Archive of SID

چشم‌انداز مدیریت صنعتی
سال نهم، شماره ۳۵، پاییز ۱۳۹۸
شاپا چاپی: ۹۸۷۴-۲۲۵۱، شاپا الکترونیکی: ۴۱۶۵-۲۶۴۵
ص‌ص ۱۶۳ – ۱۳۵

طراحی شبکه زنجیره تأمین چنددوره‌ای و چندمحصولی با درنظرگرفتن اختلال در تسهیلات و مسیرهای ارتباطی (موردمطالعه: طرح اشتراک نشریات)

علی‌اصغر عمادآبادی*، ابراهیم تیموری، میرسامان پیشوایی*****

چکیده

یکی از مهم‌ترین چالش‌های مسئله طراحی شبکه زنجیره تأمین، وقوع اختلالات احتمالی و آسیب‌های ناشی از آن است. در این پژوهش طراحی شبکه زنجیره تأمین با درنظرگرفتن حداقل میزان دریافت به‌عنوان رضایت مشتری مدنظر بوده است. برای مقابله با اختلال از سه روش تأسیس تسهیلات جدید، استفاده از قرارداد دوجانبه و تسهیلات موجود در بازار خدمات لحظه‌ای استفاده شده است. بدین منظور یک مدل برنامه‌ریزی خطی مختلط عدد صحیح فرموله شده و طرح اشتراک نشریات به‌عنوان مورد مطالعه بررسی شد. یافته‌ها نشان می‌دهد که در شرایط بروز اختلال سه حالت متفاوت رخ می‌دهد: نخست اینکه هزینه اختلال کم باشد که در این شرایط به‌صرفه خواهد بود از بین بازار لحظه‌ای و پذیرش کمبود یکی انتخاب شود؛ دوم اینکه هزینه اختلال و کمبود بالا بوده، اما کمتر از میزان بودجه برای تأسیس تسهیلات باشد که در این حالت از قراردادهای دوجانبه استفاده می‌شود؛ و در حالت سوم هزینه‌های اختلال و کمبود آن‌قدر بالاست که تأسیس تسهیلات، به‌صرفه خواهد بود. باید توجه داشت با بالارفتن تقاضا و یا افزایش احتمال وقوع اختلال، فاصله هزینه‌ای بین استفاده از تسهیل پشتیبان موجود در قرارداد دوجانبه و یا خرید خدمت از بازار لحظه‌ای با تأسیس تسهیل جدید کاهش یافته و سپس تأسیس تسهیلات جدید به‌صرفه‌تر خواهد بود.

کلیدواژه‌ها: طراحی شبکه زنجیره تأمین؛ مکان‌یابی ـ تخصیص؛ رضایت مشتری؛ اختلال؛ اشتراک نشریات.

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۷/۱۱/۲۶، تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۸/۰۸/۱۶.

* دانشجوی دکتری، دانشگاه علم و صنعت ایران.
** دانشیار، دانشگاه علم و صنعت ایران (نویسنده مسئول).
E-mail: Teimoury@iust.ac.ir
*** دانشیار، دانشگاه علم و صنعت ایران.

www.SID.ir

Archive of SID

۱. مقدمه

مسئله طراحی شبکه‌های لجستیک و زنجیره تأمین، یکی از مهم‌ترین تصمیم‌های راهبردی است که موردتوجه بسیاری از پژوهشگران قرار گرفته است. این شبکه از مجموعه‌ای از تسهیلات تشکیل شده است که برای ایجاد جریان مواد از مرحله تأمین مواد اولیه تا تهیه محصولات نهایی و پخش آن‌ها در محل‌های تقاضا و خدمات‌دهی به مشتریان پس از فروش فعالیت می‌کنند. در این نوع مسئله طراحی، تعداد، نوع، مکان، سطوح ظرفیتی و سطح فناوری تسهیلات موجود در شبکه معین می‌شود؛ همچنین کانال‌های حمل‌ونقل و میزان جریان مواد بین تسهیلات مشخص می‌شود. ازآنجاکه معمولاً تصمیم‌ها در سطح عملیاتی و تاکتیکی پس از تصمیم‌های راهبردی و بلندمدت اجرا می‌شوند، تصمیم‌های راهبردی به‌عنوان یک عامل تأثیرگذار مهم بر تصمیم‌های کوتاه‌مدتی همچون تصمیم‌های تاکتیکی و عملیاتی به‌شمار می‌آیند [۱۳].

امروزه از مهم‌ترین دغدغه‌هایی پژوهشگران، افزایش حداکثری منافع برای شرکت‌ها ضمن برآورده‌کردن رضایت مشتریان است. تصمیم‌گیرندگان برای بقای خود در فضای بازار، ممکن است سیاست‌ها و ایده‌های جدید بسیاری را به‌کار گیرند [۱۳]. یکی از موضوع‌هایی که باید در سیاست‌ها و ایده‌ها در نظر گرفته شود، وجود زنجیره تأمین رقیب است که کمتر موردتوجه قرار گرفته است. درهرصورت زنجیره‌های تأمین برای به‌دست‌آوردن سهم سود بیشتری از بازار با یکدیگر رقابت می‌کنند. حتی اگر زمانی رقیبی وجود نداشته باشد، زنجیره‌های تأمین باید برای وضعیت رقابتی در آینده آماده باشند [۱۱]. یکی از عواملی که می‌تواند بر رقابت بین زنجیره‌های تأمین تأثیر بگذارد، چگونگی مقابله زنجیره‌ها با اختلالات و ریسک‌های احتمالی است که زنجیره‌های تأمین در زمان‌های مختلف با آن روبه‌رو می‌شوند.

در پژوهش حاضر به طراحی شبکه زنجیره تأمین چنددوره‌ای و چندمحصولی با درنظرگرفتن اختلال در تسهیلات و مسیرهای ارتباطی پرداخته شده است، اختلالات می‌توانند جریان کلی ارسال (عرضه) در زنجیره تأمین را مختل و متوقف کنند و در صورت وجود جریان نیز میزان تأخیرات بسیار وسیع و گسترده خواهد بود [۳۴]. در بسیاری از زنجیره‌های تأمین سرعت عمل و به‌طورکلی زمان، بزرگ‌ترین مزیت رقابتی به‌حساب می‌آید. در زنجیره‌های تأمین فروشگاه‌های اینترنتی، ارسال مراسلات و نشریات، تأخیر می‌تواند موجب هزینه‌های بسیار زیاد شود. در این زنجیره‌های تأمین حوادث و عوامل خارجی متعددی می‌تواند موجب تأخیر شود. مثلاً بارش چندروزه باران و یا برف برای بسیاری از زنجیره‌های تأمین کاملاً طبیعی است و در نظر گرفته نمی‌شود؛ اما در این زنجیره‌ها به‌عنوان اختلال در نظر گرفته می‌شود؛ به همین دلیل این زنجیره‌ها تمایل دارند به‌ازای پرداخت هزینه‌ای متناسب با شرایط دچار تأخیر در عملکردشان نشوند.

www.SID.ir

Archive of SID

با توجه به شرایط بیان‌شده در مورد این زنجیره‌های تأمین، باید به این سؤال‌ها پاسخ داد که روش‌های مقابله با اختلالات چگونه باید باشند و عملکردشان چگونه است؟هزینه زنجیره با افزایش تقاضا با توجه به شرایط اختلال و روش‌های مقابله با آن چگونه تغییر می‌کند؟ هزینه‌های زنجیره در شرایط اختلال با توجه به انتخاب راهکار مقابله چه تغییراتی دارد؟

این پژوهش به دنبال طراحی شبکه برای زنجیره‌های تأمینی است که زمان، ارزش ویژه‌ای برای آن‌ها دارد. در این زنجیره‌ها عموماً انبار وجود ندارد و محصولات بر اساس سفارش مشتری تهیه و تحویل می‌شوند. بنا بر شرایط خاص این زنجیره‌ها، برای نخستین بار سه راهکار مقابله با اختلال در این پژوهش ارائه می‌شود؛ همچنین با توجه به اهمیت رضایت مشتری مقداری به‌عنوان حداقل ارسال به مشتری در نظر گرفته شده است.

در ادامه در بخش دوم، مبانی نظری و پیشینه پژوهش بررسی می‌شود. در بخش سوم روش شناسی پژوهش ارائه می‌شود که در آن اجزای مدل و مدل ریاضی پیشنهادی برای مسئله موردنظر که یک مدل ریاضی از نوع برنامه‌ریزی خطی مختلط عدد صحیح است، معرفی می‌شوند. بخش چهارم تحلیل داده‌ها و یافته‌های پژوهش در قالب یک مطالعه موردی تشریح شده و در بخش ششم نیز نتیجه‌گیری و پیشنهادها برای پژوهش‌های آتی ارائه خواهد شد.

۲. مبانی نظری و پیشینه پژوهش

به‌طور عمومی ریسک‌های زنجیره تأمین به دو دسته تقسیم می‌شوند: ریسک‌های درونی که از شبکه زنجیره تأمین ناشی می‌شوند و ریسک‌های خارجی که به شبکه زنجیره تأمین وارد می‌شوند. ریسک‌های درونی شامل ریسک تأمین، ریسک تقاضا، ریسک اعتبار تجاری و غیره هستند. ریسک‌های خارجی مانند تروریسم بین‌المللی، اختلالات طبیعی مانند تحریم و اختلالات بلایای طبیعی مانند طوفان، زلزله و غیره از تعاملات بین شبکه زنجیره تأمین و محیط اطراف ناشی می‌شوند. از جمله ریسک‌های مهم پیش روی زنجیره‌های تأمین، «گروه ریسک‌های اختلال در زنجیره تأمین» هستند که به قطع جریان مواد در زنجیره و چه‌بسا به ناتوانای در ارائه محصول نهایی زنجیره منجر می‌شوند [۱۴].

ازآنجاکه ریسک اختلال زیرمجموعه‌ای از مدیریت ریسک زنجیره تأمین است، می‌توان تعریف آن را برای ریسک اختلال به‌کار برد. مدیریت ریسک زنجیره تأمین رویکرد مرحله‌ای سیستماتیک برای شناسایی، ارزیابی، تعیین اولویت، کاهش و نظارت بر اختلالات بالقوه در زنجیره تأمین است تا تأثیر منفی این اختلالات را در عملیات زنجیره تأمین کاهش دهد [۲، ۱۲]. فعالیت‌ها در زنجیره تأمین به عدم‌قطعیت‌های مختلفی مانند اختلال در تأمین، تولید، حمل‌ونقل و تأخیر در ارسال و نوسانات تقاضای مشتریان حساس هستند. اختلالات می‌توانند جریان کلی ارسال (عرضه) در زنجیره تأمین را مختل و متوقف کنند و در صورت وجود جریان نیز میزان

www.SID.ir

Archive of SID

تأخیرات بسیار وسیع و گسترده خواهد بود. در مبانی نظری موضوع در شرایطی که اختلال موجب توقف کامل جریان عرضه شود به آن «اختلال کامل» و اگر درصدی از عرضه جریان داشته باشد به آن «اختلال ناقص» می‌گویند [۳۳، ۳۲].

اخیراً مطالعات زیادی در حوزه اختلالات صورت گرفته است و اختلالاتی مانند زلزله سیچوان، نشت هسته‌ای فوکوشیما و طوفان شن مواردی بوده‌اند که بررسی شده‌اند [۵، ۶]. در مطالعه‌ای در سال ۲۰۱۶، خسارت ناشی از اختلالات سیل در چنای (هند) بر زنجیره تأمین جهانی حدود ۲.۲ میلیارد دلار اعلام شد. این مطالعات نشان‌دهنده اهمیت درنظرگرفتن ریسک اختلال در مدل‌سازی و مسائل زنجیره تأمین است [۳۷].

