



ارائه مدل ریاضی برای حل مساله مسیریابی وسایل نقلیه پایدار تاب‌آور با نقاط تحویل اشتراکی

صبا سلیمانی طادی

دانشگاه صنعتی امیرکبیر - دانشکده مهندسی صنایع و سیستم‌های مدیریت

دکتر سید محمدجواد میرزاپور آل‌هاشم

دانشگاه صنعتی امیرکبیر - دانشکده مهندسی صنایع و سیستم‌های مدیریت

چکیده

در سال‌های اخیر با رشد تجارت الکترونیک و به خصوص با گسترش پاندمی کرونا، میزان تمایل افراد به خرید غیرحضوری و آنلاین افزایش یافته و تکثیر خرید غیرحضوری باعث افزایش قابل توجه میزان حمل و نقل در آخرین مرحله زنجیره تامین شده است. یکی از مرسوم‌ترین روش‌ها که مورد استقبال اکثریت افراد قرار می‌گیرد تحویل درب منازل است که با چالش عدم حضور مشتری در منزل همراه می‌باشد. با توجه به مکان‌های پراکنده و زیاد مشتری، تقاضای کم وی و در دسترس بودن محدود مشتری، توزیع آخرین مایل اغلب به عنوان یکی از پرهزینه‌ترین، چالش برانگیزترین و ناکارآمدترین مراحل در زنجیره توصیف می‌شود. استفاده از نقاط اشتراکی روشی برای حل این چالش هستند که کاهش هزینه‌های حمل و نقل و آلودگی‌ها را به همراه دارند. در این راستا با مرور پیشینه‌ی تحقیقات در این زمینه، به دنبال مدلی کارآمد برای مسیریابی وسایل نقلیه از مراکز توزیع به منازل مشتریان یا کمدهای هوشمند و بالعکس، برای کالاهای مرجوعی هستیم که ضمن در نظر گرفتن انعطاف‌پذیری با ارائه مدل چندهدفه، سفارشات را براساس اولویت مشتریان به آنها برساند و درنهایت این مدل در نرم افزار گمز حل می‌شود.

واژگان کلیدی: مسیریابی، پایداری، دریافت و تحویل، پنجره زمانی نرم و سخت، نقاط اشتراکی



مقدمه

به دلیل اهمیت کیفیت خدمات و زمان‌های خدمت‌دهی، مسیریابی در تجارت الکترونیک نسبت به تجارت کلاسیک که در آن خرده‌فروش‌ها با شرکت‌ها در ارتباط هستند، از اهمیت بیشتری برخوردار است. همچنین ظهور تجارت الکترونیک به طور اساسی عادات خرید مشتریان را تغییر داده‌است. امروزه، مشتریان می‌توانند تنها در چند دقیقه، تعداد زیادی از گزینه‌ها و پیشنهادات را با یکدیگر مقایسه کنند. بنابراین، تجارت الکترونیک در حال افزایش است و شرکت‌های لجستیک باید با افزایش ارسال بسته، به ویژه در مناطق شهری کنار بیایند. تمایل زیاد افراد به دریافت بسته‌ها درب منازل، تاثیر قابل توجهی بر هزینه‌های حمل و نقل گذاشته، همچنین باتوجه به حجم بالای درخواست‌ها، شرکت‌ها نمی‌توانند تضمینی برای تحویل دادن در بازه‌های زمانی دلخواه مشتریان انجام دهند و باید طول پنجره‌های تحویل را چندین ساعت افزایش دهند که منجر به کاهش رضایت و وفاداری مشتریان می‌گردد. به علاوه، در صورت عدم حضور مشتری، ارسال مجدد سفارشات کارایی سیستم لجستیک را کاهش می‌دهد. این امر به دلیل افزایش ترافیک در مناطق شهری، بر هزینه‌های حمل و نقل و همچنین آلاینده‌های زیست محیطی در سطح سیستم تأثیر منفی می‌گذارد. برای غلبه بر این مشکل، روش تحویل جدید با استفاده از نقاط اشتراکی ایجاد شد.

