

توسعه یک سیستم دانش‌مبنای مکانمند جهت پیش‌بینی تصادفات در مسیرهای برون‌شهری

میثم عفتی (مسئول مکاتبات)، دانشجوی دکتری، گروه مهندسی نقشه‌برداری، پردیس دانشکده‌های فنی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

محمدعلی رجبی، استادیار، گروه مهندسی نقشه‌برداری، پردیس دانشکده‌های فنی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

شاهین شعبانی، استادیار و عضو هیئت علمی، پژوهشکده حمل‌ونقل، دانشگاه علم و صنعت، تهران، ایران

E-mail: meysameffati@ut.ac.ir

پذیرش: ۹۱/۱۱/۱۶

دریافت: ۹۱/۰۸/۰۴

چکیده

با افزایش حمل‌ونقل جاده‌ای در ایران، آسیب‌های ناشی از تصادفات نیز به طور چشمگیری افزایش یافته است. هدف اصلی این تحقیق توسعه یک سیستم مکانمند دانش‌مبنای با قابلیت استنتاج بر پایه هستی‌شناسی، به منظور پیش‌بینی تصادفات در مسیرهای برون‌شهری است. در روش پیشنهادی تحقیق سیستم‌های اطلاعات مکانی (GIS) بستری است برای تحلیل داده‌های مکانی و ایجاد ارتباط بین ویژگی‌های تصادفات و مکان وقوع تصادفات. این تحقیق چارچوبی را برای ایجاد هستی‌شناسی پیشنهاد می‌کند که در آن موجودیتهای مربوط به تصادفات و روابط بین آنها با استفاده از زبان هستی‌شناسی وب (OWL) به طور معناداری تعریف می‌شوند، به گونه‌ای که امکان بازیابی و تبادل داده‌های مکانی و توصیفی فراهم می‌شود؛ بنابراین چارچوب پیشنهادی قادر خواهد بود داده‌های مرتبط را برای برآورد شدت تصادفات خودرو بر اساس شرایط محیطی، راه و خودرو، در مجاورت مکان جاری خودرو دریافت کرده و از طریق الگوهای تصادفات، استنتاج نماید. الگوهای تصادفات با تلفیق دانش متخصصین حوزه حمل‌ونقل با قواعد استخراج شده از رکوردهای تصادفات پیشین محور به روش داده‌کاوی اخذ و جهت استنتاج در موتور جستجوگر پیشنهادی به زبان قاعده وب معنایی (SWRL) تبدیل شده و در پایگاه داده ذخیره می‌شوند. روش پیشنهادی به صورت موردی در محور قزوین-رشت پیاده‌سازی و ارزیابی می‌گردد. نتایج نشانگر آن است که چارچوب استنتاجی پیشنهادی به طور موثری قادر به کشف الگوهای تصادفات و پیش‌بینی شدت تصادفات خودروها در محورهای برون‌شهری خواهد بود.

واژه‌های کلیدی: ایمنی راه، الگوهای تصادفات، استنتاج معنایی، سیستم‌های اطلاعات مکانی (GIS)، داده‌کاوی

۱. مقدمه

به پنج گروه تقسیم می‌شوند: آزادراهها، بزرگراهها، راههای اصلی، راههای فرعی و روستایی [Management and Planning Org., 1984]. با توجه به رشد فزاینده تصادفات در راههای اصلی برون‌شهری با تعداد خطوط رفت و برگشت کم، در این تحقیق به مطالعه تصادفات در راههای اصلی برون‌شهری پرداخته می‌شود که قابل تعمیم به راههای فرعی نیز است.

امکان پیش‌بینی وقوع تصادف یکی از اهداف اصلی مهندسی و طراحان حمل‌ونقل جاده‌ای است. به این منظور پایش شرایط خودرو، راننده، راه و محیط در مجاورت موقعیت آبی خودرو مورد نیاز است. یک سیستم ایده‌آل برای مدیریت ایمنی راه مستلزم قابلیت‌های اکتساب، ذخیره‌سازی، سازماندهی و تجزیه و تحلیل داده‌های مرتبط با راه است. در کنار قابلیت انعطاف‌پذیری، تفسیر، گزارش و نمایش، چنین سیستمی می‌بایست جنبه‌های آماری و مکانی مسئله را نیز مورد توجه قرار دهد؛ بنابراین استفاده از فناوریهای نوینی چون GIS^۳ در مطالعات ایمنی راه می‌تواند موثر باشد. پیشرفتهای اخیر در تکنیکهای تحلیل و محاسبه این امکان را نیز در اختیار قرار می‌دهد که بتوان حجم زیادی از داده‌های مرتبط با وسایل نقلیه، راه و محیط را مدیریت کرد. اطلاعات و شناختی که طی فرآیند داده‌کاوی از داده‌های موجود و تصادفات پیشین راه حاصل می‌شوند، می‌تواند برای پیش‌بینی، اعلام اختصار، و اجتناب از وقوع تصادفات آبی، مورد استفاده قرار گیرند.

از طرفی در دهه اخیر توجه زیادی به هستی‌شناسی^۴ ها و مهندسی هستی‌شناسی شده است. در حال حاضر هستی‌شناسی‌ها به طور گسترده‌ای در مهندسی دانش^۵، هوش مصنوعی و علوم کامپیوتر مورد استفاده قرار می‌گیرند. استفاده از هستی‌شناسی در پرسش و پاسخ‌های مکانی حاکی از اهمیت آن در علوم اطلاعات و به طور خاص در علم اطلاعات مکانی دارد که منجر به ظهور سیستم‌های اطلاعات مکانی بر پایه هستی‌شناسی^۶ شده است. هستی‌شناسی‌ها در علم اطلاعات مکانی برای حل مسائلی چون تعامل‌پذیری^۷، استدلالهای مکانی^۸ و سازماندهی اطلاعات مورد توجه قرار گرفته‌اند [Kavouras and Kokla, 2008]. در

با استناد به کمیته جهانی کنترل ایمنی راهها^۱ هر ساله بالغ بر ۲/۱ میلیون نفر در اثر تصادفات در سراسر جهان کشته و ۲۵-۲۰ برابر این تعداد دچار آسیبهای جدی می‌شوند. با افزایش کاربرد وسایل نقلیه در کشورهای در حال توسعه، انتظار می‌رود که آسیبهای ناشی از تصادفات جاده‌ای به عنوان سومین علت اصلی مرگ‌ومیر و معلولیت در سال ۲۰۲۰ تلقی شود. هزینه حوادث ترافیکی در جهان ۵۱۸ میلیارد دلار برآورد شده که سهم کشورهای با درآمد کم و متوسط در آن ۶۵ میلیارد دلار است، یعنی ۲ درصد تولید ناخالص ملی کشورهای با درآمد بالا و ۱ تا ۵/۱ درصد تولید ناخالص ملی در کشورهایی با درآمد متوسط و پایین صرف حوادث ترافیکی می‌شود [Peden et al., 2004]. این رقم در کشور ما بالغ بر ۵/۳ درصد تولید ناخالص ملی برآورد شده است. بنابر پیش‌بینی‌های سازمان بهداشت جهانی^۲، تصادفات جاده‌ای از رتبه نهم علل مرگ‌ومیر در جهان در سال ۲۰۰۴ به رتبه پنجم در سال ۲۰۳۰ خواهد رسید. در صورتی که اقدام مناسبی جهت کاهش حوادث ترافیکی صورت نپذیرد، تا سال ۲۰۲۰، افزایش ۶۷ درصدی مرگ‌ومیر ناشی از تصادفات، به صورت افزایش ۸۳ درصدی برای جوامع با درآمد کم و متوسط و کاهش ۲۷ درصدی برای کشورهایی با درآمد بالا پیش‌بینی می‌شود [Mohan et al., 2006].

