



طراحی مدل ریاضی زنجیره تأمین تاب آور و یکپارچه سازی رویکردهای مالی و عملیاتی

عمار فیضی^۱

احسان ساده^۲

زین العابدین امینی سابق^۳

رضا احتشام رائی^۴

تاریخ دریافت مقاله : ۹۸/۰۷/۲۰ تاریخ پذیرش مقاله : ۹۸/۰۹/۱۱

چکیده

هدف پژوهش طراحی یک شبکه زنجیره تأمین پنج سطحی با در نظر گرفتن هم‌زمان ابعاد مالی و عملیاتی در چارچوب یک نگرش کل‌گرا و سیستمی است. نوآوری پژوهش حاضر ارائه یک رویکرد یکپارچه مالی - عملیاتی در زنجیره تأمین تاب‌آور و جنبه جدید بودن تحقیق در نظر گرفتن پنج سطح تأمین‌کنندگان، کارخانه‌ها، مراکز توزیع، خرده‌فروشان و مشتریان به صورت ریاضی در سطوح تصمیم‌گیری راهبردی و فنی مدل‌سازی با توجه به اهمیت حقوق صاحبان سهام در مقابل سود حسابداری با هدف مدل‌سازی حداکثر کردن ثروت سهامداران است. طراحی و آزمون مدل پیشنهادی با استفاده از نرم افزار گمز ۲۴ و حل‌کننده CPLEX صورت پذیرفته است. نتایج مدل‌سازی و حل مدل عددی، اهمیت نقش بُعد مالی و در نظر گرفتن هم‌زمان ابعاد عملیاتی - مالی در مدل ریاضی برای کسب مزیت رقابتی پایدار را نشان می‌دهد؛ همچنین توانایی زنجیره تأمین پنج سطحی با مناسب نشان دادن معیارهایی مانند بهای تمام شده، ساختار سرمایه، افزایش بیشتر حقوق صاحبان سهام در مقابل سود تبیین شده است. در راستای تحلیل تاب‌آوری زنجیره تأمین شرکت ایران خودرو به عنوان مورد مطالعه با مدل طراحی شده آزمون و اعتبارسنجی گردید. نتایج نشان داد، با به کارگیری مدل تحقیق حاضر می‌توان تاب‌آوری زنجیره تأمین ایران خودرو را بهبود و ارتقاء بخشید.

کلمات کلیدی

زنجیره تأمین، تاب‌آوری، مدل‌سازی ریاضی، رویکرد عملیاتی، رویکرد مالی

۱- گروه مدیریت، واحد ساوه، دانشگاه آزاد اسلامی، ساوه، ایران. ammarfezyi@live.com

۲- گروه مدیریت، واحد ساوه، دانشگاه آزاد اسلامی، ساوه، ایران (نویسنده مسئول) e.sadeh@yahoo.com

۳- گروه مدیریت، واحد ساوه، دانشگاه آزاد اسلامی، ساوه، ایران. drsajadami@yahoo.com

۴- گروه مدیریت صنعتی، واحد قزوین، دانشگاه آزاد اسلامی، قزوین، ایران. rezaehteshamrasi@gmail.com

طراحی مدل ریاضی زنجیره تأمین تاب آور.../فیضی، ساده، امینی سابق و احتشام راثی

مقدمه

امروزه در اقتصاد جهانی، رقابت شدید میان شرکت‌ها باعث شده تا آن‌ها در شرایط عدم اطمینان فعالیت کنند، در نتیجه با ریسک‌های بالایی مواجه می‌شوند. ریسک‌ها اثرات منفی بر زنجیره تأمین^۱ شرکت‌ها داشته و می‌توانند منجر به کاهش سودآوری و مزیت رقابتی شوند (روانستان و همکاران، ۱۳۹۶). زنجیره تأمین می‌تواند به‌عنوان زنجیره‌ای که عاملین مختلف از مشتری تا تأمین‌کننده را از طریق تولید و خدمات به یکدیگر مرتبط می‌کند، تعریف گردد؛ که در این زنجیره جریان مواد، اطلاعات و عوامل مالی به‌صورت اثربخش برای برآورد نیازمندی‌های کسب‌وکار مدیریت می‌شوند (جعفرنژاد و محسنی، ۱۳۹۴).

وقوع رویدادهایی که منجر به ایجاد وقفه در جریان مواد می‌شوند، حتی اگر این رویدادها در مکانی دور اتفاق بیفتند می‌توانند اختلالاتی در مقیاس وسیعی ایجاد نمایند. مدیریت زنجیره تأمین باید به سمت رویکردهای متفاوت و نوآورانه‌ای حرکت کند تا در مواجهه با اختلالات ناشی از ریسک‌ها توانایی بیشتری داشته باشند. یکی از این رویکردها، استراتژی زنجیره تأمین تاب‌آور^۲ است (جعفرنژاد، کاظمی و عرب، ۱۳۹۵؛ جهانی، آذر و مقبل باعرض ۱۳۹۶). تاب‌آوری به توانایی زنجیره تأمین در غلبه کردن بر آشفتگی‌های غیرمنتظره اشاره می‌کند و توانایی سیستم برای برگشت به حالت اصلی خودش یا به یک حالت جدید و مطلوب‌تر بعد از تجربه یک آشفتگی است (Carvalho, et al, 2012).

صنعت خودرو در ایران با توجه به پیوندهای عمیق با بخش‌های کلیدی اقتصاد، جایگاه ویژه‌ای در اقتصاد کشور دارد که قادر است به‌عنوان محرکی برای رشد اقتصادی باشد. باز شدن تدریجی اقتصاد ایران در سال‌های اخیر منجر به ورود رقبای مطرح خارجی شد (سیدحسینی و زمانی، ۱۳۹۳). مدیریت جریان‌ات پیچیده مواد و اطلاعات بین شرکت‌ها، نیازمند هماهنگی بین فرآیندهای هر یک از شرکت‌های درگیر در زنجیره است. برای افزایش اثربخشی شرکت‌ها و نیز بهبود رقابت‌پذیری، مدیریت زنجیره تأمین از اهمیت زیادی برخوردار است. استراتژی‌های مختلف مدیریت زنجیره تأمین از جمله تاب‌آوری^۳، به دنبال افزایش انعطاف‌پذیری و توسعه توانایی زنجیره تأمین در پاسخگویی سریع به تغییر در تقاضای مشتری است (Ambulkar, Blackhurst & Grawe, 2015; Chowdhury & Quaddus, 2017).

هر سیستم زنجیره تأمین به طور موازی دارای یک سیستم زنجیره مالی^۴ نیز است. زنجیره مالی می‌تواند هر نوع زنجیره تأمین را خلق کند، رشد دهد، تکثیر کند و یا نابود سازد. لزوم بررسی‌ها و تحلیل فرآیندهای عملیاتی^۵ برای ترکیب با ملاحظات مالی در بسیاری از پژوهش‌ها تشخیص داده

شده‌اند (Bals,2019; Rajesh,2019; Martin & Hofmann,2019)؛ اما تاکنون تعداد نسبتاً کمی از مدل‌های تلفیقی مالی در حوزه زنجیره تأمین خصوصاً زنجیره تأمین تاب‌آور طراحی و تدوین شده‌اند. تاکنون پژوهش‌های بسیاری در خصوص طراحی زنجیره تأمین و تاب‌آوری صورت پذیرفته از جمله: (Bals,2019; Caniato, Henke & Zsidisin,2019; Martin & Hofmann,2019; Moretto et al,2019; Parast&Shekarian,2019; Rajesh,2019; Marak&Pillai,2018; Li et al,2017; Heckmann, Comes & Nickel,2015; Zhao & Huchzermeier,2015; Hammervoll,2011; یاری، پیشوایی و جبارزاده، ۱۳۹۷؛ محمدی و همکاران، ۱۳۹۶؛ منصور، عباس‌نژاد و عسکری‌پور، ۱۳۹۶؛ غایبلو و تارخ، ۱۳۹۴؛ ربانی، معنوی‌زاده و فرش‌باف، ۱۳۹۴؛ شول و همکاران، ۱۳۹۳؛ آقای، خسروانیا و غضایی، ۱۳۹۲ و...)، اما پژوهشی که به طراحی زنجیره تأمین تاب‌آور در صنعت خودروسازی و یکپارچه‌سازی رویکردهای مالی - عملیاتی در پنج سطح تأمین‌کنندگان؛ کارخانه‌ها؛ مراکز توزیع؛ خرده‌فروشان و مشتریان پرداخته باشد؛ صورت پذیرفته است. هدف پژوهش حاضر، طراحی یک شبکه زنجیره تأمین پنج سطحی با در نظر گرفتن همزمان ابعاد مالی و عملیاتی در چارچوب یک نگرش کل‌گرا و سیستمی در سه دوره زمانی است. این مطالعه یک رویکردی نوین و ریاضی جهت ارتقاء تاب‌آوری کارخانه ایران خودرو با در نظر گرفتن رویکرد یکپارچه مالی - عملیاتی جهت افزایش حقوق صاحبان سهام در مقابل سود حسابداری، مدلی را ارائه نموده است؛ که به نظر می‌رسد نتایج اجرای آن منجر به حداکثر کردن ثروت سهامداران خواهد شد. سؤال اصلی پژوهش حاضر این است که؛ چگونه می‌توان یک شبکه زنجیره تأمین تاب‌آور پنج سطحی با در نظر گرفتن همزمان ابعاد مالی - عملیاتی در چارچوب یک نگرش کل‌گرا و سیستمی طراحی نمود؟

در ادامه پس از مرور مبانی نظری و پیشینه پژوهش‌های زنجیره تأمین تاب‌آور و رویکردهای مالی و عملیاتی در زنجیره تأمین، به معرفی روش تحقیق، مفروضات مدل؛ پارامترهای مورد استفاده در مدل؛ متغیرهای تصمیم؛ توابع هدف؛ تشریح محدودیت‌های مدل و بیان مورد مطالعه در کارخانه ایران خودرو پرداخته شده است.

مبانی نظری و مروری بر پیشینه تحقیق

تاب‌آوری در مفهوم سازمانی به معنی توانایی مقاومت در برابر بحران و آشفتگی‌ها است که در سال‌های اخیر به یک کلمه کلیدی تبدیل شده است، این مفهوم با فعالیت‌های راه‌اندازی و تأسیس، مدیریت ریسک و بحران، برنامه‌ریزی کسب‌وکار و مدیریت استراتژیک

طراحی مدل ریاضی زنجیره تأمین تاب آور.../فیضی، ساده، امینی سابق و احتشام رائی

مرتبط است و به کسب و کارها کمک می کند که در هر شرایطی بتوانند به فعالیت ادامه دهند (خدابخش، دهقان نیری و امامیان، ۱۳۹۷)

تاب آوری در فرهنگ لغت، توانایی بازیابی، بهبود سریع، تغییر، شناوری، کشسانی و همچنین خاصیت فنری و ارتجاعی ترجمه شده است. مفهوم تاب آوری در رشته های مختلف علمی از روانشناسی تا مهندسی کاربرد دارد و در نتیجه تعاریف به همان اندازه متنوع است. بسیاری این مفاهیم تاب آوری را به عنوان توانایی جستن به عقب برای دستیابی به تعادل واحد، به عنوان اندازه گیری استحکام و ظرفیت میانگیری، قبل از این که اختلالات بتوانند سیستم را از حالت پایدار به حالت دیگر تبدیل کنند و به عنوان توانایی سازگاری در واکنش به اختلال در نظر می گیرند (Yu et al, 2019).

تاب آوری زنجیره تأمین یک زیرمجموعه از مبانی نظری موضوع، مدیریت ریسک است. تاب آوری نه تنها اختلال را کاهش می دهد، بلکه قابلیت سیستم برای بازگشت از وضعیت اختلال به حالت مطلوب را ارتقا می بخشد. اختلالات در زنجیره های تأمین غیرقابل اجتناب است؛ بنابراین مدیران نباید بر وقایع مصیبت بار (که ممکن است رخ دهند یا خیر) تمرکز کنند؛ بلکه لازم است زنجیره تأمین را به گونه ای مدیریت و توسعه دهند که زنجیره بتواند در مقابل اختلالات پیش رو به خوبی واکنش نشان دهد و به شرایط عادی بازگردد (Scheibe & Blackhurst, 2019).

گلیکمن و وایت (۲۰۰۶)، بیان کردند که شکست ها و آشفتگی ها در زنجیره تأمین اجتناب ناپذیر هستند. بنابراین تمرکز مدیریت نباید صرفاً بر روی رخداد های ناسازگار باشد، بلکه باید بر روی توسعه مدیریت یک زنجیره تأمین متمرکز باشد که قادر است به طور مؤثری به شوک های محیطی پاسخ دهد. توانایی برای واکنش مقتضی به شکست ها خواه طبیعی و خواه غیرطبیعی، یک ضرورت استراتژیک برای بقاء کسب کار است. کاروالهوا (۲۰۱۲)، ویژگی های تاب آوری را به صورت زیر معرفی کرده است: ایجاد افزونگی (مانند در نظر گرفتن موجودی ایمنی)، افزایش تنوع در نهادهای زنجیره تأمین (مانند تأمین منعطف)، همچنین در فرآیند (مانند فرآیندهایی که محصولات متنوع را ارائه می دهند)، افزایش سرعت زنجیره تأمین (مانند کاهش زمان بین سفارش یک کالا و دریافت آن (لید تایم) ^۱، بهبود تسهیم اطلاعات مانند توسعه میدان دید زنجیره تأمین) و همکاری (مانند تسهیم ریسک) (جعفرنژاد، کاظمی و عرب، ۱۳۹۵).

بهینه سازی در سیستم های تولیدی در کنار برنامه ریزی های مالی، بهبود در تصمیم های مالی و عایدات سازمان ها را به دنبال دارد و از این طریق در بهینه نمودن مدل های زمان بندی پیشرفت تولید،

موفقیت حاصل می‌شود. عملیات مالی مکمل عملیات تولید است؛ زیرا تأمین مالی تولید، سرمایه‌گذاری روی فرآیندهای تولیدی، تجهیزات جدید، محصولات نوآورانه و توسعه بازارهای جدید و همچنین عملیات توزیع را ممکن و تضمین می‌سازد. با توجه به این‌که بخشی از روش‌های تأمین مالی از دو منبع بدهی‌ها و انتشار سهام عادی صورت می‌پذیرد، شرکت‌ها برای جذب گروه‌های سرمایه‌گذاری باید وضعیت مالی رضایت‌بخشی داشته باشند.

