بسمه تعالی

هشتمین کنگره ملی
مهندسی عمران
8th National Congress on
Civil Engineering

Babol Noshirvani University of Technology
Faculty of Civil Engineering
May 7 - 8 , 2014
Babol - Iran

دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل
دانشکده مهندسی عمران
۱۷ و ۱۸ اردیبهشت ۱۳۹۳
بابل – ایران

گواهی ارائه مقاله

گواهی می شود مقاله با مشخصات ذیل در **هشتمین کنگره ملی مهندسی عمران** به صورت شفاهی ارائه شده و در مجموعه مقالات درج گردیده است.

نویسندگان: علی مسگر، روزبه شاد، سید علی صحاف و راحیل مقیمی

عنوان مقاله: آنالیز و بررسی نقاط تصادفات با توسعه ی عملیاتی شبکه ی احتمالاتی بیزین در محیط GIS

با آرزوی بهروزی و موفقیت مؤلفین در گشودن ناگشوده های دانش و فن کشور عزیزمان ایران.

دکتر مرتضی تقی پور
دبیر کنگره

آنالیز نقاط تصادف با توسعه‌ی عملیاتی شبکه‌ی احتمالاتی بیزین در محیطGIS

علی مسگر[۱]، روزبه شاد[۲]، سیّد علی صحاف[۳]، راحیل مقیمی[٤]

۱- دانشجو کارشناسی ارشد راه وترابری، دانشکده مهندسی، واحد بین الملل دانشگاه فردوسی مشهد
۲- استادیار گروه مهندسی عمران، دانشکده مهندسی، دانشگاه فردوسی مشهد*
۳- استادیار گروه مهندسی عمران، دانشکده مهندسی، دانشگاه فردوسی مشهد
٤- دانشجو کارشناسی ارشد راه وترابری، دانشکده مهندسی، واحد بین الملل دانشگاه فردوسی مشهد

Email: ali136863@Gmail.com
Email: Rouzbeh_Shad@Yahoo.com
Email: asahaf@um.ac.ir
Email: Elnazmoghimi@gmail.com

خلاصه

تصادفات ترافیکی و اثرات آن به عنوان یک مشکل اصلی در سطح جهان شناخته شده است. پدیده تصادف اغلب منجر به هزینه های گزافی همانند صدمات جانی(به شکل مرگ، جراحت و نظیر آن)، توقف فعالیتها (مانند از دست رفتن موقعیت کاری) و خسارات اقتصادی می‌شود. در ایران به علت ضعف زیر ساختهای حمل و نقل ریلی، هوایی و دریایی، تقریباً ۹۰ درصد جابجایی ها از طریق جاده ها صورت می گیرد که در نتیجه آن تصادفات جاده ای افزایش خواهند یافت. لذا بحث ایمنی جاده ای و پیش بینی محل رخداد تصادفات از اهمیت بالایی برخوردار است.

از علل اصلی وقوع تصادفات، رفتارهای رانندگان در حین هدایت وسیله نقلیه می باشد که متآثر از شرایط ترافیکی اطراف و پارامترهای محیطی موثر است. در این راستا مدل‌سازی پارامتر های اساسی وقوع تصادف و پیش بینی نحوه‌ی تآثیر متقابل آن‌ها در احتمال وقوع، نقش قابل ملاحظه‌ای در کنترل و مدیریت وقوع تصادف خواهد داشت، لذا در این مقاله با هدف ارزیابی عملکرد هر یک از عوامل در محیط GIS از شبکه بیزین (Bayesian Network) استفاده شده و عملکرد آن با روش های دیگر نظیر یادگیری ماشین و شبکه عصبی مقایسه می‌شود. از مشکلات اصلی یادگیری ماشین نقطه ضعف آن در تعمیم داده ها به محدوده های مطالعاتی مختلف می باشد، همچنین شبکه عصبی به دلیل لزوم تضمین کیفیت ورودی و خروجی ها عملکرد مناسبی در این مساله ارائه نمی‌دهد. لذا شبکه بیزین به منظور یادگیری روابط بین پارامترها و پیش‌بینی اثر گذاری هریک از متغیرها پیشنهاد شده و نحوه تلفیق آن با محیط GIS ارزیابی می گردد. نتایج نهایی منجر به ارائه مدلی جامع و مکانمند به منظور پیش بینی محل وقوع تصادفات به همراه اعتبار سنجی نتایج خواهد بود.

کلمات کلیدی: تصادفات ترافیکی، پیش بینی، شبکه بیزین، GIS.