نقاط اشتراکی به کمدهایی اطلاق می‌شوند که مشتریان می‌توانند بدون کمک کارکنان، سفارشات خود را از آن‌ها دریافت کنند. این قفسه‌ها اغلب در ایستگاه‌های حمل‌ونقل عمومی، مراکز خرید و سایر مکان‌های عمومی، اما همچنین در ساختمان‌های آپارتمانی و فضاهای اداری شلوغ قرار دارند و معمولاً ۲۴ ساعت شبانه‌روز در دسترس مشتریان می‌باشند. مزیت این سیستم برای مشتری، عدم نیاز به حضور در محل تحویل و برای شرکت‌های حمل و نقل، امکان تجمع بسته‌های مشتریان مختلف برای ارسال آنها به کمدهای هوشمند می‌باشد. این امر تعداد مکان‌های تحویل را کاهش می‌دهد و منجر به کاهش هزینه تحویل و ازدحام ترافیک می‌شود.

جدول ۱ به مقایسه این روش‌ها از جوانب مختلف می‌پردازد. همانطور که مشاهده می‌شود استفاده از کمدهای هوشمند در مقایسه با تحویل حضوری انعطاف‌پذیری بیشتری از نظر زمان تحویل، استفاده بهتر از ظرفیت خودرو و کاهش تحویل ناموفق ارائه می‌دهد و در نتیجه هزینه‌های تحویل کمتری دارد. با این حال، چالش‌های جدیدی را از نظر ظرفیت‌های محدود در محل‌های تحویل ایجاد می‌کند. علاوه بر این، هزینه‌های سرمایه‌گذاری اولیه اغلب به منظور ارائه تسهیلات تحویل غیرحضوری بالا است. با مقایسه بین دو روش می‌توان نتیجه گرفت که استفاده از یک رویکرد ترکیبی شامل هر دو روش می‌تواند بهره‌وری را افزایش دهد.

در این مطالعه دو روش تحویل در نظر گرفته می‌شود که شامل تحویل حضوری درب منزل و تحویل به نقاط اشتراکی می‌باشد. مشتریان می‌توانند یکی از این دو روش را انتخاب کنند که در این حالت رضایت مشتری به عنوان یک فاکتور اجتماعی و به واسطه در نظر گرفتن پنجره زمانی نرم و سخت لحاظ می‌گردد که با در نظر گرفتن این مورد در کنار هزینه‌های حمل و نقل و آلاینده‌گی، فاکتور پایداری به مدل اضافه می‌شود.

از طرفی در این مطالعه نقاط اشتراکی به عنوان یک روش برای تحویل گرفتن کالا از مشتریان نیز در نظر گرفته می‌شود و مدلسازی به گونه‌ای انجام شده که ضمن یافتن مسیر مناسب، ظرفیت نقاط اشتراکی را نیز در نظر بگیرد.

از طرفی با توجه به امکان کمبود ظرفیت در استفاده از این نقاط اشتراکی، سناریویی برای افزایش ظرفیت تعریف می‌شود. در این سناریو علاوه بر ظرفیت رایگان موجود در این نقاط، ظرفیت مازاد قابل استفاده با هزینه بالاتر نیز وجود دارد.

در حالی که استفاده از نقاط اشتراکی تحویل کالا در عمل غیرمعمول نیست و با مفاهیم مختلفی در سرتاسر جهان مورد استفاده قرار می‌گیرد، تحقیقات در این مورد هنوز نسبتاً محدود است. بنابراین هدف این مقاله تلاش برای تشویق به تحقیقات بیشتر در مورد این موضوع است.