در صورتی که شرکت‌ها به دنبال مزیت رقابتی و تاب‌آوری در زنجیره تأمین خود باشند باید ابزارهایی را به کار گیرند که از طریق آن‌ها بتوانند نقش‌های بین وظیفه‌ای بازی کنند و برنامه یکپارچه و تلفیقی مناسبی برای کل زنجیره تأمین اجرا کنند. این برنامه‌ها شامل تصمیم‌های برنامه‌ریزی بهینه در حوزه‌های عملیاتی و مالی بوده که دیدگاه آن‌ها مبتنی بر ارزش است. در محاسبه ارزش سهامداران موضوع‌های مهم و پیچیده‌ای باید مدنظر قرار گیرد. ارزش سهامداران از طریق حداکثرسازی ارزش شرکت بهبود می‌یابد. همچنین مدیران باید علاوه بر هدف‌گذاری حداکثرسازی ثروت سهامداران، با توجه به نظر شاپیرو^۹ (۲۰۰۴)، در زمان مدل‌سازی زنجیره تأمین پیوند بین سه دسته از تصمیم‌ها (زنجیره تأمین، تقاضا و تأمین مالی شرکت)، را در نظر گیرند. ملاحظات و تصمیم‌های مالی همواره تحت تأثیر درخواست‌های مختلف سازمانی و مدیران تولید گاه‌ها تصمیم‌های بازاریابی است؛ اما توجه به متغیرهای مالی اهمیت خاصی دارد. برای مثال، هووارد و آبتون (۱۹۵۳)، به اهمیت مدیریت وجه نقد اشاره کرده‌اند و همچنین گیولن و همکاران (۲۰۰۶) و لائینز و همکاران (۲۰۰۹)، معتقدند کنترل مؤثر وجه نقد یکی از مهم‌ترین عوامل برای مدیریت مالی موفق است؛ بنابراین توسعه مطالعات و تحلیل‌هایی که در کنار عملیات فرایندی در زنجیره تأمین، ملاحظات مالی را در نظر گیرند، به شدت احساس می‌شود. در ادامه به برخی از مهم‌ترین پژوهش‌های صورت گرفته در خصوص تاب‌آوری و طراحی زنجیره تأمین با توجه به رویکردهای مالی و عملیاتی پرداخته شده است. سیریواسان و کیم (۱۹۸۶)، نشان دادند که پژوهش‌های دانشگاهی در خصوص مدیریت نقدینگی، بیشتر روی انواع تصمیم‌های ویژه متمرکز شده‌اند و کمتر به اهداف تلفیقی وسیع‌تر توجه کرده‌اند؛ زیرا این گونه اهداف به چگونگی استفاده و پیوند درونی تصمیم‌های ضروری و هم‌زمان رویکرد تولید و مالی اشاره می‌کنند. برخی از مطالعات در خصوص مدل‌سازی بودجه‌بندی، هم‌زمان با ظهور روش‌های محاسباتی برنامه‌ریزی خطی انجام شد (Orgler, 1996; Baumol, 1952; Orgler, 1970; Miller & Engemann, 1996; Robichek, Teichrow & Jones, 1965). اورگلر (۱۹۷۰)، مزایای مدل‌سازی مالی و عملیاتی را شناسایی نمود؛ اما کاربردهای عملی برای ادغام و یکپارچه‌سازی آن ارائه نکرد. لائینز و

طراحی مدل ریاضی زنجیره تأمین تاب آور.../فیضی، ساده، امینی سابق و احتشام راثی

همکاران (۲۰۰۹)، به بررسی ملاحظات مالی و مهندسی مالی در زنجیره تأمین و مدیریت خط لوله توسعه محصول پرداختند. آن‌ها در مطالعه خود سه جنبه مهم از مسائل، شامل شاخص‌های واقعی اجزای مالی و معیارهای صحیح برای این نوع مسائل، مدیریت راهبردی تأمین‌کنندگان و روابط مشتریان از طریق مدیریت موجودی کالا و قراردادهای اختیار و رویکردهای نوآورانه برای ارزش‌گذاری مناسب و یکپارچه‌سازی محدوده و سیعی از متغیرهای تصمیم‌گیری در مدیریت را بررسی کردند. لائینز و همکاران (۲۰۱۰)، تلاش کردند تا ارزش سهامداران را از طریق در نظر گرفتن عملیات زنجیره تأمین در کنار فعالیت‌های بازاریابی افزایش دهند. آن‌ها یک مدل ریاضی را تدوین کردند که تصمیم‌های راهبردی زنجیره تأمین و بازاریابی را در قالب یک چارچوب یکپارچه بهینه می‌کند و در کنار آن نیز یک مدل مالی برای ارزیابی ارزش سازمان مدنظر قرار دادند. این پژوهش تحت چهار گروه فعالیت‌های بازاریابی، طراحی و عملیات‌های مدیریت زنجیره تأمین، ملاحظات مالی و ادغام تصمیم‌های مالی و عملیاتی دسته‌بندی شد. پروتوپاپا و سیفرت (۲۰۱۰)، جنبه‌های مالی و عملیاتی در تصمیم‌گیری برای زنجیره مالی و فیزیکی را در نظر گرفتند و یک مدل ریاضی توسعه دادند که در آن میزان سفارش خرید بهینه تحت محدودیت‌های سرمایه در گردش و تأخیرات در پرداخت، تعیین می‌شود. نتایج این پژوهش اهمیت تأخیرات در پرداخت‌ها و تأثیر سرمایه بر هزینه عملیاتی کل، بازده سرمایه‌گذاری و هزینه مالی کل را نشان داد. موسوی و جابر (۱۳۹۲)، با بررسی یافتن تصمیم‌های عملیاتی و مالی از طریق تلفیق مدیریت وجه نقد و مسائل اندازه‌گیری بسته‌های موجودی کالا پرداختند. نتایج نشان داد زمانی که بازده خرده‌فروش روی وجه نقد افزایش می‌یابد، میزان سفارش بهینه کاهش پیدا می‌کند. آن‌ها مدل خود را با یک مدل دیگر که ملاحظات مالی را در نظر نگرفته بود، مقایسه کرده و مشاهده کردند که مدل آن‌ها میزان هزینه خرده‌فروشی را کمتر می‌کند. رضانی و همکاران (۱۳۹۳)، زنجیره تأمین حلقه بسته را طراحی کردند و در آن رویکردهای عملیاتی و مالی را در کنار هم در نظر گرفتند. آن‌ها به صراحت جنبه‌های مالی را به عنوان متغیرهای برون‌زا مدنظر قرار دادند. با توجه به رویکرد مالی به کار رفته در این مدل، به تابع هدف پژوهش مذکور، بهینه کردن تغییرات حقوق صاحبان سهام است. آن‌ها رویکردهای سنتی را با رویکردهای مالی خود مقایسه کردند و نتیجه گرفتند که رویکرد سنتی با تغییرات کمتری در حقوق صاحبان سهام در ارتباط با رویکرد مالی، منجر می‌شود. کلانتری و همکاران (۲۰۱۵)، یک مدل برنامه‌ریزی اصلی، شامل برنامه‌ریزی یکپارچه تدارک، تولید و توزیع برای یک زنجیره تأمین چندمحصولی، به منظور بهینه‌سازی سود تولیدکننده و نیز کمیته‌سازی شاخص‌های مالی تولیدکننده از حدود مطلوب با در نظر گرفتن توأم

جریان عملیاتی و مالی، ارائه کرده‌اند؛ به طوری که این زنجیره چندین تأمین‌کننده، یک تولیدکننده و چندین مشتری را شامل می‌شد. کاردان و همکاران (۱۳۹۵)، نشان دادند که حلقه ارتباطی بین عملیات زنجیره تأمین و عملکرد مالی در تفسیر اهداف مالی است. هدف پژوهش آن‌ها بررسی ارتباط بین مدیریت زنجیره تأمین و عملکرد مالی بر اساس داده‌های ۱۰۸ شرکت پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران بود. آن‌ها نتیجه گرفتند که متغیرهای رشد، فروش و بازده سرمایه در گردش رابطه مثبتی با عملکرد مالی دارند.

(Yu et al, 2019)، در پژوهشی به بررسی عملکرد مالی زنجیره تأمین در قالب مدل‌سازی معادلات ساختاری زنجیره تأمین تاب‌آور، محققین به روش خوشه‌ای از بین ۲۴۱ کارخانه چینی یک مدل توسعه یافته چندبخشی را مورد آزمون قرار دادند. نتایج پژوهش ایشان نشان داد در نظر گرفتن ابعاد تاب‌آوری در عملکرد مالی زنجیره تأمین می‌تواند منجر به بهبود، ارتقاء درآمد و مدیریت بهینه‌تر هزینه‌ها گردد. (Rajesh, 2019)، در مقاله‌ای با عنوان: تحلیل و سطح‌بندی زنجیره تأمین تاب‌آور تولید با رویکرد فازی، ابتدا شاخص‌های فازی تاب‌آوری در تولید را از مبانی نظری و پیشینه پژوهش شناسایی، سپس شاخص‌های بررسی عملکرد زنجیره تأمین تاب‌آور با رویکرد فازی توسعه داده شد. مدل ارائه شده به صورت مطالعه موردی در صنایع تولیدی الکترونیکی هند مورد آزمون قرار گرفت. نتایج نشان داد فازی‌سازی شاخص‌های تاب‌آوری در تولید می‌تواند در بررسی عملکرد منجر به کسب نتایج دقیق‌تر و نزدیک‌تر به واقعیت را کسب نماید. (Schebe & Blackhurst, 2019)، در پژوهشی به بررسی ریسک سیستماتیک و تأثیر آن در زنجیره تأمین، با در نظر نگرفتن تاب‌آوری در محیط پرتلاطم امروزی مسأله‌ای چالش برانگیز در تحقق اهداف زنجیره تأمین معرفی نمودند. (Martin & Hofmann, 2018)، در پژوهشی به ارائه یک چارچوب تأمین مالی زنجیره تأمین در بخش تأمین موجودی، محققین منابع تأمین مالی زنجیره تأمین را به دو گروه داخلی و خارجی تقسیم‌بندی نمودند. نتایج نشان داد تأمین مالی زنجیره تأمین از منابع خارجی منجر به ثبات بیشتر کسب و کار و بخش تأمین موجودی کالا می‌گردد. قهرمانی‌نهر و همکاران (۱۳۹۷)، به طراحی یک شبکه زنجیره تأمین سبز چند هدفه چند محصولی و چند دوره‌ای با در نظر گرفتن تخفیف در شرایط عدم قطعیت، یک مدل زنجیره تأمین حلقه بسته دو هدفه، چند دوره‌ای، چند محصولی با در نظر گرفتن ملاحظات زیست محیطی و اعمال مفاهیم کمبود قابل جبران و تخفیف، گسترش داده شده است. ابتدا مدل قطعی زنجیره تأمین حلقه بسته با استفاده از سه روش تصمیم‌گیری چند هدفه حل و نتایج محاسباتی نشان داده شد. سپس با توجه به غیرقطعی بودن برخی از پارامترها، مدل بهینه‌سازی استوار متناظر با مدل

طراحی مدل ریاضی زنجیره تأمین تاب آور.../فیضی، ساده، امینی سابق و احتشام رائی

پیشنهادی ارائه و با روش‌های تصمیم‌گیری چند هدفه حل شد. نتایج نشان داد روش مجموع وزنی برای رویکرد قطعی و روش ترابی - حسینی برای رویکرد استوار بهترین نتایج را کسب کردند. منصوری، عباس‌نژاد و عسکرپور (۱۳۹۶)، به طراحی شبکه زنجیره تأمین چابک در شرایط تقاضا به قیمت، به ارائه رویکردی یکپارچه در زمینه مدیریت تقاضا و برنامه‌ریزی تولیدی که در آن تقاضا، از طریق اهرم قیمت قابل کنترل است. شبکه زنجیره در نظر گرفته شده، سه سطحی و شامل تولیدکنندگان، توزیع‌کنندگان و خرده‌فروشان می‌باشد. پژوهش مذکور یک مدل غیرخطی آمیخته با اعداد صحیح که فرآیندهای برنامه‌ریزی مورد نیاز جهت حداکثرسازی سود زنجیره را در بر می‌گیرد. جبارزاده و ذکائی (۱۳۹۴)، به طراحی شبکه زنجیره تأمین امداد رسانی با استفاده از رویکرد بهینه‌سازی استوار داده‌های بازه‌ای، با هدف کمینه نمودن مجموع هزینه‌های زنجیره تأمین، به صورت همزمان تصمیمات بهینه مکان‌یابی و تخصیص محصولات امدادی در زنجیره تأمین را تعیین نمودند. با بهره‌گیری از داده‌های حاصل از مطالعه موردی وقوع زلزله در مناطق زلزله‌خیز شمال و جنوب البرز مرکزی، مورد آزمون قرار گرفت. غایبلو و تارخ (۱۳۹۴)، به طراحی شبکه زنجیره تأمین یکپارچه‌ی مستقیم و معکوس سازگار با محیط‌زیست، با هدف طراحی شبکه‌ی زنجیره تأمین حلقه بسته ترکیب کردن ملاحظات محیطی با طراحی شبکه‌ی زنجیره تأمین سنتی از طریق در نظر گرفتن بازیافت، دمونتاژ و فعالیت‌های استفاده‌ی مجدد پرداختند. از مدل برنامه‌ریزی عدد صحیح ۰ و ۱ دو هدفه برای یک شبکه‌ی لجستیک یکپارچه‌ی مستقیم و معکوس، شامل سه سطح در جریان مستقیم (به نام‌های تأمین‌کنندگان، مراکز مونتاژ، مناطق مشتری) و دو سطح در جریان معکوس (به نام‌های مراکز دمونتاژ و دفع)، توسعه داده و حل شد. فضلی‌خلف، چهارسوقی و پیشوایی (۱۳۹۳)، به طراحی پایای شبکه زنجیره تأمین حلقه بسته تحت عدم قطعیت: مطالعه موردی یک تولیدکننده باتری اسیدی، در مقاله مذکور رویکرد جدید پایایی معرفی گردیده است و مدل پیشنهادی علاوه بر کمینه نمودن هزینه‌ها، به صورت اثربخش، شبکه‌ای مقاوم تحت اختلالات مختلف را ایجاد می‌نماید. برای مقابله با عدم قطعیت پارامترها از یک روش کارای برنامه‌ریزی امکانی بهره گرفته شده است. در نهایت جهت اثربخشی و کارا بودن مدل بهینه‌سازی فازی توسعه داده شد. شول و همکاران (۱۳۹۳)، به طراحی شبکه زنجیره تأمین چند دوره‌ای و چند محصولی با استفاده از رویکرد ترکیبی برنامه‌ریزی چند هدفه و تحلیل پوششی داده‌ها، با هدف حداقل کردن هزینه تولید، کاهش زمان ارسال محصولات و افزایش قابلیت اطمینان زنجیره تأمین از روش اپسیلون محدودیت استفاده شده و مدل در نرم‌افزار لینگو نوشته شده است. برای حل مدل تحلیل پوششی داده‌ها از نرم‌افزار گمز بهره برده شد. مدل‌سازی شبکه زنجیره تأمین چهارسطحی،

فصلنامه مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار / شماره چهل و سوم / تابستان ۱۳۹۹

چند دوره‌ای و چندمحصولی با اهداف کمی‌سازی هزینه، زمان ارسال و بیشینه‌سازی قابلیت اطمینان زنجیره تأمین پرداخته شده است. در جدول (۱)، به مقایسه پژوهش‌های گذشته با پژوهش حاضر از نظر شاخص‌های بُعد مالی؛ در جدول (۲)، به مقایسه پژوهش‌های گذشته با پژوهش حاضر از نظر شاخص‌های بُعد عملیاتی و جدول (۳)، به مقایسه پژوهش‌های گذشته با پژوهش حاضر از نظر چند سطحی بودن زنجیره تأمین پرداخته شده است.

