مدیریت صنعتی
دانشکدهٔ مدیریت دانشگاه تهران
دورهٔ ۹، شمارهٔ ۲
تابستان ۱۳۹۶
صص. ۲۴۴- ۲۱۷

Journal of Industrial Management
DOI: 10.22059/imj.2017.228099.1007197

تبیین الگوی مدل‌سازی ترافیک در مسائل مسیریابی خودرو مبتنی بر پارادایم حمل و نقل سبز (مورد مطالعه: شرکت زمزم)

عزت ا.. اصغری‌زاده[۱]، احمد جعفرنژاد چقوشی[۲]، مصطفی زندیه[۳]، سبحان جویبار[۴]

چکیده: هدف از ارائهٔ این مقاله، تبیین مناسب‌ترین الگوی مدل‌سازی ترافیک در مسائل مسیریابی خودرو، مبتنی بر پارادایم حمل و نقل سبز است. ادبیات موضوع نشان‌دهندهٔ وجود چهار رویکرد در مدل‌سازی ترافیک شامل، ساده، گسسته، پیوسته و تصادفی است. بنابراین، بر اساس روش فراتحلیل کیفی، به بررسی توصیفی و ارزیابی ۶۷ منبع در زمینهٔ حمل و نقل سبز از لحاظ استفاده از رویکردهای یاد شده (بررسی قوت‌ها و ضعف‌های هر رویکرد) اقدام شد. نتایج گویای بهتر بودن رویکرد پیوسته بود. با توجه به وجود الگوهای مختلف مدل‌سازی در رویکرد پیوسته، برای دستیابی به الگوی مناسب، شبکهٔ توزیع شرکت زمزم بر اساس داده‌های مربوط به منطقهٔ فروش تهران‌پارس در تاریخ ۳۱ مرداد ۱۳۹۵ مطالعه شد. نتایج نشان داد الگوهای موجود نامناسب‌اند و باید الگوی مناسبی برای شبکهٔ توزیع زمزم توسعه یابد. الگوی توسعه‌یافته در این مقاله شامل دو شاخص تعریف گرهٔ مجازی و محاسبهٔ متوسط سرعت با در نظر گرفتن حالت‌های ترافیک چندگانه است. این الگو ایرادهای دو الگوی موجود در ادبیات بر اساس رویکرد پیوسته را تصحیح می‌کند.

واژه‌های کلیدی: *ترافیک، حمل و نقل سبز، گرهٔ مجازی، مدل‌سازی، مسیریابی خودرو.*

۱. دانشیار گروه مدیریت صنعتی، دانشکدهٔ مدیریت، دانشگاه تهران، تهران، ایران
۲. استاد گروه مدیریت صنعتی، دانشکدهٔ مدیریت، دانشگاه تهران، تهران، ایران
۳. دانشیار گروه مدیریت صنعتی، دانشکدهٔ مدیریت و حسابداری، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران
۴. دانشجوی دکتری مدیریت، گرایش تحقیق در عملیات، دانشکدهٔ مدیریت، دانشگاه تهران، تهران، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۵/۱۲/۰۱
تاریخ پذیرش نهایی مقاله: ۱۳۹٦/۰۳/۲٤
نویسندهٔ مسئول مقاله: عزت‌اله اصغری‌زاده
E-mail: asghari@ut.ac.ir

مقدمه

مسئلهٔ مسیریابی خودرو (VRP)[1] یکی از مسائل کلیدی رقابت در شبکهٔ توزیع محصولات است و شرکت‌های تولیدی بسیاری در دنیا به‌دنبال برنامه‌ریزی حمل و نقل مناسب با هدف کاهش هزینه‌های لجستیک (هزینه و زمان تحویل محصول به مشتریان) هستند. نخستین بار این مسئله توسط دانتزیگ و رامسر در سال ۱۹۵۹ مطرح شد (لین، چوی، هو، چانگ و لام، ۲۰۱۴) و اکنون به‌طور گسترده‌ای در کانون توجه پژوهشگران قرار گرفته است. آنها در پژوهش خود به مسیریابی بهینهٔ دسته‌ای از کامیون‌های حمل بنزین بین پایانهٔ توزیع و تعداد زیادی از پمپ بنزین‌ها پرداختند (مروتی شریف‌آبادی و باروت‌کوب، ۱۳۹۵). از آنجا که شرایط، از یک مجموعه به مجموعهٔ دیگر متفاوت است، مسئلهٔ یاد شده اهداف و قیود بسیار متنوعی دارد. در واقع، ساختار توزیع در سیستم‌های حمل کالا یا انسان بسیار متنوع است و این تنوع به شکل‌گیری گونه‌های مختلف VRP منجر شده که با وجود تشابه در ساختار کلی، در محدودیت‌ها و گهگاه در متغیرهای تصمیم، با یکدیگر تفاوت آشکاری دارند.

مدل‌های VRP سبز با هدف تعیین مسیر بهینه به‌منظور کمینه‌سازی آلایندگی‌های زیست‌محیطی از سال ۲۰۰۶ در ادبیات موضوع مطرح شدند و نقطهٔ تلاقی مدل‌های کلاسیک با این مدل‌ها از این سال است. بیورکلند (۲۰۱۱) حمل و نقل سبز را سرویسی می‌داند که در مقایسه با سرویس‌های حمل و نقل مشابه که به‌دنبال هدف یکسانی هستند، اثرات کمتر یا کاهش‌یافته‌ای را بر سلامت انسان و محیط طبیعی دارند. در ادبیات حمل و نقل سبز، پارامترهای مختلفی بر میزان آلایندگی و انتشار دی‌اکسیدکربن تأثیرگذار است. دمیر در پایان‌نامهٔ دکتری خود و همچنین مقالهٔ مستخرج از آن، دسته‌بندی مناسبی از این پارامترها ارائه کرده است که عبارت‌اند از: ۱. سرعت؛ ۲. بار؛ ۳. ترافیک؛ ۴. ناوگان؛ ۵. زاویهٔ مسیر (دمیر، ۲۰۱۲؛ دمیر، بکتاش و لاپورته، ۲۰۱۴). به نظر می‌رسد در روند توسعهٔ مدل‌های سبز، تلفیق مدل‌های سنتی با این مدل‌ها، باب جدیدی از تحقیقات را به روی محققان باز کرده است که این تلفیق به‌طور آشکاری در مدل‌سازی ترافیک مشاهده می‌شود.

یکی از پارامترهای مهم برای مدل‌سازی مناسب حمل و نقل سبز، ترافیک است. ترافیک سنگین، موجب دیرکردهای زیاد شده و این دیرکردها به کندی عملیات توزیع و نارضایتی مشتریان منجر می‌شوند. پدیدهٔ ترافیک، سرعت خودرو در مسیرهای مختلف را تحت‌الشعاع قرار می‌دهد که این مسئله بر محاسبهٔ زمان ـ سفر خودرو و به تبع انتشار گاز دی‌اکسیدکربن تأثیر اساسی دارد. در واقع ترافیک بیشتر در یک مسیر، به انتشار بیشتر آلاینده‌ها منجر می‌شود.

---

1. Vehicle Routing Problem

ترافیک مسئلهٔ پیچیده با ماهیت تصادفی است و مدل‌سازی مناسب آن به بررسی داده‌های آماری از وضعیت تراکم خودروها و به تبع آن سرعت در مسیرهای مختلف نیاز دارد. در ادبیات موضوع چهار رویکرد ساده، گسسته، پیوسته و تصادفی وجود دارد. سؤال‌هایی که در اینجا مطرح می‌شود این است که کدام‌یک از این چهار رویکرد بهتر می‌تواند واقعیت ترافیک را تبیین کند؟ آیا الگوهای موجود بر اساس این رویکردها پاسخگوی دنیای واقعی هستند؟

هدف از ارائهٔ این مقاله، تبیین مناسب‌ترین الگوی مدل‌سازی ترافیک در مسائل مسیریابی خودرو، مبتنی بر پارادایم حمل و نقل سبز است. ساختار این مقاله به این صورت است که ابتدا پیشینهٔ پژوهش مطرح می‌شود و شامل تشریح رویکردهای مدل‌سازی و کاربرد آنها در ادبیات حمل و نقل سبز است. در بخش روش‌شناسی پژوهش، روش جمع‌آوری داده‌ها و مورد مطالعه توضیح داده می‌شود. بخش‌های پایانی نیز به‌ترتیب به نتایج پژوهش و نتیجه‌گیری و پیشنهادها اختصاص دارد.

پیشینهٔ نظری پژوهش

در نظر گرفتن ترافیک در مسائل مسیریابی خودرو به سال ۱۹۶۶ برمی‌گردد. زمانی که برای اولین بار کوکه و هالسی مدلی را با نام مسئلهٔ فروشندهٔ دوره‌گرد وابسته به زمان (TDTSP)[1] ارائه کردند. در واقع، محققان در مدل‌سازی ترافیک به تخمین زمان ـ سفر خودرو با در نظر گرفتن زمان اعزام آن در ساعات مختلف روز توجه می‌کنند. بر اساس ادبیات موضوع، از زمان وارد شدن این معیار در ادبیات حمل و نقل، رویکردهای مختلفی مطرح شده که در ادامه به آنها پرداخته می‌شود.

مدل‌های مبتنی بر زمان ـ سفر ساده

تحقیقات بسیاری از قواعد ساده برای یکپارچه‌سازی اجزای وابستگی به زمان استفاده کرده‌اند. برای مثال، شن و همکارانش یک سیستم کامپیوتری را برای مسئلهٔ اعزام خودرو در یک سیستم خدمات پیک مطرح کردند و برای تخمین زمان ـ سفر در این سیستم، تابعی از متوسط سرعت خودرو را که خود تابعی از فاصله است، در نظر گرفتند. آنها در مدل خود فاصلهٔ بین دو گره را بر اساس فرمول منهتن به‌دست آوردند و برای محاسبهٔ حداقل زمان ـ سفر، حداکثر و متوسط سرعت را لحاظ کردند. همچنین به شرایط جاده از لحاظ سختی مقداری از ۱ تا ۵ اختصاص دادند که ۱ گویای شرایط معمولی و ۵ معرف شرایط برف سنگین بود. برای بهره‌وری راننده نیز

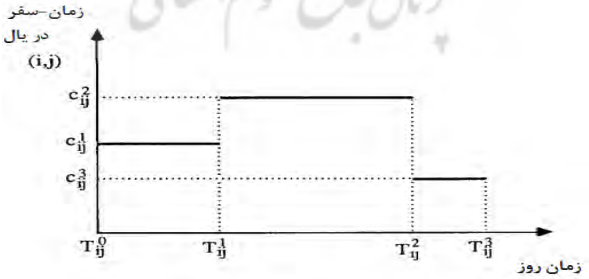
1. Time-Dependence Travel Salesman Problem

مقداری از ۱ تا ۲ لحاظ شده که ۱ نشان‌دهندهٔ بهره‌وری عادی و ۲ معرف دو برابر عادی است. به‌طور مشابه به وضعیت ترافیک نیز مقداری بین ۱ تا ۲ اختصاص داده شده است. به شکل خیلی ساده تخمین زمان ـ سفر در این مدل برابر با حاصل ضرب فاصله در متوسط سرعت، شرایط جاده و ترافیک تقسیم بر بهره‌وری راننده است (شن، پوتوین، روزیو و روی، ۱۹۹۵). این مدل‌ها فاصلهٔ زیادی از واقعیت دارند و محققان اندکی در ادبیات حمل و نقل از آن استفاده کرده‌اند.