طراحی پایا (قابل‌اطمینان) شبکه زنجیره تأمین برای مواجهه با عدم‌قطعیت ناشی از وقوع اختلال به‌کار می‌رود و هدف آن توسعه مدل‌هایی است که هم در شرایط نرمال (عدم‌وقوع اختلال) و هم در شرایط وقوع اختلال و درنتیجه شکست و ازکارافتادن برخی از تسهیلات، عملکردی قابل‌قبول و کارا داشته باشند. به‌عنوان پژوهش پیشگام در این زمینه می‌توان به مطالعه درزنر (۱۹۸۷) اشاره کرد [۹]. اشنایدر (۲۰۰۵)، نخستین بار موضوع شکست و ازکارافتادگی تسهیلات را در بحث مکان‌یابی و تخصیص تسهیلات به‌طور مستقیم موردمطالعه قرار داد [۴۹]. پنگ و همکاران (۲۰۱۱)، طراحی شبکه زنجیره تأمین قابل‌اطمینان را بررسی کردند که در شرایط اختلال نیز مانند حالت نرمال عمل کند [۳۶]. آزاد و داوودپور (۲۰۱۳) به بررسی یک مسئله مکان‌یابی مسیریابی با درنظرگرفتن ریسک پرداختند و برای نخستین بار از یک معیار ارزش درمعرض‌خطر شرطی برای کنترل ریسک در شبکه زنجیره تأمین استفاده کردند [۳].

اشمیت و همکاران (۲۰۱۵)، یک سیستم بهینه چندمکانی که در آن احتمال اختلال در عرضه وجود دارد را موردبررسی قرار داده‌اند. در پژوهش آن‌ها هزینه‌های موردانتظار و واریانس هزینه سیستم در هر دو حالت تمرکز و عدم‌تمرکز موجودی، بررسی شد [۴۹].

جبارزاده و آزاد (۲۰۱۲)، مسئله طراحی شبکه زنجیره تأمین با ریسک اختلال در تسهیلات را موردمطالعه قرار دادند [۲۲]. در این مطالعه، مسئله به‌صورت برنامه‌ریزی غیرخطی عدد صحیح فرموله شده که در آن مدل به‌صورت هم‌زمان تعداد و مکان تسهیلات زیرمجموعه مشتریان برای خدمت‌دهی، تخصیص مشتریان به تسهیلات و مقدار کالا در چرخه سفارش محصولات را مشخص می‌کند. بنایچا و همکاران (۲۰۱۳)، دو رویکرد انعطاف‌پذیر برای مقابله با اختلال پیشنهاد کرده‌اند: رویکرد زنجیره‌ای و رویکرد استفاده از تسهیل با ظرفیت نامحدود. در رویکرد زنجیره‌ای فرض می‌شود هر یک از تسهیلات تنها تقاضای دو محصول را برای مشتریان پاسخگو هستند. تسهیل با ظرفیت نامحدود دارای انعطاف‌پذیری بوده و قادر به تولید همه محصولات با مقدار بی‌نهایت است [۴].

www.SID.ir

Archive of SID

یحیایی و بزرگی امیری (۲۰۱۸)، مسئله طراحی شبکه لجستیک امداد تحت شرایط عدم‌قطعیت را با درنظرگرفتن اختلال در تسهیلات بررسی کردند [۴۹]. آن‌ها یک مدل برنامه‌ریزی خطی عدد صحیح مختلط ارائه دادند که در آن اختلال در مراکز توزیع در نظر گرفته شد که به‌وسیله طرح پشتیبانی موردحمایت قرار می‌گیرند. کمال احمدی و ملت‌پرست (۲۰۱۷)، اثربخشی ترکیب سه نوع شیوه‌های انبساط (موجودی پیش‌خرید، تأمین‌کننده پشتیبان و تأمین‌کنندگان محافظت‌شده) را در زنجیره تأمین یک شرکت که با دو نوع خطر (ریسک عرضه و ریسک زیست‌محیطی) مواجه است، بررسی کردند [۲۵].

طراحی شبکه‌های حمل‌ونقل هاب یک مسئله برنامه‌ریزی استراتژیک است که توسط رستمی و همکاران (۲۰۱۸) موردمطالعه قرار گرفت [۴۹]. آن‌ها یک مسئله دوسطحی تخصیص–مکان‌یابی هاب را فرموله کردند که شامل تخصیص مجدد منابع به هاب پشتیبان در صورت وقوع اختلال می‌شود. جبارزاده و همکاران (۲۰۱۸)، یک مدل بهینه‌سازی تصادفی استوار برای طراحی شبکه زنجیره تأمین حلقه‌بسته ارائه دادند. که به‌صورت انعطاف پذیر (ارتجاعی) در برابر اختلالات عمل می‌کند. مدل پیشنهادی می‌تواند از انتقال عرضی به‌عنوان استراتژی واکنشی برای برخورد با ریسک عملیاتی و اختلال استفاده کند [۲۱].

در سال‌های اخیر مطالعات جامعی با عنوان مقالات مروری صورت گرفته است که می‌توان به مقاله‌های ملو و همکاران(۲۰۰۹)، زنجیرانی فراهانی و همکاران(۲۰۱۴) و گووینداں و همکاران(۲۰۱۷)، اشاره کرد [۲۹، ۱۶، ۱۸]. این مطالعات دسته‌بندی جامعی از ویژگی‌ها و عوامل مؤثر در مدل‌های طراحی شبکه زنجیره تأمین ارائه داده‌اند. بر همین اساس مقاله‌ها در هشت ویژگی و شاخص مورد مطالعه قرار گرفتند که در جداول ۱و ۲ به صورت خلاصه نمایش داده شدند.

جدول ۱. خلاصه پژوهش‌های مرورشده بخش اول

پژوهش	سطوح برنامه‌ریزی			تعداد لایه			تعداد دوره‌ها		تعداد محصولات	
	استراتژیک	تاکتیکال	عملیاتی	یک‌لایه	دولایه	چندلایه	تک دوره	چنددوره	تک‌محصول	چندمحصول
[۲۳]	*	*				*		*	*	
[۲۴]		*				*	*		*	
[۷]	*	*			*		*			*
[۱۸]	*	*				*		*		*
[۳۵]	*	*			*			*		*
[۱۹]	*	*				*	*		*	
[۲۹]	*	*	*		*		*		*	

www.SID.ir

Archive of SID

[۳۰]	*	*	*		*		*		*
[۱]	*	*		*			*	*	
[۴۹]	*			*			*	*	
[۴۸]	*	*		*			*	*	
[۴۹]	*		*	*					*
[۱۷]	*	*		*			*	*	
[۲۶]	*	*		*			*		*
[۱۰]	*	*		*			*	*	
پژوهش حاضر	*			*	*				*

جدول ۲. خلاصه پژوهش‌های مرورشده بخش دوم

		عمر محصول		نوع حل				
پژوهش	اختلال	بادوام	غیر از آن	دقیق	ابتکاری	فرا ابتکاری	حل تجاری	مدل ریاضی
[۲۳]			*				LINGO	MINLP
[۲۴]			*			*		MOMILP
[۷]			*			*		MINLP
[۱۸]			*				LINGO	
[۳۵]		*				*		MINLP
[۱۹]	*	*					CPLEX	MILP
[۲۹]			*				LINGO	MOLP
[۳۰]			*			*		FMOPM
[۱]			*				CPLEX	MILP
[۴۹]			*				CPLEX	MILP
[۴۸]		*			*			MINLP
[۴۹]	*	*					GAMS	MILP
[۱۷]	*	*				*		MINLP
[۲۶]		*		*				MILP
[۱۰]		*					CPLEX	MILP
پژوهش حاضر	*		*				CPLEX	MILP

www.SID.ir

Archive of SID

همان‌طور که مشاهده می‌شود، در میان پژوهش‌های صورت‌گرفته در حوزه طراحی شبکه زنجیره تأمین و مکان‌یابی – تخصیص تسهیلات، پژوهشی که تمامی شرایط زنجیره تأمین موردبررسی این پژوهش را داشته باشد، کمتر موردمطالعه قرار گرفته است و همچنین با وجود کارایی بالای روش‌های مختلف مقابله با اختلالات ارائه‌شده در این پژوهش‌ها، مطالعات معدودی چند روش هم‌زمان و انتخاب شیوه مقابله با اختلال را در نظر گرفته‌اند؛ درنتیجه در این پژوهش برای مقابله با اختلال از سیاست استحکام‌سازی از طریق تسهیل پشتیبان و تأسیس تسهیل جدید استفاده شده است. به این منظور سه راهکار در نظر گرفته شده است:

۱- تأسیس تسهیل جدید قابل‌اطمینان و کاهش ریسک تقاضا برای تسهیلات موجود درنتیجه افزایش قابلیت اطمینان سیستم؛

۲- استفاده از قراردادهای (برون‌سپاری) دو یا چندجانبه به‌منظور خدمات‌رسانی در شرایط اختلال (مانند آنچه به‌عنوان بیمه تلقی می‌شود). در این روش قراردادی بر مبنای حجم ارسال و قیمت آن تنظیم می‌شود که البته در صورت افزایش تقاضا بیش از میزان مقررشده در قرارداد هزینه دیگری مازاد بر هزینه تعیین‌شده پرداخت می‌شود. نکته مهم این روش پرداخت مبلغی از قرارداد در ابتدای قرارداد است که چه اختلالی رخ دهد و چه ندهد شرکت طرف قرارداد این هزینه را اخذ خواهد کرد؛

۳- استفاده از بازار لحظه‌ای (نقطه‌ای) خرید خدمات به‌منظور جبران اختلال به‌وجودآمده در هر یک از تسهیلات (به مثال‌های بخش مطالعه موردی مراجعه شود).

این سه راهکار بیشتر در صنعت (توزیع) برق مورداستفاده قرار گرفته است که با توجه به نزدیکی ماهیت برق با محصولات موردنظر این پژوهش (ازلحاظ طول عمر و زوال‌پذیربودن) می‌توان این راهکارها را به‌کار برد[۲۷]. اهداف این پژوهش شامل کمینه‌کردن هزینه‌های زنجیره در شرایط اختلال و درنظرگرفتن حداقل میزان دریافت محصولات توسط مشتریان خواهد بود که به‌عنوان رضایت مشتری در نظر گرفته شده است.

۳. روش شناسی پژوهش

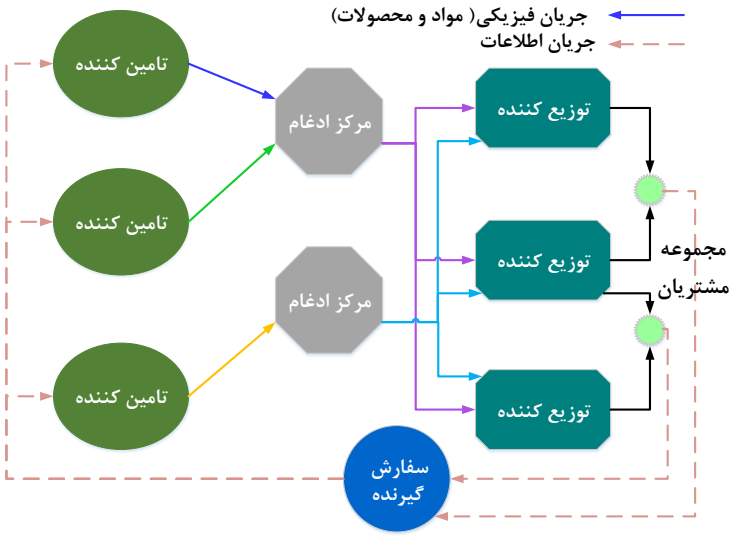
بیان مسئله. امروزه اهداف و انتظارات متفاوت مشتریان موجب طراحی متفاوت زنجیره تأمین می‌شود. یکی از زنجیره تأمین‌های درحال‌رشد، زنجیره تهیه سفارش‌ها است. مثال‌های متفاوتی از این زنجیره‌ها وجود دارد: بیشتر فروشگاه‌های اینترنتی، شرکت‌های ارسال مراسلات و شرکت‌های انجام امور اداری.

