Industrial Management Journal

Print ISSN: 2008-5885
Online ISSN: 2423-5369

Designing and Developing a Model for Distributing Financial Resources among Suppliers in a Single Producer Chain

Abbas EilbeygiNejad
Ph.D. Candidate, Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Kharazmi University, Tehran, Iran. E-mail: ab_eilbeygi@yahoo.com

Hamidreza Izadbakhsh
*Corresponding Author, Assistant Prof., Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Kharazmi University, Tehran, Iran. E-mail: hizadbakhsh@khu.ac.ir

Alireza ArshadiKhamseh
Associate Prof., Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Kharazmi University, Tehran, Iran. E-mail: ar_arshadi@khu.ac.ir

Abstract

Objective: If important details such as sustainability and resilience are not taken into account in supply chains, the risk of potential threats increases. One of the crucial factors in increasing supply chain resilience is the management of cash flows, especially the management of payable accounts. Managing this factor will lead to better use of financial resources. This study creates a model to optimize the repayment schedules of payable accounts.

Methods: To optimize the model, a genetic algorithm was used and simulation was applied to calculate the suitability function. The objective function included the costs of stopping production lines, the costs of producing defective products, and the costs of borrowing for suppliers. The produced output determined the suppliers and the amount of payment to them in each period.

Results: Investigating the feasibility of applying the proposed method was the main finding of this study, and the obtained results proved the model as efficient.

Conclusion: The model used real data from the automotive industry and the results showed that the proposed model has the ability to reduce the costs up to 44.7%.

Keywords: Cash flow, Genetic algorithm, Monte Carlo simulation, Supply chain

Citation: EilbeygiNejad, Abbas, Izadbakhsh, Hamidreza, and Arshadi Khamseh, Alireza (2021). Designing and Developing a Model for Distributing Financial Resources among Suppliers in a Single Producer Chain. *Industrial Management Journal*, 13(4), 537-558. (*in Persian*)

Industrial Management Journal, 2021, Vol. 13, No 4, pp. 537-558
doi: https://doi.org/10.22059/IMJ.2022.334446.1007894
© Authors
Published by University of Tehran, Faculty of Management

Article Type: Research Paper
Received: July 25, 2021
Accepted: November 28, 2021

مدیریت صنعتی
شاپا چاپی: ۵۸۸۵-۲۰۰۸
شاپا الکترونیکی: ۵۳۶۹-۲۴۲۳

طراحی و توسعه مدل توزیع منابع مالی به تأمین‌کنندگان در یک زنجیره تک‌تولیدکننده

عباس ایل بیگی نژاد
دانشجو دکتری، گروه مهندسی صنایع، دانشکده فنی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران. رایانامه: ab_eilbeygi@yahoo.com

حمیدرضا ایزدبخش
* نویسنده مسئول، استادیار، گروه مهندسی صنایع، دانشکده فنی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران. رایانامه: hizadbakhsh@khu.ac.ir

علیرضا ارشدی خمسه
دانشیار، گروه مهندسی صنایع، دانشکده فنی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران. رایانامه: ar_arshadi@khu.ac.ir

چکیده

هدف: گسترش روابط در زنجیره تأمین بدون در نظر گرفتن جزئیاتی همچون پایداری و تاب‌آوری، ریسک مقابله با تهدیدها را افزایش می‌دهد. یکی از عوامل افزایش تاب‌آوری زنجیره‌های تأمین، مدیریت جریان‌های نقدی و به‌ویژه مدیریت حساب‌های پرداختنی است که در صورت مدیریت صحیح، استفاده بهتر از منابع مالی را به همراه دارد. بر این اساس، هدف پژوهش حاضر، ایجاد مدلی به‌منظور بهینه‌سازی زمان‌بندی بازپرداخت حساب‌های پرداختنی است.

روش: برای بهینه‌سازی، از الگوریتم ژنتیک و برای محاسبه تابع برازندگی با توجه به پیچیدگی مدل، از شبیه‌سازی استفاده شده است. تابع هدف شامل هزینه توقف خطوط تولید، هزینه تولید محصول ناقص و هزینه استقراض تأمین‌کننده است و خروجی مدل، تأمین‌کنندگان و مقدار پرداختی به آنها در هر دوره پرداخت را تعیین می‌کند.

یافته‌ها: بررسی امکان‌پذیری به‌کارگیری روش ارائه شده از جمله یافته‌های اصلی این مقاله است که با توجه به نتایج به‌دست‌آمده کارآمدی مدل تأیید می‌شود.

نتیجه‌گیری: مدل بر اساس داده‌های صنعت خودروسازی با هدف بهینه‌سازی منابع مالی اجرا شد. نتایج نشان می‌دهد که مدل از چنان قابلیتی برخوردار است که می‌تواند هزینه‌های تحمیلی را تا ۴۴/۷درصد کاهش دهد.

کلیدواژه‌ها: زنجیرهٔ تأمین، جریان‌های نقدی، شبیه‌سازی مونت کارلو، الگوریتم ژنتیک

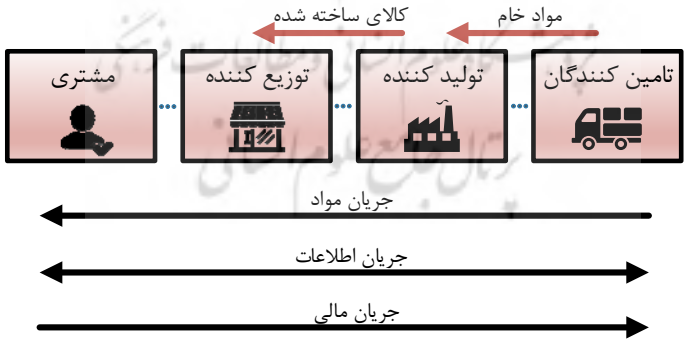
استناد: ایل بیگی نژاد، عباس، ایزدبخش، حمیدرضا، ارشدی خمسه، علیرضا (۱۴۰۰). طراحی و توسعه مدل توزیع منابع مالی به تأمین‌کنندگان در یک زنجیره تک‌تولیدکننده. *مدیریت صنعتی*، ۱۳(۴)، ۵۳۷ – ۵۵۸.

مدیریت صنعتی، ۱۴۰۰، دوره ۱۳، شماره ۴، صص. ۵۳۷ – ۵۵۸
دریافت: ۱۴۰۰/۰۵/۰۳، پذیرش: ۱۴۰۰/۰۹/۰۷
doi: https://doi.org/10.22059/IMJ.2022.334446.1007894
نوع مقاله: علمی پژوهشی
ناشر: دانشکدهٔ مدیریت دانشگاه تهران
© نویسندگان

مقدمه

امروزه افزایش انتظار مشتریان موجب ایجاد رقابت بین سازمان‌ها جهت افزایش انعطاف‌پذیری، کیفیت و کاهش هزینه‌ها شده است که این امر بیانگر افزایش اهمیت مدیریت زنجیرهٔ تأمین در سال‌های اخیر است. افزایش فرصت‌های جدید همراه با تهدیدهای فراوان از جمله نتایج پیچیده‌تر شدن شبکه تأمین‌کنندگان است که مدیریت زنجیرهٔ تأمین را با چالش‌های گسترده‌ای مواجه کرده است. سازمان‌های پیشتاز در تلاش هستند تا ضمن شناسایی این فرصت‌ها به عنوان اهرمی استراتژیک و راه‌حلی برای افزایش توان رقابتی، نهایت استفاده را جهت ارائه کالا یا خدمات بهتر و کاهش هزینه‌های زنجیرهٔ تأمین ببرند. بر این اساس در این شرایط نابسامان و نامطمئن محیط رقابتی، تطبیق سازمان با خطرها و ریسک‌های پیش‌رو برای مقابله با رخدادهای غیرمنتظره نیازمند استانداردسازی، بهبود فرایندهای داخلی و تعیین استراتژی دقیق‌تر برای تصمیم‌گیری‌ها است.

مدیریت زنجیرهٔ تأمین تحولات بسیار زیادی در هماهنگی و همکاری میان شریک‌های تجاری متعددی که از لحاظ جریان مواد، اطلاعات و مالی به یکدیگر وابستگی شدیدی دارند ایجاد کرده است (شکل۱). از سوی دیگر در اقتصاد رقابتی، تحویل محصولات در کمیت و کیفیت مناسب با هزینه بهینه در زمان تعیین شده، رمز بقا و موفقیت کسب و کارها است و زنجیره‌تأمین کارآمد نقش مهمی در تضمین این موفقیت دارد (فلاح لاجیمی، جعفری سرونی، حسینی دولت‌آباد، ۱۴۰۰). در طول سه دهه اخیر بهبود و ارتقای کارایی زنجیرهٔ تأمین جهت کاهش زمان‌های تأخیر، کاهش موجودی، افزایش پاسخ‌گویی، همکاری بیشتر در برنامه‌ریزی و بهبود خدمت‌دهی به مشتریان صورت گرفته است. با این وجود، این موضوع مشکلات و پیچیدگی‌های فراوانی را نیز برای مدیریت جریان‌های مالی، نقدینگی و سرمایه در گردش بنگاه‌ها و شرکای تجاری به وجود آمده است (فتح اله و نجفی[1]، ۲۰۱۷).



