها به‌تفکیک و به‌طور کامل تشریح شده است.

ب) پاسخ‌گویی سریع[۱۲] و تولیدات انعطاف‌پذیر[۱۳]

در این روش انعطاف پذیری و توان پاسخ‌گویی سازمان در ارائه‌ی خدمت و فراهم‌آوری محصول در حجم زیاد ممکن می‌شود.[۹] این در حالی است که مشتری تعداد، تنوع، کیفیت، مشخصات و حتی زمان و مکان تحویل محصول و ارائه‌ی خدمات را تعیین و تعریف می‌کند. این روش موجد توانایی در تبادل اطلاعات و تصمیم‌گیری به‌موقع برای ارسال سفارشات در موعد مقرر است، و با تأکید شدید بر انعطاف‌پذیری حجم سفارشات برای مواجهه با تغییرات احتیاجات و رقابت بیش از حد بازار پویا[۱۴]، منجر به این می‌شود که بیشتر سفارشات با حداقل مخارج و هزینه‌های ناشی از کنترل موجودی و همین‌طور حداقل مدت تحویل، تأمین شود.

در مدل مذکور، ارتباطات سریع بین شرکاء پاسخ‌گویی بهتر و سریع‌تر به تغییرات در بازار خرده‌فروشان را ممکن می‌سازد، که با دخالت تولید به‌موقع (JIT)، مدلی قابل استفاده در کلیه‌ی صنایع تأمین قطعات خودرو، یک زمان ذخیره[۱۵] (جهش زمانی) در جریان اطلاعات و مواد را ایجاد می‌کند. لازم به ذکر است که اهداف برانگیزاننده‌ی استفاده از پاسخ‌گویی سریع، عیناً با اهداف پژوهش این نوشتار ــ کاهش زمان تحویل و هزینه ــ مطابقت می‌کند.

دیگر خصوصیات این مدل، کاهش طول مدت تحویل (یعنی فاصله‌ی زمانی شروع طراحی محصول تا زمانی که محصول نهایی در اختیار مشتری قرار می‌گیرد) است. این ویژگی عاملی است برای دست‌یابی به مزایای رقابتی بازار ــ به‌خصوص در صنایع خودرو ــ که با سازمان‌دهی کل زنجیره‌ی تأمین براساس تقاضای بازار، باعث افزایش قابلیت اطمینان در ارائه‌ی خدمات و محصولات می‌شود، و میزان انبارش و مرجوعات ناشی از خطا در پیش‌بینی را کاهش می‌دهد.

با توسعه‌ی فناوری اطلاعات[۱۶] و تبادل الکترونیکی اطلاعات[۱۷]، سیستم بارکد[۱۸] و شماره‌ی جزء اروپا[۱۹] ــ روش ویژه‌ی برچسب‌دارکردن محصولات برحسب سیستم تبادل الکترونیکی اطلاعات ــ که برای فروش الکترونیکی و اسکنرهای لیزری به‌کار می‌روند، امکان جمع‌آوری اطلاعات خاص در روش پاسخ‌گویی سریع و زنجیره‌ی تأمین فراهم می‌آید، و همین امر سبب کوتاه‌تر شدن بازه‌های زمانی، بهینه‌شدن اطلاع‌رسانی، و ارتباطات نزدیک‌تر تأمین‌کنندگان می‌شود؛ یعنی زمان پاسخ‌گویی به نیاز مشتریان بهتر و کوتاه‌تر می‌شود.

در بخش تولیدی که احتیاجات متفاوت مشتریان فشار زیادی اعمال می‌کند، نیاز به یک سیستم پاسخ‌گویی سریع و انعطاف‌پذیری در تمام اجزاء زنجیره‌ی تأمین به‌شدت احساس می‌شود و درگیرشدن اولین و دومین تولیدکننده، سازنده و خرده‌فروشان منجر به درگیرشدن کل زنجیره و تحول در آن می‌شود. در پاسخ‌گویی سریع، استراتژی‌های لازم برای برقراری سیستمی که بتواند مستقیماً تجهیزات و قابلیت‌هایش را با عملیات تولید محصول منطبق سازد، و با تحولات سریع بازار محصولات خود را توسعه دهد، سیاست تولید دسته‌یی را حاکم کند و تفاوت موعد تحویل و زمان آماده‌سازی محصول را به صفر برساند عبارت‌اند از:

الف) هم‌تراز کردن فعالیت‌های سازمان با تقاضا، (تمام فعالیت‌ها در شرکت باید منطبق بر سفارشات مشتری و تمایلات آنها باشد)؛

ب) برقرار کردن ارتباط مستقیم و هماهنگی بین تقاضا و زنجیره (ارتباطات مهمی که در فعالیت‌های هم‌تراز، در قالب یک استراتژی قابل فهم در برآوردن تقاضا وجود دارد و رابطه‌ی آن منطبق با زنجیره و الزامات پاسخ‌گویی سریع است.)؛

ج) ایجاد پیوستگی و روابط متناسب و مستقیم تقاضا در زنجیره (در پاسخ‌گویی سریع دو مشتری، یا مشتری و تولیدکننده که به‌صورت پویا و با استقرار جریانات تولیدی جدا از هم شناسایی می‌شوند، به‌طور پیوسته با هم کار می‌کنند، تقاضاهای خود را براساس اهداف زنجیره، تمایلات خرید، خواسته‌ی مشتری و الزامات پاسخ‌گویی سریع هماهنگ می‌کنند، و یکی پس از دیگری تقاضاهای یکدیگر را برآورده می‌سازند.)؛

د) پیکربندی منابع (استراتژی‌ها و تفکرات استراتژیک در این روش، برای کل سطوح شبکه‌ی تأمین ــ تمام سازمان‌هایی که ارتباط نزدیک گوناگون، اعم از داخلی یا

Archive of SID
www.SID.ir

خارجی، با تأمین‌کنندگان دارند ــ اعمال می‌شود. چون زمان یک پارامتر اساسی در این شیوه است، برای برنامه‌ریزی کوتاه‌مدت تقاضا در تمام لایه‌های زنجیره‌ی تأمین، تخمین زمان اولیه‌ی رقابتی تقاضا درست منطبق با تغییرات سریع و متناوب بازار مدنظر گرفته می‌شود، که این بهترین زمان برای ارائه‌ی خدمات و محصولات به مشتریان یا مصرف‌کنندگان است. این یکی از مهم‌ترین استراتژی‌ها در پاسخ‌گویی سریع است)؛

هـ) جریان سریع، دقیق و به‌موقع داده‌ها و اطلاعات اساسی در کل زنجیره؛

و) ایجاد مشارکت و پیوستگی (تنها راه اثربخش برای موفقیت در شرایط تغییرپذیر تندوتیز بازار، عملکرد زنجیره با دیگر شرکا و روابط سری[۲۰] آنها وابسته است.).

