فصلنامه علمی – پژوهشی مطالعات مدیریت صنعتی – سال شانزدهم، شماره ۵۰، پاییز ۹۷
صفحات ۱۰۴-۷۹

مدیریت بلادرنگ اختلالات چندگانه در زنجیره تامین چند سطحی با رویکرد برنامه‌ریزی بازیابی

لعیا الفت،* مقصود امیری،** ابراهیم تیموری،*** فاطمه قاسم زاده گِوَری****

تاریخ دریافت:۹۵/۸/۸
تاریخ پذیرش:۹۵/۱۱/۹

چکیده

در دنیای رقابتی امروز، مدیریت زنجیره تامین هر روز بیش از پیش مورد توجه قرار گیرد، یکی از موضوعات مهمی که توجه بسیاری از مدیران و متخصصین این حوزه را به خود جلب کرده است مدیریت اختلالات زنجیره تامین می‌باشد. وقتی اختلالی در فعالیت یک عضو زنجیره تامین رخ دهد ممکن است فعالیت دیگر اعضا زنجیره را نیز تحت تاثیر قرار دهد، هدف اصلی این تحقیق کمک به تصمیم گیری در خصوص میزان تامین، تولید و ارسال بین حلقه‌های مختلف زنجیره تامین می‌باشد به گونه ای که پس از وقوع اختلال با کمترین هزینه به شرایط قبل از اختلال باز گردد.

در مقاله حاضر اختلالات رخ داده در خرده فروشان و تولید کننده مورد مطالعه و مدل سازی قرار می‌گیرد و سعی برآنست که با طراحی مدل ریاضی برنامه ریزی بازیابی با کمترین هزینه زنجیره تامینی که بخشی از آن دچار اختلال شده است را به حالت قبل از وقوع اختلال بازگردانیم. در نهایت مدل ارائه شده با الگوریتم ابتکاری در نرم افزار متلب ۲۰۱۱ حل و نتایج به دست آمده با نرم افزار گمس مقایسه شده است.

کلمات کلیدی: زنجیره تامین، توقف تولید، برنامه ریزی بازیابی، مدیریت اختلال، خرده فروش

پرتال جامع علوم انسانی

* استاد گروه مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه علامه طباطبائی،(نویسنده مسئول)، layaolfat@gmail.com
** استاد گروه مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه علامه طباطبائی.
*** دانشیار گروه مهندسی صنایع، دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه علم و صنعت ایران.
**** دانشجوی دکترای مدیریت تولید و عملیات، دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه علامه طباطبائی.

مقدمه

در دهه ۱۹۹۰، بسیاری از شرکت‌ها اقدامات متنوعی جهت بهبود عملکرد مالی اتخاذ نمودند. این اقدامات بر سه بخش متمرکز بود: افزایش درآمد (شامل: تنوع بیشتر تولیدات، افزایش سرعت معرفی محصولات جدید و بازارهای فروش وسیع‌تر)، کاهش هزینه (شامل: تأمین نیازمندی‌ها با رویکرد کاهش موجودی، منبع یابی به هنگام از جمله بازارها و مزایده‌های الکترونیکی، انتقال تسهیلات تولید به سایر مناطق، سیستم‌های موجودی بهنگام[1] و مدیریت موجودی توسط فروشنده[2]) و کاهش دارائی‌ها (شامل: برون سپاری فعالیت‌های تولید، تکنولوژی اطلاعات و لجستیکی‌ها). این اقدامات در یک محیط باثبات نتیجه بخش خواهند بود، اما محیط کسب و کار امروزی پیوسته با تغییر همراه است. تغییرات اخیر در زنجیره‌های تأمین به دلیل جهانی شدن تجارت و افزایش تعداد شرکاء زنجیره، شبکه طولانی با پراکندگی و پیچیدگی بیشتر ایجاد نموده است. این امر موجب کاهش کنترل و نظارت مستقیم و بلا واسطه شرکت‌ها بر فعالیت‌های جاری شده است. از طرفی زنجیره‌های تأمین طولانی و پیچیده معمولاً به کندی نسبت به تغییرات پاسخ می‌دهند و دارای نقاط آسیب پذیر و همچنین اختلالات متعدد خواهند بود. اختلال‌ها علاوه بر تاثیرات مالی، بر سایر جنبه‌های تولید هم موثرند. بر اساس تجزیه و تحلیل ۸۲۷ اختلال که طی ۱۰ سال به وقوع پیوسته، (هندریکز و سینقال، ۲۰۰۵) به این موضوع پی بردند که موجودی انبار شرکت‌ها بین ۴۰٪ – ۳۳٪ در طی سه سال که شامل یک سال قبل و دو سال بعد از وقوع اختلال می‌باشد، کاهش می‌یابد.

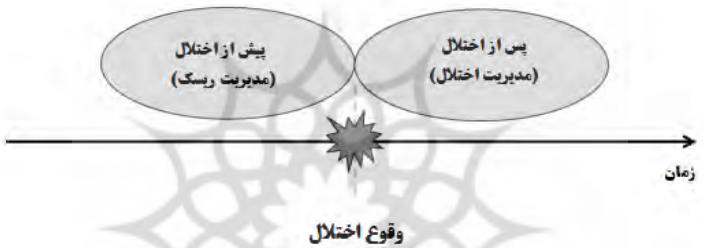
تحقیق حاضر در پی ارائه مدل ریاضی برنامه ریزی تامین، تولید، انبارش و توزیع در زنجیره تامین پس از وقوع اختلال می‌باشد، این نوع برنامه را برنامه بازیابی می‌نامند که در حوزه مطالعات مدیریت اختلال قرار می‌گیرد و در پی بازیابی سیستم مختل شده با هدف کمینه سازی کل هزینه‌های زنجیره تامین و بازگشت زنجیره تامین به حالت قبل از اختلال می‌باشد.

1- Jit
2- Vendor Managed Inventory

این مقاله شامل پنج بخش اصلی می‌باشد، در بخش دوم به مرور ادبیات موضوع پرداخته شده، در بخش سوم مدل ریاضی طراحی شده تشریح گردیده و در بخش چهارم مثال عددی مطرح و نهایتاً در بخش پنجم نتیجه گیری و ارائه پیشنهادات برای تحقیقات آتی ارائه شده است.

مرور ادبیات

مدیریت اختلال در هر زنجیره تامین ممکن است از طریق خاصی صورت گیرد و شامل فعالیتهای مختلفی باشد. از نظر بعد زمانی کلیه این فعالیتها را می‌توان در دو دسته کلی تقسیم بندی نمود: "پیش از اختلال" و "پس از اختلال" که با عنوان "پیش گیری[1]" و "پاسخ[2]" نیز شناخته می‌شوند و در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱ : مدیریت اختلالات زنجیره تامین از دو منظر (تون و هوئینگ، ۲۰۱۱)

طی سالهای گذشته مدیریت ریسک و پیش بینی ریسکهای محتمل در زنجیره‌های تامین بسیار مورد توجه محققین قرار گرفته و مطالعات گسترده ای در این زمینه صورت گرفته است، در تحقیق حاضر تمرکز اصلی بر مدیریت اختلال پس از وقوع آن می‌باشد. اختلال می تواند نتیجه عوامل متعددی همچون بلایای طبیعی، حوادث داخلی زنجیره تامین و حوادث بیرونی باشد بسیاری از آنها غیرقابل پیش بینی می‌باشند لذا نمی توان با روشهای پیشگیرانه با آنها مقابله نمود. در این تحقیق سعی بر آنست با برنامه ریزی صحیح میزان تاثیرات حاصل از یک اختلال کمینه شود.

