



Two-Channel Green Supply Chain Pricing Decisions Considering Advertising in Centralized and Decentralized Modes

Parisa Hosseini 

Master, Department of Industrial Engineering,
Faculty of Engineering, Alzahra University,
Tehran, Iran

Mehdi Seifbarghy  *

Professor, Department of Industrial Engineering,
Faculty of Engineering, Alzahra University,
Tehran, Iran

Abstract

One of the most critical decisions in the supply chain is pricing, which plays a vital role in the profitability of the entire supply chain. In this research, a two-tier green supply chain is considered, comprising a producer and a retailer, where two types of products, standard and green, are produced. The demand for products is determined as a certain linear function of product prices, delivery time in the online channel, the level of green quality, advertising intensity, and information-tracing level. Green products are sold through the online channel, while standard products are distributed through traditional retail channels. The government provides subsidies for the production of green products and the implementation of blockchain technology. The decision-making problem is approached through two models: centralized and decentralized. In the decentralized model, a Stackelberg game is employed, with the producer leading the decision-making process. In the centralized model, all supply chain members make decisions in a unified manner. The results indicate that the centralized model yields the highest profitability for the supply chain. Additionally, in the centralized model, all products are observed to have the lowest prices.

* Corresponding Author: m.seifbarghy@alzahra.ac.ir

How to Cite: Hosseini, P., Seifbarghy, M. (2024). Two-Channel Green Supply Chain Pricing Decisions Considering Advertising in Centralized and Decentralized Modes, *Industrial Management Studies*, 22(74), 51-94.

Introduction

Today, with the expansion of the Internet and e-commerce, a large number of manufacturers are interested in creating an electronic channel in addition to the traditional retail channel for direct participation in the market. This distribution system, which includes traditional and direct retail channels, is called a two-channel supply chain. On the other hand, the production of green products is one of the important factors in environmental sustainability because green products have fewer negative effects on the environment than traditional products.

One of the most important and difficult decisions for an organization is how to price products. In addition to the product price, one of the factors affecting customers' decisions to buy from the online channel is the delivery time. Longer delivery time reduces customer loyalty to the online channel. Furthermore, advertising is a key tool for creating demand and expanding the market at any stage in the life of a business. Also, transparency of product information is an important factor that increases product sales.

In this research, a two-channel and two-level supply chain, including a manufacturer and a retailer, is considered under the centralized and decentralized decision-making model, and the simultaneous effect of five factors—price, delivery time, green product quality level, advertising level, and tracking level of information—is included in the product demand.

The manufacturer makes decisions regarding green product pricing, online channel delivery time, green product quality level, green product advertising level, and green product information tracking level, and then the retailer determines the standard product price.

Research Background

In this section, we only mention a few of the most related studies to the current one. Zhao et al. (2017) studied the pricing of two complementary products in a supply chain with two manufacturers and one retailer, where one of the two manufacturers uses dual channels, including the online channel and the traditional retail channel, to sell its product. Saha et al. (2018) investigated the optimal pricing policies in a two-channel, two-level supply chain, including a manufacturer and a retailer, under price-sensitive demand and delivery time. The manufacturer supplies the products to the retailer, and the

retailer fulfills the demand of the consumers by selling the products through both the online and retail channels. Jamali & Rasti-Barzoki (2018) studied the pricing of two alternative products, including a green product produced by the first manufacturer and a non-green product produced by the second manufacturer, under two two-channel supply chains, including online and retail channels. Zhang et al. (2021) considered the dynamic pricing strategy and green measures for a two-channel and two-stage supply chain, including a manufacturer and a retailer, under the centralized and decentralized model. The demand is deterministic and sensitive to the price and level of greenness. Zhong et al. (2023) investigated a supply chain with one manufacturer and two product sales channels, including a traditional retailer and an online retailer, under a competitive model that uses blockchain technology to track product information from the manufacturer to the consumer.

Materials and methods

The research problem addresses decisions related to pricing, delivery time, green quality level, advertising level, and information tracking level in a two-channel, two-echelon supply chain consisting of a manufacturer and a retailer with deterministic demand. The supply chain is single-period and multi-product, where one type of green product and two types of standard products are produced. The green product is sold through the online channel, while the standard products are sold through the traditional retail channel. The demand for the green product is a linear function of the product price, online delivery time, green product quality level, green product advertising level, and green product information tracking level. The demand for the standard products is also a linear function of the product price, online delivery time, and green product advertising level.

To encourage the manufacturer to produce green products and implement blockchain technology for product information transparency in the online channel, the government provides subsidies. This aims to increase the profits derived from production, creating an incentive for the manufacturer to produce the green product.

To model and solve the two-channel supply chain problem, after defining the parameters and decision variables, the assumptions for modeling are presented. Then, the demand functions for the products and the profit functions for the supply chain members are modeled. To determine the optimal values for decision variables and the profits of

the supply chain members, two decision-making models—centralized and decentralized—are examined. In the centralized model, the supply chain members make their decisions cohesively, while in the decentralized model, the members compete with each other under a Stackelberg game, with the manufacturer taking the lead.

Data analysis and findings

In this section, in order to solve the problem numerically, a numerical example is considered. The demand elasticity values of three types of lamp products have been calculated based on the elasticity formula, and the values of other parameters were determined based on the assumptions of the problem and field research.

Conclusion

Regarding the first research question, the profit of the centralized model is higher than that of the decentralized one. With a simple mathematical calculation, it can be concluded that for this real example, about 12.5% of the profit has increased in the centralized model compared to the decentralized one. Regarding the second research question, the more subsidy the government pays for the production of each unit of a green product, the higher the quality level of the green product will be. In relation to the third question, from the sensitivity analysis of the decentralized model, it can be seen that the increase in the sensitivity of green product customers towards the price of the green product severely reduces the demand for this product, and the profitability of the manufacturer and the supply chain is significantly affected.

Further research ideas

One idea for further research could be to conduct research in relation to the solutions for adopting green products by more people in society so that the use of green products continues to be beneficial. Considering that government subsidies are limited, another research topic could be about the allocation of government subsidies to various subjects, especially those related to sustainability and the environment.

Keywords: Pricing, Green supply chain, Delivery Time, Advertising, Information Tracing.



تصمیمات قیمت گذاری زنجیره تأمین سبز دو کاناله با در نظر گرفتن تبلیغات در حالات متمرکز و غیرمتمرکز

کارشناسی ارشد، گروه مهندسی صنایع، دانشکده مهندسی، دانشگاه الزهراء، تهران، ایران

پریسا حسینی 

استاد، گروه مهندسی صنایع، دانشکده مهندسی، دانشگاه الزهراء، تهران، ایران

مهدی سیف برقی  *

چکیده

تصمیمات قیمت گذاری از مهم ترین تصمیمات زنجیره تأمین می باشد که نقش حیاتی در سودآوری زنجیره تأمین دارد. در این تحقیق یک زنجیره تأمین سبز دو کاناله و دو سطحی متشکل از یک تولیدکننده و یک خرده فروش در نظر گرفته شده است که دو نوع محصول استاندارد و یک نوع محصول سبز تولید می شود. تقاضای محصولات، قطعی و یک تابع خطی از قیمت محصولات، زمان تحویل کانال آنلاین، سطح کیفیت سبز، سطح تبلیغات و سطح ردیابی اطلاعات می باشد. محصول سبز از طریق کانال آنلاین و محصولات استاندارد از طریق کانال سنتی خرده فروشی به فروش می رسند. دولت جهت تولید محصول سبز و اجرای فناوری بلاکچین یارانه پرداخت می کند. مسئله تحت دو مدل تصمیم گیری متمرکز و غیرمتمرکز در نظر گرفته شده است که در مدل غیرمتمرکز، بازی استکلبرگ به رهبری تولیدکننده در نظر گرفته شده است و در مدل متمرکز، اعضای زنجیره تأمین تصمیمات خود را به طور یکپارچه اتخاذ می کنند. نتایج نشان داد که زنجیره تأمین در مدل متمرکز دارای بیشترین سودآوری می باشد. همچنین مشاهده گردید در مدل متمرکز تمامی محصولات از کمترین قیمت برخوردار می باشند.

کلیدواژه ها: قیمت گذاری، زنجیره تأمین سبز، زمان تحویل، تبلیغات، ردیابی اطلاعات.

مقدمه

زنجیره تأمین یک فرآیند سازمان‌یافته تولید است که در آن مواد خام به کالاهای نهایی تبدیل شده و سپس به مشتریان نهایی تحویل می‌شوند (Janvier-James, 2012). با گسترش اینترنت و تجارت الکترونیک، بسیاری از تولیدکنندگان به ایجاد کانال‌های الکترونیکی علاوه بر کانال‌های خرده‌فروشی سنتی برای مشارکت مستقیم در بازار علاقه‌مند شده‌اند. این سیستم توزیع که شامل کانال‌های خرده‌فروشی سنتی و مستقیم است، به عنوان زنجیره تأمین دو کاناله شناخته می‌شود (Li et al., 2016).

تولید محصول سبز به عنوان یکی از عوامل مهم در پایداری زیست‌محیطی مطرح است، زیرا این محصولات نسبت به محصولات سنتی اثرات منفی کمتری بر محیط‌زیست دارند و مضرات کمتری برای سلامت انسان به همراه می‌آورند. بنابراین، این محصولات به عنوان گزینه‌های سازگار با محیط‌زیست شناخته می‌شوند (Ranjan & Jha, 2019). یکی از مهم‌ترین و دشوارترین تصمیمات یک سازمان، نحوه قیمت‌گذاری محصولات است (Lipovetsky et al., 2011). علاوه بر قیمت، زمان تحویل نیز یکی از عوامل مؤثر در تصمیم‌گیری خرید مشتریان از کانال آنلاین به شمار می‌رود. زمان تحویل طولانی‌تر می‌تواند منجر به کاهش وفاداری مشتریان نسبت به این کانال شود (Saha et al., 2018).

در فعالیتهای تجاری، داشتن یک محصول عالی برای فروش کافی نیست. تبلیغات ابزاری کلیدی برای ایجاد تقاضا و گسترش بازار در مراحل مختلف عمر هر کسب‌وکار به شمار می‌رود (Liu et al., 2014). همچنین، شفافیت اطلاعات محصول عامل مهمی است که می‌تواند به ارتقاء فروش کمک کند. برای برآورده کردن انتظارات مصرف‌کنندگان از اطلاعات کیفیت محصول، تولیدکنندگان از فناوری بلاک‌چین برای ردیابی اطلاعات محصول استفاده می‌کنند و دولت‌ها نیز با اجرای سیاست‌های مربوطه، استفاده از این فناوری را تشویق می‌کنند (Zhong et al., 2023).

در این تحقیق یک زنجیره تأمین دو کاناله و دو سطحی شامل یک تولیدکننده و یک

تصمیمات قیمت گذاری زنجیره تأمین سبز دو کاناله با در نظر گرفتن تبلیغات ...؛ حسینی و سیف برقی | ۵۷

خرده فروش تحت مدل تصمیم گیری متمرکز و غیرمتمرکز در نظر گرفته می شود و تأثیر هم زمان پنج عامل قیمت، زمان تحویل، سطح کیفیت محصول سبز، سطح تبلیغات و سطح ردیابی اطلاعات در تقاضای محصول لحاظ گردیده است که تأثیر هیچ یک در میزان تقاضای محصولات و سودآوری زنجیره تأمین قابل چشم پوشی نیست. تولیدکننده به تصمیمات قیمت گذاری محصول سبز، زمان تحویل کانال آنلاین، سطح کیفیت سبز محصول سبز، سطح تبلیغات محصول سبز و سطح ردیابی اطلاعات محصول سبز می پردازد و سپس خرده فروش، قیمت محصولات استاندارد را تعیین می نماید.

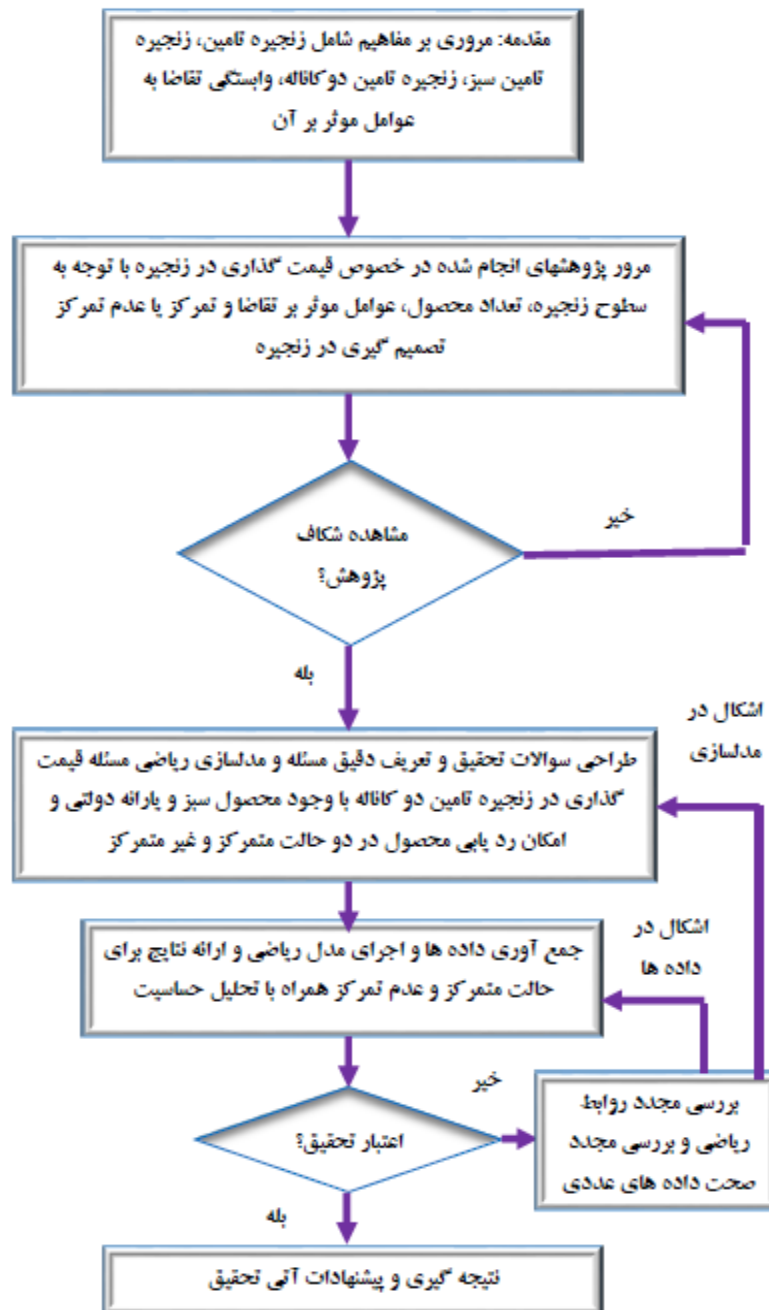
سؤالات تحقیق عبارت اند از:

- ۱- زنجیره تأمین در کدام مدل تصمیم گیری متمرکز و غیرمتمرکز دارای سودآوری بیشتری می باشد؟
 - ۲- میزان یارانه دولتی به ازای هر واحد محصول سبز، چه تأثیری در ارتقاء سطح کیفیت محصول سبز خواهد داشت؟
 - ۳- حساسیت مشتریان نسبت به قیمت محصول سبز، چه تأثیری در سودآوری دارد؟
- در شکل ۱ ساختار تحقیق و توضیح برخی جزئیات متناسب با تحقیق انجام شده داده شده است.