---

[۱] دانشجو
[۲] استادیار
[۳] استادیار
[۴] دانشجو

۱. مقدمه

تصادفات عمدتاً پیامد افزایش تحرک، فعالیت و حمل و نقل در جوامع امروزی هستند که در نتیجه‌ی آن مساله‌ای به نام ایمنی حمل و نقل به عنوان چالشی اصلی جهت تصمیم‌گیری مدیران، دولت‌مردان و محققین مطرح می‌گردد. عواملی چون نوشیدنی الکلی، مصرف دارو های خواب آور، دخانیات و خواب آلود بودن، خوردن و آشامیدن در حین رانندگی، همیشه مشکل ساز هستند. برخی از تصادفات رانندگی ناشی از خرابی خودرو و یا از عوامل محیطی اطراف می‌باشند، با این وجود در بسیاری از زمینه ها اشتباهات انسانی همواره از نخستین علل وقوع به شمار می‌روند. لذا داده‌های تصادفات شامل: تعداد، شدت، محل وقوع و نظیر آن که در طی سال‌ها و بازه‌های زمانی مختلف جمع‌آوری می‌شوند، به عنوان پایه‌های اصلی برنامه‌های کاهش تصادفات و طرح‌های ایمن سازی راه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند. شرایط رخداد تصادفات جاده‌ای در ایران، وجود سیستم های مکانیکی برای آنالیز تصادفات و پیش بینی وقوع آن ها را امری اجتناب ناپذیر می‌گرداند. بر اساس گزارشات سازمان بهداشت جهانی، تصادفات جاده ای یکی از علل اصلی مرگ و میر افراد (۵-۴۴) سال می باشد [1]. در ایالات متحده تصادفات ترافیکی سبب از دست رفتن جان بیش از ۴۰۰۰۰ نفردر سال می‌گردد[2]. عوامل موثر بر رخداد تصادفات و شدت آن‌ها، توجه ویژه پژوهشگران ایمنی ترافیک را به خود جلب کرده است. همچنین این پژوهش‌ها تنها معطوف به جلوگیری از رخداد تصادفات نیست بلکه کاهش شدت تصادفات نیز در کانون توجه پژوهشگران این عرصه قرار دارد. درک شرایطی که تحت آن رانندگان و مسافران بیشتر در معرض آسیب دیدگی و مرگ قرار می‌گیرند، می‌تواند به بهبود شرایط ایمنی راهها کمک کند. در نتیجه با توجه به روند روز افزون تلفات رانندگی، تصادفات جاده ای به عنوان پنجمین عامل مرگ و میر تا سال ۲۰۲۰ عنوان شده و سالیانه باعث ۲.۴ میلیون تلفات انسانی در جهان می‌گردد [3]. تصادفات ترافیکی علاوه بر تحمیل هزینه های مالی سنگین به جامعه باعث تأخیر در سفرهای شهری، عدم اطمینان به برنامه‌ریزی سفر، افزایش آلودگی صوتی و تخریب محیط زیست می‌شود. مدل های پیش بینی تصادفات ترافیکی راهها برای درک بهتر عوامل موُثر بر تصادفات ترافیکی و کاهش فراوانی خسارات مورد استفاده قرار می‌گیرند. در کره جنوبی طول کل آزاد راهها بیش از ۳۰۰۰ کیلومتر می‌باشد که در میان ۱۰ کشور برتر جهان (از لحاظ طول آزاد بزرگراهها) قرار دارد. اما شمار تصادفات آن به ازای هر کیلومتر بزرگراه بیش از دیگر کشورهاست. رشد سریع تقاضای سفر و زیر ساختهای حمل و نقل پس از سال ۱۹۸۰، در نرخ بالای تصادفات بزرگراه های این کشور نقشی اساسی دارد. ابعاد هر تصادف را می‌توان برحسب شمار خودرو های درگیر، تعداد خودرو های آسیب دیده، میزان مرگ و میر و تعداد آسیب دیدگان بیان نمود. ابعاد وقوع تصادف یکی از شاخص های مهم اندازه گیری سطح ایمنی راهها و بزرگراههاست. عواملی مانند شرایط هندسی راه، ویژگی های راننده، نوع خودرو و ویژگی های مربوط به جریان ترافیک مانند: سرعت و حجم با ابعاد تصادف ارتباط تنگاتنگی دارد[4].

متغیرهای ناوابسته زیادی روی شمار تصادفات اثر می‌گذارند که این عوامل معمولاً با حجم ترافیک، طول قطعه راه، ویژگی‌های زیر ساخت های هندسی راه، وضعیت رویه راه، روشنایی، آب‌وهوا و رفتارهای رانندگان مرتبط است. گاهی برآورد مقدار برخی متغیرها دشوار بوده به نحویکه ممکن است اثرات چنین متغیرهایی روی تصادفات با یکدیگر برابر نباشند. از این رو پژوهشگران عموماً از مجموعه گسترده‌تری از متغیرهای ناوابسته استفاده نموده و شمار کاهش یافته‌ای از متغیرها را برای ورود به مدل استخراج می‌کنند. برای نمونه حجم ترافیک و هندسه راه برای سالیان متمادی به عنوان عوامل عمده رخداد تصادفات شناخته می‌شد، در حالی که اخیرا به طور فزاینده‌ای رفتارهای انسانی به عنوان یک عامل غالب در رخداد تصادفات شناخته شده است[5,6].

