Archive of SID

# طراحی و شبیه سازی ترکیبی سیستم پویای حمل‌ونقل عمومی برون‌شهری با استفاده از سیستم استنتاج فازی مبتنی بر شبکه عصبی و الگوریتم دیکسترا

مریم رحمتی، دانش‌آموخته دکتری، گروه مدیریت صنعتی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

رضا رادفر (مسئول مکاتبات)، استاد، گروه مدیریت صنعتی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

عباس طلوعی اشلقی، استاد، گروه مدیریت صنعتی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

نازنین پیله وری سلماسی، دانشیار، گروه مدیریت صنعتی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد یادگار امام خمینی (ره)، شهر ری، ایران

Email: radfar@gmail.com

دریافت : ۱۳۹۷/۰٤/۰٦ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۹/۰۵

چکیده

*امروزه نقش و سهم چشم‌گیر حمل‌ونقل در برنامه های توسعه پایدار انکارناپذیر و قابل تأمل است. بسیاری از صاحبنظران معتقدند که هرچه حمل‌ونقل کارآمدتر باشد، توسعه فراگیرتر است. درمقابل، ناکارآمدی سیستم حمل‌ونقل، عوارض جدی محیطی همانند آلودگی هوا و پیامدهای منفی اجتماعی و اقتصادی را به دنبال خواهد داشت. در این راستا، هدف از پژوهش حاضر، طراحی و شبیه-سازی سیستم پویای حمل‌ونقل عمومی برون‌شهری با استفاده از سیستم استنتاج فازی مبتنی بر شبکه عصبی و الگوریتم دیکسترا است. روش انجام این پژوهش از نقطه نظر هدف، توسعه‌ای - کاربردی و از نظر اجرایی، تحلیلی - توصیفی است و از هر دو روش کتابخانه‌ای و میدانی برای جمع‌آوری داده‌ها و اطلاعات پژوهش استفاده گردیده‌است. درپژوهش حاضر، با بهره‌گیری از نرم‌افزار سیمیولینک و با استفاده از توابع متلب، دو مدل شبیه‌سازی مربوط به سیستم فعلی و سیستم پیشنهادی حمل‌ونقل عمومی برون‌شهری طراحی وبه مدت یک هفته اجرا شدند. با هدف قرابت بیشتر عملکرد شبیه‌ساز با واقعیت، سیستم استنتاج فازی مبتنی بر شبکه عصبی (ANFIS) برای تخمین ترافیک مسیرها، الگوریتم خوشه‌بندی فازی c- میانگین(FCM) برای تعیین تعداد مسافرین مراجعه‌کننده به ترمینال هر شهر و بالأخره الگوریتم دیکسترا (Dijkstera) برای مسیریابی بهینه مسافرین از مبدأ به مقصد بکار گرفته شده‌است. در ادامه، نتایج حاصل از اجرای دو مدل شبیه‌سازی با یکدیگر مقایسه گردیدند. طبق نتایج در سیستم پیشنهادی با مدت زمان درنظر گرفته‌شده، میزان استفاده مسافرین از اتوبوس نسبت به تاکسی۸/۲٪ افزایش، میزان استفاده از ظرفیت اتوبوس‌ها ۱۲/۶۶٪ افزایش و مجموع کرایه‌های پرداختی توسط مسافرین ۱۷۵۱۰ تومان کاهش را نشان داد. نتایج بدست آمده حاکی از آن است که سیستم پیشنهادی، سیستم مناسبی جهت بهینه‌سازی مصرف سوخت، کاهش آلودگی محیط زیست، صرفه‌جویی در هزینه و زمان و جلب رضایت مسافرین است.*

**واژه های کلیدی**: الگوریتم دیکسترا، حمل‌ونقل برون شهری، سیستم پویا، ، سیستم استنتاج فازی مبتنی بر شبکه عصبی، شبیه سازی



www.SID.ir

Archive of SID



## ۱. مقدمه

سیستم حمل‌ونقل یکی از اجزای جدایی ناپذیر اقتصاد است. سلامت اجتماعی و اقتصادی یک منطقه تا حد زیادی بر عملکرد سیستم حمل‌ونقل آن وابسته است. سیستم حمل‌ونقل نه تنها تسهیلاتی برای جابجایی و تحرک ارائه می‌دهد، بلکه در درازمدت بر الگوهای رشد و سطح فعالیت اقتصادی یک منطقه، از طریق دسترسی به مناطق مختلف تأثیر می‌گذارد[Li and DaCosta, 2013]. بسیاری از صاحبنظران به دلیل اهمیت حمل‌ونقل در بخش اقتصاد، صنعت، سیاست و حتی نظامی آن را زیربنای توسعه پایدار می‌دانند و معتقدند که هرچه حمل‌ونقل کارآمدتر باشد، توسعه فراگیرتر است. به عبارتی دیگر هرجابه‌جایی می‌بایست بیشترین کارآیی را از نظر هزینه – سود و همچنین از نظر سازگاری با محیط زیست داشته باشد [Ostadijafari and Rasafi,2013]. در مقابل، ناکارآمدی سیستم حمل‌ونقل، عوارض جدی محیطی همانند آلودگی هوا و پیامدهای منفی اجتماعی و اقتصادی را به‌دنبال خواهد داشت و باعث نا کارآمدی عملکرد شهرها می‌گردد. از نظر تاریخی، به موازات رشد و توسعه اقتصادی، نیاز به حمل ونقل نیز افزایش می‌یابد و به تبع آن، با گسترش فعالیت های حمل‌ونقلی، عوارضی همانند افزایش مصرف انرژی و آلودگی های محیطی شدت می‌گیرند [Hutchison, 2010]. روند چهل سال اخیر فعالیت های حمل ونقلی در سطح جهانی، حا کی از افزایش سطح وابستگی به خودرو و تغییر در سبک زندگی اجتماعی است که به دنبال خود، افزایش حساسیت نسبت به اثرات زیست محیطی و همچنین بازتاب های آن در حوزه سلامت را به همراه داشته است. نقش بسیار مهم حمل‌ونقل در زندگی روزمره و ناتوانی مسیرهای حمل‌ونقل در قبال پذیرش هر حجم از تردد و لزوم پیشگیری از حوادث، اهمیت برنامه ریزی حمل‌ونقل را نمایان می‌کند. از طرفی برنامه‌ریزی حمل‌ونقل بدون داشتن اطلاعات تردد جاده‌ای غیر ممکن است [Yaqubi and Hosseini, 2009]. مشکلات حمل‌ونقل در کشورهای در حال توسعه که تحت الگوی فعلی حمل‌ونقل و فشارهای برخاسته از رشد اقتصادی سریع هستند، بهبود نخواهند یافت. در نتیجه، پیش‌بینی می شود که شلوغی، آلودگی و تأثیرات منفی بر سلامت و مصرف انرژی، افزایش یابد. سازمان بهداشت جهانی[1] در سال ۲۰۰٤ پیش‌بینی کرد که تصادفات جاده‌ای با بیش از دو میلیون مرگ‌ومیر در سال، پنجمین علت مرگ‌ومیر در سال۲۰۳۰ خواهد بود. آژانس بین المللی انرژی[2] نیز در سال ۲۰۱۰ پیش‌بینی کرد که مصرف انرژی در بخش حمل‌ونقل، تحت شرایطی که رایج است، تا ۵۰ درصد در سال ۲۰۳۰ و تا ۸۰ درصد در سال ۲۰۵۰ افزایش خواهد یافت [Hidalgo and Huizenga, 2013]. اهمیت سامانه‌های ترابری برون‌شهری به عنوان مهمترین نماد و اساسی‌ترین پیش نیاز توسعه در هر کشور بر کسی پوشیده نیست. درحال حاضر شاهد هستیم که برخی از وسایل نقلیه عمومی برون-شهری روزانه با صندلی‌های خالی در حال عبور و مرور بین شهرها می‌باشند. این در حالی است که بسیاری از مسافرین نیز موفق به اخذ بلیط در زمان مقتضی به مقصد دلخواهشان نمی‌شوند. این امر باعث می‌شود که علی‌رغم میل باطنی خود، کرایه زیادی را به تاکسی‌ها پرداخت کنند. از طرفی این‌گونه افراد اگر بخواهند مسیر خود را به مسیرهای کوچک‌تری تقسیم کنند، مطمئن نیستند که در مقاطع بعد موفق به اخذ بلیط شوند. با توجه به مباحث مطرح شده، هدف پژوهش حاضر، طراحی و شبیه سازی ترکیبی سیستم پویای حمل‌ونقل عمومی برون-شهری با استفاده از سیستم استنتاج فازی مبتنی بر شبکه عصبی و الگوریتم دیکسترا است. در این پژوهش سیستم حمل‌ونقلی ارائه شده که در آن مسافر قادر خواهد بود بهینه ترین مسیر را برای رسیدن به مقصد خود در زمان دلخواه، انتخاب کند. این امر باعث می‌شود در صورتی که مسافر در تهیه بلیط شیوه سفر دلخواه ناکام بماند و هزینه سفر برای وی اهمیت داشته‌باشد، مسیرهایی به او پیشنهاد شود تا از ترکیب وسایل نقلیه استفاده کند. بدین ترتیب مسافر اطمینان می‌یابد که با توجه به شرایطش بهینه‌ترین راه از لحاظ هزینه و زمان به او پیشنهاد شده‌است. ضمنا با توجه به رزرو بلیط برای ادامه مسیر توسط وسایل نقلیه مختلف، از رسیدن به مقصد نیز اطمینان می‌یابد. این سیستم یکپارچه می‌تواند تحولی در نظام حمل‌ونقل عمومی کشور ایجاد کند، به‌خصوص از این جهت که سیستم پیشنهادی قابلیت تعمیم از نظر وسایل نقلیه مختلف به تعداد دلخواه را نیز دارا است. علاوه برآن، از آنجایی که در این پژوهش، شبیه‌سازی مدل پیشنهادی توسط نرم افزار سیمیولینک و نرم



www.SID.ir

Archive of SID



افزار متلب انجام شده‌است، با بهره‌گیری از تکنیک‌های هوش مصنوعی موجود در این نرم‌افزار، تمام جزئیات و پیشامدهای احتمالی درنظر گرفته شده‌است تا مدیران شرکت‌های مسافربری را پیش از پیاده‌سازی و استفاده از آن، نسبت به مزایای آن متقاعد کرده و درصد ریسک را حتی‌الامکان کاهش دهد.