پیشینه پژوهش

Li et al. (۲۰۱۶) یک زنجیره تأمین دو کاناله متشکل از یک تولیدکننده و یک خرده فروش را در نظر گرفتند که تولیدکننده به منظور حفاظت از محیط زیست و افزایش رقابت در بازار، یک نوع محصول سبز تولید می کند. علاوه بر کانال سنتی خرده فروشی، تولیدکننده محصولات را از طریق کانال مستقیم خود به فروش می رساند. زنجیره تأمین، تحت مدل متمرکز و غیرمتمرکز با استفاده از بازی استکلبرگ مورد مطالعه قرار گرفته است.

شکل ۱. ساختار کلی تحقیق و مراحل آن



تصمیمات قیمت گذاری زنجیره تأمین سبز دو کاناله با در نظر گرفتن تبلیغات ...؛ حسینی و سیف برقی | ۵۹

Zhao et al. (۲۰۱۷) به مطالعه قیمت گذاری دو محصول مکمل در یک زنجیره تأمین با دو تولید کننده و یک خرده فروش پرداختند که یکی از دو تولید کننده از کانال های دو گانه شامل کانال آنلاین و کانال خرده فروشی سنتی برای فروش محصول خود استفاده می کند. مسئله رقابتی و تحت بازی برتراند، استکلبرگ و نش در نظر گرفته شده است. طبق نتایج، با افزایش سطح مکمل بودن محصولات، قیمت بهینه دو محصول، کاهش می یابد و با ایجاد یک کانال آنلاین توسط یک تولید کننده، قیمت خرده فروشی محصول افزایش می یابد.

Chen et al. (۲۰۱۷) در یک زنجیره تأمین به رهبری خرده فروش، بررسی کردند که کانال مستقیم ایجاد شده توسط یک تولید کننده چگونه می تواند بر تصمیمات خرده فروش و تولید کننده تأثیر بگذارد و چه تأثیری بر سود آن ها خواهد داشت. یافته ها نشان می دهند که در مقایسه با زنجیره تأمین تک کانال خرده فروشی، یک زنجیره تأمین دو کاناله می تواند سود تولید کننده و زنجیره تأمین را افزایش دهد. Saha et al. (۲۰۱۸) به بررسی سیاست های قیمت گذاری بهینه در یک زنجیره تأمین دو کاناله و دو سطحی شامل یک تولید کننده و یک خرده فروش، تحت تقاضای حساس به قیمت و زمان تحویل پرداختند. تولید کننده محصولات را به خرده فروش عرضه می کند و خرده فروش با فروش محصولات از طریق کانال آنلاین و خرده فروشی، تقاضای مصرف کنندگان را برآورده می سازد. مسئله در سناریوهای رقابتی و همکاری تحت قیمت گذاری پایدار (برابری قیمت دو کانال) و قیمت گذاری ناپایدار (عدم برابری قیمت دو کانال) در نظر گرفته شده است. نتایج نشان داد سیاست قیمت گذاری ناپایدار، سودآوری بیشتری نسبت به سیاست قیمت گذاری پایدار، ایجاد می کند. Jamali & Rasti-Barzoki (۲۰۱۸) به قیمت گذاری دو محصول جایگزین، شامل یک محصول سبز تولید شده توسط تولید کننده اول و یک محصول غیر سبز تولید شده توسط تولید کننده دوم تحت دو زنجیره تأمین دو کاناله شامل کانال های آنلاین و خرده فروشی پرداختند. در سناریوی غیر متمرکز، رقابت استکلبرگ بین سطح خرده فروش و سطح تولید کننده کل زنجیره های تأمین در نظر گرفته می شود که تولید کنندگان، رهبر بازی و خرده فروشان، پیرو هستند. در سناریوی متمرکز، تصمیمات هر زنجیره تأمین

به صورت یکپارچه اتخاذ می شود. طبق نتایج، سناریوی متمرکز سبب دستیابی به سطح بالاتری از سبز بودن محصول، در مقایسه با سناریوی غیرمتمرکز می شود. Modak & Kelle (۲۰۱۹) برای دسترسی به طیف وسیعی از مشتریان، کانال سنتی خرده فروشی را با یک کانال مستقیم آنلاین، ترکیب کردند و به بررسی تأثیر تقاضای غیرقطعی بر سیاست قیمت گذاری و سفارش بهینه در یک زنجیره تأمین دو کاناله و دو سطحی تحت تقاضای وابسته به قیمت و زمان تحویل، در دو مدل متمرکز و غیرمتمرکز، پرداختند. Heydari et al. (۲۰۱۹) یک زنجیره تأمین سبز دو کاناله و سه سطحی شامل یک تولیدکننده، یک توزیع کننده و یک خرده فروش در نظر گرفتند. تولیدکننده محصول تولیدشده را به توزیع کننده می فروشد و توزیع کننده محصولات را از طریق کانال آنلاین و سنتی به فروش می رساند. تقاضا در دو کانال، به قیمت و سطح سبز بودن محصول، بستگی دارد. Yan et al. (۲۰۲۰)، رقابت در تعیین قیمت را در یک زنجیره تأمین دو کاناله متشکل از یک تأمین کننده با محدودیت سرمایه و یک خرده فروش اینترنتی ارائه دهنده خدمات مالی، تحلیل کردند. Zhang et al. (۲۰۲۱) استراتژی قیمت گذاری پویا و اقدامات سبز را برای یک زنجیره تأمین دو کاناله و دو مرحله ای شامل یک تولیدکننده و یک خرده فروش را تحت مدل متمرکز و غیرمتمرکز در نظر گرفتند. تقاضا قطعی و حساس به قیمت و سطح سبز بودن می باشد. Barman et al. (۲۰۲۱) یک زنجیره تأمین دو کاناله شامل یک تولیدکننده و یک خرده فروش را برای فروش یک نوع محصول در نظر گرفتند که تقاضا به قیمت و سطح سبز بودن محصول بستگی دارد. Meng et al. (۲۰۲۱) به قیمت گذاری یک زنجیره تأمین سبز دو کاناله و دو سطحی شامل یک تولیدکننده و یک خرده فروش پرداختند که دو نوع محصول سبز و معمولی تولید می شوند. محصولات سبز از طریق کانال آنلاین و محصولات معمولی از طریق خرده فروش به فروش می رسند و دولت جهت تولید محصول سبز یارانه پرداخت می کند. تقاضا خطی و وابسته به قیمت و سطح کیفیت سبز محصول سبز می باشد. Seifbarghy & Kafshian Ahar (۲۰۲۲) یک زنجیره تأمین دو کاناله شامل یک تولیدکننده و یک خرده فروش را با تقاضای قطعی و وابسته به قیمت و

تصمیمات قیمت گذاری زنجیره تأمین سبز دو کاناله با در نظر گرفتن تبلیغات ...؛ حسینی و سیف برقی | ۶۱

زمان تحویل در نظر گرفتند که تولید کننده محصولات خود را از طریق دو کانال سنتی و آنلاین به فروش می‌رساند. محصولات در کانال آنلاین با دو روش حمل رقابتی و دو زمان تحویل متفاوت عرضه می‌شوند. در این مطالعه به حداکثرسازی سود اعضای زنجیره تأمین، در حالت متمرکز و غیرمتمرکز تحت بازی استکلبرگ با رهبری تولید کننده پرداخته شده است. Chen & Gao (۲۰۲۲) به بررسی یک زنجیره تأمین دو کاناله متشکل از کانال مستقیم آنلاین و کانال خرده‌فروشی تحت سه حالت عدم تبلیغات، تبلیغات توسط خرده‌فروش و تبلیغات توسط تولید کننده پرداختند. تقاضا قطعی و وابسته به قیمت و سطح تبلیغات می‌باشد. مطابق بازی استکلبرگ، تصمیمات بهینه و سود بهینه تولید کننده و خرده‌فروش در حالات تبلیغاتی مختلف به دست آمده و مقایسه می‌شود. Zhong et al. (۲۰۲۳) یک زنجیره تأمین با یک تولید کننده و دو کانال فروش محصول، شامل خرده‌فروش سنتی و خرده‌فروش آنلاین را تحت یک مدل رقابتی مورد بررسی قرار دادند که تولید کننده فناوری بلاک چین را جهت ردیابی اطلاعات محصول توسط مصرف کنندگان اتخاذ می‌کند. دولت جهت تشویق تولید کننده به استفاده از فناوری بلاک چین، به ازای تولید هر واحد محصول و تسهیل هزینه‌های مربوط به تحقیق و توسعه فناوری بلاک چین، یارانه پرداخت می‌کند.

خلاصه‌ای از پژوهش‌های اخیر در جدول ۱ قابل مشاهده می‌باشد.

جدول ۱. خلاصه پژوهش‌های اخیر

تعداد سطوح نویندگان		تعداد محصول				عوامل مؤثر بر تقاضا		ساختار زنجیره
دو	چند	تک	چند	علاوه بر قیمت	متمركز	غیر متمركز		
✓		✓		سطح کیفیت سبز	✓		✓	
✓			✓	-			✓	
✓			✓	-			✓	
✓			✓	زمان تحویل			✓	
✓			✓	سطح کیفیت سبز			✓	
✓			✓	زمان تحویل			✓	

Jamali & Rasti-Barzoki
(۲۰۱۸)

Modak & Kelle.

تعداد سطوح نویسدگان		تعداد محصول				عوامل مؤثر بر تقاضا		ساختار زنجیره
		دو	چند	تک	چند	علاوه بر قیمت	متمرکز	غیرمتمرکز
(۲۰۱۹)								
Heydari et al. (۲۰۱۹)			✓	✓		سطح کیفیت سبز	✓	✓
Yan et al. (۲۰۲۰)		✓				-		✓
Zhang et al. (۲۰۲۱)		✓		✓		سطح کیفیت سبز	✓	✓
Barman et al. (۲۰۲۱)		✓				سطح کیفیت سبز	✓	✓
Meng et al. (۲۰۲۱)		✓				سطح کیفیت سبز		✓
Seifbarghy & Kafshian (۲۰۲۲) Ahar		✓				زمان تحویل	✓	✓
Chen & Gao (۲۰۲۲)		✓				سطح تبلیغات		✓
Zhong et al. (۲۰۲۳)		✓				سطح ردیابی اطلاعات		✓
تحقیق حاضر		✓				زمان تحویل، سطح کیفیت سبز، سطح تبلیغات، سطح ردیابی اطلاعات	✓	✓

با توجه به جدول ۱، در پژوهش‌های اخیر تنها یک عامل، هم‌زمان با قیمت در تقاضای محصولات تأثیرگذار است. همچنین اکثر تحقیقات گذشته تک‌محصولی می‌باشند. در این پژوهش، یک زنجیره تأمین چند محصولی در نظر گرفته شده است که عوامل زمان تحویل، سطح کیفیت سبز، سطح تبلیغات و سطح ردیابی اطلاعات علاوه بر قیمت در تقاضا مؤثر می‌باشند.

روش پژوهش

در این بخش، ابتدا مسئله تحقیق بیان گردیده و سپس به مدل‌سازی ریاضی و ارائه روش حل پرداخته می‌شود.

