

ارائه روشی جهت پیش بینی ترافیک در آزادراه ها با استفاده از شبکه عصبی احتمالاتی برپایه الگوریتم خفاش

حسین قسوری^۱، مهشید فرج زاده^۲

^۱ استاد راهنما، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کاشان

^۲ دانشجوی کارشناسی ارشد، رشته کامپیوتر- نرم افزار، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کاشان

نام نویسنده مسئول:

مهشید فرج زاده

چکیده

یکی از مهمترین مؤلفه هایی که در سیستم حمل و نقل وجود دارد، سامانه ترافیکی است. استفاده از روش های هوشمندی که بتوانند عملیات تخمین و پیش بینی ترافیک را انجام بدهند به عنوان رویکردی مناسب در این حوزه به کار گرفته می شوند. سامانه های حمل و نقل جاده ای و بین شهری، نیاز به سیستم هایی جدید برای پیش بینی، نظارت و بازرسی ترافیک دارند. از این رو، استفاده از سیستم های کامپیوتری که توانایی چنین کاری را داشته باشند، به عنوان رویکردی مناسب تلقی می گردد. روش های یادگیری ماشین، توانایی تخمین و پیش بینی ترافیک در بازه های مختلفی از زمان را دارند. داده کاوی، به عنوان یک مبحث گسترده، دارای روش هایی است که می تواند در این حوزه مورد استفاده واقع گردد. به منظور پیش بینی ترافیک جاده از داده های آزاد راه تهران-کرج در سال ۱۳۹۰ در بهمن ماه استفاده شده است تا عملیات پیش بینی ترافیک برای یک سال بعد، انجام پذیرد. استفاده از شبکه عصبی احتمالاتی و همچنین الگوریتم بهینه سازی خفاش، به عنوان یک رویکرد جدید، در این پژوهش به کار گرفته شده است که نتایج به دست آمده حاصل از دقت روش، ۹۳،۹۳۹۴٪ را نشان می دهد که در مقایسه با سایر پژوهش های مطالعه شده، دارای برتری می باشد.

واژگان کلیدی: شبکه عصبی احتمالاتی، الگوریتم خفاش، پیش بینی ترافیک، سیستم حمل و نقل هوشمند

مقدمه

داده کاوی^۱، روش تجزیه و تحلیل است که قادر به کشف و استخراج الگوهای جدید از مجموعه داده می شود. رشد جوامع شهری باعث به وجود آمدن سیل عظیمی از داده ها شده است که دسته بندی، طبقه بندی^۲ و ذخیره این حجم اطلاعات، امری پیچیده و زمان بر است. یکی از حوزه های شهری که داده کاوی در آن تأثیر به سزایی دارد، حوزه حمل و نقل شهری می باشد. ساخت سامانه حمل و نقل هوشمند در این زمینه امری مهم است که در سالیان اخیر رویکردهای زیادی به آن پرداخته اند.

یکی از مهم ترین مؤلفه های ترافیک، حجم ترافیکی است که ورودی اکثر سیستم های حمل و نقل محسوب می شود. در حجم ترافیکی، مبحثی به نام حجم متوسط ترافیک روزانه وجود دارد که متوسط ترافیک روزانه در سال را مجموع حجم ترافیک سالیانه تقسیم بر ۳۶۵ هست [۱]. شمارش این حجم به وسیله دستگاه های سیار و ثابت به صورت چرخشی هر ۱۲ ساعت و سپس به دست آوردن واریانس از آن حاصل می شود.

روش ارائه شده که به رویکرد استفاده از شبکه عصبی^۳ داده کاوی ارتباط پیدا می کند، به پیش بینی ترافیک در سال ۱۳۹۰ در محور تهران- کرج می پردازد که می توان با پردازش روی داده های آماری و اعتبارسنجی آن، پیش بینی برای سالیان بعد را انجام و با استفاده از الگوریتم تکاملی خفاش^۴ آن را بهبود داد. با این روش می توان یک شبکه پیچیده از دیگر راه های این دو مسیر را به گروه هایی که به هم ارتباط دارند، ایجاد و بررسی کرد که حتی نزدیک ترین مسیر با کمترین ترافیک کدام خواهد بود. بدین منظور ابتدا با توجه به داده در دسترس، پیش بینی ترافیک در محور تهران- کرج انجام می شود.

مراجع و مدارک الزامی برای شناخت معابر و راه ها در این پروژه مورد نیاز است که شامل سلسله مراتب معابر شهری از سازمان حمل و نقل و ترافیک، آیین نامه طرح هندسی معابر از حوزه معاونت حمل و نقل و ترافیک، آیین نامه طرح هندسی راه ها از سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور و وزارت راه و ترابری و دایره المعارف مهندسی ترافیک سال ۱۳۸۱ است.

عامل مهم در این پروژه استفاده از روش های طبقه بندی است تا بتوان دانشی از داده های موجود را استخراج نمود. در بخش طبقه بندی قرار است که چهار عمل مهم انجام شود که شامل نرمال سازی داده، انتخاب ویژگی^۵، کاهش ابعاد ویژگی^۶ و سپس استخراج ویژگی^۷ برای به دست آوردن دانشی جدید از روی داده های موجود است. عملیات طبقه بندی با استفاده از شبکه عصبی احتمالاتی^۸ روی می دهد و عملیات ذکر شده دیگر برپای الگوریتم خفاش انجام می شود.

