Journal of Industrial Innovations 2(2) (2024) 161– 179

Industrial Innovations

https://jii.araku.ac.ir

ISSN: 2980-8847

# Improving the Sustainability of the Dairy Supply Chain using Cold Plasma and Blockchain: an Evolution in Deterioration Management

**Narges Khanlarzade** [a*]

[a] Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering Management, Kermanshah University of Technology, Kermanshah, Iran.

Original Article

Use your device to scan and read the article online

Citation: Khanlarzade N, Improving the Sustainability of the Dairy Supply Chain using Cold Plasma and Blockchain: an Evolution in Deterioration Management. Industrial Innovations. 2024;2(2):161-179.

https://doi.org/10.61186/jii.2.2.161

KEYWORDS

Deteriorating Items;
Supply Chain;
Blockchain Technology;
Cold Plasma Technology.

ABSTRACT

Deteriorating products require greater investment and higher expenditures compared to other goods. Enhancing shelf life and improving informational transparency are among the primary challenges for these products, particularly in the dairy industry. This article examines the role of advanced technologies, such as cold plasma and blockchain, in improving the supply chain of deteriorating products, with a focus on milk. Cold plasma extends product shelf life, while blockchain strengthens customer trust by providing clearer, more reliable information. This study investigates a two-level supply chain involving a manufacturer and a retailer, where the manufacturer utilizes cold plasma technology to extend shelf life, and the retailer bears the costs of blockchain to inform customers. The aim of this article is to examine the impacts of employing these two technologies in the supply chain of deteriorating dairy products, specifically milk, with a focus on the interactions between the manufacturer and retailer within a Stackelberg game framework. In this model, the manufacturer acts as the leader and the retailer as the follower, and the effects of technology-related costs on pricing decisions and profitability for each member are analyzed. Sensitivity analysis on the deterioration rate and shelf life reveals that the supply chain's profitability increases when deterioration rates are high, and customer sensitivity to deterioration is elevated, with cold plasma proving beneficial. Conversely, at lower deterioration rates, the high cost of cold plasma may reduce supply chain profitability. These findings underscore the importance of optimizing technology use based on the specific characteristics of the supply chain.

## Extended Abstract

### 1. Introduction

In today's world, food supply chains face numerous challenges due to the deteriorating nature of products and consumers' growing demand for transparent and real-time information regarding product safety and quality. One of the most critical sectors where these challenges are prominently evident is the dairy supply chain, particularly milk. As a fundamental and highly deteriorating commodity, milk requires advanced technologies to extend its shelf life and preserve its quality. In this context, the adoption of innovative technologies such as cold plasma and blockchain has emerged as a promising solution for the dairy supply chain. Cold plasma, by creating optimal conditions to reduce microbial load while maintaining the nutritional properties of milk, can significantly enhance the shelf life of this essential product.

* Corresponding author,
E-mail address: n.khanlarzade@kut.ac.ir
DOI: https://doi.org/10.61186/jii.2.2.161
Received: October 30, 2024; Received in revised form: November 17, 2024; Accepted: December 25, 2024.
Article type: Research Paper
©Author

## 2. **Methodology**

The supply chain examined in this study focuses on the dairy supply chain, specifically milk, which operates as a two-tier system comprising a manufacturer at the first level and a retailer at the second level. The manufacturer employs cold plasma technology during the production and processing stages to enhance the shelf life of milk. Simultaneously, the manufacturer considers leveraging blockchain technology to inform consumers about the application of cold plasma technology in milk production. The primary objective of integrating blockchain technology is to provide consumers with accessible information regarding the use of cold plasma technology in enhancing milk's shelf life, thereby fostering greater confidence and trust in their purchase. Additionally, blockchain enables the provision of real-time information about milk quality, including its safety or spoilage status, allowing consumers to make more informed purchasing decisions and reducing dissatisfaction arising from unsuitable product purchases. In this context, the manufacturer and the retailer are modeled as players in a Stackelberg game, where the manufacturer, acting as the leader, makes decisions first. The retailer, as the follower, subsequently determines their optimal decisions based on the producer's actions.

Implications of the Research

This study is not merely a theoretical model but also possesses practical applicability in real-world industries, offering the potential to enhance efficiency, reduce costs, and improve consumer satisfaction. The practical implications of this research and its target audiences can be summarized as follows:

1. Application in the Dairy Industry
2. Use by Distributors and Retailers of Deteriorating Food Products
3. Relevance to Logistics Companies in Cold Supply Chains
4. Utility for Regulatory and Health Institutions
5. Appeal to Manufacturer and Consumers Interested in Sustainable and Environmentally-Friendly Products

## 3. **Conclusion**

The conducted analyses reveal that leveraging cold plasma technology to extend product shelf life, combined with the use of blockchain to enhance transparency and inform customers, can significantly improve supply chain performance. The findings demonstrate that extending product shelf life through cold plasma directly enhances the supply chain's profitability, whereas blockchain adoption increases customer trust, subsequently boosting demand and retailer revenue. Moreover, the cost-sharing mechanism for these technologies is designed to ensure that both parties benefit, fostering collaboration that improves overall supply chain efficiency and competitiveness for both players in the market. Additionally, the study highlights the critical role of information transparency facilitated by blockchain for end consumers. This transparency not only stimulates higher demand but also increases customer satisfaction and enhances the reputation of both the producer's and retailer's brands.

نوآوری‌های صنعتی

شاپا: ۸۸۴۷-۲۹۸۰

# بهبود پایداری زنجیره تأمین لبنیات با استفاده از پلاسمای سرد و بلاک‌چین: تحولی در مدیریت فسادپذیری

نرگس خانلرزاده [الف*]

[الف] گروه مهندسی صنایع، دانشکده مدیریت مهندسی، دانشگاه صنعتی کرمانشاه، کرمانشاه، ایران.

**واژگان کلیدی**

اقلام فسادپذیر، زنجیره تأمین، فناوری بلاک چین، فناوری پلاسما سرد

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۸/۰۹

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۸/۲۷

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۹/۰۵

**چکیده**

محصولات فسادپذیر نسبت به سایر محصولات نیاز به سرمایه‌گذاری و صرف هزینه‌های بیشتری دارند. افزایش ماندگاری و ارتقای شفافیت اطلاعاتی از مهم‌ترین چالش‌های این محصولات بالاخص صنعت لبنیات هستند. این مقاله به بررسی نقش فناوری‌های نوین مانند پلاسمای سرد و بلاک‌چین در بهبود زنجیره تأمین محصولات فسادپذیر، به‌ویژه شیر، می‌پردازد. پلاسمای سرد ماندگاری محصول را افزایش داده و بلاک‌چین با ارائه اطلاعات شفاف‌تر به مشتری، اعتماد آنان را تقویت می‌کند. در این مطالعه، یک زنجیره تأمین دو سطحی شامل تولیدکننده و خرده‌فروش بررسی‌شده است؛ تولیدکننده از فناوری پلاسمای سرد برای افزایش ماندگاری محصول استفاده کرده و خرده‌فروش هزینه بلاک‌چین را برای اطلاع‌رسانی به مشتریان بر عهده دارد. تحلیل حساسیت نسبت به نرخ فساد و سطح ماندگاری نشان می‌دهد که سود زنجیره تأمین در شرایطی که نرخ فساد بالا و حساسیت مشتری نسبت به فساد زیاد است، با استفاده از پلاسمای سرد افزایش می‌یابد. در مقابل، در شرایط با نرخ فساد پایین، هزینه بالای پلاسمای سرد می‌تواند سودآوری زنجیره را کاهش دهد. این نتایج بر اهمیت بهینه‌سازی استفاده از فناوری‌ها بر اساس ویژگی‌های خاص زنجیره تأمین تأکید دارد. استفاده از فناوری پلاسما سرد در زنجیره تأمین لبنیات موجب افزایش سود، کاهش فساد و افزایش تقاضا، درحالی‌که هزینه‌های اضافی آن با بهبود کیفیت و طول عمر محصول جبران می‌شود.

## ۱- مقدمه

در دنیای امروز، زنجیره‌های تأمین مواد غذایی به دلیل ماهیت فسادپذیری محصولات و تقاضای مصرف‌کنندگان برای اطلاعات شفاف و به‌روز در مورد ایمنی و کیفیت محصولات با چالش‌های متعددی روبرو هستند. یکی از مهم‌ترین حوزه‌هایی که این چالش‌ها در آن به‌وضوح مشاهده می‌شود، زنجیره تأمین محصولات لبنی به‌ویژه شیر است. شیر به‌عنوان یک کالای اساسی و فسادپذیر به فناوری‌های پیشرفته‌ای برای افزایش ماندگاری و حفظ کیفیت نیاز دارد. در همین راستا، استفاده از فناوری‌های نوین مانند پلاسمای سرد و بلاک‌چین به‌عنوان راهکارهایی نویدبخش در زنجیره‌های تأمین لبنیات مطرح‌شده‌اند. پلاسمای سرد، با ایجاد شرایط مناسب برای کاهش بار میکروبی و حفظ خواص غذایی شیر، می‌تواند ماندگاری این محصول را به شکل قابل‌توجهی افزایش دهد. این فناوری به تولیدکنندگان امکان می‌دهد که نه‌تنها کیفیت محصولات خود را بهبود بخشند، بلکه از