این زنجیره تأمین شامل ۴ سطح است (شکل ۱): ۱. تأمین‌کنندگان که هر یک مسئول تأمین محصولی منحصربه‌فرد هستند؛ ۲. ادغام‌کنندگان که اطلاعات سفارش‌ها را از مشتریان دریافت و بر اساس سفارش‌ها، محصولات موردنظر را آماده ارسال می‌کنند؛ ۳. توزیع‌کنندگان که

www.SID.ir

Archive of SID

بسته‌های آماده‌شده را از ادغام‌کنندگان تحویل می‌گیرند و توزیع می‌کنند؛ ۴. مشتریان که سفارش‌دهنده و تحویل‌گیرندگان نهایی هستند. هر تأمین‌کننده به یک ادغام‌کننده و هر ادغام‌کننده به یک توزیع‌کننده مشخص تخصیص داده شده است و با هم در ارتباط هستند (ادغام‌کنندگان ممکن است با چند تأمین‌کننده در ارتباط باشند؛ اما هر تأمین‌کننده فقط با یک ادغام‌کننده در ارتباط خواهد بود). مسیرهای ارتباطی متفاوتی برای ارتباط تسهیلات با یکدیگر وجود دارد که در هر دوره یکی از آن‌ها انتخاب می‌شود. نحوه جریان در زنجیره تأمین بدین‌صورت است که پس از ثبت سفارش‌ها توسط مشتری، اطلاعات سفارش بر اساس محصولات موردتقاضا به تأمین‌کنندگان ارسال می‌شود و تأمین‌کنندگان سفارش مشتریان را به ادغام‌کننده ارسال و هر ادغام‌کننده نسبت به بسته‌بندی و ارسال به توزیع‌کننده اقدام می‌کند؛ سپس توزیع‌کننده بسته آماده‌شده را به مشتریان تحویل می‌دهد.



شکل ۱. نقشه مفهومی شبکه زنجیره تأمین در شرایط کنونی

علت چنین تخصیص و نحوه فعالیتی ناهماهنگی در هر رده است؛ یعنی مثلاً تأمین‌کنندگان هیچ ارتباطی با یکدیگر ندارند و مستقلاً فعالیت می‌کنند که این موضوع سبب می‌شود ادغام‌کننده بدون توجه به سایر سفارش‌های یک مشتری، به‌دنبال ارسال به‌موقع هر محصول به‌صورت مجزا باشد. در چنین شرایطی ممکن است دو محصول از یک مشتری توسط دو ادغام‌کننده و در یک روز به مشتری تحویل داده شود و یا حتی به‌دلیل حجم بالای محصولات درون انبار یک ادغام‌کننده، علی‌رغم وجود هر دو محصول درخواستی مشتری در یک انبار، محصولات به‌صورت مجزا ارسال شوند.

www.SID.ir

Archive of SID

این پژوهش، در گام نخست به‌دنبال بازطراحی شبکه زنجیره تأمین است؛ بدین معنا که با داشتن تسهیلات فعلی و بودجه موجود برای تأسیس تسهیلات جدید، تخصیصی بهینه ارائه شود که هزینه‌های زنجیره تأمین را کمینه کند و همچنین مقدار ارسال از حداقل مقداری که موجب رضایت مشتری می‌شود، بیشتر باشد. بدین منظور، هر یک از مشتریان به یک ادغام‌کننده تخصیص خواهند یافت. این نوع تخصیص باعث می‌شود که اطلاعات تمامی محصولات سفارش‌داده‌شده توسط یک مشتری، نزد یک ادغام‌کننده باشد و تصمیم‌گیری نسبت به ادغام و نحوه ارسال تسهیل شود. همان‌طور که در بخش نخست اشاره شد. فعالیت زنجیره تأمین باید رضایت مشتری را در پی داشته باشد؛ به همین دلیل زنجیره‌های تأمین همواره میزان رضایت مشتریان خود را می‌سنجند [۴۴].در زنجیره‌های تأمین موضوع پژوهش حاضر تعداد ارسال‌های به‌موقع، معیار اصلی برای رضایت مشتریان است؛ ازاین‌رو سنجش رضایت مشتری در این پژوهش، حداقل مقدار قابل‌قبول برای رضایت مشتری از طریق نظرسنجی از مشتریان که توسط خبرگان تعدیل شده است، به‌دست می‌آید و به‌عنوان پارامتر در محدودیت‌های مدل در نظر گرفته می‌شود. این موضوع بدین معنا است که بهینه‌سازی مسئله در شرایط تحقق رضایت اتفاق می‌افتد. در گام دوم راه‌های مقابله با اختلالات که در بخش قبل تشریح شد، وارد مدل شده و نحوه رفتار مدل در شرایط اختلال موردبررسی قرار می‌گیرد. اختلالات در این مسئله برای ظرفیت تسهیلات از نوع ناقص و برای مسیرهای ارتباطی از نوع کامل است. باید توجه داشت که با توجه به زمان‌بربودن تأسیس و یا آماده‌سازی تسهیلات کاندید و همچنین طرح توسعه زنجیره، این راه برای مقابله با اختلالات به‌صورت موازی با دو راهکار دیگر در نظر گرفته شده است؛ به‌بیان‌دیگر از بین قرارداد پشتیبانی و خرید خدمت از بازار لحظه‌ای یکی باید انتخاب شود؛ اما می‌توان در کنار یکی از این دو راهکار تأسیس تسهیلات جدید را نیز در نظر گرفت.

مدل‌سازی. در ادامه ابتدا مفروضات مسئله ارائه می‌شود و پس از معرفی علائم و اختصارات به‌کاررفته در مدل، تابع هدف و محدودیت‌های مدل عددصحیح مختلط خطی ارائه خواهد شد.

مفروضات

۱- هر مشتری به یک ادغام‌کننده تخصیص می‌یابد تا تمامی اطلاعات مشتری نزد یک ادغام کننده باشد [۴۷].

۲- با توجه به عمر محصولات هیچ مقدار موجودی و انباری در مدل وجود ندارد [۴۷].

۳- با توجه به متفاوت بودن قیمت در بازار لحظه‌ای که وابسته به مقدار تقاضا است. در مدل تقاضا از بازار لحظه‌ای در سه حالت با احتمال متفاوت در نظر گرفته‌شده است[۴۳].

www.SID.ir

Archive of SID

۴- بیشتر اختلالات در این زنجیره تأمین اثرشان بیش از یک دوره باقی نمی‌ماند؛ به همین دلیل اختلال در صورت وقوع فقط یک دوره را تحت تأثیر قرار می‌دهد [۱۲].
۵- ادغام کننده بر اساس دوره زمانی انتشار، نسبت به ارسال و یا تجمیع محصولات سفارش‌داده‌شده توسط مشتری، تصمیم‌گیری می‌کند [۱۶، ۳۸].
۶- هزینه ظرفیت خالی تسهیلات به‌عنوان یکی از اجزای تابع هدف در نظر گرفته می‌شود [۳۲].
۷- درصورتی‌که مقدار تقاضا از ظرفیت تسهیلات بیشتر باشد، مدل با کمبود مواجه خواهد شد و هزینه آن در نظر گرفته می‌شود [۲۲].

اندیس‌ها و مجموعه‌ها

$s = \{1,2,\dots,s\}$: اندیس مربوط به تأمین‌کنندگان؛
$o = \{1,2,\dots,o\}$: اندیس مربوط به ادغام کنندگان؛
$d = \{1,2,\dots,d\}$: اندیس مربوط به توزیع‌کنندگان؛
$c = \{1,2,\dots,c\}$: اندیس مربوط به مشتریان؛
$t = \{1,2,\dots,t\}$: اندیس مربوط به دوره‌ها؛
$ko = \{1,2,\dots,Ko\}$: اندیس مربوط به ادغام‌کننده‌های کاندید؛
$kd = \{1,2,\dots,kd\}$: اندیس مربوط به توزیع‌کننده‌های کاندید؛
$ms = \{1,2,\dots,ms\}$: اندیس مربوط به مسیرهای ارتباطی بین تأمین‌کننده و ادغام‌کننده؛
$mo = \{1,2,\dots,mo\}$: اندیس مربوط به مسیرهای ارتباطی بین ادغام‌کننده و توزیع‌کننده؛
$v = \{1,2,\dots,v\}$: اندیس مربوط به سناریوها

پارامترها

$cshs_{soms}$: هزینه حمل‌ونقل از تأمین‌کننده s به ادغام‌کننده o از مسیر ms؛
$cshsk_{skoms}$: هزینه حمل‌ونقل از تأمین‌کننده s به ادغام‌کننده کاندید ko از مسیر ms؛
$csho_{odmo}$: هزینه حمل‌ونقل از ادغام کننده o به توزیع‌کننده d از مسیر mo؛
$cshok_{okdmo}$: هزینه حمل‌ونقل از ادغام‌کننده o به توزیع‌کننده کاندید kd از مسیر mo؛
$cshkd_{kodmo}$: هزینه حمل‌ونقل از ادغام کننده کاندیدko به توزیع‌کننده d از مسیر mo؛
$cshkk_{kokdmo}$: هزینه حمل‌ونقل از ادغام کننده کاندید ko به توزیع‌کننده کاندید kd از مسیر mo؛

www.SID.ir

Archive of SID

$cshd_{dc}$: هزینه حمل‌ونقل از توزیع‌کننده d به مشتری c؛
$cshkc_{kdc}$: هزینه حمل‌ونقل از توزیع‌کننده کاندید kd به مشتری c؛
csp_s : هزینه تولید هر واحد از محصول s؛
$cshbnd_d$: هزینه ظرفیت خالی توزیع‌کننده d؛
$cshbnkd_{kd}$: هزینه ظرفیت خالی توزیع‌کننده کاندید kd؛
$cshbo_o$: هزینه ظرفیت خالی حمل‌ونقل از ادغام‌کننده؛
$cshbo_{ko}$:هزینه ظرفیت خالی حمل‌ونقل از ادغام‌کننده کاندید ko؛
bb: ضریب جریمه کمبود؛
fo_{ko} : میزان سرمایه موردنیاز برای تأسیس ادغام کننده کاندید ko؛
fd_{kd} : میزان سرمایه موردنیاز برای تأسیس توزیع‌کننده کاندید kd؛
m: عدد بزرگ؛
$capo_o$: ظرفیت ادغام‌کننده o؛
$capko_{ko}$: ظرفیت ادغام کننده کاندید ko؛
$capd_d$: ظرفیت توزیع‌کننده d؛
$capkd_{kd}$: ظرفیت توزیع‌کننده کاندید kd؛
de_{stc} : میزان تقاضا مشتری c در دوره t از محصول s؛
bud : کل بودجه دردسترس؛
rec: حداقل میزان ارسال که موجب رضایت مشتری می‌شود.

پارامترهای اختلال

π_v : احتمال وقوع سناریوی v؛
QO_o Qd_d : مقدار توافقی در قرارداد پشتیبانی تسهیلات؛
$ordo_c$ $ordd_d$: هزینه واحد پیش‌پرداخت در قرارداد پشتیبانی از تسهیلات؛
eo ed : هزینه واحد فعالیت تسهیل پشتیبان در قرارداد پشتیبانی از تسهیلات؛
eo^+ ed^+ : هزینه واحد مقدار ارسالی مازاد بر توافق در قرارداد پشتیبانی تسهیلات؛
go^+, go, go^- و gd^+, gd, gd^-: شرایط احتمالی سه‌گانه، پر تقاضا، معمول و کم تقاضا، در زمان استفاده از بازار لحظه‌ای به‌عنوان پشتیبان تسهیلات (به ترتیب برای توزیع‌کننده کاندید و برای ادغام‌کننده کاندید)؛
eds^+, eds, eds^- و eos^+, eos, eos^-: قیمت در شرایط سه‌گانه برای استفاده از بازار لحظه‌ای به‌عنوان پشتیبان تسهیلات (به‌ترتیب برای ادغام کننده کاندید و برای توزیع کننده کاندید)؛

www.SID.ir

Archive of SID

$disd_{dtv}$ و $diso_{otv}$: به‌ترتیب درصد اختلال در توزیع کننده d و ادغام‌کننده o در دوره t تحت سناریو v؛

$dismkokd_{kokdmotv}$، $dismok_{okdmotv}$، $dismsk_{skomstv}$، $disms_{somstv}$

$dismko_{kodmotv}$ و $dismo_{odmotv}$: اختلال در مسیرهای ارتباطی بین تسهیلات در دوره t تحت سناریو v؛

متغیرهای تصمیم

$xs_{somstcv}$: مقدار ارسالی از تأمین‌کننده s به ادغام‌کننده o از مسیر ms در دوره t برای مشتری c تحت سناریو v؛

$xsk_{skomstcv}$: مقدار ارسالی از تأمین‌کننده s به ادغام‌کننده کاندید ko از مسیر ms در دوره t برای مشتری c تحت سناریو v؛

$xo_{odmotcv}$: مقدار ارسالی از ادغام‌کننده o به توزیع‌کننده d از مسیر mo در دوره t برای مشتری c تحت سناریو v؛