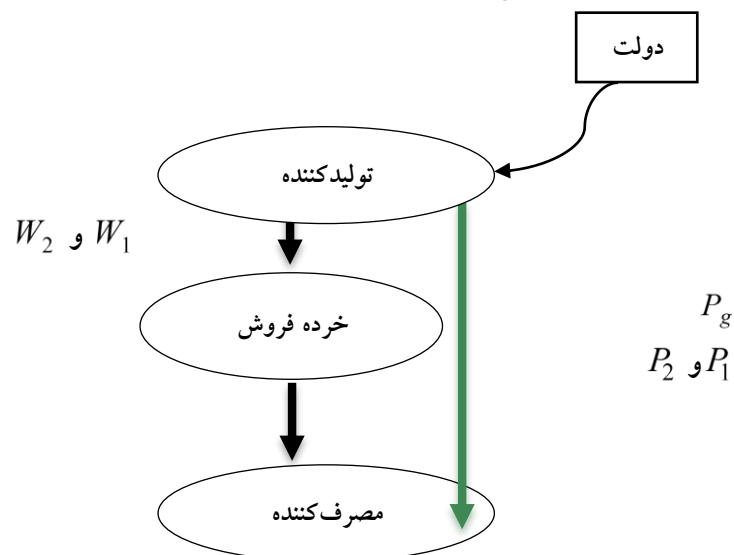
بیان مسئله تحقیق

در این مسئله به تصمیمات قیمت‌گذاری، زمان تحویل، سطح کیفیت سبز، سطح تبلیغات و

تصمیمات قیمت گذاری زنجیره تأمین سبز دو کاناله با در نظر گرفتن تبلیغات ...؛ حسینی و سیف برقی | ۶۳

سطح ردیابی اطلاعات، در یک زنجیره تأمین دو کاناله و دو سطحی متشکل از یک تولید کننده و یک خرده فروش با تقاضای قطعی پرداخته می شود. زنجیره تأمین، تک - دوره ای و چند محصولی می باشد به طوری که یک نوع محصول سبز و دو نوع محصول استاندارد تولید می شود. محصول سبز از طریق کانال آنلاین و محصولات استاندارد از طریق کانال سنتی (خرده فروشی) به فروش می رسند. تقاضای محصول سبز، تابعی خطی از قیمت محصولات، زمان تحویل کانال آنلاین، سطح کیفیت محصول سبز، سطح تبلیغات محصول سبز و سطح ردیابی اطلاعات محصول سبز می باشد. تقاضای محصولات استاندارد نیز یک تابع خطی از قیمت محصولات، زمان تحویل کانال آنلاین و سطح تبلیغات محصول سبز می باشد. دولت جهت تشویق تولید کننده به تولید محصول سبز و اجرای فناوری بلاک چین، باهدف شفاف سازی اطلاعات محصول سبز در کانال آنلاین، یارانه پرداخت می کند تا افزایش سود حاصل از تولید، انگیزه ای برای تولید محصول سبز باشد. به منظور مدل سازی و حل مسئله زنجیره تأمین دو کاناله، پس از تعیین پارامترها و متغیرهای تصمیم، مفروضات تعیین شده در مدل سازی بیان می گردند. سپس به مدل سازی توابع تقاضای محصولات و توابع سود اعضای زنجیره تأمین پرداخته می شود. جهت تعیین مقادیر بهینه متغیرهای تصمیم و سود اعضای زنجیره تأمین، دو مدل تصمیم گیری متمرکز و غیرمتمرکز مورد بررسی قرار می گیرد که در مدل متمرکز، اعضای زنجیره تأمین تصمیمات خود را به طور یکپارچه اتخاذ می کنند و در مدل غیرمتمرکز، اعضای زنجیره تأمین تحت یک بازی استکلبرگ به رهبری تولید کننده، با یکدیگر به رقابت می پردازند.

شکل ۲. ساختار زنجیره تأمین دو کاناله



مدل سازی ریاضی و روش حل در حالت تصمیم گیری متمرکز و غیرمتمرکز
 نمادها، پارامترها، توابع سود و متغیرهای تصمیم مسئله در جدول ۲ مشاهده می شود.

جدول ۲. نمادها، پارامترها، توابع سود و متغیرهای تصمیم

نمادها	
محصولات استاندارد ۱ و ۲	$i = \{1, 2\}$
محصول استاندارد جانشین	s
محصول سبز	g

جدول ۲. نمادها، پارامترها، توابع سود و متغیرهای تصمیم (ادامه)

خرده فروش	r
تولیدکننده	m
زنجیره تأمین	sc
مدل متمرکز	c
مدل غیرمتمرکز	d

مدل همکاری	CO
پارامترها	
تقاضای بالقوه بازار ($0 < \alpha$)	α
سطح وفاداری مشتریان به محصول استاندارد i ($0 \leq \rho_i$) و ($0 \leq \rho_1 + \rho_2 \leq 1$)	ρ_i
کشش تقاضای محصول سبز نسبت به قیمت محصول سبز	β_g
کشش تقاضای محصول استاندارد i نسبت به قیمت محصول استاندارد i	β_i
کشش متقاطع تقاضای محصول استاندارد i نسبت به قیمت محصول استاندارد جانشین	γ_{is}
کشش متقاطع تقاضای محصول استاندارد i نسبت به قیمت محصول سبز	γ_{ig}
کشش متقاطع تقاضای محصول سبز نسبت به قیمت محصول استاندارد i	γ_{gi}
کشش تقاضای محصول سبز نسبت به زمان تحویل کانال آنلاین	η_g
کشش تقاضای محصول استاندارد i نسبت به زمان تحویل کانال آنلاین	η_i
کشش تقاضای محصول سبز نسبت به سطح کیفیت سبز محصول سبز	λ
کشش تقاضای محصول سبز نسبت به سطح ردیابی اطلاعات محصول سبز	ζ
کشش تقاضای محصول سبز نسبت به سطح تبلیغات محصول سبز	τ_g
کشش تقاضای محصول استاندارد i نسبت به سطح تبلیغات محصول سبز	τ_i
پارامتر سرمایه گذاری در تبلیغات محصول سبز	k
پارامتر سرمایه گذاری در سطح کیفیت سبز محصول سبز	f
جدول ۲. نمادها، پارامترها، توابع سود و متغیرهای تصمیم (ادامه)	
پارامتر سرمایه گذاری در سطح ردیابی اطلاعات محصول سبز	I
پارامترهای سرمایه گذاری در زمان تحویل کانال آنلاین	h_0 و h_1
میزان یارانه دولتی به ازای هر واحد محصول سبز	ψ
میزان یارانه دولتی جهت اجرای فناوری بلاک چین	e
هزینه تولید هر واحد محصول سبز	C_g
هزینه تولید هر واحد محصول استاندارد i	C_i

D_g	تقاضای محصول سبز
D_i	تقاضای محصول استاندارد i

توابع سود

π_m	سود تولیدکننده
π_r	سود خرده فروش
π_{sc}	سود زنجیره تأمین

متغیرهای تصمیم

P_g	قیمت هر واحد محصول سبز در کانال آنلاین
P_i	قیمت هر واحد محصول استاندارد i در کانال سنتی
W_i	قیمت عمده فروشی هر واحد محصول استاندارد i
L	زمان تحویل محصول سبز در کانال آنلاین
θ	سطح کیفیت سبز محصول سبز
ω	سطح تبلیغات محصول سبز
b	سطح ردیابی اطلاعات محصول سبز

مفروضات مدل

- هر سه محصول جانشین یکدیگر می باشند؛ $(0 < \gamma_{is}, \gamma_{ig}, \gamma_{gi})$ (Meng et al., 2021).
- کشش تقاضای هر محصول، نسبت به قیمت خود محصول بیشتر از کشش تقاضا نسبت به قیمت محصول جانشین است (Meng et al., 2021).
- کشش تقاضای محصول سبز نسبت به زمان تحویل کانال آنلاین، بیشتر از کشش تقاضای محصول استاندارد i نسبت به زمان تحویل کانال آنلاین است؛ $(0 < \eta_i < \eta_g)$ (Modak & Kelle, 2019).

تصمیمات قیمت گذاری زنجیره تأمین سبز دو کاناله با در نظر گرفتن تبلیغات ...؛ حسینی و سیف برقی | ۶۷

- سطح کیفیت سبز فقط در تقاضای محصول سبز تأثیر دارد و با افزایش سطح کیفیت سبز، تقاضای محصول سبز افزایش می‌یابد. درحالی‌که تأثیر آن در تقاضای محصولات استاندارد بسیار ناچیز فرض می‌شود.

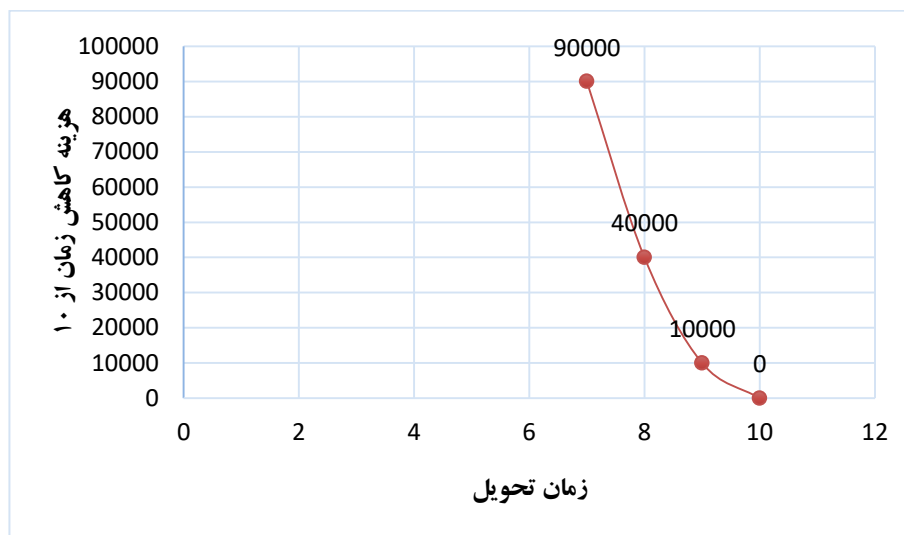
- سطح ردیابی اطلاعات محصول سبز فقط در تقاضای محصول سبز تأثیر دارد و با افزایش سطح ردیابی اطلاعات محصول سبز، تقاضای محصول سبز افزایش می‌یابد. درحالی‌که تأثیر آن در تقاضای محصولات استاندارد بسیار ناچیز فرض می‌شود.

- سرمایه‌گذاری در سطح کیفیت سبز محصول سبز، به صورت $\frac{1}{2} f \theta^2$ در نظر گرفته می‌شود که به منظور تحقیق و توسعه (R&D) محصول سبز می‌باشد. این هزینه رابطه غیرخطی با سطح کیفیت سبز دارد و تابعی درجه دو از سطح کیفیت سبز است (Ranjan & Jha، ۲۰۱۹، Ghosh & Shah، ۲۰۱۲). در ابتدا رابطه یادشده طبق تحقیق Ghosh & Shah (۲۰۱۲) بدون داشتن ضریب یک دوم ارائه شده است. در این تحقیق اشاره می‌کند که فرض می‌گردد هزینه‌های ارتقاء سطح سبز بودن محصول دارای رابطه درجه ۲ با سطح سبز بودن محصول داشته باشد و توجه آن این است که معمولاً سرمایه‌گذاری روی این موضوع از منظر هزینه‌های تحقیق و توسعه از یک نقطه‌ای به بعد بسیار سنگین می‌شود؛ به عبارت دیگر در مراحل اولیه سبز شدن محصول معمولاً ایده‌ای داده می‌شود و پیاده‌سازی آن نسبتاً راحت است لیکن از یک نقطه به بعد هزینه نوآوری و ایجاد ایده‌های جدیدتر برای سبز شدن گران‌تر تمام می‌شود و به همین دلیل این هزینه با درجه سبزی محصول دارای رابطه درجه ۲ در نظر گرفته می‌شود در تحقیق Ranjan & Jha (۲۰۱۹) این مورد برای محصولاتی در نظر گرفته می‌شود که هزینه‌های نوآوری در آن به شدت محصولات دارای فناوری بالاتر (های تک) نباشد لذا در یک ضریب یک دوم به عنوان تعدیل ضرب می‌شود. بدیهی است که این ضریب صرفاً یک مقدار تقریبی و صرفاً جهت تعدیل است. در تحقیق جاری به دلیل اینکه مطالعه موردی ما روی محصول لامپ می‌باشد، به نظر می‌رسد فرمول دوم که دارای ضریب یک دوم می‌باشد مناسب‌تر خواهد بود.

• سرمایه‌گذاری در تبلیغات محصول سبز نیز به صورت $\frac{1}{2}k\omega^2$ در نظر گرفته می‌شود که رابطه غیرخطی با سطح تبلیغات دارد و تابعی درجه دو از سطح تبلیغات است (Chen & Gao, 2022). در این رابطه نیز مانند رابطه مربوط به هزینه‌های ارتقاء محصول سبز، فرض می‌گردد در ابتدای معرفی محصول سبز با هزینه‌های تبلیغات کمتری می‌توان مشتریان را جذب کرد اما از یک نقطه زمانی به بعد، هزینه‌های جلب مشتریان به محصول سبز پرهزینه‌تر خواهد شد که از نظر کاربردی نیز در دنیای واقعی منطقی به نظر می‌رسد؛ زیرا اصولاً در ابتدای کار کسانی که تمایل بیشتری برای خرید محصول سبز داشته‌اند با تبلیغات مختصری جذب شده‌اند اما جذب افراد جدیدتر دارای تأخیر بیشتر و پرهزینه‌تر خواهد بود. ضریب یک دوم در این فرمول نیز به عنوان تعدیل هزینه تبلیغات برای محصولاتی که در طیف متوسط قرار دارند و بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرند یا ارزان‌تر هستند در نظر گرفته می‌شود.

• سرمایه‌گذاری در زمان تحویل کانال آنلاین به صورت $(h_0 - h_1 L)^2$ در نظر گرفته می‌شود که تابعی درجه دو از زمان تحویل است؛ $\left(L < \frac{h_0}{h_1}\right)$ (Modak & Kelle, 2019). در این رابطه نیز مانند موارد قبل فرض می‌گردد هزینه‌های کاهش زمان تحویل آنلاین از مقدار اولیه آن در ابتدا کم باشد و بتوان با راهکارهای مدیریتی ساده‌تر این هزینه را کاهش داد اما از یک نقطه زمانی به بعد، این هزینه زیاد خواهد شد که از نظر کاربردی نیز در دنیای واقعی منطقی به نظر می‌رسد. جهت درک بهتر این موضوع مثالی عددی در این قسمت ارائه می‌شود. فرض کنیم مقادیر $h_0 = 1000, h_1 = 100$ داده شده باشند. طبق محدودیت موجود برای زمان تحویل $L \leq 10$ ، نمودار زیر در شکل ۳ نشان‌دهنده ارتباط بین هزینه‌های کاهش زمان تحویل آنلاین با مقدار زمان تحویل می‌باشد.

شکل ۳. رابطه بین زمان تحویل و هزینه مرتبط با آن



طبق شکل ۳، مشخص است که در زمان تحویل ۱۰، هزینه صفر است زیرا هیچ فعالیت خاصی برای کاهش این زمان از منظر مدیریتی صورت نگرفته است. کاهش ۱ واحد زمان تحویل از ۱۰ به ۹، مستلزم ۱۰۰۰۰ واحد هزینه بوده درحالی که برای کاهش از ۹ به ۸، به ۴۰۰۰۰ واحد پولی هزینه نیاز است.

