پژوهش در مدیریت و مهندسی صنایع، شماره ۲۵، بهار ۱۴۰۰، ص ۷۷- ۶۷

ISSN: 2588-2791
http://www.miej.ir

پژوهش های کاربردی در مدیریت و حسابداری (سال ششم)
شماره ۲۵ / بهار ۱۴۰۰ / ص ۷۷-۶۷

نظریه بازی ها برای برنامه ریزی تولید کل در زنجیره های تأمین

علی بهرامی[۱]، سهیل امامیان[۲]

۱-دانشجو کارشناسی ارشد مدیریت زنجیره تامین، دانشگاه جامع امام حسین(ع)، گروه صنایع، تهران، ایران

۲- عضو هیات علمی دانشگاه جامع امام حسین(ع)، گروه صنایع، تهران، ایران.

نام نویسنده مسئول:
علی بهرامی

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۲/۲
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۲/۲۵

چکیده

رقابت جهانی، مدیریت صنایع بهینه را برای زنجیره تأمین صنایع عملی ضروری کرده است. پیچیدگی فرآیندهای زنجیره تامین همراه با زمان های محاسباتی زیاد، اغلب مدیریت مؤثر زنجیره تأمین (SCM) را دشوار می کند. سیستم تولید یکی از اجزای مهم یک زنجیره تأمین است. در این مقاله یک رویکرد جدید برای برنامه ریزی کل تولید در زنجیره های تامین معرفی شده است. این روش از نظریه بازی ها، که به طور گسترده در ترکیب شبکه مبدل های حرارتی و جرمی استفاده شده است، الهام می گیرد. با نمایش داده های تقاضا و عرضه به عنوان ترکیب، به برنامه ریزان بینش بیشتری از روند SCM می دهد و بنابراین برنامه ریزی مجدد و تصمیم گیری سریع را تسهیل می کند. دو مطالعه موردی حل شده که یکی شامل یک محصول و دیگری مربوط به چندین محصول در یک پردازنده است. برای اولین مطالعه موردی، برنامه های تولید بهینه به دست آمده و با نتایج حاصل از حل مشکلات بهینه سازی معادل درGAMS مطابقت دارد. برای مطالعه موردی دوم، الگوریتمی برای تعیین توالی تولید محصولات متعدد ارائه شده است. حدس اولیه ای که با پیروی از الگوریتم بدست آمده، زمان محاسبات را به یک ششم از زمان دیگری که توسط حل کننده گرفته می شود، کاهش می دهد. ممکن است نتیجه گرفته شود که برنامه های بدست آمده توسط نظریه بازی ها یا بهترین برنامه های کل را ارائه می دهند و یا نقطه شروع بسیار خوبی برای کاهش زمان محاسبات برای راه حل ها با استفاده از فرمول های برنامه نویسی صحیح مخلوط است.

واژگان کلیدی: نظریه بازی ها، زنجیره تامین، برنامه ریزی تولید، مدیریت بهینه.

پژوهش در مدیریت و مهندسی صنایع، شماره ۲۵، بهار ۱۴۰۰، ص ۷۷- ۶۷

ISSN: 2588-2791
http://www.miej.ir

مقدمه

زنجیره تأمین برای یک کسب و کار شامل تمام مراحلی است که به طور مستقیم یا غیرمستقیم شامل برآوردن تقاضا از مشتری هستند. برنامه ریزی تولید، برنامه ریزی و توزیع برخی از عملیات انجام شده در یک زنجیره تأمین است. در بیشتر موارد، یک مدل برنامه ریزی ایجاد می شود و یک مسئله بهینه سازی معادل با استفاده از الگوریتم های بهینه سازی استاندارد حل می شود. یکی از مشکلاتی که برنامه نویسی ریاضی گسسته با آن روبرو است، پیچیدگی ترکیبی است که با توجه به اندازه مسئله به طرز چشمگیری افزایش می یابد [۱].

هدف از این کار معرفی رویکرد نظریه بازی ها در برنامه ریزی کل در چارچوب کلی برای بهینه سازی زنجیره های تأمین است. برنامه ریزی کل با هدف به حداکثر رساندن سود در یک افق زمانی مشخص است، در حالی که تقاضا را برآورده می کند. نظریه بازی ها به طور گسترده در مهندسی شیمی برای بهینه سازی منابع مختلف مانند انرژی و آب استفاده شده است. پینچ به عنوان محدودترین نقطه در فرآیند تعریف می شود. روش پیشنهادی با در نظر گرفتن تحلیل پینچ از طریق نمایش گرافیکی، یک طرح کلی را تعیین می کند. در فشار، جریان مواد در یک زنجیره تامین متعادل است و تجزیه مسئله امکان پذیر است. این روش در تعیین اهداف، پیش بینی عملکرد بهینه بر اساس اصول اساسی قبل از برنامه ریزی واقعی فرآیندها، کمک می کند [۲].

برآورد زمان در برابر کمیت ماده

قدرت نظریه بازی ها در بینش فیزیکی نهفته است که با ترسیم نمودار "کیفیت" در مقابل "کمیت" ارائه می شود. برای سیستم های بازیابی گرما کیفیت، درجه حرارت است در حالی که مقدار آن وظیفه حرارتی یا محتوای آنتالپی است. برای سیستم های انتقال جرم، کیفیت، غلظت است در حالی که مقدار بار جرم یا جریان جرم است. برای زنجیره های تأمین، کیفیت زمان است در حالی که کمیت مقدار مواد است (جرم، حجم یا تعداد واحدها). این تشبیه زمانی قدرتمند است که نمایش گرافیکی بصری و تفسیر آن نسبتاً آسان باشد [۳].

