نشریه علمی مهندسی فناوری اطلاعات مکانی

سال نهم، شماره سوم، پاییز ۱۴۰۰
Vol.9, No.3, Autemn 2021
۵۹ -۸۴
مقاله پژوهشی
DOR: 20.1001.1.20089635.1400.9.3.2.3

حل مسأله به اشتراک‌گذاری تاکسی‌های باظرفیت مختلف با استفاده از الگوریتم ژنتیک ارتقاءیافته و اولویت‌های اجتماعی کاربران

وحید هاشمی[1*]، محمدسعدی مسگری[2]، پویا محمدی کزج[1]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه سیستم‌های اطلاعات مکانی، دانشکده مهندسی نقشه برداری، دانشگاه صنعتی خواجه نصیر طوسی
۲- دانشیار گروه سیستم‌های اطلاعات مکانی، دانشکده مهندسی نقشه برداری، دانشگاه صنعتی خواجه نصیر طوسی

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۹/۰۲/۱۳ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۹/۱۱/۰۷

چکیده

اکثر سیستم‌های اشتراک سواری موجود، برنامه‌ریزی سفر را تنها بر اساس دو معیار شباهت مکانی و زمانی سفر مسافران انجام می‌دهند. بی‌توجهی به اولویت‌های اجتماعی منجر به کاهش تمایل کاربران در استفاده از سرویس‌های اشتراک سواری می‌شود. باید سامانه‌ای ایجاد گردد که هر ۳ معیار گفته شده را در برنامه‌ریزی سفر در نظر بگیرد تا بتوان کاربران را به استفاده هر چه بیشتر از این سامانه‌ها ترغیب نمود. هدف از این پژوهش طراحی و پیاده‌سازی مدلی مناسب، برای اشتراک سواری با به‌کارگیری تاکسی‌های با ظرفیت مختلف و در نظر گرفتن اولویت‌های اجتماعی کاربران با استفاده از الگوریتم ژنتیک ارتقا یافته است. در این پژوهش از دو عملگر جهش ابتکاری و دو الگوریتم جست‌وجوی محلی ابتکاری به‌منظور ارتقا الگوریتم ژنتیک برای این حالت خاص استفاده‌شده است. در مدل استفاده شده در این پژوهش، مکانیسمی طراحی‌شده تا کاربران بتوانند بازخوردی از سفر اشتراکی خود را در یک شبکه اجتماعی فرضی با سایر کاربران به اشتراک بگذارند. سپس تأثیر نظر کاربران بر یکدیگر در جهت استفاده و یا عدم استفاده از این سامانه و علت آن تحلیل و بررسی شد. نتایج به‌دست‌آمده حاکی از کارایی روش پیشنهادی دارد؛ زیرا در پایان اجرای الگوریتم میزان علاقه کاربران به استفاده از این سیستم افزایش یافت که دلیلی بر تأمین اولویت‌های اجتماعی کاربران است. به طور مثال هر یک از مسافران با شرکت در اشتراک سواری به طور میانگین ۲۶ درصد در هزینه سفر خود صرفه جویی کرده‌اند. همچنین درآمد هر یک از رانندگان نیز با شرکت در اشتراک سواری به طور میانگین ۴۸ درصد افزایش یافته است. از طرفی مسافت کل سفرها به میزان ۴۰ درصد نسبت به حالت سفر تکی کاهش یافت و نیز تعداد خودروهای استفاده‌شده در حالت سفر اشتراکی کمتر از حالت سفر تکی بود که این امر در کاهش ترافیک و آلودگی هوای ناشی از مصرف سوخت خودروها مؤثر خواهد بود.

کلید واژه‌ها : اولویت‌های اجتماعی کاربران، الگوریتم ژنتیک ارتقا یافته، عملگرهای جهش ابتکاری، مکانیسم اشتراک بازخورد سفر، شبکه اجتماعی کاربران

[*] نویسنده مکاتبه کننده: تهران، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، دانشکده مهندسی نقشه‌برداری، گروه سیستم‌های اطلاعات مکانی
تلفن: ۰۹۳۵۷۵۳۴۸۵۲

Email: v.hashemi@email.kntu.ac.ir

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2024-07-26]
[DOR: 20.1001.1.20089635.1400.9.3.2.3]
[DOI: 10.52547/jgit.9.3.59]

۱- مقدمه

توسعه روزافزون شهرها و گسترش زندگی شهری در قرن حاضر باعث بروز مشکلات جدیدی شده است. یکی از این مشکلات، افزایش عبور و مرور خودروها و ایجاد ترافیک است که باعث اتلاف هزینه، زمان و سوخت زیادی می‌گردد. در بسیاری از کشورها ازجمله ایران درصد بالایی از خودروهای عبوری در خیابان‌ها، تک‌سرنشین هستند که خود منجر به ترافیک و شلوغی می‌شوند، از طرفی تاکسی‌هایی که مسافران را به صورت تکی و دربستی در سطح شهر جابه‌جا می‌کنند نیز خود عامل دیگری برای افزایش شلوغی و ترافیک خواهند بود. مسأله اشتراک سواری، به این صورت است که آن دسته از مسافرانی که به لحاظ مبدأ، مقصد و زمان سفر، به یکدیگر شبیه هستند، بتواند با استفاده از یک وسیله نقلیه و با صرف هزینه کمتر سفر خود را انجام دهند[۱].

اشتراک سواری به‌طورکل به دو بخش تقسیم می‌شود: بخش اول گروه‌بندی، به تطبیق مسافران و رانندگانی که به لحاظ بعد مکانی (مبدأ و مقصد سفر) و بعد زمانی (زمان آغاز سفر و زمان موردنظر جهت حضور در مقصد) سفر به یکدیگر شباهت دارند می‌پردازد. بخش دوم آن به نحوه نوبت‌دهی، سوار و پیاده شدن مسافران یک گروه پرداخته و به‌نوعی کار مسیریابی را انجام می‌دهد [۲]. سیستم‌های اشتراک سواری بسیاری که گروه‌بندی را فقط بر مبنای شباهت در بعد مکان و زمان سفر انجام می‌دهند، پیاده‌سازی شده‌اند. در این سامانه‌ها مسافران و رانندگان هیچ نقشی در تعیین هم‌سفران خود ندارند و تنها سرور مرکزی برنامه‌ریزی سفرها را انجام می‌دهد. لذا کاربران اطلاعات کمی از یکدیگر خواهند داشت و این موضوع سبب کاهش سطح اعتماد در استفاده از این سیستم می‌شود[۳].

بی‌توجهی به عوامل اجتماعی (مانند اعتمادپذیری، راحتی و آسایش در سفر) و منفعت مالی و زمانی راننده و مسافر، منجر به کاهش تمایل کاربران در استفاده از این سرویس‌ها می‌شود[۴]. این سامانه‌ها زمانی در جلب رضایت کاربران و افزایش علاقه آن‌ها به اشتراک سواری موفق عمل خواهند کرد، که نه‌تنها به لحاظ مالی و زمانی بلکه ازلحاظ راحتی و آسایش در سفر و اعتمادپذیری نیز نیاز آن‌ها را برآورده کنند[۵]. در این خصوص یک راهکار مؤثر در نظر گرفتن اولویت‌ها و علایق کاربران در گروه‌بندی آن‌ها است.

در این پژوهش مدلی بر مبنای الگوریتم ژنتیک مبتنی بر اولویت‌های کاربران طراحی و پیاده‌سازی گردید. در این مدل یک سیستم ثبت‌نام فرضی تعبیه شده است که کاربران (مسافران) اطلاعات و اولویت‌های موردنظر خود برای سفرشان را وارد می‌کنند و بر اساس فاکتورهای واردشده، برنامه‌ریزی سفر برای آن‌ها صورت می‌گیرد. همچنین یک شبکه اجتماعی فرضی در نظر گرفته شده است که در آن کاربران با یکدیگر در ارتباط بوده و نظرات و تجربیات خود از سفر اشتراکی که داشته‌اند را با دیگران به اشتراک می‌گذارند. هدف از این کار بررسی تأثیر نظر کاربران روی یکدیگر در جهت افزایش یا کاهش استفاده از سیستم اشتراک سواری و بررسی دلایل رضایت یا عدم رضایت مسافران است. به طور کل در این پژوهش سعی شد تا یک ارتباط معنادار و درعین‌حال ساده بین دو حوزه مسائل اجتماعی و الگوریتم‌های فرا ابتکاری ایجاد شود. از طرفی با توجه به اینکه هدف اصلی این پژوهش بررسی کامل و جامع مسائل انسانی و روابط اجتماعی نیست؛ لذا، ساده‌سازی‌هایی جهت مدل کردن روابط و نحوه تأثیرگذاری افراد بر یکدیگر به‌منظور استفاده یا عدم استفاده از یک سیستم اعمال‌شده است.

در مقاله حاضر هدف پیاده‌سازی سیستم اشتراک سواری است که به نحوی باشد تا مباحث اجتماعی اقتصادی و محیطی مطرح‌شده را در برگیرد، به این معنا که بتواند مسافرانی را با یکدیگر هم‌سفر نماید که شباهت بیشتری به لحاظ پارامترهای اجتماعی با یکدیگر داشته تا مسافران به لحاظ بحث راحتی و اعتمادپذیری در سفر نیازشان تأمین گردد و از طرفی هزینه این دسته از مسافران نسبت به حالتی که

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2024-07-26]
[DOR: 20.1001.1.20089635.1400.9.3.2.3]
[DOI: 10.52547/jgit.9.3.59]

دربستی و تکی سفر نمایند را کمتر کند و همچنین در خصوص بحث زمان سفر به‌گونه‌ای باشد که میزان معطلی در سفر اشتراکی را برای مسافران تا حد ممکن کمینه نماید تا مسافران به لحاظ منفعت مالی و زمانی نیز به استفاده از این سرویس‌ها ترغیب شوند. از لحاظ پارامترهای محیطی نیز بتواند با کاهش تعداد خودروهای استفاده‌شده در سرویس‌دهی به مسافران از بار ترافیکی شهر کم کرده و با کاهش مسافت کل سفرها نیز به کاهش مصرف سوخت و به سبب آن کاهش آلودگی هوا کمک نماید. راهکار ارائه شده یک روش پیشنهادی اولیه‌ای است که قطعاً نیاز به تکامل بیشتر، دخیل کردن فاکتورهای متنوع دیگر و نیز مطالعات گسترده در حوزه مسائل و شبکه‌های اجتماعی جهت واقعی‌تر شدن مدل پیشنهادی این مقاله دارد.

شایان‌ذکر است متدولوژی به‌کاررفته در این مقاله بر اساس ترکیبی از روش‌های بهینه‌سازی فرا ابتکاری (در این مقاله از الگوریتم ژنتیک برای این منظور استفاده‌شده است.) و روش‌های عامل مبنا (جهت مدل کردن رفتار مسافران در خصوص نحوه استفاده از سیستم اشتراک سواری و تعیین بازخورد آن‌ها از سیستم) است. به همین جهت نویسندگان مقاله نیازمند به‌کارگیری یکسری از روش‌ها و عملگرهای ابتکاری مطابق با آنچه در ادامه مقاله ذکر خواهد شد، بودند تا بتوانند به جواب مطلوب دست پیدا کنند. از طرفی برای حصول اطمینان از کارایی روش‌های ابتکاری ارائه‌شده در این مقاله، داده‌های مسأله به نحوی شبیه‌سازی و ساده‌سازی شدند تا بتوان خروجی و جواب مطلوب را قبل از اجرای الگوریتم دانست و الگوریتم را به نحوی طراحی نمود که بتواند به جواب مطلوب دست پیدا کند. همچنین تست و ارزیابی این روش‌ها با توجه به ماهیت مسأله که مسأله‌ای ان‌پی‌سخت[1] با پیچیدگی زمانی بالا به لحاظ زمان اجرا و پردازش می‌باشد نیازمند به‌کارگیری سیستم‌های با توان و قدرت پردازشی بالا است. به دلیل عدم دسترسی نویسندگان مقاله به چنین سیستم‌هایی و به‌منظور کم کردن زمان تست و ارزیابی مدل ارائه‌شده، ایشان به سمت استفاده از داده‌های شبیه‌سازی و ساده‌شده‌ای سوق پیدا کردند.

ساختار مقاله حاضر به این شرح است: در بخش دوم به مروری بر پژوهش‌های گذشته، در بخش سوم مراحل طراحی و مدل‌سازی مسأله با الگوریتم ژنتیک مبتنی بر اولویت‌های کاربران و در بخش چهارم پیاده‌سازی و ارزیابی مدل ارائه شده‌اند. نهایتاً در بخش پنجم به بحث و نتیجه‌گیری نهایی پرداخته‌شده است.

۲- مروری بر پژوهش‌های پیشین

به‌طور کل سیستم‌های اشتراک سواری به دودسته تقسیم می‌شوند. سیستم‌های مبتنی بر برنامه‌ریزی متمرکز، سامانه‌هایی هستند که تنها یک سرور مرکزی و بدون در نظر گرفتن اولویت‌های کاربران، آن‌ها را با یکدیگر گروه‌بندی می‌کند. از طرفی سیستم‌های مبتنی بر برنامه‌ریزی غیرمتمرکز، سامانه‌هایی هستند که به کاربران خود آزادی عمل بیشتری داده و به اولویت‌های آن‌ها در گروه‌بندی‌شان توجه می‌کند.

۲-۱- سیستم‌های اشتراک سواری مبتنی بر برنامه‌ریزی متمرکز

وبر و هرباوی با در نظر گرفتن کمینه‌سازی مسافت کل سفر، زمان سفر راننده، زمان سفر مسافران و نیز بیشینه‌سازی سرویس‌دهی به مسافران به‌عنوان توابع هدف به حل مسأله با استفاده از الگوریتم کلونی مورچگان و الگوریتم ژنتیک پرداختند؛ و به این نتیجه رسیدند که الگوریتم ژنتیک عملکرد بهتری دارد[۸].