- سرمایه گذاری جهت تحقیق و توسعه فناوری بلاک چین، به صورت $\frac{1}{2}Ib^2$ در نظر گرفته می شود که رابطه غیرخطی با سطح ردیابی اطلاعات دارد و تابعی درجه دو از سطح ردیابی اطلاعات است (Zhong et al., ۲۰۲۳). در این رابطه نیز مانند رابطه مربوط به هزینه های ارتقاء و تبلیغات محصول سبز، فرض می گردد در ابتدای معرفی محصول سبز با هزینه های تحقیق و توسعه کمتری می توان ردیابی محصول را انجام داد اما از یک نقطه زمانی به بعد، هزینه های ردیابی بسیار زیاد خواهد شد که از نظر کاربردی نیز در دنیای واقعی منطقی به نظر می رسد؛ زیرا اصولاً در ابتدای کار می توان با فناوری های موجود، ردیابی محصولات را انجام داد اما برای ارتقا آن نیازمند سرمایه گذاری بیشتر و نوآوری بسیار بالاتری خواهیم بود. ضریب یک دوم در این فرمول نیز به عنوان تعدیل هزینه ردیابی

برای محصولاتی که در طیف متوسط قرار دارند و هزینه‌های ردیابی آن‌ها نسبت به محصولات دیگر کمتر است، در نظر گرفته می‌شود.

- قیمت فروش محصول سبز بیشتر از هزینه تولید محصول سبز توسط تولیدکننده است؛
 $(C_g < P_g)$

- قیمت عمده‌فروشی محصول استاندارد i بیشتر از هزینه تولید محصول استاندارد i توسط تولیدکننده است؛
 $(C_i < W_i)$

- قیمت فروش محصول استاندارد i توسط خرده‌فروش، بیشتر از قیمت عمده‌فروشی تولیدکننده است؛
 $(W_i < P_i)$

توابع تقاضا

مطابق با پژوهش‌های Meng et al. (۲۰۲۱)، Modak & Kelle (۲۰۱۹)، Ranjan & Jha (۲۰۱۹) و Zhong et al. (۲۰۲۳) فرض می‌شود توابع تقاضای محصولات نسبت به قیمت، زمان تحویل، سطح کیفیت سبز، سطح تبلیغات و سطح ردیابی اطلاعات خطی هستند. تابع تقاضای محصول استاندارد ۱ و ۲ به صورت تابعی خطی از قیمت خود محصول، قیمت محصولات جانشین، زمان تحویل کانال آنلاین و سطح تبلیغات محصول سبز می‌باشد.

تابع تقاضای محصول سبز به صورت تابعی خطی از قیمت محصول سبز، قیمت محصولات جانشین، زمان تحویل کانال آنلاین، سطح کیفیت سبز محصول سبز، سطح تبلیغات محصول سبز و سطح ردیابی اطلاعات محصول سبز می‌باشد. علت آوردن توابع تقاضا در این بخش بهره‌گیری از آن‌ها در تشکیل روابط سود اجزای زنجیره تأمین می‌باشد.

توابع تقاضای محصول استاندارد ۱، محصول استاندارد ۲ و محصول سبز به ترتیب در روابط ۱، ۲ و ۳ عبارت‌اند از:

$$D_1 = \rho_1 \alpha - \beta_1 P_1 + \gamma_{1s} P_2 + \gamma_{1g} P_g + \eta_1 L - \tau_1 \omega \quad (۱)$$

$$D_2 = \rho_2 \alpha - \beta_2 P_2 + \gamma_{2s} P_1 + \gamma_{2g} P_g + \eta_2 L - \tau_2 \omega \quad (۲)$$

تصمیمات قیمت گذاری زنجیره تأمین سبز دو کاناله با در نظر گرفتن تبلیغات ...؛ حسینی و سیف برقی | ۷۱

$$D_g = (1 - \rho_1 - \rho_2)\alpha - \beta_g P_g + \gamma_{g1} P_1 + \gamma_{g2} P_2 - \eta_g L + \lambda \theta + \tau_g \omega + \zeta b$$

تقاضای محصولات استاندارد با قیمت محصولات جانشین و زمان تحویل کانال آنلاین، رابطه مستقیم و با قیمت خود محصول و سطح تبلیغات محصول سبز، رابطه معکوس دارد. تقاضای محصول سبز با قیمت محصولات جانشین، سطح کیفیت سبز محصول سبز، سطح تبلیغات محصول سبز و سطح ردیابی اطلاعات محصول سبز، رابطه مستقیم و با قیمت محصول سبز و زمان تحویل کانال آنلاین، رابطه معکوس دارد.

توابع سود

طبق مدل Meng et al. (۲۰۲۱) و مفروضات بیان شده توابع سود تولیدکننده و خردهفروش به ترتیب در روابط ۴ و ۵ ارائه می گردد. این توابع در بخش های بعدی به عنوان پایه ای برای مقایسه سیستم های متمرکز و غیرمتمرکز مورد استفاده قرار خواهند گرفت.

$$\begin{aligned} \pi_m(P_g, W_1, W_2, L, \theta, \omega, b) &= (P_g - C_g + \psi) D_g + (W_1 - C_1) D_1 \\ &+ (W_2 - C_2) D_2 - (h_0 - h_1 L)^2 - \frac{1}{2} f \theta^2 - \frac{1}{2} k \omega^2 - \frac{1}{2} I b^2 (1 - e) \quad (۴) \\ \pi_r(P_1, P_2) &= (P_1 - W_1) D_1 + (P_2 - W_2) D_2 \quad (۵) \end{aligned}$$

• مدل تصمیم گیری غیرمتمرکز

در مدل غیرمتمرکز، هر یک از اعضای زنجیره تأمین درصدد بیشینه کردن سود خود هستند، بنابراین یک بازی استکلبرگ با رهبری تولیدکننده در نظر گرفته می شود. بازی استکلبرگ یک بازی رقابتی و پویا با اطلاعات کامل می باشد و به روش برگشت به عقب حل می شود. در این بازی، فرض تولیدکننده به عنوان رهبر بازی، تصمیم گیری منطقی خردهفروش است، بنابراین با در نظر گرفتن تصمیمات خردهفروش و باهدف حداکثرسازی سود خود، در خصوص قیمت محصول سبز (P_g)، قیمت عمده فروشی محصول استاندارد ۱ (W_1)، قیمت عمده فروشی محصول استاندارد ۲ (W_2)، زمان تحویل کانال آنلاین (L)، سطح کیفیت سبز محصول سبز (θ)، سطح تبلیغات محصول سبز (ω) و سطح ردیابی

اطلاعات محصول سبز (b) تصمیم‌گیری می‌کند، سپس خرده‌فروش به‌عنوان پیرو بر اساس تصمیمات بهینه تولیدکننده و باهدف حداکثرسازی سود خود، قیمت محصول استاندارد ۱ (P_1) و قیمت محصول استاندارد ۲ (P_2) را تعیین می‌نماید.

جهت حل مدل غیرمتمرکز، از تابع سود خرده‌فروش (رابطه ۵) نسبت به قیمت محصول استاندارد ۱ (P_1) و قیمت محصول استاندارد ۲ (P_2) مشتق گرفته و مساوی با صفر قرار داده می‌شود که در روابط ۶ و ۷ عبارت‌اند از:

$$\frac{\partial \pi_r(P_1, P_2)}{\partial P_1} = \eta_1 L + \rho_1 \alpha - \tau_1 \omega + \gamma_{1g} P_g + \gamma_{1s} P_2 - \beta_1 P_1 \quad (۶)$$

$$-(P_1 - W_1)\beta_1 + (P_2 - W_2)\gamma_{2s} = 0$$

$$\frac{\partial \pi_r(P_1, P_2)}{\partial P_2} = (P_1 - W_1)\gamma_{1s} + \eta_2 L + \rho_2 \alpha - \tau_2 \omega + \gamma_{2g} P_g + \gamma_{2s} P_1 \quad (۷)$$

$$-\beta_2 P_2 - (P_2 - W_2)\beta_2 = 0$$

مقادیر بهینه قیمت محصول استاندارد ۱ (P_1) و قیمت محصول استاندارد ۲ (P_2) بر اساس حل دو معادله ۶ و ۷ مطابق روابط ۸ و ۹ حاصل می‌شوند به‌طوری‌که جواب‌های بهینه به‌طور هم‌زمان در هر دو معادله صدق می‌کنند. مقادیر پارامترهای E_1 ، E_2 و E_5 در پیوست ارائه شده است. برای سایر روابط نیز نمادهایی که جدید است در پیوست ارائه شده‌اند.

$$P_1 = \frac{\gamma_{1s}^2 W_1 + E_1 \gamma_{1s} + E_2 \beta_2 - \gamma_{2s} (\eta_2 L + \rho_2 \alpha - \tau_2 \omega + \gamma_{2g} P_g)}{E_5} \quad (۸)$$

$$P_2 = \frac{\gamma_{2s}^2 W_2 + E_3 \gamma_{2s} + E_4 \beta_1 - \gamma_{1s} (\eta_1 L + \rho_1 \alpha - \tau_1 \omega + \gamma_{1g} P_g)}{E_5} \quad (۹)$$

جهت بررسی تقعر تابع سود خرده‌فروش نسبت به قیمت محصول استاندارد ۱ و قیمت محصول استاندارد ۲ ماتریس هسین محاسبه می‌شود. در صورتی که ماتریس هسین، معین

تصمیمات قیمت گذاری زنجیره تأمین سبز دو کاناله با در نظر گرفتن تبلیغات ...؛ حسینی و سیف برقی | ۷۳

منفی باشد، تابع سود خرده فروش، نسبت به قیمت محصولات استاندارد ۱ و ۲ مقعر است. ماتریس هسین را تحت شرایطی که $|H_1| < 0$ و $|H_2| > 0$ باشد، معین منفی می نامند. ماتریس هسین مطابق رابطه ۱۰ محاسبه می شود و بر اساس آن انتگرال دو ماتریس ارائه شده در معادلات ۱۱ و ۱۲ مورد بررسی قرار می گیرد.

$$H[\pi_r(P_1, P_2)] = \begin{bmatrix} \frac{\partial^2 \pi_r}{\partial P_1^2} & \frac{\partial^2 \pi_r}{\partial P_1 \partial P_2} \\ \frac{\partial^2 \pi_r}{\partial P_2 \partial P_1} & \frac{\partial^2 \pi_r}{\partial P_2^2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -2\beta_1 & \gamma_{1s} + \gamma_{2s} \\ \gamma_{1s} + \gamma_{2s} & -2\beta_2 \end{bmatrix} \quad (10)$$

$$|H_1| = -2\beta_1 \quad (11)$$

$$|H_2| = -\gamma_{1s}^2 - 2\gamma_{1s}\gamma_{2s} - \gamma_{2s}^2 + 4\beta_1\beta_2 \quad (12)$$

با توجه به $\beta_1 > 0$ ، شرط $|H_1| < 0$ برقرار است.

در صورتی که شرط $4\beta_1\beta_2 > \gamma_{1s}^2 + 2\gamma_{1s}\gamma_{2s} + \gamma_{2s}^2$ برقرار باشد، تابع سود خرده فروش نسبت به P_1 و P_2 مقعر می باشد و مقادیر متغیرهای تصمیم، بهینه هستند؛ بنابراین با استفاده از مقادیر عددی مسئله می توان بهینگی متغیرهای تصمیم را تضمین نمود. مقادیر بهینه متغیرهای تصمیم خرده فروش (P_1, P_2) در تابع سود تولید کننده جایگذاری شده و رابطه ۱۳ حاصل می شود که ارائه دهنده سود تولید کننده می باشد.

$$\begin{aligned} \pi_m(P_g, W_1, W_2, L, \theta, \omega, b) = & (P_g - C_g + \psi) \\ & \left((1 - \rho_1 - \rho_2)\alpha - \beta_g P_g + \frac{\gamma_{g1} E_6}{E_5} + \frac{\gamma_{g2} E_7}{E_5} - \eta_g L + \lambda \theta + \tau_g \omega + \zeta b \right) \\ & + (W_1 - C_1) \left(\eta_1 L + \rho_1 \alpha - \tau_1 \omega + \gamma_{1g} P_g + \frac{\gamma_{1s} E_7}{E_5} - \frac{\beta_1 E_6}{E_5} \right) \\ & + (W_2 - C_2) \left(\eta_2 L + \rho_2 \alpha - \tau_2 \omega + \gamma_{2g} P_g + \frac{\gamma_{2s} E_6}{E_5} - \frac{\beta_2 E_7}{E_5} \right) \\ & - (-h_1 L + h_0)^2 - \frac{f \theta^2}{2} - \frac{k \omega^2}{2} - \frac{I b^2 (1 - e)}{2} \end{aligned} \quad (۱۳)$$

سپس جهت به دست آوردن مقادیر بهینه متغیرهای تصمیم تولیدکننده از تابع سود تولیدکننده (رابطه ۱۳) نسبت به قیمت محصول سبز (P_g)، قیمت عمده‌فروشی محصول استاندارد ۱ (W_1)، قیمت عمده‌فروشی محصول استاندارد ۲ (W_2)، زمان تحویل کانال آنلاین (L)، سطح کیفیت سبز محصول سبز (θ)، سطح تبلیغات محصول سبز (ω) و سطح ردیابی اطلاعات محصول سبز (b) مشتق گرفته و مساوی با صفر قرار داده می‌شود که به ترتیب در روابط ۱۴ الی ۲۰ معادلات مربوط به مشتقات گرفته شده ارائه شده‌اند.