جدول ۱. مقایسه روش‌های تحویل

تحویل به نقاط اشتراکی	تحویل حضوری درب منزل	دلیل مقایسه
غیر مستقیم	مستقیم	تحویل
خیر	بله	حضور مشتری
۲۴ ساعته	پنجره زمانی	زمان تحویل
محدود	نامحدود	ظرفیت مکان‌های تحویل
زیاد	کم	استفاده از ظرفیت وسیله نقلیه
تقریباً صفر	زیاد	تعداد تحویل ناموفق
کم	زیاد	هزینه تحویل
زیاد	کم	هزینه سرمایه‌گذاری اولیه
ظرفیت	حضور مشتری - زمان	عدم قطعیت

روش تحقیق

برای شروع این پژوهش، ابتدا از منابع معتبری از جمله کتاب‌ها، مقالات و پایان‌نامه‌های موجود در حوزه مورد نظر استفاده کردم تا دیدگاهی جامع به ادبیات موجود و پیشینه‌ی تاریخی موضوع پژوهش به دست آورم و نقاط قوت و ضعف تحقیقات گذشته را شناسایی کنم. سپس با تحلیل دقیق محتوای این منابع، موانع و شکاف‌های تحقیقاتی را شناسایی و تحلیل کردم. این فرآیند به من این امکان را داد تا با دقت و روشنی به نیازمندی‌هایی که در حوزه مورد نظر وجود دارد، پرداخته و مدل ریاضی مناسب را برای حل مسئله ارائه کنم.

مسئله مسیریابی و وسایل نقلیه اولین بار توسط Clarke و Wright در سال ۱۹۶۴ ارائه شد و به مرور زمان به آن پیچیدگی‌هایی همچون پنجره‌های زمانی، ظرفیت و دریافت و ارسال اضافه شد (Clarke and Wright, 1964).

در تجارت کلاسیک، شرکت‌های لجستیک کالاها را به فروشگاه‌ها تحویل می‌دهند و مشتریان خرید خود را از این فروشگاه‌ها انجام می‌دهند. به این ترتیب، توزیع در آخرین مایل را می‌توان با هزینه کم‌تری انجام داد، زیرا تعداد فروشگاه‌های مورد بازدید نسبتاً کم است دریافت کالا توسط مشتریان انجام می‌گردد. با این حال، در یک سیستم تحویل حضوری درب منازل، هزینه مربوط به آخرین مایل به طور قابل توجهی بالاتر است، زیرا چندین مکان باید بازدید شود (Agatz et al, 2011).

یکی دیگر از مشکلات موجود در این نوع تحویل، تلاش‌های ناموفق برای تحویل است که در صورت عدم حضور مشتریان در منزل رخ می‌دهد. به منظور کاهش احتمال عدم حضور مشتری، می‌توان از پنجره زمانی استفاده کرد. البته به علت ترجیحات یکسان بسیاری از مشتریان، (به عنوان مثال صبح زود یا اواخر بعد از ظهر)، شرکت‌ها ملزم به استفاده از ناوگان بزرگ وسایل نقلیه می‌باشند تا همه تحویل‌ها را در زمان تایید شده انجام دهند. برای غلبه بر این موضوع، تکنیک‌های قیمت گذاری پنجره



زمانی پیشنهاد شده‌است و معیارهای مختلف، مانند مطلوبیت یک پنجره زمانی معین، در نظر گرفته می‌شود (Campbell and Savelsbergh, 2006).

جایگزین اصلی تحویل حضوری استفاده از نقاط تحویل اشتراکی می‌باشد که از نظر لجستیکی پیچیدگی کمتری دارند، زیرا می‌توان بسته‌های مشتریان مختلف را ادغام کرد و این ادغام منجر به کاهش قابل توجه تعداد مکان‌های تحویل و در نتیجه کاهش هزینه حمل و نقل می‌گردد. بنابراین، اهداف زیست محیطی نیز در نظر گرفته می‌شود (Agatz et al, 2011). اما مشکل اصلی استفاده از این نقاط اشتراکی محدودیت ظرفیت می‌باشد. از دیگر معایب آن می‌توان به کمبود این کمدها در برخی نقاط شهر اشاره کرد. بنابراین استفاده از یک رویکرد ترکیبی مبتنی بر تحویل حضوری و استفاده از نقاط اشتراکی می‌تواند اثربخش باشد. Lee و Zhang اولین کسانی بودند که در سال ۲۰۱۶ مزایای بالقوه استفاده از چنین رویکردی را نشان دادند (Zhang and Lee, 2016).

