

ارائه یک آنتولوژی برای مدل سازی مفهومی سیستم مدیریت ترافیک شهری

ابراهیم خلیل عباسی*

گروه آموزش ریاضی، دانشگاه فرهنگیان تهران، ایران

دریافت دست نوشته: ۱۴۰۲/۰۷/۰۱؛ پذیرش دست نوشته: ۱۴۰۲/۰۸/۲۴

واژگان کلیدی	چکیده
برنامه ریزی شهری، سیستم مدیریت ترافیک، مدل مفهومی، آنتولوژی، فناوری	سیستم مدیریت ترافیک از سیستم های مهم مدیریت شهری است که نقش مهمی در توسعه شهری و حل برخی مشکلات شهری مانند آلودگی هوا و در ترافیک ماندن شهروندان دارد. رشد روزافزون شهرها و افزایش استفاده شهروندان از خودروهای شخصی و از طرف دیگر عدم توسعه متناسب فضای حمل و نقل شهری، اهمیت استفاده از یک سیستم مدیریت ترافیک بهینه را بیشتر نمایان می سازد. با توجه به پیچیده بودن سیستم های مدیریت ترافیک از نظر تعدد مفاهیم و تخصصی بودن آن مفاهیم، نیاز است که یک مدل مفهومی کلی و قابل فهم برای برنامه ریزان شهری ارائه شود که به آنها دانش مورد نیاز از این سیستم ها را منتقل نماید و در تصمیم گیری های مربوط به توسعه زیرساخت آنها را کمک نماید. همچنین با توجه به اینکه افراد و سیستم های مختلفی در یک سیستم مدیریت ترافیک وجود دارند، تعامل بین آنها و تبادل پیام بین آنها نیاز درک یکسان از مفاهیم دارد که مدل مفهومی به عنوان یک لغت نامه برای این اهداف استفاده می شود. بررسی مقاله و پژوهش های مرتبط نشان می دهد که هر چند برخی مدل ها برای سیستم های ترافیک ارائه شده اند، اما هر یک بخش خاصی از سیستم را مطالعه نموده اند و دارای جامعیت لازم نیستند. لذا، هدف این مقاله ارائه یک آنتولوژی شامل مفاهیم موجود در سیستم های مدیریت ترافیک و روابط بین آنهاست تا به عنوان یک مدل مفهومی استفاده شود. برای ایجاد آنتولوژی، ابتدا مدل های موجود ادغام و هم تراز شده اند و سپس مفاهیم جدید به مدل اضافه شده اند. در نهایت، مفاهیم بسیار تخصصی از مدل حذف شده اند تا جامعیت مدل حفظ شود. این مدل شامل مفاهیم مربوط به افراد، اشیاء موجود، ارتباطات، خدمات و زیرساخت سیستم های مدیریت ترافیک است. برای نمایش آنتولوژی از نمودار کلاس زبان UML استفاده شده است که یک زبان استاندارد برای نمایش سیستم ها است.

۱- مقدمه

خواهد شد (de Souza et al., 2017) همچنین، انتظار ماشین ها در پشت ترافیک باعث افزایش مصرف سوخت شده (Kim et al., 2023) و راننده ها تا ساعت ها منتظر رسیدن به مقصد خواهند ماند (Korablev et al., 2021).

برای مدیریت ترافیک شهری و افزایش امنیت ماشین ها و انسان ها، سیستم های مدیریت ترافیک (Traffic management system) ایجاد و استفاده شدند که شامل مجموعه ای از فناوری های سخت افزاری، نرم افزاری، قوانین و افراد هستند که با هم همکاری می کنند. در طول سال ها، سیستم های مدیریت ترافیک مختلف برای اهداف

امروزه استفاده از وسایل نقلیه شخصی و عمومی برای جابه جایی توسط اغلب مردم یک امر عادی و ضروری است. در شهرهای بزرگ با افزایش جمعیت و به دنبال آن افزایش استفاده از ماشین، مشکل مهمی به نام ازدحام ترافیک (Traffic congestion) شهری را به وجود آورده است و در سال های اخیر تبدیل به یک مسئله اساسی در توسعه پایدار شهرها شده است. (Babaei et al., 2023) ترافیک باعث افزایش آلودگی هوا و محیط شهری می شود که خود باعث افزایش مشکلات سلامتی و ایمنی شهری

سیستم به این مدل رجوع نمایند (Parsons & Cole, 2005). برای سیستم مدیریت ترافیک چندین مدل معرفی شده است. برای نمونه، در پژوهش‌های (de Souza et al., 2017; Korablev et al., 2021) مدل‌های پردازش داده در یک سیستم مدیریت ترافیک مطالعه شده است. نویسندگان بنام تولنی و همکاران (Touluni et al., 2015) یک مدل مفهومی برای مدیریت ترافیک در شبکه بین خودروبی ارائه داده‌اند. مدل ارائه شده در مقاله (Fernandez et al., 2016) نیز بیشتر بر روی عناصر نرم‌افزاری یک سیستم مدیریت ترافیک متمرکز شده است.

مطالعه و مرور پژوهش‌های مرتبط نشان می‌دهد که یک مدل مفهومی که سیستم مدیریت ترافیک را از ابعاد مختلف بررسی نماید، ارائه نشده است. هر یک از مدل‌ها به یک جنبه خاصی از سیستم پرداخته‌اند و دارای جامعیت کافی برای استفاده همه افراد نیستند. لذا نیاز است که یک مدل مفهومی جامع و انتزاعی که دربرگیرنده جنبه‌های مختلف باشد ارائه شود.

مقاله حاضر یک مدل مفهومی برای سیستم‌های مدیریت ترافیک ارائه می‌نماید و برای نمایش مدل مفهومی از روش آنتولوژی (Ontology) استفاده می‌نماید. آنتولوژی برای یک سیستم شامل نمایش بدون ابهام مفاهیم و عناصر آن سیستم، ویژگی‌های آنها و نیز ارتباطات و تعامل بین آن عناصر است به نحوی که دانش موجود در آن سیستم قابل درک باشد (Chandrasekaran et al., 1999). آنتولوژی فقط بر روی عناصر سطح بالای سیستم متمرکز می‌شود (که همان مدل مفهومی است) و ارتباطات آنها را به نحوی تعریف و نمایش می‌دهد که برداشت و درک همه افراد از مدل ارائه شده یکی باشد و تفسیرهای مختلفی به وجود نیاید (Lopes et al., 2023). آنتولوژی ارائه شده در این مقاله یک سیستم مدیریت ترافیک را از پنج جنبه مهم افراد، ارتباطات، زیرساخت، خدمات و اشیاء مطالعه نموده و مفاهیم و ارتباطات آنها را ارائه می‌نماید.

آنتولوژی در این مقاله در سه مرحله تکمیل شده است. ابتدا، مدل‌های موجود برای سیستم ترافیک شناسایی و باهم ادغام شده‌اند تا یک مدل مبنا ایجاد شود. در مرحله دوم، مفاهیم جدید به مدل مبنا اضافه شدند تا مدل تکمیل‌تر

مختلف ایجاد و استفاده شده‌اند. مسیریابی ماشین‌ها، تشخیص ازدحام و ترافیک، مدیریت چراغ‌های راهنمایی و رانندگی، تشخیص تصادف و پیشنهاد مسیر جایگزین، نمونه سیستم‌های مدیریت ترافیک هستند (de Souza et al., 2017).

در سال‌های اخیر، سیستم‌های مدیریت ترافیک هوشمند (Intelligent/smart traffic management system) نیز معرفی شده‌اند که از مجموعه‌ای از تکنولوژی‌های اتصالاتی مانند اینترنت اشیاء، دوربین‌های متصل به هم و حس‌گرهای هواشناسی و نیز فناوری‌های نرم‌افزاری مانند هوش مصنوعی، پردازش ابری، پردازش کلان داده و سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی تشکیل شده‌اند (Hernández et al., 2002). سیستم‌های مدیریت ترافیک هوشمند مبتنی بر دانش بوده و نسبت به سیستم‌های قبلی سریع‌تر، دقیق‌تر و با هزینه کمتر عمل می‌نمایند.

برای موفقیت سیستم‌های مدیریت ترافیک، نیاز است که برنامه‌ریزان شهری در برنامه‌ریزی برای توسعه شهر، توسعه سیستم‌های مدیریت ترافیک را به‌عنوان یکی از مؤلفه‌ها و خدمات مهم شهری در نظر بگیرند (Rong et al., 2019). اهمیت پیاده‌سازی یک سیستم مدیریت ترافیک کارا در برخی مواقع از توسعه خیابان‌های جدید هم بیشتر است، زیرا ایجاد خیابان جدید همواره مقدر نیست یا دارای هزینه زیادی است (Zhu et al., 2021). برای برنامه‌ریزی بهتر، برنامه‌ریزان شهری باید درک درستی از سیستم مدیریت ترافیک و عناصر سخت‌افزاری و نرم‌افزاری آن داشته باشند تا توسعه و پیاده‌سازی این سیستم در حال و آینده دچار مشکل نشود (Liu & Tang, 2012) و همه افراد دانش یکسانی درباره آن داشته باشند. اما سیستم‌های مدیریت ترافیک جزو سیستم‌های پیچیده از نظر مؤلفه‌های سخت‌افزاری، نرم‌افزاری، محاسباتی و کنترلی هستند و به‌مرور مفاهیم و خدمات مختلفی به آنها اضافه می‌شوند؛ بنابراین لازم است یک مدل مفهومی (Conceptual model) از سیستم‌های مدیریت ترافیک که برای برنامه‌ریزان شهری قابل درک بوده و دارای اطلاعات کافی برای آنها باشد، ارائه شود. یک مدل مفهومی با استفاده از یک زبان مدل‌سازی، تمام یا جنبه‌هایی از سیستم را نمایش می‌دهد تا افراد درک ساده و کلی از سیستم به دست آورند و در تعاملات خود در رابطه با آن

ماشین‌ها، برنامه‌های موبایل (Astarita et al., 2018) و اینترنت اشیاء باعث بهبود عملکرد سیستم‌های مدیریت ترافیک شده است (Sharma et al., 2020). استفاده بهینه از ظرفیت خیابان‌ها و نیز هدایت راننده‌ها به نحوی که ترافیک روانی در خیابان‌ها به وجود نیاید و با در نظر گرفتن ایمنی راننده‌ها زمان کمتری در مسیر صرف نمایند (Du et al., 2023)، از دیگر اهداف یک سیستم مدیریت ترافیک است.