روش های مدلسازی که تا کنون برای پیش بینی تصادفات به کار رفته اند، به چهار گروه عمده شامل: تحلیل‌های چند متغیره، تئوری بیز (تجربی و کامل)، منطق فازی و شبکه‌های عصبی مصنوعی قابل تقسیم اند. در روش های تحلیل چند متغیره، اغلب مدل های رگرسیون جهت پیش بینی تصادفات به‌کار گرفته می‌شوند. منطق فازی و شبکه عصبی مصنوعی به منظور پیش بینی تصادف زمان بر و پیچیده‌اند، اما روش‌های بیزین با توجه به خصوصیت تحلیل و بررسی چندین باره داده‌ها در آن‌ها، مناسب‌ترمی‌باشد. از مهمترین پیش‌نیازهای لازم جهت ارائه‌ی طرح‌ها، برنامه‌های کنترلی و برنامه‌های نظارتی، به‌کارگیری و توسعه امکانات و قابلیت‌های سیستم‌های نوین، بر بستری از ارتباط‌ها و تعاملات مکان‌مند است. سیستم اطلاعات مکانی (GIS) با به‌کارگیری اجزائی مانند: نرم‌افزار، سخت‌افزار، نیروی متخصص، داده و شبکه‌های ارتباطی، قادر است چارچوبی هدفمند و کارآمد را به منظور بهبود فرآیندهای تحلیل تصادفات و تسریع در عملکردهای نظارتی، در اختیار تصمیم گیرندگان قرار دهد. بدین ترتیب تصمیم سازان و برنامه ریزان قادر می‌گردند که با ایجاد ارتباط بین پایگاه‌های اطلاعاتی جمع‌آوری شده توسط کارشناسان و ناظران تصادفات، گزارش‌هائی مطمئن (در سطوح و ترازهای

درخور)، ارائه دهند. در انتها، با ادغام و اعتبار سنجی نتایج در محیط سیستم اطلاعات مکانی و بررسی نتایج آن ها در شبکه بیزین، می توان به نتایجی دلخواه در زمینه پیش بینی محل و احتمال وقوع تصادفات دست یافت.

۲. مروری بر کارهای گذشتگان

درک چگونگی رخداد، عوامل موثر بر وقوع، ویژگی‌ها و مکانهایی که تصادفات معمولا در آنجا رخ می‌دهد از اصول اولیه تحلیل و بررسی تصادفات بوده تا از این رهگذر از وقوع آن‌ها جلوگیری، یا از شدت اثرشان کاسته شود. از جمله علل وقوع مانند: ویژگی‌های هندسی راه، ترافیک، شرایط آب‌و-هوایی، خطاهای انسانی و اندرکنش‌ها باید بر حسب شدت اثرشان در رویداد هر برخورد، ارزش‌دهی شوند. یکی از معیارهای اصلی در وقوع تصادفات شهری فرکانس یا تعداد تصادف در هر کیلومتر از خیابان است که با درنظرگرفتن ارتباط موثر و متقابل فرکانس تصادفات با محل وقوع، محققین عاملی به نام رتبه بندی مناطق بر اساس درجه تصادفات را مورد توجه قرار دادند[7,8]. راهکاری که امروزه پژوهشگران برای رویارویی با پدیده تصادف در پیش گرفته‌اند، ساخت مدل‌های پیش‌بینی تصادفات بر پایه عوامل موثر بر رخداد می‌باشد، همچنین از مدل‌های پیش‌بینی تصادفات می‌توان برای ارزیابی شرایط ایمنی راه و شناسایی مناطق پرخطر راهها بهره گرفت. بسیاری از موسسات و پژوهشکده های حمل و نقل از فراوانی تصادفات و مدل‌های آماری فراوانی، به عنوان مبنایی جهت اولویت بندی طرح‌های ارتقای ایمنی راهها استفاده می‌کنند. اما استفاده از شدت تصادفات در برنامه های ایمن‌سازی، اغلب به ارزیابی منطقه‌ای میزان مرگ و میر محدود شده و کمتر به‌طور اساسی به مقوله شدت تصادفات در راهها و توزیع آن مانند: تصادفات با زیان مالی و جانی در این طرح ها توجه شده است [9,10]. بر اساس گزارش سازمان ایمنی جاده‌ای جهان در سال ۲۰۱۳ و با جامعه آماری بالغ بر ۱۸۲ کشور، نشان داده شد که تلفات جاده‌ای به‌طور غیر قابل انتظاری بالا و معادل ۲۴.۱ ملیون نفر در سال بوده و در حال حاضر هشتمین عامل مرگ و میر و مهمترین عامل کشتار جوانان (بین ۱۵ تا ۲۹ سال) محسوب می‌شود. یافته‌های این گزارش بیان می‌کند که فقط ۲۸ کشور که ۷ درصد جمعیت جهان را تشکیل می‌دهند، دارای قوانین تفصیلی و کامل پیرامون ۵ عامل اصلی خطر در ترافیک جاده‌ای می‌باشند، ضمن انکه بخش عمده‌ای از تلفات حوادث جاده‌ای در کشورهای با درآمد متوسط به‌خصوص در حوزه کشورهای آفریقائی اتفاق می‌افتد و علت اصلی ان نیز عدم وجود قوانین جامع در زمینه کنترل عوامل اصلی ریسک ترافیک جاده‌ای می‌باشد. عدم دسترسی به اطلاعات جامع و کامل حوادث ترافیکی نیز از مهمترین مشکلات موجود می‌باشد. در عموم کشورهای جهان ۷۱ درصد سیستم اطلاعات تصادفات فقط بر مبنای داده‌های پلیس بوده و فقط در ۱۷ درصد از کشورها سیستم اطلاعات جامع (یعنی اطلاعات پلیس در ترکیب با اطلاعات اورژانس و بیمارستانها) وجود دارد. سازمان بهداشت جهانی در گزارش سال ۲۰۱۳ و به‌منظور بهبود و ایجاد هماهنگی در اطلاعات تلفات حوادث ترافیکی، اطلاعات ۷۸ کشور جهان منجمله ایران را با استفاده از مدلهای اماری تخمین و اصلاح کرد. بنا بر مقایسه ای از وضعیت ایمنی در ۱۸۰ کشور و شاخص کشته بازاء هر صدهزار نفر، ایران رتبه ۱۷۷ را در میان دیگر کشورها بدست آورد.

