

## بررسی توزیع ناوگان عمومی با استفاده از الگوریتم‌های PSO و شبکه عصبی

مقاله علمی - پژوهشی

\*عباس تاری (نویسنده مسئول)، دانش آموزخته کارشناسی ارشد، گروه نقشه‌برداری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد رامسر، مازندران، ایران

سحر علیان، استادیار، گروه عمران، موسسه آموزش عالی رحمان، رامسر، مازندران، ایران

\*پست الکترونیکی نویسنده مسئول: [abbastari1363@gmail.com](mailto:abbastari1363@gmail.com)

دریافت: ۱۴۰۴/۰۴/۱۵ - پذیرش: ۱۴۰۴/۰۸/۰۲

صفحه ۱۶۹-۱۸۸

### چکیده

از دیرباز مسئله حرکت، جابجایی و انتقال کالا و خدمات برای انسان حائز اهمیت بوده و بنا به این ضرورت، انسان همواره در جستجوی راه‌هایی برای برطرف نمودن این نیاز مهم بوده است. در طی ادوار گذشته، هر چه جوامع بزرگ‌تر و پیشرفته‌تر شدند، بر پیچیدگی مسئله حمل و نقل نیز افزوده شده است. در این پژوهش سعی بر آن داریم تا با تلفیق دو الگوریتم PSO و شبکه عصبی جهت بهینه‌سازی مکان‌ها و مسیرهای حمل و نقل و همچنین مدیریت زمان سفر در حمل و نقل عمومی، تاثیرگذار باشیم. در مرحله اول داده‌های مختلفی جهت انجام مکان‌یابی بهینه و توزیع ناوگان حمل و نقل جمع‌آوری می‌شود که شامل شبکه معابر و خیابان‌های شهر رشت، مکان ایستگاه‌های اتوبوس، ماتریس مبدا-مقصد و تقاضای سفر در ساعات مختلف است. سپس پیش‌پردازش برای آماده‌سازی داده‌ها جهت ورود به مدل‌های محاسباتی TSPSO آغاز گردیده و این الگوریتم با استفاده از جمعیت اولیه، پارامترهای تنظیم شده و تابع هدف تعریف و اجرا می‌گردد و نتایج PSO با داده‌های جغرافیایی برای تولید نقشه نهایی مکان‌های پیشنهادی جدید ایستگاه اتوبوس در شهر رشت تلفیق می‌شود. در مرحله دوم برای مسیر یابی در شبکه عصبی مقادردهی اولیه انجام می‌گیرد. به گره مبدأ، مقدار صفر و به سایر گره‌ها، مقدار بی‌نهایت اختصاص داده می‌شود. سپس مجموعه گره‌های بازدید نشده ایجاد می‌گردد. از بین گره‌های بازدید نشده، گره‌ای که کمترین مقدار را دارد، انتخاب و از مجموعه گره‌های بازدید نشده حذف می‌شود. این روند تا زمانی که همه گره‌ها بازدید شوند، تکرار شده و مسیرهای بهینه تعریف می‌شود. نتایج نشان می‌دهد نقشه مسیرهای پیشنهادی در شبکه عصبی منطبق بر ایستگاه‌های ارائه شده در PSO می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: ارزش زمان، بهینه‌سازی مسیرها، توزیع ناوگان عمومی، کاهش سوخت

### ۱-مقدمه

به شمار می‌آید و تأثیرات عمده‌ای بر روی الگوهای زندگی و تعاملات اجتماعی خواهد داشت. لذا، گسترش روز افزون شهرها و افزایش جمعیت شهری موجب شده است که تقاضا برای حمل و نقل درون شهری و استفاده از خدمات شهری افزایش یابد. افزون بر این، افزایش تقاضا برای سفرهای درون شهری موجب ایجاد تأثیرات منفی زیادی در زندگی انسان‌ها نظیر آلودگی هوا، آلودگی صوتی، افزایش مسائل مربوط به سلامتی افراد، ترافیک سنگین، تصادفات و ... شده است. با وجود اینکه شهرداری‌ها با احداث بزرگراه‌ها، تونل‌ها، پل‌ها و اعمال محدودیت‌های

در زندگی شهری معاصر شبکه‌های حمل و نقل از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است، تا جایی که از آن به عنوان "شریان‌های حیاتی" شهر امروزی نام برده می‌شود. از سوی دیگر، داشتن ناوگان حمل و نقل درون شهری روان و پویا از شاخص‌های مهم رضایت شهروندان و همچنین شاخص‌های شهرنشینی پایدار و مطلوب به حساب می‌آید (نقدی، ۱۳۸۹). توسعه روزافزون شهرنشینی، جابه‌جایی انسان و کالا را به صورت مسأله‌ای درآورده که پیچیدگی آن دائماً در حال افزایش است. حمل و نقل و جابه‌جایی انسان و کالا فعالیتی مهم برای هر جامعه انسانی

هدف از این پژوهش ارزیابی توانایی تحلیل PSO و شبکه عصبی در تصمیم‌گیری‌ها، حداکثر کردن رضایت رانندگان، تعیین مسیرهای مناسب جهت عبور ناوگان عمومی با توجه به معیارهای تاثیرگذار می‌باشد.

## ۲- پیشینه تحقیق

### ۲-۱- حمل و نقل پایدار

نظریه حمل و نقل پایدار بین سال‌های ۱۹۸۵ تا ۱۹۹۵ مطرح شد. بر اساس این نظریه سیستم‌های حمل و نقل پایدار، سیستم‌هایی هستند که هدف آنها، کاهش آلاینده‌های مصرف سوخت فسیلی و ارائه دسترسی آسان برای مردم است. به بیان دیگر حمل و نقل به مثابه گره‌هایی تعریف می‌شود که مردم را از مکانی به مکان دیگر منتقل می‌کنند و اگر به صورت عمومی باشد، عنصری کلیدی در جابه‌جایی کم‌هزینه در شهرها قلمداد می‌شود (Loiset al, 2018). این شیوه از حمل و نقل، راهبردی اساسی در دستیابی به حمل و نقل پایدار است. مؤلفه تحرک پایدار بیش از یک دهه است که توجه پژوهشگران حمل و نقل شهری را جلب کرده است. این مؤلفه بر تأثیرات زیست محیطی مسافرت تمرکز دارد و برای جلوگیری از تغییرات آب و هوایی مؤثر است (Mcarthur et al, 2019).

### ۲-۲- اصول برنامه‌ریزی سفرهای درون شهری

امروزه پویایی و سرزندگی هر شهری، رابطه مستقیمی با نحوه حرکت و دسترسی آن شهر دارد. جابه‌جایی و دسترسی، پایه و اساس فعالیت‌های اقتصادی، اجتماعی هر شهر می‌باشد. (Grazi & Bergh, 2008) ساختار و فرم شهری، سطح شهرنشینی و ویژگی‌های محیطی از جمله عوامل مؤثر بر رفتار سفر شهروندان است. (Souche, 2010) در واقع یک مسافر در یک سفر شهری از یک مبدأ مشخص به مقصدی معین می‌تواند از انواع سیستم‌های حمل و نقلی همچون خودروی شخصی، دوچرخه، اتوبوس، مترو، ون، تاکسی یا ترکیبی از این موارد کمک بگیرد (Peterson, 2009). حرکت و ارتباط میان محل زندگی انسان‌ها و مکان فعالیت‌ها، مستلزم وجود یک سیستم کارآمد حمل و نقل شهری، به عنوان یکی از جنبه‌های اصلی حیات شهری می‌باشد. سیستم حمل و نقل، ساختار فضایی شهر را تحت تأثیر قرار داده و زمینه رشد شهر را در مقیاس و الگوهای متفاوت فراهم می‌سازد. به اعتقاد پیسیون، یک ارتباط نزدیکی بین ماهیت حمل و نقل شهری و ساختار فضایی وجود دارد

ترافیکی تلاش می‌کند که این اثرات ناخوشایند را تقلیل دهند، ولی ترافیک و مشکلات ناشی از آن همچنان در حال افزایش است و به یکی از دغدغه‌های اصلی مدیران تبدیل شده است (قوامی و همکاران، ۱۳۹۰). یکی از روش‌هایی که اغلب پژوهشگران حوزه حمل و نقل شهری برای کاهش ترافیک بر آن تأکید دارند، ارتقای کیفیت ناوگان حمل و نقل عمومی است. لذا استفاده از حمل و نقل عمومی یکی از راهکارها در کاهش تراکم ترافیک و ارتقای جابه‌جایی در شهرها مطرح است (بهزاد و همکاران، ۱۳۹۱).

در کشورهای درحال توسعه از جمله ایران، محدودیت‌های فنی، مالی و مدیریتی قادر به ایجاد سریع همه انواع شبکه‌های حمل و نقل عمومی نیستند. با این وجود، بهترین، ارزان‌ترین و سریع‌ترین گزینه، گسترش شبکه ناوگان حمل و نقل عمومی شامل اتوبوس و تاکسی درون‌شهری است. امروزه اتوبوس و تاکسی مهم‌ترین وسایل حمل و نقل عمومی در اکثر شهرهای کشور و همچنین بیشتر کشورهای در حال توسعه به شمار می‌آید. برای راه‌اندازی نیاز به سرمایه‌گذاری کمی است و وابستگی به مسیر خاصی در مقایسه با سایر سامانه‌های حمل و نقل جمعی مانند مترو، تراموا و ... ندارد. از این رو قابل توسعه و تغییر است. علاوه بر این، اتوبوس با توجه به متوسط تعداد سرنشینی که دارد، در مقایسه با خودرو سطح بسیار کمتری از خیابان‌ها و فضای شهر را اشغال می‌کند (جباری و سعیدی، ۱۳۹۸). هم‌اکنون، ۲۵ درصد سفرهای درون شهری کشور ما با ناوگان عمومی انجام می‌گیرد. در واقع، هر چه سهم حمل و نقل عمومی از سفرهای درون شهری افزایش پیدا کند، به حل مشکلات، کمک بیشتری خواهد شد. با تقویت و ساماندهی عملکرد حمل و نقل عمومی، بخصوص سیستم مترو و در شهرهایی که این امکان وجود ندارد، لافل با گسترش سیستم اتوبوس‌رانی و تاکسی، همچنین توسعه آن در تمام قسمت‌های شهر می‌توان از تردد وسایل نقلیه خصوصی در سطح شهر جلوگیری نمود تا با طراحی مناسب و معقول این سیستم در جهت رفع عیوب و افزایش کارایی آن تلاش کرد تا به این وسیله رفاه و آسایش مورد نظر برای شهروندان ایجاد شود. با مطالعه دقیق سیستم حمل و نقل عمومی به عنوان یکی از کارآترین وسایل حمل و نقل عمومی می‌توان به بهبود عملکرد این سامانه کمک نموده و علاوه بر حل مشکلات حمل و نقل، زمینه رضایت‌مندی شهروندان را نیز فراهم نمود. (bitabaji, 2009)

رفتار تصادفی زمان سفر، استفاده از توزیع‌های احتمالی را جهت برآورد زمان سفر پیشنهاد کرده‌اند (Dessouky et al, 2003). اما تغییر پیوسته متغیرهای مؤثر بر زمان سفر مانند تغییر شرایط ترافیکی در یک مسیر، بر توزیع احتمالی آن تأثیر مستقیم دارد. بنابراین نمی‌توان با اطمینان در طول روز، یک توزیع احتمالی ثابت با پارامترهای مشخص برای متغیر زمان سفر در نظر گرفت. مطالعه زمان سفر در سیستم حمل و نقل نشان می‌دهد، حتی با ثابت بودن شکل توزیع زمان سفر در ساعات اوج، پارامترهای توزیع آماری با تغییر شرایط تغییر می‌کنند. در نتیجه برآورد زمان سفر در یک مسیر از توزیع آماری ثابت بدون در نظر گرفتن تغییرات متغیرهای مؤثر بر آن، نتیجه‌ای غیر واقعی خواهد داشت. طراحی مدل‌های مناسبی که از دقت کافی در پیش‌بینی زمان سفر بر اساس متغیرهای مؤثر بر آن برخوردار باشند، به عنوان یک ضرورت در فرآیند برنامه‌ریزی حمل و نقل عمومی مطرح است. برخلاف برنامه‌ریزی استاتیک که در آن تنها از داده‌های گذشته استفاده می‌شود، در فرآیند برنامه‌ریزی پویا علاوه بر داده‌های گذشته دسترسی به داده‌های لحظه‌ای نیز وجود دارد. بنابراین بر این اساس می‌توان روش‌های پیش‌بینی با عملکردهای متفاوت برای زمان سفر وسایل نقلیه عمومی که قابل استفاده در هر نوع فرآیند برنامه‌ریزی باشد، طراحی و اجراء کرد.