دست‌اندرکاران ایمنی راه در سراسر جهان و نیز کشور جمهوری اسلامی ایران خواستار استفاده از فناوریهای جدید در وسایل نقلیه و زیرساخت راه جهت افزایش سطح ایمنی هستند. در ایران بیش از ۸۰ درصد حمل‌ونقل از طریق شبکه جاده‌ای انجام می‌شود، این در حالی است که آمار، نشانگر بالا بودن تلفات ناشی از حوادث ترافیکی کشور در مقایسه با کشورهای توسعه یافته است. آمارها نشان می‌دهند که در اثر حوادث ترافیکی بیش از ۲۰ هزار نفر در سال ۱۳۹۰ جان باختند [گزارش سالیانه پزشک قانونی کشور، ۱۳۹۰]. بنا به گزارشات پلیس راه کشور بیشتر تلفات رانندگی در این سال (۱۲۲۳۲ کشته) در مسیرهای برون‌شهری رخ داده است. راههای ایران از نظر سرعت، حجم ترافیک و مشخصات هندسی

دانش OWL جهت بروزرسانی و افزایش کارایی سیستم.

۲. پیشینه تحقیق

مطالعات ایمنی راه در راستای کاهش تصادفات بسیار وابسته به روش مورد استفاده جهت تحلیل و پیش‌بینی تصادف است. این تحقیق می‌کوشد تا با توسعه یک سیستم استنتاجی مکانمند بر پایه هستی‌شناسی جهت پیش‌بینی خودروهای مستعد تصادف، گامی در راستای ارتقا سطح ایمنی در مسیرهای برون‌شهری بردارد. در دهه اخیر توجه زیادی به هستی‌شناسی‌ها و مهندسی هستی‌شناسی شده است. با توجه به تحقیقات صورت گرفته، استفاده از هستی‌شناسی و دانش معنایی در حوزه GIS موجب خواهد شد که داده‌های GIS در دامنه وسیعی توزیع گردند [Diosteanu and Cotfas, 2009; Feng, et al., 2010; Malgundkar et al., 2012] و امکان تبادل و تلفیق داده‌ها در سطح وسیعی امکان‌پذیر خواهد شد [Cruz, 2004; Chaudhary et al., 2004]. کیم و همکارانش به دلیل نیاز کشور کره جنوبی به دستیابی به اطلاعات مکانی در یک محیط توزیع یافته، فنون ایجاد هستی‌شناسی را برای استفاده مجدد یا به اشتراک‌گذاری و بازیابی اطلاعات مکانی در یک سیستم اطلاعات مکانی توزیع یافته مورد بحث و بررسی قرار داده‌اند.

مجموعه‌ای دیگر از تحقیقات نیز بر اساس تحلیل‌های داده‌کاوی به توسعه هستی‌شناسی پرداخته‌اند و چارچوبی مفهومی را برای خوشه‌بندی مکانی تصادفات با استفاده از هستی‌شناسی ارائه کرده‌اند [Hwang, 2003; Wang and Hamilton, 2005; Wang et al., 2010]. یو و همکاران (۲۰۰۹) چارچوبی سلسله مراتبی بر مبنای هستی‌شناسی را جهت مدیریت تصادفات ارائه کردند. این تحقیق و بسیاری از تحقیقات مشابه به ندرت از دانش مکانی مربوط به تصادفات در تحلیل تصادفات جاده‌ای استفاده کرده‌اند. با مروری بر تحقیقات مشابه می‌توان دریافت که تحقیقات کمی در زمینه تحلیل‌های مکانی تصادفات با تکیه بر مدل‌سازی و تبادل دانش جهت استنتاج پویای وقوع تصادف انجام شده است. این تحقیق سعی در بهبود مطالعات پیشین با ارائه الگوهایی از

حوزه اطلاعات مکانی، هم از دیدگاه فلسفی و هم از دیدگاه علوم کامپیوتری هستی‌شناسی بهره گرفته شده است. متخصصین ایمنی راه نیز می‌توانند از هستی‌شناسی جهت نمایش، تبادل دانش و هوشمندی تحلیل‌های مرتبط با تصادفات استفاده کنند.

به علت پرهزینه بودن اخذ اطلاعات از محیط و نیاز به بروزرسانی دانش مرتبط با راه و زیرساخت‌های آن، این تحقیق چارچوبی را برای ایجاد هستی‌شناسی پیشنهاد می‌کند که دانش متخصصین را در حوزه ایمنی راه و تصادفات با الگوهای تصادفات استخراج شده به روش داده‌کاوی تلفیق می‌نماید. از آنجا که موجودیتهای مرتبط با راه، راننده، خودرو، محیط اطراف و روابط^۱ بین آنها به طور معناداری^۱ در بستر هستی‌شناسی ارائه می‌شوند، چارچوب پیشنهادی تحقیق امکان بازیابی و به اشتراک‌گذاری داده‌های مکانی و توصیفی مرتبط با تصادفات ترافیکی را فراهم می‌کند. بازیابی اطلاعات و به اشتراک‌گذاری داده‌های تصادفات، امکان استفاده مجدد از الگوهای تصادفات را برای پیش‌بینی تصادفات آتی در محور مورد مطالعه فراهم می‌کند. بنابراین، در این پژوهش جهت برآورد تصادفات، یک سیستم استنتاج بر پایه موجودیتهای هستی‌شناسی و الگوهای استخراج شده از تصادفات پیشین ارائه می‌شود. از آنجا که زبان هستی‌شناسی وب^۱ (OWL) به تنهایی قادر به مدل‌سازی الگوهای پیچیده تصادفات و روابط بین موجودیتهای تصادف (به خصوص روابط مکانمند) نیست، این تحقیق از زبان قاعده وب معنایی^۲ (SWRL) جهت استنتاج موجودیتهای تعریف شده در زبان هستی‌شناسی وب بهره می‌گیرد. به این منظور اطلاعات راه، راننده، خودرو، و محیط اطراف آن به منظور ایجاد چارچوب هستی‌شناسی پیشنهادی، پیاده‌سازی و تحلیل می‌شوند و طی سه مرحله به برآورد شدت تصادف خودروها در مسیرهای برون‌شهری پرداخته می‌شود:

- (۱) ایجاد کلاس‌هایی از موجودیتهای تصادفات، خصوصیات و روابط مکانی بین آنها در قالب زبان هستی‌شناسی وب،
- (۲) استخراج الگوهای تصادفات، تبدیل آنها به زبان قاعده وب معنایی، تلفیق با دانش متخصصین و ورود به موتور استنتاج،
- (۳) استنتاج الگوهای تصادف خودرو، افزودن نتایج به پایگاه

جاری خودرو از پایگاه داده GIS فراخوانی می‌شوند. اطلاعات خودرو و راننده نیز به صورت خودکار از طریق سنسورهای نصب شده در خودرو مثل GPS، رادار، ژیرسکوپ و ... اخذ می‌گردند. بخشی از اطلاعات هم به صورت آنی از منابع دیگری چون مرکز ترافیک یا آب‌وهوا به روش توزیع شونده در اختیار قرار خواهند گرفت. رکوردهای تصادفات پیشین محور مورد مطالعه نیز از پلیس راه اخذ می‌شوند. این داده‌ها شامل بیش از ۶۰ ویژگی از هر رویداد تصادف می‌باشند که فرآیند داده‌کاوی بر روی آنها صورت خواهد پذیرفت. این ویژگی‌ها را می‌توان به هفت دسته کلی تقسیم کرد: اطلاعات خودرو، اطلاعات تصادف، اطلاعات راه، اطلاعات ترافیکی، اطلاعات راننده، اطلاعات جغرافیایی و اطلاعات محیطی.