مدل‌های مبتنی بر زمان ــ سفر گسسته

در این رویکرد، افق زمانی به فواصل زمانی کوچک دسته‌بندی می‌شود. زمان ـ سفر برای هر یال (اتصال میان دو گره)، تابع پله‌ای از زمان آغاز حرکت از گرهٔ مبدأ فرض می‌شود. این رویکرد به‌طور گسترده در ادبیات موضوع استفاده شده است. این فرض که زمان ــ سفر در فواصل گسسته تفاوت دارد، تنها تقریبی از دنیای واقعی است، در حالی که زمان ـ سفر در طول زمان و به‌طور پیوسته تغییر می‌کند. کوکه و هالسی (۱۹۶۶) نخستین افرادی بودند که این رویکرد را در مدل‌سازی مسئلهٔ کوتاه‌ترین مسیر به‌کار بردند (ایچوا و همکاران، ۲۰۰۳). بر اساس این الگو، معروف‌ترین مدل مطرح‌شده در ادبیات موضوع که پژوهشگران آن را مدل پایه‌ای در نظر می‌گیرند، مدل مالاندراکی و داسکین (۱۹۹۲) است که در ادامه معرفی می‌شود.

در این مدل همان‌طور که پیش‌تر بیان شد، زمان ـ سفر میان دو گره، فقط به فاصلهٔ میان دو گره بستگی ندارد، بلکه به زمان حرکت از گرهٔ مبدأ نیز وابسته است. بر اساس شکل زیر برای زمان ـ سفر در رویکرد گسسته، یک تابع پله‌ای وابسته به زمان تعریف می‌شود که در آن T_{ij}^{m} معرف حد بالای بازهٔ mام و c_{ij}^{m} گویای زمان ـ سفر در حرکت از گرهٔ i به j در بازهٔ m است. در این مدل، x_{ij}^{m} متغیر تصمیم باینری است که اختصاص مقدار ۱ به آن، به‌معنای این است که یک خودرو گرهٔ i به j را در بازهٔ زمانی m و با زمان اعزامی که در این بازه قرار می‌گیرد (t_i یا به بیان دیگر متغیر تصمیم) طی می‌کند. اگر خودرو در یک نقطه از بازهٔ زمانی m اعزام شود، زمان رسیدن به گرهٔ مبدأ برابر با زمان اعزام به اضافه c_{ij}^{m} خواهد بود.

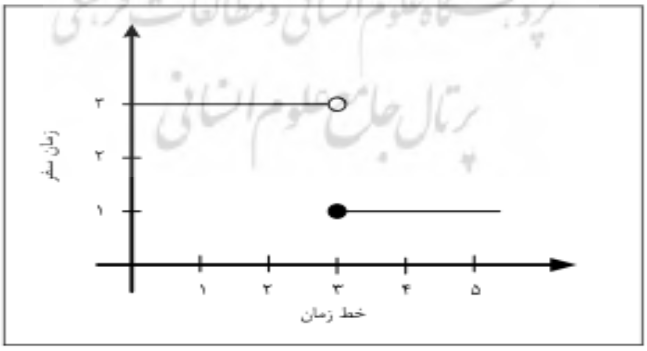


شکل ۱. تابع زمان ـ سفر گسسته

مدل‌های مبتنی بر زمان ـ سفر پیوسته

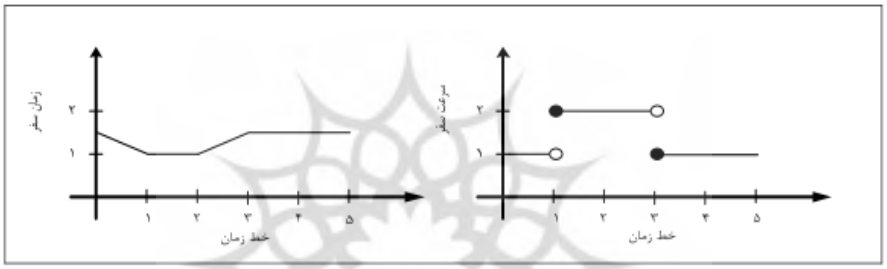
در دنیای واقعی، زمان ـ سفر در طول زمان به‌صورت پیوسته تغییر می‌کند. در این رویکرد، تابع زمان ـ سفر برخلاف حالت گسسته، به‌صورت تکه‌ای پیوسته بوده و تابع سرعت در طول زمان به‌صورت گسسته است. این رویکرد به واقعیت نزدیک‌تر بوده و مدل واقعی‌تری به نظر می‌رسد. تا پیش از ارائهٔ مدل پایه‌ای توسط ایچوا و همکارانش (۲۰۰۳)، مدل‌های مطرح در این طبقه چند ایراد اساسی داشتند؛ نخست، مفروضات ساده‌سازی اغلب به ساخت مدل ضعیف منجر می‌شود. دوم، این توابع تقریب مناسبی از آنچه در دنیای واقعی مشاهده می‌شود، به‌دست نمی‌دهند. سوم، در مسئلهٔ مسیریابی، استفاده از توزیع وابسته به زمان پیوسته برای نمایش زمان ـ سفر یا تابع زمان انتظار، به پیچیده‌شدن مسئله برای حل تحلیلی منجر می‌شود. در ادامه مدل پایه‌ای ایچوا و همکاران تشریح می‌شود.

همان‌طور که پیش‌تر بیان شد، مدل مالاندارکی و همکارانش (۱۹۹۲) یک ایراد اساسی دارد و آن این است که این مدل از ویژگی FIFO پیروی نمی‌کند. شکل ۲ مثالی از این تابع زمان ـ سفر در مسیر i به j را نشان می‌دهد. بر اساس این مدل، اگر خودرو گرهٔ i را در زمان $t = ۲$ ترک کند، در زمان $t = ۵$ به گرهٔ j خواهد رسید، در حالی که اگر در زمان $t = ۳$ حرکت خود را آغاز کند، در زمان t = ۴ به مقصد می‌رسد. این موضوع بر اساس ویژگی FIFO نادرست است. به‌منظور رفع این مشکل، آنان تابع زمان ـ سفر را پیشنهاد دادند که در آن خودرو مجاز است در یک گره توقف کند. این پیشنهاد زمان‌های توقف بدون استفاده را در گره‌ها افزایش می‌دهد، ضمن آن که در دنیای واقعی اجرای این عمل بسیار دشوار و پرهزینه است (ستاک، حبیبی، کریمی و عابدزاده، ۱۳۹۲).



شکل ۲. مثالی از تابع زمان ـ سفر گسسته

برای رفع این مشکل، ایچوا و همکارانش (۲۰۰۳) تابع زمان ـ سفر پیوسته را پیشنهاد دادند که در شکل ۳ نشان داده شده است. همانند رویکرد گسسته، در این رویکرد نیز روز به بازه‌های زمانی کوچک تقسیم می‌شود و متوسط سرعت در این بازه‌ها متفاوت است. مهم‌ترین قوت این مدل این است که در حرکت از گرهٔ مبدأ به مقصد، به‌واسطهٔ امکان قرار گرفتن مسیر حرکت در بازه‌های مختلف، سرعت ثابت نیست که این موضوع باید در محاسبهٔ زمان ـ سفر رعایت شود. بر اساس این منطق، برای رسیدن از گرهٔ i به j با در نظر گرفتن زمان اعزام خودرو، زمان رسیدن می‌تواند در همان بازهٔ زمانی اعزام باشد، یا اینکه در بازه‌های آتی اتفاق بیفتد. این الگوریتم، ویژگی FIFO را تأمین‌کرده و به واقعیت نزدیک‌تر است؛ علاوه بر این، به توقف در گره‌های مشابه الگوی گسسته نیازی ندارد.



شکل ۳. تابع زمان ـ سفر پیوسته

مدل‌های تصادفی

در این مدل‌ها تلاش می‌شود ماهیت تصادفی بودن زمان ـ سفر با استفاده از نظریهٔ زنجیرهٔ مارکوف یا متغیرهای تصادفی تبیین شود. به‌عنوان نخستین کارها، محققان در سال ۱۹۹۳ مسئلهٔ کوتاه‌ترین مسیر را در یک حالت تصادفی و وابسته به زمان بررسی کردند (سارافتیس و سیتسیکلیس، ۱۹۹۳). آنها دو حالت سبز و قرمز را برای حرکت از گرهٔ i به j در نظر گرفتند. این متغیرهای محیطی دو به دو مستقل‌اند و فرایند مارکوفی با حالت محدود دارند که انتقال حالت در زمان گسسته اتفاق می‌افتد. در واقع در این تحقیق، زنجیرهٔ مارکوف گسسته در نظر گرفته شده است. هدف مقاله اتخاذ مناسب‌ترین سیاست برای کمینه‌سازی مجموع هزینهٔ مورد انتظار در یک مسیر میان دو گره خاص است.

استفاده از تئوری صف نیز به‌عنوان زنجیرهٔ مارکوف پیوسته در مدل‌سازی ترافیک در کانون توجه محققان قرار گرفته است. برای مثال، ونزل و همکارانش در سال ۲۰۰۷، یک چارچوب مدل‌سازی ترافیک بر اساس تئوری صف ارائه دادند. در این مدل، جاده به بخش‌های مختلف با طولی معادل حداقل فضای لازم برای یک خودرو در آن جاده تقسیم می‌شود. اگر k_j ماکزیمم

چگالی ترافیک تعریف شود (یعنی متوسط حداکثر تعداد ماشین‌های روی یک بخش از جاده)، طول برابر با $1/k_j$ و معادل حداقل فضای لازم است که توسط یک خودرو اشغال می‌شود. هر بخش جاده یک ایستگاه خدمت تلقی می‌شود که λ نشان‌دهندهٔ نرخ ورود خودروها به آن و μ گویای نرخ خدمت‌دهی است. این وضعیت در شکل ۴ نشان داده شده است. در واقع مدل صف جریان ترافیک را به‌عنوان ورودی دریافت کرده و سرعت و به تبع آن زمان ـ سفر را تعیین می‌کند.