Wikarek و Sitek در سال ۲۰۱۹ یک مسئله مسیریابی ارائه کرده‌اند که در آن مشتریان می‌توانند از طریق دریافت حضوری در منزل یا نقاط تحویل بسته‌های خود را دریافت کنند. در مدل ارائه شده، ظرفیت نقاط تحویل در نظر گرفته شده ولی هیچ پنجره زمانی برای مشتریان در نظر گرفته نشده‌است (Sitek and Wikarek, 2019). نتایج یک نظرسنجی در سنگاپور نشان می‌دهد که میزان تمایل افراد به استفاده از کمدهای هوشمند به تجربه خرید و درک آنها از این نوع خدمات وابسته است. زیرا اگر تاثیر مثبت آنها بر محیط زیست و سرعت تحویل درک شود، تمایل مشتریان به استفاده از این خدمات بیشتر می‌شود (Yuen et al, 2018).

Mancini و Gansterer در سال ۲۰۲۱ نشان دادند در سیستمی که از تحویل حضوری در منازل و کمدهای هوشمند همزمان استفاده می‌شود، با اجازه دادن به شرکت برای تصمیم‌گیری در مورد مکان تحویل و در عین حال جبران نارضایتی‌های احتمالی مشتریان، می‌تواند منجر به صرفه‌جویی قابل توجهی در هزینه کل شود. در این مقاله پنجره‌های زمانی نیز در نظر گرفته شد (Mancini and Gansterer, 2021).

در این پژوهش مدلی ارائه می‌شود که با کاهش هزینه، کاهش آلاینده‌گی، افزایش رضایت مشتری از طریق در نظر گرفتن پنجره زمانی برای مشتری و همچنین افزایش انعطاف‌پذیری با در نظر گرفتن ظرفیت مازاد، امکان دریافت و تحویل بسته‌های مشتریان که شامل دو نوع فاسدشدنی و فاسد نشدنی می‌باشد را از درب منزل یا از طریق نقاط اشتراکی فراهم می‌سازد.

مدلسازی

مفروضات

- مجموعه نقاط ایستگاه‌های اشتراکی و مشتریان ثابت می‌باشد.
- برخی مشتریان تقاضای برداشتن محصول و برخی تقاضای تحویل محصول را دارند.
- یک نوع وسیله نقلیه وجود دارد.
- جمع آوری سفارشات تحویلی و ارسال سفارشات می‌تواند همزمان و توسط یک خودرو صورت گیرد.
- کالاها به ۲ دسته فاسدشدنی و غیر فاسدشدنی تقسیم می‌شوند که نوع اول در لاکرهای یخچال‌دار و نوع دوم در لاکرهای غیر یخچالی قرار می‌گیرند.
- کالا باید در پنجره زمانی مشتریان (نرم یا سخت) به دست آنها برسد.
- یک ظرفیت مشخص از لاکرها در دسترس است و می‌توان با هزینه بیشتر به ظرفیت بیشتری دست پیدا کرد.

