



توسعه سیستم Milk Run در جمع آوری گالای برگشتی از مشتری و حل به کمک الگوریتم خفاش؛ ص ۱۰۵-۱۱۸

میثم جعفری اسکندری^۱، علی عموزاد خلیلی^۲، محسن دری^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۰/۰۱

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۴/۲۷

چکیده

نقش واحد لجستیک در حرکت به سوی زنجیره تأمین ناب نقشی کلیدی است و مسأله مسیریابی وسایل حمل و نقل یکی از قدیمی‌ترین و معروف‌ترین مسائل مورد بررسی در لجستیک می‌باشد که به دلیل کاربردهای فراوان، همچنان مورد توجه پژوهشگران قرار دارد. یکی از مهم‌ترین و معروف‌ترین ابزارهای تحقق لجستیک ناب، بکارگیری از سیستم ترابری یکپارچه توزیع شیر^۴ است. در این پژوهش مدل سیستم milk run برای کالاهای برگشتی توسعه داده شده است. از آنجاکه مدل ایجاد شده از نوع ان. پی. سخت^۵ است، لذا برای حل آن از الگوریتم فرا ابتکاری خفاش استفاده کردیم و نتایج مقایسه آن با الگوریتم ژنتیک، کارایی مدل در کمینه‌سازی هزینه و زمان را تأیید نمود.

واژگان کلیدی: کلمات کلیدی: لجستیک معکوس، سیستم Milk Run، برگشتی محصولات، الگوریتم خفاش

۱- استاد یار گروه مهندسی صنایع دانشگاه پیام نور تهران- ایران

۲- کارشناس ارشد مهندسی صنایع دانشگاه پیام نور واحد عسلویه- ایران

۳- دانشجوی دکتری مهندسی صنایع مرکز تحقیقات تکمیلی دانشگاه پیام نور تهران- ایران

مقدمه و بیان مسأله

نقش واحد لجستیک در حرکت به سوی زنجیره تأمین ناب نقشی اساسی است، باین وجود محقق شدن تفکر ناب در یک سازمان دشوارتر از آن چیزی است که ممکن است در ابتدا به نظر برسد. باینکه بسیاری از راهبردهای ناب که در داخل یک کارخانه اتخاذ می‌شود، برای واحد تولید کارخانه معقول و موجه به نظر می‌رسد، اما راهبردهای لجستیکی که در پی تولید ناب واقع شده‌اند، متناقض با اهداف عملیات لجستیکی به نظر می‌رسند (کریستوفر، ۱۹۹۸). همچنین امروزه با توجه به اهمیت کاهش هزینه‌ها و اطمینان بخشی به تضمین کالا، لزوم طراحی یک شبکه یکپارچه ارسال کالا و جمع آوری کالاهای بازگشتی از اهمیت بسزایی برخوردار است. از این رو در تحقیق حاضر ما به طراحی یک شبکه یکپارچه خواهیم پرداخت.

اولین گام جهت همراستا سازی لجستیک با اهداف ناب، به دست گرفتن کنترل شبکه تأمین از سازندگان و قابل‌رؤیت ساختن آن است. بدون رؤیت پذیری و کنترل، شبکه ناب دست‌نیافتنی و غیر ممکن خواهد بود. پیاده‌سازی لجستیک ناب اغلب نیازمند تغییر مسیرها و روش‌های حمل و همچنین اصلاح زمان‌بندی ترابری است و اگر مدیریت ناوگان حمل همچنان به عهده تأمین‌کنندگان باشد، انجام تغییرات مذکور به مراتب مشکل‌تر خواهد بود. هدف لجستیک ناب حذف ضایعات، فعالیت‌های بدون ارزش افزوده موجود در حرکت جریان ارزش در سراسر زنجیره تأمین است. یک زنجیره تأمین ناب می‌تواند از طریق رویکردهای لجستیک ناب و فناوری اطلاعات، سطح موجودی را کاهش دهد، مدت زمان ارسال را کوتاه کند، هزینه‌ها را کاهش دهد، کیفیت را بهبود دهد و در نهایت رضایت مشتری افزایش یابد. سیستم Milk Run با کاهش هزینه‌های ترابری و در نهایت هزینه‌های کل سیستم به دستیابی به لجستیک ناب کمک می‌کند. ژبانگ و همکاران (۲۰۱۵) اقدام به باز طراحی زنجیره تأمین معکوس برای زباله‌های پلاستیکی تحت تأثیر مسائل زیست محیطی و ارائه به مدل برنامه ریزی عدد صحیح نمودند و در این راستا به بررسی انتقال زباله‌های پلاستیکی از اروپا به چین پرداختند. بنتز^۱ در سال (۲۰۱۵) لجستیک معکوس را در زمان پاکسازی ظروف غذایی سربازان به صورت نظری بررسی کرد و گام‌های دستیابی به بهینه سازی را معرفی کرد. گالوز و همکاران^۲ (۲۰۱۵) به طراحی شبکه لجستیک معکوس با رویکرد مرحله ای در نیروگاه بیوگاز پرداختند که برای ارزیابی از یک فرایند تحلیل

1-Bentz

2-Galvez et al.

سلسله مراتبی استفاده گردید. یانیک^۱ (۲۰۱۵) به بررسی رویکرد جامع برای پیش بینی مقدار بازگشتی محصولات و مدل سازی ترابری در شرایط ریسک پرداخت. کایناک^۲ و همکاران (۲۰۱۴) نقش لجستیک معکوس در مفهوم مراکز لجستیک را بررسی کردند و موانع مواجهه در اتخاذ لجستیک معکوس از دو زاویه اقتصادی و محیط زیستی را مورد مطالعه و بررسی قرار دادند. کاراگول و همکاران^۳ (۲۰۱۴) به بررسی برنامه ریزی سیستم‌های لجستیک معکوس با توجه به اهداف زیست محیطی، اقتصادی و اجتماعی پرداختند. جین و همکاران^۴ (۲۰۱۱) نیز یک سیستم بازتولیدی را مدل کرده که کالاهای بازگشتی دارای کلاسهای مختلفی از تقاضاهای مشتریان هستند. در این تحقیق فرآیند کالاهای برگشتی دارای فرآیند پواسون مرکب فرض شده است. چینگ و همکاران^۵ (۲۰۰۷) یک سیستم هیبرید تولید-بازتولید را بررسی نموده که در آن دو نوع موجودی برای مدیریت و کنترل در سیستم وجود دارد: کالای بازگشتی و کالای قابل سرویس که محصولات قابل سرویس با سیاست کنترل موجودی مدیریت می‌شوند. فرض شده است که تقاضا و کالاهای بازگشتی از توزیع پواسون پیروی می‌کنند. کارآموزیان و همکاران^۶ (۲۰۱۰) با استفاده از شبکه صف، یک تسهیل ساخت دوباره که ایستگاههای کاری مختلف داشته را مدل و تحلیل کرده‌اند. گواید و همکاران^۷ (۲۰۰۸) یک مدل تحلیلی تصمیم سازی برای بهینه سازی برای بازگشتهای محصول ارائه نموده و یک سیاست دو مرحله‌ای پیشنهاد دادند. در اولین مرحله، زمان پردازش تصادفی محصول بازگشتی مورد توجه قرار می‌گیرد، در دومین مرحله، در ارتباط با آرایش بهینه تصمیم‌گیری می‌شود. اگر زمان پردازش بزرگتر ارائه شود، مطالعه عددی نشاندهنده برتری سیاست پیشنهادی نسبت به شرایط فعلی صنایع با چشم پوشی از ارزش زمانی پول است. ما در این تحقیق، مدل ارائه‌شده توسط گواید و همکاران (۲۰۰۸) را به یک زنجیره تأمین دوسطحی تصمیم دادیم و مقدار حداکثر سقف موجودی را مورد بررسی قرار دادیم. هریسن^۸ (۱۹۷۵) این موضوع را با این فرض بررسی کرد که محصولات بازگشتی به کلاسهای مختلف بر اساس زمان بازتولیدی تقسیم می‌شوند و درآمد ثابت و مقدار ارزش اسقاطی محصولات رده‌شده در

1-Yanic

2-Kynak et al.

3-karagul et al.

4-Jin et al.

5-Ching et al.

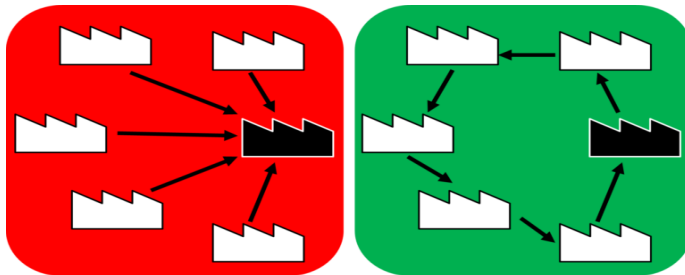
6-Karamouzian et al.

7-Guide et al.

8-Harrison

مرحله بازرسی، صفر در نظر گرفته شده است، ولی سیستم موجودی را در نظر نگرفته و یک حالت معمولی را مورد بررسی قرار داده است.

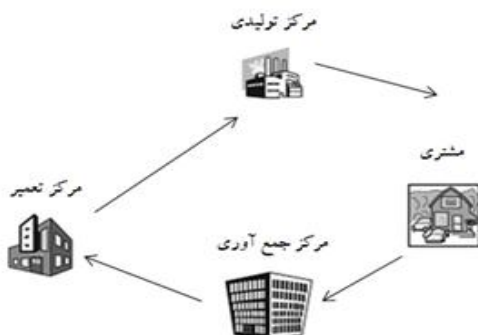
یکی از مهم‌ترین و معروف‌ترین ابزارهای تحقق لجستیک ناب، سیستم Milk Run است. نام این سیستم برگرفته از سیستم سنتی فروش شیر در غرب است که در آن فروشنده شیر با گاری دستی خود در یک مسیر مشخص خانه‌های مشتریان را با یک توالی خاص می‌پیمود و با تحویل شیشه‌های پر از شیر به مشتریان خود، شیشه‌های خالی قبلی را از آن‌ها تحویل می‌گرفت. این سیستم در صنایع متنوعی پیاده‌سازی شده و شرکت‌های خودروسازی دنیا از مهم‌ترین مشتری‌های این سیستم بوده و هستند (دوتی و همکاران، ۲۰۰۷).



شکل ۱ سیستم Milk Run در مقایسه با انتقال مستقیم

سیستم Milk Run تعیین می‌کند که چه نوع وسیله حملی در چه زمانی باید از کارخانه خارج شود و باید چه مسیری را بپیماید و در این مسیر بایستی به چه سازندگانی در چه زمانی برسد و از هرکدام از قطعات آن‌ها به چه میزان دریافت نماید (و پالت خالی معادل را تحویل دهد) و در چه زمانی مجدداً به کارخانه بازگردد. هدف از توسعه این سیستم در لجستیک معکوس در واقع پیاده‌سازی این مدل در جهت عکس است. به عبارت دیگر تعیین می‌کند وسیله حمل در چه زمانی از مرکز جمع‌آوری خارج شود، چه مسیری را بپیماید، چه میزان کالای برگشتی را دریافت نماید و در چه زمانی مجدداً به کارخانه بازگردد.

مدیریت زنجیره تأمین و لجستیک می‌تواند نقش مهمی در کاهش هزینه‌ها داشته باشد. متخصصین لجستیک کل هزینه‌های لجستیک را معادل با مجموع هزینه‌های حمل، هزینه‌های نگهداری موجودی و هزینه‌های مدیریت سازندگان می‌دانند که معمولاً بیشتر این هزینه‌ها شامل هزینه‌های لجستیک روبه‌جلو است، درحالی‌که هزینه‌های حمل‌ونقل در شبکه لجستیک معکوس و کالاهای برگشتی حجم قابل توجهی از هزینه‌ها را شامل می‌شود.



شکل ۲ مدل پیشنهادی جمع‌آوری کالای برگشتی از مشتری

در این زمینه تحقیقات گسترده‌ای در زمینه‌های مختلف سازمان‌های گوناگون وجود دارد که برخی از این پژوهش‌ها به شرح زیر است. باورساکس^۱ (۲۰۰۲) سیستم milk run را در تأمین‌کننده کارخانه تولیدی ارائه داد. محمت و همکاران^۲ (۲۰۰۴) اصولی برای سیستم تدارکات ارائه دادند. نوجیری^۳ (۲۰۰۵) نشان داد سیستم milk run باعث افزایش کارایی و بهره‌وری کارخانجات مونتاژ خودرو در مقیاس نسبتاً کوچک می‌شود. ژیو^۴ (۲۰۰۳) سیستم milk run را برای تأمین‌کنندگان شخص ثالث معرفی کرد. لین و همکاران^۵ (۲۰۱۰) یک سیستم زمان‌بندی اعزام خودرو برای تحکیم سیستم milk run ارائه دادند. راجمن و همکاران^۶ (۲۰۰۹) برای کاهش هزینه مسأله حمل‌ونقل از سیستم milk run استفاده کردند. مایکل و همکاران^۷ (۲۰۰۹) بررسی کردند که چگونه موجودی حمل‌ونقل برای خطوط تولید منحصربه‌فرد می‌تواند توسط سیستم milk run بهینه شود. چن و همکاران^۸ (۲۰۰۹) اقدام به انتشار یک مدل بهینه‌سازی هزینه برای سیستم milk run کردند. همکاران^۹ (۲۰۱۲) یک رویکرد برنامه‌ریزی به وسیله سیستم milk run در کارخانه برای بهینه‌سازی ارائه مواد در دستگاه‌های مونتاژ را ارائه کردند. گیولای و

1 -Boversox

2 -Mehmet et al.

3 -Nojiri

4 -xu

5 -Lin et al.

6 -Rachman et al.

7 -Michael et al.

8 -chen et al.

9 -Droste et al.

همکاران^۱ (۲۰۱۳) رویکرد استفاده از milk run در لجستیک ارسال از کف بررسی کردند. آلتناهل و نوچ^۲ (۲۰۱۴) ظرفیت برنامه‌ریزی در کارخانه را به وسیله سیستم milk run بررسی کردند. کلنک و همکاران^۳ (۲۰۱۵) راهبردهای عملیاتی برای اجرای سیستم milk run ارائه دادند.

روش‌شناسی و ارائه مدل

مدل Milk Run در کالای برگشتی

در این بخش به مدل‌سازی سیستم Milk Run می‌پردازیم. متغیرهای مطرح در تابع هدف و قیدهای مدل Milk Run عبارت‌اند از:

X_{tkpj} : در لحظه t ، با وسیله حمل k ، از مشتری j ، تعداد p محصول برگشتی آورده شود (متغیر عدد صحیح)

V_k : حجم کامیون شماره k

$$y_{tkij} : \begin{cases} 1 & \text{if } x_{tkpj} > 0 \\ 0 & \text{if } x_{tkpj} = 0 \end{cases}$$

C_{pi}^{\min} : حداقل موجودی محصول برگشتی p در مرکز جمع‌آوری i

V_p^{PL} : حجم پالت محصول برگشتی p

U_{tp} : مصرف محصول برگشتی p (برای مراکز احیاء و انهدام) در لحظه t (مصرف قطعه‌ام p در هر ساعت ثابت فرض می‌شود)

X_{tpi}^M : باقیمانده محصول برگشتی p در انتهای ساعت t ام در مرکز جمع‌آوری i

H_{pi} : هزینه نگهداری هر پالت محصول برگشتی p در مرکز جمع‌آوری i در هر ساعت

C_{kij} : هزینه انتقال کامیون شماره k از مرکز جمع‌آوری i به مشتری j

γ_{pj} : سهم مشتری j از محصولات برگشتی p در طول بازه زمانی مورد بررسی برای تحلیل مدل

1 -Gyulai et al.

2 -Alnahhal and Noche

3 -Klank et al.

C' : هزینه ثابت بابت توقف وسیله حمل در انبار مشتری (برای تمام تأمین‌کننده یکسان در نظر گرفته می‌شود)

Cf_{pji} : هزینه حمل یک واحد محصول برگشتی p از مرکز مشتری j به مرکز جمع‌آوری i

r_{jp} : مقدار محصول برگشتی نوع P از مرکز مشتری j

مسأله Milk Run را می‌توان به صورت زیر مدل‌سازی نمود:

$$\min \sum_t \sum_k \sum_i \sum_j [C_{kij} + C'] Y_{tkij} + \sum_t \sum_p H_p \times X_{tp}^M + \sum_i \sum_j \sum_p cf_{pji} \cdot X_{itpj} \quad (1)$$

St:

$$\sum_{i \in I} X_{itpj} = r_{jp} \quad \forall (p, j) \quad (2)$$

$$\sum_i \sum_t X_{itpj} = \gamma_{pj} \quad \forall (p, j) \quad (3)$$

$$X_{tp}^M \geq c_p^{\min} \quad \forall (t, p) \quad (4)$$

$$X_{tp}^M = \sum_k \sum_j X_{tkpj} + X_{(t-1)p}^M - U_{tp} \quad \forall (t, p) \quad (5)$$

$$\sum_k \sum_j Y_{tkij} \leq 1 \quad \forall i \geq 2, \forall t \quad (6)$$

$$\sum_k \sum_i Y_{tkij} \leq 1 \quad \forall j \geq 2, \forall t \quad (7)$$

$$\sum_j Y_{tk1j} \leq 1 \quad \forall (t, k) \quad (8)$$

$$\sum_i Y_{tki1} \leq 1 \quad \forall (t, k) \quad (9)$$

$$\sum_i Y_{tkiq} = \sum_j Y_{tkqj} \quad \forall (t, k), \forall q > 1 \quad (10)$$

$$\sum_{i \in S} \sum_{j \in S} Y_{tkij} \leq |S| - 1 \quad S \subseteq \{2, 3, \dots, KT\} \quad \forall (t, k) \quad (11)$$

$$X_{tkpj} \leq M \times \sum_i Y_{tkij} \quad \forall (t, k, p, j) \quad (12)$$

مطالعه موردی

شرکت سهامی وزنه یکی از شرکت‌های وابسته به گروه توسعه اقتصادی ماموت می‌باشد. این شرکت با بیش از ۴۷ سال سابقه، مجری ساخت انواع جرثقیل، تجهیزات کارخانجات از قبیل دستگاه‌های نقاله، فیدر، بالابر و دستگاه‌های شن و ماسه می‌باشد. این شرکت دارای سیستم یکپارچه

برنامه ریزی منابع انسانی^۱ تحت لیسانس ساپ^۲ آلمان و نماینده انحصاری شرکت جی.اس.ای^۳ اسپانیا است. و ساخت، مونتاژ، نصب و خدمات پس از فروش در شرکت وزنه انجام می‌گیرد. مشخصات مسائل نمونه و فواصل شهرها به ترتیب در جدول یک و دو نمایش داده شده است.

جدول ۱ مشخصات مسائل نمونه در شرکت سهامی وزنه

ردیف	تعداد مرکز جمع آوری	تعداد مراکز برگشتی	تعداد مشتری
۱	۵	۲	۱۰
۲	۵	۳	۱۵
۳	۱۰	۴	۳۰
۴	۱۰	۵	۳۵
۵	۱۵	۶	۴۵
۶	۲۰	۷	۵۰
۷	۲۰	۸	۵۵
۸	۳۰	۸	۶۵
۹	۳۵	۹	۷۵
۱۰	۴۰	۱۰	۸۰
۱۱	۴۵	۱۵	۹۰
۱۲	۵۰	۲۰	۹۰

جدول ۲ فواصل شهرهای مورد نظر از مرکز تولید

شهر	فاصله	شهر	فاصله	شهر	فاصله	شهر	فاصله
۱	۵۸۳	۷	۲۷۰	۱۳	۲۷۹	۱۹	۱۰۳۷
۲	۵۴۶	۸	۴۸۶	۱۴	۹۳۴	۲۰	۹۱۲
۳	۷۵۳	۹	۱۰۳۴	۱۵	۱۳۲۹	۲۱	۱۶۷۴
۴	۱۳۷۴	۱۰	۴۳۷	۱۶	۳۰۷	۲۲	۳۵۹
۵	۱۲۶۸	۱۱	۳۵۰	۱۷	۱۱۴	۲۳	۱۰۷۸
۶	۸۰۶	۱۲	۱۴۰۰	۱۸	۱۰۶۵	۲۴	۷۱۷

1. Enterprise resource planning (ERP)

2. SAP

3. G.S.A

حل شبکه با استفاده از الگوریتم خفاش

از آنجاکه شبکه پیشنهاد شده نهایی تحقیق از نوع NP-HARD است که زمان حل آن با افزایش ابعاد مسئله به سرعت زیاد می‌شود و از این رو برای حل مدل در ابعاد بزرگ باید از روش‌های ابتکاری یا فرا ابتکاری استفاده شود لذا برای آن که همزمان حل کاهش یابد و هم هزینه نهایی مدل کمینه گردد، بر آن شدیم تا مدل را با الگوریتم خفاش مدل را حل کنیم.

الگوریتم خفاش الگوریتمی برگرفته شده از طبیعت جهت حل بسیاری از مسائل بهینه‌سازی است که بر اساس رفتار انعکاس صدای گروهی از خفاش‌ها در سال ۲۰۱۰ توسط یانگ بنا نهاده شد (یانگ^۱ ۲۰۰۸ و ۲۰۱۰). هر خفاش از بلندی صدا و فرکانس مخصوص به خود استفاده می‌کند و برای یافتن غذا ابتدا از شدت صوت بالا و فرکانس کم شروع کرده و با توجه به اینکه فرق بین غذا و موانع را می‌داند در هر مرحله وقتی بعد غذا نزدیک تر می‌شود شدت صدا را کاهش داده و فرکانس را افزایش می‌دهد. این رفتار انعکاسی خفاش‌ها با فرض‌های زیر می‌تواند برای حل مسائل بهینه‌سازی مدل سازی شود:

۱. همه خفاش‌ها از انعکاس صدا برای تعیین فاصله استفاده می‌کنند.

۲. پرواز خفاش‌ها به صورت تصادفی با سرعت V_i و در مکان X_i با فرکانس ثابت f_{min} ، طول موج مختلف λ و بلندی صدا A_0 برای جستجوی طعمه صورت می‌گیرد، خفاش‌ها می‌توانند به طور خودکار طول موج (یا فرکانس) امواج پخش شده خود را تنظیم کنند، نرخ امواج انتشار (R_i) را با توجه به نزدیکی هدف خود تنظیم کنند. نرخ موج می‌تواند در بازه صفر و یک باشد که صفر یعنی هیچ موجی اصلاً وجود ندارد و یک یعنی بیشترین نرخ انتشار موج به کار برده گرفته شده است.

۳. فرض می‌کنیم که بلندی صدا از A_0 با (مقادیر بزرگ) مثبت به مینیمم مقدار ثابت (A_{min}) قابل تغییر است. به طور کلی فرکانس f در محدوده $[f_{min}, f_{max}]$ متناظر با بازه طول موج $[\lambda_{min}, \lambda_{max}]$ قرار دارد. نحوه تغییر مکان‌ها و سرعت‌ها را در یک جستجوی مرحله‌ای به صورت زیر مشخص می‌شود. راه‌حل‌های جدید در بازه زمانی T به صورت زیر به دست می‌آیند.

$$f_i = f_{min} + (f_{max} - f_{min})\beta$$

$$V_i^t = V_i^{t-1} + (X_i^t - X_*)f_i$$

$$X_i^t = X_i^{t-1} + V_i^t$$

که در آن X_i^t و V_i^t به ترتیب مکان و سرعت خفاش i ام در لحظه t V_i^{t-1} سرعت همان خفاش در لحظه قبل و β یک بردار تصادفی با توزیع یکنواخت در بازه $\{0,1\}$ است. X^* بهترین مکان (راه حل) کلی است که پس از مقایسه تمام راه حل ها در میان n خفاش مکان یابی شده است. برای جستجوی محلی نیز، یک راه حل از بین بهترین راه حل های فعلی انتخاب می شود. راه حل جدید برای هر کدام از خفاش ها با استفاده از روش قدم زدن تصادفی به صورت محلی طبق رابطه زیر تولید می شود:

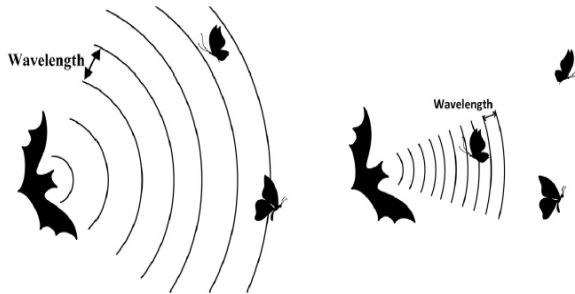
$$X_{new} = X_{old} + (X^* - X_{old})\varepsilon A^t$$

که در آن $\varepsilon \in [-1,1]$ یک عدد تصادفی است و $A^t = \langle A_i^t \rangle$ میانگین بلندی صوت تمام خفاش ها در این گام زمانی است. به ازای هر پالس، بلندی A_i^t و رتبه انتشار موج r_i نیز در هر دوره تکرار باید تغییر کنند.

$$A_i^{t+1} = \alpha A_i^t$$

$$r_i^{t+1} = r_i^0 (1 - e^{-\gamma})$$

که در آن α و γ مقادیری ثابت اند. به ازای هر $0 < \alpha < 1$ و $\gamma > 0$ با افزایش مقدار A_i^t به صفر و r_i^{t+1} به r_i^0 میل می کند.



شکل ۳ طول موج زیاد با بسامد کم در مقایسه با طول موج کم و بسامد زیاد

بحث و نتیجه گیری

برای حل مسائل از نوت بوکی با چهار گیگابایت رم و i core ۵ cpu ، ۲/۵ گیگاهرتز استفاده شده است. جدول یک نتایج حل مدل کدنویسی شده در نرم افزار متلب بر اساس الگوریتم خفاش را نشان می دهد:

جدول ۳ نتایج حل مسائل نمونه با الگوریتم خفاش

تعداد		زمان (f)	حل مدل		
مشتری	برگشتی		تعداد تکرار	الگوریتم خفاش	زمان حل (ثانیه)
۲	۵	۵	۵۰	۳.۴e+۴	۹/۱۳۶
۲	۵	۱۰	۵۰	۶.۸e+۴	۹/۳۸۰
۳	۱۰	۱۵	۱۰۰	۳۱e+۴	۱۹/۳۵۲
۳	۱۰	۲۰	۱۰۰	۳۹e+۴	۱۹/۷۱۱
۴	۱۵	۳۰	۲۰۰	۱۲۷e+۴	۳۶/۹۴۶
۴	۱۵	۴۰	۲۰۰	۲۶۸e+۴	۳۸/۹۴۷
۵	۲۰	۶۰	۳۰۰	۳۷۳e+۴	۷۳/۹۰۳
۵	۲۰	۸۰	۳۰۰	۴۸۷e+۴	۷۴/۳۳۱
۶	۲۵	۱۵۰	۴۰۰	۱۰۶e+۵	۱۵۱/۰۵۳
۶	۲۵	۲۰۰	۴۰۰	۱۲۵e+۵	۱۵۳/۹۸۴
۷	۳۰	۲۸۰	۵۰۰	۲۵۲e+۵	۳۲۰/۱۷۹
۷	۳۰	۳۵۰	۵۰۰	۲۸۷e+۵	۳۲۴/۰۲۴

برای اثبات کارایی مدل و الگوریتم ارائه شده در فصل چهار نیازمند یک سنجش هستیم، لذا بر آن شدیم تا با حل مدل علاوه بر الگوریتم پیشنهادی تحقیق (الگوریتم خفاش) با الگوریتم ژنتیک نیز مدل را یکبار حل کنیم، در ادامه حل مدل بر اساس دو الگوریتم ژنتیک و خفاش طی جدول چهار ارائه می‌گردد.

جدول ۴ مقایسه نتایج حاصل از اجرای مدل در حالت‌های مختلف

تعداد		زمان (f)	حل مدل				
مشتری	برگشتی		تعداد تکرار	الگوریتم ژنتیک	زمان حل (ثانیه)	الگوریتم خفاش	زمان حل (ثانیه)
۲	۵	۵	۵۰	۳.۶e+۴	۹/۳۲۸	۳.۴e+۴	۹/۱۳۶
۲	۵	۱۰	۵۰	۶.۹e+۴	۹/۴۵۹	۶.۸e+۴	۹/۳۸۰
۳	۱۰	۱۵	۱۰۰	۳۳e+۴	۲۱/۴۳۱	۳۱e+۴	۱۹/۳۵۲
۳	۱۰	۲۰	۱۰۰	۴۲e+۴	۲۱/۹۷۲	۳۹e+۴	۱۹/۷۱۱
۴	۱۵	۳۰	۲۰۰	۱۳۱e+۴	۳۸/۴۳۸	۱۲۷e+۴	۳۶/۹۴۶
۴	۱۵	۴۰	۲۰۰	۲۷۵e+۴	۴۰/۲۱۳	۲۶۸e+۴	۳۸/۹۴۷
۵	۲۰	۶۰	۳۰۰	۳۷۸e+۴	۷۵/۲۴۰	۳۷۳e+۴	۷۳/۹۰۳
۵	۲۰	۸۰	۳۰۰	۴۹۴e+۴	۷۶/۳۳۴	۴۸۷e+۴	۷۴/۳۳۱
۶	۲۵	۱۵۰	۴۰۰	۱۱۴e+۵	۱۵۲/۱۲۴	۱۰۶e+۵	۱۵۱/۰۵۳
۶	۲۵	۲۰۰	۴۰۰	۱۳۵e+۵	۱۵۴/۳۳۸	۱۲۵e+۵	۱۵۳/۹۸۴
۷	۳۰	۲۸۰	۵۰۰	۲۶۱e+۵	۳۲۱/۰۲۴	۲۵۲e+۵	۳۲۰/۱۷۹
۷	۳۰	۳۵۰	۵۰۰	۲۹۶e+۵	۳۲۵/۷۰۲	۲۸۷e+۵	۳۲۴/۰۲۴

آنچه از این جدول حاصل می‌گردد آن است که اگرچه با افزایش ابعاد مسئله زمان رسیدن به جواب بهینه افزایش می‌یابد اما این میزان در الگوریتم خفاش بیانگر زمان حل کمتر و جوابی بهینه‌تر است که نشانگر کارایی مدل و رویکرد حل آن می‌باشد.

در این پژوهش مدل سیستم **milk run** برای کالاهای برگشتی توسعه داده شد و در ادامه مدل مذکور از طرق الگوریتم خفاش حل گردید که قیاس آن با حل از طریق الگوریتم ژنتیک گویای کارایی مدل در کمینه‌سازی هزینه و زمان حل مسئله است. مدیریت جریان معکوس هر محصول توانایی مهمی برای هر شرکت است. لجستیک معکوس و ادغام آن با مسائل حمل‌ونقل در یک منطقه رو به رشد به‌عنوان یک مزیت رقابتی و راهبردی در آن منطقه مطرح می‌شود و برای مدت طولانی در چرخه عمر محصول پاسخگوی نیازهای در حال تغییر لجستیک و بازگشتی‌ها است. به‌عبارت‌دیگر لجستیک معکوس قلب حیاتی سیستم‌های تولیدی نوین چه از لحاظ فنی و چه از لحاظ زیست‌محیطی است. لجستیک معکوس زندگی پس از مرگ محصولات و قطعات قابل بازگشت در چرخه تولیدی محسوب می‌شود. از این رو توجه به آن وسیله‌ای برای کاهش هزینه‌های سازمان است. سیستم **milk run** روشی کارآمد جهت پاسخگویی سریع به تغییرات سریع فناوری با استفاده از وسایل ترابری مناسب و استفاده کامل از ظرفیت‌های سیستم توزیعی و بهبود کارایی زنجیره تأمین می‌باشد.

اگرچه در این تحقیق سعی بر ارائه یک مدل جدید لجستیک معکوس شده است ولی آنچه مسلم است در همین حوزه مورد پژوهش نیز ابعادی وجود دارد که در اینجا به کار گرفته نشده است، لذا پیشنهاد می‌گردد برای بررسی‌های بعدی علاوه بر موارد بررسی شده در مدل از طریق الگوریتم‌های فراابتکاری بهینه و جدیدتر، مواردی چون.

- ۱- در نظر گرفتن چند هدف همزمان
- ۲- در نظر گرفتن عدم قطعیت در عرضه و تقاضا
- ۳- در نظر گرفتن هزینه‌های زیست محیطی در لجستیک پیشرو همزمان با لجستیک معکوس
- ۴- بررسی عدم قطعیت، همزمان در مواردی علاوه بر محصولات برگشتی همچون عرضه و تقاضا نیز مورد بررسی قرار گیرند.
- ۵- بررسی رویکرد پایدار و استوار برای مدل مورد نظر.

منابع

- Alnahhal, M. and Noche, B. (2014): Capacity planning in in-plant milk run system. *Int Journal of Service and Computing Oriented Manufacturing*, 1 (3), pp. 197–210.
- Bentz, B, Reverse logistics: time to clean up the mess, *Logistics management*, 2015
- Bowersox D. J., Copper M. B., and Closs, D. J., “Supply Chain Logistics Management”, McGraw Hill Publishers, 2002.
- Chen J., and Shuaiying, “A Cost Optimization Model Based on the Milk Run System for the Three-Level Supply Chain”, *Journal of WUT (Information and Management Engineering)*, 2009, Vol. 31, pp. 838-842.
- Ching Wai-Ki, Tang Li and Jung-Gong XUE (2007). “On hybrid remanufacturing systems a matrix geometric approach.” *International Conference on Industrial Engineering and Systems Management*, May30- June2, Beijing-China.
- Christopher, M.G., 1998, "Logistics and Supply Chain Management; strategies for reducing costs and improving services", London: Pitman Publishing.
- Droste, M. and Deuse, J. (2012). A planning approach for in-plant milk run processes to optimize material provision in assembly systems. *4th International Conference on Changeable, Agile, Reconfigurable and Virtual Production (CARV2011)*, Montreal, Canada
- Du T, Wang F K, Lu P., 2007, "A real time vehicle-dispatching system for consolidating milk runs", *Transportation Research Part E* 43: pp.565-577.
- Eva Klenk. Stefan Galka. Willibald A. Günthner. (2015), *Operating Strategies for In-Plant Milk Run Systems*, International Federation of Automatic Control
- Galvez, D, auguste rakotond, Laure morel, Reverse logistics network design for biogas plant, *Journal of manufacturing systems*, 2015,
- Guide Jr, V.D.R. Daniel, E. D. Gunes, G. C. Souza, L. N. Van Wassenhove (2008). “The Optimality Disposal Decision for Product Returns.” *Operation Management Research*, 1. PP. 6-14.
- Gyulai, D., Pfeiffer, A., Sobotka, T. and Vancza, J. (2013). Milkrun vehicle routing approach for shop-floor logistics. *Procedia CIRP* 7, pp. 127–132.
- Harrison, M (1975). “Dynamic scheduling of a multiclass queue: Discount optimality.” *Operational Research*, 23. PP. 270–282.
- Jin, X., Ni, J., and Koren, Y. (2011). “Optimal control of reassembly with variable quality returns in a product remanufacturing system.” *CIRP Annals - Manufacturing Technology*. 60. PP. 25–28.
- Karagul, H., and Albayrakoglu, M. M., “Selecting a Third-Party Logistics Provider For an Automotive Company: An Analytic Hierarchy Process Model”, 2007.

Karamouzian, A. Teimoury, E. and Modarres, M. (2010). "A model for admission control of returned products in a remanufacturing facility using queuing theory." Int J Adv Manuf Technol DOI 10.1007/s00170-010-2933-7.

Kaynak, R., the role of reverse logistics in the concept of logistics center, 2nd world conference on business and management, 2014

Lin Y., and Cha C., "Inventory-Transportation Integrated Optimization Based on Milk Run Model", International Conference on E-Business and E-Environment, 2010.

Mehmet, G., and James, H. B., "Cross-Docking and its Implications in Location Distribution Systems", Journal of Business Logistics, Vol. 25, No. 2, 2004, pp. 221 - 232.

Michael, M., and Claudia, N., "A Report on the Current Event on the WMS Market", WMS Market Overview, 2009.

Nojiri, W., "Distribution of New Publication Japan Distribution Transportation and Space Structure", 2005

Rachman, A., Dhini, A., and Mustafa, N., "Vehicle Routing Problems With Differential Evolution Algorithm To Minimize Cost", The 20th National Conference of Australian Society for Operations Research & the 5th international intelligent logistics system conference, 2009.

Xu, Q. H., "Milk Run Practice and Application about Cycle Pick Up Model in Shanghai GM (J) Automotive Accessories", 2003.

Yang, X.S. (2008) Nature-inspired metaheuristic algorithms, 1st Edition, Luniver Press.

Yang, X.S. (2010) a new metaheuristic bat-inspired algorithm, in: Nature Inspired Cooperative Strategies for Optimization, NISCO 2010, Studies in Computational Intelligence, Springer Berlin.

Yang, X.S. (2011) Bat algorithm for multi-objective optimization, International Journal Bio Inspired Computation.

Yanik, S., Reverse logistics network design under the risk of hazardous materials transportation, Logistics management, 2015