

ارائه یک مدل ریاضی جهت انتخاب تامین‌کننده در زنجیره‌ی تامین با در نظرگیری مسائل کنترل موجودی و قیمت‌گذاری

امین محمودی^۱، فاطمه مجیبیان^۲، افروز نوری ثابت^۳

^۱گروه مهندسی صنایع، دانشکده مهندسی صنایع و مدیریت، دانشگاه غیاث‌الدین جمشید کاشانی، قزوین، ایران.
^۲گروه مدیریت، دانشکده مهندسی صنایع و مدیریت، دانشگاه غیاث‌الدین جمشید کاشانی، قزوین، ایران.
^۳گروه مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه رجا، قزوین، ایران.

چکیده

محیط به‌شدت رقابتی کسب‌وکار امروز، که با خصوصیات چگون حاشیه‌ی سود اندک، انتظارات بالای مشتری برای دریافت محصولات با کیفیت بالا و حداقل زمان‌های انتظار شناخته می‌شود، شرکت‌ها را ملزم به تلاش برای تبدیل محدودیت‌ها به فرصت‌های کسب مزیت‌های رقابتی از طریق بهینه کردن فرآیندهای کسب و کارشان ساخته است. در چنین شرایطی، انتخاب تامین‌کننده‌ی مناسب می‌تواند نقش کلیدی در کارایی و اثربخشی سازمان‌ها ایفا نموده و تاثیر مستقیمی در کاهش هزینه‌ها، سودآوری و انعطاف‌پذیری یک شرکت داشته باشد. پژوهش حاضر باهدف ارائه‌ی یک مدل انتخاب تامین‌کنندگان با در نظر گرفتن هم‌زمان دو مسئله‌ی کنترل موجودی و قیمت‌گذاری در زنجیره‌ی تامین ارائه گردیده است. برای ارزیابی صحت مدل و اعتبار آن از داده‌های واقعی شرکت صنایع هفت الماس شامل مواد اولیه ورودی (هات رول) و محصولات (ورق گالوانیزه) استفاده شده است. مدل ارائه‌شده در محیط نرم‌افزار گمز کدنویسی شده و نتایج آن مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است.

واژه‌های کلیدی: زنجیره‌ی تامین، انتخاب تامین‌کننده، مدیریت موجودی، قیمت‌گذاری.

پذیرش: ۱۳۹۸/۳/۲۰

اصلاح: ۱۳۹۸/۲/۹

دریافت: ۱۳۹۷/۱۲/۱۹

۱- مقدمه

امروزه شیوه‌های مدیریت تولید گذشته که یکپارچگی کم‌تری را در فرآیندهایشان دنبال می‌کردند کارایی خود را از دست داده‌اند و زنجیره‌ی تامین به‌عنوان یک رویکرد یکپارچه برای مدیریت مناسب جریان مواد، کالا، اطلاعات و مالی، توانایی پاسخگویی به شرایط را دارا می‌باشد (صادقی مقدم و همکاران، ۱۳۸۸). در حال حاضر، هیچ شرکتی نمی‌تواند از مدیریت زنجیره‌ی تامین چشم‌پوشی کند و انتظار بقا داشته باشد (زوکرم، ۱۳۸۲). هم‌چنین بسیاری از محققان بر این عقیده‌اند که واحد تجزیه و تحلیل در رقابت از تک تک شرکت‌ها و سازمان‌ها به زنجیره‌های تامین تغییر کرده است (فیض‌آبادی، ۱۳۸۸).

یکی از مسائلی که همیشه سازمان‌ها با آن مواجه هستند، تامین‌کنندگان می‌باشند. شرکت‌ها خود را به‌عنوان تولیدکننده‌ی کالا یا خدمات می‌دانند، اما اکثر شرکت‌ها همه‌ی قطعات را خودشان نمی‌سازند و یا مواد اولیه، قطعات و یا خدمات را از شرکت‌های دیگر دریافت می‌کنند، در نتیجه، کیفیت محصولات یا خدمات شرکت بستگی به شرکت‌هایی دارد که خارج از کنترل شرکت می‌باشند (احمدی کهنعلی، ۱۳۷۸). هزینه‌ی مواد خام و اجزای تشکیل‌دهنده‌ی محصول، در حدود ۶۰٪ از بهای تمام‌شده (در برخی از صنایع تا ۸۰٪) را در بر می‌گیرد



(هوشمندی ماهر و امیری، ۱۳۹۱). در چنین شرایطی، انتخاب تامین کننده‌ی مناسب می‌تواند نقش کلیدی در کارایی و اثربخشی سازمان ایفا نموده و تاثیر مستقیمی در کاهش هزینه‌ها، سودآوری و انعطاف پذیری یک شرکت داشته باشد. فرآیند انتخاب تامین کننده مناسب که قادر به فراهم کردن نیاز خریدار از نظر محصولات با کیفیت با قیمت مناسب و در یک زمان مناسب و در یک حجم مناسب باشد یکی از ضروری‌ترین فعالیت‌ها برای ایجاد زنجیره‌ی تامین مناسب است. تصمیم‌گیری در مورد انتخاب تامین کننده نقش قابل توجهی در تولید و مدیریت لجستیک شرکت‌ها دارد و بسیاری از شرکت‌های باتجربه بر این باورند که انتخاب تامین کننده مهم‌ترین فعالیت یک سازمان به‌شمار می‌آید. دست‌اندرکاران به این نتیجه رسیده‌اند، برای این‌که یک شرکت رقابتی بماند، باید با شرکای زنجیره‌ی تامین خود، به‌منظور بهبود عملکرد کلی زنجیره کار کند (آیسانوی و همکاران^۱، ۲۰۰۷). بر همین اساس، امروزه شرکت‌ها بیش از آن‌که به فکر رقابت با یکدیگر باشند، خود را بخشی از زنجیره‌های تامینی می‌دانند که در رقابت با دیگر زنجیره‌ها هستند (مین و ژو^۲، ۲۰۰۲). در این بین، خرید و انتخاب تامین کننده، با توجه به قرار گرفتن در فرآیندهای اصلی زنجیره‌ی تامین و تاثیرگذاری بر تمامی حوزه‌های سازمان، اهمیتی فزاینده یافته‌اند (آیسانوی و همکاران، ۲۰۰۷).