۲-۲- مدل مفهومی

یک مدل مفهومی برای یک سیستم مدلی است که با حذف جزئیات و تمرکز بر روی جنبه‌های خاصی از سیستم، درک سیستم را برای افراد تسهیل می‌نماید. یک مدل مفهومی، یک مدل مرجع از سیستم ارائه می‌نماید که برای درک یکسان همه افراد از سیستم مورد نظر نیاز است. مدل‌سازی جریان داده، مدل‌سازی رابطه بین اجزای سیستم، مدل‌سازی فرآیندی سیستم و مدل‌سازی رفتار سیستم از تکنیک‌های مدل‌سازی مفهومی سیستم‌ها هستند (Moody, 2005) که بر حسب نیاز استفاده می‌شوند. مدل مفهومی ممکن است سیستم موجود و یا سیستمی که باید ایجاد شود را توصیف نماید. همچنین، یک مدل مفهومی ممکن است یک تصویر ذهنی (Kosslyn et al., 2006) از یک سیستم و یا یک مدل رسمی به زبان ریاضی از سیستم مورد نظر باشد.

۲-۳- آنتولوژی

آنتولوژی برای یک سیستم شامل مفاهیم اساسی سیستم، ویژگی‌های آن مفاهیم و ارتباطات بین آن مفاهیم برای ارائه یک نمایش بدون ابهام از سیستم است. آنتولوژی با تمرکز بر روی مبانی تئوری سیستم، معنا (یا ادبیات) و دانش موجود در سیستم یا دامنه مورد مطالعه را برای افراد منتقل می‌نماید تا همه افراد به‌طور مشترک و بدون ابهام سیستم را بشناسند و همه بر روی آن اتفاق نظر داشته باشند (Dillon et al., 2008). پس وجود یک آنتولوژی برای یک سیستم این اطمینان را برای همه افراد به وجود می‌آورد که چندین تفسیر از سیستم وجود ندارد و دانش انتقال یافته در مورد سیستم برای همه یکسان است. لذا، تعامل افراد با هم در مورد سیستم بهتر و دقیق خواهد بود زیرا همه افراد با

شود. در مرحله سوم و نهایی مدل بازبینی شد تا مفاهیم تخصصی و بسیار جزئی حذف شدند تا مدل عمومیت خود را حفظ نماید.

برای نمایش آنتولوژی زبان‌های مختلفی وجود دارند. LOOM (McGuinness et al., 2002)، DAML+OIL (Antoniou et al., 2005)، OWL (LOOM Project, 2023) و زبان‌های منطقی (Angele et al., 2009) نمونه‌هایی از زبان‌هایی هستند که هر یک با قابلیت‌های مختلف در زمینه‌های مختلف استفاده شده‌اند.

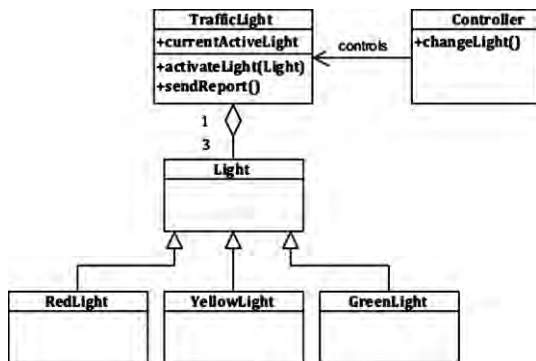
اما محققان در سال‌های اخیر از زبان UML (OMG, 2023) برای نمایش آنتولوژی استفاده می‌نمایند (Chávez-Feria et al., 2022; Sonfack Sounchio et al., 2023) که هم دارای نشانه‌های گرافیکی برای نمایش مفاهیم و ارتباطات دارد و هم دارای گرامر کامل برای توصیف محدودیت‌ها و ساختار زبان است.

با توجه به درک ساده UML، در این مقاله برای نمایش آنتولوژی سیستم مدیریت ترافیک از این زبان استفاده شده است. UML دارای نمودارهای مختلف گرافیکی برای بیان ساختار و رفتار یک سیستم است. یکی از مهم‌ترین نمودارهای آن، نمودار کلاس است که در آن هر کلاس برای نمایش یک مفهوم سیستم تحت مطالعه به کار گرفته می‌شود. ارتباط بین دو کلاس نیز برای مدل‌سازی ارتباط مفاهیم مرتبط در دنیای واقعی است.

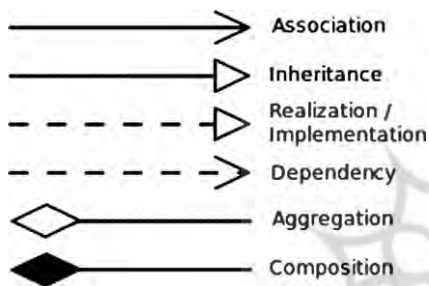
۲- مبانی نظری

۲-۱- سیستم مدیریت ترافیک

سیستم مدیریت ترافیک مجموعه‌ای از ابزارها، فناوری‌ها و افراد هست که با بهبود اعمال و خدمات حمل‌ونقل و بهینه‌سازی آنها، اعمال قوانین ترافیکی و استفاده از دانش موجود، حجم و تلفات ترافیک را کاهش داده و ایمنی سفر را افزایش می‌دهد. همچنین، این سیستم با اطلاع‌رسانی وضعیت ترافیک به رانندگان، آنها را در انتخاب مسیر مناسب کمک می‌نماید. علاوه بر زیرساخت شامل جاده، ماشین، چراغ‌های راهنمایی و رانندگی و مأموران راهنمایی و رانندگی، استفاده از فناوری‌های نوین شامل هوش مصنوعی، حس‌گرها، سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی، شبکه‌های بین



شکل ۱- نمودار کلاس چراغ راهنمایی.



شکل ۲- انواع رابطه بین کلاس ها.

- بین کلاس ها در نمودار کلاسی چندین رابطه قابل تعریف است که در شکل (۲) نشان داده شده است:
- رابطه انجمنی (Association) بین دو کلاس به معنی وجود یک نوع ارتباط بین دو کلاس است. در شکل ۱ این نوع رابطه بین کلاس *TrafficLight* و *Controller* وجود دارد و نمودار نشان می دهد که کلاس *Controller* کلاس *TrafficLight* را کنترل می نماید.
 - رابطه وراثت (Inheritance) بین کلاس پدر (*Light*) در شکل (۱) و کلاس فرزند یا زیرکلاس (به عنوان مثال *RedLight* در شکل (۱)) به این معنا است که کلاس فرزند تمامی ویژگی ها و اعمال کلاس پدر را به ارث می برد و می تواند ویژگی ها و اعمال مخصوص به خودش را داشته باشد.
 - رابطه پیاده سازی (*Implementation*) بین دو کلاس زمانی استفاده می شود که یک کلاس متدهای کلاس دیگر را پیاده سازی می نماید.

یک زبان مشترک (آنتولوژی سیستم) با هم در تعامل و ارتباط هستند.

مدل سازی مفهومی مبتنی بر آنتولوژی (Ontology-driven conceptual modeling) به معنای استفاده از آنتولوژی در ایجاد مدل مفهومی یک سیستم است (Verdonck et al., 2015). در نتیجه، نمایشی از سیستم ارائه می شود که ساده بوده (مدل سازی) و هم دقیق است (آنتولوژی) و در مورد درک و دانش انتقالی از سیستم بین همه افراد اشتراک نظر وجود دارد. آنتولوژی معنا (Semantic) را به مدل سازی مفهومی اضافه می نماید (Noy, 2004).

۲-۴- UML

Unified Modeling Language که به اختصار *UML* نامیده می شود (OMG, 2023) یک زبان مدل سازی یکپارچه است که دارای نمودارهای مختلف برای طراحی و مستندسازی جنبه های مختلف سیستم های پیچیده است. این زبان دارای عناصر گرافیکی برای نمایش مفاهیم است و باعث درک راحت تر مدل نهایی توسط افراد غیر نرم افزار می شود، لذا تعامل افراد مشارکت کننده در یک سیستم با استفاده از نمودارهای *UML* تسهیل می یابد، زیرا درک نمودارهای گرافیکی برای افراد ساده تر است (Genero et al., 2011).