لین و همکاران از الگوریتم تبرید شبیه‌سازی‌شده جهت بهینه‌سازی مسأله اشتراک سواری استفاده کردند و کمینه کردن هزینه‌هایی چون حمل‌ونقل، هزینه‌های نگهداری و تعمیر خودرو و بیشینه شدن سطح رضایت کاربران بر اساس زمان سفرشان را به‌عنوان توابع هدف در نظر گرفتند[۶]. کینگ یه و همکاران در سال ۲۰۱۵ با استفاده از الگوریتم ژنتیک چند هدفه، به حل این

[1] *NP-Hard Problem*

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2024-07-26]
[DOR: 20.1001.1.20089635.1400.9.3.2.3]
[DOI: 10.52547/jgit.9.3.59]

مسأله پرداختند. توابع هدف مسأله شامل کمینه کردن کرایه کلی مسافران در حالت اشتراک سواری، زمان سفر و هزینه سوخت تاکسی‌ها به همراه قیود درآمد رانندگان و هزینه مسافران بود[۱۱]. زک و همکاران در سال ۲۰۱۹ مدل ریاضی اشتراک سواری شامل دو بخش مسیریابی و تطابق شرکت‌کنندگان (رانندگان و مسافران) را پیاده‌سازی نمودند. این مدل شامل دو الگوریتم ژنتیک چندهدفه و جست‌وجوی پرتو نور (*LBS*)[1] بود، که به‌منظور آنالیز جواب تولیدشده از الگوریتم ژنتیک و بهبود آن به‌کار رفته است[۱۲]. در سال ۲۰۱۳ *Pan* در زمینه اشتراک سواری و باهدف کمینه کردن فاصله، زمان و هزینه سفر، با تعریف یکسری ضرایب برای هر یک از آن‌ها، مسأله چند هدفه را به یک مسأله تک هدفه تبدیل و مدلی را بر این اساس پیاده‌سازی نمود [۱۳]. در سال ۲۰۱۸ *Ma* و همکاران مدلی را بر اساس الگوریتم ژنتیک چندهدفه و نیز الگوریتم ژنتیک تک هدفه، در یک شبکه راه فرضی با هدف کمینه کردن مسافت کل پیموده شده سفرها و زمان سفر مسافران تحت قیودی چون کمتر شدن هزینه پرداختی مسافر، افزایش درآمد رانندگان، رضایت‌مندی مسافران بر اساس زمان سفرشان در حالت اشتراکی پیاده‌سازی کردند[۷].

۲-۲- سیستم‌های اشتراک سواری مبتنی بر برنامه‌ریزی غیرمتمرکز (مبتنی بر اولویت‌های کاربران)

تمرکز مطالعات مروری بخش ۲-۱ بر ارتقای کیفیت گروه‌بندی مسافران و رانندگان بر مبنای قیود مکانی و زمانی بوده است. در این بخش به مروری بر سیستم‌های اشتراک سواری که جنبه‌های اجتماعی و اولویت‌های کاربران را نیز در نظر گرفته‌اند پرداخته شده است.

سیستم آی کپ[2]، در این خصوص راهکاری را بر مبنای اولویت‌های کاربران ارائه داد. در این سیستم پارامترهایی مانند سیگار و جنسیت و نیز پارامترهای مرتبط با سرویس ارائه‌دهنده خدمات مانند میزان اهمیت زمان و هزینه سفر را که منجر به افزایش درجه آزادی و اعتمادپذیری سیستم برای کاربر می‌شود را در نظر گرفتند[۱۴]. برلین گو و همکاران در سال ۲۰۱۷ مدلی مبتنی بر علایق و اولویت‌های مردم برای اشتراک سواری ایجاد کردند که در آن مردم غریبه بر اساس علایق مشترک و شباهتی که با یکدیگر دارند، در یک گروه قرارگرفته و می‌توانند سفری را باهم داشته باشند[۱۵]. در تحقیقی دیگر، مدلی باهدف افزایش تمایل کاربران در اشتراک‌گذاری سفر و بر مبنای اولویت‌ها و علایق مشترک و شغل و میزان تحصیلات و درآمد و لینک‌های اجتماعی پیاده‌سازی شد. در این مدل لیست پیشنهادی مرتب‌شده‌ای از سفرها بر اساس افزایش میزان علاقه کاربر به اشتراک‌گذاری سفر با آن گروه‌ها به کاربر پیشنهادشده و کاربر می‌توانست موردی را انتخاب کند[۴]. کوریا و همکاران [۱۶]، به بررسی اهمیت و نقش پارامترهایی چون جنسیت و سن پرداختند و در تحقیقی دیگر، نیز به این نتیجه رسیدند که چنین فاکتورهایی نقشی اساسی در تمایل افراد به اشتراک‌گذاری سفر دارند[۱۷]. در تحقیقی لسمار و همکاران، ابتدا خصوصیات و ویژگی‌های کاربران و تعیین میزان شباهت آن‌ها با یکدیگر از طریق بررسی پست‌ها و کامنت‌های به اشتراک گذاشته‌شده در اکانت‌های اجتماعی‌شان استخراج گردید. سپس سیستم توصیه گری پیاده‌سازی شد که به یک کاربر بر اساس تجربیات و انتخاب‌های گذشته خود و افرادی که به او شباهت دارند، لیست مرتب‌شده‌ای از سفرهای اشتراکی از بالاترین تا کمترین میزان شباهت را به او پیشنهاد می‌داد[۱۸]. نثر و همکاران در سال ۲۰۱۸، مدلی مبنی بر اولویت‌ها و خصوصیات راننده و مسافر بر اساس روش تصمیم‌گیری چند معیاره پیاده‌سازی کردند. در این روش کاربران در سامانه ثبت‌نام کرده و اطلاعات و اولویت‌های خود را وارد کرده و وزن دهی

[1] *Light Beam Search*
[2] *ICAP*

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2024-07-26]
[DOR: 20.1001.1.20089635.1400.9.3.2.3]
[DOI: 10.52547/jgit.9.3.59]

می‌کنند. سپس برای هر مسافر لیستی از رانندگان بر اساس میزان شباهت در اولویت‌ها و نزدیکی مکانی و زمانی به‌دست‌آمده نهایتاً بهترین راننده استخراج‌شده و به آن مسافر نسبت داده می‌شود[۱۹].

در اشتراک سواری به‌صورت غیرمتمرکز در کمتر مطالعاتی از قدرت ذاتی الگوریتم‌های فرا ابتکاری در حل مسأله استفاده کرده‌اند، لذا در مقاله پیش‌رو مدل پیاده‌سازی شده بر مبنای الگوریتم ژنتیک مبتنی بر اولویت‌های کاربران طراحی و پیاده‌سازی شده است.

۳- طراحی و مدل‌سازی مسأله بهینه‌سازی اشتراک سواری مبتنی بر اولویت‌های اجتماعی کاربران

در این بخش بعد از بیان فرض‌های مسأله به بیان فازهای مختلف پیاده‌سازی شده جهت ایجاد مدل اشتراک سواری موردنظر پرداخته‌شده است.

۳-۱- فرض‌های مسأله

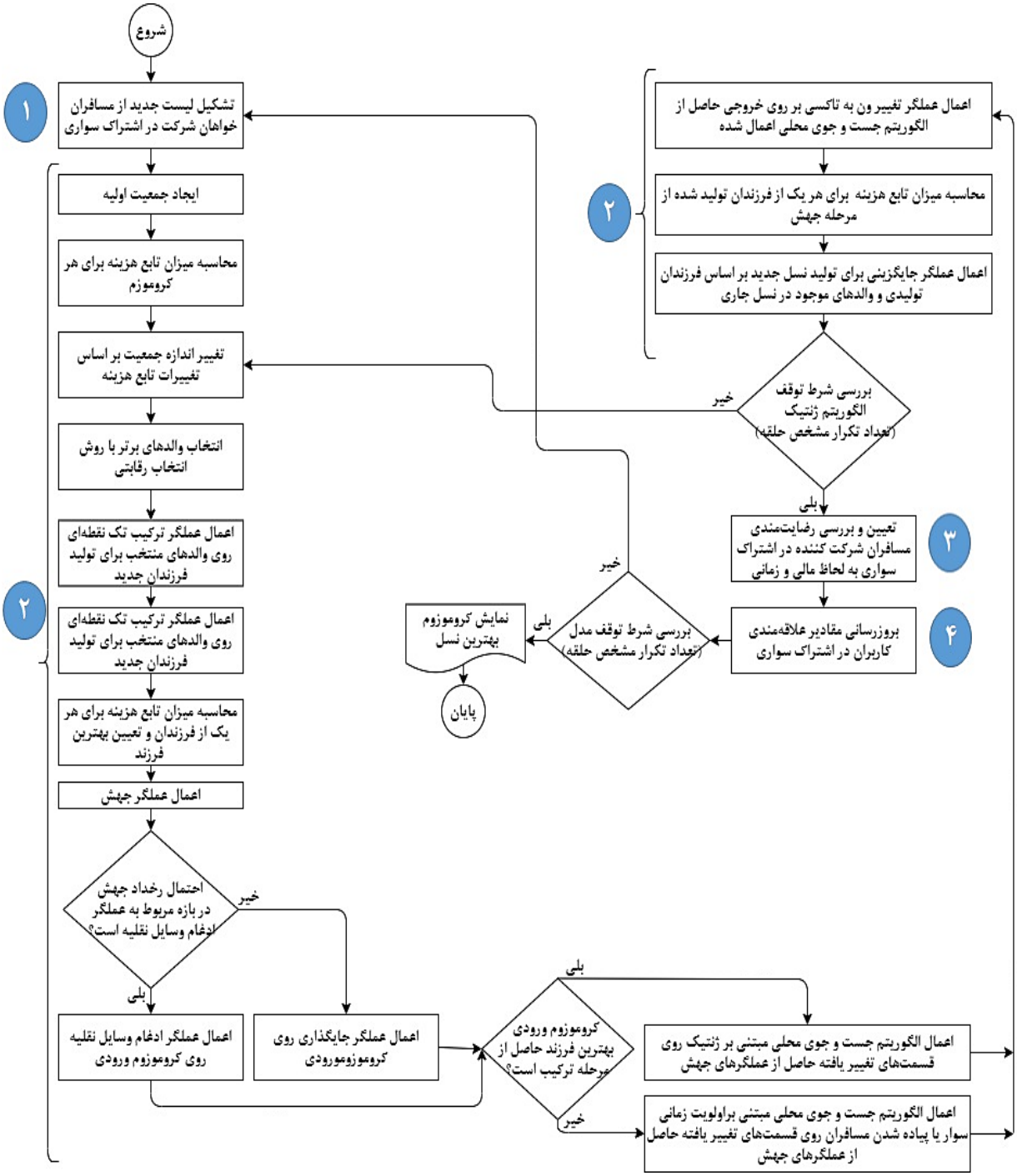
۱. هر درخواست سفر می‌تواند شامل ۱ تا چند مسافر باشد.
۲. برای هر مسافر میزان تمایل اولیه به اشتراک‌گذاری سفر در نظر گرفته‌شده است.
۳. یک گراف که ارتباط میان افراد در شبکه اجتماعی فرضی یادشده را نشان می‌دهد در نظر گرفته‌ایم.
۴. در گراف ارتباطی برای هر ارتباط (یال متصل بین دو کاربر موجود در شبکه) وزنی تصادفی که مقادیر ۱، ۲ یا ۳ را دارد در نظر گرفته‌شده است. این وزن درجه ارتباط و میزان نزدیکی بین دو کاربر را تعریف می‌کند. میزان نزدیکی به سه دسته خانواده (وزن برابر با ۳، بیشترین میزان نزدیکی و ارتباط)، دوست (وزن برابر با ۲) و دوست دوست (وزن برابر ۱، کمترین میزان نزدیکی و ارتباط) تقسیم‌شده است.
۵. مسافران در طول سفر خود تنها با یک وسیله نقلیه سفر را انجام می‌دهند.
۶. سرعت وسایل نقلیه ثابت و برابر با یک سرعت متوسط واحد در نظر گرفته‌شده است.
۷. راننده وسیله نقلیه کوتاه‌ترین مسیر بین ایستگاه‌های مبدأ و مقصد را طی می‌کند. کوتاه‌ترین مسیر بین ایستگاه‌ها بر اساس الگوریتم فلوید وارشال[1] محاسبه‌شده است[۲۰].
۸. از بروز جواب‌هایی که در آن‌ها وسیله نقلیه‌ای خالی باشد، جلوگیری شده است. در مورد ون نیز از حالتی که در آن ونی کمتر از نصف ظرفیت خود (کمتر از ۵ نفر) مسافر داشته باشد، جلوگیری شده است.

۳-۲- بخش‌های مختلف در نظر گرفته‌شده برای سیستم اشتراک سواری پیشنهادی

سیستم اشتراک سواری پیشنهادی در این مقاله بر اساس ترکیبی از روش بهینه‌سازی الگوریتم ژنتیک با روش شبیه‌سازی عامل مبنا است. در این سیستم مسافران به‌عنوان عامل‌هایی دارای اختیار در انتخاب نوع سرویس خود (دربستی یا اشتراکی) و نیز تعیین دیگر پارامترهای مورد انتظارشان از سفر با ارسال درخواست خود به سرور مرکزی، این سرور بر اساس اطلاعات ورودی برای آن‌ها سرویسی را اختصاص خواهد داد. در مدل‌سازی با این روش لازم است تا در مراحل تست و ارزیابی مدل، مقادیری برای پارامترهای ورودی که کاربر باید به هنگام درخواست سفر تعیین کند به سیستم معرفی گردد؛ لذا در این مدل‌ها سعی می‌شود تا با انتخاب مقادیری تصادفی، قدرت انتخابی که مسافران در دنیای واقعی دارند را بتوان شبیه‌سازی نمود. در ادامه بخش‌های مختلف سیستم اشتراک سواری پیشنهادی آورده شده است. در فلوچارت شکل(۱) روند الگوریتم طراحی شده در این مقاله قابل ملاحظه است.