آخرین نکته‌ی لازم به ذکر در این شیوه چگونگی پیاده‌سازی آن است، زیرا که اجرای پاسخ‌گویی سریع بدون زنجیره‌ی چابک معنی ندارد، و نه‌تنها اثر فاحش خود را نمایان نمی‌سازد، بلکه گاهی دچار شکست می‌شود.

ج) مدیریت موجودی ـ خرده فروشی (VIM)[۲۱]

این روش مدلی تأثیرگذار بر روابط تأمین‌کنندگان است که از قابلیت پاسخ‌گویی مستقیم به تقاضای واقعی در سازمان برخوردار است، بدون این که در تصمیم‌گیری خرید مشتری ایجاد نقصان و تأخیر کند.[۹] در مدیریت موجودی ـ خرده فروشی، تأمین‌کنندگان نسبت به چگونگی ارتباطات، میزان موجودی و قابلیت‌های مشتری یا شرکاء دیگر خود موظف‌اند، و توسعه و عدم توسعه‌ی هرکدام از تولیدکنندگان و توزیع‌کنندگان در بهره‌وری زنجیره تأثیر عمده دارد. فواید این روش عبارت‌اند از:

- کنترل فعالیت‌های جابه‌جایی براساس روابط، موجودی و حذف نوسانات موضعی خرید و خرده‌فروشان صورت می‌گیرد؛
- توسعه‌ی الگوهای غیرقطعی سفارش که بسیار مشکل سازند، متوقف می‌شود و شرایط آماده‌سازی انتقال انبارش اختصاصی خرده‌فروشان فراهم می‌آید.

فواید دیگر برای مشتری است، زیرا سطح موجودی یک‌دست، خطر نقصان موجودی نهایی برای مصرف‌کننده کاهش یافته و محصولات همیشه قابل دسترس می‌شود. به‌عبارت دیگر، مشتری نباید برای موجودی، تا زمانی که به فروش می‌رسد یا مورد استفاده قرار می‌گیرد، مبلغی پرداخت کند.

اما خرده‌فروشان اصلی از مدیریت موجودی ـ خرده‌فروشی راضی‌نیستند، زیرا در این روش سیستم تأمین مواد واضح نیست. پس شناسایی موانع فراهم‌آوری مواد اولیه ممکن نیست و عدم یک‌پارچگی آن با فرایندهای خرده‌فروشان اصلی، هم برای مشتری و هم برای تولیدکننده مشکلاتی ایجاد می‌کند. درنتیجه همیشه به‌عنوان یک مدل همراه و توسعه‌دهنده‌ی مدل‌های دیگر استفاده می‌شود، که نتایج خوبی چون کاهش زمان زنجیره، بهبود روابط و تعیین موعد تحویل مناسب برای خرده فروشان را در بر دارد.

د) حمل و نقل

حمل و نقل عاملی ارزشمند در محاسبه‌ی زمان، مهم‌ترین مشخصه‌ی رقابتی، و یکی از پررنگ‌ترین موارد در زنجیره‌ی تأمین است.[۹] مشخصه‌یی که هرچند وقت یک‌بار به‌عنوان سرعت جابه‌جایی یک محصول از جایی به جایی دیگر (زمان انتقال) محاسبه می‌شود. جابه‌جایی جریان محصولات (دسته مواد، قطعه‌ی نیمه‌ساخته، منابع، و محصول تمام‌شده) از نقطه‌ی تولید به نقطه‌ی مصرف را شامل می‌شود. فرایند و چگونگی حمل و نقل نقش مهمی در زنجیره‌ی تأمین دارد؛ این موضوع به‌ویژه در سیستم تولید به‌هنگام خودنمایی می‌کند.

پنج روش متداول برای حمل و نقل عبارت است از: انتقال زمینی، انتقال هوایی، انتقال آبی، راه‌آهن و لوله‌کشی. انتخاب درست هریک از این روش‌ها ــ اعم از داخلی و خارجی ــ بر اساس نوع محصول یا آنچه حمل می‌شود، نوع صنعت، شرایط جغرافیایی، امکانات، هزینه‌ها و زمان تحویل محصول صورت می‌گیرد. پس در برآوردن بهره‌وری، سودآوری، تقلیل هزینه و زمان تحویل در زنجیره‌ی تأمین می‌بایست حتماً حمل و نقل را در نظر گرفت.

سیستم پیشنهادی مسئله برای بهینه‌کردن زمان در زنجیره تأمین

پس از بررسی ادبیات موضوع، حال به توصیف چگونگی اعمال راهکارهای موجود در مرور ادبیات، در ساختار کلی زنجیره تأمین که مطابق شکل ۲ (مدل توصیفی نهایی نویسنده، برای بهینه سازی زمان در تمام لایه ها) می باشد، پرداخته می شود. اما چون هدف این مسئله محدود به بهینه سازی مدت تحویل تأمین مواد اولیه و قطعات خودرو می باشد، در این نوشتار فقط به اجرای سیستم پیشنهادی در ناحیه‌ی نقطه‌چین شده اکتفا شده است.