* نویسنده مسئول؛

آدرس پست الکترونیک: n.khanlarzade@kut.ac.ir

هدر رفت ناشی از فساد سریع محصولات نیز جلوگیری کنند. بااین‌حال، یکی از چالش‌های اساسی در این زمینه، آگاه‌سازی مصرف‌کنندگان از مزایای این فناوری است. فناوری بلاک‌چین به‌عنوان یک راهکار نوین برای ایجاد شفافیت در زنجیره‌های تأمین موردتوجه قرارگرفته است. با استفاده از بلاک‌چین، اطلاعات دقیق و شفافی در مورد فرآیندهای تولید و پردازش محصولات در اختیار مشتریان قرار می‌گیرد، که می‌تواند اعتماد آن‌ها به محصول نهایی را افزایش دهد. در صنعت لبنیات، محصولات فسادپذیری مانند شیر دارای دوره ماندگاری کوتاهی هستند ازاین‌رو نیازمند مدیریت دقیق بوده تا از ضایعات آن‌ها جلوگیری شود. فناوری پلاسمای سرد به تولیدکنندگان این امکان را می‌دهد که ماندگاری این محصولات را بدون افزودن مواد نگهدارنده شیمیایی به‌طور چشمگیری افزایش دهند. این امر برای شرکت‌های تولیدی به معنی کاهش ضایعات، بهبود کیفیت محصولات نهایی، و کاهش هزینه‌های مرتبط با تولید مجدد و نابودی محصولات فاسد شده است. همچنین، با افزایش ماندگاری، محصولات می‌توانند به بازارهای دورتر صادر شوند، که به افزایش دسترسی بازار و سودآوری کمک می‌کند. فناوری بلاک‌چین نیز به‌عنوان یک ابزار مدرن، امکان ارائه این اطلاعات را به روشی شفاف و غیر قابل‌تغییر فراهم می‌کند. درنتیجه، مصرف‌کنندگان می‌توانند با اطمینان بیشتری به محصولاتی که خریداری می‌کنند، اعتماد کرده و از کیفیت فرآیندهای تولید آگاهی داشته باشند. شفافیت اطلاعات در صنایع غذایی، به‌ویژه لبنیات که حساسیت بالایی ازنظر ایمنی غذایی دارند، از اهمیت زیادی برخوردار است بطوریکه به مصرف‌کنندگان می‌توانند انتخاب‌های آگاهانه‌تری درزمینه پایداری داشته باشند و محصولات را بر اساس تأثیرات زیست‌محیطی تولید و توزیع انتخاب کنند. این شفافیت همچنین می‌تواند به‌عنوان یک مزیت رقابتی برای شرکت‌های حاضر در زنجیره تأمین عمل کرده و ارتباطات بهتری بین تولیدکننده، خرده‌فروش و مصرف‌کننده نهایی ایجاد کند. در حال حاضر، شرکت فرانسوی Lactips از فناوری پلاسمای سرد برای افزایش ماندگاری لبنیات استفاده می‌کند. به کمک این فناوری ماندگاری محصولات را به شکل قابل‌توجهی افزایش داده و ضایعات را کاهش داده‌اند، که این به بهبود سودآوری و کاهش هزینه‌های لجستیک و ذخیره‌سازی کمک می‌کند. همچنین یکی از بزرگ‌ترین خرده‌فروشان جهان، وال‌مارت، با همکاریIBM از فناوری بلاک‌چین برای ردیابی و شفاف‌سازی محصولاتی مانند سبزیجات و گوشت از مزرعه تا فروشگاه استفاده می‌کند. این فناوری به آن‌ها کمک کرده تا در صورت بروز مشکلاتی مانند آلودگی محصولات، به‌سرعت منبع مشکل را شناسایی و اقدامات اصلاحی انجام دهند. درحالی‌که برخی شرکت‌ها از فناوری‌های پلاسمای سرد و بلاک‌چین به‌صورت مستقل یا ترکیبی استفاده می‌کنند، تحقیقات علمی عمیق در این زمینه بسیار محدود است. در دنیای امروز صنایع غذایی، به‌ویژه لبنیات، به دلیل فسادپذیری و تاثیرات زیست‌محیطی، به دنبال راهکارهای نوآورانه برای کاهش ضایعات و بهبود پایداری هستند. این مقاله با بررسی کاربرد بلاک‌چین و پلاسمای سرد در این حوزه، می‌تواند به‌عنوان راهگشای شرکت‌های بیشتری درنظر گرفته شود که به دنبال ایجاد زنجیره تأمین سبزتر و شفاف‌تر هستند. این در حالی است که در مقایسه با کاربرد صنعتی، اگرچه در دنیای واقعی برخی شرکت‌ها از این فناوری‌ها استفاده می‌کنند، هنوز تحقیقات علمی کافی برای تأیید مزایا، چالش‌ها و روش‌های بهینه استفاده از این فناوری‌ها در مقالات علمی منتشرنشده است. با ارائه راهکارهای عملی برای صنایع دیگر، این مقاله می‌تواند علاوه بر صنعت لبنیات، به سایر صنایع فسادپذیر نیز کمک کند تا از این فناوری‌ها بهره‌مند شوند.

در این مقاله زنجیره تأمینی دوسطحی شامل یک تولیدکننده و یک خرده‌فروش موردمطالعه قرارگرفته است که خرده‌فروش مسئولیت هزینه‌های بلاک‌چین را به عهده می‌گیرد، درحالی‌که هزینه‌های مربوط به پلاسمای سرد توسط تولیدکننده تأمین می‌شود. این همکاری در زنجیره تأمین دو سطحی، نه‌تنها به افزایش ماندگاری محصول کمک می‌کند، بلکه با ارائه اطلاعات شفاف به مصرف‌کننده نهایی، می‌تواند مزیت رقابتی مهمی برای هر دو بازیگر زنجیره فراهم آورد. هدف این مقاله بررسی اثرات به‌کارگیری این دو فناوری در زنجیره تأمین محصولات لبنی فسادپذیر، به‌ویژه شیر، با تمرکز بر تعاملات بین تولیدکننده و خرده‌فروش در چارچوب یک مدل بازی استکلبرگ است. در این مدل، تولیدکننده به‌عنوان رهبر و خرده‌فروش به‌عنوان پیرو عمل می‌کند و اثرات هزینه‌های مربوط به فناوری‌های مورداستفاده بر روی تصمیمات قیمتی و سودآوری هرکدام از طرفین موردبررسی قرار می‌گیرد.

بخش‌های این مقاله در ادامه به‌صورت زیر ارائه خواهند شد. در بخش دوم ادبیات مرتبط با موضوع بررسی و جایگاه این پژوهش تشریح می‌گردد. مساله موردبررسی در بخش سوم به‌تفصیل توضیح داده می‌شود. همچنین بخش چهارم و پنجم به

ترتیب به حل مدل ریاضی و نتایج اولیه و تحلیل حساسیت پرداخته‌اند. درنهایت نتیجه‌گیری و پیشنهادات آتی در بخش ششم آورده شده‌اند.

## ۲- مرور ادبیات

در این بخش به تحلیل و بررسی ادبیات مرتبط با مدیریت زنجیره تأمین اقلام فسادپذیر و کاربرد بلاک چین در مدیریت آنها پرداخته می‌شود.

بالاجی و آرشیندر [۱] در مطالعه خود علل هدر رفتن مواد غذایی و همچنین قدرت محرکه و وابستگی این عوامل را شناسایی و تعاملات بین آنها را تحلیل کردند .این مطالعه با استفاده از MICMAC[1] فازی و رویکرد مبتنی بر مدل‌سازی ساختاری تفسیری کل[2] انجام‌شده که به‌نوعی تلاشی جدید در این بخش برای مطالعه تعاملات است. این مقاله بر اساس بررسی ادبیات و طوفان فکری در بین متخصصان صنایع غذایی و دانشگاهی، ۱۶ متغیر را به‌عنوان ابر مجموعه عوامل علت هدر رفت مواد غذایی شناسایی کرده است. نتایج نشان دادند که عدم وجود روش‌های علمی در برداشت و تعداد زیاد واسطه‌ها در زنجیره تأمین از قدرت محرکه بالایی برخوردار بوده و می‌توان آن را از عوامل اصلی تلفات غذایی دانست.

تیواری و همکاران [۲] در مقاله خود یک مدل زنجیره تأمین دو سطحی را برای اقلام فسادپذیر در نظر گرفتند که در آن ظرفیت نمایش کالا در انبار خرده‌فروش منطقه، محدود است. بنابراین، خرده‌فروش واحدهای باقی‌مانده را در اتاق پشتی که ظرفیت نامحدودی دارد، ذخیره می‌کند. نرخ تقاضا به قیمت فروش خرده‌فروش و مقدار کالای نمایش داده‌شده بستگی دارد. رویکرد پیشنهادی نویسندگان وابستگی متقابل بین قیمت یک محصول، تقاضا برای محصول و ادغام بین خرده‌فروش و تأمین‌کننده را تحت چهار سیاست مختلف؛ غیر یکپارچه، یکپارچه، سیاست استکلبرگ به رهبری تأمین‌کننده و سیاست استکلبرگ به رهبری خرده‌فروش مدل‌سازی کرده است. علاوه بر این، این مقاله چندین نتیجه نظری را ارائه داده تا نشان دهد که راه‌حل پیشنهادی حداکثر سود کل را در پی خواهد داشت.

گارناچلی و همکاران [۳] به بررسی مساله برنامه‌ریزی تولید و توزیع برای زنجیره تأمین لبنیات در دنیای واقعی پرداختند. مدل برنامه‌ریزی برای تولید و توزیع پنیر، ماست، شیر پودری و محصولات شیر فراوری‌شده با دمای فوق‌العاده بالا در یک زنجیره تأمین دو سطحی توسعه‌یافته است. روش برنامه‌ریزی تولید و توزیع یکپارچه معرفی‌شده بر اساس یک مساله برنامه‌ریزی خطی عدد صحیح مختلط تصادفی دومرحله‌ای است. در دنیای واقعی، تعداد سناریوها به‌طور قابل‌توجهی فراوان است ازاین‌رو در این مقاله یک سناریو استراتژی کاهش بر اساس تکنیک‌های خوشه‌بندی ارائه‌شده است.

میهمی و همکاران [۴] در مقاله خود مساله قیمت‌گذاری و برنامه‌ریزی موجودی را برای یک فروشنده اقلام در حال فساد غیر آنی تحت کمبود به‌صورت پس افت جزیی با سرمایه‌گذاری سبز را بررسی کردند. تقاضای مشتریان و متغیرهای کنترل موجودی تحت تأثیر برنامه‌های سبزسازی قرار دارند. هدف اصلی این مقاله تعیین قیمت فروش، بازپرسازی و مقدار سفارش بهینه در هر چرخه موجودی در سطوح مختلف سبزی است که به حداکثر رساندن سود کل فروشنده کمک می‌کند. این مسئله به‌عنوان یک مدل بهینه‌سازی غیرخطی فرموله شده که در آن یک رویکرد تحلیلی به‌منظور یافتن راه‌حل بهینه ارائه گردیده است.

کائو و همکاران [۵] در مقاله خود چگونگی تأثیر پذیرش یک پلتفرم مبتنی بر بلاک چین بر تصمیمات اعضای زنجیره تأمین محصولات کشاورزی را تحلیل کردند. آن‌ها با درنظر گرفتن یک زنجیره تأمین دوسطحی، مدل‌های بازی را با و بدون پلتفرم مبتنی بر بلاک چین تعریف نمودند. با مقایسه نتایج تعادل با و بدون پلتفرم مبتنی بر بلاک چین، نشان دادند که استفاده از پلتفرم مبتنی بر بلاک چین می‌تواند منجر به افزایش مقدار تولید و کل مازاد زنجیره تأمین شود. آن‌ها همچنین نشان دادند که ارزش پلتفرم مبتنی بر بلاک چین در اعتبار محیط تجاری که زنجیره تأمین در آن فعالیت می‌کند کاهش

[1] Matrice d'Impacts Croises − Multiplication Applicqnce a un Classement
[2] Total Interpretive structural Modeling (TISM)

می‌یابد.