[1] *Floyd warshall*

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2024-07-26]
[DOR: 20.1001.1.20089635.1400.9.3.2.3]
[DOI: 10.52547/jgit.9.3.59]



شکل ۱: فلوچارت الگوریتم طراحی‌شده

۳-۲-۱- تشکیل لیست مسافران منتخب و انجام برنامه‌ریزی سفر برای آن‌ها با الگوریتم ژنتیک

در بخش ۳-۲-۱ به توضیح قسمت‌های اول و دوم الگوریتم یاد شده در شکل(۱) پرداخته شده است. در این مدل فرض بر وجود یک بخش ثبت‌نام در سامانه اشتراک سواری است که ابتدا مسافران طبق جدول(۱)

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2024-07-26]
[DOR: 20.1001.1.20089635.1400.9.3.2.3]
[DOI: 10.52547/jgit.9.3.59]

اطلاعات شخصی خود شامل جنسیت، رده سنی و وضعیت سیگاری بودن یا نبودن را در زیر بخش اطلاعات پروفایل و نیز اولویت‌های موردنظرشان در خصوص همین معیارها در زیر بخش اطلاعات لیست اولویت‌ها مشخص می‌نمایند و نیز برای هر یک از این اولویت‌ها وزنی اختصاص می‌دهند. به این ترتیب ثبت‌نام در سامانه انجام می‌شود. حال نوبت به ثبت درخواست سفر است برای این منظور کاربران اطلاعاتی مشابه آنچه در جدول (۲) آمده است را در سامانه ثبت می‌کند. در جدول (۱)، M نماینده جنسیت مرد و F نماینده جنسیت زن است. در ستون رده سنی y نماینده رده سنی جوان و از ۱۸ تا ۳۵ سال، m نماینده افراد میان‌سال و از ۳۵ تا ۵۰ سال و o نماینده رده سنی کهن‌سال فرض شده است. در این جدول در ستون اطلاعات پروفایل، کاربر نسبت به ویژگی‌های تعریف‌شده وضعیت خود و در ستون بعدی یعنی لیست اولویت‌ها، کاربر ویژگی‌های مورد انتظار خود از هم‌سفرانش را تعیین می‌کند.

هر درخواست سفر مطابق با جدول (۲) شامل موقعیت مبدأ و مقصد (شماره گره در شبکه راه)، زمان مورد انتظار مسافر برای شروع و پایان سفر، پنجره زمانی مورد تأیید کاربر (در این مدل برای هر کاربر پنجره زمانی ۱۰ دقیقه‌ای در نظر گرفته شد) و تعداد مسافران منتسب به یک درخواست است.

جدول ۱: اطلاعات شخصی و اولویت‌های اجتماعی کاربران

	اطلاعات پروفایل			اطلاعات لیست اولویت‌ها			وزن هر یک از اولویت‌ها		
شناسه کاربر	جنسیت	استعمال دخانیات	رده سنی	جنسیت	استعمال دخانیات	رده سنی	*WG*	*WS*	*WA*
۱	*M*	*no*	*y*	*M*	*yes*	*[y,m]*	۵	۸	۵
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
۱۸	*M*	*yes*	*m*	*M*	*no*	*[y,m]*	۷	۷	۵

جدول ۲: اطلاعات رزرو سرویس اشتراک سواری

شناسه_درخواست	شناسه گره مبدأ	شناسه گره مقصد	زمان مورد انتظار برای حرکت از مبدأ	زمان مورد انتظار برای رسیدن به مقصد	تعداد مسافرین هر درخواست
۱	۱۲	۳۴	۰۰:۷	۴۰:۷	۱
...	...	...	...	...	...
۱۸	۳۶	۴۰	۴۸:۸	۲۲:۹	۲

یکی از پارامترهای مهم که در دنیای واقعی برای اشتراک‌گذاری سفر مطرح می‌شود میزان تمایل برای به اشتراک‌گذاری سفر است. درواقع ممکن است یک مسافر تمایل کمی برای اشتراک سفر داشته باشد و یا یک مسافر تمایل زیادی برای اشتراک‌گذاری سفر خود داشته باشد. همان‌طور که در بخش ۳-۲ اشاره شد سیستم اشتراک سواری پیشنهادی در این مقاله یک روش ترکیبی بهینه‌سازی عامل مبنا است. لذا در اجرای تست و ارزیابی مدل، برای هر کاربر ثبت‌نام‌شده در سامانه میزان تمایل اولیه تصادفی (عددی بین صفر و یک)، در اشتراک‌گذاری سفر در نظر گرفته‌شده است. عدد یک یعنی کاربر کاملاً تمایل به شرکت در اشتراک‌گذاری سفر دارد و صفر یعنی کاربر تمایلی در به اشتراک‌گذاری سفر خود با دیگران ندارد. به‌منظور

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2024-07-26]
[DOR: 20.1001.1.20089635.1400.9.3.2.3]
[DOI: 10.52547/jgit.9.3.59]

تشکیل لیست مسافران منتخب، برای هر مسافر یک عدد تصادفی بین صفر و یک تولیدشده و اگر این عدد تولیدی از عدد تمایل آن مسافر کمتر بود، مسافر در لیست منتخب برای سفر اشتراکی قرار می‌گیرد. لازم به ذکر است تنها برای مسافران موجود در این لیست برنامه‌ریزی سفر شامل گروه‌بندی و نحوه نوبت‌دهی جهت سوار و پیاده شدنشان، با الگوریتم ژنتیک انجام می‌شود که جزئیات این الگوریتم در ادامه به‌طور کامل بیان می‌شود.

۳-۲-۱-۱- توابع هدف مسأله

در ادامه توابع هدف مسأله و نحوه محاسبه میزان هزینه‌ای که هرکدام به مدل اعمال می‌کنند بیان‌شده است.

- **کمینه کردن زمان معطلی مسافران**

ابتدا اختلاف‌زمان واقعی و زمان ایدئال برای هر مسافر در آغاز و پایان سفرش محاسبه‌شده نهایتاً این مقادیر با یکدیگر جمع شده و به‌عنوان میزان هزینه زمانی واردشده به الگوریتم در نظر گرفته می‌شود که هدف از این تابع این است که الگوریتم را به سمتی هدایت کند که جواب تولیدی آن میزان هزینه زمانی گفته‌شده را کمینه کند. در فرض ششم، یک سرعت متوسط ثابت برای تمامی خودروها لحاظ شد. لذا، کمینه کردن مدت‌زمان واقعی کل سفرها مساوی خواهد بود باهدف دوم که کمینه کردن فاصله طی شده برای مجموع سفرها است.

- **کمینه کردن فاصله طی شده برای مجموع سفرها**

هدف این است که گروه‌بندی و نحوه نوبت‌دهی سوار و پیاده شدن مسافران به شکلی باشد که مسافت کل پیموده شده در تمامی سفرها کمینه شود. به‌این‌ترتیب می‌توان به کاهش مصرف سوخت و کاهش آلودگی هوا کمک نمود.

- **کمینه کردن تعداد وسایل نقلیه استفاده‌شده**

تنها تعداد وسایل نقلیه به‌کاررفته شمارش‌شده و عدد به‌دست‌آمده به‌عنوان هزینه این تابع هدف در نظر گرفته می‌شود. دلیل استفاده از این تابع هدف در مدل این است که تا حد امکان وسایل نقلیه کمتری استفاده شود تا به‌این‌ترتیب باکم شدن تعداد وسایل نقلیه از حجم ترافیک و آلودگی هوا به‌ویژه در ساعات شلوغی کاسته شود.

- **کمینه کردن تعداد صندلی‌های خالی در ون**

کمینه کردن تعداد وسایل نقلیه استفاده شده، به‌نوعی سبب کاهش تعداد صندلی‌های خالی می‌شود؛ اما در حالت استفاده از ون، کمینه کردن این تعداد وسایل نقلیه الزاماً در کاهش تعداد صندلی‌های خالی ون مؤثر نخواهد بود. به‌عبارت‌دیگر ممکن است نتیجه کار الگوریتم این‌گونه باشد که با استفاده هر چه بیشتر از ون به‌جای تاکسی تعداد خودروها را کمینه کند ولی تعداد صندلی‌های خالی زیادی را برای ون موجب شود. ازاین‌رو تعداد صندلی‌های خالی ون با توجه به درخواست‌هایی که به آن منتسب شده‌اند شمارش‌شده و به ازای هر صندلی خالی مقدار هزینه‌ای به مدل اضافه می‌شود. حال الگوریتم سعی دارد تا حد ممکن از ون در حالتی استفاده کند که مسافران بیشتری را سرویس‌دهی نماید.

۳-۲-۱-۲- قیود در نظر گرفته شده در مدل

در مدل پیاده‌سازی شده از سه قید ظرفیت وسایل نقلیه، پنجره زمانی برابر با *[۱۰، ۱۰-]* دقیقه‌ای و عدم شباهت کاربران استفاده شده است. قیود ظرفیت خودرو و پنجره زمانی از قیود مرسومی هستند که در حل چنین مسائلی حتماً باید در نظر گرفته شوند. در خصوص پارامتر پنجره زمانی با توجه به آنچه در بخش ۳-۲ بیان شد، ما در اجرای تست و ارزیابی مدل، برای هر مسافر پنجره زمانی ثابتی را در نظر گرفتیم.

قید سوم این مدل یا به عبارتی همان قید عدم شباهت میان مسافران هم‌گروه است. میزان نقض شدگی این قید بر اساس لیست اولویت‌های اجتماعی مورد انتظار مسافران همگروه بررسی می‌شود که از رابطه (۱) قابل‌محاسبه است. از این رابطه برای بررسی میزان نقض شدگی اولویت‌های هر مسافر در مقایسه با

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2024-07-26]
[DOR: 20.1001.1.20089635.1400.9.3.2.3]
[DOI: 10.52547/jgit.9.3.59]

هم‌سفرانش استفاده‌شده و نهایتاً این مقادیر به‌دست‌آمده با یکدیگر جمع شده و میزان نقض شدگی قید عدم شباهت مسافران هم‌گروه را نتیجه می‌دهد. حال با توجه به داشتن اطلاعات پروفایل و اولویتی کاربران (اطلاعات موجود در جدول (۲)) و نیز به منظور کاهش بار محاسباتی در الگوریتم ژنتیک، هنگام برآورد میزان نقض شدگی قید عدم شباهت میان مسافران، میزان عدم شباهت بین هر دو کاربر موجود در لیست رزرو سفر با توجه به رابطه (۱) محاسبه و در ماتریسی با نام ماتریس عدم شباهت میان کاربران ذخیره گردید. در این رابطه مقدار پارامتر توان مربوط به وزن اولویت، برابر با ۳ در نظر گرفته شده است. استفاده از توان سوم وزن هر اولویت به دو منظور بوده است. اولاً چون می‌بایست تأثیر اولویت با وزن بالاتر بیشتر باشد، یکی از راهکارهای موجود استفاده از توان‌های بالا است تا بتوان مطمئن شد اولویتی که برای کاربر در میان اولویت‌های دیگر از اهمیت بیشتری برخوردار است حتماً رعایت خواهد شد، ثانیاً در حالتی که دو قید ظرفیت خودرو و پنجره زمانی مطرح‌شده نقض می‌شوند به سیستم مقدار هزینه‌ای برابر با ۱۰۰۰ واحد وارد می‌کنند. بنابراین از توان سوم استفاده‌شده تا مقدار هزینه‌ای که از نقض این قید به سیستم وارد می‌شود نیز در مقیاس دو قید دیگر باشد.

$$\sum_{i\in N}\sum_{j\in N}\sum_{pref=1}^{n} w_{pref}^{k}\, x_{ij}\,, x_{ij} = \begin{cases}1\\0\end{cases} \qquad \text{رابطه(۱)}$$

در رابطه (۱)، x_{ij}، بیان‌کننده شباهت یا تفاوت دو مسافر i و j در خصوص اولویت موردنظر است. زمانی که در اولویت مورد نظر دو مسافر تفاوت داشته باشند مقدار یک گرفته و زمانی که شباهت داشته باشند مقدار صفر می‌گیرد. W_{pref}^{k} توان k ام وزن مربوط به اولویت موردبررسی، ثبت‌شده توسط مسافر i ام است لازم به ذکر است که وزن هر اولویت عددی در بازه $[۱۰، ۰]$ است که به توان k می‌رسد. n، برابر با تعداد اولویت‌های فرض شده در مدل است که در این تحقیق سه اولویت جنسیت، سن و سیگاری بودن به‌منظور بررسی شباهت میان مسافران در نظر گرفته‌شده است.

۳-۲-۱-۳- الگوریتم ژنتیک تک هدفه

ذات مسأله اشتراک سواری چند هدفه است اما به دلیل پیچیدگی‌های مربوط به جبهه‌های جواب و مفاهیم پرتو و غیره در این تحقیق از این روش استفاده نشد. ازاین‌رو در این مقاله از روش تک هدفه یا به عبارتی تجمیع چند تابع هدف در قالب یک رابطه خطی وزنی بهره گرفته شد.

- **مدل کردن فضای واقعی مسأله در قالب کروموزوم**

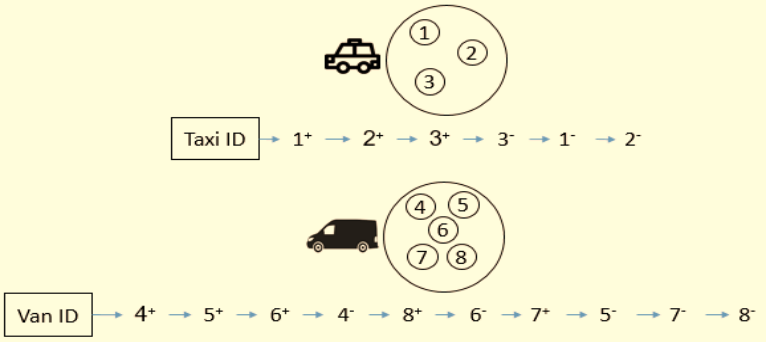
ابتدا جدولی از اطلاعات مربوط به درخواست سفر تهیه گردید؛ که شمایی از آن در جدول (۱) نمایش داده شد. هر درخواست سفر شامل موقعیت مبدأ و مقصد (شماره گره در شبکه راه)، زمان مورد انتظار مسافر برای شروع و پایان سفر، پنجره زمانی مورد تأیید کاربر (در این مدل برای هر کاربر پنجره زمانی ۱۰ دقیقه‌ای در نظر گرفته شد) و تعداد مسافران منتسب به یک درخواست است.

- **نحوه ساخت کروموزوم**

یک راهکار تشکیل کروموزوم که روشی مرسوم در ساخت کروموزوم در مسائل اشتراک سواری و به‌طورکلی در حوزه مسائل مسیریابی خودروها می‌باشد به این ترتیب است که کروموزوم را به‌صورت لیستی ترتیبی از موقعیت‌های مبدأ و مقصد درخواست‌ها نمایش می‌دهند [۸، ۹ و ۱۰].