۳-۲ هستی‌شناسی و داده‌کاوی

هستی‌شناسی اولین بار در حوزه علوم فلسفی پا به عرصه وجود نهاد. Gruber از مفهوم هستی‌شناسی در فلسفه الهام گرفته و آن را وارد دنیای علوم اطلاعات و علوم رایانه کرد. وی هستی‌شناسی را به صورت "تبیین صریح ادراک" تعریف کرد [Gruber, 1993]. در مفهوم هستی‌شناسی، کلاس به مجموعه‌ای از نمونه‌ها گفته می‌شود که دارای خصوصیات^{۱۵} مشترکی هستند. نمونه‌ها تمام

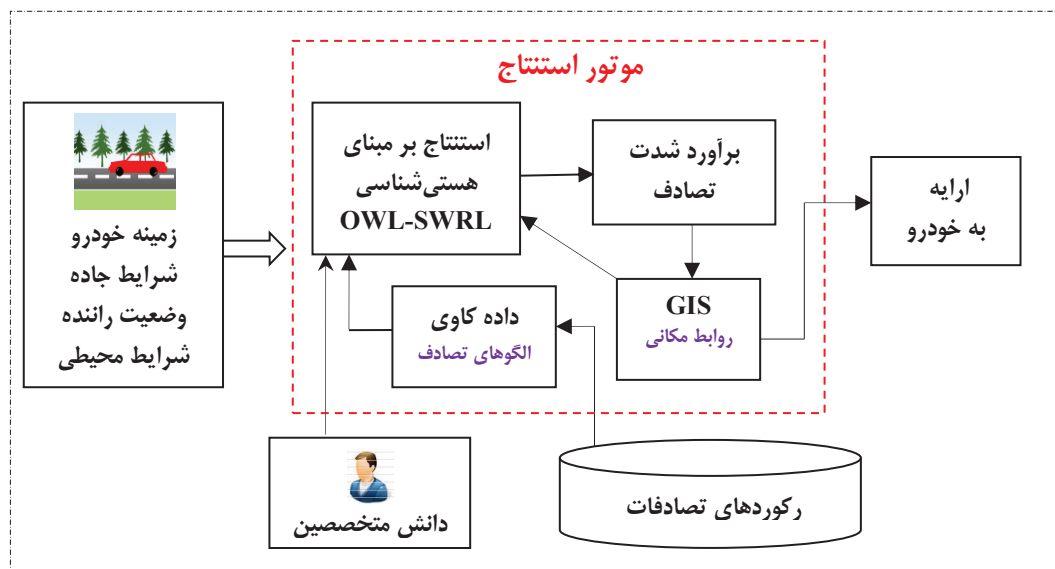
دانش موجود جهت تحلیل تصادفات دارد. طوری که با در نظر گرفتن هستی‌شناسی‌های مکانی و دانش موجود از محیط پیرامون خودروهای مستعد تصادف در قالب زبان هستی‌شناسی وب، به برآورد شدت خطر تصادف در آنها می‌پردازد.

۳. روش تحقیق

شکل ۱ ساختار کلی روش پیشنهادی تحقیق را نمایش می‌دهد. چارچوب پیشنهادی، پایگاه دانشی ارائه می‌کند که از اطلاعات خودرو، راننده، راه و محیط جهت برآورد میزان خطر خودرو مستعد تصادف در یک مسیر برون‌شهری استفاده می‌کند. بدین منظور ابتدا کلاس‌های عارضه (راه، خودرو، تقاطع و ...)، خصوصیات وابسته (مثلاً یک راه اصلی و یک راه فرعی یکدیگر را در یک عارضه نقطه‌ای قطع می‌کنند) و روابط مکانی موجود در چارچوبی معنایی تعریف می‌شوند. سپس الگوهای تصادفات طی فرآیند داده‌کاوی استخراج شده و پس از کنترل توسط متخصصین ایمنی راه به زبان قاعده وب معنایی تبدیل می‌شوند تا جهت برآورد شدت تصادف خودروها به کار گرفته شوند.

۳-۱ داده

در چارچوب پیشنهادی، عوارض محیطی و راه با توجه به موقعیت



شکل ۱. چارچوب پیشنهادی تحقیق

مورد استفاده قرار خواهند گرفت، بیان می‌کند. مطابق با جدول ۱، روابط مکانی بین دو عارضه نقطه‌ای عبارتند از: روی، مجاور و دور. این روابط به ترتیب دلالت دارند بر اینکه دو عارضه نقطه‌ای، هم‌پوشانی دارند، یک نقطه با در نظر گرفتن حدی آستانه در مجاورت نقطه‌ای دیگر است، و دو نقطه دور از هم قرار دارند. روابط مکانی بین یک عارضه نقطه‌ای و یک عارضه خطی عبارتند از: روی و مجاور، که به ترتیب دلالت دارند بر اینکه نقطه بر روی خط قرار دارد، و نقطه با در نظر گرفتن حدی آستانه در مجاورت خط قرار دارد. روابط مکانی بین یک عارضه نقطه‌ای و یک عارضه پلیگونی عبارتند از: داخل، مجاور و خارج. این روابط به ترتیب دلالت دارند بر اینکه یک عارضه نقطه‌ای در داخل یک عارضه پلیگونی قرار دارد، یک عارضه نقطه‌ای با در نظر گرفتن حدی آستانه در مجاورت یک ناحیه پلیگونی است، و نقطه در خارج از ناحیه پلیگونی قرار دارد. برای مثال، مکان جاری یک خودرو ممکن است در داخل یک ناحیه حادثه‌خیز جاده‌ای، در مجاورت و یا دور از آن باشد.

روابط مکانی یک عارضه خطی و پلیگونی نیز در چارچوب پیشنهادی به سه دسته تقسیم می‌شود: عبور، مجاور و عبور بدون ورود. به عنوان مثال رابطه عبور می‌تواند دلالت بر این داشته باشد که راه یک ناحیه شهری را قطع می‌کند، مجاور بیانگر این است که راه و شهر از نظر فیزیکی تقاطعی ندارند، و عبور بدون ورود نشان می‌دهد که عارضه خطی و پلیگونی به طور فیزیکی تقاطع دارند ولی به هم نمی‌رسند. برای مثال یک راه ممکن است از یک شهر عبور کند ولی ورود به شهر یا خروج از آن نداشته باشد.

روابط مکانی بین دو عارضه پلیگونی بر چهار قسم تعریف شده است: شامل، هم‌پوش، مجاور و دور از هم. شامل به این معناست که دو عارضه بر روی هم قرار گرفته‌اند. هم‌پوش دلالت بر این دارد که دو ناحیه پلیگونی ناحیه مشترکی با یکدیگر دارند. رابطه مجاور به این معناست که دو ناحیه پلیگونی در مجاورت هم قرار دارند، و رابطه دور از هم به این معناست که دو ناحیه پلیگونی دور از هم هستند. دو عارضه خطی نیز در چارچوب پیشنهادی سه رابطه مکانی ایجاد می‌کنند: متقاطع، مجزا و عبور

خصوصیات کلاسی را که به آن مرتبط‌اند به ارث می‌برند. نمونه به موجودیتهایی از یک کلاس گفته می‌شود که به وسیله خصوصیات به یکدیگر و یا مقادیر داده‌ای دیگر مرتبط می‌شوند. خصوصیات رابطه بین نمونه‌ها و یا رابطه بین یک نمونه و یک مقدار داده‌ای را مشخص می‌کنند.

داده‌کاوی فرآیند استخراج دانش از حجم انبوهی از داده‌های نامتجانس است که آنها را به اطلاعات مفیدی تبدیل خواهد کرد [Venkatadri and Lokanatha, 2011]. به دلیل اهمیت استخراج دانش و اطلاعات از حجم عظیمی از رکوردهای تصادفات، داده‌کاوی می‌تواند به عنوان ابزار مفیدی در تحقیقات ایمنی راه مطرح باشد. طی فرآیند داده‌کاوی، دانش جدیدی از داده‌های موجود کشف می‌شود، در حالی که در فرآیند هستی‌شناسی، دانشی مستقل از داده‌ها اخذ می‌گردد. داده‌کاوی دارای جزئیات زیادی از یک حوزه مطالعاتی خاص است، در حالی که دانش هستی‌شناسی دلالت بر حوزه‌ای کلی با جزئیات کم دارد [Hwang, 2003]. در واقع هستی‌شناسی یک فرآیند استنتاجی کل به جزء بوده که با پشتیبانی از زمینه^{۱۶} امکان تفسیر و به اشتراک‌گذاری دانش کشف شده از داده-کاوی را در مدت زمان کوتاهی امکان‌پذیر خواهد کرد. در چارچوب پیشنهادی تحقیق، هستی‌شناسی جهت بازیابی اطلاعات و هوشمندی سیستم و داده‌کاوی جهت کشف الگوهای تصادف از رکوردهای موجود بکار گرفته می‌شود.