جدول ۱: مقایسه پژوهش‌های گذشته با پژوهش انجام شده از نظر شاخص‌های بُعد مالی (محقق ساخته)

شاخص‌های بُعد مالی											تحقیق مرجع		
هزینه موجودی ذخیره احتیاطی	هزینه‌های نت	هزینه‌های حمل موجودی	هزینه ساخت	سود خالص	هزینه‌های عملیاتی	ارزش افزوده اقتصادی (EVA)	میزان نقدینگی	بازگشت دارایی‌ها (ROA)	ساختار سرمایه	هزینه بهای تمام شده کالا		مدیریت درآمد	مدیریت وجه نقد
		✓	✓			✓	✓			✓	✓	✓	Rajesh,2019
✓	✓				✓	✓		✓				✓	Parast & Shekarian,2019
		✓	✓		✓	✓					✓	✓	Caniato, Henke & Zsidisin,2019
			✓		✓	✓						✓	Martin & Hofmann,2019
		✓	✓		✓			✓		✓		✓	Yu et al,2019
		✓				✓	✓						Li et al,2017
✓							✓			✓		✓	کاردان و همکاران، ۱۳۹۵
		✓				✓					✓		کلانتری و همکاران، ۱۳۹۵
✓			✓					✓	✓	✓	✓		رضانی و همکاران، ۱۳۹۳
✓		✓				✓	✓			✓			موسوی و جابر، ۱۳۹۲
									✓	✓	✓	✓	محمدی و همکاران، ۱۳۹۶
✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	پژوهش حاضر

طراحی مدل ریاضی زنجیره تأمین تاب آور.../فیضی، ساده، امینی سابق و احتشام راثی

جدول ۲: مقایسه پژوهش‌های گذشته با پژوهش انجام شده از نظر شاخص‌های بُعد عملیاتی (محقق ساخته)

شاخص‌های بُعد عملیاتی و تاب آور											
طراحی سیستم‌های تولیدی منطبق با محصولات چندگانه	نیروی کار چند مهارته	منبع‌یابی منعطف	فرهنگ مدیریت ریسک	حمل و نقل منعطف	کاهش زمان بین سفارش یک کالا و دریافت آن (لیدتایم)	سرعت تحویل محصول	موجودی کالای احتیاطی	راه اندازی ماشین آلات، تجهیزات و تأمین کنندگان	ظرفیت‌های تسهیلات	تعادل در جریان‌ات کالا میان تسهیلات	
✓		✓			✓			✓		✓	Rajesh,2019
			✓				✓	✓		✓	Parast & Shekarian,2019
✓				✓		✓			✓		Caniato, Henke & Zsidisin,2019
								✓		✓	Martin & Hofmann,2019
✓			✓			✓			✓		Yu et al,2019
		✓					✓		✓	✓	Li et al,2017
✓				✓		✓		✓		✓	کاردان و همکاران، ۱۳۹۵
			✓	✓			✓		✓	✓	کلانتری و همکاران، ۱۳۹۵
✓		✓			✓			✓		✓	رضانی و همکاران، ۱۳۹۳
	✓			✓			✓	✓		✓	موسوی و جابر، ۱۳۹۲
							✓	✓	✓	✓	محمدی و همکاران، ۱۳۹۶
✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	پژوهش حاضر

فصلنامه مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار / شماره چهل و سوم / تابستان ۱۳۹۹

جدول ۳: مقایسه پژوهش‌های گذشته با پژوهش انجام شده از نظر چندسطحی بودن زنجیره تأمین (محقق ساخته)

تعداد سطوح	سطوح زنجیره تأمین					تحقیق مرجع
	مشتریان	خرده‌فروشان	مراکز توزیع	تولیدکنندگان (کارخانه‌ها)	تأمین کنندگان	
۴ سطحی	✓		✓	✓	✓	Rajesh,2019
۳ سطحی	✓			✓	✓	Parast & Shekarian,2019
۳ سطحی	✓			✓	✓	Caniato, Henke & Zsidisin,2019
۳ سطحی	✓		✓		✓	Martin & Hofmann,2019
۳ سطحی	✓			✓	✓	Yu et al,2019
۴ سطحی	✓		✓	✓	✓	Li et al,2017
۳ سطحی	✓			✓	✓	کاردان و همکاران، ۱۳۹۵
۳ سطحی	✓			✓	✓	کلانتری و همکاران، ۱۳۹۵
۳ سطحی	✓			✓	✓	رضانی و همکاران، ۱۳۹۳
۴ سطحی	✓	✓		✓	✓	موسوی و جابر، ۱۳۹۲
۴ سطحی	✓		✓	✓	✓	محمدی و همکاران، ۱۳۹۶
۵ سطحی	✓	✓	✓	✓	✓	پژوهش حاضر

متدولوژی

پژوهش حاضر با توجه به اهداف مطالعه، رویکرد کمی دارد و به لحاظ مبانی فلسفی، اثبات‌گرایی و از نظر جهت‌گیری‌های پژوهشی، از نوع کاربردی- توسعه‌ای است. همچنین در قالب مدل‌سازی مهندسی مالی مدیریت زنجیره تأمین از نظر قلمرو موضوعی قرار می‌گیرد. نمای کلی مدل پیشنهاد شده در قالب نمودار (۱)، نشان داده شده است. پژوهش حاضر تلاش می‌کند تا در سطح تصمیم‌گیری راهبردی و فنی یک زنجیره تأمین تاب‌آور پنج سطحی مشتمل بر تأمین‌کنندگان؛ کارخانه‌ها (تولیدکنندگان)؛ مراکز توزیع؛ خرده‌فروشان و مشتریان را در نظر بگیرد و با استفاده از مدل‌سازی ریاضی و موارد ذکر شده، در جهت نیل به اهداف پژوهش گام بردارد. این تحقیق بر اساس تفکر سیستمی، در دو سطح راهبردی و فنی، رویکرد عملیاتی و مالی را مدل‌سازی کرده و یکپارچه می‌کند.

طراحی مدل ریاضی زنجیره تأمین تاب آور.../فیضی، ساده، امینی سابق و احتشام رائی

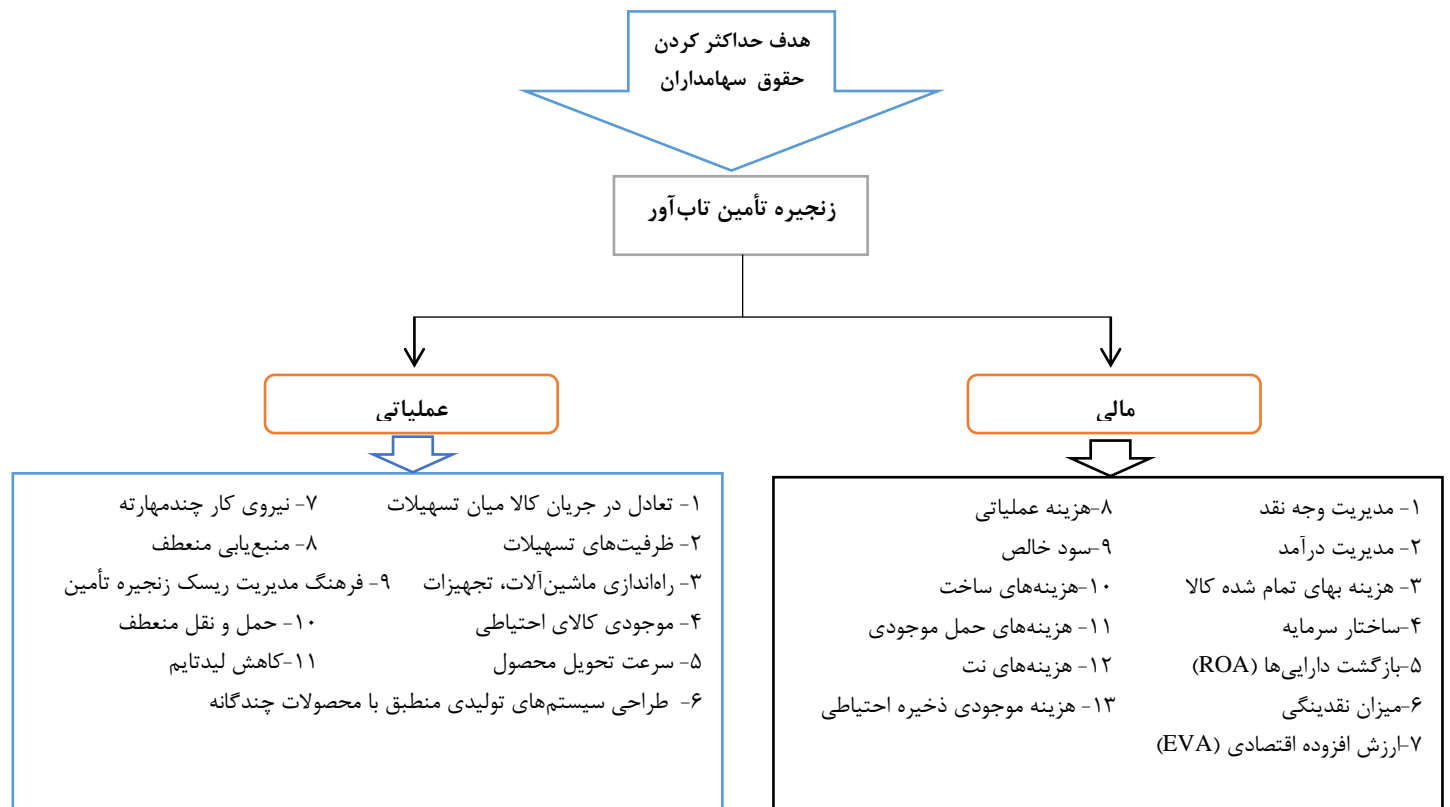
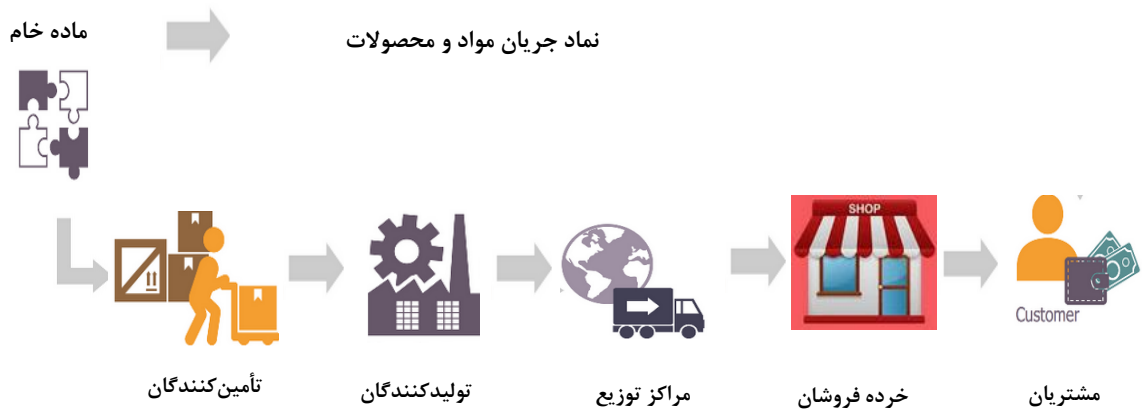
در این پژوهش مدل سازی انجام شده، چند محصولی و چند دوره ای است. محل های تأمین کنندگان، خرده فروشان و مشتریان، ثابت و محل ماشین آلات و تجهیزات شرکت و همچنین توزیع کنندگان به طور بالقوه انتخاب شده و مقادیر پارامترها در شرایط فازی نیز تعیین می شوند.

مدل سازی ریاضی

هریک از عوامل اشاره شده حاوی متغیرها و پارامترهای بسیاری هستند که در راستای بهینه کردن تابع هدف خود در قالب مدل سازی ریاضی فازی و همچنین پوشش دادن چارچوب کل گرا و سیستمی، در جدول (۴)، ارائه شده اند. در همین راستا بدهی های عملیاتی، مالی و ادغام این دو بُعد و همچنین تابع هدف معرفی می شوند.

جدول ۴: پارامترها و متغیرهای مدل سازی ریاضی فازی (منبع: یافته های پژوهش)

متغیرهای تصمیم		مجموعه ها	
BSe_{tk}	وجه کل اوراق بهاداری که در دوره t سرمایه گذاری شده است و در دوره k به دست می آید	S	مجموعه تأمین کنندگان
BFA_{Asset_t}	افزایش خرید دارایی های ثابت در دوره t	G	مجموعه محصولات
$cline_t^S$	بدهی کوتاه مدت در دوره t	D	مجموعه توزیع کنندگان
$cline_t^L$	بدهی بلند مدت در دوره t	R	مجموعه خرده فروشان
$CashE_t$	وجه نقد در پایان دوره t	C	مجموعه مشتریان
$Cash_t$	وجه نقد در دوره t	T,K	مجموعه دوره های زمانی
$CuAsset_t$	دارایی های جاری در پایان دوره t	متغیرهای فازی	
CPS_t	بهای تمام شده کالای فروش رفته در پایان دوره t	\tilde{W}_t	ظرفیت تسهیلات در دوره t افزایش و کاهش آن مقدارش بین صفر تا یک فازی
DCQ_{gdrt}	میزان محصول g که از توزیع کننده d به بازار c و خرده فروش r در دوره t می روند	\tilde{Y}_{dt}	اگر توزیع کننده d در دوره t دایر شود و نشود مقدارش بین صفر تا یک فازی
Div_t	سود تقسیمی بین سهامداران در دوره t	پارامترهای تنظیم مدل فازی	
$equity_t$	حقوق صاحبان سهام در پایان دوره t	$\tilde{\delta}_t$	درصد تقسیم سود بین سهامداران
$EoCash_t$	وجه دریافتی از فعالیت های عملیاتی در دوره t	$\tilde{\Theta}$	درصدی از حساب های دریافتی که در دوره t تسویه می شوند و برای دوره k ضمانت شده است
$FAsset_t$	دارایی های ثابت در پایان دوره t		
$FDPR_t$	استهلاک انباشته دارایی های ثابت در دوره t	$\tilde{\mu}$	درصدی از حساب های پرداختی کوتاه مدت که در دوره t تسویه می شوند



طراحی مدل ریاضی زنجیره تأمین تاب آور.../فیضی، ساده، امینی سابق و احتشام راثی

ادامه جدول ۴: پارامترها و متغیرهای مدل سازی ریاضی فازی (منبع: یافته‌های پژوهش)