مجموعه‌ها



N_c	مجموعه مشتریان
N_f	مجموعه ایستگاه‌های اشتراکی
$\{0\}$	نقطه آغازین
N	مجموعه مشتریان و نقاط آغازین $N_f \cup N_c$
N_0	مجموعه تمام نقاط $N_f \cup N_c \cup 0$
D	مجموعه نوع مشتریان (تحويل یا برداشت)
P	مجموعه نوع ایستگاه‌های اشتراکی (غیر یخچالی یا یخچال‌دار) $P = \{ref, unref\}$
پارامترها	
$CT_{i,d}$	اگر مشتری $i \in N_c$ از نوع $d \in D$ باشد مقدار ۱ و در غیر اینصورت صفر است.
$FP_{f,p}$	اگر نقطه اشتراکی $f \in N_f$ از نوع یخچال‌دار باشد $FP_{f,ref} = 1$ و اگر از نوع غیر یخچالی باشد $FP_{f,unref} = 1$ خواهد بود.
$CP_{i,p}$	اگر سفارش مشتری $i \in N_c$ از نوع یخچال‌دار باشد $C_{i,ref} = 1$ باشد و اگر از نوع غیر یخچالی باشد $C_{i,unref} = 1$ خواهد بود.
$V_{i,f}$	اگر مشتری $i \in N_c$ بتواند به نقطه اشتراکی $f \in N_f$ تخصیص یابد مقدار ۱ و در غیر اینصورت صفر است. $V_{i,f} = \sum_{p \in P} (FP_{f,p} \cdot CP_{i,p})$
S_i	سرویس تایم گره $i \in N_0$
$[e_i, l_i]$	پنجره زمانی گره $i \in N_0$
$[ae_i, al_i]$	پنجره زمانی مطلوب مشتری $i \in N_c$
B_f	ظرفیت اولیه ایستگاه اشتراکی $f \in N_f$
$C_{i,j}$	هزینه سفر از گره i به گره j $i, j \in N_0$
$t_{i,j}$	زمان سفر از گره i به گره j $i, j \in N_0$
γ	هزینه بکارگیری خودرو



δ جریمه تخصیص مشتری به نقطه اشتراکی

$Tmax$ زمان در دسترس خودرو

$co2$ میزان کربن انتشار یافته به ازای هر نقطه اشتراکی یخچال‌دار

ζ هزینه هر واحد خرید ظرفیت اضافه برای نقاط اشتراکی

متغیرهای تصمیم

$X_{i,j}$ اگر خودرو از نقطه i به نقطه j برود مقدار ۱ و در غیر اینصورت صفر می‌شود.

$Y_{i,f}$ اگر مشتری $i \in N_c$ به نقطه اشتراکی $f \in N_f$ تخصیص یابد مقدار ۱ و در غیر اینصورت صفر می‌شود.

Z_f اگر نقطه اشتراکی $f \in N_f$ بکار گرفته شود مقدار ۱ و در غیر اینصورت صفر می‌شود.

T_i زمان رسیدن وسیله نقلیه به نقطه $i \in N$

Ex_f ظرفیت مازاد خریداری شده برای نقطه اشتراکی f

RL تعداد نقاط اشتراکی یخچال‌دار بکار گرفته شده

Ea_i میزان زودکرد از پنجره زمان مطلوب مشتری $i \in N_c$

Ta_i میزان تاخیر از پنجره زمان مطلوب مشتری $i \in N_c$

توابع هدف و محدودیت‌ها

$$\text{Min } Z_1 = \sum_{i,j \in N_0} C_{i,j} \cdot X_{i,j} + \delta \sum_{i \in N_c} \sum_{f \in N_f} Y_{i,f} + \gamma \sum_{j \in N} X_{0,j} + \zeta \sum_{f \in N_f} Ex_f \quad 1$$

$$\text{Min } Z_2 = \sum_{i \in N_c} Ea_i + Ta_i \quad 2$$

$$\text{Min } Z_3 = RL \cdot co2 \quad 3$$

$$\sum_{i \in N_0} X_{i,j} + \sum_{f \in N_f | V_{j,f}=1} Y_{j,f} = 1 \quad \forall j \in N_c \quad 4$$

$$\sum_{i \in N_0} X_{i,j} = \sum_{i \in N_0} X_{i,j} \quad \forall j \in N_0 \quad 5$$