جریان مواد، میزان نگهداری مواد و زمان سه شاخص مهم یک زنجیره تأمین را تشکیل می دهند. نظریه بازی ها این متغیرها را با ترسیم نمودارهای تقاضا و تولید در یک زمان در مقابل مقدار ماده، به خوبی مدیریت می کند. در طول برنامه ریزی تراکمی (لازم برای تقاضای خدمات در بازه زمانی $\Delta t = t_k - t_{k-1}$، برخی از متغیرهای تصمیم گیری عبارتند از [۴]:

P_k: تولید داخلی تجمعی (تعداد واحد) در زمان t_k ؛

C_k: تعداد تجمعی واحدهای برون سپاری شده (پیمانکاری فرعی) در زمان t_k ؛

D_k: تقاضای تجمعی (تعداد واحد) در زمان t_k طبق پیش بینی تقاضا ؛

I_k: موجودی در زمان t_k ؛

p_k: میزان تولید (به عنوان مثال، تولید داخلی در طول دوره $t_{k-1} \le t \le t_k$ در زمان Δt) ؛

c_k: مقدار سپرده گذاری شده در طول دوره $t_{k-1} \le t \le t_k$ ؛

d_k: نرخ تقاضا (به عنوان مثال، تقاضا در طول دوره $t_{k-1} \le t \le t_k$ در زمان Δt) طبق پیش بینی تقاضا.

توازن ساده جریان مواد در زمان t_k در یک مرحله خاص از زنجیره تامین با I_0 به عنوان موجودی اولیه می تواند به صورت زیر نوشته شود:

$$I_0 + P_k + C_k = D_k + I_k \quad (۱)$$

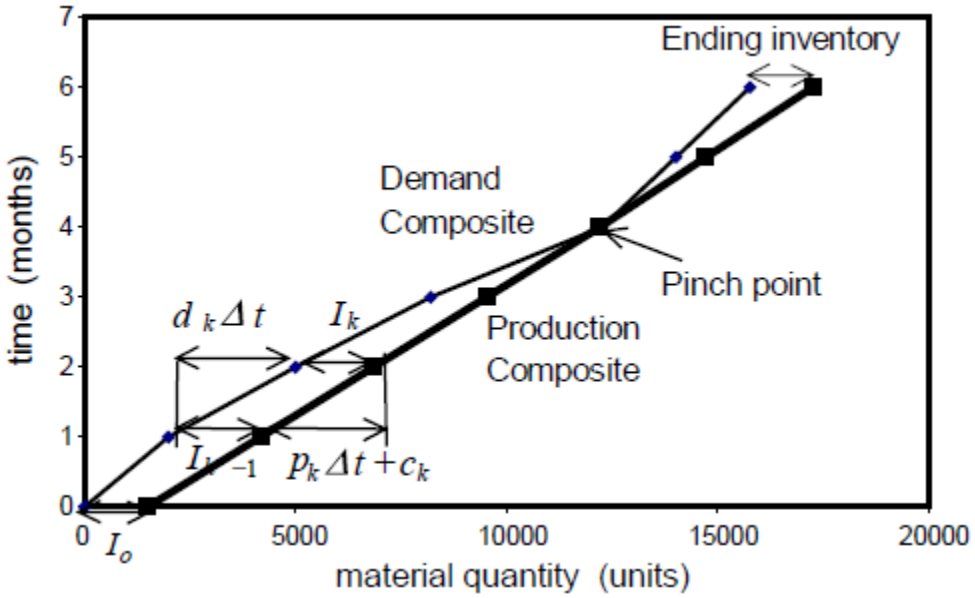
به طور مشابه، تعادل ماده در بازه زمانی Δt بازده می دهد

$$I_{k-1} + p_k \Delta t + c_k = d_k \Delta t + I_k \quad (۲)$$

ISSN: 2588-2791
http://www.miej.ir

لازم به ذکر است که هر دو موجودی کالا و سهام نمی توانند در یک بازه زمانی یکسان اتفاق بیفتند. بنابراین، می توان به راحتی سهام را به عنوان موجودی منفی در نظر گرفت. شکل ۱ نشان می دهد که معادله (۲) را می توان از طریق منحنی ترکیبی معمولی که در نظریه بازی ها استفاده می شود، به خوبی کشف کرد [۵].

برخی از ویژگی های برجسته منحنی های ترکیبی در زیر ذکر شده است.



شکل ۱- نظریه بازی ها در نمودار مقدار مواد-زمان

منحنی تقاضای ترکیبی D (t) به سادگی طرح تقاضای تجمعی به عنوان تابعی از زمان است و باید با یک منحنی مرکب عرضه P (t) مطابقت داشته باشد. این تقاضا باید از طریق عرضه محصولات، برخی از طریق تولیدات داخلی و بقیه از طریق برون سپاری تأمین شود. این مسئله بر اساس اصل اساسی توازن مواد است.

• تفاوت عمودی بین مرکب های تقاضا و عرضه زمان اصلی است. در اینجا، فاصله زمانی بین تولید سفارش و سرویس دهی به تقاضا است. به طور کلی زمان سرب می تواند شامل زمان مصرف شده در اجزای مختلف (تأمین، تولید و توزیع) زنجیره تأمین مانند پردازش و حمل و نقل باشد. یک حد پایین تر برای نیروی محرکه وجود دارد. نقطه ای که در آن P (t − T) = D (t) پینچ می شود. این دو مرکب با کمترین زمان سرب در محل فشار از هم جدا می شوند. از این نظر، حداقل زمان نیرو برابر با حداقل نیروی محرکه دما (ΔT_{min}) در سیستم های بازیابی گرما است. وقتی T = 0 باشد، پینچ نقطه ای خواهد بود که P (t) = D (t) باشد [۶].