متغیرهای تصمیم		پارامترهای تنظیم مدل	
FeCost _t	هزینه استقرار تسهیلات جدید در دوره t	$\tilde{\lambda}$	درصدی از حساب‌های پرداختی بلندمدت که در دوره t تسویه می‌شوند
FinCash _t	خالص وجوه دریافتی حاصل از فعالیت‌های تأمین مالی و بهره‌های پرداختی در دوره t	Bs _{tk}	ضریب فنی برای سرمایه‌گذاری روی اوراق بهادار
HaCost _t	هزینه هماهنگی در دوره t	cline _t ^L	خط اعتباری بلند مدت
IC _t	هزینه بهره در پایان دوره t	CashF _t	وجه نقد اولیه
IFAsset _t	سرمایه‌گذاری روی دارایی‌های ثابت در دوره t	\tilde{DC}_{dt}	کل ظرفیت توزیع کننده d در دوره t
Inv _t	ارزش موجودی کالا در دوره t	cline _t ^{Smax}	حداکثر خط اعتباری کوتاه مدت در دوره t
InvE _t	ارزش موجودی کالا در پایان دوره t	cline _t ^S	خط اعتباری کوتاه مدت
InvCash _t	خالص فعالیت‌های سرمایه‌گذاری انجام شده در دوره t	demand _{get}	تقاضای مشتری c جهت محصول g در دوره t
LLoan _t	ارزش وام بلندمدت از خط اعتباری در دوره t	demand _{grt}	تقاضای خرده فروشی r جهت محصول g در دوره t
LL _t	بدهی بلندمدت در پایان دوره t	DR _t	نرخ هزینه استهلاک در دوره t
LRepay _t	ارزش بازپرداخت اصل وام بلند مدت در دوره t	equity _t	حقوق صاحبان سهام اولیه
MaCost _t	هزینه مواد در دوره t	FAsset _t	دارایی‌های ثابت اولیه
MDPR _t	هزینه استهلاک سالانه در پایان دوره t	FCED _{dt}	هزینه ثابت استقرار مرکز توزیع جدید d در دوره t
MDQ _{gdt}	میزان محصول g که از شرکت M به توزیع کننده d در دوره t می‌رود	FCEM _t	هزینه ثابت استقرار تسهیلات جدید در دوره t
MEBIT _t	سود قبل از بهره و مالیات در دوره t	HCUC _{det}	هزینه واحد هماهنگی در انتقال کالا از توزیع کننده d به مشتری c در دوره t
MSD _t	ارزش کل خالص فروش به توزیع کنندگان در دوره t	HCUC _{drt}	هزینه واحد هماهنگی در انتقال کالا از توزیع کننده d به خرده فروش r در دوره t
MTI _t	سود مشمول مالیات در دوره t	InvE _t	ارزش موجودی کالای اولیه
MWQ _{gt}	میزان محصول g که از شرکت M به انبار W در دوره t می‌رود	ir _t ^L	نرخ بهره بدهی‌های بلندمدت در دوره t
N cline _t ^L	میزان خالص ارزش مبالغ وام دریافتی و مبالغ پرداختی در بلندمدت در دوره t	ir _t ^S	نرخ بهره بدهی‌های کوتاه مدت در دوره t
N cline _t ^S	میزان خالص ارزش مبالغ وام دریافتی و مبالغ پرداختی در کوتاه مدت در دوره t	LL \tilde{Y}_t	بدهی بلند مدت اولیه

فصلنامه مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار / شماره چهل و سوم / تابستان ۱۳۹۹

ادامه جدول ۴: پارامترها و متغیرهای مدل سازی ریاضی فازی (منبع: یافته‌های پژوهش)

متغیرهای تصمیم		پارامترهای تنظیم مدل	
NequityIt	میزان افزایش سرمایه ناشی از سهام عادی در دوره t	TCt	کل ظرفیت شرکت M در دوره t
NequityNt	حقوق صاحبان سهام جدید در دوره t	MinCasht	حداقل وجه نقدی که بانک الزام می‌کند
Nopatt	سود خالص عملیاتی پس از کسر مالیات در دوره t	MinSAT	حداقل سطح رضایت مشتری در دوره t
NSeCasht	خالص خرید و فروش اوراق بهادار در دوره t	MPCUgt	هزینه واحد تولید محصول g در شرکت M در دوره t
Plegtk	حساب‌های دریافتی که در دوره k ضمانت‌اند و در دوره t پرداخت شده‌اند	MSCUt	هزینه واحد نگهداری کالا در انبار W در دوره t
PrCostt	هزینه تولید در دوره t	MSSC	هزینه کارکنان چند مهارتی
RecEt	حساب‌های دریافتی در پایان دوره t	Othert	خالص سایر وجوه نقد به دست آمده در دوره t
RWQgt	میزان محصول g که در انبار W در دوره t باقی می‌ماند	pricegdt	قیمت واحد فروش محصول g شرکت M به توزیع کننده d در دوره t
SFAset	افزایش فروش دارایی‌های ثابت در دوره t		
SLoant	ارزش وام کوتاه مدت دریافتی از خط اعتباری در دوره t	RCt	کل ظرفیت انبار w شرکت M در دوره t
SMQsgt	میزان موادی که از تأمین کننده s برای محصول g در دوره t به شرکت می‌روند	RecEt	حساب‌های دریافتی اولیه
SRepayt	ارزش بازپرداخت اصل وام کوتاه مدت در دوره t	RWQt	موجودی کالای اولیه
SSetk	وجه کل اوراق بهاداری که در دوره t به فروش می‌رسد و در دوره k تسویه می‌شود	SAFgt	موجودی کالای احتیاطی محصول g در دوره t
StCostt	هزینه نگهداری کالا در انبار W شرکت M در دوره t	SCst	کل ظرفیت تأمین کننده s در دوره t
STL \tilde{Y}_t	بدهی‌های جاری در پایان دوره t		
TAssest	کل دارایی‌ها در دوره t	Set	اوراق بهادار اولیه که در دوره t تسویه می‌شوند
Taxt	مالیات بر درآمد در دوره t	SMCUst	هزینه واحد مواد خریداری شده از تأمین کننده s در دوره t
WDQgdt	میزان محصول g که از انبار W به توزیع کننده d در دوره t می‌رود		
TrCostt	هزینه حمل و نقل شرکت M در دوره t	SStk	ضریب فنی برای فروش اوراق بهادار
ATNOP	سود عملیاتی خالص پس از مالیات	STLYt	بدهی‌های جاری اولیه
COC	هزینه سرمایه	TTT	طول افق برنامه‌ریزی
AtAsset	متوسط کل دارایی‌ها در دوره t	tdl	حداکثر مدت زمان تسویه حساب‌های دریافتی
CRMt	هزینه مواد اولیه		
DC	هزینه‌های مستقیم تولید	TCUDdt	هزینه واحد انتقال کالا از شرکت M و انبار W به توزیع کننده d در دوره t
OC	هزینه‌های سربار		

طراحی مدل ریاضی زنجیره تأمین تاب آور.../فیضی، ساده، امینی سابق و احتشام رائی

ICCt	هزینه‌های حمل موجودی در دوره t	TCUMdrt	هزینه واحد انتقال کالا از توزیع کننده d به خرده فروش r در دوره t
CCt	هزینه های حمل		
DICt	تاخیر در حمل موجودی در دوره t	TCUMdct	هزینه واحد انتقال کالا از توزیع کننده d به بازار c در دوره t
MCt	هزینه‌های نگهداری و تعمیرات در دوره t		
PMct	هزینه تعمیرات دوره‌ای در دوره t	Trate	نرخ مالیات
CSM	هزینه زمان توقف ماشین آلات	ROAt	بازگشت دارایی‌ها در دوره t
CDC	هزینه استهلاک سرمایه	EVAAt	ارزش افزوده اقتصادی در دوره t

محدودیت‌ها

محدودیت‌های این پژوهش در قالب بُعد مالی، بُعد عملیاتی و یکپارچه‌سازی ابعاد عملیاتی و مالی زنجیره تأمین تاب آور شرکت ایران خودرو، تفکیک شده و مدل‌سازی صورت پذیرفته است.

شاخص‌های بُعد مالی

مدیریت وجه نقد: رابطه (۱)، عوامل تشکیل دهنده وجه نقد را نشان می‌دهد. این رابطه مشتمل بر فعالیتهای عملیاتی، فعالیتهای تأمین مالی، فعالیتهای سرمایه‌گذاری، مالیات بر درآمد، سودهای تقسیمی و سایر ورودی‌ها و یا خروجی‌های شرکت است. روابط (۲) و (۳)، این فعالیت‌ها را از طریق فروش کالا نشان می‌دهند. در این روابط جریان‌های نقدی در قالب حساب‌های دریافتی که در دوره‌های قبل اتفاق افتاده‌اند و در دوره جاری تسویه می‌شوند، مد نظر قرار می‌گیرند؛ همچنین در صورتی که شرکت حساب‌های دریافتی خود را در دوره‌های قبل به عنوان وثیقه قرار داده باشد و در دوره جاری تسویه کند و یا حساب‌های دریافتی خود در دوره جاری را وثیقه قرار دهد و درصدی از حساب‌های دریافتی را هم اکنون به عنوان آورده وارد شرکت کند، در محاسبات لحاظ می‌شوند. روابط (۴) تا (۱۰)، فعالیتهای تأمین مالی را به گونه‌ای در نظر می‌گیرند که تأمین مالی از محل حقوق صاحبان سهام و یا از محل بدهی‌ها صورت پذیرد. در این روابط، میزانی از فرآیندهای تأمین مالی از محل خطوط اعتباری کوتاه مدت و بلند مدت و میزانی از آن از طریق سرمایه‌گذاری مالکان تأمین می‌شود. روابط (۱۱) تا (۱۴)، فعالیتهای سرمایه‌گذاری روی اوراق بهادار را نمایش می‌دهند. در این روابط خرید و یا فروش اوراق بهادار در محاسبه گردش وجوه نقد مد نظر قرار می‌گیرند. در روابط (۱۵) و (۱۶)، پرداخت‌ها بابت سودهای تقسیمی و مالیات بر درآمد لحاظ شده است.

$$\begin{aligned} \text{Cash}_t &= (\text{EoCash}_t + \text{FinCash}_t + \text{InvCash}_t - \text{Tax}_t - \text{Div}_t \\ &+ \text{others}_t) - \tilde{\mu}.(\text{STL}\tilde{Y}_{t-1} + \text{cline}_t^S + \text{MaCost}_t \\ &+ \text{Pr Cost}_t + \text{TrCost}_t + \text{HaCost}_t + \text{StCost}_t \\ &+ \text{others}_t) - \tilde{\lambda}.(\text{LL}\tilde{Y}_{t-1} + \text{cline}_t^L + \text{FeCost}_t) \quad \forall t \quad \text{رابطه (۱)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{EoCash}_t &= \text{Re } c_{t-t_{dl}} - \sum_{k=t-t_{dl}}^{t-1} \text{Pleg}_{tk} + \sum_{k=t-t_{dl}+1}^t \tilde{\Theta}.\text{Pleg}_{tk} \quad \forall t \quad \text{رابطه (۲)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum_{k=t}^{t+t_{dl}-1} \text{Pleg}_{tk} &\leq \text{Re } c_t \quad \forall t \quad \text{رابطه (۳)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{FinCash}_t &= \text{NequityI}_t + \text{Ncline}_t^S + \text{Ncline}_t^L - \text{IC}_t \quad \forall t \quad \text{رابطه (۴)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Ncline}_t^S &= \text{SLoan}_t - \text{S Re pay}_t \quad \forall t \quad \text{رابطه (۵)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Ncline}_t^S &\leq \text{cline}_t^{\text{Smax}} \quad \forall t \quad \text{رابطه (۶)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{S Re pay}_t &\geq \text{ir}_t^S \cdot \text{cline}_{t-1}^S \quad \forall t \quad \text{رابطه (۷)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Ncline}_t^L &= \text{LLoan}_t - \text{L Re pay}_t \quad \forall t \quad \text{رابطه (۸)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{L Re pay}_t &\geq \text{ir}_t^L \cdot \text{cline}_{t-1}^L \quad \forall t \quad \text{رابطه (۹)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{CashE}_t &\geq \text{MinCash}_t \quad \forall t \quad \text{رابطه (۱۰)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{InveCash}_t &= \text{NSeCash}_t + \text{SFAsset}_t - \text{BFAsset}_t \quad \forall t \quad \text{رابطه (۱۱)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{NSeCash}_t &= \text{Se}_t + \sum_{k>t} \text{SSe}_{kt} - \sum_{k<t} \text{SSe}_{tk} \cdot (1 + \text{SS}_{tk}) \\ &- \sum_{k>t} \text{BSe}_{kt} + \sum_{k<t} \text{BSe}_{tk} \cdot (1 + \text{BS}_{tk}) \quad \forall t \quad \text{رابطه (۱۲)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum_{k<t} \text{SSe}_{tk} \cdot (1 + \text{SS}_{tk}) &\leq \text{Se}_t + \sum_{k<t} \text{BSe}_{tk} \cdot (1 + \text{BS}_{tk}) \quad \forall t \quad \text{رابطه (۱۳)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{BFAsset}_t &= \text{LLoan}_t + \text{equity}_t \quad \forall t \quad \text{رابطه (۱۴)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Div}_t &= \tilde{\delta}_t \cdot \text{Nopat}_t \quad \forall t \quad \text{رابطه (۱۵)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tax}_t &= \text{MTI}_t \cdot \text{trate} \quad \forall t \quad \text{رابطه (۱۶)} \end{aligned}$$

طراحی مدل ریاضی زنجیره تأمین تاب آور.../فیضی، ساده، امینی سابق و احتشام رائی

مدیریت درآمد، هزینه، بهای تمام شده کالا، ساختار سرمایه؛ بازگشت دارایی‌ها (ROA)؛ ارزش افزوده اقتصادی (EVA)؛ هزینه ساخت محصول و هزینه حمل موجودی: روابط (۱۷) تا (۴۴)، با مدیریت گردش وجوه نقد و حسابداری بهای تمام شده در تحلیل‌ها، تصویر واقعی‌تر و دقیق‌تری ارائه می‌کنند و روابط میان دارایی‌ها، ساختار سرمایه، سود خالص، بازگشت دارایی‌ها و ارزش افزوده اقتصادی را به خوبی نشان می‌دهند. این روابط به گونه‌ای مدل‌سازی شده‌اند که تعاملات پنج جانبه بین صورت‌های مالی را در راستای اهداف پژوهش پوشش می‌دهند.

$$\begin{aligned} \text{CuAsset}_t &= \text{CashE}_t + \text{Re cE}_t + \text{InvE}_t & \forall t & \text{رابطه (۱۷)} \\ \text{CashE}_t &= \text{CashE}_{t-1} + \text{Cash}_t & \forall t & \text{رابطه (۱۸)} \\ \text{Re cE}_t &= \text{Re cE}_{t-1} + \text{Re c}_t - \alpha \cdot (\text{Re cE}_{t-1} + \text{Re c}_t) & \forall t & \text{رابطه (۱۹)} \\ \text{Re c}_t &= \text{MSD}_t & \forall t & \text{رابطه (۲۰)} \\ \text{CuAsset}_t + \text{FAsset}_t &= \text{STLY}_t + \text{LLY}_t + \text{equity}_t & \forall t & \text{رابطه (۲۱)} \\ \text{FAsset}_t &= (\text{FAsset}_{t-1} + \text{BFAsset}_t - \text{SFAsset}_t + \text{FeCost}_t) & \forall t & \text{رابطه (۲۲)} \\ & - ((\text{FDPR}_{t-1} + \text{MDPR}_t) - (\text{SFAsset}_t \cdot \text{DR}_t)) \\ \text{InvE}_t &= \text{InvE}_{t-1} + \text{Inv}_t & \forall t & \text{رابطه (۲۳)} \\ \text{Inv}_t &= \sum_g \text{Mpcu}_{gt} \cdot \text{RWQ}_{gt} & \forall t & \text{رابطه (۲۴)} \\ \text{equity}_t &= \text{equity}_{t-1} + \text{NequityN}_t + \text{NequityI}_t - \text{Div}_t & \forall t & \text{رابطه (۲۵)} \\ \text{NequityN}_t &= \text{Nopat}_t & \forall t & \text{رابطه (۲۶)} \\ \text{MSD}_t &= \sum_g \sum_d \text{price}_{gdt} \cdot (\text{MDQ}_{gdt} + \text{WDQ}_{gdt}) & \forall t & \text{رابطه (۲۷)} \\ \text{MEBIT}_t &= \text{MSD}_t - \text{CPS}_t - \text{MDPR}_t & \forall t & \text{رابطه (۲۸)} \\ \text{FDPR}_t &= (\text{FDPR}_{t-1} + \text{MDPR}_t) - (\text{SFAsset}_t \times \text{DR}_t) & \forall t & \text{رابطه (۲۹)} \\ \text{MDPR}_t &= \text{DR}_t \times (\text{FAsset}_{t-1} + \text{BFAsset}_t - \text{SFAsset}_t + \text{FeC} & \forall t & \text{رابطه (۳۰)} \\ \text{MTI}_t &= \text{MEBIT}_t - \text{IC}_t & \forall t & \text{رابطه (۳۱)} \end{aligned}$$