دلیل استفاده از شبکه عصبی احتمالاتی دو عامل اصلی یعنی عملیات ساده و سرعت همگرایی^۹ بالا است و چون قرار است عملیات پیش بینی روی مسیرهایی در زمان های مختلف انجام شود، احتمالات جز پایه و اساس کار محسوب می شود؛ به همین دلیل رویکرد به استفاده از شبکه عصبی احتمالاتی می پردازد. عمل داده کاوی از مجموعه داده به کمک شبکه عصبی احتمالاتی شامل تشکیل داده ها، انتخاب داده ها، تبدیل داده ها، جستجو در داده ها و تفسیر نتیجه است. طرز کار بدین صورت است که وجود یک رویداد به معنای وجود رویداد دیگری است و سعی در کشف الگو هست و سپس اطلاعات به دست آمده طبقه بندی شده تا الگوی خاصی به دست آید. جهت به دست آوردن اطلاعات مفید، عملیات تجزیه و تحلیل روی داده ها لحاظ می شود که به این، کار داده کاوی گویند. الگوریتم های به روز از خانواده الگوریتم های تکاملی^{۱۰}، اصولاً الهام گرفته شده از طبیعت و برپایه هوش ازدحامی^{۱۱} هستند. روش های الهام گیری متنوعی از طبیعت وجود دارد، در نتیجه می توان الگوریتم های گوناگونی را عرضه نمود. تمامی الگوریتم های الهام گرفته شده از طبیعت تمایل به استفاده از حالتی منحصربه فرد در تدوین فرمول های کلیدی به روزسانی دارند. الگوریتم خفاش جز همین دسته از الگوریتم ها است که در سال ۲۰۱۰ توسط Yang طراحی شد و برپایه ویژگی های انعکاس صدای خفاش ها است [۲]. خفاش ها موجوداتی شگفت انگیز هستند و تلاش آن ها برای شکار با استفاده از انعکاس صدا، محققان بسیاری را به سوی خود جذب کرده است. الگوریتم خفاش از روش تنظیم فرکانس جهت افزایش تنوع از راه حل های موجود در جمعیت استفاده می کند و در حالی که به صورت هم روند در حال این کار است، به صورت توجه خودکار، سعی در اکتشاف و بهره برداری متعادل در فرایند جستجو توسط تقلید از تغییرات نرخ انتشار پالس و بلندی صدای خفاش ها در زمان شکار دارد. در نتیجه، اثبات جهت مؤثر بودن با آغاز سریع معمولی، روی

1 Data Mining

2 Classification

3 Neural Network (NN)

4 Bat Algorithm

5 Feature Selection

6 Dimension Reduction

7 Feature Extraction

8 Probabilistic Neural Network (PNN)

9 Convergence

1 Evolutionary Algorithms (EAs)

1 Swarm Intelligence

می دهد. دلیل استفاده از الگوریتم خفایش در این پژوهش، مشابه بودن رویکردهای آن با شناسایی، تشخیص و پیش بینی ترافیک است و می تواند با سرعتی بالا و بدون ایجاد بهینه محلی، عملیات انتخاب ویژگی، کاهش ابعاد و استخراج ویژگی به منظور بهینه سازی مسیرهای انتخابی را تعیین نماید.

۱- اهداف تحقیق

اهداف کلی شامل استخراج دانشی برپایه پیش بینی با شبکه عصبی احتمالاتی و سپس شناسایی مسیر بدون ترافیک در زمان های مختلف است. اهداف فرعی دیگری در این پروژه مطرح است که شامل موارد ذیل می باشد:

- ✓ پیش بینی ترافیک در سال های آتی با استفاده از داده در دسترس
- ✓ طبقه بندی معابر مشابه بین دو مسیر به منظور مدیریت بهتر معابر درون و برون شهری
- ✓ کاهش تعارض و کاهش تأثیر ترافیک بر شبکه کلی راه ها و معابر
- ✓ ایجاد ابزاری برای شناسایی بر اساس عملکردهای ترافیکی
- ✓ شناسایی نزدیک ترین مسیر با کمترین ترافیک

۲- سوالات تحقیق

- ✓ آیا استفاده از شبکه عصبی می تواند به پیش بینی ترافیک در آزادراه ها کمک کند؟
- ✓ آیا ضریب خطای این پیش بینی قابل قبول خواهد بود؟

۳- فرضیات تحقیق

- ✓ پیش بینی ترافیک با صحتی بیش از ۸۰٪
- ✓ استفاده از داده برای پیش بینی ترافیک در آزادراه تهران- کرج

۴- مبانی نظری

۴-۱- مبانی ترافیک جاده ای

هدف از مبانی ترافیک جاده ای، آشنایی با مفاهیم شبکه بندی و سلسله مراتب انواع راه ها شامل آزادراه، بزرگراه، خیابان های اصلی، خیابان های محلی و غیره است. مباحثی که در مبانی ترافیک جاده ای وجود دارند، به صورت موردی اشاره می شوند که شامل موارد ذیل هست:

- ✓ مشخصات طولی و عرض معابر
- ✓ اطلاعات وسایل نقلیه عمومی و خصوصی (مترو، منوریل، اتوبوس و غیره)
- ✓ پارکینگ ها، پایانه ها، گاراژها، فرودگاه ها، ایستگاه ها، راه آهن و غیره
- ✓ عملی: شرکت در جمع آوری اطلاعات شبکه ترافیک شهری
- ✓ مطالب مبدأ و مقصد
- ✓ جمع آوری اطلاعات وسایل نقلیه عمومی و خصوصی
- ✓ آشنایی با گره های ترافیکی
- ✓ مقررات ترافیک شهری

۴-۲- علل ایجاد ترافیک

- ✓ ترافیک شهری: مبدأ و مقصد ترافیک داخل منطقه مورد مطالعه هست.
- ✓ ترافیک خارجی: مبدأ و یا مقصد ترافیک در داخل محدوده مطالعاتی یا شهر مورد نظر است.
- ✓ ترافیک عبوری: مبدأ و مقصد ترافیک هر دو خارج از شهر یا منطقه مطالعاتی مورد نظر است.

نمودار ترافیک به زمان نیز دارای اهمیت بالایی است. تغییرات زمانی ترافیک به چه چیزهایی بستگی دارد؟ پاسخ این پرسش به شرح ذیل است:

- ✓ اندازه شهری: هر چه اندازه شهر کوچک تر باشد، اوج ساعت شلوغی و طول زمان شلوغی کمتر است.
- ✓ نوع ترافیک (سبک و سنگین).
- ✓ نوع خیابان.
- ✓ گنجایش شبکه حمل و نقل.
- ✓ زمان ساعت کار (ناهمزمانی کردن ساعت شروع و خاتمه فعالیت های عمده در کاهش اوج ترافیک و ملایم شدن آن، تأثیر زیادی دارد).
- ✓ عوامل اجتماعی (مثال: بعد از ظهر پنجشنبه اکثراً ترافیک به سمت گورستان ها است).
- ✓ روزهای تعطیل نوسانات کمتر است.
- ✓ کیفیت هوا روی نوسانات تأثیر دارد.