لازم به‌ذکر است که ارزش سیستم حمل‌ونقل طراحی‌شده محدود به بهینگی مصرف سوخت و کاهش هزینه مسافرین نشده و با توجه به استفاده حداکثری از ظرفیت اتوبوس‌ها، محیط زیست سالم‌تری را نیز به ارمغان می‌آورد. بنابراین اگر بخواهیم کرایه پرداختی مسافر، اطمینان خاطر مسافر در تهیه بلیط و مسیریابی بهینه از نظر زمان را در زمره دغدغه‌ها و مؤلفه‌های تأثیرگذار بر رضایت مسافرین قرار دهیم، موارد مطرح‌شده پاسخگوی تمامی این مؤلفه‌ها خواهد بود. ضمنا، پژوهش صورت گرفته شده فارغ از صحت اطلاعات مورد استفاده، وابسته به اطلاعات اخذشده نبوده و در مورد هر داده‌ای می‌تواند صدق کند. یکی از دلایل آن پویایی روش‌های مورداستفاده در این پژوهش بوده‌است و دیگر اینکه مدل‌های تصمیم‌گیر با استفاده از هوش مصنوعی خود را با داده‌های آموزشی وفق می‌دهند.

ساختار مقاله حاضر بدین ترتیب است که پس از مقدمه، در بخش ۲، مروری بر ادبیات تحقیق صورت گرفته است. سپس در بخش۳، سیستم استنتاج فازی مبتنی بر شبکه(ANFIS) به عنوان مدل بکارگرفته شده در مقاله برای پیش بینی حجم ترافیک، تشریح شده است. در بخش ٤، الگوریتم دیکسترا تشریح شده است. در بخش۵، مسیرهای مورد مطالعه معرفی شده اند. در بخش٦، روش شناسی تحقیق ارائه شده است. در بخش۷، به یافته های تحقیق و تحلیل یافته ها پرداخته شده است و در نهایت در بخش ۸، نتیجه گیری بیان شده است.

## ۲. مروری بر ادبیات

نیاز به حمل‌ونقل، به تاریخ تمدن بر می گردد. اولین یا ابتدایی ترین تسهیلات حمل‌ونقل، گذرگاه‌هایی بودند که از طریق باز کردن مسیر، در جنگل‌ها ساخته شدند، با اختراع چرخ و استفاده از آن راه‌سازی پیشرفت کرد. اکثر راه‌های اولیه به واسطه رومی‌ها ساخته شد. تا قرن هفده و هجده روش‌های راه سازی رومیان در بسیاری از کشورها و به ویژه اروپا، مورد استفاده قرار گرفت. اولین اصول راه‌سازی مدرن به وسیله تلفورد مک آدام و تری سی گوییت توسعه یافت. در سال ۱۸۸۵ میلادی با اختراع موتور درون سوز بنزینی به وسیله دیملر و بنز، چهره کلی حمل‌ونقل دگرگون گردید. در سال‌های ۱۹۳۰ تا ۱۹٤۰، طرح هندسی و سازه‌ای راه اهمیت ویژه‌ای یافت و تحقیقات زیادی در این زمینه صورت گرفت و با رشد سریع شهرها و ترافیک در جاده‌ها و همچنین افزایش سرعت، مسئله تراکم و تصادفات مطرح گردید [Moridi, 2015].

حمل‌ونقل از ضرورت‌های گریزناپذیر هر اجتماع انسانی است که موجب پویایی توسعه اقتصادی و اجتماعی می‌گردد. توسعه پایدار به طور عام و حمل‌ونقل پایدار به طور خاص، در جست‌وجوی یافتن توازنی میان کیفیت های محیطی، اجتماعی و اقتصادی (در زمان حال و آینده) در عرصه تسهیلات حمل‌ونقل است [Soltani, 2011]. سیستم حمل‌ونقل عمومی[۳] به سیستمی گفته می‌شود که برای جابجایی عموم مردم چه به صورت انبوه و توده وار و چه به صورت گروه های کوچک تر و حتی انفرادی از سوی حکومت‌های محلی یا شرکت‌های خصوصی و یا سرمایه فردی، طراحی و بکار گرفته می‌شوند. این سیستم از طیف گسترده ای از وسایل نقلیه یا در واقع فناوریهای حمل‌ونقل بهره می برد و در ازای خدمات خود کرایه‌های متفاوتی را از مسافرین خود طلب می‌کند[Amininezhad and Eftekhari, 2011]. از وسایل حمل‌ونقل عمومی می‌توان به اتوبوس معمولی، اتوبوس برقی، تراموا و قطارشهری، حمل‌ونقل سریع (مترو) و قایق‌های مسافرتی اشاره کرد. حمل‌ونقل عمومی برون‌شهری[٤] عمدتاً توسط خطوط هواپیمایی، اتوبوس‌های بین‌شهری و خطوط ریلی بین‌شهری انجام می‌شود. از جمله مزایای حمل‌ونقل عمومی می توان به سرعت بالا، بهره وری بالا، امنیت، کاهش اثرات منفی زیست محیطی، اجرای سریع حمل‌ونقل همگانی، ثبات در ارزش و کاربری زمین، تراکم کمتر ترافیک، حجم قابل توجه در حمل‌ونقل مسافر، هزینه‌های کمتر( هزینه‌های ناشی از مصرف سوخت و استهلاک اتومبیل) و .... اشاره نمود [Falahmenshadi, Ruhi and Saeedizand, 2012].



www.SID.ir

Archive of SID



مرور تحقیقات داخلی و خارجی نشان می‌دهد که برنامه ریزی در حوزه سیستم‌های حمل‌ونقل بهینه برای کشورها از اهمیت زیادی برخوردار است.

احمدوند و همکارانش(۱۳۹٤) تحقیقی تحت عنوان مدلسازی پویای سیستم حمل‌ونقل شهری پایدار انجام داده‌اند. هدف این مقاله ارائه مدلی پویا برای سیستم حمل‌ونقل شهری با توجه به مفهوم سیستم حمل‌ونقل شهری پایدار بوده است، به طوری که با استفاده از این مدل، ماهیت پیچیده و پویای سیستم حمل‌ونقل شهری درک و تأثیر سیاست ها ارزیابی گردد. در این مقاله با استفاده از رویکرد پویایی‌شناسی سیستم‌ها، مدلی جامع و یکپارچه برای سیستم حمل‌ونقل شهری تهران با توجه به مفهوم سیستم حمل‌ونقل شهری پایدار ارائه گردید و رفتار پویای سیستم ارزیابی شد. در ادامه با شبیه سازی مدل، سیاست‌هایی در جهت افزایش کارایی سیستم‌های حمل‌ونقل شهری و بهبود پارامترهای ترافیک شهری ارائه گردید. مدل با استفاده از نرم افزار ونسیم و داده‌های شهر تهران مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت . نتایج نشان داد که اجرای ترکیبی سیاست‌های ارائه شده تأثیر بسزایی در بهبود کارایی سیستم حمل‌ونقل و وضعیت پارامترهای ترافیکی شهر تهران دارد [Ahmadvand, Mohammadiani and Khodadadi, 2015]..

محمدرضا عدل پرور(۱۳۹۱)، مقاله ای با عنوان بکارگیری منطق فازی در مدلسازی انتخاب وسیله نقلیه سفرهای برون شهری انجام داده است. هدف از این تحقیق، وارد کردن هر چه بیشتر ویژگی‌های رفتاری مسافران در مدل‌های انتخاب وسیله نقلیه سفر برون شهری و واقعی تر کردن نتایج مدل ها با کاربرد منطق فازی در آن‌ها بوده است. در این راستا برای مدلسازی انتخاب وسیله نقلیه سفرهای برون‌شهری از یک مدل لوجیت آشیانه ای استفاده گردید. ابتدا با استفاده از نتایج آماربرداری میدانی، پایگاه داده برای متغیرهای تأثیرگذار در انتخاب مسافران ساخته شد. سپس جهت در نظر گرفتن رفتار مبهم انسان در این مدل و افزایش دقت آن، پایگاه داده‌های هر متغیر با استفاده از الگوریتم خوشه بندی کاهنده فازی، فازی‌سازی شدند. مدل نیز با استفاده از روش بیشینه احتمال ساخته و پرداخته شد. نتایج این مدل با مطالعات انتخاب سفر شهرها مقایسه شده که حاکی از بهبود نتایج مدلسازی است[Adlparvar, 2012]. عطایی و همکاران (۱۳۹۷)، مقاله‌ای با عنوان بهینه سازی سیستم حمل‌ونقل عمومی با استفاده از الگوریتم بهینه سازی انبوه ذرات با بردار ارزیابی – مطالعه موردی در سازمان اتوبوسرانی، انجام داده‌اند. هدف در این مقاله ارائه یک مدل ریاضی چندهدفه با حداقل کردن هزینه و زمان سفر در حالی که مسیرها با حداقل اتوبوس ها پوشش داده شوند، بوده‌است. برای حل این مسئله از الگوریتم بهینه سازی انبوه ذرات با بردار ارزیابی(VEPSO) برای مسیرهای موجود در سیستم اتوبوسرانی شهر اردبیل استفاده شده است و نتایج آن با الگوریتم بهینه سازی انبوه ذرات چند هدفه (MOPSO) مقایسه گردید. مقایسه نتایج الگوریتم‌ها، کارآیی الگوریتم VEPSO را برای مطالعه موردی موردنظر نسبت به الگوریتمMOPSO با وجود بیشتر بودن زمان حل الگوریتم VEPSO نشان داد [Ataee, Tavakolimoghadam and Azizi, 2018 ]. جباری و سعیدی (۱۳۹۷)، مقاله‌ای با عنوان یک روش جدید برای حل مسیله حمل‌ونقل عمومی با استفاده از برنامه‌ریزی خطی و الگوریتم فراابتکاری ترکیبی PS-ACO انجام داده‌اند. هدف از این تحقیق، حداقل کردن مجموع هزینه های راه‌اندازی خطوط، هزینه تعمیرات و نگهداری، میزان مصرف سوخت و همچنین حداقل کردن زمان ورود اتوبوس به ایستگاه‌ها با ارائه یک مدل برنامه‌ریزی خطی بوده است. مدل پیشنهادی در نرم افزار GAMS شبیه سازی شده و برروی آن تحلیل حساسیت صورت گرفته است. با توجه به پیچیدگی و زمان محاسباتی بالای مدل پیشنهادی، یک روش فراابتکاری ترکیبی مبتنی بر رهیافت‌های کلونی مورچگان(ACO) و ازدحام ذرات(PSO) موسوم بهPS-ACO نیز برای حل آن توسعه داده‌شد و در نرم‌افزار متلب شبیه سازی گردید. نتایج نشان داد که هزینه سوخت و فاصله مکانی بین ایستگاه‌ها، بیشترین تأثیر در سطح رفاه مسافرین را دارد. همچنین از نظر پیچیدگی و زمان حل مدل، تعداد استگاه ها، تأثیر بیشتری نسبت به تعداد مسیر و تعداد اتوبوس داشته است.[Jabar and Saeedi, 2018] .