$$\text{cline}_t^S = \text{cline}_{t-1}^S + \text{ir}_t^S \times \text{cline}_{t-1}^S + \text{SLoan}_t - \text{SRe pay}_t \quad \forall t \quad \text{رابطه (۳۲)}$$

$$\text{cline}_t^L = \text{cline}_{t-1}^L + \text{ir}_t^L \times \text{cline}_{t-1}^L + \text{LLoan}_t - \text{LRe pay}_t \quad \forall t \quad \text{رابطه (۳۳)}$$

$$\text{IC}_t = \text{ir}_t^S \times (\text{cline}_{t-1}^S + \text{SLoan}_t) + \text{ir}_t^L \times (\text{cline}_{t-1}^L + \text{LLoan}_t) \quad \forall t \quad \text{رابطه (۳۴)}$$

$$\text{STLY}_t = (\text{STLY}_{t-1} + \text{cline}_t^S + \text{MaCost}_t + \text{Pr Cost}_t + \text{TrCo} \\ + \text{HaCost}_t + \text{StCost}_t + \text{others}_t) \times (1 - \tilde{\mu}) \quad \forall t \quad \text{رابطه (۳۵)}$$

$$\text{LLY}_t = (\text{LLY}_{t-1} + \text{cline}_t^L + \text{FeCost}_t) \times (1 - \tilde{\lambda}) \quad \forall t \quad \text{رابطه (۳۶)}$$

$$\text{Nopat}_t = \text{MTI}_t \times (1 - \text{trate}) \quad \forall t \quad \text{رابطه (۳۷)}$$

$$\text{MC}_t = \text{PMC}_t + \text{CSM} + \text{CDC} \quad \forall t \quad \text{رابطه (۳۸)}$$

$$\text{Pr Cost}_t = \text{CRM} + \text{DC} + \text{OC} \quad \forall t \quad \text{رابطه (۳۹)}$$

$$\text{ICC}_t = \text{CC} + \text{Re cE}_t + \text{DIC} \quad \forall t \quad \text{رابطه (۴۰)}$$

$$\text{EVA}_t = \text{ATNOP} - (\text{CoC} \times \text{TAsses}_t) \quad \forall t \quad \text{رابطه (۴۱)}$$

$$\text{ROA}_t = \frac{\text{ATNoP}}{\text{ATAsses}_t} \quad \forall t \quad \text{رابطه (۴۲)}$$

$$\text{CPS}_t = (\text{MaCost}_t + \text{Pr Cost}_t + \text{TrCost}_t + \text{HaCost}_t + \text{StCost}_t \\ + \text{others}_t) - \Delta \text{InvE}_t \quad \forall t \quad \text{رابطه (۴۳)}$$

$$\Delta \text{InvE}_t = \text{InvE}_t - \text{InvE}_{t-1} \quad \forall t \quad \text{رابطه (۴۴)}$$

شاخص‌های بُعد عملیاتی

تعادل در جریان کالا: این محدودیت‌ها اطمینان می‌دهند که ورودی‌های هر قسمت از محصولات و کالاها با خروجی‌های آن در تعادل است. رابطه‌های (۴۵) و (۴۶)، میزان کالاها و موادی که از هر تأمین‌کننده در هر دوره وارد شرکت و انبار آن می‌شوند را با میزان خروجی‌های آن که از انبار یا شرکت به سمت هریک از توزیع‌کنندگان می‌روند را در تعادل قرار می‌دهد. رابطه (۴۷)، گردش موجودی کالا در انبار شرکت را بررسی می‌کند و حرکت کالاها از انبار به سمت هریک از توزیع‌کنندگان در هر دوره را مدنظر قرار می‌دهد. رابطه (۴۸)، نشان می‌دهد میزان کالاهایی که از هر توزیع‌کننده به سمت هریک از مشتریان یا بازارها می‌رود، تا حد امکان تقاضای مشتریان و بازارهای مختلف را پوشش می‌دهد. در

طراحی مدل ریاضی زنجیره تأمین تاب آور.../فیضی، ساده، امینی سابق و احتشام راثی

همین راستا رابطه (۴۹)، تلاش می کند تا با برآورده کردن تقاضای بازارها، سطح رضایت مشتریان از یک میزان معین پایین تر نیاید و رضایت مندی آنها تأمین شود. همچنین رابطه (۵۰)، نشان می دهد میزان کالاهایی که از هر توزیع کننده به سمت هریک از خرده فروشان می رود، تا حد امکان تقاضای خرده فروشان و بازارهای مختلف را پوشش می دهد. در همین راستا رابطه (۵۱)، تلاش می کند تا با برآورده کردن تقاضای خرده فروشان سطح رضایت ایشان را از یک میزان پایین تر نیاید و رضایت مندی آنها تأمین شود.

$$\sum_s \sum_g SMQ_{sgt} = \sum_g MWQ_{gt} + \sum_g \sum_d MDQ_{gdt} \quad \forall t \quad \text{رابطه (۴۵)}$$

$$\sum_g MDQ_{gdt} + \sum_g WDQ_{gdt} = \sum_g \sum_c DCQ_{gdc} \quad \forall t \quad \text{رابطه (۴۶)}$$

$$\sum_g MWQ_{gt} + \sum_g RWQ_{g(t-1)} = \sum_g \sum_d WDQ_{gdt} + \sum_g RWQ_{gt} \quad \forall t \quad \text{رابطه (۴۷)}$$

$$\sum_g \sum_d DCQ_{gdc} \leq \sum_g demand_{gct} \quad \forall t \quad \text{رابطه (۴۸)}$$

$$\frac{\sum_g \sum_d \sum_c DCQ_{gdc}}{\sum_g \sum_c demand_{gct}} \geq MinSAT_t \quad \forall t \quad \text{رابطه (۴۹)}$$

$$\sum_g \sum_d DCQ_{gdc} \leq \sum_g demand_{gct} \quad \forall t \quad \text{رابطه (۵۰)}$$

$$\frac{\sum_g \sum_d \sum_r DCQ_{gdr}}{\sum_g \sum_r demand_{grt}} \geq MinSAT_t \quad \forall t \quad \text{رابطه (۵۱)}$$

ظرفیت تسهیلات: محدودیت های (۵۲) تا (۵۵)، به ظرفیت هریک از تسهیلات اشاره دارند و مجموع کالاها و موادی که وارد هریک از تسهیلات می شوند را کنترل می کنند. این روابط به ترتیب ظرفیت هر تأمین کننده، تولیدکننده، انبار و هر توزیع کننده را در هر دوره نشان می دهند.

$$\sum_g SMQ_{sgt} \leq SC_{st} \quad \forall t \quad \text{رابطه (۵۲)}$$

$$\sum_g \sum_d MDQ_{gdt} + \sum_g MWQ_{gt} \leq MC_t \cdot \tilde{W}_t \quad \forall t \quad \text{رابطه (۵۳)}$$

$$\sum_g RWQ_{gt} \leq RC_t \cdot \tilde{W}_t \quad \forall t \quad \text{رابطه (۵۴)}$$

$$\sum_g \sum_c DCQ_{gdc} \leq \tilde{D}_{dt} \cdot \tilde{Y}_{dt} \quad \forall t \quad \text{رابطه (۵۵)}$$

راهاندازی تجهیزات، ماشین‌آلات و تسهیلات: روابط (۵۶) و (۵۷) به تجهیزات، ماشین‌آلات و تسهیلات بالقوه‌ای اشاره دارند که در طراحی زنجیره تأمین ایجاد و به کار گرفته می‌شوند.

$$\tilde{W}_{t-1} \leq \tilde{W}_t \quad \forall t \quad \text{رابطه (۵۶)}$$

$$\tilde{Y}_{d(t-1)} \leq \tilde{Y}_{dt} \quad \forall t \quad \text{رابطه (۵۷)}$$

موجودی کالای احتیاطی: موجودی کالای احتیاطی برای شرایط غیرقابل پیش‌بینی در نظر گرفته می‌شود. هر چه موجودی کالا بیشتر نگهداری شود، بهتر می‌توان به مشتریان خدمت‌رسانی نمود؛ اما این موضوع، هزینه‌های عملیاتی را افزایش می‌دهد؛ از این رو لازم است میزانی کالای احتیاطی نگهداری شود تا عملکرد شبکه زنجیره تأمین برای مدت کوتاهی حفظ شود؛ بنابراین رابطه (۵۸)، میزان کالای احتیاطی، برای هر محصول و در هر دوره را کنترل می‌کند.

$$RWQ_{gt} \geq SAF_{gt} \cdot \tilde{W}_t \quad \forall t \quad \text{رابطه (۵۸)}$$

نیروی کار چند مهارته: نیروی کار چند مهارته نقش کلیدی در تاب‌آوری سازمان‌ها ایفا می‌کند. این مهم در رابطه (۵۹)، مدلسازی شده است.

$$MSSC < \sum_t OC + Pr Cost_t \quad \forall t \quad \text{رابطه (۵۹)}$$

منبع بایی منعطف: گزینه‌های مختلف در تأمین مواد اولیه تولید نقش بسزایی در افزایش تاب‌آوری صنایع و سازمان‌ها ایفا می‌نماید. در رابطه (۶۰)، این شاخص مدل شده است.

$$\sum_t TC_t + RC_t \geq \tilde{DC}_{dt} + \tilde{Y}_{dt} \quad \forall t \quad \text{رابطه (۶۰)}$$

کاهش لیدتایم: کاهش زمان‌های تأخیر در هر سازمانی منجر به شکوفایی بیشتر، مدیریت زمان و افزایش رضایت مشتریان را در پی دارد. رابطه (۶۱)، کاهش لیدتایم را مدل کرده است.

$$\sum_t DIC_t + \tilde{W}_t \leq \sum_g \sum_c \sum_r \sum_t TTT + RC_t + demand_{gct} + demand_{grt} \quad \forall t \quad \text{رابطه (۶۱)}$$

سرعت تحویل محصول: افزایش رضایت مشتری بدون افزایش سرعت تحویل سخت محقق می‌گردد. جهت داشتن زنجیره تأمین تاب‌آور سرعت مناسب تحویل محصولات از الزامات است. رابطه (۶۲)، این مهم را مدل نموده است.

$$\sum_g \sum_d \sum_c \sum_r \sum_t DIC_t + TTT + DCQ_{gdcr} \leq \sum_g \sum_c \sum_r \sum_t demand_{gct} + demand_{grt} \quad \forall t \quad \text{رابطه (۶۲)}$$

یکپارچه‌سازی بعد عملیاتی و مالی: از اهداف اصلی پژوهش حاضر، پوشش دادن تفکر سیستم و رویکرد کل‌گرا به کل مجموعه زنجیره تأمین است. مدل‌سازی روابط (۶۳) تا (۶۸)، به خوبی جریان‌ات

طراحی مدل ریاضی زنجیره تأمین تاب آور.../فیضی، ساده، امینی سابق و احتشام راثی

فیزیکی کالا و جریانات مالی را با لحاظ کردن بدهای عملیاتی و مالی یکپارچه و ادغام می کند. این روابط هزینه های مواد، تولید، حمل و نقل، هندلینگ، انبارداری و راه اندازی ماشین آلات و تجهیزات و همچنین توزیع کننده را مد نظر قرار می دهند.

$$\text{MaCost}_t = \sum_g \sum_s \text{SMCU}_{st} \cdot \text{SMQ}_{sgt} \quad \forall t \quad \text{رابطه (۶۳)}$$

$$\text{Pr Cost}_t = \sum_g \sum_d \text{MPCU}_{gt} \cdot \text{MDQ}_{gdt} + \sum_g \text{Mpcu}_{gt} \cdot \text{MWQ}_{gt} \quad \forall t \quad \text{رابطه (۶۴)}$$

$$\text{TrCost}_t = \sum_g \sum_d \text{TCUD}_{dt} \cdot (\text{MDQ}_{gdt} + \text{WDQ}_{gdt}) \quad \forall t \quad \text{رابطه (۶۵)}$$

$$+ \sum_g \sum_d \sum_c \sum_r \text{TCUM}_{dct} \cdot \text{TCUM}_{drt} \cdot \text{DCQ}_{gdert} \quad \forall t \quad \text{رابطه (۶۶)}$$

$$\text{HaCost}_t = \sum_g \sum_d \sum_c \sum_r \text{HCUC}_{dt} \cdot \text{DCQ}_{gdert}$$

$$\text{StCost}_t = \text{MSCU}_t \cdot \left(\frac{\sum_g (\text{RWQ}_t + \text{RWQ}_{g(t-1)})}{2} \right) \quad \forall t \quad \text{رابطه (۶۷)}$$

$$\text{FeCost}_t = (\tilde{W}_t - \tilde{W}_{t-1}) \cdot \text{FCEM}_t + \sum_d (\tilde{Y}_{dt} - Y_{d(t-1)}) \cdot \text{FCEI} \quad \forall t \quad \text{رابطه (۶۸)}$$

تابع هدف: تابع هدف این پژوهش به دنبال حداکثر کردن تغییرات حقوق صاحبان سهام است که به واسطه اختلاف بین تغییرات کل دارایی ها و تغییرات بدهی ها به دست می آید. روابط (۶۹) تا (۷۳)، ادغام نموده شده اند.

$$\Delta \text{equity} = \Delta \text{CuAsset} + \Delta \text{FAsset} - \Delta \text{STLY} - \Delta \text{LL}\tilde{Y} \quad \forall t \quad \text{رابطه (۶۹)}$$

$$\Delta \text{CuAsset} = \text{CuAsset}_T - \text{CuAsset}_t \quad \forall t \quad \text{رابطه (۷۰)}$$

$$\Delta \text{FAsset} = \text{FAsset}_T - \text{FAsset}_t \quad \forall t \quad \text{رابطه (۷۱)}$$

$$\Delta \text{STLY} = \text{STLY}_T - \text{STLY}_t \quad \forall t \quad \text{رابطه (۷۲)}$$

$$\Delta \text{LL}\tilde{Y} = \text{LL}\tilde{Y}_T - \text{LL}\tilde{Y}_t \quad \forall t \quad \text{رابطه (۷۳)}$$

مدل سازی این پژوهش به صورت برنامه ریزی غیرخطی انجام شد و برای مدل سازی و حل، نرم افزار GAMS24 و حل کننده MIP از CPLEX به کار رفت.