الامین خان و همکاران [۶] در مقاله خود، مطالعه انجام‌شده توسط میشرا و همکاران [۷] را با درنظر گرفتن مفروضاتی توسعه دادند. آن‌ها فرض کردند که درصد پس افت بستگی به مدت‌زمان ورود دارد. همچنین آنها به‌جای خاصیت فساد آنی، فرض فساد غیر آنی را برای محصولات درنظر گرفتند. برای کاهش احتمال جریان نقدی نامطمئن، یک قرارداد ترکیبی وجه نقد و پیش‌پرداخت را درنظر گرفتند و ظرفیت ذخیره‌سازی انبار نیز نامحدود است. دلیل اتخاذ چنین قراردادی افزایش تعداد تراکنش‌های آنلاین برای خرید محصولات در طول دوره همه‌گیری عنوان‌شده است. بر اساس این قرارداد، خریدار درصد از پیش تعریف‌شده‌ای از قیمت خرید را از قبل پرداخت می‌کند و مابقی درصد از طریق روش تحویل نقدی انجام می‌گردد.

یاداو و همکاران [۸] تأثیر اقتصادی صنعت پزشکی در همه‌گیری ویروس کرونا برای اقلام با تقاضای نوع شیب‌دار با فرض اثرات تورم در دستگاه‌های ذخیره‌سازی دو انباری و هزینه تصفیه فاضلاب با استفاده از PSO را توسعه دادند. انبار تحت مالکیت دارای ظرفیت ثابت و انبار اجاره‌ای دارای ظرفیت نامحدود است. آن‌ها فرض کردند که تأثیر اقتصادی بلاک چین صنعت پزشکی همه‌گیر کرونا در هزینه موجودی اقلام نگهداری شده در انبار اجاره‌ای بیشتر از انبار با مالکیت خود شرکت است. همچنین در این تحقیق فرض شده است که تأثیر اقتصادی بلاک چین صنعت همه‌گیری پزشکی کرونا در طول زمان با نرخ فساد و هزینه تصفیه فاضلاب غیرثابت (با استفاده از PSO) کاهش می‌یابد.

تیواری و همکاران [۹] در پژوهش خود به بررسی اثرات فساد و سیاست اعتبار تجاری بر کنترل موجودی کالاهای باکیفیت ناقص پرداختند. در این مطالعه، نویسندگان یک مدل کنترل موجودی مبتنی بر دو انبار را توسعه دادند که بدتر شدن کیفیت و اعتبار تجاری دوسطحی را موردمطالعه قرار می‌دهد. نویسندگان به‌صورت تحلیلی اندازه انباشته را طوری تعیین نمودند که سود کل در هر چرخه را بهینه می‌کند.

لی و همکاران [۱۰] یک زنجیره تأمین محصولات کشاورزی تازه شامل یک تأمین‌کننده و یک خرده‌فروش را درنظر گرفتند. خرده‌فروش مسئولیت عمده‌فروشی و فروش محصولات کشاورزی تازه را بر عهده دارد و درجه پذیرش بلاک چین و تلاش تبلیغاتی را تعیین می‌کند. تأمین‌کننده مسئول تحویل محصولات کشاورزی تازه به مصرف‌کنندگان است و سرمایه‌گذاری سبز بودن و تلاش برای حفظ تازگی را تعیین می‌نماید. بر اساس زنجیره تأمین محصولات کشاورزی تازه سنتی و مبتنی بر بلاک چین، این مقاله در مورد بهینه‌سازی تلاش برای حفظ تازگی، تلاش تبلیغاتی و درجه پذیرش بلاک چین بحث کرده است.

ژنگ و ژو [۱۱] در مقاله خود یک مدل پایدار از یکپارچگی لجستیک محصولات کشاورزی را بر اساس فناوری بلاک چین توسعه دادند و یک مدل لجستیک جامع از محصولات کشاورزی مبتنی بر بلاک چین هوشمند را پیشنهاد کردند. آن‌ها نشان دادند که صنعت لجستیک محصولات کشاورزی مبتنی بر فناوری بلاک چین هوشمند می‌تواند حداقل ۴۰ درصد از درآمد اضافی را به دست آورد.

لئو و همکاران [۱۲] به بررسی موضوع ساخت بلاک چین پرداختند. آن‌ها یک مدل بازی زنجیره تأمین واکسن متشکل از یک تولیدکننده واکسن و یک واحد واکسیناسیون ایجاد کرده و شرایط به‌کارگیری فناوری بلاک چین را تجزیه‌وتحلیل نمودند. تولیدکننده واکسن و واحد واکسیناسیون به‌طور مشترک ساخت بلاک چین را انجام می‌دهند، یعنی قراردادی را به اشتراک می‌گذارند که می‌تواند عملکرد زنجیره تأمین واکسن را بهبود بخشد، اما نمی‌تواند سود کل را به سطح مطلوب برساند. نتایج نشان دادند که از دیدگاه شرکت‌ها و مصرف‌کنندگان، فناوری بلاک چین تنها زمانی به کار گرفته می‌شود که شرایط خاصی به وجود آید. در مقابل، از دیدگاه واحد واکسیناسیون، ساخت بلاک چین که توسط تولیدکننده واکسن انجام می‌شود برای زنجیره تأمین واکسن و مصرف‌کنندگان مفیدتر است.

ژانگ و همکاران [۱۳] اثرات انتقال دیجیتال مبتنی بر بلاک چین در یک زنجیره تأمین سرد با یک تولیدکننده، یک خرده‌فروش، و یک ارائه‌دهنده خدمات لجستیکی شخص ثالث (3PL)را بررسی کردند. تولیدکننده یک شرکت محصولات تازه

است و خرده‌فروش یک پلتفرم خرده‌فروشی بزرگ است. محصولات در دوره تولید و انتقال از طریق بخش سوم لجستیکی دچار فساد می‌شوند. نتایج نشان دادند که تکیه‌بر مکانیسم بازار ممکن است زنجیره تأمین سرد را قادر به تصمیم‌گیری بهینه نکند. بنابراین، مداخله دولت یا یک مکانیسم هماهنگی برون‌زا باید معرفی گردد تا اعضای زنجیره تأمین سرد را برای رسیدن به اجماع در مورد انتقال دیجیتال مبتنی بر بلاک چین سوق دهد.

پریان [۱۴] در مقاله خود به بررسی تأثیر فناوری‌های دیجیتال و انتشار کربن بر بهبود تصمیم‌گیری‌های زنجیره تأمین، با ترکیب منطق فازی و فناوری بلاک چین پرداخت. در این مقاله اقلام معیوب پس از بازرسی به فروشنده بازگردانده می‌شوند. هدف تعیین استراتژی‌های بهینه برای به حداقل رساندن کربن و هزینه کل مشترک سیستم است. تصمیمات بهینه، هم با و هم بدون بلاک چین، برای اعتبارسنجی مدل پیشنهادی مقایسه شدند. یافته‌ها نشان دادند که بلاک‌چین تأثیر قابل‌توجهی بر تصمیم‌گیری بهینه و نتایج تلاش‌های کاهش کربن دارد.

حمیداوقلو و همکاران [۱۵] یک زنجیره تأمین کشاورزی مبتنی بر اینترنت اشیا را پیشنهاد کردند که با یک بازی نش همکارانه بین اپراتورهای مخابراتی و شرکت‌های کشاورزی ادغام‌شده است. هدف این مقاله ایجاد رویه‌های تصمیم‌گیری مشارکتی پیش از ادغام فناوری بلاک چین در زنجیره تأمین است که توسط سیاست یارانه‌ای دولت تنظیم می‌شود. نتایج عددی یافته‌های نظری را توجیه کرده و همکاری نش را بین سهامداران به‌جای رقابت در بازار مواد غذایی کشاورزی مبتنی بر بلاک چین پیشنهاد می‌کنند، که درنهایت منجر به یک محیط بازار در دسترس‌تر شده و به نفع مصرف‌کنندگان است.

یوان و همکاران [۱۶] یک مدل نظریه بازی برای تجزیه‌وتحلیل بهینه‌سازی طرح‌های ردیابی برای محصولات تازه ارزان قیمت و محصولات تازه سطح بالا در یک زنجیره تأمین محصول تازه در یک محیط رقابتی را توسعه دادند. همچنین در این مقاله تأثیر ساختار قدرت بر طرح‌های ردیابی بررسی‌شده و شرایطی را شناسایی می‌کند که تحت آن، یک طرح نسبت به سایرین بهتر عمل می‌کند. نتایج نشان دادند که هزینه هر واحد ورودی محصول هیچ تاثیری بر تصمیم ردیابی زنجیره تأمین محصول تازه ندارد .بااین‌وجود، معرفی تکنولوژی بلاک چین تعداد مصرف‌کنندگانی را که محصولات تازه ارزان را انتخاب می‌کنند افزایش می‌دهد و قیمت فروش و قیمت عمده‌فروشی محصولات مربوطه را نیز بالا می‌برد.

ما و همکاران [۱۷] به بررسی نقش بلاک چین در آلودگی مواد غذایی پرداختند. این مقاله یک مدل بازی را در زنجیره تامینی دوسطحی شامل دو تأمین‌کننده و یک خرده‌فروش به‌منظور بررسی استقرار استراتژیک تلاش‌های خرده‌فروش برای به حداقل رساندن آلودگی در حین استفاده از فناوری بلاک چین توسعه داده است. جالب‌توجه است که برای مواد غذایی آسیب‌پذیر به آلودگی، داشتن بلاک چین، همکاری تأمین‌کنندگان و خرده‌فروشان را افزایش می‌دهد و در مقابل احتمال همکاری برای مواد غذایی مقاوم به آلودگی کمتر می‌شود. جدول۱ ادبیات مطالعه شده را ازلحاظ مفروضات، به صورت دسته‌بندی و همچنین جایگاه این تحقیق را نشان می‌دهد.

**جدول ۱ دسته‌بندی ادبیات موضوع**

| مقاله | محصول با ویژگی فساد یا تازگی | فناوری بلاک چین | فناوری جهت افزایش ماندگاری | رویکرد حل | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | تئوری بازی | سایر |
| [۲] | * | | | * | |
| [۳] | * | | | | * |
| [۴] | * | | | | * |
| [۵] | * | * | | * | |
| [۶] | * | | | | * |
| [۸] | * | * | | | * |
| [۹] | * | | | | * |
| [۱۰] | * | * | | | * |
| [۱۱] | * | * | | | * |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| [۱۲] | * | * | | * | |
| [۱۳] | * | * | | | * |
| [۱۴] | * | * | | | * |
| [۱۵] | * | * | | * | |
| [۱۶] | * | * | | * | |
| [۱۷] | * | * | | * | |
| تحقیق پیش رو | * | * | * | * | |

با توجه به مقالات فوق و جدول ۱، تاکنون استفاده همزمان از فناوری پلاسمای سرد و بلاک چین در زنجیره‌های تأمین اقلام فسادپذیر تحلیل و ارزیابی نشده است. با توجه به حساسیت بالای محصولاتی مانند لبنیات برای جلوگیری از هدر رفت و ایجاد ضایعات و ارتقا کیفیت مصرف این محصولات، و همچنین نیاز به رصد محصول توسط مشتری به‌منظور افزایش سطح اطمینان و درنهایت خرید محصول توسط مشتری و دسترسی به اطلاعات دقیق و شفاف درباره کیفیت، ایمنی و اصالت محصولاتی که مصرف می‌کنند، بررسی به‌کارگیری فناوری پلاسمای سرد به همراه بلاک چین در این زنجیره‌ها می‌تواند از اهمیت بالایی برخوردار باشد. ازاین‌رو در این مقاله به بررسی هم‌زمان نقش پلاسما سرد و بلاک چین در بهبود عملکرد زنجیره تأمین محصولات لبنی با درنظر گرفتن رابطه استکلبرگ بین اعضای زنجیره و تحلیل شرایط اتخاذ این فناوری توسط تولیدکننده پرداخته‌شده است.