نمودار کلاسی (*Class diagram*) یکی از مهم ترین و پرکاربردترین نمودارهای *UML* است که برای مدل سازی عناصر، ویژگی های آن عناصر، کارکرد آن عناصر و ارتباط بین عناصر استفاده می شود. شکل (۱) نمودار کلاس برای چراغ راهنمایی و رانندگی را نشان می دهد. هر مفهوم با یک نماد گرافیکی به نام کلاس نمایش داده می شود. شکل (۱) تعداد شش کلاس را نشان می دهد. کلاس *TrafficLight* دارای ویژگی *currentActiveLight* است که چراغ فعال فعلی را نگهداری می نماید. این کلاس دارای دو عمل یا متد (*Method or operation*) است که عملکرد کلاس را نشان می دهد. متد (*activateLight*) یک *Light* را به عنوان پارامتر ورودی گرفته و آن را فعال می سازد. متد (*sendReport*) برای ارسال گزارش استفاده می شود.

سیستم ترافیک جمع‌آوری شود. برای این منظور، از پایگاه جستجوی *Google Scholar* استفاده شد. جستجوها با استفاده از جستجوی پیشرفته این پایگاه انجام گرفت و مقاله‌هایی بررسی شد که تمام عبارت جستجو در عنوان آن مقاله‌ها وجود داشت. جدول ۱ تعداد مقاله‌های برگشت داده شده برای هر عبارت جستجو را نشان می‌دهد. سپس چکیده و در صورت لزوم مقدمه هر مقاله بررسی شد تا مشخص شود که آیا مقاله برای اهداف این پژوهش مناسب است یا نه. مقاله‌هایی که مربوط به مدیریت ترافیک هوایی، قطارها و مترو، شبکه‌های کامپیوتری و اینترنت بودند حذف شدند. ستون تعداد مقاله مرتبط در جدول ۱ نشان می‌دهد که برای هر عبارت جستجو چند مقاله مرتبط شناسایی شد. توجه شود که مقاله‌هایی بررسی شدند که در دسترس بودند و مقاله‌هایی که نیاز به خرید داشتند و یا چکیده آنها در دسترس نبود بررسی نشدند.

از ۵۳ مقاله حاصل از جستجو، تعداد ۱۱ مقاله مرتبط شناسایی شدند. در ادامه این بخش، به برخی از آنها اشاره می‌شود.

جدول ۱- عبارت‌های جستجو و نتایج

عبارت جستجو	تعداد نتایج	تعداد مقاله مرتبط
Conceptual Model Traffic	۳۱	۷
Ontology Traffic System	۲۱	۳
Architecture Traffic System	۱	۱
	۵۳	۱۱

در پژوهش (*Korablev et al., 2021*) یک مدل معماری شامل عناصر اصلی سیستم‌های مدیریت ترافیک ارائه شد. کنترل، دوربین، حس‌گر، رهگیری ترافیک، ذخیره داده، پردازش داده و پیش‌بینی ترافیک نمونه‌هایی از مفاهیم شناسایی شده در این پژوهش هستند.

نویسندگان در مقاله (*de Souza et al., 2017*) برای یک سیستم مدیریت ترافیک سه مرحله جمع‌آوری داده، پردازش داده و ارائه خدمت را در نظر گرفتند و فناوری‌های موجود در هر مرحله را گزارش نمودند. در این مقاله، همچنین، انواع مختلف سیستم‌های مدیریت ترافیک ارائه شده است.

- رابطه وابستگی (*Dependency*) بین دو کلاس به معنای استفاده یک کلاس از کلاس دیگر است.

- رابطه تجمعی (*Aggregation*) بین دو کلاس به معنای رابطه بین کلاس کل و کلاس جزء است که در آن کلاس جزء (*Light* در شکل ۱) بخشی یا عضوی از کلاس کل (*TrafficLight* در شکل ۱) است؛ اما کلاس جزء می‌تواند مستقل از کلاس کل وجود داشته باشد.

- رابطه ترکیب (*Composition*) همان رابطه تجمعی است، اما کلاس جز مستقل از کلاس کل نیست و اگر کلاس کل وجود نداشته باشد کلاس جزء هم وجود نخواهد داشت. به‌عنوان نمونه، رابطه بین کلاس کل خانه و کلاس جزء اتاق از نوع ترکیب است و اگر خانه وجود نداشته باشد، اتاق هم وجود نخواهد داشت.

در تعریف رابطه بین دو کلاس میزان چندی (*Multiplicity*) رابطه نیز اهمیت دارد و مشخص می‌کند چه تعداد از یک کلاس با چه تعداد کلاس دیگر در ارتباط است. در شکل ۱ مقدار ۱ و ۳ بر روی رابطه بین کلاس *TrafficLight* و *Light* به این معناست که یک کلاس *TrafficLight* دارای سه کلاس *Light* است و یک کلاس *Light* می‌تواند فقط جزو یک کلاس *TrafficLight* باشد.

چندین مطالعه نشان داده است که *UML* دارای قابلیت کافی برای استفاده به‌عنوان زبان توصیف آنتولوژی است (*CraneField & Purvis, 2022*)؛ (*Chavez-Feria et al., 2022*)؛ (*Kogut et al., 2002*) و (*Vo & Hoang, 2019*)؛ (*Vo & Hoang, 2019*) به‌ویژه اینکه، مفاهیم و ارتباطات بین آنها در یک سیستم که باید توسط آنتولوژی بیان شود، به‌راحتی توسط یک نمودار کلاسی قابل مدل‌سازی است (*Vo & Hoang, 2019*) به‌نحوی که هر مفهوم در آنتولوژی توسط یک کلاس نمایش داده می‌شود. در نتیجه، ارتباطات بین مفاهیم آنتولوژی با ارتباطات بین کلاس‌ها نشان داده می‌شوند.

۳- مدل‌های مفهومی برای سیستم مدیریت ترافیک

همان‌طور که در بخش روش تحقیق بیان شده است، آنتولوژی ارائه شده در این مقاله بر مبنای ادغام مدل‌های موجود است. لذا نیاز است که مدل‌های ارائه شده برای

۴-۳- تسهیل در توسعه مشارکتی سیستم ترافیک

یک سیستم مدیریت ترافیک از زیرسیستم های نرم افزاری و سخت افزاری مختلفی تشکیل شده است که هر یک ممکن است توسط شرکت های مختلف توسعه داده شوند. وجود آنتولوژی به این شرکت ها کمک می نماید که با در نظر گرفتن آن در زمان توسعه محصول خود، هنگام ادغام آن محصول با سایر سیستم ها برای ایجاد سیستم نهایی دچار عدم هماهنگی در ارتباط نشوند.

مدل ها و آنتولوژی های ارائه شده در بخش ۳ دارای برخی مفاهیم مشترک و برخی مفاهیم اختصاصی هستند؛ اما از نظر ما هیچ کدام نمی توانند به عنوان یک مدل مرجع استفاده شوند زیرا هر یک از آنها فقط بخشی از مفاهیم سیستم مدیریت ترافیک را در نظر گرفته اند. از طرف دیگر متوجه شدیم که در برخی موارد از لغت های متفاوت برای ارجاع به یک مفهوم یکسان استفاده نموده اند (مانند *sensor* و *detector*). همچنین در برخی از موارد مفهوم استفاده شده بسیار کلی ذکر شده است در حالی که باید به چند مفهوم دیگر شکسته شود (مانند جاده شهری که ممکن است بلوار، خیابان و کوچه باشد).

به علاوه آنتولوژی های ارائه شده با مدل های رسمی بیان نشده اند و معمولاً با مدل های معرفی شده خود نویسندگان یا به زبان انگلیسی نوشته شده اند که در هر صورت درک آنها را مشکل می نماید و ممکن است منجر به تفسیرهای مختلف و متضاد شود. همچنین برخی مفاهیم (مانند اشیاء و زیرساخت) به صورت خیلی خلاصه بیان شده اند. این مشاهده ها و مشکلات موجود ما را بر آن داشت که مقاله حاضر یک آنتولوژی کامل تر و دقیق تر ارائه نماید تا به عنوان مدل مبنا برای پژوهش های بعدی استفاده شود.

۵- روش تحقیق

هدف این مقاله، ارائه یک آنتولوژی برای درک مدل مفهومی سیستم های مدیریت ترافیک است که در آن مفاهیم اساسی و ارتباطات این سیستم ها ارائه می شود. برای نمایش آنتولوژی هم از نمودار کلاس *UML* استفاده می شود. ایجاد آنتولوژی در سه مرحله انجام می شود: ایجاد یک آنتولوژی

در پژوهش (Toulmi et al., 2015) یک آنتولوژی برای ترافیک ارائه شده و سپس از آن برای توسعه یک شبکه ارتباطی بین ماشین ها استفاده شده است. ماشین، زیرساخت، پیام و کنترل ترافیک مفاهیم مورد استفاده در این آنتولوژی هستند.

در مقاله (Fernandez et al., 2016) با هدف توسعه یک سیستم نرم افزاری برای مدیریت ترافیک، یک آنتولوژی برای مدیریت ترافیک ارائه شده است. مدل ارائه شده در این مقاله، بیشتر مفاهیم نرم افزاری را در نظر گرفته است تا در فرآیند توسعه نرم افزار استفاده شوند.

