

بررسی سرمایه‌گذاری کلان داده در یک زنجیره تأمین سبز سه سطحی: رویکرد نظریه بازی

زهراسماعیلی خوزانی

کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی صنایع و سیستمها، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران

z.esmaeeli@in.iut.ac.ir

ناصر ملاوردی

استادیار، دانشکده مهندسی صنایع و سیستمها، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران

naserm@iut.ac.ir

سروش صفرزاده^۱

استادیار، گروه مهندسی صنایع، دانشکده علوم فنی، دانشگاه صنعتی قوچان، قوچان، ایران

s.safarzadeh@qiet.ac.ir

چکیده

پیشرفت‌های شگرف تکنولوژی در دهه‌های اخیر توجه بسیاری را به سمت کلان داده‌ها و استخراج دانش و اطلاعات مفید از آن‌ها جلب کرده است. در این پژوهش یک زنجیره تأمین سه سطحی شامل خرده‌فروش، تولیدکننده و تأمین‌کننده در ساختارهای مختلف قدرت مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. اعضای این زنجیره در تجزیه و تحلیل کلان داده سرمایه‌گذاری می‌کنند و متناسب با آن از مزایای این سرمایه‌گذاری برخوردار می‌شوند. به منظور بررسی شرایط شدنی و عوامل تأثیرگذار بر سرمایه‌گذاری کلان داده در ساختارهای مختلف قدرت، مدل مسئله در دو حالت سرمایه‌گذاری کلان داده و بدون آن بررسی می‌شود. نتایج حاکی از تأثیر مستقیم میزان کارایی سرمایه‌گذاری و ضریب بهبود هزینه بر حدود شدنی سرمایه‌گذاری کلان داده برای کل اعضا زنجیره است. همچنین یافته‌ها نشان می‌دهد که سرمایه‌گذاری کلان داده موجب بهبود سود تعادلی اعضا، افزایش قیمت تعادلی محصولات و افزایش سطح تعادلی نوآوری سبز و کیفیت محصولات در همه ساختارهای قدرت می‌شود.

کلمات کلیدی: سرمایه‌گذاری کلان داده، زنجیره تأمین سبز، کیفیت محصول، نوآوری سبز، نظریه بازی.

^۱ نویسنده مسئول

Investigating big data investment in a three-level green supply chain: A game theoretic approach

Z. Esmaeeli Khoozani , z.esmaeeli@in.iut.ac.ir

M.Sc. degree, Department of Industrial and Systems Engineering, Isfahan University of Technology,
Isfahan, Iran

N. Mollaverdi, naserm@iut.ac.ir

Assistant Professor, Department of Industrial and Systems Engineering, Isfahan University of
Technology, Isfahan, Iran

S. Safarzadeh¹, s.safarzadeh@qiet.ac.ir

Assistant Professor, Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering Science, Quchan
University of Technology, Quchan, Iran

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.

Keywords: Big data investment, Green supply chain, Product quality, Green innovation, Game theory.

(corresponding author)¹

۱. مقدمه

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 همه این داده‌ها ضروری است و می‌تواند مزیت رقابتی برای شرکت به ارمغان آورد. اکنون بخشی از هر سازمان و عملکرد اقتصاد جهانی را کلان داده‌هایی تشکیل می‌دهند که قابلیت جمع‌آوری، ذخیره و تحلیل دارند. امکانات استفاده از کلان داده 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 کلان داده به یک عامل مهم برای عملیات زنجیره تأمین تبدیل شده است. درک بهتر ترجیحات مصرف‌کننده، پیش‌بینی دقیق نیازهای مشتریان، بهره‌وری و ارزیابی ریسک زنجیره تأمین، قابلیت ردیابی زنجیره تأمین، بهبود زمان واکنش و تحول سفارش به چرخه، اندازه‌گیری و ارزیابی تأثیر مالی تصمیمات قبل از اجرا، مدیریت موجودی، توزیع و تدارکات بهتر، ایجاد پروفایل‌های جامع از تأمین‌کنندگان و فراهم نمودن فضای مذاکرات کارآمدتر با آنان و تسریع و تسهیل فرآیندهای مدیریت زنجیره تأمین سبب 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 کلان داده برای کسب و کار و زنجیره تأمین خود بهره گرفته‌اند. از جمله این شرکت‌ها می‌توان به آمازون، نتفلیکس و گوگل اشاره کرد [۲، ۳]. به عنوان مثال آمازون از داده‌های مشتریان، سفارشات، 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^۱ نیز گام‌هایی در زمینه کلان داده برداشته‌اند تا رقابت خود را در مدیریت زنجیره تأمین و لجستیک جهانی افزایش دهند. بدین منظور گزارش شده است که این شرکت سالانه ۱ میلیارد دلار برای تجزیه و تحلیل کلان داده هزینه می‌کند تا تجارت حمل و نقل را تغییر دهد و هزینه‌های سوخت و شرکت را کاهش دهد [۴]. شرکت والمارت نیز به عنوان یکی از شرکت‌های بزرگ دنیا، از طریق تجزیه و تحلیل کلان داده به موفقیت چشمگیری در زنجیره تأمین دست یافته است [۵]. این شرکت از داده‌های فروش، موجودی، تقاضا و عملکرد تأمین‌کنندگان برای بهینه‌سازی موجودی، پیش‌بینی تقاضا و بهبود عملکرد زنجیره تأمین خود استفاده می‌کند.

در سال‌های اخیر تشدید مشکلات زیست محیطی در سراسر جهان، توجه بیش از پیش سیاست‌گذاران و مردم را به مسائل زیست محیطی جلب کرده است. در این راستا فعالیت‌هایی که منجر به سبزشازی و پایداری عملیات زنجیره تأمین می‌شوند، بسیار مورد توجه قرار گرفته است. تا جایی که در

بسیاری از کشورها، ایجاد و اجرای مدیریت زنجیره تأمین سبز یکی از وظایف استراتژیک توسعه شرکت‌ها است [۶]. در این بین مطابق تحقیقات اخیر، کلان داده‌ها و تجزیه و تحلیل آن به عنوان یکی از ابزارهای صنعت نسل چهارم می‌تواند در مدیریت زنجیره تأمین سبز موثر واقع شود. بنابراین استفاده از تجزیه و تحلیل کلان داده در موفقیت برنامه‌ریزی استراتژیک سازمان به منظور دستیابی به اهداف سبز و پایدار شرکت‌ها کمک‌کننده است. این مسئله در راستای اهداف توسعه پایدار سازمان ملل است که خواستار جمع‌آوری، پردازش و توزیع انواع داده‌ها برای سیاست‌گذاری، نظارت و ارزیابی پیشرفت مؤثر است [۷]. به منظور تسهیل فرآیندهای زنجیره تأمین سبز به ویژه در اقتصادهای نوظهور مانند هند و چین، شرکت‌ها برای مدیریت مسائل محیطی درون و بین شرکتی به طور گسترده‌ای از فناوری‌های دیجیتال مانند حسگرها و دستگاه‌های تشخیص هوشمند استفاده می‌کنند. همچنین تجزیه و تحلیل لحظه‌ای داده‌های مصرف انرژی و داده‌های انتشار کربن در محیط کلان داده به صورت پویا امکان‌پذیر می‌باشد که این موضوع بهینه‌سازی فرآیندهای تولید با هدف صرفه جویی در مصرف انرژی و کاهش انتشار را پشتیبانی می‌کند [۸]. کلان داده‌ها می‌توانند به ایجاد بینش‌های جدیدی در زمینه مسائل زیست محیطی کمک کنند. به این صورت که با کمک تجزیه و تحلیل کلان داده می‌توان بخش‌ها و اعضای یک زنجیره تأمین را که فعالیت‌های آن‌ها ناپایدار است، شناسایی کرده و اقدامات اصلاحی انجام داد. همچنین به طور کلی نتایج نشان می‌دهند که تجزیه و تحلیل کلان داده پایداری زنجیره تأمین تولید را افزایش می‌دهد [۹].

با توجه به آنچه تاکنون درباره آن بحث شد؛ استفاده از تجزیه و تحلیل کلان داده در بازار رقابتی امروز بسیار پر اهمیت است و می‌تواند نقش اساسی در بهینه‌سازی فرایندهای زنجیره و کاهش اثرات زیست

محیطی آن داشته باشد. با این حال شرکت‌های بسیاری در برنامه‌ریزی برای پیاده‌سازی آن با مشکل مواجه هستند. بنابراین هدف این تحقیق ارائه بینش‌های مدیریتی در زمینه سرمایه‌گذاری کلان داده و شرایط بهینه و شدنی این سرمایه‌گذاری در ساختارهای مختلف قدرت زنجیره تأمین است.

تا جایی که بررسی‌های ما نشان می‌دهد، مدل‌های ریاضی در نظر گرفته شده در پژوهش‌های قبلی به طور کامل به ارزش افزوده‌ای که سرمایه‌گذاری کلان داده می‌تواند برای مشتریان و سازمان داشته باشد، نپرداختند. همچنین بیشتر مطالعات به بررسی زنجیره تأمین در دو سطح تولیدکننده و خرده‌فروش محدود شده‌اند. در حالی که افراد بیشتری در یک زنجیره تأمین کالا و خدمات دخیل هستند و این شرایط می‌تواند بر سود اعضا و متغیرهای تصمیم آن‌ها تأثیرگذار باشد. از این رو این پژوهش یک زنجیره تأمین سه سطحی شامل یک خرده فروش، یک تولیدکننده و یک تأمین‌کننده سبز در محیط کلان داده را در نظر می‌گیرد. این پژوهش به سؤالات زیر پاسخ می‌دهد:

- چگونه ساختارهای مختلف قدرت زنجیره تأمین در محیط کلان داده بر متغیرهای تعادلی تصمیم و سود تعادلی اعضا تأثیر می‌گذارند؟
- شرایط شدنی سرمایه‌گذاری کلان داده در ساختارهای مختلف قدرت به چه صورت است؟
- چه عواملی سبب افزایش سرمایه‌گذاری کلان داده در زنجیره تأمین و چه عواملی تأثیر منفی بر سرمایه‌گذاری کلان داده دارند؟

برای پاسخگویی به سؤالات تحقیق، یک مسئله نظریه بازی در سه سطح خرده‌فروش، تولیدکننده و تأمین‌کننده در شرایط سرمایه‌گذاری کلان داده در نظر گرفته شده است. علاوه بر این، به منظور بررسی شرایط

شدنی سرمایه‌گذاری در ساختارهای مختلف قدرت، دو حالت سرمایه‌گذاری کلان داده و بدون سرمایه‌گذاری را مورد ارزیابی قرار می‌دهیم. سپس، راه‌حل‌های بهینه را با استفاده از تحلیل پارامتری و عددی به تفصیل تحلیل می‌کنیم و پیشنهادات مدیریتی متناسب با آن ارائه می‌دهیم. مطالعه حاضر به شرح زیر سازماندهی شده است. بخش ۲ آثار علمی و مشارکت‌های مقاله را ارائه می‌دهد. در بخش ۳، فرمول مسئله و سناریوها شرح داده شده است. بخش ۴ نتایج بدست آمده و تحلیل حساسیت یک مثال عددی را با جزئیات توضیح می‌دهد. نهایتاً، نتیجه‌گیری، بینش‌ها و پیشنهادات مدیریتی در بخش ۵ جمع‌بندی شده‌اند.