1- Prevention
2- Response

در مجموع سود از دست رفته بواسطه اختلالات هدفمند (بطور مثال تروریسم و سرقت) و غیر هدفمند (مانند نوسانات تقاضا) می‌تواند در حدود ۳۰٪ حجم معاملات سالانه باشد. موارد فوق علت توجه زنجیره تأمین مدرن به بحث اختلال و لزوم مدیریت به موقع آن‌ها به عنوان موضوعی بسیار مهم و حیاتی را نشان می‌دهد. (ایوانوف و سوکولوف، ۲۰۱۰)

اختلال‌های زنجیره تأمین حوادث برنامه ریزی نشده و غیر قابل پیش‌بینی می‌باشند که در جریان عادی کالا و مواد زنجیره تأمین اختلال ایجاد می‌کنند. (لی، ژن، کی و سایی، ۲۰۱۶) تاثیر حوادثی که در زنجیره تأمین ایجاد اختلال می‌کنند به صورت‌های مختلف نمایان می‌شود. اولین و شاید بدیهی‌ترین شکل آن اختلال در دسترسی به مواد و کالاها می‌باشد. در این حالت شرکت ممکن است با کمبود یا مازاد موجودی مواجه باشد که در هر دو مورد نامطلوب است. (کاویناتو، ۲۰۰۴؛ کریستوفر و لی، ۲۰۰۴؛ پاول، سارکر و اسام، ۲۰۱۷؛ اسپرکمن و دیویس، ۲۰۰۴)

تاملین (۲۰۰۶) تاثیر استراتژیهای کاهش ریسک (مانند تغییر استراتژی از یک تامین کننده به چندین تامین کننده) بر عملکرد زنجیره تامین به هنگام بروز اختلال را مورد بررسی قرار می‌دهد.(هندریکز و سینقال، ۲۰۰۵) نیز به تحقیق در مورد آثارنامطلوب اختلال‌ها بر زنجیره تامین می‌پردازند و اثر اختلال‌ها را بر ارزش سهام، درآمد، میزان فروش و هزینه‌ها مورد بررسی قرار می‌دهند. هشام الدین، سارکر و اسام (۲۰۱۳) مدل برنامه ریزی زنجیره تامین دو سطحی پس از وقوع اختلال حمل و نقل را طراحی نموده و در مطالعه دیگری به ارائه مدل مشابهی جهت اختلال تامین پرداخته است. (هشام الدین، سارکر و اسام، ۲۰۱۴) متاسفانه در مطالعات صورت گرفته بیشتر از جنبه مدیریت ریسک و با رویکرد پیشگیرانه به موضوع اختلال پرداخته شده است لذا مدلهایی با رویکرد برنامه ریزی بازیابی بسیار محدود می‌باشند ، در جدول ۲ خلاصه ای از تحقیقات انجام شده در زمینه مدیریت اختلال ارائه شده و جایگاه تحقیق حاضر در آن تعیین گردیده است.

جدول ۲: خلاصه ای از تحقیقات انجام شده در زمینه مدیریت اختلال در زنجیره‌های تأمین

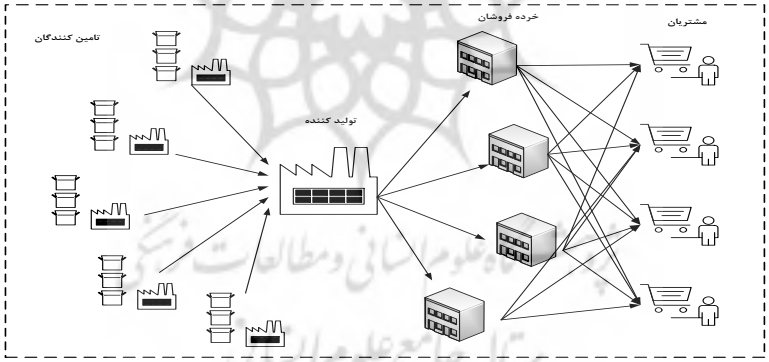
نویسنده	نوع اختلال	سطوح زنجیره تامین	روش حل
(چن، لیو و یانگ، ۲۰۱۵)	تامین	تامین کننده- تولید کننده – توزیع کننده	شبیه سازی
(اسنشتین، ۲۰۰۵)	تولید	تولید کننده	شبیه سازی
(گالگو، ۱۹۹٤)	تولید	تولید کننده	ابتکاری
(هشام الدین، سارکر و اسام، ۲۰۱۲)	تولید	تولید کننده	ابتکاری
(هشام الدین و دیگران، ۲۰۱۳)	حمل و نقل	تولید کننده – خرده فروش	ابتکاری
(هشام الدین و دیگران، ۲۰۱٤)	تامین	تامین کننده- تولید کننده	ابتکاری
(پاول، سارکر و اسام، آ۲۰۱٤)	تقاضا	تامین کننده – خرده فروش	فرا ابتکاری
(پاول، سارکر و اسام، ۲۰۱۳)	تولید	تامین کننده	فرا ابتکاری
(پاول، سارکر و اسام، ب۲۰۱٤)	تولید	تولید کننده	فرا ابتکاری
(پاول، سارکر و اسام، ۲۰۱۵ب)	تولید	تولید کننده	فرا ابتکاری
(پاول، سارکر و اسام، ۲۰۱۵آ)	تولید	تولید کننده	ابتکاری
(پاول، سارکر و اسام، ۲۰۱٤)	تامین	تامین کننده- تولید کننده – خرده فروش	ابتکاری
(کی، بارد و یو، ۲۰۰٤)	تقاضا	تامین کننده- خرده فروش	ابتکاری
(شاو و دونگ، ۲۰۱۲)	تامین	تامین کننده- تولید کننده	شبیه سازی
(تانگ و لی، ۲۰۰۵)	تولید	تولید کننده	شبیه سازی
(خیا، یانگ، گلانی، گیلبرت و یو، ۲۰۰٤)	تولید	تولید کننده – خرده فروش	ابتکاری
(یانگ، کی و یو، ۲۰۰۵)	تقاضا	تولید کننده	ابتکاری
تحقیق حاضر	خرده فروش- تولید	تامین کننده- تولید کننده- خرده فروش	ابتکاری

در تحقیق حاضر سعی بر ارائه مدل یکپارچه در زنجیره تامین سه سطحی شامل تامین کننده، تولید کننده و خرده فروشان با در نظر گرفتن شرایط اختلال‌های مختلف در تولید کننده و در هر یک از خرده فروشان دارد و حل مدل ارائه شده توسط الگوریتم ابتکاری پیشنهادی صورت می‌گیرد. مطالعه سه سطح زنجیره و ارائه برنامه بازیابی برای کلیه سطوح از نوآوری‌های این مطالعه می‌باشد، از طرف دیگر در این تحقیق وقوع اختلال در خرده فروشان مورد مطالعه قرار گرفته است که در مطالعات قبلی مورد توجه نبوده، همچنین وقوع اختلال در تولید کننده و خرده فروشان در ساختار یک زنجیره مورد بررسی قرار گرفته که می‌تواند از نظر کاربردی در سازمانها در شرایط واقعی بسیار کارآمد و مفید واقع گردد.

مدلسازی مسئله

۳-۱- تعریف مسئله

زنجیره تامینی متشکل از چند تامین کننده مواد اولیه، یک تولید کننده و چند خرده فروش را در نظر می‌گیریم که به صورت نمادین در شکل ۲ نمایش داده شده است.