شکل ۱. زنجیرهٔ تأمین تولید محصول

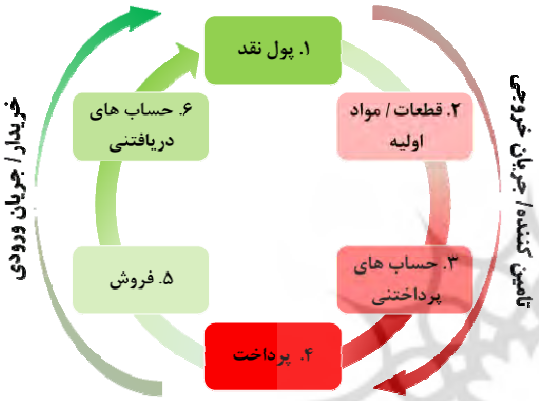
منبع: (کوولیس، چمبرز و وانگ[2]، ۲۰۰۶)

همان طور که اشاره شد یکی از موضوعات پراهمیت در مدیریت زنجیرهٔ تأمین، مدیریت منابع مالی است. جریان‌های مالی که تعیین‌کننده و تکمیل‌کننده جریان فیزیکی مواد و تضمین‌کننده فعالیت‌های لجستیکی هستند مانند

1. Fathollah & Najafi
2. Kouvelis, Chambers & Wang

یک گلوگاه عمل می‌کنند (امتحانی، نهاوندی و رفیعی[1]، ۲۰۲۱). بررسی هم‌زمان مدیریت مالی، عملیاتی و ریسک موضوعی است که دارای پیچیدگی‌های زیادی به‌خصوص در شرکت‌های استارتاپ و بین‌المللی است (ببیچ و کووولیس[2]، ۲۰۱۸).

یکی از اثرگذارترین عوامل در موفقیت زنجیره‌های تأمین چرخه نقد به نقد نامیده می‌شود (فرریس و هوتچیسن[3]، ۲۰۰۳). این چرخه شامل مدت زمان بین پرداخت پول برای تأمین مواد اولیه تا دریافت پول بابت فروش محصولات تولید شده می‌باشد (شکل ۲). رسیدن به شفافیت در طول چرخه نقد به نقد هدف نهایی مدیریت مالی زنجیرهٔ تأمین است (پرسوتی و موهینی[4]، ۲۰۰۷).



شکل ۲. چرخه نقد به نقد

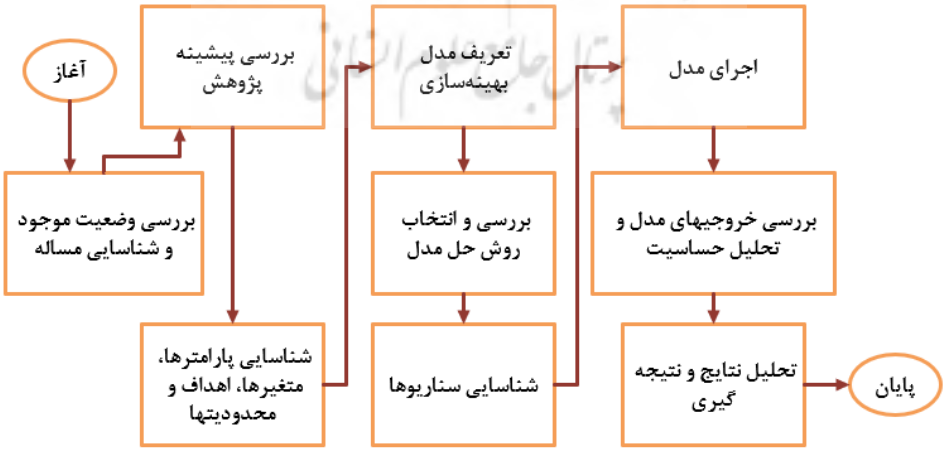
سرمایه در گردش به خصوص برای سازمان‌هایی با اندازه‌های کوچک‌تر که دارایی‌ها و بدهی‌های جاری، حجم عظیمی از سرمایهٔ آن‌ها را تشکیل می‌دهد، با اهمیت است. مدیریت نادرست سرمایه در گردش ممکن است موجب ورشکستگی شرکت‌هایی با سودآوری مثبت شود (اسکندرنژاد، حسن زاده برادران و طاهری، ۱۳۹۹). در این فرایند دارایی‌های جاری بیش از اندازه ممکن است منجر به تحقق بازده کمتر شده و از سوی دیگر دارایی‌های جاری کم موجب بروز کمبود و مشکل در روند عادی عملیات شود (وینتیلا و ننو[5]، ۲۰۱۶). از این رو سیاست‌های اتخاذ شده برای سرمایه در گردش اهمیت فراوانی در تعاملات مالی شرکت با تأمین‌کنندگان و خریداران در زنجیرهٔ تأمین دارد. عواملی همچون مدیریت وجوه نقد، ابزارهای کنترل ریسک، نسبت بدهی، جریان نقدی عملیاتی و غیره بر روی سرمایه در گردش سازمان تأثیر می‌گذارد (فتحاله و نجفی، ۲۰۱۷).

برخی از صنایع بزرگ کشور مانند صنایع خودروسازی با وجود اینکه توسعهٔ تکنولوژی اطلاعات و ارتباطات، قابلیت و توانایی‌های اعضای زنجیرهٔ تأمین این صنعت را افزایش داده است، به دلیل زنجیرهٔ تأمین طولانی و شبکهٔ ارتباطات گسترده میان عناصر متشکلهٔ آن با ریسک‌های بسیاری مواجه هستند. ریسک‌هایی مانند عدم توجه به اهمیت مدیریت و

1. Emtehani, Nahavandi & Rafiei
2. Babich & Kouvelis
3. Farris & Hutchison
4. Presutti & Mawhinney
5. Vintila & Nenu

زمان‌بندی تسویه حساب‌های پرداختنی، پرداخت نامتوازن و تجربی حساب‌های پرداختنی، تضعیف تأمین‌کنندگان، افزایش معنادار فاصله تحویل کالا تا پرداخت حساب، افزایش هزینه‌های توقف خط تولید در شرایط بحران، ایجاد فساد و رانت و از دست رفتن اعتماد تأمین‌کنندگان به تولیدکننده، بروز مشکلات اجتماعی به موجب تعطیلی و نبود نقدینگی در شرکت‌ها از جمله مهم‌ترین ریسک‌های موجود هستند. این ریسک‌ها بدلیل وابستگی بیش از حد اعضای زنجیره به یکدیگر است (وینتیلا و ننو، ۲۰۱۶) که موجب عدم قطعیت در برنامه‌ریزی می‌شود (بلک هرست، دان و کریگ هد[1]، ۲۰۱۱). رکود تولید خودرو به دلیل مشکلات مالی از موضوعات مدنظر پژوهشگران است (رضوی، کریمی، رفیعی‌راد ، ۱۳۹۶). این صنایع به عنوان یکی از مهم‌ترین قطب‌های اقتصادی کشور در زمینهٔ چگونگی توزیع جریان نقدی بین تأمین‌کنندگان قطعات خود با چالش‌های بسیاری مواجه هستند که برای مقابله با آن بایستی راه‌کار مناسبی اتخاذ کنند. در هر کشور بنا به سیاست‌ها و نوع اقتصاد طرز تعامل با تأمین کنندگان متفاوت است. در حال حاضر مدیریت جریان مالی بسیاری از شرکت‌های ایرانی بر مبنای تجربیات سال‌های گذشته است.

هدف اصلی مدیریت جریان مالی کاهش ریسک مالی زنجیرهٔ تأمین با افزایش هماهنگی در جریان نقد به نقد و سرمایه در گردش است. تأمین مالی از دیدگاه‌های مدیریت حساب‌های دریافتنی/پرداختنی، تأمین مالی دارایی‌های ثابت و تأمین مالی موجودی مورد بررسی قرار می‌گیرد (چاکو، ماسی و گادسل[2]، ۲۰۱۹). تمرکز پژوهش حاضر بر روی بررسی مدیریت زمان‌بندی حساب‌های پرداختنی از دیدگاه خریدار است. از این رو این مقاله قصد دارد تا با توسعه یک مدل برای زنجیره عرضه سه سطحی شامل فروشنده، تولیدکننده و تأمین‌کننده برای یکی از شرکت‌های بزرگ خودروسازی کشور زمان‌بندی حساب‌های پرداختنی را بهینه‌سازی کند. این مقاله به کمینه‌سازی بهای تمام‌شده قطعات، کمینه‌سازی هزینه توقف خط تولید و کمینه‌سازی تولید محصول ناقص به منظور برنامه‌ریزی و زمان‌بندی پرداخت بدهی‌ها با در نظر گرفتن محدودیت‌های جریان ورودی پول، تخفیف‌ها در قیمت خرید، و جریمه‌های دیرکرد می‌پردازد. شکل ۳ گام‌های طی شده در این مقاله را معرفی می‌کند. در بخش بعد این مقاله به بررسی پیشینه پژوهش موضوع مورد مطالعه پرداخته شده است.