۳-۳ روابط مکانی در چارچوب پیشنهادی

با توجه به اطلاعات مورد نیاز جهت استنتاج تصادفات ترافیکی و خصوصیات هندسی عوارض موجود در پایگاه داده GIS، عارضه-های مکانی چارچوب پیشنهادی را می‌توان به سه دسته کلی نقطه، خط و پلیگون تقسیم کرده و روابط مکانی ممکن را تشریح کرد. اگرچه برخی از این روابط مکانی ممکن است ارتباط بین چندین نوع عارضه را بیان کنند، اما مفهوم یک رابطه بسته به نوع عارضه-های درگیر می‌تواند متفاوت باشد.

جدول ۱ برخی از روابط مکانی را که در چارچوب پیشنهادی

۴-۱ منطقه مورد مطالعه

شکل ۲ منطقه مورد مطالعه را نمایش می‌دهد. منطقه مورد مطالعه محور قدیم قزوین- رشت است که تهران را به شمال ایران متصل می‌کند. این منطقه کوهستانی بوده و محدوده ارتفاعی آن بین ۳۰۰ تا ۲۳۹۴ متر و طول تقریبی آن ۷۳ کیلومتر است. این مسیر از راههای اصلی و از محورهای برون‌شهری پرخطر کشور بوده که بسیار مستعد تصادف است.

رکوردهای تصادفات محور مورد مطالعه شامل بیش از ۶۰ ویژگی هستند که خصوصیات هر رویداد تصادف را بیان می‌کنند. ۷۱۲۱ رکورد از تصادفات در فرمت متن، عدد، تاریخ و زمان در روش پیشنهادی تحقیق مورد بررسی قرار می‌گیرند. می‌توان این ویژگیها را به هفت گروه کلی تقسیم کرد:

- اطلاعات تصادف شامل تعداد مجروح، کشته، نوع تصادف و ...

بدون تقاطع. در رابطه متقاطع دو عارضه خطی یکدیگر را در یک نقطه قطع می‌کنند (به عنوان مثال یک راه روستایی، یک راه اصلی برون‌شهری را در یک تقاطع قطع می‌کند). رابطه مکانی مجزا بیان می‌کند که دو عارضه خطی نقطه تقاطعی ندارند، و رابطه عبور بدون تقاطع به این معناست که دو عارضه خطی از هم عبور می‌کنند، ولی نقطه تقاطعی ندارند.

۴. بکارگیری روش

جهت ارزیابی چارچوب پیشنهادی، در ادامه نمونه‌ای موردی از پیاده‌سازی یک سیستم استنتاج مکانمند بر پایه هستی‌شناسی جهت پیش‌بینی خودروهای مستعد تصادف در محور قزوین- رشت تشریح می‌گردد.

جدول ۱. روابط مکانی

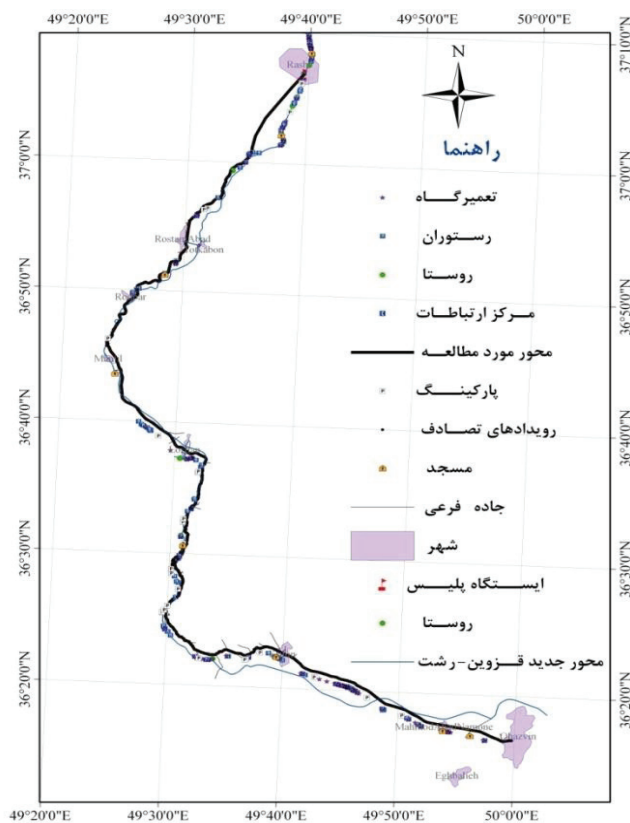
نوع رابطه			رابطه مکانی
روی	مجاور	دور	نقطه- نقطه
روی	مجاور	-	نقطه- خط
داخل	مجاور	خارج	نقطه- پلیگون
عبور	مجاور	عبور بدون ورود	خط- پلیگون
شامل	هم پوش	مجاور یا دور از هم	پلیگون- پلیگون
متقاطع	مجزا	عبور بدون تقاطع	خط- خط

توسعه یک سیستم دانش‌مبنای مکانمند جهت پیش‌بینی تصادفات در مسیرهای برون‌شهری

- اطلاعات راه شامل شرایط سطح راه، نقص راه و ...
- اطلاعات راننده شامل سن، تحصیلات و ...
- اطلاعات خودرو شامل نوع، نقص و ...
- اطلاعات مکانی و جغرافیایی شامل مکان تصادف، فاصله از مبدأ و ...
- اطلاعات محیطی شامل وضعیت آب و هوا، شرایط نوردهی، تاریخ و زمان تصادف و ...
- اطلاعات ترافیکی
- متناسب با اهداف و روش تحقیق و در دسترس بودن داده‌ها، ۱۳ ویژگی جهت برآورد شدت تصادف خودروها انتخاب شد. جدول ۲ این ویژگیها و خصوصیات مربوطه را نمایش می‌دهد.

۴-۲ پیاده سازی

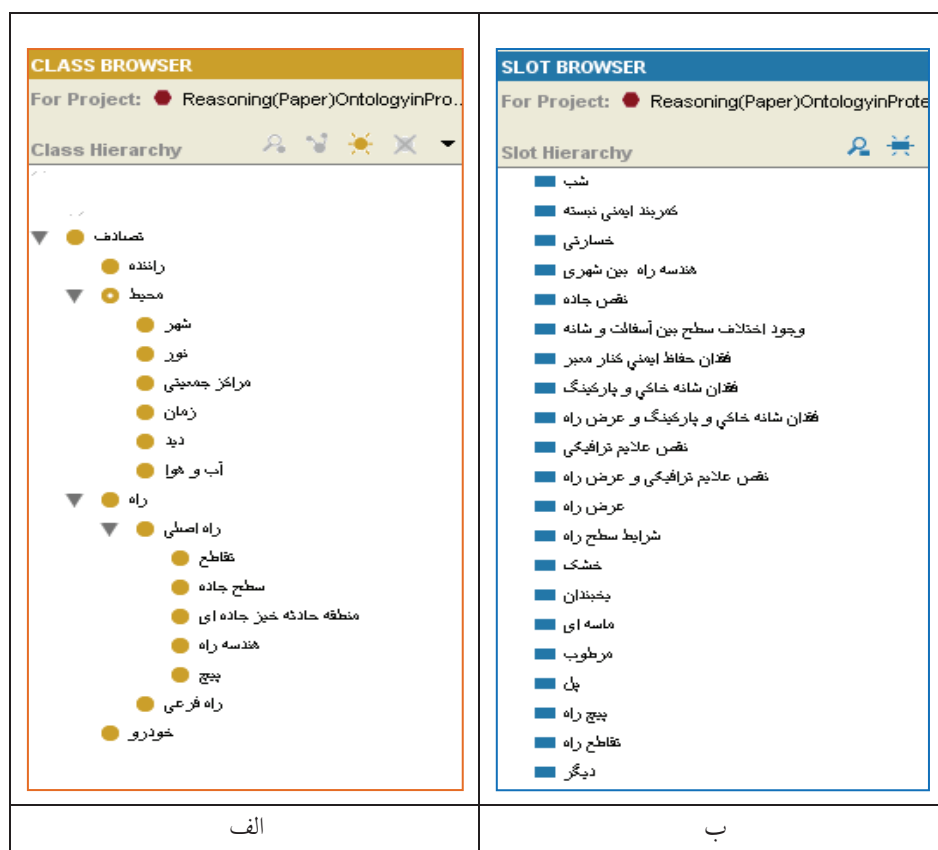
به منظور بررسی کارایی و صحت چارچوب پیشنهادی، هستی‌شناسی تصادفات محور مورد مطالعه در قالب موجودیتهای موثر در تصادف، خصوصیات و روابط موجود، مدل‌سازی می‌شود.