• فاصله افقی بین دو مرکب در هر زمان مشخص، موجودی کل موجود در سیستم را می دهد.

این همچنین شامل کار در حال انجام (WIP) است. پینچ به عنوان نقطه حداقل موجودی تعریف می شود. به طور دقیق، منطقه بین دو مرکب اندازه گیری موجودی در سیستم را نشان می دهد که اگر در ضریب هزینه نگهداری موجودی ضرب شود، هزینه واقعی موجودی را تأمین می کند.

• یک مرکب خطی

تقاضای ترکیبی یا عرضه مداوم را در یک بازه زمانی مشخص فرض می کند. اگر تقاضای واقعی در فواصل زمانی مشخص تأمین شود، تقاضای ترکیبی یک سری توابع مرحله ای خواهد بود و کامپوزیت خطی مربوطه برای سرویس دهی مداوم تقاضا، مورد محدود کننده را به تصویر می کشد و حد پایین را ارائه می دهد [۷].

ISSN: 2588-2791
http://www.miej.ir

برنامه ریزی برای سناریوی تک محصول

روش تجزیه و تحلیل خرج کردن برای سناریوی محصول واحد با استفاده از داده های یک مثال از چوپرا و میندل نشان داده شده است. تقاضا برای این محصول فصلی است و این شرکت گزینه استخدام و اخراج کارگران، برون سپاری برخی از کارها و ایجاد موجودی کالا یا کارهای عقب مانده را دارد.

این شرکت محصول را به ازای هر واحد یک میلیون تومان به فروش می رساند اما قصد دارد در ماه تیر ۲۵ هزار تومان تخفیف برای هر واحد ارائه دهد. جدول ۱ پیش بینی تقاضا را نشان می دهد.

جدول۱- داده های تقاضا برای مطالعه موردی تک محصول

دوره زمانی (k)	ماه	تقاضای پیش بینی شده (واحد)
۱	فروردین	۱۵۰۰
۲	اردیبهشت	۲۸۰۰
۳	خرداد	۲۹۰۰
۴	تیر	۴۷۸۰
۵	مرداد	۱۵۲۰
۶	شهریور	۱۴۹۰

ظرفیت تولید عمدتا توسط اندازه نیروی کار و نه ظرفیت ماشین تعیین می شود. در ابتدای ژانویه، موجودی اولیه ۱۰۰۰ واحد و نیروی کار ۸۰ کارگر وجود دارد. کارخانه در هر ماه ۲۰ روز کاری دارد. هر کارمند روزانه ۸ ساعت کار می کند و هیچ کارگری نمی تواند بیش از ۱۰ ساعت در ماه اضافه کاری کند. برای تولید یک واحد چهار ساعت کار لازم است. از آنجا که شرکت سطح بالایی از خدمات به مشتری را می خواهد، برنامه کل باید تمام تقاضا را برآورده کند و همچنین منجر به موجودی حداقل ۵۰۰ واحد در پایان ماه فروردین شود. جدول ۲ داده های مربوط به هزینه را ارائه می دهد.

جدول ۲- داده های هزینه برای مطالعه موردی تک محصول

آیتم	هزینه (هزار تومان)
هزینه مواد (C_p)	۲۵۰ به ازای هر واحد
هزینه اقلام موجودی (C_I)	۵۰ به ازای هر واحد در هر ماه
جریمه ناموجودی/انباشتگی (C_S)	۱۲۵ به ازای هر واحد در هر ماه
هزینه استخدام(C_H)	۷۵۰۰ به ازای هر کارگر
هزینه انبار(C_L)	۱۲۵۰۰ به ازای هر کارگر
هزینه زمان معمول	۱۰۰ هر ساعت
هزینه زمان اضافی (C_O)	۱۵۰ هر ساعت
هزینه پیمانکاری فرعی (C_C)	۷۵۰ به ازای هر واحد

تجزیه و تحلیل اولیه

هزینه تولید یک واحد در طول زمان عادی ۶۲۵ هزار تومان است، از آنجا که این هزینه بالاتر از هزینه پیمانکاری فرعی (۷۵۰ هزار تومان) است، اضافه کار لازم نیست. از آنجا که هزینه نگهداری موجودی ۵۰ هزار تومان / واحد در ماه است، موجودی نباید بیش از ۲ ماه حفظ شود، تقاضا در دوره های زمانی ۰—۴ ماه به صورت یکنواخت در حال افزایش است و در دوره های ۴-۶ ماه به دنبال آن تقاضا کاهش می یابد. از آنجا که هزینه های مختلف ظرفیت (استخدام و اخراج) زیاد است،