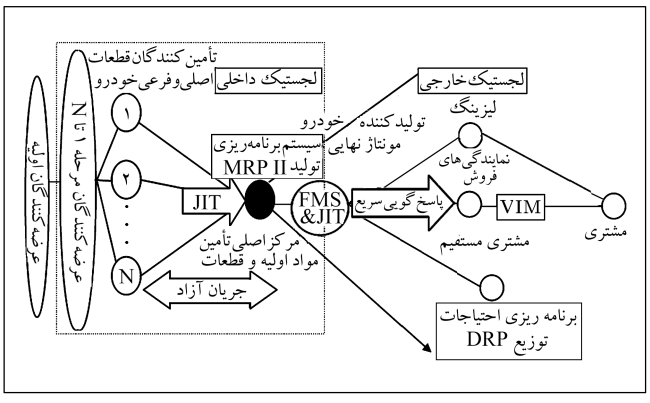
برای اجرای این الگو در ابتدا فرض می شود که حمل و نقل داخلی (لجستیک داخلی) در بهینه ترین شرایط خود قرار دارد، و سپس با برپاسازی نظام تولید بهنگام مطابق شکل ۲ در جریان مواد بین تأمین و استفاده از مدل برنامه ریزی پیشرفته ریاضی فاز دوم که از بازخوردهای اطلاعاتی MRPII تبعیت می کند، موعد بهینه تحویل مواد اولیه و قطعات خودرو به دست می آید، که در ادامه این مدل ریاضی دوفازی به تفصیل شرح داده خواهد شد.

الگوهای مختلف مدل‌های زنجیره‌ی تأمین

گام اول برای توصیف مدل ریاضی مسئله عبارت است از تعیین موقعیت آن در رویکردهای مدل‌سازی، الگوهای چندمرحله‌یی مختلف برای طراحی و تجزیه‌وتحلیل زنجیره‌ی تأمین، که با توجه به اطلاعات ورودی و اهداف مدل‌سازی به دست می‌آید. این رویکردها به چهار دسته تقسیم می‌شوند:[۱۰]

۱. الگوهای تحلیلی غیراحتمالی در جایی که متغیرها شناخته شده و مشخص‌اند؛

۲. الگوهای تحلیلی احتمالی در جایی که حداقل یکی از متغیرها شناخته شده نیست و فرض می‌شود که توزیع احتمالی ویژه‌یی را دنبال می‌کند؛



شکل ۲. مدل نهایی تدوینی مقاله که قسمت نقطه‌چین در راستای بهینه‌کردن زمان تحویل برای ارائه‌ی خودرو به مشتری به‌صورت مدل ریاضی درآمده است.

www.SID.ir

۳. الگوهای اقتصادی؛

۴. الگوهای شبیه‌سازی.

با توجه به دسته‌بندی یادشده، مدل توسعه داده شده در این تحقیق از نوع الگوهای تحلیلی احتمالی است.

شاخص‌های عملکرد زنجیره‌ی تأمین

دومین گام مهم در طراحی و تحلیل زنجیره‌ی تأمین، ایجاد یک شاخص یا یک مجموعه شاخص‌های عملکرد مناسب است که برای تعیین کارایی یا اثربخشی سیستم موجود یا مقایسه‌ی سیستم فعلی با سیستم‌های جایگزین مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرد. همچنین از شاخص‌های عملکرد با تخصیص ارزش‌هایی به متغیرهای تصمیم‌گیری موجود، برای طراحی سیستم‌های جدید استفاده می‌شود. این شاخص‌ها در سیستم پیشنهادی نویسنده عبارت‌اند از:

- شاخص‌های کیفی عملکرد، شامل رضایت مشتری[۲۲]؛ قابلیت انعطاف؛ یک‌پارچه‌سازی جریان اطلاعات و مواد؛ مدیریت مؤثر ریسک؛ عملکرد تأمین‌کننده.
- شاخص‌های کمی عملکرد، شامل شاخص‌های مبتنی‌بر سود؛ شاخص‌های مبتنی‌بر سطح پاسخ‌گویی به مشتری.
- شاخص‌های مبتنی‌بر هزینه، شامل کاهش هزینه؛ بیشینه‌کردن فروش؛ بیشینه‌کردن سود؛ کاهش سرمایه‌گذاری در موجودی؛ بیشینه‌کردن میزان بازگشت سرمایه؛ افزایش نسبت سود خالص به کل سرمایه‌گذاری انجام‌شده.
- شاخص‌های مبتنی‌بر پاسخ‌گویی به مشتری، شامل افزایش نرخ پاسخ‌گویی به تقاضا؛ کاهش دیرکرد ساخت؛ کاهش زمان پاسخ‌گویی به مشتری؛ کاهش زمان تحویل، کاهش دوباره‌کاری‌ها.

روش تحقیق

گام سوم برای شناسایی مدل، چگونگی انجام تحقیق است. در این تحقیق «بهینه‌سازی زمان تحویل مواد اولیه در زنجیره‌ی تأمین» از نوع مطالعات توصیفی و موردی است که ادبیات زمان تحویل مواد اولیه را بررسی می‌کند و به توصیف مورد مطالعاتی در باب این ادبیات می‌پردازد و با مدل بهینه‌سازی زمان تحویل در زنجیره‌ی تأمین، اهداف مورد نظر این پژوهش را محقق می‌سازد. مدل مذکور براساس سؤالات (فرضیه‌های) تحقیق زیر تدوین شده و پاسخ‌گوی تک‌تک سؤالات زیر است:

- زمان در زنجیره‌ی تأمین چطور تفکیک می‌شود؟
- چگونه می‌توان موعد تحویل مواد اولیه را کاهش داد؟
- محدودیت تحویل مواد اولیه چیست؟
- نقش «زمان» در عملکرد تحویل مواد اولیه چیست؟
- اثرات اقتصادی کاهش مدت زمان تحویل در یک مطالعه‌ی موردی زنجیره‌ی تأمین چقدر است؟

و محدودیت‌های مطالعاتی آن نیز چنین تعریف می‌شود:

- محدودیت در انتخاب تأمین‌کنندگان؛
- محدودیت ظرفیت؛

جدول ۳. تفکیک تأخیر و موعد تحویل زنجیره‌ی تأمین.[۱۱]

انواع تأخیرات	انواع زمان تحویل	عناصر زمان تحویل
دریافت و برنامه‌ریزی سفارشات	زمان تحویل کارخانه	تولید
برآوردن سفارشات	زمان تحویل انبار	دریافت و برنامه‌ریزی سفارشات، برآوردن سفارشات، حمل و نقل بازخورد اطلاعاتی
حمل و نقل	زمان تحویل توزیع	دریافت و برنامه‌ریزی سفارشات، برآوردن سفارشات، حمل و نقل، بازخوردهای اطلاعاتی
بازخوردهای اطلاعاتی	زمان تحویل خرده فروشان	دریافت و برنامه‌ریزی سفارشات بازخوردهای اطلاعاتی
زمان تحویل کارخانه		

- محدودیت‌های پذیرش خدمت؛
- محدودیت‌های گسترده‌ی تقاضا؛
- محدودیت‌های ساده‌سازی و اجرای مدل.