۴-۳- انواع ترافیک

- ✓ ترافیک داخلی: در مطالعات ترافیکی کلیه مبدأ و مقصدهای ترافیک در داخل محدوده مطالعاتی است.
- ✓ ترافیک مبدأ: مبدأ حرکت وسایل نقلیه از داخل محدوده مطالعاتی شروع شده و به خارج از محدوده ادامه می یابد.
- ✓ ترافیک مقصد: در ترافیک مقصد، مبدأ حرکت وسایل نقلیه در خارج از محدوده مطالعاتی بوده و مقصد در داخل محدوده مطالعاتی است.
- ✓ ترافیک عبوری: در ترافیک عبوری، وسایل نقلیه از محدوده مطالعاتی عبور کرده و مبدأ و مقصد حرکت آن ها در خارج از محدوده مطالعاتی است.
- ✓ ترافیک عبوری منطقه: همانند ترافیک عبوری بوده، فقط وسایل نقلیه عبوری در محدوده مطالعاتی دارای توقف هستند.

۴-۴- الگوریتم های تکاملی

پیچیدگی رو به رشد دنیای واقعی باعث برانگیخته شدن دانشمندان کامپیوتر جهت پیدا کردن راه حلی بهینه برای مشکلات است. روش های فرا اکتشافی بر پایه رایش تکاملی و هوش ازدحامی، از جمله مثال های برجسته روش حل مشکلات هستند که الهام گرفته شده از طبیعت می باشند.

با رشد سریع و پیچیدگی مسائل بهینه سازی مدرن، رایش تکاملی به طور فزاینده ای به عنوان ابزاری مؤثر برای بهینه سازی بدل شده است. بسته به ماهیت پدیده شبیه سازی شده، الگوریتم های رایش تکاملی به دو گروه تقسیم می شوند: الگوریتم های تکاملی و الگوریتم های هوش ازدحامی. ایده اصلی الگوریتم های تکاملی که الهام گرفته شده از طبیعت است، به عنوان روشی موفق برای بهینه سازی در میان تمام روش های ابداع شده از جامعه رایش تکاملی است. در حال حاضر چندین نمونه از نمونه های الگوریتم های ابتکاری به طور گسترده جهت حل مشکلات دنیای واقعی به کار گرفته می شوند که از جمله این روش ها می توان به الگوریتم ژنتیک، برنامه نویسی ژنتیک، استراتژی تکاملی و دیفرانسیل تکاملی را نام برد. این الگوریتم ها کارایی رضایت بخش در مقایسه با روش های بهینه سازی مرسوم را دارند [۳، ۴].

در طی دو دهه اخیر، هوش ازدحامی که روشی جدید از رایش تکاملی است، توجه محققان زیادی را به خود جلب کرده است [۵]. واژه ازدحام در حالت کلی جهت اشاره به هر مجموعه ای از عوامل تعاملی به کار گرفته می شود. هوش ازدحامی با شیوه روش شناسی از رفتار جانداران اجتماعی برای حل مسائل، مدل سازی می شود. محققان الگوریتم های بهینه سازی را با تقلید از رفتار مورچه ها، زنبورها، باکتری ها، کرم شب تاب ها و دیگر جانداران، ابداع کرده اند. انگیزه ساخت چنین الگوریتم هایی توسط نیاز به رشد سریع مسائل بهینه سازی فراهم شد که روش های پیشین را که دارای پیچیدگی بالا بودند، کنار گذارند.

الگوریتم های هوش ازدحامی به تقلید از روش های طبیعی برای پیدا کردن فضای جستجو و راه حلی بهینه می پردازند. دو روش بنیادی در اساس هوش ازدحامی ریشه دارد، یعنی الگوریتم بهینه سازی کلونی مورچگان [۶] و بهینه سازی ازدحام ذرات [۷]. از این الگوریتم ها در مسائل مختلف بهینه سازی استفاده شده است [۸-۹]. یکی از مهم ترین جانداران که در هوش ازدحامی مورد مطالعه قرار گرفت، زنبورها

1 At Colony Optimization (ACO)

1 Particle Swarm Optimization (PSO)

بودند [۱۰]. در [۱۱] روشی به نام بهینه سازی ازدواج در زنبورهای عسل^۴ ارائه شده است و این الگوریتم به مسائل رضایت گزاره ای در سیستم های خبره^۵ به کار گرفته شد. در [۸] بهینه سازی کلونی زنبور مصنوعی ارائه شد که به طبقه بندی زنبورها در کندو به سه دسته می پرداخت. زنبورهای دیده بان که به صورت تصادفی بدون راهنمایی پرواز می کنند، زنبورهای کارگر که به جستجوی همسایه در موقعیتشان می پردازند و زنبورهای ناظر که با استفاده از برازش^۶ جمعیت جهت انتخاب یک راه حل هدایت شده برای بهره وری، مورد استفاده قرار می گیرند. این الگوریتم در مسائل گوناگونی مورد استفاده واقع شد [۱۲، ۱۳]. الگوریتم کرم شب تاب^۷ با الهام از کرم های شب تاب ارائه شد [۱۴، ۱۵] که کرم های شب تاب به صورت تصادفی به انتخاب یک همسایه بر طبق روشنایی شان و حرکت در بین همسایه می پردازند. الگوریتم بهینه سازی غذایابی باکتری^۸ [۱۶] که بر پایه کموتاکسی باکتری هاست، به پیدا کردن راه حل های ممکن در مسئله به صورت بهینه توسط کلونی باکتری ها می پردازد.