۳. تئوری‌کار

با نگرش به زیان های سنگین و آسیب های جبران ناپذیری که در اثر تصادفات وسایل نقلیه به جامعه وارد می‌شود، در سال های اخیر مطالعات فراوانی روی علل بروز حوادث رانندگی در کشور های مختلف صورت گرفته است. از آن جا که داده های مربوط به نوع رانندگی شامل: شتاب، اطلاعات جهت دهی و ترمز، پاسخ راننده به عوامل بیرونی و دسته هایی از این جهت، چندان قابل دستیابی نیستند، پژوهشگران توجه خود را روی فاکتور های هندسی کاربری های مختلف راه و متغیر های ترافیکی آن معطوف کرده اند تا از این طریق بتوانند با شناسایی عوامل تاثیر گذار روی انواع مختلف تصادف، سیاست های لازم را برای جلوگیری از رخداد تصادفات ارائه کنند. این رویکرد به مشخصات زمانی و مکانی تصادفات که در قالب داده های فراوانی تصادفات ارائه می‌شود نیاز دارد.

برای تهیه مدل‌های پیش بینی تصادفات ازمرحله ابتدایی تا پایان ساخت آن ها، روندی کلی شامل گردآوری مجموعه ای فراگیر از داده ها، آماده سازی و دسته بندی آن ها، پیشهاد شکل مدل، پرداخت آن ها، مقایسه و انتخاب از بین آن ها و در نهایت جمع بندی و ارائه آن ها لازم است.
تا کنون روش های مدل سازی گوناگونی برای پیش بینی تصادفات ارائه شده اند که هریک دارای ویژگی ها و کاستی های مربوط به خود هستند که در ادامه برخی از این روش ها معرفی خواهند شد.

- **مدل بیزین**

شبکه راه ها، ناشی از عملکرد انسان شامل تعداد بسیار زیادی متغیرهای غیر قطعی شامل پارامتر های محیطی و پیرامونی می باشد، پس ارائه مدلی که توانایی یکپارچه سازی و به کارگیری توام متغییر ها را داشته باشد ضروری است. مدل بیزین با احتساب انتگرال و دیفرانسیل تحت عدم قطعیت جهت متغیر های ناقص به کار میرود. این روش یک سری متغیر دلخواه با شرایط خاص را به وسیله یک گراف مارپیچی ارائه می کند. یک شبکه بیزین شامل: تعدادی متغیر ولینک های مستقیم بین آن ها، متغیر هایی که به وسیله لینک های مستقیم به گراف تبدیل می‌شوند و جدول احتمال وقوع هر متغیر می‌باشد و به صورت رابطه ۱ بیان می گردد.

$$P(H \setminus D) = \frac{P(H)*P(D\setminus H)}{P(D)}$$ رابطه (۱)

در این رابطه:

H احتمال و D داده می‌باشد، P(H) احتمال قبلی H به صورت احتمالی که H درست باشد قبل از اینکه داده D دیده شود. P(D \ H): شرایط احتمالی که داده D داده شود و احتمال H درست باشد. P(D): احتمال مرزی داده D، P(H \ D): به عنوان احتمال موخر، احتمال اینکه فرض درست است، داده و شرایط قبلی در مورد فرض مبنا می‌باشد.

- **شبکه عصبی**

شبکه عصبی شامل اجزایی مرتبط باهم است که می تواند با استفاده از یک الگوی ورودی یک الگوی خروجی تولید کند و قابلیت فراگیری و تعمیم را نیز داراست. در استفاده از شبکه های عصبی مصنوعی، سعی می‌شود با آموزش شبکه ای پردازشگر، بدون یافتن قانون ریاضی حاکم بر پارامترها، ویژگی ها و روابط ذاتی میان متغیر ها به شبکه آموزش داده شود و پس از تضمین یادگیری، از آن در تعمیم دهی و ایجاد رابطه‌ی غیر خطی بین دو فضای ورودی و خروجی استفاده گردد. در واقع سرعت بسیار بالای انجام عملیات منطقی توسط کامپیوتر و ساختار پردازش موازی شبکه های عصبی مصنوعی به عنوان دو مکمل هم باعث شده، شبکه عصبی مصنوعی به عنوان ابزاری مناسب بسیاری از مسائل استفاده شوند. فلسفه اصلی شبکه های عصبی مصنوعی، مدل کردن عمده ویژگی های مغز و نحوه عملکرد آن در جهت ساخت کامپیوترهایی است که اکثر ویژگی های مفید مغز را از خود نشان دهند. کاربرد های روز افزون شبکه های عصبی مصنوعی در مسائل مختلف امکان دستیابی به حافظه‌ی گسترده و نیز جایگزینی مکانیزم یادگیری به جای الگوریتم برنامه ریزی، موجب شده تا دامنه تحقیقات در این خصوص روز به روز گسترده تر شود مانند: طبقه بندی شناسایی و تشخیص الگو، پردازش سیگنال، پیش بینی سری‌های زمانیمدلسازی و کنترل و بهینه سازی منجمله این موارد می‌باشند.