## ۲-۴- مسیریابی وسیله نقلیه

مسائل VRP در حالت کلی به دنبال تأمین تقاضا با هدف کمینه کردن «مجموع مسافت طی شده» می‌باشند. (Campbell et al, 2008) مسیریابی وسائط نقلیه را می‌توان به وسیله یک گراف  $G=(S, A)$  نشان داد به طوری که  $S_0 = \{i | i = 1, \dots, n\}$  مجموعه نقاط گره‌ها و  $A = \{(S_i, S_j) : i \neq j\}$  مجموعه‌ای از کمان‌های متصل‌کننده گره‌ها است. نقطه  $S_0$  نشانگر مبدأ است.  $d_{ij} \geq 0$  که با هر کمان  $(i, j)$  مرتبط است، نشانگر مسافت یا زمان مسافرت و یا هزینه مسافرت بین دو نقطه  $i$  و  $j$  است. برای هر مشتری  $S_i$  یک تقاضای برداشتی  $q_i \geq 0$  در نظر گرفته می‌شود که می‌بایست تأمین گردد.

(Rodrigue et al, 2009). آنچه امروز در کلان شهرهای کشور مشاهده می‌شود، ورود روزافزون وسایل نقلیه شخصی و عمومی، با توجه به افزایش تمایل و تقاضای شهروندان نسبت به خرید اتومبیل‌های شخصی و نیز افزایش سفرهای درون شهری شهروندان برای پاسخ به نیازهای متنوع و نوساخت جامعه است. (صلواتی و همکاران، ۱۳۸۹)

رشد شهری باعث افزایش تقاضای اهداف سفر بر روی تسهیلات ناکافی موجود حمل و نقل شهری شده است که به دنبال آن شهرهای بزرگ دست به گریبان مشکلات زیادی در زمینه‌های تراکم ترافیکی، آلودگی هوا، اتلاف وقت‌های طولانی در مسیرهای سفر روزانه افراد، افزایش مصرف سوخت و استهلاک وسایل نقلیه و غیره هستند (رضایی و اصغرزاده، ۱۳۸۷). محدوده مرکزی شهرها، همواره به دلیل تمرکز و تعدد فعالیت‌ها، سهم بالایی از تولید و جذب سفرهای روزانه را به خود اختصاص داده‌اند و به دلیل ثابت ماندن ظرفیت شبکه‌های ارتباطی درون شهری و عدم توانایی سیستم (مدیریت)، حمل و نقل (به‌خصوص عمومی) شهرها، نواحی مرکزی شهرها همواره با مشکلاتی که اهم آنها را دو مقوله ازدحام و آلودگی تشکیل می‌دهند، رو به رو بوده و هستند که دستیابی به توسعه شهری پایدار را تحت تأثیر خود قرار داده است (بهبهانی و صحاف، ۱۳۸۹). در دو دهه اخیر، توجه برنامه‌ریزان شهری به سوی آن دسته از الگوهای توسعه شهری جلب شده است که قادرند با نزدیک ساختن کانون‌های فعالیت به یکدیگر از حجم تقاضا برای اهداف سفر بکاهند. (Rodier, 2009)

## ۲-۳- زمان سفر

زمان سفر مهم‌ترین پارامتر برنامه‌ریزی ترافیک شهری است. بدون اطلاع از زمان سفر وسائط نقلیه بین ایستگاه‌های توقف و پیش‌بینی دقیق آن، برنامه‌ریزی سیستم‌های حمل و نقل عمومی ناممکن و یا منجر به برنامه‌های غیرواقعی خواهد شد. همچنین از برآورد دقیق زمان سفر می‌توان برای مدیریت تقاضای مسافر و ترافیک از طریق سامانه‌های اطلاع‌رسانی و حتی برنامه‌ریزی سایر سیستم‌های حمل و نقل عمومی مانند مترو و ... استفاده کرد. برخی از مطالعات، جهت تسهیل در برآورد زمان سفر از توزیع‌های احتمالی استفاده کرده‌اند، اما برخی دیگر بر اساس مطالعه تجربی سیستم‌های حمل و نقل عمومی مختلف و مشاهده

مدل ریاضی کلی VRP، به صورت زیر است:

$$\begin{aligned} \text{Min } Z = & \sum_{k=1}^K \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n c_{ijk} x_{ijk} + \sum_{k=1}^K \sum_{i=0}^n CE_{ik} (B_i - A_i) \\ & + \sum_{k=1}^K \sum_{i=0}^n CL_{ik} (B_i - l_i) + \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^K (h_0 + h_1 w_{ij}^k) d_{ij} x_{ijk} \\ & + \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^K h_0 d_{i0} x_{i0v} \end{aligned}$$

### الگوریتم PSO استاندارد

الگوریتم بهینه سازی ذرات یک الگوریتم محاسباتی مبتنی بر جمعیت است که برای حل مسائل بهینه‌سازی استفاده می‌شود. این الگوریتم توسط James Kennedy و Russell Eberhart در دهه ۱۹۹۰ ایجاد شد و الهام از رفتار گروهی پرندگان و یا ذرات در جستجوی غذا گرفته شده است. در PSO، یک مجموعه از ذرات وجود دارد، هر کدام از آنها یک مکان مشخص در فضای بهینه‌سازی دارند. این ذرات به طور تصادفی در فضا حرکت می‌کنند و بهترین مکانی که تاکنون دیده‌اند را به خاطر می‌آورند. همچنین، هر ذره یک سرعت دارد که توسط تجربیات گذشته‌اش تعیین می‌شود.

الگوریتم PSO به اختصار به صورت زیر عمل می‌کند:

مقداردهی اولیه: مکان و سرعت هر ذره به طور تصادفی مقداردهی می‌شوند.

برای هر ذره: ارزیابی تابع هدف در مکان فعلی.

اگر مکان فعلی بهینه‌تر از مکان بهترین تاکنون ذرات باشد، آن مکان به عنوان بهترین تاکنون ذره ذخیره می‌شود  
برای هر ذره: بهترین مکان تاکنون ذره را به عنوان مکان فرهنگی ذخیره می‌کند.

سرعت جدید بر اساس مکان فرهنگی و مکان بهترین تاکنون ذره محاسبه می‌شود.

به روزرسانی مکان ذره بر اساس سرعت جدید.  
تکرار مراحل ۲ و ۳ به مدت تعداد دفعات مشخص یا تا رسیدن به شرایط خروج مشخص.

الگوریتم PSO تا زمانی که به تعداد معینی از تکرارها یا به شرایط خروج مشخصی برسد، ادامه می‌یابد و در نهایت به مکان بهینه‌ترین ذره یا بهینه‌ترین مقدار تابع هدف همگرا می‌شود. PSO به عنوان یک الگوریتم مذهبی محاسباتی معروف برای حل مسائل بهینه‌سازی مفید است و در مسائل مختلف از جمله مسائل مهندسی، مسائل مالی، مسائل یادگیری ماشین، و استفاده می‌شود، الگوریتم بهینه‌سازی ذرات یا PSO از یک سری فرمول برای به‌روزرسانی مکان و سرعت ذرات استفاده می‌کند. دو فرمول مهم در الگوریتم PSO به شرح زیر هستند.

فرمول به‌روزرسانی سرعت ذره

$$V_i(t+1) = w \cdot V_i(t) + c_1 \cdot r_1 \cdot (pBest_i - X_i(t)) + c_2 \cdot r_2 \cdot (gBest - X_i(t))$$

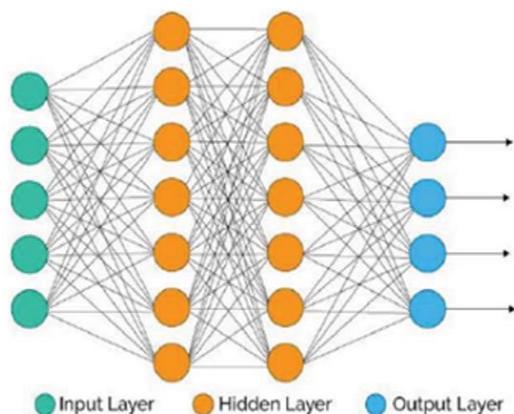
فرمول به‌روزرسانی مکان ذره

$$X_i(t+1) = X_i(t) + V_i(t+1)$$

این دو فرمول به طور ترکیبی برای هر ذره در الگوریتم PSO مورد استفاده قرار می‌گیرند تا ذرات بهینه‌سازی را در جستجوی بهینه‌ترین مکان (G Best) حرکت دهند.

### شبکه‌های عصبی در بهینه‌سازی

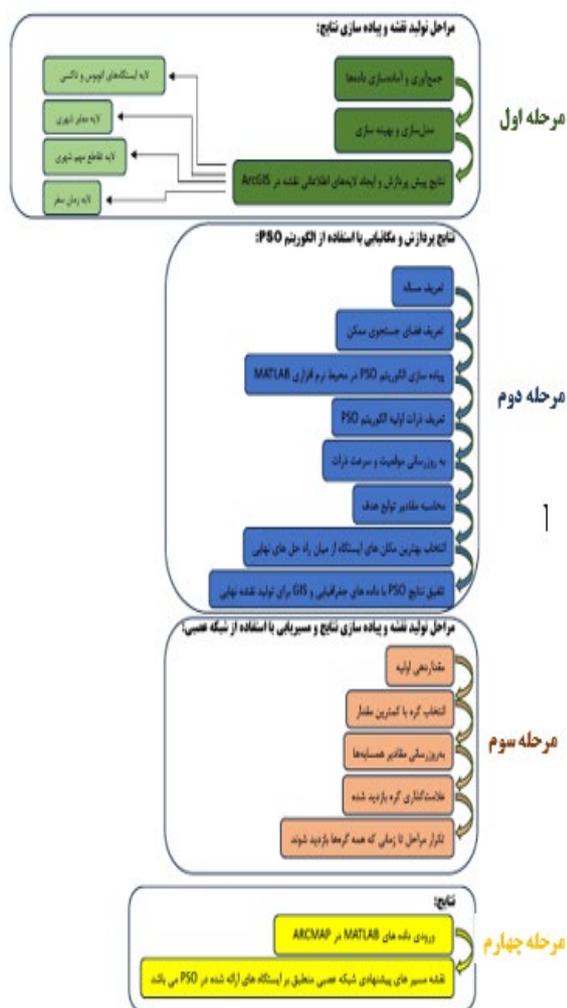
شبکه‌های عصبی در بهینه‌سازی ایده‌ی به کارگیری شبکه‌های عصبی برای حل مسائل بهینه‌سازی توسط هاپفیلد و تانک ارائه شد (Hopfield & Tank, 1985). آنها با استفاده از یک شبکه‌ی کاملاً به هم پیوسته به ارائه‌ی تعریف تابع انرژی برای این شبکه مبادرت کردند.