شکل ٤. نمایش جریان ترافیک در قالب تئوری صف

پیشینهٔ تجربی

در این بخش و بر اساس روش فراتحلیل کیفی، به نقد و بررسی مبانی نظری در زمینهٔ مدل‌سازی حمل و نقل سبز و عامل ترافیک پرداخته می‌شود. فراتحلیل کیفی دربرگیرندهٔ ترکیب کمّی گزارش‌ها و نتایج پژوهش‌های مشابه، استخراج و جدول‌بندی فراوانی مشخصهٔ پژوهش‌ها و بررسی روابط آماری میان متغیرهای این پژوهش‌هاست. با استفاده از فراتحلیل می‌توان شکاف‌های نظری و پژوهشی را مشخص کرد و به‌کمک آن به پژوهش‌های بعدی و جدید جهت داد (ولف، ۱۹۸۶: ۱۲۳و۱۲۴). در نتیجه، مناسب‌ترین رویکرد برای مدل‌سازی ترافیک شناسایی می‌شود. بنابراین، از طریق جست‌وجو در پایگاه‌های scopus، Sciencedirect، گوگل اسکولار و ایران داک، ۶۷ منبع شناسایی شد که در جدول ۱ نشان داده شده‌اند.

جدول ۱. منابع و پژوهش‌های پیشین

منبع	مسئله	مورد مطالعه	رویکرد مدل‌سازی ترافیک	نوع منبع
آندو و تانیگوچی (۲۰۰۶)	VRPTW-p	دارد	ندارد	مقالهٔ مجله
مادن، اگلز و بلاک (۲۰۱۰)	VRPTW	دارد	ساده	مقالهٔ مجله
کو (۲۰۱۰)	TDVRP	ندارد	پیوسته	مقالهٔ مجله
فیگلیوزی (۲۰۱۰)	EVRP	ندارد	پیوسته ـ با در نظر گرفتن وابستگی سرعت به جنس مسیر	مقالهٔ مجله

ادامهٔ جدول ۱

منبع	مسئله	مورد مطالعه	رویکرد مدل‌سازی ترافیک	نوع منبع
پان، بالوت و فونتانه (۲۰۱۰)	SCD	دارد	ندارد	مقالهٔ مجله
کو و وانگ (۲۰۱۱)	VRP	ندارد	ندارد	مقالهٔ مجله
فیگلیوزی (۲۰۱۱)	TDVRP	دارد	پیوسته ـ با در نظر گرفتن وابستگی سرعت به جنس مسیر	مقالهٔ مجله
بکتاش و لاپورته (۲۰۱۱)	PRP	ندارد	ندارد	مقالهٔ مجله
سوزوکی (۲۰۱۱)	TSPTW	ندارد	ندارد	مقالهٔ مجله
اوبدا، آرکلوس و فالین (۲۰۱۱)	VRPB	دارد	ندارد	مقالهٔ مجله
فالین و همکاران (۲۰۱۱)	CVRP	دارد	ندارد	مقالهٔ مجله
ژیائو و همکاران (۲۰۱۲)	FCVRP	ندارد	ندارد	مقالهٔ مجله
جبالی و همکاران (۲۰۱۲)	ETDVRP	ندارد	پیوسته	مقالهٔ مجله
دمیر، بکتاش و لاپورته (۲۰۱۲)	PRP	ندارد	ندارد	مقالهٔ مجله
ترتل و همکاران (۲۰۱۲)	IRP	دارد	ندارد	مقالهٔ مجله
سابری و ورباس (۲۰۱۲)	EVRP	ندارد	پیوسته ـ تلفیق آلایندگی مدل کنترل موجودی پیوسته	مقالهٔ مجله
لی (۲۰۱۲)	VRPTW	ندارد	ندارد	مقالهٔ مجله
پاکسوی و اوژیلن (۲۰۱۳)	SCD	ندارد	ندارد	مقالهٔ مجله
وان، چوی و لی (۲۰۱۳)	HVRP	ندارد	ندارد	مقالهٔ مجله
فرانسسچتی و همکاران (۲۰۱۳)	TDPRP	ندارد	پیوسته ـ با دو دورهٔ ثابت (ترافیک اول صبح و روان شدن آن بعد از یک بازهٔ زمانی پیوسته)	مقالهٔ مجله
ابرشایدر و همکاران (۲۰۱۳)	MDVRPPDTW	دارد	ندارد	مقالهٔ مجله
پرادناس و همکاران (۲۰۱۳)	VRPBTW	ندارد	ندارد	مقالهٔ مجله
گار، مودگال و سینگ (۲۰۱۳)	CumVRP	ندارد	ندارد	مقالهٔ مجله
کاپفر، شوتبرگر و کاپفر (۲۰۱۳)	EVRP	دارد	ندارد	مقالهٔ مجله

ادامهٔ جدول ۱

منبع	مسئله	مورد مطالعه	رویکرد مدل‌سازی ترافیک	نوع منبع
دمیر (۲۰۱۲)، دمیر و همکاران (۲۰۱۳)	BiPRP	ندارد	ندارد	رسالهٔ دکتری، مقاله
کارا و همکاران (۲۰۰۷)	EMVRP	ندارد	ندارد	کنفرانس
پالمر (۲۰۰۷)	CVRP	دارد	ندارد	رسالهٔ دکتری
یانگ و ژیائوفنگ (۲۰۰۹)	VRPFC	ندارد	ندارد	کنفرانس
اورکهارت، هارت و اسکات (۲۰۱۰)	VRPTW	ندارد	ندارد	کنفرانس
اورکهارت، اسکات و هارت (۲۰۱۰)	TSP	دارد	ندارد	مقالهٔ مجله
هائو (۲۰۱۰)	VRP	ندارد	ندارد	کنفرانس
پیترا، ساندوال و گودچیلد (۲۰۱۱)	TDVRPPD	دارد	گسسته ـ مدل مالاندارکی و داکسین	مقالهٔ مجله
گودچیلد (۲۰۱۱)	TDVRPPDTW	دارد	گسسته ـ مدل مالاندارکی و داکسین	گزارش فنی
کیان (۲۰۱۲)	CVRP	دارد	پیوسته	رسالهٔ دکتری
جماری، ذکری و ملولی (۲۰۱۲)	GVRP	ندارد	ندارد	کنفرانس
امیدوار و توکلی مقدم (۲۰۱۲)	TDVRP	ندارد	ندارد	کنفرانس
هوانگ و همکاران (۲۰۱۲)	VRPSPD	ندارد	ندارد	کنفرانس
راموس و همکاران (۲۰۱۲)	MDVRP	دارد	ندارد	کنفرانس
رائو و ژین (۲۰۱۲)	VRPMEC	ندارد	ندارد	کنفرانس
پی ینگ، جیافو و یانگ (۲۰۱۳)	VRPPD	ندارد	ندارد	کنفرانس
تاجیک و همکاران (۲۰۱۴)	PRPPDTW	ندارد	ندارد	مقالهٔ مجله
کوک و همکاران (۲۰۱۴)	FMPRP	ندارد	ندارد	مقالهٔ مجله
یی یانگ، ژیائو و کوناک (۲۰۱۵)	GVRSP	ندارد	پیوسته ـ بدون در نظر گرفتن وابستگی سرعت به مسیر	مقالهٔ مجله
چن و نای (۲۰۱۵)	SOPPR	دارد	متغیر تصادفی گسسته	مقالهٔ مجله
سویسال و همکاران (۲۰۱۵)	TD 2E-CVRP	دارد	پیوسته	مقالهٔ مجله
ژانگ و همکاران (۲۰۱۵)	TDVRP	ندارد	پیوسته	مقالهٔ مجله

ادامهٔ جدول ۱

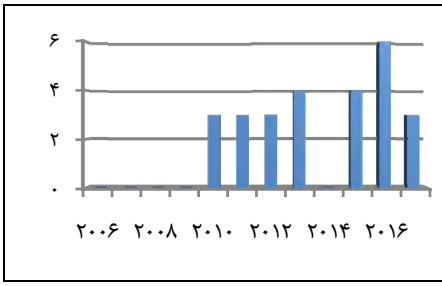
منبع	مسئله	مورد مطالعه	رویکرد مدل‌سازی ترافیک	نوع منبع
یی یانگ و همکاران (۲۰۱۶)	HGVRSP	ندارد	پیوسته	مقالهٔ مجله
کیان و اگلز (۲۰۱۶)،	CVRP	دارد	پیوسته	مقالهٔ مجله
لی و همکاران (۲۰۱۶)،	FSPP	دارد	متغیر تصادفی گسسته	مقالهٔ مجله
کوک و همکاران (۲۰۱۶)	MDPRP	دارد	ندارد	مقالهٔ مجله
نادری‌پور و علی نقیان (۲۰۱۶)	OTDVRP	ندارد	پیوسته	مقالهٔ مجله
البشیری و شولز رایتر (۲۰۱۶)	....	دارد	گسسته	مقالهٔ مجله
علی نقیان و نادری‌پور (۲۰۱۶)	TDVRP	دارد	پیوسته	مقالهٔ مجله
علی نقیان و زمانی (۲۰۱۶)	FMGVRP	ندارد	ندارد	مقالهٔ مجله
بنکه و کرشتن (۲۰۱۷)	EVRP-VC-PS	ندارد	ندارد	مقالهٔ مجله
تورو و همکاران (۲۰۱۷)	G-CLRP	ندارد	ندارد	مقالهٔ مجله
لگیری و هائوری (۲۰۱۷)	GVRP	ندارد	ندارد	مقالهٔ مجله
حسن‌زاده و راستی برزوخی (۲۰۱۷)	RSS-VRP	ندارد	ندارد	مقالهٔ مجله
هوانگ و همکاران (۲۰۱۷)	TDVRP–PF	ندارد	پیوسته	مقالهٔ مجله
سیمن و سویسال (۲۰۱۷)	Green STDCVRP	ندارد	پیوسته	مقالهٔ مجله
سویسال و سیمن (۲۰۱۷)	Green TDCVRP	ندارد	پیوسته	مقالهٔ مجله
رئیسی (۱۳۹۰)	P-GRP CB-GRP	دارد	ندارد	پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد
توکلی (۱۳۹۱)	OVRPSPDTW TDOVRPSPDTW	ندارد	ندارد	پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد
رحمانی (۱۳۹۲)	GVRP	ندارد	ندارد	پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد
تاجیک (۱۳۹۲)	TDVRPPDTW	ندارد	رویکرد زنجیرهٔ مارکوف ـ تئوری صف	پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد
امیدوار (۱۳۹۲)	تلفیق GVRP و TDVRPTW	ندارد	زنجیرهٔ مارکوف ـ تئوری صف	پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد
سلیمی‌فرد، قاسمیه و رقیب‌زاده (۱۳۹۲)	....	دارد	گسسته ـ مدل مالاندارکی و داکسین	مقالهٔ مجله

بر اساس اطلاعات جدول ۱، پارادایم حمل و نقل سبز از سال ۲۰۰۶ در ادبیات موضوع مطرح شده است. از مجموع ۶۷ منبع موجود، ۴۸ منبع از مقاله‌های مجله، ۱ منبع گزارش فنی، ۷ منبع مربوط به پایان‌نامهٔ ارشد و دکتری، ۱۰ منبع از کنفرانس و ۱ منبع مربوط به رسالهٔ دکتری و مقالهٔ مستخرج از آن است. این منابع مسئلهٔ VRP را با ساختارها و مفروضات مختلف در پارادایم حمل و نقل سبز ارائه کرده و با روش‌های دقیق/ ابتکاری، یا فرابتکاری به حل آن پرداخته‌اند. از آنجا که منابع یاد شده مورد مطالعه داشته‌اند، ۲۴ منبع برای اعتبارسنجی مدل پیشنهادی خود، از داده‌های دنیای واقعی استفاده کرده‌اند.