اگر تعداد $N = \{1,2,...,n\}$ درخواست ثبت‌شده باشد و فرض شود که موقعیت مبدأ و مقصد هر یک از درخواست‌ها به ترتیب با i^+ و i^- نمایش داده شوند، نمونه‌ای از دسته‌بندی و مسیریابی درخواست‌ها مطابق شکل (۲) خواهد بود. کروموزوم پیاده‌سازی شده در مدل این مقاله نیز مبتنی بر همین روش است. ازاین‌رو می‌توان گفت مدل پیاده‌سازی شده در این مقاله مختص داده‌های استفاده‌شده در این مقاله نبوده و می‌تواند برای انواع مختلف مسائل موجود در حوزه مسیریابی وسایل نقلیه (*Vehicle Routing Problem*) با داده‌های مختلف مورد تست و ارزیابی قرار گیرد.

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2024-07-26]
[DOR: 20.1001.1.20089635.1400.9.3.2.3]
[DOI: 10.52547/jgit.9.3.59]



شکل ۲: مثالی از نمایش نحوه گروه‌بندی و ترتیب سوار و پیاده کردن درخواست‌ها در کروموزوم

- **جمعیت با اندازه پویا**

در این مقاله به‌جای ثابت در نظر گرفتن پارامتر اندازه جمعیت، این پارامتر به‌صورت پویا در نظر گرفته‌شده است که نقش اساسی در کاهش زمان و بار محاسباتی الگوریتم دارد. برای این منظور از الگوریتم *PRoFIGA* (*GA Population Resizing on Fitness Improvement*) استفاده‌شده است[۲۲]. در این روش مبنای تغییر اندازه جمعیت، تغییرات تابع بهینگی است. در رابطه(۲) چگونگی محاسبه نرخ رشد جمعیت آورده شده است.

$$X = IncereaseFactor \times (\max Eva\ln um - curEva\ln um) \times \frac{\max Fitnessnew - \max Fitnessold}{init \max Fitness} \quad \text{رابطه(۲)}$$

در رابطه(۲)، X، نرخ رشد جمعیت، *IncreaseFactor*، ضریب ثابت افزایش جمعیت، *maxEvalnum*، تعداد کل تکرار حلقه، *curEvalnum*، دور جاری تکرار حلقه، *maxFitnessnew*، بهترین مقدار تابع بهینگی نسل جاری، *maxFitnessold*، بهترین مقدار تابع بهینگی نسل قبل، *initmaxFitness*، بهترین مقدار تابع بهینگی در نسل اول است.

با توجه به این رابطه زمانی که میزان تابع بهینگی در حال بهبود باشد، جمعیت افزایش پیدا خواهد کرد. همچنین اگر بعد از تعداد تکرار مشخص، بهبودی در جواب الگوریتم حاصل نشد، مثلاً یک تا پنج درصد از جمعیت جاری به آن اضافه می‌شود. در غیر این دو حالت هر بار بخشی از جمعیت جاری مثلاً یک تا پنج درصد آن حذف می‌شود. ناگفته نماند که در این الگوریتم برای اندازه جمعیت بیشینه و کمینه مقدار در نظر گرفته‌شده است، به این معنا که اندازه جمعیت به ترتیب بیشتر و یا کمتر از دو مقدار تعیین‌شده نمی‌تواند باشد.

- **تابع هزینه تجمیع شده**

در این مسأله هدف رسیدن به جوابی است که ضمن کمینه کردن مسافت کل طی شده و زمان سپری‌شده برای مجموع سفرها بتواند تعداد وسایل نقلیه استفاده‌شده و نیز تعداد صندلی‌های خالی ون را کمینه کند. از طرفی با رعایت کردن قیود مطرح‌شده به جوابی قابل‌قبول برسد. به همین منظور تابع هدف تجمیع شده مطابق با رابطه (۳) تعریف گردید. در رابطه (۳) Cs، مقدار تابع هزینه جواب s، t، ضریب اهمیت تابع هدف زمان، d، ضریب اهمیت تابع هدف فاصله، v، ضریب اهمیت تابع هدف تعداد وسایل نقلیه، e، ضریب اهمیت تابع هدف تعداد صندلی‌های خالی ون و *penalty*، مقدار هزینه اضافی که برای حالت‌های نقض قیود مسأله به تابع هزینه اضافه می‌شود است.

مقدار *penalty* با توجه به رابطه (۴) به دست می‌آید.

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2024-07-26]
[DOR: 20.1001.1.20089635.1400.9.3.2.3]
[DOI: 10.52547/jgit.9.3.59]

$$c_s = t \times timeCost + d \times distanceCost + v \times n_vehiclesCost + e \times van_empty_seatCost + penalty$$ رابطه(۳)

$$penalty = total_unsimilarity + maxCost \times total_capacity_timeWindow_violation$$ رابطه(۴)

در رابطه (۴)، *total_unsimilarity*، برابر با مجموع کل نقض شدگی قید عدم شباهت میان مسافران به لحاظ اولویت‌های کاربران در یک کروموزوم، *maxCost*، مقدار جریمه ثابت و زیاد (در اجرای این تحقیق برابر با ۱۰۰۰ واحد در نظر گرفته‌شده است)، *total_capacity _timeWindow _violation*، تعداد دفعاتی که در محاسبه میزان تابع هزینه یک کروموزوم، قیود ظرفیت خودرو و پنجره زمانی مسافران نقض می‌شوند است.

- **عملگرهای الگوریتم ژنتیک استفاده‌شده در مدل**

در ادامه به بیان جزئیات هر یک از عملگرهای استفاده‌شده در الگوریتم ژنتیک پرداخته‌شده است. ابتدا از عملگر انتخاب رقابتی برای انتخاب والدهای برتر برای شرکت در مرحله ترکیب و جهش به‌منظور استفاده‌شده است. سپس در مرحله ترکیب از عملگر ترکیب تک نقطه‌ای[1] استفاده شد. فرزندان تولیدی با این روش ممکن است جوابی ممکن برای فضای مسأله نباشند. زیرا ممکن است حالتی ایجاد شود که در آن مسافری در یک وسیله نقلیه سوار شده باشد و با وسیله نقلیه دیگری در مقصد پیدا شود که با فرض‌های مسأله در تضاد است؛ و یا ممکن است پیاده شدن مسافر قبل از سوارشدن او واقع شود؛ و همچنین ممکن است حالتی ایجاد شود که در آن بعضی از وسایل نقلیه هیچ درخواستی را سرویس‌دهی نکنند؛ یعنی در کروموزوم یک وسیله نقلیه بدون مسافر باشد. ازاین‌رو از یکسری توابع اصلاح‌کننده استفاده شد تا بتوان مشکلات مطرح‌شده را برطرف نمود.

- **مرحله جهش**

عملگر جهش می‌تواند توانایی جست‌وجوی محلی الگوریتم ژنتیک و نیز ایجاد تنوع در نسل را ارتقا دهد که عاملی مهم در بیرون آمدن از بهینه‌های محلی و رسیدن به بهینه کلی خواهد بود [۲۳]. در مدل پیاده‌سازی شده این مقاله از عملگر جهش جایگذاری[2] و نیز دو عملگر ابتکاری ادغام وسایل نقلیه[3] و تغییر ون به تاکسی[4] استفاده‌شده است. نحوه اعمال این عملگرها بر روی کروموزوم ورودی به این نحو است که هر بار یکی از عملگرهای جایگذاری یا ادغام وسایل نقلیه به‌تصادف انتخاب و اعمال‌میشود و سپس روی خروجی حاصل، عملگر تغییر ون به تاکسی اعمال می‌شود. در ادامه نحوه کارکرد دو عملگر ابتکاری ذکر شده آورده شده است.

۱. عملگر ادغام وسایل نقلیه: هدف رفع مشکل مربوط به عملگر جایگذاری در ناقص و کم بودن تطبیق و دسته‌بندی بهینه و مناسب مسافران و درواقع بهینه کردن حالت اشتراک سواری از طریق استفاده حداکثری از ظرفیت خودروها و به‌تبع کاهش تعداد وسایل نقلیه مورداستفاده برای سرویس‌دهی به مسافران بود. ازجمله مشکلاتی که در بهینه کردن اشتراک سواری در تطبیق مسافران رخ می‌دهد، حالتی مانند کروموزوم زیر (حالت اول) است.

در این حالت مقدار تابع هزینه تجمیع شده برابر با ۱۰۶ واحد است. حالت مناسب برای ترکیب درخواست‌های موجود در این کروموزوم با توجه به جدول(۱) (زمانی

[1] *Single-point Crossover*

[2] *Insert*

[3] *Join vehicles*

[4] *Swap van to taxi*

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2024-07-26]
[DOR: 20.1001.1.20089635.1400.9.3.2.3]
[DOI: 10.52547/jgit.9.3.59]

که گروه‌بندی را تنها بر اساس دو معیار مکانی و زمانی انجام دهیم و اولویت‌های کاربران را در نظر نگیریم) به‌صورت کروموزوم زیر است که در این حالت مقدار تابع هزینه برابر با ۸۳ واحد می‌شود. در این حالت تعداد وسایل نقلیه کاهش می‌یابد (حالت دوم).

اما جهش‌های متعارف مانند جایگذاری در ترکیب دو وسیله نقلیه ۱ و ۳، موفق نمی‌شود و در حالتی تنها می‌تواند مثلاً یکی از مسافران وسیله نقلیه ۳ را به‌وسیله نقلیه ۱ انتقال دهد، مانند کروموزوم زیر که میزان تابع هزینه تجمیع شده برای این حالت برابر با ۱۳۰ واحد می‌شود. دلیل افزایش مقدار تابع هزینه در این کروموزوم این است که زمان سرویس‌دهی به ۳ مسافر بیشتر می‌شود و از طرفی تعداد وسایل نقلیه نیز کاهش پیدا نکرده است (حالت سوم).

حالت اول *[vehicle1, ۱, ۲, -۱, -۲, vehicle2, ۵, ۶, -۵, -۶, vehicle3, ۳, ۴, -۳, -۴]*

حالت دوم *[vehicle1, ۱, ۲,۳ , ۴, -۱, -۲, -۳, -۴, vehicle2, ۵, ۶, -۵, -۶]*

حالت سوم *[vehicle1, ۱, ۲, ۳, -۱, -۲, -۳, vehicle2, ۵, ۶, -۵, -۶, vehicle3, ۴, -۴]*

عملگر ادغام وسایل نقلیه به این صورت است که در کروموزوم ورودی نمایه مربوط به دو وسیله نقلیه به‌صورت تصادفی انتخاب‌شده و هدف این است که وسیله نقلیه دوم حذف‌شده و درخواست‌های منتسب به آن با وسیله نقلیه اول در کنار درخواست‌های مربوط به این وسیله و با رعایت قید ظرفیت خودرو سرویس‌دهی شوند. بااین‌حال به‌منظور ایجاد تغییرات اندک در کروموزوم، به‌ویژه در نسل‌های آخر الگوریتم که تنوع کم می‌شود، عملگر جایگذاری می‌تواند نقش اساسی را در ایجاد تغییرات جزئی و پیشبرد الگوریتم به سمت جواب بهینه کلی داشته باشد.

۲. عملگر تغییر ون به تاکسی: درروند کار حالاتی ایجاد می‌گردید که در آن‌ها ون برای کمتر از نصف ظرفیت خود جهت سرویس‌دهی به مسافران استفاده می‌شد. با این عملگر ابتدا شناسه وسایل نقلیه ون موجود در کروموزوم ورودی به ترتیب با تاکسی‌هایی تصادفی که در کروموزوم به کار نرفته‌اند جایگزین شده و سپس میزان هزینه‌ای که این حالت برای کروموزوم ایجاد می‌کند را محاسبه کرده و اگر بهبودی حاصل شود، تاکسی جایگزین ون می‌شود.

- **الگوریتم‌های جست‌وجوی محلی**

مسأله دیگری که بعد از اعمال عملگر جایگذاری یا ادغام وسایل نقلیه مطرح است، چگونگی نوبت‌دهی برای سوار و پیاده شدن مسافران است تا به نحوی بهینه به درخواست‌هایی که در قسمت‌های تغییریافته کروموزوم قرارگرفته‌اند پاسخ داده شود. ازاین‌رو از دو الگوریتم جست‌وجوی محلی ابتکاری مبتنی بر اولویت زمانی سوار و پیاده شدن مسافران و الگوریتم جست‌وجوی محلی مرسوم و قدرتمند ژنتیک به‌منظور افزایش کیفیت جواب تولیدی استفاده‌شده است.

به‌طورکلی نحوه کارکرد الگوریتم مبتنی بر اولویت زمانی سوار و پیاده شدن مسافران است، به این شکل است که ابتدا مسافری که زمان مورد انتظارش برای سوارشدن به‌وسیله نقلیه از سایر مسافران آن مجموعه زودتر است، سوار وسیله نقلیه می‌شود سپس زمان مورد انتظار این مسافر برای پیاده شدن در مقصدش بازمان مورد انتظار باقی مسافران برای سوارشدن به‌وسیله نقلیه مقایسه شده، اگر اولویت بیشتری داشت، ابتدا وسیله نقلیه آن مسافر را در مقصدش پیاده کرده و بعد به مبدأ مسافر بعدی که زمان مورد انتظارش از باقی مسافران اولویت بیشتری دارد رفته و آن را سوار می‌کند. این روال برای تمامی مسافران تکرار می‌شود. نکته مهم اینکه در حالتی که اولویت یک مسافر برای سوارشدن از اولویت مسافران سوار بر تاکسی به جهت پیاده شدن از تاکسی در مقصدشان بیشتر باشد اما خودرو صندلی خالی برای سوار کردن مسافر جدید

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2024-07-26]
[DOR: 20.1001.1.20089635.1400.9.3.2.3]
[DOI: 10.52547/jgit.9.3.59]

نداشته باشد، ابتدا یکی از مسافران سوار بر تاکسی که اولویت بالاتری در پیاده شدن دارد، در مقصدش پیاده شده و بعد مسافر جدید یادشده در مبدأش سوار بر تاکسی خواهد شد. به‌این‌ترتیب می‌توان مطمئن بود که قید ظرفیت خودرو همواره رعایت خواهد شد. در این الگوریتم دو حالت استفاده از تاکسی و ون برای سرویس‌دهی به مسافران مربوط استفاده‌شده و حالتی که میزان هزینه کمتری را ایجاد کنند، استفاده می‌شود.