استادی جعفری و رصافی(۱۳۹۲)، مقاله‌ای تحت عنوان ارزیابی سیاست‌های توسعه پایدار در بخش حمل‌ونقل شهری با استفاده از مدل‌های سیستم پویایی؛ مطالعه موردی: شهر مشهد انجام داده‌اند. در این مقاله تلاش گردیده با استفاده از



www.SID.ir

Archive of SID



مدل‌های سیستم پویایی وضعیت حمل‌ونقل شهر مشهد مدلسازی شود. درادامه، تعداد ۲۰ سناریو در پنج گروه سیاستی جهت ارزیابی توسعه پایدار حمل‌ونقل شهری برای افق ۲۰ ساله درنظرگرفته‌شد و بر مبنای نتایج آن، سیاست‌های موردنظر در سال، اولویت دهی شد. در این ارزیابی مشخص گردید که سیاست‌های هم‌پیمایی، کاهش خودروهای فرسوده و افزایش کیفیت وسایل نقلیه همگانی، بیشترین تأثیر را بر روی شاخص های پایداری گذاشته و توانسته معضلات ناشی از حمل‌ونقل را طی ۲۰ سال آینده کمینه نماید [Ostadijafari and Rasafi,2013]. شاهقلیان و همکارانش(۱۳۸۹) مقاله‌ای با عنوان بهبود وضعیت ترافیک، با افزایش عملکرد خدمات حمل‌ونقل انجام داده‌اند. این مقاله روشی برای مسیریابی وسایل به شکل بهینه ارائه نموده تا از طریق افزایش عملکرد اینگونه مؤسسات خدماتی در بخش حمل‌ونقل، به بهبود وضعیت ترافیک، منجرشود. تسهیل شرایط مربوط به مسیرهای اولیه، و پیاده سازی ضوابط در ضمن مراحل مرتبط با یکدیگر، مشخصه های عمده روش می‌باشند. برای بررسی عملکرد روش در این زمینه، به جای یک مورد، از چندین مورد مطالعاتی، به شکل مسائلی آزمایشی که توسط پژوهشگران و بعضاً با نمونه برداری از موارد واقعی ارائه شده اند، استفاده گردید. نزدیک بودن نتایج حاصل از روش به مقادیر بهینه و بهبود وضع ترافیک حاصل از بهینه شدن مسیر و وسایل، نشان دهنده عملکرد و کارآیی قابل قبول روش است [Shahgholian, Shahraki and Hoseinzadeh, 2010 ]. لوکا و همکارانش(۲۰۱۶) مقاله ای با عنوان ارتقای ایمنی حمل‌ونقل با استفاده از سیستم‌های هوشمند حمل‌ونقل انجام‌داده‌اند. سیستم‌های هوشمند حمل‌ونقل، ابزارهایی پیشرفته جهت بهبود و حفاظت از مؤلفه های حیاتی زیرساخت هستند. هدف اصلی تشریح سیستم‌های هوشمندی است که می توان از آن‌ها در حفاظت از مؤلفه های زیرساخت‌های حیاتی حمل‌ونقل جاده‌ای و ریلی استفاده کرد [Janušová and Čičmancová, 2016]. دبداتا و همکارانش(۲۰۱۶) مقاله‌ای با عنوان استفاده از تابع فاصله جهت‌دار با تعدادی از تصادفات به عنوان خروجی نامطلوب در جهت اندازه‌گیری کارآیی فنی حالات حمل‌ونقل جاده‌ای در هند طراحی کردند. در این مقاله از تابع فاصله جهت‌دار (DDF) و تحلیل پوششی داده‌ها (DEA) استفاده شده‌است. این مطالعه کارآیی فنی ۳۷ حالت حمل‌ونقل جاده‌ای در هند (SRTUs) در سال ۲۰۱۲-۲۰۱۳ را اندازه‌گیری نمود. محققان DDF را به عنوان ابزاری برای تجزیه و تحلیل تابع تولیدی با خروجی مطلوب و نامطلوب (به عنوان مثال، تعداد تصادفات) بکار گرفتند. مقایسه بین نتایج در حالت‌های با تصادفات و بدون تصادفات نشان داد که چندین SRTU، تغییرات قابل توجهی را در کارآیی خود و همچنین در رتبه بندی خود پس از گزارشات برای خروجی نامطلوب، تجربه کرده‌اند. این نشان‌دهنده اهمیت شمول تعداد حوادث- استاندارد ایمنی- به عنوان حالتی از خروجی نامطلوب در محاسبه دلایل بهره وری SRTUs است. نتایج حاصل از مدل Tobit نشان داد که SRTUs با بهره وری وسیع خودرو، در دو روش معمول DEA وDDF، کارآیی بیشتری دارند. آن‌ها همچنین مدل دوجمله‌ای منفی صفر**بریده** ( zero-truncated) را برای ارزیابی عوامل مؤثر بر تعداد تصادفات جاده‌ایِ تجربه شده توسط SRTUs در هند، بکارگرفتند و متوجه شدند که تعداد تصادفات به طور قابل توجهی با استفاده از ناوگان و بهره وری خودرو تحت تأثیر قرار گرفته اند[Debdatta and Subrata, 2016]. یانگ(۲۰۱۶) مقاله-ای با عنوان راهبردهای مدیریتی یک شرکت هواپیمایی در یک بازار رقابتی حمل‌ونقل هوایی بررسی نمود. این مقاله، راهبردهای مدیریت سه نوع شرکت هواپیمایی– شرکت هواپیمایی دارای خدمات کامل، شرکت هواپیمایی ارزان قیمت فرعی آن و شرکت هواپیمایی ارزان قیمت رقیب – را بر اساس تئوری بازی در بازار رقابتی حمل‌ونقل هوایی مطالعه کرده-است. فرض بر این است که هر شرکت هواپیمایی به هنگام بیشینه کردن سودهای مخصوص خود، به عنوان بازیگر عمل مـی‌کند و راهبردهای مربوط به هزینه پرواز، تناوب پرواز، و تعداد هواپیماهای عامل را برای مسیرهای مشخص انتخاب مـی‌نماید. کمبود تقاضا بین شرکتهای هواپیمایی، در تابع تقاضای پرواز و بر اساس راهبردهای انتخاب شده همه شرکتهای هواپیمایی، تلقی مـی‌شود. این مطالعه از طریق موقعیت های مختلف بازی که منعکس کننده ویژگی های واقع گرایانه هستند، بینش‌های مدیریتی را فراهم نموده که می توانند در بازار رقابتی حمل‌ونقل هوایی بکار گرفته شوند [Young, 2016].



www.SID.ir

Archive of SID



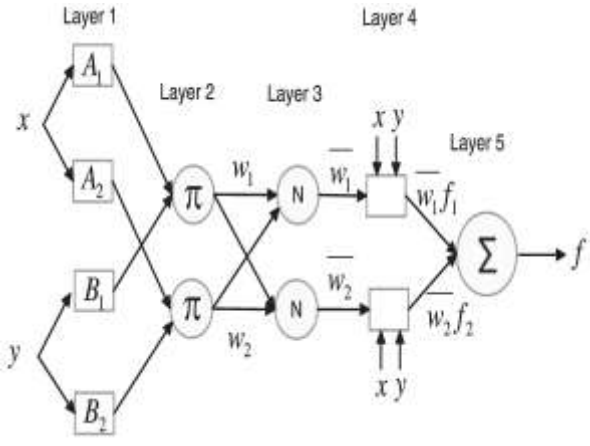
## ۳. سیستم استنتاج فازی مبتنی بر شبکه عصبی(ANFIS)

سیستم استنتاج فازی مبتنی بر شبکه عصبی،[۵] نوعی شبکه عصبی مصنوعی بر اساس سیستم فازی تاکاگی- سوگینو [۶] است. این شیوه برای اولین بار در سال ۱۹۹۳ توسط جانگ مطرح شد. ساختار ANFIS شامل قابلیت‌های استنتاج سیستم فازی و انطباق‌پذیری شبکه عصبی است. به عبارت دیگر، این سیستم، شبکه‌های عصبی و مفاهیم منطق فازی را یکی می‌کند و از امکانات هر دو آنها در یک قاب بهره‌مند می‌شود. سیستم استنتاج آن مطابق با مجموعه قوانین فازی اگر- آنگاه است که قابلیت یادگیری برای تقریب زدن توابع غیرخطی را دارد[Jang, 1993]. ANFIS یکی از روش‌های کارآمد در زمینه پیش‌بینی، تخمین و مدل‌سازی است [Nayak. et al. 2004,.Zounemat-Kermani and Teshnelab, 2008]. در پژوهش حاضر ازANFIS برای تخمین حجم ترافیک روزانه استفاده‌شده‌است.

شکل ۱ ساختار کلی مدل ANFIS در حالت داشتن دو ورودی و یک خروجی را نشان می‌دهد. در این صورت قوانین فازی موجود در این سیستم عبارتنداز:

Rule1: if x is $A_1$ and y is $B_1$ then $f_1 = p_1 x + q_1 y + r_1$

Rule2: if x is $A_2$ and y is $B_2$ then $f_2 = p_2 x + q_2 y + r_2$




**شکل ۱. ساختار کلی مدل ANFIS**

– لایه اول: در این لایه، درجه عضویت گره‌های ورودی به بازه های مختلف‌فازی بااستفاده از توابع عضویت مشخص می گردد. x یا y، ورودی به گره i و Ai یا Bi اسامی متغیرهای زبانی منطبق با این گره می‌باشند.

– لایه دوم: هر گره در این لایه، یک گره ثابت به نام P است که خروجی آنها محصول تمام سیگنال‌های ورودی است.

$$O_{2,I} = w = \mu A_i(xi)\,\mu Bi(y), \quad i = 1,2 \qquad (1)$$

–لایه سوم: در این لایه تنها کاری که صورت می‌پذیرد، نرمال‌سازی خروجی لایه دوم و انتقال آن به لایه بعد است.

$$o_{3,i} = \overline{w_i} = \frac{w_i}{w_1+w_2}, \quad i = 1,2. \qquad (2)$$

– لایه چهارم: هر گره i در این لایه، یک گره منطبق با تابع گره، به صورت زیر است:

$$o_{4,i} = \overline{w_i} f_i = \overline{w_i}(p_i x + q_i y + r_i), i = 1,2. \qquad (3)$$

که در آن$\overline{w_i}$ یک شدت برانگیختگی نرمال از لایه سوم و pi و qi و ri مجموعه پارامترهای این گره هستند. همچنین پارامترهای این لایه به پارامترهای استنتاجی موسومند.