تجزیه و تحلیل داده ها و یافته های پژوهش

در پژوهش حاضر، مقیاس داده های ارائه شده به صورت عددی، تصادفی و برخی از داده های آن نیز از خبرگان شرکت ایران خودرو از بانک اطلاعاتی با مصاحبه استخراج، در نظر گرفته شده است. در این

فصلنامه مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار / شماره چهل و سوم / تابستان ۱۳۹۹

پژوهش تعداد شش تأمین‌کننده ($S_1, S_2, S_3, S_4, S_5, S_6$)، تعداد یک شرکت (ایران خودرو)، با قابلیت افزایش تجهیزات و ماشین‌آلات به همراه سه نوع کالا (G_1, G_2, G_3)، تعداد دوتوزیع‌کننده (D_1 و D_2) با قابلیت افزایش تعداد توزیع‌کنندگان، تعداد سه خرده فروش (R_1, R_2, R_3) و تعداد سه بازار (C_1, C_2 و C_3) از مشتریان متفاوت در سه دوره زمانی مدنظر قرار گرفته است. مقادیر شاخص‌های بُعد مالی پژوهش حاضر عبارتند از: هزینه استهلاک سالانه در ابتدای دوره به صورت درصدی از دارایی‌های ثابت اول دوره محاسبه شده؛ هزینه حمل موجودی به میزان ۲۰۰۰۰ واحد پولی؛ همچنین ضریب فنی سرمایه‌گذاری روی اوراق بهادار میزان ۰/۰۲۶ و ضریب فنی فروش اوراق بهادار میزان ۰/۰۳۸ در هر دوره در نظر گرفته شده است. حداکثر خط اعتباری کوتاه مدت و حداقل پوشش نقدینگی به ترتیب به میزان ۱۶۰۰۰ و ۱۸۰۰۰ واحد پولی در هر دوره لحاظ شده و نرخ‌های بهره کوتاه مدت و بلند مدت ۰/۲۵ و ۰/۱۷ در هر دوره مد نظر قرار گرفته است. نرخ مالیات، درصد تقسیم سود، نرخ استهلاک سالانه و همچنین درصد تسویه حساب‌های دریافتی در هر دوره به ترتیب ۰/۲۲۳، ۰/۴۸، ۰/۱ و ۰/۷ لحاظ شده است. میزان بازگشت دارایی‌ها ۱۰۰۰۰ واحد پولی؛ هزینه‌های عملیاتی (هزینه‌های عمومی؛ اداری و فروش به علاوه هزینه کالای فروخته شده/ کل فروش)، به میزان ۵۰۰۰۰ واحد پولی در نظر گرفته شده است. ارزش افزوده اقتصادی (سود عملیاتی خالص پس از کسر مالیات به میزان ۱۰۰۰۰ واحد پولی و هزینه سرمایه ۲۰۰۰ واحد پولی و کل دارایی‌ها ۱۰۰۰۰۰ واحد پولی در نظر گرفته شده است)، بازگشت دارایی‌ها (سود پس از کسر مالیات به میزان ۹۰۰۰ واحد پولی و متوسط کل دارایی‌ها ۵۰۰۰۰ واحد پولی)؛ سود خالص (سود ناخالص ۸۰۰۰۰ واحد پولی و کل هزینه‌ها ۴۰۰۰۰ واحد پولی)؛ هزینه ساخت محصول (هزینه مواد مستقیم به میزان ۸۰۰۰ واحد پولی، دستمزد مستقیم ۲۰۰۰ واحد پولی و هزینه‌های سربار تولید به میزان ۵۰۰۰ واحد در نظر گرفته شده‌اند)؛ هزینه‌های نگهداری و تعمیرات (نت) به میزان ۱۵۰۰۰ واحد و هزینه‌های موجودی ذخیره احتیاطی به میزان ۱۲۰۰۰ واحد پولی در نظر گرفته شده است. برای برخی از هزینه‌ها، مانند اجاره، بیمه، دستمزد و غیره، طی دوره‌های سه و شش به ترتیب میزان ۱۲۰۰۰ و ۱۶۰۰۰ واحد پولی چریان نقدی خروجی لحاظ شده است. در همین راستا هزینه ثابت راه‌اندازی ماشین‌آلات و سایر تجهیزات میزان ۱۳۰۰۰ واحد پولی در هر دوره مد نظر قرار گرفته است. مقادیر شاخص‌های بُعد عملیاتی عبارتند از: ظرفیت تولید و همچنین ظرفیت انبار در دوره‌های زمانی سه و شش به ترتیب ۱۲۰۰ و ۸۹۰؛ موجودی کالای احتیاطی ۱۰۰۰ واحد؛ نیروی کار چند مهارته به تعداد ۱۲۰ نفر؛ حمل‌نقل منعطف (خرید وسایل حمل و نقل داخلی و خارجی) به میزان ۲۰۰ دستگاه؛ منبع‌یابی منعطف (ارتباطات بلند مدت با تأمین‌کنندگان و وجود

طراحی مدل ریاضی زنجیره تأمین تاب آور.../فیضی، ساده، امینی سابق و احتشام راثی

گزینه‌های جایگزین تأمین مواد اولیه و قطعات) به میزان ۱۰ تأمین‌کننده؛ سرعت تحویل محصول (داشتن برنامه شناور و برنامه‌ریزی دقیق جهت تحویل به موقع محصولات ساخته شده به مشتریان با بهره‌مندی و ارتباطات با توزیع‌کنندگان فعال و خرده‌فروشان و نمایندگی‌های کارا در سراسر کشور) به میزان ۱۰۰ نفر ساعت کاری فعال؛ طراحی سیستم‌های تولیدی منطبق با محصولات چندگانه (بهره‌مندی از ربات‌ها و چیدمان صحیح ماشین‌آلات و با زمان‌سنجی دقیق فرآیندهای تولید) به میزان ۲۰۰ نفر ساعت و کاهش لیدتایم با به کارگیری سیستم تولید سنکرون در نظر گرفته شده است. در این راستا تعداد موجودی کالاهای ابتدای دوره در مجموع ۵۰۰ واحد و موجودی کالای احتیاطی طی دوره‌های مختلف برای هر کالا میزان ۵۵ واحد مدنظر قرار گرفته است. سایر اطلاعات و پارامترهای مربوطه در جدول‌های شماره ۵ تا ۱۳، ارائه شده است.

جدول (۵)، ترازنامه در ابتدای دوره برنامه‌ریزی را نشان می‌دهد.

جدول ۵: ترازنامه در ابتدای دوره برنامه‌ریزی (یافته‌های پژوهش)

ارزش	حساب	ارزش	حساب
۳۲۰۰۰	بدهی جاری	۶۰۰۰۰	دارایی جاری
۴۵۰۰	خط اعتباری کوتاه مدت	۷۰۰۰	حساب‌های دریافتی
۳۵۰۰۰	بدهی بلندمدت	۷۰۰۰	موجودی کالا
۱۲۰۰۰	خط اعتباری بلند مدت	۹۰۰۰۰	جمع دارایی جاری
۹۵۰۰۰	جمع بدهی‌ها	۲۰۰۰۰۰	جمع دارایی ثابت
۱۹۵۰۰۰	حقوق صاحبان سهام		
۲۹۰۰۰۰	جمع بدهی و حقوق صاحبان سهام	۲۹۰۰۰۰	جمع دارایی‌ها

جدول (۶)، تقاضای مشتریان و خرده‌فروشان نسبت به هر کالا در دوره زمانی t ام را نشان می‌دهد.

جدول ۶: تقاضای مشتری c ام و خرده‌فروش r ام از کالای g ام در دوره t ام (یافته‌های پژوهش)

تقاضای مشتری	t_1	t_2	t_3	تقاضای خرده فروشان	t_1	t_2	t_3
	G_1				G_1		
C_1	۵۸۱	۶۲۱	۶۷۱	R_1	۲۱۱	۲۸۲	۳۵۳
C_2	۴۶۲	۵۹۲	۸۱۵	R_2	۱۲۱	۱۸۳	۲۹۵
C_3	۳۹۱	۵۵۲	۶۹۷	R_3	۱۰۳	۱۵۱	۲۵۲
G_2			G_2				
C_1	۲۷۳	۳۳۵	۵۶۲	R_1	۱۳۳	۱۸۴	۲۴۵
C_2	۴۳۳	۵۲۴	۵۵۲	R_2	۱۲۲	۱۵۳	۱۶۲

فصلنامه مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار / شماره چهل و سوم / تابستان ۱۳۹۹

C_3	۶۲۱	۷۳۸	۹۰۵	R_3	۱۴۳	۱۷۴	۲۲۵
	G_3				G_3		
C_1	۳۹۱	۴۶۴	۴۹۲	R_1	۴۰	۵۷	۶۹
C_2	۵۶۴	۶۹۲	۸۳۵	R_2	۲۱۴	۳۵۴	۴۱۸
C_3	۸۳۵	۸۸۲	۹۹۸	R_3	۷۱۴	۷۵۰	۸۰۰

جدول (۷)، قیمت کالای g ام در دوره زمانی t ام و جدول (۸)، داده‌های مربوط به تأمین‌کنندگان را نشان می‌دهد.

جدول ۷: قیمت کالای g ام در دوره t ام (یافته‌های پژوهش)

تأمین‌کنندگان	t_1	t_2	t_3
	G_1		
D_1	۱۲۸	۲۵۷	۳۶۱
D_2	۱۰۷	۱۵۸	۱۸۴
D_3	۲۲۱	۲۸۰	۳۰۰
	G_2		
D_1	۱۱۵	۱۲۷	۱۶۰
D_2	۱۷۵	۱۸۳	۱۹۴
D_3	۱۲۸	۱۳۸	۱۵۳
	G_3		
D_1	۱۰۹	۱۲۸	۱۵۹
D_2	۱۲۷	۱۳۰	۱۵۴
D_3	۱۱۰	۱۳۵	۱۸۶

جدول ۸: داده‌های مربوط به تأمین‌کنندگان (یافته‌های پژوهش)

پارامترها	تأمین‌کنندگان					
	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6
هزینه‌های عملیاتی	۴۱	۵۶	۲۸	۱۷	۶۲	۷۵
ظرفیت	۴۷۱	۳۲۸	۲۵۸	۶۲۱	۵۴۹	۳۸۷

جدول (۹)، داده‌های مربوط به هزینه تولید کالای g ام در دوره t ام؛ جدول (۱۰)، اوراق بهادار قابل معامله در هر دوره؛ جدول (۱۱)، هزینه حمل به بازار c ام و خرده فروش r ام از توزیع‌کننده d ام در دوره t ام و جدول (۱۲)، داده‌های مربوط به توزیع‌کنندگان را نشان می‌دهد.

طراحی مدل ریاضی زنجیره تأمین تاب آور.../فیضی، ساده، امینی سابق و احتشام راثی

جدول ۹: داده‌های مربوط به هزینه تولید کالای g ام در دوره t ام (یافته‌های پژوهش)

محصول	t_1	t_2	t_3
G_1	۲۸	۲۷	۳۶
G_2	۱۰	۵۸	۸۴
G_3	۲۲	۲۸	۳۰

جدول ۱۰: اوراق بهادار قابل معامله در هر دوره (یافته‌های پژوهش)

پارامتر	t_1	t_2	t_3
اوراق قابل معامله ابتدای دوره	۵۵۸۰	۴۸۰۰	۴۲۰۰

جدول ۱۱: هزینه حمل به بازار c ام و خرده فروش r ام از توزیع کننده d ام در دوره t ام (یافته‌های پژوهش)

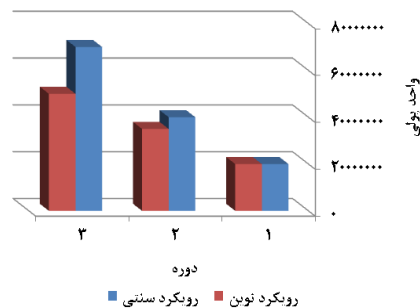
هزینه حمل توزیع کننده به بازار	t_1	t_2	t_3	هزینه حمل توزیع کننده به خرده فروش	t_1	t_2	t_3
	D_1				D_1		
C_1	۱۱	۱۴	۱۸	R_1	۶	۸	۹
C_2	۱۳	۱۵	۱۹	R_2	۷	۱۰	۱۶
C_3	۶	۸	۱۴	R_3	۱۴	۱۵	۱۷
	D_2				D_2		
C_1	۱۲	۱۵	۱۷	R_1	۱۷	۲۰	۲۷
C_2	۱۰	۱۳	۱۱	R_2	۱۴	۱۸	۲۲
C_3	۲۲	۲۸	۳۰	R_3	۱۷	۱۹	۲۱

جدول ۱۲: داده‌های مربوط به توزیع کنندگان (یافته‌های پژوهش)

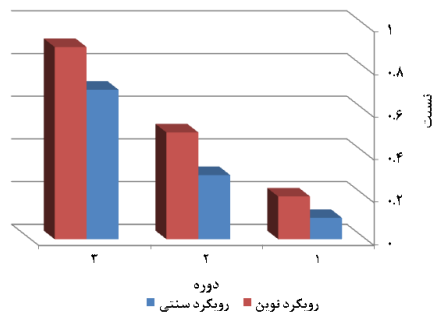
پارامتر	توزیع کننده	
	D_1	D_2
هزینه حمل از شرکت	۲۰	۲۵
هزینه عملیاتی	۱۲	۱۲
ظرفیت	۷۱۰	۶۸۰
هزینه ثابت راه اندازی	۸۷۴۱	۹۶۴۳

براساس اطلاعات ارائه شده و حل مدل، دو رویکرد سنتی و نوین در مقابل یکدیگر قرار گرفته و مقایسه شده‌اند. برخی از متغیرهای محاسبه شده مانند بهای تمام شده کالای فروش رفته و ترکیب بهینه ساختار سرمایه شرکت متعلق به زنجیره تاب آور اشاره شده در نمودارهای شماره (۳ و ۲)، نشان داده شده است.

فصلنامه مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار / شماره چهل و سوم / تابستان ۱۳۹۹



نمودار ۲: بهای تمام شده محصول در رویکرد سنتی و نوین نمودار



نمودار ۳: ترکیب ساختار سرمایه در رویکرد سنتی و نوین

مشاهده می‌گردد در رویکرد نوین بهای تمام شده کالای فروش رفته میزان پایین‌تری به دست می‌آید و این مهم، اثربخشی حسابداری بهای تمام شده را افزایش می‌دهد؛ همچنین ساختار سرمایه شرکت نشان می‌دهد که شرکت توانسته است نسبت به رویکرد سنتی ریسک مالی خود را کاهش دهد و میزان اهرمی بودن شرکت را پایین آورد؛ به تبع این موضوع موجب پایین آمدن ریسک و ورشکستگی شرکت و زنجیره تأمین تاب‌آور می‌شود.

همچنین جدول (۱۳)، میزان و حقوق صاحبان سهام را در دو رویکرد سنتی و نوین (پژوهش حاضر) را نشان می‌دهد.

جدول ۱۳: مقایسه میزان و حقوق صاحبان سهام با دو رویکرد سنتی و نوین (یافته‌های پژوهش)

تابع هدف	سود (واحد پولی)	حقوق صاحبان سهام
رویکرد سنتی (حداکثر کردن سود)	۲۵۴۷۲۵۸۳۶۵	۹۵۱۰۰
رویکرد نوین (مدلسازی مالی - عملیاتی)	۲۱۸۶۴۱۸۳۲۷	۵۶۵۳۲۷

با توجه به نتایج جدول (۱۳) و حل مدل ریاضی نتایج نشان داد بهره‌مندی از رویکرد نوین پژوهش

طراحی مدل ریاضی زنجیره تأمین تاب آور.../فیضی، ساده، امینی سابق و احتشام راثی

حاضر می توان ثروت سهامداران را افزایش دهد.

