

Supplier Selection and Order Allocation Model with Disruption Risks and Business Volume Discount _ risk-neutral or risk-averse

الهه ملکی^۱، سید حسام الدین ذگردی^{۲*}

Elahe Maleki , Dr hesamoddin Zegordi

۱- کارشناسی ارشد دانشکده مهندسی صنایع و سیستم های دانشگاه تربیت مدرس

Elh.maleki@gmail.com

1-Master of Faculty of Industrial and Systems Engineering, Tarbiat Modares University

۲- استاد دانشکده مهندسی صنایع و سیستم های دانشگاه تربیت مدرس (نویسنده مسئول)

* تهران، ZEGORDI@modares.ac.ir

2-Professor, Faculty of Industrial and Systems Engineering, Tarbiat Modares University)

چکیده

در این تحقیق، یک مدل ریاضی برنامه ریزی عدد صحیح مختلط تصادفی سناریو محور چند محصولی و تک دوره ای جهت مدل سازی مساله انتخاب تامین کننده و تخصیص سفارش با لحاظ ریسک اختلال و تخفیف حجمی در یک زنجیره تامین متمرکز دوسطحی شامل یک تولیدکننده و چندین تامین کننده با لحاظ سیاست های حفاظتی تامین پشتیبان، کمک گرفتن از تامین کنندگان اصلی مختل نشده و همین طور لحاظ ذخیره اطمینان در شرایط نرمال ارائه شده است. همین طور با حل مدل C-VaR با برنامه گمز^۱ آنالیز حساسیت روی متغیر تعیین کننده وضعیت ریسک انجام گرفت و به جهت بررسی کارایی مدل، مطالعه موردی در شرکت ساپکو صورت گرفت. نتیجه به این صورت شد که افزایش حساسیت تصمیم گیرنده نسبت به ریسک سبب افزایش هزینه کل می گردد چون محافظه کاری بیشتر تصمیم گیرنده تمایل او به استفاده از سیاست های حفاظتی را می افزاید. ضمن این که این افزایش هزینه هم برای تامین کنندگان و هم تولیدکننده است.

کلیدواژگان

انتخاب تامین کننده، تخصیص سفارش، ریسک اختلال، تخفیف حجم تجارت، وضعیت ریسک

Abstract

In this research, a mathematical model of scenario-based mixed integer programming is presented to model the problem of supplier selection and order allocation considering Disruption Risk and Business Volume Discount in a centralized supply chain. The considered supply chain is Bi-Level and contains one manufacturer and several suppliers and as well as There are two categories of suppliers : main suppliers and backup suppliers. As is clear, it is assumed that the unit costs of the main suppliers are lower than those of the backup suppliers. Also It is assumed that the backup supplier supports in disruption conditions if the manufacturer meets the minimum value set by the supplier under normal conditions. Supplier Disruptions are random and independent. It is assumed that the disruption is not due to the lack of raw materials to suppliers. Demand is considered definitive and the model is a single-criteria with the criterion of reducing the cost of all members of the supply chain. Also in the presented model a single-period multi-product supply chain is considered. Due to the importance of supplier selection and high impact of cost of purchasing raw materials on the total cost of the product and its aggravation in the event of disruption, this issue was investigated. Also, by calculating the C-VaR using GAMS and analyzing the sensitivity of the result, We examined the impact of the decision-making risk attitude on the total cost of the supply chain as well as the costs of each member and found out that increasing the decision-maker's sensitivity to risk generally increases the this costs. We also examined this effect on purchases from suppliers. The result was that as the sensitivity to risk increased, the quantities purchased from undisturbed suppliers,

¹ GAMS

whether main or backup, increased, but the quantities purchased from disrupted suppliers decreased. Also, in order to evaluate the efficiency of the model, a case study was conducted in Sapco (Iran Khodro Engineering Design and Parts Supply Company).

Keywords : supplier selection, order allocation, Disruption Risk, Business Volume Discount, risk attitude

مقدمه

۲۰/۴ میلیون پوند به دلیل عدم ارائه تامین کننده جهت تحویل محصولات با کیفیت مورد انتظار و ۱۷/۲ میلیون پوند برای عدم ارائه تامین کننده برای تحویل محصولات در زمان به موقع تخمین زده شد . در طول سال ۲۰۱۶، از دست دادن بهره‌وری، افزایش هزینه کار و آسیب به اعتبار برند بخشی از مهم‌ترین تاثیرات منفی است که از اختلالات تامین به وجود آمده‌است . توسعه یک سیستم زنجیره تامین انعطاف‌پذیر یک رویکرد برای مقابله با اختلالات است [۳].

از این رو، سطح ریسک زنجیره تامین برای شرکت‌هایی که قادر به مدیریت آسیب‌های آن به دلیل پیش‌بینی نادقیق، کیفیت کمتر محصول، کاهش گردش معاملات و قیمت‌های موجودی انبار، کاهش اعتبار، ارتباطات ضعیف با دیگر اعضای زنجیره تامین و کشاکش بین ذی‌نفعان نیستند تبدیل به یک مسئله حیاتی شده‌است. برای حذف یا کاهش این اثرات شرکت‌ها باید استراتژی‌هایی برای مدیریت ریسک زنجیره تامین اتخاذ کنند.

شروع تحقیق در مدیریت ریسک زنجیره تامین به تاریخ سال‌های اولیه قرن ۲۱ برمی‌گردد. عدم قطعیت‌های مربوط به تقاضا، تامین، هزینه، زمان تحویل^۱ و بلایای فاجعه‌بار مکرر منجر به زیان‌های شدید اقتصادی، خدمات ضعیف مشتری و از دست دادن اعتبار تجارت است [۴]. مثلاً زلزله تایوان منجر به از دست رفتن بسیاری از سفارشات شرکت اپل در سال ۱۹۹۹ شد [۵].

از این رو این موضوع یعنی انتخاب تامین کننده و تخصیص سفارش با در نظر گرفتن ریسک اختلال در این تحقیق مورد بررسی قرار گرفت و اثر وضعیت ریسک تصمیم‌گیرنده به معنای میزان ریسک‌پذیری یا ریسک‌گریزی در این مساله بررسی شد.

۲- مرور پیشینه تحقیق

همان‌طور که قبلاً اشاره شد مطالعه روی موضوع انتخاب تامین کننده بسیار انجام گرفته‌است ولی با توجه به جدید بودن بحث ریسک زنجیره تامین، نیاز به مطالعه تلفیق این دو موضوع هم‌چنان احساس می‌شود. با این وجود مطالعاتی انجام گرفته است که این موضوع یعنی

در دهه ۶۰ و ۷۰ میلادی سازمان‌ها جهت افزایش توان رقابتی خود تلاش می‌کردند با استانداردسازی و بهبود فرایندهای داخلی، محصولی با کیفیت بهتر و هزینه کمتر تولید کنند. در دهه ۸۰ میلادی با افزایش تنوع در الگوهای موردانتظار مشتریان، سازمان‌ها علاقه‌مند به افزایش انعطاف در خطوط تولید و توسعه محصولات جدید برای ارضای نیازهای مشتریان شدند. در دهه ۹۰ میلادی به همراه بهبود در فرایندهای تولید و به کارگیری الگوهای مهندسی مجدد، مدیران بسیاری از صنایع دریافتند که برای ادامه حضور در بازار تنها بهبود فرایندهای داخلی و انعطاف‌پذیری شرکت کافی نیست؛ بلکه تامین کنندگان قطعات و مواد باید موادی با هزینه و کیفیت بهینه تولید کنند و توزیع کنندگان محصولات نیز باید ارتباط نزدیکی با سیاست‌های توسعه بازار تولیدکننده داشته باشند. با چنین نگرشی، رویکردهای زنجیره تامین و مدیریت آن پا به عرصه وجود نهاد. البته، انتخاب تامین کننده مساله جدیدی نیست و تحقیقات زیادی بار مدل‌سازی و مباحث مفهومی آن صورت پذیرفته‌است. در حقیقت، قبل از اینکه عبارت "مدیریت زنجیره تامین" به وجود بیاید، تحقیقات زیادی با موضوع انتخاب فروشنده انجام گرفته‌است.

بیل در سال ۲۰۱۰ تخمین زد که بیش از نیمی از درآمد شرکت‌های ایالات متحده آمریکا صرف خرید مواد اولیه و خدمات می‌شوند [۱]. بورتون در سال ۱۹۸۸ فهمید که در صنعت خودرو بیش از ۵۰ درصد درآمد فروش با خرید قطعات خودرو مصرف می‌شود. بنابراین، به حداقل رساندن هزینه تامین کنندگان برای سازمان‌ها بسیار مهم است [۲].

در بازارهای رقابتی امروز شرکت‌ها به طور افزایشی به تامین کنندگان متعددی برای پاسخ کارآمد به نیازهای مشتری وابسته هستند. هر چه این وابستگی‌ها افزایش می‌یابد عدم قطعیت‌ها هم افزایش می‌یابد و در نتیجه طراحی زنجیره تامین پیچیده‌تر می‌شود. عدم قطعیت‌های زیادی در زنجیره تامین وجود دارد اما اهمیت دو دسته در حال رشد است: قطعیت تقاضا و عدم قطعیت تامین. اختلال تامین یکی از عدم قطعیت‌های تامین است که اثر زیادی روی عملیات زنجیره تامین دارد. نتایج یک تحقیق انجام شده در انگلستان نشان داد که

¹ Lead time

مدل برنامه‌ریزی دو هدفه مختلط احتمالی-تصادفی دو مرحله‌ای ارائه داده‌است [۱۲].