۵-۴- شبکه عصبی

شبکه عصبی مصنوعی^۹ یک سیستم پردازش اطلاعات است که ویژگی های مشترکی با شبکه های عصبی طبیعی دارد. شبکه های عصبی، تعمیم یافته مدل های ریاضی تشخیص انسان بر اساس زیست شناسی هستند که دارای چندین فرضیه هستند که از جمله آن ها می توان به موارد ذیل اشاره کرد:

- ✓ عملیات پردازش اطلاعات را انجام می دهند.
- ✓ سیگنال ها در بین نرون های شبکه از طریق پیوندها یا اتصالات آن ها منتقل می شوند.
- ✓ هر پیوند، وزن مربوط به خود را دارد که در شبکه های عصبی رایج در سینال های انتقال یافته آن پیوند، ضرب می شود.
- ✓ هر نرون یک تابع فعال سازی^{۱۰} را بر روی ورودی های خود که جمع وزن دار سیگنال های ورودی است، اعمال می کند تا سیگنال خروجی خود را تولید نماید.
- ✓ نرون ها شبکه های عصبی از عناصر عملیاتی ساده ای ساخته می شوند که به صورت موازی در کنار هم عمل می کنند. این عناصر از سیستم های عصبی زیستی الهام گرفته اند. در طبیعت، عملکرد شبکه های عصبی از طریق نحوه اتصال بین اجزا، تعیین می شود. بنابراین می توان یک ساختار مصنوعی به تبعیت از شبکه های عصبی زیستی ساخت و با تنظیم مقادیر هر اتصال، تحت عنوان وزن اتصال^{۱۱} نحوه ارتباط بین اجزای آن را تعیین نماییم.
- پس از تنظیم یا همان آموزش شبکه عصبی، اعمال یک ورودی خاص به آن منجر به دریافت پاسخ خاصی می شود. از شبکه های عصبی برای پیاده سازی توابع پیچیده در زمینه های مختلف از جمله تشخیص الگو^{۱۲}، تشخیص هویت^{۱۳}، طبقه بندی، پردازش صدا^{۱۴}، پردازش سیگنال^{۱۵}، پردازش تصویر، سیستم های کنترلی^{۱۶} و غیره، استفاده می شود.
- عموماً برای آموزش شبکه های عصبی از روش های نظارت شده یا با ناظر^{۱۷} استفاده می شود، اما می توان شبکه ها را با روش های آموزش غیرنظارتی یا بدون ناظر^{۱۸} نیز آموزش داد که کاربرد آن ها عموماً در تشخیص خوشه بندی داده ای^{۱۹} است. گونه های خاصی از شبکه های عصبی مانند هاپفیلد^{۲۰} و شبکه های خطی^{۲۱} به صورت مستقیم توسط طراح، طراحی می شوند. به طور خلاصه می توان گفت روش های مختلفی برای طراحی روش های یادگیری وجود دارد و کاربرد در انتخاب روش، دارای انتخاب های زیادی است.

¹ Marriage of Artificial Bee Colony	
¹ Expert System	5
¹ Fitness	6
¹ Firefly Algorithm (FA)	7
¹ Bacterial Foraging Algorithm (BFA)	
¹ Artificial Neural Networks	9
² Activation Function	0
² Neurons	1
² Weight Connection	2
² Pattern Detection	3
² Identification Detection	4
² Vice Processing	5
² Signal Processing	6
² Control Systems	7
² Supervised	8
² Unsupervised Learning	9
³ Data Clustering	0
³ Hopfield Neural Network	1
³ Linear Network	2

شبکه های عصبی مصنوعی دارای تاریخچه ای ۵۰ ساله می باشند، اما کاربرد آن ها در مسائل عملی به ۱۵ سال گذشته بر می گردد و این زمینه هم اکنون به سرعت در حال پیشرفت می باشد. بنابراین تفاوت زیادی بین این علم با علومی مانند کنترل، بهینه سازی، ریاضیات پایه که مشترکاً سال های زیادی است که به صورت علمی و عملی دارای کاربرد می باشند، وجود دارد.

۵- پیشینه تحقیق

در [۱۷] از رگرسیون با استفاده از پارامترهای جمعیت، میزان مالکیت خودرو، تعداد خانوار و شاغلین در یک خانواده، جهت تخمین حجم ترافیک در یک سال استفاده کرده است. در [۱۸] مدلی از رگرسیون چندگانه با استفاده از تعداد خطوط، کاربری زمین، نوع مسیر و شرایط اقتصادی را ارائه داده اند. در [۱۹] از شبکه عصبی متناوب برای تخمین ۶۳ محل در شبکه بزرگراه ایالت مینسوتا در امریکا استفاده کردند. نتیجه این پژوهش که رویکرد استفاده از شبکه عصبی در روش های بعدی تخمین و پیش بینی ترافیک نیز بود، این است که شبکه عصبی هنگامی که ایستگاه های شمارش به طور مناسب دسته بندی شده اند، همانند سایر روش های کلاسیک تخمین حجم ترافیک عمل می کند و بهتر از آن ها نیست. در [۲۰] به رویکرد شناسایی رویدادهای غیربازگشتی در ترافیک شهری پرداخته است. روش ارائه شده به شناسایی و پیش بینی جریان ترافیک برپایه استفاده از تحلیل غیرخطی با استفاده از شبکه عصبی احتمالاتی می پردازد. در واقع قرار است عملیات الگوشناسی برای پیش بینی ترافیک انجام پذیرد. سه الگو به عنوان الگوهای زمانی در نظر گرفته شده اند که شامل پایایی، غیرپایایی و منحصر بفردی (غیرخطی بودن) است. در [۲۱] به پیش بینی تصادفات در بزرگراه ها به صورت بلادرنگ پرداخته اند که رویکرد استفاده آن ها برپایه تحلیل آنتروپی رابطه خاکستری و شبکه عصبی احتمالاتی است. معیار اصلی این پژوهش، نمایش تلاطم در جریان ترافیکی است که بر اساس آنتروپی رابطه خاکستری تحلیل می شود و جهت شناسایی و پیش بینی بلادرنگ تصادفات بزرگراه به صورت بلادرنگ از شبکه عصبی احتمالاتی استفاده می شود.