## ۳- تعریف مساله

زنجیره تأمین موردبررسی در این مقاله زنجیره تأمین محصولات لبنی به‌ویژه شیر است که دوسطحی و شامل یک تولیدکننده در سطح اول و یک خرده‌فروش در سطح دوم است. تولیدکننده به‌منظور ارتقای سطح ماندگاری شیر از فناوری پلاسمای سرد در فرایند تولید و فراوری آن استفاده می‌کند. از طرف دیگر به‌منظور آگاه‌سازی مصرف‌کننده از بهره‌گیری فناوری پلاسمای سرد در تولید شیر، تولیدکننده استفاده از تکنولوژی بلاک چین را مدنظر دارد. هدف از بکارگیری فناوری بلاک چین این است که اطلاعاتی در مورد فناوری پلاسمای سرد بکاررفته در تولید شیر و بهبود ماندگاری آن در دسترس مشتری قرار گیرد و مشتری با اطمینان و اعتماد بیشتر محصول را خریداری نماید. همچنین بعلاوه اطلاعاتی در مورد سطح کیفیت شیر ازلحاظ سالم بودن یا فساد در اختیار مشتری قرار گیرد تا با آگاهی بیشتری تصمیم به خرید گرفته و درنهایت نارضایتی از خرید محصول نامناسب کاهش یابد.

نمادهای به‌کار رفته در توسعه مدل در جدول ۲ آورده شده‌اند.

**جدول ۲ نمادها و پارامترهای مدل**

| پارامترها و متغیرهای تصمیم مساله | |
|---|---|
| ارزش محصول نزد مشتری | $\vartheta$ |
| سطح ماندگاری محصول $(0 \le k < 1)$ | $k$ |
| میزان حساسیت (تأثیر) سطح ماندگاری محصول نسبت به مازاد مصرف‌کننده $(\alpha \ge 0)$ | $\alpha$ |
| ضریب هزینه استفاده از پلاسمای سرد $(c \ge 0)$ | $c$ |
| هزینه عملیاتی واحد با بکارگیری بلاک چین $(0 \le r < 1)$ | $r$ |
| حساسیت مصرف‌کننده نسبت به نرخ فساد | $\gamma$ |
| حساسیت مصرف‌کننده نسبت به قیمت | $\beta$ |
| نرخ فساد محصول | $\theta$ |
| ارتقای شفافیت اطلاعات محصول با استفاده از بلاک چین $(\lambda \ge 1)$ | $\lambda$ |
| قیمت خرده‌فروشی | $p$ |
| بازه مصرف | $T$ |
| قیمت عمده‌فروشی | $w$ |

ارزش محصول نزد مشتری دارای توزیع یکنواخت در بازه [0,1] است. میزان حساسیت سطح ماندگاری محصول نسبت به مازاد مصرف‌کننده به این معناست که چگونه تغییرات در مدت‌زمان ماندگاری محصول می‌تواند بر رضایت یا سود مصرف‌کننده تأثیر بگذارد. در این مدل برای سادگی مساله، فرض بر این است که سطح ماندگاری محصول یک پارامتر است که با توجه به سطح تکنولوژی پلاسما سرد که در مرحله فراوری شیر بکار می‌رود تعیین می‌گردد. هر چه تکنولوژی بکار رفته در مرحله فراوری محصول پیشرفته‌تر باشد سطح ماندگاری نیز ارتقا می‌یابد. همچنین فرض بر این است که موجودی خرده‌فروش در انتهای دوره به صفر می‌رسد.

تقسیم هزینه‌ها بین تولیدکننده و خرده‌فروش به‌طور عادلانه بر اساس مزایا و سرمایه‌گذاری‌های هر دو طرف، یک استراتژی رایج در زنجیره‌های تأمین است. در دنیای واقعی، شرکت‌ها به‌طور مداوم در مورد تقسیم هزینه‌ها و مزایا مذاکره می‌کنند. به‌عنوان‌مثال، در صنایع غذایی و دارویی، تولیدکنندگان ممکن است روی فناوری‌های پیشرفته برای بهبود کیفیت و ماندگاری محصول سرمایه‌گذاری کنند، درحالی‌که خرده‌فروشان هزینه‌های مربوط به ردیابی و شفافیت اطلاعات را پوشش می‌دهند. اگر تولیدکننده هزینه فناوری پلاسما سرد را به عهده می‌گیرد و این فناوری به بهبود ماندگاری و کیفیت محصول کمک می‌کند، منطقی است که خرده‌فروش نیز هزینه‌های بلاکچین را به عهده بگیرد، به‌ویژه اگر از مزایای اطلاعات شفاف و افزایش تقاضا بهره‌مند می‌شود. ازاین‌رو در این مقاله این فرض درنظر گرفته‌شده است که خرده‌فروش به دلیل بهره‌مندی از مزایای بلاکچین هزینه‌های مربوط به آن را می‌پذیرد. این استدلال هم ازنظر تئوری و هم در دنیای واقعی قابل دفاع است و می‌تواند به یک توزیع منطقی‌تر سودها و هزینه‌ها بین طرفین منجر شود.

با درنظر گرفتن پارامترهای فوق تابع مطلوبیت مصرف‌کننده را می‌توان به‌صورت زیر نوشت:

$$u = \lambda(\vartheta + \alpha k) - \beta p - \gamma \quad (۱)$$

و بنابراین تابع تقاضا را به‌صورت زیر خواهیم داشت:

$$D = 1 - \frac{\beta p + \gamma\theta - \lambda\alpha k}{\lambda} \quad (۲)$$

بنابراین توابع سود خرده‌فروش و تولیدکننده به ترتیب عبارتند از:

$$\pi_r = p\int_0^T D\,dt - (w + r)Q \quad (۳)$$

$$\pi_m = wQ - \frac{1}{2}ck^2 \quad (۴)$$

## ۴- رویه حل مدل

تولیدکننده و خرده‌فروش بازیکنان یک بازی استکلبرگ هستند که در آن تولیدکننده به‌عنوان پیشرو در ابتدا تصمیمات خود را اخذ می‌کند و بعد از مشاهده آنها توسط خرده‌فروش، تصمیمات بهینه خرده‌فروش تعیین می‌گردند. برای حل مساله خرده‌فروش ابتدا مشتق مرتبه اول تابع سود نسبت به متغیرهای تصمیم محاسبه می‌شوند. سپس با حل همزمان دستگاه معادلات زیر، مقادیر بهینه قیمت خرده‌فروشی و دوره مصرف تعیین می‌گردند.

$$\begin{cases} \frac{\partial \pi_r}{\partial p} = 0 \\ \frac{\partial \pi_r}{\partial T} = 0 \end{cases} \quad (۵)$$

در نتیجه داریم:

$$p^* = -\frac{-r\beta - w\beta + 2\gamma\theta - 2\lambda - 2k\alpha\lambda}{3\beta} \quad (۶)$$

$$T^* = -\frac{2(r\beta+w\beta+\gamma\theta-\lambda-k\alpha\lambda)}{3(r+w)\beta\theta} \quad (۷)$$

با درنظر گرفتن تصمیمات بهینه خرده‌فروش، می‌توان قیمت عمده‌فروشی بهینه را با هدف بیشینه‌سازی سود تولیدکننده تعیین نمود.

قضیه۱) مقادیر به‌دست‌آمده برای متغیرهای تصمیم خرده‌فروش، منحصربه‌فرد هستند و تابع سود خرده‌فروش را بیشینه می‌کنند.

اثبات) برای اثبات تقعر تابع سود و یکتایی جواب‌های به‌دست‌آمده، ابتدا مشتقات مرتبه دوم تابع سود خرده‌فروش را برای تعیین ماتریس هشین به‌صورت زیر تعیین می‌کنیم:

$$\frac{\partial^2\pi_r}{\partial p^2} = \frac{-2\beta T}{\lambda} \quad (۸)$$

$$\frac{\partial^2\pi_r}{\partial T^2} = \frac{w\theta}{\lambda}(\beta p + \gamma\theta - \lambda(1+\alpha k)) \quad (۹)$$

$$\frac{\partial^2\pi_r}{\partial p\partial T} = \frac{-2\beta p-\gamma\theta+w(\beta+\beta\theta T)+\lambda(1+\alpha k)}{\lambda} \quad (۱۰)$$

رابطه (۸) همواره منفی است. لذا کافی ست نشان دهیم:

$$\frac{\partial^2\pi_r}{\partial p^2} \times \frac{\partial^2\pi_r}{\partial T^2} - (\frac{\partial^2\pi_r}{\partial p\partial T})^2 > 0 \quad (۱۱)$$

عبارت فوق بعد از ساده‌سازی به‌صورت زیر درمی‌آید:

$$\left[\left(-2\beta p - \gamma\theta + w(\beta+\beta\theta T) + \lambda(1+\alpha k)\right)^2 + 2\beta\theta T w\left(\beta p + \gamma\theta - \lambda(1+\alpha k)\right)\right] = \frac{-1}{\lambda^2}A \quad (۱۲)$$

فرض می‌کنیم $A < 0$. در این صورت پس از ساده‌سازی خواهیم داشت:

$$-2\beta p - \gamma\theta + w(\beta+\beta\theta T) + \lambda(1+\alpha k) < \sqrt{2\beta\theta T w\left(\beta p + \gamma\theta - \lambda(1+\alpha k)\right)} \quad (۱۳)$$

از طرفی سمت چپ رابطه (۱۳) همواره مثبت است بنابراین این رابطه همواره برقرار بوده و ازاین‌رو فرض $A < 0$ صادق خواهد بود.

■

قضیه۲) با درنظر گرفتن روابط (۶) و (۷)، تابع سود تولیدکننده مقعر است و قیمت عمده‌فروشی به‌دست‌آمده یکتاست.

اثبات) برای این منظور کافی ست داشته باشیم: $\frac{\partial^2\pi_m}{\partial w^2} < 0$.