مدل ریاضی حل مسئله

پس از شناسایی سیستم به تشریح مدل ریاضیِ ساخته‌شده می‌پردازیم. لازم به ذکر است که تحلیل زمانی مدل در جدول ۳ و روند اجرایی آن در شکل ۳ قابل مشاهده است. هدف این مدل، رسیدن به بهترین زمان تحویل مواد اولیه و قطعات (زیرمونتاژها) در صنعت خودرو (TL^*)[۲۳] است، که با در نظرگرفتن کمینه‌سازی هزینه‌ی تأخیر و اتلاف وقت، اجرای سیستم تولید به‌هنگام، کانبان، برنامه‌ریزی درست و بهره‌برداری از بازخوردهای اطلاعاتی MRPII تعیین می‌شود؛ و علاوه بر بهینه‌سازی موعد تحویل، برکاهش هزینه‌های اثر شلاقی[۲۴] در زنجیره‌ی تأمین و بهینه‌سازی دیگر پارامترهای حاشیه‌یی مؤثر در موعد تحویل سفارشات اثرات جانبی مؤثری دارد.

حل این مسئله شامل سه مدل برنامه‌ریزی غیرخطی است که از نظر عملکرد معیارمدار، دارای ساختاری نمادین و نسبت زمانی پویا و جزو مدل‌های عمومی با متغیرهای احتمالی است. فرضیات در نظر گرفته شده برای این مدل شامل موارد ذیل است:

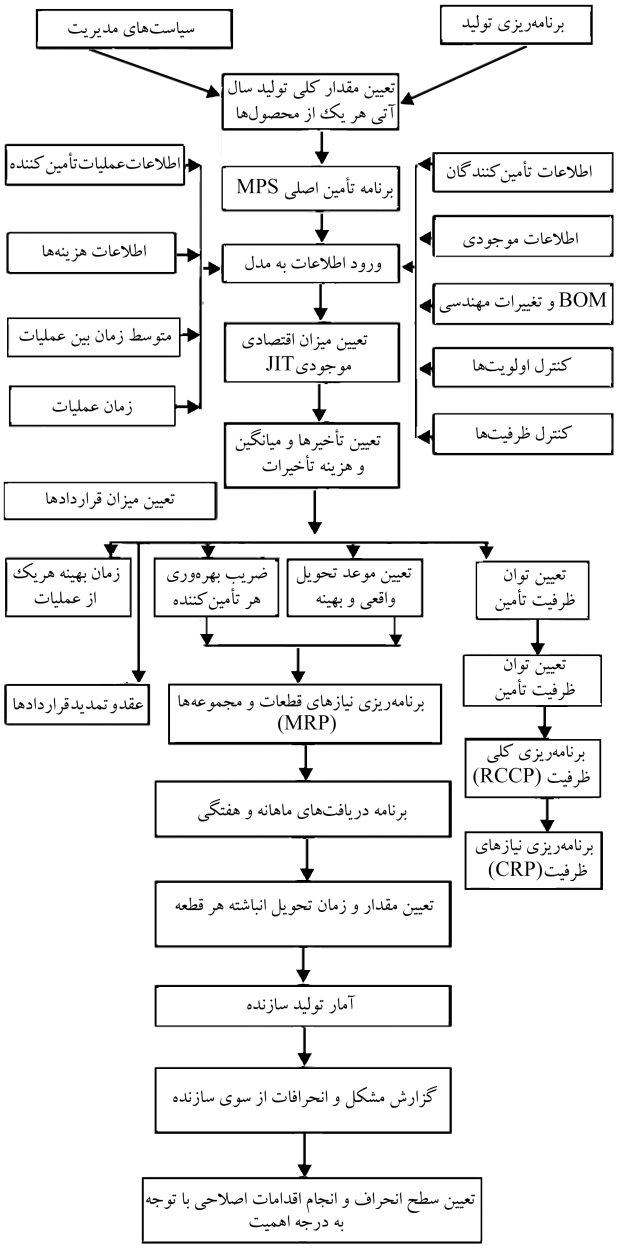
- محدوده‌ی مدل در ناحیه‌ی نقطه‌چین شکل ۲ نشان داده شده است.
- دسته‌های سفارش قطعه f ثابت است.
- فرض می‌شود که عملیات فراهم‌آوری شامل سفارش، کنترل کیفیت، بارگیری، حمل و نقل، و آماده‌سازی است.

پارامترهای مسئله

N = میزان ظرفیت تأمین‌کننده‌ی m؛

f = شماره‌ی قطعه و مواد اولیه در BOM [۲۵]؛

Archive of SID
www.SID.ir



شکل ۳. روند اجرایی مدل.

T = افق برنامه‌ریزی (به‌روز)؛

ρ = نرخ رشد تقاضا؛

$\overline{OQ}_f$ = میزان متوسط مواد بین عملیات تأمین قطعه‌ی fام؛

$\overline{Y}_f$ = متوسط زمان بین دو تحویل؛

$T_l(m)$ = موعد تحویل؛

O = عملیات در فرایند سفارش؛

$\overline{S}_f$ = متوسط زمان آماده‌سازی تأمین‌کننده؛

$\overline{I}_{fo}$ = متوسط زمان واحد عملیات تأمین قطعه‌ی fام؛

$E(W_{qm}(Q^*))$ = انتظار نهایی؛

$ETCUT$ = هزینه‌ی کلی موجودی؛

DC = هزینه‌ی تأخیرات زمانی؛

m = تأمین‌کنندگان قطعات؛

K_i = دسته‌های سفارش در سیستم کانبان؛

L = مرکز سفارش قطعات و مواد اولیه؛

WQ_f = کل سفارش ارضاء شده؛

DD = تقاضا در افق برنامه‌ریزی؛

θ_f = هزینه‌ی سفارش (ثابت است)؛

H_f = هزینه‌ی نگه‌داری موجودی؛

η_f = هزینه‌ی ثابت خرید؛

π_f = هزینه‌ی کمبود موجودی (نرسیدن سرموقع)؛

ψ = هزینه‌ی انحراف از موعد تحویل مقدار سفارش که در بهترین حالت مقدار آن برابر یک است ($\tau = ۱$، $\tau_۱ = ۱$ و $\tau_۲ = ۱$)؛

$k = \eta_f + \theta_f$؛

k_i = نسبت تقسیم Q^* بین دو تأمین کننده.