$$\begin{aligned}
 \frac{\partial \pi_m(P_g, W_1, W_2, L, \theta, \omega, b)}{\partial P_g} &= (1 - \rho_1 - \rho_2)\alpha - \beta_g P_g \\
 &+ \frac{\gamma_{g1}E_6}{E_5} + \frac{\gamma_{g2}E_7}{E_5} - \eta_g L + \lambda \theta + \tau_g \omega + \zeta b \\
 &+ (P_g - C_g + \psi) \left(-\beta_g + \frac{\gamma_{g1}E_8}{E_5} + \frac{\gamma_{g2}E_9}{E_5} \right) \\
 &+ (W_1 - C_1) \left(\gamma_{1g} + \frac{\gamma_{1s}E_9}{E_5} - \frac{\beta_1E_8}{E_5} \right) \\
 &+ (W_2 - C_2) \left(\gamma_{2g} + \frac{\gamma_{2s}E_8}{E_5} - \frac{\beta_2E_9}{E_5} \right) = 0
 \end{aligned} \tag{۱۴}$$

$$\begin{aligned}
 \frac{\partial \pi_m(P_g, W_1, W_2, L, \theta, \omega, b)}{\partial W_1} &= \eta_1 L + \rho_1 \alpha - \tau_1 \omega + \gamma_{1g} P_g + \frac{\gamma_{1s}E_7}{E_5} \\
 &- \frac{\beta_1E_6}{E_5} + (P_g - C_g + \psi) \left(\frac{\gamma_{g1}E_{10}}{E_5} + \frac{\gamma_{g2}(\gamma_{1s}\beta_1 - \gamma_{2s}\beta_1)}{E_5} \right) \\
 &+ (W_1 - C_1) \left(\frac{\gamma_{1s}(\gamma_{1s}\beta_1 - \gamma_{2s}\beta_1)}{E_5} - \frac{\beta_1E_{10}}{E_5} \right) \\
 &+ (W_2 - C_2) \left(\frac{\gamma_{2s}E_{10}}{E_5} - \frac{\beta_2(\gamma_{1s}\beta_1 - \gamma_{2s}\beta_1)}{E_5} \right) = 0
 \end{aligned} \tag{۱۵}$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial \pi_m(P_g, W_1, W_2, L, \theta, \omega, b)}{\partial W_2} &= \eta_2 L + \rho_2 \alpha - \tau_2 \omega \\ &+ \gamma_{2g} P_g + \frac{\gamma_{2s} E_6}{E_5} - \frac{\beta_2 E_7}{E_5} \\ &+ (P_g - C_g + \psi) \left(\frac{\gamma_{g1} (-\gamma_{1s} \beta_2 + \gamma_{2s} \beta_2)}{E_5} + \frac{\gamma_{g2} F_1}{E_5} \right) \quad (۱۶) \\ &+ (W_1 - C_1) \left(\frac{\gamma_{1s} F_1}{E_5} - \frac{\beta_1 (-\gamma_{1s} \beta_2 + \gamma_{2s} \beta_2)}{E_5} \right) \\ &+ (W_2 - C_2) \left(\frac{\gamma_{2s} (-\gamma_{1s} \beta_2 + \gamma_{2s} \beta_2)}{E_5} - \frac{\beta_2 F_1}{E_5} \right) = 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial \pi_m(P_g, W_1, W_2, L, \theta, \omega, b)}{\partial L} &= (P_g - C_g + \psi) \\ &\left(\frac{\gamma_{g1} F_2}{E_5} + \frac{\gamma_{g2} F_3}{E_5} - \eta_g \right) + (W_1 - C_1) \left(\eta_1 + \frac{\gamma_{1s} F_3}{E_5} - \frac{\beta_1 F_2}{E_5} \right) \quad (۱۷) \\ &+ (W_2 - C_2) \left(\eta_2 + \frac{\gamma_{2s} F_2}{E_5} - \frac{\beta_2 F_3}{E_5} \right) + 2(-Lh_1 + h_0)h_1 = 0 \end{aligned}$$

$$\frac{\partial \pi_m(P_g, W_1, W_2, L, \theta, \omega, b)}{\partial \theta} = (P_g - C_g + \psi) \lambda - f \theta = 0 \quad (۱۸)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial \pi_m(P_g, W_1, W_2, L, \theta, \omega, b)}{\partial \omega} &= (P_g - C_g + \psi) \\ &\left(\frac{\gamma_{g1} F_4}{E_5} + \frac{\gamma_{g2} F_5}{E_5} + \tau_g \right) + (W_1 - C_1) \left(-\tau_1 + \frac{\gamma_{1s} F_5}{E_5} - \frac{\beta_1 F_4}{E_5} \right) \quad (۱۹) \\ &+ (W_2 - C_2) \left(-\tau_2 + \frac{\gamma_{2s} F_4}{E_5} - \frac{\beta_2 F_5}{E_5} \right) - k \omega = 0 \end{aligned}$$

$$\frac{\partial \pi_m(P_g, W_1, W_2, L, \theta, \omega, b)}{\partial b} = (P_g - C_g + \psi)\zeta - Ib(1-e) = 0 \quad (20)$$

مقادیر بهینه قیمت محصول سبز (P_g)، قیمت عمده فروشی محصول استاندارد ۱ (W_1)، قیمت عمده فروشی محصول استاندارد ۲ (W_2)، زمان تحویل کانال آنلاین (L)، سطح کیفیت سبز محصول سبز (θ)، سطح تبلیغات محصول سبز (ω) و سطح ردیابی اطلاعات محصول سبز (b) از حل معادلات ۱۴ الی ۲۰ حاصل می شوند، به طوری که جواب های بهینه به طور هم زمان در هر هفت معادله صدق می کنند.

به علت حجم زیاد مقادیر بهینه متغیرهای تصمیم تولید کننده، از نوشتن مقادیر پارامتریک متغیرهای تصمیم، صرف نظر شده و خروجی نرم افزار، به پیوست^۱ می باشد.

جهت بررسی تقعر تابع سود تولید کننده نسبت به قیمت محصول سبز، قیمت عمده فروشی محصول استاندارد ۱، قیمت عمده فروشی محصول استاندارد ۲، زمان تحویل کانال آنلاین، سطح کیفیت سبز محصول سبز، سطح تبلیغات محصول سبز و سطح ردیابی اطلاعات محصول سبز، ماتریس هسین محاسبه می شود. در صورتی که ماتریس هسین معین منفی باشد، تابع سود تولید کننده نسبت به متغیرهای تصمیم، مقعر است. ماتریس هسین و دترمینان های مربوطه به پیوست می باشد.

با جایگذاری مقادیر بهینه متغیرهای تصمیم تولید کننده در تصمیمات خرده فروش (قیمت محصول استاندارد ۱ و ۲)، تصمیمات بهینه خرده فروش حاصل می شود.

به علت حجم زیاد مقادیر بهینه متغیرهای تصمیم خرده فروش، از نوشتن مقادیر پارامتریک متغیرهای تصمیم، صرف نظر شده و خروجی نرم افزار Maple، به پیوست می باشد.

در نهایت، مقادیر بهینه متغیرهای تصمیم تولید کننده و خرده فروش، در توابع سود تولید کننده و خرده فروش جایگذاری شده و سود بهینه اعضای زنجیره تأمین، حاصل می شود. همچنین سود کل زنجیره تأمین از حاصل جمع توابع سود تولید کننده و

1 https://drive.google.com/drive/folders/1urwM23HcddF5S_4j15GNf1tOSL0FMr-?usp=drive_link

خرده‌فروش به دست خواهد آمد.

• مدل تصمیم‌گیری متمرکز

در مدل تصمیم‌گیری متمرکز، به حداکثرسازی سود کل زنجیره تأمین در شرایط هماهنگی اعضای زنجیره تأمین پرداخته می‌شود، به‌طوری‌که تولیدکننده و خرده‌فروش تصمیمات خود را به‌طور یکپارچه اتخاذ می‌کنند و تولیدکننده تمامی تصمیمات زنجیره تأمین را کنترل می‌کند.

تابع سود زنجیره تأمین به‌صورت مجموع درآمد حاصل از فروش محصولات استاندارد و سبز توسط تولیدکننده و خرده‌فروش منهای هزینه‌های سرمایه‌گذاری روی کاهش زمان تحویل آنلاین، هزینه سرمایه‌گذاری روی افزایش کیفیت و تبلیغات محصول سبز و هزینه تحقیق و توسعه فناوری بلاک‌چین برای ردیابی محصول می‌باشد که مطابق رابطه ۲۱ ارائه می‌گردد:

$$\pi_{sc}(P_g, L, \theta, \omega, b, P_1, P_2) = (P_g - C_g + \psi)D_g + (P_1 - C_1)D_1 + (P_2 - C_2)D_2 - (h_0 - h_1L)^2 - \frac{1}{2}f\theta^2 - \frac{1}{2}k\omega^2 - \frac{1}{2}Ib^2(1-e) \quad (21)$$

در مدل تصمیم‌گیری متمرکز، جهت به دست آوردن مقادیر بهینه‌ی متغیرهای تصمیم تولیدکننده و خرده‌فروش، از تابع سود زنجیره تأمین نسبت به قیمت محصول سبز (P_g)، زمان تحویل کانال آنلاین (L)، سطح کیفیت سبز محصول سبز (θ)، سطح تبلیغات محصول سبز (ω)، سطح ردیابی اطلاعات محصول سبز (b)، قیمت محصول استاندارد ۱ (P_1) و قیمت محصول استاندارد ۲ (P_2) مشتق گرفته و مساوی با صفر قرار داده می‌شود که به ترتیب در روابط ۲۲ الی ۲۸ معادلات مربوط به مشتقات جزئی ذکر شده برای یافتن جواب بهینه مدل ارائه می‌شوند.

$$\begin{aligned} \frac{\partial \pi_{sc}(P_g, L, \theta, \omega, b, P_1, P_2)}{\partial P_g} &= (1 - \rho_1 - \rho_2)\alpha - \beta_g P_g + \gamma_{g1} P_1 \\ &+ \gamma_{g2} P_2 - \eta_g L + \lambda \theta + \tau_g \omega + \zeta b - (P_g - C_g + \psi) \beta_g \quad (22) \\ &+ (P_1 - C_1) \gamma_{1g} + (P_2 - C_2) \gamma_{2g} = 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial \pi_{sc}(P_g, L, \theta, \omega, b, P_1, P_2)}{\partial L} &= -(P_g - C_g + \psi) \eta_g + (P_1 - C_1) \eta_1 \quad (23) \\ &+ (P_2 - C_2) \eta_2 + 2(-L h_1 + h_0) h_1 = 0 \end{aligned}$$

$$\frac{\partial \pi_{sc}(P_g, L, \theta, \omega, b, P_1, P_2)}{\partial \theta} = (P_g - C_g + \psi) \lambda - f \theta = 0 \quad (24)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial \pi_{sc}(P_g, L, \theta, \omega, b, P_1, P_2)}{\partial \omega} &= (P_g - C_g + \psi) \tau_g - (P_1 - C_1) \tau_1 \quad (25) \\ &- (P_2 - C_2) \tau_2 - k \omega = 0 \end{aligned}$$

$$\frac{\partial \pi_{sc}(P_g, L, \theta, \omega, b, P_1, P_2)}{\partial b} = (P_g - C_g + \psi) \zeta - I b (1 - e) = 0 \quad (26)$$

$$\frac{\partial \pi_{sc}(P_g, L, \theta, \omega, b, P_1, P_2)}{\partial P_1} = (P_g - C_g + \psi) \gamma_{g1} + L \eta_1 + \alpha \rho_1 \quad (27)$$

$$- \omega \tau_1 + \gamma_{1g} P_g + \gamma_{1s} P_2 - P_1 \beta_1 - (P_1 - C_1) \beta_1 + (P_2 - C_2) \gamma_{2s} = 0$$

$$\frac{\partial \pi_{sc}(P_g, L, \theta, \omega, b, P_1, P_2)}{\partial P_2} = (P_g - C_g + \psi) \gamma_{g2} + (P_1 - C_1) \gamma_{1s} \quad (28)$$

$$+ L \eta_2 + \alpha \rho_2 - \omega \tau_2 + \gamma_{2g} P_g + \gamma_{2s} P_1 - P_2 \beta_2 - (P_2 - C_2) \beta_2 = 0$$

مقادیر بهینه قیمت محصول سبز، زمان تحویل کانال آنلاین، سطح کیفیت سبز محصول سبز، سطح تبلیغات محصول سبز، سطح ردیابی اطلاعات محصول سبز، قیمت محصول استاندارد ۱ و قیمت محصول استاندارد ۲ از حل معادلات ۲۲ الی ۲۸ حاصل می شوند

به طوری که جواب‌های بهینه به طور هم‌زمان در هر هفت معادله صدق می‌کنند. به علت حجم زیاد مقادیر بهینه متغیرهای تصمیم اعضای زنجیره تأمین، از نوشتن مقادیر پارامتریک متغیرهای تصمیم، صرف نظر شده و خروجی نرم افزار میل، به پیوست می‌باشد. جهت بررسی تقریر تابع سود زنجیره تأمین نسبت به قیمت محصول سبز (P_g)، زمان تحویل کانال آنلاین (L)، سطح کیفیت سبز محصول سبز (θ)، سطح تبلیغات محصول سبز (ω)، سطح ردیابی اطلاعات محصول سبز (b)، قیمت محصول استاندارد ۱ (P_1) و قیمت محصول استاندارد ۲ (P_2) ماتریس هسین محاسبه می‌شود. در صورتی که ماتریس هسین معین منفی باشد، تابع سود زنجیره تأمین نسبت به متغیرهای تصمیم، مقعر است. ماتریس هسین و دترمینان‌های مربوطه به پیوست می‌باشد. در نهایت، مقادیر بهینه متغیرهای تصمیم تولیدکننده و خرده‌فروش در تابع سود زنجیره تأمین، جایگذاری شده و سود بهینه زنجیره تأمین، حاصل می‌شود.

تحلیل داده‌ها و یافته‌های پژوهش

در این بخش به منظور حل عددی مسئله یک مثال عددی در نظر گرفته شده است. مقادیر کشش تقاضای سه نوع محصول لامپ بر اساس فرمول کشش محاسبه شده است و مقادیر سایر پارامترها نیز بر اساس مفروضات مسئله و تحقیقات میدانی تعیین شده‌اند که در جدول ۳ قابل مشاهده می‌باشد.