داریم:

$$\frac{\partial^2\pi_m}{\partial w^2} = \frac{-4}{27\beta^2\theta\lambda w^4}[-2\beta^3 w^4 - 3r(\gamma\theta-(1+\alpha k)\lambda)^3 + w(\gamma\theta-(1+\alpha k)\lambda)^3] \quad (۱۴)$$

لذا برای اثبات مقعر بودن $\pi_m$، با درنظر گرفتن رابطه (۱۴)، باید رابطه زیر برقرار باشد:

$$[-2\beta^3 w^4 - 3r(\gamma\theta-(1+\alpha k)\lambda)^3 + w(\gamma\theta-(1+\alpha k)\lambda)^3] > 0 \quad (۱۵)$$

▪

با توجه به قضیه ۲، و با درنظر گرفتن رابطه (۱۵) به‌عنوان یک شرط، مساله تولیدکننده به‌صورت زیر درخواهد آمد:

$$\begin{cases} Max\pi_m \\ s.t. \ -2\beta^3 w^4 - 3r(\gamma\theta - (1+\alpha k)\lambda)^3 + w(\gamma\theta - (1+\alpha k)\lambda)^3 > 0 \end{cases} \quad (۱۶)$$

## ۵- نتایج عددی و تحلیل حساسیت

با درنظر گرفتن مقادیر ارائه‌شده در جدول ۲ برای پارامترها، نتایج اولیه حل مدل در این جدول آورده شده است.

**جدول ۲ مقادیر پارامترها و نتایج حل عددی مدل**

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\lambda = 2$ | $k = 0.2$ | $\gamma = 2$ | $c = 2$ | $w^* = 0.09$ | $p^* = 1.26$ | $T^* = 18.83$ | $\pi_r^* = 2.71$ | $\pi_m^* = 1.69$ |
| $\alpha = 1$ | $\beta = 1$ | $\theta = 0.3$ | $r = 0.1$ | | | | | |

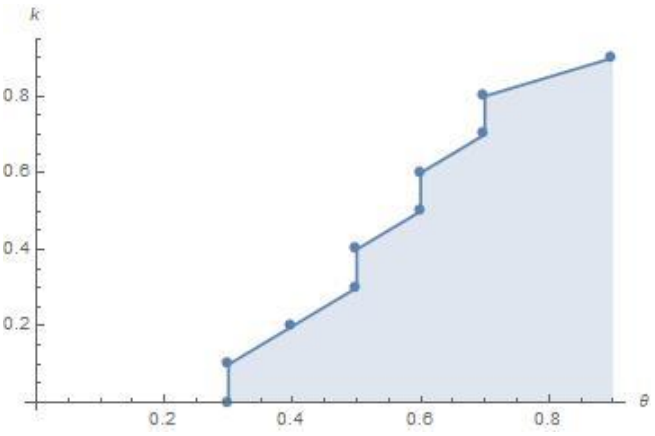
با وجود تقبل هزینه‌های بلاکچین و پلاسمای سرد به ترتیب توسط خرده‌فروش و تولیدکننده، و رهبر بودن تولیدکننده، مشاهده می‌شود که سود خرده‌فروش بیشتر از تولیدکننده است. رهبری تولیدکننده به این معنی نیست که همیشه سود بالاتری داشته باشد، بلکه به این معناست که تولیدکننده ابتدا تصمیم‌گیری می‌کند و شرایط را تنظیم می‌کند. اگر شرایطی که تولیدکننده تنظیم می‌کند، به‌طور ناخودآگاه به نفع خرده‌فروش باشد، می‌تواند منجر به سود بالاتر برای او شود. علاوه بر این، دلایل دیگری نیز می‌تواند وجود داشته باشد که این نتیجه را منطقی و قابل توجیه می‌کند. ممکن است مزایای بلاکچین، مانند افزایش تقاضا و اعتماد مشتریان، به حدی زیاد باشد که سود خرده‌فروش به‌طور قابل‌توجهی افزایش یابد و هزینه‌های مربوط به بلاکچین را جبران کند. از طرفی بلاکچین با افزایش شفافیت و اعتماد مشتریان، مستقیماً بر تقاضا و فروش تأثیر مثبت می‌گذارد، که این امر ممکن است سود خرده‌فروش را افزایش دهد، درحالی‌که فناوری پلاسمای سرد بیشتر در کاهش هزینه‌های پس از تولید و حفظ کیفیت محصول مؤثر است.

اگر هزینه‌های فناوری‌های تولیدی برای تولیدکننده بسیار بالا باشد یا با افزایش تولید افزایش یابد، این امر ممکن است سود نهایی او را تحت تأثیر قرار دهد. در مقابل، خرده‌فروش ممکن است هزینه‌های متغیر کمتر و بهره‌وری بیشتری داشته باشد. همچنین تولیدکننده ممکن است به دلیل تنظیم قیمت‌های پایین‌تر برای رقابت‌پذیری یا به دلیل هزینه‌های بالای فناوری‌ها، نتواند از مزایای کامل رهبری بهره‌مند شود.

انجام تحلیل حساسیت نسبت به پارامترهای مساله می‌تواند دیدگاه‌های ارزشمندی را ارائه دهد، خصوصاً در زمینه‌های سوددهی، تقاضا، و تصمیمات قیمت‌گذاری. در ادامه، تحلیل‌های حساسیت پیشنهادی برای پارامترهای مساله توضیح داده‌شده‌اند تا بتوان نتایج کاربردی و معناداری را ارائه داد.

### ۵-۱- تحلیل حساسیت نسبت به نرخ فساد و سطح ماندگاری محصول

این دو پارامتر به‌طور مستقیم باکیفیت محصول و تصمیمات مشتریان ارتباط دارند. نرخ فساد و سطح ماندگاری به‌طور معکوس بر هم تأثیر می‌گذارند و تغییر همزمان آن‌ها می‌تواند نشان دهد که تا چه حد کاهش فساد از طریق افزایش ماندگاری به نفع زنجیره تأمین است. (لازم به ذکر است که در این حالت فرض شده است که با افزایش سطح ماندگاری هزینه فناوری تغییر نمی‌کند.)




**شکل ۱ تغییرات سود زنجیره تأمین نسبت به نرخ فساد و سطح ماندگاری محصول**

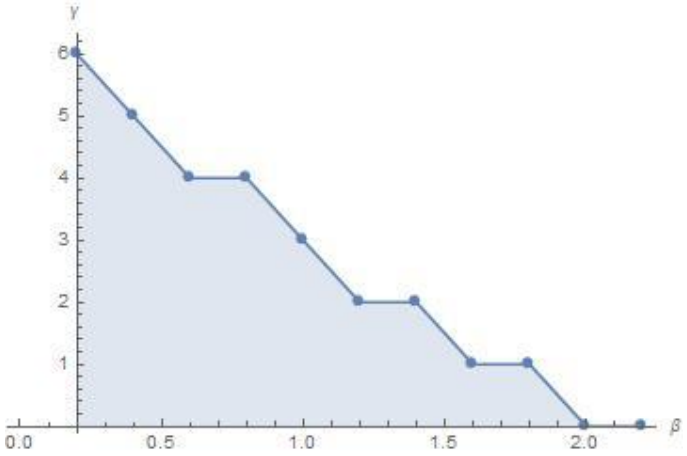
برای بررسی تحلیل تغییرات همزمان این دو پارامتر، از سود کل زنجیره تأمین بهره برده‌ایم. این نمودار نشان می‌دهد که تا چه حد سرمایه‌گذاری در فناوری‌هایی که ماندگاری را افزایش می‌دهند مقرون‌به‌صرفه است. در حالتی که تولیدکننده از فناوری پلاسمای سرد استفاده نکند سود کل زنجیره تأمین برابر با ۱.۷۰۶ است.

ناحیه رنگی نشان‌دهنده ترکیبی از مقادیر نرخ فساد و سطح ماندگاری محصول است که به ازای آنها سود کل زنجیره تأمین نسبت به حالتی که از فناوری پلاسمای سرد استفاده‌شده است بیشتر است. لذا در این ناحیه، استفاده از فناوری پلاسمای سرد توصیه نمی‌گردد. ازاین‌رو می‌توان گفت به ازای مقادیر نرخ فساد و سطح ماندگاری محصول در ناحیه رنگی، سرمایه‌گذاری در فناوری پلاسمای سرد مقرون‌به‌صرفه نیست. در این ناحیه، احتمالاً هزینه‌های مربوط به استفاده از فناوری پلاسمای سرد بیش از مزایای آن است، به‌خصوص در شرایطی که فساد محصول چندان شدید نیست یا سطح ماندگاری حتی بدون پلاسما بالاست.

به‌منظور ارتقا سطح ماندگاری محصول، بایستی سرمایه‌گذاری بیشتری روی این فناوری انجام شود به‌عبارت‌دیگر هرچه این فناوری پیشرفته‌تر باشد باعث ماندگاری بیشتر محصول می‌شود. در شکل ۱ مشخص است که در نرخ فسادهای بالاتر، باید سطح ماندگاری افزایش پیدا کند که سرمایه‌گذاری روی پلاسمای سرد صرفه اقتصادی داشته باشد. همچنین واضح است که به ازای نرخ فسادهای کمتر از ۰.۳ به ازای تمامی مقادیر سطح ماندگاری محصول می‌توان سرمایه‌گذاری بر فناوری پلاسمای سرد را پیشنهاد کرد. این وضعیت نشان می‌دهد که با افزایش نرخ فساد، سود زنجیره تأمین کاهش می‌یابد، اما هر چه سطح ماندگاری محصول افزایش یابد، زنجیره تأمین می‌تواند بخشی از این کاهش سود را جبران کند. به‌عبارت‌دیگر، سطح ماندگاری محصول در جبران تأثیر منفی فساد نقش مهمی ایفا می‌کند. در نواحی‌ای که پلاسمای سرد استفاده می‌شود اما سوددهی کاهش می‌یابد، ممکن است هزینه‌های بالای پیاده‌سازی پلاسمای سرد عامل این مسئله باشد. راهکار عملی در این حالت می‌تواند کاهش هزینه‌های فناوری باشد، مثلاً از طریق تحقیقات و توسعه برای کاهش مصرف انرژی یا تجهیزات ارزان‌تر برای اعمال پلاسما. یکی دیگر از راهکارهای عملی برای بهبود سوددهی این است که هزینه استفاده از پلاسمای سرد به‌طور مشترک بین تولیدکننده و خرده‌فروش تقسیم شود، به‌ویژه در شرایطی که پلاسمای سرد منجر به افزایش ماندگاری می‌گردد و هر دو طرف از آن بهره‌مند می‌شوند. اگر هزینه استفاده از پلاسمای سرد از مزایای آن بیشتر باشد، می‌توان با آگاهی‌بخشی به مشتریان و افزایش تقاضا برای محصولات با ماندگاری بیشتر، به‌طور غیرمستقیم تقاضا را افزایش داد و کاهش سود ناشی از هزینه‌های اضافی را جبران کرد. شفافیت اطلاعات از طریق بلاک‌چین می‌تواند به این روند کمک کند. با توجه به اینکه سود زنجیره بدون استفاده از پلاسمای سرد در برخی نواحی بیشتر است، می‌توان تولید را به‌گونه‌ای تنظیم کرد که محصولاتی که فساد کمتری دارند بدون استفاده از پلاسما تولید شوند. این تطبیق تولید با شرایط محصول و میزان فساد می‌تواند به کاهش هزینه‌ها و افزایش سود کمک شایانی نماید.