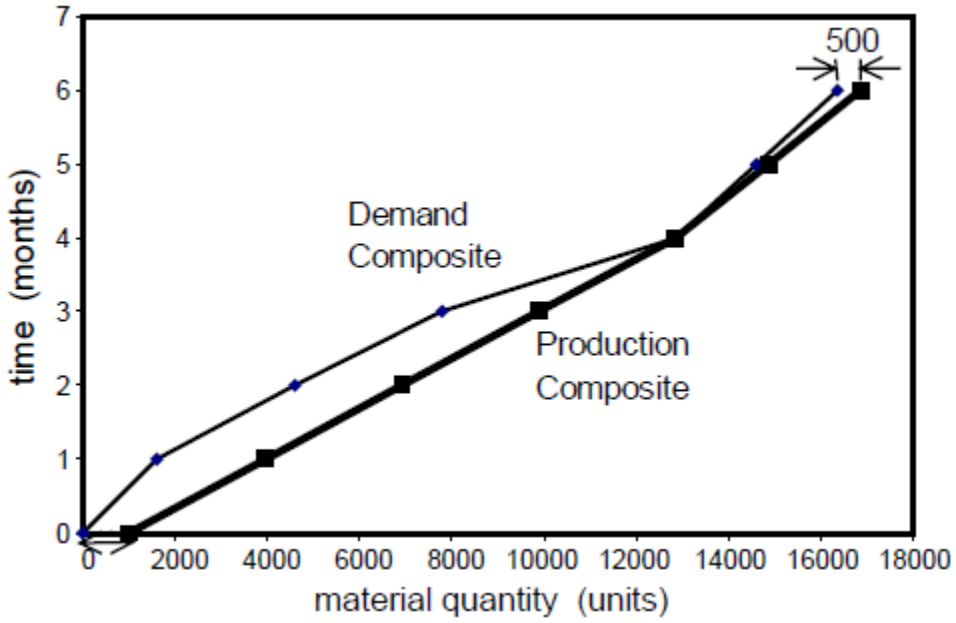
ISSN: 2588-2791
http://www.miej.ir

بهتر است با ظرفیت ثابت کار کنید (استراتژی سطح). یک کارگر می تواند در هر زمان از کار اخراج شود، زیرا حقوق مداوم CW، ۱۴ میلیون و پانصد هزار تومان در ماه است در حالی که هزینه اخراج ۱۲ میلیون و پانصد هزار تومان است.

طرح جمع بندی اولیه و بدون فروش سهام

تقاضای ترکیبی در شکل ۲ بر اساس تقاضای تجمعی محاسبه شده از جدول ۱ رسم شده است. از آنجا که حداقل زمان هدایت مشخص نشده است، صفر در نظر گرفته می شود. این بدان معناست که در صورت عدم عرضه، تقاضای ترکیبی حد بالایی را برای مرکب تولید فراهم می کند.

برای تعیین حداقل نرخ تولید بدون ذخیره، موجودی اولیه (۱۰۰۰ واحد) به عنوان نقطه محوری در نظر گرفته می شود و یک خط تولید ثابت چرخانده می شود تا اینکه فقط به تقاضای ترکیبی برسد. نقطه (۱۲ ،۸۶۰ ۴) نقطه پینچ است. این روش شبیه چرخش خط تأمین آب است که توسط وانگ و اسمیت (۱۹۹۴) برای تعیین نشان حداقل آب شیرین پیشنهاد شده است. متغیر شیب مرکب حداقل نرخ تولید را برای ۴ ماه اول ۲۹۶۵ واحد در ماه (به عنوان مثال (۱۲ ۸۶۰ - ۱۰۰۰) / ۴) می دهد. برای دوره بعد از ۴ ماه، میزان تقاضا کمتر است و موجودی نهایی قرار است در ۵۰۰ واحد نگهداری شود. برای تأمین نیازهای این دوره، قطعه ترکیبی تولید شده از نقطه محوری (۱۲ ،۸۶۰ ۴) چرخانده می شود تا از نقطه انتهایی عبور کند (۱۶ ،۸۸۰ ۶). نرخ تولید حاصل شده به نظر می رسد ۲۰۱۰ واحد در هر ماه برای ۲ ماه گذشته باشد. مرکب تولید با استقرار مداوم نیروی انسانی و در نتیجه داشتن حداقل موجودی، نزدیکترین ماده به تقاضای ترکیبی است. برای داده های هزینه داده شده، برنامه تولید داده شده در بالا بهینه است و دقیقاً با راه حل به دست آمده از حل یک فرمول برنامه نویسی خطی معادل (LP) مطابقت دارد. توجیه استفاده از نیروی انسانی ثابت برای ۴ ماه اول افزایش تقاضا با انجام تجزیه و تحلیل راه حل پیشنهادی بر اساس برنامه ریزی پویا است که با استفاده از شرایط کوهن تاکر [۸] می توان بهینه بودن محلول را بیشتر تأیید کرد.



شکل ۲- تقاضا و تولید مرکب در نمودار مقدار مواد-زمان

طرح جمع بندی اولیه با سهام فروشی

ذخیره سهام منجر به تأخیر در تحویل مشتری می شود، اما هزینه موجودی کالا کمتر است. وظیفه تعیین حداقل میزان تولید را با عرضه سهام در نظر بگیرید. این نرخ برابر با شیب شیب دارترین خط است که از زمان شروع موجودی شروع می شود و از نقطه انتهایی تقاضای ترکیبی با موجودی پایان مورد نیاز عبور می کند. بنابراین، مرکب تولید یک خط مستقیم است که از (۱۰۰۰، ۰) و (۱۶ ،۸۸۰ ۶) عبور می کند. بر اساس این حداقل میزان تولید ۲۶۴۶.۶۷ واحد در ماه (به عنوان مثال، ۱۵

ISSN: 2588-2791
http://www.miej.ir

۶/۸۸۰) و معادله (۲)، جدول ۳ این طرح را با توزیع سهام ارائه می دهد و این با راه حل LP گزارش شده توسط چوپرا و میندل (۲۰۱۱) مطابقت دارد. بهینه بودن محلول ممکن است با تجزیه و تحلیل حساسیت تأیید شود. بعلاوه، شرایط کوهن تاکر را می توان برای اثبات بهینه بودن محلول در مدل LP اعمال کرد.