شکل ۲. محور مورد مطالعه

جدول ۲. ویژگی‌های رکوردهای تصادفات

توضیح	نوع	هدف	ورودی	ویژگی رویداد تصادف
فاصله از مبدأ که در GIS تبدیل به (X,Y) می‌گردد	پیوسته	-	-	مکان تصادف
بله یا خیر	گسسته	-	-	کمربند ایمنی راننده
خسارتی، جرحی، فوتی، جرحی و فوتی	گسسته	بله	-	شدت تصادف
-	پیوسته	-	-	سن راننده
نقص راه در محل تصادف	گسسته	-	بله	نقص راه
شرایط نوری راه	گسسته	-	بله	شرایط نوری
وضعیت آب و هوایی	گسسته	-	بله	شرایط جوی
سطح تحصیلات راننده	گسسته	-	بله	تحصیلات راننده
ترمز، لاستیک، فرمان، و ...	گسسته	-	-	نقص فنی خودرو
خستگی، عجله، بی‌توجهی به قوانین و ...	گسسته	-	-	عوامل انسانی
پیچ، شیب، خودرو متوقف یا در حال حرکت و ...	گسسته	-	بله	موانع دید
خشک، مرطوب و ...	گسسته	-	بله	شرایط سطح جاده
تقاطع، پیچ، شیب و ..	گسسته	-	-	هندسه راه



شکل ۳. هستی‌شناسی تصادفات برون‌شهری، خصوصیات و روابط موجود

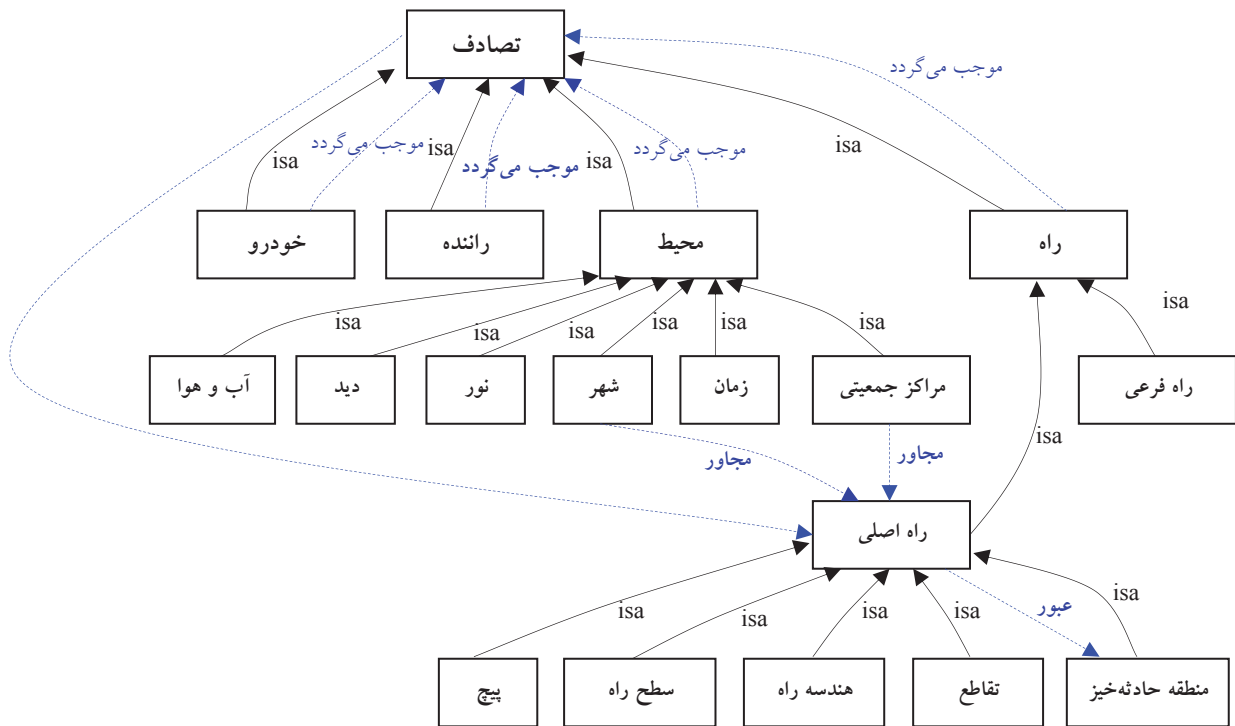
راننده، خودرو و روابط کلی موجود را شامل می‌شود. روابط درجه دوم زیادی هم وجود دارند که در چارچوب پیشنهادی تعریف شده‌اند ولی در شکل ۴ نمایش داده نشده‌اند. برای مثال Instance-of که رابطه بین یک موجودیت کلی و یک نمونه را بیان می‌کند (مثلاً شهر لوشان یک نمونه از مفهوم کلی‌تر شهر است). بنابراین به منظور بیان جزئیات بیشتر نیاز به یک زبان هستی‌شناسی جهت نمایش دانش مرتبط با تصادفات است.

او دلبیو ال [Patel-Schneider et al., 2004] یک زبان هستی‌شناسی پرکاربرد است که توسط کنسرسیوم وب گسترده جهانی (W3C) ارائه شده است. OWL قادر به توصیف موجودیت‌ها، خصوصیات و روابط بین آنها در چارچوب پیشنهادی است. همچنین قادر است بخشی از قیدهای عددی و تابعی و روابط مکانی را تعریف نماید. شکل ۵ نمونه‌ای از روابط مکانی چارچوب پیشنهادی تحقیق را که توسط OWL توصیف

شکل ۳ (الف) بخشی از هستی‌شناسی مدل‌سازی شده را نمایش می‌دهد و شکل ۳ (ب) نمونه‌هایی از ساختار خصوصیات سیستم و روابط تعریف شده را بیان می‌کند. چارچوب هستی‌شناسی پیشنهادی شامل اطلاعاتی کلی از کلاس‌های اصلی تصادف (راه، محیط، راننده و خودرو) است که به موجودیت‌های سطح پایین‌تر مرتبط می‌شوند. شکل ۴ کلاسها و خصوصیات اصلی هستی‌شناسی چارچوب پیشنهادی را نمایش می‌دهد. نمونه‌ها تمام خصوصیات کلاسی را که به آن مرتبط‌اند به ارث می‌برند. کلاسها و روابط آنها به هنگام ورود اطلاعات خودرو در قالب یک زبان سازگار با هستی‌شناسی، به خدمت گرفته می‌شوند. پس از ورود اطلاعات مرتبط با خودرو و پیرامون آن، سیستم قادر به مقایسه اطلاعات ورودی با قواعد موجود و برآورد شدت تصادف خواهد بود.

شکل ۴ بیان می‌کند که چارچوب پیشنهادی شامل مفهوم کلی تصادف است که موجودیت‌های سطح پایینی چون راه، محیط،

توسعه یک سیستم دانش‌مبنای مکانمند جهت پیش‌بینی تصادفات در مسیرهای برون‌شهری



شکل ۴. نمایشی گرافیکی از هستی‌شناسی تصادف

(er)، مناطق حادثه‌خیز جاده‌ای (HazardousZone) و روابطی چون Adjacent_To و Cross در OWL تعریف شده‌اند.