- **مدل پواسون**

از آنجا که داده های فراوانی تصادفات اعداد صحیح غیر منفی هستند، استفاده از مدل رگرسیون کمترین مربعات که متغیر وابسته را پیوسته فرض می کند روش مناسبی برای تحلیل این گونه داده ها نیست. با توجه به این ویژگی مهم این داده ها، در بسیاری از مطالعات اخیر به عنوان نقطه شروع از مدل پواسون استفاده شده است. در مدل رگرسیون پواسون، احتمال بروز y_i تصادف در قطعه i از شبکه حمل و نقل در یک بازه زمانی مشخص از رابطه ۲ محاسبه می‌شود.

$$p\ (y_i) = \frac{EXP(-\lambda i)\lambda_i^{yi}}{(yi)}$$ رابطه(۲)

در این رابطه:

$p\ (y_i)$ احتمال بروز yi تصادف در قطعه i از مسیر و λ_i پارامتر پواسون برای قطعه i از مسیر است که برابر است با تعداد تصادف مورد انتظار سالانه برای قطعه $(E(yi))i.$

برآورد مدل پواسون با تعیین پارامتر پواسون λ_i یا تعداد تصادف مورد انتظار، به عنوان تابعی از متغیر های توصیفی انجام می‌شود. رایج ترین فرم این تابع به شکل $(\lambda_i) = EXP(\beta X_i)$ است که در آن X_i بردار متغیر توصیفی و β بردار پارامتر های برآورد شده هستند.

با این که مدل پواسون نقش مهمی در آغاز مدلسازی پیش‌بینی تصادفات داشته است، اما تجربه نشان داده است از آنجاکه این مدل در تحلیل داده های تصادفات با مشکلات پیش و کم پراکندگی و همچنین نمونه های کوچک و میانگین نمونه پایین روبروست، نتایج درستی ارائه نمی دهد.

۴. پیاده سازی

در این بخش مراحل پیاده سازی شامل: بررسی محدوده مطالعاتی، تحقیقات میدانی، داده ها و عوامل، روال پردازش و آماده سازی، پیاده سازی در شبکه بیزین، نحوه‌ی تلفیق وزن‌هاو نتایج به بررسی پرداخته خواهد شد.

۴-۱- محدوده‌ی مطالعاتی

محدوده‌ی مطالعاتی در این تحقیق، منطقه ۲ شهر مشهد (مرکز استان خراسان رضوی) در نظر گرفته شده است. این منطقه با مساحتی حدود ۸۳/۰۸ کیلومتر مربع، از شمال به بزرگراه‌های قائم و شهید فهمیده، جنوب به بلوارهای شهید قرنی و فردوسی، شرق به بلوار آیت الله عبادی و ازغرب به بلوار آزادی محدود شده است. بعد از منطقه ۱۲منطقه ۲ با جمعیت ۳۸۰۴۵۴ نفر، کمترین تراکم جمعیتی را در نواحی شهرداری مشهد دارد. علاوه بر این طبق گزارشات سالیانه سازمان کنترل ترافیک بالاترین تعداد تصادف در این منطقه اتفاق می‌افتد.

۴-۲- داده‌های تصادفات

آمار تصادفات در محدوده‌ی شهر مشهد که از بایگانی سازمان ترافیک تهیه شده است، شامل جداول جداگانه‌ای از تعداد تصادفات ثبت شده در خیابان-ها و تقاطعات هرمنطقه (در سال ۱۳۸۸) می‌باشد. این داده ها به دلیل مشخص نبودن مکان دقیق وقوع در طول خیابانها از دقت پایینی برخوردارند، از اینرو فقط تقاطعات مورد بررسی قرار می‌گیرند. در۱۰ تقاطع از نقاط مذکور که به عنوان نقاط چک (check) استفاده شده است. آمار تعداد تصادفات به صورت جدولی تخصیص می‌یابد. تقاطع مربوط به خیابان‌های خیام و هدایت با ۱۲۰ تصادف، در میان کلیه داده‌های در نظر گرفته شده، پرحادثه‌ترین است (جدول ۱). ۵ تقاطع دیگر که نقاط کنترل نامیده می‌شوند، با کمک عملگرهای ریاضی جهت پیش‌بینی احتمال وقوع تصادف مورد استفاده قرار میگیرند.

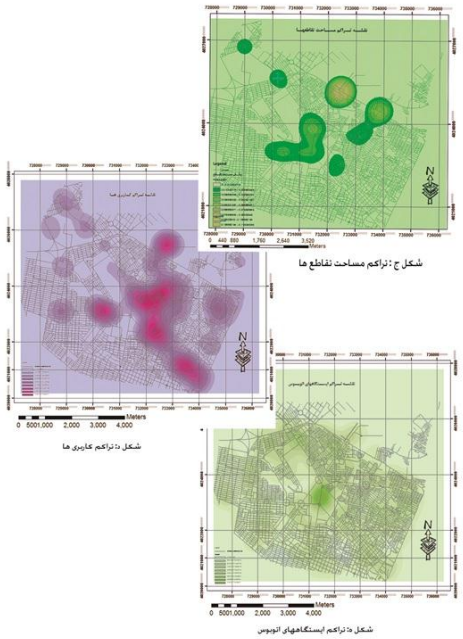
جدول ۱- آمار ۱۵ تقاطع حادثه خیز در منطقه ۲

اولویت بندی نقاط حادثه خیز منطقه۲			
اولویت	نوع مکان	نام مکان	تعداد تصادف
1	تقاطع	خیام - هدایت	120
2	میدان	فهمیده	112
3	تقاطع	توس - خیام	72
4	تقاطع	خیام - فردوسی	69
5	میدان	سپاد	63