$$z_f \geq \frac{1}{|N_c|} \sum_{i \in N_c} Y_{i,f} = 1 \quad f \in N_f \quad 6$$

$$\sum_{i \in N_0} X_{i,f} = Z_f \quad f \in N_f \quad 7$$

$$T_j \geq T_i + t_{ij} + s_j - T_{\max}(1 - X_{i,j}) \quad \forall i \in N_0, \forall j \in N \quad 8$$

$$-T_{\max} \sum_{f \in N_f} Y_{i,f} + e_i \leq T_i \leq l_i + T_{\max} \sum_{f \in N_f} Y_{i,f} \quad \forall i \in N_c \quad 9$$

$$T_j + s_j + t_{j,0} \leq T_{\max} \quad \forall j \in N \quad 10$$

$$\sum_{i \in N_c} Y_{i,f} \leq B_f + Ex_f \quad \forall f \in N_f \quad 11$$

$$Y_{i,f} = 0 \quad \forall i \in N_c, \forall f \in N_f \mid V_{i,f} = 0 \quad 12$$

$$RL = \sum_{f \in N_f \mid FP_f, unref=1} Z_f \quad 13$$

$$Ea_i \geq -T_{\max} \sum_{f \in N_f} Y_{i,f} + ae_i - T_i \quad \forall i \in N_c \quad 14$$

$$Ta_i \geq T_i - al_i - T_{\max} \sum_{f \in N_f} Y_{i,f} \quad \forall i \in N_c \quad 15$$

$$X_{i,j}, Y_{i,f}, Z_f \in \{0,1\} \quad \forall i, j \in N_0, \forall f \in N_f \quad 16$$

$$T_i, Ex_f, RL, Ea_i, Ta_i \geq 0 \quad \forall i \in N_0, \forall f \in N_f \quad 17$$

توضیحات

معادله ۱ تابع هدف هزینه‌ها است که مجموع هزینه‌های طی مسیر، جریمه تخصیص مشتری به ایستگاه اشتراکی، هزینه بکارگیری خودرو و هزینه مازاد ظرفیت ایستگاه‌های اشتراکی را کمینه می‌کند.

معادله ۲ مجموع زمان‌های زودکرد و دیرکرد مشتریان را کمینه می‌کند.

معادله ۳ مجموع کربن حاصل از ایجاد ایستگاه‌های اشتراکی یخچال‌دار را کمینه می‌کند.

محدودیت ۴ تضمین می‌کند که هر مشتری باید حتما بازدید شود؛ یا بصورت تحویل مستقیم توسط خودرو یا تحویل سفارش به ایستگاه اشتراکی.



محدودیت ۵ شرط پیوستگی مسیر را بیان می‌کند.
محدودیت‌های ۶ و ۷ تضمین می‌کند اگر یک مشتری به یک ایستگاه اشتراکی تخصیص یابد، آن ایستگاه اشتراکی حتماً توسط خودرو بازدید شود.
محدودیت ۸ زمان رسیدن خودرو به نقاط را محاسبه می‌کند.
محدودیت ۹ تضمین می‌کند سفارش مشتریانی که به طور مستقیم تحویل داده شده‌اند باید در بازه پنجره زمانی آن‌ها باشد.
محدودیت ۱۰ تضمین می‌کند هر خودرو قبل از زمان در دسترس آن به نقطه آغازین بازگردد.
محدودیت ۱۱ تضمین می‌کند تعداد مشتریان تخصیص یافته به هر ایستگاه اشتراکی از مجموع ظرفیت اولیه آن و ظرفیت مازاد خریداری شده بیشتر نگردد.
محدودیت ۱۲ تضمین می‌کند که تخصیص مشتریان با سفارش یخچال‌دار به ایستگاه‌های اشتراکی غیر یخچالی صورت نگیرد (و بالعکس).
محدودیت ۱۳ تعداد ایستگاه‌های اشتراکی یخچال‌دار بکار گرفته شده را محاسبه می‌کند.
محدودیت ۱۴ و ۱۵ دیرکرد و زودکرد زمان رسیدن خودرو از بازه پنجره زمانی مطلوب مشتریان را محاسبه می‌کند.
محدودیت‌های ۱۶ و ۱۷ نوع و بازه متغیرهای تصمیم مسئله را نشان می‌دهد.

