



Sharif University of Technology

<https://sjie.journals.sharif.edu/>



Research Article

Investigating Big Data Investment in a Three-Level Green Supply Chain: A Game Theoretic Approach

Zahra Esmaeeli ¹, Naser Mollaverdi ¹ and Soroush Safarzadeh*²

¹ Department of Industrial and Systems Engineering, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran

² Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering Science, Quchan University of Technology, Quchan, Iran

* corresponding author: (s.safarzadeh@qiet.ac.ir)

Article Info

Article history:

Received:20 January 2024

Revised:8 June 2024

Accepted:24 June 2024

Keywords:

Metallic yield damper,
hysteresis behavior,
hourglass pin,
experimental study,
nonlinear behavior.

Abstract

In recent decades, the rapid and remarkable advancements in technology have sparked significant interest in the potential of big data and the extraction of valuable insights and information from it. This has led to a surge in the utilization of big data analytics across various industries, including supply chain management. In this paper, our focus is on evaluating the dynamics of a three-level supply chain, which encompasses a retailer, manufacturer, and supplier, within different power structures. Notably, the members of this supply chain have made substantial investments in big data analytics and are reaping the benefits of these investments accordingly.

In our quest to gain a deeper understanding of the feasibility conditions and factors that impact big data investment within different power structures, we have meticulously examined the problem model in two distinct cases: one with big data investment and another without it. Our findings reveal that the direct impact of investment efficiency and cost improvement coefficient plays a significant role in determining the feasible limits of big data investment for all members of the supply chain. Furthermore, our research demonstrates that big data investment has a positive and far-reaching effect on the equilibrium profit of members. This leads to an increase in the equilibrium price of products, as well as an enhancement in the equilibrium level of green innovation and product quality across all power structures.

Funding

This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Conflicts of interest

The authors declare that they have no known competing financial interests or personal relationships that could have appeared to influence the work reported in this paper.

Authors contribution statement

Zahra Esmaeeli: Conceptualization, Methodology, Software, Data curation, Writing - original draft, Visualization, Investigation.

Naser Mollaverdi: Supervision, Validation, Project administration.

Soroush Safarzadeh: Conceptualization, Methodology, Validation, Writing - review & editing.

To Cite this article:

Esmaeeli, Z., Mollaverdi, N. and Safarzadeh, S. 2025. Investigating big data investment in a three-level green supply chain: a game theoretic approach, Sharif Industrial Engineering and Management Journal, 41(1), 39-56.

[https://doi.org/ 10.24200/sj.2024.63579.2380](https://doi.org/10.24200/sj.2024.63579.2380)



بررسی سرمایه‌گذاری کلان‌داده در یک زنجیره تأمین سبز سه‌سطحی: رویکرد نظریه بازی

زهرا اسماعیلی^۱، ناصر ملاوردی^۱ و سروش صفرزاده^{۲*}

^۱ دانشکده مهندسی صنایع و سیستم‌ها، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران.

^۲ گروه مهندسی صنایع، دانشکده علوم فنی، دانشگاه صنعتی قوچان، قوچان، ایران.

*نویسنده مسئول (s.safarzadeh@qiet.ac.ir)

چکیده

پیشرفت‌های شگرف تکنولوژی در دهه‌های اخیر توجه بسیاری را به سمت کلان‌داده‌ها و استخراج دانش و اطلاعات مفید از آن‌ها جلب کرده است. در پژوهش حاضر، یک زنجیره تأمین سه‌سطحی، شامل: خرده‌فروش، تولیدکننده، و تأمین‌کننده در ساختارهای مختلف قدرت ارزیابی شده است. اعضاء زنجیره تأمین سه‌سطحی در تجزیه و تحلیل کلان‌داده سرمایه‌گذاری می‌کنند و متناسب با آن از مزایای آن بهره می‌برند. به‌منظور بررسی شرایط شدنی و عوامل تأثیرگذار در سرمایه‌گذاری کلان‌داده در ساختارهای مختلف قدرت، مدل مسئله در دو حالت سرمایه‌گذاری کلان‌داده و بدون آن بررسی شده است. نتایج حاکی از تأثیر مستقیم میزان کارایی سرمایه‌گذاری و ضریب بهبود هزینه در حدود شدنی سرمایه‌گذاری کلان‌داده برای کل اعضاء زنجیره است. همچنین یافته‌ها نشان می‌دهند که سرمایه‌گذاری کلان‌داده موجب بهبود سود تعادلی اعضاء، افزایش قیمت تعادلی محصولات، افزایش سطح تعادلی نوآوری سبز و کیفیت محصولات در همه‌ی ساختارهای قدرت شده است.

اطلاعات مقاله

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۰/۳۰

تاریخ اصلاحیه: ۱۴۰۳/۰۳/۱۹

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۴/۰۴

واژگان کلیدی:

سرمایه‌گذاری کلان‌داده،

زنجیره تأمین سبز،

کیفیت محصول،

نوآوری سبز،

نظریه بازی.

۱. مقدمه

تأثیر مالی تصمیم‌های قبل از اجرا، مدیریت موجودی، توزیع و تدارک‌های بهتر، ایجاد پروفایل‌های جامع از تأمین‌کنندگان و فراهم‌ساختن فضای مذاکره‌های کارآمدتر با آنان و تسریع و تسهیل فرآیندهای مدیریت زنجیره تأمین سبز از جمله مواردی هستند که از طریق تجزیه و تحلیل داده‌های مرتبط با آن، فرصت‌هایی را برای مدیریت زنجیره تأمین فراهم کرده است.^[۱] در دنیای واقعی نیز شرکت‌های بسیاری از مزایای تجزیه و تحلیل کلان‌داده برای کسب و کار و زنجیره تأمین خود بهره گرفته‌اند؛ که از جمله آن‌ها می‌توان به: آمازون، نتفلیکس و گوگل اشاره کرد.^[۲، ۳] به‌عنوان مثال، آمازون از داده‌های مشتریان، سفارش‌ها، رفتار مشتریان، و سایر فعالیت‌های آنلاین برای بهبود تجربه خرید مشتریان استفاده می‌کند. این شرکت از الگوریتم‌های پیشرفته برای پیشنهاد محصولات، بهینه‌سازی موجودی، و بهبود فرآیندهای خود استفاده می‌کند. شرکت‌های پیشرو لجستیک مانند شرکت پست ایالات متحده آمریکا (UPS)^۱ نیز گام‌هایی در زمینه کلان‌داده برداشته‌اند، تا رقابت خود را در مدیریت زنجیره تأمین و لجستیک جهانی افزایش دهند. بدین منظور گزارش شده است که شرکت UPS، سالانه ۱ میلیارد دلار برای تجزیه و تحلیل کلان‌داده هزینه می‌کند تا تجارت حمل‌ونقل را تغییر دهد و هزینه‌های سوخت

امروزه شرکت‌ها به لطف تحولات فناوری‌های دیجیتال، تقریباً با حجم عظیمی از داده‌ها در مورد مشتریان، تأمین‌کنندگان، بازارهای بالقوه و عملیات خود مواجه هستند و میلیون‌ها حسگر شبکه‌ای در دنیای فیزیکی در دستگاه‌هایی مانند: تلفن‌های همراه و خودروها و ... تعبیه شده‌اند، که می‌توان از داده‌های تولیدی آن‌ها استفاده کرد. استفاده از همه‌ی داده‌های مذکور ضروری است و می‌تواند مزیت رقابتی برای شرکت به ارمغان آورد. اکنون بخشی از هر سازمان و عملکرد اقتصاد جهانی را کلان‌داده‌هایی تشکیل می‌دهند که قابلیت جمع‌آوری، ذخیره، و تحلیل دارند. امکانات استفاده از کلان‌داده به سرعت در حال تکامل هستند؛ این پیشرفت‌ها ناشی از نوآوری در فناوری‌های اساسی، پلتفرم‌ها، قابلیت‌های تحلیلی برای مدیریت داده‌ها و تکامل رفتار در میان کاربرانی است که روز به روز بیشتر درگیر زندگی دیجیتالی می‌شوند. امروزه تجزیه و تحلیل کلان‌داده به یک عامل مهم برای عملیات زنجیره تأمین تبدیل شده است. درک بهتر اولویت‌های مصرف‌کننده، پیش‌بینی دقیق نیازهای مشتریان، بهره‌وری و ارزیابی ریسک زنجیره تأمین، قابلیت ردیابی زنجیره تأمین، بهبود زمان واکنش و تحویل سفارش به چرخه، اندازه‌گیری و ارزیابی

¹ United Parcel Service

و شرکت را کاهش دهد.^[۴] شرکت والمارت نیز به‌عنوان یکی از شرکت‌های بزرگ دنیا، از طریق تجزیه‌وتحلیل کلان‌داده به موفقیت چشمگیری در زنجیره تأمین دست یافته است؛ و از داده‌های فروش، موجودی، تقاضا، و عملکرد تأمین‌کنندگان برای بهینه‌سازی موجودی، پیش‌بینی تقاضا، و بهبود عملکرد زنجیره‌ی تأمین خود استفاده می‌کند.^[۵]

در سال‌های اخیر، تشدید مشکلات زیست‌محیطی در سراسر جهان، توجه بیش از پیش سیاست‌گذاران و مردم را به مسائل زیست‌محیطی جلب کرده است. در این راستا، به فعالیت‌هایی که منجر به سبزی‌سازی و پایداری عملیات زنجیره‌ی تأمین می‌شوند، بسیار توجه شده است؛ تا جایی که در بسیاری از کشورها، ایجاد و اجرای مدیریت زنجیره‌ی تأمین سبز، یکی از وظایف راهبردی توسعه‌ی شرکت‌هاست.^[۶] در این بین، مطابق پژوهش‌های اخیر، کلان‌داده‌ها و تجزیه‌وتحلیل آن‌ها به‌عنوان یکی از ابزارهای صنعت نسل چهار می‌تواند در مدیریت زنجیره‌ی تأمین سبز مؤثر واقع شود. بنابراین، استفاده از تجزیه‌وتحلیل کلان‌داده در موفقیت برنامه‌ریزی راهبردی سازمان به‌منظور دستیابی به اهداف سبز و پایدار شرکت‌ها کمک‌کننده است. این مسئله در راستای اهداف توسعه‌ی پایدار سازمان ملل است، که خواستار جمع‌آوری، پردازش، و توزیع انواع داده‌ها برای سیاست‌گذاری، نظارت، و ارزیابی پیشرفت مؤثر است.^[۷] به‌منظور تسهیل فرآیندهای زنجیره‌ی تأمین سبز به ویژه در اقتصادهای نوظهور مانند هند و چین، شرکت‌ها برای مدیریت مسائل محیطی درون و بین شرکتی به‌طور گسترده‌ای از فناوری‌های دیجیتال مانند حسگرها و دستگاه‌های تشخیص هوشمند استفاده می‌کنند. همچنین تجزیه‌وتحلیل لحظه‌ای داده‌های مصرف انرژی و داده‌های انتشار کربن در محیط کلان‌داده به‌صورت پویا امکان‌پذیر است، که این موضوع بهینه‌سازی فرآیندهای تولید با هدف صرفه‌جویی در مصرف انرژی و کاهش انتشار را پشتیبانی می‌کند.^[۸] کلان‌داده‌ها می‌توانند به ایجاد بینش‌های جدیدی در زمینه‌ی مسائل زیست‌محیطی کمک کنند. به این صورت که با کمک تجزیه‌وتحلیل کلان‌داده می‌توان بخش‌ها و اعضای یک زنجیره‌ی تأمین را، که فعالیت‌های آن‌ها ناپایدار است، شناسایی کرد و اقدامات اصلاحی انجام داد. همچنین به‌طور کلی نتایج نشان می‌دهند که تجزیه‌وتحلیل کلان‌داده، پایداری زنجیره‌ی تأمین تولید را افزایش می‌دهد.^[۹]

با توجه به آنچه تاکنون درباره‌ی آن بحث شده است؛ استفاده از تجزیه‌وتحلیل کلان‌داده در بازار رقابتی امروز بسیار مهم است و می‌تواند نقش اساسی در بهینه‌سازی فرایندهای زنجیره و کاهش آثار زیست‌محیطی آن داشته باشد. با این حال، شرکت‌های بسیاری در برنامه‌ریزی برای پیاده‌سازی آن با مشکل مواجه هستند. بنابراین هدف پژوهش حاضر، ارائه‌ی بینش‌های مدیریتی در زمینه‌ی سرمایه‌گذاری کلان‌داده و شرایط بهینه و شدنی سرمایه‌گذاری در ساختارهای مختلف قدرت زنجیره‌ی تأمین است.