۲. مرور ادبیات موضوع

استفاده نادرست و بی‌رویه از منابع طبیعی و ایجاد آلاینده‌ها و مواد شیمیایی خطرناک و در پی آن گرم‌تر شدن کره زمین، محیط زیست و آینده زندگی انسان و کره زمین را به شدت در معرض خطر قرار داده است. با افزایش آگاهی‌های زیست محیطی بسیاری از مردم و سیاست‌گذاران در مورد این مسئله نگران‌اند و قوانین و سیاست‌هایی نیز در این خصوص به وجود آمده است. توجه و سرمایه‌گذاری در نوآوری سبز نیز یکی از راه‌هایی است که علاوه بر این که عواقب زیست محیطی تولیدات شرکت‌ها را به حداقل می‌رساند، به واسطه نوآوری‌های صورت گرفته در فرآیندها و محصولات می‌تواند مشتریان بیشتری را جذب کرده و رضایت هر چه بیشتر آن‌ها را در پی داشته باشد. در همین راستا لی و همکاران با بکارگیری اصول چانه زنی بازی نش و تجزیه و تحلیل مدل بازی تکاملی، مکانیسم‌های شکل‌گیری و اجرای همکاری برای ایجاد نوآوری را بین سازنده و تأمین‌کننده مورد بررسی قرار دادند [۱۰]. ما و همکاران نیز به بررسی ترجیحات شرکت‌ها برای نوآوری سبز طی یک بازی سه نفره در زنجیره تأمین پرداختند. سناریو بازی به این صورت است که در آن دولت یارانه‌هایی به ازای قیمت، نوآوری، یا هر دو به تولیدکننده و خرده‌فروش ارائه می‌کند. در این پژوهش

همکاری تولیدکننده و خرده‌فروش با استفاده از قراردادهای تقسیم درآمد و تقسیم هزینه مورد ارزیابی قرار گرفت [۱۱]. در این بین تأمین‌کنندگان نیز به عنوان یکی از اعضای کلیدی زنجیره تأمین می‌توانند نقش موثری در اجرای پروژه‌های سبزسازی ایفا کنند. تعداد نمونه‌های زیادی وجود دارد که نشان می‌دهد شرکت‌هایی که عموماً خود در فعالیت‌های زیست محیطی فعال هستند، تأمین‌کنندگان خود را از نظر ابتکارات پایداری مورد ارزیابی قرار می‌دهند [۱۲، ۱۳]. سیورینگ و مولر نیز آموزش کارکنان خریدار و تأمین‌کنندگان را به عنوان یک عامل حمایت‌کننده برای مدیریت زنجیره تأمین پایدار ذکر کردند و مدیریت تأمین‌کننده را به عنوان راهی برای مدیریت ریسک‌های پایداری و عملکرد شناسایی کردند [۱۴].

از سوی دیگر مطابق تحقیقات اخیر، کلان داده‌ها و تجزیه و تحلیل آن به عنوان یکی از ابزارهای صنعت نسل چهارم می‌تواند در مدیریت زنجیره تأمین سبز موثر مواقع شود. طی پژوهشی نیسار و همکاران با دیدگاه کلان داده به بررسی عملکرد مدیریت زنجیره تأمین پایدار در دوران پس از کوید ۱۹ در اقتصادهای در حال ظهور پرداختند. نتایج مطالعه آن‌ها نشان داد که قابلیت‌های تجزیه و تحلیل کلان داده‌ها به طور قابل توجهی به مدیریت ریسک زنجیره تأمین و توسعه محصول سبز نوآورانه کمک می‌کند و در نهایت نوآوری و عملکرد یادگیری را افزایش می‌دهد [۱۵]. در مطالعه دیگری نیز که با استفاده از روش معادلات ساختاری و تحلیل ۴۲۰ داده از بخش تولید مواد غذایی و نوشیدنی در اردن صورت گرفت؛ نتایج تجزیه و تحلیل داده‌های آن، از یک رابطه مثبت بین قابلیت‌های تجزیه و تحلیل کلان داده‌ها و عملکرد زنجیره تأمین سبز و همچنین اثر واسطه‌ای نوآوری سبز پشتیبانی می‌کند [۱۶]. در راستای تایید نقش تجزیه و تحلیل کلان داده بر زنجیره تأمین سبز، بگ و همکاران نیز در مطالعه‌ای به ارزیابی نقش قابلیت تجزیه و تحلیل کلان داده به عنوان یک رویکرد تعالی عملیاتی در بهبود عملکرد زنجیره تأمین پایدار پرداختند. این پژوهش با استفاده از ۵۲۰ پاسخ مدیران معدن در آفریقای جنوبی و مدل‌سازی معادلات

ساختاری صورت پذیرفت. نتایج نشان داد که قابلیت‌های مدیریت تجزیه و تحلیل کلان داده‌ها تأثیر قوی و قابل توجهی بر توسعه محصول سبز نوآورانه و نتایج زنجیره تأمین پایدار دارد [۱۷].

وجود رقابت شدید در کسب و کارهای امروزی سبب گردیده تا شرکت‌ها از هر فرصتی برای به دست آوردن مزیت رقابتی نسبت رقبا استفاده کنند. کیفیت محصول و تجربه مشتری از فاکتورهای مهمی هستند که می‌توانند معادلات رقابتی بازار را تغییر دهند و عدم توجه به آن‌ها می‌تواند شرکت را از چرخه رقابت حذف کند. از این رو مقالات متعددی به مسئله کیفیت محصولات از جمله کیفیت درک شده [۱۸] و عوامل تأثیرگذار بر کیفیت محصول [۱۹] پرداخته‌اند. مطلق و همکاران نیز در پژوهشی با رویکرد نظریه بازی تصمیمات قیمت‌گذاری و بهبود کیفیت در زنجیره تلفن همراه را بررسی کردند [۲۰]. مقاله دیگری نیز با در نظر گرفتن سطوح قیمت و کیفیت به عنوان متغیرهای تصمیم‌گیری در یک زنجیره تأمین سه طبقه متشکل از یک تأمین‌کننده، یک تولیدکننده و یک خرده‌فروش، مسئله تبلیغات مشارکتی عمودی را بررسی کرد [۲۱].

سرمایه‌گذاری در تجزیه و تحلیل کلان داده نیز در بهبود تجربه مشتری [۲۲] و کنترل و پیش‌بینی نقص‌های کیفی محصولات و در نتیجه ارتقا کیفیت محصولات [۲۳] می‌تواند موثر واقع شوند. در همین راستا پژوهش‌هایی از تجزیه و تحلیل کلان داده برای مدیریت تجربه مشتری بهره گرفته‌اند [۲۴]، [۲۵].

در دهه‌های اخیر و با افزایش اهمیت کلان داده‌ها در زنجیره تأمین مطالعات بسیاری به این حوزه روی آورده‌اند. به عنوان مثال در مقاله‌ای تحولات جاری در کلان داده برای مدیریت زنجیره تأمین در سراسر جهان از جمله آمریکای شمالی، اروپا و منطقه آسیا و اقیانوسیه مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. چالش‌ها، فرصت‌ها و چشم‌انداز زنجیره تأمین در محیط کلان داده بررسی شد [۴]. همچنین چارچوبی برای نحوه استفاده از کلان داده‌ها برای هدایت زنجیره تأمین ارائه شد [۲۶]. لیو و همکاران قوانین قیمت‌گذاری و

هماهنگی در یک زنجیره تأمین کم‌کربن را با در نظر گرفتن ورودی‌های کلان داده و تبلیغات هدفمند مورد بحث قرار دادند [۲۷]. استراتژی‌های قیمت‌گذاری در یک زنجیره تأمین دو سطحی با در نظر گرفتن ورودی‌های درجه سبز محصول و تبلیغات هدفمند در عرصه کلان داده نیز توسط لیو و همکاران ارزیابی شد [۲۸]. قوانین قیمت‌گذاری در زنجیره تأمین سبز با ورودی‌های کلان داده و سرمایه‌گذاری تحقیق و توسعه جهت توسعه درجه سبز محصولات بررسی شد و مدل اشتراک هزینه نیز به منظور کاهش هزینه‌های سرمایه‌گذاری کلان داده و تحقیق و توسعه مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت [۶]. تجزیه و تحلیل استراتژی سفارشی‌سازی برای عملیات تجارت الکترونیک بر اساس کلان داده‌ها نیز طی مقاله‌ای بررسی شد. این مقاله به منظور بهبود کارایی سفارشی‌سازی و کاهش هزینه سفارشی‌سازی در محیط کلان داده، از قرارداد اشتراک هزینه، مکانیسم قیمت‌گذاری، مدل هتلینگ و ابزارهای نظریه بازی و روش‌های تحقیق، برای تجارت الکترونیک استفاده کرد [۲۹]. در مقاله‌ای با توسعه مدل‌های نظریه بازی، تأثیر سرمایه‌گذاری اعضای زنجیره تأمین در خدمات کلان داده بر سود اعضا بررسی شد. ساختار مورد بررسی در این مقاله، یک زنجیره تأمین دو کاناله متشکل از یک تولیدکننده و یک خرده‌فروش است. سرمایه‌گذاری خدمات کلان داده هر کدام از اعضا بر یک کانال یا هر دو کانال مورد ارزیابی قرار گرفت. در نهایت، نتایج حاصل بر سود اعضا مورد تحلیل واقع شد و پیشنهادات مدیریتی و روشنگری‌هایی ارائه گردید [۳۰]. در مقاله دیگری نیز لیو و همکاران قوانین قیمت‌گذاری در زنجیره تأمین سبز دو کاناله رقابتی با ورودی‌های کلان داده و سرمایه‌گذاری تحقیق و توسعه را بررسی کردند. در این مقاله تابع تقاضای بازار متناسب با دو کانال سنتی و آنلاین و وفاداری مشتریان به هر کانال، به روز رسانی شد [۳۱]. تصمیم

سرما یه گذاری و هماهنگی زنجیره تأمین سبز کشاورزی با در نظر گرفتن خدمات اطلاعاتی مبتنی بر بلاک چین و کلان داده و با استفاده از تکنیک نظریه بازی مورد بررسی قرار گرفت. در این خصوص قرارداد تقسیم هزینه و درآمد برای هماهنگ کردن زنجیره تأمین ارزیابی شد [۳۲]. هیو و همکاران نیز با استفاده از نظریه بازی به بررسی تصمیم‌گیری‌ها و مسائل هماهنگی یک زنجیره تأمین سبز پرداختند که در آن خرده‌فروش آنلاین تبلیغات هدفمند کلان داده‌ها را انجام می‌دهد. در این مقاله یک مدل متمرکز و دو مدل بازی استکلبرگ به رهبری خرده‌فروشی آنلاین و تولیدکننده مورد بررسی قرار گرفت. دو قرارداد قیمت عمده‌فروشی صفر و قیمت عمده‌فروشی حریصانه جهت ایجاد هماهنگی در زنجیره ارزیابی شد [۳۳].