جدول ۳. مقادیر پارامترهای مسئله

پارامترها	α	ρ_1	ρ_2	β_g	β_1	β_2	γ_{1s}	γ_{2s}
مقادیر	۷۵۰۰۰۰	۰/۲	۰/۱	۷/۲۸	۳/۹	۴/۳	۰/۱۹	۰/۴۳
پارامترها	γ_{1g}	γ_{2g}	γ_{g1}	γ_{g2}	η_g	η_1	η_2	λ
مقادیر	۰/۳۹	۱/۷۲	۰/۷۲	۱/۴۵	۳/۳۶	۰/۶	۱/۱۴	۳/۲۲
پارامترها	ζ	ψ	τ_g	τ_1	τ_2	k	f	I
مقادیر	۶/۶	۱۰۰۰	۶/۵	۰/۰۵	۱/۲۲	۵۰۰۰۰	۱۰۰۰۰	۱۵۰۰۰۰
پارامترها	h_0	h_1	e	C_g	C_1	C_2		
مقادیر	۱۵۰۰۰	۶۰۰۰	۰/۷۵	۵۳۰۰۰	۶۵۰۰	۲۲۰۰۰		

نتایج حاصل از حل مدل با استفاده از نرم افزار Maple در جدول ۴ نشان داده شده است.

جدول ۴. نتایج حاصل از حل مثال عددی

متغیرهای تصمیم	نماد	مدل غیرمتمرکز	مدل متمرکز
	P_g^*	۷۰۱۳۷/۹۸	۶۹۹۶۸/۷۱
	P_1^*	۳۸۷۲۹/۲۵	۲۹۵۰۳/۵۷
	P_2^*	۴۴۵۴۰/۹۶	۳۸۷۲۷/۷۴
	W_1^*	۲۹۲۳۴/۱۶	–
	W_2^*	۳۹۲۹۲/۳۱	–
	L^*	۲/۵	۲/۵
	θ^*	۵/۸۴	۵/۷۹
	ω^*	۲/۰۶	۱/۹
	b^*	۳/۱۹	۳/۱۶
توابع تقاضا	D_g	۱۰۶۹۰۹/۸۵	۹۳۰۶۹/۰۹
	D_1	۳۴۷۷۳/۹۳	۶۹۵۸۳/۵۴
	D_2	۲۰۷۶۵/۱۱	۴۱۵۰۳/۹۷

جدول ۵. نتایج حاصل از حل مثال عددی (ادامه)

توابع سود	نماد	مدل غیرمتمرکز	مدل متمرکز
	π_m^*	۳۰۸۸۲۹۳۲۸۹	–
	π_r^*	۴۳۹۱۷۰۳۷۳	–
	π_{sc}^*	۳۵۲۷۴۶۳۶۶۲	۳۹۶۶۸۲۳۰۰۳

به منظور تحلیل حساسیت مسئله و بررسی اثر برخی پارامترها در متغیرهای تصمیم، توابع تقاضا و توابع سود در مدل تصمیم گیری غیرمتمرکز به حل مسائل نمونه ای پرداخته شده است.

جدول ۶. حل مسائل نمونه‌ای

پارامترها	مقادیر	P_g^*	P_1^*	P_2^*	W_1^*	W_2^*	L^*	θ^*	ω^*	b^*
β_g	۵/۸۳	۸۲۵۹۷/۲۸	۴۰۵۵۲/۴۳	۴۹۴۸۱/۰۹	۳۱۳۷۰/۶۱	۴۴۰۲۰/۸	۲/۵	۹/۸۵	۳/۵۷	۵/۳۹
	۶/۵۶	۷۵۵۵۴/۸۶	۳۹۵۲۱/۹	۴۶۶۸۸/۷۶	۳۰۱۶۳/۰۱	۴۱۳۴۸/۱	۲/۵	۷/۵۸	۲/۷۲	۴/۱۵
	۷/۲۸	۷۰۱۳۷/۹۸	۳۸۷۲۹/۲۵	۴۴۵۴۰/۹۶	۲۹۲۳۴/۱۶	۳۹۲۹۲/۳۱	۲/۵	۵/۸۴	۲/۰۶	۳/۱۹
	۸	۶۵۷۸۸/۶۵	۳۸۰۹۲/۸	۴۲۸۱۶/۴۴	۲۸۴۸۸/۳۶	۳۷۶۴۱/۶۸	۲/۵	۴/۴۴	۱/۵۴	۲/۴۳
	۸/۷۳	۶۲۱۷۴/۵۳	۳۷۵۶۳/۹۴	۴۱۳۸۳/۴۴	۲۷۸۶۸/۶۲	۳۶۲۷۰/۰۶	۲/۵	۳/۲۸	۱/۱	۱/۷۹
ζ	۵/۲۸	۷۰۱۳۷/۴	۳۸۷۲۹/۱۶	۴۴۵۴۰/۷۳	۲۹۲۳۴/۰۶	۳۹۲۹۲/۰۹	۲/۵	۵/۸۴	۲/۰۶	۲/۵۵
	۵/۹۴	۷۰۱۳۷/۶۷	۳۸۷۲۹/۲	۴۴۵۴۰/۸۴	۲۹۲۳۴/۱	۳۹۲۹۲/۲	۲/۵	۵/۸۴	۲/۰۶	۲/۸۷
	۶/۶	۷۰۱۳۷/۹۸	۳۸۷۲۹/۲۵	۴۴۵۴۰/۹۶	۲۹۲۳۴/۱۶	۳۹۲۹۲/۳۱	۲/۵	۵/۸۴	۲/۰۶	۳/۱۹
	۷/۲۶	۷۰۱۳۸/۳۱	۳۸۷۲۹/۲۹	۴۴۵۴۱/۰۹	۲۹۲۳۴/۲۱	۳۹۲۹۲/۴۴	۲/۵	۵/۸۴	۲/۰۶	۳/۵۱
	۷/۹۲	۷۰۱۳۸/۶۸	۳۸۷۲۹/۳۵	۴۴۵۴۱/۲۴	۲۹۲۳۴/۲۸	۳۹۲۹۲/۵۸	۲/۵	۵/۸۴	۲/۰۶	۳/۸۳
ψ	۸۰۰	۷۰۲۳۸/۱۳	۳۸۷۳۳/۲۷	۴۴۵۶۳/۰۵	۲۹۲۲۹/۰۴	۳۹۲۹۵/۶۲	۲/۵	۵/۸۱	۲/۰۵	۳/۱۷
	۹۰۰	۷۰۱۸۸/۰۵	۳۸۷۳۱/۲۶	۴۴۵۵۲	۲۹۲۳۱/۶	۳۹۲۹۳/۹۶	۲/۵	۵/۸۲	۲/۰۶	۳/۱۸
	۱۰۰۰	۷۰۱۳۷/۹۸	۳۸۷۲۹/۲۵	۴۴۵۴۰/۹۶	۲۹۲۳۴/۱۶	۳۹۲۹۲/۳۱	۲/۵	۵/۸۴	۲/۰۶	۳/۱۹
	۱۱۰۰	۷۰۰۸۷/۹	۳۸۷۲۷/۲۳	۴۴۵۲۹/۹۱	۲۹۲۳۶/۷۱	۳۹۲۹۰/۶۶	۲/۵	۵/۸۶	۲/۰۷	۳/۲
	۱۲۰۰	۷۰۰۳۷/۸۳	۳۸۷۲۵/۲۲	۴۴۵۱۸/۸۷	۲۹۲۳۹/۲۷	۳۹۲۸۹	۲/۵	۵/۸۷	۲/۰۸	۳/۲۱

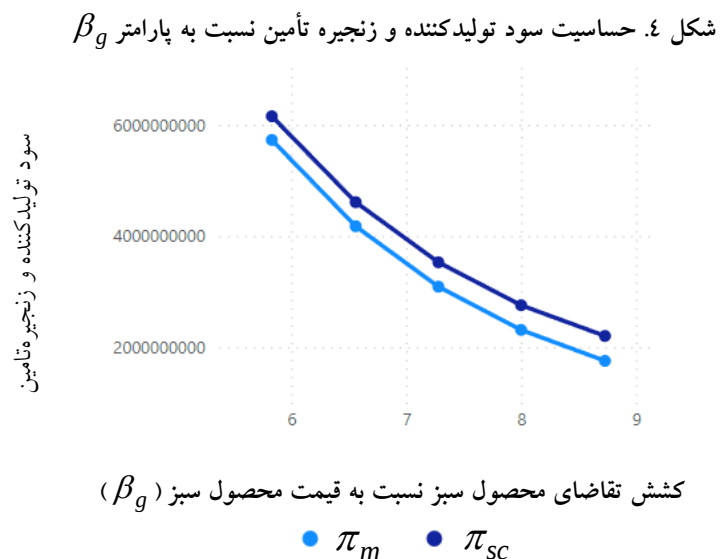
جدول ۷. حل مسائل نمونه‌ای (ادامه)

پارامترها	مقادیر	D_g	D_1	D_2	π_m^*	π_r^*	π_{sc}^*
β_g	۵/۸۳	۱۴۴۴۸۵/۲۳	۳۳۴۶۱/۱۸	۲۱۷۳۴/۶۸	۵۷۳۰۳۲۳۳۹۷	۴۲۵۹۱۲۱۲۰	۶۱۵۶۲۳۵۵۱۷
	۶/۵۶	۱۲۵۵۷۵/۶۷	۳۴۲۰۳/۱۹	۲۱۱۸۶/۶۵	۴۱۷۶۳۹۴۱۱۰	۴۳۳۲۵۴۶۵۳/۳	۴۶۰۹۶۴۸۷۶۳
	۷/۲۸	۱۰۶۹۰۹/۸۵	۳۴۷۷۳/۹۳	۲۰۷۶۵/۱۱	۳۰۸۸۲۹۳۲۸۹	۴۳۹۱۷۰۳۷۲/۶	۳۵۲۷۴۶۳۶۶۲
	۸	۸۸۲۳۳/۳۴	۳۵۲۳۲/۱۹	۲۰۴۲۶/۶۵	۲۳۱۰۵۵۵۹۸۸	۴۴۴۰۸۸۹۰۷/۲	۲۷۵۴۶۴۴۸۹۵

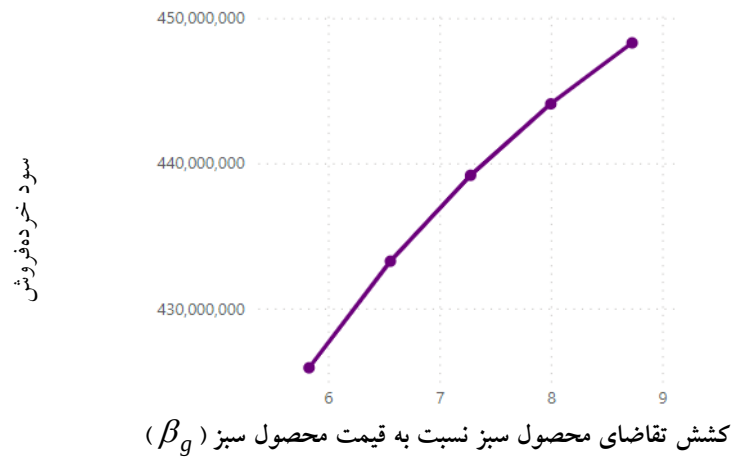
تصمیمات قیمت گذاری زنجیره تأمین سبز دو کاناله با در نظر گرفتن تبلیغات ... ؛ حسینی و سیف برقی | ۸۳

پارامترها	مقادیر	D_g	D_1	D_2	π_m^*	π_r^*	π_{sc}^*
	۸/۷۳	۶۹۲۸۹/۴۹	۳۵۶۱۲/۹۹	۲۰۱۴۵/۴۱	۱۷۵۳۳۲۰۸۲۵	۴۴۸۲۹۰۳۰۵/۲	۲۲۰۱۶۱۱۱۳۰
ζ	۵/۲۸	۱۰۶۹۰۶/۰۶	۳۴۷۷۳/۹۹	۲۰۷۶۵/۰۷	۳۰۸۸۲۴۴۹۹	۴۳۹۱۷۱۰۰۸/۱	۳۵۲۷۳۹۵۵۰۷
	۵/۹۴	۱۰۶۹۰۷/۸۵	۳۴۷۷۳/۹۷	۲۰۷۶۵/۰۹	۳۰۸۸۲۵۶۹۹۶	۴۳۹۱۷۰۷۱۳/۳	۳۵۲۷۴۲۷۷۰۹
	۶/۶	۱۰۶۹۰۹/۸۵	۳۴۷۷۳/۹۳	۲۰۷۶۵/۱۱	۳۰۸۸۲۹۳۲۸۹	۴۳۹۱۷۰۳۷۲/۶	۳۵۲۷۴۶۳۶۶۲
	۷/۲۶	۱۰۶۹۱۲/۰۵	۳۴۷۷۳/۹	۲۰۷۶۵/۱۴	۳۰۸۸۳۳۴۲۰	۴۳۹۱۶۹۹۹۹/۵	۳۵۲۷۵۰۳۴۲۰
	۷/۹۲	۱۰۶۹۱۴/۴۷	۳۴۷۷۳/۸۶	۲۰۷۶۵/۱۷	۳۰۸۸۳۷۷۳۶۲	۴۳۹۱۶۹۵۸۶/۳	۳۵۲۷۵۴۶۹۴۸
ψ	۸۰۰	۱۰۶۲۱۵/۳۶	۳۴۸۰۱/۵	۲۰۸۴۴/۱۴	۳۰۶۶۹۸۰۷۷۲	۴۴۰۵۵۶۳۷۸/۹	۳۵۰۷۵۳۷۱۵۱
	۹۰۰	۱۰۶۵۶۲/۶۱	۳۴۷۸۷/۷۱	۲۰۸۰۴/۶۳	۳۰۷۷۶۱۹۶۵۹	۴۳۹۸۶۲۹۳۹/۲	۳۵۱۷۴۸۲۵۹۸
	۱۰۰۰	۱۰۶۹۰۹/۸۵	۳۴۷۷۳/۹۳	۲۰۷۶۵/۱۱	۳۰۸۸۲۹۳۲۸۹	۴۳۹۱۷۰۳۷۲/۶	۳۵۲۷۴۶۳۶۶۲
	۱۱۰۰	۱۰۷۲۵۷/۰۹	۳۴۷۶۰/۱۵	۲۰۷۲۵/۶	۳۰۹۹۰۰۱۶۴۱	۴۳۸۴۷۸۶۷۲/۴	۳۵۳۷۴۸۰۳۱۳
	۱۲۰۰	۱۰۷۶۰۴/۳۳	۳۴۷۴۶/۳۷	۲۰۶۸۶/۰۹	۳۱۰۹۷۴۴۷۰۶	۴۳۷۷۸۷۸۳۸/۳	۳۵۴۷۵۳۲۵۴۴

• حساسیت سود تولیدکننده، خرده‌فروش و زنجیره تأمین نسبت به پارامتر β_g



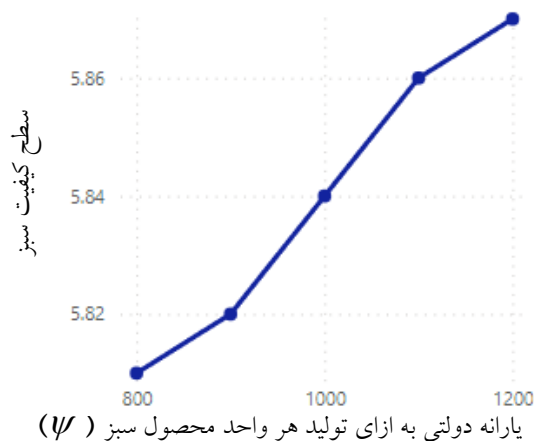
شکل ۵. حساسیت سود خرده‌فروش نسبت به پارامتر β_g



مطابق با شکل ۴ و ۵ در صورت افزایش حساسیت مشتریان نسبت به قیمت محصول سبز، با کاهش میزان تقاضای محصول سبز، سود تولیدکننده و سود کل زنجیره تأمین کاهش می‌یابد، در حالی که سود خرده‌فروش روند صعودی خواهد داشت.