الگوریتم دوم الگوریتم جست‌وجوی محلی مبتنی بر الگوریتم ژنتیک است. در این حالت یک الگوریتم ژنتیک با جمعیت کم و سیر تکاملی کوتاه باهدف بهبود دادن جواب‌های تولیدی از الگوریتم بیرونی (در این مدل الگوریتم بیرونی نیز الگوریتم ژنتیک است) استفاده می‌شود. از این الگوریتم تنها زمانی که کروموزوم ورودی به یکی از دو عملگر جهش جایگذاری و یا ادغام وسایل نقلیه، بهترین کروموزوم مرحله قبل (مرحله ترکیب) باشد، استفاده می‌شود. نحوه کارکرد این الگوریتم به این صورت است که همان قسمتی (هایی) از کروموزوم ورودی که در عملگرهای جهش نام‌برده دچار تغییر شده را به‌عنوان کروموزوم ورودی برای جمعیت خود انتخاب می‌کند. همچنین با اعمال الگوریتم جست‌وجوی محلی مبتنی بر اولویت زمانی بر روی این قسمت، یک کروموزوم دیگر برای جمعیت خود تولید می‌کند. درنهایت از این کروموزوم دوم تعدادی نمونه با چینشی تصادفی به‌نحوی‌که جوابی ممکن باشند (خطایی نداشته باشند) را ایجاد کرده و جمعیت اولیه خود را تشکیل می‌دهد. حال این الگوریتم اجراشده و درنهایت بهترین کروموزوم تولیدی را به‌عنوان خروجی به الگوریتم بیرونی پیشنهاد می‌دهد. درواقع خروجی (های) حاصل جایگزین همان قسمت (های) تغییریافته در کروموزوم ورودی می‌شوند. از آنجایی که الگوریتم ژنتیک محلی، به دلیل پیچیدگی‌های محاسباتی آن میزان بار محاسباتی بالاتری نسبت به الگوریتم مبتنی بر اولویت زمانی درخواست‌ها دارد، بنابراین تصمیم شد تا تابع ژنتیک محلی تنها بر روی بهترین کروموزوم ورودی به مرحله جهش اعمال گردیده و سایر کروموزوم‌ها تحت الگوریتم جست‌وجوی محلی مبتنی بر اولویت زمانی درخواست‌ها قرار بگیرند.

۳-۲-۲- بررسی رضایت‌مندی مسافران شرکت‌کننده در اشتراک سواری به لحاظ مالی و زمانی

در این بخش به توضیحات مربوط به قسمت سوم الگوریتم یاد شده در شکل (۱) پرداخته شده است. در مقاله[۵]، انگیزه مالی و زمانی به‌عنوان دو عامل کلیدی در بحث علاقه‌مندی کاربران به اشتراک سواری نام‌برده شد. برای بررسی رضایت‌مندی مالی مسافران، مدل قیمت‌دهی بر اساس مدل مقاله ژانگ و همکاران پیاده‌سازی شده است[۲۴]. بر این اساس دو نوع مسافر داریم، مسافر A که تغییری در مسافت سفرش نسبت به حالتی که بخواهد تکی سفر کند ایجاد نمی‌شود و مسافر B که مسافت سفرش در حالت سفر اشتراکی افزایش‌یافته است. هر دو این مسافران می‌بایست مبلغ کمتری را نسبت به سفر دربستی بپردازند. از طرفی به مسافر B که متحمل مسافت و معطلی بیشتر شده نیز میزان تخفیف بیشتری نسبت به مسافر A، به‌منظور برقراری عدالت میان مسافران تعلق بگیرد. به‌این‌ترتیب می‌توان مطمئن بود که رضایت مالی مسافران تأمین می‌گردد. برای هر دسته از مسافران نرخ کرایه بر اساس روابط (۵) و (۶) محاسبه می‌شود.

$$RegulareFare(X) = TravelDistance \times UnitPrice + InitialFare \quad \text{رابطه(۵)}$$

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2024-07-26]
[DOR: 20.1001.1.20089635.1400.9.3.2.3]
[DOI: 10.52547/jgit.9.3.59]

رابطه(۶)

$$price(X) = \begin{cases} \alpha \times \left(\frac{L_X - L_s}{L_X}\right) \times RegulareFare(X) + \left(\frac{L_s}{L_X}\right) \times RegulareFare(X), & \text{if } ride\text{-}sharingDis(X) = alone\text{-}ridingDis(X) \\ \beta \times RegulareFare(X), & \text{if } ride\text{-}sharingDis(X) > alone\text{-}ridingDis(X) \end{cases}$$

در روابط (۵) و (۶) به ترتیب *RegulareFare(x)*، برابر با نرخ کرایه‌ای است که مسافر X باید در سفر تکی بپردازد، *TravelDistance*، مسافت کل پیموده شده در سفر تکی، *UnitPrice*، قیمت واحد به ازای هر کیلومتر (تاکسی با نرخ ۱۰۰۰ و ون با نرخ ۸۰۰ تومان)، *InitialFare*، مقدار کرایه اولیه در آغاز سفر (تاکسی با نرخ ۴۰۰۰ و ون با نرخ ۲۰۰۰ تومان)، *Price(X)*، کرایه مسافری مانند X است که در سفر اشتراکی شرکت کرده است و به دو صورت انجام می‌شود. نخست حالتی که مسافت سفر مسافر X در حالت سفر اشتراکی برابر با سفر دربستی باشد که از قسمت اول رابطه (۶) استفاده می‌شود و در غیر این صورت از قسمت دوم رابطه (۶) استفاده می‌شود، L_x فاصله سفر X از X_1 (مبدأ مسافر X) به X_2 (مقصد مسافر X)، L_s، فاصله سفر از X_1 به Y_1(مبدأ مسافر Y) و $\alpha = ۰/۹$ و $\beta = ۰/۸$ ضرایب کاهنده کرایه در حالت اشتراک سواری هستند و به‌منظور کاهش هزینه سفر مسافران در حالت اشتراک سواری نسبت به سفر تکی اعمال می‌شوند که در اجرای تست مدل برابر با این مقادیر در نظر گرفته شدند. دلیل اینکه مقدار β کمتر از مقدار α انتخاب‌شده این است که آن دسته از مسافرانی که در سفر اشتراکی نسبت به سایر مسافران هم‌سفر خود، متحمل فاصله سفر و به‌تبع زمان سفر بیشتر شده‌اند هزینه کمتری بپردازند.

به‌منظور بررسی رضایت‌مندی مسافران به لحاظ زمان سفر، از مدل رضایت‌مندی زمانی مطرح‌شده در [۷]، استفاده‌شده است. در این مدل یک حد آستانه رضایت‌مندی (در این مقاله مقدار $\lambda = ۰/۶$ در نظر گرفته‌شده است.) در نظر گرفته می‌شود، سپس با توجه به رابطه (۷) میزان رضایت‌مندی هر مسافر محاسبه و سپس با حد آستانه مقایسه می‌شود اگر بیشتر و یا برابر با میزان حد آستانه گفته‌شده باشد، رضایت‌مندی مسافر به لحاظ زمانی برآورد شده است.

رابطه(۷)

$$S_m = \begin{cases} 1 & \text{if } t_m \le T_m(1+a) \\ 1 - \frac{t_m - T_m(1+a)}{t_m} & \text{if } t_m > T_m(1+a) \end{cases}$$

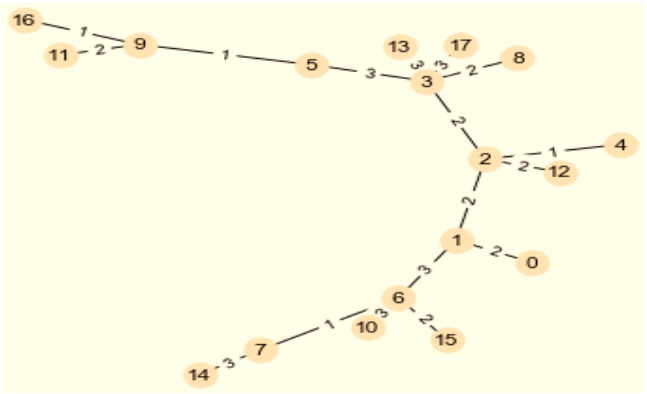
در رابطه (۷) S_m، برابر با میزان رضایت‌مندی مسافر m از زمان سفرش در حالت اشتراک سواری که مقداری بین صفر و یک دارد، t_m، زمان سفر مسافر m در حالت اشتراک سواری، T_m، زمان سفر مسافر m در حالت سفر تکی و a، میزان تحمل مسافر m در ازای افزایش زمان سفر و عددی بین صفر و یک است (در اجرای تست مدل میزان تحمل‌پذیری مسافران برابر با $a = ۰/۵$ در نظر گرفته شد).

۳-۲-۳- محاسبه میزان تغییر علاقه کاربران حاضر در شبکه اجتماعی، در به اشتراک‌گذاری سفر

در این بخش به بیان توضیحات مربوط به قسمت چهارم الگوریتم یاد شده در شکل (۱) پرداخته شده است. در این مدل یک شبکه اجتماعی فرضی در نظر گرفته‌شده است که در آن کاربران با یکدیگر در ارتباط بوده و تجربیات سفر خود را به اشتراک می‌گذارند. در توجیه در نظر گرفتن چنین شبکه اجتماعی باید مفهوم تأثیرگذاری اجتماعی را بیان نمود. در یک شبکه اجتماعی تغییرات در رفتار و تصمیمات یک کاربر تأثیر گرفته از دیگر کاربران شبکه که با او در ارتباط هستند،

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2024-07-26]
[DOR: 20.1001.1.20089635.1400.9.3.2.3]
[DOI: 10.52547/jgit.9.3.59]

است[۲۱]. در شکل (۳)، گراف ارتباطی میان کاربران در این شبکه اجتماعی آورده شده است. شماره هر گره معرف یک کاربر و یال بین دو کاربر نشان‌دهنده ارتباط میان آن دو در شبکه اجتماعی است. از طرفی به هر یال وزنی با مقادیر ۱، ۲ و ۳ نسبت داده‌شده که نشان‌دهنده میزان قدرت ارتباطی بین دو کاربر است.



شکل ۳: گراف ارتباط میان کاربران موجود در شبکه اجتماعی فرضی اشتراک سواری

صالحی و همکاران در تحقیقی بیان کردند که کاربران میل و گرایش زیادی به استفاده از نظرات و تجربه‌های افرادی که در شبکه‌های اجتماعی با آن‌ها در ارتباط هستند و آن‌ها را می‌شناسند دارند به‌نحوی‌که به نظر این افراد نسبت به سامانه‌های توصیه گر بیشتر اهمیت می‌دهند[۲۵]. در این راستا مفهومی تحت عنوان تأثیرگذاری اجتماعی مطرح است که بیان می‌کند در یک شبکه اجتماعی تغییرات در رفتار و تصمیمات یک کاربر تأثیر گرفته از دیگر کاربران شبکه که با او در ارتباط هستند، است [۲۱].

میزان قدرت تأثیرگذاری کاربران روی یکدیگر در شبکه‌های اجتماعی به فاکتورهای مختلفی ازجمله میزان قدرت ارتباطی بین اعضای شبکه با یکدیگر، بستگی دارد. در این راستا ارتباط میان هر دو کاربر در شبکه اجتماعی فرضی را به سه دسته، فامیل درجه‌یک با وزن ۳، دوست با وزن ۲ و دوستِ دوست با وزن ۱ تقسیم‌بندی نموده‌ایم. به کمک آنالیزهای شبکه‌های اجتماعی می‌توان میزان ارتباطات افراد و اهمیت آن‌ها را مشخص کرد. در این خصوص آنالیزهای مختلفی وجود دارد. از میان این آنالیزها، آنالیز بردار ویژه[۱]، به جهت تعیین عضوهای کلیدی و برجسته در گراف ارتباطی افراد، مؤثرتر عمل می‌کند. در این معیار مقدار منتسب به هر گره بر اساس تعداد ارتباطات آن گره با دیگر گره‌ها (گره‌های همسایه) و در نظر گرفتن میزان ارتباطات گره‌های همسایه، طبق رابطه (۸) به دست می‌آید. با توجه به این معیار گره‌هایی با مقدار بردار ویژه بالاتر از اهمیت بیشتری در شبکه برخوردار هستند و برعکس.

رابطه(۸)

$$x(i) = \frac{1}{\lambda}\sum_{j=1}^{N} A_{ij}\, x(j)$$

در رابطه (۸)، $x(i)$، مقدار بردار ویژه مربوط به کاربر i ام Aij، ماتریس مجاورت گراف، $x(j)$، مقدار بردار ویژه مربوط به کاربر j ام، N، تعداد کاربران موجود در گراف ارتباط و λ، یک مقدار ثابت است.

حال با تعیین میزان تأثیرگذاری هر کاربر در شبکه و وزن ارتباطی بین هر دو کاربر، می‌بایست میزان تأثیرگذاری هر کاربر شرکت‌کننده در اشتراک سواری

[۱] *Eigen vector*

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2024-07-26]
[DOR: 20.1001.1.20089635.1400.9.3.2.3]
[DOI: 10.52547/jgit.9.3.59]

روی افرادی که در اشتراک سواری شرکت نکرده و با این فرد در ارتباط هستند را مدل کرد. بازخورد منتشر شده توسط هر مسافر در پایان سفرش زمانی که رضایت وی به لحاظ مالی و زمانی از سفر اشتراکی جلب شده باشد، اثری مثبت و در غیر این صورت اثری منفی در تغییر علاقه وی و افرادی که در شبکه اجتماعی با او در ارتباط هستند، خواهد گذاشت. در این مدل فرض شده تغییر میزان علاقه کاربر شرکت‌کننده در سفر اشتراکی برابر با ۰/۱ $\pm$ است و میزان تأثیر نظر وی روی افرادی که با او در ارتباط هستند و در اشتراک سواری شرکت نکرده‌اند با توجه به رابطه (۹) به دست می‌آید.