تا جایی که بررسی‌ها نشان می‌دهند، مدل‌های ریاضی در نظر گرفته‌شده در پژوهش‌های پیشین کاملاً به ارزش افزوده‌ای که سرمایه‌گذاری کلان‌داده می‌تواند برای مشتریان و سازمان داشته باشد، نپرداخته‌اند. همچنین بیشتر مطالعات به بررسی زنجیره‌ی تأمین در دو سطح تولیدکننده و خرده‌فروش محدود شده‌اند. در حالی که افراد بیشتری در یک زنجیره‌ی تأمین کالا و خدمات دخیل هستند و این شرایط می‌تواند در سود اعضا و متغیرهای تصمیم

آن‌ها تأثیرگذار باشد. لذا، پژوهش حاضر، یک زنجیره‌ی تأمین سه‌سطحی، شامل یک خرده‌فروش، یک تولیدکننده، و یک تأمین‌کننده‌ی سبز در محیط کلان‌داده را در نظر گرفته است. پژوهش حاضر به این سؤال‌ها پاسخ داده است:

- چگونه ساختارهای مختلف قدرت زنجیره‌ی تأمین در محیط کلان‌داده در متغیرهای تعادلی تصمیم و سود تعادلی اعضا تأثیر می‌گذارند؟

- شرایط شدنی سرمایه‌گذاری کلان‌داده در ساختارهای مختلف قدرت به چه صورت است؟

- چه عواملی سبب افزایش سرمایه‌گذاری کلان‌داده در زنجیره‌ی تأمین و چه عواملی تأثیر منفی در سرمایه‌گذاری کلان‌داده دارند؟

برای پاسخ‌گویی به سؤال‌های پژوهش، یک مسئله‌ی نظریه‌ی بازی در سه سطح خرده‌فروش، تولیدکننده، و تأمین‌کننده در شرایط سرمایه‌گذاری کلان‌داده در نظر گرفته شده است. علاوه بر این، به‌منظور بررسی شرایط شدنی سرمایه‌گذاری در ساختارهای مختلف قدرت، دو حالت سرمایه‌گذاری کلان‌داده و بدون سرمایه‌گذاری ارزیابی شده است. سپس، راه‌حل‌های بهینه با استفاده از تحلیل پارامتری و عددی به تفصیل تحلیل و پیشنهادهای مدیریتی متناسب با آن ارائه شده است. مطالعه‌ی حاضر به این شرح سازماندهی شده است:

در بخش دوم، آثار علمی و مشارکت‌های نوشتار حاضر و در بخش سوم، فرمول مسئله و سناریوها ارائه شده‌اند. در بخش چهارم، نتایج به‌دست‌آمده و تحلیل حساسیت یک مثال عددی با جزئیات توضیح داده شده است. نهایتاً، نتیجه‌گیری، بینش‌ها و پیشنهادهای مدیریتی در بخش پنجم جمع‌بندی شده‌اند.

۲. مرور ادبیات موضوع

استفاده‌ی نادرست و بی‌رویه از منابع طبیعی و ایجاد آلاینده‌ها و مواد شیمیایی خطرناک و در پی آن گرم‌تر شدن کره‌ی زمین، محیط‌زیست و آینده‌ی زندگی انسان و کره‌ی زمین را به شدت در معرض خطر قرار داده است. با افزایش آگاهی‌های زیست‌محیطی، بسیاری از مردم و سیاست‌گذاران در مورد مسئله‌ی اخیر نگران‌اند و قوانین و سیاست‌هایی نیز در این خصوص به‌وجود آمده است. توجه و سرمایه‌گذاری در نوآوری سبز نیز یکی از راه‌هایی است که علاوه بر اینکه عواقب زیست‌محیطی تولیدهای شرکت‌ها را به میزان کمینه می‌رساند، به واسطه‌ی نوآوری‌های صورت‌گرفته در فرآیندها و محصولات می‌تواند مشتریان بیشتری را جذب کند و رضایت هر چه بیشتر آن‌ها را در پی داشته باشد. در همین راستا، لی^۱ و همکاران (۲۰۲۰)، با به‌کارگیری اصول چانه‌زنی بازی‌نش و تجزیه‌وتحلیل مدل بازی تکاملی، مکانیسم‌های شکل‌گیری و اجرای همکاری برای ایجاد نوآوری را بین سازنده و تأمین‌کننده بررسی کرده‌اند.^[۱۰] ما^۲ و همکاران (۲۰۱۹)، نیز به بررسی اولویت‌های شرکت‌ها برای نوآوری سبز طی یک بازی سه نفره در زنجیره تأمین پرداخته‌اند. سناریوی بازی به این صورت بوده است که در آن دولت یارانه‌هایی به ازاء قیمت، نوآوری، یا هر دو به تولیدکننده و خرده‌فروش ارائه کرده و سپس همکاری تولیدکننده و خرده‌فروش با استفاده از قراردادهای تقسیم درآمد و تقسیم هزینه ارزیابی شده است.^[۱۱] در این بین، تأمین‌کنندگان نیز به‌عنوان یکی از اعضای کلیدی زنجیره‌ی تأمین می‌توانند نقش مؤثری در اجرای پروژه‌های سبزی‌سازی ایفا کنند. تعداد نمونه‌های زیادی وجود دارد که نشان می‌دهد شرکت‌هایی که عموماً خود در فعالیت‌های

مطالعات بسیاری به حوزه‌ی مذکور روی آورده‌اند. ژانگ و همکاران، تحولات جاری کلان داده‌ها برای مدیریت زنجیره تأمین را در سراسر جهان از جمله آمریکای شمالی، اروپا و منطقه آسیا و اقیانوسیه مورد تجزیه و تحلیل قرار داده‌اند و چالش‌ها، فرصت‌ها و چشم‌انداز زنجیره تأمین در محیط کلان داده بررسی کرده‌اند.^[۴] همچنین چارچوبی برای نحوه‌ی استفاده از کلان داده‌ها برای هدایت زنجیره‌ی تأمین ارائه شده است.^[۲۶] لیو^۸ (۲۰۱۹)، قوانین قیمت‌گذاری و هماهنگی در یک زنجیره‌ی تأمین کم‌کربن را با در نظر گرفتن ورودی‌های کلان داده و تبلیغات هدفمند بحث و بررسی کرده است.^[۲۷] راهبردهای قیمت‌گذاری در یک زنجیره‌ی تأمین دوسطحی با در نظر گرفتن ورودی‌های درجه‌ی سبز محصول و تبلیغات هدفمند در عصر کلان داده نیز توسط لیو و همکارش (۲۰۱۷) ارزیابی شده است.^[۲۸] همچنین لیو (۲۰۲۱)، قوانین قیمت‌گذاری در زنجیره‌ی تأمین سبز با ورودی‌های کلان داده و سرمایه‌گذاری پژوهش و توسعه‌ی درجه‌ی سبز محصولات را بررسی و مدل اشتراک هزینه را نیز به منظور کاهش هزینه‌های سرمایه‌گذاری کلان داده و پژوهش و توسعه، تجزیه و تحلیل کرده است.^[۶] چن^۹ (۲۰۲۱)، تجزیه و تحلیل راهبرد سفرشی‌سازی برای عملیات تجارت الکترونیک را براساس کلان داده‌ها بررسی کرده و به منظور بهبود کارایی سفرشی‌سازی و کاهش هزینه‌ی سفرشی‌سازی در محیط کلان داده، قرارداد اشتراک هزینه، مکانیسم قیمت‌گذاری، مدل هتلینگ، و ابزارهای نظریه‌ی بازی و روش‌های پژوهش را برای تجارت الکترونیک به کار برده است.^[۲۹] سانگ^{۱۰} و همکاران (۲۰۲۲)، با توسعه‌ی مدل‌های نظریه‌ی بازی، تأثیر سرمایه‌گذاری اعضاء زنجیره‌ی تأمین در خدمات کلان داده را در سود اعضا بررسی کرده و ساختار پژوهش ایشان، زنجیره‌ی تأمین دو کاناله‌ی متشکل از یک تولیدکننده و یک خرده‌فروش بوده است. ایشان، سرمایه‌گذاری خدمات کلان داده‌ی هر کدام از اعضا را بر یک کانال یا هر دو کانال ارزیابی و نتایج حاصل بر سود اعضا را تحلیل کرده و پیشنهادهای مدیریتی و روشننگری‌هایی ارائه داده‌اند.^[۳۰] لیو و همکاران (۲۰۲۲)، در پژوهش دیگری قوانین قیمت‌گذاری در زنجیره‌ی تأمین سبز دو کاناله‌ی رقابتی را با ورودی‌های کلان داده و سرمایه‌گذاری پژوهش و توسعه، بررسی و تابع تقاضای بازار متناسب با دو کانال سنتی و آنلاین و وفاداری مشتریان به هر کانال را به روزرسانی کرده‌اند.^[۳۱] همچنین، لیو و همکارانش (۲۰۲۰)، تصمیم سرمایه‌گذاری و هماهنگی زنجیره‌ی تأمین سبز کشاورزی را با در نظر گرفتن خدمات اطلاعاتی مبتنی بر بلاک چین و کلان داده و با استفاده از روش نظریه‌ی بازی بررسی و در این خصوص، قرارداد تقسیم هزینه و درآمد را برای هماهنگ کردن زنجیره‌ی تأمین ارزیابی کرده‌اند.^[۳۲] هیو^{۱۱} و همکاران (۲۰۲۲)، نیز با استفاده از نظریه‌ی بازی به بررسی تصمیم‌گیری‌ها و مسائل هماهنگی یک زنجیره‌ی تأمین سبز پرداخته‌اند، که در آن خرده‌فروش آنلاین، تبلیغات هدفمند کلان داده‌ها را انجام می‌دهد. ایشان یک مدل متمرکز و دو مدل بازی استکلبرگ به رهبری خرده‌فروشی آنلاین و تولیدکننده را بررسی و دو قرارداد قیمت عمده‌فروشی صفر و قیمت عمده‌فروشی حریصانه جهت ایجاد هماهنگی در زنجیره را ارزیابی کرده‌اند.^[۳۳] در نهایت، خلاصه‌ای از ادبیات موضوع در جدول ۱ ارائه شده است.

زیست‌محیطی فعال هستند، تأمین‌کنندگان خود را از نظر ابتکارهای پایدار ارزیابی می‌کنند.^[۱۲] و سیورینگ و مولر^۳ (۲۰۰۸)، نیز آموزش کارکنان خریدار و تأمین‌کنندگان را به عنوان یک عامل حمایت‌کننده برای مدیریت زنجیره‌ی تأمین پایدار ارائه داده و مدیریت تأمین‌کننده را به عنوان راهی برای مدیریت ریسک‌های پایداری و عملکرد شناسایی کرده‌اند.^[۱۴]

از سوی دیگر، مطابق برخی مطالعات پیشین، کلان داده‌ها و تجزیه و تحلیل آن به عنوان یکی از ابزارهای صنعت نسل چهارم می‌تواند در مدیریت زنجیره‌ی تأمین سبز مؤثر واقع شود. نيسار^۴ و همکاران (۲۰۲۲)، با دیدگاه کلان داده به بررسی عملکرد مدیریت زنجیره‌ی تأمین پایدار در دوران پس از کووید ۱۹ در اقتصادهای در حال ظهور پرداخته و دریافته‌اند که قابلیت‌های تجزیه و تحلیل کلان داده‌ها به طور قابل توجهی به مدیریت ریسک زنجیره‌ی تأمین و توسعه‌ی محصول سبز نوآورانه کمک می‌کند؛ و در نهایت، نوآوری و عملکرد یادگیری را افزایش می‌دهد.^[۱۵] الخطیب^۵ (۲۰۲۲) نیز با استفاده از روش معادلات ساختاری و تحلیل ۴۲۰ داده از بخش تولید مواد غذایی و نوشیدنی در اردن و تجزیه و تحلیل داده‌های آن، از یک رابطه‌ی مثبت بین قابلیت‌های تجزیه و تحلیل کلان داده‌ها و عملکرد زنجیره تأمین سبز و همچنین اثر واسطه‌ای نوآوری سبز پشتیبانی کرده است.^[۱۶] در راستای تأیید نقش تجزیه و تحلیل کلان داده در زنجیره‌ی تأمین سبز، بگ^۶ و همکاران (۲۰۲۰) نیز در مطالعه‌ای به ارزیابی نقش قابلیت تجزیه و تحلیل کلان داده به عنوان یک رویکرد تعالی عملیاتی در بهبود عملکرد زنجیره‌ی تأمین پایدار پرداخته و با استفاده از پاسخ‌های ۵۲۰ مدیر معدن در آفریقای جنوبی و مدل‌سازی معادله‌های ساختاری نشان داده‌اند که قابلیت‌های مدیریت تجزیه و تحلیل کلان داده‌ها، تأثیر قوی و قابل توجهی در توسعه‌ی محصول سبز نوآورانه و نتایج زنجیره‌ی تأمین پایدار دارند.^[۱۷]

وجود رقابت شدید در کسب و کارهای امروزی سبب شده است تا شرکت‌ها از هر فرصتی برای به دست آوردن مزیت رقابتی نسبت رقبا استفاده کنند. کیفیت محصول و تجربه‌ی مشتری از عوامل مهمی هستند که می‌توانند معادله‌های رقابتی بازار را تغییر دهند و بی‌توجهی به آن‌ها می‌تواند شرکت را از چرخه‌ی رقابت حذف کند. لذا، نوشتارهای متعددی به مسئله‌ی کیفیت محصولات از جمله کیفیت درک شده،^[۱۸] و عوامل تأثیرگذار در کیفیت محصول،^[۱۹] پرداخته‌اند. مطلق و همکاران (۲۰۱۹)، نیز در پژوهشی با رویکرد نظریه‌ی بازی، تصمیم‌های قیمت‌گذاری و بهبود کیفیت در زنجیره‌ی تلفن همراه را بررسی کرده‌اند.^[۲۰] همچنین، شعله^۷ و همکاران (۲۰۱۹)، با در نظر گرفتن سطوح قیمت و کیفیت به عنوان متغیرهای تصمیم‌گیری در یک زنجیره‌ی تأمین سه طبقه متشکل از: یک تأمین‌کننده، یک تولیدکننده، و یک خرده‌فروش، مسئله‌ی تبلیغات مشارکتی عمودی را بررسی کرده‌اند.^[۲۱]

سرمایه‌گذاری در تجزیه و تحلیل کلان داده نیز در بهبود تجربه‌ی مشتری،^[۲۲] و کنترل و پیش‌بینی نقص‌های کیفی محصولات و در نتیجه ارتقاء کیفیت محصولات،^[۲۳] می‌توانند مؤثر واقع شوند. در همین راستا، پژوهش‌هایی از تجزیه و تحلیل کلان داده برای مدیریت تجربه‌ی مشتری استفاده کرده‌اند.^[۲۴] در دهه‌های اخیر و با افزایش اهمیت کلان داده‌ها در زنجیره‌ی تأمین،

8 Liu

9 Chen

10 Song

11 Hu

3 Seuring & Müller

4 Nisar

5 Al- Khatib

6 Bag

7 Sholeh

جدول ۱. جمع‌بندی ادبیات موضوع پژوهش حاضر.