از میان مطالعات انجام‌شده روی مساله انتخاب تامین‌کننده و تخصیص سفارش مقالاتی هستند که قطعی نبودن قیمت خرید را لحاظ کرده‌اند و آن را با در نظر گرفتن تخفیفات مختلف در نظر گرفته‌اند. یکی از این انواع تخفیفات، تخفیف کمی است که لی و همکاران در سال ۲۰۱۸ آن را بدون لحاظ ریسک اختلال و در یک محیط تک محصولی در نظر گرفته‌است [۱۳] و یک مدل برنامه‌ریزی عددصحيح غيرخطی ارائه داده‌است. همین‌طور مونربا و همکاران در سال ۲۰۱۸ این نوع تخفیف را در مساله انتخاب تامین‌کننده و تخصیص سفارش در محیط چندمحصولی با ارائه یک مدل برنامه‌ریزی تصادفی دو مرحله‌ای در نظر گرفته‌است [۱۴]. هم‌چنین بکتور در سال ۲۰۲۰ [۱۵] نیز با لحاظ شرایطی نسبتاً مشابه مونربا و همکاران در سال ۲۰۱۸ [۱۴] و البته لحاظ پایداری یک مدل بهینه‌سازی چندهدفه فازی ارائه داده‌است.

همان‌طور که گفته‌شد در مقالات ذکرشده ریسک از هیچ نوعی در نظر گرفته نشده‌است. از جمله مقالاتی که مساله انتخاب تامین‌کننده با ریسک اختلال را با لحاظ تخفیف بررسی کرده‌است چراغعلی پور و همکاران در سال ۲۰۱۸ [۱۶] است که تخفیف از نوع کمی در محیط چندمحصولی در نظر گرفته و با لحاظ پایداری یک مدل چند معیاره ارائه داده‌است.

نوع دیگری از تخفیف نیز وجود دارد که تخفیف حجم تجارت نام دارد که به این معناست که به ازای ارزش کل خرید، تخفیف پیشنهاد می‌گردد و در واقع به نوع کالا بستگی ندارد. تنها مقاله‌ای که این نوع تخفیف را البته همراه تخفیف کمی در مساله انتخاب تامین‌کننده در نظر گرفته‌است، باهنر و همکاران در سال ۲۰۱۶ است که یک نوع ریسک به نام ریسک شکست را در نظر گرفته‌است و به این معنی است که تنها یک حالت که تمام تامین‌کنندگان هم‌زمان با هم مختل شوند را لحاظ کرده‌است و ریسک اختلال به شکل کامل که می‌تواند دارای سناریوهای مختلفی باشد را لحاظ نکرده‌است [۱۷]. لذا در این کار این شکاف تحقیقاتی لحاظ گردیده‌است به این معنی که یک مسئله انتخاب تامین‌کننده و تخصیص سفارش با لحاظ تخفیف حجمی، چند محصولی بودن و دیدگاه متمرکز در نظر گرفته شده‌است و به جهت انعطاف‌پذیری سیاست‌های حفاظتی تامین پشتیبان، کمک گرفتن از تامین‌کنندگان مختل‌نشده و همین‌طور

انتخاب تامین‌کننده را با در نظر گرفتن ریسک اختلال به روش‌های مختلفی بررسی کرده‌اند. برای مثال پراساناونکاتاسان و همکاران در سال ۲۰۱۶ انتخاب تامین‌کننده را با ریسک اختلال در نظر گرفته و یک مدل چند هدفه برنامه‌ریزی عددصحيح خطی ارائه داده‌است [۶]. همین‌طور حسینی و همکاران در سال ۲۰۱۹ نیز این موضوع را با ارائه‌ی یک مدل برنامه‌ریزی عددصحيح مختلط تصادفی دوهدفه بررسی کرده‌است [۷] ولی مختار و همکاران در سال ۲۰۱۹ این موضوع را با ارائه یک مدل بهینه‌سازی پویا بررسی کرده‌است [۸]. هر سه این مقالات مدل‌های خود را به صورت تک‌محصولی ارائه داده‌اند ولی مقالاتی نیز در مرور پیشینه تحقیق بررسی شده‌اند که موضوع انتخاب تامین‌کننده و تخصیص سفارش را با لحاظ چندمحصولی بودن بررسی کرده‌اند که از جمله آن‌ها می‌توان کار و همکاران در سال ۲۰۲۰ را برشمرد که یک مدل ترکیبی چند مرحله‌ای را ارائه داده‌است و از طریق مطالعه موردی اعتبارسنجی کرده‌است [۹].

در مسائل مربوط به ریسک، گاهی سیاست‌های حفاظتی به جهت پیش‌گیری و انعطاف‌پذیری زنجیره تامین در نظر گرفته می‌شود که قاعدتاً لحاظ کردن این سیاست‌ها بر مدل ارائه‌شده تاثیرگذار خواهد بود. در ادامه با بررسی ادبیات چندین سیاست در نظر گرفته‌شده را معرفی می‌کنیم. برای مثال اسماعیلی و همکاران در سال ۲۰۱۸ ضمن بررسی مساله انتخاب تامین‌کننده و تخصیص سفارش با لحاظ ریسک اختلال و همین‌طور در نظر گرفتن چند-محصولی بودن و دیدگاه متمرکز دو سیاست حفاظتی حفاظت از تامین‌کننده و موجودی اضطراری نزد تامین‌کننده حفاظت‌شده را در نظر گرفته‌است و با لحاظ موارد گفته شده یک مدل برنامه‌ریزی عدد صحيح غيرخطی ارائه داده‌است و با مثال عددی اعتبارسنجی کرده‌است [۱۰]. همین‌طور مقالات دیگری هم هستند که لحاظ سیاست‌های حفاظتی در کارشان دیده شده‌است مانند ترابی و همکاران در سال ۲۰۱۵ که سیاست تامین پشتیبان را لحاظ کرده‌است [۱۱]. البته این مقاله علاوه بر ریسک اختلال ریسک عملیاتی را هم در مدل لحاظ کرده‌است. مدل این کار از نوع برنامه‌ریزی تصادفی دوهدفه احتمالاتی ترکیباتی دو مرحله‌ای است. علاوه بر این مقاله وحیدی و همکاران در سال ۲۰۱۸، نیز این سیاست یعنی سیاست تامین پشتیبان را به همراه سیاست کمک گرفتن از تامین‌کنندگان اصلی مختل‌نشده لحاظ کرده‌است و یک

صورتی که منطبق بر واقعیت و مورد تایید کارشناس مربوطه شرکت باشد در نظر گرفته شده است و نهایتاً یک مدل برنامه ریزی عدد صحیح مختلط تصادفی سناریو محور در زنجیره تامین شامل یک تولیدکننده (ایران خودرو) و دو گروه تامین کننده (سازنده قطعات) اصلی و پشتیبان مطابق شکل ۱ ارائه شده است:



شکل ۱ زنجیره تامین در نظر گرفته شده

مراحل انجام پژوهش حاضر به صورت زیر انجام گرفته است:

۱. بررسی مبانی نظری و پیشینه موضوع مورد تحقیق با

مراجعه به منابع موجود در این زمینه و همین طور استخراج مواردی که در ادبیات به صورت متفاوت انجام شده بود به این معنا که برای مثال هزینه سفارش در بعضی مقالات به صورت هزینه سفارش در تعداد سفارش و در بعضی مقالات به صورت هزینه ثابت قرارداد در نظر گرفته شده بود یا هزینه حمل در مقالات محدودی از طریق مصرف سوخت یا مسافت در نظر گرفته می شد و اکثراً به صورت عرف که هزینه حمل واحد در تعداد قطعات باشد در نظر گرفته شده بود. (روش کتابخانه ای)

۲. بررسی روش ها و ساختار فعلی انتخاب منبع در شرکت مورد مطالعه با استفاده از مستندات سازمانی و مصاحبه غیر ساختاریافته با مدیران و کارشناسان مربوطه و مطرح کردن مواردی که متفاوتی که در مرحله قبل توضیح داده شد و به صورت مورد تایید کارشناس مربوطه در مدل در نظر گرفته شد.

همین طور بررسی شرایط و سیاست های مسئله با مشورت و تایید شرکت ساپکو از جمله ۱- بررسی سیاست های حفاظتی در نظر گرفته شده در شرکت و همین طور توضیح درباره سیاست های در نظر گرفته شده در ادبیات که در قسمت قبل توضیح داده شد ۲- بررسی نوع تخفیفات پیشنهادی تامین کنندگان که در نتیجه مصاحبه با کارشناسان قرار شد که تخفیفات از سمت تامین کنندگان یا بر طبق درصد سهم تامین کننده از تقاضای هر قطعه باشد یا بر طبق درصد استفاده از ظرفیت کل تامین کننده که مورد اول که در واقع همان تخفیف کمی مطرح شده در ادبیات است با موضوع مساله

استفاده از ذخیره اطمینان لحاظ شده است و نهایتاً یک مدل برنامه ریزی عدد صحیح خطی تصادفی سناریو محور ارائه شده است. لازم به ذکر است که تمامی مفروضات در نظر گرفته شده از جمله نوع تخفیف، نوع سیاست های حفاظتی و ... با مشورت و تایید شرکت ساپکو که شرکت مورد مطالعه این تحقیق است تعیین و اصلاح شده است و همین طور با دریافت اطلاعات از این شرکت اعتبارسنجی مدل صورت پذیرفته است.