تحقیق حاضر باهدف ارائه‌ی یک مدل انتخاب تامین‌کنندگان با محوریت مدیریت درآمد و موجودی به‌منظور افزایش سود و کاهش هزینه‌ها در ساختار زنجیره‌ی تامین ارائه گردیده است. در مدل پیشنهادی بهینه‌سازی هم‌زمان پارامترهای موجودی، قیمت‌گذاری و هم‌چنین خرید مواد اولیه در قالب مساله‌ی انتخاب تامین‌کننده مدنظر است. هم‌چنین تابع تقاضا وابسته به قیمت در مدل پیشنهادی در نظر گرفته شده است. بدین ترتیب، این پژوهش سعی دارد تا شکاف‌های موجود در تحقیقات پیشین را پوشش دهد. در ادامه‌ی مقاله، در بخش دوم، مبانی نظری و پیشینه‌ی پژوهش توضیح داده می‌شود. در بخش سوم، مدل ریاضی پیشنهادی ارائه می‌گردد و مثال عددی و تحلیل حساسیت مربوط به پارامترهای مدل پیشنهادی در بخش چهارم تشریح می‌شود. در پایان نیز نتیجه‌گیری حاصل از پژوهش به‌همراه پیشنهاداتی برای تحقیقات آتی در بخش پنجم ارائه می‌گردد.

۲- مبانی نظری پژوهش

در این بخش به بررسی مفاهیم و تعاریف مدیریت زنجیره‌ی تامین و مدیریت موجودی در زنجیره‌ی تامین پرداخته شده است.

۲-۱- مدیریت زنجیره‌ی تامین

امروزه، کسب مزیت رقابتی پایدار، هدف بسیاری از شرکت‌ها و سازمان‌ها است. این آرمان بزرگ، کسب مزیت رقابتی پایدار، توجه زیاد و گسترده‌ای را در چند دهه‌ی اخیر در سازمان‌ها و برنامه‌ریزی‌های استراتژیک آن‌ها به خود جلب کرده است. بخش زیادی از این توجه معطوف به زنجیره‌ی تامین بوده و مبحث زنجیره‌ی تامین در ادبیات مدیریت استراتژیک جایگاه خاص و مهمی پیدا کرده است (رشیدزاده و همکاران، ۱۳۹۶).

مدیریت زنجیره‌ی تامین به‌عنوان یکی از رشته‌های مهم مدیریتی جهت کمک به شرکت‌ها برای بهبود عملیات زنجیره‌ی تامین شناخته شده است (رادریگوس و همکاران^۳، ۲۰۱۶). در یک صنعت رقابتی، سازمان‌ها و عرضه‌کنندگان باید مزیت رقابتی و نیز حالت و جایگاه بازاری مطلوب و به دنبال آن بهبود عملکرد در عملیات زنجیره‌ی تامین را کسب کنند. برای مثال، برنامه‌های همکاری و تجدید تدارکات که یک سری از فرآیندهای کاری در زنجیره‌ی تامین هستند می‌توانند اثربخشی زنجیره‌ی تامین را بهبود دهند که این مسئله نیازمند تغییر در ساختار سازمان، فرهنگ همکاری و فرآیندهای عملیاتی در سازمان است. بهره‌وری و اثربخشی زنجیره‌ی تامین ارتباط مستقیم با سودآوری، انعطاف‌پذیری و قابلیت اطمینان و نیز حذف تلفات و ضایعات دارد. مؤلفه‌های هزینه (هزینه‌ی تولید، انتقال و توزیع و مواد اولیه) از جمله هزینه‌های هستند که روی اثربخشی زنجیره‌ی تامین اثر دارند (لانگدون^۴، ۲۰۱۶). زنجیره‌ی تامین به‌عنوان گروه‌های نسبتاً

^۱Aissaoui et al.

^۲Min and Zhou

^۳Rodrigues et al.

^۴Langdon

پایداری از بنگاه‌های کسب‌وکار است که در یک توالی از فعالیت‌های تولید، توزیع و توزیع الزامی برای ارائه به مشتری نهایی، درگیر می‌باشند (استیونسون و اسپرینگ^۱، ۲۰۰۷).

۲-۲ مدیریت موجودی



۹۰

مدیریت موجودی به‌عنوان روند مداوم برنامه‌ریزی، سازماندهی و کنترل موجودی تعریف شده است. هدف از این کار به حداقل رساندن سرمایه‌گذاری در موجودی با متعادل کردن عرضه و تقاضا می‌باشد. از اواسط دهه‌ی ۱۹۹۰، روند تحقیق و ارائه‌ی مقالات مدیریتی در مورد مدیریت موجودی افزایش یافت و بیش‌تر تمرکز بر روی مدل‌های کنترل موجودی بود. یکی دیگر از علاقه‌مندی محققان در این حوزه، کاهش میزان موجودی در انبارها بود (سینگ و ورما^۲، ۲۰۱۸). سیستم مدیریت موجودی بیش‌تر به‌عنوان یک سیستم اطمینان برای موجودی کالا عمل می‌نماید. اساس بهبود این سیستم بر روی پیش‌بینی درست از عرضه و تقاضا می‌باشد (ناگلی و همکاران^۳، ۲۰۱۸).

یک سیستم موجودی که به‌خوبی طراحی شده باشد برای موفقیت هر سازمان تجاری حیاتی است. یکی از مهم‌ترین چالش‌های مدیران کنترل موجودی، تعیین یک استراتژی بهینه‌سازی موجودی است که تعادل بین نگه داشتن موجودی کافی برای دستیابی به تقاضای مشتری و بهینه‌سازی هزینه‌های مربوط به نگهداری موجودی را تضمین کند (اونیل و سانی^۴، ۲۰۱۸). جدول ۱ نشان‌دهنده‌ی مروری بر پژوهش‌های مرتبط در حوزه‌ی مدل‌های ترکیبی از مساله‌ی انتخاب تامین‌کننده با مساله‌ی کنترل موجودی و قیمت‌گذاری می‌باشد.