6	میدان	جانباز	55
7	تقاطع	ابوطالب - شفا	46
8	تقاطع	ابوطالب - عبدالمطلب	40
9	میدان	ولیعصر	40
10	میدان	معراج	36
11	میدان	ابوطالب	34
12	میدان	فردوسی	30
13	تقاطع	توس - توس۷۸	28
14	تقاطع	فردوسی - مهدی	28
15	میدان	بوعلی	26

۴-۳- آماده سازی داده ها

پس از انتخاب محدوده مطالعاتی و تخصیص تعداد تصادف به تقاطع‌ها (جدول ۱)، بررسی های لازم جهت شناسایی عوامل موثر در تعداد تصادف انجام شده و با توجه به داده‌های موجود، عواملی مانند: تراکم ایستگاه‌های اتوبوس در منطقه، عرض معابر، مساحت تقاطع‌ها، طول خیابان‌ها و تراکم کاربری-های خاص که درشکل‌گیری ترافیک موثر می‌باشند، به عنوان عوامل تاثیرگذار، انتخاب و نقشه‌ی تراکم هریک از آنها تهیه می‌گردد (شکل ۴). نقشه چگالی برای تمامی عوامل به استثنای طول و عرض خیابان‌ها، به روش کرنل(kernel density) تهیه می‌گردد. همچنین برای به‌دست آوردن نقشه تراکم خیابان‌ها وعرض معابر از روش لاین (line density) استفاده می‌شود. در ادامه تاثیر میزان چگالی هر عامل در ایجاد تصادف، با پیاده سازی در شبکه بیزین و استفاده از متد یادگیری آن و اصلاح اوزان، وزن‌دهی به صورت عددی معین میگردد. به عنوان مثال در جایی که چگالی طول خیابان بیشتر باشد، احتمال وقوع تصادف بیشتر است و به همین منظور وزنی معادل ۹ به آن تعلق می‌گیرد. بالعکس، انتساب عدد یک به کمترین چگالی بیانگر احتمال کم وقوع تصادف در آن محدوده است. در مورد تراکم ایستگاه‌های اتوبوس وکاربری‌های خاص نیز وزن نسبت داده شده، همانند وزن تراکم خیابان است (شکل ۴). لیکن در مورد عرض معابر و مساحت تقاطع‌ها، با توجه به اینکه با افزایش عرض خیابان و مساحت تقاطع، احتمال وقوع تصادف کاهش می‌یابد، عدد ۹ به چگالی کمتر و عدد ۱ به چگالی بیشتر اختصاص می‌یابد.



شکل ٤- عوامل و فاکتورهای آماده‌سازی شده در پیش‌بینی تصادفات

با بررسی خروجی مربوط به وزن هریک از لایه‌ها در نقاط تصادف، مشاهده می‌شود که به ترتیب: مساحت تقاطع، عرض معابر، طول خیابان‌ها، ایستگاه‌های اتوبوس و کاربری‌ها در ایجاد تصادف موثر هستند. اکنون برای به‌دست آوردن نقشه‌ی همپوشانی عوامل، مطابق جدول ۲ خروجی‌ها در مرحله قبل دوباره در شبکه بیزین پیاده سازی شده و در انتها نتایج حاصله به هریک از عوامل، وزنی بین ۰ تا ۱۰۰ اختصاص می‌یابد و پارامترهای مختلف با یکدیگر تلفیق می‌شوند. بدین ترتیب نقشه‌ای حاصل شده که احتمال وقوع تصادف در نقاط کنترل را در اختیار قرار می‌دهد.

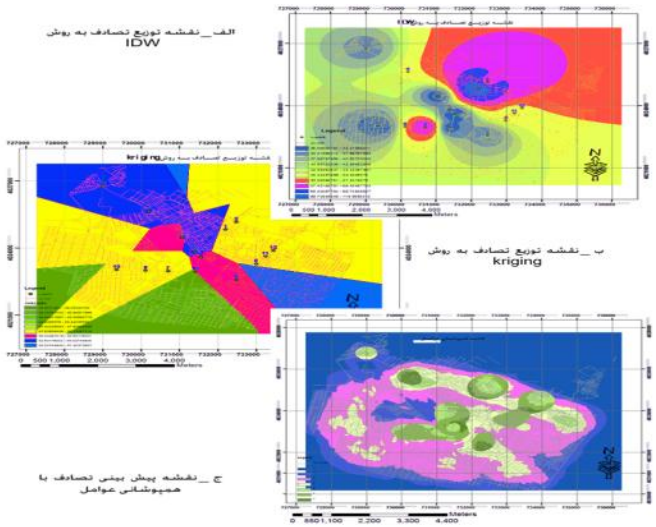
جدول ۲- وزن دهی به عوامل موثر بر اساس نظر کارشناسی

عامل موثر	سطح تقاطع	عرض معابر	ایستگاه‌های اتوبوس	تراکم خیابان‌ها	کاربری‌ها
وزن	٪۳۰	٪۲۷	٪۲۰	٪۱٦	٪۷