شکل ۱. معماری شبکه عصبی مصنوعی

### بهینه‌سازی توزیع ناوگان حمل و نقل عمومی

روش بهینه‌سازی توزیع ناوگان حمل و نقل عمومی و برنامه ریزی مسیرها و زمانبندی با استفاده از ترکیب الگوریتم PSO و شبکه‌های عصبی به شرح زیر است.



شکل ۲. فلوچارت روش کار

یک مدل شبکه عصبی مصنوعی از چندین لایه و مولفه مختلف تشکیل شده است. دو عنصر اساسی در یک شبکه عصبی مصنوعی عبارتند از:

**نورون‌ها:** نورون‌ها یا واحدهای پردازشی اصلی شبکه عصبی هستند. هر نورون عبارت است از یک تابع پردازشی که ورودی‌ها را می‌گیرد، آن‌ها را ترکیب می‌کند و یک خروجی تولید می‌کند. نورون‌ها عموماً دارای وزن‌ها و یک تابع فعال‌سازی هستند. وزن‌ها نشان‌دهنده تأثیر ورودی‌ها بر خروجی نورون می‌باشند و تابع فعال‌سازی وظیفه تصمیم‌گیری در مورد فعال‌سازی نورون در مورد ورودی‌ها را دارند.

لایه‌ها: شبکه عصبی مصنوعی از چندین لایه تشکیل شده است. هر لایه شامل یک تعداد مشخصی از نورون‌ها است.

سه نوع اصلی از لایه‌ها عبارتند از:

لایه ورودی: این لایه وظیفه دریافت ورودی‌های مسئله را دارد و به نورون‌های لایه بعدی منتقل می‌کند.

لایه مخفی این لایه‌ها بین لایه ورودی و خروجی قرار دارند و ویژگی‌های پنهان در داده‌ها را استخراج و نمایش می‌دهند.

لایه خروجی: این لایه وظیفه تولید خروجی نهایی شبکه را دارد. شبکه عصبی مصنوعی با استفاده از وزن‌ها و توابع فعال‌سازی به تحلیل داده و یادگیری پیچیدگی‌های آن می‌پردازد.

شبکه‌های عصبی مصنوعی به همان شیوه‌ای که مغز انسان طراحی شده‌اند، با گره‌های نرونی متصل به هم به صورت شبکه‌ای طراحی می‌شوند. نرون‌ها میلیاردها سلولی هستند که مغز انسان را تشکیل می‌دهند. هر نرونی شامل یک بدنه سلولی است که اطلاعات را از مغز دریافت کرده و به آن برمی‌گرداند (ورودی‌ها و خروجی‌ها).

ایده اصلی این شبکه‌ها تا حدودی از روش کار سیستم عصبی زیستی برای پردازش داده‌ها و اطلاعات به منظور یادگیری و ایجاد دانش الهام گرفته شده است. عنصر کلیدی این ایده ایجاد ساختارهای جدید برای سیستم پردازش اطلاعات است. معماری شبکه عصبی مصنوعی در شکل زیر نشان داده شده است.

## مرحله اول مراحل تولید نقشه و پیاده‌سازی نتایج

### جمع‌آوری داده‌ها

در این مرحله، داده‌های مختلفی برای انجام بهینه‌سازی مکان‌یابی و توزیع ناوگان حمل و نقل جمع‌آوری می‌شود. این داده‌ها شامل شبکه معابر و خیابان‌های شهر رشت، مکان ایستگاه‌های اتوبوس و تاکسی، و ماتریس مبدا-مقصد تقاضای سفر در ساعات مختلف است. علاوه بر این، داده‌های تاریخیچه ترافیک و تقاضای سفر نیز برای درک الگوهای گذشته جمع‌آوری می‌شوند. اطلاعات مربوط به تعداد و ظرفیت اتوبوس‌ها و تاکسی‌های موجود نیز از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است، زیرا این داده‌ها نقش کلیدی در تصمیم‌گیری‌های بهینه‌سازی دارند.

### مدلسازی و بهینه‌سازی

در این مرحله داده‌ها مدلسازی می‌شوند که می‌توان از مدلسازی عددی استفاده نمود. مدلسازی عددی شامل استفاده از روش‌های ریاضی و محاسباتی برای شبیه‌سازی و تحلیل سیستم‌های پیچیده است. در زمینه مکان‌یابی، مدلسازی عددی به معنی استفاده از الگوریتم‌ها و روش‌های عددی برای پیدا کردن مکان‌های بهینه است.

### نتایج پیش پردازش و ایجاد لایه‌های اطلاعاتی نقشه

#### در ARCGIS

برای تولید نقشه‌های تحلیلی و موضوعی در ArcMap، مجموعه‌ای از لایه‌های اطلاعاتی مختلف استفاده شده است. در تحقیق حاضر، لایه‌های ایستگاه‌های اتوبوس، معابر شهری، تقاطع‌های مهم شهری و لایه زمان سفر مورد استفاده قرار گرفته است.

### مرحله دوم نتایج پردازش و مکان‌یابی با استفاده از الگوریتم

#### PSO

##### تعریف مساله

PSO به عنوان یک الگوریتم محاسباتی معروف برای حل مسائل بهینه‌سازی مفید است و در مسائل مختلف از بهینه‌سازی استفاده می‌شود، از جمله مسائل مهندسی، مالی، یادگیری ماشین، و غیره. الگوریتم بهینه‌سازی ذرات از یک سری فرمول برای به‌روزرسانی مکان و سرعت ذرات استفاده می‌کند. دو فرمول مهم در الگوریتم بهینه‌سازی ذرات به شرح ادامه هستند.

### فرمول به‌روزرسانی سرعت ذره

سرعت جدید یک ذره  $V_i(t+1)$ ، سرعت فعلی  $V_i(t)$ ، مکان فعلی  $X_i(t)$ ، بهترین مکان تاکنون ذره (P Best) و بهترین مکان تاکنون فرهنگی (G Best) محاسبه می‌شود.

این فرمول به روز رسانی سرعت به شکل زیر است.

$$V_i(t+1) = w \cdot V_i(t) + c_1 \cdot r_1 \cdot (pBest_i - X_i(t)) + c_2 \cdot r_2 \cdot (gBest - X_i(t))$$

### فرمول به‌روزرسانی مکان ذره

مکان جدید ذره  $X_i(t+1)$  بر اساس مکان فعلی  $X_i(t)$  و سرعت جدید  $V_i(t+1)$  محاسبه می‌شود.

$$X_i(t+1) = X_i(t) + V_i(t+1)$$

### تعریف فضای جستجوی ممکن

ایستگاه‌ها بر اساس محدودیت‌های شهرسازی، قوانین ترافیکی و زیرساخت‌های موجود در شهر رشت تعریف می‌شوند.

پیاده‌سازی الگوریتم PSO در محیط نرم افزاری MATLAB برای جستجوی فضای حل و یافتن مجموعه بهینه مکان‌های ایستگاه که توابع هدف را بهینه می‌کنند الگوریتم PSO را در نرم افزار متلب اجرا می‌کنیم.

### تعریف ذرات اولیه الگوریتم PSO

ذرات اولیه به صورت تصادفی و بر اساس تخمین‌های اولیه از مکان‌های احتمالی ایستگاه‌ها تعریف می‌شوند. در مسائل بهینه‌سازی به صورت معمول جمعیت اولیه‌ای بین ۳۰ تا ۵۰ ذره در نظر گرفته می‌شود.

### به‌روزرسانی موقعیت و سرعت ذرات

بطور کلی در هر تکرار بر اساس بهترین راه حل یافته شده توسط خود ذره و بهترین راه حل کل گروه ذرات به روز رسانی می‌شود. به این ترتیب هر ذره بهترین موقعیت خود را که تاکنون تجربه کرده است (بهترین موقعیت فردی) به‌روز می‌کند و بهترین موقعیت کلی که توسط کل گروه ذرات تجربه شده است (بهترین موقعیت جهانی) نیز به‌روز می‌شود. این به‌روزرسانی‌ها باعث حرکت ذرات به سمت راه‌حل‌های بهتر می‌شود.

### محاسبه مقادیر توابع هدف

در این مرحله، یک تابع هدف چندهدفه برای الگوریتم PSO تعریف می‌شود. این تابع هدف شامل معیارهایی مانند کمینه کردن زمان کلی سفر، حداکثر کردن استفاده از ظرفیت ناوگان و

روی شبکه FFBP انجام شده است. این شبکه مقادیر ورودی و مقادیر هدف را به بخش‌های آموزش، صحت‌سنجی، و آزمایش تقسیم‌بندی می‌کند. در این الگوریتم فرآیند یادگیری تابعی از درصد نسبی این بخش‌ها می‌باشد. بنابراین تغییر در این درصدها سبب بهبود و یا تضعیف روند آموزش شبکه می‌شود. در این پژوهش ۷ درصد داده‌ها به آموزش، ۱۵ درصد به صحت‌سنجی و ۱۵ درصد نیز به آزمایش اختصاص داده شده است. معماری شبکه به شکل  $n-1-1$  INN در نظر گرفته شده است. رقم اول تعداد گره‌های ورودی،  $n$  تعداد گره‌های مخفی و سومین عدد، تعداد گره‌های خروجی می‌باشد. به منظور توقف آموزش شبکه، از پارامتر (MSE) استفاده شده است. به این ترتیب که مقادیر کمتر به معنای عملکرد بهتر و مقادیر صفر به معنی عدم وجود خطا می‌باشد. برای اندازه‌گیری همبستگی بین مقادیر خروجی و هدف از رگرسیون استفاده می‌شود. در این محاسبات  $R=1$  به معنی ارتباط کامل و  $R=0$  نشان دهنده‌ی رابطه‌ی تصادفی می‌باشد. بنابراین با استفاده از دو معیار  $R, MSE$  انتخاب شبکه صورت گرفته است. در نهایت شبکه‌ای مد نظر می‌باشد که کمترین مقادیر MSE را داشته باشد.

#### به‌روزرسانی مقادیر همسایه‌ها

برای هر همسایه گره انتخاب شده، مقدار جدید محاسبه می‌شود. اگر مقدار جدید از مقدار فعلی همسایه کمتر بود، مقدار همسایه به‌روزرسانی می‌شود.