• حساسیت سطح کیفیت سبز نسبت به یارانه دولتی محصول سبز (ψ)

شکل ۶. حساسیت سطح کیفیت سبز نسبت به پارامتر ψ

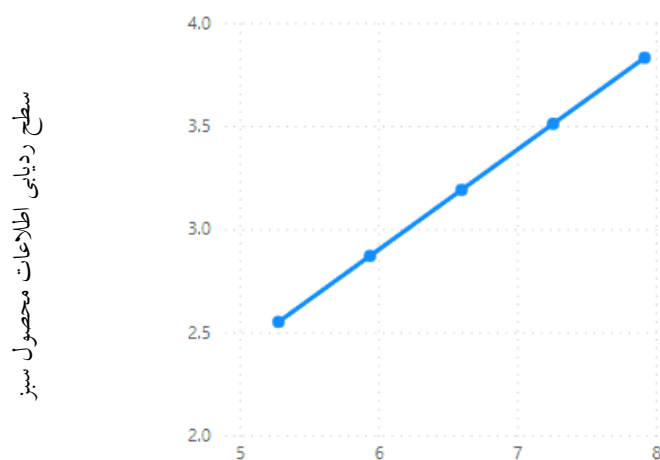


تصمیمات قیمت گذاری زنجیره تأمین سبز دو کاناله با در نظر گرفتن تبلیغات ...؛ حسینی و سیف برقی | ۸۵

طبق شکل ۶، در صورت افزایش یارانه دولتی به ازای تولید هر واحد محصول سبز، مقدار بهینه‌ی سطح کیفیت سبز محصول سبز نیز افزایش می‌یابد.

• حساسیت سطح ردیابی اطلاعات محصول سبز نسبت به پارامتر γ

شکل ۷. حساسیت سطح ردیابی اطلاعات محصول سبز نسبت به پارامتر γ



کشش تقاضای محصول سبز نسبت به سطح ردیابی اطلاعات (γ)

شکل ۷ نشان می‌دهد با افزایش حساسیت مشتریان نسبت به سطح ردیابی اطلاعات محصول سبز، سطح ردیابی اطلاعات محصول سبز افزایش می‌یابد.

نتیجه‌گیری

در این مطالعه، یک زنجیره تأمین سبز دو کاناله و دو سطحی متشکل از یک تولیدکننده و یک خرده‌فروش، در نظر گرفته شده است که زنجیره تأمین، تک دوره‌ای و چند محصولی می‌باشد به طوری که یک نوع محصول سبز و دو نوع محصول استاندارد تولید می‌شود. تولیدکننده محصول سبز را از طریق کانال آنلاین و محصولات استاندارد را از طریق کانال سنتی (خرده‌فروشی) به فروش می‌رساند. تقاضای محصول سبز، قطعی و یک تابع خطی از قیمت محصولات، زمان تحویل کانال آنلاین، سطح کیفیت سبز محصول سبز، سطح

تبلیغات محصول سبز و سطح ردیابی اطلاعات محصول سبز می‌باشد. تقاضای محصولات استاندارد نیز، قطعی و یک‌تابع خطی از قیمت محصولات، زمان تحویل کانال آنلاین و سطح تبلیغات محصول سبز می‌باشد. دولت جهت تشویق تولیدکننده به تولید محصول سبز و اجرای فناوری بلاک‌چین، یارانه پرداخت می‌کند. زنجیره تأمین، تحت مدل تصمیم‌گیری متمرکز و غیرمتمرکز مورد بررسی قرار گرفته است که در مدل متمرکز، تولیدکننده و خرده‌فروش، تصمیمات خود را به‌طور یکپارچه اتخاذ می‌کنند. در مدل غیرمتمرکز، تولیدکننده و خرده‌فروش در یک بازی استکلبرگ به رهبری تولیدکننده به رقابت می‌پردازند که ابتدا تولیدکننده در خصوص قیمت محصول سبز، قیمت عمده‌فروشی محصولات استاندارد، زمان تحویل کانال آنلاین، سطح کیفیت سبز محصول سبز، سطح تبلیغات محصول سبز و سطح ردیابی اطلاعات محصول سبز تصمیم‌گیری نموده و سپس خرده‌فروش، با توجه به تصمیمات تولیدکننده، قیمت محصولات استاندارد را تعیین می‌نماید.

در رابطه با پاسخ به سؤالات تحقیق، در مورد سؤال اول تحقیق که در بخش مقدمه ارائه گردید، سود زنجیره در حالت متمرکز عدد ۳۹۶۶۸۲۳۰۰۳ و در حالت غیرمتمرکز عدد ۳۵۲۷۴۶۳۶۶۲ به دست آمده است؛ بنابراین می‌توان گفت که سود حالت متمرکز بیشتر از غیرمتمرکز است. با محاسبه ساده ریاضی می‌توان گفت برای این مثال واقعی، حدود ۱۲٫۵ درصد سود در حالت متمرکز نسبت به غیرمتمرکز افزایش یافته است. در خصوص سؤال دوم تحقیق، هرچه دولت یارانه بیشتری به ازای تولید هر واحد محصول سبز پرداخت کند، سطح کیفیت سبز محصول سبز افزایش می‌یابد. بر اساس نتایج عددی با افزایش میزان یارانه دولتی از عدد ۸۰۰ به ۱۲۰۰ سطح کیفیت محصول سبز از ۵٫۸۱ به ۵٫۸۷ افزایش یافته است که نشان می‌دهد با ۵۰ درصد افزایش یارانه، سطح کیفیت حدود ۱ درصد افزایش یافته است. در رابطه با سؤال سوم تحقیق، از تحلیل حساسیت مدل غیرمتمرکز می‌توان دریافت که افزایش حساسیت مشتریان محصول سبز نسبت به قیمت محصول سبز، به شدت سبب کاهش تقاضای این محصول می‌شود و سودآوری تولیدکننده و زنجیره تأمین، به‌طور

تصمیمات قیمت گذاری زنجیره تأمین سبز دو کاناله با در نظر گرفتن تبلیغات ...؛ حسینی و سیف برقی | ۸۷

چشمگیری تحت تأثیر آن قرار گرفته و کاهش می یابد، درحالی که سود خرده فروش افزایش خواهد یافت. طبق نتایج عددی با افزایش حساسیت نسبت به قیمت محصول سبز، از عدد ۵,۸۳ به ۸,۷۳ سودآوری زنجیره از ۶۱۵۶۲۳۵۵۱۷ به ۲۲۰۱۶۱۱۳۰ کاهش می یابد؛ به عبارت دیگر در مقابل حدود ۵۰ درصد افزایش حساسیت، سود زنجیره حدود ۶۴ درصد کاهش می یابد.

همچنین مشاهده گردید که هر سه محصول، در مدل متمرکز دارای کمترین قیمت می باشند. در مقایسه با تحقیقات مشابه که ساختار زنجیره تأمینشان به صورت دو کاناله و متشکل از یک تولید کننده و خرده فروش همراه با ارائه محصول سبز می باشد، می توان به تحقیق Li et al. (۲۰۱۶) اشاره کرد. در تحقیق مورد اشاره نتیجه مهم این بود که در صورتی که هزینه ارتقاء سطح کیفیت محصول سبز از مقداری بیشتر شود، تولید کننده ترجیح خواهد داد کانال آنلاین خود را ببندد. این نتیجه مهمی است و این نکته را تأکید می کند که یارانه های دولتی می توانند در تشویق به ادامه کار تولید کننده بسیار مؤثر باشند. Meng et al. (۲۰۲۱) دریافتند که ارائه یارانه های دولتی منجر به کاهش قیمت محصول سبز و افزایش سود بیشتر تولید کننده نسبت به خرده فروش می شود و هر چه ترجیح مشتریان در مصرف محصول سبز بیشتر باشد، تقاضای آن بیشتر و سود زنجیره نیز افزایش خواهد یافت. Zhong et al. (۲۰۲۳) دریافتند که تمایل تولید کننده در بهره گیری از فناوری های ردیابی محصول نظیر بلاک چین بالا بوده و منجر به فروش بیشتر می شود و در کنار آن خرده فروش و مصرف کنندگان نیز می توانند از منافع آن استفاده کنند. در هر حال باید به هزینه های بهره گیری از این فناوری ها در مقابل منافع آن توجه کرد.

پیشنهاد های آتی

با توجه به تحقیق حاضر که زنجیره تأمین با یک تولید کننده و یک خرده فروش می باشد، می توان در تحقیقات آینده زنجیره تأمین مورد بررسی را توسعه سطح داد و بررسی نمود آیا همین نتایج به دست آمده در مورد آن نیز صادق است؟ به عبارت دیگر می توان چندین تولید کننده و چندین خرده فروش برای زنجیره تأمین، در نظر گرفت. همچنین از فرض

وجود عدم قطعیت در تقاضا را به مدل اضافه نمود به نحوی که به غیر از وابستگی آن به عواملی مانند قیمت و زمان تحویل، بخشی از تقاضا نیز به عوامل تصادفی ارتباط داشته باشد.

از نتایج حاصل از این تحقیق این بود که افزایش حساسیت مشتریان محصول سبز نسبت به قیمت محصول سبز، به شدت سبب کاهش تقاضای این محصول می شود و سودآوری تولیدکننده و زنجیره تأمین، به طور چشمگیری تحت تأثیر آن قرار می گیرد که البته انتظار طبیعی می تواند باشد. در این خصوص می توان در رابطه با راهکارهای استقبال بیشتر افراد جامعه از محصول سبز تحقیقی انجام داد به نحوی که بررسی نمود با چه مکانیزم هایی می توان این حساسیت را کاهش داد تا همچنان استفاده از محصول سبز مطلوبیت خود را داشته باشد. از دیگر نتایج این بود که با افزایش یارانه دولتی به ازای تولید هر واحد محصول سبز، سطح کیفیت محصول سبز افزایش می یابد. با توجه به اینکه یارانه های دولتی محدود هستند، تحقیق دیگر می تواند در خصوص میزان تخصیص یارانه دولت به امور مختلف به خصوص مواردی باشد که به حوزه پایداری و زیست محیطی مربوط می شود. بدیهی است که دولت ها با توجه به فشارهای جامعه عموماً یارانه را به حوزه هایی تخصیص می دهند که از نظر اقتصادی به جامعه کمک کند در حالی که منظر زیست محیطی نیز در بلندمدت بسیار مهم است.

تعارض منافع

نویسندگان تعارض منافع ندارند.