جزئیات مدل MILP / LP برای مسئله برنامه ریزی کل محصول واحد در زیر آورده شده است. هدف عملکرد به حداکثر رساندن سود کل در افق برنامه ریزی ارائه شده است [۹] :

$$\begin{aligned}\text{Max profit} = &\sum C_{\mathrm{D}} d_k - \sum C_{\mathrm{C}} c_k - \sum C_{\mathrm{P}} p_k \\ &- \sum C_{\mathrm{O}} O_k - \sum C_{\mathrm{W}} W_k - \sum C_{\mathrm{H}} H_k \\ &- \sum C_{\mathrm{L}} L_k - \sum C_{\mathrm{I}} I_k - \sum C_{\mathrm{S}} S_k \end{aligned} \quad (۳)$$

که در آن جمع بندی را در تمام بازه های زمانی نشان می دهد (k = 1، ... ،K). توجه داشته باشید که CD قیمت فروش واحد کالا و CW مزد مداوم است که در هر بازه زمانی به کارگر پرداخت می شود. ضرایب هزینه باقیمانده در جدول ۲ تعریف شده است. علاوه بر متغیرهای تصمیم گیری تعریف شده در بخش ۲، سایر متغیرها در معادله (۳) عبارتند از [۱۰]:

O_k: اضافه کاری کل (ساعت) در طول دوره $t_{k-1} \le t \le t_k$؛

W_k: نیروی کار در زمان t_k؛

H_k: تعداد کارگران استخدام شده در زمان t_{k-1}؛

L_k: تعداد کارگران اخراج شده در زمان t_{k-1}؛

S_k: سهام (معوق) در زمان t_k.

بنابراین، نه اصطلاح در سمت راست معادله (۳) با درآمد، هزینه برون سپاری، هزینه مواد، هزینه اضافه کار، هزینه کار منظم، هزینه استخدام، اخراج، هزینه نگهداری موجودی و هزینه سهام مطابقت دارد.

محدودیت های مربوط به تعادل کمیت مواد، نیروی کار، ظرفیت و اضافه کاری عبارتند از [۱۱]:

$$I_{k-1} - S_{k-1} + p_k + c_k = d_k + I_k - S_k, \quad k \in K \quad (۴)$$

$$W_k = W_{k-1} + H_k - L_k, \quad k \in K \quad (۵)$$

$$p_k \le N_1 W_k + \frac{O_k}{T_1}, \quad k \in K \quad (۶)$$

$$O_k \le T_{\mathrm{O}} W_k, \quad k \in K \quad (۷)$$

که در آن N_1 تعداد واحدهایی است که یک کارگر می تواند در هر دوره زمانی در زمان منظم تولید کند. T_1 زمان مورد نیاز برای تولید واحد و به حداکثر اضافه کاری برای یک کارگر در هر دوره زمانی اشاره دارد، و K مجموعه دوره های زمانی در افق برنامه ریزی را نشان می دهد.

نیروی کار و موجودی / عقب مانده در ابتدای افق برنامه ریزی و همچنین موجودی / عقب مانده در انتهای افق برنامه ریزی مشخص شده است. در صورت عدم ذخیره، $S_k = 0$. اگر تعداد کارگران W_k به عنوان یک متغیر عدد صحیح مشخص شده باشد، مدل یک MILP است. در غیر این صورت، مدل LP است.

جدول ۳- طرح جمع بندی اولیه

ISSN: 2588-2791
http://www.miej.ir

دوره زمانی (k)	تقاضای تجمعی (D_k)	تولید در خانه (p_k)	خارج از منبع (c_k)	موجودی (I_k)	ناموجود (S_k)	نیروی کار (W_k)	تعداد بیکار شده ها
۰	۰	۰	۰	۱۱۵۰	۰	۹۰	۰
۱	۱۵۰۰	۲۵۰۰	۰	۲۱۵۰	۰	۷۰	۱۵
۲	۴۴۰۰	۲۵۰۰	۰	۱۵۵۰	۰	۷۰	۰
۳	۷۶۰۰	۲۵۰۰	۰	۹۹۰	۰	۷۰	۰
۴	۱۳۲۳۰	۲۵۰۰	۰	۰	۱۳۵۰	۷۰	۰
۵	۱۴۹۵۰	۲۵۰۰	۰	۰	۳۲۰	۷۰	۰
۶	۱۷۰۲۰	۲۵۰۰	۰	۴۰۰	۰	۷۰	۰
میلیون تومان	۱۶۲۵۰	۴۰۰۰	۰	۲۶۰	۲۰۰	۶۲۵۰	۱۷۵

برنامه های نهایی

در جدول ۳، تعداد کارگران ۶۶.۱۶۷ است که ممکن است به نزدیکترین عدد صحیح گرد شود. در افق ۶ ماهه، ۶۶ کارگر ۱۵ ۸۴۰ واحد تولید می کنند که ۴۰ واحد کمتر از کل تولید مورد نیاز است. این ۴۰ واحد در ماه (تیر) که انبار سهام اتفاق می افتد، پیمانکاری می شود. قرارداد فرعی به عنوان یک بخش خط افقی در مرکب تولید ظاهر می شود. برنامه نهایی بر اساس استدلال فوق و معادله (۲) در جدول ۴ آورده شده است. این بهترین راه حل از نظر حداکثر سود (۵ میلیارد تومان) است و می تواند با حل یک فرمول برنامه نویسی خطی عدد صحیح مختلط (MILP) تأیید شود.