$xok_{okdmotcv}$: مقدار ارسالی از ادغام‌کننده o به توزیع‌کننده کاندید kd از مسیر mo در دوره t برای مشتری c تحت سناریو v؛

$xkd_{kodmotcv}$: مقدار ارسالی از ادغام‌کننده کاندید ko به توزیع‌کننده d از مسیر mo در دوره t برای مشتری c تحت سناریو v؛

$xkk_{kokdmotcv}$: مقدار ارسالی از ادغام کننده کاندید ko به توزیع‌کننده کاندید kd از مسیرmo در دوره t برای مشتری c تحت سناریو v؛

xd_{dtcv}: مقدار ارسالی از توزیع‌کننده d به مشتری c در دوره t تحت سناریو v؛

xkc_{kdtcv}: مقدار ارسالی از توزیع‌کننده کاندید kd به مشتری c در دوره t تحت سناریو v؛

xb_{stcv}: مقدار کمبود محصول s برای مشتری c در دوره t تحت سناریو v؛

xbo_{otv}: مقدار ظرفیت خالی حمل‌ونقل از ادغام‌کننده o در دوره t تحت سناریو v؛

xbd_{dtv}: مقدار ظرفیت خالی حمل‌ونقل از توزیع‌کننده d در دوره t تحت سناریو v؛

$xbko_{kotv}$: مقدار ظرفیت خالی حمل‌ونقل از ادغام‌کننده کاندید ko در دوره t تحت سناریو v؛

$xbkd_{kdtv}$: مقدار ظرفیت خالی حمل‌ونقل از توزیع‌کننده کاندید kd در دوره t تحت سناریو v؛

$a1_{oc}$ و $a2_{koc}$: متغیرهای تخصیص، درصورتی‌که ادغام‌کننده (کاندید) o (ko) به مشتری c تخصیص یابد مقدار یک، در غیر این صورت صفر؛

z_{ko}: درصورتی‌که ادغام‌کننده کاندید ko باز شود، مقدار یک و در غیر این صورت صفر؛

www.SID.ir

Archive of SID

zz_{kd}: درصورتی‌که کاندید توزیع‌کننده kd باز شود، مقدار یک و در غیر این صورت صفر؛

متغیرهای تصمیم راهکارهای مقابله با اختلال

$xocc_{odtcv}$: مقدار ارسالی از ادغام کننده پشتیبان از طریق قرارداد به توزیع‌کننده در دوره t برای مشتری c تحت سناریوی v؛

$xdcs_{dtcv}$: مقدار ارسالی از توزیع‌کننده پشتیبان از طریق بازار به مشتری c در دوره t تحت سناریوی v؛

$xocs_{odtcv}$: مقدار ارسالی از ادغام‌کننده پشتیبان از طریق بازار به توزیع‌کننده در دوره t برای مشتری c تحت سناریوی v؛

$xokcc_{okdtcv}$: مقدار ارسالی از ادغام‌کننده پشتیبان از طریق قرارداد به توزیع‌کننده کاندید در دوره t برای مشتری c تحت سناریوی v؛

$xdcc_{dtcv}$: مقدار ارسالی از توزیع‌کننده پشتیبان از طریق قرارداد به مشتری c در دوره t تحت سناریوی v؛

$xokcs_{okdtcv}$: مقدار ارسالی از ادغام کننده پشتیبان از طریق بازار به توزیع‌کننده در دوره t برای مشتری c تحت سناریوی v؛

$zocc_{ot}$ و $zdcc_{dt}$: در صورت استفاده از تسهیل پشتیبان از طریق قرارداد مقدار یک و در غیر این صورت مقدار صفر؛

$zocs_{ot}$ و $zdcs_{dt}$: در صورت استفاده از تسهیل پشتیبان از طریق بازار لحظه‌ای مقدار یک و در غیر این صورت مقدار صفر؛

ooc_{ov} و ddc_{dv}: هزینه مازاد به‌دلیل تقاضا بیش از قرارداد از تسهیل پشتیبان.

متغیرهای کمکی

$qdc(d,t)$ $qoc(o,t)$ $zdc(d,t)$ $zoc(o,t)$

مدل ریاضی. با توجه به تعریف مسئله و اهدافی که این پژوهش دنبال می‌کند، یک مدل ریاضی از نوع برنامه‌ریزی خطی مختلط عدد صحیح (MILP) ارائه می‌شود.

$$\min ZT = \sum_{v} \pi_v \times \Big(\sum_{c}\sum_{t}\sum_{ms}\sum_{o}\sum_{s} cshs_{soms} * xs_{somstcv} \qquad (۱)$$

$$+ \sum_{c}\sum_{t}\sum_{ms}\sum_{ko}\sum_{s} cshsk_{skoms} * xsk_{skomstcv} \qquad (۲)$$

www.SID.ir

Archive of SID

$$+\sum_{c}\sum_{t}\sum_{mo}\sum_{d}\sum_{o} csho_{odmo} * xo_{odmotcv} \quad (۳)$$

$$+\sum_{c}\sum_{t}\sum_{mo}\sum_{kd}\sum_{o} cshok_{okdmo} * xok_{okdmotcv} \quad (۴)$$

$$+\sum_{c}\sum_{t}\sum_{mo}\sum_{d}\sum_{ko} cshkd_{kodmo} * xkd_{kodmotcv} \quad (۵)$$

$$+\sum_{c}\sum_{t}\sum_{mo}\sum_{kd}\sum_{ko} cshkk_{kokdmo} * xkk_{kokdmotcv} \quad (۶)$$

$$+\sum_{c}\sum_{t}\sum_{d} cshd_{dc} * xd_{dtcv} + \sum_{c}\sum_{t}\sum_{kd} cshkc_{kdc} * xkc_{kdtcv} \quad (۷)$$

$$+\sum_{c}\sum_{t}\sum_{ms}\sum_{o}\sum_{s} csp_{s} * xs_{somstcv} + \sum_{c}\sum_{t}\sum_{ms}\sum_{ko}\sum_{s} csp_{s} * xsk_{skomstcv} \quad (۸)$$

$$+\sum_{c}\sum_{t}\sum_{s} csp_{s} * xb_{stcv} * bb \quad (۹)$$

$$+\sum_{o}\sum_{t} xbo_{otv} * cshbo_{o} + \sum_{d}\sum_{t} xbd_{dtv} * cshbnd_{d} \quad (۱۰)$$

$$+\sum_{ko}\sum_{t} xbko_{kotv} * cshbko_{ko} + \sum_{kd}\sum_{t} xbkd_{kdtv} * cshbnkd_{kd} \quad (۱۱)$$

$$+\sum_{ko} fo_{ko} \times z_{ko} + \sum_{kd} fd_{kd} \times zz_{kd} + \sum_{d} ddc_{dv} + \sum_{o} ooc_{ov} \quad (۱۲)$$

$$+\sum_{c}\sum_{t}\sum_{o}\sum_{d} xocc_{odtcv} * eo_{o} + \sum_{c}\sum_{t}\sum_{o}\sum_{kd} xokcc_{okdtcv} * eo_{o} \quad (۱۳)$$

$$+\sum_{c}\sum_{t}\sum_{o}\sum_{d} (xocs_{odtcv} * [(go^{+} * eos^{+}) + (eos * go) + (eos^{-} * go^{-})]) \quad (۱۴)$$

$$+\sum_{c}\sum_{t}\sum_{d} [(gd^{+} * eds^{+}) + (eds * gd) + (eds^{-} * gd^{-})] * xdcs_{dtcv} \quad (۱۵)$$

$$+\sum_{c}\sum_{t}\sum_{d} ed_{d} * xdcc_{dtcv} + \sum_{o} ordo_{o} * QO_{o} + \sum_{d} ordd_{d} * Qd_{d} \quad (۱۶)$$

s.t:

$$ooc_{ov} = \begin{cases} 0, & \sum_{t}\sum_{c}\sum_{d} xocc_{odtcv} + \sum_{t}\sum_{c}\sum_{kd} xokcc_{okdtcv} \le QO_{o} \\ \left(\sum_{t}\sum_{c}\sum_{d} xocc_{odtcv} + \sum_{t}\sum_{c}\sum_{kd} xokcc_{okdtcv} - QO_{o}\right) * eop_{o}, & \text{Otherwise} \end{cases} \quad \forall o, v \quad (۱۷)$$

$$ddc_{dv} = \begin{cases} 0, & \sum_{t}\sum_{c} xdcc_{dtcv} \le Qd_{d} \\ \left(\sum_{t}\sum_{c} xdcc_{dtcv} - Qd_{d}\right) * edp_{d}, & \text{Otherwise} \end{cases} \quad \forall d, v \quad (۱۸)$$

$$\sum_{ms}\sum_{s} xs_{somstcv} = \sum_{mo}\sum_{d} xo_{odmotcv} + \sum_{d} xocc_{odtcv} + \sum_{d} xocs_{odtcv} \quad (۱۹)$$

www.SID.ir

Archive of SID

$$+\sum_{kd} xok_{okdmotcv} + \sum_{kd} xokcc_{okdtcv} + \sum_{kd} xokcs_{okdtcv} \quad \forall o,t,c,v$$

$$\sum_{ms}\sum_{s} xsk_{skomstcv} = \sum_{mo}\sum_{d} xkd_{kodmotcv} + \sum_{mo}\sum_{kd} xkk_{kokdmotcv} \quad \forall ko,t,c,v \tag{۲۰}$$

$$xd_{dtcv} + xdcc_{dtcv} + xdcs_{dtcv} = \sum_{o} xocc_{odtcv} + \sum_{o} xocs_{odtcv} + \sum_{mo}\sum_{o} xo_{odmotcv} + \sum_{mo}\sum_{ko} xkd_{kodmotcv} \quad \forall d,t,c,v \tag{۲۱}$$

$$xkc_{kdtcv} = \sum_{mo}\sum_{o} xok_{okdmotcv} + \sum_{mo}\sum_{ko} xkk_{kokdmotcv} + \sum_{kd} xokcc_{okdtcv} + \sum_{kd} xokcs_{okdtcv} \quad \forall kd,t,c,v \tag{۲۲}$$

$$xs_{somstcv} \le m \times a1_{oc} \quad \forall s,o,ms,t,c,v \tag{۲۳}$$

$$xsk_{skomstcv} \le m \times a2_{koc} \quad \forall s,ko,ms,t,c,v \tag{۲۴}$$

$$\sum_{o} a1_{oc} \le 1 \quad \forall c \tag{۲۵}$$

$$\sum_{ko} a2_{koc} \le 1 \quad \forall c \tag{۲۶}$$

$$\sum_{o} a1_{oc} + \sum_{ko} a2_{koc} = 1 \quad \forall c \tag{۲۷}$$

$$\sum_{c}\sum_{mo}\sum_{d} xo_{odmotcv} + \sum_{c}\sum_{mo}\sum_{kd} xok_{okdmotcv} + xbo_{otv} = (capo_o \times (1 - diso_{otv})) \quad \forall o,t,v \tag{۲۸}$$

$$\sum_{c}\sum_{mo}\sum_{kd} xkk_{kokdmotcv} + \sum_{c}\sum_{mo}\sum_{d} xkd_{kodmotcv} + xbko_{kotv} = capko_{ko} \times z_{ko} \quad \forall ko,t,v \tag{۲۹}$$

$$\sum_{c} xd_{dtcv} + xbd_{dtv} = (capd_d \times (1 - disd_{dtv})) \quad \forall d,t,v \tag{۳۰}$$

$$\sum_{c} xkc_{kdtcv} + xbkd_{kdtv} = capkd_{kd} \times zz_{kd} \quad \forall kd,t,v \tag{۳۱}$$

$$de_{stc} = \sum_{ms}\sum_{o} xs_{somstcv} + \sum_{ms}\sum_{ko} xsk_{skomstcv} + xb_{stcv} \quad \forall s,t,c,v \tag{۳۲}$$

$$\sum_{ko} fo_{ko} \times z_{ko} + \sum_{kd} fd_{kd} \times zz_{kd} + \sum_{t}\sum_{o} zocc_{ot} * ordo_o * QO_o + \sum_{t}\sum_{d} zdcc_{dt} * ordd_d * Qd_d \le bud \tag{۳۳}$$

www.SID.ir

Archive of SID

$$xocc_{odtcv} + xokcc_{odtcv} \le zocc_{ot} * m \quad \forall o,d,t,c,v \tag{۳۴}$$