### ۵-۲- تحلیل حساسیت نسبت به حساسیت مشتری نسبت به قیمت و نرخ فساد

این پارامترها مستقیماً بر تقاضا اثرگذار هستند و تغییر همزمان آن‌ها می‌تواند نشان دهد که چگونه تغییرات قیمت و کیفیت محصول بر رفتار مشتریان و سود زنجیره تأمین تأثیر می‌گذارد. شکل ۲ این تغییرات را نشان می‌دهد.




**شکل ۲ تغییرات سود زنجیره تأمین نسبت به حساسیت مشتری به قیمت و نرخ فساد**

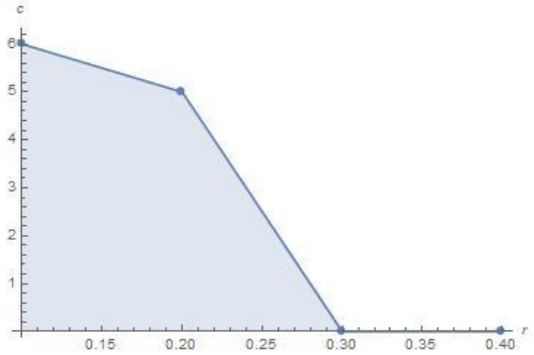
در شکل ۲ تنها در ناحیه رنگی، سود زنجیره با استفاده از پلاسمای سرد بیشتر از حالت بدون پلاسما است. در بقیه مقادیر، سود زنجیره تأمین بدون بکارگیری فناوری پلاسما بیشتر است. این نتایج از دو منظر رفتار مصرف‌کننده و هزینه‌های فناوری قابل‌تحلیل است. هنگامی‌که حساسیت مشتری نسبت به قیمت پایین است (یعنی مشتری‌ها نسبت به تغییرات قیمت کم‌توجه هستند)، استفاده از پلاسمای سرد می‌تواند سود زنجیره را افزایش دهد. در این حالت، مشتری‌ها حاضرند بهای بیشتری برای محصول بپردازند، چراکه ماندگاری محصول بیشتر شده و کیفیت آن حفظ می‌شود. این باعث می‌شود هزینه‌های اضافی مربوط به پلاسمای سرد قابل جبران باشد. در شرایطی که حساسیت به فساد نیز در حد پایین یا متوسط قرار دارد، مصرف‌کنندگان به‌اندازه‌ای از ماندگاری بالاتر محصولات و کاهش فساد استقبال می‌کنند که استفاده از پلاسمای سرد منجر به بهبود سود زنجیره شود. اما با افزایش این حساسیت، مشتریان تمایل بیشتری به خرید محصولات تازه‌تر و فسادپذیر کمتر نشان می‌دهند، که در این شرایط ممکن است هزینه‌های فناوری پلاسما بیش از سود اضافی باشد. با توجه به اینکه پلاسمای سرد فناوری نسبتاً پرهزینه‌ای است، در شرایطی که حساسیت مشتری به قیمت بالا باشد، هزینه‌های اضافی برای استفاده از پلاسما توجیه‌پذیر نیست و زنجیره تأمین نمی‌تواند این هزینه‌ها را از طریق قیمت‌گذاری جبران کند. این نکته توضیح می‌دهد که چرا در اکثر موارد، سود زنجیره تأمین بدون فناوری پلاسما بیشتر است؛ زیرا در آن شرایط، افزایش هزینه‌ها به دلیل فناوری پلاسما نمی‌تواند با تقاضای مشتری و پرداخت‌های بیشتر توجیه شود.

به عنوان یک راهکار می‌توان گفت زنجیره تأمین باید محصولات خود را برای بازارهایی هدف‌گذاری کند که در آن‌ها حساسیت مشتریان به فساد بالا ولی حساسیت به قیمت پایین است. برای مثال، محصولات با ماندگاری بیشتر می‌توانند برای بازارهای باقدرت خرید بالاتر و مشتریانی که کیفیت و ماندگاری را ترجیح می‌دهند، مناسب باشند. در مقابل، برای مشتریانی که نسبت به قیمت حساس‌تر هستند، ممکن است فناوری‌های ارزان‌تری به‌جای پلاسما به‌کار گرفته شود. ازآنجایی‌که در بسیاری از شرایط، هزینه پلاسمای سرد بیشتر از منافع حاصل از آن است، بهینه‌سازی هزینه‌های فناوری ضروری است. سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه برای کاهش هزینه‌های پلاسمای سرد و بهبود کارایی آن می‌تواند به حفظ سود زنجیره تأمین حتی در شرایط حساسیت بالا به قیمت کمک کند. زنجیره تأمین می‌تواند از استراتژی‌های قیمت‌گذاری انعطاف‌پذیر استفاده نماید که در آن قیمت محصول بر اساس سطح حساسیت مشتریان به فساد و قیمت تنظیم شود. به‌عنوان‌مثال، برای مشتریانی که حساسیت به فساد بالا دارند، می‌توان از پلاسمای سرد استفاده کرد و محصول را باقیمت بالاتری عرضه کرد. درحالی‌که برای

بازارهایی که حساسیت به قیمت بالاست، استفاده از پلاسمای سرد ممکن است به‌صرفه نباشد و می‌توان قیمت پایین‌تری ارائه کرد.

### ۵-۳- تحلیل حساسیت نسبت به هزینه فناوری‌های بلاک چین و پلاسمای سرد

این دو هزینه به‌طور مستقیم بر سود تولیدکننده و خرده‌فروش اثر می‌گذارند و تحلیل همزمان آن‌ها می‌تواند نشان دهد که چطور توزیع هزینه‌ها بین دو بازیگر بر سوددهی کل زنجیره تأمین تأثیر خواهد داشت.

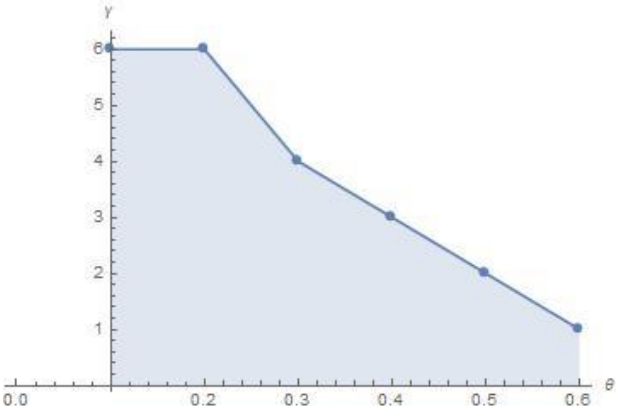



**شکل ۳ تغییرات سود زنجیره تأمین نسبت به هزینه‌های بلاک چین و پلاسما سرد**

شکل۳ به معنای وجود یک رابطه معکوس بین هزینه این دو فناوری در تأثیرگذاری بر سود زنجیره تأمین است. به‌عبارت‌دیگر، در شرایطی که هزینه فناوری بلاک‌چین افزایش می‌یابد، باید هزینه پلاسمای سرد کاهش یابد تا زنجیره تأمین همچنان بتواند از مزیت استفاده از پلاسمای سرد در مقایسه با عدم استفاده از آن بهره‌مند شود. در نواحی زیر نمودار، استفاده از پلاسمای سرد نسبت به عدم استفاده از آن سودآورتر است. این مناطق نشان‌دهنده ترکیبی از هزینه‌های بلاک‌چین و پلاسمای سرد هستند که در آن‌ها زنجیره تأمین بهبود عملکرد اقتصادی را تجربه می‌کند. هر چه هزینه بلاک‌چین بالاتر باشد، تأثیر مثبت پلاسمای سرد بر سود کاهش می‌یابد و تنها در صورت کاهش هزینه پلاسمای سرد، مزیت اقتصادی حفظ می‌شود. شرکت‌ها باید به دنبال کاهش هزینه‌های پیاده‌سازی بلاک‌چین از طریق بهبود فرآیندهای داخلی، استفاده از راهکارهای کم‌هزینه‌تر در مدیریت داده‌ها، یا به‌کارگیری پلتفرم‌های مقیاس‌پذیر بلاک‌چین باشند. همچنین، تحقیق و توسعه درزمینهٔ پلاسمای سرد می‌تواند به کاهش هزینه‌های این فناوری کمک کند، به‌ویژه در فرآیندهای تولید انبوه. در شرایطی که هزینه‌های پیاده‌سازی هر دو فناوری بالا باشد، زنجیره‌های تأمین می‌توانند از یارانه‌های دولتی برای فناوری‌های نوین مانند پلاسمای سرد و بلاک‌چین بهره‌مند شوند تا از مزایای این فناوری‌ها بدون تحمیل هزینه‌های اضافی به سود زنجیره بهره ببرند.

### ۵-۴- تحلیل حساسیت نسبت به نرخ فساد و حساسیت مشتری نسبت به آن

تغییر نرخ فساد همراه با حساسیت مشتری نسبت به آن می‌تواند به درک تأثیر فساد محصول بر رفتار خرید و سود هر دو طرف کمک کند.



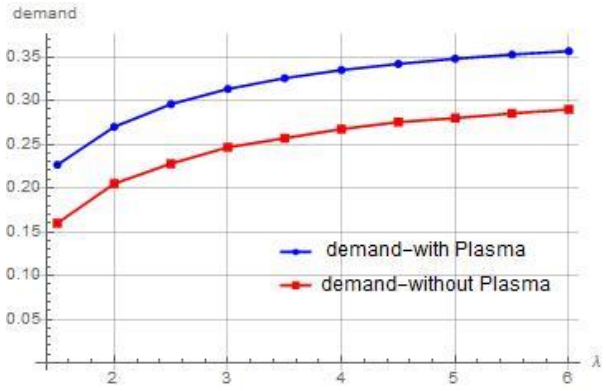

**شکل ۴ تغییرات سود زنجیره تأمین نسبت به نرخ فساد و حساسیت مشتری نسبت به آن**

در شکل ۴ ناحیه سایه زده شده ناحیه‌ای است که سود زنجیره تأمین با استفاده از فناوری پلاسمای سرد بیشتر از حالتی است که تولیدکننده از این فناوری استفاده نمی‌کند. درواقع این شکل مشخص می‌کند که چه میزان کاهش فساد برای جذب مشتریان بیشتر و افزایش سوددهی ضروری است. شیب منفی این نمودار نشان می‌دهد که با افزایش نرخ فساد، اگر حساسیت مشتریان به فساد نیز افزایش یابد، شرایط بدتر می‌شود و تأثیر منفی بیشتری بر زنجیره تأمین خواهد داشت. به‌عبارت‌دیگر، هر چه بتوان نرخ فساد را کاهش داد و مشتریان را به‌طور موثرتری نسبت به کیفیت محصول مطمئن کرد، بهبود سودآوری ممکن خواهد بود. از طرف دیگر، اگر نرخ فساد بالا باشد ولی حساسیت مشتریان نسبت به فساد پایین بماند، تأثیر کمتری بر سود زنجیره تأمین خواهد داشت و در واقع، سودآوری بهتر حفظ می‌شود. در ناحیه سایه زده، افزایش ماندگاری محصول باعث می‌شود که حساسیت مشتریان به فساد کاهش یابد، که منجر به افزایش تقاضا و درنهایت افزایش سود می‌گردد.