رابطه(۹)

$$InterestValue(i)= w_{ij} \times x(j) \times feedback(j)$$

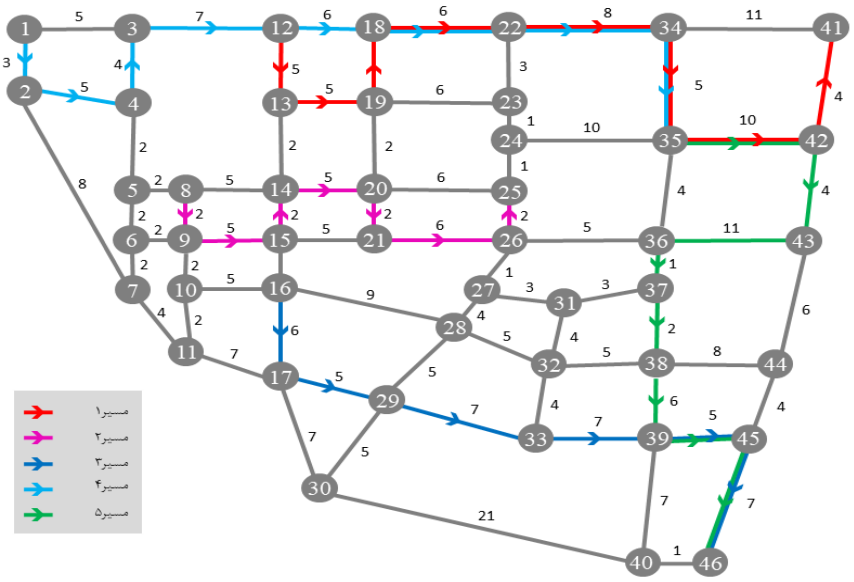
در رابطه (۹)، *InterestValue(i)*، میزان علاقه کاربر i ام بوده که در اشتراک سواری شرکت نکرده، وزن ارتباط بین دو کاربر i ام و j ام، *x(j)*، میزان تأثیرگذاری کاربر j ام (کاربر شرکت کرده در اشتراک سواری و دارای ارتباط با کاربر i ام) و *feedback(j)*، تغییر میزان علاقه کاربر j ام پس از شرکت در اشتراک سواری که مقداری برابر با ۰/۱ $\pm$ دارد؛ است.

به‌این‌ترتیب می‌توان میزان تغییر در علاقه کاربران به اشتراک‌گذاری سفر را محاسبه نمود. در ادامه و در بخش ۴ به بیان ارزیابی نتایج حاصل از مدل پرداخته‌شده است.

۴- ارزیابی نتایج حاصل از مدل

داده‌های شبیه‌سازی‌شده مسأله به این صورت است که تعداد ۱۸ درخواست با مجموعاً ۲۶ مسافر که مطابق با جدول (۲) اطلاعات سفر خود را ثبت نموده‌اند در نظر گرفته‌شده‌اند و می‌خواهند در شبکه راه فرضی مطابق شکل (۴) که شامل ۴۶ گره و ۷۵ یال است، جابه‌جا شوند. گراف شکل (۴) از گراف استفاده‌شده در مقاله [۱۱] الگو گرفته است. فاصله بین گره‌های همسایه در این شبکه به‌صورت تصادفی و برحسب کیلومتر به‌نحوی‌که توپولوژی شبکه به هم نخورد انتخاب‌شده‌اند. در این شکل مسیر سفر هر دسته از مسافران نیز مشخص‌شده است (زمانی که دسته‌بندی مسافران بر اساس شباهت مکانی و زمانی سفر باشد). مسیر ۱ مربوط به مجموعه درخواست‌های ۱ تا ۴، مسیر ۲ مربوط به درخواست‌های ۵ تا ۸، مسیر ۳ مربوط به درخواست‌های ۹ و ۱۰، مسیر ۴ مربوط به درخواست‌های ۱۱ تا ۱۴ و مسیر ۵ مربوط به درخواست‌های ۱۵ تا ۱۸ است. مدل این مقاله با زبان برنامه‌نویسی پایتون و با بهره‌گیری از پردازش موازی نوشته‌شده است. همانند بسیاری دیگر از تحقیق ها که در این حوزه صورت گرفته است، مقادیر تنظیم شده برای بیشتر پارامترهای موجود در جدول (۳) نیز بر اساس تحقیقات پیشین انتخاب شده‌اند. اما مقادیر پارامترهای مورد استفاده در روش‌های ابتکاری جهش ارائه شده در این مقاله با روش سعی و خطا تنظیم شده‌اند.

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2024-07-26]
[DOR: 20.1001.1.20089635.1400.9.3.2.3]
[DOI: 10.52547/jgit.9.3.59]



شکل ۴: شبکه راه شامل ۴۶ گره و ۷۵ یال

جدول ۳: مجموعه پارامترهای استفاده‌شده در الگوریتم

پارامتر	مقدار پارامتر
تعداد اجرای مدل	۳۰
بیشینه نسل برای الگوریتم ژنتیک در هر دور اجرای مدل	۲۵۰
اندازه جمعیت اولیه	۱۵
کمترین اندازه جمعیت	۱۵
بیشینه اندازه جمعیت	۱۰۰
احتمال رخداد ترکیب	۱
احتمال رخداد جهش ادغام وسایل نقلیه	۰/۶
احتمال رخداد جهش جایگذاری	۰/۴
احتمال رخداد جهش تغییر ون به تاکسی	۱
ضریب اهمیت تابع هدف زمان	۲
ضریب اهمیت تابع هدف فاصله	۱
ضریب اهمیت تابع هدف تعداد وسایل نقلیه	۰/۵
ضریب اهمیت تابع هدف تعداد صندلی‌های خالی ون	۰/۵
سرعت متوسط وسیله نقلیه	۴۰ *km/h*
بیشینه میزان جریمه	۱۰۰۰

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2024-07-26]
[DOR: 20.1001.1.20089635.1400.9.3.2.3]
[DOI: 10.52547/jgit.9.3.59]

در این بخش بعد از تکمیل لیست مسافران منتخب یعنی بررسی شانس حضور یا عدم حضور هر مسافری که در سیستم رزرو درخواست سفر ثبت کرده، این لیست به‌عنوان ورودی به الگوریتم ژنتیک وارد می‌شود و الگوریتم ژنتیک برنامه‌ریزی سفر شامل گروه‌بندی و نحوه سوار و پیاده شدن را برای این مسافران منتخب انجام می‌دهد. در این اجرا از الگوریتم ژنتیک قید عدم شباهت در نظر گرفته شد تا گروه‌بندی مسافران با یکدیگر علاوه بر شباهت مکانی و زمانی بر مبنای شباهت در اولویت‌های اجتماعی (جنسیت، سن و وضعیت سیگاری بودن) انجام گردد. به‌منظور بررسی توانایی و صحت کارکرد الگوریتم طراحی‌شده در این مقاله داده‌های موجود یعنی اطلاعات سفر مسافران و نیز لیست اولویت‌های آن‌ها شبیه‌سازی‌شده‌اند و به نحوی تنظیم گردیده‌اند که بتوان گروه‌بندی مناسب و نوبت سوار و پیاده شدن هر مسافر در گروهش را از پیش دانست. به‌این‌ترتیب با رسیدن الگوریتم به جوابی که مورد انتظار است می‌توان از کارکرد صحیح الگوریتم و رسیدن آن به جواب بهینه اطمینان پیدا کرد. جواب مورد انتظار مسأله با توجه به داده‌های شبیه‌سازی‌شده زمانی که تمامی مسافران در لیست منتخب گفته‌شده قرار بگیرند به‌صورت کروموزوم زیر است.

[۱۸۰, ۱, ۲, ۳, ۴, -۱, -۲, -۳, -۴, ۱۸۱, ۵, ۶, ۷, ۸, -۵, -۶, -۷, -۸, ۱۸۲, ۹, ۱۰, -۹, -۱۰, ۱۸۳, ۱۱, ۱۲, -۱۱, -۱۲, ۱۸۴, ۱۳, ۱۴, -۱۳, -۱۴, ۳۶۱, ۱۵, ۱۶, ۱۷, ۱۸, -۱۵, -۱۶, -۱۷, -۱۸]

به‌منظور بررسی نحوه تأثیرگذاری مسافران شرکت‌کننده در اشتراک سواری، روی افراد دیگری که در شبکه اجتماعی فرضی گفته‌شده با آن‌ها در ارتباط هستند و از این سرویس استفاده نکرده‌اند، مکانیسمی پیاده شد تا با توجه به خروجی نهایی حاصل از الگوریتم ژنتیک، ابتدا رضایت‌مندی مسافران شرکت‌کننده در اشتراک سواری به لحاظ مالی و زمانی بررسی‌شده و سپس بر اساس رضایت یا عدم رضایت از سفر خود، بازخوردی را در این مورد با افراد دیگر در شبکه اجتماعی منتشر می‌کنند و بر اساس مطالب گفته‌شده در بخش ۳-۲-۳، میزان تغییر علاقه کاربران موجود در اشتراک سواری محاسبه و بررسی شد.

ازاین‌رو الگوریتم طراحی‌شده با ۳۰ دور تکرار و در هر دور تکرار با تولید ۲۵۰ نسل در الگوریتم ژنتیک، اجرا شد که خروجی نهایی زیر با نتایج جدول (۴) حاصل شد. هر دور تکرار از مدل به معنای تکرار درخواست سفر هر یک از مسافران در روزهای مختلف است. ازاین‌رو ۳۰ دور تکرار مدل به معنای درخواست مجدد سفر توسط هر یک از کاربران در سامانه و سرویس‌دهی به درخواست آن‌ها در طی ۳۰ روز متوالی یا به عبارتی یک دوره یک ماهه است.

کروموزوم زیر نشان‌دهنده برنامه‌ریزی سفر برای مسافران بر مبنای اولویت‌های اجتماعی آن‌ها در این اجرا از الگوریتم است.

[۱۸۰, ۱, ۲, ۳, ۴, -۱, -۲, -۳, -۴, ۱۸۱, ۵, ۶, ۷, ۸, -۵, -۶, -۷, -۸, ۱۸۲, ۹, ۱۰, -۹, -۱۰, ۱۸۳, ۱۳, -۱۳, ۳۶۱, ۱۵, ۱۶, ۱۷, ۱۸, -۱۵, -۱۶, -۱۷, -۱۸]

با توجه به مقادیر موجود در جدول (۴) ملاحظه می‌شود باگذشت زمان و کسب تجربه از حضور در اشتراک سواری یا از تجربه افراد دیگری که با آن‌ها در شبکه اجتماعی در ارتباط هستند و از این سرویس استفاده کرده‌اند، علاقه کاربران در استفاده از سرویس اشتراک سواری افزایش پیداکرده است. دلیل این امر فراهم شدن زمینه اعتمادپذیری، راحتی و برآورد انگیزه‌های مالی و زمانی که قبل‌تر به آن‌ها اشاره شد،

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2024-07-26]
[DOR: 20.1001.1.20089635.1400.9.3.2.3]
[DOI: 10.52547/jgit.9.3.59]

است. از طرفی می‌توان به نقش مؤثر شبکه‌های اجتماعی در نشر و تبلیغ استفاده یا عدم استفاده از یک سیستم پی برد. در خصوص بحث اعتمادپذیری و راحتی باید گفت ازآنجایی‌که این دو مورد با توجه به رعایت و یا عدم رعایت اولویت‌های اجتماعی مطرح‌شده تأمین و یا نقض می‌شوند و همچنین برقراری اولویت‌های اجتماعی مسافران به‌صورت قید در الگوریتم ژنتیک اعمال‌شده و الگوریتم موظف به رعایت این قید جهت تولید جوابی قابل‌قبول است، با مقایسه خروجی حاصل از این اجرا با خروجی مورد انتظار گفته‌شده می‌توان به رعایت شدن این قید و به سبب آن تأمین اعتمادپذیری و راحتی برای مسافران پی برد. در مورد مسافران ۱۱ و ۱۲ و اینکه چرا میزان علاقه نهایی آن‌ها به یک نرسیده باید گفت، در خصوص این دسته مسافران که افراد مشابه آن‌ها به لحاظ شباهت مکانی، زمانی و اولویت‌های اجتماعی کم هست (در این لیست رزرو مسافر ۱۱ و ۱۲ تنها با یکدیگر شباهت دارند)، شانس این افراد برای اینکه در اشتراک سواری شرکت کرده و هم‌سفر پیدا کنند پایین می‌آید، از طرفی احتمال اینکه در یک اجرا نیز این افراد باهم در لیست مسافران منتخب برای شرکت در اشتراک سواری انتخاب شوند نیز پایین بوده که این موارد دلیلی بر تغییرات اندک در علاقه این دسته از مسافران برای شرکت در اشتراک سواری خواهد بود؛ بنابراین برعکس این موضوع نیز صادق است، زمانی که تعداد افراد مشابه با یک کاربر در لیست رزرو بیشتر باشد، شانس آن کاربر هم برای پیدا کردن هم‌سفر نیز بالا می‌رود و به‌صورت اشتراکی سفر خواهد کرد که با جلب رضایتش، میزان علاقه او نیز در دفعات بعد افزایش خواهد یافت. افزایش میزان علاقه به معنای افزایش شانس جهت حضور در لیست مسافران منتخب اشتراک سواری خواهد بود و به‌این‌ترتیب دلیل بالا بودن تعداد دفعات شرکت در اشتراک سواری بعضی از کاربران در جدول (۴) توجیه می‌شود. با توجه به ستون چهارم که بیانگر آستانه تحمل (تفاضل مقدار وزن مهم‌ترین اولویت کاربر با بیشینه مقدار وزن اولویت (عدد ۱۰)) مسافر در مورد اولویت با بالاترین وزن انتخابی‌اش است، مسافران ۷ و ۸ و ۹ آستانه تحملشان صفر بوده اما بااین‌حال سیستم توانسته برای آن‌ها هم‌سفر پیدا کند، این در حالی است که مسافران ۱۳ و ۱۴ با توجه به داشتن آستانه تحمل بیشتر نسبت به مسافران ۷ و ۸ و ۹، سیستم نتوانست این دو مسافر را باهم و یا با دیگر مسافران گروه‌بندی کند. دلیل این امر عدم وجود شباهت به لحاظ مکانی و زمانی و اولویت‌های اجتماعی مسافران ۱۳ و ۱۴ با یکدیگر و دیگر مسافران است. یک سیستم اشتراک سواری زمانی موفق عمل خواهد کرد که حالتی برد-برد را برای کاربران خود یعنی مسافران و رانندگان فراهم آورد. یکی از عوامل مهم در ایجاد چنین شرایطی توجه به میزان درآمد رانندگان و هزینه پرداختی مسافران است. مسافر در حالت سفر دربستی طبق رابطه (۵) (نرخ معمول کرایه سفر[1]) هزینه‌ای را بر اساس مسافت سفرش پرداخت می‌کند که در صورت استفاده از سرویس اشتراک سواری طبق رابطه(۶) مسافر میزان تخفیفی را دریافت کرده و به‌موجب آن کرایه کمتری را نسبت به سفر دربستی پرداخت خواهد کرد و به‌این‌ترتیب مسافر به لحاظ مالی به استفاده از سیستم اشتراک سواری ترغیب خواهد شد. در نمودار شکل (۵-الف) برای هر مسافر که به‌صورت اشتراکی سفرکرده است مقایسه‌ای بین هزینه پرداختی وی در این حالت باحالتی که دربستی سفر کند آورده شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود مسافران در حالت اشتراک سواری هزینه به‌مراتب کمتر نسبت به سفر تکی پرداخت کرده‌اند. با توجه به میانگین گرفته‌شده از اختلاف هزینه پرداختی سفر در دو حالت اشتراکی و دربستی برای هر یک از مسافران، این نتیجه حاصل شد که هر یک از آن‌ها به‌طور متوسط ۵۸۰۰ تومان با شرکت در اشتراک سواری صرفه‌جویی کرده‌اند. این بدان معنی است که به‌طور متوسط ۲۶ درصد در هزینه سفر برای هر مسافر صرفه‌جویی شده است.