۴-۴- اجرا

با استفاده از خروجی‌های شبکه بیزین و دو عملگر IDW و Kriging توزیع تصادفات در منطقه صورت می‌گیرد و امکان تخمین میزان تصادف درنقاط کنترل فراهم می‌گردد (شکل ۶). در بررسی نقشه حاصل از عملگر IDW، (شکل۶ الف) رنگ آبی بیانگر بیشترین احتمال تصادف در محدوده می باشد که در مجاورت تقاطع‌هایی با تصادفات بالا شکل گرفته است. با دور شدن از نقاط پرحادثه به ترتیب رنگهای بنفش، قرمز و زرد بیانگر کاهش احتمال تصادف می‌باشند، به‌گونه‌ای که رنگ آبی کم حال در اطراف نقاط با تصادف کم رویت میگردد. طبقه‌بندی رنگی مذکور در نقشه، نشان دهنده‌ی نحوه توزیع تصادفات برمبنای فاصله است. در بررسی نقشه‌های توزیع تصادفات با عملگر kriging (شکل۶ب)، نیز رنگهای آبی و سبز بیانگر بیشترین وکمترین تعداد تصادف می‌باشند. آنچه که در اینجا مشاهده می‌شود، دامنه‌ی توزیع تصادفات است که بسته به تعریف تعداد نقاط همسایگی،

تغییر می‌کند. بدین‌ترتیب با تعریف ۷، ۴ و۲ نقطه‌ی همسایگی در این عملگر، اختلاف مقدار مینیمم و ماکزیمم تعداد تصادفات به ترتیب برابر ۲۶، ۳۶ و ۶۸ بدست می‌آیند که دلیل آن نرمال بودن وضعیت نقاط همسایگی و حذف شدن تعدادی از آن‌ها (با شرایط غیر نرمال) است. در نقشه‌ی حاصل از همپوشانی عوامل مختلف(شکل۶ج)، رنگ سبز پررنگ، بیان‌کننده‌ی بالاترین احتمال وقوع تصادف به دلایلی مانند: تراکم بالای خیابان‌ها، کمبود عرض معابر یا مساحت تقاطع، وجود ایستگاه‌های اتوبوس و نزدیکی به کاربری‌های خاص می‌باشد. همچنین رنگ آبی ناحیه‌ای را نشان می‌دهد که عوامل در آنجا تعریف نشده‌اند، لذا احتمال وقوع تصادف پایین می‌باشد.



شکل٦-نقشه‌های بدست آمده از عملگرهای IDW ، Kriging وهمپوشانی عوامل

برای مقایسه و ارزیابی مقادیر به‌دست آمده، لازم است که نتایج حاصل از همپوشانی با استفاده از تابع ذیل استانداردسازی شوند.

۳۰۹.۳۳-(عدد بدست آمده از همپوشانی)*۱۵.۳۳=تعداد تصادف پیش‌بینی شده

این تابع با تخصیص بیشترین و کمترین تعداد تصادف به بیشترین و کمترین وزن بدست آمده از نقشه همپوشانی، پیاده‌سازی میگردد. نتایج حاصل از الگوریتم های درونیابی، همپوشانی عوامل و میزان خطای هریک از آنها در تخمین مقدار تصادف با استفاده از نقاط کنترل نشان داده شده است (جدول ۳).

میزان خطا در روش kriging با ۷ نقطه‌ی همسایگی نسبت به سایر روش‌ها پایین‌تر است که نشان می‌دهد افزایش تعداد نقاط همسایگی با کاهش خطا، رابطه مستقیم دارد. در این روش می‌توان با افزایش تعداد داده‌ها (با توجه به نرمال شدن آن‌ها) قبل از توزیع تصادفات، میزان خطا را کاهش داد. خطای زیاد درروش همپوشانی می‌تواند ناشی ازمنظور نکردن تاثیر عواملی مانند: سطح کیفیت روسازی، عوارض محیطی، سیستم چراغ‌های راهنمایی و نظیر آن باشد. از آنجا که تعداد تصادف در یک نقطه وابستگی مکانی به آمار برخوردها در سایر نقاط ندارد، وجود خطا در روشIDW امری بدیهی است.

شماره تقاطع	نتایج روش kriging با ٤ نقطه همسایگی	نتایج روش kriging با ۷ نقطه همسایگی	نتایج روش kriging با ۲ نقطه همسایگی	نتایج روش IDW	نتایج همپوشانی	تعداد تصادفات ثبت شده
3	38	53	27	32	89	72

5	34	50	40	46	105	40
6	62	53	32	47	120	112
8	38	48	49	48	105	55
12	66	50	83	49	105	40
میزان خطا:	931.4	818.2	2062	1198.2	2260.6	