شده است، نمایش می‌دهد. در این مثال موجودیت‌هایی چون راه اصلی (MajorRoad)، مراکز جمعیتی (PopulationCen -)

```

<rdf:Description rdf:about="http://www.w3.org/2002/07/owl#Thing"/>
<owl:Class rdf:about="#_JESS-DEFINITION"/>
<owl:Class rdf:about="#_RULE"/>
</owl:unionof>
</owl:Class>
<owl:ObjectProperty rdf:ID="Adjacent_To">
<rdfs:domain>
<owl:Class>
<owl:unionof rdf:parseType="Collection">
<rdf:Description rdf:about="http://www.w3.org/2002/07/owl#Thing"/>
<owl:Class rdf:about="#PopulationCenter"/>
</owl:unionof>
</owl:Class>
</rdfs:domain>
<rdfs:label rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">
Adjacent_To</rdfs:label>
<rdfs:range rdf:resource="#MajorRoad"/>
</owl:ObjectProperty>
<owl:ObjectProperty rdf:ID="Cross">
<rdfs:label rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">
Cross</rdfs:label>
<rdfs:range rdf:resource="#HazardousZone"/>
<rdfs:domain>
<owl:Class>
<owl:unionof rdf:parseType="Collection">
<rdf:Description rdf:about="http://www.w3.org/2002/07/owl#Thing"/>
<owl:Class rdf:about="#MajorRoad"/>
</owl:unionof>
</owl:Class>
</rdfs:domain>
</owl:ObjectProperty>

```

شکل ۵. نمایش OWL بخشی از موجودیت‌های تصادفات و روابط بین آنها

۳-۴. استنتاج بر مبنای OWL و SWRL

همان‌طور که ذکر شد هستی‌شناسی پیشنهادی دارای چهار کلاس سطح بالا است. علاوه بر آن تعدادی زیادی کلاس سطح پایین جهت بیان خصوصیات و روابط موجود پیاده‌سازی شدند، از جمله: شهر، آب‌وهوا، نور، دید، مراکز جمعیتی، زمان، تقاطع، پیچ، سطح راه، منطقه حادثه‌خیز و هندسه راه که هر یک خود دارای خصوصیات و کلاس‌های سطح پایین‌تری هستند. هرچند که این روابط در چارچوب پیشنهادی توسط OWL تعریف شده‌اند، ولی برای بیان الگوهای تصادفات ترافیکی بخصوص روابط پیچیده مکانی و استنتاج کافی نیستند. تعریف این روابط در قالب مجموعه‌ای از قواعد می‌تواند نقص بیان روابط پیچیده در هستی‌شناسی را جبران کرده، و کارایی سیستم را افزایش دهد [Cheng and Du, 2008]. SWRL به عنوان زبانی قاعده مبنای [SWRL, 2010] قادر به تعریف قواعدی بر پایه مفاهیم OWL جهت سهولت انجام استنتاج از طریق موجودیت‌های تعریف شده در OWL است. بنابراین، در این تحقیق از SWRL جهت بیان قواعد استنتاجی مکانی و تعریف روابط پیچیده بین فاکتورها و شدت تصادفات استفاده می‌شود. قواعد ورودی به SWRL از تلفیق دانش متخصصین حوزه حمل‌ونقل جاده‌ای با الگوهای اصلی تصادفات در محور مورد مطالعه که با تحلیل طبقه‌بندی مکانی استخراج الگو اخذ شده‌اند، ایجاد می‌گردند. مطابق با تحقیقات انجام شده روش‌های استخراج الگو را

می‌توان به دو گروه اصلی تقسیم کرد: روش تقسیم‌وحل^۷ و روش پوششی^۸. در روش تقسیم‌وحل، داده‌ها به دو یا چند دسته تقسیم شده و بررسی می‌شوند، سپس با ترکیب مناسب نتایج به دست آمده از این زیرمساله‌ها، مسئله اصلی حل می‌شود. مجموعه روشهای AQ19 و مشتقات آنها از روشهای پوششی هستند. از جمله آنها می‌توان به روش - Separate-and-Co quer اشاره کرد که جهت فرآیند یادگیری در مسائل مختلف توسعه داده شده است [Michalaski, 1969]. در این استراتژی مطابق شکل ۶ یک الگو با در نظر گرفتن مجموعه‌ای از نمونه‌های یادگیری موجود ایجاد می‌گردد، نمونه‌های بررسی شده از داده‌های آموزشی حذف می‌شوند (بخش separate الگوریتم)، سپس الگوهای دیگری که مابقی نمونه‌ها را شامل شوند ایجاد می‌گردند (بخش conquer الگوریتم). این فرایند ادامه می‌یابد تا همه نمونه‌ها مورد بررسی قرار گیرند [Fürnkranz, 1999]. در این مطالعه از الگوریتم داده‌کاوی استخراج الگوی - Se arate-and-Conquer به منظور استخراج الگوهای اصلی تصادفات محور مورد مطالعه جهت استنتاج در SWRL استفاده می‌شود. این الگوریتم به بررسی ویژگیهای رویدادهای تصادف (جدول ۲) در محور مورد مطالعه پرداخته و دانش مفیدی از الگوهای تصادفات در اختیار متخصصین ایمنی راه قرار می‌دهد. جدول ۳ نمونه‌ای از الگوهای اصلی استخراج شده طی فرایند داده‌کاوی را نمایش می‌دهد. در این مرحله الگوهای فوق با دانش متخصصین تلفیق شده و جهت استنتاج وارد Editor

```

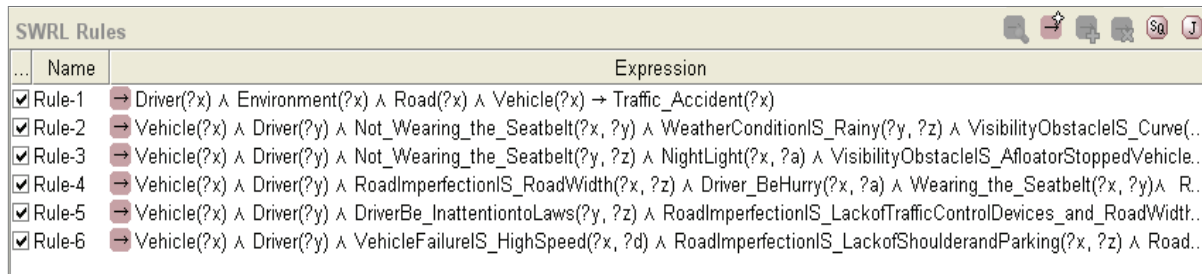
Procedure SIMPLEST SEPARATE AND CONQUER (Examples)
Theory =  $\emptyset$ 
while POSITIVE (Examples)  $\neq \emptyset$ 
  BestRule = { true}
  Rule = BestRule
while NEGATIVE (Cover)  $\neq \emptyset$ 
  for Condition  $\in$  Conditions
  Refinement = Rule  $\cup$  Conditions
  if PURITY (Refinement, Examples) > PURITY (BestRule, Examples)
  BestRule = Refinement
  Rule = BestRule
Theory = Theory  $\cup$  Rule
Examples = Examples - Cover
return (Theory)

```

شکل ۶. الگوریتم Separate-and-Conquer [Fürnkranz, 1999]

جدول ۳. نمونه‌ای از الگوهای استخراج شده

الگو	مقدم	تالی
۱	<i>IF SeatBelt is [No] - WeatherCondition is [Rainy] - VisibilityObstacles is [Curve] - RoadSurfaceCondition is [Wet]</i>	<i>CrashSeverity is [Fatality]</i>
۲	<i>IF SeatBelt is [No] - LightCondition is [Night] - VisibilityObstacles is [Afloat Vehicle]</i>	<i>CrashSeverity is [Fatality]</i>
۳	<i>IF VehicleFailure is [HighSpeed] - RoadImperfection is [RoadWidth] - WeatherCondition is [Rainy] - RoadGeometry is [Intersection]</i>	<i>CrashSeverity is [Injury-Fatality]</i>
۴	<i>IF VehicleFailure is [HighSpeed]- WeatherCondition is [Sunny]- SeatBelt is [No] - RoadImperfection is [LackofRoadsideSafekeeping] - RoadGeometry is [Curve]</i>	<i>CrashSeverity is [Injury-Fatality]</i>
۵	<i>IF RoadSurfaceCondition is [Dry] - PathwayType is [Minor] - DriverEducation in [High School] - SeatBelt is [No] - DriverSex is [Male]</i>	<i>CrashSeverity is [Injury]</i>
۶	<i>IF LightCondition is [Night] - RoadImperfection is [LackofTrafficControlDevices] - WeatherCondition is [Sunny] - SeatBelt [Yes] - VehicleFailure is [BrakeandAttritedTire]</i>	<i>CrashSeverity is [PDO]</i>
۷	<i>IF LightCondition is [Night] - RoadSurfaceCondition is [Dry] - WeatherCondition is [Cloudy]- Road Imperfection is [LackofTrafficControlDevices] - VisibilityObstacles is [Slope]</i>	<i>CrashSeverity is [PDO]</i>
۸	(DEFAULT RULE)	<i>CrashSeverity is [PDO]</i>