شکل۲: نمایی از زنجیره تامین مورد مطالعه

کلیه اعضا زنجیره در حال فعالیت بر اساس برنامه تعیین شده‌ای می‌باشند که به صورت پیش بینی نشده ای در قسمتی از زنجیره، اختلال رخ داده و اجرای برنامه‌های آن قسمت یا بخش وسیع تری از زنجیره را تحت تاثیر قرار می‌دهد. در مقاله حاضر اختلالات رخ داده در خرده

فروشان و تولید کننده مورد مطالعه و مدل سازی قرار می‌گیرد و سعی برآنست که با طراحی مدل ریاضی برنامه ریزی بازیابی با کمترین هزینه زنجیره تامینی که بخشی از آن دچار اختلال شده است را به حالت قبل از وقوع اختلال بازگردانیم. موضوع قابل تامل دیگر آنست که در اینجا اختلالاتی مورد مطالعه قرار می‌گیرند که تاثیرات آنها در زنجیره تامین قابل ترمیم و بازیابی باشد یا به عبارت دیگر موجب انهدام بخشی یا کل زنجیره تامین نشود تا بتوان با برنامه ریزی و پس از یک تاخیر زمانی قابل پذیرش (که سهم بازار به طور کامل از دست نرود)، زنجیره تامین را به شرایط اجرای برنامه قبل از اختلال باز گرداند.

در تحقیق حاضر سعی برآنست که پس از وقوع اختلال در یک خرده فروش یا تولید کننده، میزان سفارشات، تولید و انتقال کالا بین حلقه‌های مختلف زنجیره تامین را به گونه ای تعیین نماییم که هزینه‌های دوره بازیابی کمینه گردد. طول دوره بازیابی محدود و هزینه‌های بازیابی شامل هزینه‌های انبارداری، تولید، سفارش گذاری، حمل و نقل بین حلقه‌های مختلف زنجیره، هزینه‌های فروش از دست رفته و پس افت تقاضا می‌باشند.

مفروضات مدل

- زنجیره تامین سه سطحی و شامل تامین کنندگان، تولید کننده و خرده فروشان می‌باشد.
- زنجیره تامین تک محصولی است.
- اختلال در تولید کننده عملکرد آن حلقه را برای مدتی متوقف می‌سازد و اختلال در خرده فروشان منجر به از بین رفتن کالا می‌گردد.
- دوره زمانی برنامه‌ریزی بازیابی از لحظه وقوع اختلال آغاز می‌گردد.
- به سفارشاتی که با تاخیر زمانی تامین گردد هزینه پس افت تقاضا تحمیل می‌شود و سود از دست رفته در اثرعدم تامین تقاضای مشتری، در قالب هزینه فروش از دست رفته در محاسبات منظور می‌گردد.
- هزینه‌های ثابت و متغیر تولید، سفارش دهی، انبارداری، فروش از دست رفته و پس افت تقاضا، معین و شناخته شده هستند.

- انتقال کالا بین حلقه‌های سطوح متوالی زنجیره تامین مجاز و بین حلقه‌های هر سطح غیرمجاز می‌باشد. به عنوان مثال تامین کنندگان نمی توانند به یکدیگر کالا ارسال نمایند اما هر تامین کننده می‌تواند به تولید کننده کالا ارسال نماید.
- نرخ تولید و نرخ تقاضای هر یک از خرده فروشان ثابت و معین می‌باشد.
- نرخ تولید بیش از نرخ تقاضا می‌باشد.
- در دوره‌های بعد از اختلال هیچ کمبودی مجاز نیست. (فقط در دوره ای که اختلال رخ داده کمبود به وجود می‌آید.)
- سیاست سفارش دهی تولید کننده و خرده فروشان، سفارش پس از اتمام موجودی می‌باشد.
- دوره‌های زمانی گسسته و افق زمانی بازیابی محدود می‌باشد.
- فقط هزینه‌های دوره بازیابی در محاسبات منظور می‌گردد.
- هزینه فروش از دست رفته بیش از هزینه پس افت تقاضا می‌باشد.
- طول دوره اختلال کمتر از یک دوره برنامه ریزی در شرایط عادی زنجیره می‌باشد.
- در هر لحظه زمانی، فقط در یک نقطه از زنجیره تامین ممکن است اختلال رخ دهد و آثار آن در کل زنجیره تامین تسری می‌یابد.

نشانه‌ها

پارامترها:

اندیس مربوط به تامین کنندگان	$s:1,2,...,S$
اندیس مربوط به خرده فروشان	$r:1,2,...,R$
هزینه راه اندازی تامین کننده s	A_s
هزینه راه اندازی تولید کننده	AS
هزینه ثابت سفارش دهی تولید کننده از تامین کننده s	AO_s
هزینه ثابت سفارش دهی خرده فروش r	A_r
هزینه نگهداشت یک واحد ماده اولیه s در تامین کننده s	H_s

هزینه نگهداشت یک واحد ماده اولیه s درتولید کننده	HM_s
هزینه نگهداشت یک واحد محصول درتولید کننده	H
هزینه نگهداشت یک واحد محصول در خرده فروش r	H_r
نرخ تولید تامین کننده s	P_s
نرخ تولید تولید کننده	P
نرخ تقاضای محصول در خرده فروش r	D_r
نرخ تقاضای تولید کننده برای ماده اولیه s	DM_s
اندازه تولید در تامین کننده s در شرایط عادی	Q_s
اندازه تولید در تولید کننده در شرایط عادی	Q
اندازه سفارش تولید کننده به تامین کننده s در شرایط عادی	V_s
اندازه سفارش خرده فروش r در شرایط عادی	V_r
مقدار پس افت تقاضا در تولید کننده	BL
مقدار پس افت تقاضا در خرده فروش r	BL_r
مقدار فروش از دست رفته در تولید کننده	LS
مقدار فروش از دست رفته در خرده فروش r	LS_r
ضریب نشان دهنده وقوع اختلال در تولید کننده	$\alpha_m = \begin{cases} 1 \\ 0 \end{cases}$
ضریب نشان دهنده وقوع اختلال در خرده فروش r	$\alpha_r = \begin{cases} 1 \\ 0 \end{cases}$
دوره اختلال در تولید کننده	T_d
مقدار محصول از بین رفته در اختلال خرده فروش r	Q_{dr}
مقدار تولید شده در تولید کننده قبل از وقوع اختلال	q
زمان فعالیت تولید در تامین کننده در شرایط عادی	ρ
زمان بیکاری تولید در تامین کننده در شرایط عادی	ξ

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

زمان بیکاری تولید در تولید کننده در شرایط عادی	φ
لحظه شروع دوره بازیابی	t_o
لحظه پایان دوره بازیابی	t_f
طول یک دوره تولید در تامین کننده s در شرایط عادی	T_s
طول یک دوره تولید در تولیدکننده در شرایط عادی	T
طول یک دوره سفارش دهی در خرده فروش r در شرایط عادی	T_r
هزینه یک واحد پس افت تقاضا برای محصول در تولید کننده	BM
هزینه یک واحد پس افت تقاضای محصول در خرده فروش r	B_r
هزینه یک واحد فروش از دست رفته برای محصول در تولید کننده	LM
هزینه یک واحد فروش از دست رفته محصول در خرده فروش r	L_r
طول دوره تولید iام در تامین کننده s در دوره بازیابی	T_{si}
طول دوره تولید iام در تولید کننده در دوره بازیابی	T_i
طول دوره سفارش دهی iام در خرده فروش r در دوره بازیابی	T_{ri}

متغیرهای تصمیم:

اندازه تولید تامین کننده s در دوره iام دوره بازیابی	M_{si}
اندازه تولید تولید کننده در دوره iام دوره بازیابی	M_i
اندازه سفارش تولید کننده به تامین کننده s در دوره iام دوره بازیابی	O_{si}
اندازه سفارش خرده فروش r در دوره iام دوره بازیابی	O_{ri}
تعداد دوره‌ها در افق بازیابی برای تولید کننده	n
تعداد دفعات تولید در افق بازیابی برای تولید کننده	z
سطح موجودی پایان دوره iام تامین کننده s در دوره بازیابی	I_{si}
سطح موجودی پایان دوره iام تولیدکننده در دوره بازیابی	IM_i

مدل ریاضی

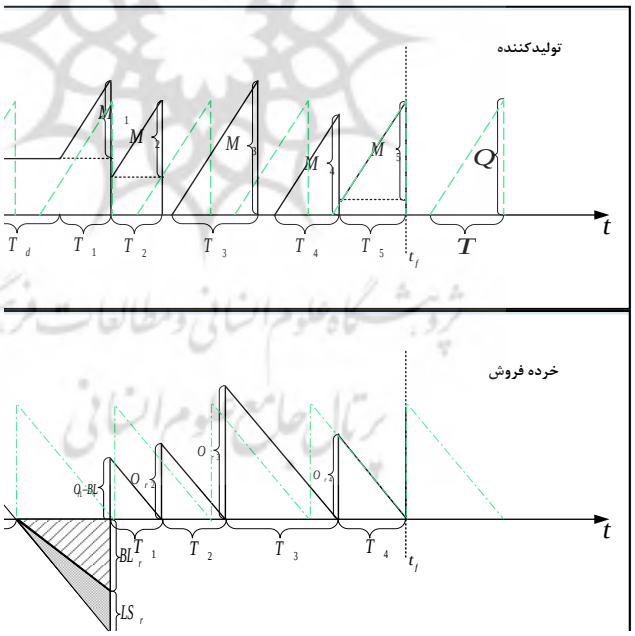
وقتی اختلال در تولید کننده رخ دهد، علاوه بر هزینه‌هایی که به وی تحمیل می‌شود، آن اختلال به خرده فروشان نیز انتقال می‌یابد و با ارائه برنامه اجرایی جدید، سعی می‌گردد با بهره گیری از ظرفیت‌های خالی موجود در زنجیره تامین، اختلال ایجاد شده مدیریت گردد و تقاضای مشتریان تا حد امکان تامین گردد. در این شرایط به علت توقف تولید و انباشت موجودی مواد اولیه، زمان تحویل محموله‌های بعدی از تامین کنندگان بازنگری می‌شود.

هزینه‌های تامین کنندگان که در شرایط اختلال در تولید کننده، تعداد سفارشاتشان بازنگری می‌شود عبارت است از:

$$TC_s = \sum_{s=1}^{S}(A_s.z + \frac{H_s}{2}T_sQ_sz) \qquad (۱)$$

و هزینه سفارش دهی تولید کننده به تامین کنندگان به شرح زیر تغییر می‌یابد:

$$TCM'_d = \sum_{s=1}^{S}(AO_s.z + \frac{HM_s}{2}T_sQ_sz + HM_s.Q_s.TS_d) \qquad (۲)$$



شکل۳: نمودار وضعیت گردش موجودی محصول تولید کننده و خرده فروش پس از اختلال

در تولید کننده IM_i را به عنوان سطح موجودی در پایان دوره i ام تعریف می کنیم که:

$$IM_i = IM_{i-1} + M_i - \sum_{r=1}^{R} O_{ri} \qquad \forall i = 1,...,z \qquad (۳)$$

با توجه به نمودارگردش موجودی محصول در تولید کننده طبق شکل ۳، هزینه‌های مربوط به دوره بازیابی برنامه تولید، شامل هزینه‌های سفارش دهی، انبارداری، پس افت تقاضا و فروش از دست رفته به شرح زیر می‌باشد:

$$\begin{aligned} TCM''_d = {} & AS.z + H(\frac{1}{2P}q^2 + q.T_d + \sum_{i=1}^{z}(IM_{i-1} + \frac{1}{2}M_i)\frac{M_i}{P}) + \\ & BM\sum_{r=1}^{R}[(\varphi + \frac{q}{P} + T_d + \frac{M_1}{P} - \frac{V_r}{D_r}). \\ & (\varphi + \frac{q}{P} + T_d + \frac{M_1}{P} - \frac{V_r}{D_r}).D_r - (nV_r - \frac{q}{\sum_{r=1}^{R} V_r} - \sum_{i=1}^{z-1} O_{ri}) \\ & \frac{}{2}] + \\ & LM\sum_{r=1}^{R}(nV_r - \frac{q}{\sum_{r=1}^{R} V_r} - \sum_{i=1}^{z-1} O_{ri}) \end{aligned} \qquad (۴)$$

با روش فوق، تابع هزینه هر خرده فروش در دوره بازیابی اختلال تامین کننده به شرح زیر می‌باشد:

$$\begin{aligned} TC_r &= OC_r + HC_r + BLC_r + LSC_r \\ &= A_r.(z-1) + \frac{H_r}{2D_r}(V_r{}^2 + (O_{r1} - BL_r)^2 + \sum_{i=2}^{z-1} O_{ri}{}^2) + \\ & B_r.(\varphi + \frac{q}{P} + T_d + \frac{M_1}{P} - \frac{V_r}{D_r}).\frac{(\varphi + \frac{q}{P} + T_d + \frac{M_1}{P} - \frac{V_r}{D_r}).D_r - (nV_r - \frac{q}{\sum_{r=1}^{R} V_r} - \sum_{i=1}^{z-1} O_{ri})}{2} + \\ & L_r.(nV_r - \frac{q}{\sum_{r=1}^{R} V_r} - \sum_{i=1}^{z-1} O_{ri}) \end{aligned} \qquad (۵)$$

و هزینه کل خرده فروشان عبارتند از:

$$TCR = \sum_{r=1}^{R} TC_r \qquad (۶)$$

تابع هزینه دوره بازیابی اختلال در تولید کننده به شرح زیر می‌باشد:

$$TC_{\alpha_m} = TC_s + TCM'_d + TCM''_d + TCR \qquad (۷)$$

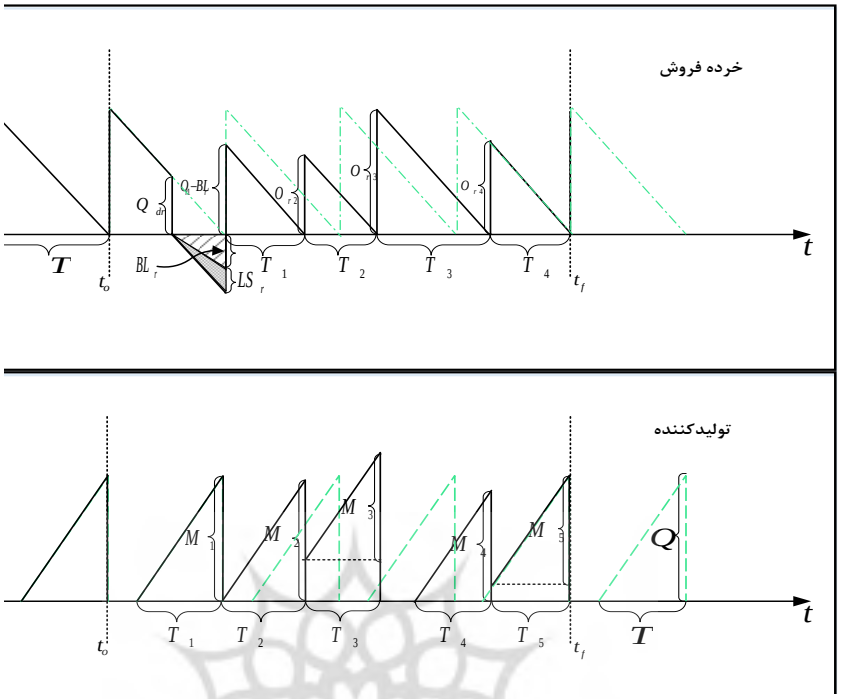
در صورتی که اختلال در خرده فروشان رخ دهد و موجودی ایشان از بین برود، لازمست در برنامه دیگر حلقه‌های زنجیره تامین نیز بازنگری صورت گیرد. وقتی Q_{dr} واحد محصول در خرده فروش r از بین برود می‌بایست با تغییر سفارشات خرده فروش و تولید مجدد محصول در تولید کننده و همچنین تامین مواد اولیه توسط تامین کنندگان جبران گردد. وضعیت گردش موجودی خرده فروشان و تولید کننده در شکل ۴ نمایش داده شده است که محاسبات هزینه با توجه به مساحت زیر نمودار انجام می‌گردد. هزینه‌های مربوط به خرده فروشان دچار اختلال شده در دوره بازیابی اختلال که شامل هزینه سفارش دهی، نگهداشت موجودی، پس افت تقاضا و فروش از دست رفته می‌باشد طبق رابطه زیر محاسبه می‌گردد.