– لایه پنجم: تنها گره این لایه، یک گره ثابت به نام $\Sigma$ است که تمامی خروجی ها را به عنوان مجموعه همه سیگنال‌های ورودی به صورت زیر محاسبه می‌کند:

$$o_{5,i} = \overline{w_i} f_i = \frac{\sum_i w_i f_i}{\sum_i w_i}, \quad i = 1,2. \qquad (4)$$

## ٤. الگوریتم دیکسترا

دیکسترا[۷]، یکی از الگوریتم‌های معروف برای محاسبه کوتاه ترین مسیر است که توسط دانشمند هلندی علوم رایانه، اِدْسْخِر دیْکْسْترا در سال ۱۹۵۹ ارائه شد[Dijkstra, 1959]. این الگوریتم یکی از الگوریتم‌های پیمایش گراف است که مسئله کوتاه‌ترین مسیر از مبدأ واحد را برای گراف‌های وزن‌داری که یال با وزن غیرمنفی دارند، حل می‌کند و در نهایت با ایجاد درخت کوتاه‌ترین مسیر، کوتاه‌ترین مسیر از مبدأ به همه رأس‌های گراف را به دست می‌آورد. روند این الگوریتم برای پیدا کردن کوتاه‌ترین مسیر از مبدأ تا رأس مقصد به این ترتیب است که در حین اجرای الگوریتم، به محض پیدا شدن کوتاه‌ترین مسیر از مبدأ به مقصد، می‌توان الگوریتم را متوقف کرد. در صورتی که گراف، یال با وزن منفی داشته باشد، این الگوریتم درست کار نمی‌کند و می‌بایست از الگوریتم‌های دیگر نظیر الگوریتم بلمن- فورد که پیچیدگی زمانی آنها بیشتر است، استفاده کنیم. همچنین، مرتبه زمانی این الگوریتم برابر O(log(N)*E) است. مراحل الگوریتم دیکسترا مطابق زیراست:



www.SID.ir

Archive of SID



۱. انتخاب رأس مبدأ

۲. مجموعهS، شامل رئوس گراف، معین می‌شود. درشروع، این مجموعه تهی بوده و با پیشرفت الگوریتم، این مجموعه رئوسی که کوتاه ترین مسیر به آن‌ها یافت شده‌است را در بر می‌گیرد.

۳. رأس مبدأ با اندیس صفر را در داخل S قرار می‌دهد.

٤. برای رئوس خارج ازS، اندیسی معادل، طول یال + اندیس رأس قبلی، در نظر می‌گیرد. اگر رأس خارج از مجموعه دارای اندیس باشد، اندیس جدید کمترین مقدار از بین اندیس قبلی و طول یال + اندیس رأس قبل، است.

۵. از رئوس خارج مجموعه، رأسی با کمترین اندیس انتخاب شده و به مجموعه S اضافه می‌گردد.

این کار را دوباره از مرحله ٤ ادامه داده تا رأس مقصد وارد مجموعه S شود.

در پایان اگر رأس مقصد دارای اندیس باشد، اندیس آن، نشان دهنده مسافت بین مبدأ و مقصد است. در غیر این صورت هیچ مسیری بین مبدا و مقصد موجود نیست[Diestel, 2010].

## ۵. مطالعه موردی

در پژوهش حاضر بدلیل تمرکز بیشتر بر روی مسائل مهم موضوع، دو محدودیت در نظر گرفته‌شده‌است. یکی محدود کردن وسایل نقلیه به تاکسی و اتوبوس، و دیگری محدودکردن عبور و مرورها بین مراکز استان‌ها. بنابراین، دراین پژوهش مسیرهای مواصلاتی بین مراکز استان‌های کشور ایران با هدف شبیه‌سازی سیستم پویای حمل‌ونقل عمومی برون شهری مورد مطالعه قرارگرفته‌اند. شکل۲ نقشه کشور ایران و مراکز استان های کشور را نشان مـی‌دهد:

شکل ۲. شهرهای مورد بررسی در این پژوهش

## ٦. روش‌شناسی تحقیق

روش انجام پژوهش حاضر به دلیل وجود امکان اجرای آن در صنعت از نقطه نظر هدف، توسعه‌ای – کاربردی و از نظر اجرایی، تحلیلی – توصیفی می‌باشد. ضمنا برای جمع‌آوری اطلاعات پژوهش از هر دو روش کتابخانه‌ای و میدانی استفاده گردیده‌است. اطلاعات گردآوری شده در این پژوهش عبارتنداز:

- جدول مسافت‌ها: در این جدول مسافت هر شهر به شهر دیگر ذخیره شده و در بخش‌های مختلف برنامه مورد استفاده قرار گرفته‌است. این اعداد طبق جدیدترین داده ها از طریق گوگل مپ یک به یک استخراج شده و جاده های جدید نیز مدنظر قرار گرفته‌اند.
- جدول تعداد مراجعین: این جدول مشخص می‌کند که در هر روز و در هر دقیقه از روز، در هر شهر چه تعداد مسافر برای سفر با اتوبوس یا تاکسی به ترمینال‌های آن شهر مراجعه می‌کنند. لازم به ذکر است که این اعداد با توجه به میانگین ظرفیت اتوبوس‌های شهرها و با بکارگیری توابع تولید اعداد تصادفی، به منظور پوشش حداکثری حالات مختلف، تنظیم شده‌اند.
- جدول ترافیک مسیرها: این جدول مشخص می‌کند در هر لحظه (روز هفته و دقیقه از روز) از هر شهر به مقصد شهرهای دیگر، چه میزان ترافیکی وجود دارد. این میزان



www.SID.ir

Archive of SID



ترافیک بصورت ضریبی در شبیه‌سازی مورد استفاده قرار گرفته است. البته در این جدول در ستون شهر سه عدد یک، دو و سه ذخیره شده که یک، یعنی هوای مقصد بهتر از مبدأ هست. دو، بدین معنی‌است که مبدأ و مقصد، از نظر آب و هوایی با یکدیگر شباهت دارند و سه، یعنی هوای مبدأ بهتر از مقصد است.

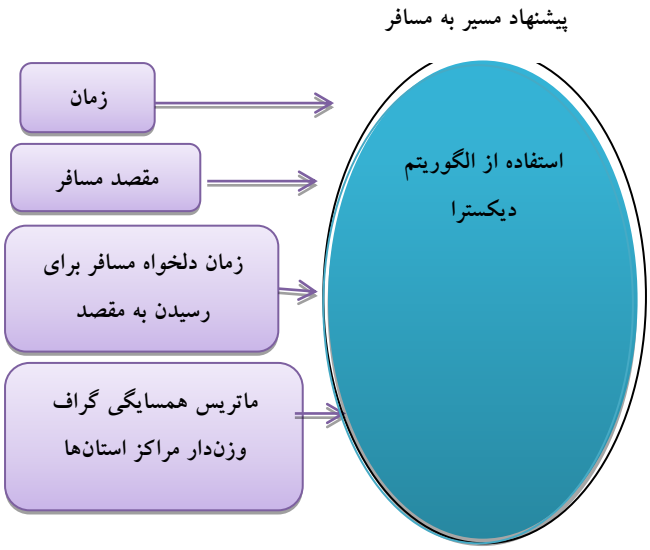
- فایل زمانبندی حرکت اتوبوس‌ها: این فایل شامل ۳۰برگ اکسل است که برای هر شهر در یک برگ مجزا مشخص می‌کند که در چه ساعاتی اتوبوس به مقصد شهرهای مختلف و با چه ظرفیت مسافری وجود دارد. این کار بطور جداگانه برای هر شهر با استفاده از اطلاعات زمان حرکت اتوبوس‌ها بطور مستند در سایت‌های معتبر یک به یک جمع شده و در قالب یک فایل ذخیره شده است.
- فایل قیمت اتوبوس‌ها: در این فایل، مبلغ کرایه اتوبوس‌ها ذکر شده و اطلاعات همه شهرها، در یک برگ ذخیره شده‌است.

در راستای انجام پژوهش حاضر، ابتدا از منابع رسمی، مسافت بین مراکز استان‌ها در جدولی ذخیره شده و با توجه به سرعت متوسط تاکسی‌ها و اتوبوس‌ها در هر مسیر، مدت زمان پایه برای انتقال از یک شهر به شهر دیگر مشخص شده‌است. یکی از جزئیاتی که در این پژوهش مدنظر قرار گرفته، ترافیک مسیرها است که با توجه به آن، مدت زمان پایه برای انتقال از شهری به شهر دیگر نیز تحت تأثیر آن قرار می‌گیرد به همین منظور با گردآوری اطلاعات ترافیکی یک هفته به تفکیک روز و ساعت، و ایجاد یک مدل ANFIS، ترافیک زمان موردنظر سیستم تخمین زده شد. برای ایجاد مدل ANFIS موردنظر، تعداد سه ورودی( نوع مسیر، روز هفته و دقایق شبانه روز) و یک خروجی(ضریب ترافیک آن مسیر) در نظر گرفته شده است.

سپس برای شبیه سازی بهتر سیستم حمل‌ونقل، تعداد مسافرین از هر مبدأ با بهره‌گیری از مطالعه میدانی در ارتباط با میزان درخواست‌های مختلف در زمان‌های مختلف و به مقصدهای مختلف، توسط الگوریتم خوشه‌بندی c- میانگین فازی[۸] (FCM) تخمین زده شد تا به واقعیت نزدیک‌تر باشد. در این مرحله اطلاعات دیگری همچون مقصد، اولویت مسافر(شامل هزینه یا زمان) و محدوده زمانی مورد نظر مسافر برای رسیدن به مقصد از مسافر نیز دریافت شد که بصورت تصادفی همزمان با تعریف یک مسافر جدید در سیستم برای مسافر درنظر گرفته شده‌است.

در ادامه، پژوهش به دو بخش تقسیم گردید. یکی شبیه‌سازی سیستم کنونی حمل‌ونقل عمومی برون‌شهری و دیگری شبیه سازی سیستم پیشنهادی حمل‌ونقل. در شبیه‌سازی سیستم کنونی، با ارائه درخواست سفر از سوی مسافر، متناسب با اولویت انتخابی‌اش (هزینه یا زمان) به او پاسخ داده می‌شود. ولی در شبیه‌سازی سیستم پیشنهادی با دریافت اطلاعات مسافر، متناسب با خواسته او بهینه‌ترین مسیر به وی پیشنهاد می‌شود که طی مسافت از مبدأ به مقصد ممکن است بصورت ترکیبی از تاکسی و اتوبوس انجام شود تا تناسب بیشتری با درخواست مسافر داشته باشد. به این منظور از الگوریتم دیکسترا برای یافتن بهترین مسیر استفاده گردیده‌است.