با توجه به مسئله، در رابطه‌ی ۱ زمان تحویل قطعات واقعی محاسبه می‌شود[۱۲]، و $E(W_{Lm}(Q^*)) = S\!\!\!/(W_{qL}(Q^*))$ برای زمان انتظار در خط تولید برای رسیدن قطعه‌های مورد نیاز برای مونتاژ محصول نهایی به‌ازای تأخیر دیگر قطعات برقرار است.

$$T_l(m) = \frac{\text{عملکرد هر عملیات تأمین‌کننده}}{\text{عملکرد کل عملیات تأمین‌کننده}} \times \text{زمان متوسط تأمین فراهم‌آوری} \qquad (۱)$$

$$T_l(m) = \sum_{f=۱}^{f}\sum_{o=۱}^{of} \delta_{fom} \times \left[\frac{\frac{T}{\overline{Y}Q_f^*}}{\sum_{f=۱}^{f}\sum_{o=۱}^{of}\delta_{fom}\frac{T}{\overline{Y}Q_f^*}}\right] \times$$

$$[S\!\!\!/(W_{qm}(Q^*)) + Q_f^*\overline{I}_{fo}]$$

سپس با استفاده از رابطه‌ی ۲ که همیشه برای محاسبه‌ی ظرفیت تولید در برنامه‌ریزی مواد کاربرد دارد[۱۳]، در این مسئله ظرفیت سفارش مواد، قطعات و میزان موجودی که در یک افق برنامه‌ریزی مشخص می‌بایست در دسترس باشد، تعیین می‌شود.

$$\begin{cases}\delta_{fol} = ۱ & \text{اگر عملیات } o \text{ برای تهیه سفارش محصول } f \text{ توسط مرکز } L \text{ صورت می‌گیرد.}\\ \delta_{fol} = ۰ & \text{در غیر این صورت}\end{cases}$$

$$\begin{cases}\delta_{fom} = ۱ & \text{اگر عملیات } o \text{ برای تهیه سفارش محصول } f \text{ توسط تأمین کننده } m \text{ صورت می‌گیرد.}\\ \delta_{fom} = ۰ & \text{در غیر این صورت}\end{cases}$$

$$\begin{cases}\delta_{fol\to m} = ۱ & \text{اگر عملیات } O \text{ برای سفارش محصول } f \text{ توسط مرکز } L \text{ صورت می‌گیرد و عملیات بعدی آن برای تأمین محصول } f \text{ توسط تأمین کننده } m \text{ باشد.}\\ \delta_{fol\to m} = ۰ & \text{در غیر این صورت}\end{cases}$$

$$\delta_{fol\leftrightarrow m} = \delta_{fol}\delta_{f(o+۱)m} + \delta_{fom}\delta_{f(o-۱)l}, \delta_{fol\to m} = \delta_{fol}\delta_{f(o+۱)m}$$

$$B = \sum_{f=۱}^{f}\delta_{fofL\to m}\frac{T}{\overline{Y}_f Q_f^*} \qquad (۲)$$

در بازخوردهای اطلاعاتی، مقدار تقاضاهایی که باید تأمین شود در افق یک برنامه‌ریزی معین با استفاده از رابطه‌ی ۳ و تعداد دوره‌های سفارش آن طبق رابطه‌ی ۴

Archive of SID
www.SID.ir

لازم است تعیین شود.[۱۲]

$$A = [T_l(m)] \times \frac{DD}{T} \quad (۳)$$

$$WQ_f = \left[\sum_{f=۱}^{f}\sum_{o=۱}^{of} \delta_{fol} \leftrightarrow m\frac{T}{\overline{Y}_f Q_f^*}(\overline{S}_{fo} + Q_f^*\overline{I}_{fo})\right] \Big/ \left[\sum_{f=۱}^{f}\sum_{o=۱}^{of} \delta_{fol} \rightarrow m\frac{T}{\overline{Y}_f Q_f^*}\right] \quad (۴)$$

با استفاده از روابط ۳ و ۴ اطلاعات مربوط به سفارش در شرایط موجود محاسبه می‌شود. حال برای تعیین مقدار بهینه‌ی تحویل زیرقطعات مادر، که هدف اصلی مسئله است، ابتدا با رویکرد سفارش تحویل به‌موقع مقدار اقتصادی سفارش را برای یک تأمین‌کننده طبق رابطه‌ی ۵، و برای دو تأمین‌کننده طبق رابطه‌ی ۶ در شرایط احتمالی و غیر قطعی محاسبه کرده، و خروجی آن به‌عنوان ورودی در سربرنامه‌ی تولید MRPII، مدل برنامه‌ریزی تعیین زمان تحویل و طول انجام عملیات استفاده می‌شود.