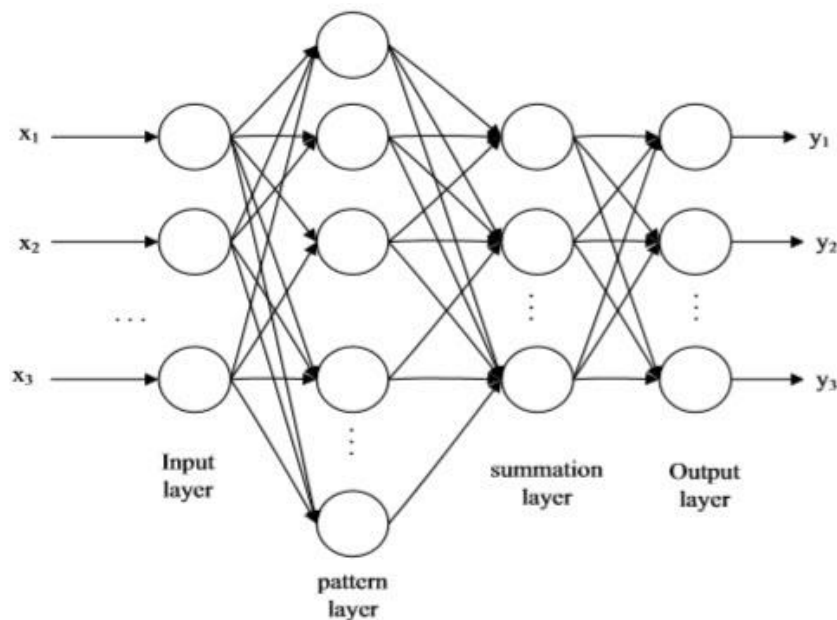
۶- روش ارائه شده

روش ارائه شده از ترکیب شبکه عصبی احتمالاتی و الگوریتم خفایش ناشی می گردد. به توضیح کلی دو رویکرد پرداخته می شود. شبکه عصبی احتمالاتی نوعی شبکه عصبی تابع پایه شعاعی است که تابع Spread آن در احتمالات در نظر گرفته می شود.

۶-۱- شبکه عصبی احتمالاتی

شبکه عصبی احتمالاتی از ۴ لایه تشکیل شده است: لایه ورودی،^۳ لایه الگو،^۴ لایه اجماع و^۵ لایه خروجی.^۶ ساختار این شبکه عصبی را می توان در شکل (۱) مشاهده نمود.

3	Input Layer	3
3	Pattern Layer	4
3	Summation Layer	5
3	Output Layer	6



شکل (۱) ساختار شبکه عصبی احتمالی

لایه ورودی، نمونه های آموزش دیده شده را که توسط همان بردار ویژگی از شبکه تصویب می شود را دریافت می کند و تعداد آن از نرون های عصبی برابر با ابعاد بردار نمونه ورودی است. جستجوی رابطه بین بردار ویژه ورودی و هر مدل در مجموعه آموزش در لایه الگو که تعداد آن ها برابر با بُعد بردارهای نمونه است، محاسبه می شود و خروجی لایه از هر واحد با توجه به رابطه (۱) و (۲) می باشد.

در رابطه (۱) پارامتر هموارسازی، X_{ij} بردار نرون است و d نشان دهنده بُعد بردار الگو است. لایه اجماع به منظور به دست آوردن تخمین چگالی احتمال هر حالت و خروجی آن متناسب با تخمین واحدهای مختلف چگالی احتمال بر پایه هسته است. نرون لایه جمع حداکثر احتمال الگوی x در حال طبقه بندی که در C_i هستند، توسط خلاصه سازی و میانگین گرفتن خروجی را محاسبه می کند.

$$\phi_{ij}(x) = \frac{1}{(2\pi)^{\frac{d}{2}}\sigma^d} \exp \left[-\frac{(x - x_{ij})^T (x - x_{ij})}{2\sigma^2} \right] \quad (1)$$

در رابطه (۲)، N_i نشان دهنده تعداد کل نمونه ها در کلاس C_i است. اگر احتمال پیش بینی برای هر کلاس مشترک باشد و ضررهای مرتبط با ساخت یک تصمیم نادرست برای هر کلاس مشترک باشد، واحد لایه تصمیم گیری اقدام به طبقه بندی الگوی x مطابق با قانون تصمیم گیری بیزین بر پایه خروجی از تمام نرون های لایه جمع استفاده خواهد کرد.

$$p_i(x) = \frac{1}{(2\pi)^{\frac{d}{2}}\sigma^d} \frac{1}{N_i} \sum_{j=1}^{N_i} \exp \left[-\frac{(x - x_{ij})^T (x - x_{ij})}{2\sigma^2} \right] \quad (2)$$

لایه خروجی، حداکثر چگالی احتمال پیشین از نرون ها به عنوان خروجی کل سیستم در تخمین چگالی احتمال را انتخاب می کند. نرون های لایه خروجی نوعی نرون های رقابتی هستند که هر نرون به یک نوع داده که بخشی از طبقه بندی است تعلق دارد و به آن پاسخ می دهد.

شبکه عصبی احتمالی دو اصلی مزیت دارد از جمله عملیات ساده و سرعت همگرایی بالا. در پیاده سازی پروژه، ظرفیت طبقه بندی غیرخطی قدرتمند شبکه عصبی احتمالی به منظور ارتقای کارایی طبقه بندی داده ها به کار رفته است. گام های پروژه به صورت زیر استفاده شده اند: ابتدا انتخاب مجموعه آموزشی یا دیتا وارد می شود، سپس نرمال سازی داده، ساخت شبکه عصبی احتمالی، آموزش شبکه، تست شبکه و در نهایت خروجی. بعد از عملیات شبکه عصبی احتمالی، نیاز است تا عملیات بهبود، انجام گیرد. از این رو، از الگوریتم بهینه سازی خفاش استفاده خواهد شد.

۲-۶- الگوریتم خفاش

خفاش ها موجوداتی شگفت انگیز هستند و تلاش آن ها برای شکار با استفاده از انعکاس صدا، محققان بسیاری را به سوی خود جذب کرده است. الگوریتم خفاش از روش تنظیم فرکانس جهت افزایش تنوع از راه حل های موجود در جمعیت استفاده می کند و در حالی که به صورت هم روند در حال این کار است، به صورت توجه خودکار، سعی در اکتشاف و بهره برداری متعادل در فرایند جستجو توسط تقلید از تغییرات نرخ انتشار پالس و بلندی صدای خفاش ها در زمان شکار دارد. در نتیجه، اثبات جهت موثر بودن با آغاز سریع معمولی، روی می دهد. برپایه توضیحات بالا و ویژگی های انعکاس صدای خفاش، ارتقای الگوریتم خفاش با سه قانون ایده آل می باشد که شامل:

✓ همه خفاش ها از انعکاس صدا جهت حس فاصله استفاده می کنند و آن ها تفاوت بین غذا، طعمه و موانع بین آن را به طور جادویی می دانند.