$$TC_r = A_r.(z-1) + \frac{H_r}{2D_r}(V_r^{\,2} - (V_r - Q_{dr})Q_{dr} + (O_{r1} - BL_r)^2 + \sum_{i=2}^{z-1} O_{ri}^{\,2}) +$$

$$B_r.\frac{Q_{dr}}{D_r}.\frac{n.V_r - (n.V_r - (V_r - Q_{dr}) - \sum_{i=1}^{z-1} O_{ri})}{2} +$$

$$L_r.(n.V_r - (V_r - Q_{dr}) - \sum_{i=1}^{z-1} O_{ri})$$

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی



شکل٤: نمودار وضعیت گردش موجودی خرده فروش و تولید کننده پس از اختلال در خرده فروش

از آنجا که با فرض استقلال عملکرد خرده فروشان، اختلال در یک خرده فروش تاثیری بر دیگر خرده فروشان ندارد، هزینه‌های آنها در محاسبات منظور نمی گردد.

همانطورکه پیشتر نیز اشاره گردید در صورت بروز اختلال در خرده فروش، آثار آن در تولید محصول توسط تولید کننده و همچنین در تامین کنندگان نیز بروز می کند. هزینه‌های مرتبط با تولید کننده و تامین کنندگان شامل هزینه راه اندازی و نگهداشت موجودی نیز به تابع هزینه اضافه می گردد.

I_{si} را به عنوان سطح موجودی تامین کنندگان در پایان دوره i ام تعریف می کنیم که:

$$I_{si} = I_{si-1} + M_{si} - O_{si} \qquad \forall i = 1,...,z \ , \forall s = 1,...,S \quad (۹)$$

براساس روابط فوق تابع کل هزینه دوره بازیابی اختلال در خرده فروش به شرح زیر می‌باشد:

$$TC_{\alpha_r} = A_r.(z-1) + \frac{H_r}{2D_r}(V_r^{\,2} - (V_r - Q_{dr})Q_{dr} + (O_{r1} - BL_r)^2 + \sum_{i=2}^{z-1} O_{ri}^{\,2}) +$$

$$B_r.\frac{Q_{dr}}{D_r}.\frac{n.V_r - (n.V_r - (V_r - Q_{dr}) - \sum_{i=1}^{z-1} O_{ri})}{2} +$$

$$L_r.(n.V_r - (V_r - Q_{dr}) - \sum_{i=1}^{z-1} O_{ri}) + \qquad (۱۰)$$

$$AS.z + H(\frac{1}{2P}Q^2 + \frac{1}{2P}M_1^{\,2} + \sum_{i=2}^{z}(IM_{i-1} + \frac{1}{2}M_i)\frac{M_i}{P}) +$$

$$\sum_{s=1}^{S}[AO.(z-1) + \frac{HM_s}{2P}(V_s^{\,2} + \sum_{i=1}^{z-1} O_{si}^{\,2})] +$$

$$\sum_{s=1}^{S}(A_s.z + H_s(\frac{1}{2P_s}Q_s^{\,2} + \frac{1}{2P_s}M_{s1}^{\,2} + \sum_{i=2}^{z}(I_{si-1} + \frac{1}{2}M_{si})\frac{M_{si}}{P_s}))$$

با توجه به توضیحات داده شده مدل کلی مسئله به صورت زیر نوشته می‌شود:

$$Minimize \quad TC = \alpha_m.TC_{\alpha_m} + \sum_{r=1}^{R}(\alpha_r.TC_{\alpha_r}) \qquad (۱۱)$$

$$Sub\ to: \qquad (۱۲)$$

$$MS_i \le Q_s \qquad i = 1,2,...,z \qquad (۱۳)$$

$$\sum_{i=1}^{z} M_{si} \le P_s(nT_s - \xi_s) \qquad \forall s = 1,...,S \qquad (۱۴)$$

$$\sum_{i=1}^{z} M_i \le P(nT - T_d - \varphi) - q \qquad (۱۵)$$

$$\sum_{i=1}^{z} M_{si} \ge n.T_s.DM_s + BL_r \qquad \forall s = 1,...,S \qquad (۱۶)$$

$$\sum_{i=1}^{z} M_i \ge n.T.\sum_{r=1}^{R} D_r - \sum_{r=1}^{R} LS_r - q + Q_{dr} \qquad (۱۷)$$

$$\frac{1}{P_s}\sum_{j=2}^{i} M_{sj} \le \frac{1}{DM_s}\sum_{j=1}^{i-1} O_{sj} \qquad i = 1,2,...,z,\ s = 1,...,S \qquad (۱۸)$$

$$\frac{1}{P}\sum_{j=2}^{i} M_j \le \frac{1}{\sum_{r=1}^{R} D_r}\sum_{j=1}^{i-1}\sum_{r=1}^{R} O_{rj} - \sum_{r=1}^{R}\frac{BL_r}{D_r} \qquad i = 1,2,...,z \qquad (۱۹)$$

$$I_{s0} = I_{sz} = 0 \qquad \forall s = 1,2,...,S \qquad (۲۰)$$

$$I_0 = I_z = 0 \qquad (۲۱)$$

$$IM_0 = IM_z = 0 \qquad (۲۲)$$

$$O_{sz} = V_s \qquad \forall s = 1,2,...,S \qquad (۲۳)$$

$$O_z = V \qquad (۲۴)$$

$$O_{rz} = V_r \qquad \forall r = 1,2,...,R \qquad (۲۵)$$

$$n, z \in Z \qquad (۲۶)$$

رابطه ۱۲ تضمین می‌کنند که میزان تامین توسط تامین کننده در هر دوره با میزان تامین در دوره‌های عادی برابر یاکمتر می‌باشد، این محدودیت براساس محدودیتهای ظرفیت سیستم حمل و نقل و انبارش در نظر گرفته می‌شود. رابطه ۱۳ محدودیت ظرفیت تامین کنندگان را اعمال می‌کند و رابطه ۱۴ محدودیت ظرفیت تولید کننده را در نظر می‌گیرد. در رابطه ۱۵ از اینکه کل مقدار تقاضای تولید کننده در دوره بازیابی مدنظر قرار گرفته است، اطمینان حاصل می‌گردد و رابطه ۱۶ همین امر را در خصوص تقاضای خرده فروشان بررسی می‌کند. رابطه ۱۷ نشان می‌دهد که تولید کننده سفارشات خود را به موقع تحویل می‌گیرد و دچار کمبود نمی شود. رابطه ۱۸ دریافت به موقع سفارشات خرده فروشان را بیان می‌کند. رابطه‌های ۱۹ و ۲۰ و ۲۱ تضمین می‌کنند که در ابتدا و انتهای دوره بازیابی میزان موجودی در تامین کنندگان و تولید کننده صفر می‌باشد. روابط ۲۲ و ۲۳ و ۲۴ نیز جهت حصول اطمینان از بازگشت سیستم به شرایط قبل از اختلال می‌باشد و رابطه ۲۵ نوع متغیرهای عدد صحیح را اعلام می‌کند.