$$\begin{aligned} E(h_f) = {} & h\int_{۰}^{\infty}\int_{۰}^{\infty}\left(\frac{Q^۲}{۲} + rQ - JQ - lQ + K_{۱J}Q\right) f_T(J) f_L(l) dJ dl \\ & + (h+\pi)\int_{r}^{\infty}\int_{۰}^{\infty} \frac{۱}{۲}(l-r)^۲ f_J(J) f_L(l) dJ dl + (h+\pi) \\ & \int_{۰}^{r+K_{۱}Q}\int_{r+k_{۱}Q-۱}^{\infty} \frac{۱}{۲}(l+J-r-k_{۱}Q)^۲ f_J(J) f_L(l) dJ dl \\ & + (h+\pi)\int_{r+k_{۱}Q}^{\infty}\int_{۰}^{\infty}\left(l_J + \frac{J^۲}{۲} - k_{۱J}Q - r_J\right) f_J(J) f_L(l) dJ dl \end{aligned} \quad (۵)$$

$$ETCUT = \frac{k}{Q}(۱+p) + E(h) + \psi_{۱} + \psi_{۲}$$

$$E(h) = (h+\pi)\int_{r}^{\infty}\frac{(l-r)^۲}{۲Q} f(l/\tau) dl + h\int_{۰}^{\infty}\left(r - l + \frac{Q}{۲}\right)\frac{f(l/\tau)}{\tau} dl + \psi(\tau)$$

$$ETCUT = \frac{K}{Q}(۱+p) + E(h) + c\left(\frac{۱}{\tau} - ۱\right)$$

$$S.t: Q \le CA_m \quad (۶)$$

باتوجه به اینکه مدل برنامه ریزی پیشرفته فاز دوم با هدف کاهش هزینه و زمان پرت استخراج شده است، پس نیاز به داده‌های عددی چون میانگین و انحراف معیار تأخیرات در لایه تأمین احساس خواهد شد، (به ازای هر ثانیه تأخیر هزینه‌هایی مانند از دست دادن مشتری، کالاهای مرجوعی و تعمیر و نگهداری افزایش خواهد یافت) که توسط فرمول ۷ و ۸ برای هر محصول قابل محاسبه است.

به علاوه، مقدار عددی به دست آمده Q^{*}[۲۶] از این توابع، داده‌ی کمیتی می گردد که قابل استفاده در مدل نهایی موعد تحویل رابطه ۹ می باشد.[۱۴-۲۰] (فرمول ها و روابط ۵ تا ۹ براساس اطلاعات موجود در منابع ۱۴ تا ۲۰ استخراج شده است.)

$$E(W_f) = \sum_{f=۱}^{f} E(W_{qm}(Q^*))\delta_{fom} + Q^*\overline{I}_{fo} \quad (۷)$$

$$V(W_f) = \sum_{o=۱}^{of} V(W_{qm}(Q^*))\delta_{fom} + \sum_{o=۱}^{of} Q_f^* S_{I_{fo}}^{۲} \quad (۸)$$

$$Clostsale_{df} = \sum_{i=۱}^{f'} lostsale_f$$

$$Cholding\ cost_{df} = \sum_{i=۱}^{f}\sum_{i=۱}^{of} Q^*\delta_{fom\rightarrow l} \times Hold$$

$$\begin{aligned} & MinDC = \\ & \sum_{f=۱}^{f}(V_f(W_f)\Big/E_f(T_l(m))) \times Choldingcost_{df} \times Clostsale \\ & +(E_f(W_f)\Big/E_f(T_l(m))) \times Choldingcost_{df} \end{aligned} \quad (۹)$$

$$MinDC = \sum_{f=۱}^{f}\frac{b_f}{x_f} \times \frac{C_f}{x_f}$$

$$S.t$$

$$x_f \le \max(x_{۲}, x_{۳})$$

.

.

$$Max(x_{۱}, \ldots, x_n, x_{n-۱}) \le x_{۱}$$

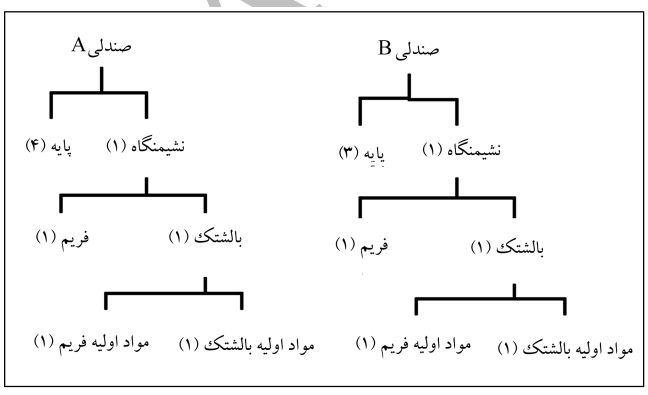
$$(x_{۱}, \ldots, x_n, x_{n-۱}, x_f) > ۰$$

$$a_{۱}x_{۱} + a_{۲}x_{۲} + \cdots + a_n x_n = End\ \ time$$

$$b_{۱}x_{۱} + b_{۲}x_{۲} + \cdots + a_n x_n = coffication\ completment$$

حل مسئله در مطالعه‌ی موردی

در ادامه برای نمایش عملکرد مدل در این نوشتار، یک مثال عددی از مطالعه‌ی موردی با پیش‌فرض این که صندلی A و صندلی B به‌ترتیب پژو ۴۰۵ و دیگری پژو ۲۰۶ باشد، مطرح می‌شود. در حل مسئله به‌کمک روابط ۱ تا ۴ به محاسبه‌ی پارامترهای مورد نظر در سیستم فعلی پرداخته می‌شود و با به دست آوردن میزان بهینه‌ی آنها طبق روابط ۵ تا ۹، امکان مقایسه‌ی شرایط فعلی با حالت بهینه فراهم می‌آید. در این مثال عددی، BOM مطابق شکل ۴ است که تولید سالانه‌ی محصول



شکل ۴. BOM حل مسئله.

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۴. اطلاعات موجودی.

داده اصلی قطعات					داده‌های موجودی			
تعداد قطعه‌ی موردنیاز	نام کد محصول	اندازه انباشته	زمان پیشبرد واقعی	ساختنی / خریدنی	موجودی جاری	موجودی تخصیص‌یافته	سفارشات در راه	زمان تحویل (روز)
۲۰۰۰	صندلی A			ساختنی	۱۰۰	۰	۰	۰
۳۰۰۰	صندلی B			ساختنی	۹۰۰	۰	۰	۰
۱۷۰۰۰	پایه			خریدنی	۱۵۰	۰	۲۰۰	۲۰۰
۵۰۰۰	نشیمن‌گاه			خریدنی	۳۰۰	۰	۱۲۰۰	۷۰۰
۵۰۰۰	بالشتک			خریدنی	۱۲۰۰	۵۰۰	۰	۰
۵۰۰۰	فریم			خریدنی	۷۰۰	۱۰۰	۰	۰
۵۰۰۰	مواد اولیه بالشتک			خریدنی	۰	۰	۱۰۰	۵۰۰
۵۰۰۰	مواد اولیه فریم			خریدنی	۰	۰	۰	۰

جدول ۵. خروجی مدل (درصد پاسخ‌گویی سریع به مشتری).