در دنیای واقعی که صنایع مختلف به‌دنبال مزیت رقابتی هستند، مساله‌ی قیمت‌گذاری مقوله بسیار مهمی در مدیریت تقاضا محسوب می‌شود. در تحقیقات مختلف گذشته که مساله‌ی مدیریت زنجیره‌ی تامین و انتخاب تامین‌کننده مورد بررسی بوده، بحث مدیریت موجودی و مدیریت درآمد کم‌تر به‌طور هم‌زمان لحاظ شده است. به‌طوری‌که طبق بررسی پیشینه‌ی تحقیق، در پژوهش‌هایی که با موضوع مدیریت زنجیره‌ی تامین و کنترل موجودی انجام شده (مهدی زاده و همکاران، ۱۳۹۰)، چودهاری و شانکار، ۲۰۱۴ و فیروز و همکاران، ۲۰۱۷)، به موضوع مدیریت درآمد پرداخته نشده است. از طرفی، در مطالعاتی که در خصوص انتخاب تامین‌کننده و مدیریت درآمد صورت گرفته است (نوری دریانی و همکاران، ۲۰۱۹)، آدینات و وتورا، ۲۰۱۸) مساله‌ی مدیریت موجودی در نظر گرفته نشده است. در مطالعه صورت گرفته توسط آزادی و همکاران (۲۰۱۹) نیز مساله‌ی توأم موجودی و قیمت‌گذاری مطرح شده که مدل پیشنهادی آن‌ها تصادفی بوده و برای محصولات فاسدشدنی ارائه گردیده است. در پژوهش حاضر بهینه‌سازی هم‌زمان پارامترهای موجودی، قیمت‌گذاری و خرید مواد اولیه در قالب مساله‌ی انتخاب تامین‌کننده در شرایط قطعی مورد بررسی قرار می‌گیرد.

^۱Stevenson and Spring

^۲Singh & Verma

^۳Nagle et al.

^۴O'Neill & Sanni

جدول ۱- برخی از تحقیقاتی که تاکنون در حوزه‌ی پژوهش حاضر انجام شده.

نام محققان	عنوان پژوهش	حوزه	نتیجه حاصل از انجام پژوهش
مهدی زاده و همکاران (۱۳۹۰)	مدل موجودی چندمحصولی با محدودیت‌های فضای انبار، بودجه و کم‌ترین سطح خدمت در حالت کمبود پس‌افت جزئی	انتخاب تامین‌کننده، موجودی	مدل پیشنهادی برای سیستم موجودی بازدید پیوسته چندمحصولی ارائه شده و با روش آزادسازی لاگرانژ و ترکیب آن با الگوریتم ابتکاری شناخته‌شده‌ی هدلی-ویتیت برای مسائل ابعاد کوچک و روش شبیه‌سازی تیرید برای مسائل ابعاد بزرگ حل گردیده است.
گو و لی ^۱ (۲۰۱۴)	سیستم موجودی چندسطحی با انتخاب تامین‌کننده و تخصیص سفارش تحت تقاضای تصادفی	انتخاب تامین‌کننده، قیمت‌گذاری	سیستمی طراحی شده که در آن قیمت‌های مختلف، هزینه سفارشات و زمان تاخیر برای برآورده ساختن تقاضای تصادفی در نظر گرفته شده است. مدل پیشنهادی با استفاده از الگوریتم تجزیه به دو مدل تجزیه شده و با استفاده از یک مثال عددی اعتبار و اثربخشی مدل پیشنهادی به اثبات رسیده است.
چودهارى و شانکاران ^۲ (۲۰۱۴)	یک مدل برنامه‌ریزی آرمانی برای تصمیمات توأم موجودی، انتخاب تامین‌کننده و انتخاب وسیله حمل‌ونقل	انتخاب تامین‌کننده، موجودی	مدل عددصحيح چندهدفه طراحی گردیده که در آن موارد، مرجوعی شبکه‌ی زنجیره تامین، هزینه‌های شبکه و موارد تحویلی با تاخیر در نظر گرفته شده‌اند. مدل پیشنهادی از طریق سه رویکرد مختلف برنامه‌ریزی آرمانی حل گردیده و نتایج مورد مقایسه قرار گرفته‌اند.
بهرام پور و همکاران (۲۰۱۶)	مدل‌سازی شبکه‌ی زنجیره‌یتامین چند محصولی چندمرحله‌ای	انتخاب تامین‌کننده، موجودی	مدل شبکه‌ی زنجیره‌یتامین چند محصولی چندمرحله‌ای طراحی شده و سپس دو گروه از مسائل کوچک و بزرگ مورد مطالعه قرار گرفتند. نتایج به‌دست‌آمده نشان داد که روش الگوریتم ژنتیک از طریق استفاده از رمزگذاری مبتنی بر اولویت، یک روش مناسب برای حل مسائل طراحی شبکه‌ی زنجیره‌یتامین چندمحصولی چندمرحله‌ای بوده است.
فیروز و همکاران ^۳ (۲۰۱۷)	یک رویکرد ترکیبی انتخاب تامین‌کننده و مسئله‌ی موجودی با چندین منبع و حمل‌ونقل جانبی	انتخاب تامین‌کننده، موجودی	مسئله‌ی انتخاب تامین‌کننده برای یک محصول از طریق چندین انبار ارائه گردیده است که انبارها تقاضای تصادفی مواجه هستند و از طریق چندین تامین‌کننده‌ی مختلف از نظر عوامل گوناگونی چون قیمت، ظرفیت، کیفیت و نحوه توزیع پر می‌شوند.
آدینات و ونتورا (۲۰۱۸)	تلفیق قیمت‌گذاری و انتخاب تامین‌کننده در زنجیره‌یتامین دوسطحی	انتخاب تامین‌کننده، قیمت‌گذاری	مدل غیرخطی عددصحيح مختلط برای تعیین تعداد سفارش‌های تامین‌کنندگان در چرخه‌ی سفارش، مقدار موجودی بازپرسه در هر مرحله و قیمت فروش که به حداکثر کردن سود در واحد زمان پرداخته است. مدل پیشنهادی این محققان حد بالا و پایین قیمت خرده‌فروشی را تعیین می‌نمایند.
نوری دریانی و همکاران (۲۰۱۹)	تجزیه‌وتحلیل قیمت‌گذاری، زمان تحویل مقرر، انتخاب تامین‌کننده و تصمیمات سفارش‌دهی برای زنجیره‌یتامین چندملیتی در شرایط عدم قطعیت	انتخاب تامین‌کننده، قیمت‌گذاری	تصمیمات بهینه‌ی تولیدکنندگان چندملیتی و یک خرده‌فروش مورد بحث قرار گرفته است. در این پژوهش محاسبه‌ی قیمت بهینه، میزان سفارش‌دهی، زمان تحویل مقرر و سیاست انتخاب تامین‌کننده در قالب سه رویکرد تئوری بازی ارائه گردیده است.
آزادی و همکاران (۲۰۱۹)	مدل‌های بهینه‌سازی تصادفی توأم قیمت‌گذاری و بازپرسازی موجودی برای محصولات فاسدشدنی	انتخاب تامین‌کننده، موجودی، قیمت‌گذاری	یک مدل دومرحله‌ای تصادفی برای انتخاب تامین‌کننده، زمان‌بندی بازپرسازی موجودی و تعیین قیمت موردنظر برای حداکثر کردن سود خرده‌فروش ارائه شده است.