در نهایت خلاصه‌ای از ادبیات موضوع در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱. جمع‌بندی ادبیات موضوع پژوهش حاضر

مقاله	سال	سرمایه‌گذاری کلان داده	نوآوری سبز	کیفیت محصول	تجربه مشتری	اعضای زنجیره تأمین تولیدکننده خرده‌فروش تأمین‌کننده	نظریه بازی	ساختارهای مختلف قدرت
لیو	۲۰۱۹	✓				✓	✓	
چن	۲۰۲۱	✓				✓		
هیو و همکاران	۲۰۲۲	✓				✓	✓	
الخطیب	۲۰۲۲	✓	✓					
مطلق و همکاران	۲۰۱۹			✓		✓	✓	
نیسار و همکاران	۲۰۲۲	✓	✓					
لیو و زانگ	۲۰۲۲	✓				✓	✓	
لیو و همکاران	۲۰۲۰	✓				✓		
هیو و همکاران	۲۰۲۲	✓				✓	✓	✓
سانگ و همکاران	۲۰۲۲	✓				✓	✓	
لی و همکاران	۲۰۲۰		✓			✓	✓	
بگ و همکاران	۲۰۲۰	✓	✓					
پژوهش فعلی		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

به این مسئله پرداخته‌اند به دلیل صرفه‌جویی در محاسبات و تحلیل راحت‌تر، عموماً زنجیره را در دو سطح تولیدکننده و خرده‌فروش مورد بررسی قرار داده‌اند و از بسیاری از عوامل اثرگذار بر آن چشم‌پوشی کرده‌اند. تنها در نظر گرفتن زنجیره تأمین به صورت یک زنجیره دو سطحی در مقاله [۳۴] نیز عنوان شکاف پژوهشی شناخته شده است. همچنین پژوهش‌هایی که با استفاده از ابزار نظریه بازی به بررسی سرمایه‌گذاری کلان داده در زنجیره تأمین پرداخته‌اند، به ارزش

بیشتر پژوهش‌های موجود در زمینه تأثیرکلان داده در زنجیره تأمین سبز به صورت کیفی و مفهومی ارائه شده‌اند. پژوهش‌های متمرکز بر قوانین قیمت‌گذاری زنجیره تأمین سبز در محیط کلان داده سهم کمتری را به خود اختصاص داده‌اند و موارد نسبتاً کمی در مدلسازی خود مبحث سرمایه‌گذاری کلان داده در زنجیره تأمین سبز را مورد بررسی قرار داده‌اند و نحوه سرمایه‌گذاری، ساختار قدرت و شرایط بهینه همکاری و هماهنگی در آن را به بحث گذاشته‌اند. مواردی هم که

افزوده‌ای که این سرمایه‌گذاری می‌تواند برای مشتریان و سازمان داشته باشد، به طور کامل نپرداخته‌اند.

با توجه به مطالعات فوق و اهمیت نقش تأمین‌کنندگان در زنجیره تأمین، در این پژوهش یک زنجیره تأمین سه سطحی شامل یک خرده فروش، یک تولیدکننده و یک تأمین‌کننده سبز در شرایط سرمایه‌گذاری کلان داده مدنظر می‌باشد؛ که تحت ساختارهای مختلف قدرت در زنجیره تأمین، سود تعادلی اعضا و قیمت‌گذاری و شرایط سرمایه‌گذاری کلان داده مورد بررسی قرار می‌گیرد.

نوآوری‌های پژوهش با توجه به ادبیات موضوع به شرح زیر است:

۱- در این پژوهش با توجه به اهمیت نقش تأمین‌کننده در زنجیره تأمین و به خصوص فرآیندهای سبزی‌سازی، یک زنجیره تأمین سه سطحی مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۲- مطابق ادبیات موضوع تأثیر سرمایه‌گذاری کلان داده بر متغیرها و پارامترهایی که اصولاً تقاضا به آن حساس است نظیر کیفیت، نوآوری سبز و تجربه مشتری از برند در نظر گرفته شد و تابع تقاضا مطابق آن به روز شد.

۳- برای اولین بار در این پژوهش، پارامتر حسن تجربه مشتری از برند به عنوان یکی از فاکتورهای بهبوددهنده تقاضا در نظر گرفته شد.

۴- با توجه به نقش موثر رهبری زنجیره تأمین در سود تعادلی اعضا و مقادیر تعادلی متغیرهای هر سطح، بررسی ساختارهای مختلف قدرت و شرایط موثر بر سرمایه‌گذاری کلان داده در آن‌ها مورد بررسی قرار گرفت. در حالی که

بیشتر پژوهش‌ها در این حوزه، تنها دو حالت متمرکز و غیر متمرکز را مورد توجه قرار داده‌اند.

۳. تعریف مسئله

در این بخش ابتدا تعریف مسئله و مفروضات ارائه می‌شوند. سپس نمادهای مورد استفاده در مطالعه تعریف می‌گردند و مدلسازی ریاضی تشریح می‌شود. در گام بعد نیز سناریوهای مختلف مسئله مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۱.۳. بیان مسئله

در این مسئله یک زنجیره تأمین سه سطحی شامل یک خرده فروش، یک تولیدکننده و یک تأمین‌کننده مدنظر می‌باشد. تأمین‌کننده در نوآوری سبز و تولیدکننده در کیفیت محصول سرمایه‌گذاری می‌کند. همه اعضا زنجیره در تجزیه و تحلیل کلان داده سرمایه‌گذاری دارند و از مزایای این سرمایه‌گذاری برخوردار می‌شوند. مزایا سرمایه‌گذاری کلان داده در این پژوهش شامل دو دسته بهبود در هزینه‌های نگهداری موجودی، تولید و فروش [۶، ۳۵] هر یک از اعضا و بهبود تابع تقاضا کل زنجیره از طریق تأثیرگذاری مثبت بر مولفه‌های مدنظر جامعه متقاضی است. مشابه پژوهش [۳۵]، در این مطالعه نیز اطلاعات کلان داده یک شرکت به اطلاعات کلان داده داخلی و خارجی تقسیم می‌شود. مطابق ادبیات موضوع و با توجه به تأثیری که این سرمایه‌گذاری در بهبود فرآیندها و برآورده‌سازی بهتر خواسته‌های مشتریان دارد، تجزیه و تحلیل کلان داده از نوآوری سبز، بهبود کیفیت محصول و حسن تجربه مشتری از برند پشتیبانی می‌کند. زنجیره تأمین مد نظر در این مطالعه می‌تواند طیف گسترده‌ای از زنجیره تأمین‌های موجود در دنیا واقعی را شامل شود و اختصاص یک زنجیره تأمین خاص نیست. زیرا تقریباً در همه زنجیره‌های تأمین می‌تواند سرمایه‌گذاری کلان داده مورد استفاده

قرار گیرد. همچنین موضوعاتی مانند کیفیت محصول و نوآوری سبز نیز در بسیاری از زنجیره‌های تأمین اعم از مواد غذایی، دارویی و خودروسازی می‌تواند موضوعیت داشته باشد.

۲,۳. مفروضات تحقیق

۱. تولیدکننده و تأمین‌کننده سبز هستند. یعنی مسائل زیست محیطی برای آن‌ها اهمیت دارد و محصولات سازگار با محیط زیست تولید می‌کنند، به عبارتی در تلاش‌اند 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 تأمین‌کننده و خرده فروش کاملاً منطقی و خنثی هستند. خنثی بودن به این معنا که ریسک‌پذیر یا ریسک‌گریز نیستند.

۳. تولیدکننده ظرفیت تولید کافی دارد.

۴. تأمین‌کننده ظرفیت کافی برای تولید مواد اولیه مورد نیاز دارد.

۵. فروش محصول انحصاری است.

۶. برای پیش‌بینی تقاضا و تولید محصولات مورد نیاز مصرف‌کنندگان، لازم است اعضای زنجیره، اطلاعات اولویت مصرف‌کننده را در اختیار داشته باشند.

۷. سرمایه‌گذاری کلان داده از سوی اعضا زنجیره تأمین منجر به افزایش تقاضا از طریق تأثیرگذاری مثبت بر مولفه‌های مد نظر جامعه و کاهش هزینه‌های داخلی هر کدام از اعضا می‌شود.

۸. توابع سرمایه‌گذاری نوآوری سبز و کیفیت محصول مطابق پژوهش‌های پیشین [۲۰, ۳۶] به ترتیب به صورت $\frac{1}{p}hl_{ig}$ و $\frac{1}{p}z_dq_d$ است.

۳,۳. پارامترها و متغیرهای مدل

پارامترها، متغیرهای تصمیم و توابع مورد استفاده در مدل مطابق جدول ۲ است:

جدول ۲. پارامترها و متغیرهای مدل

متغیرهای تصمیم	
p	قیمت خرده‌فروشی (دلار)
w	قیمت عمده‌فروشی (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 داخلی و خارجی یک شرکت و استفاده از آن در برنامه‌ریزی امور می‌توان به کاهش هزینه‌های 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_o	هزینه‌های صرف شده برای به دست آوردن کلان داده ترجیحات مصرف‌کننده (دلار)
C_{td}, C_{tr}, C_{ts}	به ترتیب شامل مجموع هزینه‌های نگهداری موجودی، تولید و فروش تولیدکننده، مجموع هزینه‌های نگهداری موجودی و فروش خرده‌فروش و مجموع هزینه‌های نگهداری موجودی، تولید و فروش تأمین‌کننده است. (دلار)
C_{ir}, C_{id}, C_{is}	به ترتیب هزینه سرمایه‌گذاری کلان داده فرایندهای داخلی خرده‌فروش، تولیدکننده و تأمین‌کننده است. (دلار)
δ	سهم مواد یا قطعات اولیه از محصولات نهایی ($0 < \delta < 1$)
z_1	ضریب هزینه سرمایه‌گذاری 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 ($0 < \gamma < 1$)
λ	ضریب تأثیر موفقیت نوآوری سبز بر تقاضا ($\lambda > 0$)
α	میزان پاسخگویی به تقاضای ناهمگن در حالت بدون سرمایه‌گذاری کلان داده ($\alpha > 0$)
S	سرعت تحویل محصولات در حالت بدون سرمایه‌گذاری کلان داده ($S > 0$)
μ	ضریب کارایی سرمایه‌گذاری کلان داده بر دانش سازمان ($0 < \mu < 1$)
ζ	ضریب تأثیر حسن تجربه مشتری بر تقاضا ($\zeta > 0$)
σ	ضریب کارایی سرمایه‌گذاری کلان داده بر میزان پاسخگویی به تقاضای ناهمگن ($0 < \sigma < 1$)
τ	ضریب کارایی سرمایه‌گذاری کلان داده بر سرعت پاسخگویی به تقاضا ($0 < \tau < 1$)
متغیرهای وابسته	
D	تقاضا کل (تعداد واحد محصول)
π_i	تابع سود هر یک از اعضا $i = [d, r, s]$ که r نشان‌دهنده خرده‌فروش، d نشان‌دهنده تولیدکننده و s نشان‌دهنده تأمین‌کننده است. (دلار)

β_1	ضریب بهبود سطح کیفیت محصولات تولیدکننده ($\beta_1 > 0$)
N_d	موجودی دانش سازمان در حالت سرمایه گذاری در تجزیه و تحلیل کلان داده ($N_d > 0$)
v	میزان موفقیت نوآوری سبز ($v > 0$)
exc	حسن تجربه مشتری از برند ($exc > 0$)
α_d	میزان پاسخگویی به تقاضای ناهمگن در حالت سرمایه گذاری کلان داده ($\alpha_d > 0$)
S_d	سرعت تحویل محصولات در حالت سرمایه گذاری کلان داده ($S_d > 0$)

۴.۳. مدل سازی مسئله

مدل سازی مسئله به شرح روابط (۱) تا (۱۰) است:

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

رابطه (۱) بیانگر تقاضا کل زنجیره می باشد. در این رابطه، تقاضا علاوه بر قیمت محصول (p)، به سطح نوآوری سبز (l_{ig})، کیفیت محصول (q_d) و حسن تجربه مشتری از برند (exc) حساس است. متناسب با سرمایه گذاری کلان داده از سوی اعضا زنجیره، بهبود در مولفه های موفقیت نوآوری سبز (v)، کیفیت محصول (β_1) و حسن تجربه مشتری در نظر گرفته شده است. در نظر گرفتن این بهبود در نتیجه ارتقا و بهبود فرآیندها و هدف گذاری دقیق تر مطابق خواست مشتریان بوده و با سایر سرمایه گذاری ها در زمینه نوآوری سبز و کیفیت محصول که می تواند شامل استخدام نیروی متخصص، بهره گیری از تکنولوژی های نوین، استفاده از مواد اولیه مرغوب تر و... باشد، متفاوت است.