اگر نرخ فساد افزایش یابد و حساسیت مشتریان نیز بالا باشد، زنجیره تأمین آسیب می‌بیند. بنابراین، باید با افزایش آگاهی مشتریان در مورد مزایای فناوری‌های نوین مانند پلاسمای سرد، حساسیت آن‌ها نسبت به فساد را کاهش داد. این اقدام می‌تواند از طریق کمپین‌های تبلیغاتی و اطلاعات شفاف در مورد فرآیند تولید و حفظ کیفیت محصولات انجام شود. با توجه به حساسیت مشتریان نسبت به فساد و تأثیر آن بر تقاضا، می‌توان از قیمت‌گذاری پویا استفاده کرد. محصولاتی که نرخ فساد بالاتری دارند را می‌توان باقیمت پایین‌تری ارائه کرد تا مشتریان حساس به قیمت بیشتر جذب‌شده و محصولات سریع‌تر به فروش برسند. یکی از راه‌های عملی دیگر این است که با پیشرفت در تکنولوژی پلاسمای سرد و کاهش هزینه‌های پیاده‌سازی آن، نرخ فساد را به شکل قابل‌توجهی کاهش داد که درنتیجه، حساسیت مشتریان نسبت به فساد، کمتر تأثیرگذار خواهد بود.

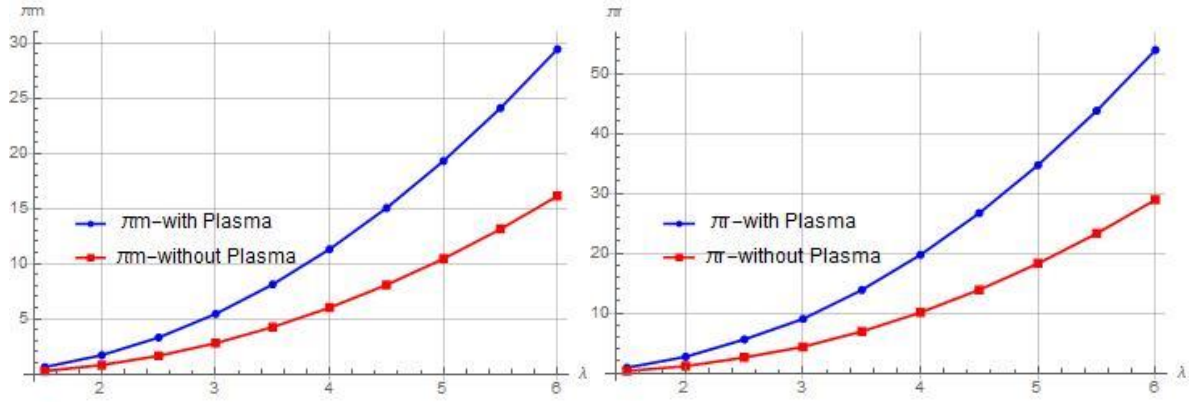
### ۵-۵- تحلیل حساسیت نسبت به شفافیت اطلاعات

در این بخش تغییرات تقاضا، سود تولیدکننده و سود خرده‌فروش را نسبت به تغییر در شفافیت اطلاعات محصول بررسی می‌کنیم. شکل ۵ تغییرات تقاضا به ازای تغییر در پارامتر $\lambda$ را نشان می‌دهد. سناریو اول حالتی ست که از فناوری پلاسما سرد در زنجیره تأمین استفاده‌شده است و در سناریو دوم این فناوری در زنجیره تأمین بکار نرفته است. تقاضا در سناریو اول از ۰.۲۲۶۶ به ۰.۳۵۶۶ افزایش می‌یابد و در سناریو دوم از ۰.۱۶ به ۰.۲۹ تغییر می‌کند. تحلیل :تقاضا برای محصولات در سناریو با پلاسما بیشتر است. این می‌تواند به دلیل افزایش عمر محصول و بهبود کیفیت آن باشد که مشتریان تمایل بیشتری به خرید آن دارند. در شکل ۶ و ۷ نیز به ترتیب تغییرات سود خرده‌فروش و تولیدکننده نسبت به شفافیت اطلاعات نشان داده‌شده است.




**شکل ۵ تغییرات تقاضا نسبت به شفافیت اطلاعات محصول**

شکل ۷ نشان‌دهنده این است که استفاده از فناوری پلاسما سرد در تمامی مقادیر سود تولیدکننده تأثیر مثبتی دارد و تولیدکننده سود بیشتری به دست می‌آورد. همچنین مانند تولیدکننده، مطابق با شکل ۶ خرده‌فروش نیز در سناریو اول سود بیشتری کسب می‌کند. این نشان می‌دهد که استفاده از پلاسما برای فروشندگان نیز از نظر اقتصادی سودآورتر است.




**شکل ۶ تغییرات سود خرده‌فروش نسبت به شفافیت اطلاعات محصول** **شکل ۷ تغییرات سود تولیدکننده نسبت به شفافیت اطلاعات محصول**

استفاده از فناوری پلاسما سرد به‌طورکلی تأثیر مثبتی بر سود تولیدکننده و خرده‌فروش دارد. فناوری پلاسما باعث افزایش سود تولیدکننده و سود خرده‌فروش به دلیل افزایش تقاضا و افزایش بازه مصرف می‌شود. همچنین، این فناوری باعث افزایش قیمت‌ها (عمده‌فروشی و خرده‌فروشی) می‌شود که ناشی از هزینه‌های بالاتر تولید و نگهداری محصول است. از سوی دیگر، تقاضا برای محصول در سناریو اول نیز بیشتر از سناریو دوم است، که نشان‌دهنده اثربخشی بیشتر پلاسما در بهبود کیفیت و کاهش فساد محصولات است.

درحالی‌که پلاسما باعث افزایش قیمت‌ها می‌شود، تولیدکنندگان و خرده‌فروشان باید این هزینه‌ها را به‌طور معقول در قیمت‌گذاری لحاظ کنند. به‌ویژه، نیاز است که مزایای افزایش عمر محصول و کاهش ضایعات را به مصرف‌کنندگان منتقل کرده و از این طریق قیمت‌های بالاتر را توجیه کنند. همچنین با توجه به اینکه پلاسما موجب افزایش بازه مصرف و کاهش فساد محصول می‌شود، تولیدکنندگان می‌توانند روی این ویژگی به‌عنوان یک مزیت رقابتی در بازارهای خاصی مانند بازارهای پرمیوم تمرکز کنند. تبلیغات باید بر مزایای استفاده از فناوری پلاسما، نظیر طول عمر بیشتر محصولات، کیفیت بهتر و کاهش ضایعات تاکید داشته باشد تا مصرف‌کنندگان ترغیب به خرید محصولات با پلاسما شوند.

تقاضا برای محصولات با پلاسما بیشتر است. تولیدکنندگان باید از این تقاضا برای بهبود میزان تولید و کاهش هزینه‌های ثابت استفاده کنند. به‌این‌ترتیب، حتی با افزایش هزینه‌های فناوری پلاسما، مزایای اقتصادی بلندمدت حاصل از افزایش تقاضا و سودآوری بیشتر خواهد بود.

فناوری پلاسما سرد به طولانی‌تر کردن عمر مفید محصولات و کاهش فساد کمک می‌کند. این به معنای کاهش ضایعات و افزایش توانایی فروش در مدت‌زمان بیشتر است. بنابراین، هر دو تولیدکننده و خرده‌فروش می‌توانند سود بیشتری کسب کنند. این یعنی تولیدکننده با فروش بیشتر، خرده‌فروش با فروش در دوره‌ای طولانی‌تر و به‌طورکلی با تقاضای بیشتر برای محصول، سود بیشتری دارند. چون پلاسما سرد موجب بهبود کیفیت و کاهش فساد می‌شود، بازه زمانی که محصول می‌تواند در بازار باقی بماند افزایش می‌یابد. این باعث افزایش تقاضا و درنتیجه افزایش سود برای هر دو طرف (تولیدکننده و خرده‌فروش) می‌شود.

از طرفی به دلیل عرضه محصول باکیفیت بالاتر و عمر مفید طولانی‌تر، مشتریان بیشتر تمایل به خرید آن دارند. این فناوری می‌تواند بر رفتار مصرف‌کنندگان تأثیرگذار باشد، زیرا مشتریان تمایل دارند که محصولاتی با عمر مفید بیشتر و کمتر در معرض فساد خریداری کنند. افزایش تقاضا در سناریو با پلاسما به این دلیل است که محصولات باکیفیت بالا و عمر طولانی‌تر در اختیار مصرف‌کنندگان قرار می‌گیرد، که باعث جذب بیشتر مشتریان می‌شود. این مسئله به‌ویژه در بازارهایی که حساسیت به فساد بالاست، بیشتر نمایان می‌شود.

این تحقیق نه‌تنها یک مدل نظری است، بلکه ظرفیت استفاده عملی در صنایع واقعی را دارد و می‌تواند به بهبود کارایی، کاهش هزینه‌ها و ارتقای رضایت مصرف‌کننده منجر شود. کاربرد عملی پژوهش و مخاطبان هدف را می‌توان به‌صورت زیر برشمرد:

۱. کاربرد در صنایع لبنی: نتایج این پژوهش می‌تواند برای شرکت‌های تولیدکننده و توزیع‌کننده محصولات لبنی مانند شیر، ماست و پنیر بسیار مفید باشد. این صنایع می‌توانند با استفاده از فناوری پلاسما سرد، نرخ فساد محصولات خود را کاهش داده و ماندگاری بیشتری ایجاد کنند، که منجر به افزایش سودآوری و کاهش دورریز می‌شود. درعین‌حال، بهره‌گیری از بلاک‌چین امکان ارائه اطلاعات شفاف به مصرف‌کنندگان را فراهم می‌کند، و درنتیجه اعتماد به کیفیت و تازگی محصولات لبنی افزایش می‌یابد.