^۱Cuo and Li^۲Choudhary and Shanker^۳Firouz et al.

۳- مدل ریاضی پیشنهادی

در این زیر بخش پارامترها، متغیرها و ساختار مدل ریاضی پیشنهادی این پژوهش مورد بررسی و تحلیل قرار می‌گیرد.

مجموعه‌ها.

- I : تعداد محصولات (i).
- J : تعداد تامین کنندگان (j).
- T : تعداد دوره‌های زمانی (t).
- S : مجموعه‌ی تامین کنندگان.
- I_j : مجموعه‌ی مواد اولیه که توسط تامین کننده j تامین می‌گردد.

پارامترها.

- m_{it} : تقاضای بالقوه محصول i در دوره‌ی زمانی t و $m_{it} > 0$.
- β : حساسیت تقاضای محصول i برای قیمت فروش محصول i در دوره زمانی t و $(p_{it}) t > 0$ و $I > \beta_i$.
- U_{ijt} : قیمت مواد اولیه i از تامین کننده j و در دوره زمانی t ($j \in S$).
- h_{it} : هزینه نگهداری هر واحد محصول i در دوره زمانی t .
- O_{jt} : هزینه‌ی ثابت سفارش دهی از تامین کننده‌ی t ($j \in S$).
- α_j : فاصله‌ی ثابت از تامین کننده‌ی j و در هر دوره‌ی زمانی t .
- V : ظرفیت وسیله‌ی حمل و نقل.
- α : هزینه‌ی حمل و نقل برحسب کیلومتر در هر دوره.
- τ : هزینه‌ی ثابت حمل و نقل در دوره‌ی زمانی t .
- C_{ijt} : ظرفیت نهایی تولید محصول i توسط تامین کننده‌ی j در هر دوره.
- W : ظرفیت کلی انبار در هر دوره.
- w_i : ظرفیت اشغال شده توسط i در وسیله‌ی حمل و نقل و یا انبار در هر دوره.

متغیرهای تصمیم.

- X_{ijt} : مقدار محصول سفارش داده شده i از تامین کننده j و در دوره‌ی زمانی t .
- Z_{jt} : متغیر 0 و 1 که اگر تامین کننده در دوره انتخاب گردد برابر با 1 و در غیر این صورت صفر.
- $D_{it}(P_{it})$: تقاضای واقعی محصول i در دوره‌ی زمانی t که وابسته به قیمت محصول i در دوره‌ی زمانی t است.
- P_{it} : قیمت فروش محصول i در دوره t .
- n_{jt} : تعداد وسیله‌ی حمل و نقل تخصیص یافته از تامین کننده‌ی j و در دوره‌ی زمانی t .
- I_{it}^+ : سطح موجودی مثبت محصول i در دوره‌ی زمانی t (متغیر واسطه).
- I_{it}^- : سطح موجودی منفی محصول i در دوره‌ی زمانی t (متغیر واسطه).





$$\begin{aligned} \max z & \left\{ \begin{aligned} & \sum_{i \in I_j} \sum_{j \in S} \sum_{t=1}^T U_{ijt} X_{ijt} \dots + & (1) \\ & \dots + \sum_{j \in S} \sum_{t=1}^T O_{jt} Z_{jt} + \dots & (2) \\ & \dots + \sum_{j \in S} \sum_{t=1}^T n_{jt} (\tau_t + \alpha \alpha_j) + \dots & (3) \\ & \dots + \sum_{i=1}^I \sum_{t=1}^T h_{it} I^+_{it} & (4) \end{aligned} \right. \\ & = \sum_{i=1}^I \sum_{t=1}^T P_{it} D_{it} \end{aligned}$$

$$D_{it} = m_{it} - \beta_i p_{it} \quad (5)$$

$$\left(\sum_{t=1}^T D_{it} \right) Z_{jt} - X_{ijt} \geq 0 \quad \forall i \text{ and } t \text{ and } j \in s \quad (6)$$

$$X_{ijt} \leq C_{ijt} \quad \forall i \text{ and } t \text{ and } j \in s \quad (7)$$

$$n_{jt} = \left[\sum_{i \in I_j} w_i X_{ijt} \right] \quad j \in s \quad (8)$$

$$\sum w_i I^+_{it} \leq W \quad \forall i \text{ and } t \quad (9)$$

$$I^+_{i0} - I^-_{i0} = I^+_{iT} - I^-_{iT} = 0 \quad (10)$$

$$\sum_{j \in S} (Z_{jt}) \leq S \quad (11)$$

$$\sum_i I^+_{it} - \sum_i I^-_{it} = \sum_i I^+_{it-1} + \sum_{i,j} X_{ijt} - \sum_i D_{it} - \sum_i I^-_{it-1} \quad \forall i \text{ and } t \quad (12)$$

$$X_{ijt} \in z \cup \{0\} \quad \forall i \text{ and } t \text{ and } j \in s \quad (13)$$

$$z_{jt} \in \{0,1\} \quad \forall i \text{ and } t \text{ and } j \in s \quad (14)$$

$$D_{it} \in z \cup \{0\} \quad \forall i \text{ and } t \quad (15)$$

$$P_{it} \geq 0 \quad \forall i \text{ and } t \quad (16)$$

$$n_{jt} \in Z \cup \{0\} \quad \forall i \text{ and } t \text{ and } j \in s \quad (17)$$

$$n_{jt} \leq m \cdot Z_{jt} \quad \forall j \text{ and } t \text{ and } j \in s \quad (18)$$

تابع هدف شامل حداکثر کردن سود از طریق کسر کل هزینه‌های خرید (رابطه‌ی ۱)، کل هزینه‌های سفارش‌دهی (رابطه‌ی ۲)، کل هزینه‌های حمل‌ونقل (رابطه‌ی ۳) و کل هزینه‌ی موجودی (رابطه‌ی ۵) از درآمد کل می‌باشد.