جدول۳- نتایج بدست آمده از الگوریتم‌های درونیابی

۵. نتیجه گیری

در این تحقیق با انجام اعمالی مانند: بررسی ماهیت پدیده تصادف، شناسایی عوامل ایجاد آن، مدلسازی در شبکه بیزین و بررسی نتایج در سیستم اطلاعات مکانی و ارزیابی آمار نتایج در نقاطی مشخص، نقشه‌ی احتمال وقوع تصادف در سایر نقاط تولید می گردد. با بررسی مدل های گوناگون پیش بینی تصادفات و ادغام نتایج آن‌ها در حیطه‌های مختلف می توان نتیجه گرفت که مدل بیزین می تواند نسبت به سایر مدل ها در زمینه پیش بینی احتمال وقوع بسیار کارآمد باشد، شبکه بیزین به‌منظور توصیف و بیان کیفیت روابط بین فاکتورهای اصلی در وقوع یک برخورد مناسب می‌باشد. محدودیت اصلی تئوری بیزین، عدم ارائه مکانیسمی مستقیم جهت بیان وابستگی‌های زمانی در حل یک مشکل می‌باشد. روش‌های گوناگونی جهت حل این مشکل ارائه شده است اما تغییر ماهیت بیزین امکان پذیر نمی‌باشد. سپس بدین منظور عواملی مانند: عرض معابر، تراکم خیابانها، مساحت تقاطعها، پراکندگی ایستگاههای اتوبوس و کاربری‌ها در ناحیه دو شهرداری مشهد در ایجاد نقشه وقوع تصادفات ارزیابی گردیدند. لذا در بازه زمانی سال ۸۸ تعداد تصادف‌های اتفاق افتاده در ۱۵ محل جمع آوری شده و ۱۰ نقطه از آن‌ها برای تهیه نقشه وقوع مورد استفاده قرار گرفت. در این رابطه برای دستیابی به داده‌های دقیق لازم است که خطاهای ثبت مکان و تعداد وقوع برخورد کاهش یابند. از این‌رو چنانچه کارشناس ثبت تصادف به جای ثبت دستی مشخصات و فاکتورهای تصادف، از سیستم موقعیت یاب ماهواره‌ای استفاده نموده و نتایج مشاهداتی خود را توسط یک سیستم فرستنده به مرکز کنترل ارسال نماید، میزان خطا در داده‌ها کم شده و به تبع آن آنالیزهای دقیق‌تری جهت تشخیص نقاط پرحادثه و دلایل وقوع آن در اختیار قرارخواهد گرفت. از میان داده‌های جمع‌آوری شده تعداد ۵ نقطه به عنوان نقطه کنترل در نظر گرفته شده و در موقعیت هر یک، مقدار تصادف حاصل از ترکیب معیارها (مقدار محاسباتی) با مقادیر مشاهداتی مقایسه می گردد. با بررسی نقشه‌های حاصل از دو عملگر IDW و Kriging محرز می گردد که نتایج حاصل از الگوریتم kriging به آمار واقعی تصادف در نقاط کنترل، نزدیکتر شده و میزان خطا به میزان قابل توجهی کمتر می‌باشد. بدین نحو که هرچقدر عملگر kriging، تولید نقشه توزیع تصادف را با تعداد نقاط همسایگی بیشتری انجام دهد، میزان خطا کاهش یافته و خروجی حاصل از پیش‌بینی تصادفات، با دقت بالاتری تعداد و محدوده‌ی وقوع را مشخص می کند. همچنین مدل‌سازی مکانی تصادفات بر مبنای عوامل موثر، منجر به: تخمین بهتر توزیع هندسی معابر، وضعیت ایستگاه‌های اتوبوس و توزیع کاربری‌های خاص می‌شود که در طرح گسترش شبکه حمل و نقل قابل استفاده‌اند. نتایج بدست آمده از این روش توانایی ارائه راه‌حل‌های گوناگون در جهت اقدامات پیشگیرانه به سبب کنترل و بهبود شریان های عبوری و جلوگیری از رخداد تصادفات ترافیکی را دارد. با بررسی میزان خطای عملگرهای مختلف ریاضی، مشخص می‌شود که به‌منظور دسترسی به خروجی‌های دقیق‌تر، به داده‌های بیشتری از تعداد تصادفات و مکان صحیح آن‌ها نیاز است. توانایی شبکه بیزین در بیان وزن متغیرها و تعیین اثر هرکدام از عوامل بر وقوع، آن را به عنوان بهترین گزینه جهت آنالیزهای مربوط به پیش بینی تصادفات عنوان می کند.

۶. مراجع

[1] Juan de Ona, Randa Oqab Mujalli, Francisco J. Calvo. (2011). ”Analysis of traffic accident injury severity on Spanish rural highways using Bayesian networks” Accident Analysis and Prevention 43, pp 402–411.

[2] GES. (2005). “National Automotive Sampling System General Estimates System”, National Center for Statistics and Analysis of the National Highway Traffic Safety Administration.

[3] WHO. (2011). Global Plan for the Decade of Action for Road Safety. pp 2011-2020.

[4] Lee, J. Y., Chung, J.-H., Son, B., (2008). Analysis of traffic accident size for Korean highway using structural equation models. Accident Analysis and Prevention 40, pp 1955-1963.

[5] Caliendo, C., Guida, M., Parisi, (2011). “A crash-prediction model for multilane roads”. Accident Analysis And Prevention., pp 639-657.

[6] Quddus, M.A., (2008). Time series count data models: An empirical application to traffic accidents. Accident Analysis and Prevention 40, pp 1732-1741.

[7] T. K. Anderson, (2009). “Kernel density estimation and K-means clustering to profile road accident hot spots”. Accident Analysis and Prevention, 41 , PP. 359-364.

[8] NHTSA, (2005). Traffic Safety Fact: Research Notes. National Highway Traffic Safety Administration, Report DOT HS 809 831. January. Washington, DC.

[9] Andreas Gregoriades and Kyriacos C. Mouskos., (2010). “Black spots identification through a Bayesian Networks quantification of accident risk index”. Transportation Research, Part C 28. Pp. 28–43.

[10] Blincoe, L., Seay, A., Zaloshnja, E., Miller, T., Romano, E., Luchter, S., Spocer, R., (2002). The Economic Impact of Motor vehicle Crashes, 2000. U.S. DOT, Washington, DC.