Different power structures	Game Theory	Supply chain members			Customer experience	Product quality	Green innovation	Big data investment	Year	Paper
Supplier	retailer	Manufacturer								
	✓		✓	✓				✓	2019	P. Liu
		✓		✓				✓	2021	S. Chen
							✓	✓	2022	Al-Khatib
	✓		✓	✓		✓			2019	Hosseini-Motlagh, et al
			✓	✓			✓	✓	2022	Nisar, et al
	✓		✓	✓				✓	2022	P. Liu & Zhang
			✓	✓				✓	2020	P. Liu, et al
✓	✓		✓	✓				✓	2022	Hu, et al
	✓		✓	✓				✓	2022	Song, et al
	✓	✓		✓			✓		2020	Li, et al
							✓	✓	2020	Bag, et al
✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		Current research

۱- در پژوهش حاضر، با توجه به اهمیت نقش تأمین‌کننده در زنجیره‌ی تأمین و به‌خصوص فرآیندهای سبزسازی، یک زنجیره‌ی تأمین سه‌سطحی بررسی شده است.

۲- مطابق ادبیات موضوع، تأثیر سرمایه‌گذاری کلان‌داده در متغیرها و پارامترهایی که اصولاً تقاضا به آن حساس است، نظیر: کیفیت، نوآوری سبز، و تجربه‌ی مشتری از برند در نظر گرفته شده و تابع تقاضا مطابق آن به روز شده است.

۳- برای اولین بار در پژوهش حاضر، پارامتر حسن تجربه‌ی مشتری از برند به عنوان یکی از عوامل بهبوددهنده‌ی تقاضا در نظر گرفته شده است.

۴- با توجه به نقش مؤثر رهبری زنجیره‌ی تأمین در سود تعادلی اعضا و مقادیر تعادلی متغیرهای هر سطح، بررسی ساختارهای مختلف قدرت و شرایط مؤثر در سرمایه‌گذاری کلان‌داده در آن‌ها بررسی شده است. در حالی که بیشتر پژوهش‌ها در حوزه‌ی مذکور، فقط به دو حالت متمرکز و غیرمتمرکز توجه داشته‌اند.

۳. تعریف مسئله

در بخش حاضر، ابتدا تعریف مسئله و مفروضات ارائه شده‌اند. سپس نمادهای استفاده‌شده در مطالعه‌ی حاضر تعریف و مدل‌سازی ریاضی تشریح شده است. در گام بعد نیز سناریوهای مختلف مسئله بررسی شده‌اند.

بیشتر پژوهش‌های موجود در زمینه‌ی تأثیر کلان‌داده در زنجیره‌ی تأمین سبز به‌صورت کیفی و مفهومی ارائه شده‌اند. پژوهش‌های متمرکز بر قوانین قیمت‌گذاری زنجیره‌ی تأمین سبز در محیط کلان‌داده، سهم کمتری را به خود اختصاص داده و موارد نسبتاً کمی در مدل‌سازی مبحث سرمایه‌گذاری کلان‌داده در زنجیره‌ی تأمین سبز بررسی کرده‌اند و نحوه‌ی سرمایه‌گذاری، ساختار قدرت، و شرایط بهینه‌ی همکاری و هماهنگی در آن را به بحث گذاشته‌اند. مواردی هم که به مسئله‌ی مذکور پرداخته‌اند، به‌دلیل صرفه‌جویی در محاسبات و تحلیل راحت‌تر، عموماً زنجیره را در دو سطح تولیدکننده و خرده‌فروش بررسی و از بسیاری از عوامل اثرگذار در آن چشم‌پوشی کرده‌اند. درحالی که در نظر گرفتن زنجیره‌ی تأمین به‌صورت یک زنجیره‌ی دوسطحی توسط آگی^{۱۲} و همکاران (۲۰۲۱)^[۳۴] نیز به‌عنوان شکاف پژوهشی شناخته شده است. همچنین پژوهش‌هایی که با استفاده از ابزار نظریه‌ی بازی به بررسی سرمایه‌گذاری کلان‌داده در زنجیره‌ی تأمین پرداخته‌اند، کاملاً به ارزش افزوده‌ای که سرمایه‌گذاری مذکور می‌تواند برای مشتریان و سازمان داشته باشد، نپرداخته‌اند.

با توجه به مطالعات اخیر و اهمیت نقش تأمین‌کنندگان در زنجیره‌ی تأمین، در پژوهش حاضر یک زنجیره‌ی تأمین سه‌سطحی، شامل: یک خرده‌فروش، یک تولیدکننده، و یک تأمین‌کننده‌ی سبز در شرایط سرمایه‌گذاری کلان‌داده مدنظر بوده است؛ که تحت ساختارهای مختلف قدرت در زنجیره‌ی تأمین، سود تعادلی اعضا، و قیمت‌گذاری و شرایط سرمایه‌گذاری کلان‌داده بررسی شده‌اند. نوآوری‌های پژوهش حاضر با توجه به ادبیات موضوع به این شرح است:

۱.۳. بیان مسئله

در مسئله حاضر، یک زنجیره تأمین سه سطحی، شامل: یک خرده فروش، یک تولیدکننده، و یک تأمین کننده مدنظر بوده است. تأمین کننده، در نوآوری سبز و تولیدکننده، در کیفیت محصول سرمایه گذاری می کنند. همه اعضا زنجیره در تجزیه و تحلیل کلان داده سرمایه گذاری دارند و از مزایای آن بهره می برند. مزایای سرمایه گذاری کلان داده در پژوهش حاضر، شامل دو دسته بهبود در هزینه های نگهداری موجودی، تولید، و فروش،^[۳۵، ۳۶] هر یک از اعضا و بهبود تابع تقاضای کل زنجیره از طریق تأثیرگذاری مثبت در مؤلفه های مدنظر جامعه متقاضی بوده است. مشابه پژوهش لیو و همکارش (۲۰۱۸)،^[۳۵] در مطالعه حاضر نیز اطلاعات کلان داده ای یک شرکت به اطلاعات کلان داده های داخلی و خارجی تقسیم شده است. مطابق ادبیات موضوع و با توجه به تأثیری که سرمایه گذاری مذکور در بهبود فرایندها و برآورده سازی بهتر خواسته های مشتریان دارد، تجزیه و تحلیل کلان داده از نوآوری سبز، بهبود کیفیت محصول، و حسن تجربه مشتری از برند پشتیبانی می کند. زنجیره تأمین مدنظر در مطالعه حاضر می تواند طیف گسترده ای از زنجیره های تأمین موجود در دنیای واقعی را شامل شود و اختصاص فقط یک زنجیره تأمین خاص مطرح نبوده است. زیرا تقریباً در همه زنجیره های تأمین می توان از سرمایه گذاری کلان داده استفاده کرد. همچنین موضوعاتی مانند کیفیت محصول و نوآوری سبز نیز در بسیاری از زنجیره های تأمین، اعم از مواد غذایی، دارویی، و خودروسازی می توانند موضوعیت داشته باشند.

۲.۳. مفروضات پژوهش

۱. تولیدکننده و تأمین کننده، سبز هستند. یعنی مسائل زیست محیطی برای آنها اهمیت دارد و محصولات سازگار با محیط زیست تولید می کنند؛ به عبارتی، در تلاش اند تا فرایندهای تولید از لحاظ مصرف انرژی و انتشار کربن بهینه باشند و همچنین مواد مصرفی، کمترین آسیب به محیط زیست را داشته باشند.
۲. تولیدکننده و تأمین کننده و خرده فروش کاملاً منطقی و خنثی هستند. خنثی بودن به این معنا که ریسک پذیر یا ریسک گریز نیستند.
۳. تولیدکننده، ظرفیت تولید کافی دارد.
۴. تأمین کننده، ظرفیت کافی برای تولید مواد اولیه مورد نیاز را دارد.
۵. فروش محصول انحصاری است.
۶. برای پیش بینی تقاضا و تولید محصولات مورد نیاز مصرف کنندگان، لازم است اعضا زنجیره، اطلاعات اولویت مصرف کننده را در اختیار داشته باشند.
۷. سرمایه گذاری کلان داده از سوی اعضا زنجیره تأمین منجر به افزایش تقاضا از طریق تأثیرگذاری مثبت در مؤلفه های مد نظر جامعه و کاهش هزینه های داخلی هر کدام از اعضا می شود.
۸. توابع سرمایه گذاری نوآوری سبز و کیفیت محصول مطابق برخی پژوهش های پیشین،^[۲۰، ۲۶] به ترتیب به صورت $\frac{1}{\gamma} h l_{ig}^{\gamma}$ و $\frac{1}{\gamma} Z q_d^{\gamma}$ بوده است.

۳.۳. پارامترها و متغیرهای مدل

پارامترها، متغیرهای تصمیم، و توابع استفاده شده در مدل به این شرح هستند:

- متغیرهای تصمیم

p : قیمت خرده فروشی (دلار)؛

W : قیمت عمده فروشی (دلار)؛

m : هزینه خرید قطعات یا مواد اولیه (دلار)؛

l_{ig} : سطح نوآوری سبز ($l_{ig} > 0$)؛

q_d : سطح کیفی محصولات ($q_d > 0$)؛

- پارامترهای مدل

a : پتانسیل بالقوه بازار (تعداد واحد محصول)؛

θ : ضریب بهبود هزینه است، که با تجزیه و تحلیل اطلاعات کلان داده های داخلی و خارجی یک شرکت و استفاده از آن در برنامه ریزی امور می توان به کاهش هزینه های زیست محیطی، نگهداری، و انبارداری شرکت و... کمک کرد. در اینجا $\theta \in [0, 1]$ ؛

θ_1 : ضریب کارایی تجزیه و تحلیل کلان داده بر کیفیت محصولات ($0 < \theta_1 < 1$)؛

e : ضریب حساسیت قیمتی بر تقاضا ($e > 0$)؛

ϕ : ضریب حساسیت میزان کیفیت هر واحد محصول بر تقاضا ($\phi > 0$)؛

c_0 : هزینه های صرف شده برای به دست آوردن کلان داده ای اولویت های مصرف کننده (دلار)؛

C_{id}, C_{tr}, C_{ts} : به ترتیب شامل مجموع هزینه های نگهداری موجودی، تولید و فروش تولیدکننده، مجموع هزینه های نگهداری موجودی و فروش خرده فروش، و مجموع هزینه های نگهداری موجودی، تولید و فروش تأمین کننده هستند (دلار)؛

C_{ir}, C_{id}, C_{is} : به ترتیب هزینه سرمایه گذاری کلان داده ای فرایندهای داخلی خرده فروش، تولیدکننده، و تأمین کننده هستند (دلار)؛

δ : سهم مواد یا قطعات اولیه از محصولات نهایی ($0 < \delta < 1$)؛

Z_1 : ضریب هزینه سرمایه گذاری کیفیت ($Z_1 > 0$)؛

h : ضریب هزینه نوآوری سبز ($h > 0$)؛

N : موجودی دانش سازمان در حالت پایه ($N > 0$)؛

γ : ضریب کارایی موجودی دانش سازمان ($0 < \gamma < 1$)؛

ضریب تأثیر موفقیت نوآوری سبز در تقاضا ($\lambda > 0$)؛

α : میزان پاسخگویی به تقاضای نا همگن در حالت بدون سرمایه گذاری کلان داده ($\alpha > 0$)؛

S : سرعت تحویل محصولات در حالت بدون سرمایه گذاری کلان داده ($S > 0$)؛

μ : ضریب کارایی سرمایه گذاری کلان داده بر دانش سازمان ($0 < \mu < 1$)؛

κ : ضریب تأثیر حسن تجربه مشتری در تقاضا ($\kappa > 0$)؛

$$exc = \alpha_d + s_d \quad (4)$$

رابطه‌ی ۴، نیز بیانگر حسن تجربه‌ی مشتری از برند (exc) است، که برابر با مجموع میزان پاسخگویی به تقاضای ناهمگن در محیط کلان‌داده (α_d) و سرعت پاسخگویی به تقاضای طی سرمایه‌گذاری کلان‌داده (s_d) است.