#### علامت‌گذاری گره بازدید شده

از بین گره‌های بازدید نشده، گره‌ای انتخاب می‌شود که کمترین مقدار را دارد. سپس برای هر همسایه گره انتخاب شده، مقدار جدید محاسبه می‌شود. اگر مقدار جدید از مقدار فعلی همسایه کمتر بود، مقدار همسایه به‌روزرسانی می‌گردد. در نتیجه گره انتخاب شده از مجموعه گره‌های بازدید نشده حذف می‌شود و تا زمانی که همه گره‌ها بازدید شوند، این مراحل تکرار می‌شود.

تکرار مراحل تا زمانی که همه گره‌ها بازدید شوند.

مراحل ۲ تا ۴ تکرار می‌شود.

#### مرحله چهارم نتایج

ورودی داده‌های MATLAB در ARCMAP پس از اجرای الگوریتم PSO، توزیع بهینه ایستگاه‌های اتوبوس‌ها در مناطق

رعایت محدودیت‌هایی مانند تعداد وسایل نقلیه موجود است. تعریف دقیق این تابع هدف اهمیت زیادی دارد، زیرا به الگوریتم PSO جهت بهینه‌سازی فرآیند کمک می‌کند و اهداف اصلی پروژه را تضمین می‌کند. توابع هدف برای هر مجموعه مکان ایستگاه‌های پیشنهادی توسط ذرات در هر تکرار محاسبه می‌شود. در این مرحله با استفاده از الگوریتم PSO و یافتن مختصات ایستگاه‌های جدید نهایتاً به کاهش زمان سفر کمک شایانی می‌کند.

انتخاب بهترین مکان‌های ایستگاه از میان راه‌حل‌های نهایی در این مرحله بهترین مکان‌های ایستگاه از میان راه‌حل‌های نهایی ارائه شده توسط ذرات PSO انتخاب می‌گردد.

تلفیق نتایج PSO با داده‌های جغرافیایی برای تولید نقشه نهایی: نهایتاً نتایج PSO با داده‌های جغرافیایی و GIS برای تولید نقشه نهایی مکان‌های پیشنهادی جدید ایستگاه اتوبوس در شهر رشت تلفیق می‌شود.

مرحله سوم مراحل تولید نقشه و پیاده‌سازی نتایج و مسیریابی با استفاده از شبکه عصبی

#### مقداردهی اولیه

به منظور تعیین شبکه عصبی بهینه، ابتدا داده‌ها را گردآوری و پس از طراحی معماری شبکه، داده‌ها را به شبکه وارد می‌کنیم. مبنای کار شبکه داده‌ها می‌باشند بنابراین هرچه دقت داده‌ها بیشتر باشد، قابلیت اطمینان شبکه بیشتر خواهد شد. برای جمع‌آوری داده‌ها، از اطلاعات سازمان حمل و نقل عمومی استان گیلان استفاده کرده‌ایم. پارامترهایی که برای انجام مدل‌سازی استفاده کرده‌ایم برای تعیین تعداد اتوبوس‌های موجود در خط به کار گرفته شده‌اند. برای آموزش شبکه از مقادیر کمترین، بیشترین، میانگین و انحراف معیار این پارامترها استفاده خواهیم کرد. جهت مقداردهی اولیه، به گره مبدأ، مقدار صفر و به سایر گره‌ها، مقدار بی‌نهایت اختصاص داده می‌شود. سپس مجموعه گره‌های بازدید نشده ایجاد می‌شود.

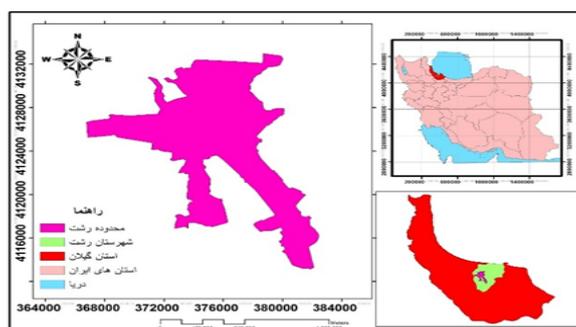
#### انتخاب گره با کمترین مقدار

در مدل‌سازی شبکه گره هدف تعداد اتوبوس خواهد بود. برای مدل‌سازی دو لایه‌ی مخفی باید در نظر گرفته شود. همچنین تابع تانژانت سیگموند ۱ به دلیل داشتن بیشترین انطباق با مشاهدات مورد استفاده، به عنوان تابع انتقال انتخاب گردیده است. مدل‌سازی با استفاده از الگوریتم Levenberg-Marquardt

این روش با ترکیب قدرت شبکه‌های عصبی در پیش بینی و الگوریتم PSO در بهینه سازی، یک چارچوب جامع برای بهبود سیستم حمل و نقل عمومی شهری ارائه می‌دهد.

### ۳- منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه تحقیق حاضر، شهر رشت است. رشت مرکز استان گیلان است و بر اساس سرشماری سال ۱۳۹۵ با جمعیت ۶۷۹۹۹۵ نفر پرجمعیت‌ترین شهر در بین سه استان حاشیه‌ای دریای خزر محسوب می‌گردد. این شهر متشکل از ۵ منطقه است. (Mehdizadeh et al, 2017). شهر رشت فاقد مترو است و حمل و نقل همگانی شامل تاکسی، اتوبوس و مینی‌بوس می‌شود. افزایش مالکیت خودرو و سیستم حمل و نقل ضعیف باعث شده است تا خودرو و تاکسی رایج‌ترین شیوه‌های حمل و نقل در سطح شهر باشند (Hatamzadeh et al., 2017). شکل ۳، منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

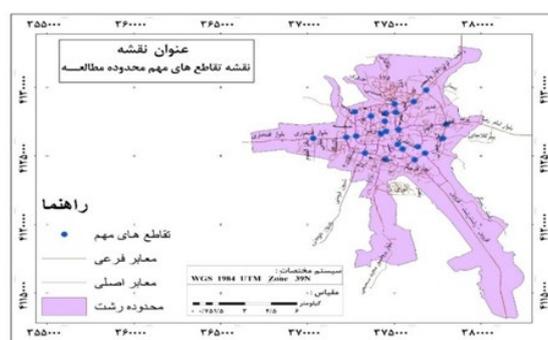


شکل ۳. منطقه مورد مطالعه

### ایستگاه‌های اتوبوس

عابران پیاده بیش از یک حد مشخص (حدود ۳۰۰ تا ۵۰۰ متر) نباشد. شکل ۴، نقشه ایستگاه‌های اتوبوس شهر رشت را نشان می‌دهد.

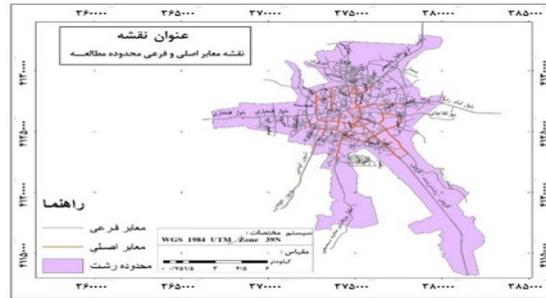
موقعیت مکانی ایستگاه‌های اتوبوس موجود جهت بهینه‌سازی توزیع ناوگان عمومی بررسی گردید. سپس بهترین مکان قرارگیری این ایستگاه‌ها مشخص شد. ایستگاه‌های اتوبوس باید به گونه‌ای در سطح شهر توزیع شوند که فاصله بین آنها برای



شکل ۴. نقشه ایستگاه‌های اتوبوس شهر رشت

### نقشه معابر اصلی و فرعی

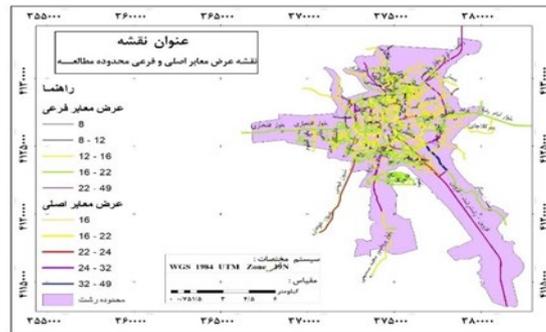
شامل شبکه معابر اصلی و فرعی شهر رشت می‌باشد. تحلیل براساس عرض معابر برای تعیین بهترین و بدترین مکان‌ها برای احداث ایستگاه‌های حمل و نقل انجام شده است. شکل ۵، نقشه معابر اصلی و فرعی را نشان می‌دهد.



شکل ۵. نقشه معابر اصلی و فرعی شهر رشت

### نقشه عرض معابر اصلی و فرعی

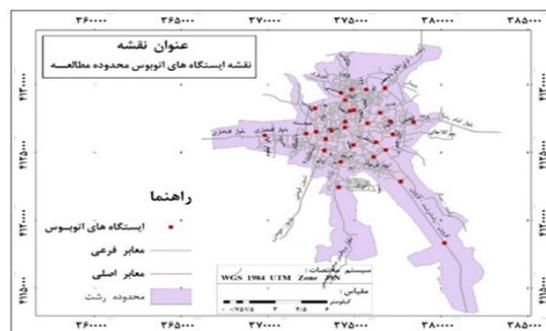
سپس معابر بر اساس عرض آن‌ها مشخص شده است. شکل ۶، نقشه عرض معابر اصلی و فرعی شهر رشت را نشان می‌دهد.



شکل ۶. نقشه عرض معابر اصلی و فرعی شهر رشت

### نقشه تقاطع‌های مهم شهر

شامل تقاطع‌های مهم و کلیدی در شبکه معابر شهر می‌باشد جهت تعیین نقاط مناسب و نامناسب ایستگاه‌های بهینه‌ی جدید و فاصله‌یابی ایستگاه‌های احداثی با تقاطع‌های مدنظر، این نقشه تقاطع‌های مهم شهر را نشان می‌دهد.

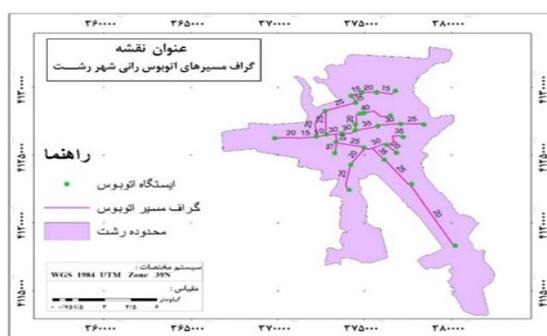


شکل ۷. نقشه تقاطع‌های مهم شهر رشت

### نقشه گراف مسیرهای اتوبوس رانی و زمان سفر

سیستم اتوبوسرانی شهر رشت و حومه از ۲۹ مسیر تشکیل شده است. که ۲۱ مسیر آن مربوط به درون شهری و ۸ مسیر آن مربوط به حومه شهر است. شاخص‌هایی که در یک شبکه اتوبوسرانی مدنظر است، عبارتند از: حمل و نقل سریع، ارزان و مطمئن، که متأسفانه در حمل و نقل عمومی شهر رشت شاخص اول یعنی حمل و نقل سریع به هیچ عنوان رعایت نشده است. به گزارش مسئولین سازمان اتوبوسرانی، در دهه ۷۰ سرعت جابه جایی مسافر ۲۵ کیلومتر بر ساعت بوده است. این در حالیست که امروزه سرعت جابه‌جایی به ۹ کیلومتر بر ساعت کاهش یافته

است و این شرایط باعث کاهش شدید محبوبیت حمل و نقل عمومی در شهر شده است. دو گزینه دیگر یعنی مطمئن و ارزان بودن نیز تا حدودی رعایت شده است. متأسفانه با وجود اینکه شهر رشت به کلان شهر تبدیل شده است، ولی طراحی مسیرهای اتوبوسرانی شهر رشت از دهه ۷۰ تاکنون تغییر چندانی نکرده است و اتوبوس‌ها در مسیرهای قبلی خود به فعالیت ادامه می‌دهند. شکل ۸ نقشه گراف خطوط اتوبوس رانی درون شهری شهر رشت و زمان متوسط حرکت اتوبوس در هر مسیر را نشان می‌دهد.