۲۶ منبع از مجموع ۶۷ منبع موجود، ترافیک را پارامتر مهمی در نظر گرفته و آن در مدل‌سازی لحاظ کرده‌اند. ورود ترافیک به این پارادایم از سال ۲۰۱۰ آغاز شده که بیشترین آن با فراوانی ۶ منبع مربوط به سال ۲۰۱۶ است. ضمن اینکه در سال ۲۰۱۴ منبعی که ترافیک را در نظر گرفته باشد، مشاهده نشد. همچنین از مجموع ۲۳ مأخذ تنها ۱۲ منبع مورد مطالعه دارند. در اغلب مدل‌ها رویکرد پیوسته استفاده شده و پس از آن رویکرد گسسته و تصادفی (به یک میزان استفاده شده) و ساده قرار دارد. این داده‌ها نشان‌دهندهٔ توجه بیشتر محققان به رویکرد پیوسته است که با اختلافی شایان توجهی نسبت به سایر رویکردها در تحقیقات استفاده شده است. به‌کمک این داده‌های آماری می‌توان گفت که رویکرد پیوسته برای مدل‌سازی ترافیک بهتر از سایر مدل‌ها می‌تواند تبیین‌کنندهٔ واقعیت (ترافیک) باشد.

در سیر تحول مدل‌سازی ترافیک، مدل‌های ساده اولین مدل‌های مطرح شده بودند که الگوی منظمی نداشتند و در مواردی دنیای واقعی را نمایندگی نمی‌کردند. نبود ساختار منظم مدل‌سازی با بهره‌مندی از ابزارها و تکنیک‌های معتبر، تمایل محققان دیگر را نسبت به توسعهٔ مدل‌های مبتنی بر این رویکرد کاهش داد که شکل ۵ این ادعا را تأیید می‌کند. در تعریف رویکرد پیوسته بیان شد که اساساً این رویکرد به‌دلیل ضعف‌های اساسی (در نظر نگرفتن قانون FIFO) در رویکرد گسسته مطرح شده است. در رویکرد گسسته، تابع زمان ـ سفر (به شکل ۱ نگاه کنید)، تابع پله‌ای و گسسته تعریف می‌شود؛ حال آن که متغیر زمان یک متغیر پیوسته است، نه گسسته و از زمان آغاز حرکت یک خودرو تا زمان رسیدن به مقصد تغییرات پیوسته دارد. تابع پله‌ای نشان‌دهندهٔ جهش در زمان ـ سفر است که این جهش می‌تواند افزایشی یا کاهشی باشد؛ حال آن که در رویکرد پیوسته تغییرات در قالب شیب خط تبیین می‌شود و به دنیای واقعی نزدیک‌تر است و این موضوع همراه با در نظر گرفتن قانون FIFO برتری رویکرد پیوسته نسبت به گسسته را نشان می‌دهد.

شکل ۵. فراوانی الگوهای استفاده‌شده در تحقیقات پیشین



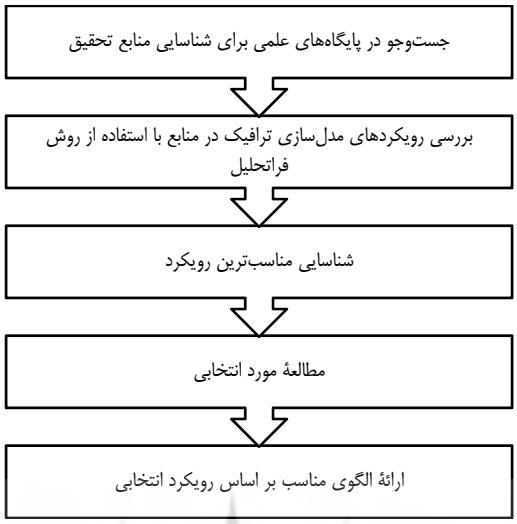
شکل ٦. روند مدل‌سازی ترافیک در پارادایم حمل و نقل سبز

آخرین رویکرد، مدل‌های تصادفی است. تعیین متغیر تصادفی (چه پیوسته و چه گسسته) برای ترافیک کار ساده‌ای نیست، به این معنا که استفاده از این رویکرد در دنیای واقعی بسیار سخت و مشکل است؛ زیرا تطبیق متغیرهای تصادفی شناخته شده با داده‌های دنیای واقعی شاید امکان‌پذیر نباشد. در استفاده از تئوری صف نیز همین وضعیت وجود دارد. تطبیق دنیای واقعی با مدل‌های شناخته‌شدهٔ صف کار سختی است. ضمن اینکه اجرای مدل صف مشابه آنچه در بخش پیشینهٔ نظری بیان شد، هزینهٔ سنگینی دارد. از دو مورد پژوهشی که بر اساس تئوری صف اجرا شده‌اند، هیچ‌یک مورد مطالعه نداشتند و این شاهدی بر این ادعاست که پیاده‌سازی رویکرد مدل‌های تصادفی در دنیای واقعی بسیار مشکل است.

امروزه گسترش سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی و کشف الگو از داده‌های انبوه در تحلیل رفتار ترافیک نیز تأثیرگذار است و شرکت‌هایی همچون گوگل به ارائهٔ خدماتی در این زمینه برای کشورهای مختلف اقدام کرده‌اند که نرم‌افزار google map نمونه‌ای از آن است. کشف الگو از داده‌های انبوه جایگزین مناسبی برای مدل‌های تصادفی است که تلاش می‌کند با استفاده از داده‌های نمونه، الگویی را به جامعه (پدیدهٔ ترافیک) تعمیم دهد؛ زیرا داده‌های انبوه بهتر از داده‌های نمونه می‌توانند ویژگی‌های جامعه را توصیف کنند. با در نظر گرفتن الگوی ترافیک بر اساس فناوری سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی و تخمین سرعت در دوره‌های ترافیکی مختلف بر اساس این الگو، رویکرد پیوسته مناسب‌ترین رویکرد برای مدل‌سازی ترافیک است.

روش‌شناسی پژوهش

شکل ۷ روش تحقیق حاضر را به نمایش گذاشته است. مراحل ۱ تا ۳ در بخش پیشینهٔ تجربی تشریح شد. بر این اساس، در ادامه و با استفاده از داده‌های حاصل از مورد مطالعه تلاش می‌شود الگوی مناسب برای مدل‌سازی ترافیک بر اساس رویکرد پیوسته ارائه شود.



شکل ۷. مراحل انجام تحقیق

شرکت زمزم

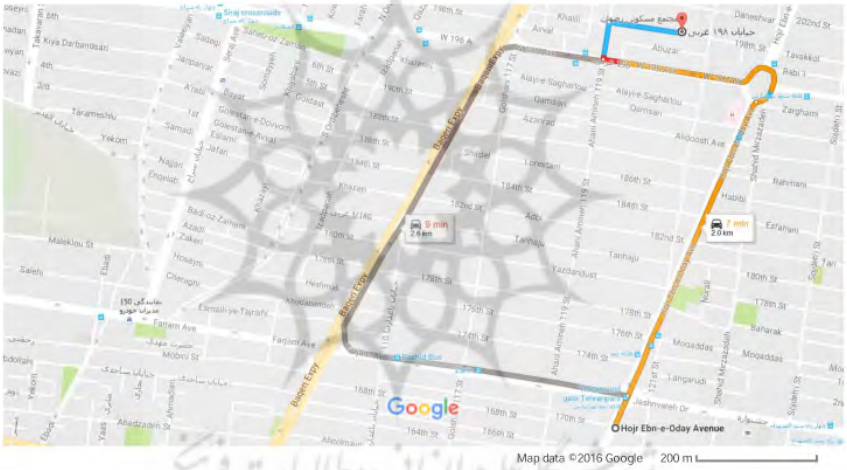
این شرکت بزرگ‌ترین، شناخته‌شده ترین و محبوب‌ترین برند اسلامی و ایرانی در صنعت نوشیدنی کشور و خاورمیانه است که امکانات تولیدی و توزیعی منحصربه‌فردی در سراسر کشور دارد. سیاست توزیع در شرکت بر اساس فروش مویرگی و منطقه‌بندی فروش است؛ بدین صورت که یک موقعیت جغرافیایی (برای مثال، تهران) به چندین منطقهٔ فروش بخش‌بندی شده و هر منطقه خودرو، فروشنده و ویزیتور مخصوص خود را دارد. برای این تحقیق، منطقهٔ تهران‌پارس (شمارهٔ ۱۰۴۵) در نظر گرفته شده و روز بررسی ۳۱ مرداد ۱۳۹۵ است.

شکل ۸. موقعیت انبار و مشتریان

شکل ۸ موقعیت انبار و مشتریان را نمایش می‌دهد و انبار با رنگ آبی و مشتریان با رنگ صورتی مشخص شده‌اند. با توجه به اینکه فروش شرکت از جنس سرد است، سفارش مشتریان در روزهای مختلف متفاوت است. در این روز یک خودرو به ۱۶ مشتری خدمت‌رسانی کرده است. به‌منظور انجام مطالعهٔ موردی، ترتیب ۲ از ۱۷ مسیر تحلیل شده و یافته‌های پژوهش آن شامل ۲۷۲ شد.

روش جمع‌آوری داده‌های ترافیک

نرم‌افزار google map دارای قابلیت مسیریابی میان دو یا چند نقطه دلخواه است. شکل ۹ خروجی مسیریابی از مشتری ۹ به ۱ را نشان می‌دهد. در این شکل خیابان حجربن عدی و ۱۹۶ به‌عنوان مسیر نخست پیشنهاد شده و مسیر جایگزین خیابان فرجام و بزرگراه شهید باقری است.