شکل ٤، ورودی‌های الگوریتم دیکسترا در این پژوهش را نشان مـی‌دهد:




**شکل ٤. ورودی‌های الگوریتم دیکسترا**

درپایان نیز نتایج حاصل از شبیه‌سازی دو سیستم حمل‌ونقل عمومی برون‌شهری مقایسه شدند تا مشخص شود کدام‌یک بیشتر توانسته خواسته‌های مسافرین را برآورده کند.



www.SID.ir

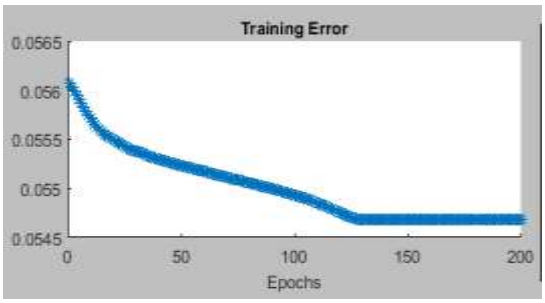
Archive of SID



## ۷. یافته‌ها و تحلیل

### ۷-۱ تخمین ترافیک مسیرهای مختلف با ایجاد مدل ANFIS

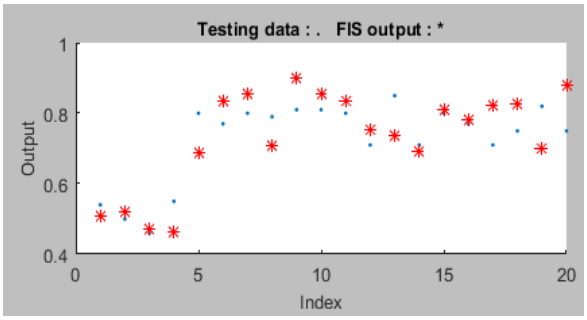
با توجه به اینکه ترافیک موجود در مسیرها به عنوان پارامتری تأثیرگذار بر کارآیی سیستم‌های حمل‌ونقل عمومی محسوب می‌شود، در این راستا با ایجاد و آموزش یک مدل ANFIS، سعی شده تا بهترین تشخیص در این زمینه صورت پذیرد تا در نهایت منجر به طراحی مدل شبیه‌سازی دقیق‌تری گردد. به‌منظور افزایش اطمینان تخمین ترافیک، داده‌ها به سه بخش آموزشی[9] و آزمایشی[10] و اعتبارسنجی[11] تقسیم شده‌اند: 70درصد داده‌ها برای آموزش، ۱۰ درصد برای آزمایش و ۲۰ درصد برای اعتبارسنجی. بدین‌ترتیب که، ابتدا 140 داده از 200 داده با استفاده از تابعی مناسب در نرم افزار متلب، بصورت تصادفی استخراج گردیده و مدل ANFIS با استفاده از آن‌ها آموزش داده‌شده است. شکل۵، میزان خطای آموزش مدل ANFIS ایجاد شده با استفاده از روش خوشه بندی (دسته‌بندی) کاهشی[12]، در دوره آموزش را نشان می‌دهد:




**شکل۵. میزان خطای آموزش مدل ANFIS ایجاد شده با روش خوشه بندی کاهشی**

همانطور که در شکل نشان داده شده است، آموزش مدل ANFIS، ازدوره ۱٤۰ به بعد، تأثیری بر کاهش خطای مدل نداشته که این موضوع نشان‌دهنده انتخاب مناسب عدد ۲۰۰ برای تعداد دوره‌های آموزش مدل با استفاده از روش خوشه بندی کاهشی است و میزان خطا در مرحله آموزش، ۰,۰٥٤ به دست آمده‌است. تعداد توابع عضویت برای ورودی‌ها، عدد ۲٤ درنظرگرفته شده‌است. برای آموزش(یادگیری) پارامترهای توابع عضویت از روش بهینه سازی هیبریدی استفاده گردیده است. نوع سیستم استنتاج فازی مورد استفاده سوگنو با توابع عضویت گاوسی است و متغیرها بصورت آزمون و خطا با استفاده از تابع گاوسی به متغیرهای فازی تبدیل شده‌اند. برای غیرفازی‌سازی نیز از تابع میانگین وزنی[13] استفاده شده‌است.

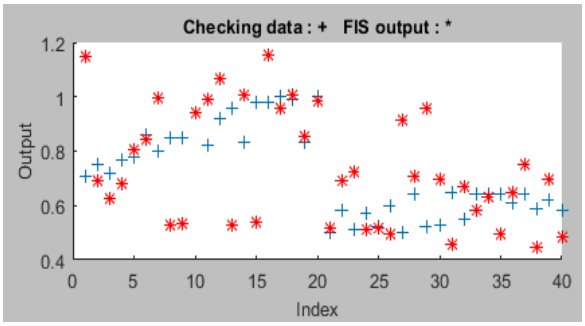
پس از ایجاد مدل و آموزش آن توسط داده های آموزش، از داده های آزمایشی و داده های اعتبارسنجی که در فرایند آموزش دخالت نداشتند برای ارزیابی و تعیین اعتبار مدل طراحی شده، استفاده گردید. شکل٦، میزان خطای آزمایش مدل ANFIS ایجاد شده را نشان می‌دهد :




**شکل٦. نمودار خطای داده های آزمایش در مدل ANFIS ایجاد شده**

در شکل فوق علامت (*) نشان‌دهنده خروجی سیستم و علامت(•) نشان‌دهنده داده‌های آزمایشی در مدل ANFIS ایجاد شده‌است و متوسط خطای محاسبه‌شده برابر ۰,۰۷٥ است.

شکل ۷، میزان خطای اعتبارسنجی مدل ANFIS ایجاد شده را نشان می‌دهد :




**شکل ۷. نمودار خطای داده‌های اعتبارسنجی در مدل ANFIS ایجاد شده**

در شکل فوق علامت (*) نشان‌دهنده خروجی سیستم و علامت(+) نشان‌دهنده داده‌های اعتبارسنجی درمدل ANFIS ایجاد شده‌است و متوسط خطای محاسبه‌شده برابر ۰,۰۹ است که تقریبا همپوشانی منطقی دارند. این‌امر نشان‌دهنده عدم پدیده



www.SID.ir

Archive of SID



بیش‌برازش[14] در مدل طراحی‌شده و دقت بالای مدل ایجاد شده در تخمین ترافیک لحظه‌ای است.

### ۷-۲ تحلیل حساسیت مدل ANFIS ایجاد شده

با توجه به اهمیت تشخیص میزان ترافیک و تأثیر آن بر روند اجرای مدل شبیه‌سازی و حصول اطمینان از انتخاب صحیح ورودی‌های (ویژگی‌ها) بکارگرفته شده در ایجاد مدل ANFIS، میزان حساسیت ترافیک تخمین زده‌شده نسبت به هریک از ورودی‌ها با بکارگیری ابزار Neuro_Fuzzy_Designer محاسبه شده و نتایج مطابق باجدول ۲ بدست آمده است:

همان‌طور که از نتایج موجود در جدول برمی‌آید، استفاده از ورودی روزهای هفته نسبت به دو ورودی دیگر، تأثیر بیشتری را بر عملکرد مدل ANFIS تخمین ترافیک دارد. اما در کل استفاده از هر سه ورودی، به نوبه خود تأثیر بسزایی را در کاهش خطای تشخیص مدل ANFIS داشته‌است. به‌عنوان مثال، میزان خطای مدل بدون احتساب ورودی روزهای هفته برابر ۰.۲۳۲ بوده و با بهره‌گیری از این ورودی در کنار دو متغیر دیگر، این میزان خطا به ۰.۰۴۸ تقلیل پیدا کرده‌است که نشان‌دهنده کاهش ۰.۱۷۸ یا به عبارتی کاهش ۷۷ درصدی خطای آموزش است. به هرحال با توجه به اعداد بدست آمده از تحلیل حساسیت ورودی‌های مورد استفاده در مدل ANFIS، میزان تأثیر هر یک از ورودی‌ها در تشخیص میزان ترافیک مشخص شده که نمایانگر انتخاب بجا و مناسب ورودی‌هاست.

### ۷-۳ ایجاد مدل شبیه‌سازی سیستم فعلی حمل‌ونقل

شکل۸ گوشه‌ای از مدل شبیه‌سازی سیستم فعلی را نشان می‌دهد. همان‌طور که از قسمت فوقانی تصویر پیداست، هر پالس اجرای مدل شبیه‌سازی ۱۲۰ دقیقه، معادل دو ساعت درنظر گرفته شده است و زیر سیستم مربوط به تمام شهرها به این پالس متصل شده‌اند تا در بازه‌های زمانی دو ساعته، اطلاعات مربوط به مسافرین و اتوبوس‌ها به‌روز شود.

**جدول۲. میزان تأثیر هر ورودی بر عملکرد مدل تخمین ترافیک**

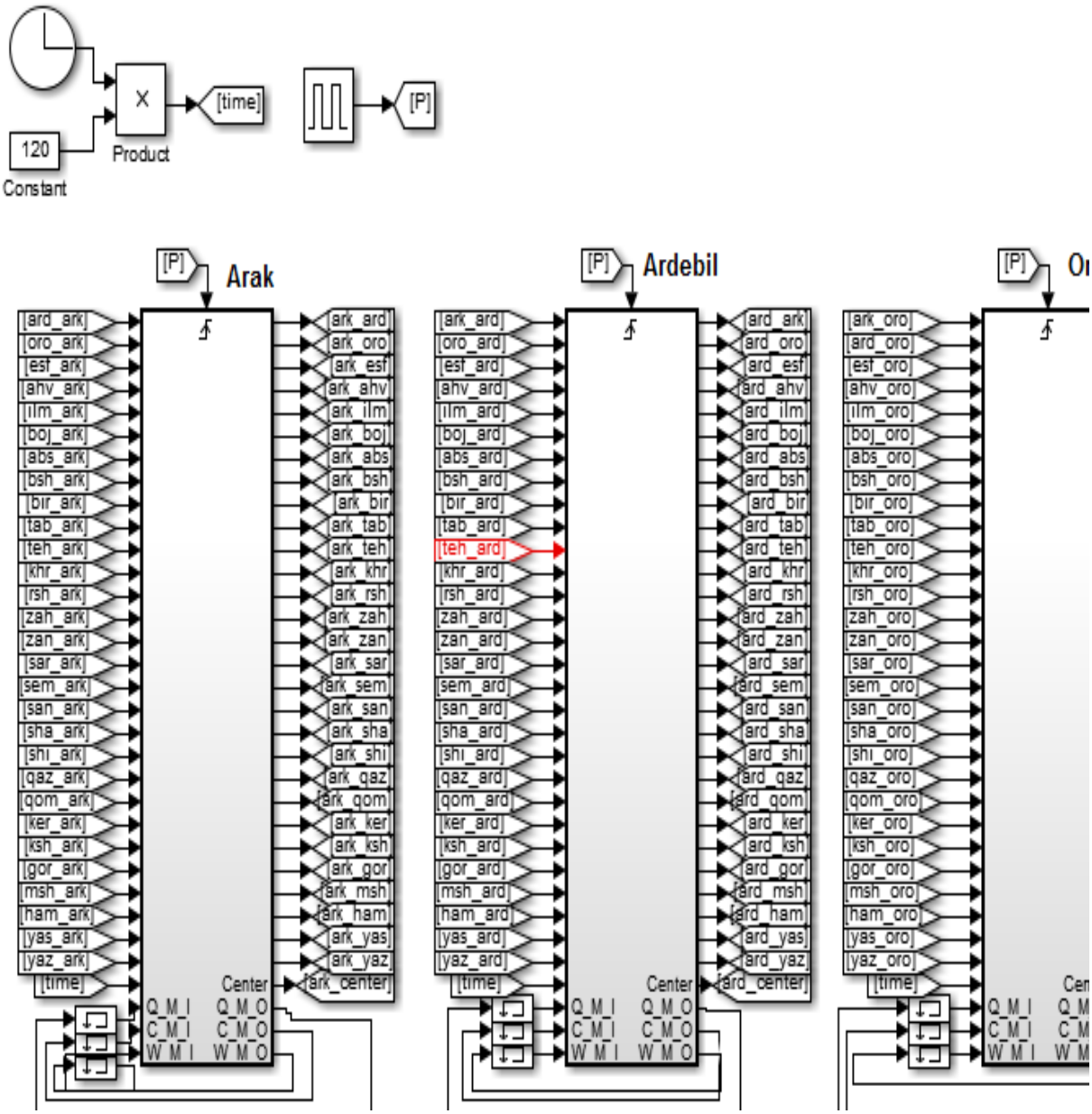
| ورودی | میزان خطا بدون محاسبه ورودی | میزان کاهش خطا با احتساب ورودی | درصد تأثیر مثبت ورودی بر کاهش خطا |
|---|---|---|---|
| **نوع مسیر** | ۰/۰۹۸ | ۰/۰٤٤ | ٪ ٤٥ |
| **روزهای هفته** | ۰/۲۳۲ | ۰/۱۷۸ | ٪ ۷۷ |
| **اوقات شبانه روز** | ۰/۱۱٦ | ۰/۰٦۲ | ٪ ۵۳ |



