

# SID



سرویس های  
ویژه



سرویس ترجمه  
تخصصی



کارگاه های  
آموزشی



بلاگ  
مرکز اطلاعات علمی



سامانه ویراستاری  
STES



فیلم های  
آموزشی

## کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی

کارگاه آنلاین  
بررسی مقابله ای متون (مقدماتی)

کارگاه آنلاین  
پروپوزال نویسی و پایان نامه نویسی

کارگاه آنلاین آشنایی با پایگاه های اطلاعات علمی  
بین المللی و  
ترند های جستجو

## مسیریابی وسایل نقلیه با حمل و نقل متقاطع در زنجیره تامین

مهناز باروت کوب<sup>۱</sup>، مریم خوانین زاده<sup>۲</sup>، علی مروتی شریف آبادی<sup>۳</sup>

ایران- یزد- دانشکده اقتصاد، حسابداری، مدیریت- [mahnaz\\_barootkoob@yahoo.com](mailto:mahnaz_barootkoob@yahoo.com)

ایران- یزد- دانشکده اقتصاد، حسابداری، مدیریت - [maryamkhavanin@yahoo.com](mailto:maryamkhavanin@yahoo.com)

ایران- یزد- دانشکده اقتصاد، حسابداری، مدیریت - [alimorovati\\_ut@yahoo.com](mailto:alimorovati_ut@yahoo.com)

### چکیده

مهم ترین عوامل در اجرای مدیریت زنجیره تامین، کنترل کارای جریان فیزیکی زنجیره تامین می باشد. به علت اهمیت آن، تعداد زیادی از شرکت ها سعی می کنند تا روشهای کارایی را برای افزایش رضایت مشتری و کاهش هزینه ها توسعه دهند. حمل و نقل متقاطع<sup>۴</sup> به عنوان یک روش کارا برای کنترل جریان موجودی مطرح شده که در مدیریت زنجیره تامین حیاتی است. بنابراین، در این مقاله مدل ریاضی یکپارچه برای مسئله مسیریابی وسایل نقلیه با حمل و نقل متقاطع ارائه شده است. هدف مسئله مینیمم کردن جمع هزینه های عملیاتی و هزینه ی حمل و نقل و مینیمم کردن مسافت طی شده برای تحویل کالاها به خریدار می باشد. زیرا این مسئله به عنوان مسائل NP-hard شناخته شده است، در مسائل بزرگ می توان از الگوریتم های فرا ابتکاری مثل جستجوی ممنوع، ژنتیک، مورچگان و ... برای حل استفاده کرد و در مسائل با اندازه های کوچک می توان از نرم افزار LINGO برای حل استفاده کرد.

واژه های کلیدی: مسیریابی وسایل نقلیه، حمل و نقل متقاطع، زنجیره تامین.

### ۱- مقدمه

<sup>۱</sup> دانشجوی کارشناسی ارشد مدیریت صنعتی - گرایش تولید دانشگاه یزد-

<sup>۲</sup> دانشجوی کارشناسی ارشد مدیریت صنعتی - گرایش تولید دانشگاه یزد-

<sup>۳</sup> استادیار دانشکده اقتصاد، حسابداری، مدیریت - دانشگاه یزد

<sup>۴</sup> Cross docking

مدیریت زنجیره تامین، مجموعه رویکردهای مورد استفاده برای ادغام کارای تامین کنندگان، تولیدکنندگان، انبارها و فروشگاهها است به طوری که کالاها در مقادیر و مکان و زمان واقعی به منظور مینیم کردن هزینه های وسیع سیستم، تولید می شوند، در حالی که نیازهای مشتری را ارضا می کنند. مدیریت زنجیره تامین، شامل مجموعه فعالیت های مدیریتی از قبیل خرید، کنترل موجودی، تولید، فروش و توزیع است و هدف کلی آن ادغام واحدهای سازمانی و هماهنگی جریان مواد، اطلاعات و پول می باشد به طوری که کیفیت رقابتی زنجیره تامین بهبود یابد. (۱۰) در چند دهه ی اخیر، رقابت سریعی در بازارهای محلی و جهانی به وجود آمده که شرکت ها را مجبور به ساده کردن سیستم های لجستیکشان کرده است، به طوری که آنها بیش از ۳۰٪ بهای تمام شده کالاهای فروش رفته را تشکیل می دهند. اجزای اصلی هزینه های لجستیک، هزینه های حمل و نقل هستند که تقریباً یک سوم آن را تشکیل می دهند. (۱۳)