✓ خفاش ها به صورت تصادفی با سرعت v_i در موقعیت x_i با فرکانس f_{min} با طول موج های مختلف λ و بلندی صدای A_0 جهت جستجوی طعمه، پرواز می کنند. خفاش ها به صورت خودکار به تنظیم طول موج یا فرکانس پالس های ساطع و تنظیم نرخ پالس منتشر شده $r \in [0, 1]$ بسته به نزدیکی به هدفشان، می پردازند.

✓ با اینکه بلندی صدا در شرایط مختلف، گوناگون است، اما فرض بر این است که بلندی صدا از یک محدوده بزرگ مثبت A_0 تا یک مقدار ثابت مینیمم A_{min} متنوع خواهد بود.

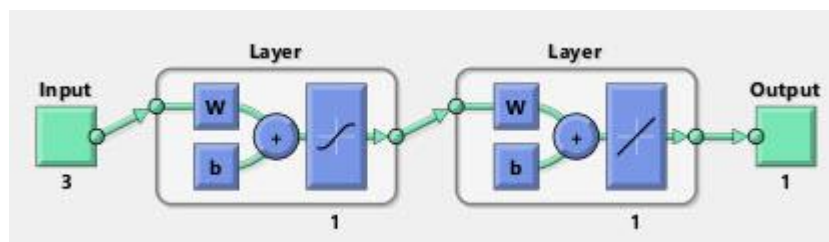
خفاش ها دارای یک سامانه ردیابی هدف نیز هستند که جهت سادگی از قاعده ردیابی اشعه ای در الگوریتم استفاده نمی شود. گرچه این کار می تواند ویژگی های جالبی برای گسترش بیشتر این الگوریتم را همراه داشته باشند، اما پیچیدگی محاسباتی و زمان اجرا را مسلماً بالا خواهد برد.

۳-۶- روش های ارزیابی

در این پژوهش از چند روش ارزیابی استفاده شده است که شامل میانگین مربعات خطا، آوج نسبت سیگنال به نویز، نسبت سیگنال به نویز، آدقت آست.

۷- نتایج تحقیق

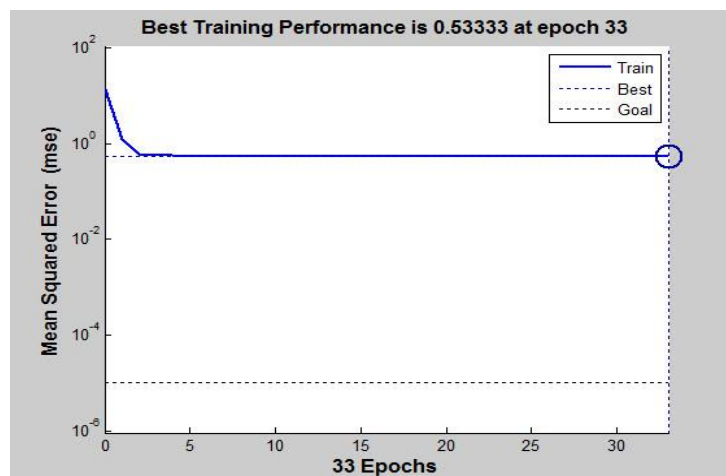
محیط پیاده سازی استفاده از نرم افزار MATLAB است. از مجموعه داده های ترافیک در سال ۱۳۹۰ در بهمن ماه در محور تهران- کرج به منظور پیش بینی ترافیک این محور برای سال بعد، استفاده شده است که شامل ۴ ویژگی است. داده دارای ۳۳ سطر و ۴ ستون است که محور ترافیکی در چهار مسیر را نشان می دهد. پس ماتریسی 33×4 وجود دارد. ساختار شبکه عصبی به صورت شکل (۲) است.



شکل (۲) ساختار شبکه عصبی احتمالاتی ارائه شده

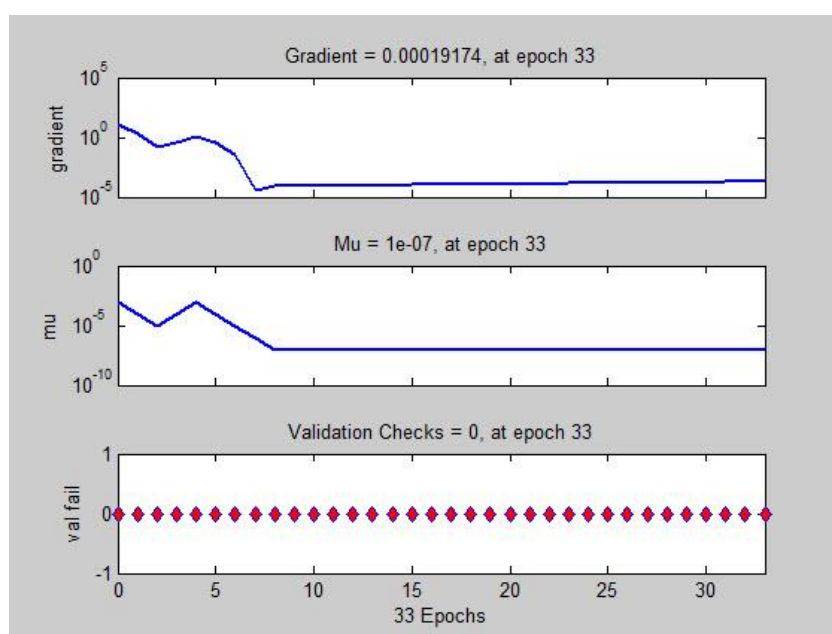
4 Mean Square Error (MSE) 0
 4 Peak Signal-to-Noise Ratio (PSNR)
 4 Signal-to-Noise-Ratio (SNR) 2
 4 Accuracy 3

روش آموزش از نوع لوببرگ مارکوارد^۴ در نظر گرفته شده است. هدف از استفاده از این نوع روش آموزش، به منظور ارزیابی کارایی در کاهش خطا در زمان طبقه بندی داده است. تعداد تکرار شبکه عصبی ۳۳ دور و زمان فرایند آموزش و طبقه بندی ۴ ثانیه می باشد. کارایی شبکه عصبی احتمالاتی در شکل (۳) نشان داده شده است.