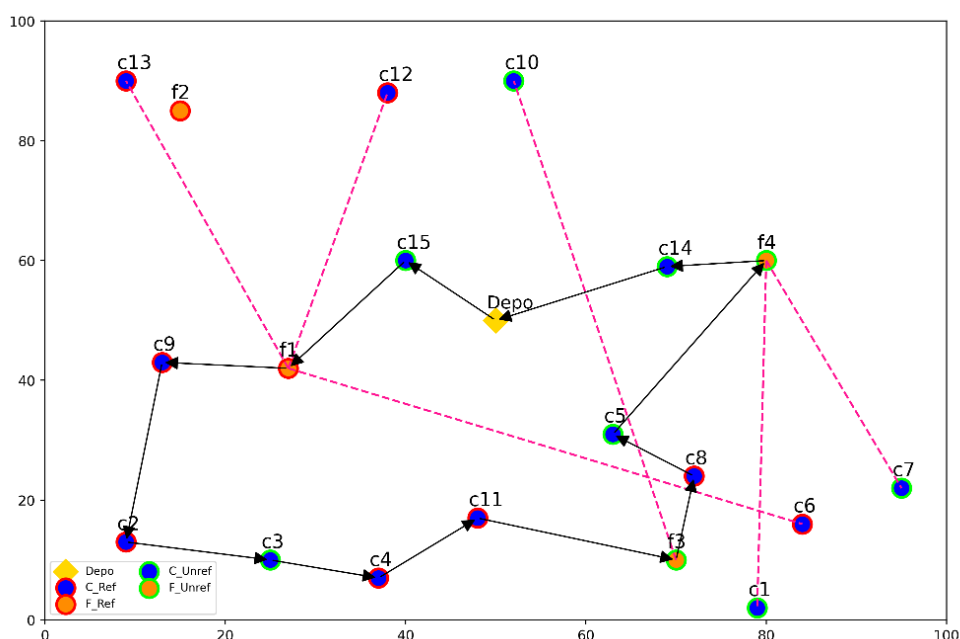
یافته‌ها

نتیجه‌ی حل یک نمونه مسئله در نرم افزار گمز در جدول ۲ قابل مشاهده است.

جدول ۲ مقادیر نمونه مسئله

مقدار	متغیر تصمیم/تابع هدف
271.476	Z_1
757.484	Z_2
3700	Z_3

همچنین این نمونه به صورت گرافیکی در شکل ۱ مشاهده می‌شود که در آن کمان‌های مشکی مسیر حرکت خودرو و خطچین‌ها تخصیص مشتریان به نقاط اشتراکی را نشان می‌دهد. دایره‌های آبی رنگ مشتریان هستند که حاشیه قرمز رنگ مشتری دارای سفارش فاسدشدنی و حاشیه سبز رنگ مشتری دارای سفارش غیر فاسدشدنی را مشخص می‌کند. دایره‌های نارنجی رنگ نشان نقاط اشتراکی هستند که به ترتیب حاشیه قرمز و سبز آن‌ها نشان دهنده غیر یخچال‌دار و یخچال‌دار بودن آن‌هاست. همانطور که در شکل ۱ مشاهده می‌شود، مسیر حرکت خودرو به ترتیب از انبار به مشتری ۱۵، لاکر یخچال‌دار ۱، مشتری ۹، مشتری ۲، مشتری ۳، مشتری ۴، مشتری ۱۱، لاکر غیر یخچالی ۳، مشتری ۸، مشتری ۵، لاکر غیر یخچالی ۴ و مشتری ۱۴ و در نهایت به انبار می‌باشد. مشتری ۶ و ۱۲ و ۱۳ به لاکر یخچال‌دار ۱، مشتری ۱۰ به لاکر غیر یخچالی ۳ و مشتری ۱ و ۷ به لاکر غیر یخچالی ۴ تخصیص داده شده‌اند. لاکر یخچال‌دار ۲ استفاده نمی‌شود.