محدودیت شماره‌ی ۵ نشان‌دهنده‌ی تابع تقاضاست که وابسته به قیمت می‌باشد، محدودیت ۶، محدودیت تضمین‌کننده تخصیص هزینه‌ی سفارش‌دهی در صورت انتخاب تامین‌کننده z می‌باشد، محدودیت ۷، محدودیت تضمین ظرفیت تامین‌کننده‌ی z برای تولید محصول i می‌باشد، محدودیت ۸، محدودیت مشخص نمودن تعداد وسیله‌ی حمل‌ونقل تخصیص یافته از تامین‌کننده z است، محدودیت ۹، محدودیت فضای ذخیره‌سازی و ظرفیت انبار می‌باشد، محدودیت ۱۰، محدودیت منطقی صفر بودن موجودی اول و آخر دوره است، محدودیت ۱۱، محدودیت مجموع تامین‌کنندگان و محدودیت محدودیت ۱۲، موجودی می‌باشد.

۴- مثال عددی و تحلیل حساسیت

در این بخش از داده‌های واقعی شرکت صنایع هفت‌الماس جهت پیاده‌سازی مدل زنجیره‌ی تامین پیشنهادی استفاده شده و بخشی از پارامترها که توسط این تحقیقات پوشش داده نشده‌اند، به‌طور تصادفی انتخاب گردیده‌اند.



شرکت صنایع هفت‌الماس باهدف تولید انواع ورق‌های گالوانیزه، نورد سرد و گالوالوم و سایر مقاطع فولادی در سال ۱۳۷۵ تأسیس گردیده است و باتوجه به این‌که تولیدات ورق گالوانیزه این شرکت پاسخگوی ۱۵ درصد نیاز بازار داخلی است بدیهی است که از اهداف مهم این شرکت، تعامل پایدار با شرکای کسب‌وکار به‌منظور عرضه‌ی به‌موقع مناسب‌ترین محصول منطبق با نیاز مشتری و ارتقاء کیفیت، رضایت و به‌دست آوردن سود متقابل می‌باشد، هم‌چنین این شرکت، استفاده‌ی بهینه از منابع مالی و انرژی و تکنولوژی‌های نوین را سرلوحه‌ی فعالیت‌های خود قرار داده است.

مقادیر مربوط به پارامترهای ورودی مساله جدول ۲ تا ۶ نشان داده شده است. به‌منظور حل مدل ریاضی پیشنهادی از نرم افزار GAMS WIN64 و باتوجه به غیرخطی بودن مدل، از حل‌کننده‌ی بارون^۱ برای حل مدل استفاده شده است. نتایج حاصل از حل مدل به‌صورت مجزا در جداول ۷ تا ۱۰ آورده شده‌اند.

جدول ۲- پارامترهای ورودی.

توضیحات	مقدار	پارامترهای ورودی
تعداد محصولات	۸	I
تعداد تامین‌کنندگان	۶	J
تعداد دوره‌های زمانی	۶	T
ظرفیت وسایل نقلیه	۲۰	v
هزینه‌ی حمل‌ونقل برحسب کیلومتر در هر دوره	۵۰	α
ظرفیت کلی انبار در هر دوره	۷۰۰۰	w

جدول ۳- مجموعه مواد اولیه‌ای که توسط تامین‌کننده‌ی j تامین می‌گردد (I_j).

تامین‌کننده‌ی ۶	تامین‌کننده‌ی ۵	تامین‌کننده‌ی ۴	تامین‌کننده‌ی ۳	تامین‌کننده‌ی ۲	تامین‌کننده‌ی ۱	تامین‌کننده/محصول
۰	۱	۰	۱	۱	۱	محصول ۱
۱	۰	۱	۰	۱	۰	محصول ۲
۰	۱	۰	۱	۱	۱	محصول ۳
۱	۱	۱	۱	۱	۱	محصول ۴
۱	۱	۱	۱	۰	۰	محصول ۵
۱	۰	۰	۱	۱	۱	محصول ۶
۰	۱	۰	۱	۰	۱	محصول ۷
۰	۱	۱	۱	۰	۱	محصول ۸



جدول ۴- تقاضای بالقوه محصولات در هر دوره (m_{it}).

دوره/محصول	دوره ۱	دوره ۲	دوره ۳	دوره ۴	دوره ۵	دوره ۶
محصول ۱	۲۵۰۰۰	۲۰۰۰۰	۲۳۰۰۰	۲۸۰۰۰	۳۰۰۰۰	۳۰۰۰۰
محصول ۲	۳۷۹۰۰	۴۴۸۰۰	۴۰۰۰۰	۴۸۰۰۰	۳۲۸۰۰	۳۳۹۰۰
محصول ۳	۵۰۱۰۰	۴۶۹۰۰	۵۲۱۰۰	۴۱۹۰۰	۵۳۴۰۰	۵۹۵۰۰
محصول ۴	۶۱۵۰۰	۷۲۷۰۰	۶۵۰۰۰	۷۸۲۰۰	۷۱۴۰۰	۶۴۵۰۰
محصول ۵	۸۰۶۰۰	۸۷۹۰۰	۸۵۳۰۰	۵۰۷۰۰	۵۲۲۰۰	۸۲۸۰۰
محصول ۶	۳۷۱۰۰	۴۱۷۰۰	۳۵۸۰۰	۴۳۲۰۰	۳۳۵۰۰	۳۹۷۰۰
محصول ۷	۳۸۲۰۰	۴۴۵۰۰	۴۰۸۰۰	۳۳۱۰۰	۴۱۲۰۰	۴۱۰۰۰
محصول ۸	۱۵۳۰۰	۲۱۴۰۰	۱۷۶۰۰	۱۵۱۰۰	۳۲۰۰۰	۳۵۰۰۰

جدول ۵- جدول مقادیر (h_i) ، (w_i) ، (β_i) .

محصول	محصول ۱	محصول ۲	محصول ۳	محصول ۴	محصول ۵	محصول ۶	محصول ۷	محصول ۸
حساسیت تقاضا	۰/۰۶	۰/۷	۰/۱۵	۰/۴	۰/۳۵	۰/۱۳	۰/۱۵	۰/۱
ظرفیت اشغال شده	۰/۲	۰/۱۵	۰/۱۶	۰/۱۷	۰/۱۸	۰/۱۶	۰/۲	۰/۱۷
هزینه نگهداری	۲۴	۳۲	۲۴	۳۲	۲۴	۲۴	۳۲	۳۲

جدول ۶- هزینه ثابت سفارش دهی از تامین کنندهی زدر دوره t (O_{jt}).