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

مطابق رابطه (۲)، در این مدل میزان موفقیت نوآوری سبز (v) به سطح نوآوری سبز (l_{ig}) حاصل از

سرمایه گذاری در نوآوری سبز و دانش افزوده شده به سازمان به وسیله تجزیه و تحلیل کلان داده ها (N_d) بستگی دارد.

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

طبق رابطه (۳) میزان دانشی که تجزیه و تحلیل کلان داده ها در اختیار شرکت قرار می دهند (N_d)، به میزان و کارایی سرمایه گذاری در تجزیه و تحلیل کلان داده بستگی دارد که در این رابطه μ بیانگر کارایی سرمایه گذاری کلان داده توسط تأمین کننده و c_o و c_{is} به ترتیب بیانگر میزان سرمایه گذاری در کلان داده فرآیندهای داخلی و کلان داده ترجیحات مشتریان از سوی تأمین کننده است.

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

رابطه (۴) نیز بیانگر حسن تجربه مشتری از برند (exc) است که برابر با مجموع میزان پاسخگویی به تقاضا ناهمگن در محیط کلان داده (α_d) و سرعت پاسخگویی به تقاضای سرمایه گذاری کلان داده (S_d) است.

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

تأثیر مثبت سرمایه‌گذاری کلان داده بر α سن تجربه مشتری از طریق اثرگذاری بر دو مولفه میزان پاسخگویی به تقاضای ناهمگن (α) و سرعت پاسخگویی (S)، طبق رابطه (۵) و (۶) در نظر گرفته شده است. به این صورت که با تجزیه و تحلیل کلان داده مصرف‌کنندگان اطلاعات نسبتاً دقیقی از ترجیحات 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 کلان داده میزان پاسخگویی به تقاضای ناهمگن مشتریان و سفارشی‌سازی محصولات و خدمات مطابق انتظارات مصرف‌کنندگان افزایش می‌یابد. بنابراین طی رابطه (۵) میزان پاسخگویی به تقاضای ناهمگن مشتریان در حالت سرمایه‌گذاری کلان داده (α_d) تابعی از میزان پاسخگویی به تقاضای ناهمگن در حالت بدون سرمایه‌گذاری کلان داده کل اعضای زنجیره تأمین ($C_o, C_{ir}, C_{id}, C_{is}$) ضرب در کارایی این سرمایه‌گذاری 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 کلان داده، بینش مناسبی از کاستی‌ها و خلأهای موجود در فرآیندها و پیش‌بینی تقاضا به واسطه آگاهی از ترجیحات مصرف‌کنندگان به وجود می‌آید که این مسئله سبب آمادگی هر چه بیشتر شرکت‌ها برای پاسخگویی به تقاضا و افزایش سرعت پاسخگویی در دوره‌های مختلف می‌شود. بنابراین، در این خصوص در رابطه (۶) سرعت پاسخگویی به تقاضا در حالت سرمایه‌گذاری کلان داده (S_d) برابر با سرعت پاسخگویی در حالت بدون سرمایه‌گذاری (S) به علاوه میزان سرمایه‌گذاری کلان داده کل اعضا ($C_o, C_{ir}, C_{id}, C_{is}$)

C_{ir}, C_{id}, C_{is}) ضرب در میزان کارایی این سرمایه‌گذاری برای بهبود سرعت پاسخگویی (τ) است. در رابطه (۵) و (۶)، تأثیر سرمایه‌گذاری کلان داده کل اعضا زنجیره بر مولفه‌ها در نظر گرفته شده است. زیرا اعضا زنجیره تأمین مانند یک سیستم با هم کار می‌کنند و نقص و ایراد در کار هر کدام از آنها می‌تواند بر محصول نهایی تأثیرگذار باشد.

$$\beta_1 = \theta_1(C_{id} + C_o) \quad (7)$$

همچنین از آنجا که سرمایه‌گذاری در تجزیه و تحلیل کلان داده تأثیرش را به صورت بهبود در سطح کیفی محصولات نشان می‌دهد [۲۳]. طبق رابطه (۷) میزان بهبود در سطح کیفی محصول (β_1) به میزان سرمایه‌گذاری شرکت در تجزیه و تحلیل کلان داده یعنی مجموع C_{id} و C_o و کارایی این سرمایه‌گذاری (θ_1) وابسته است.

$$\pi_r = (p - w - (1 - \theta_1)C_{tr} - C_{ir} - C_o)D \quad (8)$$

رابطه (۸) نشان‌دهنده تابع عایدی خرده‌فروش است که برابر با تفاوت قیمت خرده‌فروشی (p) و مجموع قیمت عمده‌فروشی (w)، هزینه‌های خرده‌فروشی (C_{tr}) و سرمایه‌گذاری کلان داده خرده‌فروش (C_{ir}, C_o) در میزان کل تقاضا (D) است. در این رابطه (θ_1) بیانگر میزان بهبود در هزینه‌های خرده‌فروشی است که در نتیجه تجزیه و تحلیل کلان داده حاصل شده است.

$$\pi_d = (w - \delta m - (1 - \theta_1)C_{id} - C_{id} - C_o)D - \left(\frac{1}{\gamma} Z q_d^{\gamma}\right) \quad (9)$$

رابطه (۹) نیز تابع سود تولیدکننده است که برابر با تفاوت قیمت عمده‌فروشی (w) و مجموع قیمت مواد و قطعات اولیه (m)، هزینه‌های داخلی

۵.۳. سناریوهای مسئله

در این مطالعه به دلیل وجود ساختارهای مختلف قدرت در زنجیره‌های تأمین دنیای واقعی و تأثیرگذاری آن بر 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 می‌پردازیم. تا بدین ترتیب بیش مناسبی در زمینه عوامل موثر بر سرمایه‌گذاری کلان داده در ساختارهای مختلف قدرت فراهم گردد.

۱.۵.۳ مسئله با فرض سرمایه‌گذاری کلان داده

• سناریو رهبری تأمین‌کننده

در این سناریو از بازی استکلبرگ استفاده می‌شود. تأمین‌کننده به عنوان رهبر و تولیدکننده و خرده‌فروش به عنوان پیرو در نظر گرفته می‌شوند. 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.

قضیه ۱: مقادیر تعادلی متغیرهای تصمیم هر سطح به صورت روابط (۱۱) تا (۱۵) است:

$$m^* = \frac{1}{e\delta(+2h\varphi^* - (\lambda eh - \lambda^*)z_1)} (N_1 + hc_{ir}N_r + N_r + h\varphi c_o\theta_1N_f + hc_{id}N_fN_d) \quad (11)$$

$$l_{ig}^* = \frac{1}{-2h\varphi^* - (\lambda eh + \lambda^*)z_1} \lambda z_1 M \quad (12)$$

$$w^* = \frac{1}{e(+2h\varphi^* - (\lambda eh - \lambda^*)z_1)} (S_1 + hc_{ir}S_r + c_{id}S_r) \quad (13)$$

$$q_d^* = \frac{1}{-2h\varphi^* - (\lambda eh + \lambda^*)z_1} h\varphi T \quad (14)$$

تولیدکننده (C_{id}) و هزینه سرمایه‌گذاری کلان داده تولیدکننده (C_{id}, C_o) در میزان کل تقاضا (D) است. در این رابطه δ بیانگر سهم مواد و قطعات از محصول نهایی است که بسته به این که 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 واسطه سرمایه‌گذاری کلان داده اثر ضریب بهبود هزینه (θ) نیز در رابطه عایدی تولیدکننده در نظر گرفته شده است. عبارت دوم این نیز رابطه نیز نشان‌دهنده سرمایه‌گذاری در کیفیت محصول است که در آن z_1 ضریب هزینه سرمایه‌گذاری و q_d سطح کیفیت محصول است.

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

رابطه (۱۰) نیز بیانگر تابع سود تأمین‌کننده است که از تفاوت قیمت مواد و قطعات (m) و مجموع هزینه‌های تأمین‌کننده (c_{is}) و هزینه سرمایه‌گذاری کلان داده تأمین‌کننده (c_{is}, c_o) ضرب در سهم مواد و قطعات از محصول نهایی قطعات (δ) از تقاضا کل (D) به دست می‌آید. به واسطه سرمایه‌گذاری کلان داده اثر ضریب بهبود هزینه (θ) نیز در رابطه عایدی تأمین‌کننده در نظر گرفته شده است. عبارت دوم تابع سود تأمین‌کننده نیز نشان‌دهنده سرمایه‌گذاری در نوآوری سبز است که در آن h ضریب هزینه سرمایه‌گذاری و l_{ig} سطح نوآوری سبز است.

$$p^* = \frac{1}{e^{(+2h\varphi^* - (\lambda eh - \lambda^*)z_1)}} (K_1 + c_{ir}K_r + K_r + c_{id}K_r) \quad (15)$$

سبز را تعیین می‌کند. در نهایت نیز قیمت محصولات ساخته شده و سطح کیفیت محصولات توسط تولیدکننده تعیین می‌شود. برای حل مسئله $p_d = w - \delta m$ و $p_r = p - w$ در نظر گرفته شده است.