1.Regulare Fare

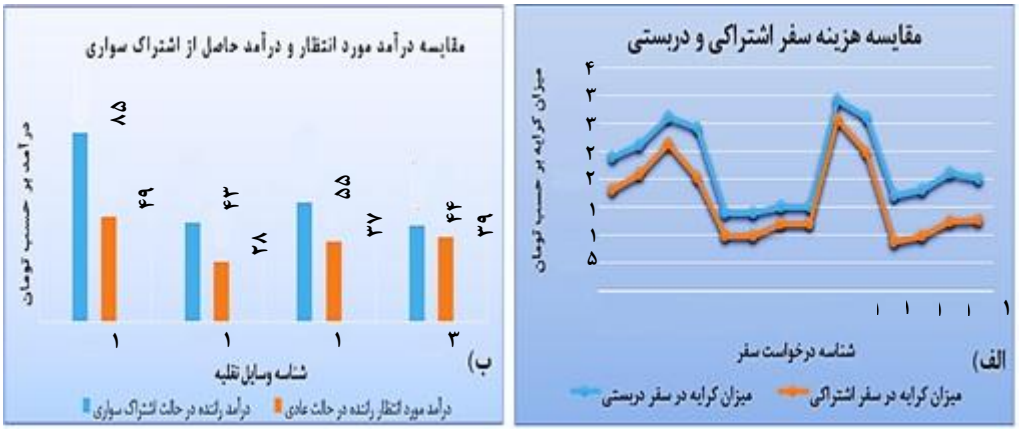
[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2024-07-26]
[DOR: 20.1001.1.20089635.1400.9.3.2.3]
[DOI: 10.52547/jgit.9.3.59]

جدول ۴: بررسی تأثیرگذاری کاربران در میزان علاقه یکدیگر در اشتراک سواری

شناسه کاربر	علاقه اولیه در اشتراک سواری	علاقه نهایی در اشتراک سواری	آستانه تحمل	دفعات شرکت در اشتراک سواری	دفعاتی که در اشتراک سواری هم‌گروه نداشته است
۱	۰٫۳۵۸	۱	۲	۲۶	۱
۲	۰٫۴۸۱	۱	۱	۲۵	۰
۳	۰٫۶۰۸	۱	۲	۲۶	۰
۴	۰٫۵۸۲	۱	۲	۲۸	۰
۵	۰٫۵۹۲	۱	۱	۲۷	۱
۶	۰٫۴۷۳	۱	۲	۲۸	۰
۷	۰٫۶۲۰	۱	۰	۲۶	۰
۸	۰٫۵۱۳	۱	۰	۲۸	۱
۹	۰٫۳۳۲	۱	۰	۲۱	۵
۱۰	۰٫۴۸۲	۱	۲	۲۰	۰
۱۱	۰٫۳۱۹	۰٫۴۷۴	۴	۶	۱
۱۲	۰٫۶۷۳	۰٫۷۱۰	۴	۱۰	۸
۱۳	۰٫۶۷۸	۰٫۴۹۱	۱	۱۶	۹
۱۴	۰٫۴۳۴	۰٫۲۲۱	۲	۸	۷
۱۵	۰٫۴۲۳	۱	۰	۲۶	۰
۱۶	۰٫۶۰۷	۱	۲	۲۹	۰
۱۷	۰٫۳۸۱	۱	۱	۲۶	۰
۱۸	۰٫۳۷۱	۱	۳	۲۹	۰

در مدل پیاده‌سازی شده این پژوهش مطابق با مقاله قدیر و همکاران، درآمد راننده برابر با مجموع کرایه‌های دریافتی از مسافران منتسب به وی در حالت اشتراک سواری در نظر گرفته‌شده است. همچنین طبق تعریف ارائه‌شده در تحقیق ایشان نیز مفهومی با عنوان میزان دریافتی مورد انتظار برای راننده است که مطابق با رابطه (۵) (نرخ معمول کرایه سفر) محاسبه می‌شود[۲۶]. برای این منظور در رابطه یادشده پارامتر مسافت سفر برابر با مسافت کل پیموده شده جهت سرویس‌دهی به‌تمامی مسافران منتسب به آن راننده در حالت اشتراک سواری در نظر گرفته می‌شود. تفاوت بین این دو مقدار میزان سود یا زیان راننده را در حالت استفاده از سیستم اشتراک سواری بیان می‌کند. در نمودار ارائه‌شده در شکل (۵-ب) مقایسه‌ای بین میزان دریافتی رانندگان در حالت استفاده از سیستم اشتراک سواری و نیز میزان دریافتی مورد انتظار آن‌ها در حالت عدم استفاده از سیستم اشتراک سواری آورده شده است. با محاسبه میانگین اختلاف درآمد رانندگان در دو حالت اشتراک سواری و درآمد مورد انتظار آن‌ها در حالت عادی (زمانی که درآمد راننده بر اساس مسافت پیموده شده کل سفر محاسبه شود.)، به‌طور متوسط رانندگان ۱۸۷۰۰ تومان درآمد بیشتری در حالت سفر اشتراکی کسب نموده‌اند. این بدان معنی است که رانندگان با حضور در سفر اشتراکی به‌طور متوسط ۴۸ درصد سود کرده‌اند.

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2024-07-26]
[DOR: 20.1001.1.20089635.1400.9.3.2.3]
[DOI: 10.52547/jgit.9.3.59]



شکل ۵: الف) مقایسه هزینه مسافران در سفر اشتراکی و دربستی، ب) مقایسه درآمد مورد انتظار و درآمد حاصل از اشتراک سواری رانندگان

همان‌طور که گفته شد به‌منظور بررسی رضایت‌مندی مسافران به لحاظ زمان سفر و بررسی پارامتر انگیزه زمانی سفر، از مدل رضایت‌مندی زمانی مطابق با رابطه(۷) استفاده شد. در این مدل یک حد آستانه رضایت‌مندی (λ = ۰/۶) در نظر گرفته شد، سپس میزان رضایت‌مندی هر مسافر محاسبه گردید. نتایج حاصل از این ارزیابی در جدول (۵) آورده شده است. با توجه به مقادیر برآورد شده در ستون میزان رضایت‌مندی زمانی کاربر از سفر اشتراکی و بالاتر بودن این مقادیر نسبت به حد آستانه گفته‌شده می‌توان نتیجه گرفت انگیزه زمانی سفر برای مسافران شرکت‌کننده در سفر اشتراکی نیز تأمین‌شده است. با این حال همانطور که از نتایج جدول(۵) پیدا است برخی از مسافران (دراینجا مسافران ۱۵، ۱۶ و ۱۷) نسبت به بقیه، متحمل معطلی بیشتری در سفر اشتراکی می‌شوند. یک راهکار مؤثر جهت برقراری عدالت، ایجاد مدل‌های قیمت دهی مناسب مطابق با آنچه در بخش ۳-۲-۲ گفته شد، است تا بتوان به نحوی رضایت این دسته از مسافران را نیز جلب نمود.

در جدول (۶) مقایسه‌ای بین مسافت کل پیموده شده برای هر وسیله نقلیه استفاده‌شده در دو حالت سفر اشتراکی و سفر تکی، یعنی زمانی که هر یک از مسافران منتسب شده را به‌صورت تکی جابه‌جا نمایند، بیان‌شده است. تفاوت مجموع فاصله طی شده در حالت اشتراکی باحالت سفر تکی تقریباً برابر با ۱۰۰ کیلومتر بوده که عدد قابل‌توجهی است؛ یعنی اینکه تحت سیستم اشتراک سواری معرفی‌شده در این مقاله توانسته‌ایم میزان مسافت کل سفرها را نسبت به حالت دربستی به میزان ۱۰۰ کیلومتر کاهش دهیم. در شکل(۶-الف) تغییرات مربوط به هر یک از توابع هدف مسأله در طی ۵۰۰ دور تکرار مدل نمایش داده‌شده است. در این شکل به‌منظور نمایش بهتر تغییرات مربوط به توابع، تعداد وسایل نقلیه و تعداد صندلی‌های خالی ون، مقادیر آن‌ها در ۱۰۰ ضرب شده است. در شکل(۶-ب) تغییرات مربوط به تابع هدف تجمیع شده مسأله نمایش داده‌شده است. همان‌طور که در این شکل قابل‌مشاهده است از تکرار ۵۰ به بعد مدل به بهینه کلی رسیده است.

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2024-07-26]
[DOR: 20.1001.1.20089635.1400.9.3.2.3]
[DOI: 10.52547/jgit.9.3.59]

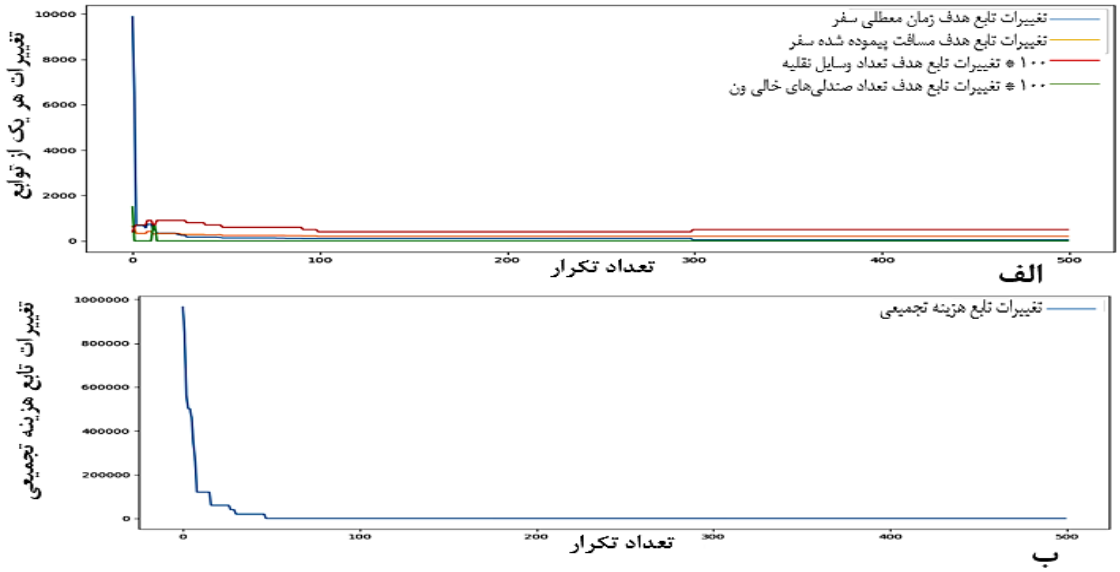
جدول ۵: بررسی میزان رضایت‌مندی زمانی کاربران از سفر اشتراکی

شناسه کاربر	زمان سفر اشتراکی برحسب دقیقه	زمان سفر تکی برحسب دقیقه	میزان رضایت‌مندی زمانی کاربر از سفر اشتراکی
۱	۳۹	۳۰	۱
۲	۳۹	۳۳	۱
۳	۴۶/۵	۴۰/۸	۱
۴	۴۹/۵	۳۷/۲	۱
۵	۲۱	۱۵	۱
۶	۲۱	۱۵	۱
۷	۲۲/۵	۱۶/۸	۱
۸	۲۲/۵	۱۶/۸	۱
۹	۴۵	۴۵	۱
۱۰	۴۶/۵	۴۰/۸	۱
۱۵	۵۰	۲۰	۰/۶
۱۶	۴۳/۵	۲۱	۰/۷۲
۱۷	۴۸	۱۹/۸	۰/۶۲
۱۸	۳۳	۲۴	۱

جدول۶: مقایسه مجموع فاصله طی شده برای هر وسیله نقلیه در حالت سفر تکی و اشتراکی برحسب کیلومتر

شناسه درخواست سفر	شناسه وسیله نقلیه	مجموع فاصله طی شده در سفر تکی (*km*)	مجموع فاصله طی شده در سفر اشتراکی (*km*)
۱۸,۱۷,۱۶,۱۵	۳۶۱	۶۰	۴۷
۴,۳,۲,۱	۱۸۰	۹۴	۴۵
۸,۷,۶,۵	۱۸۱	۴۲	۲۴
۱۰,۹	۱۸۲	۵۷	۳۷
مسافت کل	-------	۲۵۳	۱۵۳

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2024-07-26]
[DOR: 20.1001.1.20089635.1400.9.3.2.3]
[DOI: 10.52547/jgit.9.3.59]



شکل ۶: الف) تغییرات مربوط به هر یک از توابع هدف، ب) تغییرات تابع هدف تجمیع شده در طی ۵۰۰ دور تکرار

۵- بحث و نتیجه‌گیری

در این مقاله به مطالعه و پیاده‌سازی مدل اشتراک سواری بر پایه الگوریتم ژنتیک مبتنی بر اولویت‌های اجتماعی مسافران پرداخته شد. یک سیستم اشتراک سواری زمانی موفق عمل خواهد کرد که بتواند عوامل اعتمادپذیری، راحتی و انگیزه موردنیاز در به اشتراک‌گذاری سفر را برای کاربران خود فراهم کند. در همین راستا و با توجه به نتایج حاصل از اجرای مدل پیاده‌سازی شده در این تحقیق می‌توان نتیجه گرفت سیستم طراحی‌شده از قابلیت و کارایی لازم برخوردار است. زیرا در خصوص بحث اعتمادپذیری و راحتی، برنامه‌ریزی سفر را بر اساس شباهت میان مسافران به لحاظ اولویت‌های اجتماعی انجام داده است. همچنین در راستای برآورد انگیزه‌های مالی و زمانی، با توجه به شکل (۵) و جدول (۵)، جهت ترغیب کاربران (مسافران و رانندگان) در استفاده بیشتر از سیستم اشتراک سواری نیز موفق عملکردِ و توانسته حالتی برد_برد را برای مسافر و راننده ایجاد کند.