$$\alpha_d = \alpha + \sigma(c_{is} + c_{id} + c_{ir} + c_o) \quad (5)$$

تأثیر مثبت سرمایه‌گذاری کلان‌داده در حسن تجربه‌ی مشتری از طریق اثرگذاری در دو مؤلفه‌ی میزان پاسخگویی به تقاضای ناهمگن (α) و سرعت پاسخگویی (s)، طبق رابطه‌های ۵ و ۶ در نظر گرفته شده است. به این صورت که با تجزیه و تحلیل کلان‌داده‌ی مصرف‌کنندگان، اطلاعات نسبتاً دقیقی از اولویت‌ها و انتظارات مصرف‌کنندگان در اختیار شرکت‌ها قرار می‌گیرد و به نوعی از دانش مشتری در طراحی و تولید محصولات استفاده می‌شود. بنابراین، در حالت سرمایه‌گذاری در کلان‌داده، میزان پاسخگویی به تقاضای ناهمگن مشتریان و سفارشی‌سازی محصولات و خدمات مطابق انتظارات مصرف‌کنندگان افزایش می‌یابد. بنابراین طی رابطه‌ی ۵، میزان پاسخگویی به تقاضای ناهمگن مشتریان در حالت سرمایه‌گذاری کلان‌داده (α_d) تابعی از میزان پاسخگویی به تقاضای ناهمگن در حالت بدون سرمایه‌گذاری کلان‌داده (α)، به‌علاوه‌ی مجموع سرمایه‌گذاری کلان‌داده‌ی کل اعضاء زنجیره‌ی تأمین ($c_o, c_{ir}, c_{id}, c_{is}$) ضرب در کارایی سرمایه‌گذاری مذکور برای بهبود پاسخگویی به تقاضای ناهمگن (σ) است.

$$s_d = s + \tau(c_{is} + c_{id} + c_{ir} + c_o) \quad (6)$$

از سوی دیگر، با سرمایه‌گذاری در تجزیه و تحلیل کلان‌داده، بینش مناسبی از کاستی‌ها و خلأهای موجود در فرآیندها و پیش‌بینی تقاضا به واسطه‌ی آگاهی از اولویت‌های مصرف‌کنندگان به‌وجود می‌آید، که این مسئله سبب آمادگی هر چه بیشتر شرکت‌ها برای پاسخگویی به تقاضا و افزایش سرعت پاسخگویی در دوره‌های مختلف می‌شود. بنابراین، در رابطه‌ی ۶، سرعت پاسخگویی به تقاضا در حالت سرمایه‌گذاری کلان‌داده (s_d) برابر با سرعت پاسخگویی در حالت بدون سرمایه‌گذاری (s)، به‌علاوه‌ی میزان سرمایه‌گذاری کلان‌داده‌ی کل اعضا ($c_o, c_{ir}, c_{id}, c_{is}$) ضرب در میزان کارایی سرمایه‌گذاری ذکرشده برای بهبود سرعت پاسخگویی (τ) است. در رابطه‌های ۵ و ۶، تأثیر سرمایه‌گذاری کلان‌داده‌ی کل اعضاء زنجیره در مؤلفه‌ها در نظر گرفته شده است. زیرا اعضاء زنجیره‌ی تأمین، مانند یک سیستم با هم کار می‌کنند و نقص و ایراد در کار هر کدام از آن‌ها می‌تواند در محصول نهایی تأثیرگذار باشد.

$$\beta_1 = \theta_1(c_{id} + c_o) \quad (7)$$

همچنین از آنجا که سرمایه‌گذاری در تجزیه و تحلیل کلان‌داده، تأثیرش را به صورت بهبود در سطح کیفی محصولات نشان می‌دهد؛^[۴] طبق رابطه‌ی ۷، میزان بهبود در سطح کیفی محصول (β_1) به میزان سرمایه‌گذاری شرکت در تجزیه و تحلیل کلان‌داده یعنی مجموع c_o و c_{id} و کارایی سرمایه‌گذاری مذکور (θ_1) وابسته است.

$$\pi_r = (p - w - (1 - \theta_1)c_{ir} - c_{ir} - c_o)D \quad (8)$$

رابطه‌ی ۸، نشان‌گر تابع عایدی خرده‌فروش است، که برابر با تفاوت قیمت خرده‌فروشی (p) و مجموع قیمت عمده‌فروشی (W)، هزینه‌های

σ : ضریب کارایی سرمایه‌گذاری کلان‌داده بر میزان پاسخگویی به تقاضای ناهمگن ($0 < \sigma < 1$)؛

τ : ضریب کارایی سرمایه‌گذاری کلان‌داده بر سرعت پاسخگویی به تقاضا ($0 < \tau < 1$)؛

- متغیرهای وابسته

D : تقاضای کل (تعداد واحد محصول)؛

π_i : تابع سود هر یک از اعضا $i = [d, r, s]$ ، که در آن: r نشانگر خرده‌فروش، d تولیدکننده، و s تأمین‌کننده است (دلار).

β_1 : ضریب بهبود سطح کیفیت محصولات تولیدکننده ($\beta_1 > 0$)؛

N_d : موجودی دانش سازمان در حالت سرمایه‌گذاری در تجزیه و تحلیل کلان‌داده ($N_d > 0$)؛

v : میزان موفقیت نوآوری سبز ($v > 0$)؛

exc: حسن تجربه‌ی مشتری از برند ($exc > 0$)؛

α_d : میزان پاسخگویی به تقاضای ناهمگن در حالت سرمایه‌گذاری کلان‌داده ($\alpha_d > 0$)؛

s_d : سرعت تحویل محصولات در حالت سرمایه‌گذاری کلان‌داده ($s_d > 0$).

۴.۳. مدل‌سازی مسئله

مدل‌سازی مسئله به شرح روابط ۱ الی ۱۰ است:

$$D = a - ep + \phi(\beta_1 + q_d) + \lambda v + \xi exc \quad (1)$$

رابطه‌ی ۱، بیانگر تقاضای کل زنجیره است؛ که در آن، تقاضا علاوه بر قیمت محصول (p)، به سطح نوآوری سبز (I_{ig})، کیفیت محصول (q_d)، و حسن تجربه‌ی مشتری از برند (exc) حساس است. متناسب با سرمایه‌گذاری کلان‌داده از سوی اعضاء زنجیره، بهبود در مؤلفه‌های موفقیت نوآوری سبز (v)، کیفیت محصول (β_1)، و حسن تجربه‌ی مشتری در نظر گرفته شده است. در نظر گرفتن این بهبود در نتیجه‌ی ارتقاء و بهبود فرآیندها و هدف‌گذاری دقیق‌تر مطابق خواست مشتریان بوده و با سایر سرمایه‌گذاری‌ها در زمینه‌ی نوآوری سبز و کیفیت محصول، که می‌تواند شامل استخدام نیروی متخصص، بهره‌گیری از تکنولوژی‌های نوین، استفاده از مواد اولیه‌ی مرغوب‌تر و... باشد، متفاوت است.

$$v = I_{ig} + \gamma N_d \quad (2)$$

مطابق رابطه‌ی ۲، در این مدل میزان موفقیت نوآوری سبز (v) به سطح نوآوری سبز (I_{ig}) حاصل از سرمایه‌گذاری در نوآوری سبز و دانش افزوده‌شده به سازمان به وسیله‌ی تجزیه و تحلیل کلان‌داده‌ها (N_d) بستگی دارد.

$$N_d = N + \mu(c_o + c_{is}) \quad (3)$$

طبق رابطه‌ی ۳، میزان دانشی که تجزیه و تحلیل کلان‌داده‌ها در اختیار شرکت قرار می‌دهند (N_d)، به میزان و کارایی سرمایه‌گذاری در تجزیه و تحلیل کلان‌داده بستگی دارد، که در آن μ بیانگر کارایی سرمایه‌گذاری کلان‌داده توسط تأمین‌کننده، و c_{is} و c_o به ترتیب بیانگر میزان سرمایه‌گذاری در کلان‌داده‌ی فرآیندهای داخلی و کلان‌داده‌ی اولویت‌های مشتریان از سوی تأمین‌کننده است.

قضیه ۱: مقادیر تعادلی متغیرهای تصمیم هر سطح به صورت روابط ۱۷ الی ۲۱ در پیوست ارائه شده‌اند.

• سناریوی رهبری تولیدکننده

در سناریوی رهبری تولیدکننده به بررسی مسئله‌ی تحت رهبری تولیدکننده در زنجیره‌ی تأمین پرداخته می‌شود. ساختار بازی استکلبرگ به این صورت است که ابتدا خرده‌فروش قیمت خرده‌فروشی را تعیین می‌کند. پس از آن تأمین‌کننده قیمت مواد و قطعات اولیه و سطح نوآوری سبز را تعیین می‌کند. در نهایت نیز قیمت محصولات ساخته‌شده و سطح کیفیت محصولات توسط تولیدکننده تعیین می‌شود. برای حل مسئله، $p_r = p - w$ و $p_d = w - \delta m$ در نظر گرفته شده است.

قضیه ۲: پس از حل مسئله با استفاده از روش استنتاج بازگشتی مقادیر تعادلی متغیرهای تصمیم به صورت روابط ۲۲ الی ۲۶ در پیوست ارائه شده‌اند.

• سناریوی رهبری خرده‌فروش

در سناریوی رهبری خرده‌فروش به بررسی بازی استکلبرگ تحت رهبری خرده‌فروش پرداخته می‌شود. ساختار بازی به این صورت است که ابتدا تأمین‌کننده، قیمت مواد و قطعات اولیه و سطح نوآوری سبز را تعیین می‌کند. در مرحله‌ی بعد، تولیدکننده درباره‌ی قیمت محصولات تولیدی و سطح کیفیت محصولات تصمیم‌گیری می‌کند. در آخر با در نظر گرفتن تصمیم‌های سایر اعضا، خرده‌فروش قیمت خرده‌فروشی محصولات را تعیین می‌کند. در ساختار بازی اخیر نیز مشابه ساختار قدرت رهبری تولیدکننده، برای حل مسئله، $p_r = p - w$ و $p_d = w - \delta m$ در نظر گرفته شده است.

قضیه ۳: پس از حل مدل با استفاده از روش بازگشتی، مقادیر تعادلی متغیرهای تصمیم هر سطح به صورت روابط ۲۷ الی ۳۱ در پیوست ارائه شده‌اند.

• سناریوی نش عمودی

در سناریوی نش عمودی از بازی نش استفاده می‌شود. تولیدکننده، تأمین‌کننده، و خرده‌فروش به‌طور هم‌زمان درباره‌ی متغیرهای تصمیم خود تصمیم‌گیری می‌کنند. در این ساختار بازی نیز مشابه دو سناریوی قبل، برای حل مسئله، $p_r = p - w$ و $p_d = w - \delta m$ در نظر گرفته شده‌اند.

قضیه ۴: پس از حل مدل با استفاده از بازی نش بین اعضا، روابط ۳۲ الی ۳۶ برای مقادیر تعادلی متغیرهای تصمیم هر سطح حاصل می‌شوند، که در پیوست ارائه شده‌اند.

۲.۵.۳. مسئله بدون فرض سرمایه‌گذاری کلان‌داده

در این حالت، سرمایه‌گذاری در تجزیه و تحلیل کلان‌داده صورت نمی‌گیرد. تولیدکننده برای بهبود سطح کیفیت محصولات و تأمین‌کننده برای بهبود سطح نوآوری سبز سرمایه‌گذاری می‌کنند. زیرنویس n در مدل، بیانگر حالت بدون سرمایه‌گذاری کلان‌داده است. مدل مسئله به صورت رابطه‌ی ۱۱ است:

$$v_n = l_{ig} + \gamma N. \quad (11)$$

رابطه‌ی اخیر، بیانگر میزان موفقیت نوآوری سبز در حالت بدون سرمایه‌گذاری کلان‌داده (v_n) بوده و از مجموع سطح تلاش‌های نوآوری سبز (l_{ig}) و میزان

خرده‌فروشی (C_{ir})، و سرمایه‌گذاری کلان‌داده‌ی خرده‌فروش (C_{io}, C_{ir}) در میزان کل تقاضا (D) است. که در آن، (θ) بیانگر میزان بهبود در هزینه‌های خرده‌فروشی است، که در نتیجه‌ی تجزیه و تحلیل کلان‌داده حاصل شده است.

$$\pi_d = (w - \delta m - (1 - \theta) c_{id} - c_{id} - c_o) D - \left(\frac{1}{\gamma} z q_d^2 \right) \quad (9)$$

رابطه‌ی ۹، نیز تابع سود تولیدکننده است، که با تفاوت قیمت عمده‌فروشی (W) و مجموع قیمت مواد و قطعات اولیه (m)، هزینه‌های داخلی تولیدکننده (C_{id})، و هزینه‌ی سرمایه‌گذاری کلان‌داده‌ی تولیدکننده (C_{io}, C_{id}) در میزان کل تقاضا (D) برابر است. در رابطه‌ی اخیر، δ بیانگر سهم مواد و قطعات از محصول نهایی است، که بسته به اینکه چه میزان مواد و قطعات نقش حیاتی در محصول دارند و چه میزان فعالیت تولیدکننده ارزش افزوده برای محصول دارد، این میزان در سود تولیدکننده لحاظ می‌شود. به واسطه‌ی سرمایه‌گذاری کلان‌داده، اثر ضریب بهبود هزینه (θ) نیز در رابطه‌ی عایدی تولیدکننده در نظر گرفته شده است. عبارت دوم رابطه‌ی ۹ نیز نشان‌دهنده سرمایه‌گذاری در کیفیت محصول است، که در آن Z_1 ضریب هزینه‌ی سرمایه‌گذاری و q_d سطح کیفیت محصول است.

$$\pi_s = (m - (1 - \theta) c_{is} - c_{is} - c_o) \delta D - \left(\frac{1}{\gamma} h l_{ig}^2 \right) \quad (10)$$

رابطه‌ی ۱۰، نیز بیانگر تابع سود تأمین‌کننده است، که از تفاوت قیمت مواد و قطعات (m) و مجموع هزینه‌های تأمین‌کننده (C_{is}) و هزینه‌ی سرمایه‌گذاری کلان‌داده‌ی تأمین‌کننده (C_{io}, C_{is}) ضرب در سهم مواد و قطعات از محصول نهایی قطعات (δ) از تقاضای کل (D) به دست می‌آید. به واسطه‌ی سرمایه‌گذاری کلان‌داده، اثر ضریب بهبود هزینه (θ) نیز در رابطه عایدی تأمین‌کننده در نظر گرفته شده است. عبارت دوم تابع سود تأمین‌کننده نیز نشانگر سرمایه‌گذاری در نوآوری سبز است، که در آن h ضریب هزینه‌ی سرمایه‌گذاری و l_{ig} سطح نوآوری سبز هستند.