دوره/تامین کننده	دوره ۱	دوره ۲	دوره ۳	دوره ۴	دوره ۵	دوره ۶
تامین کنندهی ۱	۲۵۹	۲۷۸	۲۹۷	۳۱۸	۳۴۰	۳۶۴
تامین کنندهی ۲	۲۲۸	۲۷۸	۲۷۸	۲۷۸	۲۷۸	۲۷۸
تامین کنندهی ۳	۲۳۰	۲۴۶	۲۶۳	۲۸۲	۳۰۲	۳۲۳
تامین کنندهی ۴	۲۲۲	۲۳۷	۲۵۴	۲۷۲	۲۹۱	۳۱۱
تامین کنندهی ۵	۲۹۰	۳۱۰	۳۳۲	۳۵۵	۳۸۰	۴۰۷
تامین کنندهی ۶	۲۲۱	۲۳۷	۲۵۳	۲۷۱	۲۹۰	۳۱۰

جدول ۷- مجموعه جواب متغیر Z_{jt} .

دوره زمانی تامین کننده	دوره ۱	دوره ۲	دوره ۳	دوره ۴	دوره ۵	دوره ۶
تامین کنندهی ۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
تامین کنندهی ۲	۰	۰	۰	۱	۰	۰
تامین کنندهی ۳	۱	۰	۰	۰	۰	۰
تامین کنندهی ۶	۱	۱	۱	۱	۱	۱

بر اساس خروجی نرم افزار مقادیر متغیر Z_{jt} مطابق جدول ۷ به دست آمده است. بدین صورت که از بین ۶ تامین کنندهی مسئله، ۴ تامین کنندهی ۱ و ۲ و ۳ و ۶ در دوره های زمانی مختلف انتخاب شده و تامین کنندگان ۴ و ۵ انتخاب نشده اند.



جدول ۸- مجموعه جواب مقدار محصول سفارش داده شده برای تامین کنندگان منتخب (X_{ijt}) .

تامین کننده / محصول	دوره زمانی	دوره زمانی					
		۱	۲	۳	۴	۵	۶
محصول ۱	تامین کننده ۱	۱۰۰	۰	۷۸	۱۰۰	۵۵	۱۰۰
	تامین کننده ۲	۰	۰	۰	۱۰۰	۰	۰
محصول ۲	تامین کننده ۶	۹۹	۹۹	۹۹	۹۹	۸۶	۹۹
	تامین کننده ۱	۱۰۰	۸۸	۹۰	۴۹	۱۰۰	۱۰۰
محصول ۳	تامین کننده ۱	۰	۷۶	۱۰۰	۹۲	۱۰۰	۱۰۰
	تامین کننده ۶	۹۱	۷۵	۹۱	۹۹	۹۴	۹۱
محصول ۴	تامین کننده ۶	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۹۶	۱۰۰	۱۰۰
	تامین کننده ۱	۸۵	۱۰۰	۱۰۰	۹۹	۱۰۰	۸۳
محصول ۵	تامین کننده ۶	۷۳	۹۰	۷۳	۶۹	۸۲	۷۳
	تامین کننده ۱	۵۲	۰	۰	۱۰۰	۰	۵۵
محصول ۶	تامین کننده ۳	۱۰۰	۰	۰	۰	۰	۰
	تامین کننده ۱	۰	۱۰۰	۱۰۰	۴	۰	۱۶

جدول ۸ مقادیر محصولات سفارش داده شده برای تامین کنندگان ۱ و ۲ و ۳ و ۶ را در دوره های زمانی مختلف نشان می دهد. قیمت فروش محصولات را در دوره های زمانی مختلف نیز مطابق جدول ۹ به دست آمده است.

جدول ۹- مجموعه جواب قیمت محصولات در هر دوره (P_{it}) .

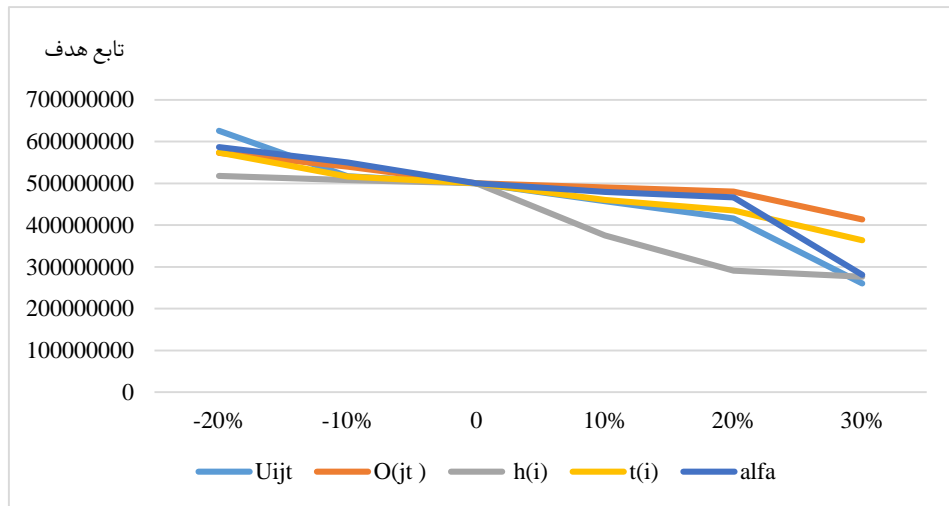
دوره / محصول	دوره ۱	دوره ۲	دوره ۳	دوره ۴	دوره ۵	دوره ۶
محصول ۱	۴۱۵۰۰۰	۳۳۱۶۶۶	۳۸۱۶۶۶	۴۶۵۰۰۰	۴۹۸۳۳۴	۴۹۸۳۳۴
محصول ۲	۵۴۰۰۰۰	۶۳۸۵۷۱	۵۷۰۰۰۰	۶۸۴۲۸۵	۴۶۷۱۴۲	۴۸۲۸۵۷
محصول ۳	۳۳۳۳۳۴	۳۱۲۰۰۰	۳۴۶۶۶۷	۲۷۸۶۶۷	۳۵۵۳۳۴	۳۹۶۰۰۰
محصول ۴	۱۵۳۵۰۰	۱۸۱۵۰۰	۱۶۲۲۵۰	۱۹۵۲۵۰	۱۷۸۲۵۰	۱۶۱۰۰۰
محصول ۵	۲۳۰۰۰۰	۲۵۰۸۵۷	۲۴۳۴۲۸	۱۴۴۵۷۱	۱۴۸۸۵۷	۲۳۶۲۸۵
محصول ۶	۲۸۴۶۱۵	۳۲۰۰۰۰	۲۷۴۶۱۵	۳۳۱۵۳۸	۲۵۶۹۲۳	۳۰۴۶۱۵
محصول ۷	۲۵۴۰۰۰	۲۹۶۰۰۰	۲۷۱۳۳۴	۲۲۰۰۰۰	۲۷۴۰۰۰	۲۷۲۶۶۷
محصول ۸	۱۵۲۰۰۰	۲۱۳۰۰۰	۱۷۵۰۰۰	۱۵۰۰۰۰	۳۱۹۰۰۰	۳۴۹۰۰۰

جدول ۱۰- مجموعه جواب تعداد وسیله حمل و نقل در هر دوره (n_{jt}) .