در خصوص برآورد انگیزه‌های محیطی شامل کاهش مصرف سوخت و کاهش ترافیک، سیستم طراحی‌شده توانست تعداد وسایل نقلیه استفاده‌شده جهت سرویس‌دهی به درخواست‌های سفر را کاهش دهد که عاملی در جهت کاهش ترافیک است. از طرفی با توجه به نتایج حاصل در جدول (۶)، دیده می‌شود که مسافت کل پیموده شده در حالت اشتراک سواری نسبت به حالت سفر تکی بسیار کمتر است. این نتیجه به معنای کاهش مصرف سوخت وسایل نقلیه مورد استفاده و به این ترتیب کاهش آلودگی هوا خواهد بود.

از طرفی مکانیسمی جهت بررسی تأثیر بازخورد کاربران در مورد تجربه سفرشان با دیگران طرح‌ریزی شد. تحت این مکانیسم هر مسافر در پایان سفر اشتراکی خود رضایت یا عدم رضایتش از سفری که داشته را منتشر کرده و تأثیر نظر این کاربر روی افرادی که با او در شبکه اجتماعی در ارتباط هستند بررسی و مدل‌سازی شد. با توجه به نتایج حاصل در جدول (۴) و تفاوت ایجادشده در میزان علاقه اولیه و نهایی کاربران می‌توان به اهمیت نظر کاربران در مورد یک سیستم در شبکه‌های اجتماعی پی برد. از طرفی با توجه به این نتایج و افزایش میزان علاقه نهایی اکثر کاربران نسبت به میزان علاقه اولیه آن‌ها می‌توان دریافت که سیستم طراحی‌شده در جهت جلب رضایت کاربران خود موفق عمل کرده است. بااین‌حال بنا به دلایل ذکرشده در

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2024-07-26]
[DOR: 20.1001.1.20089635.1400.9.3.2.3]
[DOI: 10.52547/jgit.9.3.59]

بخش مقدمه، سیستم پیشنهادی تنها با داده‌های شبیه‌سازی و ساده‌شده‌ای که گفته شد اجرا گردید. در همین راستا و به‌موجب تکمیل در جهت واقعی‌تر شدن مدل پیشنهادی موارد زیر برای تحقیق‌های آینده در این زمینه پیشنهاد می‌شوند:

۱-در این تحقیق مدلی به‌منظور اشتراک سواری پیشنهاد شد که برای حصول اطمینان از رسیدن الگوریتم به جواب مناسب و کارایی راهکار ارائه‌شده، داده‌های مسأله به‌صورت شبیه‌سازی‌شده جمع‌آوری و استفاده شدند تا بتوان جواب مناسب را از قبل بدانیم. پیشنهاد می‌شود تا در تحقیق‌های دیگر از داده‌های واقعی که پیچیدگی‌های بیشتری دارند استفاده گردد و مدل پیشنهادی تحت این داده‌ها مورد ارزیابی قرار گیرد.

۲-در مدل پیشنهادی راهکار اولیه‌ای جهت بررسی میزان تأثیرگذاری افراد موجود در شبکه‌های اجتماعی بر یکدیگر ارائه گردید که در واقعیت فاکتورهای زیاد دیگری نیز بر این مهم تأثیرگذارند؛ لذا پیشنهاد می‌شود در تحقیق‌های آتی فاکتورهای مؤثر دیگر نیز بررسی، استخراج و به مدل اعمال شوند.

۳-در این تحقیق تنها اولویت‌های اجتماعی و رضایت‌مندی مسافران مورد ارزیابی و بررسی قرار گرفت. در تحقیق‌های آتی پیشنهاد می‌شود تا اولویت‌ها و خواسته‌های رانندگان نیز در نظر گرفته شود و به‌این‌ترتیب سامانه‌ای چند عامله (شامل مسافر و راننده) طراحی و پیاده‌سازی شود.

۴-ایجاد سیستم ثبت بازخورد برای راننده و مسافر به‌نحوی‌که در پایان سفر مسافر، راننده را بر اساس برخورد اجتماعی و میزان مهارت در رانندگی و همچنین راننده، مسافران خود را بر اساس تعداد لغو سفر و معطلی در شروع سفر نمره دهی کنند؛ که این نمرات برای برنامه‌ریزی سفر آن رانندگان و مسافران با دیگران در سفرهای آتی مؤثر خواهد بود.

پیشنهاد می‌شود برای تحقیق‌های آتی، کاربران مشابه را از طریق آنالیز میزان شباهت آن‌ها بر اساس فعالیت‌هایی که در شبکه‌های اجتماعی دارند پیدا و گروه‌بندی کرد؛ زیرا در شبکه‌های اجتماعی کاربران بر اساس ویژگی‌های درونی و سلیقه خود به یکسری مطالب علاقه پیداکرده و آن مطالب را دنبال می‌کنند.

مراجع

[1] *M. Nourinejad, "Dynamic optimization models for ridesharing and carsharing," University of Toronto, 2014.*

[2] *M. I. Hosny and C. L. Mumford, "Investigating genetic algorithms for solving the multiple vehicle pickup and delivery problem with time windows," in MIC2009, Metaheuristic International Conference, 2009.*

[3] *Y. Zhou, Y. Huang, J. McGlynn, and A. Han, "Who will you share a ride with: Factors that influence trust of potential rideshare partners," arXiv preprint arXiv:1707.04284, 2017.*

[4] *L. Tang, M. Han, Z. Duan, and D. Cai, "An efficient ride-sharing recommendation for maximizing acceptance on geo-social data," CCF Transactions on Pervasive Computing and Interaction, vol. 1, no. 4, pp. 240-249, 2019.*

[5] *J. Yousaf, J. Li, L. Chen, J. Tang, and X. Dai, "Generalized multipath planning model for ride-sharing systems," Frontiers of computer science, vol. 8, no. 1, pp. 100-118, 2014.*

[6] *Y. Lin, W. Li, F. Qiu, and H. Xu, "Research on optimization of vehicle routing problem for ride-sharing taxi," Procedia-Social and Behavioral Sciences, vol. 43, pp. 494-502, 2012.*

[7] *C. Ma, R. He, and W. Zhang, "Path optimization of taxi carpooling," PLoS One, vol. 13, no. 8, p. e0203221, 2018.*

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2024-07-26]
[DOR: 20.1001.1.20089635.1400.9.3.2.3]
[DOI: 10.52547/jgit.9.3.59]

[8] W. M. Herbawi and M. Weber, "A genetic and جایگذاریion heuristic algorithm for solving the dynamic ridematching problem with time windows," in Proceedings of the 14th annual conference on Genetic and evolutionary computation, 2012, pp. 385-392: ACM.

[9] G. Pankratz, "A grouping genetic algorithm for the pickup and delivery problem with time windows," Or Spectrum, vol. 27, no. 1, pp. 21-41, 2005.

[10] W.-R. Jih and J. Y.-J. Hsu, "A family competition genetic algorithm for the pickup and delivery problems with time window," Bulletin of the College of Engineering, no. NTU 90: 89-98, 2004.

[11] Q. Ye, C. Ma, R. He, Q. Xiao, and W. Zhang, "Multi-objective optimisation for taxi ridesharing route based on non-dominated sorting genetic algorithm," International Journal of Wireless and Mobile Computing, vol. 8, no. 3, pp. 262-270, 2015.

[12] J. Żak, M. Hojda, and G. Filcek, "Multiple criteria optimization of the carpooling problem," Transportation Research Procedia, vol. 37, pp. 139-146, 2019.

[13] G.-q. Pan, "Study on Taxi Carpooling Based on City Gridding," Value Engineering, vol. 2013, no. 14, p. 14, 2013.

[14] G. Dimitrakopoulos, P. Demestichas, and V. Koutra, "Intelligent management functionality for improving transportation efficiency by means of the car pooling concept," IEEE transactions on intelligent transportation systems, vol. 13, no. 2, pp. 424-436, 2011.

[15] M. Berlingerio, B. Ghaddar, R. Guidotti, A. Pascale, and A. Sassi, "The GRAAL of carpooling: GReen And sociAL optimization from crowd-sourced data," Transportation Research Part C: Emerging Technologies, vol. 80, pp. 20-36, 2017.

[16] G. H. de Almeida Correia, J. de Abreu e Silva, and J. M. Viegas, "Using latent attitudinal variables estimated through a structural equations model for understanding carpooling propensity," Transportation Planning and Technology, vol. 36, no. 6, pp. 499-519, 2013.

[17] J. DeFrancisco, R. Harb, and E. Radwan, "Evaluation of a carpooling program in a university setting using a stated preference survey," 2014.

[18] E. L. Lasmar, F. O. de Paula, R. L. Rosa, J. I. Abrahão, and D. Z. Rodríguez, "Rsrs: Ridesharing recommendation system based on social networks to improve the user's qoe," IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, vol. 20, no. 12, pp. 4728-4740, 2019.

[19] S. B. Nasr, "New approach for a stable multi-criteria ridesharing system," arXiv preprint arXiv: 1901.02510, 2019.

[20] R. W. Floyd, "Algorithm 97: shortest path," Communications of the ACM, vol. 5, no. 6, p. 345, 1962.

[21] A. Muruganantham and M. Gandhi, "Discovering and Ranking Influential Users in Social Media Networks Using Multi-Criteria Decision Making (MCDM) Methods," Indian J Sci Technol, vol. 9, no. 32, pp. 1-11, 2016.

[22] A. E. Eiben, E. Marchiori, and V. Valko, "Evolutionary algorithms with on-the-fly population size adjustment," in International Conference on Parallel Problem Solving from Nature, 2004, pp. 41-50: Springer.

[23] H. C. Chen YT, "Improve the carpooling applications with using a social community based travel cost reduction mechanism," International Journal of Social Science and Humanity, 2013.

[24] W. Zhang, R. He, Y. Chen, M. Gao, and C. Ma, "Research on taxi pricing model and optimization for carpooling detour problem," Journal of Advanced Transportation, vol. 2019, 2019.

[25] A. Salehi-Abari and T. White, "The impact of naive agents in heterogeneous trust-aware societies," in International

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2024-07-26]
[DOR: 20.1001.1.20089635.1400.9.3.2.3]
[DOI: 10.52547/jgit.9.3.59]

Workshop on Multi-Agent Systems and Agent-Based Simulation, 2009, pp. 110-122: Springer.

[26] H. Qadir, O. Khalid, M. U. Khan, A. U. R. Khan, and R. Nawaz, "An optimal ride sharing recommendation framework for carpooling services," IEEE Access, vol. 6, pp. 62296-62313, 2018.

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2024-07-26]

[DOR: 20.1001.1.20089635.1400.9.3.2.3]
[DOI: 10.52547/jgit.9.3.59]

K. N. TOOSI UNIVERSITY OF TECHNOLOGY
FACULTY OF GEODESY AND GEOMATICS ENGINEERING

Journal of Geospatial Information Technology
Vol.9 No.3, Autumn 2021

Research Paper

Solving the ridesharing problem of Non-homogeneous vehicles by using an improved genetic algorithm and the social preferences of the users

Vahid Hashemi [1*], Mohammad Sadi Messgari [2], poorya Mohammadi Kazaj[1]

1- Ms.c student of GIS in Department of Geodesy and Geomatic, K.N.Toosi University of Technology, Tehran, Iran
2- Associate Professor in Department of Geodesy and Geomatic, K.N.Toosi University of Technology, Tehran, Iran

Abstract

Most of the existing ridesharing systems perform travel planning based only on the two criteria of spatial and temporal similarity of the travelers. In general, neglecting the social preferences leads to reducing the users' willingness to use ridesharing services. To achieve this purpose, a system should be designed and implemented not just based on the two necessary conditions of spatial and temporal similarities, but also based on the similarities between the users in terms of their social and personal preferences to plan a travel. This study aims to create and implement a suitable model for ridesharing systems by using vehicles with different capacities and considering the users' social preferences using an advanced genetic algorithm. In this study, two innovative mutation operators and two local search algorithms have been applied to improve the genetic algorithm in this particular case. In this model, a mechanism has been designed to help the users to share their feedbacks on their travel experience on a hypothetical social network with other users. Then, the effect of the users' opinions on each other whether to use or not to use this system was analyzed and examined. As the users' interest in using this system increased, the results obtained from this analysis and the evaluation of the implemented model indicate efficiency and success of the system.

Key words: *Social preferences of users, improved genetic algorithm, Innovative mutation operators, ridesharing feedback mechanism, Social network of users.*

Correspondence Address*: GIS Group, Department of Geomatics, College of Engineering, K.N.Toosi University, Tehran, Iran.*
Tel*: 88877071*
Email: *v.hashemi@email.kntu.ac.ir*

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2024-07-26]
[DOR: 20.1001.1.20089635.1400.9.3.2.3]
[DOI: 10.52547/jgit.9.3.59]