شکل ۹. خروجی مسیریابی از مشتری ۹ به ۱ با استفاده نرم‌افزار google map

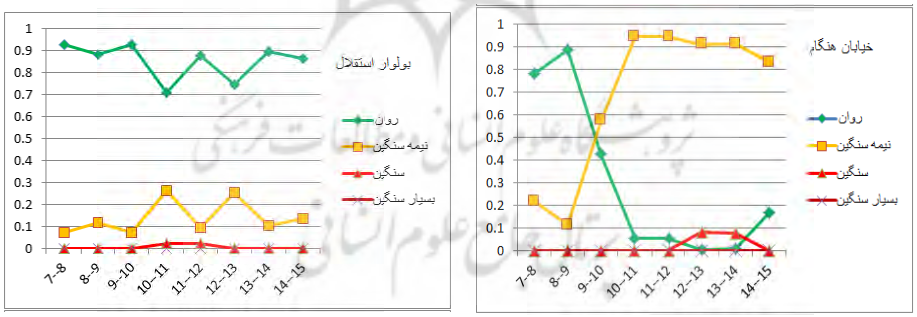
شایان ذکر است که مسیر تعیین شده به‌طور معمول با رنگ آبی نشان داده می‌شود، اما با انتخاب حالت ترافیک، تکه‌های مختلف مسیر ممکن است به رنگ‌های مختلف دیده شود که در ساعت‌های مختلف روز و در روزهای مختلف سال، متفاوت است. در این حالت وضعیت ترافیکی روان با رنگ آبی، ترافیک نیمه‌سنگین با رنگ نارنجی، ترافیک سنگین با رنگ قرمز و ترافیک بسیار سنگین با رنگ قهوه‌ای مشخص شده است. یک مسیر می‌تواند ترکیبی از ترافیک روان، نیمه‌سنگین، سنگین و بسیار سنگین را در خود جای دهد. با توجه به اینکه این وضعیت در دقایق مختلف در بازهٔ یک ساعته می‌تواند متفاوت باشد، برای تخمین وضعیت ترافیک، رویکرد بدبینانه

لحاظ شده است. بر این اساس برش‌های زمانی ۲۰ دقیقه (پیش‌فرض نرم‌افزار) بـرای دوره‌هـای ترافیکی مختلف (برای مثال ۷:۰۰، ۷:۲۰ و ۷:۴۰ دقیقه برای دورهٔ ترافیکی اول) بررسـی شـده و بدترین حالت به‌عنوان نمایندهٔ آن دوره انتخاب می‌شود. این داده‌های ترافیکی با توجه به فعالیـت توزیع شرکت که از ساعت ۷ صبح آغاز می‌شود و خودرو مد نظر که فعالیت خود را در یک چرخهٔ ۷ ساعته انجام داده، از ساعت ۷ صبح تا ۱۵ در نظر گرفته شده است.

یافته‌های پژوهش

یافته‌های پژوهش در دو بخش ارائه می‌شود. در بخش نخست، بر اساس داده‌های به‌دست آمـده از مورد مطالعه، به‌کمک نرم‌افزار google map رفتار ترافیک تحلیل می‌شود و در بخش دوم نیز الگوی مفهومی پیشنهادشده برای مدل‌سازی ترافیک در شبکهٔ توزیع زمزم به اجرا درمی‌آید.

مسیر حرکت از گرهٔ مبدأ به مقصد، ترکیبـی از مسـیر بـا جـنس‌هـای مختلـف اسـت. یافته‌های این پژوهش نشان داد که ترکیبی از بخش‌های مختلف اعم از بزرگراه، بولـوار، خیابـان اصلی، خیابان فرعی و کوچه در مسیر حرکت از گرهٔ مبدأ به مقصد (انبار یا مشتریان) وجـود دارد که باید در مدل‌سازی ترافیک به آن توجه شود؛ زیرا به‌طور مثال، سـرعت خـودرو در بزرگـراه در حالت ترافیکی روان بیشتر از بولوار در حالت ترافیکی روان اسـت کـه بـر تخمـین زمـان ـ سـفر (مدل‌سازی ترافیک) به‌شدت تأثیر می‌گذارد.

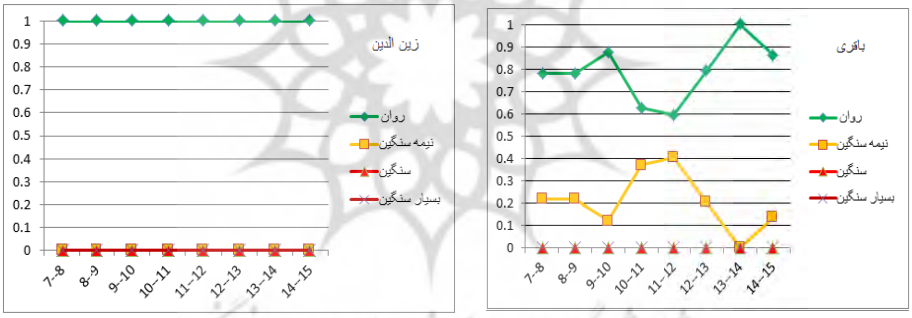


شکل ۱۰. وضعیت ترافیک بخش بولوار و خیابان اصلی در مسیر مشتری ٦ به انبار

ترافیک به‌شدت وابسته به جنس مسیر است. وضعیت ترافیـک در مسـیرهایی کـه جـنس مختلفی دارند، یکسان نیست. بـرای مثـال در شـکل ۱۰ وضـعیت ترافیـک در مسـیر حرکـت از مشتری ۶ به انبار در دو بخش بولوار (استقلال) و خیابان اصلی (هنگام) نشان داده شده که رفتار ترافیکی متفاوتی دارد. محور Y در شکل ۱۰ نشان می‌دهد چند درصد از مسیر دارای چه وضعیت

ترافیکی (روان، سنگین، نیمه‌سنگین و بسیار سنگین) است و محور x گویای دوره‌های ترافیکی متفاوت (از ۷ صبح تا ۱۵) است. در بولوار استقلال، در کل دوره‌ها ترافیک روان بیشترین سهم را دارد، اما این مقدار بین ۷۰ تا ۹۲ درصد در نوسان است. در هر دو بخش ترافیک بسیار سنگین پیش‌بینی نشده، اما در خیابان هنگام، تا ساعت ۹ صبح درصد بیشتر ترافیک مربوط به ترافیک روان است، اما از ساعت ۱۰ تا پایان دورهٔ زمانی، مسیر بیشتر دارای ترافیک نیمه‌سنگین خواهد بود.

ترافیک در مسیرهای همجنس متفاوت است. رفتار ترافیک در دو مسیر همجنس نیز یکسان نیست. برای مثال در شکل ۱۱ وضعیت کاملاً متفاوت در دو بزرگراه باقری و زین‌الدین مشاهده می‌شود. در بزرگراه زین‌الدین در محدودهٔ بررسی ترافیک یکنواخت است و تنها وضعیت ترافیکی روان مشاهده می‌شود؛ این در حالی است که در بزرگراه باقری دو وضعیت ترافیکی روان و نیمه‌سنگین وجود دارد که وضعیت ترافیک روان تقریباً حالت سینوسی داشته و در حالت نیمه‌سنگین، حالت کسینوسی دارد.



شکل ۱۱. وضعیت ترافیک بخش بزرگراه در مسیر رفت و برگشت میان انبار و مشتری ۱۴

ترافیک به‌شدت وابسته به زمان است. شکل‌های ۱۰ و ۱۱ را از بعد دیگری نیز می‌توان بررسی کرد. اینکه در هر بخش از مسیر بسته به جنس آن، نمودار ترافیک (در حالت‌های ترافیکی متفاوت) در دوره‌های زمانی مختلف، رفتار متفاوتی از خود نشان می‌دهد. برای مثال می‌توان رفتارهای زیر را برشمرد:

- رفتار یکنواخت که در تمام طول مسیر و در دوره‌های زمانی متفاوت ترافیک ثابت است (مانند بزرگراه زین‌الدین)؛
- رفتار سینوسی (مانند وضعیت ترافیکی روان در بزرگراه باقری)؛
- رفتار کسینوسی (مانند وضعیت ترافیکی نیمه‌سنگین در بزرگراه باقری)؛

- صعودی (مانند وضعیت ترافیکی نیمه‌سنگین در خیابان هنگام)؛
- نزولی (مانند وضعیت ترافیکی روان در خیابان هنگام)؛
- نوسانی (مانند وضعیت ترافیکی روان و نیمه‌سنگین در بولوار استقلال).

به‌طور کلی، رویکرد پیوسته در ادبیات موضوع به دو صورت ارائه شده است؛ الگوی اول الگوی ایچوا و همکاران (۲۰۰۳) است که در بخش پیشینهٔ نظری تشریح شد و در کارهای مادن و همکاران (۲۰۱۰)، کو (۲۰۱۰)، فیگلیوزی (۲۰۱۰) و فیگلیوزی (۲۰۱۱)، کیان (۲۰۱۲) و کیان و اگلز (۲۰۱۶)، سویسال و همکاران (۲۰۱۵)، علی‌نقیان و نادری‌پور (۲۰۱۶)، سیمن و سویسال (۲۰۱۷)، سویسال و سیمن (۲۰۱۷) و هوانگ و همکاران (۲۰۱۷) استفاده شده است. در این الگو بازه‌های زمانی می‌تواند به تعداد نامحدود تعریف شود، ولی فرض بر این است که سرعت در این دوره‌ها ثابت و با یکدیگر متفاوت است. الگوی دوم الگویی است که نخستین بار توسط جبالی و همکاران (۲۰۱۲) ارائه شد. در این الگو سه حالت وجود دارد: ۱. ترافیک با سرعت ثابت؛ ۲. حالت گذار (ترکیبی از ترافیک سنگین و حالت ترافیک روان) و ۳. ترافیک روان. در این الگو فرض می‌شود که در آغاز روز، ترافیک سنگین است، در ادامه روان می‌شود و در بعد از ظهر ترافیک دوباره سنگین خواهد شد که توسط فرانچستی و همکاران (۲۰۱۳) و یی یانگ و همکاران (۲۰۱۶) استفاده شده است.

الگوی اول فرض وجود ترکیبی از حالت‌های ترافیکی مختلف در یک مسیر را لحاظ نکرده است که مورد مطالعه وجود این واقعیت را ثابت می‌کند. همچنین الگوی دوم اساساً با رفتارهای ترافیکی شناسایی‌شده در این بخش تناقض دارد؛ زیرا بر اساس نتایج به‌دست آمده از مورد مطالعه، انواع ترافیک در طول روز و در مسیرهای مختلف وجود دارند، اما توزیع آنها متفاوت است، بنابراین نمی‌توان وقوع آنها را به یک دورهٔ زمانی خاص مشابه الگوی دوم محدود کرد. با توجه به نقص‌های موجود در مدل‌سازی ترافیک با رویکرد پیوسته در مبانی نظری، توسعهٔ مدل جدید اجتناب‌ناپذیر است.

