International Journal of Industrial Engineering & Production Management (2017)

September 2017, Volume 28, Number 2
Pp 219 - 226

http://IJIEPM.iust.ac.ir/

Vehicle Routing Problem for Perishable Products Distribution with Allocation of Labor Force in Routes

Ahmad Makui*, Mehdi Bashiri & Elham Samadpour

Ahmad Makui, *Department Industrial Engineering. University of Science & Technology.*
Mehdi Bashiri, *Department Industrial Engineering. Shahed University.*
Elham Samadpour, *Department of Industrial Engineering, University of Science & Technology.*

Keywords

Vehicle Routing,
Perishable Product,
Quality,
Driver Assistance,
Serviceman.

ABSTRACT

Nowadays distribution of perishable products has a high importance and loss of their quality makes much expenditures. Therefore, in this paper, an integrated model is presented for distribution of perishable goods for determining vehicle routing decisions. The model will decide about the driver and an assistance with their necessary skills. The aim of this model is to find optimal route for assigned vehicles to each distribution center to serve all of customers. Some numerical examples are illustrated and the results show that the proposed model can be used for optimal decisions of perishable products.

© 2017 IUST Publication, IJIEPM Vol. 28, No. 2, All Rights Reserved

Archive of SID

www.SID.ir

نشـــریه بین المللـــی مهنـــدسی صنـــایع و مدیـــریت تولیـــد

شمـــاره ۲، جلـــد ۲۸، تابستان ۱۳۹۶
صفحـــه ۲۲۰ - ۲۲۶

نشریه بین المللی مهندسی صنایع و مدیریت تولید دانشگاه علم و صنعت ایران

ISSN: 2008-4870

http://IJIEPM.iust.ac.ir/

مسیریابی وسایل نقلیه برای توزیع کالاهای فسادپذیر با برنامه‌ریزی تخصیص نیروی انسانی در مسیرها

احمد ماکوئی*، مهدی بشیری و الهام صمدپور

کلمات کلیدی

مسیریابی،
کالاهای فسادپذیر،
کیفیت،
کمک راننده،
نیروی خدماتی.

چکیده:

توزیع سریع کالاهای فسادپذیر امروزه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار بوده و از میان رفتن کیفیت این محصولات هزینه‌های بسیاری را ایجاد می‌کند. بدین منظور، در این تحقیق مدلی برای توزیع کالاهای فسادپذیر ارائه می‌شود که در آن تصمیمات مسیریابی برای توزیع این کالاها اتخاذ می‌گردد، از طرفی در صورت ضرورت، تنها امکان اعزام یک نفر به همراه راننده وجود دارد که این فرد یا کمک‌راننده یا نیروی خدماتی یا فردی دیگر با هر دو مهارت می‌باشد. در واقع هدف اصلی مدل، یافتن مسیرهایی برای وسائل نقلیه است که در آن تمامی مشتریان کالا را دریافت کنند؛ در عین حال تعداد وسایل تخصیص داده شده به مرکز توزیع و میزان تغییر کیفیت، زمان تحویل کالا به هر مشتری و لزوم بکارگیری کمک راننده یا نیروی خدماتی یا فردی با هر دو مهارت تعیین می‌گردد. نتایج نشان می‌دهد که مدل ارائه شده می‌تواند جهت تصمیم‌گیری بهینه برای توزیع کالاهای فسادپذیر بکارگرفته شود.

۱. مقدمه

کالاهای فاسدشدنی و کالاهایی با عمرکوتاه با گذشت زمان ارزش وکیفیت خود را ازدست می‌دهند مانند میوه‌ها و سبزیجات، گوشت تازه، مواد رادیوداروها و... از این رو تامین وتوزیع این کالاها یکی از چالش‌برانگیزترین و مهمترین مسائل برای سازمان‌ها وشرکت‌ها است. در واقع مدیریت، تامین وتوزیع کالاهائی با عمر کوتاه و به خصوص مواد غذایی ودارویی مواردی هستند که بیشترین چالش‌ها را برای مدیریت زنجیره تامین به وجود می‌آورند؛ این چالش‌ها عمدتاً به علت تنوع در تعداد این کالاها، عمر کوتاه این محصولات و سروکار داشتن با سلامت انسان از اهمیت ویژه‌ای برخوردار هستند.

تاریخ وصول: ۹۲/۱۰/۱۳

تاریخ تصویب: ۹۴/۱۰/۱۶

مهدی بشیری، دانشیار مهندسی صنایع، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه شاهد تهران bashiri@shahed.ac.ir

الهام صمد پور، دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه علم وصنعت ایران، تهران samadpoor.elham@gmail.com

*نویسنده مسئول مقاله: **احمد ماکوئی**، دانشیار مهندسی صنایع، دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه علم وصنعت ایران، تهران amakui@iust.ac.ir

در ادبیات مربوط به کالاهای فسادپذیر بیشتر به مدیریت موجودی این کالاها توجه شده است و به توزیع این مواد از مراکز توزیع به مقصد نهایی توجه بسیار اندکی شده است. مواد فسادپذیر اغلب در طی مسیر به دلائل متعدد مانند مسافت طولانی، توقف‌های مکرر برای سرویس‌دهی به مشتری وحمل‌نقل نامناسب کیفیت خود را ازدست می‌دهند که این موضوع توجه ما را به این سمت منعطف نموده است. امروزه، درصد هزینه‌های مربوط به حمل کالا تا رسیدن به مشتری نهایی درصد قابل توجهی از هزینه‌ها را تشکیل می‌دهد و از طرفی عدم توجه به توزیع این مواد سبب دورریز و از بین رفتن مطلوبیت و عدم رضایت مشتریان این دسته از کالاها خواهد شد[۱]. می‌شد در ادبیات مربوط به کالاهای فسادپذیر بیشتر به مدیریت موجودی این کالاها توجه شده است وبه توزیع این مواد از مراکز توزیع به مقصد نهایی توجه بسیار اندکی شده است[۲].

کاربرد اصلی مسئله تحقیق مربوط به توزیع کالاهای فسادپذیر نظیر میوه، سبزیجات، خون، مواد رادیو داروها وتوزیع بتن‌آماده و... است؛ البته باید به این نکته نیز توجه داشت که تابع فساد کالا برای مواد و محصولات مختلف متفاوت است که می‌توان با جایگزینی

Arhive of SID

www.SID.ir

تابع فساد کالا برای محصولات مختلف میزان فسادپذیری را در طول مسیر بدست آورد و تصمیم‌گیری بهینه‌ای درمورد نحوه مسیریابی برای توزیع این نوع کالاها انجام داد. به‌عنوان مثال برای توزیع مواد رادیواکتیو و مواد رادیوداروها که برخی از این مواد بشدت ناپایدار هستند و دارای نیمه عمر می‌باشند، مطلوبیت استفاده ازاین مواد وابسته به طول عمر باقی مانده از آن خواهد بود [۳].

یکی از معیارهای سنجش اثربخشی مدیریت حمل ونقل، مسیریابی وسائل نقلیه می‌باشد. مسئله مسیریابی وسایل نقلیه، به عنوان اساسی‌ترین مسئله درمدیریت توزیع شناخته می‌شود ومقالات بسیار متعددی در این زمینه با فرضیات مختلف وجود دارد. ایده اولیه مساله مسیریابی وسائل نقلیه برای اولین بار توسط دنتزیگ و رامسر در سال ۱۹۵۹ در قالب یک مساله در حوزه حمل‌ونقل، توزیع وتدارکات مطرح گردید که نشان داد بکارگیری روش‌های مدیریتی و مباحث بهینه‌سازی در بحث حمل‌ونقل تاثیر بسزایی در کاهش هزینه‌های مربوط به کالا را دارد. این مساله با فرضیات مختلف گسترش یافته است[۴]. مقالات موجود دراین زمینه به دو دسته تقسیم می‌شود: مدل‌ها و الگوریتم‌ها لاپورته ۱۹۹۲ یک مقاله مروری در زمینه مسیریابی ارائه نموده است[۵]. از سایر مقالات مروری در زمینه VRP می توان به مقالات تاث و ویگو بربگیلا وهمکاران و نیز پاراگ و همکاران در سال ۲۰۰۸ اشاره نمود[۶-۸].

علی‌رغم اینکه مقالات متعددی در زمینه مسیریابی وجود دارد، ولی این مقالات کالاها را با طول عمر نامتناهی تصور نموده با وجود اینکه بسیاری از محصولات در طول زمان کیفیت خود را از دست می‌دهند و نمی‌توانند به مدت طولانی نگهداری شوند. فسادکالا امری است که برای بسیاری از محصولات در دنیای واقعی با گذشت زمان رخ می‌دهد چنانچه نرخ فساد قابل چشم‌پوشی نباشد لحاظ کردن آن در مدل‌سازی سیستم امری ضروری می‌باشد. ترانتلیس و کیراندیس در سال ۲۰۰۱ مسئله مسیریابی وسائل نقلیه برای توزیع شیر تازه در یونان را با وسائل نقلیه ناهمگن مدل نموده و الگوریتمی برای حل مساله ارائه نمودند[۹]. در سال ۲۰۰۲ همین نویسندگان توزیع مواد پروتئنی را در نظر گرفته و آنها مسئله را بعنوان مسئله مسیریابی باز چند دپوئی مدل نمودند[۱۰]. البته نکته قابل توجه این است که در این مقالات، هیچ فرض اضافی به دلیل فسادپذیر بودن محصولات لحاظ نشده است. در سال ۲۰۰۵ راسدیانس و تسائو، مدل موجودی، مسیریابی با در نظرگرفتن پنجره زمانی، با هدف بهینه‌سازی هزینه‌های موجودی و مسیریابی ارائه نمودند[۱۱]. در سال ۲۰۰۷ ناسو و همکاران الگوریتم ژنتیکی برای زمانبندی تولید و توزیع مواد غذایی پیشنهاد نمودند[۱۲]. در همین سال زانونی و زاوالنا نیز الگوریتم هیورستیکی برای ارسال محصولات فسادپذیر از یک فروشنده به یک خریدار با حداقل نمودن هزینه‌های موجودی و حمل‌ونقل ارائه نمودند[۱۳]. هسیو وهمکاران یک مدل *VRP* با پنجره زمانی برای کالاهای فسادپذیر به منظور تعیین مسیرهای بهینه و بارگیری وسائل نقلیه ارائه نمودند که هدف مدل، کاهش هزینه‌های ثابت و متغیر توزیع، هزینه‌های فساد کالا وهزینه‌های انرژی به منظور سرمایش وسیله نقلیه و هزینه‌های تجاوز از پنجره زمانی است؛ همه این هزینه‌ها مربوط به هزینه‌های مسیریابی که در طول زمان ارسال اتفاق می‌افتد لحاظ شده است[۱۴].

اسوالدو همکاران یک الگوریتم متاهیورستیک برمبنای الگوریتم جستجوی ممنوعه برای توزیع سبزیجات تازه ارائه نمودند که درآن فساد کالا به عنوان یک فاکتور اساسی لحاظ می‌شود؛ دراین مسئله، آنها سعی در مینمم‌سازی هزینه توزیع کل که شامل تعداد وسائل نقلیه، فاصله پیموده شده کل و از دست رفتن کیفیت در طول زمان سفر است[۱۵]. در سال ۲۰۰۹چن و همکاران مدل ریاضی غیرخطی با در نظرگیری زمان‌بندی تولید و مسیریابی با پنجره زمانی برای مواد غذایی ارائه نمودند[۱۶].

رونگ و همکاران در سال ۲۰۱۱ مدل MIP برای تولید وتوزیع کالاهای فسادپذیر ارائه نمودند؛ مدل آنها درمورد رشد میکروبی در پیش بینی عمر مفید محصول که متاثر از دمای حمل ونقل و موجودی کالا است. تابع هدف در این مدل شامل، هزینه‌های توزیع، انبار و علاوه بر آن هزینه‌های اضافی مربوط به سرمایش محصول به منظور افزایش طول عمر است[۱۷]. آمیرم و همکاران در سال ۲۰۱۲ مدل برنامه‌ریزی تولید وتوزیع یکپارچه را برای کالاهای فسادپذیر ارائه نمودند که این مدل برای دو حالت طول عمر ثابت و طول عمر کاهشی گسترش یافته است[۱۸].

براساس مقاله[۱۹] کاهش کیفیت مواد غذایی در انبار یا موقع حمل‌ونقل به زمان، دما و ثابت‌های مختلفی (مثل انرژی فعال‌سازی و ثابت گاز) بستگی دارد.

در سال ۲۰۰۸ اسلاوند تغییر کیفیت را در سه دوره در نظر گرفت، در دوره اول کیفیت کاهش می‌یابد ولی این کاهش کیفیت قابل تمییز وتشخیص نیست. دردوره دوم تغییرات کاهشی و قابل مشاهده است و در دوره سوم محصول پذیرفتنی نیست[۱۵].

هدف اصلی این تحقیق، مسیریابی برای توزیع کالاهای فسادپذیر است که هدف، تعیین تعداد وسائل نقلیه استقرار یافته در مرکز توزیع، تعیین مسیرهای ناوگان حمل‌ونقل، تعیین میزان کاهش کیفیت محصول زمان تحویل کالا به هر مشتری وتعیین لزوم بکارگیری نیروی خدماتی یا کمک‌راننده یا فردی با هر دو مهارت است. در این مسئله در صورت ضرورت، تنها امکان اعزام یک نفر به همراه راننده وجود دارد که این فرد یا کمک راننده یا نیروی خدماتی یا فردی با هر دو مهارت می‌باشد. نیروی خدماتی فقط در زمان تخلیه بار به راننده کمک می‌کند؛ چراکه با توجه به زمان تخلیه بار که سهم قابل توجهی از فساد کالا در زمان تخلیه بار به مشتری می‌باشد در مورد لزوم بکارگیری نیروی‌خدماتی برای

Arhive of SID

www.SID.ir

کاهش زمان تخلیه بار تصمیم‌گیری می‌شود؛ از طرفی اگر زمان بازگشت هر وسیله به مرکز توزیع از حد مجاز بالاتر باشد نیاز به کمک راننده محسوس است و ممکن است با توجه به شرایط، لزوم بکارگیری فردی با هر دو مهارت محسوس باشد. در این مقاله هدف، کمینه کردن هزینه‌های کل سیستم که شامل هزینه استفاده از ناوگان حمل‌ونقل، هزینه تغییر کیفیت کالا، هزینه بکارگیری کمک‌راننده یا نیروی خدماتی یا فردی با هر دو مهارت می‌باشد.

ادامه مقاله بصورت زیر سازماندهی شده است، در بخش ۳ مدل ریاضی مربوطه ارائه می‌گردد، در بخش ۴ نتایج محاسباتی حاصل از مدل مطرح می‌گردد و در بخش ۵ پیشنهادات آتی مسئله مطرح خواهد شد.

در بخش بعد مفروضات مدل، اهداف و مدل پیشنهادی ارائه شده و سپس نتایج حاصل ارائه می‌گردد.

۲. تعریف مسئله

در این مقاله به ارائه مدل برای توزیع کالاهای فسادپذیر پرداخته می‌شود که شبکه توزیع شامل دو دسته از نقاط می‌باشد؛ مشتریان که باید تقاضای آن‌ها برآورده شود و مرکز توزیع که باید کالا از طریق آن به مشتریان منتقل گردد.

هدف این مقاله یافتن مسیرهایی برای وسائل نقلیه است که در آن تمامی مشتریان کالا را دریافت کنند و با توجه به کاهش کیفیت کالا که در زمان تخلیه بار به مشتری به اندازه δ برابر بیشتر از سایر مواقع است آیا نیازی به بکارگیری نیروی خدماتی به منظور تسریع در امر تخلیه بار خواهد بود یا خیر؛ چرا که در صورت وجود نیروی خدماتی میزان زمان تخلیه بار به نصف تقلیل می‌یابد؛ از طرفی اگر زمان بازگشت هر وسیله به مرکز توزیع از حد مجاز بالاتر باشد نیاز به کمک راننده محسوس است؛ البته ممکن است در شرایطی نیاز به فردی باشد که هر دومهارت کمک‌رانندگی و تخلیه بار را انجام دهد که این مدل سعی در بهینه‌سازی همزمان موارد فوق دارد.

تعداد وسایل تخصیص داده شده به مرکز توزیع و میزان تغییر کیفیت کالا زمان تحویل آن به هر مشتری تعیین می‌شود. (میزان تغییر کیفیت کالا در مسیر تعیین می‌شود) تغییر کیفیت محصول تابعی از زمان رسیدن به هر مشتری ومدت زمان سرویس‌دهی برای آن مشتری خواهد بود.

در این تحقیق سیستم لجستیک یک طبقه‌ای بر روی گراف بدون جهت $G=(V,E)$ تعریف می‌شود. مجموعه گره‌های این گراف، V شامل مرکز توزیع (I_0) و مشتریان (J) است و $V = \{I_0\} \cup \{J\}$. یال‌های بدون جهت (E) مجموعه کلیه یال‌های ارتباطی موجود در گراف شبکه توزیع اتصال دهنده مرکز توزیع به مشتریان و مشتریان به یکدیگر است. در مورد زمان حمل‌ونقل بر روی یال‌های اتصال‌دهنده نیز نامساوی زیر برقرار است: $(t_{ij} \le t_{ik} + t_{kj})$

۲-۱. مفروضات مدل

مفروضات این مدل عبارتند از:

- محصول فسادپذیراست.
- کیفیت محصول درطول مسیر کاهش می یابد.
- در نظر گرفتن محدودیت ظرفیت کالا برای وسائل نقلیه.
- تغییر کیفیت در طول مسیر تابعی از زمان طی مسیر و زمان سرویس‌دهی خواهد بود.
- طول افق برنامه‌ریزی محدود وتنها برای یک دوره زمانی است.
- وسائل نقلیه همگن می باشند.
- از یک مسیر نباید بیش ازیک وسیله نقلیه برای مشتریان یکسان استفاده شود.
- خرابی وسائل نقلیه و یا هرگونه اتفاق پیش‌بینی نشده غیرمجاز است.

۲-۲. مجموعه ها و پارامترهای ورودی مدل

۲-۲-۱. مجموعه ها

V: مجموعه مشتریان و مرکز توزیع $V = \{I_0\} \cup \{J\}$

J : مجموعه مشتریان

K : مجموعه وسایل نقلیه

۲-۲-۲. پارامترها

d_j : تقاضای مشتری j

M : مقدار بزرگ

F_i: هزینه اولیه بکارگیری وسیله نقلیه

m_0 : هزینه بکارگیری وسیله نقلیه در واحد زمان

m_1: هزینه بابت تغییر کیفیت

m_2: هزینه بکارگیری نیروی خدماتی

m_3: هزینه بکارگیری کمک راننده

m_4: هزینه بکارگیری فردی با هر دو مهارت

Q : ظرفیت وسیله نقلیه

$f(d_j)$: تابعی از تقاضای مشتری j- زمان تخلیه بار تابعی از میزان تقاضای مشتری j خواهد بود.

t_{ij} : زمان رسیدن از گره i به گره j

$Lifetime$: طول عمر محصول

Cij : فاصله بین مشتری i و j

Arhive of SID

www.SID.ir

ah : ساعات مجاز (یک مقدار ثابت) - اگر زمان بازگشت هر وسیله نقلیه به مرکز توزیع از این مقدار بیشتر باشد باید در آن وسیله کمک راننده باشد.

۲-۲-۳. متغیرهای تصمیم

x_{ijk}: اگر وسیله$(k \in K)$ مستقیماً از گره $(i \in V)$ به گره $(j \in V)$ عبور کند.

$S1_k$: اگر نیروی خدماتی در وسیله k اعزام گردد.

$S2_k$: اگر کمک راننده در وسیله k اعزام گردد.

$S3_k$: اگر فردی با هر دو مهارت اعزام گردد.

sm_k متغیر نیروی خدماتی در وسیله k و da_k متغیر کمک راننده در وسیله k می‌باشدکه اگر هر دو مورد نیاز باشد فردی با هر دو مهارت به همراه راننده اعزام می‌گردد.)

T_j : زمان رسیدن وسیله نقلیه به گره j

Uj : میزان زمان توقف وسیله نقلیه درگره j (که تابعی از وجود کمک راننده خواهد بود.)

b_j: میزان تغییر(کاهش) کیفیت کالا زمان تحویل کالا به مشتری j

TD_{0k} : زمان بازگشت وسیله k به مرکزتوزیع

۲-۳. مدل ریاضی پیشنهادی

تابع هدف این مدل شامل موارد زیر است :

مجموع هزینه‌های مسیریابی، هزینه بکارگیری ناوگان حمل-ونقل، هزینه استفاده از وسیله نقلیه در واحد زمان تا زمان بازگشت به مرکز توزیع، هزینه فساد کالا و میزان هزینه بکارگیری کمک راننده یا نیروی خدماتی یا فردی با هر دومهارت.

$$min \sum_{i\in V}\sum_{j\in V}\sum_{k\in K} C_{ij}.x_{ijk} + \sum_{j\in J}\sum_{k\in K} Fi.x_{0jk} + m_0 \sum_{k\in K} TD_{0k}$$

$$+m_1.\sum_{j\in J} d_j.b_j + m_2 \sum_{k=1}^{K} s1_k + m_3.\sum_{k\in K} s2_k + m_4.\sum_{k\in K} s3_k$$

s.t.

$$\sum_{j\in V}\sum_{k\in K} x_{ijk} = 1 \qquad \forall i \in V/\{I_0\} \qquad (۱)$$

$$\sum_{j\in V} x_{ijk} - \sum_{j\in V} x_{jik} = 0 \quad \forall i \in V, k \in K \qquad (۲)$$

$$\sum_{j\in J} x_{0jk} \le 1 \qquad \forall k \in K \qquad (۳)$$

$$\sum_{j\in J}\sum_{i\in V} d_j.x_{ijk} \le Q \qquad \forall k \in K \qquad (۴)$$

$$U_j \ge f(d_j).(2 - sm_k) - \left(1 - \sum_{i\in V} x_{ijk}\right).M \quad \forall j \in J, k \in K \qquad (۵)$$

$$T_j \ge T_i + t_{ij} + u_i - \left(1 - x_{ijk}\right). \quad \forall i \in V, \forall j \in J, k \in K \qquad (۶)$$

$$T_0 = 0, u_0 = 0 \qquad (۷)$$

$$TD_{0k} \ge T_j + t_{j0} + u_j - \left(1 - x_{j0k}\right).M \quad \forall j \in J, k \in K \qquad (۸)$$

$$TD_{0k} \le \text{ah}.(1 + da_k) \qquad \forall k \in K \qquad (۹)$$

$$b_j = \frac{T_j + \delta.u_j}{lifetime} \qquad \forall j \in J \qquad (۱۰)$$

$$b_j \le \gamma \qquad \forall j \in J \qquad (۱۱)$$

$$s1_k = \max(0,\ sm_k - da_k) \forall k \in K \qquad (۱۲)$$

$$s2_k = \max(0, da_k - sm_k) \quad \forall k \in K \qquad (۱۳)$$

$$s3_k = sm_k * da_k \qquad \forall k \in K \qquad (۱۴)$$

$$x_{ijk}, s1_k, s2_k, s3_k, \in \{0,1\} \quad \forall i,j,k \qquad (۱۵)$$

$$b_j \ge 0, T_j \ge 0$$

محدودیت (۱) نشان می‌دهدکه از هر مشتری تنها به یک مشتری دیگر و تنها با یک وسیله می‌توان رفت.

محدودیت (۲) نشاندهنده آنست که هر وسیله ورودی باید درنهایت این گره را ترک کند.

محدودیت (۳) نشان می‌دهد که هر وسیله حداکثر یک بار می‌تواند از مرکز توزیع شروع به حرکت نماید.

محدودیت (۴) محدودیت ظرفیت وسایل نقلیه می‌باشد.

Archive of SID

www.SID.ir

محدودیت (۵) محدودیتی است برای مدت زمان سرویس‌دهی به مشتری که این مدت زمان تابعی از وجود نیروی خدماتی خواهد بود.
محدودیت (۶) زمان رسیدن وسیله نقلیه به هر مشتری را نشان می‌دهد.
محدودیت (۷) زمان شروع از مرکز توزیع صفر و زمان سرویس‌دهی در مرکز توزیع صفر لحاظ شده است.
محدودیت (۸) زمان بازگشت هر وسیله نقلیه به مرکز توزیع را نشان می‌دهد.
محدودیت (۹) نشاندهنده آنست که اگر زمان بازگشت هر وسیله نقلیه به مرکز توزیع از مقدار معینی بیشتر باشد باید همراه راننده در آن وسیله، کمک‌راننده باشد.
محدودیت (۱۰) میزان فساد کالا را نشان می‌دهد که تابعی از زمان رسیدن به هر مشتری و مدت زمان سرویس‌دهی به آن مشتری خواهد بود فساد کالا در زمان تخلیه بار به اندازه δ برابر، بیشتراز زمانی که کالا در وسیله نقلیه است خواهد بود؛ چرا که فساد کالا در کامیون به علت سیستم خاص سرمایشی وسیله نقلیه کمتر از زمان سرویس‌دهی زمانیکه کالا از وسیله نقلیه خارج می‌شود خواهد بود.
محدودیت (۱۱) میزان تغییر کیفیت باید از مقدار معین γ کمتر باشد.
محدودیت (۱۲) اگر نیروی خدماتی مورد نیاز باشد.
محدودیت (۱۳) اگر کمک راننده مورد نیاز باشد.
محدودیت (۱۴) اگر فردی با هر دو مهارت کمک رانندگی و نیروی‌خدماتی مورد نیاز باشد.
محدودیت (۱۵) مربوط به نوع متغیرهای مدل می‌باشد.

۳. ارائه مدل با محدودیتهای خطی

در مدل مذکور مشاهده می‌شود که محدودیت (۱۴) محدودیت غیرخطی است این محدودیت را می‌توان بصورت زیرنوشت:

$$s3_k \geq da_k + sm_k - 1$$
$$2 * s3_k \leq da_k + sm_k$$

۴. نمونه‌های عددی

اکنون برای بررسی اعتبار مدل پیشنهادی، به حل مثال عددی پرداخته و نتایج حاصله ارائه می‌گردد. در این مقاله، این مسئله با اندازه کوچک و با پارامترهای متفاوت در نظر گرفته شده است مقادیر هر یک از پارامترهای مدل مطابق با جداول زیر استخراج شده‌اند.

مثال :

در این مساله فرض می‌شود ۷ مشتری، یک مرکز توزیع و ۳ وسیله نقلیه موجود است. ساعات مجاز بازگشت وسیله نقلیه ۸ وظرفیت وسائل نقلیه ۳۰۰ می‌باشد. در جداول ۱ تا ۳ هزینه بکارگیری کمک راننده ۸۰ هزینه بکار گیری نیروی خدماتی ۱۰۰ و هزینه بکارگیری فردی با هر دو تخصص ۱۵۰ می‌باشد.

جدول ۱. تحلیل حساسیت بر روی هزینه فساد کالا

هزینه کل	فردی با هر دو تخصص S3	فردی به عنوان نیروی خدماتی S1	فردی به عنوان کمک راننده S2	تعداد وسائل مورد استفاده	طول عمر محصول	هزینه فساد کالا* ۱۰۰	شماره
۲۲۸۲	۱	۰	۰	۱	۵۰۰	۰,۵	۱
۳۳۷۱	۲	۰	۰	۲	۵۰۰	۱	۲
۹۵۷۸	۱	۲	۰	۳	۵۰۰	۵	۳

جدول ۲. تحلیل حساسیت بر روی طول عمر محصول

هزینه کل	فردی با هر دو تخصص S3	فردی به عنوان نیروی خدماتی S1	فردی به عنوان کمک راننده S2	تعداد وسائل مورد استفاده	طول عمر محصول	هزینه فساد کالا* ۱۰۰	شماره
۲۶۳۶	۱	۰	۰	۱	۸۰۰	۱	۱
۳۳۷۱	۲	۰	۰	۲	۵۰۰	۱	۲
۵۸۷۳	۱	۲	۰	۳	۲۰۰	۱	۳

Arhive of SID

www.SID.ir

جدول ۳. تحلیل حساسیت بر روی هزینه بکارگیری وسائل نقلیه

شماره	هزینه بکارگیری وسیله نقلیه	طول عمر محصول	تعداد وسائل مورد استفاده	فردی به عنوان کمک راننده S2	فردی به عنوان نیروی خدماتی S1	فردی با هر دو تخصص S3	هزینه کل
۱	۱۵۰۰	۵۰۰	۱	۰	۰	۱	۴۷۰۰
۲	۵۰۰	۵۰۰	۲	۰	۰	۲	۳۳۷۱
۳	۲۰۰	۵۰۰	۳	۰	۱	۱	۲۷۴۰

۲۰۰ می باشد و هزینه فساد کالا به ازای هر واحد ۰,۲ فرض شده است.

در جدول ۴ هزینه بکارگیری کمک راننده ۱۰۰، هزینه بکارگیری نیروی خدماتی ۱۰۰ و هزینه بکارگیری فردی با هر دو مهارت

جدول ۴. تحلیل حساسیت بر روی ساعت مجاز بازگشت وسائل نقلیه

شماره	ساعات مجاز بازگشت وسیله نقلیه	طول عمر محصول	تعداد وسائل مورد استفاده	فردی به عنوان کمک راننده S2	فردی به عنوان نیروی خدماتی S1	فردی با هر دو تخصص S3	هزینه کل
۱	۸۰	۵۰۰	۱	۰	۰	۱	۱۵۸۱
۲	۵۰	۵۰۰	۲	۱	۰	۱	۱۹۲۴
۳	۴۰	۵۰۰	۳	۲	۰	۱	۲۶۰۱

بر اساس نتایج جدول (۱) ملاحظه می شود که هر چه هزینه فساد کالا افزایش یابد تعداد وسائل مورد استفاده افزایش یافته و نیروی خدماتی مورد استفاده یا فردی با هر دو مهارت به منظور تسریع در تحویل کالا افزایش خواهد یافت.

در جدول (۲) هر چه طول عمر محصول کاهش یابد، تعداد وسائل نقلیه مورد استفاده افزایش یافته و نیروی خدماتی مورد استفاده و یا فردی با هر دو تخصص افزایش خواهد یافت.

در جدول (۳) نیز هر چه هزینه بکارگیری وسیله نقلیه افزایش یابد تعداد وسائل نقلیه مورد استفاده کمتر شده و در نتیجه یک وسیله زمان بیشتری در طول مسیر خواهد بود.

در جدول (۴) نیز با کاهش ساعات مجاز بازگشت وسیله نقلیه میزان

وسائل نقلیه مورد استفاده افزایش می‌یابد که منجر به افزایش هزینه‌های کل سیستم خواهد شد.

۵. نتیجه گیری و پیشنهادات آتی

در این مقاله به مسیریابی وسائل نقلیه برای توزیع کالاهای فسادپذیر پرداخته شد. هدف اصلی این تحقیق، تعیین تعداد وسائل نقلیه استقرار یافته در مرکز توزیع و تعیین مسیرهای ناوگان حمل ونقل، تعیین میزان کاهش کیفیت محصول زمان تحویل کالا به هر مشتری، و تعیین لزوم بکارگیری نیروی خدماتی یا کمک راننده یا فردی با هر دو مهارت است.

مدل به صورت برنامه‌ریزی عدد صحیح خطی مختلط (MIP) که دارای محدودیت‌های غیر خطی بود ارائه گردید. در مرحله بعد محدودیت‌های غیرخطی با استفاده از روش‌های خطی‌سازی به صورت خطی درآمدند و نتایج برای اندازه های کوچک از مسئله ارائه شد. مسئله ذکر شده در این مقاله از نوع NP-Hard بوده و برای حل مدل در ابعاد بزرگتر استفاده از الگوریتم‌های فراابتکاری توصیه می‌گردد؛ از طرفی در نظر گرفتن تصمیمات مربوط به موجودی در مراکز توزیع با توجه به فساد کالا و وارد نمودن عدم قطعیت در مدل می‌تواند از زمینه‌های جالب برای ادامه تحقیقات در حوزه لجستیک و مدیریت زنجیره‌تامین باشد.

مراجع

[1] P. Amorim, H. Meyr, C. Almeder, and B. Almada-Lobo, "Managing perishability in production-distribution planning: a discussion and review," Flexible Services and Manufacturing Journal, pp. 1-25, 2011.

Arrive of SID

www.SID.ir

[2] I. Z. Karaesmen, A. Scheller–Wolf, and B. Deniz, "Managing perishable and aging inventories: review and future research directions," in Planning production and inventories in the extended enterprise, ed: Springer, 2011, pp. 393-436.

[3] M. Bakaç, A. K. Taşoğlu, and G. Uyumaz, "Modeling radioactive decay," Procedia-Social and Behavioral Sciences, vol. 15, pp. 2196-2200, 2011.

[4] G. Dantzig, and J.H. Ramser "The truck dispatching problem", Management Science, Vol. 6, pp. 80–91,1959.

[5] G. Laporte, "The vehicle routing problem: An overview of exact and approximate algorithms," EuropeanJournal of Operational Research, vol. 59, pp. 345-358, 1992.

[6] P. Toth and D. Vigo, "The vehicle routing problem," SIAM Philadelphia, 2002.

[7] G. Berbeglia, J.-F. Cordeau, I. Gribkovskaia, and G. Laporte, "Static pickup and delivery problems: a classification scheme and survey," Top, vol. 15, pp. 1-31, 2007.

[8] S. N. Parragh, K. F. Doerner, and R. F. Hartl, "A survey on pickup and delivery problems," Journal für Betriebswirtschaft, vol. 58, pp. 21-51, 2008.

[9] C. Tarantilis and C. Kiranoudis, "A meta-heuristic algorithm for the efficient distribution of perishable oods," *Journal of Food Engineering,* vol. 50, pp. 1-9, 2001.

[10] C. Tarantilis and C. Kiranoudis, "Distribution of fresh meat," *Journal of Food Engineering,* vol. 5 ,85-91, 2002.

[11] A. Rusdiansyah and D.-b. Tsao, "An integrated model of the periodic delivery problems for vending-machine supply chains," Journal of Food Engineering, vol. 70, pp. 421-434, 2005.

[12] D. Naso, M. Surico, B. Turchiano, and U. Kaymak, "Genetic algorithms for supply-chain scheduling: A case study in the distribution of ready-mixed concrete," European Journal of Operational Research, vol. 177, pp. 2069-2099, 2007.

[13] S. Zanoni and L. Zavanella, "Single-vendor single - buyer with integrated transport-inventory system: Models and heuristics in the case of perishable goods," Computers & Industrial Engineering, vol. 52, pp. 107-123, 2007.

[14] C.-I. Hsu, S.-F.Hung, and H.-C. Li, "Vehicle routing problem with time-windows for perishable food delivery," *Journal of Food Engineering,* vol. 80, pp. 465-475, 2007.

[15] A. Osvald and L. Z. Stirn, "A vehicle routing algorithm for the distribution of fresh vegetables and similar perishable food," *Journal of food engineering,* vol. 85, pp. 285-295 ,2008.

[16] H.K. Chen, C.-F. Hsueh, and M.-S. Chang, "Production scheduling and vehicle routing with time windows for perishable food products," *Computers & operations research,* vol. 36, pp. 2311-2319, 2009.

[17] A. Rong, R. Akkerman, and M. Grunow, "An optimization approach for managing fresh food quality throughout the supply chain," *International Journal of Production Economics,* vol. 131, pp. 421-429, 2011.

[18] P. Amorim, H.-O. Günther, and B. Almada-Lobo, "Multi-objective integrated production and distribution planning of perishable products," *International Journal of Production Economics,* vol. 138, pp. 89-101, 2012.

[19] B. Fu and T. P. Labuza, "Shelf-life testing: procedures and prediction methods," in *Quality in frozen* food,: Springer ,pp377-415, 1997.

Archive of SID

www.SID.ir