روش حل پیشنهادی

مدل بازیابی زنجیره تامین سه سطحی ارائه شده در این مقاله یک مدل پیچیده برنامه ریزی عدد صحیح مختلط است که نیاز به روش حل ابتکاری یا فراابتکاری برای حل آن می‌باشد که در اینجا یک روش حل ابتکاری ارائه و در نرم افزار متلب ۲۰۱۱ کدنویسی می‌گردد. قبل از ارائه روش حل، ذکر دو قضیه که بعداً از نتایج آنها استفاده خواهد شد، ضروری می‌باشد.

قضیه ۱: در صورتی که همه پارامترهای مدل ثابت باشند، در شرایط بهینه مقدار موجودی پایان دوره کلیه سطوح زنجیره تامین صفر می‌باشد. ($I_i = 0, IM_i = 0 \quad \forall i$)

اثبات: برای اثبات رجوع شود به (خیا و دیگران، ۲۰۰۴)

قضیه ۲: حالت بهینه در این مدل در شرایطی رخ می‌دهد که

$$MS_i = O_i,\ M_i = \sum_{r=1}^{R} O_{ri} \qquad \forall i$$

اثبات: با توجه به قضیه ۱ و تعریف I_i و IM_i طبق روابط **۳** و **۹** داریم:

$$\left.\begin{aligned} I_i &= I_{i-1} + MS_i - O_i \\ I_i &= I_{i-1} = 0 \end{aligned}\right\} \Rightarrow MS_i - O_i = 0 \Rightarrow MS_i = O_i$$

$$\left.\begin{aligned} IM_i &= IM_{i-1} + M_i - \sum_{r=1}^{R} O_{ri} \\ IM_i &= IM_{i-1} = 0 \end{aligned}\right\} \Rightarrow M_i - \sum_{r=1}^{R} O_{ri} = 0 \Rightarrow M_i = \sum_{r=1}^{R} O_{ri}$$

در واقع این قضیه، نتیجه قضیه ۱ می‌باشد.

در روش حل ارائه شده از دو قضیه فوق استفاده خواهد شد. گام‌های این روش به شرح زیر می‌باشد:

۱- اگر $\alpha_m = 1$ آنگاه:

۱-۱- مقدار اولیه n را به صورت $n' = \left[\frac{T_d}{\varphi}\right] + 1$ محاسبه کنید.

۱-۲- مقادیر $J = 0$, $K = 0$ را تعریف کنید.

۱-۳- $n = n' + J, \quad z = n' + K,\ M_1 = Q - q,\ M_z = Q,\ LS_r = 0 \quad \forall r$

۱-۴- با استفاده از رابطه (۱۴) ظرفیت تولید کننده را محاسبه کنید:

$$Cap = P(nT - T_d - \varphi) - q$$

۱-۵- مقدار تقاضایی که باید تامین شود را محاسبه نمایید:

$$DRF = nT.\sum_{r=1}^{R} D_r - q$$

۱-۶- اگر $Cap < DRF$ آنگاه $\forall r$ در $LS_r = \frac{DRF - Cap}{\sum_{r=1}^{R} D_r} D_r$

غیر اینصورت $LS_r = 0 \quad \forall r$

۱-۷- اگر $z = 3$ آنگاه $M_2 = n.T\sum_{r=1}^{R} D_r - \sum_{r=1}^{R} LS_r - q - M_1 - M_z$ و اگر

$z = 2$ آنگاه

$$M_2 = n.T\sum_{r=1}^{R} D_r - \sum_{r=1}^{R} LS_r - q - M_1, \quad O_{r1} = \frac{M_2}{\sum_{r=1}^{R} D_r} D_r \quad \forall r, \quad IM_1 = Q - \sum_{r=1}^{R} O_{r1}$$

مقدار TC را محاسبه و ذخیره نمایید.

۱-۸- $M_i = \frac{P}{\sum_{r=1}^{R} D_r}\left(\sum_{j=1}^{i} M_j - \sum_{r=1}^{R} BL_r\right) - \sum_{j=2}^{i-1} M_j \quad i = 2,\ldots,z-1$

۱-۹- با استفاده از رابطه زیر مقدار مانده تقاضا را محاسبه کنید:

$$\Delta DR = DRF - \sum_{i=1}^{z} M_i - \sum_{r=1}^{R} LS_r$$

۱-۱۰- اگر $\Delta DR \geq 0$ آنگاه

$$LS_r^* = LS_r + \frac{\Delta DR}{\sum_{i=2}^{z-1}(\frac{P}{\sum_{r=1}^{R} D_r})^{i-1}+1} \cdot \frac{D_r}{\sum_{r=1}^{R} D_r} \qquad \forall r$$

$$BL_r^* = T_d \cdot \frac{D_r}{\sum_{r=1}^{R} D_r} - LS_r^* \qquad \forall r$$

M_i های جدید را با استفاده از رابطه گام ۱-۸- محاسبه کنید. اگر $M_i \geq Q$ آنگاه تعداد $M_i \geq Q$ را l می‌نامیم و

$$M_i = \frac{P}{\sum_{r=1}^{R} D_r}(\sum_{j=1}^{i} M_j - \sum_{r=1}^{R} BL_r^*) - \sum_{j=2}^{i-1} M_j \qquad i = 2,...,z-1-l$$

دوباره ΔDR را به دست آورید . حال TC را محاسبه و ذخیره نمایید.

۱-۱۱- اگر $\Delta DR < 0$ آنگاه $t = 2$ و

$$M_i = \frac{DRF - (\sum_{i=1}^{z-t} M_i + Q)}{t-1} \qquad i = z-t+1,...,z-1$$ و

مقدار TC را محاسبه و ذخیره نمایید.

۱-۱۲- قرار دهید $t = t+1$ و به گام ۱-۹- بازگردید و تا وقتی محدودیت (۱۸) نقض شود این کار را تکرار کنید.

۱-۱۳- جواب مینیموم TC جواب بهینه می‌باشد.

۲- اگر $\sum_{r=1}^{R} \alpha_r = 1$ آنگاه:

۲-۱- مقدار اولیه n را به شرح زیر محاسبه کنید:

$$n' = \max_s \{ \left\lceil \frac{Q_{dr}}{P_s \xi_s} \right\rceil \}$$

و s مربوطه را s' می نامیم.

۲-۲- مقادیر $J = 0\ ,\ K = 0$ را تعریف کنید.