ارزیابی پایایی مدل و تحلیل حساسیت

برای ارزیابی عملکرد مدل سازی، تعدادی از پارامترهای مطالعه (تقاضا، قیمت محصولات و هزینه های خرید) که عموماً کنترل روی آن ها است، تحلیل حساسیت می شوند. جدول (۱۴)، مقادیر تابع هدف و جریان های متغیرهای تصمیم را بدون اعمال تغییر نشان می دهد و در همین راستا جدول (۱۵)، اثرات تغییرات مختلف شبکه زنجیره تأمین تاب آور را ارائه می کند. با اعمال تغییرات یاد شده روی پارامترهای مشخص شده و مقایسه جدول های (۱۴ و ۱۵)، مقدار تابع هدف تقریباً در همان محدوده تغییر و نوسان می کند. این مهم به خوبی حکایت از انسجام و پایداری مدل ارائه شده دارد. برای نمونه، در خصوص تغییر پارامتر تقاضا، میزان تغییرات در جریان های محصولات میان تسهیلات مختلف نسبت به مدل اولیه قابل مقایسه است. ۱۵ درصد کاهش در تقاضا باعث می شود که عمده مواد از تأمین کننده دوم تهیه شود؛ زیرا قیمت های این تأمین کننده نسبت به سایر تأمین کنندگان مناسب تر است. در واقع کاهش تقاضا درآمد شرکت را تحت تأثیر قرار می دهد و شرکت را ملزم به تأمین مواد با قیمت های باصرفه تر می کند. همچنین مشاهده می شود، کاهش ۱۵ درصدی در مقدار تقاضا، تابع هدف را به میزان ۱۰ درصد کاهش و افزایش ۷ و ۱۲ درصدی در تقاضا، تابع هدف را به ترتیب به میزان ۶/۵ و ۱۰/۵ درصد افزایش می دهد.

جدول ۱۴: مقدار تابع هدف و جریان های اولیه (یافته های پژوهش)

جریان های	تابع هدف
SMQ(s,g,t)...(s,g,t) = (1,1,2),(2,3,3), (2,1,1),(1,2,3),(2,3,2),(3,1,1),(2,2,3)	۵۶۵۳۲۷
MWQ(g,t)...(g,t) = (1,1),(1,2), (1,3)	
MDQ(g,d,t)...(g,d,t) = (1,2,3)	
WDQ(g,d,t)...(g,d,t) = (2,1,2),(1,1,3),(2,1,3),(1,1,1),(1,2,3),(3,1,2)	
DCQ(g,d,c,t)...(g,d,c,t) =	
(1,1,1,2),(1,1,1,2),(1,1,1,1),(1,1,1,3),(2,2,1,2),(3,1,1,2),(2,1,3,1),(3,1,3,1),(3,2,3,1)	
RWQ(g,t)...(g,t) = (1,2),(1,3), (1,1)	

فصلنامه مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار / شماره چهل و سوم / تابستان ۱۳۹۹

جدول ۱۵: تحلیل حساسیت پارامترهای پژوهش (یافته‌های پژوهش)

پارامتر	Δ درصد	Obj درصد	جریانات
تقلبات	-۱۵	-۱۰	SMQ(s,g,t)...(s,g,t) = (2,1,1),(2,3,2), (2,1,3),(1,2,1),(2,3,2),(3,1,3),(2,2,3)
			MWQ(g,t)...(g,t) = (1,1),(1,2), (1,3)
			MDQ(g,d,t)...(g,d,t) = (1,2,1)
			WDQ(g,d,t)...(g,d,t) = (1,1,3),(1,1,2),(2,1,3),(1,2,1),(1,3,2),(3,1,3)
			DCQ(g,d,c,t)...(g,d,c,t) = (1,1,1,2),(1,1,1,2),(1,1,1,3),(1,1,1,1),(2,2,1,3),(3,1,1,2),(2,1,3,2),(3,1,3,1),(3,2,3,2)
تقلبات	۷	۶/۵	RWQ(g,t)...(g,t) = (1,2),(1,3), (1,1)
			SMQ(s,g,t)...(s,g,t) = (1,1,3),(2,3,2), (2,1,1),(1,2,1),(2,3,3),(3,1,2),(2,2,3)
			MWQ(g,t)...(g,t) = (1,1),(1,2)
			MDQ(g,d,t)...(g,d,t) = (1,2,3),(2,1,3)
			WDQ(g,d,t)...(g,d,t) = (2,1,2),(1,1,3),(2,1,3),(1,1,1),(1,2,2),(3,1,2)
تقلبات	۱۲	۱۰/۵	DCQ(g,d,c,t)...(g,d,c,t) = (1,1,1,2),(1,1,1,1),(1,1,1,3),(1,1,1,3),(2,2,1,3),(3,1,1,2),(2,1,3,1),(3,1,3,2),(3,2,3,2)
			RWQ(g,t)...(g,t) = (1,2),(1,3), (1,1)
			SMQ(s,g,t)...(s,g,t) = (3,1,3),(2,3,1), (2,1,1),(3,2,2),(2,3,2),(3,1,3),(2,2,3)
			MWQ(g,t)...(g,t) = (1,1),(1,2)
			MDQ(g,d,t)...(g,d,t) = (1,2,3)
تقلبات	-۱۵	-۱۲/۵۲	WDQ(g,d,t)...(g,d,t) = (2,1,1),(1,1,1),(2,1,2),(1,1,2),(1,2,3),(3,1,3)
			DCQ(g,d,c,t)...(g,d,c,t) = (1,1,1,3),(1,1,1,2),(1,1,1,1),(2,2,1,3),(2,1,1,2),(2,1,3,2),(3,1,3,1),(3,2,3,1)
			RWQ(g,t)...(g,t) = (1,1),(1,2), (1,3)
			SMQ(s,g,t)...(s,g,t) = (1,1,2),(2,3,3), (2,1,1),(1,2,3),(2,3,3),(3,1,1),(2,2,1)
			MWQ(g,t)...(g,t) = (1,1),(1,2), (1,3)
تقلبات	۷	۷/۷	MDQ(g,d,t)...(g,d,t) = (1,2,3)
			WDQ(g,d,t)...(g,d,t) = (2,1,1),(1,1,2),(2,1,2),(1,1,2),(1,2,3),(3,1,3)
			DCQ(g,d,c,t)...(g,d,c,t) = (1,1,1,3),(1,1,1,2),(1,1,1,1),(2,1,1,2),(3,1,1,2),(2,1,3,1),(3,1,3,1),(3,2,3,2)
			RWQ(g,t)...(g,t) = (1,2), (1,1)
			SMQ(s,g,t)...(s,g,t) = (6,1,1),(2,3,2), (6,1,2),(1,2,3),(6,3,1),(5,1,2),(6,2,2)
تقلبات	۱۲	۸/۹	MWQ(g,t)...(g,t) = (1,2), (1,3)
			MDQ(g,d,t)...(g,d,t) = (1,2,3)
			WDQ(g,d,t)...(g,d,t) = (2,1,1),(1,1,3),(2,1,3),(1,1,2),(1,2,2),(3,1,2)
			DCQ(g,d,c,t)...(g,d,c,t) = (1,1,1,2),(1,1,1,2),(1,1,1,3),(1,1,1,3),(2,2,1,3),(3,1,1,1),(2,1,3,1),(3,1,3,2),(3,2,3,2)
			RWQ(g,t)...(g,t) = (2,2),(2,3), (2,1)
هزینه‌های خرید	-۱۵	-۰/۵۲	SMQ(s,g,t)...(s,g,t) = (5,1,3),(5,3,3), (2,1,3),(1,2,2),(5,3,2),(5,1,2),(2,2,3)
			MWQ(g,t)...(g,t) = (1,1),(1,2), (1,3)
			MDQ(g,d,t)...(g,d,t) = (1,2,3)
			WDQ(g,d,t)...(g,d,t) = (2,1,1),(1,1,3),(2,1,3),(1,1,2),(1,2,2),(3,1,3)
			DCQ(g,d,c,t)...(g,d,c,t) = (1,1,1,2),(1,1,1,2),(1,1,1,3),(1,1,1,1),(2,2,1,2),(3,1,1,2),(2,1,3,2),(3,1,3,2),(3,2,3,1)
هزینه‌های خرید	۷	-۰/۰۲	RWQ(g,t)...(g,t) = (1,1),(1,2), (1,3)
			SMQ(s,g,t)...(s,g,t) = (4,1,1),(4,3,2), (4,1,1),(4,2,3),(3,3,1),(4,1,1),(2,2,3)
			MWQ(g,t)...(g,t) = (1,1),(1,2)
			MDQ(g,d,t)...(g,d,t) = (1,2,3)
			WDQ(g,d,t)...(g,d,t) = (2,1,2),(1,1,3),(2,1,3),(1,1,2),(1,2,1),(3,1,1)
DCQ(g,d,c,t)...(g,d,c,t) = (1,1,1,2),(1,1,1,2),(1,1,1,3),(1,1,1,3),(2,2,1,1),(3,1,1,2),(2,1,3,1),(3,1,3,2),(3,2,3,1)			

طراحی مدل ریاضی زنجیره تأمین تاب آور.../فیضی، ساده، امینی سابق و احتشام راثی

RWQ(g,t)...(g,t) = (2,2),(2,3), (1,1)	-۰/۰۵	۱۲	
SMQ(s,g,t)...(s,g,t) = (3,1,2),(2,3,1), (3,1,1),(3,2,3),(2,3,2),(3,1,3),(3,2,1)			
MWQ(g,t)...(g,t) = (1,1),(1,2), (1,3)			
MDQ(g,d,t)...(g,d,t) = (1,2,3)			
WDQ(g,d,t)...(g,d,t) = (2,1,1),(1,1,3),(2,1,3),(1,1,2),(1,2,3),(3,1,2)			
DCQ(g,d,c,t)...(g,d,c,t) = (1,1,1,2),(1,1,1,2),(1,1,1,3),(1,1,1,3),(2,2,1,2),(3,1,1,2),(2,1,3,1),(3,1,3,3),(3,2,3,1)			
RWQ(g,t)...(g,t) = (1,2),(2,3), (3,1)			

برای ارزیابی قابلیت کاربرد مدل ارائه شده، تحلیل حساسیت نیز روی پارامترهای مهم در مدل طبق جدول (۱۵)، انجام شده است که این امر نشان می‌دهد تغییرپذیری مدل نسبت به پارامترها در حد قابل قبولی بوده و اهداف مطالعه را محقق ساخته است.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

پژوهش حاضر یک زنجیره تأمین پنج سطحی در دو سطح تصمیم‌گیری راهبردی و فنی، طراحی و مدل‌سازی نموده و فارغ از نگاه‌های مجزا به زنجیره تأمین تاب‌آور و بهینه‌سازی‌های معمول، تفکر سیستمی و چارچوب کل‌گرا را بر کل مدل حاکم کرده است. این پژوهش، ابعاد عملیاتی (تعادل در جریان‌ات کالا میان تسهیلات؛ ظرفیت‌های تسهیلات؛ راه‌اندازی ماشین‌آلات، تجهیزات و توزیع‌کنندگان؛ موجودی کالای احتیاطی؛ سرعت تحویل محصول؛ نیروی کار چندمهارته؛ منبع‌یابی منعطف؛ فرهنگ مدیریت ریسک زنجیره تأمین؛ حمل و نقل منعطف؛ کاهش لیدتایم و طراحی سیستم‌های تولیدی منطبق با محصولات چندگانه) و ابعاد مالی (مدیریت وجه نقد؛ مدیریت درآمد؛ هزینه‌های تمام شده کالا؛ ساختار سرمایه؛ بازگشت دارایی‌ها (ROA)؛ میزان نقدینگی؛ هزینه‌های عملیاتی؛ سود خالص؛ ارزش افزوده اقتصادی (EVA)؛ هزینه‌های حمل موجودی؛ هزینه‌های ساخت؛ هزینه‌های نت و هزینه موجودی ذخیره احتیاطی (CSS))، را در نظر گرفته و یکپارچه کرده است؛ همچنین این پژوهش چند محصولی و چند دوره‌ای در زنجیره تأمین تاب‌آور و مقادیر پارامترهای در شرایط فازی نیز تعیین شد؛ بنابراین با توجه به لحاظ کردن موارد اشاره شده، دیدگاه جامع‌تر و دقیق‌تری را نسبت به مطالعات پیشین ارائه کرده و مدل‌سازی خود را به صورت یک مدل عمومی برای شرکت‌های مختلف تولیدی خصوصاً صنعت خودروسازی اجرا کرده است. در این قسمت به مقایسه نتایج مقاله حاضر با دیگر مقالات در قالب جدول (۱۶)، می‌پردازیم.

جدول ۱۶: مقایسه نتایج مقاله حاضر با دیگر محققین

مقاله مورد مقایسه	نقاط اشتراک	تفاوت‌ها	امتیازات مقاله حاضر
-------------------	-------------	----------	---------------------

فصلنامه مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار / شماره چهل و سوم / تابستان ۱۳۹۹

بررسی مدل زنجیره تأمین پنج سطحی؛ وارد نمودن مدل تاب‌آوری زنجیره تأمین، مدل‌سازی فازی؛ یکپارچه نمودن رویکرد مالی - عملیاتی در زنجیره تأمین؛ در نظر گرفتن سطح خرده‌فروشان در مدل و نزدیک‌تر شدن مدل به واقعیت	مدل‌سازی تصمیم‌گیری چند شاخصه فازی	مدل‌سازی زنجیره تأمین در نظر گرفتن چهار سطح تأمین‌کنندگان، مشتریان، کارخانه‌ها و توزیع‌کنندگان	Rajesh,2019
مدل‌سازی ریاضی؛ در نظر گرفتن شاخص‌های تاب‌آوری و عملیاتی در مدل؛ یکپارچه نمودن رویکرد مالی - عملیاتی در زنجیره تأمین؛ بررسی مدل زنجیره تأمین پنج سطحی	مرور ادبیات نظری بدون طراحی مدل	بررسی مبانی نظری زنجیره تأمین در طراحی مدل	Parast & Shekarian,2019
یکپارچه نمودن رویکرد مالی - عملیاتی در زنجیره تأمین	طراحی چارچوب مدل زنجیره تأمین مالی	بررسی مبانی نظری طراحی زنجیره تأمین مالی	Martin & Hofmann,2019
بررسی مدل زنجیره تأمین پنج سطحی؛ مدل‌سازی ریاضی؛ در نظر گرفتن شاخص‌های تاب‌آوری و عملیاتی در مدل؛ یکپارچه نمودن رویکرد مالی - عملیاتی در زنجیره تأمین	مدل‌سازی در زنجیره تأمین به صورت عمومی و در نظر گرفتن در چهار سطح	ادغام رویکرد مالی و عملیاتی در زنجیره تأمین و مدل‌سازی ریاضی	محمدی و همکاران، ۱۳۹۶
بررسی مدل زنجیره تأمین پنج سطحی؛ وارد نمودن مدل تاب‌آوری زنجیره تأمین، مدل‌سازی فازی؛ یکپارچه نمودن رویکرد مالی - عملیاتی در زنجیره تأمین	مدل‌سازی زنجیره تأمین به صورت کلی و مدل سه سطحی	مدل‌سازی زنجیره تأمین	کلانتری و همکاران، ۱۳۹۵
بررسی مدل زنجیره تأمین پنج سطحی؛ وارد نمودن مدل تاب‌آوری زنجیره تأمین، مدل‌سازی فازی؛ یکپارچه نمودن رویکرد مالی - عملیاتی در زنجیره تأمین	مدل‌سازی سه سطحی	بررسی مبانی نظری و مدل‌سازی ریاضی زنجیره تأمین	رمضانی و همکاران، ۱۳۹۲