شکل ۸. نقشه گراف مسیرهای اتوبوس رانی و زمان سفر

### پیش‌پردازش داده‌ها در PSO جهت مکانیابی

پس از جمع‌آوری داده‌ها، مرحله پیش‌پردازش برای آماده‌سازی داده‌ها جهت ورود به مدل‌های محاسباتی PSO آغاز می‌شود. پیش‌پردازش داده‌ها شامل پاکسازی داده‌ها، حذف نقاط نامعتبر

و نواقص و نرمال‌سازی داده‌ها برای اطمینان از دقت و کارایی مدل‌ها است. این مرحله اهمیت زیادی دارد زیرا کیفیت داده‌های ورودی تأثیر مستقیمی بر نتایج نهایی خواهد داشت.

جدول ۱. مشخصات داده‌ها در بهینه‌سازی ایستگاه‌های اتوبوس

پارامتر	مقدار
تعداد گره (تقاطع خیابان‌ها)	۲۳
تعداد یال (مسیرهای گراف)	۲۹
کمینه طول یال‌ها (متر)	۱۳۳,۲۶
میانگین طول یال‌ها (متر)	۵۹۶,۲۱
بیشینه طول یال‌ها (متر)	۲۳۷۴,۱۱

جدول ۲. توزیع فعلی ناوگان در مناطق مختلف شهر رشت

منطقه	تفاضل (تعداد کل سفرها در ۱ روز)
۱	۶۸
۲	۵۴
۳	۴۸
۴	۵۲
۵	۴۶

جدول ۳. تفاضلی سفر در حال حاضر برای اتوبوس‌ها

منطقه	تعداد اتوبوس
۱	۳۴
۲	۳۹
۳	۳۵
۴	۲۷
۵	۲۹

### پیاده‌سازی الگوریتم PSO در محیط نرم افزاری MATLAB

پارامترهایی که در الگوریتم PSO باید تنظیم شوند عبارت‌اند از: تعداد جمعیت ذرات، تعداد ابعاد (متغیرهای تصمیم)، تعداد تکرار الگوریتم، وزن اینرسی، ضریب شناختی، ضریب اجتماعی و جمعیت اولیه ذرات. این پارامترها تأثیر بسیار زیادی در همگرایی و محاسبات الگوریتم PSO دارد. در مسائل بهینه سازی به صورت معمول جمعیت اولیه‌ای بین ۳۰ تا ۵۰ ذره در نظر گرفته می‌شود. تعداد تکرارها مشخص می‌کنند که الگوریتم

چه زمانی دست از محاسبات بردارد و جواب نهایی را گزارش کند. این مقدار معمولاً به صورت سعی و خطا تعیین می‌شود و معمولاً آزمایش‌های بین ۱۰۰ تا ۱۰۰۰ تکرار با بازه ۵۰، تکرار می‌شوند. سایر پارامترها نیز در یک بازه در مسائل مشخص و با گامهای مشخص مورد بررسی قرار می‌گیرند. مقادیر پارامترهای تنظیم شده در الگوریتم PSO جهت رسیدن به بهینه‌ترین جواب ممکن به ترتیب زیر می‌باشد.

Num particles = ۵۰؛ تعداد ذرات

Num dimensions = ۲ \* Num stations؛ تعداد ابعاد x و y

Max iterations = ۱۰۰؛ حداکثر تعداد تکرار

Inertia weight = ۰٫۸؛ وزن اینرسی

Cognitive coefficient = ۱٫۵؛ ضریب شناختی

Social coefficient = ۱٫۵؛ ضریب اجتماعی

را از GIS وارد محیط نرم‌افزار MATLAB می‌کنیم تا بتوانیم الگوریتم PSO را در این نرم‌افزار اجرا کنیم.

برای جستجوی فضای حل و یافتن مجموعه بهینه مکان‌های ایستگاه که توابع هدف را بهینه می‌کنند، داده‌های پردازش شده

### تعریف تابع هدف PSO

سرعت یادگیری هر فرد به دو عامل شناخت فردی و تعامل اجتماعی فرد باز می‌گردد. تعداد تکرارها مشخص می‌کنند که

در مسائل بهینه سازی به صورت معمول جمعیت اولیه‌ای بین ۳۰ تا ۵۰ ذره در نظر گرفته می‌شود. از نقطه نظر جامعه شناسی،

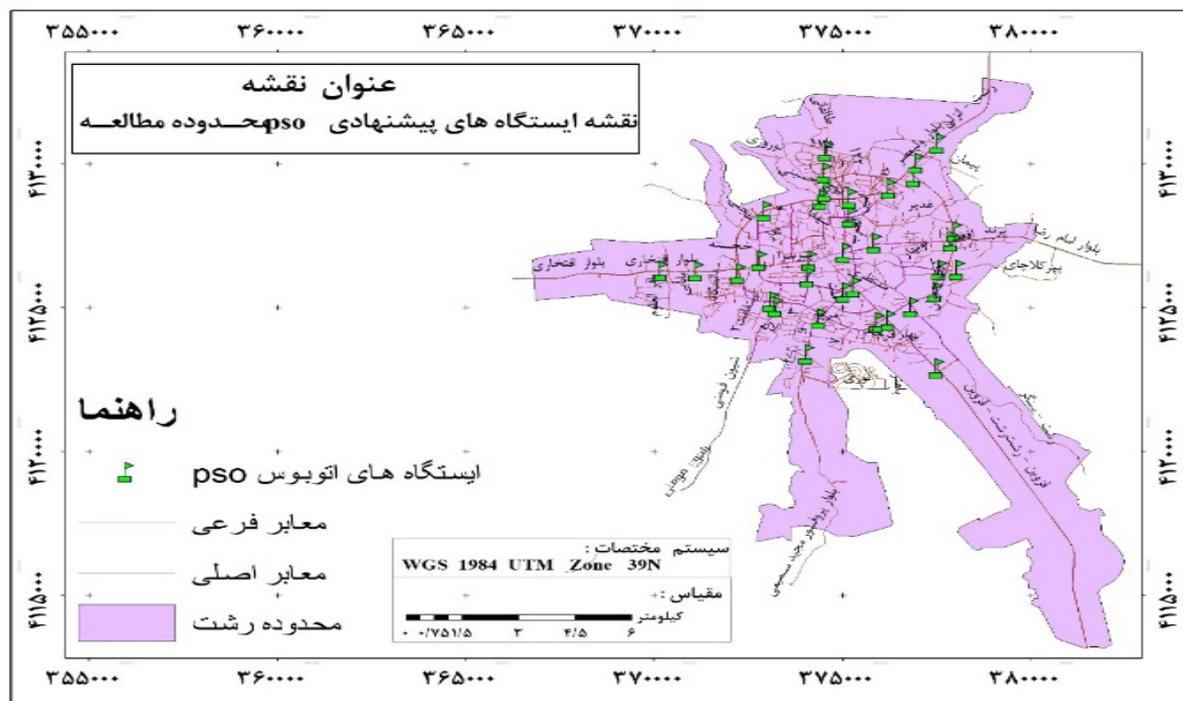
تعریف می‌شود. این تابع هدف شامل معیارهایی مانند کمینه کردن زمان کلی سفر، حداکثر کردن استفاده از ظرفیت ناوگان و رعایت محدودیت‌هایی مانند تعداد وسایل نقلیه موجود است. در نتیجه با استفاده از برنامه نویسی و اجرای الگوریتم PSO در محیط متلب جهت بهینه‌سازی فرآیند، به اهداف اصلی پروژه می‌رسیم.

الگوریتم چه زمانی دست از محاسبات بردارد و جواب نهایی را گزارش کند. این مقدار معمولاً به صورت سعی و خطا تعیین می‌شود و معمولاً آزمایش‌ها بین ۱۰۰ تا ۱۰۰۰ تکرار با بازه ۵۰ تکرار انجام می‌شوند. سایر پارامترها نیز در یک بازه در مسائل مشخص و با گامهای مشخص مورد بررسی قرار گرفته‌اند. در این مرحله، یک تابع هدف چندهدفه برای الگوریتم PSO

### اجرای الگوریتم PSO

می‌گردد. آنگاه محدودیت‌ها و شرایط اضافی بر روی مکان‌های پیشنهادی ذرات در صورت لزوم اعمال شده و الگوریتم PSO تا رسیدن به شرایط همگرایی یا تعداد تکرار از پیش تعیین شده اجرا می‌شود. در نتیجه بهترین مکان‌های ایستگاه از میان راه حل‌های نهایی ارائه شده توسط ذرات PSO انتخاب می‌گردد. نهایتاً نتایج PSO با داده‌های جغرافیایی و GIS برای تولید نقشه نهایی مکان‌های پیشنهادی جدید ایستگاه اتوبوس در شهر رشت تلفیق می‌شود.