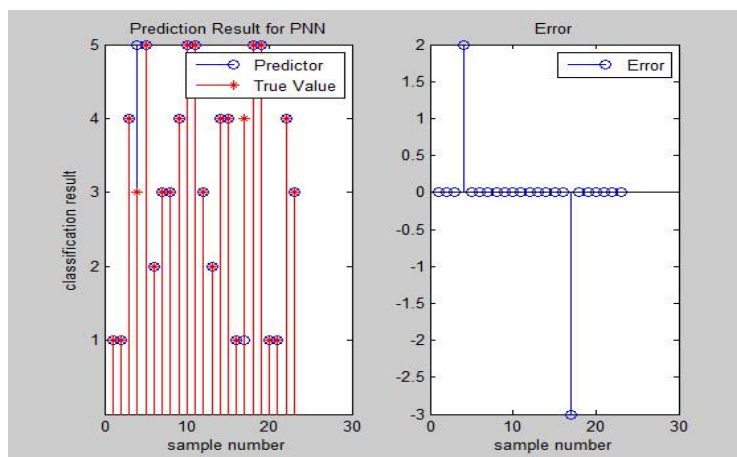
شکل (۳) کارایی شبکه عصبی احتمالاتی

همان طور که نمودار شکل (۳) نشان می دهد، بهترین کارایی برای ۳۳ دور تکرار، ۰,۵۳۳۳۳ می باشد. حالات آموزشی نیز در شکل (۴) نشان داده شده است.



شکل (۴) حالات آموزشی شبکه عصبی احتمالاتی

مقدار گرادیان برابر ۰,۰۰۰۱۹۱۷۴ در ۳۳ دور تکرار، مقدار نرخ جهش برابر عدد صحیح ۰,۰۷ در ۳۳ دور تکرار و اعتبارسنجی برابر ۰ در ۳۳ دور تکرار می باشند. نتایج آموزشی نشان می دهد که رویکرد ارائه شده در شبکه عصبی احتمالاتی، نتایج قابل ملاحظه ای داشته است. نتایج پیش بینی روش ترکیبی ارائه شده شبکه عصبی احتمالاتی با الگوریتم خفایش نیز در شکل (۵) نشان داده شده است.



شکل (۵) نتایج پیش بینی روش ترکیبی شبکه عصبی احتمالاتی با الگوریتم خفاش

شکل سمت چپ، نقاط پیش بینی را با رنگ آبی نمایش می دهد و خطوط قرمز، مقدار واقعی می باشند. سمت راست نیز خطای روش ارائه شده را نشان می دهد که با معیارهای ارزیابی، اندازه گیری شده است.

۷-۱- نتایج ارزیابی و مقایسه با سایر روش ها

نتایج ارزیابی را می توان در جدول (۱) بر اساس معیارهای دقت، حساسیت، میانگین مربعات خطا، اوج نسبت سیگنال به نویز و نسبت سیگنال به نویز، مشاهده نمود.

جدول (۱) نتایج ارزیابی روش ارائه شده

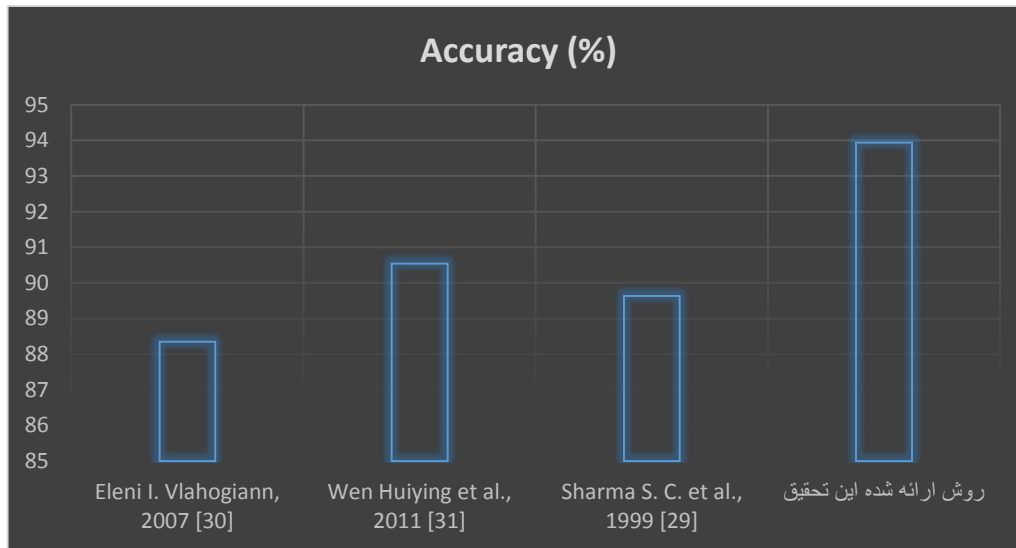
Accuracy (%)	Sensitivity (%)	MSE	PSNR (dB)	SNR (dB)
۶,۰۶۰۶	۰,۷۲۴۸	۰,۲۰۰۰	۵۵,۱۲۰۵	۵,۵۹۱۸

همان طور که از نتایج جدول برمی آید، مقدار خطای دقت بر حسب درصد، ۶,۰۶۰۶٪ است، یعنی رویکرد ارائه شده ۹۳,۹۳۹۴٪ دارای دقت صحیح در پیش بینی ترافیک آزادراه تهران- کرج می باشد. همچنین نرخ خطای حساسیت آن نیز ۰,۷۲۴۸٪ است که برابر ۹۹,۲۷۵۲٪ حساسیت می باشد. یک مقایسه بر اساس معیار دقت بین روش های ارائه شده پیشین با رویکرد این مقاله صورت پذیرفته است که در جدول (۲) نمایش داده شده است. البته به صورت دقیق نمی توان به این مقایسه استناد کرد، زیرا داده هر تحقیق، مختلف بوده و تعداد ویژگی، حجم نمونه و روش ها، متنوع می باشند.

جدول (۲) نتایج ارزیابی رویکرد ارائه شده با سایر پژوهش ها بر حسب دقت

پژوهش	روش	دقت (%)
Eleni I. Vlahogiann, 2007 [20]	شبکه عصبی احتمالاتی بهینه شده	۸۸,۳۵۰۰
Wen Huiying et al., 2011 [21]	آنتروپی و شبکه عصبی احتمالاتی	۹۰,۵۴۰۰
Sharma S. C. et al., 1999 [19]	شبکه عصبی متناوب	۸۹,۶۳۰۲
رویکرد این تحقیق	شبکه عصبی احتمالاتی و الگوریتم بهینه سازی خفاش	۹۳,۹۳۹۴

نتایج جدول (۲) در شکل (۶) نیز نشان داده شده است.