یکی از مهم ترین کارها در اجرای مدیریت زنجیره تامین، کنترل کارای جریان فیزیکی آن می باشد. اپت و ویسواناتان<sup>۵</sup> (۲۰۰۰) بیان کردند که ۳۰٪ قیمت در فرآیند توزیع ایجاد می شود. بنابراین، بهبود جریان فیزیکی از طریق مدیریت کارای فرآیند توزیع به عنوان یک فعالیت ضروری مطرح شده است تا رضایت مشتری را افزایش دهد. از این رو، برخی از شرکت ها روشهایی را برای کنترل کارای جریان موادشان کشف کردند و توسعه دادند. در برخی از این روشها، حمل و نقل متقاطع به عنوان روشی خوب برای کاهش موجودی و بهبود رضایت مشتری مطرح شد. به همین علت، شرکت ها حمل و نقل متقاطع را برای اداره جریان فیزیکی در زنجیره تامین انتخاب کردند. (۱). استراتژی حمل و نقل متقاطع به عنوان روش پایا برای کاهش موجودی در اراضی نیازه های مشتری مطرح شد. حمل و نقل متقاطع با جابه جایی کالاها به طور مستقیم از بارانداز<sup>۶</sup> بارگیری به بارانداز تخلیه سرو کار دارد، (۵) جایی که محصولات، مجدداً بدون ذخیره سازی یا با ذخیره کوتاه مدت معمولاً ۲۴ ساعت یا بعضی اوقات تنها یک ساعت دسته بندی شده و یکپارچه می شوند. (۹) استراتژی حمل و نقل متقاطع در لجستیک ها نسبتاً جدید است. این استراتژی علاوه بر حذف نقش نگهداری موجودی در انبارداری سنتی به یکپارچه سازی محصولات می پردازد (۲ و ۳ و ۴). روش حمل و نقل متقاطع علاوه بر سرویس دهی خوب به مشتری، مزایای قابل توجهی را نسبت به انبارداری سنتی ایجاد می کند از قبیل: کاهش در موجودی سرمایه گذاری شده، کاهش فضای ذخیره سازی، کاهش هزینه جابه جایی، گردش موجودی سریع تر و جریان نقدی شتابدار (۲ و ۳ و ۴ و ۸ و ۲۲). کاهش یا حذف هزینه های انبارداری، افزایش فضای فروش و توانا کردن خرده فروشان در زنجیره تامین. (۹)

## ۲- پیشینه تحقیق

مساله مسیریابی وسایل نقلیه برای اولین بار در دهه ۱۹۶۰ توسط دنتزیک و رامسر (۱۷) مطرح شد. سپس توسط گری و جانسون<sup>۷</sup> (۱۸) در سال ۱۹۷۹، لنسترا و رینوی کان<sup>۸</sup> (۱۹) در سال ۱۹۸۱، یانو و مک گتینگ<sup>۹</sup> (۲۰) در سال ۱۹۸۷ و لاپورته و دجاکس<sup>۱۰</sup> (۲۱) در سال ۱۹۸۹ مورد بررسی قرار گرفت و مشخص شد، این مسئله یکی از مهم ترین و پرکاربردترین مسائل NP-hard است (۱۶ و ۱۲) که به طور وسیع در مسائل بهینه سازی کاربرد دارد. تنوع این گونه از مسائل آنقدر زیاد است که دسته بندی آنها و بیان حالت های مختلفی که در آن رخ می دهد بسیار

<sup>5</sup>- Apte, Viswanathan

<sup>6</sup>- cross dock

<sup>7</sup>- Gary, Johnson

<sup>8</sup>- Lenstra, Rinooy, Kan

<sup>9</sup>- Yano, McGetting

<sup>10</sup>- Laporte, Dejax

مشکل و زمان بر است. از زمانی که این مسئله در دهه ی ۶۰ مورد بررسی قرار گرفت، حالت های بسیاری براساس کاربردهای متفاوت آن در دنیای واقعی مورد توجه قرار گرفت، به طوری که اکنون نسخه های زیادی مانند نوع کلاسیک، دریافت و تحویل همزمان، باز و ... وجود دارند. (۱۱)

مطالعه ی قابل ملاحظه ای روی حمل و نقل متقاطع در سالهای اخیر انجام شده است. به گونه ای که، بیشتر مقالات روی طراحی فیزیکی بارانداز و مکان آن سرمایه گذاری شده اند. (۷) موشیو<sup>۱۱</sup> (۱۹۹۸) بیان کرد که تعدادی کاربردهای VRP شامل خدمات بارگیری و تحویل به مسئله ی برداشت و تحویل (PDP) اشاره دارند. (۲۵) اپت و ویسواناتان (۲۰۰۰) (۲۳) چهارچوبی را برای طراحی سیستم حمل و نقل متقاطع پیشنهاد کردند و نشان دادند که حمل و نقل متقاطع به طور کارا می تواند موجب کاهش قابل توجهی در هزینه ی حمل و نقل بدون افزایش موجودی شود. سانگ و سونگ<sup>۱۲</sup> (۲۰۰۳) الگوریتم جستجوی ممنوع را برای شبکه ی یکپارچه ی سرویس پیشنهاد دادند تا مکان های باراندازها و وسایل نقلیه را بیابند. آنها مشخص کردند که حمل و نقل متقاطع برای کاهش هزینه ی حمل و نقل و زمان تحویل بدون افزایش موجودی به عنوان بالفعل ترین استراتژی شناخته شده، می باشد. (۱) گاموس و بوکبندر<sup>۱۳</sup> (۲۰۰۴) (۲۴) از نرم افزارهای تجاری شامل LINDO و CPLEX برای تعیین رویه ی حمل و نقل در شبکه لجستیک و مکان های بهینه ی بارانداز استفاده کردند. اخیراً، کرنگ و چن (۲۰۰۸) دو مدل حمل و نقل متقاطع و انبارداری سنتی را برای هماهنگ کردن تولید و توزیع به منظور کاهش هزینه های مربوط در زنجیره تامین گسترش دادند. از سوی دیگر، VRP کلاسیک شامل سرویس به مجموعه ای از مشتریان با تقاضاهای تعریف شده، توسط گروهی از وسایل نقلیه از مرکز توزیع مجزا است. هدف VRP مینیمم کردن مسافت کلی و تعداد وسایل نقلیه است که مسیرشان از انبار مرکزی شروع می شود و به آن پایان می یابد. (۵) لی، جونگ و لی<sup>۱۴</sup> (۲۰۰۶) اولین نویسندگانی بودند که مسئله ی VRPCD را مطالعه کردند. آنها مدل یکپارچه ی MILP را توسعه دادند که عملیات حمل و نقل متقاطع و زمان بندی، مسیریابی وسایل نقلیه را در نظر می گیرد به طوری که همه وسایل نقلیه بارگیری به طور همزمان به بارانداز می رسند. ون<sup>۱۵</sup> (۲۰۰۹)، به مطالعه مسئله مسیریابی وسایل نقلیه با حمل و نقل متقاطع پرداخته است که در این مسئله، سفارشات از تامین کنندگان توسط ناوگانی از وسایل نقلیه بارگیری می شود و در بارانداز یکپارچه شده و توسط همان وسایل نقلیه بدون ذخیره سازی در بارانداز فوراً به مشتریان تحویل داده می شود. (۲) و (۲۶) اخیراً، لیو، لین و شین<sup>۱۶</sup> (۲۰۱۰) یک الگوریتم جستجوی ممنوعه جدید را برای VRPCD پیشنهاد کردند و مجموعه مسائل مبنا را که توسط لی ات ال<sup>۱۷</sup> (۲۰۰۶) معرفی شده بود را حل کردند. دندو، مندز و کردا<sup>۱۸</sup> (۲۰۰۹) اصطلاحاً مسئله مسیریابی وسایل نقلیه در زنجیره تامین را معرفی کردند (VRP-SCM). مسئله ی VRP-SCM تعمیم مسئله مسیریابی وسایل نقلیه ی چند درجه ای است زیرا اقلام چندگانه را جابجا می کند و به حمل مستقیم محصولات از انبارهای تولیدکننده به مشتریان می پردازد. (۶) وید و سلجی<sup>۱۹</sup> (۱۴) الگوریتم مورچگان را پیشنهاد دادند که از روش ACS دوریگو و گمباردلا<sup>۲۰</sup> استفاده می کند. (۱۵) اگرچه تعدادی مطالعات روی حمل و نقل متقاطع و VRP وجود دارد، تعداد کمی از مقالات هردو را باهم مطرح می کنند. نقش VRP با حمل و نقل متقاطع مهم می باشد، زیرا این مسئله کاملاً متداول است. کار لی، جونگ و لی (۲۰۰۶) احتمالاً اولین کارهایی است که این دو مسئله باهم مطرح شدند. آنها پیشنهاد دادند که الگوریتم جستجوی ممنوع، تعداد وسایل نقلیه و

11- Mosheiov

12- Sung , song

13- Gumus, Bookbinder

14- Lee,Jung ,Lee

15- Wen

16- Lio,Lin, Shin

17- Lee et al

18- Dendo,Mendez, Cerda

19- Wade and Salhi

20- Dorigo and Gambardella

زمان بندی بهینه مسیر وسیله نقلیه را در یک بارانداز تعیین می کند تا جمع هزینه حمل و نقل و هزینه ثابت وسایل نقلیه را حداقل کند. (۵)

### ۳- تعریف مسئله

در این مقاله مسئله حمل و نقل محصولات از تامین کنندگان به مشتریان متناظرشان با استفاده از استراتژی حمل و نقل متقاطع مطرح شده است. محصولات از تامین کنندگان توسط گروهی از وسایل نقلیه همگن بارگیری می شوند و در بارانداز یکپارچه شده و فوراً توسط همان مجموعه از وسایل نقلیه بدون ذخیره ی واسطه به مشتریان تحویل داده می شود. بنابراین مسئله علاوه بر مسیریابی وسایل نقلیه به یکپارچه سازی در بارانداز می پردازد.

شبکه توزیع چندشاخه ای به صورت گراف  $G(I,A)$  توصیف می شود. مجموعه گره ی  $I$  شامل کارخانه ها، انبارها، مراکز توزیع و مکان های مشتری می باشد. و مجموعه کمان  $A$  مسیرهای اتصال گره ها در شبکه را با مینیمم هزینه نشان می دهد.

مسیرها در مجموعه ی  $A$  تولیدکنندگان را به انبارها و سپس آنها را به مکان های مشتری وصل می کنند. سفارش مشتری ممکن است شامل چند محصول در مکان های تولیدی متفاوت باشد. بنابراین، در این کار زیربنای حمل و نقل به شرح زیر می باشد: (۱) حمل مستقیم (۲) حمل از طریق مرکز توزیع یا انبارهای منطقه ای (۳) ترکیب هر دو نوع حمل و نقل.

### ۴- فرضیات مدل

فرموله کردن مسئله مبتنی بر فرضیات زیر می باشد:

- (۱) داده های مسئله با یقین مشخص شده اند، و در زمان بدون تغییر باقی می مانند.
- (۲) هر وسیله نقلیه می تواند تعداد زیادی از محصولات مختلف را حمل کند اما ظرفیت حجم/وزن اش هرگز نباید بیش از حد شود.
- (۳) مکان مشتری ممکن است چندمحصول را تقاضا کند که توسط همان منبع یا منابع مختلف فراهم می شوند.
- (۴) برای مشتریان، تامین کنندگان از پیش تعریف شده وجود ندارد و مقادیری از محصولات برای بارگیری در گره های مبدأ متغیرهای مدلدند. الگوی جریان محصول از طریق شبکه ی توزیع، یک مدل تصمیم است.
- (۵) هر وسیله ی نقلیه می تواند وظایف بارگیری و تخلیه را انجام دهد، اما عملیات برداشت ضرورتاً بر عملیات تحویل مقدم نیستند. ایستگاههای واسطه، در گره های مبدأ برای بارگیری ثانویه محصولات مجازند.
- (۶) تحویل های جزئی مجازند و چند وسیله نقلیه می توانند در همان گره مبدأ / مقصد در طی افق زمانی بایستند.
- (۷) هر مکان می تواند توسط هر وسیله ی نقلیه بیش از یک بار ملاقات شود. در نتیجه، یک مسیر وسیله ی نقلیه ممکن است شامل یک سری از تورهایی با ایستگاههای واسطه در پایگاه وسیله نقلیه برای عملیات برداشت شود.
- (۸) طی توقف در گره های مرکب، (به عبارتی انبارها) یک وسیله ی نقلیه می تواند وظایف بارگیری و تحویل را به انجام برساند. مطمئناً چنین عملیات بارگیری و تحویل شامل محصولات مختلف خواهد شد.
- (۹) مقدار کلی یک محصول ویژه که توسط وسیله ی نقلیه ارائه شده در گره های مبدأ بارگیری می شود باید برابر مقدار کلی محصولی که به مکان های تقاضا تحویل داده می شود، باشد.
- (۱۰) هر مسیر وسیله نقلیه باید در پایگاه منتخب وسیله ی نقلیه شروع و تمام شود که آن را به مکان های تقاضا تحویل می دهد.
- (۱۱) عملیات حمل و نقل متقاطع در تسهیلات واسطه (یعنی انبارها) مجاز می باشد..

- (۱۲) اگر مقدار زیادی از محصولات در مراکز توزیع (DC) دریافت شوند نباید بدون واسطه در کامیون های خارج از محدوده بارگیری شوند، آنها می توانند به طور موقت ذخیره شوند تا زمان حمل آنها به مقصد محول فرا رسد.
- (۱۳) وسایل نقلیه درون مرزی و برون مرزی باید در انبار های حمل و بارگیری تسهیلات بارانداز بماند تا آنها وظایف تحویل و بارگیری شان را تکمیل کنند.
- (۱۴) موجودی های محصول نهایی در مراکز توزیع، به عنوان داده ی مسئله ارائه می شود، باید در پایان افق برنامه ریزی در دسترس باشد.

## جدول ۱: تعریف مجموعه ها و پارامترهای مسئله

سری های	توضیح	پارامتر ها	توضیح
A	کمان های حداقل هزینه	$D_{ip}$	مقدار محصول p مورد تقاضا توسط گره ی i
N	رویدادها	$H_{ip}$	موجودی اولیه ی محصول p در مبدا i
P	محصولات	$FINV_{ip}$	موجودی نهایی محصول p در مبدا معین برای بارانداز i
V	وسایل نقلیه	$H_{ii}$	فاصله بین گره ی i تا $i'$ (مجموعه گره های مقصد می باشند)
$I_v$	گره هایی که توسط وسیله نقلیه v می توانند سرویس داده شوند.	$C_{ij}$	هزینه مسیریابی بین گره های $i, j$
ID	گره های مقصد ( $ID \subset I$ )	$CO_v$	هزینه ی جریمه هرواحد زمان اضافی برای وسیله ی نقلیه v
IM	تاسیسات بارانداز ( $IM \subset I$ )	$fc_v$	هزینه ی ثابت استفاده از وسیله ی نقلیه ی v
IS	کارخانه ها ( $IS \subset I$ )	$qW_v$	ماکسیم ظرفیت وسیله نقلیه از نظر وزن
$IB_v$	گره های مبنای کاندید برای وسیله ی نقلیه ی v	$qV_v$	ماکسیم ظرفیت وسیله نقلیه از نظر حجم
$ID_p$	مجموعه مقاصدی که به محصول p نیاز دارند.	$uw_p$	واحد-حجم محصول p
$IS_p$	مجموعه مراکز تولیدی که محصول p را تولید می کنند.	$uw_p$	واحد- وزن محصول p
$IM_p$	مجموعه انبارهایی که محصول p را تحویل می دهند.	$M_L, M_C$	هزینه سفر - محدودیت بارگیری
$N_i$	مجموعه رویدادها برای گره ی i		
$V_i$	مجموعه وسایل نقلیه ای که می توانند گره ی i را ملاقات کنند.		

## جدول ۲: متغیرهای صفر و یک و پیوسته

متغیرها	توضیح	متغیرها	توضیح
	رویدادهای متوالی متغیر $n$ و $i$ که در گره های $i, i'$ واقع می شوند. (متغیر ۰ و ۱)		مقدار کل محصول p که توسط وسیله ی نقلیه ی v از نقطه شروع تا ایستگاه $(n, i)$ تحویل داده می شود.
	متغیر مبنی بر وسیله نقلیه v که گره ی i را در رویداد $n \in N_i$ ملاقات می کند. (متغیر ۰ و ۱)		هزینه ی سفر برای وسیله ی نقلیه که گره ی i را از نقطه شروع تا ایستگاه $(n, i)$ ملاقات می کند.
	مقدار اضافی محصول p که از دیگر منابع در گره ی i بعد از رویداد n دریافت می شود.		جمع هزینه ی سفر برای وسیله ی نقلیه ی v
	مقدار محصول p که روی وسیله ی نقلیه ی v طی ایستگاه $(n, i)$ در مبدا i بارگیری می شود.		متغیر مبنی بر وسیله نقلیه که گره ی i تا $i'$ را طی کند. (متغیر ۰ و ۱)
	مقدار محصول p که توسط وسیله ی نقلیه ی v به گره ی i طی ایستگاه $(n, i)$ تحویل داده می شود.		مقدار کل محصول p که روی وسیله ی نقلیه ی v از نقطه شروع تا ایستگاه $(n, i)$ بارگیری می شود.

$$\text{Min} [\sum_{i \in I} \sum_{i \in N} \sum_{v \in V} H_{ij} Y_{iv}] \quad (1)$$

$$\text{Min} [\sum_{v \in V} CV_v + \sum_{v \in V} \sum_{i \in IB_v} \sum_{n \in N_i} f_{Cv} Y_{nlv}] \quad (2)$$

$$\sum_{i \in IB_v} \sum_{n \in N_i} Y_{nlv} \leq 1 \quad v \in V \quad (3)$$

$$\sum_{v \in V_i} Y_{nlv} \leq 1 \quad n \in N_i, i \in I \quad (4)$$

$$\sum_{v \in V_i} Y_{niv} \geq \sum_{v \in V_i} Y_{n'iv} \quad (n, n') \in N_i : n' > n, i \in I \quad (5)$$

$$\sum_{i \in I_v} \sum_{n \in N_i} Y_{niv} \leq M_v \quad (\sum_{i \in IB_v} \sum_{n \in N_i} Y_{nlv}) \quad v \in V \quad (6)$$

$$C_{ni} \geq \sum_{i \in IB_v} \sum_{n \in N_i} c_{li} Y_{nlv} - M_c(1 - Y_{niv}) \quad n \in N_i, i \in I, v \in V_i \quad (7)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} C_{n'i} \geq C_{ni} + c_{ii} - M_c(1 - x_{ni, n'i}) - M_c(2 - Y_{niv} - Y_{n'iv}) \\ C_{ni} \geq C_{n'i} + c_{ii} - M_c x_{ni, n'i} - M_c(2 - Y_{niv} - Y_{n'iv}) \end{array} \right\} n \in N_i, n' \in N_i, (i, i') \in I, v \in V_{ii} : i < i' \quad (8)$$

$$C_{n'i} \geq C_{ni} - M_c(2 - Y_{niv} - Y_{n'iv}) \quad (n, n') \in N_i, i \in I, v \in V_i : n < n' \quad (9)$$

$$CV_v \geq C_{ni} + \sum_{i \in B} \sum_{n \in N_i} C_{li} Y_{nlv} - M_c(1 - Y_{niv}) \quad n \in N_i, i \in I, v \in V \quad (10)$$

$$\sum_{v \in V_i} \sum_{n \in N_i} L_{ni, pv} \leq I_{ip} \quad i \in IS, p \in P_i \quad (11)$$

$$\sum_{v \in V_i} \sum_{n \in N_i} L_{ni, pv} \leq I_{ip} + \sum_{v \in V_i} \sum_{n \in N_i} U_{ni, pv} - FINV_{ip} \quad p \in P_i, i \in IM \quad (12)$$

$$\sum_{v \in V_i} \sum_{n \in N_i} U_{ni, pv} \geq D_{ip} \quad i \in ID, p \in P_i \quad (13)$$

$$U_{ni, pv} \leq M_l Y_{niv} \quad n \in N_i, i \in IM, p \in P_i, v \in V_i \quad (14)$$

$$U_{ni, pv} \leq D_{ip} Y_{niv} \quad n \in N_i, i \in ID, p \in P_i, v \in V_i \quad (15)$$

$$\sum_{i \in IS \cup IM} \sum_{n \in N_i} L_{ni, pv} = \sum_{i \in ID \cup IM} \sum_{n \in N_i} U_{ni, pv} \quad p \in P, v \in V \quad (16)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} AL_{n'i, pv} \geq AL_{ni, pv} + L_{n'i, pv} - M_L(1 - S_{ni, n'i}) - M_L(2 - Y_{niv} - Y_{n'iv}) \\ AL_{ni, pv} \geq AL_{n'i, pv} + L_{ni, pv} - M_L S_{ni, n'i} - M_L(2 - Y_{niv} - Y_{n'iv}) \end{array} \right\} n \in N_i, n' \in N_i, (i, i') \in I, p \in P,$$

$$v \in V_{ii} : n < n', i \neq i' \quad (17)$$

$$AL_{n'i, pv} \geq AL_{ni, pv} + L_{n'i, pv} - M_L(2 - Y_{niv} - Y_{n'iv}) \quad (n, n') \in N_i, i \in I, v \in V_i : n < n' \quad (18)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} UL_{n'i, pv} \geq UL_{ni, pv} + U_{n'i, pv} - M_L(1 - X_{ni, n'i}) - M_L(2 - Y_{niv} - Y_{n'iv}) \\ UL_{ni, pv} \geq UL_{n'i, pv} + U_{ni, pv} - M_L X_{ni, n'i} - M_L(2 - Y_{niv} - Y_{n'iv}) \end{array} \right\} n \in N_i, n' \in N_i, (i, i') \in I, p \in P,$$

$$v \in V_{ii} : n < n', i \neq i' \quad (19)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{p \in P} uw_p (AL_{ni,pv} - AU_{ni,pv}) \leq qw_v \\ \sum_{p \in P} uv_p (AL_{ni,pv} - AU_{ni,pv}) \leq qv_v \\ AL_{ni,pv} - AU_{ni,pv} \geq 0 \end{array} \right\} \quad n \in N_i, i \in I_v, v \in V \quad (20)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} L_{ni,pv} \leq AL_{ni,pv} \leq \sum_{i \in I \cup IM} \sum_{n' \in N_i} L_{n'i,pv} \\ U_{ni,pv} \leq AU_{ni,pv} \leq \sum_{i \in I \cup IM} \sum_{n' \in N_i} U_{n'i,pv} \end{array} \right\} \quad n \in N_i, i \in I_v, v \in V, p \in P \quad (21)$$

$$AI_{n'ip} \geq AI_{nip} + \sum_{v \in V_i} U_{n'i,pv} \quad (n, n') \in N_i, i \in IM, p \in P: n < n' \quad (22)$$

$$\sum_{v \in V_i} U_{ni,pv} \leq AI_{nip} \leq \sum_{n' \in N_i} \sum_{v \in V_i} U_{n'i,pv} \quad n \in N_i, i \in IM, p \in P \quad (23)$$

رابطه (۱) تابع هدف شامل مینیمم کردن کل فاصله رسیدن وسایل نقلیه است که همان زمان تاخیر کالا در تحویل را مینیمم می کند (با فرض اینکه ترافیک در تمام مسیرها یکسان باشد). رابطه ی (۲) شامل مینیمم کردن هزینه حمل و نقل شامل هزینه های ثابت و متغیر، در افق زمانی است. رابطه های ۳ و ۴ و ۵ محدودیت های ایجاد مسیر می باشند. رابطه ۳ نشان می دهد هر وسیله  $v$  اگر در برنامه توزیع به کار گرفته شود باید سفرش را با گره ی مبنای تخصیص داده شده  $I \in IB_v$  شروع و پایان دهد.  $IB_v$  شامل همه ی مبدأ های ممکن برای وسیله نقلیه  $v$  می باشد. رابطه (۴) مشخص می کند هر ایستگاه  $(n, i)$  باید یک وسیله نقلیه را ملاقات کند. رابطه ۵ نشانگر این است که ایستگاه  $(n', i)$  تنها می تواند به  $v$  تخصیص یابد اگر همه ی ایستگاههای  $(n, i)$  در گره ی  $i$  با  $n < n'$  به همان وسایل تخصیص یابد. محدودیت ۶ نشان می دهد یک وسیله ی نقلیه  $v$  می تواند به چند ایستگاه  $(n, i)$  در همان گره یا گره های متفاوت تخصیص یابد.  $M_{ni}$  ماکسیمم ایستگاههای  $(n, i)$  را نشان می دهد. رابطه های ۷ و ۸ و ۹ و ۱۰ محدودیت های هزینه سفرند و  $C_{ni}$  مینیمم هزینه ی رسیدن به گره ی  $i$ ،  $C_{ij}$  هزینه مبنی بر فاصله از  $i$  تا  $j$ . روابط ۱۱-۱۵ محدودیت های تقاضا و دسترسی محصول را مشخص می کنند. روابط ۱۶-۲۱ محدودیت های مربوط به وسیله نقلیه  $v$  شامل ظرفیت حجم- وزن و ... می باشند. روابط ۲۲ و ۲۳ نشانگر موجودی اضافی دریافت شده در حمل و نقل متقاطع از منابع دیگر می باشند.

## ۶- حل مدل

با توجه به مطالعات انجام شده مشخص شد که مسئله ی مورد نظر در این مقاله را می توان در مسائل کوچک از نرم افزار Lingo و در اندازه های بزرگ، از الگوریتم های فرا ابتکاری استفاده کرد. لی، جونگ و لی، اولین کسانی بودند که الگوریتم جستجوی ممنوع را برای حل این مسئله پیشنهاد دادند. همچنین برای حل می توان از الگوریتم های مورچگان، پرندگان، رقابت استعماری، ژنتیک و ترکیب آنها استفاده کرد.

### حل مسئله

این مسئله شبکه ی توزیع دوبعدی را با تسهیلات واسطه در هر دو کارخانه ی مستقر یزد و مرکز توزیع (DC) در تهران در نظر می گیرد. محموله ها از این دو مکان به ۴ شهر دیگر باید جابجا شود تا تقاضاهای معینشان از ۲ محصول را برآورده کنند. دو وسیله ی نقلیه در دسترسند، وسیله اول در تهران و وسیله دوم در یزد مستقر است. بیشتر شهرهای مکان یابی شده در شعاع ۲۰۰ کیلومتری از تهران، دارای مرکز توزیع در تهران به عنوان تامین کننده ی ذینفع است. اگر موجودی های اولیه در گره ی تهران کافی نباشند تا تقاضاهای محصولات را برآورده کنند. بنابراین، تعداد زیادی از محصولات توسط وسیله ی نقلیه ی دوم از گره ی یزد منتقل می شوند. در نتیجه، عملیات تحویل و بارگیری به طور پی در پی توسط وسیله



نقلیه اول و دوم به ترتیب در تهران انجام می شوند. در مقابل، وظایف بارگیری توسط وسیله نقلیه دوم در یزد انجام خواهد شد. در هر گره، تعدادی رویدادها به عنوان تعدادی از ایستگاههای وسایل نقلیه وجود خواهد داشت. بنابراین، حداقل دو رویداد برای تهران از پیش تعریف شده اند ( $|N_{TEH}| = 2$ ) و فقط یکی برای یزد و مکان های دیگر. اگر در عوض  $|N_{TEH}|$  برابر یک شود، مسئله راه حل شدنی ندارد.

جدول ۲: هزینه ثابت وسایل نقلیه

هزینه ثابت	
۱۰۰	وسیله نقلیه ۱
۲۰۰	وسیله نقلیه ۲

جدول ۱: موجودی های محصول در گره های منبع

محصول ۱	محصول ۲	
۱۱۰۰	۴۲۵	تهران
۱۵۰۰	۱۵۰۰	یزد

جدول ۳: تقاضای محصولات در گره های مقصد

شهر	شهر	شهر	شهر	
د	ج	ب	الف	
۱۰۰	۵۰	۱۲۰		محصول ۱
۵۰	۱۵۰	۱۲۰	۷۵	محصول ۲

جدول ۴: پارامترهای وسیله نقلیه

وسیله نقلیه ۱	وسیله نقلیه ۲	
۲۰۰۰۰	۲۰۰۰۰	ظرفیت وزن (به kg)
۲۵	۳۲	ظرفیت حجم (به $m^3$ )

جدول ۵: وزن و حجم های مخصوص محصولات

محصول ۱	محصول ۲	
۳	۶	وزن (واحد/kg)
۰/۰۰۵	۰/۰۱۵	حجم ( $m^3$ به واحد)

جدول ۶: فاصله بین مکان ها

شهر د	شهر ج	یزد	شهر ب	شهر الف	تهران
۶۲۰	۶۶۳	۶۴۰	۳۵۱	۱۷۸	۲۰۰۰
۴۶۴	۵۰۷	۴۷۹	۳۴۸	۲۰۰۰	۱۷۸
۶۰۵	۵۸۰	۳۷۰	۲۰۰۰	۳۴۸	۳۵۱
۳۹۵	۲۱۵	۲۰۰۰	۳۷۰	۴۷۹	۶۴۰
۳۵۴	۲۰۰۰	۲۱۵	۵۸۰	۵۰۷	۶۶۳
۲۰۰۰	۳۵۴	۳۹۵	۶۰۵	۴۶۴	۶۲۰

این مسئله با استفاده از نرم افزار لینگو ۸ حل شد و جوابهای زیر به دست آمد.

جدول ۷: مقادیر بهینه

تخصیص مکان های تقاضا به منابع و وسایل نقلیه	
تهران، شهر الف و شهر د	وسیله نقلیه ۱
یزد، شهر ب و شهر ج	وسیله نقلیه ۲

جدول ۸: مقادیر بهینه ی محصولات که توسط وسایل نقلیه به شهرهای مقصد تحویل داده می شود.

محصولات	وسایل نقلیه	شهر الف	شهر ب	شهر ج	شهر د
محصول ۱	وسیله نقلیه ۱	-	-	-	۱۰۰
	وسیله نقلیه ۲	-	۱۲۰	۵۰	-



۵۰	-	-	۷۵	وسيله نقلیه ۱	محصول ۲
-	۱۵۰	۱۲۰	-	وسيله نقلیه ۲	

همانطور که در جدول ۷ مشاهده می شود، وسیله نقلیه ی اول از شهر تهران به شهر الف و د و وسیله نقلیه دوم از شهر یزد به شهر ب و ج تخصیص می یابد. به علاوه در جدول ۸ مشاهده شد که وسیله نقلیه ۱ به شهر الف ۷۵ واحد محصول ۲ و به شهر د ۱۰۰ واحد محصول ۱ و ۵۰ واحد محصول ۲ می دهد و وسیله نقلیه به شهر ب ۲، ۱۲۰ واحد محصول ۱ و ۱۲۰ واحد محصول ۲ و به شهر ج، ۵۰ واحد محصول ۱ و ۱۵۰ واحد محصول ۲ عرضه می کند.

## ۷- نتیجه گیری

حمل و نقل متقاطع به عنوان یک روش کارا برای کنترل جریان فیزیکی زنجیره ی تامین مطرح شده است که موجب افزایش رضایت مشتریان و کاهش هزینه های حمل و نقل و کاهش زمان سرویس دهی به مشتریان می باشد. در این مقاله، مدلی برای مسئله مسیریابی وسایل نقلیه با حمل و نقل متقاطع در زنجیره ی تامین معرفی شد که به مسیریابی بهینه وسایل نقلیه با حمل و نقل متقاطع می پردازد و به علاوه چگونگی تخصیص بهینه وسایل نقلیه به مراکز توزیع و شهرها را مشخص می کند. تابع هدف اول این مدل به مینیمم کردن هزینه و سپس در تابع هدف دوم به مینیمم کردن مسافت پیموده شده توسط وسایل نقلیه پرداخت. مسئله ی حل شده در این مقاله، مزیت هایی را برای این مدل ریاضی مشخص کرد از قبیل: (۱) اجرای عملیات حمل و نقل متقاطع هنگامی که ذخایر اولیه در انبارها برای برآورده کردن نیازهای مشتریان کمیاب است. (۲) ترکیب راهبردهای انبارداری و حمل و نقل متقاطع در تسهیلات واسطه هرگاه موجودی کالاهای نهایی محدود باشد. (۳) امکان استفاده از وسایل نقلیه و تخصیص آنها به گونه ای که هزینه و مسافت پیموده شده مینیمم شود. (۴) توزیع محصولات متفاوت از طریق چندین تسهیلات واسطه. (۵) جابه جایی صحیح تقاضاهای مشتریان (معمولا بیش از یک مورد) و (۶) مدیریت مؤثر ناوگان ناهمگن وسایل نقلیه که در مکان های متفاوتی مستقر شده اند.

## منابع

- 1- Lee, Y.H. Jung, J.W. Lee, K.M. "Vehicle routing scheduling for cross-docking in the supply chain", Journal of Computers & Industrial Engineering, 51 (2) 247-256, 2006.
- 2- Wen, M. Larsen, J. Clausen, J. Cordeau, J. F. & Laporte, G. "Vehicle routing with cross-docking". Journal of the Operational Research Society, 60(12), 1708-1718, 2009.
- 3- Cook, R.L., Gibson, B. MacCurdy, D. "A lean approach to cross-docking", Supply Chain Management, 9, 54-59, 2005.
- 4- Apte, U.M. Viswanathan, S. "Effective Cross-Docking for Distribution International" Journal of Logistics Research and Applications, 3, 291-302, 2000.
- 5- Liao, C.J. Lin, Y. Shin, S.C. "Vehicle routing with cross-docking in the supply chain", Journal of Expert Systems with Applications 37, 6868-6873, 2010.
- 6- Dondo, R. Mendez, C.A. Cerda, J. "The multi-echelon vehicle routing problem with cross docking in supply chain management", Journal of Computers and Chemical Engineering 35, 3002-3024, 2011.
- 7- Gumus, M. Bookbinder, J.H. "Cross-docking and its implications in location distribution system", Journal of Business Logistics, 25, 199-229, 2004.
- 8- Rohrer, M. "Simulation and Cross Docking". Proceeding of the 1995 Winter Simulation Conference, 846-849, 1995.
- 9- Zhang, T.I. "Inbound and outbound truck scheduling at cross dock", A Thesis submitted to the graduate School-new Brunswick Rutgers, the state University of New jersey, for the degree of Master Science. Dr. Maria Boil, 2009.
- 10- Anderson, H. Hoff, A. Christiansen, M. Hasle, G. Løkketangen, A. "Industrial aspects and literature survey: Combined inventory management and routing", Computers & Operations Research 37. 1515-1536, 2010.

۱۱- ظفری، ع. تشکری هاشمی، م. یوسفی خوشبخت، م. "الگوریتم ترکیبی موثر ژنتیک برای حل مسئله مسیریابی وسیله نقلیه"، نشریه بین المللی مهندسی صنایع و مدیاریت تولید، شماره ۲، جلد ۲۱، صص ۶۳-۷۶. ۱۳۸۹.

- 12- Aghezzaf, E.H. Raa, B. Landeghem, H.V., "Modeling inventory routing problems in supply chains of high consumption products", European Journal of Operational Research 169, 1048-1063, 2006.
- 13- Abdelmaguid, T.F. Dessouky, M.M. Ordonez, F. "Heuristic approaches for the inventory-routing problem with backlogging", Journal of Computers & Industrial Engineering, 56, 1519-1534.2009.
- 14- Wade, A. Salhi, S. "An ant system algorithm for the vehicle routing problems with backhauls". In: De Sousa, J.P. (ed.) Proceedings of the 4th Metaheuristics International Conference, Porto, Portugal, pp. 99-203, 2001.
- 15- Dorigo, M., Gambardella, L.M. "Ant colony system: A cooperative learning approach to the traveling salesman problem". Journal of IEEE Transactions on Evolutionary Computation 1, 53-66. 1997.

۱۶- تقوی فرد، م؛ شیخ، ک؛ شهسواری، آ؛ ارائه روش اصلاح شده کلونی مورچگان جهت حل مسئله مسیریابی وسایل نقلیه به همراه پنجره های زمانی"، نشریه بین المللی مهندسی صنایع و مدیریت تولید، شماره ۲، جلد ۲۰، صص ۲۳-۳۰. ۱۳۸۸.

- 17- Dantzig, G. and Ramser, J. "The truck dispatching problem", Journal of Management Science, V. 6, pp. 80-91.1959.
- 18- Gary, M., and Johnson, D. "Computers and intractability: A guide to the theory of NP completeness", Freeman, San Francisco.1979.
- 19- Lenstra, J. and Rinooy, Kan A. "Complexity of vehicle routing and scheduling problems", Journal of Networks, V. 11, N.2, PP. 221-227.1981.
- 20- Yano, C. and McGettting, D. "Vehicle routing at quality stores", Journal of Interfaces, V. 17, N. 2, pp. 52-63.1987.
- 21- Laporte, G. and Dejax, J. "Dynamic location-routing problem", Journal of Operation Research Society, V 40, No. 5, pp.471-482.1989.
- 22- Bell, J.V, Valckenaers, P., Cattrysse, D. "Cross-docking: State of the art", Journal of Omega 40, 827-846.2012.
- 23- Soltani, R., Sadjadi, S.J. "Scheduling trucks in cross-docking systems: A robust meta-heuristics approach", Journal of Transportation Research Part E 46, 650-666, 2010.
- 24- Gumus, M., & Bookbinder, J. H. "Cross-docking and its implications in location-distribution systems". Journal of Business Logistics, 25, 199-229.2004.
- 25- Mosheiov, G. "Vehicle routing with pick-up and delivery: tour - partitioning heuristics". Computers & Industrial Engineering, 34, 669-684.1998.
- 26- Wen, M., "Rich Vehicle Routing Problems and Applications", Phd Thesis, DTU Management Engineering. 2010.

# SID



سرویس های ویژه



سرویس ترجمه تخصصی



کارگاه های آموزشی



بلاگ مرکز اطلاعات علمی



سامانه ویراستاری STES



فیلم های آموزشی

## کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی



توجه: بررسی

بررسی مقاله ای متون (مقدماتی)

کارگاه آنلاین  
بررسی مقابله ای متون (مقدماتی)



PROPOSAL  
پروپوزال

توجه: نوشتن

پروپوزال نویسی و پایان نامه نویسی

کارگاه آنلاین  
پروپوزال نویسی و پایان نامه نویسی



ISI  
Scopus

توجه: نوشتن

آشنایی با پایگاه های اطلاعات علمی بین المللی و ترند های جستجو

کارگاه آنلاین آشنایی با پایگاه های اطلاعات علمی بین المللی و ترند های جستجو