www.SID.ir

Archive of SID





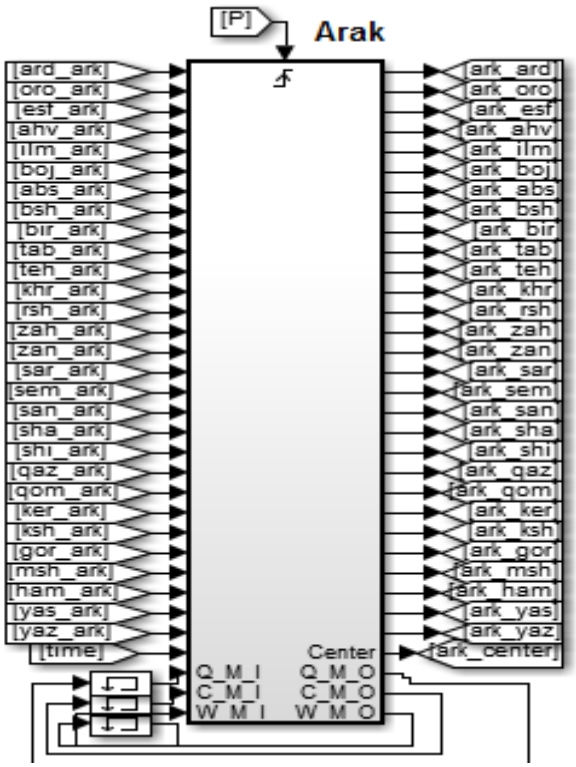

شکل ۸. بخشی از مدل شبیه‌سازی سیستم حمل‌ونقل فعلی



www.SID.ir

Archive of SID






**شکل۹. زیرسیستم مربوط به شبیه‌سازی شهر اراک**

شکل ۹ به عنوان نمونه، شبیه‌سازی شهر اراک را نشان می‌دهد: یکی از ورودی‌ها time است که در هر پالس ۲ ساعت به مقدار آن افزوده می‌شود. ۲۹ ورودی آن مربوط به مسافرینی است که از شهرهای مختلف به اراک آمده‌اند و از آن‌جا یا به شهر دیگر عزیمت می‌کنند و یا مقصد نهایی آن‌ها اراک بوده و سفرشان به اتمام می‌رسد. ۲۹ خروجی نیز به شهرهای دیگر متصل می‌شوند، تا از آن‌طریق مسافرین به مقاصد بعدی خود هدایت شوند. خروجی دیگری که برای زیرسیستم اراک با نام Ark_Center مشخص شده است، حاوی مسافرینی هست که در یک پالس به مقصد خود که اراک باشد رسیده، و اطلاعاتشان به مرکز شبیه‌سازی، برای تحلیل و بررسی ارسال می‌شود.

سه ورودی و خروجی بخش پایین زیرسیستم نیز که به واسطه بلاک حافظه به یکدیگر وصل شده‌اند، به ترتیب عبارتنداز:

Q_M : لیست مسافرینی که منتظر حرکت اتوبوس خود از اراک می‌باشند.

W_M: لیست مسافرینی که در جاده بوده و منتظر رسیدن به مقصد می‌باشند تا اطلاعاتشان به یکی از ۲۹ خروجی فوق‌الذکر منتقل شود.

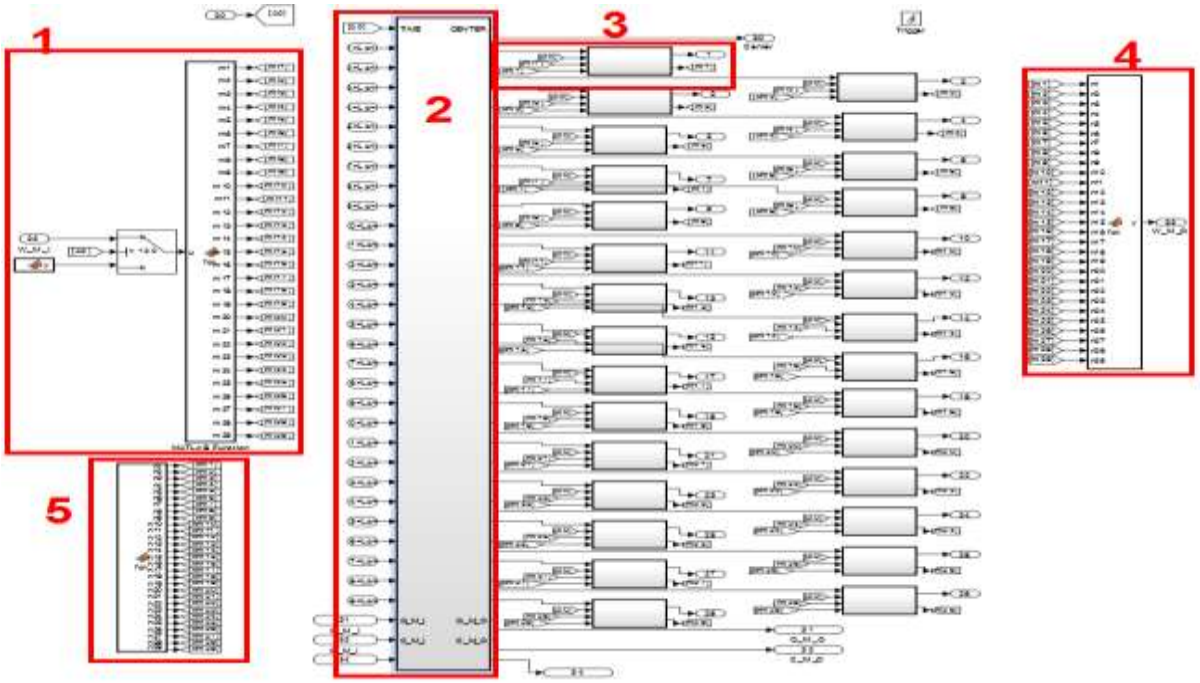
C_M : این لیست مربوط به ساعت و ظرفیت باقیمانده اتوبوس ها از مبدأهای مختلف به مقصدهای مختلف است که در هر پالس بایستی به‌روزرسانی شود.



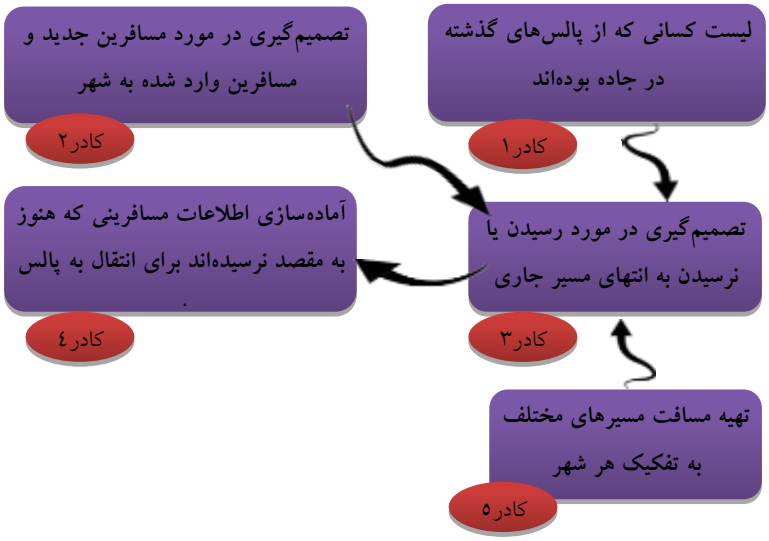
www.SID.ir

Archive of SID






شکل ۱۰. محتویات زیرسیستم شکل ۹




شکل ۱۱. جزییات عملکرد زیرسیستم شکل ۱۰

کادر۱: اطلاعات مسافرین از همه شهرها را درقالب ماتریسی واحد درآورده و به زیرسیستم بعد که در کادر شماره۲ نشان داده شده‌است هدایت می‌کند.