شکل ۷. الگوهای تصادف SWRL

می‌شود و موجودیت‌های جدیدی جهت برآورد شدت تصادف خودروهای آتی به موجودیت‌های تعریف شده در OWL اضافه می‌گردند. مطابق جدول ۴ با اجرای الگوهای تصادفات در موتور استنتاج، ۲ موجودیت جدید و ۱۹ کلاس به ساختار هستی‌شناسی اضافه شدند. با اضافه شدن کلاس و موجودیت‌های جدید به موتور استنتاج، الگوهای جدیدی از تصادفات تعریف شده که به هوشمندی ساختار پیشنهادی جهت برآورد شدت تصادف خودروها می‌افزاید.

SWRL می‌شوند.

شکل ۷ نمونه‌ای از الگوهای برآورد شدت تصادف را در محیط Protégé SWRL Editor نمایش می‌دهد. مطابق با چارچوب پیشنهادی، الگوهای تعریف شده در SWRL و موجودیت‌های OWL از طریق واحد ارتباطی - SW JessTab جهت استنتاج وارد موتور استنتاج [Jess - Frie - man-Hill, 2002] می‌شوند. وقتی الگوها در موتور استنتاج اجرا می‌شوند، ساختار هستی‌شناسی و پایگاه داده مکانی بروز

جدول ۴. اجرای الگوها در موتور استنتاج

۲۱	تعداد الگوهای SWRL ورودی به موتور استنتاج
۲	تعداد موجودیت‌های اضافه شده به موتور استنتاج
۱۹	تعداد کلاس‌های اضافه شده به موتور استنتاج
۲۳	تعداد قواعد کلی OWL اضافه شده به موتور استنتاج
۳۷۵ میلی ثانیه	زمان فرآیند

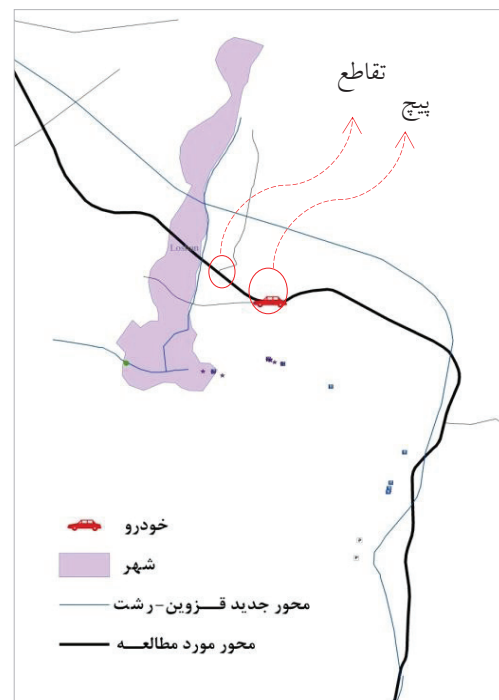
۵. بحث

مطابق شکل ۹ به منظور ارزیابی کارایی الگوهای تصادف استنتاجی در نمونه مدل‌سازی شده، اطلاعات راننده، خودرو، داده‌های زیرساخت راه و محیط با توجه به موقعیت خودرو در نقشه GIS (شکل ۸) به سیستم معرفی می‌شوند. این اطلاعات در چارچوب پیشنهادی در کلاس‌های از قبل تعریف شده هستی‌شناسی قرار می‌گیرند. با تعریف وضعیت کنونی خودرو، موتور استنتاج معنایی با استفاده از الگوهای تعریف شده در سیستم به برآورد شدت تصادف خودرو مورد بررسی (ایمن، تصادف خسارتی، تصادف جرحی، تصادف جرحی و فوتی، تصادف شدید فوتی) می‌پردازد. با بکارگیری روش پیشنهادی در محور مورد مطالعه مشخص شد که این روش امکان بازیابی و تبادل داده‌های مکانی و توصیفی مرتبط را برای برآورد شدت تصادف خودرو فراهم می‌کند. چارچوب پیشنهادی در کنار استفاده از دانش هستی‌شناسی و نیز به اشتراک گذاشتن آنها، دانش متخصصین حوزه ایمنی راه را با الگوهای تصادفات استخراج شده به روش داده‌کاوی، برای پیش‌بینی تصادفات آتی تلفیق می‌کند. با انتخاب بخشی از

داده‌های تصادفات موجود که نوع و شدت تصادف آنها مشخص بود و ورود آنها به سیستم، مشخص شد که بیشترین صحت پیش‌بینی مربوط به گروه تصادفات خسارتی و با نرخ ۹۱۴۳/۰ است. تصادفات جرحی، فوتی، جرحی و فوتی نیز به ترتیب با نرخهای ۷۴۵۳/۰، ۷۳۲۱/۰ و ۶۱۱۰/۰ پیش‌بینی می‌شوند. لازم به ذکر است که تحلیل طبقه‌بندی مکانی استخراج الگو در چارچوب پیشنهادی منتج به استخراج روابط کلی بین فاکتورهای تصادف و نوع تصادفات، با نرخ خطای کلاسه‌بندی ۱۸/۰ شد. این الگوها می‌توانند متولیان ایمنی راه را در مدیریت هر چه بهتر تصادفات در محورهای برون‌شهری یاری کنند. مسلماً الگوهای دیگری هم وجود دارند که بسته به نوع محور مورد مطالعه متفاوت خواهند بود. بر اساس یافته‌های تحقیق از الگوهای اصلی تصادفات به خصوص وقوع تصادفات فوتی در محور مورد مطالعه نسبتن کمربند ایمنی در کنار شرایط بد آب‌وهوایی و موانع دید است (الگوهای ۱ و ۲ در جدول ۳). به عبارت دیگر، نسبتن کمربند ایمنی در شرایط بد آب‌وهوایی یا وجود موانع دید، احتمال وقوع تصادفات شدید فوتی را در محور مورد مطالعه افزایش می‌دهد. همچنین مشخص گردید که متغیر شرایط نوری محور به خصوص در شب و نیز عدم وجود علائم ترافیکی، از عوامل تشدید کننده وقوع تصادف خسارتی (الگوی ۶ و ۷ در جدول ۳) تلقی می‌گردند.

۶- نتیجه‌گیری

به منظور مدیریت تصادفات در مسیرهای برون‌شهری لازم است که مدیران حمل‌ونقلی و مسئولین ایمنی راه دسترسی به اطلاعات کاملی از فاکتورهای تاثیرگذار بر وقوع تصادف داشته باشند. از جمله، اطلاعات مربوط به عوارض فیزیکی و هندسی راهها شامل موانع دید، نقص راه، پیچ، تقاطع، شیب و... که قابل ذخیره‌سازی در یک پایگاه داده مکانی هستند. دسته دیگر اطلاعات لحظه‌ای مربوط به بخشهای مختلف راه و شرایط محیطی پیرامون آن شامل شرایط جوی، شرایط سطح جاده، الگوی ترافیکی، و... است که پویا هستند. ماهیت مکانی و حجم بالای این اطلاعات ضرورت استفاده از تکنیکهای نوینی چون داده‌کاوی و سیستمهای اطلاعات



شکل ۸. مکان لحظه‌ای خودرو در محور

توسعه یک سیستم دانش‌مبنای مکانمند جهت پیش‌بینی تصادفات در مسیرهای برون‌شهری

هندسه راه بین شهری	نوع خودرو	شرایط سطح راه	شرایط آب و هوایی	سن	سرعت
قطاع	سواری	خشک	بارانی	29	110
کمریذ ایمنی	وضعیت راننده	مجاورت خودرو	شرایط نوری	Y	X
بله	عجله	پیچ	روز	1411256.0	400505.0
	نقص خودرو	نقص جاده	نقصیات	Z	
	سرعت	عرض	راهشمالی		

شکل ۹. اطلاعات خودرو جهت برآورد شدت تصادف

کرده و فرآیند شناسایی خودروهای مستعد تصادف را بهبود بخشید. در نهایت در راستای تکمیل پژوهش فوق چندین افق تحقیقاتی به شرح زیر پیشنهاد می‌شود:

- ارایه چارچوبی مشابه جهت کشف الگوهای رایج تصادفات درون‌شهری

- استفاده از روش‌های استنتاجی دیگر جهت برآورد شدت تصادفات چون بیزین، فازی و تئوری شهود.