قضیه ۲: پس از حل مسئله با استفاده از روش استنتاج بازگشتی مقادیر تعادلی متغیرهای تصمیم به صورت آورده شده در روابط (۱۶) تا (۲۰) است:

$$m^* = \frac{1}{\delta(-h\varphi^* - 2(-\lambda eh + \lambda^*)z_1)} (A_1 - c_{is}A_r + A_r - c_oA_r)$$

$$l_{ig}^* = \frac{1}{-h\varphi^* - 2(-\lambda eh + \lambda^*)z_1} \lambda z_1 M \quad (17)$$

$$w^* = \frac{1}{-h\varphi^* - 2(-\lambda eh + \lambda^*)z_1} \left(c_1 + 2c_o z_1 c_r + \frac{1}{e} c_{is} c_r - c_r \right) \quad (18)$$

$$q_d^* = \frac{1}{-h\varphi^* - 2(-\lambda eh + \lambda^*)z_1} h\varphi T \quad (19)$$

$$p^* = \frac{1}{e^{(+h\varphi^* - (\lambda eh - 2\lambda^*)z_1)}} (F_1 + c_{ir}F_r - F_r + c_{id}F_r) \quad (20)$$

سطح کیفیت محصولات تصمیم‌گیری می‌کند. در آخر با در نظر گرفتن تصمیمات سایر اعضا، خرده‌فروش قیمت خرده‌فروشی محصولات را تعیین می‌کند. در این ساختار بازی 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، مقدار تعادلی متغیرهای تصمیم هر سطح به صورت روابط (۲۱) تا (۲۵) است:

$$m^* = \frac{1}{2\delta(-h\varphi^* - 2(-\lambda eh + \lambda^*)z_1)} (Y_1 + c_{is}Y_r + Y_r + c_oY_r) \quad (21)$$

مقادیر N_1 تا N_5 ، S_1 تا S_r ، M ، T و K_1 تا K_r و اثبات روابط در پیوست آمده است.

• سناریو رهبری تولیدکننده

در این سناریو به بررسی مسئله تحت رهبری تولیدکننده در زنجیره تأمین می‌پردازیم. 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

(۱۶)

(۱۷)

(۱۸)

(۱۹)

(۲۰)

مقادیر A_1 تا A_r ، c_1 تا c_r ، M ، T و F_1 تا F_r و اثبات قضیه ۲ در پیوست آمده است.

• سناریو رهبری خرده‌فروش

در این سناریو به بررسی بازی استکلبرگ تحت رهبری خرده‌فروش می‌پردازیم. ساختار بازی به این صورت است که ابتدا تأمین‌کننده قیمت مواد و قطعات اولیه و سطح نوآوری سبز را تعیین می‌کند. در مرحله بعد تولیدکننده در باره قیمت محصولات تولیدی و

$$l_{ig}^* = \frac{1}{-r h \varphi^r - r(-r e h + \lambda^r) z_1} \lambda z_1 M \quad (22)$$

$$w^* = \frac{1}{r(-h \varphi^r - r(-r e h + \lambda^r) z_1)} \left(Y_r + c_{is} z_1 Y_v + Y_\lambda + c_o z_1 Y_\lambda + \frac{1}{e} z_1 c_{ir} Y_{\lambda_1} + Y_{\lambda_1} \right) \quad (23)$$

$$q_d^* = \frac{1}{-r h \varphi^r - r(-r e h + \lambda^r) z_1} h \varphi T \quad (24)$$

$$p^* = \frac{1}{r} \left(Y_r - \frac{1}{h \varphi^r + r(-r e h + \lambda^r) z_1} \left(Y_r + c_{is} z_1 Y_v + Y_\lambda + c_o z_1 Y_\lambda + \frac{1}{e} z_1 c_{ir} Y_{\lambda_1} + Y_{\lambda_1} \right) \right) \quad (25)$$

در این ساختار بازی نیز مشابه دو سناریو قبل، برای حل مسئله $p_r = p - w$ و $p_d = w - \delta m$ در نظر گرفته شده است.

قضیه ۴: پس از حل مدل با استفاده از بازی نش بین اعضا، روابط (۲۶) تا (۳۰) برای مقادیر تعادلی متغیرهای تصمیم هر سطح حاصل می‌شود:

$$m^* = \frac{1}{\delta(-h \varphi^r - (-r e h + \lambda^r) z_1)} (J_\lambda + c_{is} J_r + J_r + c_o J_r) \quad (26)$$

$$l_{ig}^* = \frac{1}{-h \varphi^r - (-r e h + \lambda^r) z_1} \lambda z_1 M \quad (27)$$

$$w^* = \frac{1}{h \varphi^r + (-r e h + \lambda^r) z_1} (J_\lambda + c_{is} J_r + J_v + c_{id} J_\lambda) \quad (28)$$

$$q_d^* = \frac{1}{-h \varphi^r - (-r e h + \lambda^r) z_1} h \varphi T \quad (29)$$

$$p^* = \frac{1}{h \varphi^r + (-r e h + \lambda^r) z_1} (J_\lambda + c_{ir} J_{\lambda_1} + J_{\lambda_1} + c_{id} J_r) \quad (30)$$

مقادیر J_λ تا J_{λ_1} و اثبات قضیه ۴ در پیوست آمده است.

$$v_n = l_{ig} + \gamma N. \quad (31)$$

رابطه (۳۱) بیانگر میزان موفقیت نوآوری سبز در حالت بدون سرمایه‌گذاری کلان داده (v_n) است. این رابطه از مجموع سطح تلاش‌های نوآوری سبز (l_{ig}) و میزان دانش سازمان در حالت بدون سرمایه‌گذاری کلان داده (N) ضرب در میزان کارایی این دانش در موفقیت نوآوری سبز (γ) حاصل شده است.

مقادیر Y_λ تا Y_{λ_1} ، M و T و اثبات قضیه ۳ در پیوست آمده است.

• سناریو نش عمودی

در این سناریو از بازی نش استفاده می‌شود. تولیدکننده، تأمین‌کننده و خرده‌فروش به طور همزمان درباره متغیرهای تصمیم خود تصمیم‌گیری می‌کنند.

۲.۵.۳ مسئله بدون فرض سرمایه‌گذاری کلان داده

در این حالت، سرمایه‌گذاری در تجزیه و تحلیل کلان داده صورت نمی‌گیرد. تولیدکننده برای بهبود سطح کیفیت محصولات و تأمین‌کننده برای بهبود سطح نوآوری سبز سرمایه‌گذاری می‌کنند. زیروند n در مدل بیانگر حالت بدون سرمایه‌گذاری کلان داده است. مدل مسئله به صورت زیر است:

$$exc_n = \alpha + S. \quad (32)$$

رابطه (32) حسن تجربه مشتری از برند در حالت بدون سرمایه گذاری (exc_n) است که به دو عامل میزان پاسخگویی به تقاضای ناهمگن مشتریان در حالت بدون سرمایه گذاری کلان داده (α) و سرعت پاسخگویی به تقاضا در حالت بدون سرمایه گذاری کلان داده (S) وابسته است.

$$D_n = a - ep + \lambda v_n + \xi exc_n + \phi q_d \quad (33)$$

رابطه (33) تقاضا کل زنجیره در حالت بدون سرمایه گذاری کلان داده است. در این رابطه، تقاضا علاوه بر قیمت خرده فروشی (p) به میزان موفقیت نوآوری سبز (v_n)، حسن تجربه مشتری از برند (exc_n) و کیفیت محصول (q_d) حساس است.

$$\pi_r = (p - w - c_{tr}) D_n \quad (34)$$

رابطه (34) نشان دهندهی تابع سود خرده فروش است که از تفاوت قیمت خرده فروشی و مجموع قیمت عمده فروشی و سایر هزینه های خرده فروش ضرب در تقاضا به دست می آید.

$$\pi_d = (w - \delta m - c_{td}) D_n - \left(\frac{1}{\gamma} z_1 q_d^* \right) \quad (35)$$

رابطه (35) نیز تابع سود تولیدکننده را نشان می دهد. این رابطه از تفاوت قیمت عمده فروشی و

مجموع قیمت مواد و قطعات اولیه و سایر هزینه های تولیدکننده ضرب در تقاضا به دست می آید. عبارت دوم در این رابطه نیز سرمایه گذاری در کیفیت محصول را نشان می دهد.

$$\pi_s = (m - c_{ts}) \delta D_n - \left(\frac{1}{\gamma} h l_{ig}^* \right) \quad (36)$$

رابطه (36) بیانگر تابع سود تأمین کننده است. این رابطه از تفاوت قیمت مواد و قطعات اولیه و هزینه های تأمین کننده ضرب در تقاضا حاصل شده است. عبارت دوم در این رابطه نیز گویای سرمایه گذاری در نوآوری سبز است. در ادامه مدل در حالت بدون سرمایه گذاری کلان داده در ساختارهای مختلف قدرت مورد بررسی قرار می گیرد.

- سناریو رهبری تأمین کننده بدون سرمایه گذاری کلان داده

در این سناریو از بازی استکلبرگ استفاده شده است. به این صورت که ابتدا خرده فروش قیمت خرده فروشی را تعیین می کند. سپس تولیدکننده درباره سطح کیفیت محصولات و قیمت عمده فروشی راتصمیم گیری می کند. در نهایت هم تأمین کننده به تعیین قیمت مواد و قطعات اولیه و سطح نوآوری سبز می پردازد.

قضیه 5: مقادیر تعادلی متغیرهای تصمیم هر سطح پس از حل مدل به صورت روابط (37) تا (41) است:

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

$$l_{ig}^* = \frac{\lambda z_1 (a - e(c_{td} + c_{tr} + \delta c_{ts}) + \gamma \lambda N + \xi(s + \alpha))}{-\gamma h\phi^* - (\lambda eh + \lambda^*)z_1} \quad (38)$$

$$w^* = \frac{1}{e(+\gamma h\phi^* - (\lambda eh - \lambda^*)z_1)} U_2 \quad (39)$$

$$q_d^* = \frac{h\varphi(a - e(c_{td} + c_{tr} + \delta c_{ts}) + \gamma\lambda N + \xi(s + \alpha))}{-2h\varphi^* - (-\lambda eh + \lambda^*)z_1} \quad (40)$$

$$p^* = \frac{1}{+2eh\varphi^* - e(\lambda eh - \lambda^*)z_1} U_r \quad (41)$$

که ابتدا خرده فروش قیمت خرده فروشی را تعیین می کند. پس از آن تأمین کننده درباره سطح نوآوری سبز و قیمت مواد و قطعات اولیه تصمیم گیری می کند. در نهایت هم تولید کننده به تعیین قیمت عمده فروشی و سطح کیفیت محصول می پردازد.

قضیه ۶: مقادیر تعادلی متغیرهای تصمیم هر سطح پس از حل مدل به صورت روابط (۴۲) تا (۴۶) است:

$$m^* = \frac{U_\lambda}{\delta(h\varphi^* + 2(-\lambda eh + \lambda^*)z_1)} \quad (42)$$

$$l_{ig}^* = \frac{\lambda z_1(a - e(c_{td} + c_{tr} + \delta c_{ts}) + \gamma\lambda N + \xi(s + \alpha))}{-h\varphi^* - 2(-\lambda eh + \lambda^*)z_1} \quad (43)$$

$$w^* = \frac{U_\lambda}{e(-h\varphi^* + (\lambda eh - 2\lambda^*)z_1)} \quad (44)$$

$$q_d^* = \frac{h\varphi(a - e(c_{td} + c_{tr} + \delta c_{ts}) + \gamma\lambda N + \xi(s + \alpha))}{-h\varphi^* - 2(-\lambda eh + \lambda^*)z_1} \quad (45)$$

$$p^* = \frac{1}{e(-h\varphi^* + (\lambda eh - 2\lambda^*)z_1)} U_r \quad (46)$$

می کند. پس از آن تولید کننده درباره سطح کیفیت محصول و قیمت عمده فروشی تصمیم گیری می کند. در نهایت هم خرده فروش به تعیین قیمت خرده فروشی می پردازد. 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) تا (۵۱) است:

$$m^* = \frac{U_\lambda}{2\delta(h\varphi^* + 2(-\lambda eh + \lambda^*)z_1)} \quad (47)$$

مقادیر U_λ تا U_r و اثبات قضیه ۵ در پیوست آمده است.