۵.۳. سناریوهای مسئله

در مطالعه‌ی حاضر، به دلیل وجود ساختارهای مختلف قدرت در زنجیره‌های تأمین دنیای واقعی و تأثیرگذاری آن در میزان تعادلی متغیرهای تصمیم و سود اعضا، به تجزیه و تحلیل ساختارهای مختلف قدرت، نظیر رهبری تأمین‌کننده، رهبری تولیدکننده، رهبری خرده‌فروش، و نش عمودی و شرایط سرمایه‌گذاری آن پرداخته شده است، تا بدین ترتیب بینش مناسبی در زمینه‌ی عوامل مؤثر در سرمایه‌گذاری کلان‌داده در ساختارهای مختلف قدرت فراهم شود.

۱.۵.۳. مسئله با فرض سرمایه‌گذاری کلان‌داده

• سناریوی رهبری تأمین‌کننده

در سناریوی رهبری تأمین‌کننده از بازی استکلبرگ استفاده می‌شود. تأمین‌کننده به عنوان رهبر و تولیدکننده و خرده‌فروش به عنوان پیرو در نظر گرفته می‌شوند. همچنین، برای حل از روش استنتاج بازگشتی استفاده می‌شود. به این صورت که ابتدا خرده‌فروش میزان سود خود را از فروش محصولات تعیین می‌کند. سپس تولیدکننده به تعیین میزان سود و میزان سرمایه‌گذاری در کیفیت محصولات می‌پردازد، و در نهایت نیز تأمین‌کننده در مورد میزان سود و سرمایه‌گذاری نوآوری سبز تصمیم‌گیری می‌کند.

که ابتدا خرده‌فروش قیمت خرده‌فروشی را تعیین می‌کند. پس از آن تأمین‌کننده درباره‌ی سطح نوآوری سبز و قیمت مواد و قطعات اولیه تصمیم‌گیری می‌کند. در نهایت هم تولیدکننده به تعیین قیمت عمده‌فروشی و سطح کیفیت محصول می‌پردازد.

قضیه ۶: مقادیر تعادلی متغیرهای تصمیم هر سطح پس از حل مدل به صورت روابط ۴۲ الی ۴۶ هستند، که در پیوست ارائه شده‌اند.

• سناریوی رهبری خرده‌فروش بدون سرمایه‌گذاری کلان‌داده

روش حل در سناریوی رهبری خرده‌فروش بدون سرمایه‌گذاری کلان‌داده، بازی استکلبرگ به رهبری خرده‌فروش است. به این صورت که ابتدا تأمین‌کننده، قیمت مواد و قطعات و سطح نوآوری سبز را تعیین می‌کند. پس از آن تولیدکننده درباره‌ی سطح کیفیت محصول و قیمت عمده‌فروشی تصمیم‌گیری می‌کند. در نهایت هم خرده‌فروش به تعیین قیمت خرده‌فروشی می‌پردازد. برای تسهیل حل مسئله، $p_r = p - w$ و $p_d = w - \delta m$ در نظر گرفته شده است.

قضیه ۷: مقادیر تعادلی متغیرهای تصمیم هر سطح پس از حل مدل به صورت روابط ۴۷ الی ۵۱ هستند، که در پیوست ارائه شده‌اند.

• سناریوی نش عمودی بدون سرمایه‌گذاری کلان‌داده

در سناریوی نش عمودی بدون سرمایه‌گذاری کلان‌داده از بازی نش استفاده می‌شود. تولیدکننده، تأمین‌کننده، و خرده‌فروش به‌طور همزمان درباره‌ی متغیرهای تصمیم خود تصمیم‌گیری می‌کنند. در سناریوی مذکور از بازی نش استفاده می‌شود. برای حل مسئله نیز $p_r = p - w$ و $p_d = w - \delta m$ در نظر گرفته شده است.

قضیه ۸: مقادیر تعادلی متغیرهای تصمیم به صورت روابط ۵۲ الی ۵۶ هستند، که در پیوست ارائه شده‌اند.

۴. نتایج عددی و تحلیل حساسیت

در بخش حاضر، مثال عددی جهت بررسی شدنی‌بودن مدل مسئله ارائه شده است. پس از آن به تحلیل حساسیت مهم‌ترین پارامترهای مسئله و آثار تغییر آن‌ها در خروجی‌های تعادلی بازی پرداخته شده است. مقادیر پارامترها با توجه به فرض‌های مسئله در جدول ۱ در پیوست ارائه شده‌اند.

با تنظیم مقادیر پارامترها در مدل، مقدار تعادلی متغیرهای تصمیم و توابع تقاضا و سود اعضاء زنجیره‌ی تأمین به‌دست می‌آید؛ که مقادیر مذکور در جدول ۲ در پیوست ارائه شده‌اند.

نتیجه‌ی ۱: همان‌طور که ملاحظه می‌شود در تمام ساختارهای قدرت، سرمایه‌گذاری در تجزیه و تحلیل کلان‌داده (شامل کلان‌داده‌ی ناشی از فرآیندهای داخلی سازمان و اولویت‌های مصرف‌کنندگان) تأثیر مثبتی در مقدار تعادلی سود اعضاء زنجیره‌ی تأمین، افزایش قیمت تعادلی محصولات هر یک از اعضا، و سطح تعادلی کیفیت محصولات و نوآوری سبز دارد.

نتیجه گرفته می‌شود که مطابق فرض ۷، به دلیل آثار مثبتی که این سرمایه‌گذاری در کاهش هزینه‌های داخلی اعضا و افزایش تقاضا دارد، در نهایت باعث افزایش سود تعادلی کل افراد زنجیره‌ی تأمین می‌شود. همچنین افزایش توانایی سرمایه‌گذاری اعضا در پی افزایش سود تعادلی از یک سو و افزایش

دانش سازمان در حالت بدون سرمایه‌گذاری کلان‌داده (N_v) ضرب در میزان کارایی این دانش در موفقیت نوآوری سبز (γ) حاصل شده است.

$$exc_n = \alpha_v + S_v \quad (12)$$

رابطه‌ی اخیر، حسن تجربه‌ی مشتری از برند در حالت بدون سرمایه‌گذاری (exc_n) است، که به دو عامل میزان پاسخگویی به تقاضای ناهمگن مشتریان در حالت بدون سرمایه‌گذاری کلان‌داده (α_v) و سرعت پاسخگویی به تقاضا در حالت بدون سرمایه‌گذاری کلان‌داده (S_v) وابسته است.

رابطه‌ی ۱۳، تقاضای کل زنجیره در حالت بدون سرمایه‌گذاری کلان‌داده است؛ و در آن، تقاضا علاوه بر قیمت خرده‌فروشی (p) به میزان موفقیت نوآوری سبز (v_n)، حسن تجربه‌ی مشتری از برند (exc_n)، و کیفیت محصول (q_d) حساس است.

$$D_n = a - ep + \lambda v_n + \xi exc_n + \phi q_d \quad (13)$$

رابطه‌ی ۱۴، نشانگر تابع سود خرده‌فروش است، که از تفاوت قیمت خرده‌فروشی و مجموع قیمت عمده‌فروشی و سایر هزینه‌های خرده‌فروش ضرب در تقاضا به‌دست می‌آید.

$$\pi_r = (p - w - c_{tr}) D_n \quad (14)$$

رابطه‌ی ۱۵، نیز تابع سود تولیدکننده را نشان می‌دهد، و از تفاوت قیمت عمده‌فروشی و مجموع قیمت مواد و قطعات اولیه و سایر هزینه‌های تولیدکننده ضرب در تقاضا به دست می‌آید. عبارت دوم در رابطه‌ی مذکور نیز سرمایه‌گذاری در کیفیت محصول را نشان می‌دهد.

$$\pi_d = (w - \delta m - c_{td}) D_n - \left(\frac{1}{\gamma} z q_d^{\gamma} \right) \quad (15)$$

رابطه‌ی ۱۶، بیانگر تابع سود تأمین‌کننده است؛ که از تفاوت قیمت مواد و قطعات اولیه و هزینه‌های تأمین‌کننده ضرب در تقاضا حاصل شده است. عبارت دوم در رابطه‌ی ۱۶ نیز گویای سرمایه‌گذاری در نوآوری سبز است.

$$\pi_s = (m - c_{ts}) \delta D_n - \left(\frac{1}{\gamma} h l_{ig}^{\gamma} \right) \quad (16)$$

در ادامه، مدل در حالت بدون سرمایه‌گذاری کلان‌داده در ساختارهای مختلف قدرت بررسی شده است.

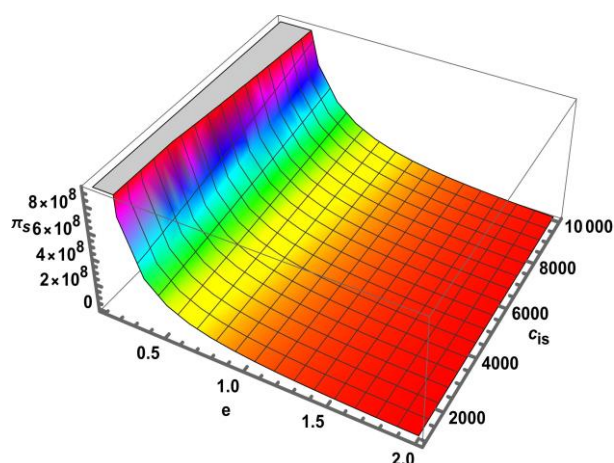
• سناریوی رهبری تأمین‌کننده بدون سرمایه‌گذاری کلان‌داده

در سناریوی رهبری تأمین‌کننده بدون سرمایه‌گذاری کلان‌داده از بازی استکلبرگ استفاده شده است. به این صورت که ابتدا خرده‌فروش قیمت خرده‌فروشی را تعیین می‌کند. سپس تولیدکننده درباره‌ی سطح کیفیت محصولات و قیمت عمده‌فروشی تصمیم‌گیری می‌کند. در نهایت هم تأمین‌کننده به تعیین قیمت مواد و قطعات اولیه و سطح نوآوری سبز می‌پردازد.

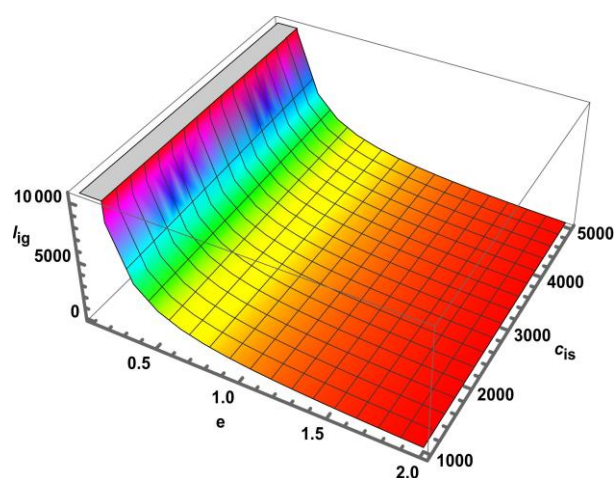
قضیه ۵: مقادیر تعادلی متغیرهای تصمیم هر سطح پس از حل مدل به صورت روابط ۳۷ الی ۴۱ هستند، که در پیوست ارائه شده‌اند.

• سناریوی رهبری تولیدکننده بدون سرمایه‌گذاری کلان‌داده

در سناریوی رهبری تولیدکننده بدون سرمایه‌گذاری کلان‌داده از بازی استکلبرگ استفاده و برای حل مسئله، $p_r = p - w$ و $p_d = w - \delta m$ در نظر گرفته شده است. ساختار بازی به این صورت است



شکل ۱. اثر سرمایه‌گذاری کلان‌داده‌ی تأمین‌کننده و حساسیت به قیمت در سود تعادلی تأمین‌کننده.



شکل ۲. اثر سرمایه‌گذاری کلان‌داده‌ی تأمین‌کننده و حساسیت به قیمت در سطح تعادلی نوآوری سبز.

کلان‌داده برای همه‌ی اعضا زنجیره‌ی تأمین امکان‌پذیر خواهد بود و سود تعادلی همه‌ی اعضا زنجیره مثبت خواهد شد. رابطه‌ی ۵۷ برای همه‌ی ساختارهای قدرت یکسان خواهد بود و حدود شدنی‌بودن سرمایه‌گذاری کلان‌داده برای اعضا زنجیره‌ی تأمین مستقل از ساختار قدرت است. مطابق رابطه‌ی مذکور، ضریب بهبود هزینه و ضرایب کارایی سرمایه‌گذاری کلان‌داده در بهبود فرایندهای زنجیره، تأثیر مثبتی در میزان سرمایه‌گذاری کلان‌داده دارند. همچنین ضریب تأثیر هر یک از عوامل کیفیت محصول، نوآوری سبز، و حسن تجربه‌ی مشتری بر تقاضا نیز عواملی با تأثیر مثبت در تعیین میزان سرمایه‌گذاری کلان‌داده هستند. از سوی دیگر، ضریب حساسیت به قیمت و سهم مواد و قطعات اولیه از محصول نهایی نیز تأثیر منفی در میزان سرمایه‌گذاری کلان‌داده دارند.