$$xocs_{odtcv} + xokcs_{odtcv} \le m * zocs_{ot} \quad \forall o,d,t,c,v \tag{۳۵}$$

$$xdcc_{dtcv} \le zdcc_{dt} * m \quad \forall d,t,c,v \tag{۳۶}$$

$$xdcs_{dtcv} \le zdcs_{dt} * m \quad \forall d,t,c,v \tag{۳۷}$$

$$zocc_{ot} + zocs_{ot} \le 1 \quad \forall o,t, \tag{۳۸}$$

$$zdcc_{dt} + zdcs_{dt} \le 1 \; \forall d,t, \tag{۳۹}$$

$$zocc_{ot} \le zoc_{ot} \tag{۴۰}$$

$$zdcc_{dt} \le zdc_{dt} \tag{۴۱}$$

$$zdc_{dt} = \begin{cases} 1, & (capd_d \times (1 - disd_{dtv})) - Qd_d \le 0 \\ 0, & (capd_d \times (1 - disd_{dtv})) - Qd_d > 0 \end{cases} \tag{۴۲}$$

$$zoc_{ot} = \begin{cases} 1, & (capo_o \times (1 - diso_{otv})) - QO_o \le 0 \\ 0, & (capo_o \times (1 - diso_{otv})) - QO_o > 0 \end{cases} \tag{۴۳}$$

$$\sum_v \sum_d xd_{dtcv} + \sum_v \sum_{kd} xkc_{kdtcv} \ge rec \times \sum_s de_{stc} \quad \forall t,c \tag{۴۴}$$

$$\sum_c xs_{somstcv} \le disms_{somstv} \times m \quad \forall s,o,ms,t,v \tag{۴۵}$$

$$\sum_c xsk_{skomstcv} \le dismsk_{skomstv} \times m \quad \forall s,ko,ms,t,v \tag{۴۶}$$

$$\sum_c xo_{odmotcv} \le dismo_{odmotv} \times m \quad \forall o,d,mo,t,v \tag{۴۷}$$

$$\sum_c xok_{okdmotcv} \le dismok_{okdmotv} \times m \quad \forall o,kd,mo,t,v \tag{۴۸}$$

$$\sum_c xkk_{kokdmotcv} \le dismkokd_{kokdmotv} \times m \quad \forall ko,kd,mo,t,v \tag{۴۹}$$

$$\sum_c xkd_{kodmotcv} \le dismko_{kodmotv} \times m \quad \forall ko,d,mo,t,v \tag{۵۰}$$

$$a1_{oc}, a2_{koc}, z_{ko}, zz_{kd}, zoc_{ot}, zdc_{dt}, zocc_{ot}, zocs_{ot}, zdcc_{dt}, zdcs_{dt} \in \{0,1\} \tag{۵۱}$$

$$xsk_{skomstcv}, xo_{odmotcv}, xbkd_{kdtv}, xok_{okdmotcv}, xkd_{kodmotcv}, xkk_{kokdmotcv}, xd_{dtcv}, xkc_{kdtcv}, xb_{stcv}, xbo_{otv}, xbd_{dtv}, xbko_{kotv}, xs_{somstcv} \ge 0 \tag{۵۲}$$

در این مدل سطرهای ۱ تا ۱۶، مربوط به تابع هدف هستند که سطرهای ۱ تا ۷ مربوط به هزینه‌های ارسال بین سطوح زنجیره تأمین است؛ البته باید در نظر داشت که سطرهای مربوط به تسهیلات کاندید زمانی فعال خواهند بود که تسهیلی تأسیس‌شده باشد. سطر ۸، هزینه تولید را نشان می‌دهد.

www.SID.ir

Archive of SID

سطر ۹، نشان‌دهنده هزینه کمبود است که برابر خواهد بود با مقدار کمبود در هزینه واحد تولید در ضریب جریمه که به‌دلیل متفاوت‌بودن هزینه تولید هر محصول ضریب جریمه مقدار ثابت در نظر گرفته شده است. سطرهای ۱۰ و ۱۱، هزینه‌های اضافه ظرفیت را نشان می‌دهند. با توجه به نحوه تخصیص و همچنین ظرفیت تسهیلات ممکن است در یکی از تسهیلات کمبود رخ دهد؛ اما در تسهیلی دیگر ظرفیت خالی وجود داشته باشد که این ظرفیت خالی نیز هزینه‌ای بر زنجیره تحمیل می‌کند که در این دو سطر دیده شده است.

سطر ۱۲، هزینه تأسیس تسهیلات کاندید به‌علاوه هزینه مازاد تقاضا از تسهیلات پشتیبان را نشان می‌دهد. سطر ۱۳، هزینه استفاده از تسهیلات پشتیبان طبق قرارداد دوجانبه و سطرهای ۱۴ و ۱۵ هزینه استفاده از تسهیلات پشتیبان طبق خرید از بازار لحظه‌ای را نشان می‌دهند. در سطر ۱۶، هزینه پیش‌پرداخت در حالت قرارداد دوجانبه و همچنین هزینه تسهیل پشتیبان توزیع‌کننده در حالت قرارداد دوجانبه ارائه شده است. سطرهای ۱۷ تا ۵۳، محدودیت‌های مدل را نشان می‌دهند که محدودیت‌های ۱۷ و ۱۸، نشان می‌دهند که اگر میزان تقاضا از تسهیلات پشتیبان در حالت قرارداد بیش از میزان توافق باشد باید هزینه متفاوتی پرداخت شود.

سطرهای ۱۹ تا ۲۲، مربوط به محدودیت‌های تعادلی مقدار ارسالی بین هر سطح هستند که تضمین می‌کنند مقدار ارسالی از یک سطح با مقدار دریافتی در سطح پایین‌تر با یکدیگر برابر خواهند بود. سطرهای ۲۳ تا ۲۷، محدودیت‌های تخصیص هستند که در آن هر مشتری به یکی از ادغام کننده‌ها تخصیص پیدا می‌کند. در این مدل مشتری صرفاً به یک ادغام‌کننده تخصیص می‌یابد و دیگر تسهیلات بنا به شرایط هزینه‌ای مسئله ممکن است با چند تسهیل در ارتباط باشند.

محدودیت‌های ۲۸ تا ۳۱، محدودیت‌های ظرفیت تسهیلات هستند که البته با درنظرگرفتن سناریوی اختلال در هر دوره، ظرفیت‌ها مختل شده است. شرط آنکه تسهیلات کاندید تأسیس شوند حتماً باید در نظر گرفته شود. این محدودیت‌ها به این دلیل به‌صورت مساوی در نظر گرفته شده‌اند که بتوان مقدار مازاد از ظرفیت هر تسهیل را محاسبه کرد و به‌عنوان تابعی از هزینه در تابع هدف در نظر گرفت.

سطر ۳۲، محدودیت کنترلی مقدار تقاضای هر مشتری با مقدار ارسالی به هر مشتری را نشان می‌دهد؛ بدین معنا که مقدار تقاضای هر مشتری از طریق مقدار ارسالی به ادغام‌کننده و ادغام‌کننده پشتیبان برآورده شده و یا به‌عنوان مقدار کمبود هر محصول در نظر گرفته می‌شود. سطر ۳۳، محدودیت بودجه را نشان می‌دهد؛ بدین معنا که جمع هزینه‌های تأسیس تسهیلات کاندید و استفاده از تسهیلات پشتیبان نباید از مقدار سرمایه دردسترس زنجیره بیشتر شود. محدودیت‌های ۳۴ تا ۴۱، در مورد نحوه انتخاب هر یک از دو تسهیل پشتیبان است.

www.SID.ir

Archive of SID

محدودیت‌های ۴۲ و ۴۳، مقدار اختلالی است که به‌ازای آن قرارداد دوجانبه فعال می‌شود و تسهیلات پشتیبان دخالت خواهند کرد. سطر ۴۴، محدودیت مربوط به رضایت مشتری است که برابر با حداقل مقدار قابل‌قبول در مجموع مقدار ارسالی به هر مشتری است. محدودیت‌های ۴۵ تا ۵۰، مربوط به واردکردن سناریوهای اختلال در مسیرهای ارتباطی در زنجیره است. سطرهای ۵۱ و ۵۲، نیز نوع متغیرها و مثبت‌بودن آن‌ها را نشان می‌دهند.

٤. تحلیل داده‌ها و یافته‌های پژوهش

مورد مطالعه. برای اعتبارسنجی مسئله، زنجیره تأمین طرح اشتراک نشریات به‌عنوان مورد مطالعه بررسی شده است. زنجیره تأمین موردبررسی شامل چهار نوع تأمین‌کننده (روزنامه، هفته‌نامه، دوهفته‌نامه و ماهنامه) یک سفارش‌گیرنده (سایت اشتراک نشریات کشور)، دو ادغام‌کننده (دو شرکت از مجریان طرح اشتراک به‌اختصار ادغام‌کننده شرق و ادغام‌کنند غرب)، دو توزیع‌کننده (به‌اختصار توزیع‌کننده شرق و توزیع‌کننده مرکز) و مصرف‌کنندگان نهایی است. نحوه فعالیت در این زنجیره بدین‌صورت است که مشتریان نهایی با ثبت سفارش خود سبدی از نشریات با دوره زمانی انتشار متفاوت را سفارش می‌دهند (منظور از دوره زمانی انتشار یعنی روزنامه، هفته‌نامه، ماهنامه و غیره).

پس از ثبت سفارش مشتری با توجه به مدت‌زمان سفارش مشتری مثلاً یک‌ماهه و سه‌ماهه، این نشریه باید در بازه زمانی استانداردی به این مشتری تحویل شود. مقدار تقاضا با توجه به هر ناحیه از مشتریان مقدار پایه‌ای و ثابتی در نظر گرفته شده است که تحت ضریبی این مقدار پایه‌ای کم و یا زیاد می‌شود. میزان رضایت هر مشتری معادل مجموع دریافت محصولات در نظر گرفته شده است که در این مطالعه ضریب حداقل قابل‌قبول برای هر مشتری ۷۰ درصد مجموع تقاضا در نظر گرفته شده است. نحوه روابط بین تسهیلات دقیقاً همانند تعریف مسئله است. با توجه به ماهیت فعالیت زنجیره، حوادث طبیعی از جمله بارش شدید برف و عدم‌توانایی ارسال می‌تواند از عوامل ایجاد اختلال در مسیرهای ارتباطی و تحریم، تغییر قوانین کاری، اعتصاب‌ها و غیره می‌تواند به کاهش ظرفیت در تسهیلات منجر شود.