الگوریتم PSO با استفاده از جمعیت اولیه، پارامترهای تنظیم شده و تابع هدف تعریف شده، اجرا می‌شود. در این مرحله ذرات اولیه الگوریتم PSO به صورت تصادفی و بر اساس تخمین‌های اولیه از مکان‌های احتمالی ایستگاه‌ها تعریف می‌شود. سپس موقعیت و سرعت ذرات در هر تکرار بر اساس بهترین راه حل یافته شده توسط خود ذره و بهترین راه حل کل گروه ذرات به‌روزرسانی می‌شود. مقادیر توابع هدف برای هر مجموعه مکان ایستگاه‌های پیشنهادی توسط ذرات در هر تکرار محاسبه

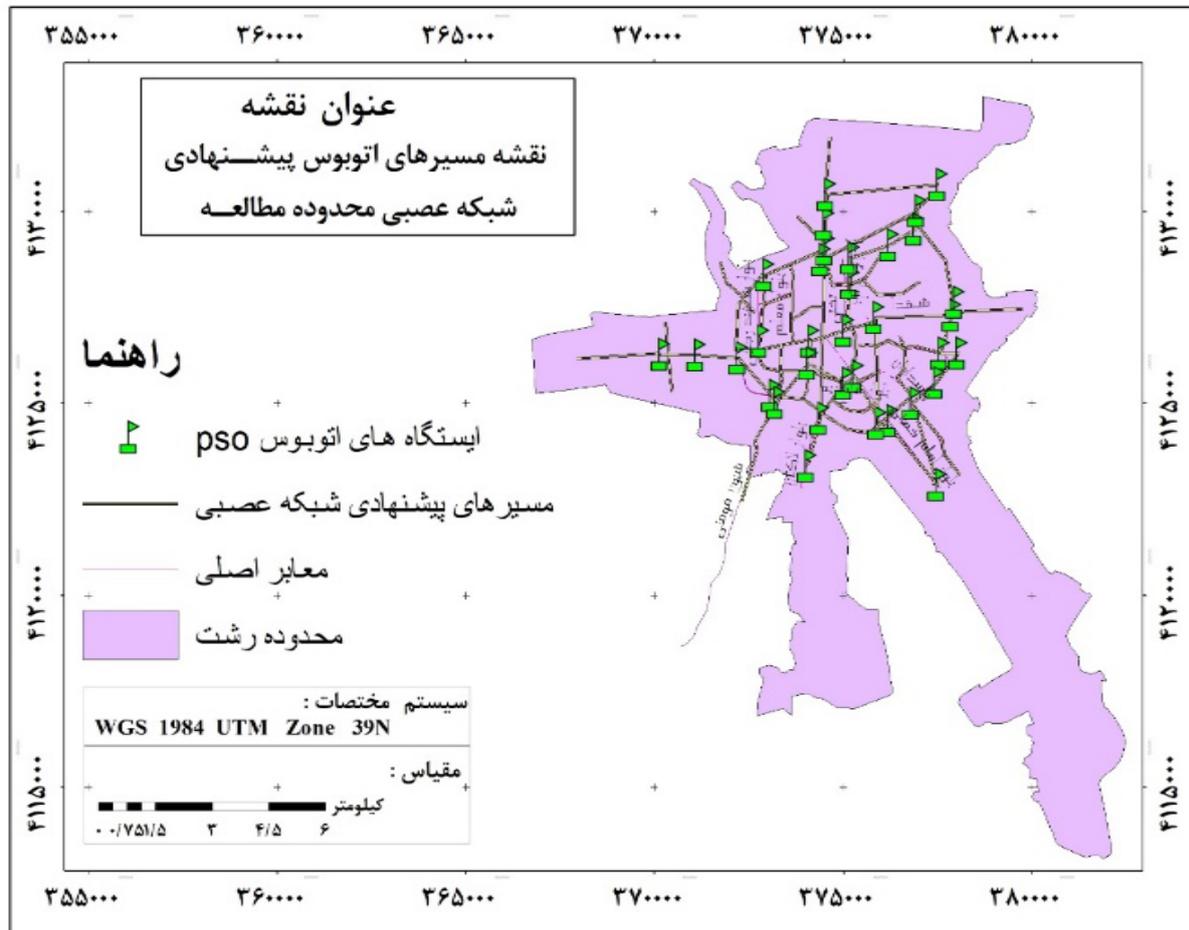


شده بود که ۲۱ مسیر آن مربوط به درون شهری و ۸ مسیر آن مربوط به حومه شهر بوده است. در مدل PSO، ۳۶ ایستگاه اتوبوس به دست آمد که ۲۶ ایستگاه مربوط به درون شهر و ۱۰ ایستگاه مربوط به حومه شهر است.

با مقایسه شکل ۴ (نقشه ایستگاه‌های اتوبوس شهر رشت) و شکل ۹ (نقشه ایستگاه‌های اتوبوس بهینه شده با استفاده از الگوریتم PSO)، تعداد ایستگاه‌های پیشنهادی برای اتوبوس به تعداد قابل توجهی افزایش یافته است. شکل ۹ نشان می‌دهد سیستم اتوبوسرانی شهر رشت و حومه در سیستم سنتی از ۲۹ ایستگاه اتوبوس تشکیل

متغیر فراهم کرده است. این روش با شبیه‌سازی رفتار جمعی ذرات در یک فضا، به جستجوی بهینه‌ترین نقاط (راه‌حل‌ها) در محیطی پیچیده پرداخته و بهترین ترکیب از ناوگان را تعیین می‌کند.

با بهره‌گیری از الگوریتم PSO و تحلیل دقیق پارامترهایی نظیر تراکم جمعیت، تقاضای سفر و شرایط ترافیکی، توزیع بهینه اتوبوس‌ها در مناطق مختلف شهر رشت محقق شده است. به‌کارگیری PSO به‌عنوان یک روش هوش مصنوعی، امکان یافتن بهترین توزیع ناوگان را با در نظر گرفتن عوامل متعدد و



را پیش‌بینی کند. این شبکه عصبی قادر است با تحلیل الگوهای پیچیده و تاریخچه ترافیک، تقاضای سفر آینده در مناطق و ساعات مختلف را پیش‌بینی کند. این پیش‌بینی‌ها برای تصمیم‌گیری‌های بهینه‌سازی و تخصیص منابع حمل و نقل بهینه، بسیار مفید و کاربردی هستند.

#### مقدار دهی در شبکه عصبی

در مقداردهی اولیه به گره مبدأ، مقدار صفر و به سایر گره‌ها، مقدار بی‌نهایت اختصاص داده می‌شود. سپس مجموعه گره‌های بازدید نشده ایجاد می‌شود.

مقایسه جدول ۲ و ۴ نشان دهنده توزیع بهینه اتوبوس‌ها در مناطق مختلف شهر رشت می‌باشد.

جدول ۴. توزیع بهینه اتوبوس‌ها با PSO

منطقه	تعداد اتوبوس
1	47
2	42
3	39
4	36
5	33

#### پیش‌پردازش داده‌ها در شبکه عصبی جهت مسیریابی

با استفاده از داده‌های تاریخی جمع‌آوری شده در مراحل قبلی، یک شبکه عصبی آموزش داده می‌شود تا تقاضای سفر در آینده

تغییرات سیستم حمل و نقل شهری، نقش بسزایی در بررسی سیر تحول ساختار شهرها ایفا می‌کند. از جمله اجزای مهم سیستم حمل و نقل درون شهری، سیستم حمل و نقل اتوبوسرانی می‌باشد، لذا بسیار ضروری است که ایستگاه‌های اتوبوس با توجه به در نظر گرفتن عوامل موثر از جمله تقاضای نقاط جمعیتی، دسترسی به تسهیلات شهری و غیره، به گونه‌ای در سطح معابر شهری توزیع شوند که سیستم حمل و نقل اتوبوسرانی و تاکسی‌رانی توانایی پاسخ به تقاضاهای موجود را داشته‌باشد. برای حل مسأله ترافیک تاکنون رویکردهای مختلفی همچون توسعه معابر، تشویق مردم برای استفاده از وسایل نقلیه عمومی، هوشمند کردن چراغ‌های راهنمایی تقاطع‌ها، مسیریابی و هدایت هوشمند خودروها و غیره پیشنهاد شده است و بسیاری از آنها مورد استفاده قرار گرفته‌اند. در شهر رشت، نیز در طی سال‌های اخیر همگام با توسعه فرآیندها در شهرنشینی و رشد جمعیت، تقاضا برای سفرهای درون شهری افزایش قابل توجهی داشته است و موجب بروز مشکلات ترافیکی در سطح خیابان‌های شهر گردیده است. با استفاده از الگوریتم بهینه‌سازی PSO، در این پژوهش، مکان‌های بهینه‌ای برای احداث ایستگاه‌های جدید اتوبوس در شهر رشت مشخص گردید که معیارهای چندگانه از جمله دسترسی، پوشش جمعیتی، فاصله از تقاطع‌ها و ... را همزمان بهینه می‌کنند. استفاده از PSO این امکان را فراهم می‌کند تا فضای جستجوی گسترده‌ای از مکان‌های بالقوه ایستگاه را جستجو کرده و بهترین مکان‌ها برای ایستگاه‌های جدید را مشخص نماید. به نظر می‌رسد بصورت تئوری توزیع بهینه ناوگان با استفاده از الگوریتم PSO توانسته است تا بهبودهای قابل توجهی در سیستم حمل و نقل عمومی شهر رشت ایجاد کند که این امر در مقایسه با نقشه‌های تولید شده ایستگاه‌های پیشنهادی برای اتوبوس‌ها مشهود است. افزایش تعداد اتوبوس‌ها در مناطق با تقاضای بالا و کاهش یا حفظ تعداد در مناطق با تقاضای کمتر، نشان‌دهنده تطبیق بهتر ناوگان با نیازهای شهری است. این بهینه‌سازی‌ها می‌تواند منجر به افزایش کارایی، کاهش زمان انتظار مسافران و بهبود کلی تجربه کاربران شود. همچنین، تحلیل دقیق داده‌ها و به‌کارگیری فناوری‌های نوین در مدیریت ناوگان، فرصت‌های جدیدی برای بهبود مستمر و ارتقاء کیفیت خدمات حمل و نقل عمومی فراهم می‌آورد. زمان سفر کلی در همه مسیرها، از مجموع زمان صرف‌شده برای انجام سفرها توسط ناوگان اتوبوس‌رانی در یک دوره مشخص یک

پیاده سازی الگوریتم شبکه عصبی در محیط نرم افزاری

## MATLAB

از بین گره‌های بازدید نشده، گره‌ای انتخاب می‌شود که کمترین مقدار را دارد. سپس برای هر همسایه گره انتخاب‌شده، مقدار جدید محاسبه می‌شود. اگر مقدار جدید از مقدار فعلی همسایه کمتر بود، مقدار همسایه به‌روزرسانی می‌شود. در نتیجه گره انتخاب‌شده از مجموعه گره‌های بازدید نشده حذف می‌شود و تا زمانی که همه گره‌ها بازدید شوند، این مراحل تکرار می‌گردد.

## ۴- خروجی و ارزیابی نتایج

پس از اجرای الگوریتم PSO، توزیع بهینه ایستگاه‌های اتوبوس‌ها و تاکسی‌ها در مناطق مختلف به‌دست می‌آید. همچنین، مسیرها و زمانبندی بهینه برای ناوگان مشخص می‌شود. نتایج به‌دست آمده از نظر کاهش زمان سفر، افزایش کارایی و سایر معیارها ارزیابی می‌شوند. این نتایج به‌صورت نقشه‌ها، داشبوردها و گزارش‌ها ارائه می‌شوند تا برای مدیران شهری و تصمیم‌گیرندگان قابل استفاده باشند. تحلیل نهایی به مدیران کمک می‌کند تا تصمیمات بهتری در مورد بهبود سیستم حمل و نقل عمومی بگیرند و خدمات بهتری به شهروندان ارائه دهند. با استفاده از شبکه‌های عصبی و داده‌های تاریخی، الگوهای تقاضای سفر در مناطق و ساعات مختلف با دقت بیشتری پیش‌بینی شده است. این امر به برنامه‌ریزی و تخصیص منابع ناوگان (تعداد اتوبوس‌ها) در هر منطقه کمک می‌کند تا از اتلاف منابع جلوگیری شود و تقاضا به خوبی پوشش داده شود. در نتیجه نقشه مسیرهای پیشنهادی در شبکه عصبی منطبق بر ایستگاه‌های ارائه شده در PSO می‌باشد. این روش با ترکیب قدرت شبکه‌های عصبی در پیش‌بینی و الگوریتم PSO در بهینه‌سازی، یک چارچوب جامع برای بهبود سیستم حمل و نقل عمومی شهری ارائه می‌دهد. با استفاده از داده‌ها و هدف‌سازی مناسب، می‌توان این روش را برای شهرهای مختلف اجرا و اصلاح کرد.