شکل ۳. گام‌های اجرایی مقاله

1. Blackhurst, Dunn & Craighead
2. Chakuu, Masi & Godsell

پیشینه پژوهش

در سال‌های اخیر مطالعات متنوعی بر روی ارتقای تعاملات میان سازمان‌ها از نظر مدیریت مالی زنجیرۀ تأمین تمرکز کرده‌اند (فتح اله و نجفی، ۲۰۱۷ و هاسمن[1]، ۲۰۰۵). طراحی یک شبکه زنجیرۀ تأمین حلقه‌بسته که تصمیمات مالی نیز مورد توجه قرار گرفته است. منظور این این تصمیمات سرمایه‌گذاری‌های غیر از زنجیرۀ تأمین و وام‌های دریافتی است و عدم قطعیت تقاضا و بازگشت سرمایه مربوط به گزینه‌های دیگر سرمایه‌گذاری نیز شامل می‌شود (محمدی، عالم تبریز، پیشوایی، ۱۳۹۷). تأخیرات از زمان ثبت سفارش تا زمان دریافت مبلغ و همچنین کسری حجم نقدینگی به منظور تأمین سرمایه در گردش از عمده مشکلات مدیریت مالی زنجیرۀ تأمین هستند. بهینه‌سازی جریان نقدینگی در فرایندهای عملیاتی زنجیرۀ تأمین جهت افزایش کارایی و رضایت ذی‌نفعان زنجیره از جمله روش‌های بهبود این شرایط است (هاسمن، ۲۰۰۵). برای داشتن یک زنجیرۀ تأمین کارآمد مدیریت مناسب جریان‌های مالی مجموعه‌های بالادستی به اندازه جریان‌های فیزیکی مجموعه‌های پایین‌دستی اهمیت دارد (گوپتا و دوتا[2]، ۲۰۱۱). با این حال برخلاف جریان مواد و اطلاعاتی زنجیرۀ تأمین (صادقی راد، نهاوندی، حسین زاده کاشان، ذگردی، ۲۰۱۸؛ صدیق، فلاح و نهاوندی[3]، ۲۰۱۳، صادقی راد، فلاح و نهاوندی، ۲۰۱۳)، پژوهش‌های متعددی در زمینه بررسی جریان‌های مالی انجام نشده است. در تمامی این پژوهش‌ها فرض بر این است که شرکت‌ها توانایی تأمین مالی عملیات‌ها را در نقطه بهینه دارند و یا می‌توانند با یک نرخ بهره ثابت استقراض نمایند. تا زمانی که شرایط مالی بازار مصرف مناسب باشد و تأمین مالی خارج سازمانی با نرخ پایین در دسترس باشد مشکلی پیش نمی‌آید و حساب‌های پرداختنی به سادگی تسویه می‌شود. در نتیجه جریان‌های مالی حاصل شده از تصمیمات لجستیکی می‌باشد و ماهیت تأثیرگذار ندارد (لو و شانگ[4]، ۲۰۱۵). در صورتی که در شرایط کمبود سرمایه، که می‌تواند ناشی از عواملی همچون بحران‌های اقتصادی و یا حتی تصمیمات سیاسی ـ اقتصادی مانند تحریم‌ها باشد، جریان های مالی رفتار همیشگی و یکنواخت عادی را دنبال نمی‌نمایند.

همان طور که گفته شد، این مقاله در زمینه مدیریت زنجیرۀ تأمین مالی است و بر مدیریت حساب‌های پرداختنی تمرکز کرده است. در این حوزه گوپتا و همکارانش[5] (۱۹۸۷) برای اولین بار از ابزار زمان‌بندی برای تصمیم‌گیری در مورد زمان تسویه حساب‌های پرداختنی استفاده نمودند. در مطالعه دیگری لونگینیدیس و ژئوگیادیس[6] (۲۰۱۱) یک مدل برنامه‌ریزی خطی عدد صحیح را با در نظرگیری مشکلات مالی و طراحی زنجیرۀ تأمین تحت تقاضای تصادفی توسعه دادند. جهانگیری و سیسلیا[7] (۲۰۱۴) نیز مدلی تصادفی جهت بهینه‌سازی استراتژی پرداخت حساب‌های پرداختنی برای حداکثرسازی سود شرکت ارائه نمود. همچنین المیلودی و همکارانش[8] (۲۰۱۶) با استفاده از زمان‌بندی حساب‌های پرداختنی و دریافتنی مدلی جهت بهینه‌سازی سرمایه در گردش یک شرکت در یک زنجیرۀ تأمین سه‌سطحی توسعه دادند.

پژوهش‌های بسیار اندکی در حوزه تصمیم‌گیری با در نظر گرفتن هم‌زمان رابطه بین عملیات و تأمین مالی در

1. Hausman
2. Gupta & Dutta
3. Sadigh, Fallah & Nahavandi
4. Luo & Shang
5. Gupta, Kunnathur & Dandapani
6. Longinidis & Georgiadis
7. Jahangiri & Cecelja
8. ElMiloudi, Tchernev & Riane

زنجیرهٔ تأمین صورت گرفته است. جابر و عثمان[1] (۲۰۰۶) مدلی متمرکز دوسطحی تأمین‌کننده ـ مشتری را ارائه نمودند که در آن سفارش‌ها را طوری برنامه‌ریزی می‌کند که هزینه‌های زنجیرهٔ تأمین کمینه شود. در این مدل تأخیر در پرداخت‌ها به عنوان متغیر تصمیم و به عنوان عامل اعتبار تجاری جهت ایجاد هماهنگی در تعیین مقدار سفارش بین دوسطح، بدون وجود محدودیت بودجه در نظر گرفته شده است. دادا و هو[2] (۲۰۰۸) جهت هماهنگی در تصمیمات حداکثرسازی سود بانک و سرمایه محدودشده خرده‌فروش، یک مدل غیرخطی برنامه‌ریزی وام را پیاده‌سازی کرده‌اند. همچنین موسوی حیدری و جابر[3] (۲۰۱۴) یک زنجیرهٔ تأمین سه‌سطحی، شامل تأمین‌کننده با محدودیت سرمایه، خرده‌فروش و موسسه تأمین مالی با در نظر گرفتن تصمیمات مربوط به تأمین مالی و عملیات توسعه داده‌اند. تعدادی از پژوهش‌ها کاربرد منابع مالی را در مدل‌های کنترل موجودی (بدون ایجاد رابطه با تصمیات عملیاتی در تولید) در نظر گرفته‌اند. در پژوهش موسوی و جابر (۲۰۱۳) با به‌کارگیری روش تأخیر در پرداخت، مدلی جهت مدیریت نقدینگی و کنترل موجودی به صورت مشترک توسعه داده شده است. مدل تولید اقتصادی همراه با نیاز به دوباره‌کاری و ایجاد محصول ناقص با در نظر گرفتن اعتبار تجاری مجموعه بالادستی و پایین‌دستی در مطالعه دیگری مورد بررسی قرار گرفته است (طالعی زاده، لشگری، اکرم و حیدری[4]، ۲۰۱۶). پیشرفت‌ها، شکاف‌های تحقیقاتی و ارتباط بین تأمین مالی، عملیات و مدیریت ریسک در پژوهش بابیچ و کوولیس[5] (۲۰۱۸) مورد بررسی قرار گرفته‌اند. ماشود، آدین و سنا[6] (۲۰۱۹) روی یک مدل کنترل موجودی اجناس فسادپذیر با در نظر گرفتن تقاضا به عنوان تابعی از قیمت فروش در دو سطح اعتبار تجاری کار کرده‌اند. در خصوص تأثیرهای بحران اقتصادی بر تصمیمات کنترل موجودی بر مبنای مسئله مقدار سفارش‌دهی اقتصادی ساده، کرومیده و همکارانش[7] (۲۰۱۹) مبانی مدیریت کنترل موجودی را به صورتی بررسی کردند که تمام زنجیرهٔ تأمین را دربرگیرد. در پژوهش دیگری نیز به مطالعه شرایطی پرداخته شده است که در آن سرویس‌دهندگان لجستیکی پیشنهادهایی برای تأمین مالی موجودی، به‌عنوان نوعی سرویس زنجیرهٔ تأمین مالی ارائه می‌نمایند (چاکو، ماسی و گادسل[8]، ۲۰۲۰). در پژوهش‌هایی که کمبود سرمایه و تصمیمات تأمین مالی را در نظر می‌گیرند، دو روش تأمین مالی شامل تأمین مالی خارجی و تأمین مالی داخلی مورد بحث قرار می‌گیرند. در روش تأمین مالی خارجی محدودیت مالی به موسسات مالی همچون بانک مربوط می‌شود (گیلن، بادل و پویجانر[9]، ۲۰۰۷ و زو و بیرج[10]، ۲۰۰۶). روش دوم تأمین مالی، تأمین مالی داخلی، به روش‌های دیگری از جمله اعتبار تجاری[11] اشاره دارد که به صورت وامی کوتاه‌مدت در دست خریدار است و به او اجازه می‌دهد تا در پرداخت صورت‌حساب‌ها تأخیر مشخصی داشته باشد (لی و رهی[12]، ۲۰۱۱ و لی و زو و وانگ[13]، ۲۰۱۸). برای اکثر شرکت‌های آمریکایی این منبع مالی بزرگ‌ترین سرمایه درگردش آنها محسوب می‌شود(لی و رهی، ۲۰۱۱). در ادامه مطالعات انجام شده زمینه بهینه سازی زنجیرهٔ تأمین مالی در جدول ۱ آورده شده است.

1. Jaber & Osman
2. Dada & Hu
3. Moussawi-Haidar, Dbouk, Jaber & Osman
4. Taleizadeh, Lashgari, Akram & Heydari
5. Babich & Kouvelis
6. Mashud, Uddin & Sana
7. Krommyda, Skouri & Lagodimos
8. Chakuu, Masi & Godsell
9. Guillen, Badell & Puigjaner
10. Xu & Birge
11. Trade credit
12. Lee & Rhee
13 Lee, Zhou & Wang

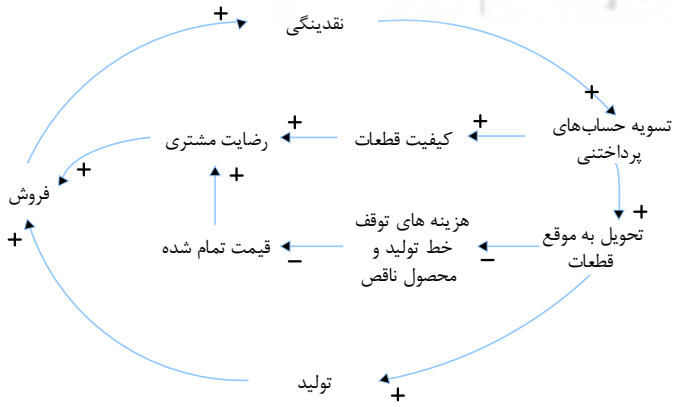
جدول ۱. مطالعات انجام شده بهینه‌سازی زنجیرهٔ تأمین مالی