اختلالات در این مطالعه یک بار تحت سه سناریو خوش‌بینانه ،محتمل و بدبینانه با احتمال یکسان که به آن «حالت اول» و یک‌بار نیز با احتمال متفاوت که به آن «حالت دوم» گفته می‌شود، در نظر گرفته شده است. نحوه برآورد احتمال هر یک از سناریو ها از طریق نظرسنجی از خبرگان و جمع بندی نظرات صورت گرفت. برای مقابله با اختلالات سه راه بیان‌شده در نظر گرفته شده است که برای درک بهتر می‌توان در این مطالعه فرض کرد که قرار است بسته‌ای هر روز حاوی دو روزنامه (مرسوله‌ای) ارسال شود. به سه روش می‌توان این ارسال را انجام داد:

www.SID.ir

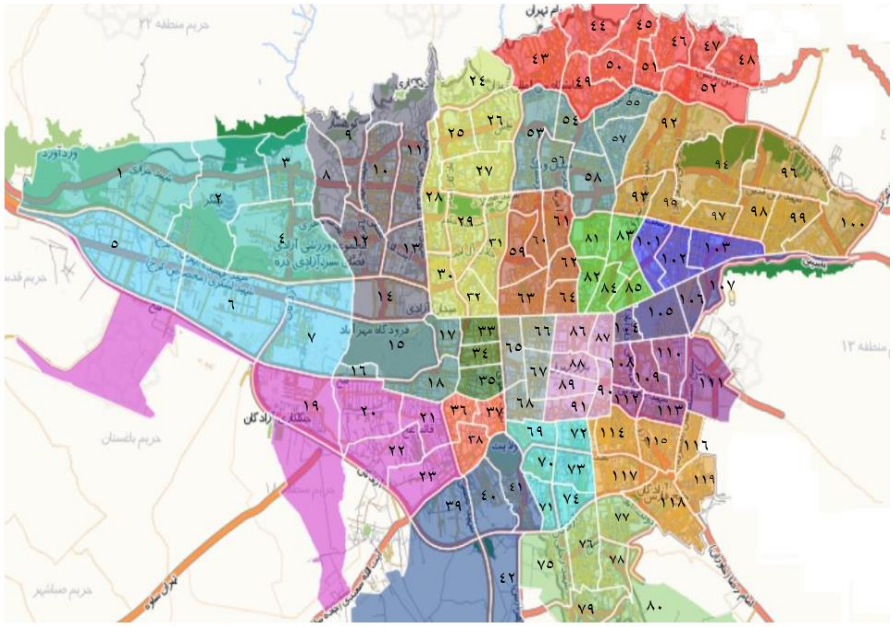
Archive of SID

۱- تأسیس مکان و فراهم‌کردن شرایط ارسال که برابر با «حالت یک» بیان شده است در این روش هزینه اولیه تأسیس بسیار بالا است؛ اما هزینه ارسال پایین خواهد بود؛

۲- قرارداد با اداره پست و یا پیک بادپا و یا شرکت چاپار که زنجیره‌های توزیع هستند. این شیوه برابر با «حالت دو» است که در این روش قراردادی بر مبنای حجم ارسال و قیمت آن تنظیم می‌شود که البته در صورت افزایش تقاضا بیش از میزان مقررشده در قرارداد هزینه دیگری مازاد بر هزینه تعیین‌شده پرداخت می‌شود. نکته مهم این روش پرداخت مبلغی از قرارداد در ابتدای قرارداد است و چه اختلالی رخ دهد و چه ندهد شرکت طرف قرارداد این هزینه را اخذ خواهد کرد؛

۳- تماس هر روزه با شرکت‌های پیک و ارسال مرسوله با پیک‌های متفاوت که این روش برابر با «حالت سه» است. در این روش هزینه ارسال بالا خواهد بود؛ اما هزینه اولیه بالایی ندارد و قرارداد و پیش‌پرداختی نباید صورت پذیرد.

در ادامه با داشتن اطلاعات به شرح زیر از زنجیره تأمین اشتراک نشریات، تقاضای مدل برای ۱۱۹ ناحیه از مناطق ۲۲گانه شهرداری تهران توسط نرم‌افزار GAMS 25.0.2 کُد نویسی شده و با استفاده از حل‌کننده CPLEX حل شده و خروجی مدل پیشنهادی و زنجیره تأمین کنونی مقایسه شده است.



شکل ۲. شماره‌گذاری نواحی مناطق ۲۲گانه شهرداری شهر تهران

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳. هزینه حمل‌ونقل از تسهیلات تأمین‌کننده به تسهیلات ادغام کننده

نام تأمین‌کننده	نام ادغام‌کننده کاندید	مسیر دو	مسیر یک	نام ادغام‌کننده	مسیر یک	مسیر دو
گروه روزنامه	کاندید ۱ (شرق)	۱۲۵	۱۱۲	شرق	۱۲۷	۱۴۵
	کاندید ۲ (مرکز)	۸۷	۷۵	غرب	۷۷	۹۵
گروه هفته‌نامه	کاندید ۱ (شرق)	۱۲۵	۱۱۲	شرق	۱۱۵	۱۳۲
	کاندید ۲ (مرکز)	۸۷	۷۵	غرب	۹۰	۱۰۷
گروه دوهفته‌نامه	کاندید ۱ (شرق)	۱۳۰	۱۲۱	شرق	۱۱۵	۱۳۲
	کاندید ۲ (مرکز)	۹۵	۸۲	غرب	۹۸	۱۱۵
گروه ماهنامه	کاندید ۱ (شرق)	۱۱۵	۱۰۵	شرق	۱۵۲	۱۷۲
	کاندید ۲ (مرکز)	۹۵	۸۲	غرب	۱۲۷	۱۴۵

جدول ۴. هزینه حمل‌ونقل از تسهیلات ادغام کننده به تسهیلات توزیع‌کننده

نام ادغام‌کننده	ظرفیت ادغام‌کننده	نام توزیع‌کننده	ظرفیت توزیع‌کننده	مسیر دو	مسیر یک
شرق	۱۴۰۰۰۰	شرق	۲۰۰۰۰۰	۵۰	۵۷
		غرب	۱۵۰۰۰۰	۹۰	۱۰۰
غرب	۱۲۰۰۰۰	شرق	۲۰۰۰۰۰	۱۰۰	۱۰۰
		غرب	۱۵۰۰۰۰	۷۲	۶۲
شرق	۱۴۰۰۰۰	کاندید ۱ (شرق)	۱۰۰۰۰۰	۵۰	۱۰۰
		کاندید ۲ (مرکز)	۱۰۰۰۰۰	۷۵	۸۷
غرب	۱۲۰۰۰۰	کاندید ۱ (شرق)	۱۰۰۰۰۰	۱۰۰	۸۸
		کاندید ۲ (مرکز)	۱۰۰۰۰۰	۵۵	۳۷
کاندید ۱ (شرق)	۱۰۰۰۰۰	کاندید ۱ (شرق)	۱۰۰۰۰۰	۳۵	۵۰
		کاندید ۲ (مرکز)	۱۰۰۰۰۰	۵۵	۳۵
کاندید ۲ (مرکز)	۱۱۰۰۰۰	کاندید ۱ (شرق)	۱۰۰۰۰۰	۶۰	۴۰
		کاندید ۲ (مرکز)	۱۰۰۰۰۰	۳۷	۲۵
کاندید ۱ (شرق)	۱۰۰۰۰۰	شرق	۲۰۰۰۰۰	۷۵	۱۰۰
		غرب	۱۵۰۰۰۰	۷۵	۷۵
کاندید ۲ (مرکز)	۱۱۰۰۰۰	شرق	۲۰۰۰۰۰	۷۵	۷۵
		غرب	۱۵۰۰۰۰	۷۵	۵۷

جدول ۵. هزینه واحد تولید هر یک از محصولات

روزنامه	هفته‌نامه	دوهفته‌نامه	ماهنامه
۱۰۰۰	۳۰۰۰	۴۰۰۰	۴۰۰۰

www.SID.ir

Archive of SID

به‌دلیل حجم زیاد داده‌ها از ارائه همه آن‌ها صرف‌نظر شده است. همان‌گونه که بیان شد برای مورد مطالعه، دو حالت در نظر گرفته شده است. هر دو حالت با شرایط کنونی مقایسه شده و نحوه رفتارشان بررسی می‌شود. زنجیره تأمین در شرایط کنونی، به‌دلیل نحوه فعالیتی که دارد تقریباً هیچ انعطاف‌پذیری نسبت به وقوع اختلال ندارد؛ بدین معنا که در صورت بروز اختلال در هر یک از تسهیلات و مسیرهای ارتباطی، زنجیره کاملاً مختل شده و جریان زنجیره متوقف می‌شود.

این موضوع باعث ایجاد هزینه‌های سنگین به زنجیره خواهد شد. ازآنجاکه در شرایط کنونی ادغام‌کننده شرق به توزیع‌کننده شرق اختصاص یافته است، اگر در هر یک از مسیرهای ارتباطی اختلال رخ دهد کل مسیر و تسهیلات مختل می‌شود و از کار می‌افتند؛ درحالی‌که در مدل پیشنهادی با بروز اختلال در مسیرهای ارتباطی مسیر جایگزین انتخاب می‌شود و همچنین با بروز اختلال در تسهیلات از ظرفیت باقیمانده دیگر تسهیلات استفاده می‌شود. در جدول ۶ و نمودار ۱، رفتار زنجیره تأمین در شرایط کنونی و مدل پیشنهادی نشان داده شده است.

جدول ۶. مقایسه هزینه زنجیره کنونی با مدل پیشنهادی به‌ازای ضریب تقاضاهای متفاوت در حالت نخست

ضریب تقاضا	زنجیره تأمین کنونی (هزینه‌ها به هزار تومان است)					مقدار مدل پیشنهادی	میزان بهبود
	هزینه ارسال	هزینه مازاد	هزینه کمبود	هزینه تأسیس	مجموع		
۱	۲۵۲,۹۷۲	۱۴۰,۳۵۷	۹۰۷,۵۶۸	۱,۶۰۰,۰۰۰	۲,۹۰۰,۸۹۷	۳۷۸,۷۷۵	۸۶.۹۴٪
۱.۱	۲۷۶,۷۰۸	۱۳۲,۲۶۰	۱,۰۰۵,۴۱۶	۱,۶۰۰,۰۰۰	۳,۰۱۴,۳۸۴	۴۱۰,۴۴۱	۸۶.۳۸٪
۱.۲	۳۰۰,۹۲۱	۱۲۴,۰۱۶	۱,۱۰۵,۰۷۲	۱,۶۰۰,۰۰۰	۳,۱۳۰,۰۱۰	۴۲۸,۳۳۸	۸۶.۳۲٪
۱.۵	۳۶۶,۵۶۵	۱۰۰,۴۵۴	۱,۳۴۴,۹۰۵	۱,۶۰۰,۰۰۰	۳,۴۱۱,۹۲۴	۶۱۳,۴۳۲	۸۲.۰۲٪
۱.۸	۴۲۱,۵۴۳	۸۰,۰۹۳	۲,۰۰۷,۲۸۳	۱,۶۰۰,۰۰۰	۴,۱۰۸,۹۱۹	۱,۱۰۳,۳۴۹	۷۳.۱۵٪
۲	۴۵۰,۹۴۰	۶۸,۷۲۵	۲,۱۸۶,۷۰۶	۱,۶۰۰,۰۰۰	۴,۳۰۶,۳۷۱	۱,۷۶۱,۷۶۴	۵۹.۰۹٪

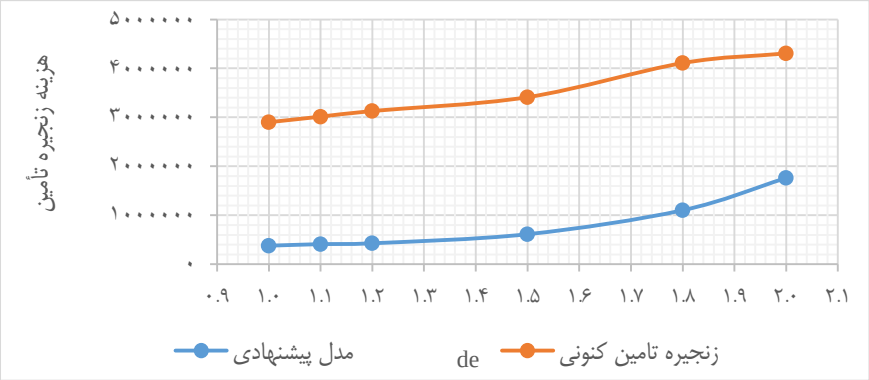
با توجه به جدول ۴، هزینه زنجیره تأمین در شرایط کنونی بسیار بالاتر از مدل پیشنهادی است. دلایل این اختلاف هزینه‌ای را می‌توان در هزینه کمبود و هزینه تأسیس تسهیلات کاندید جست‌وجو کرد. در بازه $\mathrm{de} = [1\ \ 1.5]$ هزینه کمبود کمتر از هزینه تأسیس تسهیل کاندید است؛ اما ازآنجاکه با بروز اختلال، امکان عرضه به اندازه حداقل ارسالی که موجب رضایت مشتری می‌شود، وجود ندارد، زنجیره تأمین مجبور است تسهیلات کاندید را تأسیس کند که این امر موجب تحمیل هزینه بالای تاسیس تسهیلات کاندید به زنجیره می‌شود.

دلیل دوم، هزینه کمبود است که با توجه به نحوه تخصیص تأمین‌کنندگان به ادغام‌کنندگان به‌وجود می‌آید. در این شرایط، به‌جای آنکه تسهیلات جدید تکمیل‌کننده کمبود موجود باشند، همانند ادغام‌کنندگان موجود به چند تأمین‌کننده تخصیص می‌یابند. این تخصیص در نگاه اول

www.SID.ir

Archive of SID

موجب آزادشدن بخشی از ظرفیت ادغام‌کنندگان موجود می‌شود تا صرف کاهش کمبود کنند؛ اما با افزایش تقاضا از محصولات عرضه‌شده توسط این ادغام‌کننده، مجدداً کمبود افزایش می‌یابد؛ هرچند ظرفیت سایر ادغام‌کننده‌ها خالی باشد.