پژوهش (Škorput & Vidović, 2023) چگونگی ایجاد آنتولوژی از مدل های داده ای سیستم مدیریت ترافیک بررسی شده، ولی مدل جامعی ارائه نشده است. آنتولوژی ارائه شده در (Zaji et al., 2023) فقط مربوط به جاده ها، چراغ هایی راهنمایی و رانندگی و نیز ماشین ها است و کل سیستم ترافیک را در نظر نگرفته است.

۴- ضرورت ارائه یک آنتولوژی برای سیستم ترافیک

در این بخش از مقاله، ضرورت ارائه یک آنتولوژی برای سیستم مدیریت ترافیک ارائه می شود.

۴-۱- استفاده مجدد از دانش سیستم مدیریت ترافیک

یک آنتولوژی دانش موجود در سیستم ترافیک را جمع آوری و نگهداری می نماید. لذا، آنتولوژی ایجاد شده می تواند برای اضافه نمودن ساده تر مفاهیم جدید و نیز توسعه سیستم های نرم افزاری و سخت افزاری مورد استفاده مجدد قرار بگیرد.

۴-۲- به اشتراک گذاری دانش سیستم ترافیک

توسعه سیستم های مدیریت ترافیک نیازمند همکاری افراد و نهادهای مختلف است که هر یک درک و انتظارهای مختلفی از سیستم در حال توسعه دارند. یک آنتولوژی با ایجاد یک زبان مشترک برای همه افراد باعث می شود که همه درک یکسانی از سیستم داشته باشند و نیازها و انتظارهای خود را در قالب این زبان مشترک بیان نمایند.

مبنا، تکمیل آنتولوژی مبنا و پالایش آنتولوژی برای حذف مفاهیم غیرضروری.

۵-۱- ایجاد یک آنتولوژی مبنا

این مطالعه نشان داد که مدل مفهومی برای توصیف سیستم‌های مدیریت ترافیک که به صورت آنتولوژی کامل و دقیق بیان شده باشد ارائه نشده است؛ اما همان‌طور که در بخش ۳ این مقاله بیان شد، در برخی مقالات و منابع معماری و مشخصات کلی سیستم مدیریت ترافیک بیان شده است که هر کدام بخشی از این سیستم را بررسی نموده‌اند. لذا اولین مرحله در این پژوهش، استخراج مفاهیم از این منابع و نمایش آنها در یک آنتولوژی است. به این منظور، ابتدا مفاهیم و ارتباطات آنها از این منابع استخراج و سپس بر اساس روش ادغام (*Merge*) و هم‌ترازی (*Alignment*) ارائه شده در (*Choi et al., 2006*) در یک آنتولوژی قرار گرفتند. در این روش، شباهت‌ها و مغایرت‌های مفاهیم در منابع مشخص شده در بخش ۳ این مقاله، شناسایی می‌شوند تا در ایجاد آنتولوژی استفاده شوند. نگاشت مفاهیم گرفته شده از منابع مختلف به دلیل تعارض‌های لغوی، ساختاری و معنایی یک چالش است. برای حل این مشکل تعارض‌ها، مجموعه‌ای از تکنیک‌های ارائه شده در (*Yew, Hassan et al. 2014*) استفاده شده است. برای نگاشت مفاهیم از منابع مختلف، از یک جدول نگاشت (*Friedman & Smiraglia, 2013*) استفاده شد که بخشی از آن در جدول ۲ نشان داده شده است. در مرحله اول، بر اساس تعریف هر مفهوم، مفاهیم هم‌نام (مانند *Camera*) و نیز مفاهیم غیر هم‌نام اما هم‌معنی شناسایی و در جدول نگاشت اضافه شدند. در آنتولوژی ارائه شده در این مقاله، مفهومی انتخاب شد یا بسیار پرکاربرد است یا در فرهنگ ترافیک ایران استفاده می‌شود.

بعد از نگاشت لغوی و معنایی، در مرحله دوم نگاشت ساختاری انجام گرفت که در آن ارتباطات بین مفاهیم شناسایی شد. برای این منظور، بر اساس خروجی جدول نگاشت (جدول ۲)، برای هر مفهوم، مفاهیم مرتبط و نحوه ارتباط آنها مشخص گردید که بخشی از آن در جدول ۳ نمایش داده شده است. ارتباط بین مفاهیم یا بر اساس معادل آنها در آنتولوژی‌های مطالعه شده شناسایی شدند و یا بر اساس تعریف آنها در این مقاله انتخاب شدند.

جدول ۳- شناسایی ارتباط بین مفاهیم.

مفهوم	مفاهیم مرتبط	نوع رابطه
Traffic Light	Red Light, Yellow Light, Green Light	وراثت
Road	Municipal Way, National High Way, National Express Way	وراثت
Road	Road Segment	تجمعی
Road	Lane	تجمعی
Vehicle	Vehicle Part	تجمعی
Vehicle	Driver	انجمنی

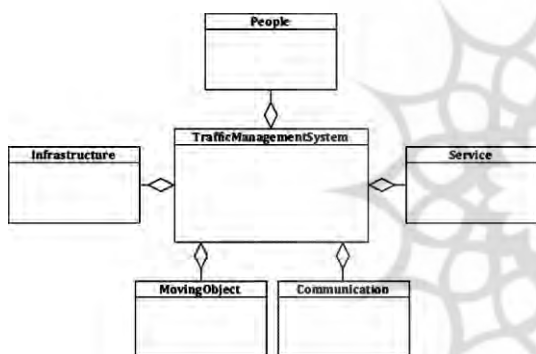
مرحله سوم، ترسیم نمودار کلاس *UML* با استفاده از جدول‌های ۲ و ۳ است. با توجه به تعداد زیاد مفاهیم و ارتباط‌های آنها و با مطالعه مدل‌های موجود، مقاله حاضر سیستم ترافیک را در بالاترین سطح شامل پنج جنبه مختلف در نظر گرفت که شامل زیرساخت، افراد، اشیاء متحرک، خدمات و ارتباطات هستند که برای هر یک نمودار کلاسی مجزا در نظر گرفته شده است. البته یک مفهوم ممکن است در بیش از یک نمودار قرار بگیرد. در رسم نمودارهای کلاس، نکات زیر مورد استفاده قرار گرفتند:

- هر مفهوم در جدول ۲ (عنوان انتخاب شده) به‌عنوان یک کلاس یا ویژگی کلاس موجود به نمودار کلاس اضافه شد.
- اگر یک مفهوم یک شی قابل شناسایی و ارجاع در سیستم مدیریت ترافیک است به صورت یک کلاس به نمودار اضافه شد.
- اگر یک مفهوم بتواند دارای مقادیر مشخص و قابل انتساب باشد به صورت ویژگی یک کلاس موجود به نمودار اضافه شد.
- ارتباط بین کلاس‌ها در نمودار کلاس، بر اساس نوع رابطه شناسایی شده در جدول ۳ ترسیم شدند.

جدول ۲- نگاشت مفاهیم از آنتولوژی‌های مختلف.

عنوان انتخاب شده	معادل در آنتولوژی‌ها
Camera	Camera
Traffic Light	Traffic Light, Traffic Sign Light, Signal
Red Light	Red Light, Brake Light Stop Light
Vehicle	Car, Machine, Object

شکل ۳ بالاترین سطح مدل سیستم مدیریت ترافیک را نشان می دهد. سیستم مدیریت ترافیک تجمیعی از افراد (People)، خدمات (Service)، ارتباطات (Communication)، اشیاء متحرک (MovingObject) و زیرساخت (Infrastructure) است. افراد، مفاهیم مربوط به اشخاص حقیقی و حقوقی مؤثر و متأثر در سیستم را تعریف می نماید. خدمات، مربوط به جنبه های نرم افزاری و خدمات موجود در سیستم است. ارتباطات، مفاهیم مربوط به پیام ها و ارتباط بین عناصر سیستم را مدل سازی می نماید. اشیاء متحرک، مفاهیم مربوط به خودروها و اشیاء متحرک در سیستم (مانند پهپادهای ترافیکی) را دربردارد. زیرساخت، شامل مفاهیمی مانند جاده است که سیستم مدیریت ترافیک بر روی این مفاهیم بنا شده است.



شکل ۳- عناصر هسته آنتولوژی.

شکل ۴ مفاهیم مربوط به زیرساخت را نشان می دهد که شامل موارد زیر هستند:

جاده (Road) که ممکن است جاده اصلی (PrimaryRoad) یا فرعی (SecondaryRoad) باشد. همچنین، جاده ممکن است شهری (MunicipalWay)، بزرگراه (NationalHighWay) و یا آزادراه (NationalExpressWay) باشد. جاده همچنین می تواند در نقاط مختلف چند شاخه شود (RoadSegment) که هر شاخه به یک جاده جدید متصل شود. یک جاده به طور معمول دارای یک یا بیشتر خط (Lane) است. در ایران بزرگراه ها دارای سه خط سرعت هستند (meanTravelSpeed). برای هر جاده

در زمان رسم نمودارهای کلاس و برای درست و کامل بودن نمودار و یا سازمان دهی کلاس، برخی کلاس ها و ارتباط های جدید اضافه شدند که در جدول های ۲ و ۳ وجود نداشتند. برای مثال، مفهوم sign به نمودار زیرساخت (شکل ۴) اضافه شد و سپس مفاهیم Traffic Light, Sign, Traffic Mark, Sensor, Camera با رابطه وراثت به عنوان فرزندان Sign در نظر گرفته شدند (شکل ۵). با این روش، نمودار زیرساخت ضمن اینکه درست است، شلوغ هم نیست که باعث می شود خواندن و درک آن ساده تر باشد.