الگوی مفهومی پیشنهادشده

در این بخش از مقاله با در نظر گرفتن یافته‌های پژوهش، الگوی مفهومی پیشنهادشده مبتنی بر رویکرد پیوسته مطرح می‌شود. نمادهای به‌کاررفته در این بخش در جدول ۲ نشان داده شده است. در الگوی مفهومی پیشنهادشده دو شاخص برای مدل‌سازی مناسب ترافیک در شبکهٔ توزیع زمزم معرفی می‌شود: ۱. گرهٔ مجازی و ۲. محاسبهٔ متوسط سرعت با در نظر گرفتن حالت‌های ترافیک چندگانه.

جدول ۲. تعریف نمادها

نماد	تعریف
i, j	گره‌ها
f	چهار حالت ترافیک شامل روان (۱)، نیمه‌سنگین (۲)، سنگین (۳) و بسیار سنگین
s	بخش مسیر
t	دورهٔ ترافیکی
t_i^k	زمان اعزام خودروها از گرهٔ iام
t_s'	زمان اعزام خودروها از گرهٔ مجازی S ام
v_{ijsf}	سرعت در بخش sام از مسیر i به j بر حسب کیلومتر بر ساعت در حالت ترافیکی fام
AV_{ijs}^t	متوسط سرعت بخش sام از مسیر i به j بر حسب کیلومتر بر ساعت در دورهٔ ترافیکی tام
T_{ijs}	زمان سفر بخش s ام از مسیر i به j
S	مجموعه راه‌های شهری (کوچه، خیابان فرعی، خیابان اصلی، بزرگراه شهری، بولوار) و بین‌شهری (آزادراه، بزرگراه، جادهٔ دوطرفه). S بزرگ نشان‌دهندهٔ نوع مسیر است.
d_{ijs}	فاصلهٔ بخش sام از مسیر i تا j
τ_s	زمان گذار از بخش s به $s+1$ در مسیر i به j (برابر با گره‌های مجازی مسیر i به j)
l_{ijsf}^t	درصد مسیر طی‌شده در بخش sام از مسیر i به j در حالت ترافیکی fام و در دورهٔ ترافیکی tام

گرهٔ مجازی. نکتهٔ مهم در مدل‌سازی ترافیک که به تخمین زمان ـ سفر می‌انجامد و تا کنون در مبانی نظری به آن توجه نشده، در حالی که باید آن را لحاظ کرد، این است که سرعت تابعی از مسیر بوده و در مسیرهای مختلف متفاوت است. سرعتی که خودرو در بزرگراه دارد، بسیار بیشتر از سرعت در خیابان اصلی یا فرعی است. یا مثلاً سرعت خودرو در جاده بیشتر از محیط‌های شهری است.

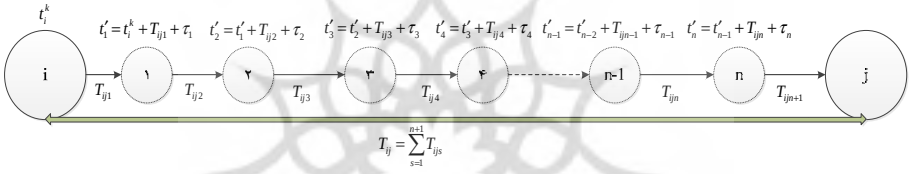
در یک مسئلهٔ حمل و نقل، فاصلهٔ پیموده‌شده میان دو گرهٔ انبار یا مشتریان؛ می‌تواند ترکیبی از مسیرهای مختلف باشد. هر گونه تغییر وضعیت از یک نوع مسیر به مسیر دیگر، به یک گرهٔ مجازی[1] نیاز دارد که برای نخستین بار در این مقاله لحاظ می‌شود. در واقع در این حالت جنس مسیر تغییر می‌یابد؛ زیرا در این گره تغییر وضعیت به لحاظ سرعت خودرو اتفاق می‌افتد. برای مثال، خودرو از خیابان فرعی وارد خیابان اصلی می‌شود. خیابان اصلی عریض‌تر و پرترافیک‌تر از خیابان فرعی است. این تغییر وضعیت توسط یک چهارراه یا سه راه اتفاق می‌افتد که با وجود چراغ راهنمایی باید زمانی برای عبور از گرهٔ مجازی در نظر گرفته شود. در این صورت، متوسط

1. Virtual Node

زمان توقف پشت یک چراغ قرمز (به‌عنوان یک گرهٔ مجازی) را می‌توان زمان عبور از گرهٔ مجازی در نظر گرفت.

گاهی عامل تغییر مسیر، میدان یا تقاطع است. در این حالت فرض می‌شود که خودرو در حال حرکت بوده و در صورت تراکم خودرو، حالت توقف و حرکت بارها رخ می‌دهد که این وضعیت مشابه حرکت در حالت ترافیک است که زمان عبور از گره بر این مبنا بر اساس تقسیم فاصلهٔ طی شده بر سرعت تعیین می‌شود. در این حالت زمان گذار از گرهٔ مجازی را می‌توان صفر در نظر گرفت.

بر اساس آنچه بیان شد زمان عبور از گرهٔ مجازی بسته به نوع آن می‌تواند به دو صورت فوق مطرح شود. مدل مفهومی گره‌های مجازی در شکل ۱۲ نشان داده شده است. دایره‌های خط چین معرف گره‌های مجازی هستند.



شکل ۱۲. چارچوب مفهومی گرهٔ مجازی

در این چارچوب مسیر بین دو گرهٔ حقیقی i و j دارای n گرهٔ مجازی است. بر این اساس تعداد بخش‌های مسیر برابر با $n + 1$ خواهد بود. هر یک از این بخش‌ها می‌توانند با سرعت متفاوتی مسیر را طی کند که در تعیین زمان ـ سفر بین دو گرهٔ حقیقی باید به آن توجه شود. بر این اساس، زمان ـ سفر در بخش‌های مختلف از مسیر با توجه به ترتیب بخش‌ها محاسبه شده و مجموع آن نشان‌دهندهٔ زمان ـ سفر میان دو گرهٔ حقیقی است.

محاسبهٔ متوسط سرعت با در نظر گرفتن حالت‌های ترافیک چندگانه. با در نظر گرفتن شکل‌های ۱۰ و ۱۱ مشخص می‌شود که ترافیک رفتارهای متعددی دارد که به‌دلیل در نظر گرفتن چهار حالت برای وضعیت ترافیک، ترکیبی از این رفتارها برای دوره‌های ترافیکی مختلف وجود دارد. بنابراین، یک مسیر به‌دلیل داشتن ترکیب متفاوتی از چهار حالت ترافیکی، دارای متوسط سرعت متفاوتی خواهد بود و این متوسط سرعت، در تعیین زمان ـ سفر نقش اساسی ایفا می‌کند. در واقع همان‌طور که در شکل ۳ نشان داده شده، تابع سرعت ـ سفر از نوع پله‌ای است که در هر بازه، متوسط سرعت خودرو به‌دلیل شرایط ترافیکی متفاوت است. در الگوی مفهومی

پیشنهادشده، متوسط سرعت باید با در نظر گرفتن چهار حالت ترافیکی روان، نیمه‌سنگین، سنگین و بسیار سنگین مبنا قرار گیرد.

اگر خودرو بخش sام از مسیر i به j را در دورهٔ ترافیکی t طی کند، زمان ــ سفر برابر با $\frac{d_{ijs}}{AV_{ijs}^t}$ خواهد بود. با توجه به اینکه زمان ـ سفر در این مسیر، بسته به حالت ترافیکی متفاوت است؛ باید دید که خودرو چند درصد از مسیر را در چه حالت ترافیکی طی کرده است. بنابراین زمان ـ سفر به چهار جزء شکسته خواهد شد. پس خواهیم داشت:

رابطهٔ ۱)
$$\frac{d_{ijs}}{AV_{ijs}^t} = \sum_{f=1}^{4} \frac{l_{ijsf}^t d_{ijs}}{v_{ijsf}}$$

در این رابطه d_{ijs} مقدار ثابتی است و می‌توان آن را از زیگما خارج کرد. بنابراین خواهیم داشت:

رابطهٔ ۲)
$$\frac{d_{ijs}}{AV_{ijs}^t} = d_{ijs} \sum_{f=1}^{4} \frac{l_{ijsf}^t}{v_{ijsf}}$$

در رابطهٔ فوق d_{ijs} از دو طرف حذف شده و متوسط سرعت از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید:

رابطهٔ ۳)
$$\frac{1}{AV_{ijs}^t} = \sum_{f=1}^{4} \frac{l_{ijsf}^t}{v_{ijsf}} \Rightarrow AV_{ijs}^t = \frac{1}{\sum_{f=1}^{4} \frac{l_{ijsf}^t}{v_{ijsf}}}$$

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در این مقاله تلاش شد با مطالعهٔ الگوهای مختلف موجود در زمینهٔ مدل‌سازی ترافیک در ادبیات موضوع، مناسب‌ترین الگو برای این منظور در پارادایم حمل و نقل سبز ارائه شود. بر این اساس چهار رویکرد ساده، گسسته، پیوسته و تصادفی شناسایی شد. در ادامه بر اساس بررسی ۶۷ منبع داخلی و خارجی به روش فراتحلیل کیفی در زمینهٔ حمل و نقل سبز، مشخص شد که پارامتر ترافیک در این پارادایم از سال ۲۰۱۰ مطرح شده؛ در حالی که این پارادایم از سال ۲۰۰۶ در ادبیات موضوع ظاهر شده است. نتایج فراتحلیل نشان داد مدل‌های ساده، نخستین مدل‌های مطرح شده بودند که الگوی منظمی نداشتند. ساختار نامنظم مدل‌سازی که از ابزارها و تکنیک‌های معتبر بهره می‌برد، تمایل سایر محققان را نسبت به توسعهٔ مدل‌های مبتنی بر این رویکرد کاهش داده است. رویکرد گسسته برخلاف رویکرد پیوسته از قاعدهٔ FIFO پیروی

نمی‌کند. در این قاعده اگر دو خودرو با فاصلهٔ زمانی، یک گره را به سمت گرهٔ مقصد طی کنند، خودرویی که زودتر حرکت کرده باید زودتر به مقصد برسد. علاوه‌بر این، رویکرد گسسته با ماهیت متغیر زمان که یک متغیر پیوسته است، تناقض دارد. استفاده از مدل‌های تصادفی، سخت و پرهزینه است؛ زیرا ممکن است تطبیق متغیرهای تصادفی شناخته‌شده یا مدل‌های صف با داده‌های دنیای واقعی امکان‌پذیر نباشد. ضمن اینکه امروزه گسترش سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی و کشف الگو از داده‌های انبوه در تحلیل رفتار ترافیک نیز، تأثیرگذار بوده و شرکت‌هایی چون گوگل به ارائهٔ خدماتی در این زمینه برای کشورهای مختلف اقدام کرده‌اند؛ این گفته در نرم‌افزار google map به‌وضوح مشاهده می‌شود. کشف الگو از داده‌های انبوه جایگزین مناسبی برای مدل‌های تصادفی است که تلاش می‌کند با استفاده از داده‌های نمونه، الگویی را به جامعه (پدیدهٔ ترافیک) تعمیم دهد؛ زیرا داده‌های انبوه بهتر از داده‌های نمونه می‌توانند ویژگی‌های جامعه را توصیف کند. بر اساس تحلیل‌های انجام‌شده، مشخص شد رویکرد پیوسته مناسب‌ترین رویکرد برای مدل‌سازی ترافیک است.