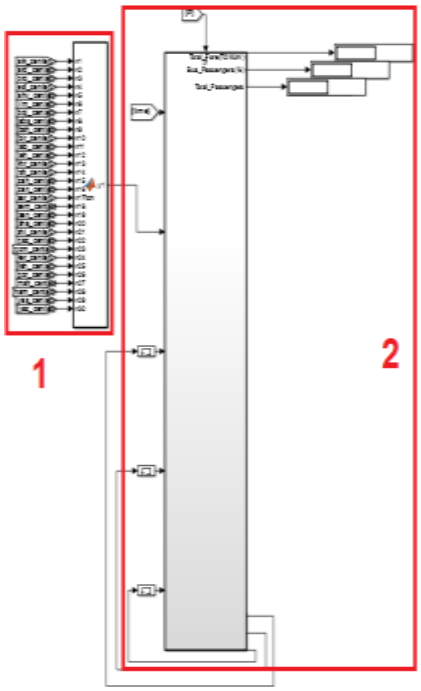
کادر۲: در این زیرسیستم، سه مقدار تعداد کل مسافرین، مجموع کرایه پرداختی و درصد استفاده مسافرین از اتوبوس محاسبه می‌شود.



www.SID.ir

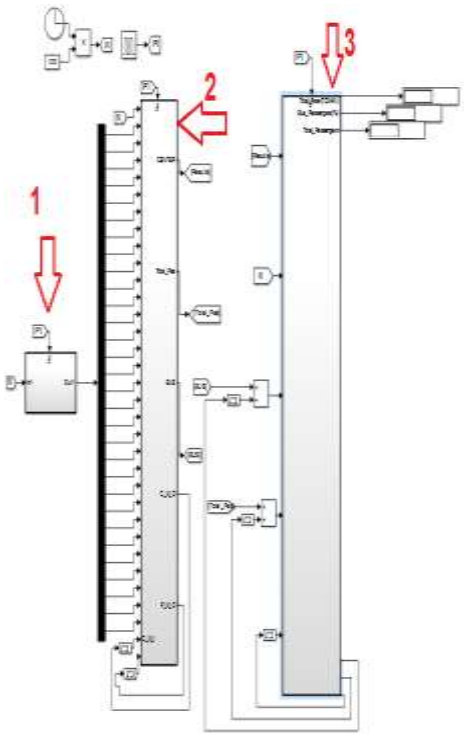
Archive of SID






شکل۱۲. بخش مربوط به تحلیل و نمایش نتایج مدل شبیه‌سازی

## ۷-٤. شبیه‌سازی سیستم پیشنهادی حمل‌ونقل برون‌شهری

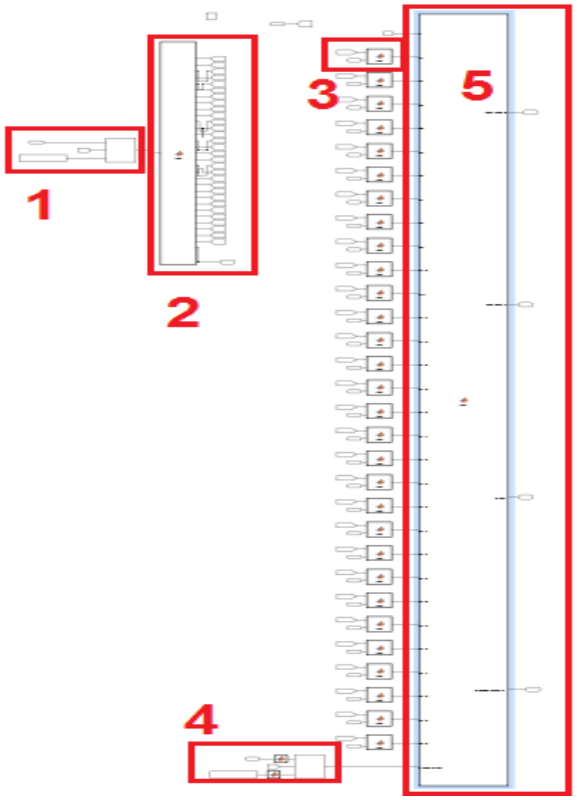



شکل.۱۳ نمای کلی مدل شبیه سازی سیستم پیشنهادی

توضیح هر بخش زیرسیستم شکل ۱۳ عبارتست از:

کادر۱: تعداد مراجعین به ترمینال هر شهررا مشخص می‌کند.

کادر۲: این بخش پس از جدا کردن بردار مربوط به تعداد مسافرین مراجعه کننده به هر شهر، در هر مقطع زمانی دو ساعته، اطلاعاتی همچون اطلاعات مسافرینی که به مقصد رسیده‌اند، تعداد مسافرینی که با اتوبوس سفر کرده‌اند و تعداد کل مسافرین را مشخص می‌کند تا در اختیار بخش بعد قرار دهد. همچنین اطلاعات ظرفیت لحظه‌ای اتوبوس‌ها و مسافرین را نیز (به ترتیب با نام‌های C_M_O , P_M_O ) به حافظه منتقل می‌کند تا در مقاطع زمانی بعد، مورد استفاده قرار گیرند.




شکل۱٤. محتویات زیرسیستم مربوط به تصمیم‌گیری درمورد مساقرین در سیستم پیشنهادی

شکل ۱٤ محتویات این زیرسیستم را نشان می‌دهد:

کادر۱: بررسی می‌شود که در صورت قرارداشتن در ۱۲۰ دقیقه اول، از اطلاعات مسافرینی که در فایل Passenger ذخیره شده است استفاده شود، درغیر اینصورت، از اطلاعات ورودی



www.SID.ir

Archive of SID



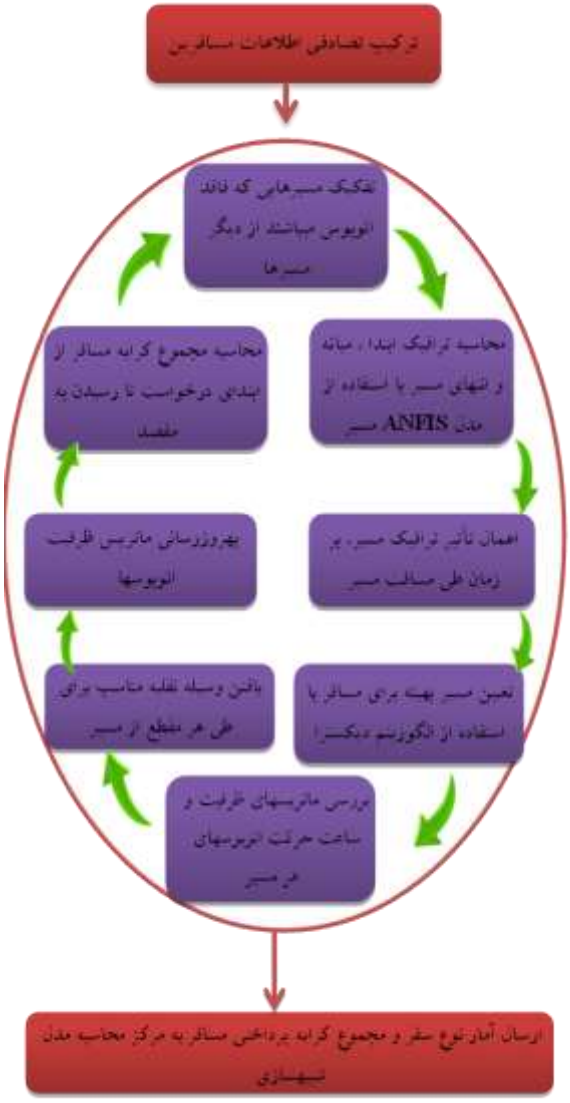
به این بخش که در حافظه مربوطه ذخیره شده‌است استفاده شود.

کادر۲: اطلاعات مسافرین را برای هر شهر با نام خود آن شهر جدا می‌کند.

کادر۳: اطلاعات مسافرینی که تعدادشان در مراحل قبل و با استفاده از الگوریتم FCM مشخص شده‌است برای هر شهر جداسازی و آماده استفاده می‌شود.

کادر٤: در این بخش، بسته به اینکه در ۱۲۰ دقیقه اول قرار داریم یا خیر، اطلاعات اولیه مربوط به ظرفیت اتوبوس‌ها یا ظرفیت به‌روزشده را برای استفاده در ادامه شبیه‌سازی آماده می‌کند.

کادر۵: در این بخش یک تابع متلبMATLAB قرار دارد که وظیفه اصلی در این مدل شبیه‌سازی را برعهده دارد. شکل ۱۵ جزییات این بخش را بصورت شماتیک نشان می‌دهد:




**شکل۱۵. جزییات زیرسیستم مربوط به تصمیم‌گیری درمورد مساقرین در سیستم پیشنهادی**



www.SID.ir

Archive of SID



اما بخشی از شکل ۱۷ که با شماره۳ علامت‌گذاری شده‌است مربوط به محاسبه نتایج حاصل از اجرای شبیه‌سازی است. همان‌طور که از نمای بیرونی این بخش مشاهده می‌شود، علاوه بر ورود متغیر زمان و اطلاعات مسافرینی که به مقصد رسیده اند، تعداد کل مسافرین و تعداد مسافرین اتوبوس‌ها نیز، ضمن اضافه شدن به مقادیر موجود در حافظه مربوطه، به داخل زیرسیستم هدایت می‌شوند.

### ۷-۵ مقایسه نتایج مدل‌های شبیه‌سازی

با اجرای مدل‌های شبیه‌سازی مربوط به سیستم کنونی و سیستم پیشنهادی حمل‌ونقل عمومی برون‌شهری به مدت یک هفته، نتایج جدول ۳ حاصل شد:

**جدول۳. مقایسه نتایج حاصل از اجرای دو مدل شبیه‌سازی سیستم فعلی و پیشنهادی**

| ورودی | مدل فعلی | مدل پیشنهادی | مقایسه |
|---|---|---|---|
| **درصد استفاده از اتوبوس** | ٪۷۰/٦ | ٪۷۸/۰۸ | ٪ ۸/۲ افزایش |
| **درصد صندلی‌های خالی** | ٪۲٤/۲ | ٪۱۱/٥٤ | ٪ ۱۲/٦٦ کاهش |
| **میانگین کرایه‌پرداختی توسط هر مسافر** | ۸۱۸۳۰ | ٦٤۳۲۰ | ۱۷٥۱۰ کاهش |

همان‌گونه که مشاهده می‌شود، بهره‌گیری از الگوریتم‌های هوش‌مصنوعی و روش‌های نوین، به میزان قابل‌توجهی در زمان و هزینه صرفه‌جویی به همراه خواهد داشت و بدیهی است که نتایج این پژوهش زمانی اهمیت خود را بیستر نمایان می‌سازد که در بازه زمانی یک یا چندساله اجرا شود. نتایج جدول ۳ در کنار بهره‌وری از حیث اقتصادی و زمانی، به میزان زیادی آرامش خاطر مسافرین در تهیه بلیط و متعاقباً کمک به محیط زیست را به‌همراه خواهد داشت.