۷- پی‌نوشتها

- 1- Global Road Safety Steering Committee (GRSSC)
- 2- World Health Organization (WHO)
- 3- Geospatial Information Systems
- 4- Ontology
- 5- Knowledge Engineering
- 6- Ontology Driven Geospatial Information Systems (ODGIS)
- 7- Interoperability
- 8- Spatial Reasoning
- 9- Relations
- 10- Semantic Knowledge
- 11- Web Ontology Language
- 12- Semantic Web Rule Language
- 13- Concepts
- 14- Individual
- 15- Properties
- 16- Context
- 17- Divide-and-Conquer
- 18- Covering
- 19- Algorithm Quasi-optimal

مکانی را در مطالعات ایمنی راه آشکار می‌سازد. بنابراین، این تحقیق یک چارچوب هستی‌شناسی مکانمند را به منظور استفاده از دانش و اطلاعات موجود جهت افزایش سطح ایمنی راه‌های برون‌شهری با تکیه بر تحلیل تصادفات پیشین، ارایه و بیان می‌کند که یک سیستم اطلاعات مکانی بر پایه هستی‌شناسی (ODGIS) می‌تواند نقش مهمی در استنتاج الگوهای تصادفات به منظور برآورد شدت تصادف خودروها در مسیرهای برون‌شهری داشته باشد.

برای تشریح چارچوب پیشنهادی، یک نمونه موردی در محور قزوین- رشت مورد بررسی قرار گرفت. روش پیشنهادی با در نظر گرفتن اطلاعات موجود از محیط خودروهای مستعد تصادف در قالب زبان هستی‌شناسی وب، به برآورد شدت خطر تصادف در آنها می‌پردازد. از آنجا که زبان هستی‌شناسی وب به تنهایی قادر به مدل‌سازی الگوهای پیچیده تصادفات و روابط مکانمند بین موجودیتهای مرتبط با تصادفات نیست، این تحقیق از زبان قاعده وب معنایی جهت استنتاج موجودیت‌های تعریف شده در هستی‌شناسی بهره گرفت. به این منظور با استفاده از تحلیل طبقه‌بندی مکانی استخراج الگو، الگوهای تصادفات از رکوردهای تصادفات پیشین استخراج شدند و پس از کنترل توسط متخصصین ایمنی راه، در موتور استنتاج معنایی جهت برآورد شدت تصادف خودروها به کار برده شدند. نتایج نشان می‌دهد که تلفیق الگوهای استخراج شده با دانش متخصصین می‌تواند موجودیتهای و الگوهای جدیدی را از علل وقوع تصادفات به چارچوب پیشنهادی اضافه

No.2, pp. 199-220.

۸- مراجع

-Hwang, J. (2003) "Ontology-based spatial clustering method: case study of traffic accidents", Student Paper Sessions, UCGIS Summer Assembly.

-Kavouras, M. and Kokla, M. (2008) "Theories of geographic concepts, ontological approaches to semantic integration", National Technical University of Athens Greece, CRC Press.

-Kim, J., Yu, K., Il Kim, Y. and Ga, C. (2010) "Ontologies for interoperability of distributed geographic information systems", School of Civil, Urban, Geo-systems Engineering, Seoul National University, Seoul, South Korea.

-Malgundkar, T., Rao, M. and Mantha S. S. (2012) "GIS driven urban traffic analysis based on ontology", International Journal of Managing Information Technology (IJMIT), Vol.4, No.1.

-Michalaski, R. S. (1969) "On the quasi-minimal solution of the covering problem", In Proceedings of the 5th International Symposium on Information Processing (FCIP-69), Vol. A3 (Switching Circuits), pp. 125-128.

-Mohan, D., Tiwari, G., Khayesi, M. and Nafukho. F. M. (2006) "Road traffic injury prevention, training manual", World Health Organization.

-Patel-Schneider, P. F., Hayes, P. and Horrocks, I. (2004) "OWL web ontology language semantics and abstract syntax", W3C Recommendation, Available at <http://www.w3.org/TR/owl-semantics/>.

-Peden, M., Scurfield, R., Sleet, D., Mohan, D., Heyder, A. A., Jarawan, E. and Mathers, C. (2004) "World report on road traffic injury prevention", World Health Organization, ISBN 92 4 156260 9.

-SWRL (2010) "A semantic web rule language combining OWL and RuleML", <http://www.w3.org/Submission/SWRL/>, last accessed on 24.06.2012.

-Venkatadri.M. and Lokanatha C. (2011) "A review on data mining from past to the future", International Journal of Computer Applications, Vol. 15, No.7, pp.19-22.

- سازمان راهداری و حمل و نقل جاده‌ای کشور، اداره کل ایمنی و ترافیک (۱۳۹۰) "گزارش سالیانه پزشک قانونی کشور" برگرفته

از: بهار، پایگاه خبری تحلیلی مستقل ایران

- نشریه شماره ۱۶۱، (۱۳۷۵)، "آیین نامه طرح هندسی راهها" دفتر تحقیقات و معیارهای فنی مرکز تحقیقات و مطالعات وزارت راه و ترابری، سازمان برنامه و بودجه.

-Chaudhary, A., Sunna, W. and Cruz, I. F. (2004) "Semi-automatic ontology alignment for geospatial data integration", In: Egenhofer, M.J., Freksa, C., Miller, H.J. (eds.) GIScience 2004. LNCS, vol. 3234, pp. 51-66. Springer, Heidelberg.

-Cheng, G. and Du, Q. (2008) "The design and implementation of ontology and rules based knowledge base for transportation", The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. Vol. XXXVII. Part B2. Beijing.

-Cruz, I. F. (2004) "Geospatial data integration", AD-VIS Lab, Department of Computer Science, University of Illinois, Chicago.

-Dioseanu, A. and Cotfas, L. A. (2009) "Agent based knowledge management solution using ontology", Semantic Web Services and GIS, Informatica Economica Journal, Vol.13, No.4.

-Feng, T., Liang, H. and Wu, J. (2010) "Ontology driven data sharing between microscopic traffic simulation and GIS", IEEE International Conference on Computer Simulation and GIS, Vol. 3, pp. 84-89.

-Friedman-Hill, E. (2002) "Jess, the rule engine for the Java TM platform", URL: <http://herzberg.ca.sandia.gov/jess/index.shtml>

-Fürnkranz, J. (1999) "Separate-and-Conquer rule learning", Artificial Intelligence Review, Vol. 13, No. 1, pp. 3-54.

-Gruber, T. R. (1993) "A translation approach to portable ontologies", Knowledge Acquisition, Vol.5,

Information Science, Vol.24, No.11, pp.1601-1630, Taylor & Francis, Inc. Bristol, PA, USA

-Yue, D., Wang, S. and Zhao, A. (2009) "Traffic accidents knowledge management based on ontology", In: Proceedings of the 2009 Sixth International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery, vol. 7, pp. 447-449.

-Wang, X. and Hamilton, H.J. (2005) "Towards an ontology-based spatial clustering framework", In Proceedings of 18th Conference of the Canadian Society for Computational Studies of Intelligence, pp. 205-216.

-Wang, X., Wei, G., Ziébelin, D. and Hamilton, H. J. (2010) "An ontology-based framework for geospatial clustering", International Journal of Geographical