عطف به توضیحات بالا نوآوری های این کار به شرح زیر می باشد:

۱- تطابق مفروضات مساله با شرایط شرکت ساپکو

۲- افزودن تخفیف حجم تجارت به مساله انتخاب تامین کننده و

تخصیص سفارش با در نظر گرفتن ریسک اختلال

۳- بررسی تاثیر وضعیت ریسک تصمیم گیرنده در مساله انتخاب

تامین کننده و تخصیص سفارش با در نظر گرفتن ریسک اختلال

۳- تعریف مساله و مدل سازی

۳-۱- تعریف مساله

در این مدل مساله انتخاب تامین کننده و تخصیص سفارش با در نظر گرفتن ریسک اختلال با هدف کاهش هزینه های هر دو طرف یعنی تامین کنندگان و تولیدکننده با در نظر گرفتن سیاست تخفیف حجمی و محدودیت های موجود مدل سازی شده است و از آن جایی که شرایط در نظر گرفته شده (از نظر ۱- تقاضای مستقل و قطعی ۲- قیمت خرید غیر ثابت ۳- تخفیف حجم تجارت و سایر مواردی که به تفصیل در ادامه توضیح داده شده) ممکن است برای تمام قطعات صدق نکند از در نظر گرفتن درآمد طرفین چشم پوشی شده است و همین طور به علت پیچیده بودن هزینه کمبود در واقعیت به در نظر گرفتن آن همانند مدل های پایه موجودی بسنده شده است. از دیگر هزینه های تامین کنندگان هزینه مربوط به مواد یا قطعات اولیه است ولی از آن جایی که رکن اصلی مدل ما در نظر گرفتن اختلال تامین کنندگان و ریسک منتج از آن است زمانی این اختلال در هزینه قطعات اولیه آن تاثیر می گذارد که منتج از تامین کنندگان آن باشد که در مدل ما که دیدگاه متمرکز دارد به معنای اضافه شدن یک لایه یعنی تامین کنندگان تامین کننده است باعث پیچیدگی مدل می شود. بنابراین اختلال تامین مواد یا قطعات اولیه تامین کننده لحاظ نگردید و در نتیجه لحاظ کردن این هزینه هم منطقی نمی شد. همین طور سیاست های حفاظتی تامین پشتیبان، کمک گرفتن از تامین کنندگان اصلی مختل نشده و همین طور در نظر گرفتن ذخیره اطمینان در شرایط نرمال به

تحقیق حاضر یعنی مساله انتخاب تامین کننده و تخصیص سفارش با در نظر گرفتن ریسک اختلال در ادبیات وجود داشت (مقاله چراغعلی پور و همکاران در سال ۲۰۱۸). مورد دوم که همان تخفیف حجمی ادبیات است در نظر گرفته شد و مطالعه موردی هم روی تامین کنندگانی که چندین قطعه (چندین نوع لوله ترمز) داشتند انجام گرفت که در نظر گرفتن این نوع تخفیف برایشان منطقی است. این اطلاعات طی ده تماس تلفنی و دو جلسه حضوری که مجموعاً دو ساعت زمان برد از کارشناس مربوطه گرفته شد و بعد از آن اطلاعات ورودی مربوط به انجام مطالعه موردی از شرکت گرفته شد و نتایج و خروجی‌های اجرای مدل در برنامه گمز به صورت جداول و نمودارهایی در بخش‌های بعدی قرار گرفت. (روش میدانی)

۳. مدل سازی ریاضی مسئله انتخاب تامین کننده و تخصیص سفارش در شرکت سایکو با مراجعه به پیشینه تحقیق، مستندات سازمانی و نظر خبرگان
۴. تعیین سناریوها و پارامترهای مدل ریاضی با رجوع به مستندات سازمانی
۵. حل مدل ریاضی با برنامه گمز^۱
۶. بررسی اعتبار مدل و تحلیل حساسیت
۷. ارائه نتایج و پیشنهاد تحقیقات آتی

۲-۳- مدل کاهش هزینه

در این بخش، مدل سازی ریاضی مسئله انتخاب تامین کننده و تخصیص سفارش تحت ریسک اختلال، در زنجیره تامین ایران خودرو ارائه می شود. مدل پیشنهادی به لحاظ در نظر گرفتن سناریو برای ریسک‌های اختلال، از نوع برنامه ریزی عدد صحیح تصادفی است، که تصمیمات به دو گروه تقسیم می شوند: قبل از وقوع اختلال و بعد از آن

مدل ارائه شده نیز تک دوره‌ای و چندمحصولی است و هدف آن انتخاب تامین کنندگان مناسب و تخصیص سفارش بین آن‌ها در شرکت مورد مطالعه است، به طوری که کل هزینه‌های مورد انتظار حداقل گردد.

مفروضات مساله

مدل انتخاب تامین کننده (SS) و تخصیص سفارش (OA) ارائه شده در این مطالعه براساس مفروضات زیر است که با مشاوره و تایید

شرکت سایکو که شرکت مورد مطالعه این تحقیق است تنظیم گردیده است:

۱. چندین قطعه با تقاضاهای مستقل و قطعی وجود دارد.
۲. قیمت خرید ثابت نیست و تخفیف حجم تجارت در نظر گرفته شده است. به این معنا که بر طبق ارزش کل خرید تخفیف‌های متفاوتی در نظر گرفته می شود. در مقاله باهنر و همکاران در سال ۲۰۱۶ این نوع تخفیف فقط یک حالت که شکست تمامی تامین کنندگان به صورت کامل است در نظر گرفته شده است و در واقع ریسک اختلال به صورت دقیق که می تواند حالات مختلفی داشته باشد بررسی نشده است بنابراین در این کار سعی شده است که این نوع تخفیف با در نظر گرفتن ریسک اختلال در مساله انتخاب تامین کننده و تخصیص سفارش مدل سازی شود و برای انجام این کار تایید شرکت سایکو مبنی بر وجود این تخفیف گرفته شده است. لازم به ذکر است که تخفیف فقط به ازای میزان خرید در شرایط نرمال ارائه می شود و به ازای مقادیر خرید اضافه از تامین کنندگان مختل نشده اعم از اصلی یا پشتیبان در شرایط اختلال تخفیفی پیشنهاد نمی گردد.
۳. زمان تحویل نوسان ندارد.
۴. نرخ تقاضا شناخته شده و ثابت است.
۵. اختلالات تامین کننده تصادفی و مستقل است.
۶. انتخاب تامین کننده و تخصیص کمیت سفارش در یک افق برنامه ریزی میان مدت در نظر گرفته شده است.
۷. سیاست‌های حفاظتی در نظر گرفته شده سیاست تامین کننده پشتیبان (با این تفاوت نسبت به ادبیات که شرط تامین کننده پشتیبان، سفارش حداقلی در شرایط نرمال باشد)، کمک گرفتن از تامین کنندگان مختل نشده‌ای است که جز تامین کنندگان اصلی اند و

¹ GAMS

ذخیره اطمینان در شرایط نرمال (به این معنا که میزان خرید در شرایط نرمال لزوماً برابر با تقاضا نیست و می‌توان مقادیری را خرید و در شرایط اختلال به کار برد) است. تامین‌کنندگان اصلی مختل‌شده ممکن است مقداری کوچکتر یا مساوی مقادیر خرید در شرایط نرمال را بر طبق میزان ظرفیت در دسترسشان تحویل دهند ولی تامین‌کنندگان پشتیبان مختل‌شده در صورت اختلال هیچ مقداری را تحویل نمی‌دهند.

۸. فرض بر این است که میزان تولید تامین‌کنندگان منطبق بر میزان خرید از آن‌ها باشد.

۹. کمبود فقط در شرایط اختلال مجاز در نظر گرفته شده‌است

۱۰. زنجیره تامین، متمرکز در نظر گرفته شده‌است به این معنا که هدف کمینه کردن هزینه‌های تمام اعضای زنجیره است که در مساله ما شامل یک تولیدکننده و تامین‌کنندگان است.

مجموعه‌ها :

I : مجموعه تامین‌کنندگان

J : مجموعه محصولات

S : مجموعه سناریوها

b : سطوح تخفیف حجم تجارت

I_s : مجموعه‌ای از تامین‌کنندگان که در سناریوی S مختل نشدند

پارامترها (ورودی‌های مساله) :

v_i : هزینه ثابت قرارداد با تامین‌کننده i به عنوان تامین‌کننده اصلی

v_i' : هزینه ثابت قرارداد با تامین‌کننده i به عنوان تامین‌کننده پشتیبان

a_{ij} : هزینه تولید محصول J برای تامین‌کننده اصلی i در گام پیش‌اختلال

a_{ij}^b : هزینه تولید محصول J برای تامین‌کننده پشتیبان i در گام پیش‌اختلال

a_{ij}' : هزینه تولید محصول J برای تامین‌کننده اصلی آسیب‌نندیده i در گام پس‌اختلال

a_{ij}^b : هزینه تولید محصول J برای تامین‌کننده پشتیبان i در گام پس‌اختلال

D_j : تقاضای محصول J

C_{ij} : قیمت واحد خرید محصول J از تامین‌کننده اصلی i در گام پیش‌اختلال

C_{ij}^b : قیمت واحد خرید محصول J از تامین‌کننده پشتیبان i در گام پیش‌اختلال

C_{ij}' : قیمت واحد خرید محصول J از تامین‌کننده اصلی آسیب‌نندیده i در گام پس‌اختلال

C_{ij}^b : قیمت واحد خرید محصول J از تامین‌کننده پشتیبان i در گام پس‌اختلال

P_i : احتمال اختلال تامین‌کننده i

P_s : احتمال اختلال سناریوی S

T_{ij} : هزینه واحد حمل محصول J از تامین‌کننده اصلی i در گام پیش‌اختلال

T_{ij}^b : هزینه واحد حمل محصول J از تامین‌کننده پشتیبان i در گام پیش‌اختلال

T_{ij}' : هزینه واحد حمل محصول J از تامین‌کننده اصلی آسیب‌نندیده i در گام پس‌اختلال

T_{ij}^b : هزینه واحد حمل محصول J از تامین‌کننده پشتیبان i در گام پس‌اختلال

cap_i : ظرفیت تامین‌کننده i

R_{ij} : درصدی از ظرفیت تامین‌کننده i که به محصول J اختصاص داده شده‌است

b_j : هزینه واحد کمبود محصول j

L_{ij} : هزینه واحد جریمه عدم تامین محصول j برای تامین کننده i

r_{is} : درصدی از ظرفیت تامین کننده i که در سناریوی S در دسترس باشد.