۲-۳- برای هر s قرار دهید:

$$n = n' + J, \quad z = n' + K,\ LS_r = 0,\ M_{s1} = Q_s,\ M_{sz} = Q_s$$

۲-۴- اگر $\frac{Q_{dr}}{P_{s'}} > T_{s'1}$ و $P_{s'}nT_{s'1} < n.DM_{s'}.T_{s'} + Q_{dr}$ آنگاه

$$LS_r = (T_{s'1} - \frac{Q_{dr}}{P_{s'}})P_{s'}$$

در غیر اینصورت $LS_r = 0$

۲-۵- بقیه M_{si} ها را با استفاده از فرمول زیر محاسبه کنید:

$$M_{si} = \frac{P_s}{DM_s}(\sum_{j=1}^{i} M_{Sj} - BL_r) - \sum_{j=2}^{i-1} M_{Sj} \qquad i = 2,..., z-1\ ,\ s = 1,..., S$$

۲-۶- با استفاده از رابطه زیر مانده تقاضا را محاسبه کنید:

$$\Delta DM = n.DM_{s'}.T_{s'} + Q_{dr} - \sum_{i=1}^{z} M_{s'i} - LS_r$$

۲-۷- اگر $\Delta DM > 0$ آنگاه مقدار جدید فروش از دست رفته را با رابطه زیر محاسبه کنید:

$$LS_r^{\ *} = LS_r + \frac{\Delta DM}{\sum_{i=2}^{z-1}(\frac{P_{s'}}{DM_{s'}})^{i-1} + 1}$$

$$BL_r^* = Q_{dr} - LS_r^*$$

با استفاده از فرمول گام ۵ بقیه M_{si} ها را با BL_r^* محاسبه کنید. مقدار TC را محاسبه و به عنوان $TC(K)$ ذخیره نمایید.

اگر $\Delta DM < 0$ آنگاه $t = 2$ و تا زمانی که $M_{si} > 0$ و محدودیت (۱۷) برقرار است مقادیری که قبلاً در گام ۲-۵ محاسبه شده را با مقادیر زیر جایگزین نمایید:

$$M_{si} = \frac{n.DM_s.T_s + Q_{dr} - \sum_{i=1}^{z-t} M_{si} - Q_s - LS_r}{t-1} \qquad i = z-t+1,\ldots,z-1$$

مقدار TC را محاسبه کنید. حال $t = t+1$ و محاسبه M_{si} با فرمول فوق تا زمانی که محدودیت (۱۷) برقرار است. کمترین مقدار TC را به عنوان $TC(K)$ ذخیره نمایید.

۲-۸- اگر $K = 0$ مقدار $K = K+1$ و گامهای ۳-۷ را تکرار کنید در غیر اینصورت اگر $TC(K) < TC(K-1)$ مقدار $K = K+1$ و تکرار گامهای ۳-۷ در غیر اینصورت جواب را ثبت کنید. جواب به دست آمده کمترین مقدار TC برای n می‌باشد که z بهینه نیز به دست آمده است. مقدار حاصل را به عنوان $TC(J)$ ذخیره کنید.

۲-۹- اگر $J = 0$ مقدار $K = 0,\ \ J = J+1$ و گامهای ۳-۸ را تکرار کنید. در غیر اینصورت اگر $TC(J) < TC(J-1)$ مقدار $K = 0,\ \ J = J+1$ و گامهای ۳-۸ را تکرار کنید در غیر اینصورت جواب را ذخیره کنید. این جواب بهینه است.

۲-۱۰-حال کلیه مراحل الگوریتم را با پارامترهای مربوط به تولید کننده و خرده فروشان تکرار نمایید.

مثال عددی

نکته قابل توجه در خصوص الگوریتم‌های ابتکاری، کاربردی بودن آنهاست، در این بخش جهت بررسی این موضوع، یک زنجیره تامین با سه تامین کننده، یک تولید کننده و سه خرده فروش را در نظر می‌گیریم. نرخ تولید هر یک از تامین کنندگان به ترتیب ۴۰۰۰، ۳۷۰۰ و ۴۱۰۰ واحد و نرخ تقاضای تولید کننده از هر یک از آنان ۳۵۰۰ واحد ، همچنین نرخ عملیات

تولید کننده ۴۲۰۰ واحد می‌باشد. نرخ تقاضای هر یک از خرده فروشان نیز به ترتیب ۱۲۰۰، ۱۰۰۰ و ۱۳۰۰ واحد محصول است.

مدل را برای ۱۵۰ مثال با داده‌های تصادفی حل کرده ایم. این مسایل آزمایشی با تولید داده‌های تصادفی برای پارامترهای هزینه ای، مقدار تامین قبل از وقوع اختلال، طول دوره اختلال و اختلال کالای از بین رفته در حالت‌های مختلف اختلال ایجاد گردیده اند که در جدول شماره ۳ بازه پارامترهای تصادفی آمده است:

جدول شماره۳ : بازه پارامترها جهت تولید داده‌های تصادفی

پارامترها	تولید کننده	پارامترها	خرده فروشان		
			۱	۲	۳
AS	$[۲۰۰,۵۰۰]$	A_r	$[۱۰,۷۰]$	$[۱۵,۶۰]$	$[۸,۵۰]$
H	$[۴,۱۰]$	H_r	$[۲,۷]$	$[۱,۸]$	$[۲,۱۰]$
T_d	$[\varphi, T]$	Q_{dr}	$[0,\ V_r]$	$[0,\ V_r]$	$[0,\ V_r]$
q	$[0, Q]$				

کیفیت جواب‌های به دست آمده، از طریق حل مدل ارائه شده توسط نرم افزار گمس ۲۴ ارزیابی گردید که مقایسه چند مثال حل شده از دو روش در جدول شماره ۴ ارائه شده است:

جدول شماره ٤ : مقادیر پارامترها و جواب برخی مسایل تصادفی

شماره	A_r	AS	H_r	H	T_d	q	Q_{dr}	n	z	TC	TC_GAMS	درصد انحراف
۱	۶۴	۳۱۴	۵	۷	۰,۰۰۶۹	۱۰۸	–	۴	۶	۱۸۸۴۶۸۸	۱۸۸۴۶۸۸,۲	٪۰,۰۰۰۰۱
۲	۳۸	۲۴۶	۷	۹	۰,۰۰۱۶	۶۲	–	۲	۷	۱۷۲۲۲۰۰	۱۷۲۲۱۹۹,۵	٪۰,۰۰۰۰۳
۳	۵۳	۲۷۱	۴	۷	۰,۰۰۵۹	۱۳۵	–	۳	۷	۱۸۹۷۵۶۴	۱۸۹۷۵۶۴,۳	٪۰,۰۰۰۰۲
۴	۳۱	۴۵۱	۵	۱۰	۰,۰۰۷۶	۱۹	–	۴	۸	۳۶۰۸۲۰۰	۳۶۰۸۱۹۹,۲	٪۰,۰۰۰۰۲
۵	۲۴	۲۶۹	۶	۸	۰,۰۰۱۹	۶۱	–	۲	۵	۱۳۴۵۱۷۰	۱۳۴۵۱۷۰,۵	٪۰,۰۰۰۰۳
۶	۲۴	۳۹۶	۲	۱۰	–	–	۵۱	۲	۵	۱۹۸۰۰۵۱	۱۹۸۰۰۵۱,۱	٪۰,۰۰۰۰۳
۷	۲۰	۳۵۲	۲	۶	–	–	۱۳۰	۳	۴	۱۴۰۸۰۶۵	۱۴۰۸۰۶۴,۸	٪۰,۰۰۰۰۳
۸	۳۶	۴۰۳	۲	۷	–	–	۱۰۷	۳	۵	۲۰۱۵۱۱۳	۲۰۱۵۱۱۳,۷	٪۰,۰۰۰۰۱

۹	۱۹	۲۸۰	۷	۴	–	–	۱۲۲	۳	۵	۱۴۰۰۰۶۳	۱۴۰۰۰۶۳	٪۰,۰۰۰۰۱
۱۰	۴۷	۲۴۰	۶	۸	–	–	۴۴	۲	۷	۱۶۸۰۰۹۶,۲	۱۶۸۰۰۹۷	٪۰,۰۰۰۰۵

اختلاف مقادیر به دست آمده در دو روش در حد اختلاف در یک رقم سمت راست می‌باشد که نشان می‌دهد پاسخ‌ها مناسب می‌باشند، همچنین درصد انحراف پاسخ‌های به دست آمده از دو روش نیز در آخرین ستون جدول شماره ۴ نشان داده شده است.