جدول ۴- طرح جمع بندی نهایی

دوره زمانی (k)	تقاضای تجمعی (D_k)	تولید در خانه (p_k)	خارج از منبع (c_k)	موجودی (I_k)	ناموجود (S_k)	نیروی کار (W_k)	تعداد بیکار شده ها
۰	۰	۰	۰	۱۱۰۰	۰	۸۹	۰
۱	۱۵۰۰	۲۴۵۰	۰	۲۱۰۰	۰	۶۹	۱۵
۲	۴۴۰۰	۲۴۵۰	۰	۱۵۰۰	۰	۶۹	۰
۳	۷۶۰۰	۲۴۵۰	۰	۹۷۰	۰	۶۹	۰
۴	۱۳۲۳۰	۲۴۵۰	۳۵	۰	۱۳۰۰	۶۹	۰
۵	۱۴۹۵۰	۲۴۵۰	۰	۰	۳۰۰	۶۹	۰
۶	۱۷۰۲۰	۲۴۵۰	۰	۳۸۰	۰	۶۹	۰
میلیون تومان	۱۶۲۵۰	۳۹۷۰	۲۹	۲۴۰	۱۸۰	۶۱۸۰	۱۷۵

متناوباً، می توان تعداد کارگران را به عدد صحیح بالاتر بعدی جمع کرد. در افق برنامه ریزی، ۶۷ کارگر ۱۶ ۰۸۰ واحد تولید می کنند که ۲۰۰ واحد بیشتر از کل تولید مورد نیاز است. بنابراین ممکن است با اخراج یک کارگر در ماه دوم ۲۰۰ واحد یا ۵ ماه انسانی کاهش یابد. در این طرح، پیمانکاری فرعی مورد نیاز نیست. با این حال، سودی معادل ۳.۵ میلیارد تومان به دست می آورد.

ISSN: 2588-2791
http://www.miej.ir

برنامه ریزی برای سناریوی چند محصول

این بخش به طور خلاصه به برنامه ریزی در مورد چندین محصول در یک پردازنده اختصاص دارد. خواسته های همه محصولات اضافه می شود و یک تقاضای ترکیبی رسم می شود. از آنجا که تقاضا فقط در انتهای افق برنامه ریزی سرویس می شود، تقاضای ترکیبی یک نمای پله ای خواهد بود. فرض بر این است که هزینه های تغییر تقریباً برابر است و زمان تغییر در مقایسه با افق برنامه ریزی قابل توجه نیست. هزینه های ثابت تولید یک محصول زیاد است، بنابراین هر محصولی فقط یک بار تولید می شود. برای این شرایط و مفروضات، الگوریتم زیر توسط سینگوی پیشنهاد شده است تا هزینه موجودی را به حداقل برساند [۱۲]:

۱. تمام محصولات را به ترتیب افزایش نرخ تولید لیست کرده و محصولات را به این ترتیب تولید کنید.
۲. برای محصولاتی با نرخ تولید یکسان، ابتدا محصولی با هزینه نگهداری موجودی کمتری تولید کنید.
۳. برای محصولاتی با نرخ تولید یکسان و هزینه نگهداری موجودی یکسان، ابتدا کالایی با تقاضای کمتری تولید کنید.

الگوریتم حاضر با یک مطالعه موردی از صنعت کاغذ و خمیر کاغذ، که یک نمونه کلاسیک از چندین محصول در یک منبع واحد را نشان می دهد، نشان داده خواهد شد. به عنوان یک صنعت متمرکز بر سرمایه، حفظ بهره وری بالا بسیار مهم می شود. پنج کیفیت کاغذ باید روی یک ماشین تولید شود. از آنجا که هزینه های نصب قابل توجه است، کل مقدار هر کیفیت کاغذ در یک تنظیم تولید می شود. هزینه های موجودی برای این محصولات با ارزش افزوده بالا، به طور معمول از نظر سرمایه در گردش مسدود قابل توجه است [۱۳]. هزینه های تغییر از نظر سودمندی و مصرف برق و کیفیت پایین استاندارد در ابتدای دسته بعدی است. زمان تغییر از یک محصول به محصول دیگر در واقع به کیفیت کاغذ تولید شده بستگی دارد، اما در اینجا تقریباً برابر فرض می شود.

از آنجا که ظرفیت تولید قادر به پاسخگویی به تقاضا است، تولید در زمان صفر آغاز نمی شود. ناپیوستگی در مرکب تولید به دلیل زمان تغییر است که طی آن هیچ تولیدی انجام نمی شود. توالی تولید پنج محصول عبارت است از: کاغذ روزنامه، کاغذ بی خط، چاپ برتر، ماپلیتو و لاجوردی. زمانی که زمان تغییر صفر در نظر گرفته شود این راه حل از نظر هزینه بهینه است. با این حال، وقتی زمان تغییر به حساب می آید، فرمول ریاضی مطالعه موردی در یک مدل MINLP نتیجه می گیرد. این شامل به حداکثر رساندن سود و تعیین توالی تولید است که تقاضای حسابداری را برای کل زمان تولید و زمان انتقال بر اساس توالی محصول ارضا می کند [۱۴]. حدس اولیه که با پیروی از الگوریتم بدست آمده، زمان محاسبات را به یک ششم از زمان دیگری که توسط حل کننده گرفته می شود، کاهش می دهد. بعلاوه، محلول بدست آمده بدین ترتیب برتر از محلول بدست آمده در صورت عدم حدس اولیه است.