## ۸. نتیجه گیری

در پژوهش حاضر، ابتدا به تحقیق و بررسی کارهای صورت‌گرفته در زمینه حمل‌ونقل عمومی پرداخته شد، تا با بهره‌گیری از این پژوهش‌ها، روش مناسب جهت بهینه‌سازی مصرف سوخت و صرفه‌جویی در هزینه و زمان اتخاذ گردد. درنتیجه این تحقیقات و بررسی‌های به‌عمل‌آمده، ایجاد یک مدل ANFIS برای تخمین ترافیک مسیرها، الگوریتم FCM برای تعیین تعداد مسافرین مراجعه‌کننده به ترمینال هر شهر، و بالأخره الگوریتم دیکسترا برای مسیریابی بهینه از مبدأ به مقصد مسافرین به‌دلیل تناسب موضوعی با ماهیت موضوع موردبحث پژوهش، انتخاب گردید. در ادامه، ضمن استخراج، گردآوری و تنظیم هدفمند داده‌ها از اماکن مرتبط با موضوع حمل‌ونقل عمومی، با بهره‌گیری از نرم‌افزار سیمیولینک و با استفاده از توابع متلب، دو مدل شبیه‌سازی مربوط به سیستم فعلی و سیستم پیشنهادی حمل‌ونقل عمومی طراحی و به مدت یک هفته اجرا شد و در نهایت، نتایج حاصل با یکدیگر مقایسه شد. طبق نتایج، میزان استفاده مسافرین از اتوبوس نسبت به تاکسی۸/۲٪ افزایش، میزان استفاده از حداکثر ظرفیت اتوبوس‌ها ۱۲/٦٦٪ افزایش و مجموع کرایه‌های پرداختی توسط مسافرین ۱۷٥۱۰ تومان کاهش را نشان داد. ارزش سیستم حمل‌ونقل طراحی‌شده محدود به بهینگی مصرف سوخت و کاهش هزینه مسافرین نشده و با توجه به استفاده حداکثری از ظرفیت اتوبوس‌ها، محیط زیست سالم‌تری را نیز به ارمغان می‌آورد. بنابراین اگر بخواهیم کرایه پرداختی مسافر، اطمینان خاطر مسافر در تهیه بلیط و مسیریابی بهینه از نظر زمان را در زمره دغدغه‌ها و مؤلفه‌های تأثیرگذار بر رضایت مسافرین قرار دهیم، موارد مطرح‌شده پاسخگوی تمامی این مؤلفه‌ها خواهد بود. لازم به ذکر است که یافته‌های پژوهش حاضر، فارغ از صحت اطلاعات مورد استفاده، هیچ‌یک وابسته به اطلاعات اخذشده نبوده و در مورد هر داده‌ای می‌تواند صدق کند. یکی از دلایل آن، پویایی روش‌های مورداستفاده در این پژوهش بوده‌است و دیگراینکه، مدل‌های تصمیم‌گیر با استفاده از هوش مصنوعی خود را با داده‌های آموزشی وفق می‌دهند.

## ۹. پی نوشت ها

[1].World Health Organization (WHO)
[2].International Energy Agency (IEA)
[3] .Public Transportation System
[4].Suburban Public Transportation System
[5]. Adaptive Network Based Fuzzy Inference System
[6]. Takagi – Sugeno
[7]. Dijkstra



www.SID.ir

Archive of SID



[8]. Fuzzy C-mean Clustering
[9].Training
[10].Testing
[11].checking
[12]. Sub.Clustering
[13]. Weight Average
[14]. Overfitting

## ۱۰. مراجع


- احمدوند، علی محمد، محمدیانی، زینب و خدادادی، حدیثه (۱۳۹٤) "مدلسازی پویای سیستم حمل‌ونقل شهری پایدار به منظور اصلاح و بهبود ترافیک"، پژوهشهای مدیریت در ایران، دوره ۱۹، شماره ۲، ص. ۳۱-۵۲.

- استادی جعفری، مهدی و رصافی، امیرعباس (۱۳۹۲) "ارزیابی سیاستهای توسعه پایدار در بخش حمل‌ونقل شهری با استفاده از مدلهای سیستم پویایی؛ مطالعه موردی: شهر مشهد"، مدیریت شهری، دوره ۱۱، شماره ۳۱، ص. ۲۸۱-۲۹٤.

- امینی نژاد، رامین و افتخاری، قدرت (۱۳۹۰) " مقدمه ای بر برنامه ریزی حمل‌ونقل شهری"، انتشارات دانشگاه پیام نور تهران، چاپ اول.

- سلطانی، علی (۱۳۹۰) "مباحثی در حمل‌ونقل شهری با تاکید بر رویکر پایدار"، انتشارات دانشگاه شیراز، چاپ اول.

- جباری، الهام و سعیدی، شهرام (۱۳۹۷) " یک روش جدید برای حل مسئله حمل‌ونقل عمومی با استفاده از برنامه ریزی خطی و الگوریتم فراابتکاری ترکیبی PS-ACO"، فصلنامه علمی- پژوهشی مهندسی حمل‌ونقل، انتشارآنلاین، www.jte.sinaweb.net.

- شاهقلیان، کیوان، شهرکی، علیرضا و حسین زاده سلجوقی، مصطفی (۱۳۸۹)"بهبود وضعیت ترافیک با افزایش عملکرد خدمات حمل‌ونقل"، فصلنامه مطالعات مدیریت ترافیک، سال پنجم، شماره ۱۸، ص. ۱۹-٤۲.

- عدل پرور، محمدرضا (۱۳۹۱) " بکارگیری منطق فازی در مدلسازی انتخاب وسیله نقلیه سفرهای برون شهری"، فصلنامه علمی- پژوهشی مهندسی حمل‌ونقل، سال چهارم، شماره اول، ص. ۷۹-۸۵ .

- عطائی، اسفندیار، توکلی مقدم، رضا و عزیزی، زینب (۱۳۹۷) "بهینه سازی سیستم حمل‌ونقل عمومی با استفاده از الگوریتم بهینه‌سازی انبوه ذرات با بردار ارزیابی - مطالعه موردی در سازمان اتوبوسرانی"، فصلنامه مهندسی حمل‌ونقل، سال نهم، شماره سوم، ص. ٤۱۳-٤۲۹.

- فلاح منشادی، الهام، روحی، امیر و سعیدی زند، پدرام (۱۳۹۱) "بررسی و ارایه سیاست‌های دستیابی به حمل‌ونقل پایدار در تهران"، دانش شهر، ۱۲۸، ص.٤-۷٦.

- مریدی، مرضیه (۱۳۹٤) "نقش قوانین و مقررات در ترافیک و حمل‌ونقل شهری"، ششمین کنفرانس برنامه ریزی و مدیریت‌شهری، مرکز پژوهش‌های شورای اسلامی مشهد، ۲۱و ۲۲ آبان.

- یعقوبی وایقان، فریبرز و حسینی، محمود (۱۳۸۸) "ارائه یک روش ارزیابی سریع خطرپذیری لرزه‌ای برای سامانه های حمل‌ونقل برون‌شهری"، پژوهشنامه حمل‌ونقل، سال ششم، شماره اول، ص. ٦۵-۸۵

- Diestel, R. (2010) "Graph theory", 4th Edition, published by Springer, Berlin, Heidelberg.

- Dijkstra, E. W. (1959) "A note on two problems in connection with graphs," Numerische Mathematic, Vol. 1, pp. 269-271.




www.SID.ir

Archive of SID




- Janušová, L. and Čičmancová, S. (2016) "Improving safety of transportation by using intelligent transport systems", Procedia Engineering, Volume 134, pp. 14-22.

- Li, Y. and DaCosta, M. (2013) "Transportation and income inequality in China: 1978– 2007", Transportation Research Part, A: Policy and Practice, Vol. 55, pp. 56-71.

- Nayak, P. C., Sudheer, K. P., Rangan, D. M. and Ramasastri, K. S. (2004) "A neuro-fuzzy computing technique for modeling hydrological time series", Journal of Hydrology, Vol. .291, No. 2, pp. 52-66

- Young, Dae Ko (2016) "An airline's management strategies in a competitive air transport market", Journal of Air Transport Management, Volume 50, pp. 53–61.

- Debdatta, Pal and Mitra, Subrata K. (2016) "An application of the directional distance function with the number of accidents as an undesirable output to measure the technical efficiency of state road transport in India", Transportation Research Part A: Policy and Practice, Volume 93, pp. 1–12.

- Hidalgo, D. and Huizenga, C. (2013) "Implementation of sustainable urban transport in Latin America", Research in Transportation Economics, Vol. 40, No.1, pp. 66-77.

- Hutchison, R. (2010) "Encyclopedia of urban studies", SAGE Publications.

- Jang, J. S. R. (1993) "ANFIS: Adaptive network based fuzzy inference system", IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, Vol.23, No.3, pp. 665 - 685.

-




www.SID.ir

Archive of SID

مریم رحمتی، درجه کارشناسی در رشته مدیریت‌صنعتی را در سال ۱۳۸۲ از دانشگاه مازندران و درجه کارشناسی‌ارشد در رشته مدیریت‌صنعتی را در سال ۱۳۸٦ از دانشگاه مازندران اخذ نمود. در سال ۱۳۹۷ موفق به کسب درجه دکتری در رشته مدیریت صنعتی- گرایش سیستم‌ها از دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران گردید. زمینه‌های پژوهشی موردعلاقه ایشان مباحث مربوط به سیستم های هوشمند، زنجیره تأمین و علوم تصمیم‌گیری بوده و در حال حاضر عضو هیأت علمی در دانشگاه آزاد اسلامی واحد چالوس است.

رضا رادفر ، درجه کارشناسی در رشته مدیریت‌صنعتی را در سال ۱۳۷۵ از دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران- جنوب و درجه کارشناسی‌ارشد در رشته مدیریت‌صنعتی را در سال ۱۳۷۸ از دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکز اخذ نمود. در سال ۱۳۸۳ موفق به کسب درجه دکتری در رشته مدیریت صنعتی- گرایش سیستم‌ها از دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران گردید. زمینه‌های پژوهشی موردعلاقه ایشان مباحث مربوط به مدیریت سیستم‌ها ، مدیریت تکنولوژی و مدیریت نوآوری بوده و در حال حاضر عضو هیأت علمی با درجه استادی در دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران است.

عباس طلوعی اشلقی، درجه کارشناسی در رشته زمین‌شناسی را درسال ۱۳۷۱ از دانشگاه شهیدبهشتی تهران و درجه کارشناسی‌ارشد در رشته مدیریت‌صنعتی را در سال ۱۳۷٦ از دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم‌وتحقیقات تهران اخذ نمود. در سال۱۳۸۱ موفق به کسب درجه دکتری در رشته مدیریت صنعتی- گرایش تحقیق‌درعملیات از دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم‌وتحقیقات تهران گردید. زمینه-های پژوهشی موردعلاقه ایشان مباحث مربوط به مدل‌سازی، داده‌کاوی و شبیه‌سازی بوده و در حال حاضر عضو هیأت علمی با درجه استادی در دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم‌وتحقیقات تهران است

.

نازنین پیله وری سلماسی، درجه کارشناسی در رشته مهندسی شیمی را در سال ۱۳۷٦ از دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران و درجه کارشناسی ارشد در رشته مدیریت‌صنعتی- گرایش تولید را در سال ۱۳۸۱ از دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران اخذ نمود. در سال ۱۳۸۸ موفق به کسب درجه دکتری در رشته مدیریت صنعتی-گرایش تولید از دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم‌وتحقیقات تهران گردید. زمینه‌های پژوهشی موردعلاقه ایشان مباحث مربوط به مدیریت تولید، زنجیره‌تأمین و تکنیکهای تصمیم‌گیری بوده و در حال حاضر عضو هیأت علمی رتبه دانشیاری در دانشگاه آزاد اسلامی واحد یادگار امام خمینی(ره) شهرری است.



www.SID.ir