نویسنده و سال	سیاست کنترل موجودی	ساختار زنجیرهٔ تأمین	تصمیمات عملیاتی	محدودیت مالی	تصمیمات مالی	تابع هدف
جابر و عثمان ۲۰۰۶	EOQ	دو سطحی	مقدار سفارش‌دهی	بدون محدودیت	زمان پرداخت بدهی مهلت پرداخت	حداقل‌سازی هزینه‌های سیستم
لی و رهی ۲۰۱۱	روزنامه‌فروش	دو سطحی	مقدار سفارش هی قیمت‌گذاری پارامترهای قرارداد	محدودیت بودجه	نرخ بهره اعتبار تجاری	حداکثرسازی سود
چن و وانگ ۲۰۱۲	روزنامه‌فروش	دو سطحی	میزان سفارش‌دهی قیمت گذاری	محدودیت بودجه	بدون تصمیم مالی	حداکثرسازی سود
ژیائو و همکاران ۲۰۱۷	روزنامه‌فروش	دو سطحی	میزان سفارش‌دهی پارامترهای قرارداد	محدودیت بودجه	نرخ بهره اعتبار تجاری	حداکثرسازی سود
جوهری و همکاران ۲۰۱۸	تصادفی	سه سطحی	دوره بازبینی موجودی میزان سفارش قیمت گذاری	بدون محدودیت	مهلت پرداخت به عنوان پارامتر قرارداد	حداکثرسازی سود
دوالکار و کریشنان ۲۰۱۹	قطعی	دو سطحی	قیمت‌گذاری	محدودیت تأمین مالی	مهلت پرداخت نرخ بهره	حداکثرسازی سود
امتحانی و همکاران ۲۰۲۱	EOQ	سه سطحی	مقدار سفارش‌دهی از هر تأمین کننده، میزان تولید	محدودیت بودجه و تأمین مالی	میزان بدهی زمان پرداخت بدهی مهلت پرداخت	حداقل‌سازی هزینه‌های سیستم و حداکثرسازی تقاضای برآورده شده
مطالعه حاضر	قطعی	سه سطحی	اولویت‌بندی تأمین‌کننده‌ها با توجه به شرایط	محدودیت بودجه و تأمین مالی	زمان پرداخت بدهی	حداقل‌سازی هزینه‌های توقف خط تولید، محصول ناقص و استقراض تأمین‌کننده

نتایج مرور مطالعات انجام گرفته در این حوزه نشان می‌دهد که در نظر گرفتن هم‌زمان تصمیمات عملیاتی و مالی امری نوظهور بوده و هنوز در بسیاری از آنها فرضیات مربوط به مسائل واقعی در نظر گرفته نشده است (امتحانی و همکاران[1]، ۲۰۲۱). برای نمونه در اکثر آنها هدف تنها افزایش کارایی زنجیرهٔ تأمین با ایجاد ارتباط مابین جریان‌های فیزیکی و مالی بدون بیان محدودیت کمبود بودجه و روش‌های تأمین مالی بوده است. این در حالی است که در این موارد حتی با در نظر گرفتن محدودیت مالی، میزان استقراض بی‌نهایت فرض شده است که مخالف شرایط مسائل واقعی است. در واقع استقراض از موسسات تأمین مالی نمی‌تواند عنصری بی‌نهایت باشد و در نتیجه هنگامی که سرمایه در گردش کافی برای حمایت از فعالیت‌های تولیدی موجود نباشد با کاهش فروش محصول نهایی (فروش از دست رفته) مواجه خواهیم شد. این مفهوم را برای اولین بار (امتحانی و همکارانش، ۲۰۲۱) با در نظر گرفتن محدودیت سرمایه مجموعه بالادستی (تأمین‌کننده) و نیاز به تأمین مالی از مجموعه‌های پایین‌دستی، در تعیین سیاست بهینه کنترل موجودی با هدف کمینه‌سازی هزینه‌های سیستم و افزایش تقاضای برآورده شده مورد بررسی قرار دادند. مطالعه حاضر به توسعه یک مدل بومی به منظور بهبود زمان‌بندی بازپرداخت حساب‌های پرداختنی با هدف بهینه‌سازی منابع مالی در صورت وجود محدودیت در این منابع در یک شرکت بزرگ خودروسازی داخلی می‌پردازد. در ادامه مقاله و در بخش بعد مدل توسعه داده شده تشریح می‌شود.

توسعه مدل توزیع منابع مالی در زنجیرهٔ تأمین

در مدل توسعه داده شده در صورت وجود محدودیت در منابع مالی، تسویه حساب‌های پرداختنی به تعویق افتاده که این امر بر روی زمان تحویل قطعه یا کیفیت آن تأثیر منفی دارد. تأخیر در تحویل قطعه موجب افزایش در هزینه به واسطه توقف خط تولید یا ایجاد محصول ناقص و در نتیجه افزایش قیمت تمام شده محصول می‌شود که مخالف اهداف نهایی مدیریت زنجیرهٔ تأمین است. کاهش کیفیت قطعات و افزایش قیمت تمام شده، رضایت مشتری و سپس فروش را کاهش می‌دهد که این امر اثر مستقیم بر منابع مالی دارد و باعث ایجاد چرخه معیوب مشاهده شده می‌شود. از این روابط بین منابع مالی، هزینه و کیفیت نهایی، رضایت مشتری، تولید و فروش در ایجاد مدل نهایی برای کاهش اثرات مخرب محدودیت منابع مالی بر کل زنجیرهٔ تأمین استفاده شده است.



شکل ٤. مدل مفهومی ارائه شده برای رابطه بین میزان تولید و تأمین مالی

1. Emtehani, Nahavandi & Rafiei

با توجه به اهمیت موضوع مدیریت زنجیرهٔ تأمین مالی و تأثیر آن بر تولید محصول ناقص و توقف خط تولید که موجب بیکاری اپراتورها، بیکاری ماشین‌ها، کاهش تولید و افزایش هزینه سربار و در نهایت کاهش بهره‌وری می‌شود، هدف اصلی این پژوهش توسعه مدلی سه‌سطحی بر پایه هموارسازی تخصیص منابع مالی به تأمین‌کنندگان و میزان تولید می‌باشد.

مدل‌سازی

در این بخش به معرفی مدل توسعه داده شده در این مقاله پرداخته شده است. مدل دارای تابع هدف شامل هزینه‌های توقف خطوط تولید، هزینه‌های تولید محصول ناقص، و هزینه استقراض مالی توسط تأمین‌کنندگان است. این مدل همچنین دارای محدودیت‌های منابع مالی، پرداخت هم‌زمان به تأمین‌کنندگان، تولید محصول ناقص، و عدم تأمین قطعه است. در ادامه به معرفی هر یک از این موارد پرداخته شده است. تمام روابط در این مقاله با توجه به نظرات خبرگان و فرایندهای موجود در شرکت خودروسازی مورد مطالعه، توسط نویسندگان ایجاد شده‌اند. همچنین برای مقادیر پارامترهای مدل از داده‌های واقعی و در مواردی به دلیل اهمیت داده‌ها و لزوم اخذ مجوز از سازمان متبوع از داده‌های فرضی استفاده شده است.

مفروضات

- در این مسئله یک کارخانه دارای چندین خط تولید تک محصولی می‌باشد.
- تصمیم‌گیری برای یک دوره با بودجه قطعی (تک دوره‌ای) صورت می‌پذیرد.
- احتمال عدم تأمین به موقع قطعه m تأمین کننده $s\epsilon R_m$ در روز tام با افزایش تعداد روز گذشته، از توزیع تجمعی نمایی با میانگین b_s طبق رابطه $P(X < t) = 1 - e^{-b_s t}$ پیروی می‌نماید.

تابع هدف

مدل یاد شده از دیدگاه یک تولیدکننده (خریدار) که از تعداد زیادی تأمین‌کننده، مواد اولیه دریافت می‌کند در نظر گرفته می‌شود. تولیدکننده در دوره t به میزان B_t از نمایندگی‌های فروش(مشتریان یا مجموعه‌های پایین‌دستی) بابت فروش دریافت می‌کند. N_s مقدار تعداد فاکتوری است که از تأمین‌کننده s دریافت کرده است که بایستی در زمانی مشخص پرداخت شود که در صورت دیرکرد در پرداخت هزینه Y_{snt} بر تولیدکننده بابت افزایش در قیمت قطعات تحمیل می‌شود. اهمیت مواد اولیه از نظر تعداد تنوع تأمین‌کننده (انحصاری یا عمومی)، سطح تکنولوژی، زمان سفارش تا دریافت، نوع سازمان تأمین‌کننده (دولتی، خصوصی)، میزان ارزبری و میزان سوددهی برای تأمین‌کننده در نظر گرفته می‌شود.