n_j : تعداد حداکثر تامین کنندگان اصلی در شرایط نرمال

h_j : هزینه واحد نگهداری محصول j

e_j : ظرفیت انبار برای محصول j

q_{ij}^{\min} : حداقل مقدار خرید محصول j از تامین کننده i

Q_{ib} : حجم شکست قیمت در تامین کننده i برای سطح تخفیف حجم تجارت b

d_{ib} : تخفیف حجم تجارت نسبی در حجم شکست Q_{ib}

روابط منطقی

$$c_{ij} < c'_{ij} \leq c''_{ij} < c'''_{ij}$$

$$a_{ij} < a'_{ij} \leq a''_{ij} < a'''_{ij}$$

$$T_{ij} < T'_{ij} \leq T''_{ij} < T'''_{ij}$$

$$v_i < v'_i$$

W_{ib} : متغیر باینری (۱: اگر سطح حجم تجارت b برای تامین کننده

i انتخاب شود-۰: در غیر این صورت)

W_{ibs} : متغیر باینری (۱: اگر سطح حجم تجارت b برای تامین کننده

آسیب دیده i در سناریوی S انتخاب شود-۰: در غیر این صورت)

x_{ij} : مقدار محصول خریداری شده از تامین کننده اصلی i در گام

پیش اختلال

x_{ijb} : مقدار محصول خریداری شده از تامین کننده اصلی i در گام

پیش اختلال در سطح تخفیف b

x_{ijs} : مقدار محصول خریداری شده از تامین کننده اصلی آسیب دیده

i تحت سناریوی S

x_{ijbs} : مقدار محصول خریداری شده از تامین کننده اصلی

آسیب دیده i در گام پس اختلال در سطح تخفیف b

y_{ijs} : مقدار محصول خریداری شده از تامین کننده پشتیبان i تحت

سناریوی S

z_{ijs} : مقدار اضافی محصول خریداری شده از تامین کننده اصلی

آسیب دیده i تحت سناریوی S

B_{js} : مقدار کمبود محصول تحت سناریوی S

s_j : مقدار ذخیره اطمینان محصول j

Model SS&OA:

متغیرهای تصمیم (خروجی های مساله)

z_i : متغیر باینری (۱: اگر سفارش برای تامین کننده اصلی i قرار

داده شود-۰: در غیر این صورت)

z_{ij} : متغیر باینری (۱: اگر سفارش برای محصول j تامین کننده

اصلی i قرارداد داده شود-۰: در غیر این صورت)

z'_i : متغیر باینری (۱: اگر سفارش برای تامین کننده پشتیبان i

قرارداده شود-۰: در غیر این صورت)

z'_{ij} : متغیر باینری (۱: اگر سفارش برای محصول j تامین کننده

پشتیبان i قرارداد داده شود-۰: در غیر این صورت)

به ترتیب هزینه‌های خرید ()

برطبق گفته ساپکو ، پیشنهادات مربوط به تخفیف فقط در شرایط نرمال توسط تامین‌کنندگان ارائه می‌گردد) ، هزینه تولید تامین‌کنندگان پشتیبان و هزینه حمل خریدار برای مقادیر خرید اضافه از تامین‌کنندگان پشتیبان مختل‌نشده را مشخص می‌کند . همین‌طور عبارت $\sum_{i \in I_s} \sum_j (c'_{ij} + a'_{ij} + T'_{ij}) z_{ijs}$ به ترتیب

هزینه‌های خرید ، هزینه تولید تامین‌کنندگان اصلی و هزینه حمل خریدار برای مقادیر خرید اضافه از تامین‌کنندگان اصلی مختل‌نشده را مشخص می‌کند . عبارت $\sum_{i \notin I_s} \sum_j (a_{ij} + T_{ij})(x_{ij} - x_{ijs})$

مربوط به کاهش هزینه تامین‌کنندگان اصلی مختل‌شده است که مقادیر خرید تعیین‌شده در شرایط نرمال را تامین نمی‌کنند . همین‌طور $\sum_{i \notin I_s} \sum_j ((a_{ij}^b + c_{ij}^b + T_{ij}^b) q_{ij}^{\min} z'_{ij})$ کاهش

هزینه تامین‌کنندگان پشتیبان مختل‌شده برای حداقل مقدار تعیین‌شده است . عبارت

$$\sum_{i \notin I_s} \sum_j \sum_b (c_{ij}(x_{ijb} - x_{ijbs})(1 - d_{ib}))$$

کاهش هزینه خرید از تامین‌کنندگان اصلی مختل‌شده با در نظر گرفتن شرایط تخفیف حجمی از قبل تعیین شده (در شرایط نرمال) است . عبارت $\sum_j b_j B_{js}$ مشخص‌کننده هزینه کمبود در شرایط

اختلال است . در واقعیت محاسبه هزینه کمبود بسیار پیچیده است زیرا در شرایط مختلف می‌تواند اثرات مختلف و در نتیجه هزینه‌های مختلفی داشته باشد . به این معنا که گاهی می‌تواند باعث تولید از دست رفته گردد و گاهی فقط خط تولید را برای زمانی متوقف می‌کند که هر کدام این‌ها هزینه‌های مختلفی دارند . ضمن این که نمی‌توان رابطه مشخصی بین زمان توقف خط یا میزان تولید از دست رفته به ازای مقدار کمبود ایجادشده در شرایط اختلال در نظر گرفت . لذا در این مدل به حالتی که در مدل‌های پایه موجودی ارائه می‌گردد یعنی در نظر گرفتن هزینه کمبود به صورت هزینه واحد کمبود در میزان کمبود ایجادشده در شرایط اختلال اکتفا شده است . نهایتاً عبارت $\sum_{i \notin I_s} \sum_j L_{ij}(x_{ij} - x_{ijs} + q_{ij}^{\min} z'_{ij})$ مشخص‌کننده هزینه

جریمه تامین‌کنندگان است که برای تامین‌کنندگان اصلی به ازای اختلاف مقادیر خرید در شرایط نرمال و اختلال و برای تامین‌کنندگان پشتیبان به ازای حداقل مقادیر خریدشان است .

Min

$$\begin{aligned} & \sum_i (v_i z_i + v'_i z'_i) + \sum_i \sum_j (x_{ij}(a_{ij} + T_{ij})) + \\ & \sum_i \sum_j \sum_b (c_{ij} x_{ijb}(1 - d_{ib})) + \\ & \sum_i \sum_j ((a_{ij}^b + c_{ij}^b + T_{ij}^b) q_{ij}^{\min} z'_{ij}) + \sum_j s_j h_j + \\ & \sum_s p_s [\sum_{i \in I_s} \sum_j (c'_{ij} + a'_{ij} + T'_{ij}) y_{ijs} + \\ & \sum_{i \in I_s} \sum_j (c'_{ij} + a'_{ij} + T'_{ij}) z_{ijs} - \\ & \sum_{i \notin I_s} \sum_j (a_{ij} + T_{ij})(x_{ij} - x_{ijs}) \\ & - \sum_{i \notin I_s} \sum_j ((a_{ij}^b + c_{ij}^b + T_{ij}^b) q_{ij}^{\min} z'_{ij}) - \\ & \sum_{i \notin I_s} \sum_j \sum_b (c_{ij}(x_{ijb} - x_{ijbs})(1 - d_{ib})) + \sum_j b_j B_{js} + \\ & \sum_{i \notin I_s} \sum_j L_{ij}(x_{ij} - x_{ijs} + q_{ij}^{\min} z'_{ij})] \quad (1) \end{aligned}$$

عبارت $\sum_i (v_i z_i + v'_i z'_i)$ در تابع هدف به ترتیب جهت محاسبه

هزینه ثابت قرارداد تامین‌کنندگان اصلی و پشتیبان است . عبارت

$\sum_i \sum_j (x_{ij}(a_{ij} + T_{ij}))$ به ترتیب هزینه‌های تولید

تامین‌کنندگان اصلی و هزینه حمل خریدار برای مقادیر خرید در شرایط نرمال است . عبارت $\sum_i \sum_j \sum_b (c_{ij} x_{ijb}(1 - d_{ib}))$

مشخص‌کننده هزینه خرید با در نظر گرفتن تخفیف حجم تجارت است . عبارت $\sum_i \sum_j ((a_{ij}^b + c_{ij}^b + T_{ij}^b) q_{ij}^{\min} z'_{ij})$ به ترتیب

هزینه‌های تولید تامین‌کنندگان ، هزینه خرید و حمل خریدار برای خرید حداقل مقدار از تامین‌کنندگان پشتیبان در صورت انتخاب آن‌ها است (بر طبق گفته ساپکو هیچ تامین‌کننده ای نمی‌پذیرد که قرارداد ببندد و تنها در شرایط اختلال نقش تامین‌کننده پشتیبان را بپذیرد و در صورتی می‌پذیرد که حداقل مقدار خواسته‌شده توسط تامین‌کننده در شرایط نرمال پذیرفته شود) . عبارت $\sum_j s_j h_j$ هزینه نگهداری مقدار ذخیره اطمینان (مقدار خرید بیشتر از تقاضا) در شرایط نرمال را محاسبه می‌کند .