۲.۴. مقایسه‌ی نتایج زنجیره‌ی تأمین دوسطحی و سه‌سطحی در محیط کلان‌داده

به‌منظور مقایسه‌ی نتایج مسئله‌ی بررسی‌شده در زنجیره‌های تأمین دوسطحی و سه‌سطحی، تمام سناریوهای مسئله در حالت دوسطحی نیز بررسی شده است. نتایج بررسی زنجیره‌ی دوسطحی در جدول ۳ پیوست ارائه شده است.

بینش صاحبان کسب و کار نسبت به فرآیندهای خود و اولویت‌ها و خواسته‌های مشتریان از سوی دیگر باعث می‌شود تا تولیدکننده و تأمین‌کننده، هدفمندتر و مؤثرتر، سرمایه‌گذاری در کیفیت و نوآوری سبز محصول را پیگیری کنند و بدین ترتیب سطح تعادلی کیفیت محصولات و نوآوری سبز در اثر سرمایه‌گذاری کلان‌داده افزایش یابد.

نتیجه‌ی ۲: سود هر یک از اعضا ابتدا در سناریوی نش عمودی و پس از آن در سناریوی رهبری خود شخص بیشترین مقدار را دارد. بنابراین، در صورت سرمایه‌گذاری در تجزیه و تحلیل کلان‌داده، تعادل قدرت به نفع تمام اعضا زنجیره‌ی تأمین خواهد بود.

نتیجه‌ی ۳: سود تولیدکننده در سناریوی نش عمودی و رهبری تولیدکننده تقریباً دو برابر سناریوهای رهبری خرده‌فروش و تأمین‌کننده است.

نتیجه‌ی ۴: سود خرده‌فروش در سناریوی نش عمودی و سناریوی رهبری خرده‌فروش بیش از ۴ برابر سناریوهای رهبری تأمین‌کننده و رهبری تولیدکننده است. بنابراین خرده‌فروش بیشترین نفع را از تعادل قدرت در زنجیره و یا رهبری خود در زنجیره‌ی تأمین خواهد داشت. رهبری بقیه‌ی اعضا بر زنجیره، سود خرده‌فروش را به میزان زیادی کاهش می‌دهد.

نتیجه‌ی ۵: سود تأمین‌کننده در سناریوی نش عمودی و رهبری تأمین‌کننده تقریباً ۲ برابر سناریوی رهبری تولیدکننده و تقریباً ۴ برابر سناریوی رهبری خرده‌فروش است. بنابراین سناریوی رهبری خرده‌فروش، بدترین سناریو برای سود تأمین‌کننده است.

نتیجه‌ی ۶: در سناریوی نش عمودی، قیمت خرده‌فروشی در پایین‌ترین سطح ممکن، سود اعضا در بیشترین حالت خود و سطح نوآوری سبز و کیفیت محصولات نیز در بهترین حالت خود است. پس از آن رهبری خرده‌فروش نیز پایین‌ترین قیمت خرده‌فروشی و بیشترین سطح نوآوری سبز و کیفیت را داشته‌اند. البته در سناریوی ذکرشده، سود تولیدکننده و به‌خصوص تأمین‌کننده کاهش یافته است. بنابراین، به‌ترتیب سناریوی نش عمودی و رهبری خرده‌فروش بهترین سناریوها برای مصرف‌کنندگان و مسائل زیست‌محیطی هستند.

همان‌طور که در شکل‌های ۱ و ۲ مشاهده می‌شود؛ زمانی سود تعادلی تأمین‌کننده و سطح تعادلی نوآوری سبز به میزان بیشینه می‌رسد، که حساسیت به قیمت خرده‌فروشی در کمترین مقدار خود قرار گیرد. همچنین با توجه به شکل ۱، سود تأمین‌کننده و سطح نوآوری سبز، در مقایسه با حساسیت قیمتی به مقدار بسیار کمی تحت تأثیر سرمایه‌گذاری کلان‌داده قرار گرفته است. این مسئله نشانگر لزوم شناخت دقیق از جامعه‌ی تقاضا و انجام مطالعات بازار در هر کسب و کار پیش از انجام چنین سرمایه‌گذاری‌هایی است.

۱.۴. تحلیل میزان سرمایه‌گذاری کلان‌داده در زنجیره‌ی تأمین

زمانی که رابطه‌ی ۵۷ برقرار باشد، سرمایه‌گذاری در تجزیه و تحلیل کلان‌داده برای هر سه سطح تأمین‌کننده، تولیدکننده، و خرده‌فروش ممکن است. جزئیات رابطه‌ی ۵۷ در پیوست ارائه شده است.

در رابطه‌ی ۵۷، بیشینه‌ی میزان برای سرمایه‌گذاری کلان‌داده‌ی کل اعضا زنجیره به‌دست می‌آید، که در صورت برقراری رابطه‌ی اخیر، سرمایه‌گذاری

نتایج نشان می‌دهند با افزایش سطوح زنجیره‌ی تأمین در مسئله‌ی بررسی‌شده، سود اعضا در همه‌ی سناریوها کاهش یافته است. همچنین افزایش قیمت محصولات و کاهش کیفیت محصول نیز با افزایش سطوح زنجیره اتفاق افتاده است.

در زنجیره‌ی تأمین دوسطحی برخلاف زنجیره‌ی تأمین سه‌سطحی، سود اعضا در درجه‌ی اول در سناریوی رهبری خود شخص بیشترین مقدار و پس از آن در سناریوی نش عمودی به میزان بیشینه بوده است. سود هر کدام از اعضا در سناریوی رهبری دیگری، تقریباً نصف می‌شود، که این مسئله بیانگر اهمیت برنامه‌ریزی برای به‌دست‌آوردن رهبری بازار در زنجیره‌ی تأمین دوسطحی نیز است. همچنین در زنجیره‌ی تأمین دوسطحی مشابه زنجیره‌ی تأمین سه‌سطحی، در سناریوی نش عمودی قیمت محصولات کمترین مقدار و کیفیت محصول بیشترین مقدار را داشته‌اند. در هر دو حالت زنجیره‌های دوسطحی و سه‌سطحی، تعادل قدرت بیشترین عایدی را برای مشتریان به دنبال داشته است.

۵. نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر، به بررسی قیمت‌گذاری، عایدی بازیکنان، و حدود سرمایه‌گذاری کلان‌داده در یک زنجیره‌ی تأمین متشکل از تولیدکننده، خرده‌فروش، و تأمین‌کننده در محیط کلان‌داده و تحت ساختارهای مختلف قدرت پرداخته شده است. در زنجیره‌ی مذکور، تأمین‌کننده در نوآوری سبز و تولیدکننده در کیفیت محصول، سرمایه‌گذاری کرده‌اند. همچنین تمام اعضا زنجیره در تجزیه و تحلیل کلان‌داده سرمایه‌گذاری کرده و متناسب با سرمایه‌گذاری انجام‌شده، شامل مزایایی شده‌اند. به‌طور کلی، نتایج مطالعه‌ی حاضر بر مزایای قابل توجه سرمایه‌گذاری کلان‌داده در مدیریت زنجیره‌ی تأمین تأکید می‌کند و پتانسیل آن را نه فقط برای افزایش سودآوری، بلکه برای ایجاد نوآوری و بهبود کیفیت محصول روشن می‌کند. از آنجایی که فناوری با سرعتی سریع به تکامل خود ادامه می‌دهد، برای اعضا زنجیره‌ی تأمین ضروری است که ارزش کلان‌داده را بشناسند و از آن به نفع خود استفاده کنند تا بتوانند در چشم‌انداز کسب‌وکار به سرعت در حال تغییر امروزی در رقابت باقی بمانند. علاوه بر این، پژوهش حاضر، بینش‌های ارزشمندی ارائه می‌دهد، که می‌تواند به فرآیندهای تصمیم‌گیری و برنامه‌ریزی راهبردی در مدیریت زنجیره‌ی تأمین کمک کند و مسیری برای رشد پایدار و موفقیت در محیط کسب و کار مدرن ارائه دهد. در ادامه، برخی از مهم‌ترین نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل مدل‌ها و پیشنهادها مدیریتی متناسب با آن ارائه شده‌اند:

- در پژوهش حاضر، یک حد بالا برای سرمایه‌گذاری کلان‌داده‌ی کل اعضا زنجیره ارائه شده است. این حد سرمایه‌گذاری در همه‌ی ساختارهای قدرت یکسان و مستقل از ساختار قدرت بوده است. رابطه‌ی مذکور نشانگر رابطه‌ی مستقیم ضرایب کارایی سرمایه‌گذاری کلان‌داده و ضریب بهبود هزینه است. همچنین نشانگر تأثیر منفی حساسیت به قیمت خرده‌فروشی و سهم مواد و قطعات اولیه از محصول نهایی در میزان سرمایه‌گذاری کلان‌داده است. بنابراین شدنی بودن سرمایه‌گذاری ذکرشده برای اعضا زنجیره، به کارایی سرمایه‌گذاری اخیر در سطوح مختلف وابسته است و مستلزم توجه به عوامل کاراسازی آن خواهد بود، که در ادامه بحث شده است. عامل دیگر تأثیرگذار در این زمینه، شامل ضریب بهبود هزینه است. به عبارتی، میزان سرمایه‌گذاری کلان‌داده به فضای بهبود کسب و کار به‌خصوص بهینه‌سازی هزینه‌ها توسط سرمایه‌گذاری مذکور وابسته است، که مشابه نتیجه‌ی لیو و همکارش (۲۰۱۶)^[۳۷] است.

همچنین میزان سرمایه‌گذاری کلان‌داده، تحت تأثیر منفی حساسیت به قیمت خرده‌فروشی و سهم مواد و قطعات اولیه از محصول نهایی خواهد بود. این مسئله بیانگر لزوم دقت در سرمایه‌گذاری کلان‌داده برای مشتریان با حساسیت زیاد به قیمت و برای محصولات است که سهم زیادی از مواد و قطعات آن‌ها به وسیله‌ی اعضا دیگر زنجیره‌ی تأمین تهیه می‌شود.

- در مسئله‌ی بررسی‌شده نتایج نشان داده‌اند که در درجه‌ی اول، سناریوی نش عمودی برای همه‌ی اعضا زنجیره بهترین است. درجه‌ی بعد، بهترین سناریو از نظر سودآوری برای هر عضو، سناریوی رهبری خود آن عضو است. بنابراین تعادل در قدرت، بهترین سناریو در شرایط سرمایه‌گذاری کلان‌داده خواهد بود. در صورت عدم تعادل در قدرت، رهبری هر یک از اعضا در زنجیره‌ی تأمین از شرایط بیشینه‌سازی سود آن‌ها خواهد بود. اگر چه تغییر توازن قدرت در زنجیره‌ی تأمین به راحتی ممکن نیست، ولی جلوگیری از انحصاری شدن هر یک از سطوح زنجیره‌ی تأمین (مانند تأمین‌کنندگان) و انعقاد قراردادهای منصفانه و توسعه‌ی روابط می‌تواند به تعادل قدرت در زنجیره‌ی تأمین کمک کنند.

- ابتدا سناریوی نش عمودی و پس از آن سناریوی رهبری خرده‌فروش، پایین‌ترین قیمت خرده‌فروشی و بیشترین سطح نوآوری سبز و کیفیت را داشته و توانسته‌اند در جلب رضایت مشتریان مؤثر واقع شوند. البته در سناریوی اخیر، سود تولیدکننده و به‌خصوص تأمین‌کننده کاهش می‌یابد. بنابراین در سناریوی رهبری خرده‌فروش به‌منظور هماهنگی بهتر بین سطوح زنجیره‌ی تأمین و توزیع عادلانه‌ی سود بین اعضا، استفاده از قراردادهای مختلف می‌تواند حائز اهمیت باشد.

- سرمایه‌گذاری هر یک از اعضا زنجیره‌ی تأمین در تجزیه و تحلیل کلان‌داده موجب افزایش قیمت‌های تعادلی در همه‌ی سطوح زنجیره، افزایش سود تعادلی اعضا، و افزایش سطح تعادلی نوآوری سبز و کیفیت محصول در همه‌ی ساختارهای قدرت خواهد شد. بنابراین سرمایه‌گذاری کلان‌داده در همه‌ی ساختارهای قدرت موجب افزایش سود اعضا و بهبود متغیرهایی مانند کیفیت محصول و نوآوری سبز خواهد شد. بدین ترتیب به سبب‌سازی زنجیره نیز کمک خواهد کرد. بر این اساس، سرمایه‌گذاری کلان‌داده به حفظ و ارتقاء جایگاه شرکت‌ها در دنیای رقابتی امروزی کمک خواهد کرد.