خروجی مراحل که تشریح شدند یک آنتولوژی مینا است که شامل مفاهیم شناسایی شده مدل های موجود و نیز برخی مفاهیم جدید است.

۵-۲- تکمیل آنتولوژی مینا

نویسندگان این مقاله، در یک مطالعه دیگر پژوهش جامعی بر روی الگوریتم های استفاده شده در سیستم های مدیریت ترافیک انجام داده اند (Abbasi & Pourmahmood, 2023). در این پژوهش، نویسندگان بسیاری از مفاهیم استفاده شده در سیستم های مدیریت ترافیک را استخراج کردند. در این مرحله از ایجاد آنتولوژی، مفاهیم جدید به آنتولوژی مینا اضافه شدند. عمده مفاهیم خدمات (شکل ۸) در این مرحله افزوده شدند.

۵-۳- پالایش آنتولوژی

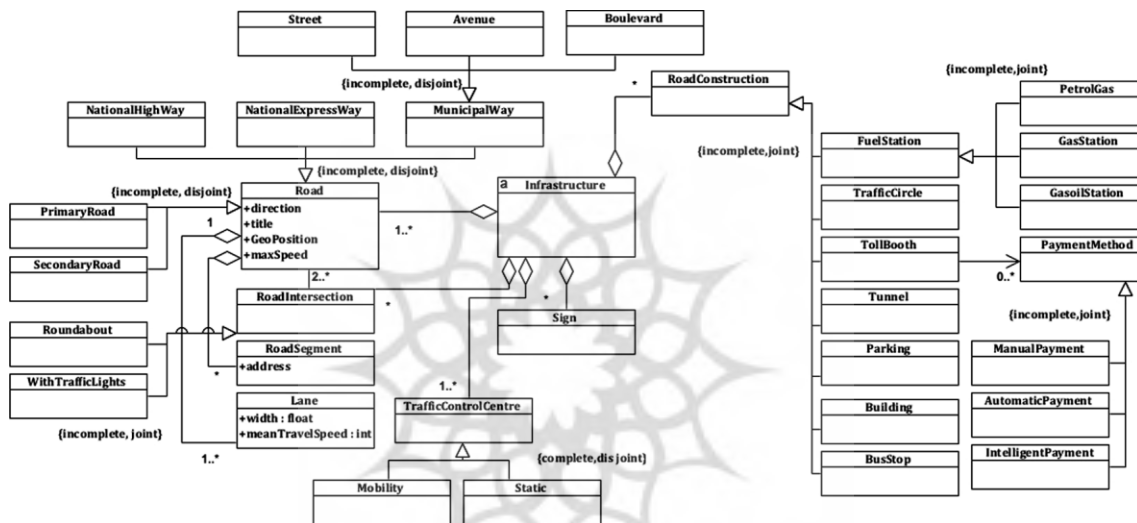
هدف این مقاله ارائه یک آنتولوژی سیستم های مدیریت ترافیک برای استفاده برنامه ریزان شهری است. به این منظور، آنتولوژی ایجاد شده در مرحله قبل پالایش شد و مفاهیم بسیار تخصصی حذف شدند تا عمومیت آنتولوژی حفظ شود. به عنوان نمونه، مفاهیم مربوط به انواع پردازش کلان داده حذف شدند اما مفهوم کلی پردازش داده حفظ شد تا برنامه ریزان بدانند که پردازش داده یک مفهوم مهم در سیستم مدیریت ترافیک است.

۶- آنتولوژی سیستم مدیریت ترافیک

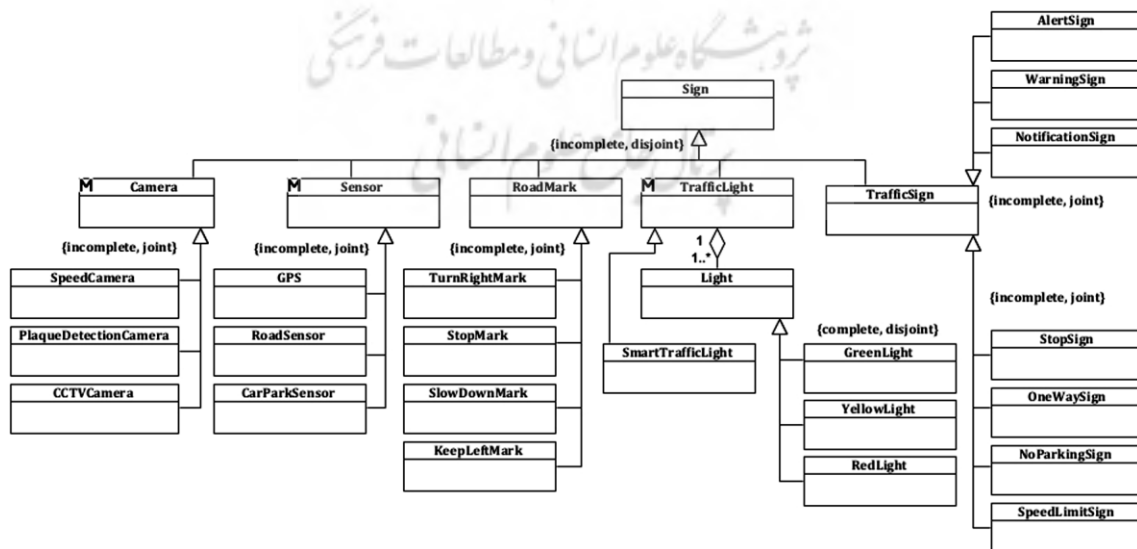
در این بخش، آنتولوژی پیشنهادی برای سیستم مدیریت ترافیک ارائه می شود.

سازه‌های مختلفی وجود داشته باشند
(RoadConstruction). تونل، ایستگاه ماشین و مراکز
ساخت‌رسانی نمونه‌ای از آنها هستند.
- یک زیرساخت می‌تواند یک یا چند مرکز کنترل ترافیک
(TrafficControlCenter) باشد که به صورت سیار
(Mobility) و یا ثابت (Static) هستند.
- در زیرساخت ممکن است چندین علامت (Sign) وجود
داشته باشد. شکل ۵ مفاهیم مربوط به علائم را نشان
می‌دهد.

ویژگی‌هایی مانند عنوان، جهت حرکت، جهت جغرافیایی
و حداکثر سرعت مجاز است.
- یک تقاطع (Road Intersection) دو یا چند جاده را
به هم وصل می‌نماید. اتصال ممکن است به صورت
چرخشی (Roundabout) و بدون نیاز به توقف برای
وارد شدن به جاده دیگر باشد، یا نیاز باشد که پشت
چراغ‌قرمز برای ورود به جاده دیگر توقف نماید
(WithTrafficLights).
- در طول مسیر جاده و یا اطراف آن ممکن است



شکل ۴- مدل زیرساخت.



شکل ۵- علائم.

ارائه یک آنتولوژی برای مدل سازی مفهومی سیستم مدیریت ترافیک شهری

(CCTV Camera) استفاده می شوند.

شکل ۶ مفاهیم مربوط به اشیاء متحرک را نشان می دهد. وسایل نقلیه (Vehicle)، اجزای که به آن وصل هستند (VehiclePart) مانند کاروان، پهپادهای ترافیکی (TrafficDrone) و بالگردهای ترافیکی (TrafficHelicopter) از اشیاء متحرک هستند. یک وسیله نقلیه ممکن است سبک (LightVehicle) و یا سنگین باشند (HeavyVehicle). وسیله نقلیه ممکن است برای حمل مسافر (PassengerVehicle) یا بار (TruckVehicle) استفاده شود. به علاوه، وسیله نقلیه می تواند شخصی (PrivateVehicle) یا عمومی (PublicVehicle) باشد. برخی وسایل نقلیه دارای اولویت حرکت نسبت به سایر وسایل هستند (PriorityVehicle) که نمونه های آن آمبولانس، آتش نشانی و ماشین پلیس است. هر شیء متحرک دارای یک مسیر برای حرکت است (Route) که بخشی از آن را پیموده است (Trajectory) و در حال حاضر در یک محلی قرار دارد (Location) و دارای یک سرعت است (Speed). برخی اشیاء متحرک دارای حس گر و دوربین هستند.