شکل ۱ شمای گرافیکی حل یک نمونه مسئله

بحث و نتیجه‌گیری

مدل ارائه شده در این مطالعه کارآمدی بالایی نسبت به تحقیقات گذشته در این زمینه دارد زیرا هر سه فاکتور پایداری شامل فاکتور اقتصادی، زیست محیطی و اجتماعی با در نظر گرفتن هزینه‌ها، گازهای گلخانه‌ای و رضایت مشتری لحاظ شده است همچنین با در نظر گرفتن ظرفیت اضافه انعطاف‌پذیری مدل بالا رفته است.

برای پژوهش‌های آتی می‌توان مدل را بهبود داد و محدودیت‌های بیشتری را در آن لحاظ کرد. حل این مدل را می‌توان با روش‌های ابتکاری و فراابتکاری نیز انجام داد.



منابع

- Agatz, N., Campbell, A., Fleischmann, M., & Savelsbergh, M. (2011). Time slot management in attended home delivery. *Transportation Science*, 45(3), 435-449.
- Campbell, A. M., & Savelsbergh, M. (2006). Incentive schemes for attended home delivery services. *Transportation science*, 40(3), 327-341.
- Clarke, G., & Wright, J. W. (1964). Scheduling of vehicles from a central depot to a number of delivery points. *Operations research*, 12(4), 568-581.
- Mancini, S., & Gansterer, M. (2021). Vehicle routing with private and shared delivery locations. *Computers & Operations Research*, 133, 105361.
- Sitek, P., & Wikarek, J. (2019). Capacitated vehicle routing problem with pick-up and alternative delivery (CVRPPAD): model and implementation using hybrid approach. *Annals of Operations Research*, 273(1), 257-277.
- Zhang, S. Z., & Lee, C. K. M. (2016, December). Flexible vehicle scheduling for urban last mile logistics: The emerging technology of shared reception box. In 2016 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM) (pp. 1913-1917). IEEE.



A resilient and sustainable vehicle routing model with shared delivery points

Saba Soleimani

Department of Industrial Engineering and
Management Systems, Amirkabir University of
Technology

S.M.J.MirzapourAl-e-Hashem¹

Department of Industrial Engineering and
Management Systems, Amirkabir University of
Technology

Abstract

In recent years, driven by the growth of online shopping, which has been further accelerated by the COVID-19 pandemic, there has been a noticeable increase in remote and internet-based purchasing habits. As a result, the final leg of the supply chain, known as last-mile delivery, has seen a significant rise in the amount of goods being transported. Doorstep delivery, a common method, faces obstacles when customers are not at home, complicating an already complex process. Last-mile distribution, which involves delivering to scattered customer locations with low demand density and limited customer availability, has become one of the most costly, challenging, and inefficient stages in the supply chain. Shared delivery points are being explored as a potential solution, aiming to lower transportation costs and emissions by consolidating deliveries to common locations. This research seeks to create an effective model for routing vehicles from distribution centers to customer homes or smart lockers, and vice versa for reverse logistics. Prioritizing flexibility, a multi-objective model focuses on fulfilling orders based on customer preferences to ensure optimal use of resources. Ultimately, this model is implemented and solved using GAMS software to effectively tackle these complex challenges and improve last-mile delivery operations.

Keywords: Routing, Sustainability, Pickup and delivery, Soft and hard time window, Shared delivery points

1-Corresponding Author