موارد	صندلی الف	صندلی ب	پایه	نشیمن‌گاه	بالشتک	فریم	مواد اولیه‌ی بالشتک	مواد اولیه‌ی فریم
واحد موعد تحویل بهینه به‌روز	۲	۳	۱	۱	۲	۱	۲	۲
واحد موعد تحویل واقعی به‌روز	۳۶	۵	۰/۸۴	۰/۷۳	۳/۳۸	۹/۹۰	۹/۵۰	۰/۱۶
درصد بهبود موعد تحویل (٪)	۸۵	۴۰	۰	۰	۴۱	۹۰	۶۰	۰
ضریب عملکرد هر تأمین‌کننده	۰/۱۸۸۴۹	۰/۰۳۲۷۹۸	۰/۰۴۱۱۴۶	۰/۰۹۷۷۸	۰/۴۵۶۱۲	۰/۰۶۵۹۲۱	۰/۰۶۳۵۱۱	۰/۰۵۴۲۴

جدول ۶. خروجی مدل (اثرات اقتصادی).

موارد	۱	۲
کمینه‌ی هزینه‌ی تأخیرات کل	۴۳۴۱۰	۶۴۳۸۷
هزینه‌ی تأخیرات کل	۲۶۷۰۴۹	۲۷۶۴۷۲
درصد بهبود هزینه	۸۳/۷۴	۷۶/۷۱

A را ۲۰۰۰ عدد و محصول B را ۳۰۰۰ عدد در نظر می‌گیرد. اعلام سفارشات سال آینده همیشه ۳ الی ۴ ماه قبل از پایان سال جاری انجام می‌شود.

با در نظرگرفتن اطلاعات موجود در جدول ۴ برای حل مسئله‌ی مذکور، چون متغیرها احتمالی و نامشخص‌اند، باید به مطالعه‌ی رفتار احتمالی متغیرها پرداخت. در این مثال تمامی متغیرهای زمانی توزیع نمایی دارند، مگر تأخیرات زمانی که از توزیع لگ[۲۷] نرمال پیروی می‌کند؛ و چون زمان عملیات توزیع نمایی دارد، تعداد قطعاتی که بین عملیات جابه‌جا می‌شوند توزیع پواسان دارند.

زمان بین دو سفارش متوالی به‌طور ثابت هر سه روز یا هر ۳۶۵ روز یک‌بار به‌صورت پیوسته در بازه [۰، ۳] و [۰، ۳۶۵] انجام می‌شود، که این زمان به‌علت ثابت‌بودن توزیعی یکنواخت داشته و تعداد سفارش قطعات در این بازه توزیع پواسان دارد. با ورود اطلاعات مربوطه در برنامه‌ی کدشده توسط نرم‌افزار MAT-LAB7 مطابق شکل ۳ این مثال عددی حل شده، و خروجی‌های آن مطابق جدول‌های ۵ و ۶است.

افق برنامه‌ریزی می‌تواند به‌صورت {یکسال (۳۶۵ روز)، ۶ ماه (۱۸۳ روز)، ۳ ماه (۹۱ روز)، یک ماه (۳۰ روز)، یک هفته (۶ روز)، ۱ روز (۳ شیفت)، هر شیفت (۰/۳۳ روز)، نیم شیفت (۰/۱۶ روز)، ۲ ساعت (۰/۰۸ روز)، ۱ ساعت (۰/۰۴ روز) و هر دقیقه (۰/۰۰۰۷ روز)} تغییر کنند و در محاسبات مد نظر قرار گیرد.

نتیجه‌گیری

در این مدل موعد تحویل بهینه با توجه به ضریب عملکرد تأمین‌کننده به دست می‌آید، و به تأمین‌کننده کمک می‌کند که براساس آن برنامه‌ریزی تولید و سفارش خود را تنظیم کند، و دیگر تنوع زمان تحویل تحمیلی تأمین‌کننده، که نیاز به چندین برنامه‌ریز ماهر را ضروری می‌سازد، از بین می‌برد. دو رویکرد JIT و MRPII با هم‌پوشانی خود منجر به رفع معایب یکدیگر شده، و اهداف مدل این نوشتار به شرح زیر محقق می‌شود.

- پاسخ‌گویی سریع به احتیاجات مشتری؛
- تولید براساس کشش تقاضا (فراهم‌آوری با مقدار مناسب و زمان درست)؛
- خودکنترلی (سیستم MRPII و کنترل مرحله به مرحله‌ی JIT، سیستم کنترلی کاملی را برآورده می‌کند)؛
- سفارشی‌شدن تولیدات انبوه، با بهترین کیفیت مورد دلخواه مشتری و مناسب‌ترین زمان تحویل کالا؛
- ذخیره‌ی احتیاجی که یکی از معایب و موانع تولید به‌هنگام است، در این مدل تبدیل به یکی از مزایای مهم این روش می‌شود؛
- تعیین زمان تحویل مواد توسط گیرنده، به جای فرستنده؛
- اتلاف‌هایی که ناشی از مازاد تولید، حرکات اضافی، حمل و نقل نادرست، فرایندهای غیرضروری، و زمان انتظار بی‌مورد است، کاهش می‌یابد.
- بهبود مستمر (حجم کم موجودی جابه‌جا شده بین تولیدکننده و تأمین‌کننده، بازخورد اطلاعاتی MRPII و محسوس‌شدن درصد انحرافات از حالت بهینه که از مدل استخراج می‌شود، ما را در شناسایی گلوگاه‌ها راهنمایی می‌کند و با بررسی و بهبود متوالی آن یک سیستم بهبود پویا را به وجود می‌آورد.)