۲. کاربرد برای توزیع‌کنندگان و خرده‌فروشان محصولات غذایی فاسدشدنی: خرده‌فروشان و سوپرمارکت‌ها که در فروش محصولات فاسدشدنی مانند لبنیات فعالیت می‌کنند، می‌توانند با ارائه محصولاتی با ماندگاری بیشتر، نیاز به دورریز محصولات کهنه را کاهش دهند و درنتیجه هزینه‌های عملیاتی و موجودی را بهبود بخشند. فناوری بلاک‌چین نیز امکان ثبت و نظارت بر زنجیره تأمین را فراهم می‌کند و به مشتریان این اطمینان را می‌دهد که محصولاتی باکیفیت بالا و تازه به دستشان می‌رسد.

۳. شرکت‌های لجستیکی در حوزه زنجیره تأمین سرد: در زنجیره تأمین سرد، جایی که محصولات غذایی باید در شرایط خاصی نگهداری شوند، فناوری پلاسما سرد و بلاک‌چین می‌توانند به‌عنوان ابزارهای کلیدی برای بهبود نظارت بر دما و شرایط نگهداری استفاده شوند. این موضوع نه‌تنها در کاهش فساد محصولات کمک‌کننده است، بلکه امکان اطمینان از یکپارچگی داده‌ها در کل زنجیره تأمین را نیز فراهم می‌کند.

۴. مؤسسات نظارتی و بهداشتی: سازمان‌های دولتی و نظارتی در حوزه سلامت عمومی و امنیت غذایی می‌توانند از این فناوری‌ها برای ایجاد استانداردهای جدید و تضمین کیفیت محصولات غذایی فاسدشدنی بهره ببرند. استفاده از بلاک‌چین در زنجیره تأمین، شفافیت بیشتری به سازمان‌های نظارتی ارائه می‌دهد و امکان بازرسی دقیق‌تر را فراهم می‌آورد.

۵. تولیدکنندگان و مصرف‌کنندگان علاقه‌مند به محصولات پایدار و دوستدار محیط‌زیست: استفاده از این فناوری‌ها موجب کاهش ضایعات و بهینه‌سازی استفاده از منابع طبیعی می‌شود. این امر هم برای تولیدکنندگان دوستدار

محیط‌زیست و هم برای مصرف‌کنندگانی که به پایداری اهمیت می‌دهند، قابل‌توجه است و موجب ارتقای برند و افزایش رضایت مشتریان می‌شود.

## ۶- نتیجه‌گیری

در این مقاله، به بررسی تأثیر به‌کارگیری فناوری‌های نوین پلاسمای سرد و بلاک‌چین در زنجیره تأمین دو سطحی محصولات فسادپذیر نظیر لبنیات پرداخته شد. تحلیل‌های انجام‌شده نشان داد که استفاده از پلاسمای سرد برای افزایش ماندگاری محصولات، در کنار به‌کارگیری بلاک‌چین برای افزایش شفافیت و اطلاع‌رسانی به مشتریان، می‌تواند به‌طور قابل‌توجهی به بهبود عملکرد زنجیره تأمین منجر شود. در این زنجیره، تولیدکننده به‌عنوان رهبر بازی استکلبرگ و خرده‌فروش به‌عنوان پیرو عمل می‌کنند و هر یک نقش متفاوتی در تأمین هزینه‌های این فناوری‌ها ایفا می‌نمایند. نتایج نشان داد که افزایش ماندگاری محصولات از طریق پلاسمای سرد به‌طور مستقیم به بهبود سودآوری زنجیره تأمین کمک می‌کند، درحالی‌که استفاده از بلاک‌چین به بهبود اعتماد مشتریان و درنتیجه افزایش تقاضا و درآمد خرده‌فروش منجر می‌شود. درعین‌حال، تقسیم هزینه‌های این دو فناوری بین تولیدکننده و خرده‌فروش به‌گونه‌ای طراحی‌شده که هر دو طرف از این مزایا بهره‌مند شوند. این همکاری موجب افزایش بهره‌وری کل زنجیره تأمین و بهبود رقابت‌پذیری هر دو بازیگر در بازار خواهد شد. از سوی دیگر، مطالعه نشان داد که نقش شفافیت اطلاعات به‌واسطه بلاک‌چین برای مصرف‌کنندگان نهایی بسیار اهمیت دارد. این شفافیت نه‌تنها می‌تواند تقاضای بیشتر را تحریک کند، بلکه موجب افزایش رضایت مشتریان و تقویت شهرت برندهای تولیدکننده و خرده‌فروش نیز می‌شود. این نتایج نشان می‌دهند که ادغام فناوری‌های پیشرفته در زنجیره‌های تأمین، به‌ویژه برای محصولات فسادپذیر مانند لبنیات، می‌تواند راه‌حل مؤثری برای کاهش هزینه‌ها و افزایش سودآوری باشد. بهینه‌سازی زنجیره تأمین از طریق استفاده از فناوری پلاسمای سرد می‌تواند به کاهش نرخ فساد کمک کند و با کاهش حساسیت مشتریان به فساد، سود زنجیره تأمین را بهبود بخشد. در این تحقیق، استفاده از فناوری پلاسما سرد موجب افزایش سود برای تولیدکننده و خرده‌فروش، افزایش تقاضا و طولانی‌تر شدن بازه مصرف محصولات شد. این فناوری با کاهش فساد و افزایش عمر مفید محصولات، امکان فروش بیشتر و کاهش ضایعات را فراهم می‌آورد. هرچند هزینه‌های اضافی ناشی از استفاده از پلاسما سرد منجر به افزایش قیمت‌ها می‌شود، اما این افزایش قیمت‌ها با جلب تقاضای بیشتر و مزایای کیفیتی برای مصرف‌کنندگان جبران می‌شود.

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، توصیه می‌شود که صنایع مربوطه از تحلیل‌های اقتصادی برای تعیین قیمت‌گذاری صحیح استفاده کنند. مهم است که با دقت تحلیل‌های اقتصادی انجام شود تا مشخص گردد افزایش قیمت‌ها در حالت استفاده از پلاسما، چه تاثیری بر تقاضا خواهد داشت. ممکن است برای بازارهای خاص، این افزایش قیمت قابل‌قبول باشد. همچنین باید بر مزایای پلاسما، مثل طول عمر بیشتر و کاهش فساد تاکید شود تا مشتریان حاضر به پرداخت قیمت‌های بالاتر شوند. اطلاع‌رسانی به مشتریان درباره مزایای استفاده از فناوری پلاسما و تأثیر آن بر کاهش ضایعات و بهبود کیفیت محصولات می‌تواند در پذیرش این فناوری توسط بازار مؤثر باشد.

درنهایت، پیشنهاد می‌شود که مطالعات آتی به بررسی دقیق‌تر متغیرهای دیگر مانند تقاضای پویا، مداخلات دولت و تأثیر عواملی مانند اختلال یا کمبود در زنجیره تأمین بپردازند تا بتوان الگوهای تصمیم‌گیری بهینه‌تری ارائه داد. همچنین، تحلیل تأثیر این فناوری‌ها بر سایر بخش‌های زنجیره تأمین و مقایسه آن با روش‌های سنتی می‌تواند مسیرهای جدیدی برای پژوهش و بهبود در این حوزه باز کند.

## ۷- منابع

[1] Balaji M, Arshinder K. Modeling the causes of food wastage in Indian perishable food supply chain. Resources, Conservation and Recycling. 2016; **114**: p. 153-167.

[2]Tiwari S, Jaggi C.K, Gupta M, Cardenas-Barron L.E. Optimal pricing and lot-sizing policy for supply chain system with deteriorating items under limited storage capacity. International Journal of Production Economics. 2018; **200**: p. 278-290.

[3] Guarnaschelli A, Salomone H.E, Méndez C.A. A stochastic approach for integrated production and distribution planning in dairy supply chains. Computers & Chemical Engineering. 2020; **140**: 106966.

[4] Maihami R, Ghalehkhondabi I, Ahmadi E. Pricing and inventory planning for non-instantaneous deteriorating products with greening investment: A case study in beef industry. Journal of Cleaner Production. 2021; **295**: 126368.

[5] Cao Y, Yi C, Wan G, Hu H, Li Q, Wang S. An analysis on the role of blockchain-based platforms in agricultural supply chains. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review. 2022; **163**: 102731.

[6] Al-Amin Khan Md, Abdul Halim M, AlArjani A, Shaikh A.A, Sharif Uddin Md. Inventory management with hybrid cash-advance payment for time-dependent demand, time-varying holding cost and non-instantaneous deterioration under backordering and non-terminating situations. Alexandria Engineering Journal. 2022; **61**(11): p. 8469-8486.

[7] Mishra V.K, Singh L.S, Kumar R. An inventory model for deteriorating items with time-dependent demand and time-varying holding cost under partial backlogging. J. Ind. Eng. Int. 2013; 9: p. 1-5.

[8] Yadav S.A, Pandey G, Arora T.K, Chaubey P.K. Block-chain application Based Economic impact of Coronavirus pandemic on Medicine industry inventory System for Deteriorating objects with two-warehouse and wastewater treatment using PSO. Materials Today: Proceedings. 2022; **51**: p. 939-946.

[9] Tiwari S, Cardenas-Barron L.E, Malik A.I, Jaggi C.K. Retailer's credit and inventory decisions for imperfect quality and deteriorating items under two-level trade credit. Computers & Operations Research. 2022; **138**: 105617.

[10] Li Y, Tan C, HP W.H, Wu C.H. Dynamic blockchain adoption for freshness-keeping in the fresh agricultural product supply chain. Expert Systems with Applications. 2023; **217**: 119494.

[11] Zheng F, Zhou X. Sustainable model of agricultural product logistics integration based on intelligent blockchain technology. Sustainable Energy Technologies and Assessments. 2023; **57**: 103258.

[12] Liu R, Tan C, Dash Wu D, Zhao C. Strategies choice for blockchain construction and coordination in vaccine supply chain. Computers & Industrial Engineering. 2023; **182**: 109346.

[13] Zhang X, Li Z, Li G. Impacts of blockchain-based digital transition on cold supply chains with a third-party logistics service provider. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review. 2023; **170**: 103014.

[14]Priyan S. A blockchain-based inventory system with lot size-dependent lead times and uncertain carbon footprints. International Journal of Information Management Data Insights. 2024; **4**(1): 100225.

[15] Hamidoğlu A, Gül Ö.M, Kadry S.N. A game-theoretical approach for the adoption of government-supported blockchain application in the IoT-enabled agricultural supply chain. Internet of Things. 2024; **26**: 101163.

[16] Yuan H, Zhang L, Cao B.B, Chen W. Optimizing traceability scheme in a fresh product supply chain considering product competition in blockchain era. Expert Systems with Applications. 2024; **258**: 125127.

[17] Ma D, Zhang K, Shao W, Hu J. Considering the cascade threat in the food supply chain for the retailer's "blockchain & contamination prevention effort" strategic deployment. Expert Systems with Applications. 2024; **255**: 124517.