- مطابق تجزیه و تحلیل نتایج، مقادیر تعادلی سود تأمین‌کننده و سطح نوآوری سبز، در مقایسه با حساسیت قیمتی تقاضا به مقدار بسیار کمی تحت تأثیر سرمایه‌گذاری کلان‌داده قرار می‌گیرد. این مسئله نشانگر لزوم شناخت دقیق از جامعه‌ی تقاضا و انجام مطالعات بازار در هر کسب و کار پیش از انجام چنین سرمایه‌گذاری‌هایی است. به‌منظور کاهش حساسیت تقاضا به قیمت می‌توان از آگاهی‌بخشی به مصرف‌کنندگان از طریق تبلیغات و افزایش دانش مشتری در این زمینه عمل کرد. همچنین به‌منظور کنترل حساسیت تقاضا به قیمت و تولید محصولات سازگارتر با محیط‌زیست، دولت‌ها می‌توانند یارانه‌هایی در این زمینه را در نظر بگیرند.

- نتایج پژوهش حاضر بیانگر اهمیت کارایی سرمایه‌گذاری کلان‌داده است. به این صورت که میزان کارایی سرمایه‌گذاری کلان‌داده، تأثیر زیادی در سود اعضا زنجیره و افزایش سطح نوآوری سبز و کیفیت محصولات خواهد داشت. به‌طور کلی، زمانی سرمایه‌گذاری کلان‌داده کارایی و اثر بخشی لازم را خواهد داشت که منجر به افزایش دانش سازمان از محیط درونی (شامل تجزیه و تحلیل فرآیندها) و محیط

حوزه‌ی زنجیره‌ی تأمین سبز و پایدار و تکنولوژی‌های صنایع نسل چهار از جمله کلان‌داده و ارتباط این دو حوزه با یکدیگر، مواردی از قبیل: در نظر گرفتن هم‌زمان مسائل زیست‌محیطی و سرمایه‌گذاری تکنولوژی تجزیه و تحلیل کلان‌داده در محیطی با چندین کانال فروش و چند تولیدکننده یا تأمین‌کننده‌ی رقیب و هماهنگی بین آن‌ها، بررسی مدل با در نظر گرفتن میزان سرمایه‌گذاری کلان‌داده به‌عنوان متغیر تصمیم هر یک از اعضای زنجیره و ارزیابی سرمایه‌گذاری، قیمت‌گذاری، و هماهنگی در سایر تکنولوژی‌های صنعت نسل چهار نظیر اینترنت اشیا و بلاک چین... و بررسی تأثیر آن در شاخص‌های عملکردی زنجیره‌ی تأمین به‌خصوص سبزسازی و پایداری زنجیره‌ی تأمین می‌تواند حائز اهمیت باشد.

بیرونی کسب و کار (شامل اولویت‌های مشتریان و وضعیت فعلی رقابت بازار) شود. سرمایه‌گذاری کلان‌داده از سویی نیازمند زیرساخت‌های فنی و تکنولوژیکی و از سوی دیگر، نیازمند فرهنگ‌سازی و ایجاد ساز و کارهای مناسب مدیریتی در سطوح مختلف سازمان است. بنابراین، در سرمایه‌گذاری و پیاده‌سازی طرح‌های تجزیه و تحلیل کلان‌داده، توجه به مواردی از قبیل تکنولوژی لازم جهت جمع‌آوری داده‌های با کیفیت، وجود نیروی متخصص و با مهارت در زمینه‌ی استفاده از الگوریتم‌ها، و تجزیه و تحلیل نتایج حاصل، ایجاد فرهنگ سازمانی مناسب در جهت ارزشمند کردن داده‌های کسب و کار، و جلب همکاری کارمندان در جهت جمع‌آوری داده‌های فرآیندهای کسب و کار حائز اهمیت خواهد بود.

با توجه به نتایج و بررسی‌های انجام‌شده، به‌منظور توسعه‌ی مطالعات آتی در دو

References- منابع

- Ahmed, A. K., Senthilkumar, C. and Nallusamy, S., 2018. Study on environmental impact through analysis of big data for sustainable and green supply chain management. *International Journal of Mechanical and Production Engineering Research and Development*, 8, pp. 1245-1254
- Hewage, T. N., Halgamuge, M. N., Syed, A. and Ekici, G., 2018. Big data techniques of Google, Amazon, Facebook and Twitter. *J. Commun.*, 13, pp. 94-100. <https://doi.org/10.12720/jcm.13.2>.
- Mukhtarov, I., 2023. Methodology of leveraging big data in financial services for enhanced decision-making. *Финансовые рынки и банки*, pp. 104-115
- Zhong, R. Y., Newman, S. T., Huang, G. Q. and Lan, S., 2016. Big Data for supply chain management in the service and manufacturing sectors: Challenges, opportunities, and future perspectives. *Computers and Industrial Engineering*, 101, pp. 572-591. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2016.07.013>
- Madhani, P. M., 2022. Big Data Usage and Big Data Analytics in Supply Chain: Leveraging Competitive Priorities for Enhancing Competitive Advantages. *IUP Journal of Supply Chain Management*, pp. 19-20
- Liu, P., 2021. Pricing rules of Green Supply Chain considering Big Data information inputs and cost-sharing model. *Soft Computing*, 25, pp. 8515-8531. <https://doi.org/10.1007/s00500-021-05779-1>
- Tambuskar, D. P., Jain, P. and Narwane, V. S., 2023. An exploration into the factors influencing the implementation of big data analytics in sustainable supply chain management. *Kybernetes*. pp. 1-12. <https://doi.org/10.1108/K-07-2022-1057>
- Liu, J., Chen, M. and Liu, H., 2020. The role of big data analytics in enabling green supply chain management: a literature review. *Journal of Data, Information and Management*, 2, pp. 75-83. <https://doi.org/10.1007/s42488-019-00020-z>
- Mageto, J., 2021. Big data analytics in sustainable supply chain management: A focus on manufacturing supply chains. *Sustainability*, 13, pp. 7101. <https://doi.org/10.3390/su13137101>
- Li, Q., Kang, Y., Tan, L. and Chen, B., 2020. Modeling formation and operation of collaborative green innovation between manufacturer and supplier: A game theory approach. *Sustainability*, 12, pp. 2209. <https://doi.org/10.3390/su12062209>
- Ma, W., Zhang, R. and Chai, S., 2019. What drives green innovation? A game theoretic analysis of government subsidy and cooperation contract. *Sustainability*, pp. 11, 5584. <https://doi.org/10.3390/su11205584>
- Tate, W. L., Ellram, L. M. and Dooley, K. J., 2012. Environmental purchasing and supplier management (EPSM): Theory and practice. *Journal of Purchasing and Supply Management*, 18, pp. 173-188. <https://doi.org/10.1016/j.pursup.2012.07.001>
- Holt, D., 2004. Managing the interface between suppliers and organizations for environmental

- responsibility—an exploration of current practices in the UK. *Corporate Social Responsibility and Environmental Management*, 11, pp. 71-84. <https://doi.org/10.1002/csr.55>
14. Seuring, S. and Müller, M., 2008. From a literature review to a conceptual framework for sustainable supply chain management. *Journal of Cleaner Production*, 16, pp. 1699-1710. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2008.04.020>
15. Nisar, Q. A., Haider, S., Ameer, I., Hussain, M. S., Gill, S. S. and Usama, A., 2022. Sustainable supply chain management performance in post COVID-19 era in an emerging economy: A big data perspective. *International Journal of Emerging Markets*. pp. 1-15. <https://doi.org/10.1108/IJOEM-12-2021-1807>
16. Al-Khatib, A. W., 2022. Big data analytics capabilities and green supply chain performance: Investigating the moderated mediation model for green innovation and technological intensity. *Business Process Management Journal*. pp. 1-10. <https://doi.org/10.1108/BPMJ-07-2022-0332>
17. Bag, S., Wood, L. C., Xu, L., Dhamija, P. and Kayikci, Y., 2020. Big data analytics as an operational excellence approach to enhance sustainable supply chain performance. Resources, Conservation and Recycling, 153, pp. 104559. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.104559>
18. Fu, X., Liu, S. and Han, G., 2021. Supply chain partners' decisions with heterogeneous marketing efforts considering consumer's perception of quality. *RAIRO-Operations Research*, 55, pp. 3227-3243. <https://doi.org/10.1051/ro/2021126>
19. Zhu, G., Zhang, J., Xing, E. and Han, D., 2022. Pricing and quality decisions with conspicuous consumers. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 165, pp. 102857. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2022.102857>
20. Hosseini-Motlagh, S.-M., Nouri-Harzvili, M. and Zirakpourdehkordi, R., 2019. Two-level supply chain quality improvement through a wholesale price coordination contract on pricing, quality and services. *International Journal of Industrial Engineering and Production Research*, 30, pp. 287-312. <https://doi.org/10.22068/ijiepr.30.3.287>
21. Shoeleh, R., Seifbarghy, M. and Pishva, D., 2019. Modelling pricing, vertical co-op advertising and quality improvement in a non-cooperative three-echelon supply chain using game theory approach. *RAIRO-Operations Research*, 53, pp. 1937-1965. <https://doi.org/10.1051/ro/2018109>
22. Mohan, A., Karthika, V. and Simon, S., 2021. Application of Big Data Analytics in Enhancing the Supply Chain Management System. *Asian Basic and Applied Research Journal*, pp. 82-89.
23. Azeem, M., Haleem, A., Bahl, S., Javaid, M., Suman, R. and Nandan, D., 2022. Big data applications to take up major challenges across manufacturing industries: A brief review. *Materials Today. Proceedings*, 49, pp. 339-348. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.02.147>
24. Shi, C., Li, D. and Wu, T., 2021. Influencing factors of catering O2O customer experience: an approach integrating big data analytics with grounded theory. *Tehnički vjesnik*, 28, pp. 862-872. <https://doi.org/10.17559/TV-20210124041130>
25. Holmlund, M., Van Vaerenbergh, Y., Ciuchita, R., Ravald, A., Sarantopoulos, P., Ordenes, F. V. and Zaki, M., 2020. Customer experience management in the age of big data analytics: A strategic framework. *Journal of Business Research*, 116, pp. 356-365. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2020.01.022>
26. Sanders, N. R., 2016. How to use big data to drive your supply chain. *California Management Review*, 58, pp. 26-48. <https://doi.org/10.1525/cmr.2016.58.3.26>
27. Liu, P., 2019. Pricing policies and coordination of low-carbon supply chain considering targeted advertisement and carbon emission reduction costs in the big data environment. *Journal of Cleaner Production*, 210, pp. 343-357. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.10.328>
28. Liu, P. and Yi, S.-p., 2017. Pricing policies of green supply chain considering targeted advertising and product green degree in the big data environment. *Journal of Cleaner Production*, 164, pp. 1614-1622. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.07.049>
29. Chen, S., 2021. Analysis of customization strategy for E-commerce operation based on big data. *Wireless Communications and Mobile Computing*, 2021, pp. 1-11. <https://doi.org/10.1155/2021/6626480>
30. Song, H., Shu, Y., Dai, Y., Zhou, L. and Li, H., 2022. Big data service investment choices in a manufacturer-led dual-channel supply chain. *Computers and Industrial Engineering*, 171, pp. 108423. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2022.108423>
31. Liu, P. and Zhang, F.-j., 2022. Pricing strategies of dual-channel green supply chain considering Big Data information inputs. *Soft Computing*, pp. 1-19. <https://doi.org/10.1007/s00500-021-06611-6>
32. Liu, P., Long, Y., Song, H.-C. and He, Y.-D., 2020. Investment decision and coordination of green agri-food supply chain considering information service based on blockchain and big data. *Journal of Cleaner Production*, 277, pp. 123646. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123646>
33. Hu, H., Li, Y. and Li, M., 2022. Decisions and Coordination of Green Supply Chain Considering Big Data Targeted Advertising. *Journal of Theoretical and*

- Applied Electronic Commerce Research*, 17, pp. 1035-1056. <https://doi.org/10.3390/jtaer17030053>
34. Agi, M. A., Faramarzi-Oghani, S. and Hazır, Ö., 2021. Game theory-based models in green supply chain management: A review of the literature. *International Journal of Production Research*, 59, pp. 4736-4755.
35. Liu, P. and Yi, S.-p., 2018. A study on supply chain investment decision-making and coordination in the Big Data environment. *Annals of Operations Research*, 270, pp. 235-253. <https://doi.org/10.1007/s10479-017-2424-4>
36. Wang, Y., Wang, X., Chang, S. and Kang, Y., 2019. Product innovation and process innovation in a dynamic Stackelberg game. *Computers and Industrial Engineering*, 130, pp. 395-403. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2019.02.042>
37. Liu, P. and Yi, S.-p., 2016. Investment decision-making and coordination of supply chain: A new research in the big data era. *Discrete Dynamics in Nature and Society*, pp. 1-18. <https://doi.org/10.1155/2016/2026715>

"پیوست"

قضیه‌ی ۱: مقادیر تعادلی متغیرهای تصمیم هر سطح به صورت روابط ۱۷ الی ۲۱ است:

$$m^* = \frac{1}{e\delta(+\gamma h\phi^* - (\lambda eh - \lambda^*)z_1)} (N_1 + hc_{ir}N_r + N_r + h\phi c_o\theta_1 N_f + hc_{id}N_r N_d) \quad (17)$$

$$l_{ig}^* = \frac{1}{-\gamma h\phi^* - (-\lambda eh + \lambda^*)z_1} \lambda z_1 M \quad (18)$$

$$w^* = \frac{1}{e(+\gamma h\phi^* - (\lambda eh - \lambda^*)z_1)} (S_1 + hc_{ir}S_r + c_{id}S_r) \quad (19)$$

$$q_d^* = \frac{1}{-\gamma h\phi^* - (-\lambda eh + \lambda^*)z_1} h\phi T \quad (20)$$

$$p^* = \frac{1}{e(+\gamma h\phi^* - (\lambda eh - \lambda^*)z_1)} (K_1 + c_{ir}K_r + K_r + c_{id}K_f) \quad (21)$$

مقادیر N_1 تا N_d ، S_1 تا S_r ، M ، T و K_1 تا K_f و اثبات روابط در ادامه‌ی پیوست ارائه شده است.