ادامه تابع هزینه ، مشخص‌کننده هزینه‌ها در شرایط اختلال است که تحت سناریوهای مختلف بررسی می‌شود . عبارت

$$s_j \leq e_j \quad \forall j \quad (15)$$

$$y_{ijs} = 0 \quad \forall i \notin I_s, s, j \quad (16)$$

$$z_{ijs} \leq Mx_{ij} \quad \forall i \in I_s, s, j \quad (17)$$

$$\sum_i z_{ij} \leq n_j \quad \forall j \quad (18)$$

$$Q_{ib} w_{ib} \leq \sum_j c_{ij} x_{ijb} < Q_{i,b+1} w_{ib} \quad \forall i, b \quad (19)$$

$$Q_{ib} w_{ibs} \leq \sum_j c_{ij} x_{ijbs} < Q_{i,b+1} w_{ibs} \quad \forall i \notin I_s, b, s \quad (20)$$

$$\sum_b x_{ijb} = x_{ij} \quad \forall i, j \quad (21)$$

$$\sum_b x_{ijbs} = x_{ijs} \quad \forall i \notin I_s, j, s \quad (22)$$

$$z_{ij} \leq z_i \quad \forall i, j \quad (23)$$

$$z'_{ij} \leq z'_i \quad \forall i, j \quad (24)$$

$$z_{ij} + z'_{ij} \leq 1 \quad \forall i, j \quad (25)$$

$$\sum_b w_{ib} = z_i \quad \forall i \quad (26)$$

$$\sum_b w_{ibs} = z_i \quad \forall i \notin I_s, s \quad (27)$$

$$x_{ij}, x_{ijs}, y_{ijs}, z_{ijs}, x_{ijb}, x_{ijbs} \geq 0 \quad \forall i, j, s \quad (28)$$

$$z_{ij}, z'_{ij}, z_i, z'_i, w_{ib}, w_{ibs} = \{0, 1\} \quad \forall i, j, s \quad (29)$$

محدودیت ۲ بیانگر این است که جمع میزان خرید در شرایط اختلال کوچکتر یا مساوی میزان تقاضا باشد (کمبود در شرایط اختلال مجاز در نظر گرفته شده است)

محدودیت ۳ تضمین کننده تقاضای تولیدکننده برای هر مورد در مرحله قبل از اختلال است. (کمبود در شرایط نرمال مجاز نیست و ذخیره اطمینان در شرایط نرمال مجاز در نظر گرفته شده است)

محدودیت ۴ تضمین می کند که کل مقدار سفارش داده شده به هر تأمین کننده مختل نشده از ظرفیت تأمین کننده تجاوز نمی کند.

محدودیت ۵ مقدار خرید از تأمین کننده اصلی مختل شده را به ظرفیت تولید در دسترس تأمین کننده پس از اختلال محدود می کند.

از دیگر هزینه های تأمین کنندگان هزینه مربوط به مواد یا قطعات اولیه است ولی از آنجایی که اساس مدل ما لحاظ اختلال تأمین کنندگان و ریسک حاصل از آن است زمانی این اختلال در هزینه قطعات اولیه آن موثر است که منتج از تأمین کنندگان آن باشد که در مدل ما که دیدگاه متمرکز دارد به معنای اضافه شدن یک لایه یعنی تأمین کنندگان تأمین کننده است و مدل را بسیار پیچیده می کند بنابراین اختلال مواد یا قطعات اولیه تأمین کننده در نظر گرفته نشد و در نتیجه لحاظ کردن این هزینه هم غیر منطقی می شد.

همچنین از آنجایی که ممکن است شرایط و سیاست های در نظر گرفته شده برای تمام قطعات مورد نیاز ایران خودرو یا هر تولیدکننده صدق نکند درآمد اعضای زنجیره تأمین هم لحاظ نشده و به حداقل سازی هزینه های آن ها اکتفا شده است.

Subject to:

$$\sum_{i \in I_s} (z_{ijs} + y_{ijs} + x_{ij} + q_{ij}^{\min} z'_{ij}) + \sum_{i \notin I_s} x_{ijs} \leq D_j \quad \forall s, j \quad (2)$$

$$\sum_i (x_{ij} + q_{ij}^{\min} z'_{ij}) \geq D_j \quad \forall j \quad (3)$$

$$x_{ij} + z_{ijs} + y_{ijs} + q_{ij}^{\min} z'_{ij} \leq R_{ij} \text{cap}_i \quad \forall i \in I_s, s, j \quad (4)$$

$$x_{ijs} \leq \text{cap}_i R_{ij} r_{is} \quad \forall i \notin I_s, s, j \quad (5)$$

$$x_{ij} = x_{ijs} \quad \forall i \in I_s, s, j \quad (6)$$

$$x_{ij} \geq x_{ijs} \quad \forall i \notin I_s, s, j \quad (7)$$

$$x_{ij} + z_{ijs} \leq M z_{ij} \quad \forall i \in I_s, s, j \quad (8)$$

$$x_{ijs} \leq M z_{ij} \quad \forall i \notin I_s, s, j \quad (9)$$

$$x_{ijs} \geq x_{ij} r_{is} \quad \forall i \notin I_s, s, j \quad (10)$$

$$y_{ijs} \leq M z'_{ij} \quad \forall i \in I_s, s, j \quad (11)$$

$$x_{ij} \geq q_{ij}^{\min} z_{ij} \quad \forall i, j \quad (12)$$

$$B_{js} = D_j - \left(\sum_{i \in I_s} (x_{ij} + z_{ijs} + y_{ijs} + q_{ij}^{\min} z'_{ij}) + \sum_{i \notin I_s} x_{ijs} \right) \quad \forall s, j \quad (13)$$

$$s_j = \left(\sum_i (x_{ij} + q_{ij}^{\min} z'_{ij}) \right) - D_j \quad \forall j \quad (14)$$

محدودیت ۶ نشان می‌دهد که تولیدکننده مقادیر سفارش داده شده در شرایط عادی را از تأمین‌کنندگان مختل‌نشده در هر سناریوی اختلال دریافت می‌کند.

محدودیت ۷ تضمین می‌کند که مقدار هر محصول ارسالی از یک تأمین‌کننده مختل از کالاهای خریداری‌شده از تأمین‌کننده در شرایط عادی فراتر نرود.

محدودیت ۹ و ۸ به ترتیب تضمین می‌کنند که در صورت عدم عقد قرارداد با تأمین‌کننده به عنوان تأمین‌کننده اصلی، مقدار هر کالای خریداری‌شده از تأمین‌کننده اصلی مختل‌نشده و مختل برابر با صفر خواهد بود.

محدودیت ۱۰ تضمین می‌کند که مقدار اقلام ارسال‌شده از هر تأمین‌کننده مختل تحت هر سناریویی باید بیشتر یا برابر اقلام خریداری‌شده از تأمین‌کننده در شرایط عادی ضرب در درصد ظرفیت تأمین‌کننده باقی‌مانده پس از اختلال است.

محدودیت ۱۱ تضمین می‌کند که در صورت عدم تنظیم قرارداد با تأمین‌کننده به عنوان تأمین‌کننده پشتیبان، مبلغ خرید از آن تأمین‌کننده (به عنوان تأمین‌کننده پشتیبان) صفر است.

محدودیت ۱۲ تضمین می‌کند که در صورت انتخاب هر تأمین‌کننده به میزان حداقل مقدار تعیین‌شده خریداری شود.

محدودیت ۱۳ میزان کمبود هر محصول تحت هر سناریو را محاسبه می‌کند.

محدودیت ۱۴ میزان ذخیره اطمینان در شرایط نرمال را نشان می‌دهد.

محدودیت ۱۵ تضمین می‌کند که میزان ذخیره اطمینان از فضای انبارش بیشتر نباشد.

محدودیت ۱۶ تضمین می‌کنند که تأمین‌کنندگان مختل هر سناریو نمی‌توانند به عنوان تأمین‌کننده پشتیبان آن سناریو استفاده شوند.

محدودیت ۱۷ بیانگر این واقعیت است که تأمین‌کننده اصلی مختل‌نشده زمانی سفارش جهت مقدار اضافه محصول را می‌پذیرد که سفارش در شرایط نرمال انجام گرفته باشد.

محدودیت ۱۸ بیان می‌کند که کل تعداد تأمین‌کنندگان اصلی در وضعیت عادی مطابق با اصول زنجیره تأمین ناب نباید از حداکثر تعداد تجاوز کند.

محدودیت ۱۹ و ۲۰ جهت تعیین بازه‌های تخفیف در شرایط نرمال و مختل‌شده تأمین‌کنندگان اصلی است.

محدودیت ۲۱ و ۲۲ تضمین می‌کند که مجموع خرید در سطوح مختلف خرید به ازای هر تأمین‌کننده و هر محصول برابر با مقدار خرید است.

محدودیت ۲۳ و ۲۴ تضمین می‌کند که زمانی تأمین‌کننده (اصلی و پشتیبان) برای محصولی انتخاب می‌شود که تأمین‌کننده انتخاب شده‌باشد.

محدودیت ۲۵ بیان می‌کند که هر تأمین‌کننده برای یک کالای خاص فقط می‌تواند یک تأمین‌کننده اصلی یا تأمین‌کننده پشتیبان باشد.

محدودیت ۲۶ و ۲۷ تضمین می‌کند که در صورتی که تأمین‌کننده انتخاب شود فقط یک سطح تخفیف حجمی آن انتخاب می‌شود.

سرانجام محدودیت‌های ۲۸ و ۲۹ نوع متغیرهای تصمیم‌گیری را نشان می‌دهد.