• سناریو رهبری تولید کننده بدون سرمایه گذاری کلان داده

در این سناریو از بازی استکلبرگ استفاده شده 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

مقادیر U_λ تا U_r و اثبات قضیه ۶ در پیوست آمده است.

• سناریو رهبری خرده فروش بدون سرمایه گذاری کلان داده

روش حل در این سناریو بازی استکلبرگ به رهبری خرده فروش است. به این صورت که ابتدا تأمین کننده قیمت مواد و قطعات و سطح نوآوری سبز را تعیین

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

$$w^* = \frac{U_{1r}}{-r e h \varphi^r + e(r e h - \lambda^r) z_i} \quad (49)$$

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

$$p^* = \frac{a - e(c_{td} - c_{tr} + \delta c_{ts}) + \gamma \lambda N_i + \xi(s_i + \alpha_i)}{r e} + \frac{U_{1r}}{-r e h \varphi^r + e(r e h - \lambda^r) z_i} \quad (51)$$

در این سناریو از بازی نش استفاده می شود. برای حل مسئله $p_r = p - w$ و $p_d = w - \delta m$ در نظر گرفته شده است.

قضیه ۸: مقادیر تعادلی متغیرهای تصمیم به صورت روابط (۵۲) تا (۵۶) است:

مقادیر U_{1r} و U_{1r} و اثبات قضیه ۷ در پیوست آمده است.

• سناریو نش عمودی بدون سرمایه گذاری کلان داده

در این سناریو از بازی نش استفاده می شود. تولیدکننده، تأمین کننده و خرده فروش به طور همزمان درباره متغیرهای تصمیم خود تصمیم گیری می کنند.

$$m^* = \frac{\delta c_{ts} (h \varphi^r + (-r e h + \lambda^r) z_i) - h z_i (a - e(c_{td} + c_{tr}) + \gamma \lambda N_i + \xi(s_i + \alpha_i))}{\delta (h \varphi^r + (-r e h + \lambda^r) z_i)} \quad (52)$$

$$l_{ig}^* = \frac{\lambda z_i (a - e(c_{td} + c_{tr} + \delta c_{ts}) + \gamma \lambda N_i + \xi(s_i + \alpha_i))}{-h \varphi^r - (-r e h + \lambda^r) z_i} \quad (53)$$

$$w^* = \frac{U_{1r}}{h \varphi^r + (-r e h + \lambda^r) z_i} \quad (54)$$

$$q_d^* = \frac{h \varphi (a - e(c_{td} + c_{tr} + \delta c_{ts}) + \gamma \lambda N_i + \xi(s_i + \alpha_i))}{-h \varphi^r - (-r e h + \lambda^r) z_i} \quad (55)$$

$$p^* = \frac{U_{1r}}{h \varphi^r + (-r e h + \lambda^r) z_i} \quad (56)$$

مقادیر U_{1r} و U_{1r} و اثبات قضیه ۸ در پیوست آمده است.

حساسیت مهم ترین پارامترهای مسئله و اثرات تغییر آن ها بر خروجی های تعادلی بازی پرداخته خواهد شد. مقادیر پارامترها با توجه به فروض مسئله در جدول ۱ پیوست ارائه شده است.

۴. نتایج عددی و تحلیل حساسیت

در این قسمت مثال عددی جهت بررسی شدنی بودن مدل مسئله ارائه شده است. پس از آن به تحلیل

با تنظیم مقادیر پارامترها در مدل، مقدار تعادلی متغیرهای تصمیم و توابع تقاضا و سود اعضای زنجیره تأمین به دست می آید. این مقادیر در جدول ۲ پیوست نشان داده شده است.

نتیجه ۱: همان طور که ملاحظه می شود در تمام ساختارهای قدرت، سرمایه گذاری در تجزیه و تحلیل کلان داده (شامل کلان داده ناشی از فرآیندهای داخلی سازمان و ترجیحات مصرف کنندگان) تأثیر مثبت در مقدار تعادلی سود اعضا زنجیره تأمین، افزایش قیمت تعادلی محصولات هر یک از اعضا و سطح تعادلی کیفیت محصولات و نوآوری سبز دارد.

تفسیر این نتیجه به این صورت است که مطابق فرض ۷ به دلیل تأثیرات مثبتی که این سرمایه گذاری در کاهش هزینه های داخلی اعضا و افزایش تقاضا دارد، در نهایت باعث افزایش سود تعادلی کل افراد زنجیره تأمین می شود. همچنین افزایش توانایی سرمایه گذاری اعضا در پی افزایش سود تعادلی از یک سو و افزایش بینش صاحبان کسب و کار نسبت به فرآیندهای خود و ترجیحات و خواسته مشتریان از سوی دیگر باعث می شود تا تولیدکننده و تأمین کننده هدفمندتر و موثرتر سرمایه گذاری در کیفیت و نوآوری سبز محصول را پیگیری کنند و بدین ترتیب سطح تعادلی کیفیت محصولات و نوآوری سبز در اثر سرمایه گذاری کلان داده افزایش داشته باشد.

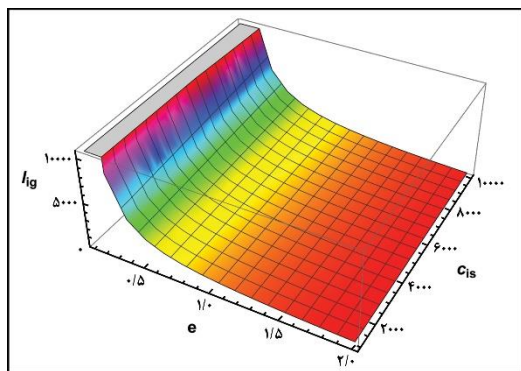
نتیجه ۲: سود هر یک از اعضا ابتدا در سناریو نش عمودی و پس از آن در سناریو رهبری خود شخص بیشترین مقدار است. بنابراین در صورت سرمایه گذاری در تجزیه و تحلیل کلان داده، تعادل قدرت به نفع تمام اعضای زنجیره تأمین خواهد بود.

نتیجه ۳: سود تولیدکننده در سناریو نش عمودی و رهبری تولیدکننده تقریباً دو برابر سناریو های رهبری خرده فروش و تأمین کننده است.

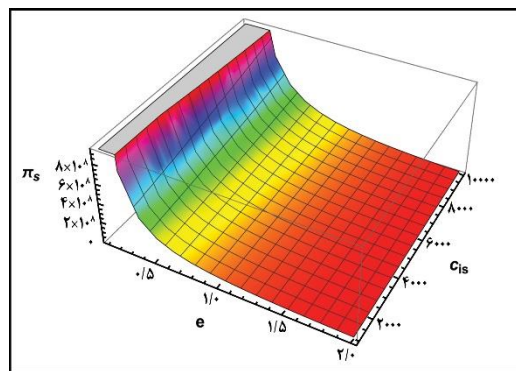
نتیجه ۴: سود خرده فروش در سناریو نش عمودی و سناریو رهبری خرده فروش بیش از چهار برابر سناریوهای رهبری تأمین کننده و رهبری تولیدکننده است. بنابراین خرده فروش بیشترین نفع را از تعادل قدرت در زنجیره و یا رهبری خود در زنجیره تأمین خواهد داشت. رهبری بقیه اعضا بر زنجیره، سود خرده فروش را به میزان زیادی کاهش می دهد.

نتیجه ۵: سود تأمین کننده در سناریو نش عمودی و رهبری تأمین کننده تقریباً دو برابر سناریو رهبری تولیدکننده و تقریباً چهار برابر سناریو رهبری خرده فروش است. بنابراین سناریو رهبری خرده فروش بدترین سناریو برای سود تأمین کننده است.

نتیجه ۶: در سناریو نش عمودی، قیمت خرده فروشی در پایین ترین 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 خرده فروش نیز پایین ترین قیمت خرده فروشی و بیشترین سطح نوآوری سبز و کیفیت را دارد. البته در این سناریو سود تولیدکننده و به خصوص تأمین کننده کاهش می یابد. بنابراین به ترتیب سناریو نش عمودی و رهبری خرده فروش بهترین سناریوها برای مصرف کنندگان و مسائل زیست محیطی هستند. همانطور که در شکل ۱ و شکل ۲ قابل مشاهده است؛ زمانی سود تعادلی تأمین کننده و سطح تعادلی نوآوری سبز حداکثر است که حساسیت به قیمت خرده فروشی در کمترین مقدار خود قرار گیرد. همچنین با توجه به شکل ۱، سود تأمین کننده و سطح نوآوری سبز، در مقایسه با حساسیت قیمتی به مقدار بسیار کمی تحت تأثیر سرمایه گذاری کلان داده قرار می گیرد. این مسئله نشان دهنده لزوم شناخت دقیق از جامعه تقاضا و انجام مطالعات بازار در هر کسب و کار پیش از انجام چنین سرمایه گذاری هایی می باشد.



شکل ۲. اثر سرمایه‌گذاری کلان داده تأمین‌کننده و حساسیت به قیمت بر سطح تعادلی نوآوری سبز



شکل ۱. اثر سرمایه‌گذاری کلان داده تأمین‌کننده و حساسیت به قیمت بر سود تعادلی تأمین‌کننده

تأمین‌کننده، تولیدکننده و خرده‌فروش امکان‌پذیر است:

۱.۴. تحلیل میزان سرمایه‌گذاری کلان داده در زنجیره

تأمین

زمانی که رابطه (۵۷) برقرار باشد، سرمایه‌گذاری در تجزیه و تحلیل کلان داده برای هر سه سطح

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

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

همچنین ضریب تأثیر هر یک از عوامل کیفیت محصول، نوآوری سبز و حسن تجربه مشتری بر تقاضا نیز عواملی با تأثیر مثبت در تعیین میزان سرمایه‌گذاری کلان داده هستند. از سوی دیگر نیز، ضریب حساسیت به قیمت و سهم مواد و قطعات اولیه از محصول نهایی دارای تأثیر منفی بر میزان سرمایه‌گذاری کلان داده هستند.

در رابطه (۵۷) حداکثر میزان برای سرمایه‌گذاری کلان داده کل اعضای زنجیره به دست می‌آید که در صورت برقراری این رابطه، سرمایه‌گذاری کلان داده برای همه اعضا زنجیره تأمین امکان‌پذیر خواهد بود و سود تعادلی همه اعضا زنجیره مثبت خواهد شد. این رابطه برای همه ساختارهای قدرت یکسان خواهد بود و حدود شدنی بودن سرمایه‌گذاری کلان داده برای اعضا زنجیره تأمین مستقل از ساختار قدرت است. مطابق رابطه فوق، ضریب بهبود هزینه و ضرایب کارایی سرمایه‌گذاری کلان داده در بهبود فرایندهای زنجیره تأثیر مثبت بر میزان سرمایه‌گذاری کلان داده دارند.