نمودار ۱. مقایسه هزینه زنجیره تأمین کنونی با مدل پیشنهادی به‌ازای تقاضاهای متفاوت در حالت دوم (هزینه‌ها به هزار تومان است)

دلیل پایین‌بودن هزینه در مدل پیشنهادی نیز همان دو هزینه کمبود و تأسیس تسهیل کاندید است. در مدل پیشنهادی به‌دلیل استفاده از قراردادهای دوجانبه و استفاده از خدمات بازار لحظه‌ای در شرایط اختلال دیگر نیازی به تأسیس تسهیل جدید نیست و عرضه به اندازه کمترین ارسالی خواهد بود، که موجب رضایت مشتری می‌شود؛ یعنی در مدل پیشنهادی تا زمانی که از نظر اقتصادی تأسیس به‌صرفه نباشد، تأسیس اتفاق نخواهد افتاد. علت دوم نیز هزینه کمبود است.

در مدل پیشنهادی نحوه تخصیص کاملاً تغییر کرده است و به‌جای تخصیص ادغام‌کننده به تأمین‌کننده، ادغام‌کننده به مشتری اختصاص می‌یابد. در چنین شرایطی با افزایش تقاضای مشتریان از یک تأمین‌کننده، به‌جای افزایش فعالیت ادغام‌کننده و ایجاد کمبود به‌دلیل تقاضای بیش از ظرفیت ادغام‌کننده، تقاضای مشتریان بین ادغام‌کننده‌ها تقسیم شده و باعث استفاده بهتر از ظرفیت تسهیلات ادغام‌کننده می‌شود.

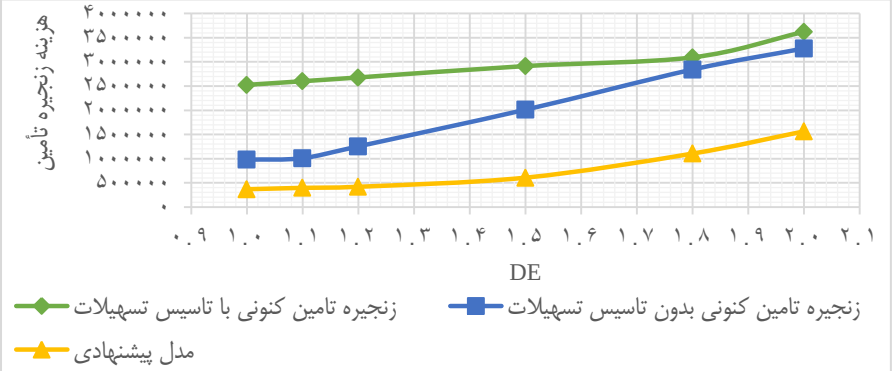
ازآنجاکه احتمال هر سناریوی اختلال نقش مهمی در جواب‌های خروجی از مدل پیشنهادی و زنجیره تأمین کنونی دارد، حالت دوم با تغییر احتمالات و ثابت درنظرگرفتن سایر شرایط مدل پیشنهادی حل شده و با شرایط کنونی مقایسه می‌شود.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۷. مقایسه هزینه زنجیره کنونی با مدل پیشنهادی به‌ازای تقاضاها در حالت دوم

مقدار تقاضا	۱	۱/۱	۱/۲	۱/۵	۱/۸	۲
زنجیره تأمین کنونی با تأسیس تسهیل کاندید (هزینه‌ها به هزار تومان است)						
هزینه ارسال	۲۸۶,۰۳۱	۳۱۳,۰۴۸	۳۴۰,۵۷۹	۴۱۴,۵۷۱	۴۷۹,۷۳۹	۵۱۸,۸۴۰
هزینه مازاد	۱۴۰,۱۱۲	۱۳۱,۴۰۴	۱۲۲,۵۴۷	۹۸,۶۶۶	۷۷,۷۴۰	۶۵,۳۸۱
هزینه کمبود	۴۹۸,۴۵۱	۵۵۶,۰۰۱	۶۱۴,۶۵۶	۸۰۱,۰۰۴	۹۳۶,۳۰۱	۱,۴۳۷,۸۸۲
هزینه تأسیس	۱,۶۰۰,۰۰۰	۱,۶۰۰,۰۰۰	۱,۶۰۰,۰۰۰	۱,۶۰۰,۰۰۰	۱,۶۰۰,۰۰۰	۱,۶۰۰,۰۰۰
مجموع	۲۵۲۴۵۹۴	۲۶۰۰۴۵۳	۲۶۷۷۷۸۲	۲۹۱۴۲۴۰	۳۰۹۳۷۷۹	۳۶۲۲۱۰۲
زنجیره تأمین کنونی بدون تأسیس تسهیل کاندید						
هزینه ارسال	۲۶۱,۸۰۹	۲۵۶,۶۳۶	۲۹۵,۵۰۳	۲۶۴,۵۷۶	۲۹۷,۳۷۰	۳۴۹,۲۷۴
هزینه مازاد	۸۲,۴۱۴	۸۴,۲۰۳	۷۱,۴۶۵	۸۱,۵۵۸	۷۱,۰۲۷	۵۴,۲۱۴
هزینه کمبود	۶۳۴,۵۲۲	۶۶۷,۶۲۵	۸۸۵,۹۹۰	۱,۶۶۵,۴۷۰	۲,۴۷۴,۵۴۱	۲,۸۷۴,۴۷۶
مجموع	۹۷۸۷۴۵	۱۰۰۸۴۶۳	۱۲۵۲۹۵۸	۲۰۱۱۶۰۳	۲۸۴۲۹۳۷	۳۲۷۷۹۶۳
مقدار مدل پیشنهادی						
مجموع	۳۶۷,۵۳۸	۳۹۵,۱۵۴	۴۱۷,۷۵۴	۶۰۶,۲۶۲	۱,۱۰۴,۸۹۰	۱,۵۶۴,۱۲۱



نمودار ۲. مقایسه هزینه زنجیره کنونی با مدل پیشنهادی به‌ازای تقاضاهای متفاوت در حالت دوم

باتوجه به جدول ۷، زنجیره تأمین کنونی حتی اگر تسهیلات کاندید را تأسیس نکند، هزینه‌ای به‌مراتب بالاتر از مدل پیشنهادی دارد. با توجه به هزینه‌های کمبود با افزایش میزان تقاضا هزینه زنجیره در صورت عدم‌تأسیس تسهیل کاندید آنقدر افزایش می‌یابد که تفاوت چندانی با هزینه زنجیره در حالت تأسیس تسهیلات کاندید نداشته باشد و همین امر به شکاف بیشتر هزینه‌ای میان شرایط کنونی و مدل پیشنهادی منجر می‌شود. به عبارت بهتر، هزینه کمبود با افزایش تقاضا در شرایط کنونی به‌صورت فزاینده افزایش می‌یابد؛ درحالی‌که در مدل پیشنهادی به‌دلیل استفاده از سه روش مقابله با اختلال و همچنین نحوه تخصیص مشتریان و تسهیلات به

www.SID.ir

Archive of SID

یکدیگر، این افزایش تقاضا به‌صورت بهتر پاسخ داده می‌شود که این پاسخگویی به کاهش کمبود و درنتیجه کم‌شدن هزینه کل زنجیره منجر می‌شود.

۵. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

تصمیم‌های مربوط به طراحی شبکه زنجیره تأمین جزو تصمیم‌های راهبردی مدیریت زنجیره تأمین محسوب می‌شوند که تأثیرات بلندمدتی بر عملکرد کلی زنجیره خواهند داشت. یکی از مهم‌ترین چالش‌های مسئله طراحی شبکه زنجیره تأمین، وقوع اختلالات احتمالی و آسیب‌های ناشی از آن است. موضوعی که در مواجهه با اختلال اهمیت دارد، توسعه مدل‌هایی است که هم در شرایط عادی و هم در شرایط وقوع اختلال و درنتیجه ازکارافتادن برخی از تسهیلات، عملکردی قابل‌قبول و کارا داشته باشند.

در این پژوهش طراحی شبکه زنجیره تأمین مدنظر بوده است که برای مقابله با اختلال در ظرفیت تسهیلات که به‌صورت ناقص و مسیر ارتباطی که به‌صورت کامل اتفاق می‌افتد، از سه روش تأسیس تسهیل جدید برای پشتیبانی، استفاده از تسهیلات پشتیبانی به‌وجود آمده‌از قرارداد دوجانبه و همچنین از تسهیلات پشتیبان موجود در بازار خدمات لحظه‌ای استفاده شده است.

با توجه به درنظرگرفتن رضایت مشتری در سطح کلان که به‌عنوان حداقل میزان برآورده سازی تقاضا برای ادامه فعالیت زنجیره بیان شده است؛ همچنین انبار و سطح موجودی در هیچ یک از رده‌ها در مدل لحاظ نشده است. برای مدل‌سازی در این پژوهش از مدل ریاضی استفاده شده و یک مدل برنامه‌ریزی خطی مختلط عدد صحیح فرموله شد؛ سپس مدل در نرم‌افزار گمز کدنویسی شده و با استفاده از داده‌های واقعی مربوط به اشتراک نشریات کشور با حل‌کننده سیپلکس حل شد. درنهایت خروجی‌های مدل موردتجزیه‌وتحلیل قرار گرفت.

با توجه به بررسی‌های صورت‌گرفته می‌توان نتیجه گرفت که در شرایط بروز اختلال سه حالت متفاوت رخ می دهد: نخست اینکه هزینه اختلال کم باشد که در این شرایط به‌صرفه خواهد بود از بین بازار لحظه‌ای و پذیرش کمبود یکی انتخاب شود؛ دوم اینکه هزینه اختلال و کمبود بالا بوده، اما کمتر از میزان بودجه برای تأسیس تسهیلات باشد که در این حالت از قراردادهای دوجانبه استفاده می‌شود و در حالت سوم، هزینه‌های اختلال و کمبود آنقدر بالا است که تأسیس تسهیلات به‌صرفه خواهد بود. باید توجه داشت با بالارفتن تقاضا و یا افزایش احتمال وقوع اختلال، فاصله هزینه‌ای بین استفاده از تسهیل پشتیبان موجود در قرارداد دوجانبه و یا خرید خدمت از بازار لحظه‌ای با تأسیس تسهیل جدید کاهش می‌یابد و سپس تأسیس تسهیلات جدید به‌صرفه‌تر خواهد بود.

یکی از موضوعاتی که می‌تواند مورد توجه قرار گیرد ابعاد مسئله است که به تعداد مشتریان، تعداد تسهیلات، مقدار تقاضای مشتریان و تنوع محصولات بستگی دارد. مسئله حاضر در ابعاد

www.SID.ir

Archive of SID

کوچک از روش بیان شده قابلیت حل و ارائه خروجی داشت. اما با افزایش ابعاد مسئله دیگر امکان استفاده از این روش به دلیل زمانبر بودن حل مسئله وجود نخواهد داشت و بایستی مدل توسط روش‌های فراابتکاری مانند روش ژنتیک حل شوند که حل مسئله در ابعاد بزرگ می‌تواند به‌عنوان یکی از پیشنهادات آتی مطرح شود.

