

An Optimal Model of Supply Chain of Fruit Production and Distribution, Using Mathematical Programming Method

MAHSA REZAEI¹, RAHIM DABBAGH^{2*}, REZA BABAZADEH³

1, Master of Industrial Engineering, Urmia University of Technology, Urmia, Iran

2, Associate Professor, Department of Industrial Engineering, Urmia University of Technology, Urmia, Iran

3, Assistant Professor, Department of Industrial Technologies, School of Industrial Engineering, Urmia University, Urmia, Iran

(Received: Sep. 19, 2020- Accepted: Aug. 28, 2021)

ABSTRACT

Today, the rapid distribution of perishable goods is of particular importance and the loss of quality of these products creates many costs. In this research, an integrated model of supply chain network using mathematical planning method to optimize the production, storage and distribution plan of fruit with the aim of reducing costs for several periods is presented. The echelons in this chain include suppliers, sorting centers, cold stores, customers and waste customers. The goal is to determine the amount of fruit purchased from suppliers, the amount stored in cold storage, and the optimal distribution, which ultimately minimizes the cost of the entire chain. To validate the model, a case study of apple product in cities of West and East Azerbaijan provinces in 2019 was used. According to the proposed optimal model, optimal decisions are made about the optimal amount of purchases and shipments from the supplier to the place of sorting and transportation to waste customers, the optimal amount of cold storage inventory and the optimal place of construction of sorting centers. Numerical results show that the optimal locations for the construction of fruit sorting centers are in the city of Urmia. According to the results of sensitivity analysis, with a 10 to 80 percent increase in fruit demand, total costs increase from 8 to 18 percent. Also, with a 2 to 15 percent increase in transportation costs, total costs show a small change from 0.04 to 0.11 percent.

Keywords: Fruit supply chain network design, Mathematical programming, Production-distribution planning, Optimization.

Introduction

Today, fruit supply chain management is very important due to factors such as supplier selection, spoilage, storage time, and separation conditions. In order to supply the fruit used in early Nowruz, as well as the reasonable price due to market demand, most producers prefer to store these relatively sensitive products for several months. Therefore, it is necessary to have suitable places to store large volumes of products. Because most of the available warehouses are traditional, so every year a large volume of products that are produced with great effort and cost, in warehouses suffer from quality decline. In this regard, the issue of selecting the right suppliers is very important. Narasimhan et al. (2001) stated that a good long-term supply strategy can provide competitive advantages for companies and ensure the quality and quantity of supply over time. The purpose of supply chain management is to reduce the cost of harvesting, purchasing, storing, storing and transporting products. In this study, time cost is also one of the important parameters and in order to reduce these costs, plans should be made to buy, transport and store new products. Buying fresh, quality fruit at the beginning of the season and keeping it in refrigerators is expensive. Deciding on a storage warehouse should be done at the beginning of the season. The innovation aspect of the article is to use a new method in monitoring fruit perishability and combining locating models with the issue of fruit production planning. Determining the location of

the sorting is related to the location of the problem, and the correct choice of supplier and determining the optimal inventory in different periods.

Methods

The mathematical programming model for the apple supply chain, which is a perishable commodity, is presented in multi-level, multi-product, multi-period conditions. The goal is to reduce production and distribution costs, waste, and ultimately distribute quality fruit to end customers. The output of the proposed model will reduce the costs of harvesting, purchasing, storing, storing and transporting products. In this research, fruit storage time is one of the important parameters to reduce costs when buying and transporting and storing fresh products. With this model, optimal decisions are made including the amount of production, transportation and the amount of fruit stored. All parameters are considered definitive, and the optimal model is provided for decision-making about purchasing, transportation, and storage of fresh products. Food chain management is complex and one of the reasons for its complexity is the perishability of this type of product. The purpose of the research is to provide a suitable supply chain plan for apple fruit. Designing a suitable supply chain for this fruit solves many of the relevant problems, and in this regard, the costs of purchasing, transporting, storing and sorting are optimized.

Results and Discussion

From the solution of the model, it was found that the maximum value of the variable (Y_{fijt}) is 71137 tons, which is the amount of fruit transported by the Granie Smith type from the supplier of Khoi to the place of sorting 3 (Sarv Road) in period one. In the second period, the highest amount of fruit is related to the seventh supplier (Naqdeh), so the supplier of seven is selected. In the fourth period, the highest amount of fruit is related to the first supplier. In the fifth period, the highest amount is related to the second supplier. In the sixth period, the highest amount is related to the first supplier. In the seventh period, the highest amount is related to the first supplier, in the eighth period, the seventh supplier, in the ninth period, the first supplier, in the tenth period, the second supplier, the eleventh period, and the second supplier in the twelfth period, the first supplier. The total amount of fruit purchased is less than the capacity of the sorting centers. The maximum value of In_{fkt} is 10358 tons, which is the optimal amount of type two fruit in the 18th district cold storage in the 12th period. In some periods when demand is higher, the amount of inventory is reduced. The amount of inventory in each period is less than or equal to the capacity of each type of fruit in refrigerators. In this case, according to the results, only in the centers 2 and 3, the sorting places have been built.

Conclusion

In this research, the integrated supply chain network model was presented by considering production, sorting, storage and distribution planning for the apple supply chain problem. In the proposed model, two groups of customers, three centers for sorting, direct transportation from the sorting center to customers, apple waste and transportation from the sorting center to cold stores and then sending apples from the cold storage to customers were considered. In addition to apples, the proposed model can be used for other products. The proposed model addresses the most important challenge in selecting a supplier in the supply chain, and the model also specifies the optimal amount of fruit storage in each cold storage, the amount of transportation, and the optimal purchase rate.

الگوی بهینه زنجیره تأمین تولید و توزیع میوه با روش برنامه‌ریزی ریاضی

مهسا رضایی^۱، رحیم دباغ^{۲*}، رضا بابازاده^۳

۱، دانش آموخته کارشناسی ارشد مهندسی صنایع، دانشکده فناوری‌های صنعتی، دانشگاه صنعتی ارومیه، ارومیه، ایران

۲، دانشیار گروه مهندسی صنایع، دانشکده فناوری‌های صنعتی، دانشگاه صنعتی ارومیه، ارومیه، ایران

۳، استادیار گروه مهندسی صنایع، دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

(تاریخ دریافت: ۹۹/۶/۲۹ - تاریخ تصویب: ۱۴۰۰/۶/۶)

چکیده

امروزه، توزیع سریع کالاهای فسادپذیر از اهمیت ویژه‌ای برخوردار بوده و از میان رفتن کیفیت این محصولات هزینه‌های بسیاری را ایجاد می‌کند. در این پژوهش، الگوی یکپارچه شبکه زنجیره تأمین با استفاده از روش برنامه‌ریزی ریاضی برای بهینه‌سازی برنامه تولید، ذخیره و توزیع میوه با هدف کاهش هزینه‌ها برای چند دوره ارایه شد. حلقه‌های این زنجیره شامل تامین‌کنندگان، مراکز مرتب‌سازی، سردخانه‌ها، مشتریان میوه و مشتریان ضایعات میوه است. هدف، تعیین برنامه میزان خرید بهینه از تامین‌کنندگان، میزان نگهداری شده در سردخانه‌ها و میزان توزیع بهینه آن می‌باشد که در نهایت باعث می‌شود هزینه کل زنجیره کمینه گردد. برای اعتبارسنجی مدل، مطالعه موردی محصول سیب در شهرستان‌های تولید کننده سیب در استان‌های آذربایجان غربی و شرقی در سال ۱۳۹۸ استفاده شد. با توجه به الگوی بهینه پیشنهادی، تصمیمات بهینه در مورد میزان بهینه خرید و حمل از تامین‌کننده به مکان مرتب‌سازی و حمل به مشتریان ضایعات، مقدار بهینه موجودی سردخانه و مکان بهینه احداث مراکز مرتب‌سازی اتخاذ شد. نتایج عددی نشان داد که محل‌های بهینه برای احداث مراکز مرتب‌سازی میوه در شهر ارومیه خواهد بود. طبق نتایج تحلیل حساسیت، با افزایش ۱۰ تا ۸۰ درصدی تقاضای میوه، هزینه‌های کل از ۸ تا ۱۸ درصد افزایش می‌یابد. همچنین، با افزایش ۲ تا ۱۵ درصدی هزینه‌های حمل و نقل، هزینه‌های کل تغییر کم از ۰,۰۴ تا ۰,۱۱ درصد را نشان می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: طراحی شبکه زنجیره تأمین میوه، برنامه‌ریزی ریاضی، برنامه‌ریزی تولید و توزیع، بهینه‌سازی.

مقدمه

برنامه‌ریزی تولید و توزیع در زنجیره تأمین باعث بهبود یکپارچگی و هماهنگی سیستم زنجیره تأمین می‌شود. در شبکه زنجیره تأمین برنامه‌ریزی مربوط به چندین تولیدکننده، توزیع‌کننده و مصرف‌کننده یکپارچه می‌شود (Babazadeh et al., 2012). در این راستا عوامل قیمت، مقدار و زمان تحویل برای هر کالا اهمیت

مساله طراحی شبکه زنجیره تأمین یکی از مسایل راهبردی مدیریت زنجیره تأمین است که عوامل مختلفی در آن دخیل هستند، از جمله این عوامل می‌توان به مسایل اقتصادی، آلودگی محیط‌زیست، تعیین محل تولید و ذخیره‌سازی و تسهیلات حمل‌ونقل اشاره کرد.

سبز برای بهبود عملکرد زیست‌محیطی یک صنعت خاص، به دلیل وجود گزینه‌های متعدد، اهداف مدیریتی گوناگون و محدودیت منابع، فرایند پیچیده‌ای به شمار می‌رود (Dabbagh & Asbag, 2020).

یک شبکه زنجیره تأمین می‌تواند چند دوره‌ای، چندسطحی، چند محصولی و چند هدفه باشند. محصولات فسادپذیر را می‌توان به دو دسته کلی طبقه‌بندی کرد. دسته اول شامل محصولاتی که در بازه زمانی طول عمر خود، بدون هیچ تغییری در کارکردشان عمل می‌کنند، ولی به محض اتمام عمر، سریع فاسد شده و از چرخه مصرف خارج می‌شوند و به عبارتی، با فرا رسیدن زمان انقضاء این محصولات به یکباره غیرقابل مصرف می‌شوند. محصولاتی مانند مواد غذایی کنسرو شده، شیر، ماست و دارو در این دسته‌بندی قرار می‌گیرند، زیرا با اتمام دوره عمر خود به یکباره غیرقابل استفاده می‌شوند. دسته دوم محصولات فسادپذیر، شامل کالاهایی می‌باشند که فاسد شدن آنها به مرور زمان رخ می‌دهد، یعنی به مرور و قبل از رسیدن به زمان انقضاء فاکتورهای خود را از دست می‌دهند تا اینکه در زمان انقضاء به کلی فاسد می‌شوند. کالاهایی مانند میوه و سبزیجات در این طبقه‌بندی جای می‌گیرند (Coelho & Laporte, 2014).

زنجیره تأمین محصولات فسادپذیر دارای ویژگی‌های خاصی از قبیل عمر کوتاه، شرایط نگهداری خاص، تجهیزات و تسهیلات ویژه جهت تولید، نگهداری و توزیع می‌باشد. انتخاب مناسب تأمین‌کنندگان و انبارش و نگهداری محصولات، جزء مهمی در این نوع زنجیره می‌باشد که در سال‌های اخیر بسیار مورد توجه قرار گرفته است. زیرا محصولات فسادپذیر مدت زمان ماندگاری بالایی ندارند و باید با کیفیت بالا و به موقع در دسترس مصرف‌کنندگان قرار گیرد (Soto-Silva et al., 2017).

در زنجیره تأمین محصولات فسادپذیر از جمله مواد غذایی جهت حفظ کیفیت محصولات، ایمنی و درجه حرارت بایستی به‌طور مداوم کنترل شوند. برای تأمین کیفیت میوه و ارایه به موقع به بازار باید هماهنگی لازم بین سیستم‌های تولید، توزیع و نگهداری موجودی انبار و سردخانه صورت گیرد و این خود با یکپارچه سازی زنجیره تأمین محقق می‌گردد. تغییرات سریع بازار،

دارد. امروزه رویکرد برنامه‌ریزی احتمالی قوی چند هدفه (MORPP) برای مقابله با عدم قطعیت پارامترها در زنجیره تأمین کاربرد پیدا کرده است (Khoshsirat et al., 2021).

امروزه، مدیریت زنجیره تأمین میوه به دلیل عواملی همچون انتخاب تأمین‌کننده، فسادپذیری، زمان نگهداری، انبار و شرایط نگهداری و جداسازی اهمیت بسزایی دارد. به دلیل تقاضای بازار، جهت تأمین میوه مورد استفاده در اوایل نوروز و همچنین، قیمت مناسب، اکثر تولیدکنندگان ترجیح می‌دهند، این محصولات نسبتاً حساس را چندین ماه انبار کنند. بنابراین، وجود مکان‌های مناسب برای ذخیره حجم بالای محصولات لازم و ضروری است (Mousavi et al., 2015). به دلیل اینکه بیشتر انبارهای موجود سنتی هستند؛ لذا، هر ساله حجم وسیعی از محصولات که با زحمت و هزینه فراوان تولید شده، در انبارها دچار افت کیفیت می‌شوند. از میان رفتن کیفیت محصولات نیاز به توزیع سریع آنها دارد (Dabbagh et al., 2018).

فعالیت‌های زنجیره تأمین با سفارش مشتری شروع شده و با پرداخت، خرید کالا و خدمات دریافتی توسط مشتری تمام می‌شود. میزان سوددهی زنجیره تأمین، اختلاف بین پولی که مشتری می‌پردازد با کل هزینه‌های متحمل شده توسط زنجیره برای تولید و توزیع کالا است. مدیریت جریان‌ها در بین مراحل و درون هر یک از مراحل زنجیره برای بیشینه کردن کل سوددهی برای مدیریت زنجیره تأمین لازم است (Khoshsirat et al., 2018).

می‌توان تصمیمات زنجیره تأمین را در سه سطح راهبردی، تاکتیکی و عملیاتی تقسیم‌بندی کرد. در سطح طراحی راهبردی زنجیره تأمین، تصمیمات مکان‌یابی تسهیلات، تعیین ظرفیت و انتخاب تکنولوژی نقش مهمی را ایفا می‌کند. پس از مشخص شدن ساختار زنجیره تأمین توجه تصمیمات به مسایل تاکتیکی و عملیاتی مانند مدیریت دارایی‌ها و موجودی‌ها اهمیت پیدا می‌کند. مدل‌هایی که بیش از یکی از تصمیمات بالا در آنها اعمال شود، در چهارچوب مدل‌های طراحی زنجیره تأمین یاد شده‌اند (Huang et al., 2005). در این راستا گزینش و انتخاب مؤثرترین استراتژی‌های تولید

دو نوع محصول توسعه دادند. پس از ارزیابی مدل‌ها، مدلی یکپارچه ارائه شد که به دلیل تولید و توزیع به موقع محصولاتی که زمان زیادی از تولید آنها نگذشته بود، نسبت به مدل‌های مجزا هزینه‌های کمتری داشته است.

Van Elzaker et al. (2014) در پژوهشی چهار مدل برنامه‌ریزی خطی عدد صحیح مختلط بدون عمر کالا، با احتساب عمر کالا، احتساب عمر کالا به صورت غیرمستقیم، احتساب عمر کالا به صورت ترکیبی از دو مورد قبلی، با هدف کمینه‌سازی هزینه‌های کل سیستم ارائه کردند. طبق نتایج مدل ترکیبی و مدلی که عمر محصولات در آن بطور مستقیم در نظر گرفته شد نتایج بهتری ارائه داد.

Coelho & Laporte (2014) مدل برنامه‌ریزی خطی عدد صحیح مختلط با هدف بیشینه‌سازی سود کل سیستم جهت مدیریت موجودی ارائه دادند. آنها محدودیت‌های فسادپذیری کالاها را لحاظ کردند و از الگوریتم شاخه و کران برای حل مدل استفاده کردند.

Gholamian & Taghangzadeh (2018) یکپارچه شبکه زنجیره تأمین با در نظر گرفتن برنامه‌ریزی واردات و ذخیره‌سازی، تولید و توزیع ارائه کردند. مدل آنها مشخص می‌کند در کدام ماه، چه میزان گندم از کدام کشور خریداری و حمل گردد و از طریق کدام مبدأ وارداتی به کدام استان ارسال شود. همچنین، میزان ذخیره‌سازی گندم در استانها و میزان حمل گندم داخلی بین استان‌ها و میزان آرد تولیدی در هر استان و جابجایی آن بین استان‌ها تعیین می‌گردد.

Soto-Silva et al. (2017) سه الگوی بهینه‌سازی ارائه کردند. مدل اول خرید، مدل دوم فروش و مدل سوم ترکیبی از آنها بوده و هدف مدل اول انتخاب تأمین‌کننده مناسب و میزان بهینه خرید با کم کردن هزینه‌ها بوده است. نتیجه مدل اول اینکه محصولات با سطح کیفیت بالا مدت زمان بیشتری نگهداری می‌شوند، بیشتر از محصولات با سطح کیفیت متوسط و زمان نگهداری کم خریداری شدند.

Mirmajlesi, & Shafaei. (2016) در پژوهشی مدل یکپارچه مکانیابی- تخصیص شامل چند محصول، چند دوره، چند سطح برای محصولات با طول عمر محدود،

افزایش هزینه‌های نگهداری، حمل و نقل و هزینه‌های کود و سموم صرفه اقتصادی کشاورزان را کاهش می‌دهند و بهبود این موضوع نیازمند استفاده از یک زنجیره تأمین کارا و هدفمند است (Hajimirzajan et al., 2015).

بر اساس آمارهای رسمی وزارت جهاد کشاورزی و سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد ۳۰ درصد محصولات کشاورزی در ایران به ضایعات تبدیل می‌شود، یعنی از حدود ۱۱۷ میلیون تن تولیدات کشاورزی در ایران سالانه ۳۰ میلیون تن آن در هنگام و پس از برداشت از بین می‌رود (اقتصاد آنلاین). استان آذربایجان غربی حدود ۳۰ درصد سیب کشور را تأمین می‌کند. بنابراین، توسعه یک الگوی بهینه به منظور بهینه‌سازی زنجیره تولید و توزیع سیب در استان می‌تواند نقش بسزایی در کاهش هزینه‌ها، اتلافات میوه، بهبود کیفیت و عرضه به موقع آن داشته باشد.

در ادامه، برخی از مقالات اخیر در حوزه زنجیره تأمین میوه به منظور شناخت ادبیات و تبیین شکاف تحقیقاتی مرور می‌شود.

Anousha et al. (2019) در پژوهشی مدل مفهومی زنجیره تأمین کارآفرینانه با تاکید بر فناوری در صنایع لبنی بررسی کردند. آنها مولفه‌های موثر بر زنجیره تأمین را شناسایی و مدل جامع زنجیره تأمین کارآفرینانه را ارائه کردند. گردآوری داده‌ها با پرسشنامه بسته و مصاحبه نیمه ساختار یافته انجام شد. یافته‌های آنها نشان داد که توجه ویژه به مشتری‌مداری، استفاده از فناوری مناسب و بهره‌گیری از فناوری کلان داده در زنجیره تأمین منجر به رشد و توسعه زنجیره تأمین صنایع لبنی می‌شود.

Velychko & Praktika (2014) مدلی یکپارچه برای سیستم لجستیک توزیع میوه و سبزیجات را ارائه کردند که مدت زمان بحرانی برداشت سبزیجات و میوه در آن لحاظ شده است. Nakandala et al. (2016) مدلی ریاضی برای حداقل سازی هزینه‌های حمل و نقل و حفظ کیفیت محصولات ارائه دادند.

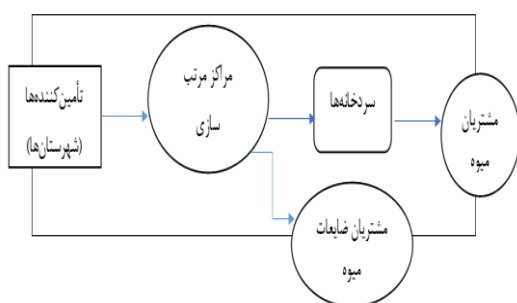
Amorim et al. (2012) الگوی یکپارچه تولید و توزیع برای دو نوع محصول فسادپذیر با طول عمر مشخص و نامشخص با مدل‌های مجزا تولید و توزیع هر

مرتب‌سازی مربوط به مکان‌یابی مسأله است و انتخاب صحیح تأمین‌کننده و تعیین میزان بهینه خرید، ذخیره و توزیع میوه از طریق مدل برنامه‌ریزی تولید و توزیع انجام می‌شود. مدل پیشنهادی هر دو مدل را به صورت یکپارچه در نظر می‌گیرد.

در ادامه، الگوی پیشنهادی مبتنی بر برنامه‌ریزی ریاضی برای بهینه‌سازی زنجیره تأمین میوه ارایه می‌شود. به دنبال آن نتایج کاربردی حل مدل ارایه می‌شود. در نهایت، نتیجه‌گیری و پیشنهادهای راهبردی ارایه می‌گردد.

مواد و روش‌ها

الگوی مبتنی بر برنامه‌ریزی ریاضی برای زنجیره تأمین سیب که کالایی فسادپذیر است، به صورت چند سطحی، چند محصولی، چند دوره‌ای ارایه می‌شود. هدف، کاهش هزینه‌های تولید و توزیع، ضایعات و در نهایت، توزیع میوه با کیفیت به مشتریان نهایی است. مدل پیشنهادی یک مدل برنامه‌ریزی صحیح مختلط می‌باشد که شامل متغیرهای تصمیم‌باینری و پیوسته می‌باشد. متغیرهای تصمیم‌باینری مربوط به انتخاب محل احداث مراکز مرتب‌سازی میوه و متغیرهای تصمیم‌پیوسته مربوط به مقادیر خرید، حمل، ذخیره و توزیع می‌باشد. بوسیله مدل ارایه شده، تصمیماتی بهینه نظیر مقدار تولید، حمل و نقل و میزان ذخیره میوه انجام می‌گیرد. اجزای زنجیره تأمین مورد مطالعه در شکل (۱) نشان داده شده است.



شکل ۱: ساختار و اجزای زنجیره تأمین محصول سیب

مطابق شکل (۱)، محصول سیب از تأمین‌کنندگان مختلفی خریداری می‌شود. سه نوع محصول سیب شامل سیب قرمز، سیب زرد و سیب گرانی اسمیت در نظر گرفته می‌شود. میوه‌های خریداری شده توسط وسیله

جمع‌آوری و انبار، تأمین‌کنندگان، بازرسی و تولید، مراکز دفع و مراکز بازیافت و خرده‌فروشان را ارایه کردند. برای حل مدل و حداقل کردن هزینه مکانیابی برای مسایل تخصیص، از الگوریتم‌های تکامل تفاضلی و جستجوی ممنوعه در اندازه‌های بزرگ‌تر استفاده شده است.

با توجه به مطالعات پیشینه پژوهش مشخص می‌شود که عمده مقالات بر روی مساله واردات، تولید و توزیع میوه به صورت جداگانه تمرکز کرده‌اند که این امر باعث ایجاد جوابهای بهینه محلی می‌شود. همچنین، مراکز مرتب‌سازی میوه به منظور بهبود کیفیت و مرتب‌سازی محصولات در نظر گرفته نشده است. بنابراین، برای پر کردن شکاف ادبیاتی به الگوی یکپارچه و جامعی نیاز است که در آن تمامی عوامل زمان ذخیره‌سازی و خرید میوه، کاهش هزینه‌های سردخانه، تعیین مکان بهینه مراکز، میزان تولید میوه و حمل و نقل و ذخیره‌سازی بهینه لحاظ شوند. برای این منظور با استفاده از تکنیک برنامه‌ریزی ریاضی می‌توان الگوی بهینه توسعه داد و جوابهای بهینه بدست آورد. شایان ذکر است برای حل این مسایل می‌توان از روشهای شبیه‌سازی و هیوریستیک نیز استفاده کرد، اما در استفاده از این روشها تضمینی برای رسیدن به جواب بهینه سراسری وجود ندارد. روش برنامه‌ریزی ریاضی از قابلیت‌های بالایی برای مدل‌سازی مسایل واقعی برخوردار است (Babazadeh et al., 2012).

هدف این تحقیق، کاهش هزینه‌های تولید، مرتب‌سازی، ذخیره و حمل میوه در سراسر زنجیره تأمین در چندین دوره می‌باشد. در نظر گرفتن مراکز مرتب‌سازی در زنجیره تأمین میوه باعث چینش مرتب آنها، حذف محصولات معیوب و بهبود کیفیت میوه می‌شود. لذا، در این مقاله، برای تکمیل زنجیره تولید و عرضه میوه سیب، مکان‌های بهینه برای احداث مراکز مرتب‌سازی میوه در استان آذربایجان غربی تعیین می‌شود. جنبه نوآوری مقاله به استفاده از روشی جدید در پایش فسادپذیری میوه و تلفیق مدل‌های مکانیابی با مساله برنامه‌ریزی تولید و توزیع میوه است. تعیین محل

1. Differential Evolution
2. Tabu search

- مکان‌های بالقوه برای احداث مراکز مرتب‌سازی با ظرفیت‌های معین معلوم است.
- پارامترهای مدل قطعی است.

اندیس‌های و پارامترهای مدل عبارتند از:

نماد	توضیحات
F	اندیس نوع میوه (f=1,2,3)
I	اندیس تأمین کننده‌ها (i=1,...,13)
J	اندیس محل مرتب‌سازی میوه‌ها (j=1,2,3)
K	اندیس سردخانه‌ها (k=1,...,18)
C	اندیس مشتریان میوه سردخانه‌ها (c=1,...,15)
Z	اندیس مشتریان میوه ضایعات (z=1,...,4)
T	اندیس تعداد دوره‌ها (t=1,...,12)
پارامترها	
a_{fit}	هزینه خرید میوه نوع f از تأمین کننده نوع i در دوره tام (تن/تومان)
b_{fij}	هزینه حمل و نقل میوه نوع f از تأمین کننده نوع i به محل مرتب‌سازی j (تن/تومان)
e_j	هزینه احداث محل مرتب‌سازی jام (تومان)
P_{fj}	هزینه مرتب‌سازی میوه نوع f در محل مرتب‌سازی jام (تومان)
bm_{fjk}	هزینه حمل میوه نوع f از محل مرتب‌سازی jام به سردخانه k
bn_{fjz}	هزینه حمل میوه نوع f از محل مرتب‌سازی jام به مشتری ضایعات z
bk_{fkct}	هزینه حمل میوه نوع f از سردخانه kام به مشتری c در دوره tام
pi_{fz}	هزینه کمبود میوه نوع f برای مشتری ضایعات z
h_{fkt}	هزینه نگهداری میوه نوع f در سردخانه k در دوره tام
$caps_j$	ظرفیت محل مرتب‌سازی jام
ca_k	ظرفیت سردخانه kام
cap_{fi}	ظرفیت تأمین کننده iام برای میوه نوع fام
d_{fct}	تقاضای مشتری cام برای میوه نوع f در دوره tام
dr_{fzt}	تقاضای مشتری zام برای ضایعات میوه نوع f در دوره tام
$alpha_{fi}$	درصد میوه‌های سالم نوع f که از تأمین کننده i خریداری می‌شود
max_u	بیشترین تعداد مراکز مرتب‌سازی
Γ	ضریب ذخیره اطمینان
متغیرهای تصمیم	
Z_{goal}	متغیر تابع هدف
y_{fijt}	مقدار حمل و نقل میوه نوع f از تأمین کننده نوع i به محل طبقه‌بندی j در دوره tام (تن/تومان)
u_j	متغیر باینری اگر محل مرتب‌سازی در مکان j ساخته شود مقدار یک را به خود می‌گیرد در غیر اینصورت مقدارش صفر است.
w_{fjkt}	مقدار حمل و نقل میوه نوع f از محل مرتب‌سازی j به محل سردخانه k در دوره tام (تن/تومان)
sv_{fjzt}	مقدار حمل و نقل میوه نوع f از محل مرتب‌سازی j به مشتری z در دوره tام (تن/تومان)
sla_{fzt}	میزان کمبود ضایعات میوه f برای مشتری zام در دوره tام
x_{fkct}	مقدار حمل و نقل میوه نوع f از سردخانه kام به مشتری c در دوره tام (تن/تومان)
ln_{fkt}	موجودی میوه نوع f در سردخانه k در دوره tام

نقلیه بارگیری شده و سپس، از باغات به محل مرتب‌سازی حمل می‌شوند. در محل مرتب‌سازی سیب‌های سالم از سیب ضایعاتی جدا شده و سیب‌های سالم و مرتب شده به سردخانه‌ها و سیب‌های خراب به مشتریان ضایعات میوه ارسال می‌شود. ضایعات میوه برای تولید کنسانتره آبمیوه، لواشک و غیره استفاده می‌شود. برای پاسخگویی به تغییرات تقاضا، درصد مشخصی از میوه در سردخانه‌ها به صورت موجودی احتیاطی نگهداری می‌شود. حداکثر طول دوره نگهداری میوه مطابق با زمان فاسد شدن یا افت شدید کیفیت آنها لحاظ می‌شود. در مدل تعداد تأمین‌کنندگان شامل سیزده شهر تولید کننده سیب در استان آذربایجان غربی و شرقی شامل خوی، مراغه، اشنویه، میاندوآب، پیرانشهر، سلماس، مهاباد، نقده، ارومیه، شاهین دژ، بوکان، تکاب و چالدران است. تعداد مراکز کاندید برای احداث مراکز مرتب‌سازی سه عدد در نظر گرفته شد. تمامی پارامترها قطعی در نظر گرفته شدند. سیب‌های تولیدی باغداران به دلیل مرغوبیت آن به ۱۵ کشور جهان از جمله کشورهای عراق، ترکیه، ترکمنستان، پاکستان، تاجیکستان، جمهوری آذربایجان، گرجستان، مصر، کویت، سوریه، انگلستان، افغانستان، روسیه، ویتنام و امارات متحده عربی صادر می‌شود. در این پژوهش مکان‌های بالقوه برای احداث مراکز مرتب‌سازی مشخص شده و ظرفیت تسهیلات معلوم است. ذینفعان پژوهش سازمان جهاد کشاورزی، شهرداری و تمام فعالان حوزه زنجیره عرضه میوه است. با توجه به نبود اطلاعات و داده‌های کافی در مراکز و سایت‌های آماری مربوط به حوزه کشاورزی و باغبانی بر حسب سطوح استانی، داده‌های مربوط به پارامترهایی نظیر مقدار ظرفیت هر تأمین‌کننده در نواحی مختلف، هزینه‌های مرتب‌سازی میوه، هزینه ساخت مراکز مرتب‌سازی، و میزان تقاضا برای میوه‌های سردخانه‌ای و ضایعات به صورت مطالعات میدانی و تقریبی محاسبه شده است. از آنجایی که هدف اصلی پژوهش ارایه مدل برنامه‌ریزی برای بهینه‌سازی برنامه‌ریزی تولید و توزیع میوه است شامل فرضیات آماری نیست. اما مفروضات مدل عبارت است از:

- تقاضا معلوم و قطعی است.

مدل پیشنهادی شامل تابع هدف و محدودیت‌های زیر است.

تابع هدف (۱) به دنبال کمینه کردن هزینه‌ها می‌باشد. در ادامه، مولفه‌های تشکیل دهنده تابع هدف تشریح می‌شود.

$$\begin{aligned} \text{Min Zgoal} = & \sum_f \sum_i \sum_j \sum_t (a_{fit} + b_{fij}) Y_{fijt} \\ & + \sum_j e_j u_j + \sum_f \sum_i \sum_j \sum_t (P_{fj} Y_{fijt}) + \\ & \sum_f \sum_j \sum_k \sum_t b_{mfjk} W_{fjkt} + \\ & \sum_f \sum_j \sum_z \sum_t b_{nfjzt} * SV_{fjzt} + \\ & \sum_f \sum_k \sum_c \sum_t b_{kfkc} X_{fkct} + \\ & \sum_f \sum_j \sum_k \sum_t h_{fkt} * W_{fjkt} + \\ & \sum_f \sum_z \sum_t \pi_{fz} sla_{fzt} \sum_f \sum_j \sum_k \sum_t b_{mfjk} W_{fjkt} + \end{aligned} \quad (1)$$

رابطه (۱) تابع هدف است که متشکل از رابطه‌های زیر می‌باشد. رابطه (۲) هزینه‌های خرید میوه نوع f از تأمین کننده نوع i در دوره t است.

$$\sum_f \sum_i \sum_j \sum_t (a_{fit} + b_{fij}) Y_{fijt} \quad (2)$$

رابطه (۳) هزینه احداث محل مرتب‌سازی زام است.

$$\sum_j e_j u_j \quad (3)$$

رابطه (۴) هزینه مرتب‌سازی میوه نوع f از تأمین کننده نام در دوره t است.

$$\sum_f \sum_i \sum_j \sum_t (P_{fj} Y_{fijt}) \quad (4)$$

رابطه‌های (۵)، (۶) و (۷) به ترتیب هزینه‌های حمل میوه نوع f از محل مرتب‌سازی زام به سردخانه k در دوره t، حمل میوه نوع f از محل مرتب‌سازی زام به مشتری ضایعات زام در دوره t، حمل میوه نوع f از سردخانه k به مشتری c در دوره t هستند.

$$\sum_f \sum_j \sum_k \sum_t b_{mfjk} W_{fjkt} \quad (5)$$

$$\sum_f \sum_j \sum_z \sum_t b_{nfjzt} * SV_{fjzt} \quad (6)$$

$$\sum_f \sum_k \sum_c \sum_t b_{kfkc} X_{fkct} \quad (7)$$

رابطه (۸) هزینه نگهداری میوه نوع f در سردخانه k در دوره t است.

$$\sum_f \sum_j \sum_k \sum_t h_{fkt} * W_{fjkt} \quad (8)$$

رابطه (۹) هزینه‌های ناشی از کمبود میوه نوع f در دوره t است.

$$\sum_f \sum_z \sum_t \pi_{fz} sla_{fzt} \quad (9)$$

محدودیت (۱۰) نشان دهنده تقاضای مشتریان سیب سردخانه‌ها است که کمتر مساوی مقدار میوه حمل شده از سردخانه به مشتری سیب‌های سالم است. محدودیت (۱۱) برای ارضا تقاضا مشتریان میوه‌های ضایعاتی بیان شده است که کمتر مساوی مجموع مقدار میوه حمل شده از محل مرتب‌سازی به مشتری ضایعات و میزان کمبود ضایعات میوه است. محدودیت (۱۲) بیان می‌کند که آلفا درصد میوه‌هایی که از تأمین کنندگان خریداری شدند به سردخانه‌ها حمل می‌شوند که بیانگر میزان میوه‌های سالم است. محدودیت (۱۳) نشانگر این است که میوه‌های ضایعاتی ارسال شده به مشتریان این نوع میوه‌ها مساوی یک منهای آلفا برابر مقدار میوه حمل شده از تأمین کننده به محل مرتب‌سازی است. محدودیت (۱۴) اجازه حمل مقدار میوه از تأمین کننده به محل مرتب‌سازی را بیش از ظرفیت تأمین کنندگان نمی‌دهد. محدودیت (۱۵) این اطمینان را می‌دهد که میزان میوه حمل شده از تأمین کننده به محل مرتب‌سازی سازی نمی‌تواند افزون‌تر از ظرفیت مراکز مرتب‌سازی باشد. محدودیت (۱۶) الزام می‌کند که تعداد مراکز مرتب‌سازی نمی‌تواند از یک عدد بیشینه تجاوز کند. محدودیت (۱۷) بیانگر این است که در هر دوره برای هر سردخانه و هر نوع میوه موجودی دوره فعلی برابر است با موجودی دوره قبل بعلاوه میزان دریافتی در دوره فعلی منهای میزان ارسال شده به مشتریان در دوره فعلی. محدودیت (۱۸) داشتن یک مقدار ذخیره اطمینان برای مواجهه با کمبود را تضمین می‌کند. محدودیت (۱۹) بیان می‌کند که میزان موجودی هر سردخانه باید کمتر مساوی ظرفیت هر سردخانه باشد. محدودیت (۲۰) محدودیت باینری بودن متغیر انتخاب محل احداث مراکز مرتب‌سازی است. محدودیت (۲۱)

جدول ۱- ظرفیت سردخانه‌های انتخاب شده برای ذخیره سازی سیب بر حسب تن

سردخانه ها	ظرفیت (تن)
۱	۱۲۰۰۰۰
۲	۱۴۰۰۰۰
۳	۱۱۰۰۰۰
۴	۱۳۰۰۰۰
۵	۱۱۰۰۰۰
۶	۱۳۰۰۰۰
۷	۸۰۰۰۰۰
۸	۱۰۰۰۰۰
۹	۹۰۰۰۰۰
۱۰	۱۰۰۰۰۰
۱۱	۱۲۰۰۰۰
۱۲	۱۰۰۰۰۰
۱۳	۸۰۰۰۰۰
۱۴	۱۱۰۰۰۰
۱۵	۱۲۰۰۰۰
۱۶	۹۰۰۰۰۰
۱۷	۱۰۰۰۰۰
۱۸	۱۱۰۰۰۰

جدول (۲) مکان‌های تأمین‌کنندگان و مکان‌های بالقوه برای احداث مراکز مرتب‌سازی را در مساله مورد مطالعه نشان می‌دهد.

جدول ۲- مراکز تأمین‌کنندگان و مکان‌های کاندید مرتب‌سازی

مناطق کاندید	تأمین‌کنندگان	ردیف
ارومیه- جاده بالانج	خوی	۱
ارومیه- جاده سنتو	مراغه	۲
ارومیه- جاده سرو	تکاب	۳
	میاندوآب	۴
	سلماس	۵
	مهاباد	۶
	نقده	۷
	شاهین دژ	۸
	بوکان	۹
	اشنویه	۱۰
	پیرانشهر	۱۱
	ارومیه	۱۲

الزام نامنفی بودن متغیرهای تصمیم پیوسته را نشان می‌دهد.

$$\sum_k x_{fkt} \geq d_{fet} \quad \forall f, c, t \quad (10)$$

$$\sum_j sv_{fjzt} + sla_{fzt} \geq dr_{fzt} \quad \forall f, z, t \quad (11)$$

$$\sum_k w_{fjkt} = \sum_m \sum_j Y_{fijt} \alpha_{fi} \quad \forall f, j, t \quad (12)$$

$$\sum_z sv_{fjzt} = \sum_i Y_{fijt} (1 - \alpha_{fi}) \quad \forall f, j, t \quad (13)$$

$$\sum_j Y_{fijt} \leq cap_{fi} \quad \forall f, i, t \quad (14)$$

$$\sum_f \sum_i Y_{fijt} \leq caps_j * u_j \quad \forall j, t \quad (15)$$

$$\sum_j u_j \leq max_u \quad (16)$$

$$In_{fkt} = In_{fk(t-1)} + \sum_j w(f, j, k, t) - \sum_c x_{fkt} \quad \forall f, k, t \quad (17)$$

$$\sum_k In_{fkt} \geq Gamma * \sum_c d_{fet} \quad (18)$$

$$In_{fkt} \leq ca(k) \quad \forall f, k, t \quad (19)$$

$$u_j \in \{0, 1\} \quad (20)$$

$$\text{Continuous variables} \geq 0 \quad (21)$$

نتایج و بحث

مدل ارایه شده در پژوهش به صورت موردی بر روی محصول سیب شامل ۱۳ ناحیه (شهرستان) از استان‌های آذربایجان غربی و شرقی در نظر گرفته شده که به عنوان تأمین‌کنندگان محسوب می‌شوند. سه مکان برای احداث مراکز مرتب‌سازی سیب در نظر گرفته شده است. مساله دارای دو گروه مشتریان است: گروه اول، مشتریان سیب‌های ذخیره شده در سردخانه و گروه دوم مشتریان سیب‌های ضایعاتی. مدل پیشنهادی از نوع مدل برنامه‌ریزی عدد صحیح مختلط است که برای حل آن از نرم افزار GAMS و حل‌کننده CPLEX استفاده می‌شود. با استفاده از این روش حل، جواب‌های دقیق و بهینه سراسری حاصل می‌شود. برخی از پارامترهای مهم مدل و داده‌های جمع‌آوری شده در ادامه ذکر می‌شود. ظرفیت سردخانه‌های انتخاب شده در جدول (۱) ملاحظه می‌شود. به دلیل محدودیت فضا مقادیر سایر پارامترها ذکر نشده است.

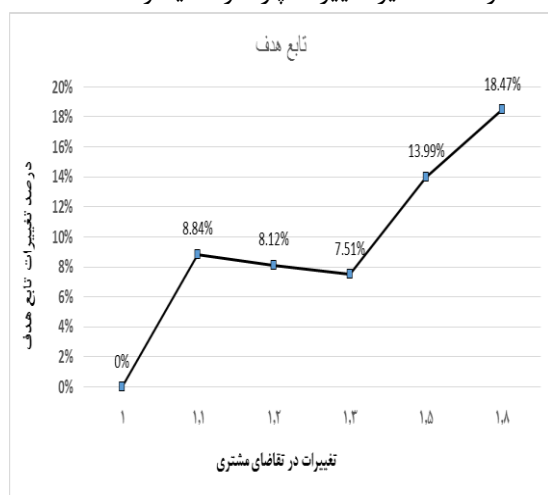
مشتری ضایعات (SV_{fjzt}) مربوط به میوه نوع گرانی اسمیت از محل مرتب‌سازی سه (ارومیه- جاده سرو) به مشتری ضایعات سه در دوره ۱۱۰ام، عدد ۶۲۰ است.

بیشترین مقدار X_{fkct} عدد ۱۷۵۹۰۰ تن است که مربوط به میزان میوه ارسالی نوع گرانی اسمیت از سردخانه دهستان اول به مشتری پنج (کشور گرجستان) است. نتایج به‌دست آمده اثبات می‌کند که مجموع مقدار میوه‌های ارسالی از سردخانه به مشتریان، بزرگ‌تر و مساوی میزان تقاضای مشتریان است. در نهایت، مقدار بهینه تابع هدف عدد ۵۱۹۳۴۰۹۷۲۸ هزار تومان شد.

تحلیل حساسیت

در این قسمت تغییرات و حساسیت تابع هدف نسبت به تغییرات پارامترهای اصلی مدل بررسی می‌شود.

شکل (۲) تغییرات تابع هدف نسبت به تغییرات تقاضای مشتریان (d) را نشان می‌دهد. همانطوریکه مشخص است با افزایش تقاضای مشتریان، مقدار تابع هدف نیز افزایش می‌یابد. در جاهایی که شیب نمودار تندتر است، تاثیر تغییرات پارامتر شدیدتر است.



شکل ۲- تغییرات تابع هدف نسبت به تغییرات تقاضای مشتری

شکل (۳) تغییرات درصد تابع هدف به درصد تغییر در هزینه‌های خرید را نشان می‌دهد. تأثیرات تغییرات در هزینه حمل و نقل میوه از تأمین‌کننده به محل مرتب‌سازی (b_{fij}) بر تابع هدف در شکل (۴) نشان داده شده است.

در مدل تدوین شده، فاکتور فسادپذیری کالا با چند دوره‌ای کردن مدل در نظر گرفته شده و زمان نگهداری میوه فاکتور مهم مدل هست و کمبود در مشتریان ضایعات میوه مجاز است. در پژوهش حاضر مقداری میوه به‌عنوان ذخیره اطمینان براساس نظر خبرگان مربوطه که ضریب آن $0/2$ (۲۰ درصد) است، در نظر گرفته شده است. بعد از حل مدل مشخص شد که بیشترین مقدار متغیر (Y_{fijt})، ۷۱۱۳۷ تن است که میزان میوه حمل شده نوع گرانی اسمیت از تأمین‌کننده خوی به محل مرتب‌سازی سه (جاده سرو) در دوره یک است، پس در دوره اول تأمین‌کننده یک (خوی) انتخاب می‌شود.

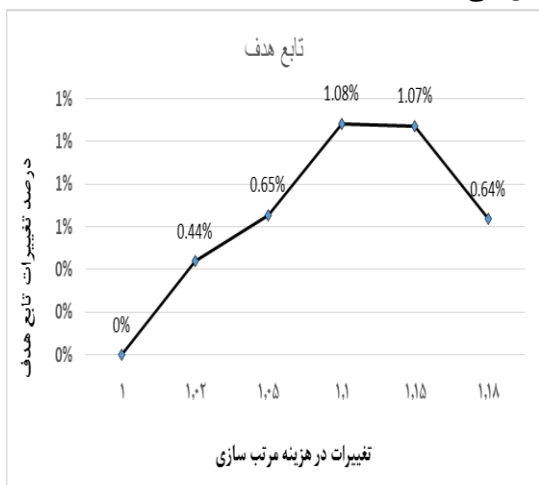
در دوره دوم بیشترین میزان میوه حمل شده مربوط به تأمین‌کننده هفتم (نقده) است و لذا، تأمین‌کننده هفت انتخاب می‌شود. در دوره سوم نیز بیشترین میزان میوه حمل شده مربوط به تأمین‌کننده هفتم است. در نهایت، با توجه به نتایج حاصله تأمین‌کنندگان اول (خوی)، دوم (مراغه) و هفتم (نقده) بهترین تأمین‌کنندگان می‌باشند. مجموع میزان میوه‌های خریداری شده کمتر مساوی ظرفیت مراکز مرتب‌سازی است.

بیشترین مقدار In_{fkct} ، ۱۰۳۵۸ تن است که مقدار بهینه موجودی میوه نوع دو در سردخانه دهستان ۱۸ در دوره ۱۱۲ام است. در برخی دوره‌ها که تقاضا بیشتر است، مقدار موجودی کاهش یافته است. مقدار موجودی در هر دوره کمتر یا مساوی ظرفیت هر نوع میوه در سردخانه‌ها است.

در این مساله مطابق نتایج، متغیر تصمیم u_2 (ارومیه- جاده سنتو) و u_3 (ارومیه- جاده سرو) مقدار یک به خود گرفته‌اند. یعنی فقط در این مراکز، محل مرتب‌سازی احداث شده و در محل یک (ارومیه- جاده بالانج) مکان مرتب‌سازی به علت زیاد بودن هزینه احداث نشده است. کمترین مقدار متغیر sla_{fzt} ، ۱۸۴۶ تن است که مربوط به میزان کمبود ضایعات میوه نوع گرانی اسمیت برای مشتری ضایعات اول در دوره ۱۱۲ام است.

کمترین مقدار حمل و نقل از محل مرتب‌سازی به

با افزایش هزینه مرتب‌سازی، مقدار تابع هدف نیز افزایش می‌یابد.



شکل ۵- تغییرات تابع هدف نسبت به تغییرات در هزینه مرتب‌سازی

تأثیرات تغییرات در هزینه نگهداری میوه در سردخانه (h_{fkt}) بر تابع هدف در شکل (۶) نشان داده شده است. با توجه به نتایج تحلیل حساسیت مشخص می‌شود که با افزایش هزینه نگهداری در سردخانه، مقدار تابع هدف نیز افزایش می‌یابد.



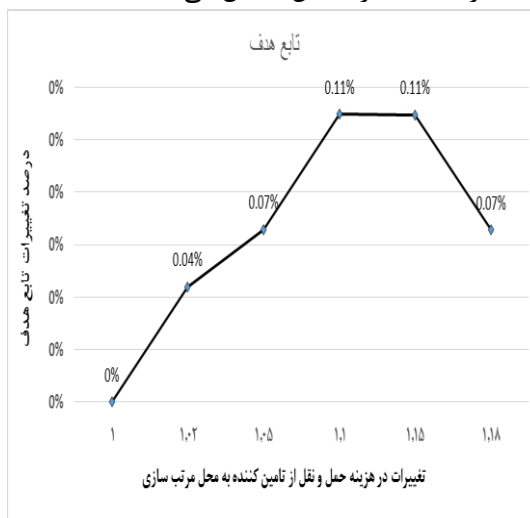
شکل ۶- تغییرات در هزینه نگهداری در سردخانه

تأثیرات تغییرات در هزینه حمل و نقل از سردخانه به مشتری (bk_{fkt}) بر تابع هدف در شکل (۷) نشان داده شده است. با توجه به نتایج تحلیل حساسیت مشخص می‌شود که با افزایش هزینه حمل و نقل از



شکل ۳- تغییرات تابع هدف نسبت به تغییرات در هزینه خرید

با توجه به نتایج تحلیل حساسیت مشخص شد که با افزایش هزینه حمل و نقل، مقدار تابع هدف نیز افزایش می‌یابد. با توجه به شکل‌های ۳ تا ۷، افزایش ۱۸ درصدی هزینه‌ها باعث کاهش تابع هدف می‌شود. این مشاهده می‌تواند به دلیل توازن در هزینه‌های کل باشد. به‌عنوان مثال با افزایش هزینه‌های حمل و نقل مدل ریاضی به دنبال انتخاب تأمین‌کنندگان با ظرفیت بیشتر یا مراکز مرتب‌سازی بیشتر خواهد بود و در صورت هزینه کمتر احداث، هزینه کل کاهش می‌یابد.



شکل ۴- تغییرات تابع هدف نسبت به تغییرات در هزینه حمل و نقل از تأمین‌کننده به محل مرتب‌سازی

تأثیرات تغییرات در هزینه مرتب‌سازی (p_{fj}) بر تابع هدف در شکل (۵) نشان داده شده است. با توجه به نتایج تحلیل حساسیت مشخص می‌شود که

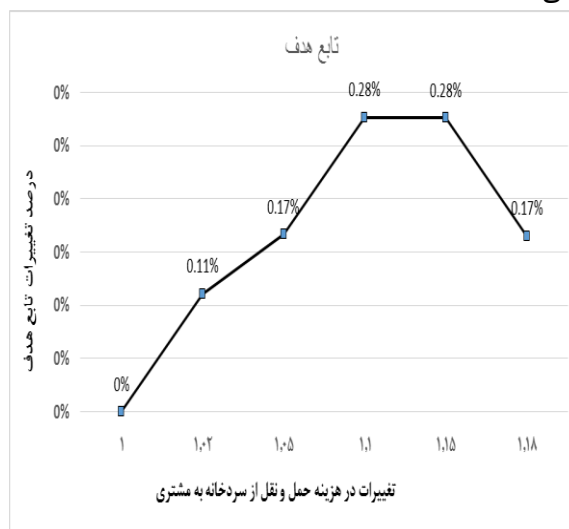
هزینه‌ها و تقاضای میوه از طریق مطالعات میدانی تخمین زده می‌شود. حل مدل پیشنهادی به‌وسیله نرم-افزار GAMS و انجام تحلیل حساسیت نشان‌دهنده رفتار منطقی مدل در مقابل تغییرات پارامترهاست. با استفاده از مدل پیشنهادی، تصمیم‌گیران سطح کلان می‌توانند میوه مرتب‌سازی شده را در قالب زنجیره تامین و با هزینه بسیار مناسب و در زمان مناسب در اختیار مصرف‌کنندگان نهایی قرار دهند. در واقع، با استفاده از الگوی پیشنهادی، نقش دلالت‌ها و واسطه‌به-صورت عمده‌ای کاهش می‌یابد. با تشکیل زنجیره تامین میوه مطابق الگوی پیشنهادی در این مقاله، در بلندمدت تمام لایه‌های (شرکا) زنجیره تامین از باغداران تا فروشندگان نهایی و مشتریان بهره‌مند خواهند شد. علاوه بر این، برنامه‌ریزی صادرات میوه سیب با توجه به در نظر گرفتن تقاضای آن برای ۱۲ ماه سال به‌صورت منظم انجام می‌شود و از تغییرات شدید قیمت سیب به-دلیل صادرات در بازه‌های زمانی نامناسب جلوگیری می‌شود.

الگوی پیشنهادی در این تحقیق برای برنامه‌ریزی تولید و توزیع میوه در سطح استانی ارایه شده است، با این وجود، برای برنامه‌ریزی در سطح کلان نیاز است مدل در سطح کشور توسعه داده شود و تولیدات و تقاضای تمام استان‌ها لحاظ شود تا برنامه‌ریزی جامع برای صادرات میوه تدوین شود. در تحقیقات آتی می‌توان اثر کاهش هزینه‌های نگهداری چند محصول در سردخانه‌ها را لحاظ کرد. همچنین، پارامترهای در نظر گرفته شده در این تحقیق به‌صورت قطعی هستند که سازگار با فرضیات دنیای واقعی نیست. در تحقیقات آتی می‌توان پارامترها را غیرقطعی فرض کرد و از رویکردهای مبتنی بر برنامه‌ریزی تصادفی یا برنامه‌ریزی فازی بهینه سازی را انجام داد.

REFERENCES

1. Amorim, P., Günther, H. O., & Almada-Lobo, B. (2012). Multi-objective integrated production and distribution planning of perishable products. *International Journal of Production Economics*, 138(1), 89-101.
2. Anousha G. Didekhani H., & Sharif SH. M., (2019). Introducing an Entrepreneurial Supply Chain Conceptual Model with Emphasis on Technology in Dairy Industry: Fuzzy Delphi Approach. *Iranian Journal of Agricultural Economics and Development Research*, 50 (2), 803-817. (In Farsi).
3. Babazadeh R., Razmi J., & Ghodsi R. (2012). Supply chain network design problem for a new market opportunity in an agile manufacturing system. *Journal of Industrial Engineering International*, 8 (1), 1-8.
4. Coelho, L. C., & Laporte, G. (2014). Optimal joint replenishment, delivery and inventory management

سردخانه به مشتری، مقدار تابع هدف نیز افزایش می‌یابد.



شکل ۷- تغییرات در هزینه حمل و نقل از سردخانه به مشتری

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در این پژوهش مدل یکپارچه شبکه زنجیره تامین با در نظر گرفتن برنامه‌ریزی تولید، مرتب‌سازی، ذخیره‌سازی و توزیع برای مساله زنجیره تامین سیب ارایه شد. در مدل پیشنهادی دو گروه مشتریان، سه مرکز مرتب‌سازی، حمل مستقیم از مرکز مرتب‌سازی به مشتریان ضایعات سیب و حمل از مرکز مرتب‌سازی به سردخانه‌ها و سپس ارسال سیب از سردخانه به مشتریان در نظر گرفته شد. مدل پیشنهادی می‌تواند علاوه بر سیب برای سایر محصولات باغبانی به کار گرفته شود. مدل ارایه شده مهم‌ترین چالش انتخاب تامین‌کننده در زنجیره تامین میوه را برطرف می‌نماید و همچنین، مدل مقدار ذخیره بهینه میوه در هر سردخانه، میزان حمل‌و-نقل و میزان خرید و توزیع بهینه را مشخص می‌کند. به‌منظور اعتبارسنجی، مدل پیشنهادی در یک مطالعه موردی بکارگرفته می‌شود. داده‌های مربوط به

- policies for perishable products. *Computers & Operations Research*, 47, 42-52.
5. dabbagh, R., Khoshsirat, M., Bozorgi Amiri, A. (2018). Presenting the Relief Items Procurement Model under Multi-attribute Reverse Auction Using a Fuzzy Multi-objective Programming Approach. *Iranian Journal of Trade Studies*, 22(86), 189-218.
 6. Dabbagh, R., Aga poor asbag, S. (2020). A Suitable Decision-Making Approach to Select Green Manufacturing Practices for Bonab Sanat Steel Complex. *Journal of Industrial Engineering Research in Production Systems*, 8(16), 57-75.
 7. Khoshsirat, M., dabbagh, R., Bozorgi-Amiri, A. (2018). Modeling the bidding approach and its application for the procurement of relief items. *Iranian Journal of Trade Studies*, 22(87), 67-100.
 8. Khoshsirat, M., Dabbagh, R., & Bozorgi-Amiri, A. (2021). A multi-objective robust possibilistic programming approach to coordinating procurement operations in the disaster supply chain using a multi-attribute reverse auction mechanism. *Computers & Industrial Engineering*, 107414.
 9. Gholamian, M. R., & Taghangzadeh, A. H., (2018). An Integrated Bread Flour Supply Chain Model Considering Import, Storage, Production and Distribution Planning. *Iranian Journal of Agricultural Economics and Development Research*, 50(1), 65-78. (In Farsi).
 10. Hajimirzajan, A., Pirayesh, M.A. & Dehghanian, F. (2015). Developing a Supply Chain Planning Model for Perishable Crops. *Journal of Production and Operations Management*, 6(1), 35-60. (In Farsi).
 11. Huang S. H., Sheoran S. K. & Keskar H. (2005). Computer-assisted supply chain configuration based on supply chain operations reference (SCOR) model. *Computers and Industrial Engineering*, 48(2): 377-394.
 12. Mirmajlesi, S. R., & Shafaei, R. (2016). An integrated approach to solve a robust forward/reverse supply chain for short lifetime products. *Computers & Industrial Engineering*, 97, 222-239.
 13. Mousavi, S.M., Alikar, N., Akhavan Niaki, S. T., & Bahreininejad, A. (2015) Optimizing a location allocation-inventory problem in a two-echelon supply chain network: A modified fruit fly optimization algorithm. *Computers & Industrial Engineering*, 87, 543-560.
 14. Nakandala D., Lau H., & Zhang J. (2016) Cost-optimization modelling for fresh food quality and transportation. *Industrial Management & Data Systems*, 116(3), 564-583.
 15. Soto-Silva W.E., González-Araya M.C., Oliva-Fernández M.A., Plà-Aragonés L.M. (2017) Optimizing fresh food logistics for processing: Application for a large Chilean apple supply chain. *Computers and Electronics in Agriculture*, 136, 42-57.
 16. Van Elzakker, M. A. H., Zondervan, E., Raikar, N. B., Hoogland, H., & Grossmann, I. E. (2014). Optimizing the tactical planning in the Fast-Moving Consumer Goods industry considering shelf-life restrictions. *Computers & Chemical Engineering*, 66, 98-109.
 17. Velychko, O. (2014). Integrated modeling of solutions in the system of distributing logistics of a fruit and vegetable cooperative. *Business: Theory and Practice*, 15(4): 362-370.