معیارهای مهم برای تعیین توالی در مورد چندین محصول در معادلات زیر آمده است که اساساً هزینه موجودی را به حداقل می رساند. در مورد زمان تغییر صفر، معیار در معادله (۱۵) با توالی شکل ۳ مطابقت دارد. برای زمان تغییر غیر صفر، معیار در معادله (۱۴) همان محلول ارائه شده توسط مدل MINLP را ارائه می دهد. توالی تولید چاپ روزنامه، کاغذ بی خط، چاپ برتر، لاجوردی و ماپلیتو است (به عنوان مثال، وقتی با توالی قبلی مقایسه می شود، دو محصول آخر با هم عوض می شوند تا هزینه موجودی کمتری داشته باشد). این رویکرد باید برای سناریوی کلی مربوط به زمان های مختلف تغییر و هزینه های مرتبط توسعه یابد.

هزینه های موجودی برای یک جفت محصول (مثلاً محصول j1 و محصول j2) را در یک سناریوی چند محصول در نظر بگیرید که تقاضا فقط در انتهای افق برنامه ریزی تأمین شود. زمان تولید محصول j به صورت زیر است [۱۵]:

$$t_j \equiv (D_j/R_j) \quad (۸)$$

بدیهی است که دو توالی تولید امکان پذیر است: محصول j1 و سپس محصول j2 با زمان تغییر tcj1، j2. یا محصول j2 و سپس محصول j1 با تغییر زمان tcj2، j1.

برای توالی اول، محصول j1 باید پس از تولید تا پایان افق برنامه ریزی ذخیره شود. بنابراین، هزینه های موجودی کالا (برای محصول j1 و سپس محصول j2) می باشد.

ISSN: 2588-2791
http://www.miej.ir

$$\text{Cost}_{j1} = C_{\text{I},j1} D_{j1} \left(\frac{t_{j1}}{2} + t_{j2} + tc_{j1,j2} \right) \quad (۹)$$

$$\text{Cost}_{j2} = C_{\text{I},j2} D_{j2} \frac{t_{j2}}{2} \quad (۱۰)$$

برای توالی دوم، محصول j2 ابتدا تولید می شود و بنابراین باید تا پایان افق برنامه ریزی ذخیره شود.
بنابراین، هزینه های موجودی کالا (برای محصول j2 و سپس محصول j1) می باشد

$$\text{Cost}_{j1} = C_{\text{I},j1} D_{j1} \frac{t_{j1}}{2} \quad (۱۱)$$

$$\text{Cost}_{j2} = C_{\text{I},j2} D_{j2} \left(\frac{t_{j2}}{2} + t_{j1} + tc_{j2,j1} \right) \quad (۱۲)$$

برای اولویت اول، ترجیحاً کل هزینه موجودی آن [از معادلات. (۹) و (۱۰)] باید کمتر از کل هزینه موجودی کالا [از معادلات. (۱۱) و (۱۲)] از توالی دوم باشد. بنابراین، ملاک تولید j1 قبل از محصول j2 است

$$\frac{C_{\text{I},j1} R_{j1}}{1 + (tc_{j2,j1}/t_{j1})} < \frac{C_{\text{I},j2} R_{j2}}{1 + (tc_{j1,j2}/t_{j2})} \quad (۱۳)$$

برای موردی که زمان تغییر برای همه محصولات یکسان است (j1 = tc ،j2 = tcj2 ،tcj1)، معادله (۱۳) می شود:

$$\frac{C_{\text{I},j1} R_{j1}}{1 + (tc/t_{j1})} < \frac{C_{\text{I},j2} R_{j2}}{1 + (tc/t_{j2})} \quad (۱۴)$$

برای موردی که زمان تغییر صفر است، معادله (۱۳) ساده می شود تا معادله زیر بدست آید [۱۶]:

$$C_{\text{I},j1} R_{j1} < C_{\text{I},j2} R_{j2} \quad (۱۵)$$

معادلات (۱۴) و (۱۵) معیارهای ساده و زیبایی برای تعیین توالی چند محصول ارائه می دهند تا در صورت برابر یا ناچیز بودن زمان تغییر هزینه های موجودی کالا را به حداقل برسانند.

نتیجه گیری

تجزیه و تحلیل خرج کردن، ارائه شده به عنوان یک روش گرافیکی شامل کامپوزیت های تولید و تقاضا، نشان داده شده است که نه تنها درک کیفی خوبی از مسئله برنامه ریزی تولید بلکه راه حل های بهینه تا زیر بهینه را نیز ارائه می دهد. در مورد مشکلات برنامه ریزی تولید به دنبال استراتژی تعقیب، می توان نشان داد که این روش به عنوان راه حل های بهینه ارائه شود، زیرا حداقل موجودی را تضمین می کند. از آنجا که عوامل هزینه به طور صریح در نظریه بازی ها گنجانده نشده است، همیشه نمی تواند راه حل های بهینه هزینه را برای سایر موارد تضمین کند. در مورد استراتژی سطح بدون ذخیره سازی، تأثیرات هزینه ای به طور ضمنی در تهیه مرکب های تقاضا و تولید گنجانده شده است. بسته به داده های هزینه و مشخصات تقاضا، راه حل می تواند بهینه یا کمتر از حد مطلوب باشد. این مورد در مورد پرونده سهام نیز صدق می کند. برای چندین

ISSN: 2588-2791
http://www.miej.ir

محصول، وقتی همه خواسته های محصول در زمان پایانی باشد و اثرات تغییر محصول (زمان و هزینه) نادیده گرفته شود، این رویکرد می تواند مشکل توالی محصول را حل کند.