توقف خط تولید یکی از بزرگ‌ترین مشکلات تأخیر در تأمین قطعات است که هزینه زیادی را به تولیدکننده تحمیل می‌نماید. از این رو در بسیاری از موارد توقف کامل خط تولید بهترین راه حل نیست و جهت جلوگیری از تحمیل این هزینه‌ها، بسیاری از کارخانه‌ها تا حد امکان به‌جای توقف کامل خط تولید، به تولید محصول نهایی ناقص می‌پردازند تا زمانی که قطعه مدنظر تأمین و محصول نهایی تکمیل شود. از این رو در یک کارخانه تولیدی دو نوع قطعه داریم، قطعاتی که نبود آنها موجب توقف خط تولید می‌شود و قطعاتی که در صورت عدم تأمین موجب تولید ناقص محصول

می‌شود. بدیهی است که در شرایط عدم دسترسی به منابع مالی کافی، ایجاد تعادل میان این دو نوع تأمین‌کننده اهمیت بالایی دارد؛ به‌طوری که اگر منابع مالی بیشتر صرف تأمین‌کنندگان نوع اول شود بسیاری از قطعات لازم برای تحویل محصول نهایی به مشتری با مشکل کمبود مواجه هستند و در حالت عکس احتمال توقف خط تولید زیاد می‌شود. با در نظر گرفتن این موارد تابع هدف اول و دوم که جهت کمینه‌سازی هزینه توقف خط تولید و کمینه‌سازی هزینه محصول ناقص هستند با یکدیگر در تناقض هستند. در صورت بهینه‌سازی دو تابع هدف اول و دوم، مدل سعی در حداکثرسازی احتمال تأمین به موقع قطعات برای هر قطعه را دارد؛ به‌طوری که برای نمونه، اگر احتمال عدم تأمین به موقع دو تأمین‌کننده که قطعه یکسان تولید می‌کنند با پرداخت آخرین صورت حساب هر دو $p_s(d_{st}) = 50\%$ باشد، احتمال عدم تأمین به موقع قطعه $\rho_{mt} = 50\% \times 50\% = 25\%$ می‌شود. این درصورتی است که مدل با پرداخت مبلغ بیشتر به یک تأمین‌کننده و مبلغ کمتر به تأمین‌کننده دیگر بدون در نظر گرفتن سایر هزینه‌ها احتمال عدم تأمین را کمینه می‌کند. (با در نظر گرفتن توان تولید به یک تأمین‌کننده پول بیشتر دهد و $p_s(d_{st}) = 0\%$ ، که در این صورت اگر $p_s(d_{st})$ برای سایر تأمین‌کنندگان ۱۰۰درصد هم باشد احتمال عدم تأمین به موقع قطعه $\rho_{mt} = 0\% \times \dots = 0\%$ به‌دست می‌آید). این رویکرد موجب از دست رفتن تاب‌آوری سایر تأمین‌کنندگان شده و آنها را وادار به تأمین مالی با دریافت وام می‌کند که در این حالت هزینه تمام شده قطعه افزایش یافته و هزینه تمام شده محصول نهایی را افزایش می‌دهد. با توجه به این شرایط، تابع هدف سوم، برای جلوگیری از این مشکل و کمینه‌سازی، هزینه تمام شده تعریف شده است. توابع هدف درنظر گرفته شده عبارت اند از:

رابطه ۱) کمینه‌سازی هزینه توقف خط تولید

$$min\, Z_1 = \sum_{m=1}^{M} \sum_{s \epsilon R_m} \sum_{k=1}^{K} F_{sn} I_m \rho_{mt} G_{mk} h_{mk} o_{mk} (1 - Z_s)$$

رابطه ۲) کمینه‌سازی هزینه خودروهای ناقص

$$min\, Z_2 = \sum_{m=1}^{M} \sum_{s \epsilon R_m} \sum_{k=1}^{K} F_{sn} (1 - I_m) \rho_m v_k A_k (1 - Z_s)$$

رابطه ۳) کمینه‌سازی هزینه تمام شده

$$min\, Z_3 = \sum_{s=1}^{S} Y_s$$

در تابع هدف اول و دوم ρ_{mt} که احتمال عدم تأمین به موقع قطعه m در زمان t است با استفاده از رابطه ۵ محاسبه می‌شود. برای این منظور ابتدا بایستی تعداد روزهای گذشته از دریافت اولین صورت‌حساب پرداخت نشده تأمین‌کننده s در زمان t تعیین شود (رابطه ۴).

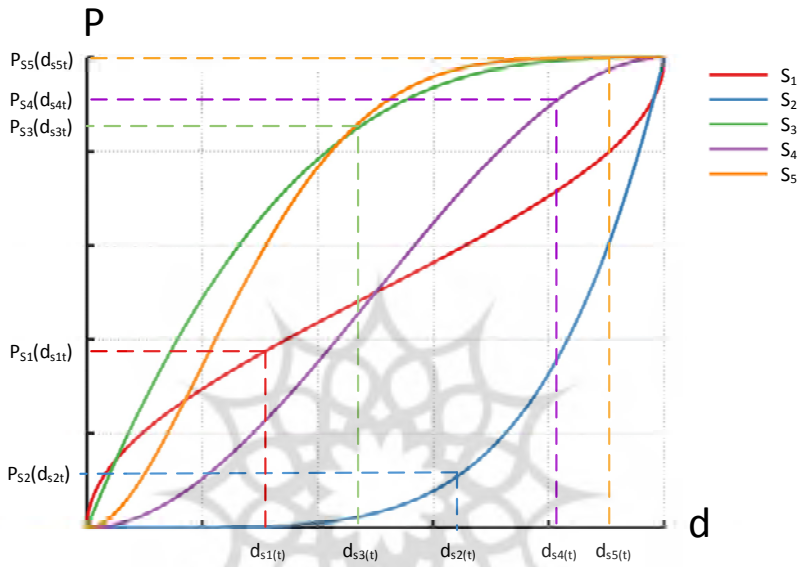
رابطه ۴)

$$d_s = (1 - Z_s)(x_s)$$

که در این رابطه X_{sn} تعداد روز گذشته از دریافت صورت‌حساب پرداخت نشده nام تأمین‌کننده s است. با در نظر گرفتن این مقادیر احتمال اینکه در زمان t قطعه m توسط هیچ یک از تأمین‌کنندگان R_m تأمین نشود برابر است با

حاصل‌ضرب احتمال عدم تأمین هر یک از تأمین‌کنندگان در صورتی که در ابتدای بازه زمانی x_{sn} روز از دریافت اولین صورت‌حساب پرداخت نشده تأمین‌کننده $s\epsilon R_m$ گذشته باشد. در شکل نمونه‌ای از محاسبه این پارامتر برای پنج تأمین‌کننده نمایش داده شده است.

$$\rho_m = \prod_{s\epsilon R_m} p_s(d_s)$$ رابطه ۵)



شکل ۵. نمودار احتمال عدم تأمین به موقع تأمین‌کنندگان درصورت عدم پرداخت صورت حساب تا زمان t_n

در تابع هدف سوم نیز Y_{snt} متغیر هزینه دیرکرد پرداخت صورت‌حساب است که با استفاده از رابطه ۶ محاسبه می‌شود. بر اساس این رابطه در صورتی که صورت‌حساب تأمین‌کننده به موقع پرداخت نشود، تأمین‌کننده با احتمال $(1-\rho_{mt})$ قطعه m را در زمان t در صورتی تأمین می‌کند که سرمایه در گردش داشته باشد در غیر این صورت برای تولید مجبور به اخذ وام با سود بانکی i می‌شود که این مقدار بهره به مبلغ قطعات بعدی منتقل شده و موجب افزایش بهای تمام شده محصول نهایی می‌شود. مقدار اضافه شده برابر با مقدار صورت‌حساب در نرخ بهره بانکی به توان اختلاف روزهای گذشته از زمان تعیین شده (تاب‌آوری تأمین کننده) در صورت عدم پرداخت صورت‌حساب است.

$$\begin{cases} Y_s = (w_s i)^{d_s-\pi_s} & ,if\ d_s > \pi_s \\ Y_s = 0 & ,otherwise \end{cases}$$ رابطه ۶)

که در این رابطه w_{ns} برابر است با مبلغ صورت‌حساب nام تأمین‌کننده s، i نرخ بهره بانکی و π_s تاب‌آوری تأمین‌کننده s است. در نهایت با توجه به اینکه هر سه تابع هدف از جنس هزینه می‌باشند، طبق رابطه (۴)، تابع هدف نهایی از جمع این سه تابع هدف تشکیل می‌شود.

رابطه ۷) تابع هدف نهایی

$$min\ C = \sum_{m=1}^{M}\sum_{s\epsilon R_m}\sum_{k=1}^{K} F_s I_m \rho_{mt} G_{mk} h_{mk} o_{mk}(1-Z_s) + \sum_{m=1}^{M}\sum_{s\epsilon R_m}\sum_{k=1}^{K} F_s(1-I_m)\rho_m v_k A_k(1-Z_s) + \sum_{s=1}^{S} Y_s$$

محدودیت‌ها

در این قسمت محدودیت‌های مسئله مورد بررسی قرار گرفته‌اند. اولین محدودیت بیانگر حداکثر توان پرداخت صورت‌حساب‌های تأمین‌کنندگان با توجه به بودجه تعیین شده است. بر این اساس بایستی مجموع صورت‌حساب‌های پرداختی کمتر از بودجه در دسترس در هر دوره باشد.

رابطه ۸)

$$\sum_{s=1}^{s=1} Z_s w_s \le B$$

محدودیت بعدی به منظور جلوگیری از پرداخت هم‌زمان چندین صورت‌حساب یک تأمین‌کننده تعیین شده است.

رابطه ۹)

$$\sum_{s=1}^{S} Z_s \le 1$$

محدودیت بعدی جهت در نظر گرفتن تعداد محصول ناقص ایجاد شده می‌باشد.

رابطه ۱۰)

$$\sum_{k=1}^{K} A_{mk} + (1-\rho_m) * \sum_{s=1}^{S} q_{ms} = \sum_{k=1}^{K} c_{mk} * e_k, \forall m$$

محدودیت بعدی تضمین می‌دهد که درصورت ایجاد کمبود G_{mk} برابر یک شود.

رابطه ۱۱)

$$A_{mk} \le L * G_{mk}, \forall m, k$$

در این محدودیت A_{mk} عدد صحیح می‌باشد. محدودیت نهایی دامنه متغیرهایی تصمیم‌گیری را که شامل مقادیر مثبت است نمایش می‌دهد.

رابطه ۱۲)

$$Y_s \ge 0, \forall s$$

رویکرد حل مدل بهینه‌سازی

برای حل مدل از الگوریتم ژنتیک استفاده شده است. با توجه به پیچیدگی توابع هدف، مدل شبیه‌سازی برای محاسبه این توابع در الگوریتم ژنتیک استفاده شده است. به بیان دیگر مدل شبیه‌سازی در واقع جایگزین تابع برازندگی الگوریتم شده و برای هر جواب ایجاد شده توسط الگوریتم ژنتیک اجرا می‌شود تا مقدار توابع هدف را برای آن جواب محاسبه کند و به عنوان مقدار تابع برازندگی مورد استفاده قرار دهد. شکل الگوریتم اجرایی مدل این مطالعه را نمایش می‌دهد.