یافته‌های به‌دست آمده از مورد مطالعه نشان داد که به‌طور کلی رویکرد پیوسته در ادبیات موضوع به دو صورت ارائه شده است؛ الگوی اول الگوی ایچوا و همکارانش (۲۰۰۳) است که در آن بازه‌های زمانی می‌توانند به تعداد نامحدود تعریف شوند، ولی فرض بر این است که سرعت در این دوره‌ها ثابت و با یکدیگر متفاوت‌اند. الگوی دوم الگویی است که نخستین بار توسط جبالی و همکارانش (۲۰۱۲) ارائه شد و فرض می‌کند که در آغاز روز، ترافیک سنگین است، در ادامه روان شده و بعد از ظهر ترافیک دوباره سنگین می‌شود. الگوی اول، فرض وجود ترکیبی از حالت‌های ترافیکی مختلف در یک مسیر را لحاظ نکرده است که مورد مطالعه وجود این واقعیت را ثابت می‌کند. همچنین الگوی دوم اساساً با رفتارهای ترافیکی شناسایی‌شده در این مقاله تناقض دارد؛ زیرا بر اساس نتایج به‌دست آمده از مورد مطالعه، در طول روز انواع ترافیک‌ها در مسیرهای مختلف وجود دارند، ولی توزیع آنها متفاوت است؛ بنابراین نمی‌توان وقوع آنها را به یک دورهٔ زمانی خاص مشابه الگوی دوم محدود کرد. با توجه به ضرورت توسعهٔ الگوی جدید بر اساس رویکرد پیوسته، دو شاخص تعریف گرهٔ مجازی و محاسبهٔ متوسط با در نظر گرفتن چهار حالت ترافیک معرفی شد. به‌منظور دستیابی به یک مدل برنامه‌ریزی حمل و نقل سبز دقیق‌تر، لازم است این دو شاخص در مدل‌سازی لحاظ شوند. این پژوهش مدل مفهومی مورد نیاز را برای مدل‌سازی ریاضی حمل و نقل سبز در اختیار پژوهشگران قرار می‌دهد.

در تحقیقات آتی، استفاده از الگوی پیشنهادی در این پژوهش به‌منظور مدل‌سازی مسائل مسیریابی خودرو وابسته به زمان (TDVRP) در پارادایم حمل و نقل سبز پیشنهاد می‌شود.

همچنین توسعهٔ الگوی پیشنهادشده در این پژوهش برای مسائل مسیریابی خودرو پویا (در آن مجموعه مشتریان ثابت نیست و در طول عملیات تغییر می‌کند) می‌تواند موضوع مناسبی برای محققان باشد. در رابطه با پیشنهاد تحقیق کاربردی، می‌توان به طراحی مدل مسیریابی خودرو در شبکهٔ توزیع شرکت زمزم با در نظر گرفتن استراتژی فروش مویرگی و الگوی پیشنهاد شده در این مقاله اشاره کرد.

فهرست منابع

امیدوار، ا. (۱۳۹۲). *مدل‌های مسئلهٔ مسیریابی وسایل نقلیهٔ حمل و نقل پایدار با در نظر گرفتن کاهش آلودگی و مصرف سوخت*. پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد، مهندسی صنایع، دانشگاه تهران، تهران.

تاجیک، ن. (۱۳۹۲). *مدل‌سازی مسئلهٔ چندهدفهٔ بهینه‌سازی مسیریابی حمل و نقل سبز تحت شرایط عدم قطعیت*. پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد، مهندسی صنایع، دانشگاه تهران، تهران.

توکلی، ر. (۱۳۹۱). *حل مسئلهٔ مسیریابی وسیلهٔ حمل و نقل با سرعت وابسته به زمان سفر و پنجرهٔ زمانی*. پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد، مهندسی صنایع، دانشگاه تهران، تهران.

رحمانی، س. (۱۳۹۲). *ارائهٔ یک مدل حمل و نقل برای تعیین مسیر بهینه با توجه به پارامترهای اقتصادی و زیست‌محیطی و استفاده از حداکثر ظرفیت ناوگان*. پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد، مهندسی صنایع، دانشگاه تهران، تهران.

رئیسی، ر. (۱۳۹۰). *ارائهٔ روش نوینی برای بهینه‌سازی مسئلهٔ مسیریابی خودرو ظرفیت‌دار با رویکرد حمل و نقل سبز*. پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد، مدیریت صنعتی، دانشگاه خلیج فارس، بوشهر.

ستاک، م.، حبیبی، م.، کریمی، ح.، عابدزاده، م. (۱۳۹۲). مدل‌سازی و حل مسئلهٔ مسیریابی وسیلهٔ نقلیه وابسته به زمان با پنجره‌های زمانی نیمه نرم در گراف‌های چندگانه. *پژوهشنامهٔ حمل و نقل*، ۱۰(۳)، ۲۸۰-۲۶۳.

سلیمی‌فرد، خ.، قاسمیه، ر.، رقیب‌زاده، ع. (۱۳۹۲). یک مدل ریاضی نوین برای مسئلهٔ مسیردهی زمان‌مند خودرو. *اولین همایش داخلی مدیریت و حسابداری*، ۳۰ بهمن‌ماه، دانشگاه آزاد اسلامی واحد نطنز.

مروتی شریف‌آبادی، ع.، باروت‌کوب، م. (۱۳۹۵). حل مسئلهٔ مسیریابی وسایل نقلیه و راهبرد حمل و نقل متقاطع با الگوریتم جست‌وجوی پراکنده. *مدیریت صنعتی*، ۸(۱)، ۹۶-۷۵.

Alinaghian, M. & Zamani, M. (2016). Three new heuristic algorithms for the fleet size and mix green vehicle routing problem. *Journal of Industrial and Systems Engineering 9*(2), 88-101.

Alinaghian, M. & Naderipour, M. (2016). A novel comprehensive macroscopic model for time-dependent vehicle routing problem with multi-alternative graph to reduce fuel consumption: A case study. *Computers & Industrial Engineering, 99*, 210-222.

Ando, N. & Taniguchi, E. (2006). Travel time reliability in vehicle routing and scheduling with time windows. *Networks and Spatial Economics, 6*(3), 71-82.

Behnke, M. & Kirschstein, T. (2017). The impact of path selection on GHG emissions in city logistics. *Transportation Research*, 106, 320-336.

Bektas, T. & Laporte, G. (2011). The pollution-routing problem. *Transportation Research Part B: Methodological*, 45(8), 1232-1250.

Bjorklund, M. (2011). Influence from the business environment on environmental purchasing — Drivers and hinders of purchasing green transportation services. *Journal of Purchasing & Supply Management*, 17(1), 11-22.

Chen, P. & Nie, Y. (2015). Stochastic optimal path problem with relays. *Transportation Research*, 59, 48-65.

Çimen, M. & Soysal, M. (2017). Time-dependent green vehicle routing problem with stochastic vehicle speeds: An approximate dynamic programming algorithm. *Transportation Research*, 54, 82-98.

Demir, E., Bektas, T. & Laporte, G. (2012). An adaptive large neighborhood search heuristic for the pollution-routing problem. *European Journal of Operational Research, 223*(2), 346-359.

Demir, E., Bektas, T, & Laporte, G. (2013). The bi-objective Pollution-Routing Problem. *European Journal of Operational Research*, 232(3), 464-478.

Demir, E., Bektaş ,T. & Laporte, G. (2014). A review of recent research on green road freight transportation. *European Journal of Operational Research, 237*(3), 775-793.

Demir, E. (2012). *Models and Algorithms for the Pollution-Routing Problem and Its Variations*. PhD thesis, University of Southampton, Southampton .

El-Berishy, N.M. & Scholz-Reiter, B. (2016). Development and implementation of a green logistics-oriented framework for batch process industries: two case studies. *Logistics Research, 9*, 1-10.

Faulin, J., Juan, A., Lera, F. & Grasman, S. (2011). Solving the Capacitated Vehicle Routing Problem with Environmental Criteria Based on Real Estimations in Road Transportation: A Case Study. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 20, 323-334.

Figliozzi, M.A. (2010). Vehicle routing problem for emissions minimization. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2197(1), 1-7.

Figliozzi, M.A. (2011). The impacts of congestion on time-definitive urban freight distribution networks CO_2 emission levels: Results from a case study in Portland, Oregon. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 19(5), 766-778.

Franceschetti, A., Honhon, D., Woensel, T V., Bektas, T. & Laporte, G. (2013). The time-dependent pollution routing problem. *Transportation Research Methodological, 56,* 265-293 .

Gaur, D.R., Mudgal, A. & Singh, R.R. (2013). Routing vehicles to minimize fuel consumption. *Operations Research Letters*, 41(6), 576-580.

Goodchild, A. (2011). *Cost, emissions, and customer service trade-off analysis in pickup and delivery systems (Civil & Environmental Engineering, Trans).* Washington: University of Washington.

Hao, X. (2010). A fuel consumption objective of VRP and the genetic algorithm. *Paper presented at the IEEE Conference*, Henan, China.

Hassanzadeh, A. & Rasti-Barzoki, M. (2017). Minimizing total resource consumption and total tardiness penalty in a resource allocation supply chain scheduling and vehicle routing problem. *Applied Soft Computing*, 58, 307-323.

Huang, Y., Shi, C., Zhao, L. & Woensel, T. V. (2012). A study on carbon reduction in the vehicle routing problem with simultaneous pickups and deliveries. Paper presented at the Service Operations and Logistics, and Informatics (SOLI), *2012 IEEE International Conference.*

Huang, Y., Zhao, L., Woensel, T. V. & Gross, J.P. (2017). Time-dependent vehicle routing problem with path flexibility. *Transportation Research*, 95, 169-195.

Ichoua, S., Gendreau, M. & Potvin, J.Y. (2003). Vehicle dispatching with time-dependent travel times. *European Journal of Operational Research*, 144(2), 379–396.

Jabali, O., Woensel, T. V. & de Kok, A.G. (2012). Analysis of travel times and CO_2 emissions in time-dependent vehicle routing. *Production and Operations Management, 21*(6), 1060-1074.

Jemai, J., Zekri, M. & Mellouli, K. (2012). An NSGA-II algorithm for the green vehicle routing problem. *Paper presented at the Evolutionary Computation in Combinatorial Optimization: 12th European Conference*, Malaga, Spain.