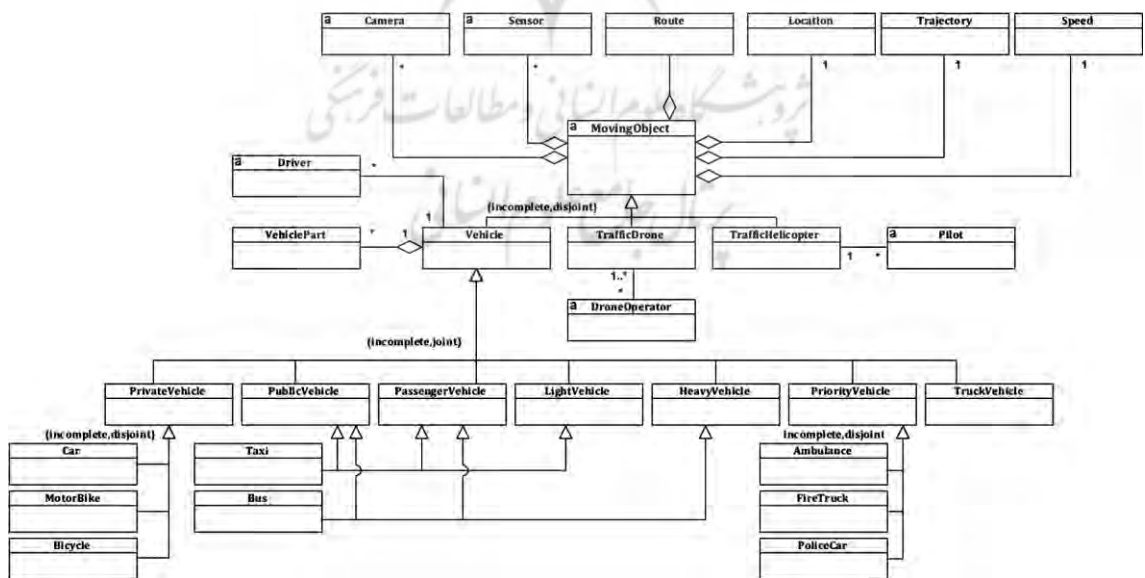
شکل ۷ افراد مؤثر در سیستم ترافیک را نشان می دهد که شامل راننده (Driver)، پلیس (Police)، اپراتورها (Operator) و خلبان (Pilot) هستند.

- علائم ممکن است ترافیکی باشند (TrafficSign) که نمونه های آن محدودیت سرعت و جاده یک طرفه است. علائم ترافیکی ممکن است برای اطلاع رسانی (NotificationSign)، هشدار (WarningSign) و اخطار (AlertSign) باشند.

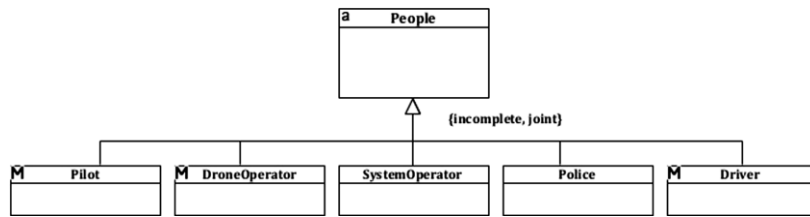
- چراغ راهنمایی (TrafficLight) هم یک نمونه از علائم است که دارای سه چراغ سبز، زرد و قرمز دارد. چراغ راهنمایی ممکن است هوشمند باشد (SmartTrafficLight) که دارای حس گر برای تشخیص ترافیک است و همچنین داده جمع آوری شده را از طریق اینترنت به مرکز کنترل ترافیک یا مراکز دیگر ارسال می نماید. علائم کنار جاده (RoadMark) مانند حرکت به راست (TurnRightMark) و ایست (StopMark) دسته دیگری از علائم هستند.

- حس گرها (Sensor) گروه دیگری از علائم هستند که نمونه های آنها سیستم موقعیت یاب (GPS)، حس گر بررسی جاده (RoadSensor) و حس گر پارک ماشین (CarParkSensor) هستند.

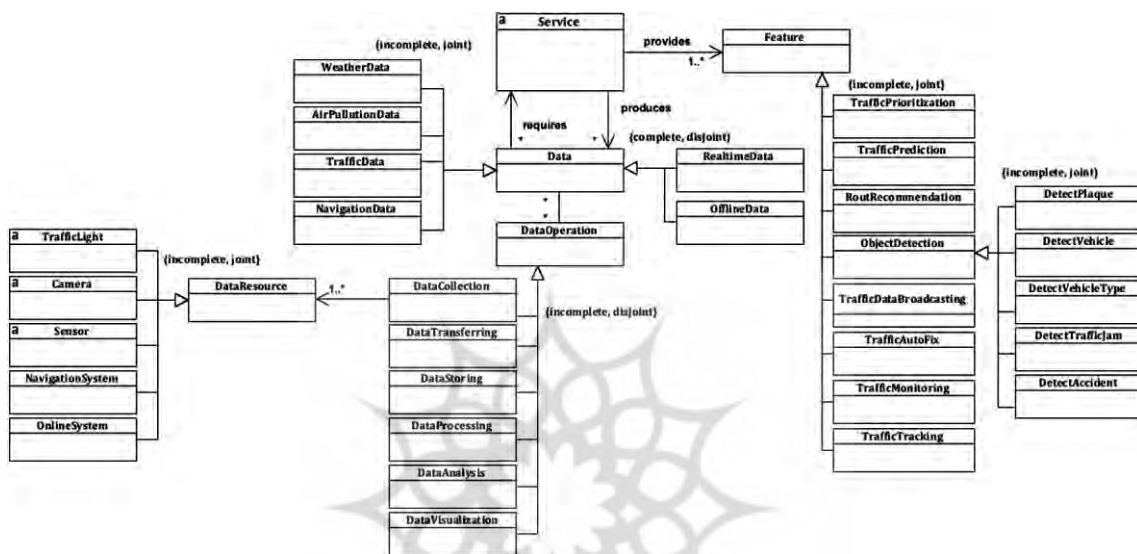
- دوربین ها (Camera) هم جزو علائم هستند که برای تشخیص سرعت (SpeedCamera)، تشخیص پلاک ماشین (PlaqueDetectionCamera) و نظارت



شکل ۶- اشیاء متحرک.



شکل ۷- افراد.



شکل ۸- خدمات.

شکل ۸ آنتولوژی خدمات را نشان می‌دهد. مهم‌ترین ورودی خدمات داده (Data) از منابع مختلف است. وضعیت هوا (WeatherData)، آلودگی هوا (AirPollutionData)، وضعیت ترافیک (TrafficData) و وضعیت ناوبری شامل عبور و مرور و موقعیت مکانی و زمانی اشیاء موجود (NavigationData) از جمله داده‌ها هستند. بر روی داده چندین عمل انجام می‌گیرد (DataOperation). داده‌ها برای استفاده باید جمع‌آوری شوند (DataCollection) که از منابع مختلف (DataSource) مانند چراغ‌های راهنمایی، دوربین‌ها، حس‌گرها، سیستم‌های ناوبری و آنلاین انجام می‌گیرند. داده سپس به محل‌های پردازش منتقل شده (DataTransferring) و ذخیره می‌شوند (DataProcessing). داده جمع‌آوری شده، پردازش شده (DataProcessing) و نتایج آن تحلیل می‌شود (DataAnalysis).

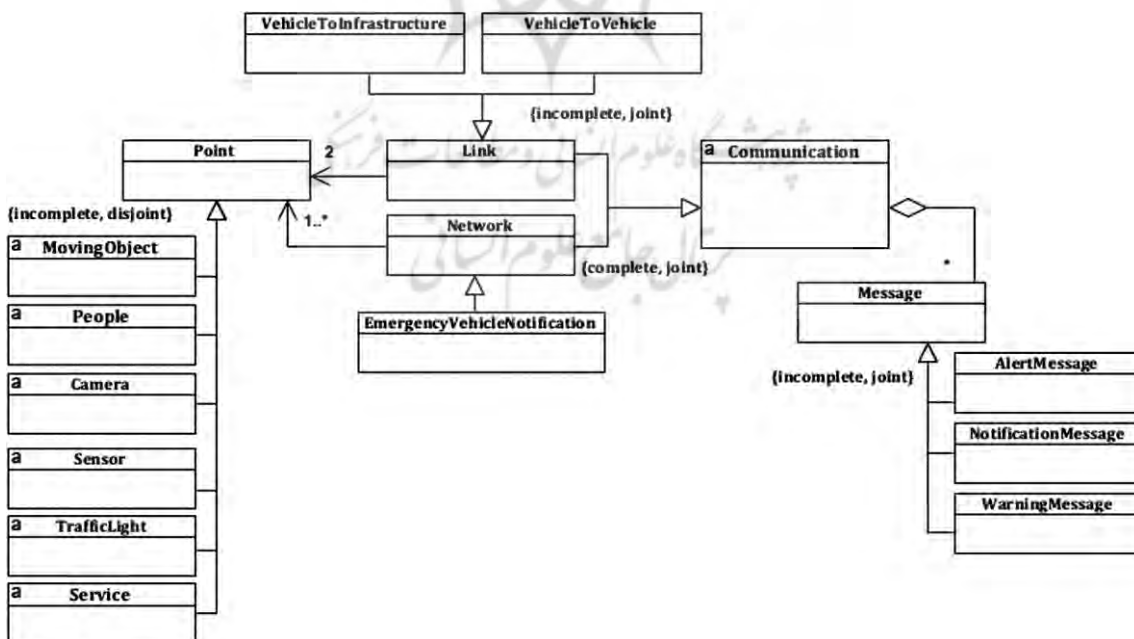
بخش خدمات یک سیستم مدیریت ترافیک قابلیت‌های (Feature) مختلفی را برای استفاده‌کننده‌ها ارائه می‌نماید که در ادامه تشریح می‌شوند:

- اولویت‌بندی ترافیک (Traffic Prioritization) به معنای اولویت‌بندی عبور و مرور ماشین‌ها، مسیرها، کم و زیاد کردن مدت‌زمان چراغ‌های راهنمایی و کارهایی مانند اینها به منظور روان‌سازی ترافیک است.