احتمال وقوع هر سناریو می‌تواند به صورت زیر محاسبه شود.

$$p_s = \prod_{i \notin I_s} p_i \prod_{i \in I_s} (1 - p_i) \quad (30)$$

۳-۳- مدل با در نظر گرفتن وضعیت ریسک خریدار

$CVaR$ بر اساس معیار بنام ارزش در معرض ریسک (Var) ساخته شده است. Var یک روش محبوب است برای اندازه‌گیری ریسک در یک نمونه کار [۱۷]. در واقع Var یک توزیع پیش‌بینی سود/زیان در افق هدف است که نشان دهنده بیشینه ضرر در افق هدف می‌باشد [۱۸] و از نظر آماری به معنی یافتن مقدار بحرانی برای سطح اطمینان مورد نظر است [۱۹]. Var بر تمام نتایج زیر یک سطح خاص تمرکز دارد. از این رو، با توجه به احتمال α ، Var به این سؤال پاسخ می‌دهد: "حداکثر تلفات با احتمال α ۱۰۰٪ در یک افق هدف چیست؟" با وجود محبوبیت Var در امور مالی و مدیریت ریسک، این تکنیک دارای چند ویژگی نامطلوب مهم است. آرتسرن و همکاران در سال ۱۹۹۹ خاطر نشان کردند که Var معیار منسجمی

معادله زیر ارائه شده است. به عنوان مثال، یک متغیر تصادفی X که نشان‌دهنده ضرر ناشی از یک نتیجه است را در نظر بگیرید. با سطح خطر داده شده $\alpha \in (0,1)$ از متغیر تصادفی X به صورت زیر داده شده است:

$$VaR_\alpha[\tilde{x}] := \min \{ \eta : \Pr(\tilde{x} \geq \eta) \leq 1 - \alpha \} \quad (31)$$

با توجه به معادله زیر، $CVaR$ در سطح خطر α ، توسط راکافلار و یوراسو در سال ۲۰۰۰ تعریف شده است:

$$CVaR_\alpha[\tilde{x}] = E \{ \tilde{x} | \tilde{x} \geq VaR_\alpha(\tilde{x}) \} \quad (32)$$

آن‌ها ثابت کردند که برای یک مسئله min سازی $CVaR$ ، می‌توان به عنوان ارزش هدف مطلوب محاسبه کرد:

$$CVaR_\alpha(\tilde{x}) = \min \left\{ \eta + \frac{1}{1-\alpha} \max(\tilde{x} - \eta, 0) \right\} \quad (33)$$

آن‌ها هم‌چنین ثابت کردند که برای مجموعه‌ای از سناریوهای از پیش تعریف‌شده با احتمالات مربوطه، معادله زیر را می‌توان با معرفی متغیرهای کمکی $\tau_i (i=1, \dots, N)$ و برای $\alpha \in (0,1)$ به یک برنامه‌نویسی خطی تبدیل کرد:

$$\min \quad \eta + \frac{1}{1-\alpha} \sum_{i=1}^N \rho_i \tau_i \quad (34)$$

$$\text{subject to: } \tau_i \geq L_i - \eta \quad \forall i \quad (35)$$

$$\tau_i \geq 0 \quad \forall i \quad (36)$$

جایی که L_i تحقق ضرر موردانتظار مربوط به سناریوی i است.

η : متغیر تصمیم نشان‌دهنده مقدار مطلوب

τ_i : دنباله ضرر بر سناریوی i (به عنوان مقداری که در سناریوی i از η تجاوز می‌کند)

α : سطح محافظه‌کاری که تصمیم‌گیرنده می‌پذیرد. (با نزدیک شدن به ۱، دامنه قابل قبول بدترین موارد باریک‌تر می‌شود).

Model SS&OA_CVaR:

$$\min \quad \eta + \frac{1}{1-\alpha} \sum_s p_s T_s \quad (37)$$

از خطر نیست، زیرا نتوانسته است خاصیت زیرجمع پذیری را نگه دارد. بنابراین، VaR یک نمونه کار می‌تواند بالاتر از جمع VaR s در ابعاد تکی در نمونه کارها باشد [۱۷] (یعنی $f(x+y) \leq f(x) + f(y)$ جایی که $f(o)$ معیار ریسک است

(از همین روی در سال‌های اخیر، ارزش در معرض ریسک شرطی در جهت تکامل ارزش در معرض ریسک معرفی شده است [۱۹].

علاوه بر این، هنگامی که با استفاده از رویکرد مبتنی بر سناریو محاسبه شود، بهینه‌سازی VaR دشوار است (راکافلار و یوراسو در

سال ۲۰۰۰ [۱۷]. این دلایل باعث شده است که از روش جایگزین ارزش در معرض ریسک شرطی $CVaR$ استفاده شود. ارزش در

معرض ریسک شرطی به عنوان یک معیار ریسک منسجم مورد استقبال قرار گرفته است و به عنوان ابزار مفیدی برای اندازه‌گیری

ریسک و مدیریت آن مطرح گردید که آن را با نماد $CVaR$ نمایش می‌دهند. به عبارت دیگر این معیار، زیان مورد انتظار را برابر و یا

بالاتر از ارزش در معرض ریسک، در سطح اطمینان مشخص، برآورد می‌کند. از این رو این دیدگاه نسبت به معیار ارزش در معرض ریسک

محافظه کارانه‌تر است. [۱۹]

با توجه به مباحث قبل می‌توان گفت $CVaR$ معیار منسجم‌تری برای اندازه‌گیری ریسک است و از خصوصیات بارز آن می‌توان به

موارد زیر اشاره کرد:

۱- $CVaR$ نسبت به آنالیز میانگین-واریانس در مواجهه با توزیع

نامتقارن بازدهی سرمایه، بهتر عمل می‌کند.

۲- حداقل‌سازی $CVaR$ معمولاً در نتیجه حل یک مسئله برنامه

ریزی همگرا (محدب) مانند مسائل برنامه‌ریزی خطی است که

به تصمیم‌گیرنده اجازه می‌دهد به صورت کارتر و بهتری از عهده

یک مسئله با مقیاس بزرگ برآید. [۱۹]

اندازه‌گیری $CVaR$ باعث به حداقل رساندن VaR می‌شود زیرا $CVaR$ بیشتر یا مساوی VaR است. (معادله زیر را مشاهده کنید

(اندازه‌گیری $CVaR$ آن دسته از نتایج را در نظر می‌گیرد که تلفات طی یک دوره زمانی خاص از VaR بیشتر است. به عبارت دیگر به

۱۰۰٪ $(1-\alpha)$ از نتایج اجازه داده می‌شود که از VaR تجاوز کند و مقدار متوسط این نتایج توسط $CVaR$ نشان داده شده است. به

طور کلی، α سطح محافظه‌کاری را که یک تصمیم‌گیرنده مایل به اتخاذ آن است نشان می‌دهد. تعریف رسمی VaR و $CVaR$ در

گام سوم : با توجه به رابطه ذکرشده احتمال هر سناریو را محاسبه کنید.

گام چهارم : مرتب‌سازی سناریوها بر طبق احتمال آن‌ها

گام پنجم : N سناریوی اولی که بیشترین احتمال را دارند انتخاب کنید

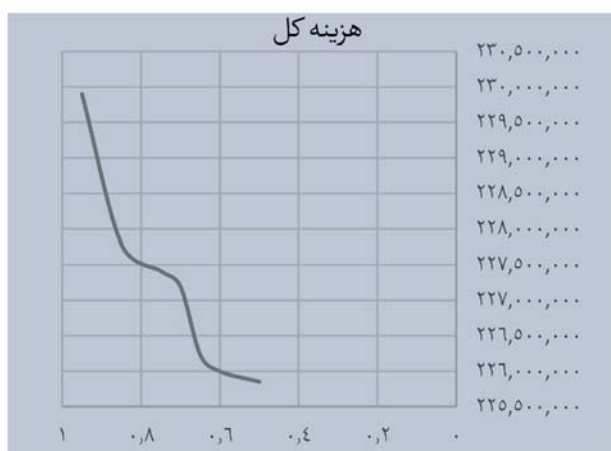
۳-۵- مطالعه موردی

مطالعه موردی انتخاب‌شده در شرکت ساپکو ، شرکت طراحی مهندسی و تأمین قطعات ایران خودرو انجام گرفته‌است و مربوط به تأمین هشت نوع لوله ترمز است . برای این هشت قطعه ، پنج تأمین‌کننده با نام‌های پارس نورد ، صنایع شریف ، آذین تنه ، شمیم پژوهش و ایمن صنعت سدید وجود دارد . پارس نورد که واقع در تاکستان است تأمین‌کننده پشتیبان و چهار تأمین‌کننده دیگر که واقع در تهران‌اند تأمین‌کنندگان اصلی این قطعات هستند .

در این مطالعه موردی با توجه به اینکه تعداد سناریو ها ۳۱ می‌شود و خیلی زیاد نیست تنها ۶ سناریو که احتمالاتش خیلی کم بود حذف گردید و سایر سناریوها بررسی شد .

تمام خروجی‌های ذکرشده در نمودارهای زیر با استفاده از حل مدل توسط نرم افزار گمز آراشته شده‌اند .

ابتدا تاثیر وضعیت ریسک تصمیم‌گیرنده بر هزینه‌های کل مورد بررسی قرار می‌گیرد . نمودارهای زیر به جهت بررسی این هدف محاسبه و تعبیه شده‌اند . شکل ۲ مشخص‌کننده ارتباط بین وضعیت ریسک تصمیم‌گیرنده و هزینه کل است :



Subject to: (2-29)

$$\begin{aligned}
 T_s \geq & \sum_i (v_i z_i + v'_i z'_i) + \sum_i \sum_j (x_{ij}(a_{ij} + T_{ij})) + \\
 & \sum_i \sum_j \sum_b (c_{ij} x_{ijb}(1 - d_{ib})) + \\
 & \sum_i \sum_j ((a_{ij}^b + c_{ij}^b + T_{ij}^b) q_{ij}^{\min} z'_{ij}) + \sum_j s_j h_j + \\
 & \sum_{i \in I_s} \sum_j (c_{ij}^b + a_{ij}^b + T_{ij}^b) y_{ijs} + \\
 & \sum_{i \in I_s} \sum_j (c_{ij}^i + a_{ij}^i + T_{ij}^i) z_{ijs} - \\
 & \sum_{i \notin I_s} \sum_j (a_{ij} + T_{ij})(x_{ij} - x_{ijs}) \\
 & - \sum_{i \notin I_s} \sum_j ((a_{ij}^b + c_{ij}^b + T_{ij}^b) q_{ij}^{\min} z'_{ij}) - \\
 & \sum_{i \in I_s} \sum_j \sum_b (c_{ij}(x_{ijb} - x_{ijbs})(1 - d_{ib})) + \sum_j b_j B_{js} + \\
 & \sum_{i \notin I_s} \sum_j L_{ij}(x_{ij} - x_{ijs} + q_{ij}^{\min} z'_{ij}) - \eta \quad \forall s \quad (38)
 \end{aligned}$$

$$T_s \geq 0 \quad \forall s \quad (39)$$

اگر M تعداد تأمین‌کنندگان اصلی و B تعداد تأمین‌کنندگان پشتیبان در نظر گرفته شود تعداد سناریوهای اختلال می‌تواند به صورت $2^{M+B} - 1$ محاسبه شود.