شکل (۶) نتایج ارزیابی رویکرد ارائه شده با سایر پژوهش ها بر حسب دقت

۸- نتیجه گیری

سامانه های حمل و نقل جاده ای و بین شهری، نیاز به سیستم هایی جدید برای پیش بینی، نظارت و بازرسی ترافیک دارند. از این رو، استفاده از سیستم های کامپیوتری که توانایی چنین کاری را داشته باشند، به عنوان رویکردی مناسب تلقی می گردد. روش های یادگیری ماشین، توانایی تخمین و پیش بینی ترافیک در بازه های مختلفی از زمان را دارند. داده کاوی، به عنوان یک مبحث گسترده، دارای روش هایی است که می تواند در این حوزه مورد استفاده واقع گردد. به منظور پیش بینی ترافیک جاده از داده های آزاد راه تهران-کرج در سال ۱۳۹۰ در بهمن ماه استفاده شده است تا عملیات پیش بینی ترافیک برای یک سال بعد، انجام پذیرد. استفاده از شبکه عصبی احتمالاتی و همچنین الگوریتم بهینه سازی خفاش، به عنوان یک رویکرد جدید، در این پژوهش به کار گرفته شده است که نتایج به دست آمده حاصل از دقت روش، ۹۳،۹۳۹۴٪ را نشان می دهد که در مقایسه با سایر پژوهش های مطالعه شده، دارای برتری می باشد.

منابع و مراجع

- [۱] شاهی، ۱۳۸۳، مهندسی ترافیک، مرکز نشر دانشگاهی تهران، چاپ هفتم.
- [2] Yang, X. S., "A New Metaheuristic Bat-Inspired Algorithm, in: Nature Inspired Cooperative Strategies for Optimization (NISCO)." Studies in Computational Intelligence Vol. 284, Springer Berlin, pp. 65–74, 2010.
- [3] Xue, B., Zhang, M., and Browne, W.N., "Particle swarm optimization for feature selection in classification: a multi-objective approach." IEEE Transactions on Cybernetics, Vol. 43, No. 6, pp. 1656-1671, 2013.
- [4] Yu Xinjie, and Gen Mitsuo, "Introduction to Evolutionary Algorithms." Establishes background to evolutionary algorithms, 2010.
- [5] Thomas Bäck, "Evolutionary algorithms in theory and practice: evolution strategies, evolutionary programming, and genetic algorithms." Oxford University Press, 1996.
- [6] Talbi, G. E., "Metaheuristics: From Design to Implementation." Wiley, 2009.
- [7] Mallipeddi, R., Mallipeddi, S., Suganthan, P. N., and Tasgetiren, M. F., "Differential evolution algorithm with ensemble of parameters and mutation strategies." Appl. Soft Computing, Vol. 11, pp. 1679–1696, 2011.
- [8] Parpinelli, R. S., and Lopes, H. S., "New inspirations in swarm intelligence: a survey." Int. J. Bio-Inspired Computation, Vol. 3, No. 1, pp. 1-16, 2011.
- [9] Kennedy, J., and Eberhart, R., "Particle swarm optimization." In: Proc. IEEE Int. Conf. Neural Networks, Perth, WA, U.S., pp. 1942–1948, 1995.
- [10] Liao, T., Molina, D., Stutzle, T., Oca, M., and Dorigo, M., "An ACO algorithm benchmarked on the BBOB noiseless function test-bed." In: Proc. 14th Int. Conf. GECCO, Philadelphia, U.S., pp. 221–228, 2012.
- [11] Kirchmaier, U., Hawe, S., and Diepold, K., "A swarm intelligence inspired algorithm for contour detection in images." Applied Soft Computing, Vol. 13, pp. 3118–3129, 2013.
- [12] Abbass, H. A., "MBO: marriage in honey bee's optimization-a haplometrosis polygynous swarming approach." In: Proc. IEEE Congress on Evolutionary Computation (CEC), Seoul, Korea, pp. 207–214, 2001.
- [13] Karaboga, D., and Basturk, B., "A powerful and efficient algorithm for numerical function optimization: artificial bee colony." J. Global Optim. Vol. 39, Vol. 3, pp. 459–471, 2007.
- [14] Omkar, S., Senthilnath, J., Khandelwal, R., Naik, G. N., and Gopalakrishnan, S., "Artificial bee colony (ABC) for multi- objective design optimization of composite structures." Appl. Soft Comput. Vol. 11, pp. 489–499, 2011.
- [15] Akay, B., "A study on particle swarm optimization and artificial bee colony algorithms for multilevel thresholding." Appl. Soft Comput. Vol. 13, pp. 3066–3091, 2013.
- [16] Krishnanand, K., and Ghose, D., "Detection of multiple source locations using a glowworm metaphor with applications to collective robotics." In: Proc. IEEE Swarm Intell. Symposium, Pasadena, CA, U.S., pp. 84–91, 2005.
- [17] Neveu, A., "Quick response procedures to forecast rural traffic." In Transportation Research Record 944, pp. 47-53. Washington DC: Transportation Research Board, 1983.
- [18] Zhao, F., Chung, S., "Contributing factors of annual average daily traffic in a Florida county: Exploration with geographical information system and regression model." In Transportation research record 1769. pp. 113-122. Washington DC: Transportation Research Board, 2001.
- [19] Sharma, S. C., Lingras, P. Xu., and Liu G, F. X., "Neural networks as alternative to traditional approach of annual average daily traffic estimation from traffic counts." In Transportation research record 1660. pp. 24-31. Washington, DC: Transportation Research Board, 1999.
- [20] Eleni, I., Vlahogiann, "Prediction of non-recurrent short-term traffic patterns using genetically optimized probabilistic neural networks." Operational Research Journal. Springer-Verlag Volume 7, Issue 2, pp 171-184, 2007.

- [21] Huiying, Wen, Jun, Luo, Xiaolong, Chen, and o Xiaohui, Gu, "Real-time highway accident prediction based on grey relation entropy analysis and probabilistic neural network." International Conference on Electric Technology and Civil Engineering (ICETCE). IEEE. pp. 1420 – 1423, 2011.