شکل ٦. الگوریتم اجرایی مدل

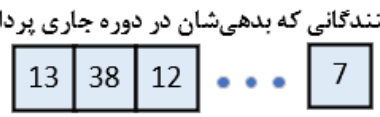
در ادامه این بخش اجزای مدل به صورت مبسوط ارائه خواهند شد.

الگوریتم ژنتیک

برای حل مدل با توجه به نوع مسئله، در گام اول متغیرهای مناسب برای الگوریتم ژنتیک شناسایی و تعیین می‌شوند. در گام بعدی این متغیرها با توجه به نوع مسئله به نحو مناسبی کدبندی شده و به صورت کروموزوم تعریف می‌شوند. بر اساس تابع هدف مسئله، یک تابع برازندگی برای کروموزوم‌ها تعریف و یک جمعیت اولیه به طور تصادفی تعیین می‌شود. در گام بعدی میزان تابع برازندگی برای این کروموزوم‌ها محاسبه شده و در نهایت پس از انجام عملیات تقاطع، جهش و انتخاب، جمعیت جدیدی از بین فرزندان قدیم و جدید انتخاب می‌شوند. الگوریتم زمانی متوقف می‌شود که جمعیت به سمت راه حل بهینه هم‌گرا شود و به عبارت دیگر به آن برسد یا نزدیک شود. در ادامه به معرفی ساختار الگوریتم ژنتیک و نحوه تعریف کروموزوم‌ها در این مقاله پرداخته شده است.

ساختار کروموزوم مسئله

برای ایجاد کروموزوم از شماره تأمین‌کنندگانی که بدهی‌شان در دوره جاری پرداخت نخواهد شد، استفاده شده است. کروموزوم ایجادشده به شکل زیر است.



شکل ۷. ساختار کروموزوم

محاسبه برازش کروموزوم

برای انتخاب بهترین جواب‌ها در هر نسل از تابع برازندگی استفاده می‌شود. در این مقاله نیز تابع برازندگی بر اساس میزان تابع هدف هر یک از بردار جواب‌ها تعریف شده است. با توجه به اینکه ممکن است برخی از جواب‌های به دست آمده نشدنی باشند، یک تابع جریمه تعریف می‌شود که جریمه‌ای به اندازه تجاوز از میزان مجاز در نظر می‌گیرد که این جریمه باعث بزرگ شدن مقدار تابع هدف شده و بدین ترتیب جواب به دست آمده از جواب‌های مطلوب فاصله می‌گیرد و باعث می‌شود الگوریتم تنها در فضای موجه به جست‌وجوی جواب بپردازد. از آنجایی‌که مدل ارائه شده دارای تعداد زیادی متغیر و محدودیت است و با افزایش اندازه مسئله تعداد آنها نیز به‌طور غیرخطی افزایش می‌یابد، شبیه‌سازی مونت کارلو برای هر یک از جواب‌های تولید شده در الگوریتم ژنتیک به‌عنوان تابع برازندگی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

مرحله انتخاب

در این مرحله تعداد مناسبی از زوج کروموزوم‌ها بر اساس میزان برازندگی انتخاب می‌شوند تا در مراحل بعدی مورد استفاده قرار گیرند. روش انتخاب این کروموزوم‌ها برای تولید نسل بعد باید به‌گونه‌ای باشد که افراد بهتر با تابع برازندگی بالاتر، شانس بیشتری برای انتخاب داشته باشند. در این مقاله از روش چرخ رولت برای انتخاب کروموزوم‌های نسل بعد استفاده شده است.

مرحله تقاطع و جهش

عمل تقاطع در این مقاله با استفاده از عملگر تقاطع تک‌نقطه‌ای انجام می‌شود. این عملگر دو کروموزوم را به طور تصادفی از یک نقطه شکسته و بخش‌های شکسته شده را جابه‌جا می‌کند. بدین ترتیب دو کروموزوم جدید به‌دست می‌آید. تک نقطه تصادفی انتخاب شده در این مقاله کروموزوم سوم است. در عملیات جهش نیز یک یا چند ژن به صورت تصادفی از کروموزوم انتخاب می‌شوند و با اعمال تغییراتی در آن یک کروموزوم جدید ایجاد می‌شود. عملیات جهش انجام شده در این مقاله به این صورت است که یک سلول از کروموزوم به تصادف انتخاب شده و عدد تصادفی جدیدی به جای آنها می‌نشیند.

شرط توقف

محدود کردن تعداد تکرارها به یک عدد مشخص، متوقف کردن در زمان عدم بهبود مقدار برازندگی، و تعیین یک مقدار از پیش تعیین شده برای تابع برازندگی و توقف در صورت رسیدن به این مقدار از جمله روش‌های قابل استفاده برای توقف اجرای مدل هستند. در این مقاله شرایط توقف الگوریتم ژنتیک تعداد تکرار در نظر گرفته شده است. بایستی متذکر شد که با افزایش اندازه مسئله معمولاً هم‌گرایی در تعداد تکرارهای بیشتری رخ می‌دهد.

تنظیم پارامترهای الگوریتم ژنتیک

در الگوریتم ژنتیک پارامترهایی نظیر تعداد کروموزوم‌ها، نرخ تقاطع و جهش می‌توانند بر کیفیت جواب‌های این الگوریتم تأثیرگذار باشند. برای تنظیم این پارامترها در این مقاله از روش تاگوچی استفاده شد. در روش تاگوچی با حذف برخی از اثرات متقابل سعی می‌شود تا مقدار بهینه پارامترهای آزمایش با توجه به ذات تصادفی آن به منظور سهولت اجرا و نیز کاهش هزینه‌های آزمایش‌ها به درستی تعیین شود. در این روش بعد از مشخص شدن پارامترهای مؤثر بر خروجی‌های آزمایش، سطوح آنها با توجه به تجربیات قبلی تعیین می‌شوند. خود خروجی‌های آزمایش‌ها را بررسی کرده و مقدار بهینه پارامترها را تعیین می‌کند. باید توجه داشت که در روش تاگوچی تلاش بر آن است که علاوه بر بهینه‌سازی میانگین خروجی‌ها، استواری آنها را نیز تضمین می‌نماید. جدول ۲ سطوح پیشنهادی برای سه پارامتر جمعیت، احتمال تقاطع و جهش در الگوریتم ژنتیک را نشان می‌دهد.

جدول ۲. سطوح مختلف پارامترها

ردیف	پارامتر	سطح		
		پایین	متوسط	بالا
		۱	۲	۳
۱	Npop	۵۰	۷۵	۱۰۰
۲	PCross	۰/۸۰	۰/۸۵	۰/۹۰
۳	PMutation	۰/۱۰	۰/۱۵	۰/۲۰

با استفاده از روش تاگوچی نه آزمایش برای بهینه‌سازی پارامترهای مدل مشخص شدند. بعد از اجرای آزمایش‌ها در طی زمان‌های برابر، مقادیر پیشنهادی توسط روش تاگوچی برای جمعیت، احتمال تقاطع و جهش به ترتیب ۷۵، ۰/۹ و ۰/۲ به‌دست آمد.

شبیه‌سازی مونت کارلو

با توجه به احتمالی و غیرخطی بودن تابع هدف، وجود متغیرهای صفر و یک، و تعداد نسبتا زیاد متغیرهای تصمیم‌گیری گسسته در مدل توزیع منابع مالی، شبیه‌سازی مونت‌کارلو برای محاسبه تابع برازش و یافتن ترکیب پرداخت بدهی‌ها برای هر جواب استفاده شده است. به عبارت دیگر برای هر جواب در الگوریتم ژنتیک به تعداد n بار تابع برازش محاسبه

می‌شود و میانگین نتایج به‌دست آمده، مقدار تابع برازش در آن جواب در نظر گرفته می‌شود. در ادبیات شبیه‌سازی مونت کارلو تعیین اندازه نمونه از اهمیت بالایی برخوردار است. مقدار کم آن باعث کاسته شدن دقت و مقدار زیاد آن باعث افزایش زمان رسیدن به جواب می‌شود(هدا، رابینسن و داویز، ۲۰۱۰).

برای هر جواب الگوریتم ژنتیک با فرض X به عنوان یک آماره برای برآورد میانگین تابع برازش برای n آزمایش مستقل در یک مدل شبیه‌سازی مونت کارلو، فاصله تقریبی ۱۰۰ (۱- α)٪ به شرح زیر محاسبه می‌شود (لاو و کلتن، ۲۰۰۰):

رابطه ۱۳)
$$\bar{X}_n \pm z_{1-\frac{\alpha}{2}} \frac{S_n}{\sqrt{n}}$$

که در این رابطه $\bar{X}_n$ میانگین نمونه، $z_{1-\frac{\alpha}{2}}$ توزیع z با سطح معناداری $\frac{\alpha}{2}$ و S_n انحراف استاندار نمونه است. در این صورت اندازه تکرار شبیه‌سازی از رابطه زیر به دست می‌آید:

رابطه ۱۴)
$$n = \frac{{Z^2}_{1-\frac{\alpha}{2}} S^2}{d^2}$$

در این رابطه d خطای قابل قبول در برآورد میانگین است. با در نظر گرفتن سطح اطمینان ۹۰٪ $(\alpha = {Z^2}_{1-\frac{\alpha}{2}} =$ 2.69) به طوری‌که مقدار برآورد شده کمتر یا بیشتر از ۱۰۰ ریال $(d = 100)$ تفاوتی نداشته باشد، طبق رابطه (۳) اندازه تکرار شبیه‌سازی برابر ۱۶۰ به‌دست می‌آید.