قضیه‌ی ۲: پس از حل مسئله با استفاده از روش استنتاج بازگشتی، مقادیر تعادلی متغیرهای تصمیم در روابط ۲۲ الی ۲۶ ارائه شده است:

$$m^* = \frac{1}{\delta(-h\phi^* - \gamma(-\lambda eh + \lambda^*)z_1)} (A_1 - c_{is}A_1 - c_oA_r) \quad (22)$$

$$l_{ig}^* = \frac{1}{(-h\phi^* - \gamma(-\lambda eh + \lambda^*)z_1)} \lambda z_1 M \quad (23)$$

$$w^* = \frac{1}{-h\phi^* - \gamma(-\lambda eh + \lambda^*)z_1} (c_1 + \gamma c_o z_1 c_r + \frac{1}{e} c_{is} c_r - c_f) \quad (24)$$

$$q_d^* = \frac{1}{-h\phi^* - \gamma(-\lambda eh + \lambda^*)z_1} h\phi T \quad (25)$$

$$p^* = \frac{1}{e(+h\phi^* - (\lambda eh - \gamma\lambda^*)z_1)} (F_1 + c_{ir}F_r - F_r + c_{id}F_f) \quad (26)$$

مقادیر A_1 تا A_f ، c_1 تا c_f ، M ، T و F_1 تا F_f و اثبات قضیه ۲ در ادامه‌ی پیوست ارائه شده است.

قضیه‌ی ۳: پس از حل مدل با استفاده از روش بازگشتی، مقدار تعادلی متغیرهای تصمیم هر سطح به صورت روابط ۲۷ الی ۳۱ است:

$$m^* = \frac{1}{\delta(-h\phi^* - \gamma(-\gamma eh + \lambda^*)z_1)} (Y_1 + c_{is}Y_r + Y_r + c_oY_f) \quad (27)$$

$$l_{ig}^* = \frac{1}{-\gamma h\phi^* - \gamma(-\gamma eh + \lambda^*)z_1} \lambda z_1 M \quad (28)$$

$$w^* = \frac{1}{\gamma(-h\phi^* - \gamma(-\gamma eh + \lambda^*)z_1)} (Y_r + c_{is}z_1Y_v + Y_\lambda + c_o z_1Y_q + \frac{1}{e} z_1 c_{ir}Y_{11} + Y_{11}) \quad (29)$$

$$q_d^* = \frac{1}{-\gamma h\phi^* - \gamma(-\gamma eh + \lambda^*)z_1} h\phi T \quad (30)$$

$$p^* = \frac{1}{\gamma} (Y_r - \frac{1}{h\phi^* + \gamma(-\gamma eh + \lambda^*)z_1} (Y_r + c_{is}z_1Y_v + Y_\lambda + c_o z_1Y_q + \frac{1}{e} z_1 c_{ir}Y_{11} + Y_{11})) \quad (31)$$

مقادیر Y_1 تا Y_{11} ، M و T و اثبات قضیه‌ی ۳ در ادامه‌ی پیوست ارائه شده است.

قضیه‌ی ۴: پس از حل مدل با استفاده از بازی نش بین اعضا، روابط ۳۲ الی ۳۶ برای مقادیر تعادلی متغیرهای تصمیم هر سطح حاصل می‌شود:

$$m^* = \frac{1}{\delta(-h\phi^* - (-\gamma eh + \lambda^*)z_1)} (J_1 + c_{is}J_r + J_r + c_oJ_f) \quad (32)$$

$$l_{ig}^* = \frac{1}{-h\phi^* - (-\gamma eh + \lambda^*)z_1} \lambda z_1 M \quad (33)$$

$$w^* = \frac{1}{h\phi^* + (-\gamma eh + \lambda^*)z_1} (J_\delta + c_{is}J_r + J_v + c_{id}J_\lambda) \quad (34)$$

$$q_d^* = \frac{1}{-h\phi^* - (-\gamma eh + \lambda^*)z_1} h\phi T \quad (35)$$

$$p^* = \frac{1}{h\phi^* + (-\gamma eh + \lambda^*)z_1} (J_q + c_{ir}J_{11} + J_{11} + c_{id}J_{12}) \quad (36)$$

مقادیر J_1 تا J_{12} و اثبات قضیه‌ی ۴ در ادامه‌ی پیوست ارائه شده است.

قضیه‌ی ۵: مقادیر تعادلی متغیرهای تصمیم هر سطح پس از حل مدل به صورت روابط ۳۷ الی ۴۱ در پیوست ارائه شده است:

$$m^* = \frac{1}{e\delta(+\gamma h\phi^* - (\lambda eh - \lambda^*)z_1)} U_1 \quad (37)$$

$$l_{ig}^* = \frac{\lambda z_1 (a - e(c_{id} + c_{ir} + \delta c_{is}) + \gamma \lambda N_1 + \xi(s, \alpha))}{-\gamma h\phi^* - (\lambda eh - \lambda^*)z_1} \quad (38)$$

$$w^* = \frac{1}{e(+\gamma h\phi^* - (\lambda eh - \lambda^*)z_1)} U_r \quad (39)$$

$$q_d^* = \frac{h\varphi(a - e(c_{td} + c_{tr} + \delta c_{ts}) + \gamma\lambda N_i + \xi(s_i + \alpha_i))}{-2h\varphi^* - (-\lambda eh + \lambda^*)z_i} \quad (40)$$

$$p^* = \frac{1}{+2eh\varphi^* - e(\lambda eh - \lambda^*)z_i} U_r \quad (41)$$

مقادیر U_1 تا U_7 و اثبات قضیه‌ی ۵ در ادامه‌ی پیوست ارائه شده است.

قضیه‌ی ۶: مقادیر تعادلی متغیرهای تصمیم هر سطح پس از حل مدل به صورت روابط ۴۲ الی ۴۶ است:

$$m^* = \frac{U_\lambda}{\delta(h\varphi^* + 2(-\lambda eh + \lambda^*)z_i)} \quad (42)$$

$$l_{ig}^* = \frac{\lambda z_i(a - e(c_{td} + c_{tr} + \delta c_{ts}) + \gamma\lambda N_i + \xi(s_i + \alpha_i))}{-h\varphi^* - 2(-\lambda eh + \lambda^*)z_i} \quad (43)$$

$$w^* = \frac{U_9}{e(-h\varphi^* + (\lambda eh - 2\lambda^*)z_i)} \quad (44)$$

$$q_d^* = \frac{h\varphi(a - e(c_{td} + c_{tr} + \delta c_{ts}) + \gamma\lambda N_i + \xi(s_i + \alpha_i))}{-h\varphi^* - 2(-\lambda eh + \lambda^*)z_i} \quad (45)$$

$$p^* = \frac{1}{e(-h\varphi^* + (\lambda eh - 2\lambda^*)z_i)} U_{10} \quad (46)$$

مقادیر U_λ تا U_{10} و اثبات قضیه‌ی ۶ در ادامه‌ی پیوست ارائه شده است.

قضیه‌ی ۷: مقادیر تعادلی متغیرهای تصمیم هر سطح پس از حل مدل به صورت روابط ۴۷ الی ۵۱ است:

$$m^* = \frac{U_{11}}{2\delta(h\varphi^* + 2(-\lambda eh + \lambda^*)z_i)} \quad (47)$$

$$l_{ig}^* = \frac{\lambda z_i(a - e(c_{td} + c_{tr} + \delta c_{ts}) + \gamma\lambda N_i + \xi(s_i + \alpha_i))}{-2h\varphi^* - 4(-\lambda eh + \lambda^*)z_i} \quad (48)$$

$$w^* = \frac{U_{12}}{-2eh\varphi^* + 4e(2eh - \lambda^*)z_i} \quad (49)$$

$$q_d^* = -\frac{h\varphi(a - e(c_{td} + c_{tr} + \delta c_{ts}) + \gamma\lambda N_i + \xi(s_i + \alpha_i))}{2h\varphi^* + 4(-\lambda eh + \lambda^*)z_i} \quad (50)$$

$$p^* = \frac{a - e(c_{td} - c_{tr} + \delta c_{ts}) + \gamma\lambda N_i + \xi(s_i + \alpha_i)}{2e} + \frac{U_{12}}{-2eh\varphi^* + 4e(2eh - \lambda^*)z_i} \quad (51)$$

مقادیر U_{11} و U_{12} و اثبات قضیه‌ی ۷ در ادامه‌ی پیوست ارائه شده است.

قضیه‌ی ۸: مقادیر تعادلی متغیرهای تصمیم به صورت روابط ۵۲ الی (۵۶) است:

$$m^* = \frac{\delta c_{ts} (h\varphi^* + (-\varphi eh + \lambda^*) z_1) - h z_1 (a - e(c_{td} + c_{tr}) + \gamma \lambda N_1 + \xi(s_1 + \alpha_1))}{\delta (h\varphi^* + (-\varphi eh + \lambda^*) z_1)} \quad (52)$$

$$l_{ig}^* = \frac{\lambda z_1 (a - e(c_{td} + c_{tr} + \delta c_{ts}) + \gamma \lambda N_1 + \xi(s_1 + \alpha_1))}{-h\varphi^* - (-\varphi eh + \lambda^*) z_1} \quad (53)$$

$$w^* = \frac{U_{13}}{h\varphi^* + (-\varphi eh + \lambda^*) z_1} \quad (54)$$

$$q_d^* = \frac{h\varphi (a - e(c_{td} + c_{tr} + \delta c_{ts}) + \gamma \lambda N_1 + \xi(s_1 + \alpha_1))}{-h\varphi^* - (-\varphi eh + \lambda^*) z_1} \quad (55)$$

$$p^* = \frac{U_{14}}{h\varphi^* + (-\varphi eh + \lambda^*) z_1} \quad (56)$$

مقادیر U_{13} و U_{14} و اثبات قضیه‌ی ۸ در ادامه‌ی پیوست ارائه شده است.

$$c_o + c_{ir} + c_{id} + c_{is} \leq e(c_{td} + c_{tr} + \delta c_{ts}) \theta U_{\varphi} \quad (57)$$

$$U_{\varphi} = \left(\frac{1}{e - \xi(\sigma + \tau)} + \frac{1}{e\delta - \gamma\lambda\mu - \xi(\sigma + \tau)} + \frac{1}{e - \xi(\sigma + \tau) - \varphi\theta_1} \right) \frac{1}{-e(\varphi + \delta) + \gamma\lambda\mu + \xi(\sigma + \tau) + \varphi\theta_1} \quad (58)$$

جدول ۱. مقادیر عددی پارامترها.

Parameter	Value	Parameter	Value
a	20000	c_{ir} (\$)	2000
e	0.9	c_{id} (\$)	3000
σ	0.8	c_{is} (\$)	3000
λ	0.75	θ_1	0.8
τ	0.75	z_1	3
ϕ	0.85	γ	0.8
$\theta_1 \in [21, 16]$	0.35	μ	0.9
h	3	ζ	0.85
c_{tr} (\$)	4000	δ	0.6
c_{id} (\$)	7000	s_1	6000
c_{ts} (\$)	9000	α_1	7000
c_o (\$)	1000	N_1	7000

جدول ۲. نتایج عددی حاصل از سناریوها.

Variables	Scenario							
	Supplier as leader		Manufacturer as leader		Retailer as leader		Vertical Nash	
	With invest.	Without invest.	With invest.	Without invest.	With invest.	Without invest.	With invest.	Without invest.
$\pi_d (m\$)$	43.7	15.5	84.3	30.0	46.5	16.5	86.1	30.6
$\pi_r (m\$)$	23.4	83.4	23.0	8.2	93.0	33.1	99.4	35.3
$\pi_s (m\$)$	85.0	30.2	43.7	15.5	25.1	8.95	89.0	31.7
D	4593.6	2740.0	4556.4	2718.7	5026.5	2999.3	9458.7	5644.0
$P(\$)$	54422.3	36903.3	54444.0	36916.8	54170.2	36753.4	51589.3	35213.5
$w(\$)$	43718.2	29858.3	43781.3	29895.9	30051.6	21713.4	35479.4	24942.3
$m(\$)$	41600.4	27945.3	26725.5	19069.6	19158.4	14544.4	27363.2	19451.6
q_d	1446.1	862.9	1434.4	855.9	1582.4	944.2	2977.2	1778.6
l_{ig}	1276.0	761.4	1265.7	755.2	1396.3	833.1	2627.4	1567.8

جدول ۳. نتایج زنجیره‌ی تأمین دوسطحی در محیط کلان‌داده.

Variables	Scenarios		
	Manufacturer as leader	Retailer as leader	Vertical Nash
$\pi_d (m\$)$	124.66	67.14	107.96
$\pi_r (m\$)$	66.79	134.29	124.64
D	7753.70	8352.53	10591.3
$P(\$)$	3995.69	39508.37	37686.42
$w(\$)$	2440.98	17830.59	20318.21
q_d	25780.46	2629.50	3334.32