## ۵- نتیجه‌گیری

شبکه حمل و نقل تشکیل دهنده استخوان‌بندی اصلی فضایی شهرها بوده و دارای تأثیراتی بنیادین بر شکل و جهت‌گیری توسعه درون شهری است. از همین رو شناخت و پیش‌بینی

منتهی به شهرداری و میدان توشیبا، مسیرهای جدیدی را با توجه به ایستگاه‌های پیشنهادی PSO ارائه دادند تا در این مسیرها با زمان سفر کمتری مسافرت درون شهری صورت گیرد، که در نقشه نهایی مدل شبکه عصبی نشان داده شده است.

-نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که فناوری‌های هوش مصنوعی می‌توانند نقش مهمی در بهبود سیستم‌های حمل و نقل شهری داشته باشند.

پیشنهاد می‌شود به منظور مقایسه الگوریتم پیشنهادی با سایر الگوریتم‌های فراابتکاری، این مسئله توسط سایر روش‌های فراابتکاری دیگر نیز حل شده و نتایج با یکدیگر مقایسه گردد. همچنین از ادغام سیستم‌های حمل و نقل هوشمند و فناوری‌های نوین مانند حسگرها و اینترنت اشیا برای جمع‌آوری داده‌های لحظه‌ای از ترافیک و تقاضای سفر و بهینه‌سازی پویای مکان ایستگاه‌ها می‌توان استفاده کرد.

با ایجاد یکسری امکانات روی دستگاه‌های اتوبوس مثل دستگاه‌های GPS روی اتوبوس‌ها و ایجاد مانیتورهایی در هر ایستگاه به گونه‌ای که با اندازه‌گیری محل اتوبوس و اطلاعاتی مثل حجم ترافیکی محل، در آن بازه زمانی و طول خیابان، زمان رسیدن اتوبوس را تخمین زد. اگرچه اجرای این گونه پروژه‌ها مستلزم هزینه می‌باشد، ولی رضایت بیشتر مسافران را به دنبال خواهد داشت.

در کارهای آتی می‌توان توابع هدف بیشتری به مدل اضافه نموده و با اعمال تغییراتی بر محدودیت‌های مدل، از آن برای سایر سامان‌های حمل و نقل عمومی در کاهش ترافیک، کاهش آلودگی‌ها، ایمنی و سرعت مناسب استفاده کرد.

همچنین می‌توان تاثیر مکان یابی ایستگاه‌ها بر روی دسترسی به خدمات شهری، کیفیت زندگی و توسعه پایدار شهری را مورد مطالعه قرار داد.

## ۶- مراجع

-ابوالحسینی، سینا، مسگری، محمدسعدی و محمدی سلیمانی، رضا، (۱۳۹۹). الگوریتم بهینه‌سازی ذرات ازدحامی تعدیل شده به منظور حل مسأله مکان یابی بر روی معابر شهری (مطالعه موردی: مکان یابی ایستگاه‌های پلیس راهنمایی و رانندگی)، نشریه علمی مهندسی فناوری اطلاعات مکانی، سال هشتم، شماره سوم، پاییز، ۸ (۳)، ۱۹-۱.

روزه ۲۱۶۵ دقیقه محاسبه گردیده است. شکل ۸ نقشه گراف مسیرهای اتوبوس رانی و زمان سفر را نمایش می‌دهد. در این نقشه روی تمام گراف‌ها میزان متوسط زمان طی شده اتوبوس در آن مسیر مشخص گردیده است. زمان مد نظر از طریق مسافت و متوسط سرعت اتوبوس و تحلیل‌های آماری محاسبه گردیده است. با بهینه‌سازی مسیرها و زمانبندی ناوگان با استفاده از ترکیب PSO و شبکه‌های عصبی، زمان سفر کلی مسافران از ۲۱۶۵ دقیقه به ۱۵۰۰ دقیقه کاهش یافته است. این یعنی حدوداً ۳۰٪ کاهش در زمان سفر که می‌تواند منجر به صرفه جویی در وقت و هزینه برای مسافران و افزایش رضایت مندی آنها شود. با توزیع بهینه و برنامه‌ریزی مناسب مسیرها و زمانبندی، میزان استفاده از ظرفیت کل ناوگان از ۶۵٪ به ۷۹٪ افزایش یافته است. این یعنی ۱۴٪ افزایش در کارایی و بهره‌وری ناوگان که می‌تواند منجر به کاهش هزینه‌های عملیاتی و افزایش سودآوری شود.

نتایج نشان داد که ترکیب مکان‌های پیشنهادی حاصل از PSO از پوشش جغرافیایی و دسترسی بهتری برای ساکنان شهر رشت برخوردار است. همچنین از نظر تعداد کل ایستگاه‌های مورد نیاز، راه حل PSO کارآمد بوده است.

نهایتاً در این پژوهش نتایج ذیل بدست آمده است.

-با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی، الگوریتم PSO و شبکه عصبی، مکان بهینه برای ایستگاه‌های جدید اتوبوس در شهر رشت و مسیر تردد آن‌ها مشخص گردید.

-مشاهده گردید ایستگاه‌های موجود با توجه به نقشه پیشنهادی در وضعیت مناسبی قرار دارند، اما به دلیل کمبود ایستگاه‌ها و پوشش محدود آنها، از کیفیت مطلوبی برخوردار نیستند.

-نقشه نهایی حاصل از تحلیل‌ها، مناطقی را که نیاز به احداث ایستگاه جدید اتوبوس دارند، را نشان دادند.

-روش تلفیقی شبکه‌ی عصبی و PSO توانست مکان‌های مناسب برای ایستگاه‌های جدید را با در نظر گرفتن معیارهای مختلف از جمله دسترسی، ارزش اقتصادی زمین، فاصله از مراکز تجاری و خدمات شهری و غیره شناسایی نماید.

-کاهش زمان سفر و افزایش کارایی ناوگان، می‌تواند منجر به صرفه‌جویی در هزینه‌ها، افزایش رضایتمندی مشتریان و کاهش انتشار آلاینده‌ها و گازهای گلخانه‌ای شود.

-توزیع بهینه ناوگان در مناطق مختلف، دسترسی عادلانه‌تر به خدمات حمل و نقل عمومی را فراهم می‌نماید.

-مسیرهای ارائه شده در این پژوهش در خیابان‌های پرتراffic شهر رشت از جمله خیابان مطهری، خیابان بیستون، خیابان‌های

شفیعی نیک آبادی، محسن، ملائی، احسان و اخوان راد، مهسا، (۱۴۰۰). بهینه‌سازی چندهدفه مسیریابی حرکت خودرو تحت شرایط عدم قطعیت با تأکید بر اقدامات سبز-ناب و رضایت مشتری (مورد مطالعه: شرکت شهید پاک)، فصلنامه علمی پژوهشنامه حمل و نقل، سال هجدهم، دوره اول، شماره ۶۶، بهار، ۱۳۴-۱۱۳.

-صالحیان، فرهاد، توکلی مقدم، رضا و نوروزی، نرگس، (۱۳۹۶). حل مسأله مسیریابی وسایط نقلیه با در نظر گرفتن رضایت مندی مشتریان و کاهش انرژی مصرفی با الگوریتم زنبور عسل، فصلنامه مهندسی حمل و نقل، سال یازدهم، شماره دوم، پیاپی ۴۳، ۳۱۱-۲۹۹.

-صلواتی، علیرضا و حق شناس، حسین (۱۳۸۹)، یکپارچه سازی سیستم حمل و نقل عمومی به روش AHP مطالعه موردی: شهر اصفهان. مجموعه مقالات هشتمین کنفرانس مهندسی حمل و نقل و ترافیک ایران، ۱۳-۱۲.

-عزیزی، زینب (۱۳۹۷). بهینه سازی سیستم حمل و نقل عمومی با استفاده از الگوریتم بهینه‌سازی انبوه ذرات با بردار ارزیابی - مطالعه موردی در سازمان اتوبوسرانی، مهندسی حمل و نقل، سال نهم، شماره سوم، بهار.

-حسینی، سیدمحمدحسن، و حسنی، علی اکبر (۱۳۹۷). مدل سازی و حل مسئله مسیریابی وسایل نقلیه (VRP) در بخش توزیع زنجیره ی تامین با در نظر گرفتن محدودیت تردد (یادداشت فنی). مهندسی صنایع و مدیریت (شریف ویژه علوم مهندسی)، ۱-۳۴(۱/۱)، ۱۵۵-۱۴۷.

-قوامی، سیدمرسل، علی کریمی و سعدی مسگری، محمد (۱۳۹۰). ارزیابی خطوط اتوبوسرانی با استفاده از سامانه اطلاعات مکانی و تحلیل پوششی داده‌ها، مطالعه موردی: خطوط اتوبوس رانی تهران، نشریه مهندسی حمل و نقل، سال دوم، شماره ۳، ۲۷۱-۲۶۱.

-گلایی، محمدرضا، آخوندعلی، علی محمد و رادمش، فریدون، (۱۳۹۲). مقایسه عملکرد الگوریتم‌های مختلف شبکه عصبی مصنوعی در مدل‌سازی بارندگی فصلی مطالعه موردی؛ ایستگاه‌های منتخب استان خوزستان، نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، سال سیزدهم، شماره ۳۰، پاییز.

-مسعودی، شقایق، جوانشیر، حسن، توکلی مقدم، رضا، (۱۳۹۳). حل مسأله مسیریابی وسایط نقلیه ناهمگن چند قرارگاهی با پنجره زمانی توسط الگوریتم تکامل دیفرانسیلی چند

-بابازاده، عباس و غلامی شه‌بندی، مهرداد (۱۳۹۶). مقایسه الگوریتم‌های گرادیان و PSO در تصحیح ماتریس مبدأ-مقصد کلان شهر تهران، نشریه مهندسی عمران (شریف ویژه مهندسی عمران)، دوره ۳۳-۲، شماره ۱/۱، ۳-۹.

-بهبهانی، حمید و صحاف، علی (۱۳۸۹). بررسی اثرات ایجاد محدوده طرح ترافیک در مرکز شهرها مطالعه، موردی: شهر مشهد، دومین کنگره ملی مهندسی عمران، ۷-۶.

-بهزاد، رضا؛ افشین شریعت مهیمنی و محمود احمدی نژاد، (۱۳۹۱). ارائه روش ابتکاری طراحی شبکه اتوبوسرانی با استفاده از نظریه گراف، پژوهشنامه حمل و نقل، سال نهم، شماره ۴، ۳۷۱-۳۵۹.

-جبباری، الهام و سعیدی، شهرام (۱۳۹۸). یک روش جدید برای حل مسئله حمل و نقل عمومی با استفاده از برنامه‌ریزی خطی و الگوریتم فراابتکاری ترکیبی PS-ACO، فصلنامه مهندسی حمل و نقل، سال یازدهم، شماره دوم، زمستان، پیاپی ۴۳، ۳۷۱-۳۵۳ -مصیب زاده، نازیلا و مدرس خیابانی، فرزین (۱۳۹۹). بررسی مقایسه‌ای الگوریتم‌های فرا ابتکاری برای مسیریابی وسیله نقلیه پویا به منظور بهره‌وری و کارایی سیستم‌های حمل و نقل، مدیریت بهره‌وری، سال دهم، شماره چهل، بهار.