تامین کننده	دوره زمانی					
	دوره ۱	دوره ۲	دوره ۳	دوره ۴	دوره ۵	دوره ۶
تامین کننده ۱	۳	۳	۴	۴	۳	۴
تامین کننده ۲	۰	۰	۰	۱	۰	۰
تامین کننده ۳	۱	۰	۰	۰	۰	۰
تامین کننده ۶	۳	۳	۳	۳	۳	۳

جدول ۱۰ مقادیر به دست آمده برای تعداد وسایل نقلیه حمل و نقل تخصیص یافته از تامین کنندگان را نشان می دهد. همان گونه که مشاهده می شود مقادیر n_{jt} برای ۴ تامین کننده منتخب به دست آمده است که نشان دهنده صحت مدل و نحوه کدنویسی آن در نرم افزار می باشد.

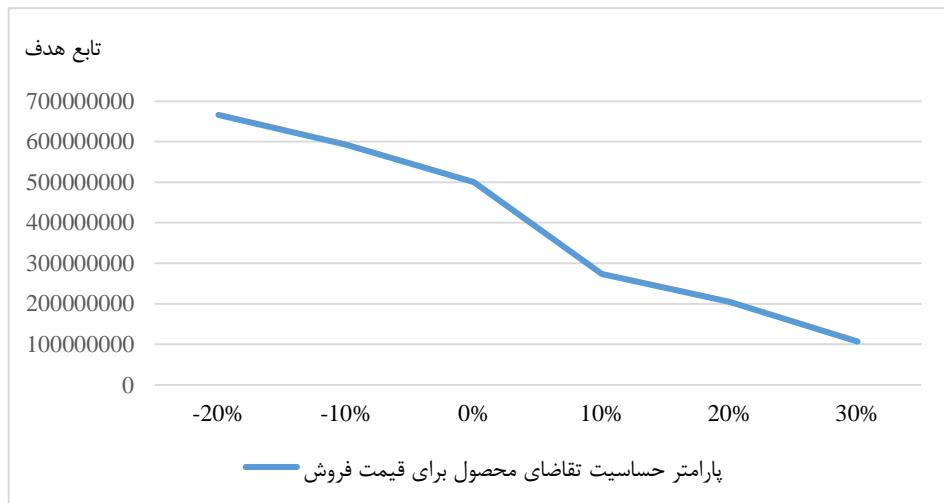
در مدل های غیر خطی، بهترین راه برای نشان دادن اعتبار مدل، انجام تحلیل حساسیت و سنجش جواب های به دست آمده می باشد. برخی از اثرات پارامترهای مدل در ادامه مورد بررسی و بحث قرار می گیرند.



شکل ۱- تغییر تابع هدف به ازای تغییر در پارامترهای هزینه.

همان طور که در شکل ۱ مشاهده می شود، میزان اثرگذاری پارامتر هزینه نگهداری هر واحد محصول (h_i) بر روی مقدار تابع هدف از سایر پارامترها بیش تر است و هم چنین میزان حساسیت تابع هدف نسبت به پارامتر هزینه ثابت سفارش دهی از تامین کننده Z (O_{jt}) از سایر پارامترهای هزینه ای کم تر است.

چنان چه مقدار پارامتر حساسیت تقاضای محصول برای قیمت فروش یابد، تاثیر آن بر روی تابع هدف به صورت نمودار زیر است.



شکل ۲- تغییر تابع هدف به ازای تغییر در پارامتر حساسیت تقاضای محصول برای قیمت فروش (β_1).

مطابق شکل ۲، با افزایش پارامتر حساسیت تقاضای محصول برای قیمت فروش، مقدار تابع هدف به میزان قابل توجهی کاهش یافته است. همان طور که از نتایج حاصل از حل مدل، توسط نرم افزار گمز، در مراحل تحلیل حساسیت مشاهده شد، تغییرات جواب های حاصل کاملاً مشخص و طبق روند خاصی صورت پذیرفته است. تضادی درون نتایج مشاهده نمی شود و با تغییرات اعمال شده ی مربوط به پارامترهای ورودی، جواب های حاصل به صورت منطقی تاثیر پذیرفته اند که این موضوع خود دلیلی بر اعتبار مدل و کارایی روش حل است.

۵- نتیجه گیری و پیشنهادات

در فضای رقابتی امروز، طراحی یک برنامه ی تولید مؤثر که موجب یکپارچه سازی برنامه های تامین و توزیع در یک چارچوب متحد شود، امری مهم و ضروری به شمار می رود. پژوهش حاضر به دنبال طراحی یک مدل انتخاب تامین کننده در زنجیره ی تامین به منظور

بهینه‌سازی متغیرهایی از قبیل میزان سفارش از تامین‌کنندگان، میزان نگهداری بهینه موجودی و قیمت‌گذاری مناسب در جهت بیشینه‌سازی سود زنجیره‌ی تامین بود. همان‌طور که از نتایج حاصل از حل مدل، توسط نرم‌افزار گمز مشاهده گردید، تغییرات جواب‌های حاصل کاملاً مشخص و طبق روند خاصی صورت پذیرفته است. تضادی درون نتایج مشاهده نمی‌شود و با تغییرات اعمال‌شده مربوط به پارامترهای ورودی، جواب‌های حاصل به صورت منطقی تاثیر پذیرفته‌اند، که این موضوع خود دلیلی بر اعتبار مدل و کارایی روش حل است. برخی از این نتایج به شرح زیر است:

- با افزایش پارامتر حساسیت تقاضای محصول برای قیمت فروش، مقدار تابع هدف به میزان قابل توجهی کاهش خواهد یافت چراکه تابع هدف مسئله تابعی از درآمد می باشد.
- میزان اثرگذار پارامتر هزینه‌ی نگهداری هر واحد محصول (h_i) بر روی مقدار تابع هدف از سایر پارامترها بیش‌تر است و هم‌چنین میزان حساسیت تابع هدف نسبت به پارامتر هزینه‌ی ثابت سفارش‌دهی از تامین‌کننده‌ی j (O_{jt}) از سایر پارامترهای هزینه‌ای کم‌تر است.
- با افزایش مقادیر پارامتر تقاضای بالقوه‌ی محصول، قیمت فروش محصولات افزایش یافته است که طبق رابطه‌ی $D_{it} = m_{it} - \beta_i p_{it}$ نتیجه به دست آمده کاملاً منطقی است.