رابطه ۱۵)
$$n = \frac{(2.69) \times (5.96 \times 10^5)}{10^4} \simeq 160$$

یافته‌های پژوهش

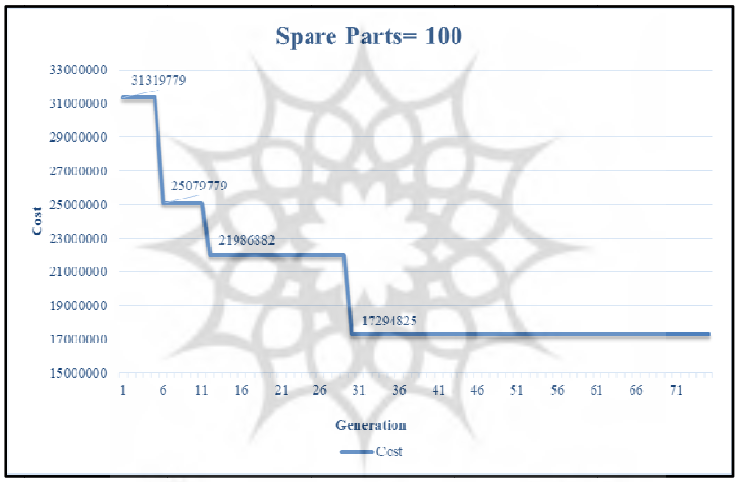
در این بخش مدل بهینه‌سازی–شبیه‌سازی به عنوان مطالعه موردی برای بخشی از بدهی‌های شرکت ایرانخودرو اجرا شده است. به دلیل سطح بالای محرمانگی، دسترسی به جزئیات قطعات و تأمین‌کنندگان این مجموعه امکان‌پذیر نبوده و از داده‌های آزمایشی مورد تأیید مدیران این مجموعه استفاده شده است. جزئیات این داده به شرح زیر می‌باشد: پنج نوع خودرو به تعداد مشخص در خط تولیدهای مجزا در طول شیفت کاری به صورت تابع توزیع یکنواخت تولید می‌شوند. (تولید هر خودرو یک رویداد محسوب می‌شود). هر خودرو دارای دو نوع قطعه است. ۱) قطعاتی که عدم تأمین آنها موجب توقف خط تولید می‌شود و ۲) قطعاتی که عدم تأمین آنها موجب ایجاد خودروی ناقص می‌شود که هزینه توقف‌ها و خودرو ناقص به ازای خودروها متفاوت است. تعداد۵۰ تأمین‌کننده موجود برای ۱۰۰ نوع قطعه نوع ۱ و ۱۰۰ قطعه نوع ۲ در نظر گرفته شده است که دارای سنوات بدهی و میزان بدهی مشخصی هستند. با توجه به ویژگی‌های تأمین‌کننده و داده‌های تاریخی، هر کدام با احتمالی قطعه مدنظر را تأمین نکرده و تولید را با مشکل مواجه می‌نمایند. همچنین اگر زمان بازپرداخت بدهی از تاب‌آوری تأمین‌کننده بگذرد تأمین‌کننده مجبور به تأمین مالی با سود شده که هزینه آن به شرکت منتقل می‌شود. بودجه مشخص شده برای تخصیص میان تأمین‌کنندگان برابر ۲۸,۵۵۰,۰۰۰,۰۰۰ (معادل بیست و هشت میلیارد و پانصد و پنجاه میلیون ریال) در نظر گرفته شده است.

جهت بررسی کارایی الگوریتم، مدل برای سایز متوسط یعنی ۷۵ قطعه و سایز کوچک یعنی۵۰ قطعه از هر کدام از انواع ۱ و ۲ اجرا شد. شکل و شکل همگرایی الگوریتم را برای اندازه های بزرگ و متوسط نمایش می‌دهند. میزان بهبود تابع هدف[1] از رابطه (۱۶) به‌دست می‌آید(گرانجا و همکاران، ۲۰۱۴).

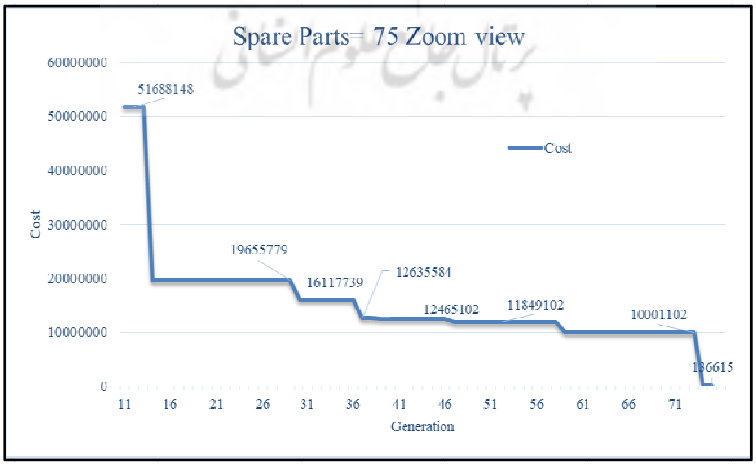
$$OFI = (|Optimal - Normal|/Normal) \times 100$$ رابطه ۱۶)

که در این رابطه Optiml برابر با مقدار بهینه تابع هدف و Normal مقدار تابع هدف در حالت پرداخت تصادفی بدون برنامه (تکرار اول الگوریتم ژنتیک) است. در این صورت با به‌کارگیری الگوریتم برای مسئله با سایز بزرگ (شکل ۷)، مطابق رابطه (۱۷) به میزان ۴۴/۷ درصد بهبود ایجاد شده است.

$$\left(\frac{31319779-17294825}{31319779}\right) \times 100 \simeq 44.7\%$$ رابطه ۱۷)



شکل ۸. هم‌گرایی الگوریتم ژنتیک برای مسئله با سایز بزرگ



شکل ۹. هم‌گرایی الگوریتم ژنتیک برای مسئله با سایز متوسط

1. Objective Function Improvement (OFI)

جزئیات نتایج برای این سایزهای کوچک، متوسط و بزرگ در جدول ۳ مشاهده می‌شود. این نتایج بـا فـرض ثابـت بودن تعداد تأمین‌کننده‌ها و خودروهای تولیدی و در نظر گرفتن تعداد قطعات مورد نیاز متفاوت (کوچک، متوسط، بـزرگ) به‌دست آمده‌اند. برای مسئله با سایز کوچک (۵۰ قطعه نوع یک و ۵۰ قطعه نوع ۲) مدل توانسته است به مجموعه هزینه صفر با عدم پرداخت به موقع تأمین‌کننده‌های ۳۰، ۳۹، ۴۲ و ۴۴ دست یابد. برای بررسی بیشتر جواب باید این مورد را در نظر بگیریم که تأمین‌کننده شماره ۳۰ تنها قطعه شماره ۴۶ نوع اول را تأمین می‌نماید که این قطعه را تأمین‌کننده شماره ۱۴ به مقدار کافی تأمین می‌نماید. در مثال عددی فرض شده است که تأمین‌کننده‌های شماره ۳۹ و ۴۴ هیچ قطعـه‌ای از نوع یک و دو تأمین نمی‌کنند که مدل به درستی عدم ضرورت پرداخت به موقع بدهی آنها را تشخیص داده است. علاوه بر تأیید نتایج توسط خبرگان و مدیران شرکت، در مثال‌های عددی، تشخیص صحیح اولویت پرداخت تأمین‌کنندگان کـه موجب کاهش مجموع هزینه‌ها شده است بیانگر اعتبار مدل است.

جدول ۳. جواب بهینه مدل بهینه‌سازی-شبیه‌سازی برای اندازه‌های مختلف

تعداد تأمین‌کنندگان	تعداد قطعات	مناسب‌ترین تأمین‌کنندگانی که با توجه به محدودیت بودجه بایستی از پرداخت بدهی آنها صرف نظر کرد	مجموع هزینه‌های تحمیل شده به شرکت (مجموع سه تابع هدف)
کوچک	۵۰	۳۰، ۳۹، ۴۲، ۴۴	۰
متوسط	۷۵	۸، ۱۲، ۳۷	۱۳۶۶۱۴
بزرگ	۱۰۰	۱۹، ۴۴، ۴۸	۱۷۲۹۴۸۲۴

در سایز متوسط عدم پرداخت به تأمین‌کنندگان ۸، ۱۲ و۳۷ توسط مدل پیشنهاد شده است. همچنین در مدل بزرگ نیز عدم پرداخت به تأمین‌کنندگان ۱۹، ۴۴ و ۴۸ توسط مدل پیشنهاد شده است. نتایج حاصل از اجرای مدل بهینه‌سـازی شبیه‌سازی و تحلیل حساسیت‌های انجام شده دلالت بر کارایی مدل ارائه شده داشته و کارآمدی آن را تأیید می‌کند.

با توجه به اینکه مدل طبق نیاز و شرایط خاص اقتصـادی ایـران و شـرکت خودروسـازی توسـعه داده شـده اسـت، می‌تواند برای تخصـیص بودجـه بـا عملکـرد مناسـب و تحمیـل کمتـرین هزینـه مـورد اسـتفاده قـرار گیـرد و نیـاز بـه تصمیم‌گیری‌های عملیاتی شرکت را برطرف سازد. بر همین اساس مـدل فـوق عـلاوه بـر کمـک بـه شناسـایی عوامـل تأثیرگذار، پایه‌گذار توسعه مدل‌های جامع‌تری برای شرکت خودروسازی مورد بررسی خواهـد شـد. همچنـین مـدل فـوق می‌تواند به عنوان الگویی برای طراحی و توسعه مدل‌های مشابه برای سایر شرکت‌های تولیدی در نظر گرفته شود.

منابع

اسکندرنژاد، سمیه، برادران حسن‌زاده، رسول، طـاهری، حسـن (۱۳۹۹)، تـأثیر مـدیریت سـرمایه در گـردش بـر قابلیـت سـودآوری شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران در چرخه‌های تجاری مبتنی بر شکاف تولید، *نشریه مدیریت دارایـی و تأمین مالی*، ۲۹(۲)، ۳۱-۴۸.