- خمر، غلامعلی، پاسبان عیسی‌لو، وحید و مژگان، نگاره (۱۳۹۵). مطالعه تطبیقی الگوریتم اجتماع مورچگان و ژنتیک در مسیریابی بهینه (مطالعه موردی: شهر پارس‌آباد و حومه)، مهندسی حمل و نقل، سال هشتم، شماره سوم، ۴۰۴-۳۸۹.

-رضایی، علی و اصغرزاده، محمد (۱۳۸۷). ارزیابی گزینه‌های پیشنهادی برای حمل و نقل همگانی شهر مشهد، چهارمین کنگره ملی مهندسی عمران، دانشگاه تهران، ۱۵-۱۴.

-ساعی، ساويز، توکلی مقدم، رضا، علینقیان، مهدی (۱۳۹۴). مدل‌سازی ریاضی جدید برای مسیریابی وسایل نقلیه چند دپو در شرایط بلایای طبیعی و حل آن با الگوریتم بهینه سازی ذرات انبوه، پژوهشنامه حمل و نقل، سال دوازدهم، شماره اول، بهار، ۵۲-۳۷.

سیدابریشمی، سیداحسان، خانزاد، ایران، زرین مهر، امیرعلی و ممدوحی، امیررضا (۱۳۹۵). ارائه یک روش ابتکاری برای طراحی خطوط شبکه حمل و نقل همگانی با استفاده از الگوریتم تولید مسیر، مهندسی حمل و نقل، سال هشتم، شماره چهارم.

۶۵۴-۶۴۳.

- algorithm, *Ocean Engineering*, Vol. 216, 15, November 107693.
- Ho, S. C. and Haugland, D. (2004). A tabu search heuristic for the vehicle routing problem with time windows and split deliveries. *Computers and Operations Research*, Vol. 31, No. 12, 1947-1964.
- Hopeld, J.J. and Tank, D.W. (1985). Neural computation of decisions in optimization problems. *Biological Cybernetics*, (52), 141-152.
- Jain, N. K., Nangia, Uma, Jain, Jyoti, A (2018). Review of Particle Swarm Optimization, *Journal of The Institution of Engineers (India): Series B* Vol. 99, 407-411.
- John, H. Anders, K. and Richard, G.P. (1991). The theory of neural computation. *Addison-Wesley*.
- Kayri, M. (2016). Predictive Abilities of Bayesian Regularization and Levenberg–Marquardt Algorithms in Artificial Neural Networks: A Comparative Empirical Study on Social Data, *Journal of Math. Comput. Appl.* 21: 1-11.
- Kennedy J. and Eberhart R. C. (1995). Particle swarm optimization. Proc., IEEE Int. Conf. on Neural Networks IV, IEEE Service Center, Piscataway, NJ, 1942-1948.
- Kuo, Y. (2010). Using simulated annealing to minimize fuel consumption for the Time dependent vehicle routing problem. *Computers and Industrial Engineering*, Vol. 59, No. 1, 157-165.
- Laport, G., Mercure, H. and Nobert, Y. (1992). A branch and bound algorithm for a class of asymmetrical vehicle routing problems. *Journal of Operational Research Society*, Vol. 43, No. 5, 469-481.
- Larsen J., El-Geneidy A. (2011). A Travel behavior analysis of urban cycling facilities in Montreal Canada, *ransportation Research Part D* 16, Elsevier. *Content lists available at Science Direct*.
- Lee S., Ryu, J. H., Lee, M. J., & Won J, S. (2006). The Application of artificial neural networks to landslide susceptibility mapping at Janghung, Korea, *Mathematical Geology*, 38: (2), 199-202.
- Levy, C., (2019). Travel Choice Reframed: “Deep Distribution” and Gender in Urban Transport: From One to Many Tracks, *ravel Choice Reframed: Deep Distribution and Gender in Urban Transport, From One to Many Tracks, Integrating Gender into Transport Planning, From One to Many Tracks*, 43-65.
- هدفه، مهندسی حمل و نقل، سال ششم، شماره دوم. صفحه ۳۲۵-۳۴۰.
- مصیب زاده، نازیلا و مدرس خیابانی، فرزین (۱۳۹۶). بررسی مقایسه‌ای الگوریتم‌های فرا ابتکاری برای مسیریابی وسیله نقلیه پویا به منظور بهره‌وری و کارایی سیستم‌های حمل و نقل، مدیریت بهره‌وری، سال دهم شماره چهل، ۲۸۷-۳۱۰.
- نقدی، اسداله (۱۳۸۹). دیدگاه‌های شهروندان همدانی درباره خصوصی سازی اتوبسرانی شهری، فصلنامه تخصصی علوم اجتماعی دانشگاه آزاد اسلامی- واحد شوشتر، سال چهارم، شماره ۸، ۱۹۱-۲۱۲.
- Bielli. M, Boulmakoul. A, Mouncif. H., (2006). Object Modeling and path computation for Multimodal Travel Systems. *European Journal of Operational Research*, 1705-1730.
- Boding, L. Golden, B. Assad, A. and Ball M. (1983). Routing and scheduling of vehicles and crews. *Computer & Operations Research*, (10). 163-221.
- Campbell, Ann Melissa, Vandenbussche, Dieter, and Hermann, William (2008). Routing for relief efforts. *Transportation Science*, 42, (2), 45-127.
- Clarke, C. and Wright, J. Q. (1994). Scheduling of vehicle from a central depot to a number of delivery points. *Operations Research*, Vol. 12, No. 4, 568-581.
- Dantzig, G. and Ramser, J. H. (1959). The truck dispatching problem. *Management Science*, Vol. 6, No. 1, 80-91.
- Dessouky, M., Hall, R., Zhang L., Singh, A. (2003). Real-time control of buses for schedule coordination at a terminal. *Transportation Research Part A*, Vol. 37, 145-164.
- Eberhart, Russell, and James Kennedy (1995). A new optimizer using particle swarm theory. In *MHS' 95, Proceedings of the Sixth International Symposium on Micro Machine and Human Science, IEEE*. 39-43.
- Grazi F., Jeroen C.J.M van den B. (2008). Spatial organization, Transport, and climate change: Comparing instrument of spatial planning and policy, *Sciencedirect, Ecological economics* (67). 630-639.
- Guoet, Xinghai, Ji, Mingjun, Zhao, Ziwei, Wen, Dusu, Zhang, Weidan, (2020). Global path planning and multi-objective path control for unmanned surface vehicle based on modified particle swarm optimization (PSO)

Recherche sur les Transports, *University of Montreal*.

-Rahul, T., Verma, M., Dixit, M., (2015). Sustainability impact assessment of transportation policies a case study for Bangalore city, *Case Studies on Transport Policy*, Vol 3, 321-330.

-Reimann, M., Stummer, M. and Doerner, K. (2002). A savings based ant system for the vehicle routing problem. W.B. Langdon, et al. (Eds.) Kaufmann, M. (GECCO 2002) *Proceedings of the Genetic and Evolutionary Computation Conference*, San Francisco .

-Rodrigue J.-P. & Comtois C. & Slack B. (2009). *The Geography of Transport Systems* Imprint. *Routledge*.

-Sherma, B., & Venugopalan, K. (2014). Comparison of Neural Network Training Functions for Hematoma Classification in Brain CT Images. *Journal of Computer Engineering (IOSRJCE)*, 16, 31-35.

-Singh, Gurwinder, Singh, Amarinder, (2021). Extension of particle swarm optimization algorithm for solving transportation problem in fuzzy environment, *Applied Soft Computing*, olume 110, October 107619.

-Steeb, Willi, Hanse, (2005). *The Nonlinear Workbook*, Third Edition, Johannesburg: World Scientific Publishing Co., 644-645.

-Ubeda S., Arcelus, F. J. and Faulin, J. (2011). *Green logistics at Eroski: A case study*. *International Journal of Production Economics*, Vol. 13, No. 1, 44-51.

-Lois, D., Monzón, A., Hernández, S., (2018). Analysis of satisfaction factors at urban transport interchanges: Measuring travellers' attitudes to information, *Security and Waiting, Transport Policy*, Vol 67, 49-56.

-Mcarthur, E., Robin, J., (2019). Socio-spatial and temporal dimensions of transport equity for London's night time economy, *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, Vol 121, 433-443.

-Menhaj, M. (2002). *Neural Networks and Artificial Intelligent Basic*. First edition AmirKabir University. Press, 350, (In Persian).

-Moghaddamnia, A., Ghafari Gousheh, M., Piri, J., Amin S., & Han D. (2009). Evaporation estimation using artificial neural networks and adaptive neuro-fuzzy inference system techniques. *Advances in Water Resources*. 32, 88-97. (In Persian).

-Norouzi, N., Sadegh-Amalnick, M. and Tavakkoli-Moghaddam, R. (2017). Modified particle swarm optimization in a time dependent vehicle routing problem: minimizing fuel consumption. *Optimization Letters*, Vol. 11, No. 7, 121-134.

-Peterson, H., (2009). Decision Support for Planning of multimodal Transportation with Multiple Objectives, Thesis, *Technical University of Denmark*.

-Potvin, J. Y. and Bengio, S. (1994). A genetic approach to the vehicle routing problem with time windows. publication CRT-953, Centre de

# Studying the Distribution of Public Fleets Using PSO Algorithms and Neural Networks

*Abbas Tari, M.Sc., Grad., Department of Mapping, GIS, Islamic Azad University,  
Ramsar Branch, Mazandaran, Iran.*

*Dr. Sahar Alian, Assistant Professor, Department of Civil Engineering,  
Rahman Institute of Higher Education, Ramsar, Mazandaran, Iran.*

**E-mail: [abbastari1363@gmail.com](mailto:abbastari1363@gmail.com)**

Received: September 2025- Accepted: February 2026

## **ABSTRACT**

The issue of movement, transportation, and transfer of goods and services has long been important to humans, and due to this necessity, humans have always sought ways to meet this important need. Over the past eras, as societies have become larger and more advanced, the complexity of transportation has also increased. In this research, we are trying to be effective by combining two algorithms: PSO and neural network to optimize transportation locations and routes, as well as manage travel time in public transportation. In the first stage, various data are collected to perform optimal location and distribution of the transportation fleet, including the network of streets and passages in the city of Rasht, the location of bus stops, the origin-destination matrix, and travel demand at different times. Then, preprocessing is initiated to prepare the data for entry into the PSO computational models. This algorithm is defined and executed using the initial population, adjusted parameters, and the objective function. The PSO results are combined with geographic data to produce a final map of proposed new bus stop locations in Rasht. In the second stage, the neural network is initialized for routing. The source node is assigned a value of zero and the other nodes are assigned an infinite value. Then, a set of unvisited nodes is created. Among the unvisited nodes, the node with the lowest value is selected and removed from the set of unvisited nodes. This process is repeated until all nodes are visited and optimal paths are defined. The results show that the proposed route map in the neural network matches the stations provided in PSO.

**Keywords:** Value of Time, Route Optimization, Public Fleet Distribution, Fuel Reduction