نتیجه‌گیری و پیشنهاد تحقیقات آتی

در مقاله حاضر، یک مدل برنامه ریزی بازیابی زنجیره تامین سه سطحی پس از وقوع اختلال در تولید کننده و خرده فروشان ارائه گردید. ماهیت اختلال و نتایج حاصل از آن در هر قسمت زنجیره تامین با توجه به نقش آن عضور در عملکرد زنجیره، می‌تواند متفاوت باشد و به همین ترتیب جهت بازیابی هر نوع اختلال لازمست راهکار مناسب آن شرایط مورد استفاده قرار گیرد. هدف اصلی این پژوهش ارائه راهکار عملیاتی به مدیران صنایع جهت تصمیم گیری و برنامه ریزی صحیح به محض وقوع اختلال می‌باشد به گونه ای که هزینه‌های کل زنجیره تامین برای بازگشت سیستم به حالت قبل از وقوع اختلال کمینه گردد. مدل طراحی شده یک مدل ریاضی برنامه ریزی عدد صحیح مختلط می‌باشد که با الگوریتم ابتکاری پیشنهادی در نرم افزار متلب ۲۰۱۱ حل شده است و جهت ارزیابی صحت نتایج و کاربردی بودن روش پیشنهادی، مدل همزمان با نرم افزار گمس نیز اجرا گردید و نتایج برای ۱۵۰ مسئله تصادفی که با داده‌های تصادفی تولید گردیده است مورد مقایسه قرار گرفت و درصد انحراف جواب نهایی در این دو روش نشان می‌دهد الگوریتم پیشنهادی قابل پذیرش می‌باشد.

به محققین علاقه مند به این حوزه پیشنهاد می گردد در تحقیات آتی انواع دیگر اختلال که نتایج متفاوتی را به دنبال دارند مورد مطالعه و مدل سازی قرار دهند. موضوع قابل توجه دیگری که می‌تواند در پژوهشهای بعدی مدنظر قرار گیرد وقوع همزمان اختلال در چند قسمت زنجیره تامین و یا وقوع اختلال در دوره زمانی بازیابی یک اختلال می‌باشد که مورد توجه نویسندگان این مقاله نیز می‌باشد.

منابع

Cavinato, J. L. (2004). Supply chain logistics risks: from the back room to the board room. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, 34*(5), 383-387 .

Chen, L.-M., Liu, Y. E., & Yang, S.-J. S. (2015). Robust supply chain strategies for recovering from unanticipated disasters. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 77*, 198-214 .

Christopher, M., & Lee, H. (2004). Mitigating supply chain risk through improved confidence. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, 34*(5), 388-396 .

Eisenstein, D. D. (2005). Recovering cyclic schedules using dynamic produce-up-to policies. *Operations research*, *53*(4), 675-688 .

Gallego, G. (1994). When is a base stock policy optimal in recovering disrupted cyclic schedules? *Naval Research Logistics*) *NRL), 41*(3), 317-333 .

Hendricks, K. B., & Singhal, V. R. (2005). An Empirical Analysis of the Effect of Supply Chain Disruptions on Long-Run Stock Price Performance and Equity Risk of the Firm. *Production and Operations Management, 14*(1), 35-52 .

Hishamuddin, H., Sarker, R. A., & Essam, D. (2012). A disruption recovery model for a single stage production-inventory system. *European Journal of Operational Research, 222*(3), 464-473 .

Hishamuddin, H., Sarker, R. A., & Essam, D. (2013). A recovery model for a two-echelon serial supply chain with consideration of transportation disruption. *Computers & Industrial Engineering, 64*(2), 552-561 .

Hishamuddin, H., Sarker, R. A., & Essam, D. (2014). A recovery mechanism for a two echelon supply chain system under supply disruption. *Economic Modelling, 38*, 555-563 .

Ivanov, D., & Sokolov, B. (2010). *Adaptive supply chain management*: Springer.

Li, Y., Zhen, X., Qi, X., & Cai, G. G. (2016). Penalty and financial assistance in a supply chain with supply disruption. *Omega, 61*, 167-181 .

Paul, S. K., Sarker, R., & Essam, D. (2013). A disruption recovery model in a production-inventory system with demand uncertainty and process reliability *Computer Information Systems and Industrial Management* (pp. 511-522): Springer.

Paul, S. K., Sarker, R., & Essam, D. (2014a). Managing real-time demand fluctuation under a supplier–retailer coordinated system. *International Journal of Production Economics, 158*, 231-243 .

Paul, S. K., Sarker, R., & Essam, D. (2014b). Real time disruption management for a two-stage batch production–inventory system with reliability considerations. *European Journal of Operational Research, 237*(1), 113-128 .

Paul, S. K., Sarker, R., & Essam, D. (2015a). A disruption recovery plan in a three-stage production-inventory system. *Computers & Operations Research, 57*, 60-72 .

Paul, S. K., Sarker, R., & Essam, D. (2015b). Managing disruption in an imperfect production–inventory system. *Computers & Industrial Engineering, 84*, 101-112 .

Paul, S. K., Sarker, R., & Essam, D. (2017). A quantitative model for disruption mitigation in a supply chain. *European Journal of Operational Research, 257*(3), 881-895 .

Paul, S. K., Sarker, R. A., & Essam, D. (2014). *Managing supply disruption in a three-tier supply chain with multiple suppliers and retailers.* Paper presented at the 2014 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management.

Pfeffer, J., & Salancik, G. R. (1978). The external control of organisations. *New York* .

Qi, X., Bard, J. F., & Yu, G. (2004). Supply chain coordination with demand disruptions. *Omega, 32*(4), 301-312 .

Shao, X.-F., & Dong, M. (2012). Supply disruption and reactive strategies in an assemble-to-order supply chain with time-sensitive

demand. *IEEE Transactions on engineering management, 59*(2), 201-212 .

Spekman, R. E., & Davis, E. W. (2004). Risky business: expanding the discussion on risk and the extended enterprise. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, 34*(5), 414-433 .

Tang, L. C., & Lee, L. H. (2005). A simple recovery strategy for economic lot scheduling problem: A two-product case. *International Journal of Production Economics, 98*(1), 97-107 .

Thun, J.-H., & Hoenig, D. (2011). An empirical analysis of supply chain risk management in the German automotive industry. *International Journal of Production Economics, 131*(1), 242-249 .

Tomlin, B. (2006). On the value of mitigation and contingency strategies for managing supply chain disruption risks. *Management Science, 52*(5), 639-657 .

Xia, Y., Yang, M.-H., Golany, B., Gilbert, S. M., & Yu, G. (2004). Real-time disruption management in a two-stage production and inventory system. *IIE transactions, 36*(2), 111-125 .

Yang, J., Qi, X., & Yu, G. (2005). Disruption management in production planning. *Naval Research Logistics, 52*(5), 420-442 .

Zsidisin*, G. A., Melnyk, S. A., & Ragatz, G. L. (2005). An institutional theory perspective of business continuity planning for purchasing and supply management. *International journal of production research, 43*(16), 3401-3420 .

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی