

دانشگاه صنعتی امیرکبیر

دانشکده مهندسی صنایع و سیستم های مدیریت

گزارش پروژه درس مدل های زمان بندی و بهینه سازی حمل و نقل

عنوان مقاله:

Crowd-Shipping with Time Windows and Transshipment Nodes

اعضای گروه:

امیرمحمد همتی - ۴۰۲۱۲۵۰۶۱

سهیل وثیق مهر - ۴۰۲۱۲۵۰۶۰

استاد:

دکتر سیدمحمدجواد میرزاپور آل هاشم

پاییز و زمستان ۱۴۰۲

فهرست مطالب

۳	تعریف مساله
۴	مفروضات مسئله
۷	تعریف پارامترها و متغیر های تصمیم
۸	گسترش مسئله
۸	مدل ریاضی توسعه یافته
۱۱	نتیجه نهایی مدل
۱۴	پيوست

تعریف مساله

حمل و نقل جمعی^۱ یک سیاست تحویل کالا است که در آن، علاوه بر روش‌های استاندارد مسیریابی خودرو^۲، افراد عادی می‌پذیرند که از مسیر روزانه خود منحرف شوند تا اقلام را به افراد دیگر در ازای یک پرداختی کوچک تحویل دهند. در این مقاله، مسئله حمل و نقل جمعی را با وجود انبارهای میانی^۳ در شبکه خدمات در نظر گرفته شده است. رانندگان موقعیتی^۴ می‌توانند تصمیم بگیرند با تحویل گرفتن بسته‌ها از انبار مرکزی^۵ یا میانی به برخی از مشتریان خدمات ارائه دهند. هدف به حداقل رساندن کل هزینه، یعنی هزینه وسیله نقلیه معمولی^۶، به علاوه پرداخت پاداش رانندگان است. یک سیستم حمل و نقل مبتنی بر حمل و نقل جمعی، چندین ویژگی را ارائه می‌دهد، به عنوان مثال، یک انبار مرکزی، چند انبار میانی و رانندگان موقعیتی برای تحویل بسته‌ها یا از انبار مرکزی یا از انبارهای میانی یا از هر دو. آنها می‌توانند به صورت یک تحویل یا چند تحویل باشند و چندین سیاست جبرانی را می‌توان در نظر گرفت. بنابراین، با در نظر گرفتن چندین ترکیب از ویژگی‌های ذکر شده، می‌توان یک فرم پلاک حمل و نقل جمعی را پیاده‌سازی کرد. در مقاله پایه مورد بررسی برای پروژه، یک سیستم حمل و نقل مبتنی بر حمل و نقل جمعی را با یک انبار مرکزی واحد و انبارهای میانی در نظر گرفته شده، یعنی انبارهای میانی، یک انتقال واحد که توسط هر راننده گاه به گاه انجام می‌شود، و یک سیاست پرداخت پاداش بر اساس انحراف از رانندگان موقعیتی از مسیر عادی خود. در ثانی برای تمام مشتریان یک پنجره زمانی^۷ سخت برای تحویل کالا در نظر گرفته شده است. حمل و نقل جمعی به یک پلتفرم نیاز دارد تا رانندگان موقعیتی با مشتریان ارتباط برقرار کنند. هنگامی که مشتری کالایی را خریداری می‌کند و نیاز به تحویل سریع خدمات دارد، باید درخواست خدمات آنلاین را از طریق تلفن یا یک برنامه رایانه ای ارسال کند. اگر درخواست کند و تحویل حمل و نقل جمعی را بپذیرد، پلتفرم اطلاعات مورد نیاز برای تحویل را ارسال می‌کند. پس از اتمام تحویل، راننده موقعیتی پاداش خود را دریافت می‌کند. در شکل زیر فرآیند حمل و نقل جمعی به طور خلاصه نمایش داده شده است:

¹ Crowd-Shipping

² Vehicle Routing Problem

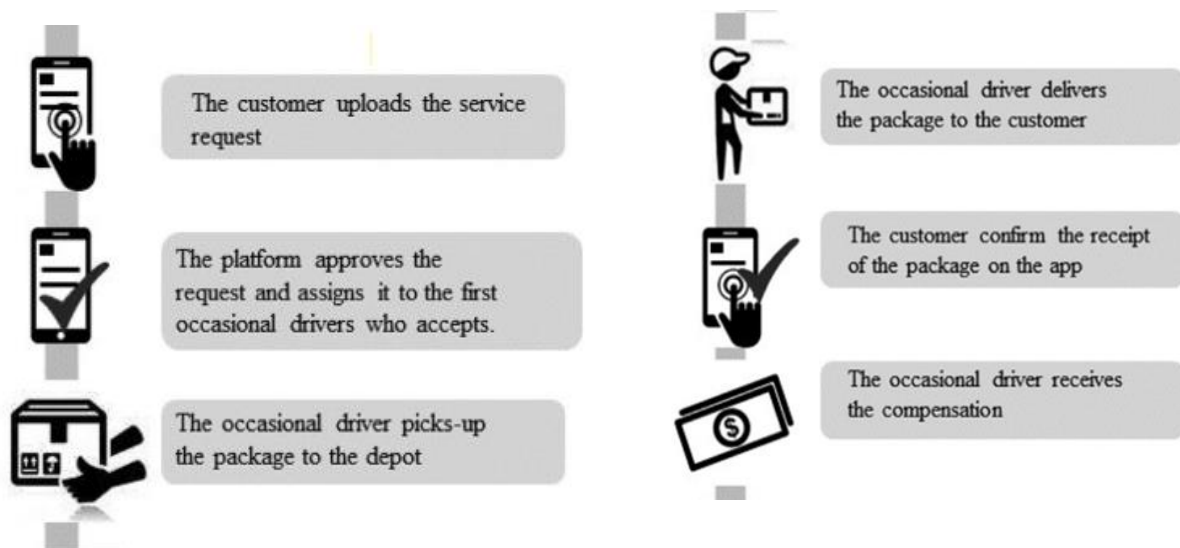
³ Transshipment Node

⁴ Occasional Drivers

⁵ Depot

⁶ Classic Drivers

⁷ Time Window



شکل شماره ۱؛ فرآیند حمل و نقل جمعی

حمل و نقل جمعی؛ مزایا و نمونه‌ها

با رشد خرده فروشی و فروشگاه های آنلاین مسائلی مانند تحویل آخرین مایل و تحویل در روز سفارش بسیار مورد توجه و حائز اهمیت گشته است و برای کسب و کار آنلاین این مسئله که بتوانند تحویل سفارشات را در اسرع وقت انجام دهند بسیار دارای اهمیت شده است زیرا با حل کردن این مسئله می‌تواند رضایت مشتری را جلب نموده و به گسترش کسب و کار خود کمک کند.

به منظور رفع این مشکل راه حل هایی ارائه و توسعه داده شده است که حمل و نقل جمعی یکی از آنها است. ایده ای که حمل و نقل جمعی بر آن بنا شده است، این است میتوان از ظرفیت وسایل نقلیه و رانندگانی که متعلق به ناوگان حمل و نقل آن کسب و کار نیستند استفاده نموده و با پرداخت مبالغی به آنها از ظرفیت خالی آنها استفاده نموده و کالاها و سفارش های خود را سریع تر به دست مشتری رساند.

در ثانی با پیاده سازی سیستم حمل و نقل جمعی می‌توان از هزینه های اضافی حمل و نقل مانند اجاره بیشتر ناوگان و یا هزینه سوخت و حمل و نقل جلوگیری نمود و همچنین به دلیل کوتاه کردن مسیر ها و رفت آمد کلی علاوه بر هزینه باعث کاهش آلودگی زیست محیطی ناوگان حمل و نقل می‌شود. مضاف بر موارد ذکر شده، این سیستم باعث افزایش انعطاف پذیری سیستم در هنگام کمبود تعداد یا ظرفیت ناوگان اصلی است و در چنین شرایطی می‌توان از دیگر راننده ها استفاده نمود تا تاخیری در تحویل سفارشات صورت نگیرد.

از نمونه های پیاده شده حمل و نقل جمعی در دنیای واقعی می توان به موارد زیر اشاره نمود:

- والمارت (۲۰۱۳): امکان حمل و رساندن کالا توسط مشتریان داخل مغازه
- DHL؛ سرویس MyWays برای اتصال مشتریان در انتظار تحویل سفارش و افراد متقاضی رساندن سفارشات
- Amazon Flex؛ هم اکنون فعال در بیش از ۳۰ شهر، امکان فعالیت با ساخت اکانت آمازون

مفروضات مسئله

در مقاله پایه مورد بررسی برای پروژه، یک سیستم حمل و نقل مبتنی بر حمل و نقل جمعیتی را با یک انبار مرکزی واحد و انبارهای میانی در نظر گرفته شده، یعنی انبار های میانی، یک انتقال واحد که توسط هر راننده گاه به گاه انجام می شود، و یک سیاست پرداخت پاداش بر اساس انحراف از رانندگان موقعیتی از مسیر عادی خود. در این مقاله، سناریویی را در نظر می گیریم که در آن انبار های میانی در شبکه خدمات گنجانده شده اند. به طور خاص، بسته های متعلق به انبار های میانی توسط رانندگان موقعیتی تحویل داده می شود. معرفی این گره ها به سیستم حمل و نقل اجازه می دهد تا برای رانندگان موقعیتی ها جذاب تر باشد. در واقع، داشتن گره های حمل و نقل که به عنوان انبارهای میانی نزدیک به منطقه تحویل عمل می کنند، می تواند برای رانندگان موقعیتی بیشتری برای انجام یک کار در دسترس باشد. علاوه بر این، انحراف رانندگان موقعیتی از مسیر معمولی خود به انبار های میانی می تواند کمتر از انحراف با توجه به انبار باشد که منجر به جبران کمتری می شود. با این حال، انبار های میانی باید توسط وسایل نقلیه کلاسیک ارائه شوند تا بسته ها در دسترس باشند.

با فرض مشخص بودن موقعیت گره های انتقال، باید تعیین کرد که چه تعداد بسته باید از انبار به هر گره حمل و نقل منتقل شود، در چه زمانی و چه بسته ای باید به هر گره حمل و نقل اختصاص داده شود. همه این تصمیمات به رفتار رانندگان موقعیتی ها مربوط می شود. در واقع، هر رانندگان موقعیتی تنها در صورتی می تواند انتخاب کند که بسته ها را به برخی از مشتریان تحویل دهد که این بسته ها در یک گره حمل و نقل خاص و قبل از زمان مشخصی در دسترس باشند. ما فقط یک عملیات پیکاپ را برای هر رانندگان موقعیتی اجازه می دهیم. این بدان معنی است که بسته های مشتری که توسط یک رانندگان موقعیتی خدمت می کنند باید در همان گره حمل و نقل در دسترس باشند. ما یک پنجره زمانی را با هر مشتری و هر رانندگان موقعیتی مرتبط می کنیم. ما موردی را در نظر می گیریم که در آن زیرمجموعه ای از مشتریان باید توسط رانندگان موقعیتی ها سرویس دهی شوند. این محدودیت در زمینه بسته های تحویل شهری که حضور وسایل نقلیه کلاسیک برای اطمینان از کاهش ترافیک

ممنوع است، منطقی است. با این حال، رانندگان موقعیتی ها می توانند با برداشتن بسته ها از انبار، به همه مشتریان خدمات ارائه دهند.

استفاده از گره های حمل و نقل در فرآیند تحویل به خوبی مورد مطالعه قرار گرفته است. سیستم حمل و نقل به عنوان یک سیستم دو سطحی پیکربندی شده است که در آن سطح اول انبار مرکزی را با گره های حمل و نقل و سطح دوم گره های حمل و نقل را با مشتریان متصل می کند. دو ناوگان خودرو در نظر گرفته شده است: یکی برای تحویل در سطح اول و دیگری به سطح دوم اختصاص داده شده است. ادبیات علمی به این مشکل به عنوان یک VRP دو طبقه (E-VRP₂) اشاره می کند. اما، مسئله ما با E-VRP₂ کلاسیک متفاوت است زیرا وسایل نقلیه کلاسیک نه تنها گره های حمل و نقل را تامین می کنند، بلکه می توانند به مشتریان نیز خدمت کنند. در مشکل ما، مشتریان می توانند با وسایل نقلیه کلاسیک یا OD خدمات ارائه دهند و این یک تصمیم است. از این رو، نمی توانیم پیش از این بدانیم که خودروهای کلاسیک به کدام مشتری خدمات می دهند. در حالی که هم مشتریان و هم گره های حمل و نقل، گره های تحویل برای وسایل نقلیه کلاسیک هستند، برای OD ها، مشتریان گره های تحویل هستند در حالی که گره های حمل و نقل برای وانت استفاده می شوند. علاوه بر این، ما گره های انتقال ظرفیت را در نظر می گیریم، از این رو ذخیره سازی مجاز است.

تعریف پارامترها و متغیرهای تصمیم

جدول ۱؛ مجموعه‌ها، متغیرهای تصمیم و پارامترهای مدل

مجموعه‌ها

S	گروه مبدا برای راننده‌های معمولی
T	گروه مقصد برای رانندگان معمولی
C	مجموعه مشتری‌هایی که خدمت رسانی شده توسط رانندگان معمولی یا رانندگان موقعیتی
R	مجموعه مشتریانی که حتماً باید توسط رانندگان موقعیتی خدمت رسانی شوند
T	مجموعه گروه‌های انبار میانی
K	مجموعه رانندگان موقعیتی در دسترس
U	مجموعه مبداها برای رانندگان موقعیتی در دسترس
V	مجموعه مقصدها برای رانندگان موقعیتی در دسترس

پارامترها

a_{uk}	زمان دقیقی که راننده موقعیتی آماده خدمت رسانی و تحویل کالا به مشتری می‌شود
I_{vk}	زمان دقیقی که راننده موقعیتی باید به مقصد خودش برسد
c_{ij}	هزینه سفر از گروه i به گروه j
t_{ij}	زمان سفر از گروه i به گروه j
$[e_i, l_i]$	پنجره زمانی برای مشتریان برای $i \in C \cup R$
w_i	زمان خدمت رسانی برای $i \in C \cup R \cup T \cup \{S\}$
d_i	میزان تقاضا برای مشتری $i \in C \cup R$
P	تعداد وسایل نقلیه معمولی
Q	ظرفیت وسایل نقلیه معمولی
Q_k^K	ظرفیت راننده موقعیتی k
Q_p^T	ظرفیت انبار میانی p

متغیرهای تصمیم

x_{ij}	متغیر باینری برا اینکه آیا کمان (i, j) توسط یک وسیله نقلیه معمولی پیمایش شده یا خیر
y_{ij}	متغیر تصمیم بیانگر میزان حجم کالا در حال حمل توسط وسیله نقلیه معمولی در کمان (i, j)
s_i	متغیر تصمیم بیانگر زمان رسیدن وسیله نقلیه معمولی به مشتری $i \in C$
r_{pi}^k	متغیر تصمیم باینری بیانگر اینکه آیا راننده موقعیتی k به مشتری $i \in C \cup R$ بعد از برداشتن کالا از انبار میانی p خدمت رسانی کرده است یا خیر
f_p^K	متغیر تصمیم بیانگر زمان ورود راننده موقعیتی k به انبار میانی p
τ_i	متغیر تصمیم بیانگر زمان ورود راننده موقعیتی k به مشتری $i \in C \cup R$

δ_p متغیر تصمیم بیانگر میزان کالای موجود در انبار میانی p z_i متغیر تصمیم باینری بیانگر اینکه آیا گره $i \in C \cup T$ توسط وسیله نقلیه معمولی خدمت رسانی

شده یا خیر

گسترش مسئله

طبق بررسی‌های صورت گرفته بر روی مدل مسئله مورد نظر در مقاله پایه، مدل مسئله به این صورت عمل می‌کند که وسایل نقلیه معمولی می‌توانند به انبارهای میانی و مشتریانی که برای آن‌ها تفاوتی ندارد کالا را از چه نوع وسیله‌ای دریافت کنند، کالا برسانند. همچنین رانندگان موقعیتی نیز می‌توانند با مراجعه به انبارهای میانی و یا انبار مرکزی کالا دریافت کنند و به دست هر دو نوع مشتریان برسانند. نکته قابل توجه در این مسئله و نتایج حاضر در مقاله، این بود که وسایل معمولی می‌توانند چند گره (انبار میانی یا مشتری نهایی) را به صورت پیاپی بازدید کنند. در صورتی که رانندگان موقعیتی، پس از دریافت کالا از انبار مرکزی یا انبار میانی و سپس تحویل کالا به یک مشتری، از سیستم خارج می‌شوند.

طبق راهنمایی استاد محترم درس در جلسه برگزار شده با ایشان در خصوص گسترش مدل، مقرر شد تا به منظور بررسی و گسترش مقاله در پروژه گروه، امکان بازدید از چند گره برای رانندگان موقعیتی ایجاد شود. در واقع برای این منظور می‌بایست برای رانندگان موقعیتی در دستور کار قرار گیرد تا در واقع رانندگان موقعیتی به جای بازدید یک مشتری و خروج از سیستم، در حالت جدید از چند مشتری بازدید کنند.

مدل ریاضی توسعه یافته

در راستای ارائه فاز اول پروژه و ارائه آن به صورت آفلاین، مدل مقاله و محدودیت‌های آن به صورت کامل تشریح شد تا آشنایی لازم با تابع هدف مدل و محدودیت‌های آن صورت گیرد. در این بخش نیز قسمتی از مدل مقاله که مبنای گروه برای کد زنی و دریافت خروجی و همچنین اعمال گسترش پیشنهادی بوده، ارائه و تشریح شده است.

$$\sum_{p \in T \cup \{s\}} \sum_{i \in C \cup R} r_{pi}^k \leq 1, \quad \forall k \in K \quad (1)$$

$$\sum_{p \in T \cup \{s\}} \sum_{k \in K} r_{pi}^k = 1, \quad \forall i \in R \quad (2)$$

$$f_p^k \geq a_{u_k} + t_{u_k p} - M \left(1 - \sum_{i \in C \cup R} r_{pi}^k \right), \quad \forall p \in T \cup \{s\}, k \in K \quad (3)$$

$$\tau_i \geq f_p^k + w_p + t_{pi} - M(1 - r_{pi}^k), \quad \forall i \in C \cup R, p \in T \cup \{s\}, k \in K \quad (4)$$

$$e_i \leq \tau_i \leq l_i, \quad \forall i \in R \quad (5)$$

$$e_i - M \left(1 - \sum_{p \in T \cup \{s\}} \sum_{k \in K} r_{pi}^k \right) \leq \tau_i \leq l_i + M \left(1 - \sum_{p \in T \cup \{s\}} \sum_{k \in K} r_{pi}^k \right), \quad \forall i \in C \quad (6)$$

محدودیت شماره (۱) بیانگر این است که هر OD k -ام حداکثر یک مشتری را کالارسانی می‌کند و کالای آن را از نقاط میانی بارگیری می‌کند. این محدودیت می‌بایست در زمینه انتخابی برای گسترش مقاله دست‌خوش تغییرات شود تا به هدف گسترش مقاله دست پیدا کنیم. بدین منظور مقدار سمت راست محدودیت، یعنی عدد ۱ باید با حداکثر تعداد مشتریان جایگزین شود تا در صورت امکان یک راننده موقعیتی حداکثر بتواند تمام مشتریان را بازدید نماید. محدودیت شماره (۲) به این مسئله اشاره دارد که مشتری در مجموعه R حتماً با ODها کالارسانی می‌شود. محدودیت شماره (۳) بیانگر این است که OD k -ام، نقطه میانی p را بازدید می‌کند. محدودیت شماره (۴) اشاره به زمان ورود OD k -ام به گره i وقتی از نقطه میانی p عبور کرده است دارد. محدودیت‌های (۵) و (۶)، به ترتیب اشاره به پنجره زمانی مربوطه مشتریان مجموعه R و مجموعه C دارد.

$$\tau_i + w_i + t_{lv_k} \leq l_{v_k} + M(1 - r_{pi}^k), \quad \forall i \in C \cup R, p \in T \cup \{s\}, k \in K \quad (7)$$

$$r_{pi}^k \leq \frac{Q_k^K}{d_i}, \quad \forall i \in C \cup R, p \in T \cup \{s\}, k \in K \quad (8)$$

$$\delta_p = \sum_{i \in C \cup R} \sum_{k \in K} d_i r_{pi}^k, \quad \forall p \in T \quad (9)$$

$$z_p \geq \frac{\delta_p}{\sum_{i \in C \cup R} d_i}, \quad \forall p \in T. \quad (10)$$

محدودیت مدت مسیر OD k -ام در محدودیت شماره (۷) بیان شده است. محدودیت شماره (۸) اشاره به عدم تخصیص OD k -ام به مشتری i در صورت کمتر بودن ظرفیت آن از مقدار تقاضای مشتری دارد. محدودیت شماره (۹) بیانگر تعداد کالاهایی است که باید در نقاط میانی p برای بارگیری توسط ODها موجود باشد. (به بیان دیگر، تعداد کالاهایی که وسایل کلاسیک باید به نقاط میانی حمل کنند). محدودیت شماره (۱۰) بیان می‌کند که نقطه میانی p باید کالارسانی شود اگر توسط OD برای رساندن کالا استفاده شده است.

$$\delta_p \leq Q_p^T, \quad \forall p \in T. \quad (11)$$

$$z_i + \sum_{p \in T \cup \{s\}} \sum_{k \in K} r_{pi}^k = 1, \quad \forall i \in C. \quad (12)$$

$$\sum_{p \in T} \delta_p \leq PQ \quad (13)$$

$$\delta_p \leq Q, \quad \forall p \in T. \quad (14)$$

$$\text{minimize } \sum_{k \in K} Z_k + \sum_{i \in C} 2c_{si}Z_i + \sum_{p \in T} 2c_{sp}Z_p \quad (15)$$

محدودیت شماره (۱۱) محدودیت ظرفیت نقاط میانی p را نشان می‌دهد. محدودیت شماره (۱۲) بیان می‌کند که مشتریان مجموعه C تنها می‌بایست توسط یکی از دو گزینه وسیله کلاسیک یا OD کالارسانی شوند. محدودیت‌های شماره (۱۳) و شماره (۱۴) بیانگر محدودیت ظرفیت وسایل نقلیه کلاسیک است. عبارت شماره (۱۵) نیز تابع هدف مربوطه است که به دنبال کمینه کردن هزینه‌های OD ها و هزینه مسیر طی شده توسط OD ها است.

در ادامه مبحث ایجاد امکان بازدید از چند گره برای رانندگان موقعیتی، چون در مدل اولیه این فرضیه که هر راننده موقعیتی تنها می‌تواند به یک مشتری خدمت ارائه دهد^۱ بحث تولید زیر تور^۲ مطرح نمی‌شد اما اکنون با گسترش مسئله و ایجاد اماکن سرویس دهی رانندگان موقعیتی به چند مشتری احتمال تشکیل زیر تور وجود دارد، فلذا برای جلوگیری از این امر محدودیت حذف زیر تور^۳ DFJ به محدودیت‌های جدید اضافه می‌گردد.

$$\sum_i \sum_p r_{pi}^k \leq |Q| - 1, \forall k \in K, \forall Q \subseteq \{2, 3, \dots, n\}, 2 \leq |Q| \leq n \quad (16)$$

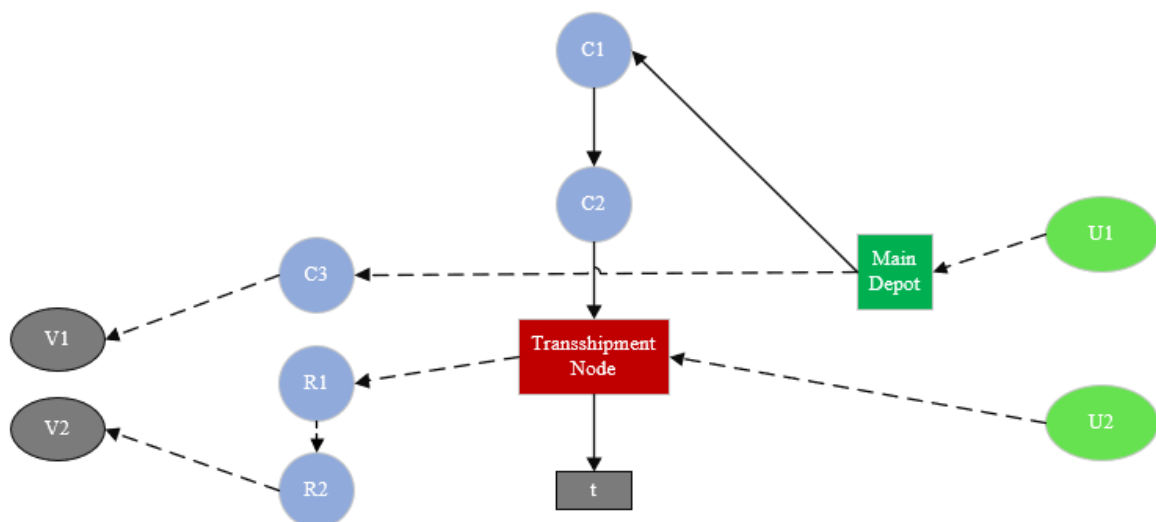
نتیجه نهایی مدل

در نهایت پس از اضافه کردن محدودیت‌های جدید و گسترش مسئله اقدام به پیاده سازی مدل در محیط CPLEX-OPL صورت گرفت و بعد انجام کامل پیاده سازی، یک مسئله متوسط با استفاده از مدل ریاضی پیاده سازی شده حل شد در این مسئله ۵ مشتری (به تفکیک ۳ مشتری در گروه C و ۲ مشتری در گروه R)، یک انبار اصلی و یک انبار میانی میانی و دو عدد راننده موقعیتی متصور شده است. پارامترها و خروجی کد در پیوست گزارش آمده است. گراف حاصل و مبتنی بر اعداد خروجی به شکل زیر رسم گردیده است:

¹ Direct Shipping

² Sub-tour

³ Sub-tour elimination constraint



C: Customers who can receive from both type of vehicles R: Customers who should receive only from OD
 U: Start point for OD V: Destination point for OD t: Destination Point for classic vehicles

Classic Vehicles —————→ Occasional Drivers - - - - -→

شکل شماره ۲؛ شماتیک پاسخ جواب بدست آمده برای شبکه مسئله

در شکل ۲ جواب بدست آمده برای مدلسازی گسترش داده شده در یک شبکه ساده طراحی شده ارائه شده است. همانطور که در شکل قابل مشاهده است، یک انبار مرکزی، یک انبار میانی، سه مشتری در مجموعه C، دو مشتری در مجموعه R، و همچنین نقاط آغاز و پایان حرکت وسیله نقلیه معمولی و رانندگان موقعیتی ارائه شده است.

مطابق پاسخ به دست آمده، در تشریح این پاسخ می‌توان مشاهده کرد که نقاط U_1 و U_2 به عنوان نقاط ابتدایی حرکت رانندگان موقعیتی در نظر گرفته شده‌اند. یکی از این رانندگان با مراجعه به انبار مرکزی و راننده دیگر با مراجعه به انبار میانی اقدام به دریافت کالا کرده است. این مسئله با توجه به فرض‌های اولیه مسئله که در آن بیان می‌کند رانندگان موقعیتی می‌توانند با مراجعه به هر دو نوع انبار (مرکزی یا میانی) اقدام به بارگیری و سپس اقدام به تحویل آن به مشتری کنند، بلامانع بود و از شرایط در نظر گرفته شده پیروی می‌کند.

همچنین یک وسیله نقلیه کلاسیک، با شروع حرکت خود از انبار مرکزی، فرآیند کالارسانی و بازدید از گره‌ها را آغاز کرده است. با توجه به فرض‌های در نظر گرفته شده وسایل نقلیه کلاسیک می‌بایست حرکت خود را از انبار مرکزی آغاز کرده و سپس به گره‌های دیگر (انبارهای میانی یا مشتریان مجموعه C) بروند.

وسیله نقلیه کلاسیک پس از شروع حرکت به ترتیب از مشتری $C1$ و $C2$ بازدید کرده است و سپس با مراجعه به انبار میانی به آن کالارسانی کرده است تا انبار میانی برای مواجهه به درخواست‌های مشتریان آماده شود و سپس به نقاط t یعنی مقصد خود رفته است.

راننده موقعیتی اول که نقطه شروع حرکت آن با $U1$ مشخص شده است پس از مراجعه به انبار مرکزی برای بارگیری کالا نزد مشتری $C3$ می‌رود و پس از تحویل کالا به مقصد خود رفته و از مجموعه خارج می‌شود. با توجه به نکته اشاره شده برای گسترش مسئله، می‌خواهیم راننده موقعیتی بتواند از چند مشتری به صورت پیاپی بازدید کند و سپس از مجموعه خارج شود. طبق پاسخ بدست آمده این امر در راننده موقعیتی دوم محقق شده است که نقطه شروع حرکت آن با $U2$ مشخص شده است. این راننده پس از اینکه به انبار میانی مراجعه کرده است و کالاها را تحویل گرفته است و سپس با خدمت رسانی متوالی به دو مشتری $R1$ و $R2$ از مجموعه خارج شده و به مقصد خود رفته است.

جمع‌بندی

در این پژوهش، مسئله مورد نظر مقاله انتخابی، مسئله حمل و نقل جمعی با در نظرگیری انبارهای میانی و پنجره‌های زمانی بود که در نظر داشت با استفاده از وسایل نقلیه معمولی و رانندگان موقعیتی فرآیند کالارسانی را مدل‌سازی کند. در گام اول این پژوهش، ضمن مطالعه دقیق مفاهیم و ادبیات مسئله، به بررسی مدل ریاضی مسئله شامل تابع هدف و محدودیت‌های آن پرداخته شد و سپس با بررسی اعضای گروه و تأیید استاد درس در خصوص زمینه قابل گسترش مدل پروژه، به چند بازدید کرده رانندگان موقعیتی موجود در مدل مفهومی مقاله با ایجاد تغییرات در مدل ریاضی مسئله پرداخته شد. همچنین نتایج و خروجی حاصل از اجرای مدل کدنویسی شده بر روی یک شبکه متوسط در نظر گرفته شده در گزارش ارائه شد. طبق نتایج امکان چند بازدید کردن برای رانندگان موقعیتی حاصل شد و همچنین وسایل نقلیه معمولی نیز به فعالیت ادامه می‌دهند و به طور کلی اجزای این سیستم به کالارسانی به مشتریان می‌پردازند. در مدل فعلی مسئله، وسایل نقلیه معمولی با شروع حرکت از انبار مرکزی، اقدام به بازدیدهای گره‌های دیگر (انبار میانی یا مشتریان) به صورت تک بازدید یا چند بازدید می‌کنند و رانندگان موقعیتی نیز این امکان را دارند تا پس از تحویل کالا از انبار مرکزی یا انبارهای میانی، اقدام به بازدید از مشتریان به صورت تک یا چند بازدید کنند تا در واقع هدف از گسترش مقاله محقق شود.

پیوست

پارامترها

a_{u_k}	[5,9]	d_i	[6,9,12,8,15]
I_{v_k}	[35,40]	P	1
e_i	[1,2,3,1,2]	Q	10
l_i	[8,12,20,28,32]	Q_k^K	20
w_i	[2,3,5,6,4,3,3]	Q_p^T	50

t_{ij}

4	7	2	7	3	4	3	6	7	3	3	6	3	3
7	1	2	4	6	2	4	6	6	4	3	4	5	7
7	6	2	6	3	8	3	7	1	8	2	7	2	1
1	6	7	1	8	4	1	1	2	3	4	8	8	5
8	2	3	5	2	5	5	5	5	4	6	6	3	3
6	1	6	1	2	7	7	3	6	2	5	3	6	2
6	7	2	2	7	7	5	7	1	7	4	7	7	1
6	8	5	4	2	4	4	3	7	6	2	5	1	4
7	4	2	2	8	4	5	2	8	3	7	1	7	7
8	4	4	3	4	1	7	8	6	6	3	4	3	1
5	1	4	7	7	2	8	7	8	7	4	8	8	5
4	4	1	1	3	1	5	8	6	7	5	8	6	7
5	8	8	7	4	7	5	1	7	8	5	5	5	7
7	5	1	8	1	1	5	3	2	6	6	1	1	2

c_{ij}

7	3	7	2	2	5	10	2	0	6	1	1	8	8
3	4	3	6	6	9	5	1	9	10	7	9	5	6
6	7	9	6	5	10	1	8	7	9	9	0	8	0
7	6	0	1	9	7	6	5	6	7	7	1	6	4
4	9	0	5	4	9	4	7	5	1	9	6	0	4
0	4	7	6	6	10	3	0	4	2	0	2	2	4
2	8	7	2	8	6	0	10	8	2	7	5	2	5
8	10	8	6	1	4	10	10	8	10	8	1	5	7
8	9	8	1	9	4	0	8	7	1	8	5	1	9
3	2	7	6	10	5	5	6	6	1	4	3	9	10
9	3	6	10	4	8	3	2	3	5	6	2	9	0
4	2	4	7	5	0	4	3	10	3	6	10	6	7
7	8	10	6	7	0	1	0	4	3	8	4	9	4
7	4	9	5	6	8	0	2	2	9	8	0	1	10

متغیرهای تصمیم

z_i	$[1,1,0,1]$
f_p^k	$\begin{bmatrix} 0 & 14 \\ 12 & 0 \end{bmatrix}$
τ_i	$[60,64,20,27,32]$
δ_p	8
r_{pi}^k	$\begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 1 & 0 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}$