رضوی، سید مصطفی، کریمی، بهروز، رفیعی راد، داوود (۱۳۹۶). مطالعه مؤلفه‌های تأثیرگذار بر تأمین مالی شـرکت‌هـای کوچـک و متوسط در زنجیره‌های تأمین قطعه‌سازی خودرو. *مدیریت صنعتی*، ۹(۳)، ۴۳۵-۴۵۴.

فلاح لاجیمی، حمیدرضا، جعفری سرونی، زهرا، حسینی دولت آباد، آسانا (۱۴۰۰)، طراحی مدل ریاضی بهینه‌سازی شبکه زنجیره تأمین یکپارچه سطوح استراتژیک و تاکتیکی. *مدیریت صنعتی*، ۱۲(۴)، ۵۴۵-۵۷۷.

محمدی، امیرسالار، عالم تبریز، اکبر، پیشوایی، میرسامان (۱۳۹۷)، طراحی شبکه زنجیره تأمین سبز حلقه بسته همراه با تصمیم‌های مالی در شرایط عدم قطعیت. *مدیریت صنعتی*، ۱۰(۱)، ۶۱-۸۴.

همایون فر، مهدی، باقرسلیمی، سعید، نهاوندی، بیژن، ایزدی شیجانی، کاوه (۱۳۹۸)، شبیه‌سازی مبتنی بر عامل شبکه تأمین شرکت ملی پخش فراورده‌های نفتی در قالب سیستم انطباقی پیچیده به‌منظور دستیابی به سطح موجودی بهینه. *مدیریت صنعتی*، ۱۰(۴)، ۶۰۷-۶۳۰.

References

Babich, V., & Kouvelis, P. (2018). Introduction to the special issue on research at the interface of finance, operations, and risk management (iFORM): Recent contributions and future directions. *Special Issue on Interface of Finance, Operations, and Risk Management*, 20(1), 1-18.

Blackhurst, J., Dunn, K. S., & Craighead, C. W. (2011). An empirically derived framework of global supply resiliency. *Journal of business logistics*, 32, 374-391.

Chakuu, S., Masi, D., & Godsell, J. (2019). Exploring the relationship between mechanisms, actors and instruments in supply chain finance: A systematic literature review. *International Journal of Production Economics*, 216, 35-53.

Chakuu, S., Masi, D., & Godsell, J. (2020). Towards a framework on the factors conditioning the role of logistics service providers in the provision of inventory financing. *International Journal of Operations & Production Management*, 40(7/8), 1225-1241. https://doi.org/10.1108/IJOPM-06-2019-0502

Chen, X., & Wang, A. (2012). Trade credit contract with limited liability in the supply chain with budget constraints. *Annals of Operations Research*, 196(1), 153-165.

Dada, M., & Hu, Q. (2008). Financing newsvendor inventory. Operations Research Letters, 36, 569-573.

Devalkar, S. K., & Krishnan, H. (2019). The impact of working capital financing costs on the efficiency of trade credit. *Production and Operations Management*, 28(4), 878-889.

El Miloudi, F., Tchernev, N., & Riane, F. (2016). Scheduling payments optimization to drive working capital performance within a supply chain. *In 6th International Conference on Information Systems, Logistics and Supply Chain ILS Conference.*

Emtehani, F., Nahavandi, N., & Rafiei, F. M. (2021). A joint inventory–finance model for coordinating a capital-constrained supply chain with financing limitations. *Financial Innovation*, 7, 1-39.

Fallah Lajimi, H., Jafari Soruni, Z., Hoseini Dolatabad, A. (2020). Designing a Mathematical Optimizing Model of the Integrated Supply Chain Network at Strategic and Tactical Levels. *Industrial Management Journal*, 12(4), 545-577. (*in Persian*)

Farris, M. T., & Hutchison, P. D. (2003). Measuring cash-to-cash performance. The *International Journal of Logistics Management*, 14(283-92.

Fathollah, M., & Najafi, M. (2017). Development of Financial Supply Chain Management and Supply Chain Finance Model. *Journal of Industrial Engineering Research in Production Systems*, 4, 257-269.

Granja, C., Almada-Lobo, B., Janela, F., Seabra, J., & Mendes, A. (2014). An optimization based on simulation approach to the patient admission scheduling problem using a linear programing algorithm. *Journal of Biomedical Informatics*, 52, 427-437.

Guillen, G., Badell, M., & Puigjaner, L. (2007). A holistic framework for short-term supply chain management integrating production and corporate financial planning. *International Journal of Production Economics*, 106, 288-306.

Gupta, S. K., Kunnathur, A. S., & Dandapani, K. (1987). Optimal repayment policies for multiple loans. *Omega*, 15, 323-330.

Gupta, S., & Dutta, K. (2011). Modeling of financial supply chain. *European journal of operational research*, 211, 47-56.

Hausman, W. H. (2005). *Financial flows & supply chain efficiency*. Visa Commerical Solutions.

Hoad, K., Robinson, S., & Davies, R. (2010). Automated selection of the number of replications for a discrete-event simulation. *Journal of the Operational Research Society*, 61, 1632-1644.

Homayounfar, M., Baghersalimi, S., Nahavandi, B., Izadi Sheyjani, K. (2018). Agent-based simulation of national oil products distribution company's supply network in the framework of a complex adaptive system in order to achieve an optimal inventory level. Industrial Management Journal, 10(4), 607-630. (in Persian).

Iskandarnejad, S., Hassanzadeh Baradaran, R., & Taheri, H. (2020). The impact of working capital management on Listed companies profitability in business cycles based on the output gap. *Asset Management and Financing*, 8, 31-48. (*in Persian*)

Jaber, M. Y., & Osman, I. H. (2006). Coordinating a two-level supply chain with delay in payments and profit sharing. *Computers & Industrial Engineering*, 50, 385-400.

Jahangiri, M. H., & Cecelja, F. (2014). Modelling financial flow of the supply chain. *In 2014 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management* (pp. 1071-1075): IEEE.

Johari, M., Hosseini-Motlagh, S. M., Nematollahi, M., Goh, M., & Ignatius, J. (2018). Bi-level credit period coordination for periodic review inventory system with price-credit dependent demand under time value of money. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 114, 270-291.

Kouvelis, P., Chambers, C., & Wang, H. (2006). Supply chain management research and production and operations management: Review, trends, and opportunities. *Production and Operations Management*, 15, 449-469.

Krommyda, I.-P., Skouri, K., & Lagodimos, A. (2019). A unified EOQ model with financial constraints and market tolerance. *Applied Mathematical Modelling*, 65, 89-105.

Law, A. M., Kelton, W. D., & Kelton, W. D. (2000). *Simulation modeling and analysis* (Vol. 3): McGraw-Hill New York.

Lee, C. H., & Rhee, B.-D. (2011). Trade credit for supply chain coordination. *European journal of operational research*, 214, 136-146.

Lee, H.-H., Zhou, J., & Wang, J. (2018). Trade credit financing under competition and its impact on firm performance in supply chains. *Manufacturing & Service Operations Management*, 20, 36-52.

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.

Luo, W., & Shang, K. (2015). Joint inventory and cash management for multidivisional supply chains. *Operations Research*, 63, 1098-1116.

Mashud, A. H. M., Uddin, M. S., & Sana, S. S. (2019). A two-level trade-credit approach to an integrated price-sensitive inventory model with shortages. *International Journal of Applied and Computational Mathematics*, 5, 1-28.

Mohammadi, A. S., Alem Tabriz, A., Pishvaee, M. S. (2018). Designing green closed-loop supply chain network with financial decisions under uncertainty. Industrial Management Journal, 10(1), 61-84. (*in Persian*)

Moussawi-Haidar, L., & Jaber, M. Y. (2013). A joint model for cash and inventory management for a retailer under delay in payments. *Computers & Industrial Engineering*, 66, 758-767.

Moussawi-Haidar, L., Dbouk, W., Jaber, M. Y., & Osman, I. H. (2014). Coordinating a three-level supply chain with delay in payments and a discounted interest rate. *Computers & Industrial Engineering*, 69, 29-42.

Presutti, W .D., & Mawhinney, J. R. (2007). The supply chain-finance link. *Supply Chain Management Review*, 11(6), 32-38.

Rad, R. S., & Nahavandi, N. (2018). A novel multi-objective optimization model for integrated problem of green closed loop supply chain network design and quantity discount. *Journal of cleaner production*, 196, 1549-1565.

Razavi, S., Karimi, B., Rafeierad, D.(2017). Studying the Factors Affecting the Financing of Small and Medium Enterprises in Automotive Parts Supply Chains. Industrial Management Journal, 9(3), 435-454. (*in Persian*)

Sadeghi Rad, R., Nahavandi, N., Husseinzadeh Kashan, A., & Zegordi, S. (2018). An integrated closed-loop supply chain configuration model and supplier selection based on offered discount policies. *International Journal of Engineering*, 31, 440-449.

Sadigh, A. N., Fallah, H., & Nahavandi, N. (2013). A multi-objective supply chain model integrated with location of distribution centers and supplier selection decisions. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 69, 225-235.

Taleizadeh, A. A., Lashgari, M., Akram, R., & Heydari, J. (2016). Imperfect economic production quantity model with upstream trade credit periods linked to raw material order

quantity and downstream trade credit periods. *Applied Mathematical Modelling*, 40, 8777-8793.

Vintilă, G., & Nenu, E. A. (2016). Liquidity and profitability analysis on the Romanian listed companies. *Journal of Eastern Europe research in business & economics*, 2016, 1-8.

Xiao, S., Sethi, S. P., Liu, M., & Ma, S. (2017). Coordinating contracts for a financially constrained supply chain. *Omega*, 72, 71-86.

Xu, X., & Birge ,J. R. (2006). Equity valuation, production, and financial planning: A stochastic programming approach. *Naval Research Logistics (NRL)*, 53, 641-655.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی