مدیریت کیفیت زنجیره تأمین با رویکرد مسیریابی کانال حمل و نقل و استفاده از الگوریتم ژنتیک[1]

علیرضا عزیزی
دانشجوی دکتری، گروه مدیریت صنعتی، واحد فیروزکوه، دانشگاه آزاد اسلامی، فیروزکوه، ایران، alireza_azizi59@yahoo.com

محمد مهدی موحدی*
(نویسنده مسئول)، دانشیار، گروه مدیریت صنعتی، واحد فیروزکوه، دانشگاه آزاد اسلامی، فیروزکوه، ایران mmmovahedi@gmail.com

سید احمد شایان‌نیا
استادیار، گروه مدیریت صنعتی، واحد فیروزکوه، دانشگاه آزاد اسلامی، فیروزکوه، ایران sheibat@yahoo.com

چکیده: هدف این مقاله بررسی کیفیت کالا در فرآیند انتقال بین اعضای زنجیره تأمین است. برای این منظور مدل ریاضی مناسبی برای مدیریت مسیر کانال حمل و نقل طراحی و با استفاده از الگوریتم ژنتیک به حل مسئله پرداخته شده است. در تحقیق حاضر، با در نظرگرفتن شرایط دنیای واقعی از جمله محدودیت تردد وسایل و همچنین کیفیت کالا، با در نظر گرفتن اقلام برگشتی بررسی می‌شود و همچنین از زنجیره مارکوف برای بررسی احتمال سالم ماندن کالا در فرآیند انتقال بین اعضای زنجیره تأمین استفاده شده است. نوآوری این تحقیق معرفی سیستم انتخاب کانال برای برنامه‌ریزی حمل و نقل در زنجیره تأمین است. و مدیران را در حل مسائل بخش لجستیک به صورت مؤثری یاری می‌کند. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که روش مورد استفاده در این پژوهش عملکرد مناسبی دارد و نحوه بهینه جریان محصولات در یک شبکه توزیع با استفاده از الگوریتم ژنتیک ارائه شده است.
واژگان کلیدی: الگوریتم ژنتیک، کیفیت زنجیره تأمین، مسیریابی

۱- مقدمه

یک زنجیره تأمین تنها زنجیره‌ای از فعالیت‌های تجاری به صورت ارتباطات یک به یک یا بنگاه به بنگاه نیست، بلکه شبکه‌ای از فعالیت‌های تجاری و ارتباطات بین آن‌ها است [۱]. امروزه شرکت‌ها ناگزیرند برای ارتقاء کیفیت محصول خود، همکاری‌های گسترده و تنگاتنگی با دیگر شرکت‌های درگیر در زنجیره تأمین محصول داشته باشند[۲]. هدف تحقیق حاضر مدیریت کیفیت زنجیره تأمین در حوزه مسیریابی حمل و نقل می باشد. در «مدیریت کیفیت زنجیره تأمین» بستر لازم برای همکاری های اثربخش اعضای زنجیره تأمین در این زمینه فراهم می‌آید [۳]. همیشه ممکن است کیفیت کالا موقع انتقال خدشه‌دار شود و کالایی که با کیفیت مناسب از سوی تولیدکننده تولید شده است با همان کیفیت به دست مشتری نرسد [۴]. حال آنکه تولیدکننده

* corresponding author (mmmovahedi@gmail.com)

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۹/۲۸ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۲/۱۴
دوره ۱۰/ شماره ۳
صفحات: ۲۲۷-۲۳۴

[1] این مقاله برگرفته از رساله دکتری دانشجو علیرضا عزیزی است که در دانشگاه آزاد اسلامی واحد فیروزکوه انجام شده است.

در نامرغوب بودن کالا نقشی ندارد و این مدیریت زنجیره تأمین و فرآیند انتقال آن است که باعث پایین امدن کیفیت کالا شده است [۵]. کیفیت زنجیره تأمین تاثیر بسزایی در عملکرد شرکت دارد [۶]. در این پژوهش، سیستم انتخاب کانال برای برنامه‌ریزی حمل و نقل در زنجیره تأمین معرفی می‌شود. این سیستم می‌تواند به‌عنوان بخشی از مجموعه سیستم‌های برنامه‌ریزی زنجیره تأمین مورد استفاده قرار گیرد. مدیران را در حل مسائل بخش لجستیک به‌صورت موثری یاری نماید. با توجه به این نکته که برنامه‌ریزی حمل و نقل در صنایع مختلف ویژگی‌های متفاوتی دارد [۷]. تحقیقات پیشین در زمینه کیفیت زنجیره تأمین به ادغام دو مفهوم مدیریت کیفیت با تمرکز درون سازمانی و مدیریت زنجیره تأمین با دیدگاه بین سازمانی می‌پردازد. در این پژوهش چارچوبی برای دسته بندی ساختار یافته این مسئله ارائه خواهد شد. همچنین، ضمن ارائه رویکرد طراحی و بهینه‌سازی این سیستم، ویژگی‌های اجزای مدل و چگونگی ارتباط الگوریتم بهینه‌سازی با مدل تشریح خواهد شد و سپس با استفاده از الگوریتم تکاملی (الگوریتم ژنتیک) مسئله حل خواهد شد. هدف پژوهش حاضر یافتن کوتاه‌ترین مسیر برای مسئله مسیریابی کالا در زنجیره تأمین با در نظرگرفتن کیفیت کالای انتقال یافته است. سوال اصلی تحقیق این است که کوتاه‌ترین مسیر برای انتقال کالا در زنجیره تأمین با درنظر گرفتن موارد کیفیت کالا کدام است؟ این مقاله مدل ریاضی جدیدی برای مسئله طراحی زنجیره تأمین ارائه می‌کند. با توجه به اینکه حمل و نقل محصولات از مشکلات اصلی نمونه‌های دنیای واقعی است، محدودیت‌های مسیریابی در هر سطح زنجیره و همچنین کیفیت کالا با در نظر گرفتن اقلام برگشتی در زنجیره تأمین، در مدل در نظر گرفته شده‌اند [۸]. نوآوری تحقیق حاضر در این است که مقوله کیفیت زنجیره تأمین را در مسیریابی کانال حمل و نقل و با در نظرگرفتن کالاهای برگشتی در نظر می‌گیرد.

۲- پیشینه تحقیق

باستاس و لیانیج[۲] به ادغام دو مفهوم مدیریت کیفیت با تمرکز درون سازمانی و مدیریت زنجیره تأمین با دیدگاه بین سازمانی می‌پردازد [۹]. سامرفیلد، تئوکه و فریتاگ[۳] به افزایش نوسانات در شبکه‌های عرضه و اهمیت نقش کیفیت در زنجیره تأمین به کنترل این نوسانات اشاره می‌کند [۱۰]. موهان و شیباجی[۴] به تجزیه و تحلیل ساختار زنجیره تأمین و نقش آن بر کیفیت زنجیره تأمین اشاره می‌کند [۱۱]. میرزایی و همکارانش، در الگوریتم جدیدی برای حل مسئله مسیریابی موجودی با ارسال مستقیم مقاله به بررسی مسئله مسیریابی موجودی چندمحصولی چنددوره‌ای در یک زنجیره تأمین دو سطحی؛ شامل یک تولیدکننده و مجموعه‌ای از خرده‌فروشان پرداخته‌اند در مسئله مورد بررسی، علاوه بر مدیریت موجودی و برنامه‌ریزی توزیع، برنامه‌ریزی تولید نیز در نظر گرفته شده است. مسئله با هدف کمینه‌سازی مجموع هزینه‌های سیستم شامل هزینه‌های راه‌اندازی، توزیع و نگهداری موجودی مدل‌سازی شده است [۱۲]. تورجی پور و سهراب پور به دنبال شناسایی سهم هوش مصنوعی (AI) در مدیریت زنجیره تأمین (SCM) از طریق مرور منظم ادبیات موجود است [۱۳]. اولیوارس بنیتز در مقاله ای با عنوان یک الگوریتم ابتکاری متا برای حل انتخاب کانال‌های حمل و نقل در طراحی زنجیره تأمین به مسئله طراحی زنجیره تأمین بر اساس تصمیم تک محصوله دوپلکانی می‌پردازد [۱۴].

۳- روش تحقیق

مسئله‌ای که در این مطالعه مورد بررسی قرار گرفته است، سیستم توزیع دوپلکانی[۵] تک هدفه به منظور ارسال یک محصول در یک سیستم زنجیره تأمین است. در مرحله اول مجموعه‌ای از

[۲] Bastas,lyanage
[۳] Summerfield,teogke,fritag
[۴] Mohan,shibaji
[5]. Tow Echelon

کارخانجات تولیدی، محصولات را تولید و آن را به مراکز توزیع و پخش ارسال می‌کنند. بعد از آن، یعنی در مرحله دوم، مراکز توزیع محصولات را به دست مشتریان نهایی می‌رسانند. تعداد و موقعیت کارخانه‌ها و مشتریان، همراه با ظرفیت‌ها و تقاضاها به ترتیب شناسایی شده است. مراکز توزیع نیز باید از یک مجموعه گسسته از مکان‌های بالقوه با ظرفیت‌های محدود انتخاب شوند. برای حمل و نقل از مراکز توزیع به مشتریان یک روش ساده منبع یابی فرض شده است. هدف، تخصیص کارها به تأمین‌کنندگان و وسایل نقلیه به نحوی است که کارها زودتر تحویل مشتریان شوند. خواهیم دید که پیچیدگی این مسئله از نوع NP سخت است و در نتیجه استفاده از روش‌های دقیق برای حل مسئله در زمان معقول امکان‌پذیر نیست. برای حل این مسئله از الگوریتم تکاملی استفاده خواهد شد که در این‌جا الگوریتم ژنتیک انتخاب شده است و الگوریتم ارائه شده با روش جست و جوی تصادفی موجود در ادبیات موضوع مقایسه خواهد شد.

آزمودنی‌ها یا شرکت‌کنندگان در پژوهش

در این پژوهش یک سیستم انتخاب کانال برای برنامه‌ریزی حمل و نقل در زنجیره تأمین معرفی می‌شود. این سیستم می‌تواند به‌عنوان بخشی از مجموعه سیستم‌های برنامه‌ریزی زنجیره تأمین مورد استفاده قرار گیرد و مدیران را در حل مسائل بخش لجستیک به صورت موثری یاری نماید [۱۵]. با توجه به این نکته که برنامه‌ریزی حمل و نقل در صنایع مختلف ویژگی‌های متفاوتی دارد، در این پژوهش چارچوبی برای دسته‌بندی ساختاریافته این مسئله ارائه خواهد شد.

برای درنظرگرفتن پارامتر کیفیت کالای انتقالی از ماتریس انتقال مارکوف به صورت زیر استفاده می‌شود [۱۶].

$$P = \begin{bmatrix} p_{11} & p_{12} & \cdots & p_{1N} \\ \vdots & & \vdots & \vdots \\ p_{N1} & p_{N2} & \cdots & p_{NN} \end{bmatrix}$$

که مقادیر درون ماتریس بیانگر احتمال سالم ماندن کالا در فرآیند انتقال بین تولیدکننده و توزیع‌کننده است.

مدل شبکه توزیع مورد مطالعه

در مسئله شبکه توزیع مورد بررسی در مرحله اول ۲ کارخانه تولیدی، محصولاتی را که تولید کرده‌اند به ۵ مرکز توزیع ارسال می‌کنند. سپس، در مرحله دوم ۵ مرکز توزیع محصولات دریافتی را از کارخانه‌ها به ۲۰ مشتری نهایی مورد قرارداد می‌رسانند. هر کدام از این بخش‌ها ظرفیت‌هایی دارند که باید رعایت شوند و انتقال هر محصول از مرحله‌ای به مرحله دیگر شامل هزینه حمل می‌شود. کیفیت کالای انتقالی نیز شرح ظرفیت و هزینه هر موقعیت در جداول ۱ و ۲ بیان شده است.

K: مجموعه کارخانه‌ها

J: مجموعه مراکز توزیع

I: مجموعه مشتریان

جدول ۱ : هزینه ارسال هر واحد کالا از کارخانه به مراکز توزیع

K2	K1*		
هزینه ارسال هر واحد محصول	هزینه ارسال هر واحد محصول	ظرفیت	
۱۴	۱۶	۱۷۰	J1
۱۶	۲۲	۱۵۱	J2
۱۲	۲۴	۱۷۶	J3
۱۲	۱۴	۱۷۸	J4
۲۳	۱۲	۱۷۱	J5
* ظرفیت دو کارخانه به ترتیب k1=580 و k2=500 واحد است.			

مدل ریاضی مسئله

حال یک مدل تک‌هدفه برنامه‌ریزی برای حل مسئله‌ای که قبلاً شرح داده شد پیشنهاد می‌شود که به این صورت است:
پارامترهای این مدل عبارت‌اند از:

R_i: میزان تقاضای مشتری i ام

D_j: ظرفیت توزیع برای توزیع‌کننده j ام

P_k: ظرفیت تولید برای کارخانه k ام

a_{ji}: هزینه انتقال کالا بین توزیع‌کننده j ام و مشتری iام

b_{kj}: هزینه انتقال کالا بین کارخانه k ام و توزیع‌کننده jام

q_{ij}:کیفیت کالاهای انتقالی در زنجیره تأمین بر اساس زنجیره مارکوف برمبنای احتمال برگشت کالای بی کیفیت

متغیرهای تصمیم این مسئله:

x_{ji}: میزان کالای منتقل شده بین توزیع‌کننده j و مشتری i

y_{kj}: میزان کالای منتقل شده بین کارخانه k و توزیع‌کننده j

و مدل ریاضی این شبکه توزیع زنجیره تأمین به صورت زیر ارائه می‌شود:

$$\text{Min}(f)$$

$$f = a_k^0 a_j^0 q_{ij} b_{ij} y_{ij} + a_j^0 a_i^0 q_{ji} b_{ji} y_{ji} \qquad (۱)$$

subject to (محدودیت ها) :

$$a_j^0 x_{ji} \pounds R_i \qquad i\ I\hat{}\ I \qquad (۲)$$

$$a_j^0 x_{ji} \pounds D_j \qquad j\ I\hat{}\ J \qquad (۳)$$

$$a_j^0 y_{kj} \pounds P_k \qquad k\ I\hat{}\ K \qquad (۴)$$

$$a_k^0 y_{ji}^3 = a_i^0 x_{ji} \qquad j\ I\hat{}\ J \qquad (۵)$$

$$x_{ji}, y_{kj} \geq 0 \quad k\ I\hat{}\ K, j\ I\hat{}\ J, i\ I\hat{}\ I \qquad (۶)$$

در این مدل، معادله تابع هدف (۱)، مجموعه هزینه حمل و نقل که عبارت است از حاصل‌ضرب هزینه انتقال هر واحد کالا از کارخانه به توزیع‌کننده و کیفیت کالای انتقالی بر اساس ماتریس مارکوف در مقادیر ارسالی همان مسیر و به علاوه حاصل ضرب هزینه انتقال هر واحد کالا از توزیع‌کننده به مشتری و ماتریس کیفیت بر مبنای زنجیره مارکوف در مقادیر ارسالی همین مسیر را به حداقل می‌رساند. اعتبارسنجی مدل با استفاده از حل مسائل نمونه بررسی و تایید شد.

جدول ۲: هزینه ارسال هر واحد کالا از مراکز توزیع به مشتریان

ظرفیت	هزینه ارسال هر واحد محصول	J1	J2	J3	J4	J5
		هزینه ارسال هر واحد محصول				
I1	۴۳	۲۲	۳۰	۱۵	۳۱	۱۰
I2	۴۷	۱۸	۱۱	۱۳	۳۵	۳۱
I3	۱۵	۱۹	۳۹	۱۱	۲۳	۲۱
I4	۴۷	۳۳	۳۴	۱۵	۲۵	۲۳
I5	۳۵	۳۰	۳۱	۳۳	۱۸	۳۱
I6	۱۳	۳۰	۱۵	۱۳	۲۵	۳۹
I7	۲۱	۲۰	۲۸	۱۶	۳۳	۱۷
I8	۳۲	۲۵	۳۱	۳۷	۳۹	۲۶
I9	۴۹	۱۴	۱۴	۱۷	۳۶	۱۷
I10	۴۹	۳۵	۱۷	۳۸	۲۰	۱۶
I11	۱۶	۱۷	۲۹	۲۴	۲۰	۳۵
I12	۴۹	۲۸	۲۷	۳۸	۱۸	۳۳
I13	۴۹	۳۳	۲۱	۲۷	۱۲	۱۱
I14	۲۹	۲۶	۳۴	۳۸	۱۴	۲۷
I15	۴۲	۲۴	۱۰	۲۰	۱۵	۳۴
I16	۱۵	۱۹	۲۶	۱۵	۲۸	۱۸
I17	۲۷	۳۰	۳۱	۳۳	۲۳	۱۲
I18	۴۷	۱۷	۳۸	۱۴	۳۵	۲۶
I19	۴۲	۴۰	۱۲	۲۳	۱۳	۳۹
I20	۴۹	۱۰	۳۴	۳۵	۳۶	۱۲

۴-یافته‌های تحقیق

در مسئله مورد بررسی از الگوریتم ژنتیک استفاده شد، الگوریتم ژنتیک استفاده شده کروموزوم‌ها مسیرهای هر کانال حمل و نقل می‌باشد و برای مکانیسم تقاطع از مکانیسم تک نقطه‌ای استفاده شد. در مرحله انتخاب (نمونه‌برداری)، از انتخاب چرخ رولت استفاده کرده‌ایم.

جدول ۳: مقادیر ارسالی از کارخانه ها به مراکز توزیع

ظرفیت		مقادیر بهینه	
		K2	K1
۱۳۲.۳۵۳۸	۰.۰۰۰۰	۱۷۰	J1
۶۲.۳۰۶۷	۰.۰۰۰۰	۱۵۱	J2
۱۷۵.۹۹۹۹	۰.۰۰۰۰	۱۷۶	J3
۱۷۴.۳۴۲۹	۰.۰۰۰۰	۱۷۸	J4
۰.۰۰۰۰	۱۷۰.۹۹۶۷	۱۷۱	J5

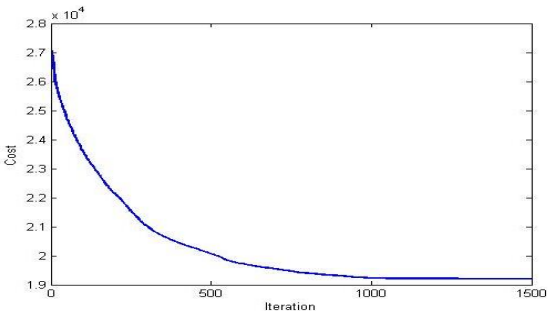
پس از تعیین نرخ‌های مناسب برای شاخصه‌های بالا، مدل مسئله با توجه به در نظر گرفتن شرایط واقعی مسئله مورد بررسی که شامل ۲ کارخانه، ۵ مرکز توزیع و ۲۰ مشتری بود را با درج ظرفیت‌ها و هزینه‌هایشان در الگوریتم نوشتیم. جداول با در نظرگرفتن شاخصه‌های بالا به هنگام اجرای الگوریتم در فضای برنامه‌نویسی متلب به‌دست آمد. جدول۳ مقادیر بهینه ارسالی پس از اجرای الگوریتم را از کارخانه‌ها به مراکز توزیع شرح می‌دهد.

جدول ۴: مقادیر ارسالی از مراکز توزیع به مشتریان

ظرفیت		مقادیر بهینه				
		J1	J2	J3	J4	J5
I1	۴۳	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۱	۰.۰۰۰۰	۴۲.۹۹۹۹
I2	۴۷	۰.۰۰۰۳	۲۰.۲۶۹۴	۲۶.۷۳۰۲	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰
I3	۱۵	۰.۰۰۰۵	۰.۰۰۰۰	۱۴.۹۹۷۶	۰.۰۰۰۱	۰.۰۰۱۸
I4	۴۷	۰.۰۰۰۱	۰.۰۰۰۱	۴۶.۹۹۲۷	۰.۰۰۰۱	۰.۰۰۷۱
I5	۳۵	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۳۴.۹۹۹۹	۰.۰۰۰۰
I6	۱۳	۰.۰۰۰۰	۰.۰۳۶۳	۱۲.۹۶۳۶	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰
I7	۲۱	۰.۰۱۷۱	۰.۰۰۰۱	۱۳.۳۸۸۵	۰.۰۰۰۰	۷.۵۹۴۲
I8	۳۲	۱۸.۱۹۱۶	۰.۰۰۰۱	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۱	۱۳.۸۰۸۲
I9	۴۹	۴۸.۹۹۸۵	۰.۰۰۰۲	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۱۲
I10	۴۹	۰.۰۰۰۱	۰.۰۰۰۱	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۴۸.۹۹۹۸
I11	۱۶	۱۵.۹۹۸۴	۰.۰۰۰۱	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۱۵	۰.۰۰۰۰
I12	۴۹	۰.۰۰۰۱	۰.۰۰۰۱	۰.۰۰۰۰	۴۸.۹۹۹۸	۰.۰۰۰۰
I13	۴۹	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۱۹.۳۴۱۲	۲۹.۶۵۸۷
I14	۲۹	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۲۸.۹۹۹۹	۰.۰۰۰۱
I15	۴۲	۰.۰۰۰۰	۴۱.۹۹۹۷	۰.۰۰۰۱	۰.۰۰۰۲	۰.۰۰۰۰
I16	۱۵	۰.۰۵۵۲	۰.۰۰۰۱	۱۴.۰۳۶۰	۰.۰۰۰۲	۰.۹۰۸۵
I17	۲۷	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۱	۲۶.۹۹۹۸
I18	۴۷	۰.۱۰۸۹	۰.۰۰۰۰	۴۶.۸۹۰۹	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۱
I19	۴۲	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۳	۰.۰۰۰۰	۴۱.۹۹۹۷	۰.۰۰۰۰
I20	۴۹	۴۸.۹۸۲۹	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۱۷۱

جدول ۵: نتایج پژوهش

رتبه	هزینه بهینه‌سازی کل (میلیون ریال)	تکرار	I	J	K
۱	۱۹۱۸۸	۱۵۰۰	۲۰	۵	۲
۳	۴۵۰۸۵	۱۵۰۰	۵۰	۵	۲
۲	۳۷۶۸۹	۳۵۰۰	۵۰	۱۰	۵
۴	۷۸۸۹۰	۴۵۰۰	۱۰۰	۱۰	۵



شکل ۱: نمودار هزینه کل شبکه توزیع

در شکل۱، بهینه‌سازی هزینه کل شبکه توزیع زنجیره تأمین مورد مطالعه را نشان می‌دهد. این نمودار از نرم‌افزار متلب استخراج شده است که در آن محور عمودی بیانگر هزینه توزیع و محور افقی نشانگر تکرار [۶] یا همان تولید مثل است.

به‌منظور سنجش کارآیی الگوریتم پیشنهادی، اندازه مدل را گسترش داده و الگوریتم را در مقیاس‌های بزرگ‌تری نیز اجرا کردیم. که همه آن‌ها با موفقیت اجرا شدند و جواب‌های به مراتب دقیق‌تری را ارائه شد. ابتدا شبکه توزیع را به ۵۰ مشتری گسترش دادیم، در مراحل دیگر تعداد هر بخش را افزایش دادیم. در جدول۴ مدل متفاوتی که پس از محاسبات ظرفیت و هزینه انتقالشان، به‌وسیله الگوریتم مورد مطالعه اجرا شده‌اند، نشان داده شده است.

هدف از بهینه‌سازی در قالب طراحی زنجیره تأمین به حداقل رساندن هزینه گسترده کل سیستم است. که بر حسب نتایج عددی حاصل شده از اجرای الگوریتم ژنتیک (جداول ۳ و ۴)، به دست آمده است و نحوه بهینه جریان محصولات را در یک شبکه توزیع دوپلکانی شامل ۲ کارخانه، ۵ مرکز توزیع و ۲۰ مشتری را توصیف می‌کند.

[6] Iteration

۵- نتیجه‌گیری

مسئله زنجیره تأمین ارائه شده در این مطالعه شامل دو کارخانه، پنج مرکز توزیع و بیست مشتری است. همان‌طور که در شکل ۱ نشان داده شده، تمام مسیرهای ممکن بین کارخانه‌ها و مراکز توزیع لزوماً در جریان حمل و نقل زنجیره تأمین مورد استفاده قرار نمی‌گیرند. به‌عنوان مثال، کم‌تر از ۵۰ درصد از مسیرهای جریان ممکن در هر مرکز توزیع برای حمل و نقل محصولات بین مراکز توزیع و مشتریان استفاده می‌شود. برای کارخانه شماره یک (K1)، فقط یکی از مسیرهای جریان ممکن برای حمل و نقل محصولات استفاده می‌شود. به عبارت دیگر، انتخاب کارخانه‌ها و مراکز توزیع برای ارسال محصولات بین کارخانه و مراکز توزیع و همچنین بین مراکز توزیع و مشتریان به هزینه انتقال هر واحد محصول وابسته است. این هزینه‌های انتقال متأثر از عوامل بسیاری از جمله محل کارخانه‌ها و مراکز توزیع، روش حمل و نقل محصولات بین آن‌ها و غیره است.

کیفیت کالای انتقال یافته بین مراکز زنجیره تأمین با در نظر گرفتن پارامتر کالای برگشتی در مدل با استفاده از ماتریس زنجیره مارکوف لحاظ شده است و نتایج نشان می‌دهد با در نظر گرفتن کیفیت کالا هزینه انتقال کاهش یافته است. با توجه به تحقیقات و روش‌های انجام گرفته در این پژوهش در پاسخ به سوال این مطالعه مبنی بر این که آیا می‌توان با استفاده از الگوریتم ژنتیک مسئله کانال‌های حمل و نقل در زنجیره تأمین را حل کرد، باید جواب مثبت داد و این موضوع را تأیید کرد که با توجه به نتایج به‌دست آمده شرکت‌ها با یاری جستن از الگوریتم ژنتیک می‌توانند عملیات‌های زنجیره تأمین خود را طراحی، بهینه‌سازی و مدیریت کنند.

۶- منابع

[1]. Zhang, M., Hu, H., & Zhao, X. (2020). Developing product recall capability through supply chain quality management. International Journal of Production Economics, 229, 107795.

[2]. Jafarnejad, C. A. (2002). Development of Strategy in Electronic Supply Chain Management National Conference on Logistics and Supply Chain of Iran.tehran.22-35. (Persian)

[3]. Forouzanfar, F., & Tavakkoli-Moghaddam, R. (2012). Using a genetic algorithm to optimize the total cost for a location-routing-inventory problem in a supply chain with risk pooling. Journal of Applied Operational Research, 4(1), 2-13.

[4]. Mirzaee, H., Nakhaee, A., kamal abadi, E. & zegordy, S.H. (2012). A New Algorithm for Solving the Routing Inventory Problem by Direct Sending. Scientific Research Journal of Production and Operations Management. 7.31-42. (Persian)

[5]. Hong, J., Liao, Y., Zhang, Y., & Yu, Z. (2019). The effect of supply chain quality management practices and capabilities on operational and innovation performance: Evidence from Chinese manufacturers. International Journal of Production Economics, 212, 227-235.

[6]. Modares, A. H. (2004). Comprehensive solution for supply chain transportation planning. the first national conference on logistics and supply chain. tehran.51-63 (Persian)

[7]. Liao, S. H., Hsieh, C. L., & Lai, P. J. (2011). An evolutionary approach for multi-objective optimization of the integrated location–inventory distribution network problem in vendor-managed inventory. Expert Systems with Applications, 38(6), 6768-6776.

[8]. Olivares-Benitez, E., González-Velarde, J. L., & Ríos-Mercado, R. Z. (2012). A supply chain design problem with facility location and bi-objective transportation choices. Top, 20(3), 729-753.

[9]. Bastas, A., & Liyanage, K. (2019). Integrated quality and supply chain management business diagnostics for organizational sustainability improvement. Sustainable Production and Consumption, 17, 11-30.

[10]. Sommerfeld, D., Teucke, M., & Freitag, M. (2018). Identification of sensor requirements for a quality data-based risk management in multimodal supply chains. Procedia CIRP, 72, 563-568.

[11]. Modak, N. M., Modak, N., Panda, S., & Sana, S. S. (2018). Analyzing structure of two-echelon

closed-loop supply chain for pricing, quality and recycling management. Journal of Cleaner Production, 171, 512-528.

[12]. Altiparmak, F., Gen, M., Lin, L., & Paksoy, T. (2006). A genetic algorithm approach for multi-objective optimization of supply chain networks. Computers & industrial engineering, 51(1), 196-215.

[13].Toorajipour, R., Sohrabpour, V., Nazarpour, A., Oghazi, P., & Fischl, M. (2021). Artificial intelligence in supply chain management: A systematic literature review. Journal of Business Research, 122, 502-517.

[14]. Olivares-Benitez, E., Ríos-Mercado, R. Z., & González-Velarde, J. L. (2013). A metaheuristic algorithm to solve the selection of transportation channels in supply chain design. International Journal of Production Economics, 145(1), 161-172.

[15]. Pinto-Varela, T., Barbosa-Póvoa, A. P. F., & Novais, A. Q. (2011). Bi-objective optimization approach to the design and planning of supply chains: Economic versus environmental performances. Computers & Chemical Engineering, 35(8), 1454-1468.

[16]. Xiang, X., Fu, H., Zhou, J., Deng, Y., & Yang, X. (2021). Taboo rate and hitting time distribution of continuous-time reversible Markov chains. Statistics & Probability Letters, 169, 108969.