Kara, I., Kara, B.Y. & Yetis, MK. (2007). Energy Minimizing Vehicle Routing Problem. *International Conference on Combinatorial Optimization and Applications*, PP. 62-71.

Koç, Ç., Bektaş, T., Jabali, O., Laporte, G. (2014). The fleet size and mix pollution-routing problem. *Transportation Research Part B: Methodological, 70*, 239-254.

Koç, Ç., Bektaş, T., Jabali, O., Laporte, G. (2016). The impact of depot location, fleet composition and routing on emissions in city logistics. *Transportation Research Part B, 84*, 81-102 .

Kopfer, H.W, Schönberger, J. & Kopfer, H. (2013). Reducing greenhouse gas emissions of a heterogeneous vehicle fleet. *Flexible Services and Manufacturing Journal*, 26(1-2), 221-248.

Kuo, Y. & Wang, C.C. (2011). Optimizing the VRP by minimizing fuel consumption. *Management of Environmental Quality, 22*(4), 440-450.

Kuo, Y. (2010). Using simulated annealing to minimize fuel consumption for the time-dependent vehicle routing problem. *Computers & Industrial Engineering, 59*(1), 157-165 .

Kwon, Y.J, Choi, Y.J. & Lee, D.H. (2013). Heterogeneous fixed fleet vehicle routing considering carbon emission. *Transportation Research Part D: Transport and Environment, 23*, 81-89.

Leggieri, V. & Haouari, M. (2017). A practical solution approach for the green vehicle routing problem. *Transportation Research Part E*, 104, 97-112.

Li, J. (2012). Vehicle routing problem with time windows for reducing fuel consumption. *Journal of Computers, 7*(12), 3020-3027 .

Li, Q., Nie, Y., Vallamsundar, S., Lin, J. & Homem-de-Mello, T. (2016). Finding Efficient and Environmentally Friendly Paths for Risk-Averse Freight Carriers. *Netw Spat Econ, 16*(1), 255- 275.

Lin, C., Choy, K.L., Ho, G.T.S., Chung, S.H. & Lam, H.Y. (2014). Survey of Green Vehicle Routing Problem: Past and future trends. *Expert Systems with Applications*, 41(4), 1118–1138.

Maden, W., Eglese, R.W. & Black, D. (2010). Vehicle routing and scheduling with time-varying data: A case study. *Journal of the Operational Research Society, 61*(3), 515-522.

Malandraki, C. & Daskin, M.S. (1992). Time dependent vehicle routing problems: formulations, properties and heuristic algorithms. *Transportation Science, 26*(3), 185-200.

Morovati-Sharifabadi, A. & Bavarkob, M. (2016). Solving of vehicle routing problem with cross docking by scatter search algorithm. *Journal of industrial management, 8*(1), 75-96. (*in Persian*)

Naderipour, M. & Alinaghian, M. (2016). Measurement, evaluation and minimization of CO 2 , NO x , and CO emissions in the open time dependent vehicle routing problem. *Measurement, 90*, 443-452.

Oberscheider, M., Zazgornik, J., Henriksen, C.B., Gronalt, M. & Hirsch, P. (2013). Minimizing driving times and greenhouse gas emissions in timber transport with a near-exact solution approach. *Scandinavian Journal of Forest Research, 28*(5), 493-506.

Omidvar, A. & Tavakkoli-Moghaddam, R. (2012). *Sustainable vehicle routing: Strategies for congestion management and refueling scheduling*. *Paper presented at the Energy Conference and Exhibition (ENERGYCON),* 2012 IEEE International, Florence, Italy.

Omidvar, A. (2013). *Models of sustainable transport vehicle routing problem with regard to reducing pollution and fuel consumption*. MSc thesis, University of Tehran, Tehran. (*in Persian*)

Paksoy, T. & Özceylan, E. (2013). Environmentally conscious optimization of supply chain networks. *Forthcoming in Journal of the Operational Research Society*, 65(6), 855-872.

Palmer, A. (2007). *The development of an integrated routing and carbon dioxide emissions model for goods vehicles*. PhD thesis, Cranfield University, Bedford.

Pan, S., Ballot, E. & Fontane, F. (2010). The reduction of greenhouse gas emissions from freight transport by pooling supply chains. *International Journal of Production Economics, 143*(1), 86-94.

Peiying, Y., Jiafu, T. & Yang, Y.U. (2013). Based on low carbon emissions cost model and algorithm for vehicle routing and scheduling in picking up and delivering customers to airport service. *Paper presented at the 25th Chinese Control and Decision Conference* (CCDC). The IEEE International Conference, Guiyang, China.

Pitera, K., Sandoval, F. & Goodchild, A. (2011). Evaluation of Emmissions Reduction in Urban Pickup Systems. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2224, 8-16.

Pradenas, L., Oportus, B. & Parada, V. (2013). Mitigation of greenhouse gas emissions in vehicle routing problems with backhauling. *Expert Systems with Applications*, 40(8), 2985-2991.

Psaraftis, H.N. & Tsitsiklis, J.N. (1993). Dynamic shortest paths in acyclic networks with Markovian arc costs. *Operations Research, 41*(1), 91-101.

Qian, J. (2012). *Fuel emission optimization in vehicle routing problems with time-varying speeds.* PhD thesis, Lancaster University, Lancaster, United Kingdom.

Qian, J. & Eglese, R. (2016). Fuel emissions optimization in vehicle routing problems with time-varying speeds. *European Journal of Operational Research, 248*, 840-848.

Raeesi, R. (2012). *A Novel Optimization Method for Capacitated Vehicle Routing Problem with a Green Transportation Approach*, MSc thesis, Persian Gulf University, Bushehr. (*in Persian*)

Rahmani, S. (2013). *Providing a transport model to determine the optimal route due to economic and environmental parameters and the maximum capacity of the fleet*, MSc thesis, University of Tehran, Tehran. (*in Persian*)

Ramos, T.R.P., Gomes, M.I. & Barbosa- póvoa, A.P. (2012). Minimizing CO 2 emissions in a recyclable waste collection system with multiple depots. *Paper presented at the EUROMA/POMS Joint Conference*, Amsterdam, The Netherlands.

Rao, W. & Jin, C. (2012). A model of vehicle routing problem minimizing energy consumption in urban environment. *Paper presented at the 2012 Asian conference of management science and Applications*.

Saberi, M. & Verbas, I. Ö. (2012). Continuous approximation model for the vehicle routing problem for emissions minimization at the strategic level. *Journal of Transportation Engineering*, 138(11), 1368-1376.

Salimifard, K.H., Ghasemieh, R. & Raghibzadeh, A. (2013). A novel mathemathical model for time dependence vehicle routing problem. *Paper presented at conference of management and acounting: 1st conference*, Natanz, Iran. (*in Persian*)

Satak, M., Habibi, M., Karimi, H. & Abedzadeh, M. (2013). Modelling and Solving Time Dependent Vehicle Routing Problem with Semi Soft Time Windows in Multi graphs. *Transportation Research Journal (TRJ)*, 10(3), 263-280. (*in Persian*)

Shen, Y., Potvin, J..Y., Rousseau, J.M. & Roy, S. (1995). A computer assistant for vehicle dispatching with learning capabilities *Annals of Operations Research, 61*(1), 189-211.

Soysal, M. & Imen, M. C. (2017). A Simulation Based Restricted Dynamic Programming Approach for the Green Time Dependent Vehicle Routing Problem. *Computers and Operations Research*, 88, 297-305.

Soysal, M., Bloemhof-Ruwaard, J. M. & Bektaş, T. (2015). The time-dependent two-echelon capacitated vehicle routing problem with environmental considerations. *International Journal of Production Economics, 164*, 366-378.

Suzuki, Y. (2011). A new truck-routing approach for reducing fuel consumption and pollutants emission. *Transportation Research Part D: Transport and Environment, 16*(1), 73-77.

Tajik, N., Tavakkoli-Moghaddam, R., Vahdani, B. & Mousavi, S.M. (2014). A robust optimization approach for pollution routing problem with pickup and delivery under uncertainty. *Journal of Manufacturing Systems, 33*(2), 277-286.

Tajik, N. (2013). *Multi-objective optimization of the routing green transport modeling under uncertainty.* MSc thesis, University of Tehran, Tehran. (*in Persian*)

Tavakoli, R. (2012). *Solving the Transportation routing problem with time-dependent speed and travel time window*. MSc thesis, University of Tehran, Tehran. (*in Persian*)

Toro, E. M., Franco, J. F., Echeverri, M. G. & Guimarães, F. G. (2017). A Multi-Objective Model for the Green Capacitated Location-Routing Problem Considering Environmental Impact. *Computers & Industrial Engineering*, 110, 114-125.

Treitl, S., Nolz, P.C. & Jammernegg, W. (2014). Incorporating environmental aspects in an inventory routing problem. *Flexible Services and Manufacturing Journal*, 26(1-2), 143-169.

Ubeda, S., Arcelus, F.J. & Faulin, J. (2011). Green logistics at Eroski: A case study. *International Journal of Production Economics*, *131*(1), 44-51 .

Urquhart, N., Hart, E. & Scott, C. (2010). Building low CO 2 solutions to the vehicle routing problem with Time Windows using an evolutionary algorithm. *Paper presented at the Evolutionary Computation (CEC)*, 2010 IEEE Congress, Barcelona, Spain.

Urquhart, N., Scott, C. & Hart, E. (2010). Using an Evolutionary Algorithm to Discover Low CO_2 Tours within a Travelling Salesman Problem. *Applications of Evolutionary Computation*, *6025*, 421-430.

Van Woensel, T., Kerbache, L., Peremans, H. & Vandaele, N. (2007). A Queueing Framework for Routing Problems with Time-dependent Travel Times. *Journal of Mathematical Modelling and Algorithms*, *6*(1), 151-173.

Wolf, F. (1986). *Meta-analysis: Quantitative methods for research synthesis*. Beverly Hills CA: Sage.

Xiao, Y., Zhao, Q., Kaku, I. & Xu, Y. (2012). Development of a fuel consumption optimization model for the capacitated vehicle routing problem. *Computers & Operations Research*, *39*(7), 1419-1431.

Xiao, Y. & Konak, A. (2015). A simulating annealing algorithm to solve the green vehicle routing & scheduling problem with hierarchical objectives and weighted tardiness. *Applied Soft Computing*, *34*, 372-388.

Xiao, Y. & Konak, A. (2016). The heterogeneous green vehicle routing and scheduling problem with time-varying traffic congestion. *Transportation Research Part E*, *88*, 146-166.

Yong, P. & Xiaofeng, W. (2009). Research on a vehicle routing schedule to reduce fuel consumption. *Paper presented at the Measuring Technology and Mechatronics Automation*, Shanghai, China.

Zhang, J., Zhao, Y., Xue, W. & Li, J. (2015). Vehicle routing problem with fuel consumption and carbon emission. *International Journal of Production Economics*, *170*, 234-242.