زوال‌پذیربودن و نحوه ارسال دسته‌ای یکی از چالش‌های جذاب در مدل‌سازی سطح عملیاتی می‌تواند به‌عنوان یکی از پیشنهادهای آتی باشد. بحث نحوه قراردادهای دوجانبه که در این پژوهش به‌صورت برون‌زا در نظر گرفته‌شده است و زوال‌پذیربودن محصولات، فضایی در بازار خدمات به‌وجود می‌آورد که عموماً به شرایط پیچیده‌ای منجر می‌شود. مدل‌سازی و حل در این شرایط می‌تواند منشأ مطالعات بعدی باشد. غیرقطعی درنظرگرفتن پارامترهای هزینه‌ای در این مدل و نحوه مقابله با عدم‌قطعیت به‌عنوان یکی از پیشنهادهای آتی مطرح می‌شود.

www.SID.ir

Archive of SID

منابع

1. Allaoui, H., Guo, Y., Choudhary, A., & Bloemhof, J. (2018). Sustainable agro-food supply chain design using two-stage hybrid multi-objective decision-making approach. *Computers & Operations Research, 89*, 369-384.
2. Aqlan, F., & Lam, S. S. (2016). Supply chain optimization under risk and uncertainty: A case study for high-end server manufacturing. *Computers and Industrial Engineering, 93*, 78–87
3. https://doi.org/10.1016/j.cie.2015.12.025
4. Azad, N., & Davoudpour, H. (2013). Designing a stochastic distribution network model under risk. *Int J Adv Manuf Technol, 64*, 23–40.
5. Benaïcha, S., & Hadj-Alouane, A. B. (2013). Super facilities versus chaining in mitigating disruptions impacts. *Computers and Industrial Engineering, 65(3),* 351–359.
6. Bozorgi Amiri, A., Mansoori, S., Pishvaee, M. (2017). 'Multi-objective Relief Chain Network Design for Earthquake Response under Uncertainties', *Journal of Industrial Management Perspective, 7(1),* 9-36 (in Persian).
7. Cui, J., Zhao, M., Li, X., Parsafard, M., & An, S. (2016). Reliable design of an integrated supply chain with expedited shipments under disruption risks. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 95*, 143–163.
8. Dai, Z., Aqlan, F., Zheng, X., & Gao, K. (2018). A location-inventory supply chain network model using two heuristic algorithms for perishable products with fuzzy constraints. *Computers & Industrial Engineering, 119*, 338-352.
9. Diabat, A., Jabbarzadeh, A., & Khosrojerdi, A. (2019). A perishable product supply chain network design problem with reliability and disruption considerations. *International Journal of Production Economics, 212*, 125-138.
10. Drezner, Z. (1987). Heuristic Solution Methods for Two Location Problems with Unreliable Facilities. *He Journal of the Operational Research Society, 38(6),* 509–514.
11. Dubey, R., Gunasekaran, A., & Childe, S. J. (2015). The design of a responsive sustainable supply chain network under uncertainty. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 80(1-4),* 427-445.
12. Farahani, R. Z., Rezapour, S., Drezner, T., & Fallah, S. (2014). Competitive Supply Chain Network Design: An Overview of Classifications, Models, Solution Techniques and Applications. *Omega, 45*, 92-118.
13. Feizollahi, S., Soltanpanah, H., Farughi, H., Rahimzadeh, A. (2019). 'Development of Multi Objective Multi Period Closed-Loop Supply Chain Network Model Considering Uncertain Demand and Capacity', *Journal of Industrial Management Perspective, 8(4),* 61-95 (in Persian).
14. Ghavamifar,A.(2015)" *A Reliable Competitive Supply Chain Network Design under Risk of Disruption and Uncertainty Case Study: Isaco Company*,"MS's Thesis in Industrial Engineering, Industrial Engineering Department, Iran University of Science and Technology,(in Persian).
15. Goh, M., Lim, J. Y. S., & Meng, F. (2007). A stochastic model for risk management in global supply chain networks. *European Journal of Operational Research, 182*, 164–173.
16. Govindan, K., Fattahi, M., & Keyvanshokooh, E. (2017). Supply chain network design under uncertainty: A comprehensive review and future research

www.SID.ir

Archive of SID

directions. *European Journal of Operational Research, 263(1),* 108-141.
17. Hajimirzajan , A., Pirayesh, M. & Dehghanian, F., (2014). Developing a Supply Chain Planning Model for Perishable Crops. *Production and Operations Management, 10(1),* pp. 35-60,(in Persian).
18. Hasani, A., & Khosrojerdi, A. (2016). Robust global supply chain network design under disruption and uncertainty considering resilience strategies: A parallel memetic algorithm for a real-life case study. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 87,* 20-52.
19. Hasani, A., Zegordi, S. H., & Nikbakhsh, E. (2012). Robust closed-loop supply chain network design for perishable goods in agile manufacturing under uncertainty. *International Journal of Production Research, 50(16),* 4649-4669.
20. Hatefi, S. M., Jolai, F., Torabi, S. A., & Tavakkoli-Moghaddam, R. (2015). A credibility-constrained programming for reliable forward–reverse logistics network design under uncertainty and facility disruptions. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing, 28(6),* 664-678.
21. Hosseini-Motlagh, S. M., Samani, M. R. G., & Cheraghi, S. (2019). Robust and stable flexible blood supply chain network design under motivational initiatives. *Socio-Economic Planning Sciences,* 100725.
22. Jabbarzadeh, A., Haughton, M., & Khosrojerdi, A. (2018). Closed-loop supply chain network design under disruption risks: A robust approach with real world application. *Computers and Industrial Engineering, 116,* 178–191.
23. Jabbarzadeh, A., Jalali Naini, S. G., Davoudpour, H., & Azad, N. (2012). Designing a supply chain network under the risk of disruptions. *Mathematical Problems in Engineering*.
24. Jouzdani, J., Sadjadi, S. J., & Fathian, M. (2013). Dynamic dairy facility location and supply chain planning under traffic congestion and demand uncertainty: A case study of Tehran. *Applied Mathematical Modelling, 37(18-19),* 8467-8483.
25. Kadambala, D. K., Subramanian, N., Tiwari, M. K., Abdulrahman, M., & Liu, C. (2017). Closed loop supply chain networks: Designs for energy and time value efficiency. *International Journal of Production Economics, 183,* 382-393.
26. Kamalahmadi, M., & Parast, M. M. (2017). An assessment of supply chain disruption mitigation strategies. *International Journal of Production Economics, 184,* 210–230.
27. Keyvanshokooh, E., Ryan, S. M., & Kabir, E. (2016). Hybrid robust and stochastic optimization for closed-loop supply chain network design using accelerated Benders decomposition. *European Journal of Operational Research, 249(1),* 76-92.
28. Kirschen, D.S. and Strbac, G., (2018). *Fundamentals of power system economics*. John Wiley & Sons
29. Melo, M. T., Nickel, S., & Saldanha-Da-Gama, F. (2009). Facility location and supply chain management–A review. *European journal of operational research, 196(2),* 401-412.
30. Mohammed, A., & Wang, Q. (2017). Developing a meat supply chain network design using a multi-objective possibilistic programming approach. *British Food Journal, 119(3),* 690-706.
31. Mohammed, A., & Wang, Q. (2017). The fuzzy multi-objective distribution planner for a green meat supply chain. *International Journal of Production Economics, 184,* 47-58.
32. Mohammaditabar, D., Ghodsypour, S. H., & Hafezalkotob, A. (2016). A game

www.SID.ir

Archive of SID

theoretic analysis in capacity-constrained supplier-selection and cooperation by considering the total supply chain inventory costs. *International Journal of Production Economics, 181*, 87-97.
33. Nikjoo, N., Javadian, N. (2019). 'A Multi-Objective Robust Optimization Logistics Model in Times of Crisis under Uncertainty', *Journal of Industrial Management Perspective, 8(4)*, 121-147 (in Persian).
34. Ouyang, Y., & Li, X. (2010). The bullwhip effect in supply chain networks. *European Journal of Operational Research, 201(3)*, 799–810.
35. Ouyang, Y., & Li, X. (2010). The bullwhip effect in supply chain networks. *European Journal of Operational Research, 201(3)*, 799-810.
36. Pasandideh, S. H. R., Niaki, S. T. A., & Asadi, K. (2015). Bi-objective optimization of a multi-product multi-period three-echelon supply chain problem under uncertain environments: NSGA-II and NRGA. *Information Sciences, 292*, 57-74.
37. Peng, P., Snyder, L. V, Lim, A., & Liu, Z. (2011). Reliable logistics networks design with facility disruptions. *Transportation Research Part B, 45(8)*, 1190–1211.
38. Rajagopal, V., Prasanna Venkatesan, S., & Goh, M. (2017). Decision-making models for supply chain risk mitigation: A review. *Computers and Industrial Engineering, 113*, 646–682.
39. Rezaei, S. R., Hejazi, S. R. & Rasti-Barzoki, M., (2018). An ant colony optimization for an Integrated Production and Distribution Scheduling Model in Supply Chains: Minimizing Total Weighted Tardiness and Delivery Cost. *Production and Operations Management, 8(2*), pp. 60,(in Persian).
40. Rostami, B., Kämmerling, N., Buchheim, C., & Clausen, U. (2018). Computers and Operations Research Reliable single allocation hub location problem under hub breakdowns. *Computers and Operations Research, 96*, 15–29.
41. Schmitt, A. J., Sun, S. A., Snyder, L. V., & Shen, Z. J. M. (2015). Centralization versus decentralization: Risk pooling, risk diversification, and supply chain disruptions. *Omega (United Kingdom), 52*, 201–212.
42. Snyder, L. V., & Daskin, M. S. (2005). Reliability Models for Facility Location: The Expected Failure Cost Case. *Transportation Science, 39(3)*, 400–416.
43. Stefansdottir, B., & Grunow, M. (2018). Selecting new product designs and processing technologies under uncertainty: Two-stage stochastic model and application to a food supply chain. *International Journal of Production Economics, 201*, 89-101.
44. Vahdani, B., Tavakkoli-Moghaddam, R., Modarres, M., & Baboli, A. (2012). Reliable design of a forward/reverse logistics network under uncertainty: a robust-M/M/c queuing model. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 48(6)*, 1152-1168.
45. Valipour, P., Rashidi, A. S., Javanshir, H. & Moaboodi, M., (2010). The Impact of Supply Chain Management on Customer Satisfaction in Textile Industry. *Textile Science and Technology, 5(1)*, pp. 13-23,(in Persian).
46. Venegas, B. B., & Ventura, J. A. (2018). A two-stage supply chain coordination mechanism considering price sensitive demand and quantity discounts. *European Journal of Operational Research, 264(2)*, 524-533.
47. Wong, A., Tjosvold, D., & Zhang, P. (2005). Supply chain relationships for customer satisfaction in China: Interdependence and cooperative goals. *Asia Pacific Journal of Management, 22(2)*, 179-199.
48. Yahyaei, M., & Bozorgi-Amiri, A. (2018). Robust reliable humanitarian relief

www.SID.ir

Archive of SID

network design: an integration of shelter and supply facility location. *Annals of Operations Research*, 1–20.

49. Yongheng, J., Rodriguez, M. A., Harjunkoski, I., & Grossmann, I. E. (2014). Optimal supply chain design and management over a multi-period horizon under demand uncertainty. Part II: A Lagrangean decomposition algorithm. *Computers & Chemical Engineering, 62*, 211-224.

50. Zahiri, B., Tavakkoli-Moghaddam, R., Mohammadi, M., & Jula, P. (2014). Multi-objective design of an organ transplant network under uncertainty. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 72*, 101-124.

www.SID.ir

Archive of SID

www.SID.ir

Archive of SID

Design of Multi-Periodical and Multi-Product Supply Chain Network with Regard to Disruption of Facilities and Communication Paths (Case Study: Subscription Plan for Publications)

Ali Asghar Emadabadi[*], Ebrahim Teimoury[**], Mir Saman Pishvaee[***]

Abstract

One of the most important challenges of designing a supply chain network is possible disruptions. This study is intended to design a supply chain network considering the minimum amount of receiving as a customer satisfaction index. To overcome disruptions, the three main methods applied include establishing new facilities, using bilateral agreements, and using the existing facilities of instantaneous services market. To do so, a complex integer linear programming model is established and examined as a case study of a subscription plan for publications. In the case of disruptions, three possibilities will happen. Firstly, if the cost of disruption is low, it will be cost-effective to choose whether an instantaneous market or the adoption of shortage. Secondly, if the cost of disruption and shortage is high but less than the budget allocated to facilities, the bilateral agreements will be used. Finally, if the cost of disruptions and shortage is too high, the establishment of a new facility will be cost-effective. It should be noticed that by increasing for demand or in the probability of disruption, the cost gap between the use of the existing background facility and/or buying the service of the instantaneous market would be narrowed by establishing the facility.

Keywords: Supply Chain Network Design; Location-Allocation; Customer Satisfaction; Disruption; Subscription Plan for Publications.

Received: Feb. 15, 2019, Accepted: Nov. 07, 2019.

* Ph.D Student, Iran University of Science and Technology.
** Associate Professor, Iran University of Science and Technology (Corresponding Author).
E-mail: Teimoury@iust.ac.ir
*** Associate Professor, Iran University of Science and Technology.

www.SID.ir