شکل ۸ آنتولوژی خدمات را نشان می‌دهد. مهم‌ترین ورودی خدمات داده (Data) از منابع مختلف است. وضعیت هوا (WeatherData)، آلودگی هوا (AirPollutionData)، وضعیت ترافیک (TrafficData) و وضعیت ناوبری شامل عبور و مرور و موقعیت مکانی و زمانی اشیاء موجود (NavigationData) از جمله داده‌ها هستند. بر روی داده چندین عمل انجام می‌گیرد (DataOperation). داده‌ها برای استفاده باید جمع‌آوری شوند (DataCollection) که از منابع مختلف (DataSource) مانند چراغ‌های راهنمایی، دوربین‌ها، حس‌گرها، سیستم‌های ناوبری و آنلاین انجام می‌گیرند. داده سپس به محل‌های پردازش منتقل شده (DataTransferring) و ذخیره می‌شوند (DataProcessing). داده جمع‌آوری شده، پردازش شده (DataProcessing) و نتایج آن تحلیل می‌شود (DataAnalysis).

ارائه یک آنتولوژی برای مدل سازی مفهومی سیستم مدیریت ترافیک شهری

- پیش بینی ترافیک (*Traffic Prediction*) به معنای پیش بینی محل و حجم ترافیک است که می تواند برای پیش بینی مسیریهای جایگزین (*Route Recommendation*) نیز استفاده شود. استفاده از هوش مصنوعی و روش های آماری از روش های پیش بینی ترافیک است. پیش بینی ترافیک شامل پیش بینی مسیر حرکت یک ماشین نیز است.
 - تشخیص شیء (*Object Detection*) برای تشخیص اشیاء موجود در جاده و صحنه ترافیک است. تشخیص شماره پلاک ماشین (*Detect Plaque*)، تشخیص ماشین (*Detect Vehicle*) و نوع آن (*Detect Vehicle Type*)، تشخیص ترافیک (*Detect Traffic Jam*) و تصادف (*Detect Accident*) از انواع مختلف تشخیص اشیاء است.
 - سیستم مدیریت ترافیک، داده های ترافیکی را برای کاربردهای مختلف منتشر می نماید (*Traffic Data Broadcasting*) که در اختیار سیستم های نرم افزاری و رانندگان قرار می گیرند.
 - رفع خودکار ترافیک (*Traffic Auto Fixation*) قابلیت است که یک سیستم با پردازش داده ترافیک، راه حل مناسب برای کاهش آن را تشخیص و انجام می دهد.
 - نمایش ترافیک (*Traffic Monitoring*) به معنای استفاده از نمودارها و سایر ابزارهای نمایشی برای نمایش ترافیک است.
 - پیگیری ترافیک (*Traffic Tracking*) به معنای نمایش مسیر حرکت ماشین ها، وضعیت ترافیک در نقاط مختلف و سایر اطلاعات ترافیکی است.
- شکل ۹ مفاهیم مربوط به ارتباطات در سیستم مدیریت ترافیک را نشان می دهد. ارتباطات، شامل پیام هایی (*Message*) در سیستم است که بین اجزای سیستم منتقل می شوند. ارتباطات یا بین دو جزء (*Link*) یا بین شبکه ای از آنها (*Network*) برقرار می شود. اجزا شامل حس گرها، دوربین ها، افراد، چراغ های راهنمایی و رانندگی، اشیاء و خدمات هستند. نمونه ارتباط دو طرفه، ارتباط دو ماشین با هم یا ارتباط یک ماشین با سیستم مسیریابی است که در تاکسی های تلفنی استفاده می شود. نمونه ارتباط شبکه ای، سیستم اطلاع رسانی ماشین های اورژانس است که بین ماشین اورژانس، سیستم کنترل ترافیک و نزدیک ترین بیمارستان برقرار می شود تا با هماهنگی آنها مسیر برای عبور ماشین اورژانس آماده شود.



شکل ۹- ارتباطات.

۷- استفاده از آنتولوژی در طراحی شهری

در برنامه‌ریزی شهری، فرآیند انتخاب یا توسعه یک سیستم مدیریت ترافیک در چهار مرحله انجام می‌گیرد: ایجاد یک دانش پایه، تحلیل موقعیت، شناخت نیازهای آینده، ارزیابی و انتخاب یک راه (Ognjenović et al., 2015). ایجاد یک دانش پایه به معنای شناخت سیستم مدیریت ترافیک شامل قابلیت‌های آن و پیشرفت‌های موجود در آن است تا در مرحله انتخاب راه‌حل، مناسب‌ترین راه‌حل بر اساس وضعیت فعلی انتخاب شود. آنتولوژی، به‌عنوان یک مدل مفهومی که دانش سیستم را نمایش می‌دهد، می‌تواند برای این منظور استفاده شود.

یکی دیگر از نیازهای برنامه‌ریزی شهری، انتخاب یک راه‌حل مناسب است. انتخاب راه‌حل به معنای انتخاب عناصر سیستم مدیریت ترافیک بر اساس تحلیل وضعیت موجود است. آنتولوژی ارائه شده، این امکان را در اختیار برنامه‌ریزان قرار می‌دهد تا بر اساس مفاهیم موجود نمونه‌های متناسب را انتخاب نمایند. به‌عنوان مثال، با در نظر گرفتن داده موجود، برنامه‌ریزان کدام قابلیت را می‌توانند برای استفاده در نظر بگیرند و بر اساس آن برنامه‌ریزی نمایند. همچنین، با شناخت اینکه داده برای پردازش از منابع مختلف باید جمع‌آوری شود، برنامه‌ریزی لازم برای ایجاد زیرساخت مخابراتی را نیز انجام می‌دهند.

۸- نتیجه‌گیری

در این مقاله با ادغام و هم‌ترازی مدل‌های مفهومی موجود،

یک آنتولوژی برای سیستم مدیریت ترافیک ارائه شد. آنتولوژی با استفاده از نمودار کلاسی *UML* مفاهیم موجود و روابط بین آنها را نشان می‌دهد. در بالاترین سطح مدل ارائه شده، زیرساخت، اشیاء متحرک، افراد، خدمات و ارتباطات قرار دارند که اجزا اصلی یک سیستم مدیریت ترافیک را تشکیل می‌دهند. هدف این مدل، کمک به برنامه‌ریزان شهری برای درک اجزا یک سیستم مدیریت ترافیک و استفاده از آن در فرآیند برنامه‌ریزی شهری است.

این کار در چند جهت می‌تواند ادامه یابد. آنتولوژی ارائه شده می‌تواند با اضافه نمودن مفاهیم جدید تکمیل‌تر شود. به‌عنوان نمونه، مفاهیم مربوط به ارتباطات می‌توانند با اضافه شدن ارتباطات رادیویی و مخابراتی دیگر کامل‌تر شوند. در این مقاله، چون هدف ارائه یک مدل مفهومی کلی‌تر بوده است، مفاهیم جزئی‌تر در مدل ارائه نشده است.

آنتولوژی ارائه شده هرچند برخی مفاهیم سیستم‌های هوشمند را نیز در نظر گرفته است، مانند پیش‌بینی ترافیک و چراغ راهنمایی هوشمند، اما نیاز است به‌عنوان پژوهش آینده مفاهیم بیشتری در نظر گرفته شود.

در یک سیستم مدیریت ترافیک، مفاهیم کیفی مانند دقت، کارایی و سرعت انتقال دارای اهمیت بالایی هستند و نیاز است که در مدل مفهومی در نظر گرفته شوند. مدل نمودن این مفاهیم دارای چالش‌هایی است، اما باید در آنتولوژی در نظر گرفته شوند.