۲،۴. مقایسه نتایج زنجیره تأمین دو سطحی و سه

سطحی در محیط کلان داده

به منظور مقایسه نتایج مسئله مورد بررسی در زنجیره تأمین دوسطحی و سه سطحی، تمام سناریوهای مسئله در حالت دوسطحی نیز مورد بررسی قرار گرفت. نتایج بررسی زنجیره دو سطحی در جدول ۳ پیوست ارائه شده است.

نتایج نشان می‌دهند با افزایش سطوح زنجیره تأمین در مسئله مورد بررسی، سود اعضا در همه سناریوها کاهش می‌یابد. همچنین افزایش قیمت محصولات و کاهش کیفیت محصول نیز با افزایش سطوح زنجیره اتفاق می‌افتد.

در زنجیره تأمین دو سطحی بر خلاف زنجیره تأمین سه سطحی، سود اعضا در درجه اول در سناریو رهبری خود شخص بیشترین مقدار و پس از آن در سناریو نش عمودی بیشینه است. سود هر کدام از اعضا در سناریو رهبری دیگری، تقریباً نصف می‌شود که این مسئله بیانگر اهمیت برنامه‌ریزی برای به دست آوردن رهبری بازار در زنجیره تأمین دو سطحی نیز است. همچنین در زنجیره تأمین دو سطحی مشابه زنجیره تأمین سه سطحی، در سناریو نش عمودی قیمت محصولات کمترین مقدار و کیفیت محصول بیشترین مقدار را دارا می‌باشد. در هر دو حالت زنجیره دو سطحی و سه سطحی، تعادل قدرت بیشترین عایدی را برای مشتریان به دنبال دارد.

۵. نتیجه گیری

در این پژوهش به بررسی قیمت‌گذاری، عایدی بازیکنان و حدود سرمایه‌گذاری کلان داده در یک زنجیره تأمین متشکل از تولیدکننده، خرده‌فروش و تأمین‌کننده در محیط کلان داده و تحت ساختارهای مختلف قدرت پرداخته شد. در این زنجیره، تأمین‌کننده سرمایه‌گذاری در نوآوری سبز و تولیدکننده سرمایه‌گذاری در کیفیت محصول را

داشتند. همچنین تمام اعضای زنجیره در تجزیه و تحلیل کلان داده سرمایه‌گذاری می‌کردند و متناسب با این سرمایه‌گذاری از مزایایی برخوردار می‌شدند. به طور کلی نتایج این مطالعه بر مزایای قابل توجه سرمایه‌گذاری کلان داده در مدیریت زنجیره تأمین تأکید می‌کند و پتانسیل آن را نه تنها 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 اعضای زنجیره تأمین ضروری است که ارزش کلان داده 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، تحقیق ما بینش‌های ارزشمندی ارائه می‌دهد که می‌تواند به فرآیندهای تصمیم‌گیری و برنامه‌ریزی استراتژیک در مدیریت زنجیره تأمین کمک کند و مسیری برای رشد پایدار و موفقیت در محیط کسب و کار مدرن ارائه می‌دهد. در ادامه برخی از مهم‌ترین نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل مدل‌ها و پیشنهادات مدیریتی متناسب با آن ارائه می‌گردد:

- در این پژوهش یک حد بالا برای سرمایه‌گذاری کلان داده کل اعضا زنجیره ارائه شد. این حد سرمایه‌گذاری در همه ساختارهای قدرت یکسان هست و مستقل از ساختار قدرت است. این رابطه نشان دهنده رابطه مستقیم ضرایب کارایی سرمایه‌گذاری کلان داده و ضریب بهبود هزینه است. همچنین نشان دهنده تأثیر منفی حساسیت به قیمت خرده‌فروشی و سهم مواد و قطعات اولیه از محصول نهایی بر میزان سرمایه‌گذاری کلان داده است. بنابراین شدنی بودن این سرمایه‌گذاری برای اعضا زنجیره، به کارایی این سرمایه‌گذاری در سطوح مختلف وابسته است و مستلزم توجه به عوامل کاراسازی این سرمایه‌گذاری خواهد بود که در ادامه مورد بحث قرار گرفته است. عامل دیگر

تأثیرگذار در این زمینه، شامل ضریب بهبود هزینه است. به عبارتی میزان سرمایه‌گذاری کلان داده به فضای بهبود کسب و کار به خصوص بهینه کردن هزینه‌ها توسط این سرمایه‌گذاری وابسته است که این نتیجه مشابه مقاله [۳۷] است. همچنین میزان سرمایه‌گذاری کلان داده، تحت تأثیر منفی حساسیت به قیمت خرده‌فروشی و سهم مواد و قطعات اولیه از محصول نهایی خواهد بود. این مسئله بیانگر لزوم دقت در این سرمایه‌گذاری برای مشتریان با حساسیت زیاد به قیمت و برای محصولاتی است که سهم زیادی از مواد و قطعات آن‌ها به وسیله اعضا دیگر زنجیره تأمین تهیه می‌شود.

- در مسئله مورد بررسی نتایج نشان می‌دهد که در درجه اول سناریو نش عمودی برای همه اعضا زنجیره بهترین است. درجه بعد بهترین سناریو از نظر سودآوری برای هر عضو، سناریو رهبری خود آن عضو است. بنابراین تعادل در قدرت بهترین سناریو در شرایط سرمایه‌گذاری کلان داده خواهد بود. در صورت عدم تعادل در قدرت، رهبری هر یک از اعضا در زنجیره تأمین از شرایط پیشینه کردن سود آن‌ها خواهد بود. اگر چه تغییر توازن قدرت در زنجیره تأمین به راحتی ممکن نیست ولی جلوگیری از انحصاری شدن هر یک از سطوح زنجیره تأمین (مانند تأمین‌کنندگان) و انعقاد قراردادهای منصفانه و توسعه روابط می‌تواند به تعادل قدرت در زنجیره تأمین کمک کنند.
- ابتدا سناریو نش عمودی و پس از آن سناریو رهبری خرده‌فروش پایین‌ترین قیمت خرده‌فروشی و بیشترین سطح نوآوری سبز و کیفیت را دارند و می‌توانند در جلب رضایت مشتریان موثر واقع شوند. البته در این سناریو سود تولیدکننده و به خصوص تأمین‌کننده کاهش می‌یابد. بنابراین در سناریو رهبری خرده‌فروش به منظور هماهنگی

بهتر بین سطوح زنجیره تأمین و توزیع عادلانه سود بین اعضا، استفاده از قراردادهای مختلف می‌تواند حائز اهمیت باشد.

- سرمایه‌گذاری هر یک از اعضای زنجیره تأمین در تجزیه و تحلیل کلان داده موجب افزایش قیمت‌های تعادلی در همه سطوح زنجیره، افزایش سود تعادلی اعضا و افزایش سطح تعادلی نوآوری سبز و کیفیت محصول در همه ساختارهای قدرت خواهد شد. بنابراین سرمایه‌گذاری کلان داده در همه ساختارهای قدرت موجب افزایش سود اعضا و بهبود متغیرهایی مانند کیفیت محصول و نوآوری سبز خواهد شد. بدین ترتیب به سبز سازی زنجیره نیز کمک خواهد کرد. بر این اساس، سرمایه‌گذاری کلان داده به حفظ و ارتقا 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 کلان داده قرار می‌گیرد. این مسئله نشان‌دهنده لزوم شناخت دقیق از جامعه تقاضا و انجام مطالعات بازار در هر کسب و کار پیش از انجام چنین سرمایه‌گذاری‌هایی می‌باشد. به منظور کم کردن حساسیت تقاضا به قیمت می‌توان از آگاهی بخشی به مصرف‌کنندگان از طریق تبلیغات و افزایش دانش مشتری در این زمینه عمل کرد. همچنین به منظور کنترل حساسیت تقاضا به قیمت و تولید محصولات سازگارتر با محیط زیست، دولت‌ها می‌توانند یارانه‌هایی در این زمینه در نظر بگیرند.
- نتایج این پژوهش بیانگر اهمیت کارایی سرمایه‌گذاری کلان داده است. به این صورت که میزان کارایی سرمایه‌گذاری کلان داده تأثیر زیادی بر سود اعضا زنجیره و افزایش سطح نوآوری سبز و کیفیت محصولات خواهد داشت. به طور کلی

مراجع (References)

- [۱] A. K. Ahmed, C. Senthilkumar, and S. Nallusamy, "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*, vol. ۸, no. ۱, pp. ۱۲۴۵-۱۲۵۴, ۲۰۱۸.
- [۲] T. N. Hewage, M. N. Halgamuge, A. Syed, and G. Ekici, "Big data techniques of Google, Amazon, Facebook and Twitter," *J. Commun.*, vol. ۱۳, no. ۲, pp. ۹۴-۱۰۰, ۲۰۱۸, doi: ۱۰.۱۱۷۹/jcm.۲/۱۳.۹۴-۱۰۰.
- [۳] I. Mukhtarov, "Methodology of leveraging big data in financial services for enhanced decision-making," *Финансовые рынки и банки*, no. ۹, pp. ۱۰۴-۱۱۵, ۲۰۲۳.
- [۴] R. Y. Zhong, S. T. Newman, G. Q. Huang, and S. Lan, "Big Data for supply chain management in the service and manufacturing sectors: Challenges, opportunities, and future perspectives," *Computers & Industrial Engineering*, vol. ۱۰۱, pp. ۵۷۲-۵۹۱, ۲۰۱۶, doi: <https://doi.org/10.1016/j.cie.2016.01.003>.
- [۵] P. M. Madhani, "Big Data Usage and Big Data Analytics in Supply Chain: Leveraging Competitive Priorities for Enhancing Competitive Advantages," *IUP Journal of Supply Chain Management*, vol. ۱۹, no. ۲, ۲۰۲۲.
- [۶] P. Liu, "Pricing rules of Green Supply Chain considering Big Data information inputs and cost-sharing model," *Soft Computing*, vol. ۲۵, no. ۱۳, pp. ۸۵۱۵-۸۵۳۱, ۲۰۲۱, doi: <https://doi.org/10.1007/s00500-021-05779-1>.
- [۷] D. P. Tambuskar, P. Jain, and V. S. Narwane, "An exploration into the factors influencing the implementation of big data analytics in sustainable supply chain management," *Kybernetes*, ۲۰۲۳, doi: <https://doi.org/10.1080/03680937.2023.1057107>.

زمانی سرمایه‌گذاری کلان داده کارایی و اثر بخشی لازم را خواهد داشت که منجر به افزایش دانش سازمان از محیط درونی (شامل تجزیه و تحلیل فرآیندها) و محیط بیرونی کسب و کار (شامل ترجیحات مشتریان و وضعیت فعلی رقابت بازار) شود. سرمایه‌گذاری کلان داده 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 کلان داده، توجه به مواردی از قبیل تکنولوژی لازم جهت جمع‌آوری داده با کیفیت، وجود نیروی متخصص و با مهارت در زمینه استفاده از الگوریتم‌ها و تجزیه و تحلیل نتایج حاصل، ایجاد فرهنگ سازمانی مناسب در جهت ارزشمند شمردن 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 انجام شده، به منظور توسعه مطالعات آتی در دو حوزه زنجیره تأمین سبز و پایدار و تکنولوژی‌های صنایع نسل چهار از جمله کلان داده و ارتباط این دو حوزه با یکدیگر، مواردی از قبیل: در نظر گرفتن هم‌زمان مسائل زیست محیطی و سرمایه‌گذاری تکنولوژی تجزیه و تحلیل کلان داده در محیطی با چندین کانال فروش و چند تولید کننده یا تأمین کننده رقیب و هماهنگی بین آن‌ها، بررسی مدل با در نظر گرفتن میزان سرمایه‌گذاری کلان داده به عنوان متغیر تصمیم هر یک از اعضا 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 زنجیره تأمین به خصوص سبزسازی و پایداری زنجیره تأمین می‌تواند حائز اهمیت باشد.