نظریه بازی ها با به حداقل رساندن موجودی برای یک استراتژی خاص در دستیابی به اهداف کمک می کند. یک روش ترکیبی، که در آن نظریه بازی ها حدس خوبی را ارائه می دهد و می تواند به طور قابل توجهی به کاهش زمان محاسبات برای بهینه سازی در طول برنامه ریزی در SCM کمک کند. نظریه بازی ها انعطاف پذیری مورد نیاز را در برنامه ریزی سریع ایجاد می کند. این موضوع مدیر را قادر می سازد تا تصمیمات سریع و صحیح مربوط به نیازهای انبارداری، پذیرش سفارشات جدید، حداقل سطح سهام ایمنی، اثر خرابی ماشین و هزینه های واقعی موجودی را اتخاذ کند. برای تغییرات جزئی، اثرات حاصل را می توان بدون اجرای فرمول های ریاضی بر روی مرکب ها مشاهده کرد، بنابراین در زمان محاسباتی صرفه جویی می شود.

این مقاله فقط بر یک مرحله (یعنی تولید) زنجیره تأمین متمرکز شده است. مراحل تهیه و توزیع صریحاً در تجزیه و تحلیل گنجانده نشده است. در یک سناریوی کامل زنجیره تأمین، فرآیند برنامه ریزی کل تبدیل به مرحله عرضه بعدی می شود. کارهای آینده نیاز به گسترش رویکرد نظریه بازی ها ساده دارد که در اینجا ارائه شده است تا تمام متغیرها و مبادلاتی را که ممکن است در یک مسئله برنامه ریزی پیچیده زنجیره تأمین وجود داشته باشد، به دست آورد.

ISSN: 2588-2791
http://www.miej.ir

منابع و مراجع

[1] Biao Zhang, Songfeng Lu, Di Zhang, Kunmei Wen, 2014; Supply chain coordination based on a buyback contract under fuzzy random variable demand.
[2] K. Arshinder, A. Kanda, S.G. Deshmukh, Supply chain coordination: perspectives, empirical studies and research directions, Int. J. Prod. Econ. 115 (2018) 316–335.
[3] G.P. Cachon, Supply chain coordination with contracts, in: A.G. de Kok, S.C. Graves (Eds.), Supply Chain Management: Design, Coordination and Operation, in: Handb. Oper. Res. Manag. Sci., vol. 11, Elsevier, Amsterdam, 2013, pp. 229–340.
[4] G.P. Cachon, M.A. Lariviere, Supply chain coordination with revenue-sharing contracts: strengths and limitations, Manag. Sci. 51 (2015) 30–44.
[5] G. Carlsoon, R. Fullér, on possibilistic mean value and variance of fuzzy number, Fuzzy Sets Syst. 122 (2011) 315–326.
[6] H.-C. Chang, J.-S. Yao, L.Y. Ouyang, Fuzzy mixture inventory model involving fuzzy random variable lead time demand and fuzzy total demand, Eur. J. Oper. Res. 169 (2016) 65–80.
[7] S.-Y. Chang, T.-Y. Yeh, A two-echelon supply chain of a returnable product with fuzzy demand, Appl. Math. Model. 37 (2013) 4305–4315.
[8] J. Chen, P.C. Bell, Coordinating a decentralized supply chain with customer returns and price-dependent stochastic demand using a buyback policy, Eur. J. Oper. Res. 212 (2011) 293–300.
[9] Bao, P.N., Aramaki, T., Hanaki, K., 2013. Assessment of stakeholders' preferences towards sustainable sanitation scenarios. Water Environ. J. 27 (1), 58-70.
[10] Sunil Luthra,kannan Govinda,Devika Kannan,Sachin Kumar Mangla,Chandra Prakash Garg.,2017.AN integrated framework for sustainable supplier selection and evaluation supply chains.1,8
[11] Shaw, K., Shankar, R., Yadav, S.S., Thakur, L.S., 2012. Supplier selection using fuzzy AHP and fuzzy multi-objective linear programming for developing low carbon supply chain. Expert Syst. Appl. 39 (9), 8182-8192.
[12] Mahdiloo, M., Saen, R.F., Lee, K.H., 2015. Technical, environmental and ecoefficiency measurement for supplier selection: an extension and application of data envelopment analysis. Int. J. Prod. Econ. 168, 279-289.
[13] Mangla, S.K., Govindan, K., Luthra, S., 2016. Critical success factors for reverse logistics in Indian industries: a structural model. J. Clean. Prod. 129, 608-621.
[14] Kumar, D.T., Palaniappan, M., Kannan, D., Shankar, K.M., 2014b. Analyzing the CSR issues behind the supplier selection process using ISM approach. Resour. Conserv. Recycl. 92, 268e278.
[15] Kumar, S., Luthra, S., Haleem, A., 2015. Benchmarking supply chains by analyzing technology transfer critical barriers using AHP approach. Benchmarking An Int. J. 22 (4), 538e558.
[16] Lin, R.J., 2013. Using fuzzy DEMATEL to evaluate the green supply chain management practices. J. Clean. Prod. 40, 32-39.