- [1] Abbasi, E. K., & Pourmahmood, P. (2023). A Survey on Deep Learning Methods for Image-based Traffic Prediction (under review). *Ietnam Journal of Computer Science*.
- [2] Angele, J., Kifer, M., & Lausen, G. (2009). Ontologies in F-Logic (pp. 45–70). https://doi.org/10.1007/978-3-540-92673-3_2.
- [3] Antoniou, G., Franconi, E., & Harmelen, F. (2005). Introduction to Semantic Web Ontology Languages. 1–21. https://doi.org/10.1007/11526988_1.
- [4] Astarita, V., Festa, D. C., & Giofrè, V. P. (2018). Mobile Systems applied to Traffic Management and Safety: a state of the art. *Procedia Computer Science*, 134, 407–414. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.07.191>.
- [5] Babaei, A., Khedmati, M., Jokar, M. R. A., & Tirkolaee, E. B. (2023). Sustainable transportation planning considering traffic congestion and uncertain conditions. *Expert Systems with Applications*, 227, 119792. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.eswa.2023.119792>.
- [6] Chandrasekaran, B., Josephson, J., & Benjamins, V. R. (1999). What Are Ontologies, and Why Do We Need Them? *Intelligent Systems and Their Applications*, IEEE, 14, 20–26. <https://doi.org/10.1109/5254.747902>.
- [7] Chávez-Feria, S., García Castro, R., & Poveda-Villalón, M. (2022). Chowlk: from UML-Based Ontology Conceptualizations to OWL (pp. 338–352). https://doi.org/10.1007/978-3-031-06981-9_20.
- [8] Choi, N., Song, I.-Y., & Han, H. (2006). A Survey on Ontology Mapping. *SIGMOD Record*, 35, 34–41. <https://doi.org/10.1145/1168092.1168097>.
- [9] Cranefield, S., & Purvis, M. (1999, October). UML as an Ontology Modelling Language.
- [10] de Souza, A. M., Brennand, C. A. R. L., Yokoyama, R. S., Donato, E. A., Madeira, E. R. M., & Villas, L. A. (2017). Traffic management systems: A classification, review, challenges, and future perspectives. *International Journal of Distributed Sensor Networks*, 13(4), 1550147716683612. <https://doi.org/10.1177/1550147716683612>.
- [11] Dillon, T., Chang, E., Hadzic, M., & Wongthongtham, P. (2008). Differentiating Conceptual Modelling from Data Modelling, Knowledge Modelling and Ontology Modelling and a Notation for Ontology Modelling. *Conferences in Research and Practice in Information Technology Series*, 79, 7–17.
- [12] Du, W., Dash, A., Li, J., Wei, H., & Wang, G. (2023). Safety in Traffic Management Systems: A Comprehensive Survey. *Designs*, 7(4). <https://doi.org/10.3390/designs7040100>.
- [13] Fernandez, S., Hadfi, R., Ito, T., Marsa-Maestre, I., & Velasco, J. R. (2016). Ontology-Based Architecture for Intelligent Transportation Systems Using a Traffic Sensor Network. *Sensors*, 16(8). <https://doi.org/10.3390/s16081287>.
- [14] Friedman, A., & Smiraglia, R. P. (2013). Nodes and arcs: concept map, semiotics, and knowledge organization. *Journal of Documentation*, 69(1), 27–48. <https://doi.org/10.1108/00220411311295315>.
- [15] Genero, M., Fernández-Sáez, A., Nelson, H., Poels, G., & Piattini, M. (2011). Research Review: A

- Systematic Literature Review on the Quality of UML Models. *J. Database Manag.*, 22, 46–70. <https://doi.org/10.4018/jdm.2011070103>.
- [16] Hernández, J. n., Ossow ki, S., & Ga.c´a-Serrano, A. (2002). Multiagent architectures for intelligent traffic management systems. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 10(5), 473–506. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0968-090X\(02\)00032-3](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0968-090X(02)00032-3).
- [17] Kim, M., Schrader, M., Yoon, H.-S., & Bittle, J. A. (2023). Optimal Traffic Signal Control Using Priority Metric Based on Real-Time Measured Traffic Information. *Sustainability*, 15(9). <https://doi.org/10.3390/su15097637>.
- [18] Kogut, P., Cranefield, S., HART, L., DUTRA , M., Baclawski, K., Kokar, M., & SMITH , J. (2002). UML for ontology development. *The Knowledge Engineering Review*, 17, 61–64. <https://doi.org/10.1017/S0269888902000358>.
- [19] Korablev, V., Gugutishvili, D., Lepekhin, A., & Gerrits, B. (2021). Developing a Traffic Management System Architecture Model. *Transportation Research Procedia*, 54, 918–926. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.trpro.2021.02.147>.
- [20] Kosslyn, S., Thompson, W., & Ganis, G. (2006). Mental Images and Mental Representations (pp. 3–22). <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780195179088.003.0001>.
- [21] Liu, J., & Tang, Z. (2012). Urban Traffic Management and Urban Planning. *Applied Mechanics and Materials*, 178–181, 1820–1823. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.178-181.1820>.
- [22] LOOM Project (2023). <https://www.isi.edu/isd/LOOM/>.
- [23] Lopes, A., Carbonera, J., Schmidt, D., Garcia, L., Rodrigues, F., & Abel, M. (2023). Using terms and informal definitions to classify domain entities into top-level ontology concepts: An approach based on language models. *Knowledge-Based Systems*, 265, 110385. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.knsys.2023.110385>.
- [24] Mcguinness, D. L., Fikes, R., Hendler, J., & Stein, L. A. (2002). DAML+OIL: an ontology language for the Semantic Web. *IEEE Intelligent Systems*, 17(5), 72–80. <https://doi.org/10.1109/MIS.2002.1039835>.
- [25] Moody, D. L. (2005). Theoretical and practical issues in evaluating the quality of conceptual models: current state and future directions. *Data & Knowledge Engineering*, 55(3), 243–276. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.datak.2004.12.005>.
- [26] Noy, N. F. (2004). Semantic Integration: A Survey of Ontology-Based Approaches. *SIGMOD Rec.*, 33(4), 65–70. <https://doi.org/10.1145/1041410.1041421>.
- [27] Ognj ov,ć, ,, Zafrr vsk Z., & Vntnm N. (2015). Planning of the Traffic System in Urban Environments. *Procedia Engineering*, 117, 574–579. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.08.216>.
- [28] OMG (2023). Unified Modelling Language. <https://www.uml.org/>.
- [29] Parsons, J., & Cole, L. (2005). What do the pictures mean? Guidelines for experimental evaluation of representation fidelity in diagrammatical conceptual modeling techniques. *Data & Knowledge Engineering*, 55(3), 327–342. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.datak.2004.12.008>.
- [30] Rong, li, Wu, J., Liu, H., Gao, Z., Sun, H., Ding, R., & Tang, T. (2019). Crowded urban traffic: co-

evolution among land development, population, roads and vehicle ownership. *Nonlinear Dynamics*, 95, 1–13. <https://doi.org/10.1007/s11071-018-4722-z>.

- [31] Sharma, A., Awasthi, Y., & Kumar, S. (2020). The Role of Blockchain, AI and IoT for Smart Road Traffic Management System. 2020 IEEE India Council International Subsections Conference (INDISCON), 289–296. <https://doi.org/10.1109/INDISCON50162.2020.00065>.
- [32] Škorput P., & Vdubov, K. (2023). Creating an ontology Concept in Transport and Traffic Environment In A. and M. Krabegov Isk and Kovačević (Ed.), *New Technology Development and Application VI* (pp. 652–658). Springer Nature Switzerland.
- [33] Sonfack Souchio, S., Kamsu-Foguem, B., & Geneste, L. (2023). Construction of a base ontology to represent accident expertise knowledge. *Cognition, Technology & Work*, 25(2), 183–201. <https://doi.org/10.1007/s10111-023-00724-8>.
- [34] Touluni, H., Nsiri, B., Boulmalf, M., & Tayeb, S. (2015). An ontology based approach to traffic management in urban areas. *International Journal of Systems*, 9, 54–59.
- [35] Verdonck, M., Gailly, F., de Cesare, S., & Poels, G. (2015). Ontology-driven conceptual modeling: A systematic literature mapping and review. *Applied Ontology*, 10, 197–227. <https://doi.org/10.3233/AO-150154>.
- [36] Vo, M., & Hoang, Q. (2019). Transformation of UML class diagram into OWL Ontology. *Journal of Information and Telecommunication*, 4, 1–16. <https://doi.org/10.1080/24751839.2019.1686681>.
- [37] Zaji, A., Liu, Z., Bando, T., & Zhao, L. (2023). Ontology-Based Driving Simulation for Traffic Lights Optimization. *ACM Trans. Intell. Syst. Technol.*, 14(3). <https://doi.org/10.1145/3579839>.
- [38] Zhu, Q., Liu, Y., Liu, M., Zhang, S., Chen, G., & Meng, H. (2021). Intelligent Planning and Research on Urban Traffic Congestion. *Future Internet*, 13(11). <https://doi.org/10.3390/fi13110284>



انجمن علمی دانشجویان غیر عامل ایران

An Ontology for Conceptual Modelling of Urban Traffic Management System

Ebrahim Khalil Abbasi*

Assistant Professor, Department of Mathematics Education, Farhangian University, Tehran, Iran

Abstract:

The traffic management system is an essential urban management system that plays an important role in urban development and solving problems such as air pollution and citizens staying in traffic. The ever-increasing growth of cities and the increase in the use of private cars by citizens, and on the other hand, the lack of adequate development of the urban transportation space, highlight the importance of using an effective traffic management system. Considering the complexity of the traffic management systems in terms of the multiplicity of concepts and their specific meanings, it is necessary to provide a general and easy to understand conceptual model for urban planners to convey the required knowledge of these systems as well as to support them when making decisions about infrastructure development. Also, considering that there are different people and systems in a traffic management system, the interaction between them and the exchange of messages between them requires the same understanding of the concepts. A conceptual model is used as a dictionary for these purposes. The review of the related research shows that although some models have been presented for traffic systems, but each one has studied a specific aspect of the system and does not provide the necessary comprehensiveness. Therefore, the purpose of this article is to present an ontology including concepts in traffic management systems and the relationships between them to be used as a conceptual model. To create the ontology, first existing models are merged and aligned, and then new concepts are added to the model. Finally, highly specialized concepts have been removed from the model to maintain the model's comprehensiveness and generality. This model includes concepts related to people, objects, communication, services and infrastructure of traffic management systems. To represent the ontology, the class diagram of the UML language is used, which is a standard language for representing systems.

Keywords: Urban Planning, Traffic Management System, Conceptual Model, Ontology, Technology

* Corresponding author: Farhangian University, Tehran, Iran; e.abbasi@cfu.ac.ir