Archive of SID

www.SID.ir

- کاهش هزینه و افزایش سودآوری؛
- افزایش بهره‌وری و کاهش تأخیرات و ضایعات؛
- افزایش توانایی سازمان برای رقابت با شرکت‌های رقیب، و حفظ مزایای رقابتی در بلندمدت؛
- کاهش سطح مواد، زمان و کار در فرایند تأمین؛
- کاهش هزینه‌های نگه‌داری، تأخیر و کاهش هزینه‌ی فروش از دست رفته؛
- کاهش تعداد عرضه‌کنندگان مواد و انعقاد قراردادهای بلندمدت با آنها؛
- برنامه‌ریزی دقیق احتیاجات برای MRP؛
- برنامه‌ریزی و کنترل اولویت‌ها و ظرفیت‌ها براساس MRPII به‌کمک بازخورد اطلاعاتی که از گزارش هر دوره‌ی اجرایی آن حاصل می‌شود؛
- دریافت‌های متوالی و جابه‌جایی مواد و قطعات منطبق با فلسفه‌ی تولید به‌هنگام.

و در نهایت این مدل، اطلاعات لازم برای تصمیم‌گیری در تمام برنامه‌ریزی‌ها را به‌صورت کاملاً به‌روز، در اختیار مدیران و سیستم DSS [۲۸] قرار می‌دهد. شاهد عینی این تحولات، اثر اقتصادی این مدل است که در جدول ۵ برای مثال عددی این نوشتار، به دست آمده است.

پانوشت

1. tire
2. lead time
3. Just in time (JIT)
4. Material Resourse Planning (MRPII)
5. Supply Chain Management (SCM)
6. capacity management
7. Jay Wright Forrester
8. Denis Towill.
9. agile production
10. congestion time consuming
11. fundamental management in production scheduling
12. quick response (QR)
13. flexibility production
14. dynamic market
15. saving time (umbrella duration)
16. Information Technology (IT)
17. Electronic Article Node (EAN)
18. bar coding
19. Universal Product Code (UPC)
20. series connection
21. vender Inventory Management
22. Satisfaction
23. بهترین زمان تحویل مواد اولیه و قطعات (زیرمونتاژها)
24. bull whip
25. Bill Of Material(BOM)
26. میزان انباشته‌ی اقتصادی
27. Log normal or lonormal
28. decision system structure

منابع

1. Hopp, W.J.; Spearman, M.L. "To will or not to pull: what is the questioned?", *Manufacturing & Service Operations Management*, **6**(2), pp. 133-148 (spring 2004).
2. Ayers, James B. Handbook of Supply Chain Management, CRC Press LLC St. Lucie Press, Boca Raton. London, NewYork. Washington, D.C. APIS series on resource management, Alexandra, Virginia, (2001).
3. Poirier, Charles C. & Reiter, Stephan E. "Supply chain optimization: building the strongest total business network", 1st ed., printed by Berrett-Koehler Publishers, San Francisco (BK), (1996).
4. Sunil, Chopra; Meindel, Peter. "Supply chain management: strategy, planning, and operation", Prentic-Hall Inc., Upper Saddle River, New Jersey (2001).
5. Rogert Becker, Supply chain management and value chain, Advanced Integrated Technologies Group, Luxembourg, Office of AIT www. theaitgroup.com, (2005).
6. Browne, J. Harben, J. and Shivnan, J. Production Management system: and integrated perspective Prentice Hall, 2nd edition, (1996).
7. Cheng, T.C.E. and Podolsky, S. An Introduction to Just-in-Time Manufacturing, Chapman & Hall, London, UK, 2nd edition, (1996).
8. Gustafson, A.; Schmiesing-korff, A.; Philip, V.; Sze Lit, Ng. "A time efficient supply chain model for an appearel company", Dissertation in Krisianstd University, (2004).
9. Poirier, Charles C. "Using models to improve the supply chain", CRC Press LLC St. Lucie Press, Boca Raton. London, New York. Washington, StateD.C., (2004).
10. Beightle, C.S.; Phillips, D.T. and Wilde, D.J. Foundations of Optimization (2nd Ed.), Englewood Cliffs, NJ: Prentic-Hall, (1979).
11. Bookbinder, J.H.; Cakanyildirim, M. "Random lead times and expedited orders in (Q, r) inventory systems", *European Journal of Operational Research*, **115**, pp. 300-313 (1999).
12. Vandaele, N.J.; Lambrecht, M.R.; Shanthikumar, J.G.; Yao, D.D.; and Zijm, W.H.M. "Reflections on the use of stochastic manufacturing models for planning decisions & stochastic modeling and optimization of manufacturing systems and supply chains", Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 53-85 (2003).
13. Lambrecht, M.R.; Ivens, L.I.; Vandaele, N.J. "ACLIPS: a capacity and lead time integrated procedure for scheduling", *Management Science*, **44**(11), pp. 1548-1561 (1998).
14. Choi, J. "Investment in the reduction of uncertainties in just-in-time purchasing systems", *Naval Research Logistics*, **41**, pp. 257-272 (1994).

Archive of SID
www.SID.ir

15. Barnes-Schuster, Dawn; Bassok, Yehuda; Anupindi, Ravi. "Optimizing delivery lead time/inventory placement in a two-stage production/ distribution system", *European Journal of Operational Research*, **174**, Issue 3, pp. 1664-1684 (2006).

16. Mohebbi, Esmail; Hao, Daipeng. "When supplier's availability affects the replenishment lead time-an extension of the supply-interruption problem", *European Journal of Operational Research*, **175**, Issue 2, pp. 992-1008 (2006).

17. Mohebbi, Esmail. "Supply interruptions in a lost-sales inventory system with random lead time", *Computers & Operations Research*, **30**, Issue 3, pp. 411- 426 (2003).

18. Inneke Van Nieuwenhuyse and Vandaele, Nico. "The impact of delivery Lot splitting on delivery reliability in a two-stage supply chain", *International Journal of Production Economics*, **104**, Issue 3, pp. 694-708 (2006).

19. Ayers, James B. Handbook of Supply Chain Management, CRC Press LLC St. Lucie Press, Boca Raton. London, New York, Washington, D.C. APIS series on resource management, Alexandra, Virginia, (2001).

20. Zalkind, D. "Order-level inventory systems with independent stochastic lead times", *Management Science*, **24**(13), pp. 1384-1392 (1978).

Archive of SID

www.SID.ir