۳-۴- روش کاهش سناریو

با توجه به رابطه فوق می‌توان دریافت که تعداد سناریوها به خصوص زمانی که تعداد تأمین‌کنندگان پنج به بالا باشد بسیار زیاد می‌شود . در چنین مواردی ، باید یک روش کاهش سناریو برای انتخاب محتمل‌ترین سناریوها و کاهش پیچیدگی محاسبات اعمال شود .

در این کار ، از نمونه‌گیری ساده با حداکثر احتمال^۱ (MLS) برای این منظور استفاده شده است که شامل مراحل زیر است [۱۰] :

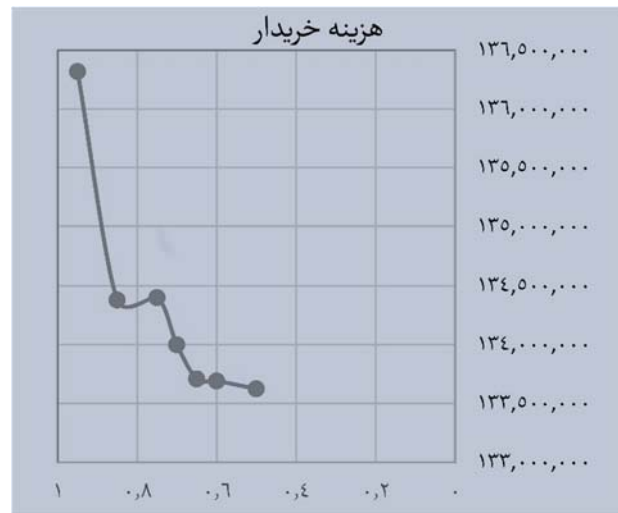
گام اول : N (تعداد سناریوهای مورد نظر) را انتخاب کنید

گام دوم : با توجه به تعداد تأمین‌کنندگان واجد شرایط ، همه سناریوهای ممکن را ایجاد کنید

شکل ۲ شرح ارتباط بین وضعیت ریسک و هزینه کل

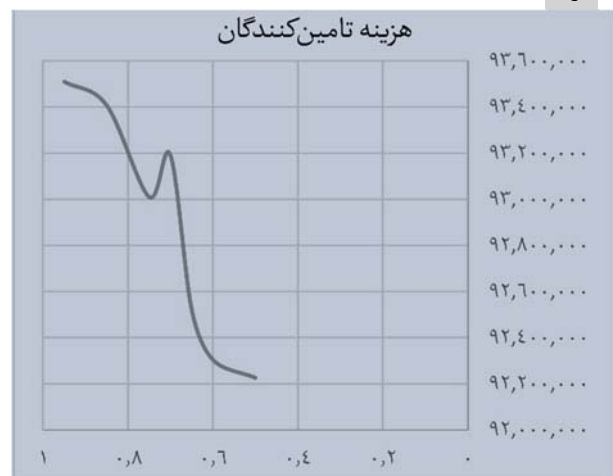
این نمودار تاثیر افزایش α از ۰,۵ تا ۰,۹۵ را بر کل هزینه‌ها یعنی هم هزینه‌های تامین‌کنندگان اعم از اصلی یا پشتیبان و هم خریدار را در مدل CVAR نشان می‌دهد که همان‌طور که مشخص است روند کاملاً صعودی است.

شکل ۳ نمودار دیگری است که تاثیر وضعیت ریسک بر هزینه خریدار را بررسی می‌کند:



شکل ۳ شرح ارتباط بین وضعیت ریسک و هزینه خریدار

همان‌طور که گفته شد نمودار فوق مشخص‌کننده تاثیر افزایش α از ۰,۵ تا ۰,۹۵ بر هزینه خریدار را مشخص می‌کند که همان‌طور که می‌بینید به صورت کلی روند صعودی با نوسانات جزئی دارند. شکل ۴ به همان ترتیب تاثیر وضعیت ریسک را بر هزینه تامین‌کنندگان را مشخص می‌کند که روندی مشابه هزینه خریدار دارد:

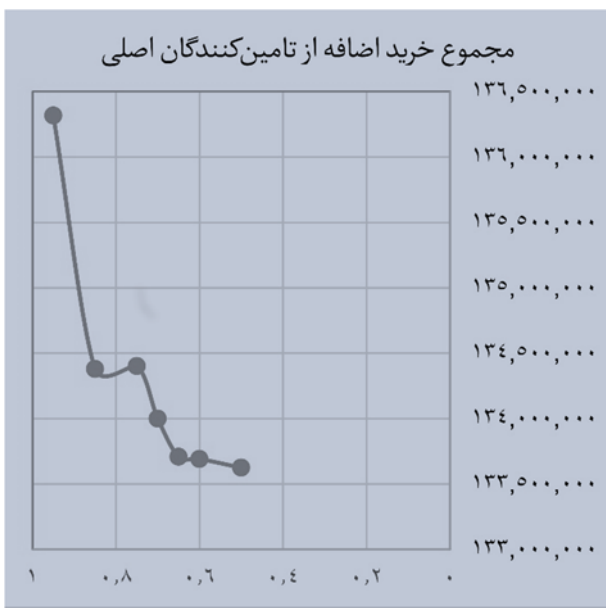


شکل ۴ شرح ارتباط بین وضعیت ریسک و هزینه تامین‌کنندگان

برای بررسی علت این تغییرات، تاثیر وضعیت ریسک تصمیم‌گیرنده بر سایر متغیرهای مسئله مورد بررسی قرار می‌گیرد.

در این مطالعه موردی، وضعیت ریسک روی انتخاب تامین‌کنندگان تاثیری نداشته و در همه موارد به این صورت بود که تامین‌کنندگان اصلی برای تمام قطعات و تامین‌کننده پشتیبان برای دو قطعه برگزیده شده بود. هم‌چنین از نظر انتخاب سطح تخفیف نیز در همه موارد مشابه بود. علت این اتفاق این است که احتمال اختلال تامین‌کنندگان و درصد افزایش هزینه آن‌ها در شرایط اختلال توسط شرکت ساپکو در اختیار قرار داده شده بسیار پایین بوده نتیجه به این صورت بود که در هیچ مورد، مدل به سمت ذخیره اطمینان نرفت. زیرا در تمام موارد هزینه نگهداری از افزایش هزینه‌ها در شرایط اختلال بالاتر بوده است و همواره خرید اضافه در شرایط اختلال به صرفه‌تر می‌شده است. پس مقدار خرید از تامین‌کنندگان در شرایط نرمال نیز در تمام حالات ثابت مانده و لذا انتخاب سطح تخفیف که بر طبق مطالعه موردی فقط برای شرایط نرمال در نظر گرفته شده بود هم نتایج مشابه به هم داشتند و در همه موارد برای سه تامین‌کننده اول سطح یک تخفیف و برای تامین‌کننده چهارم سطح دو برگزیده شده است ولی مقادیر خرید اضافه از تامین‌کنندگان در شرایط اختلال اعم از اصلی یا پشتیبان با افزایش α افزایش می‌یابد.

شکل ۵ و ۶ به ترتیب روند صعودی مجموع خرید از تامین‌کنندگان اصلی و پشتیبان را مشخص می‌کند:



شکل ۵ ارتباط وضعیت ریسک با مجموع خرید اضافه از تامین‌کنندگان اصلی

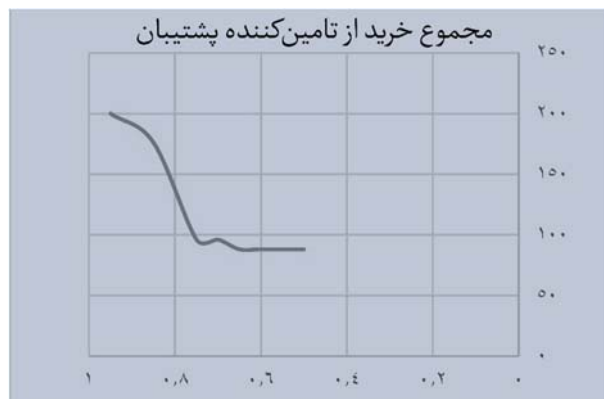
حفاظتی بیشتر می‌شود که تصمیم‌گیرنده بر طبق بهینگی از این سیاست‌ها استفاده می‌کند بنابراین همانطور که در شکل‌های ۴ و ۵ قابل مشاهده است مجموع خرید از تامین‌کننده اصلی آسیب‌نדיده و تامین‌کننده پشتیبان افزایش و مجموع خرید از تامین‌کنندگان اصلی آسیب‌دیده (مشاهده شده در شکل ۷) کاهش می‌یابد با این وجود نهایتاً با کاهش پذیرش ریسک هزینه کل زنجیره تامین افزایش پیدا می‌کند.

۴- نتیجه گیری

با توجه به اهمیت موضوع انتخاب تامین‌کننده و تخصیص سفارش به علت تاثیر زیاد هزینه خرید مواد اولیه بر هزینه کل محصول این موضوع انتخاب شده است. هم چنین به علت تاثیر بسیار ریسک‌های اختلال بر روی صنایع حتی قدرتمند مانند اپل^۱ نیاز به انعطاف زنجیره تامین و در نظر گرفتن اختلال و عدم قطعیت بر کسی پوشیده نیست. لذا در این تحقیق سعی شده در جهت تکمیل‌تر شدن ادبیات این موضوع یعنی انتخاب تامین‌کننده و تخصیص سفارش با در نظر گرفتن ریسک اختلال کار شود و لذا تخفیف حجم تجارت که در این مساله بررسی نشده بود در نظر گرفته شد و به جهت افزایش انعطاف‌پذیری سیاست‌های حفاظتی تامین پشتیبان و کمک گرفتن از تامین‌کنندگان اصلی مختل نشده و همین‌طور ذخیره اطمینان در نظر گرفته شد و تصمیم بر آن شد که این مساله را در یک زنجیره متمرکز دو سطحی شامل تامین‌کنندگان و تولیدکننده که هزینه خریدار و تامین‌کنندگان را کمینه سازد در نظر گرفته شود و تاثیر وضعیت ریسک تصمیم‌گیرنده در این مسئله مورد بررسی قرار داده شود.