لذا این پژوهش توانسته است با در نظر گرفتن هم زمان پارامترهای موجودی، قیمت‌گذاری و خرید مواد اولیه در قالب مساله‌ی انتخاب تامین‌کننده به نتایج معتبری دست یابد. به منظور انجام پژوهش‌های آتی پیشنهاد می‌شود مقوله‌ی کیفیت محصول به مدل اضافه گردد یا در بحث مدیریت درآمد، مواردی چون تخفیف قیمت، ارزش زمانی پول، نرخ تورم، و نرخ بهره در مدل پیشنهادی اعمال شود.

منابع

- احمدی کهنعلی، ر. (۱۳۸۷). طراحی مدل کیفیت جامع زنجیره‌ی تامین صنعت خودرو (مورد مطالعه: شرکت ایران خودرو) (رساله دکتری مدیریت گرایش تولید و عملیات، تهران، دانشگاه تربیت مدرس).
- رشیدزاده، م. ع؛ سوخکیان، م. ع؛ صادقی، م. ر. (۱۳۹۶). انتخاب تأمین‌کنندگان در زنجیره‌ی تامین با استفاده از فرآیند تحلیل شبکه (مطالعه موردی: شرکت گاز استان فارس). *مجله مدیریت صنعتی دانشکده علوم انسانی دانشگاه آزاد اسلامی سمنجان*، ۳(۶)، ۲۴-۱۰.
- زوکرم، ا. (۱۳۸۲). مدیریت زنجیره‌ی تأمین. تهران، انتشارات ترمه.
- صادقی مقدم، م؛ مؤمنی، م؛ نالچیکر، س. (۱۳۸۸). برنامه ریزی یکپارچه تأمین، تولید، و توزیع زنجیره‌ی تامین با بکارگیری الگوریتم ژنتیک. *نشریه مدیریت صنعتی*، ۱(۲)، ۷۱-۸۸.
- فیض آبادی، ج. (۱۳۸۸). طراحی و تبیین یک مدل مفهومی برای رفتار و عملکرد استراتژیک زنجیره‌ی تامین در صنایع با محصولات پیچیده (رساله دکتری مدیریت تولید و عملیات، دانشگاه تهران، دانشکده مدیریت).
- مهدی زاده، ا؛ والی زاده، ش؛ پسندیده، ح. ر. (۱۳۹۰). مدل موجودی چندمحصولی با محدودیت‌های فضای انبار، بودجه و کمترین سطح خدمت در حالت کمبود پس افت جزئی. *نشریه مهندسی صنایع و مدیریت شریف*، ۱(۱)، ۱۰۱-۱۱۱.
- هوشمندی ماهر، م؛ امیری، م. (۱۳۹۱). مدلی برای تخصیص سفارش در حالت چند تامین‌کننده، چند محصول و چند دوره‌ای در شرایط وجود تخفیف افزایشی. *مجله کاوش‌های مدیریت بازرگانی*، ۷(۱۲۲-۱۴۶).
- Azadi, Z., Eksioglu, S. D., Eksioglu, B., & Palak, G. (2019). Stochastic optimization models for joint pricing and inventory replenishment of perishable products. *Computers & industrial engineering*, 127, 625-642.
- Adeinat, H., & Ventura, J. A. (2018). Integrated pricing and supplier selection in a two-stage supply chain. *International journal of production economics*, 201, 193-202.
- Aissaoui, N., Haouari, M., & Hassini, E. (2007). Supplier selection and order lot sizing modeling: A review. *Computers & operations research*, 34(12), 3516-3540.
- Bahrapour, P., Safari, M., & Taraghdari, M. B. (2016). Modeling multi-product multi-stage supply chain network design. *Procedia economics and finance*, 36, 70-80.
- Choudhary, D., & Shankar, R. (2014). A goal programming model for joint decision making of inventory lot-size, supplier selection and carrier selection. *Computers & industrial engineering*, 71, 1-9.
- Firouz, M., Keskin, B. B., & Melouk, S. H. (2017). An integrated supplier selection and inventory problem with multi-sourcing and lateral transshipments. *Omega*, 70, 77-93.
- Guo, C., & Li, X. (2014). A multi-echelon inventory system with supplier selection and order allocation under stochastic demand. *International journal of production economics*, 151, 37-47.
- Langdon, C. S. (2006). Designing information systems capabilities to create business value: a theoretical conceptualization of the role of flexibility and integration. *Journal of database management (JDM)*, 17(3), 1-18.
- Min, H., & Zhou, G. (2002). Supply chain modeling: past, present and future. *Computers & industrial engineering*, 43(1-2), 231-249.
- Nagle, A., Fisher, S., Frazier, S., & McComb, S. (2018). Streamlining a simulation center's inventory management. *Clinical simulation in nursing*, 18, 1-5.
- Noori-Daryan, M., Taleizadeh, A., & Jolai, F. (2019). Analyzing pricing, promised delivery lead time, supplier-selection, and ordering decisions of a multi-national supply chain under uncertain environment. *International journal of production economics*, 209(C), 236-248.

- Singh, D., & Verma, A. (2018). Inventory management in supply chain. *Materials today: proceedings*, 5, 3867–3872.
- Stevenson, M., & Spring, M. (2007). Flexibility from a supply chain perspective: definition and review. *International journal of operations & production management*, 27(7), 685-713.
- O'Neill, B., Sanni, S. (2018). Profit optimization for deterministic inventory systems with linear cost. *Computers & industrial engineering*, 122, 303-317.
- Rodrigues, A. M., Stank, T. P., & Lynch, D. F. (2004). Linking strategy, structure, process, and performance in integrated logistics. *Journal of business logistics*, 25(2), 65-94.