- [١٥] Q. A. Nisar, S. Haider, I. Ameer, M. S. Hussain, S. S. Gill, and A. Usama, "Sustainable supply chain management performance in post COVID-١٩ era in an emerging economy: a big data perspective," *International Journal of Emerging Markets*, no. ahead-of-print, ٢٠٢٢, doi: <https://doi.org/١١٠٨/١٠/IJOEM-١٢-٢٠٢١-١٨٠٧>.
- [١٦] A. W. Al-Khatib, "Big data analytics capabilities and green supply chain performance: Investigating the moderated mediation model for green innovation and technological intensity," *Business Process Management Journal*, no. ahead-of-print, ٢٠٢٢, doi: <https://doi.org/١١٠٨/١٠/BPMJ-٠٧-٢٠٢٢-٠٣٣٢>.
- [١٧] S. Bag, L. C. Wood, L. Xu, P. Dhamija, and Y. Kayikci, "Big data analytics as an operational excellence approach to enhance sustainable supply chain performance," *Resources, Conservation and Recycling*, vol. ١٥٣, p. ١٠٤٥٥٩, ٢٠٢٠, doi: <https://doi.org/١٠١٦/١٠/j.resconrec.١٠٤٥٥٩/٢٠١٩>.
- [١٨] X. Fu, S. Liu, and G. Han, "Supply chain partners' decisions with heterogeneous marketing efforts considering consumer's perception of quality," *RAIRO-Operations Research*, vol. ٥٥, no. ٥, pp. ٣٢٢٧-٣٢٤٣, ٢٠٢١, doi: <https://doi.org/١٠٥١/١٠/ro/٢٠٢١١٢٦>.
- [١٩] G. Zhu, J. Zhang, E. Xing, and D. Han, "Pricing and quality decisions with conspicuous consumers," *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, vol. ١٦٥, p. ١٠٢٨٥٧, ٢٠٢٢, doi: <https://doi.org/١٠١٦/١٠/j.tre.١٠٢٨٥٧/٢٠٢٢>.
- [٢٠] S.-M. Hosseini-Motlagh, M. Nouri-Harzvili, and R. Zirakpourdehkordi, "Two-level supply chain quality improvement through a wholesale price coordination contract on pricing, quality and services," *International Journal of Industrial Engineering & Production*
- [٨] J. Liu, M. Chen, and H. Liu, "The role of big data analytics in enabling green supply chain management: a literature review," *Journal of Data, Information and Management*, vol. ٢, pp. ٧٥-٨٣, ٢٠٢٠, doi: <https://doi.org/١٠٠٧/١٠/s٤٢٤٨٨-٠١٩-٠٠٠٢٠-z>.
- [٩] J. Mageto, "Big data analytics in sustainable supply chain management: A focus on manufacturing supply chains," *Sustainability*, vol. ١٣, no. ١٣, p. ٧١٠١, ٢٠٢١, doi: <https://doi.org/٣٣٩٠/١٠/su١٣١٣٧١٠١>.
- [١٠] Q. Li, Y. Kang, L. Tan, and B. Chen, "Modeling formation and operation of collaborative green innovation between manufacturer and supplier: a game theory approach," *Sustainability*, vol. ١٢, no. ٦, p. ٢٢٠٩, ٢٠٢٠, doi: <https://doi.org/٣٣٩٠/١٠/su١٢٠٦٢٢٠٩>.
- [١١] W. Ma, R. Zhang, and S. Chai, "What drives green innovation? A game theoretic analysis of government subsidy and cooperation contract," *Sustainability*, vol. ١١, no. ٢٠, p. ٥٥٨٤, ٢٠١٩, doi: <https://doi.org/٣٣٩٠/١٠/su.١١٢٠٥٥٨٤>.
- [١٢] W. L. Tate, L. M. Ellram, and K. J. Dooley, "Environmental purchasing and supplier management (EPSM): Theory and practice," *Journal of Purchasing and Supply Management*, vol. ١٨, no. ٣, pp. ١٧٣-١٨٨, ٢٠١٢, doi: <https://doi.org/١٠١٦/١٠/j.pursup.٠٧/٢٠١٢.٠٠١>.
- [١٣] D. Holt, "Managing the interface between suppliers and organizations for environmental responsibility—an exploration of current practices in the UK," *Corporate Social Responsibility and Environmental Management*, vol. ١١, no. ٢, pp. ٧١, ٢٠٠٤, doi: <https://doi.org/١٠٠٧/١٠/csr.٥٥>.
- [١٤] S. Seuring and M. Müller, "From a literature review to a conceptual framework for sustainable supply chain management," *Journal of cleaner production*, vol. ١٦, no. ١٥, pp. ١٦٩٩-١٧١٠, ٢٠٠٨, doi: <https://doi.org/١٠١٦/١٠/j.jclepro.٠٤/٢٠٠٨.٠٢٠>.

- [۳۴] M. A. Agi, S. Faramarzi-Oghani, and Ö. Hazır, "Game theory-based models in green supply chain management: a review of the literature," *International journal of production research*, vol. ۵۹, no. ۱۵, pp. ۴۷۳۶-۴۷۵۵, ۲۰۲۱.
- [۳۵] P. Liu and S.-p. Yi, "A study on supply chain investment decision-making and coordination in the Big Data environment," *Annals of Operations Research*, vol. ۲۷۰, pp. ۲۳۵-۲۵۳, ۲۰۱۸, doi: <https://doi.org/10.1016/j.sor.2019.01.024>.
- [۳۶] Y. Wang, X. Wang, S. Chang, and Y. Kang, "Product innovation and process innovation in a dynamic Stackelberg game," *Computers & Industrial Engineering*, vol. ۱۳۰, pp. ۳۹۵-۴۰۳, ۲۰۱۹, doi: <https://doi.org/10.1016/j.cie.2019.04.024>.
- [۳۷] P. Liu and S.-p. Yi, "Investment decision-making and coordination of supply chain: a new research in the big data era," *Discrete Dynamics in Nature and Society*, vol. ۲۰۱۶, ۲۰۱۶. doi: <https://doi.org/10.1155/2016/26710>.

جدول ۱. مقادیر عددی پارامترها

پارامتر	مقدار	پارامتر	مقدار
a	۲۰۰۰	c_{ir}	۲۰۰۰
e	۰/۹	c_{id} (\$)	۳۰۰۰
σ	۰/۸	c_{is} (\$)	۳۰۰۰
λ	۰/۷۵	θ_1	۰/۸
τ	۰/۷۵	z_1	۳
ϕ	۰/۸۵	γ	۰/۸
$\theta_1, \theta_2, \theta_3$	۰/۳۵	μ	۰/۹
h	۳	ζ	۰/۸۵
c_{tr} (\$)	۴۰۰۰	δ	۰/۶
c_{td} (\$)	۷۰۰۰	s_1	۶۰۰۰
c_{ts} (\$)	۹۰۰۰	α_1	۷۰۰۰
c_o (\$)	۱۰۰۰	N_1	۷۰۰۰

جدول ۲. نتایج عددی حاصل از سناریوها

متغیرها و توابع سود	سناریو							
	رهبری خریدار		رهبری تولیدکننده		رهبری خرده‌فروش		نش عمودی	
	بدون	با	بدون	با	بدون	با	بدون	با
	سرمایه‌گذار	سرمایه‌گذار	سرمایه‌گذار	سرمایه‌گذار	سرمایه‌گذار	سرمایه‌گذار	سرمایه‌گذار	سرمایه‌گذار
	ی	ی	ی	ی	ی	ی	ی	ی
π_d (m\$)	۳۰/۶	۸۶/۱	۱۶/۵	۴۶/۵	۳۰/۰	۸۴/۳	۱۵/۵	۴۳/۷
π_r (m\$)	۳۵/۳	۹۹/۴	۳۳/۱	۹۳/۰	۸/۲۱	۲۳/۰	۸۳/۴	۲۳/۴
π_s (m\$)	۳۱/۷	۸۹/۰	۸/۹۵	۲۵/۱	۱۵/۵	۴۳/۷	۳۰/۲	۸۵/۰
D	۵۶۴۴/۰	۹۴۵۸/۷	۲۹۹۹/۳	۵۰۲۶/۵	۲۷۱۸/۷	۴۵۵۶/۴	۲۷۴۰/۰	۴۵۹۳/۶
P (\$)	۳۵۲۱۳/۵	۵۱۵۸۹/۳	۳۶۷۵۳/۴	۵۴۱۷۰/۲	۳۶۹۱۶/۸	۵۴۴۴۴/۰	۳۶۹۰۳/۳	۵۴۴۲۲/۳
w (\$)	۲۴۹۴۲/۳	۳۵۴۷۹/۴	۲۱۷۰۳/۴	۳۰۰۵۱/۶	۲۹۸۹۵/۹	۴۳۷۸۱/۳	۲۹۸۵۸/۳	۴۳۷۱۸/۳
m (\$)	۱۹۴۵۱/۶	۲۷۳۶۶/۳	۱۴۵۴۴/۴	۱۹۱۵۸/۴	۱۹۰۶۹/۶	۲۶۷۲۵/۵	۲۷۹۴۵/۳	۴۱۶۰۰/۴
q_d	۱۷۷۸/۶	۲۹۷۷/۲	۹۴۴/۲	۱۵۸۲/۴	۸۵۵/۹	۱۴۳۴/۴	۸۶۲/۹	۱۴۴۶/۱
l_{ig}	۱۵۶۷/۸	۲۶۲۷/۴	۸۳۳/۱	۱۳۹۶/۳	۷۵۵/۲	۱۲۶۵/۷	۷۶۱/۳۹	۱۲۷۶/۰

جدول ۳- نتایج زنجیره تأمین دو سطحی در محیط کلان داده

سناریوها			
متغیرها و توابع سود	رهبری تولیدکننده	رهبری خرده فروش	نش عمودی
$\pi_d (m\$)$	۱۲۴/۶۶	۶۷/۱۴	۱۰۷/۹۶
$\pi_r (m\$)$	۶۶/۷۹	۱۳۴/۲۹	۱۲۴/۶۴
D	۷۷۵۳/۷۰	۸۳۵۲/۵۳	۱۰۵۹۱/۳
$P(\$)$	۳۹۹۹۵/۶۹	۳۹۵۰۸/۳۷	۳۷۶۸۶/۴۲
$w(\$)$	۲۴۴۰/۹۸	۱۷۸۳۰/۵۹	۲۰۳۱۸/۲۱
q_d	۲۵۷۸۰/۴۶	۲۶۲۹/۵۰	۳۳۳۴/۳۲