نوآوری اصلی این کار لحاظ هم‌زمان تخفیف حجمی و ریسک اختلال در یک مدل انتخاب تامین‌کننده و تخصیص سفارش است. همین‌طور تا حد امکان سعی شده که مفروضات در نظر گرفته شده با شرکت مورد مطالعه منطبق باشد ضمن این‌که مواردی که در ادبیات با شرایط شرکت ساپکو مطابقت نداشت نیز اصلاح گردید.

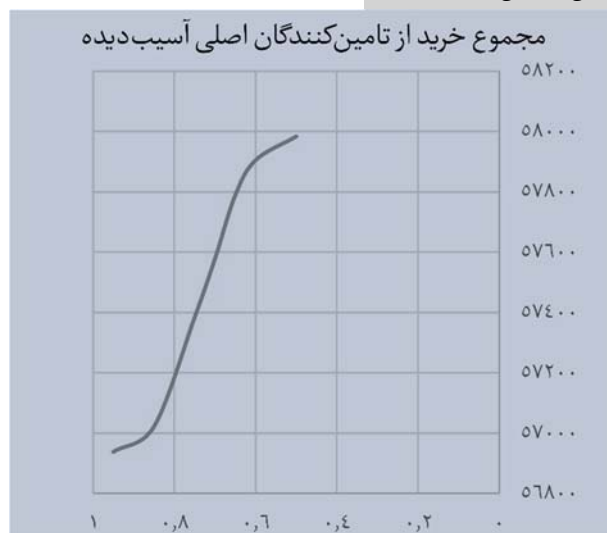
نتیجه حاصل شده از این تحقیق به این صورت بود که وضعیت ریسک روی متغیرهای تصمیم مربوط به انتخاب تامین‌کنندگان تاثیری نداشت. هم‌چنین از نظر انتخاب سطح تخفیف نیز در همه موارد مشابه بود. علت این اتفاق را می‌توان این‌گونه توجیه کرد که چون



شکل ۶ ارتباط وضعیت ریسک با مجموع خرید اضافه از تامین‌کنندگان

پشتیبان

و همین‌طور تاثیر دیگر وضعیت ریسک بر متغیرها، روی مقدار خرید از تامین‌کنندگان آسیب‌دیده است که روند نزولی دارد و در شکل ۷ قابل مشاهده است:



شکل ۷ ارتباط وضعیت ریسک با مجموع خرید اضافه از تامین‌کنندگان اصلی آسیب‌دیده

با توجه به موارد گفته شده می‌توان دریافت با افزایش α که در واقع به معنای کاهش پذیرش ریسک توسط تصمیم‌گیرنده یا افزایش حساسیت نسبت به ریسک است موجب افزایش هزینه کل می‌شود همین‌طور هزینه تامین‌کنندگان و هزینه خریدار هر دو دارای روند صعودی با نوسانات جزئی است یعنی رابطه مستقیم افزایش حساسیت به ریسک به افزایش کلیه هزینه‌ها. همین‌طور از آنجایی که تصمیم‌گیرنده در واقع نسبت به ریسک و مواجهه با کمبود حساس‌تر می‌شود میل تصمیم‌گیرنده به استفاده از سیاست‌های

¹ Apple

4. Varthini Rajagopala*, Shanmugam Prasanna Venkatesana, Mark Gohb.2017. Decision-making models for supply chain risk mitigation: A review. Computers & Industrial Engineering
5. Zhong Yao , Xi Xu, Jing Luan,2017, Impact of the downside risk of retailer on the supply chain coordination, Computers & Industrial Engineering
6. S. PrasannaVenkatesan, M. Goh, 2016, Multi-objective supplier selection and order allocation under disruption risk, Transportation Research Part E
7. Seyedmohsen Hosseinia*, Nazanin Morshedlou, Dmitry Ivanov, M.D. Sarder, Kash Barkere, Abdullah Al Khaled,2019, Resilient supplier selection and optimal order allocation under disruption risks, International Journal of Production Economics
8. Samira Mokhtara*, Parisa A. Bahria , Sorousha Moayera , Adrian Jamesb,2019, Supplier portfolio selection based on the monitoring of supply risk indicators, Simulation Modelling Practice and Theory
9. Harpreet Kaur a , Surya Prakash Singh, 2020, Multi-stage hybrid model for supplier selection and order allocation considering disruption risks and disruptive technologies, International Journal of Production Economics
10. Elham Esmaili-Najafabadi, Mohammad Saber Fallah Nezhad, Hamid Pourmohammadi, Mahboobeh Honarvar, Mohammad Ali Vahdatzad,2018, A Joint Supplier Selection and Order Allocation Model with Disruption Risks in Centralized Supply Chain, Computers & Industrial Engineering
11. S.A. Torabi a, M. Baghersad a,b, S.A. Mansouri c,2015, Resilient supplier selection and order allocation under operational and disruption risks, Transportation Research Part E
12. F. Vahidi, S. Ali Torabi*, M.J. Ramezankhani,2018, Sustainable supplier selection and order allocation under operational and disruption risks, Journal of Cleaner Production
13. Xin Lia , José A. Venturab*, Bárbara B. Venegasb , Sang Jin Kweonc , Seong Wook Hwangd,2018, An integrated acquisition policy for supplier selection and lot sizing considering total quantity discounts and a quality constraint, Transportation Research Part E
14. Daniele Manerba , Renata Mansini, Guido Perboli,2018, The Capacitated Supplier Selection problem with Total Quantity Discount policy and Activation Costs under uncertainty, International Journal of Production Economics
15. Gulcin Bektur,2020, An integrated methodology for the selection of sustainable suppliers and order allocation problem with quantity discounts, lost sales and varying supplier availabilities, Sustainable Production and Consumption
16. Armin Cheraghalipoura*, Saba Farsadb,2018, A bi-objective sustainable supplier selection and order allocation considering quantity discounts under disruption risks: A case study in plastic industry, Computers & Industrial Engineering
17. Christian Bohner, Stefan Minner,2016, Supplier Selection under Failure Risk, Quantity and Business Volume Discounts, Computers & Industrial Engineering,
18. M.Taheri,Y.Javid, Risk based modeling for evaluation of insurance companies' investment in public-private partnership in road construction,sharif journal, September 2021, Pages 83-92(in persion)
19. Rafi Hasani Moghadam , computing the CVaR of Islamic Securities (Sukuk) (Case study of Murabahah , Ijarah and Musharakah Securities), Bi-quarterly Journal of Islamic Economics Studies , spring & summer 2022,pp.465-496(in persion)

احتمال اختلال تامین‌کنندگان و همین‌طور درصد افزایش هزینه آن‌ها در شرایط اختلال که توسط شرکت ساپکو در اختیار قرار داده شده بسیار پایین بوده نتیجه به این صورت بود که در هیچ مورد ، مدل به سمت ذخیره اطمینان نرفت . پس مقادیر خرید از تامین‌کنندگان در شرایط نرمال نیز در تمام حالات ثابت مانده و انتخاب سطح تخفیف هم نتایج مشابه به هم داشتند ولی مقادیر خرید اضافه از تامین‌کنندگان در شرایط اختلال اعم از اصلی یا پشتیبان با افزایش α افزایش می‌یابد .

هم‌چنین با افزایش α میل تصمیم‌گیرنده به استفاده از سیاست‌های حفاظتی بیشتر می‌شود که بر طبق بهینگی از این سیاست‌ها استفاده می‌کند با این وجود نهایتاً با کاهش پذیرش ریسک هزینه‌های کل زنجیره تامین به صورت کامل و هزینه اعضای زنجیره تامین به صورت کلی افزایش می‌یابد و عملاً حساسیت نسبت به ریسک توصیه نمی‌شود .

از محدودیت‌های انجام این تحقیق می‌توان همکاری کم صنعت با موضوع به ویژه در زمان شیوع کرونا و همین‌طور زمان‌های اوج کرونا و نیز محدود بودن زمان لازم جهت تحقیقات گسترده تر را برشمرد . لذا تحقیق حاضر شامل محدودیت‌هایی نظیر قطعی در نظر گرفتن پارامترهایی نظیر تقاضا که در واقعیت غیر قطعی اند ، تک معیاره (در نظر گرفتن معیار هزینه) و تک دوره‌ای بودن است .

با توجه به موارد ذکرشده ، برای تحقیقات آینده در نظر گرفتن عدم قطعیت پارامترهایی نظیر تقاضا پیشنهاد می‌شود . به علاوه با توجه به این که امکان انجام مدل به صورت چند معیاره در یک مدل C-VaR وجود نداشت و هدف اصلی این کار بررسی وضعیت ریسک تصمیم‌گیرنده بود لحاظ معیارهای مهم مانند پایداری بر پایه مدل اولیه این کار می‌تواند در نظر گرفته شود . همین‌طور به جهت بررسی دقیق‌تر مسائل کنترل موجودی و انبارداری ، توسعه مدل با در نظر گرفتن مدل به صورت چنددوره ای نیز پیشنهاد می‌گردد .

۵-مراجع

1. Beil,D.R.2010, Supplier selection . wiley Encyclopedia of operations Research and management science
2. Burton , T.T.1988, JIT/Repetitive Sourcing Strategies : "Tying the Knot with Y.Production and inventory management Journal , 29,38 .
3. M. Hajian Heidary*, A. Aghaie.2019. Risk averse sourcing in a stochastic supply chain: A simulation-optimization approach. Computers & Industrial Engineering