این تحقیق به جای بهینه‌سازی مرسوم که به بیشینه نمودن سود یا حداقل‌سازی هزینه در نظر گرفته می‌شود، به حداکثرسازی تغییرات حقوق صاحبان سهام؛ میزان بازگشت داری‌ها؛ محاسبه سود عملیاتی خالص در زنجیره تأمین؛ کاهش هزینه‌های حمل موجودی و کالای ساخته شده و کاهش هزینه‌های موجودی ذخیره احتیاطی تغییر رویکرد داده است؛ بنابراین با توجه به جداول (۱ و ۲)، مزیت این پژوهش نسبت به سایر مطالعات آن است که رویکردهای مالی و عملیاتی به صورت همزمان در نظر گرفته شده است؛ همچنین برای اولین بار زنجیره تأمین تاب‌آور در یک مدل پنج سطحی در صنایع خودروسازی ایران مدل‌سازی شده است؛ با انتخاب موارد وسعت دادن به تحلیل‌ها و دقیق کردن ارتباطات صورت‌های مالی (برای مثال در مقایسه با مطالعه محمدی و همکاران (۱۳۹۶))، مدل‌سازی دقیق‌تر و واقعی‌تر شده است. از این رو می‌توان استدلال کرد که در نظر گرفتن این عوامل باعث بهبود مدیریت صحیح زنجیره تأمین و کارایی زنجیره تأمین تاب‌آور می‌شود. نتایج آزمون رویکرد ترکیبی (مالی - عملیاتی)، (معیارهای نمودار ۱ را در خود دارد)، نشان داد که میزان افزایش در تغییرات

طراحی مدل ریاضی زنجیره تأمین تاب آور.../فیضی، ساده، امینی سابق و احتشام رائی

حقوق صاحبان سهام بیشتر از میزان کاهش در مقدار سود است و این موضوع نشان دهنده توانمندی رویکرد نوین (پژوهش حاضر) است. همچنین نتایج پژوهش حاضر با نتایج تحقیقات رضانی و همکاران (۱۳۹۲) و محمدی و همکاران (۱۳۹۶)، همراستا می‌باشد. به عنوان نمونه، در ترکیب ساختار سرمایه شرکت در رویکرد نوین، میانگین بدهی‌ها طی دوره‌های مدنظر در مدل ریاضی، کاهش یافته است و این مهم حکایت از کاهش ریسک مالی در شرکت ایران خودرو دارد. این مطالعه به مدیران شرکت‌ها و سرمایه‌گذاران ایران خودرو کمک می‌کند تا در تصمیم‌گیری‌ها دیدگاه جامعی نسبت به موضوع‌های دخیل در مدیریت زنجیره تأمین تاب آور پیدا کنند و برای کسب مزیت رقابتی پایدار و تاب‌آوری زنجیره تأمین صنعت خودروسازی، شرایط مساعدی را فراهم می‌آورد. در نظر گرفتن مدل‌سازی فازی و بهره‌مندی از برنامه‌ریزی آرمانی فازی و عدم قطعیت در مدل، بررسی سایر اهداف مالی به طور همزمان و در نظر گرفتن چابکی و نابی در زنجیره تأمین و ترکیب آن با تاب‌آوری، لحاظ کردن ریسک‌های مالی و تجاری در محدودیت‌ها و آزمون مدل بر اساس داده‌های واقعی در صنایع تولیدی دیگر می‌تواند به عنوان پیشنهاد برای پژوهش‌های آینده لحاظ شوند.

منابع

- ۱) آقای، محمد، خسروانیان، حمیدرضا و غضایری، علیرضا، طراحی الگوی زنجیره تأمین و توزیع چابک با رویکرد تلفیقی از مفاهیم کلاسیک چابکی و الگوسازی تفسیری - ساختاری: نگاهی فرایندی به چابکی سازمانی (مورد مطالعه صنعت پخش)، نشریه علمی پژوهشی بهبود مدیریت، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۲.
- ۲) روانستان، کاظم، آقاجانی، حسنعلی، صفایی قادیکلانی، عبدالحمید و یحیی زاده فر، محمود، تعیین راهبردها و عدد تاب آوری زنجیره تأمین ایران خودرو، پژوهش‌های مدیریت راهبردی، شماره ۶۶، ۱۳۹۶.
- ۳) ربانی، مسعود، معنوی زاده، ندا و فرشباف، امیر، طراحی چند هدفه زنجیره تأمین با در نظر گرفتن ریسک اختلال تسهیلات، عرضه و تقاضا در شرایط غیرقطعی بودن پارامترهای اقتصادی، فصلنامه مطالعات مدیریت صنعتی، شماره ۳۷، تابستان ۱۳۹۴.
- ۴) جعفرنژاد، احمد و محسنی، مریم، ارائه چارچوبی برای بهبود عملکرد زنجیره تأمین تاب آور، فصلنامه مدیریت زنجیره تأمین، شماره ۴۸، ۱۳۹۴.
- ۵) جعفرنژاد، احمد، کاظمی، عالیه و عرب، علیرضا، شناسایی و اولویت بندی شاخص‌های ارزیابی تاب-آوری تأمین کنندگان بر پایه روش بهترین - بدترین، چشم‌انداز مدیریت صنعتی، شماره ۲۳، ۱۳۹۵.
- ۶) جهانی، مصطفی، آذر، عادل و مقبل باعرض، عباس، طراحی مدل تفسیری - ساختاری عوامل مؤثر بر تاب آوری زنجیره تأمین، پژوهش‌های مدیریت منابع انسانی، دوره ۷، شماره ۴، ۱۳۹۶.
- ۷) جبارزاده، آرمین، ذکائی، شیوا، طراحی شبکه زنجیره تأمین امداد رسانی با استفاده از رویکرد بهینه سازی استوار داده‌های بازه‌ای، نشریه بین المللی مهندسی صنایع و مدیریت تولید، شماره ۴، جلد ۲۶، زمستان ۱۳۹۴.
- ۸) خدابخش، محسن، دهقان نیری، محمود و امامیان، سیدامیرحسین، شناسایی و رتبه بندی عوامل تاب آوری زنجیره تأمین در شرایط بحرانی با رویکرد پدافند غیرعامل. فصلنامه پدافند غیرعامل. سال نهم، شماره ۱، ۱۳۹۷.
- ۹) سیدحسینی، سیدمحمد و زمانی، فرزاد، نقش حوزه‌های سازمانی در مدیریت تکوین محصول جدید (با رویکرد صنایع خودرو سازی ایران)، مدیریت بازاریابی، دوره ۶، شماره ۲۴، ۱۳۹۳.
- ۱۰) شول، عباس، امیری، مقصود، الفت، لعیا و خلیلی دامغانی، کاوه، طراحی شبکه زنجیره تأمین چنددوره‌ای و چندمحصولی با استفاده از رویکرد ترکیبی برنامه ریزی ریاضی چندهدفه و تحلیل پوششی داده‌ها، فصلنامه چشم انداز مدیریت صنعتی، دوره ۱۴، شماره ۴، زمستان ۳۹۳.

طراحی مدل ریاضی زنجیره تأمین تاب آور.../فیضی، ساده، امینی سابق و احتشام راثی

(۱۱) غایب لو، سیما و تارخ، محمد جعفر، طراحی شبکه زنجیره تأمین یکپارچه مستقیم و معکوس سازگار با محیط زیست، نشریه تخصصی مهندسی صنایع، دوره ۴۹، شماره ۱، بهار ۱۳۹۴.

(۱۲) فضل‌خلف، محمدرضا، چهارسوقی، سیدکمال و پیشوایی، میرسامان، طراحی پایای شبکه زنجیره تأمین حلقه بسته تحت عدم قطعیت: مطالعه موردی یک تولیدکننده باتری اسیدی، مجله مدل‌سازی در مهندسی، سال دوازدهم، شماره ۳۹، زمستان ۱۳۹۳.

(۱۳) قهرمانی نهر، جاوید، قدرت‌نما، علی، ایزدبخش، حمیدرضا، توکلی‌مقدم، رضا، طراحی یک شبکه زنجیره تأمین سبز چند هدفه چند محصولی و چند دوره‌ای با در نظر گرفتن تخفیف در شرایط عدم قطعیت، نشریه پژوهش‌های مهندسی صنایع در سیستم‌های تولید، سال ششم، شماره ۱۳، پاییز و زمستان ۱۳۹۷.

(۱۴) محمدی، علی، خلیفه، مجتبی، عباسی، عباس، علی محمدلو، مسلم و اقتصادی فرد، محمود، طراحی زنجیره تأمین و یکپارچه‌سازی رویکردهای مالی و عملیاتی، فصلنامه چشم‌انداز مدیریت صنعتی، شماره ۲۶، تابستان ۱۳۹۶.

(۱۵) منصوری، فرزانه، عباس نژاد، طیبه و عسکریور، حمیدرضا، طراحی شبکه زنجیره تأمین چابک در شرایط وابستگی تقاضا به قیمت، پژوهش‌های نوین در تصمیم‌گیری، دوره ۲، شماره ۱، بهار ۱۳۹۶.

(۱۶) یاری، میلاد، پیشوایی، میرسامان و جبارزاده، آرمین، زنجیره تأمین رقابتی با در نظر گرفتن اختلال در تأمین (مطالعه موردی: زنجیره تأمین سنگ‌های تزئینی)، فصلنامه مطالعات مدیریت صنعتی، شماره ۴۸، بهار ۱۳۹۷.

17) Ambulkar, S. Blackhurst, J. & Grawe, S.2015. "Firm's resilience to supply chain disruptions: Scale development and empirical examination", Journal of Operations Management, 33-34, 111-122.

18) Bals, C.2019. "Toward a supply chain finance (SCF) ecosystem – Proposing a framework and agenda for future research", Journal of Purchasing and Supply Management, 25(2), 105-117.

19) Baumol, W. J.1952. "The transactions demand for cash: An inventory theoretic approach", Quantitative Journal of Economy, 66(4), 545-556.

20) Caniato, F. Henke, M. and Zsidisin, G.A.2019. "Supply chain finance: Historical foundations, current research, future developments", Journal of Purchasing and Supply Management, 25(2), 99-104.

- 21) Carvalho, H. Azevedo, S.G. and Cruz-Machado, V.2012. "Agile and resilient approaches to supply chain management: influence on performance and competitiveness", *Logistics Research*, 4(1-2), 49-62.
- 22) Christopher, M.2005. "Logistics and supply chain management: creating value-added networks (3rd ed)". Harlow, England, New York: FT Prentice Hall.
- 23) Chowdhury, M.H. and Quaddus, M.2017. "Supply chain resilience: Conceptualization and scale development using dynamic capability theory", *International Journal of Production Economics*, 188, 185–204.
- 24) Donadoni, M. Roden, S. Scholten, K. Stevenson, M. Caniato, F. van Donk, D. P. and Wieland, A.2019. "The Future of Resilient Supply Chains", *Revisiting Supply Chain Risk*, Vol. 7, pp. 169-186.
- 25) Fahimnia, B.; Sarkis, J.; & Talluri, S.2019. "Editorial Design and Management of Sustainable and Resilient Supply Chains". *IEEE Transactions on Engineering Management*, 66(1), 2-7.
- 26) Hammervoll, T.2011. "Honeymoons in supply chain relationships: The effects of financial capital, social capital and psychological commitment". *The International Journal of Logistics Management*, 22(2), 264-279.
- 27) Heckmann, I. Comes, T. and Nickel, S.2015. "A critical review on supply chain risk – Definition, measure and modeling". *Omega*, 52, 119-132.
- 28) Hohenstein, N. Feisel, E. Hartmann, E. and Giunipero, L.2015. "Research on the phenomenon of supply chain resilience: A systematic review and paths for further investigation", *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 45(1/2), 90-117.
- 29) Li, X. Wu, Qu. Holsapple, Clyde W. and Goldsby, T.2017. "An empirical examination of firm financial performance along dimensions of supply chain resilience", *Management Research Review*, 40(3), 254-269.
- 30) Longinidis, P. Georgiadis, M. C.2011. "Integration of financial statement analysis in the optimal design of supply chain networks under demand uncertainty", *International Journal of Production Economics*, 129, 262-276.
- 31) Marak, Z. and Pillai, D.2018. "Factors, Outcome, and the Solutions of Supply Chain Finance: Review and the Future Directions", *Journal of Risk and Financial Management*, 12(1), 3.
- 32) Martin, J. and Hofmann, E.2019. "Towards a framework for supply chain finance for the supply side", *Journal of Purchasing and Supply Management*, 25(2), 157-171.

- 33) Macdonald, J.R. Zobel, C. Malnyk, A. & Griffis, S.2018. "Supply chain risk and resilience: theory building through structures experiments and simulation", International Journal of Production Research, Vol. 56, No.12, 4337-4355.
- 34) Miller, M. H., Orr, R. A.1966. "Model of the demand for money by firms", Quantitative Journal of Economy, 80(3), 413.
- 35) Moretto, A. Grassi, L. Caniato, F. Giorgino, M. and Ronchi, S.2019. "Supply chain finance: From traditional to supply chain credit rating", Journal of Purchasing and Supply Management, 25(2), 197-217.
- 36) Miller, H. & Engemann, K. J.2019. "Resilience and Sustainability in Supply Chains", Revisiting Supply Chain Risk, Vol. 7, pp. 251-263.
- 37) Namdar, J. Li, X. Sawhney, R. & Pradhan, N.2018. "Supply chain resilience for single and multiple sourcing in the presence of disruption risks", International Journal of Production Research, Vol. 56, No.12, 1-22.
- 38) Orgler, Y. E.1969. "An unequal-period model for cash management decisions", Management Science, 20(10), 77-92.
- 39) Orgler, Y. E.1970. "Cash management", California: Wadsworth.
- 40) Parast, M. M. and Shekarian, Ma.2019. "The Impact of Supply Chain Disruptions on Organizational Performance: A Literature Review" ,Revisiting Supply Chain Risk, Vol. 7, pp. 367-389.
- 41) Rajesh, R.2018. "Pseudo resilient supply chains: Consept, traits, and practices", Journal of Risk Research. 52, 1–23.
- 42) Rajesh, R.2019. "A fuzzy approach to analyzing the level of resilience in manufacturing supply chains", Sustainable Production and Consumption, 18, 224-236.
- 43) Robichek, A. A. Teichroew, D. Jones, J. M.1965. "Optimal shortterm financing decision", Management Science, 12(2), 1-36.
- 44) Scheibe, K. P. and Blackhurst, J.2019. "Systemic Risk and the Ripple Effect in the Supply Chain", Handbook of Ripple Effects in the Supply Chain, Vol. 276, pp. 85-100.
- 45) Srinivasan, V. Kim, Y. H.1986. "Deterministic cash flow management: state of the art and research directions", Omega, 14(2), 145–166.
- 46) Tang, O. and Nurmaya Musa, S.2011. "Identifying risk issues and research advancements in supply chain risk management", International Journal of Production Economics, 133(1), 25-34.
- 47) Wang, J. Dou, R. Muddada, R.R. & Zhang, W.2018. "Management of a holistic supply chain network for proactive resilience: Theory and case study", Computers & Industrial Engineering, 89, 1–10.

48) Yu, W. Jacobs, M.A. Chavez, R. and Yang, J.2019. "Dynamism, disruption orientation, and resilience in the supply chain and the impacts on financial performance: A dynamic capabilities perspective", International Journal of Production Economics, 218, 352-362.

49) Zhao, L. and Huchzermeier, A.2015. "Operations–finance interface models: A literature review and framework", European Journal of Operational Research, 244(3), 905-917.

یادداشت‌ها:

-
- 1 Supply Chain
 - 2 Resilience Supply Chain (RSC)
 - 3 Resilience
 - 4 Financial Chain System
 - 5 Operational Process
 - 6 Gilicman & White
 - 7 Carvalho
 - 8 Lead Time
 - 9 Shapero