ORCID

Parisa Hosseini



<http://orcid.org/0000-0002-7473-7182>

Mehdi Seifbarghy



<http://orcid.org/0000-0002-0772-4509>

پیوست: مقادیر نمادهای استفاده شده در فرمول های ارائه شده:

به دلیل بزرگی برخی از فرمول ها درواقع در پیوست ارائه شده، هرکدام از نمادهای استفاده شده در فرمول های مقاله توضیح داده شده اند. مثلاً اولین رابطه در پیوست E_1 می باشد که در فرمول ۸ برای تعیین قیمت محصول ۱ استفاده می شود. سایر روابط نیز در رابطه های متناظر خود در مقاله مورد استفاده قرار گرفته اند.

$$\begin{aligned}
 E_1 &= (-\eta_2 L - \rho_2 \alpha + \tau_2 \omega - \gamma_{2g} P_g + \gamma_{2s} W_1 - W_2 \beta_2) \\
 E_2 &= (-2L\eta_1 - 2\alpha\rho_1 + 2\omega\tau_1 - 2\gamma_{1g} P_g + \gamma_{2s} W_2 - 2W_1\beta_1) \\
 E_3 &= (-L\eta_1 - \alpha\rho_1 + \omega\tau_1 - \gamma_{1g} P_g + \gamma_{1s} W_2 - W_1\beta_1) \\
 E_4 &= (-2\eta_2 L - 2\rho_2 \alpha + 2\tau_2 \omega + \gamma_{1s} W_1 - 2\gamma_{2g} P_g - 2W_2\beta_2) \\
 E_5 &= \gamma_{1s}^2 + 2\gamma_{1s}\gamma_{2s} + \gamma_{2s}^2 - 4\beta_1\beta_2 \\
 E_6 &= (\gamma_{1s}^2 W_1 + E_1\gamma_{1s} + E_2\beta_2 - \gamma_{2s} (\eta_2 L + \rho_2 \alpha - \tau_2 \omega + \gamma_{2g} P_g)) \\
 E_7 &= (\gamma_{2s}^2 W_2 + E_3\gamma_{2s} + E_4\beta_1 - \gamma_{1s} (\eta_1 L + \rho_1 \alpha - \tau_1 \omega + \gamma_{1g} P_g)) \\
 E_8 &= (-2\gamma_{1g}\beta_2 - \gamma_{1s}\gamma_{2g} - \gamma_{2g}\gamma_{2s}) \\
 E_9 &= (-\gamma_{1g}\gamma_{1s} - \gamma_{1g}\gamma_{2s} - 2\gamma_{2g}\beta_1) \\
 E_{10} &= (\gamma_{1s}^2 + \gamma_{1s}\gamma_{2s} - 2\beta_1\beta_2) \\
 F_1 &= (\gamma_{1s}\gamma_{2s} + \gamma_{2s}^2 - 2\beta_1\beta_2) \\
 F_2 &= (-\gamma_{1s}\eta_2 - \gamma_{2s}\eta_2 - 2\beta_2\eta_1) \\
 F_3 &= (-\gamma_{1s}\eta_1 - \gamma_{2s}\eta_1 - 2\beta_1\eta_2) \\
 F_4 &= (\gamma_{1s}\tau_2 + \gamma_{2s}\tau_2 + 2\beta_2\tau_1) \\
 F_5 &= (\gamma_{1s}\tau_1 + \gamma_{2s}\tau_1 + 2\beta_1\tau_2) \\
 F_6 &= \gamma_{1s}\beta_1 - \gamma_{2s}\beta_1 \\
 F_7 &= -\gamma_{1s}\beta_2 + \gamma_{2s}\beta_2 \\
 F_8 &= \frac{\gamma_{g1}E_{10}}{E_5} + \frac{\gamma_{g2}F_6}{E_5} + \gamma_{1g} + \frac{\gamma_{1s}E_9}{E_5} - \frac{\beta_1E_8}{E_5} \\
 F_9 &= \frac{\gamma_{g1}F_7}{E_5} + \frac{\gamma_{g2}F_1}{E_5} + \gamma_{2g} + \frac{\gamma_{2s}E_8}{E_5} - \frac{\beta_2E_9}{E_5} \\
 F_{10} &= \frac{\gamma_{1s}F_1}{E_5} - \frac{\beta_1F_7}{E_5} + \frac{\gamma_{2s}E_{10}}{E_5} - \frac{\beta_2F_6}{E_5}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 G_1 &= \frac{\gamma_{g1}F_4}{E_5} + \frac{\gamma_{g2}F_5}{E_5} + \tau_g \\
 G_2 &= \frac{\gamma_{g1}F_2}{E_5} + \frac{\gamma_{g2}F_3}{E_5} - \eta_g \\
 G_3 &= \eta_1 + \frac{\gamma_{1s}F_3}{E_5} - \frac{\beta_1F_2}{E_5} \\
 G_4 &= \eta_2 + \frac{\gamma_{2s}F_2}{E_5} - \frac{\beta_2F_3}{E_5} \\
 G_5 &= -\tau_1 + \frac{\gamma_{1s}F_5}{E_5} - \frac{\beta_1F_4}{E_5} \\
 G_6 &= -\tau_2 + \frac{\gamma_{2s}F_4}{E_5} - \frac{\beta_2F_5}{E_5} \\
 G_7 &= -2\beta_g + \frac{2\gamma_{g1}E_8}{E_5} + \frac{2\gamma_{g2}E_9}{E_5} \\
 G_8 &= \frac{2\gamma_{1s}F_6}{E_5} - \frac{2\beta_1E_{10}}{E_5} \\
 G_9 &= \frac{2\gamma_{2s}F_7}{E_5} - \frac{2\beta_2F_1}{E_5} \\
 N_1 &= \gamma_{g1} + \gamma_{1g} \\
 N_2 &= \gamma_{g2} + \gamma_{2g} \\
 N_3 &= \gamma_{1s} + \gamma_{2s}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 N_4 &= \left((-4IN_3^2\beta_g - 4IN_1N_2N_3 + (16I\beta_2\beta_g - 4IN_2^2)\beta_1 - 4IN_1^2\beta_2)k \right. \\
 &+ (-8I\beta_2\beta_g + 2IN_2^2)\tau_1^2 + \left((-8I\beta_gN_3 - 4IN_1N_2)\tau_2 + 8I\tau_g \left(\beta_2N_1 + \frac{N_2N_3}{2} \right) \right) \tau_1 \\
 &\left. + (2IN_1^2 - 8I\beta_1\beta_g)\tau_2^2 + 8I\tau_g \left(\beta_1N_2 + \frac{N_1N_3}{2} \right) \tau_2 - 8I\tau_g^2 \left(\beta_1\beta_2 - \frac{N_3^2}{4} \right) \right) \\
 N_5 &= \left((-4I\beta_2\beta_g + IN_2^2)\eta_1^2 + \left((-4I\beta_gN_3 - 2IN_1N_2)\eta_2 + 4I \left(\beta_2N_1 + \frac{N_2N_3}{2} \right) \eta_g \right) \eta_1 \right. \\
 &\left. + (-4I\beta_1\beta_g + IN_1^2)\eta_2^2 + 4I \left(\beta_1N_2 + \frac{N_1N_3}{2} \right) \eta_g \eta_2 - 4I \left(\beta_1\beta_2 - \frac{N_3^2}{4} \right) \eta_g^2 \right)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 N_6 &= \left(\left((-4I\tau_2\beta_g + 2I\tau_g N_2) \tau_1 + 2I(N_1\tau_2 + N_3\tau_g) \tau_g \right) \eta_2 \right. \\
 &\quad \left. + 2I \left((N_2\tau_2 - 2\beta_2\tau_g) \tau_1 - \tau_2^2 N_1 - \tau_g N_3\tau_2 \right) \eta_g \right) \\
 N_7 &= \left(\left((4I\beta_g - 2\zeta^2) N_3^2 + 4IN_1N_2N_3 + \left((-16I\beta_g + 8\zeta^2) \beta_2 + 4IN_2^2 \right) \beta_1 + 4IN_1^2\beta_2 \right) k \right. \\
 &\quad \left. + \left((8I\beta_g - 4\zeta^2) \beta_2 - 2IN_2^2 \right) \tau_1^2 + \left((8I\beta_g - 4\zeta^2) N_3 + 4IN_1N_2 \right) \tau_2 \right. \\
 &\quad \left. - 8I\tau_g \left(\beta_2 N_1 + \frac{N_2 N_3}{2} \right) \right) \tau_1 + \left((8I\beta_g - 4\zeta^2) \beta_1 - 2IN_1^2 \right) \tau_2^2 - 8I\tau_g \left(\beta_1 N_2 + \frac{N_1 N_3}{2} \right) \tau_2 \\
 &\quad + 8I\tau_g^2 \left(\beta_1 \beta_2 - \frac{N_3^2}{4} \right) \\
 N_8 &= \left(\left((4I\beta_g - 2\zeta^2) \beta_2 - IN_2^2 \right) \eta_1^2 \right. \\
 &\quad \left. + \left(\left((4I\beta_g - 2\zeta^2) N_3 + 2IN_1N_2 \right) \eta_2 - 4I \left(\beta_2 N_1 + \frac{N_2 N_3}{2} \right) \eta_g \right) \eta_1 \right. \\
 &\quad \left. + \left((4I\beta_g - 2\zeta^2) \beta_1 - IN_1^2 \right) \eta_2^2 - 4I \left(\beta_1 N_2 + \frac{N_1 N_3}{2} \right) \eta_g \eta_2 + 4I \left(\beta_1 \beta_2 - \frac{N_3^2}{4} \right) \eta_g^2 \right) \\
 N_9 &= \left(\left(\left((4I\beta_g - 2\zeta^2) \tau_2 - 2I\tau_g N_2 \right) \tau_1 - 2I(N_1\tau_2 + N_3\tau_g) \tau_g \right) \eta_2 \right. \\
 &\quad \left. - 2I \left((N_2\tau_2 - 2\beta_2\tau_g) \tau_1 - \tau_2^2 N_1 - \tau_g N_3\tau_2 \right) \eta_g \right) \\
 N_{10} &= \left(\left((-2N_3^2 + 8\beta_1\beta_2) k - 4\tau_1^2\beta_2 - 4\tau_2 N_3\tau_1 - 4\tau_2^2\beta_1 \right) h_1^2 \right. \\
 &\quad \left. + (-2N_3\eta_1\eta_2 - 2\beta_1\eta_2^2 - 2\beta_2\eta_1^2) k + (\eta_1\tau_2 - \eta_2\tau_1)^2 \right)
 \end{aligned}$$

References

1. Barman, A., Das, R., & De, P. K. (2021). Optimal pricing and greening decision in a manufacturer-retailer dual-channel supply chain. *Materials Today: Proceedings*, 42, 870-875. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.11.719>
2. Chen, J., & Gao, W. (2022). Research on promotion mode of dual channel supply chain considering consumer channel preference. In *Proceedings of The International Conference on Electronic Business, Volume 22* (pp. 354-362). ICEB'22, Bangkok, Thailand, October 13-17, 2022. <https://aisel.aisnet.org/iceb2022/33>
3. Chen, X., Zhang, H., Zhang, M., & Chen, J. (2017). Optimal decisions in a retailer Stackelberg supply chain. *International Journal of Production Economics*, 187, 260-270. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2017.03.002>
4. Ghosh, D., & Shah, J. (2012). A comparative analysis of greening policies across supply chain structures. *International Journal of Production Economics*, 135, 568-583. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2011.05.027>
5. Heydari, J., Govindan, K., & Aslani, A. (2019). Pricing and greening decisions in a three-tier dual channel supply chain. *International Journal of Production Economics*, 217, 185-196. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2018.11.012>
6. Jamali, M.-B., & Rasti-Barzoki, M. (2018). A game theoretic approach for green and non-green product pricing in chain-to-chain competitive sustainable and regular dual-channel supply chains. *Journal of Cleaner Production*, 170, 1029-1043. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.09.181>
7. Janvier-James, A. M. (2012). A new introduction to supply chains and supply chain management: Definitions and theories perspective. *International Business Research*, 5(1), 194-207. <https://doi.org/10.5539/ibr.v5n1p194>
8. Li, B., Hou, P.-W., Chen, P., & Li, Q.-H. (2016). Pricing strategy and coordination in a dual channel supply chain with a risk-averse retailer. *International Journal of Production Economics*, 178, 154-168. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2016.05.010>
9. Li, B., Zhu, M., Jiang, Y., & Li, Z. (2016). Pricing policies of a competitive dual-channel green supply chain. *Journal of Cleaner Production*, 112(Part 3), 2029-2042. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.05.017>
10. Lipovetsky, S., Magnan, S., & Zanetti-Polzi, A. (2011). Pricing

- models in marketing research. *Intelligent Information Management*, 3, 167-174. <https://doi.org/10.4236/iim.2011.35020>
11. Liu, B., Cai, G., & Tsay, A. A. (2014). Advertising in asymmetric competing supply chains. *Production and Operations Management*, 23(11), 1845-1858. <https://doi.org/10.1111/poms.12090>
12. Meng, Q., Li, M., Liu, W., Li, Z., & Zhang, J. (2021). Pricing policies of dual-channel green supply chain: Considering government subsidies and consumers' dual preferences. *Sustainable Production and Consumption*, 26, 1021-1030. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2021.01.012>
13. Modak, N. M., & Kelle, P. (2019). Managing a dual-channel supply chain under price and delivery-time dependent stochastic demand. *European Journal of Operational Research*, 272(1), 147-161. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2018.05.067>
14. Ranjan, A., & Jha, J. (2019). Pricing and coordination strategies of a dual-channel supply chain considering green quality and sales effort. *Journal of Cleaner Production*, 218, 409-424. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.01.297>
15. Saha, S., Modak, N. M., Panda, S., & Sana, S. S. (2018). Managing a retailer's dual-channel supply chain under price-and delivery time-sensitive demand. *Journal of Modelling in Management*, 13(2), 351-374. <https://doi.org/10.1108/JM2-10-2016-0089>
16. Seifbarghy, M., & Kafshian Ahar, H. (2022). Price and lead time decisions in a dual-channel supply chain with traditional and online sales channels considering centralized and decentralized conditions and transportation modes. *Journal of Industrial Management Perspective*, 12(1), 135-159. <https://doi.org/10.52547/JIMP.12.135>
17. Yan, N., Liu, Y., Xu, X., & He, X. (2020). Strategic dual-channel pricing games with e-retailer finance. *European Journal of Operational Research*, 283(1), 138-151. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2019.10.046>
18. Zhang, C., Liu, Y., & Han, G. (2021). Two-stage pricing strategies of a dual-channel supply chain considering public green preference. *Computers & Industrial Engineering*, 151, 106988. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2020.106988>
19. Zhao, J., Hou, X., Guo, Y., & Wei, J. (2017). Pricing policies for complementary products in a dual-channel supply chain. *Applied Mathematical Modelling*, 49, 437-451. <https://doi.org/10.1016/j.apm.2017.04.023>
20. Zhong, Y., Yang, T., Yu, H., Zhong, S., & Xie, W. (2023). Impacts of

blockchain technology with government subsidies on a dual-channel supply chain for tracing product information. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 171, 103032. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2023.103032>

استناد به این مقاله: حسینی، پریسا، سیف برقی، مهدی. (۱۴۰۳). تصمیمات قیمت‌گذاری زنجیره تأمین سبز دو کاناله با در نظر گرفتن تبلیغات در حالات متمرکز و غیرمتمرکز، *مطالعات مدیریت صنعتی*، ۲۲(۷۴)، ۵۱-۹۴. DOI: 10.22054/jims.2024.78110.2901



Industrial Management Studies is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.