نشریه‌ی علمی شهر ایمن
JOURNAL OF RESILIENT CITY
(JRC)

ارائه یک آنتولوژی برای مدل‌سازی مفهومی سیستم مدیریت ترافیک شهری

ابراهیم خلیل عباسی *
گروه آموزش ریاضی، دانشگاه فرهنگیان تهران، ایران

دریافت دست‌نوشته: ۱۴۰۲/۰۷/۰۱؛ پذیرش دست‌نوشته: ۱۴۰۲/۰۸/۲۴

واژگان کلیدی

برنامه‌ریزی شهری، سیستم مدیریت ترافیک، مدل مفهومی، آنتولوژی، فناوری

چکیده

سیستم مدیریت ترافیک از سیستم‌های 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 حمل‌ونقل شهری، اهمیت استفاده از یک سیستم مدیریت ترافیک بهینه را بیشتر نمایان می‌سازد. 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 برنامه‌ریزان شهری ارائه شود که به آنها دانش مورد نیاز از این سیستم‌ها را منتقل نماید و در تصمیم‌گیری‌های مربوط به توسعه زیرساخت آنها را کمک نماید. همچنین با توجه به اینکه افراد و سیستم‌های 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 به‌عنوان یک لغت‌نامه برای این اهداف استفاده می‌شود. بررسی مقاله و پژوهش‌های مرتبط نشان می‌دهد که هرچند برخی مدل‌ها برای سیستم‌های ترافیک ارائه شده‌اند، اما هر یک بخش خاصی از سیستم را مطالعه نموده‌اند و دارای جامعیت لازم نیستند. لذا، هدف این مقاله ارائه یک آنتولوژی شامل مفاهیم موجود در سیستم‌های مدیریت ترافیک و روابط بین آنهاست تا به‌عنوان یک مدل مفهومی استفاده شود. برای ایجاد آنتولوژی، ابتدا مدل‌های موجود ادغام و هم‌تراز شده‌اند و سپس مفاهیم جدید به مدل اضافه شده‌اند. در نهایت، مفاهیم بسیار تخصصی از مدل حذف شده‌اند تا جامعیت مدل حفظ شود. این مدل شامل مفاهیم مربوط به افراد، اشیاء موجود، ارتباطات، خدمات و زیرساخت سیستم‌های مدیریت ترافیک است. برای نمایش آنتولوژی از نمودار کلاس زبان *UML* استفاده شده است که یک زبان استاندارد برای نمایش سیستم‌ها است.

۱- مقدمه

امروزه استفاده از وسایل نقلیه شخصی و عمومی برای جابه‌جایی 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 سال‌های اخیر تبدیل به یک مسئله اساسی در توسعه پایدار شهرها شده است *(Babaei et al., 2023)*.

ترافیک باعث افزایش آلودگی هوا و محیط شهری می‌شود که خود باعث افزایش مشکلات سلامتی و ایمنی شهری خواهد شد (*de Souza et al., 2017*) همچنین، انتظار ماشین‌ها در پشت ترافیک باعث افزایش مصرف سوخت شده (*Kim et al., 2023*) و راننده‌ها تا ساعت‌ها منتظر رسیدن به مقصد خواهند ماند (*Korablev et al., 2021*).

برای مدیریت ترافیک شهری و افزایش امنیت ماشین‌ها و انسان‌ها، سیستم‌های مدیریت ترافیک (*Traffic management system*) ایجاد و استفاده شدند که شامل مجموعه‌ای از فناوری‌های سخت‌افزاری، نرم‌افزاری، قوانین و افراد هستند که با هم همکاری می‌کنند. در طول سال‌ها، سیستم‌های مدیریت ترافیک مختلف برای اهداف

*نویسنده مسئول: رایانامه: *e.abbasi@cfu.ac.ir*

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 اتصالی 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 مقدور 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 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 (*Toulni et al., 2015*) یک مدل مفهومی برای مدیریت ترافیک در شبکه بین خودرویی 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 به‌نحوی‌که 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

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. *DAML+OIL* (*Mcguinness et al., 2002*)، *LOOM* (*LOOM Project, 2023*)، *OWL* (*Antoniou et al., 2005*) 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 اَعمال و خدمات حمل‌ونقل و بهینه‌سازی آنها، اِعمال 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 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 به‌نحوی‌که 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

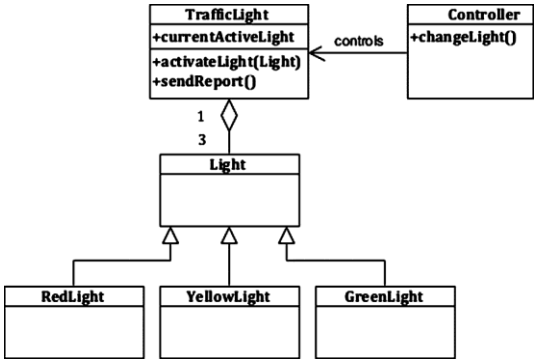
یک زبان مشترک (آنتولوژی سیستم) با هم در تعامل و ارتباط هستند.

مدل‌سازی 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 می‌شود که ساده بوده (مدل‌سازی) 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 مدل‌سازی مفهومی اضافه می‌نماید (*Noy, 2004*).

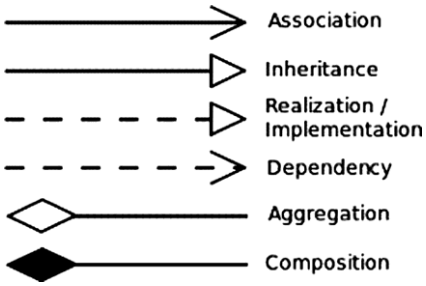
UML -۴-۲

Unified Modeling Language که به اختصار *UML* نامیده می‌شود (*OMG, 2023*) یک زبان مدل‌سازی یکپارچه است که دارای نمودارهای مختلف برای طراحی و مستندسازی جنبه‌های مختلف سیستم‌های پیچیده است .این زبان دارای عناصر گرافیکی برای نمایش مفاهیم است و باعث درک راحت‌تر مدل نهایی توسط افراد غیر نرم‌افزاری می‌شود، لذا تعامل افراد مشارکت کننده در یک سیستم با استفاده از نمودارهای *UML* تسهیل می‌یابد، زیرا درک نمودارهای گرافیکی برای افراد ساده‌تر است (*Genero et al., 2011*).

نمودار کلاسی (*Class diagram*) یکی از مهم‌ترین و پرکاربردترین نمودارهای *UML* است که برای مدل‌سازی عناصر، ویژگی‌های آن عناصر، کارکرد آن عناصر و ارتباط بین عناصر استفاده می‌شود. شکل (۱) نمودار کلاس برای چراغ راهنمایی و رانندگی را نشان می‌دهد. هر مفهوم با یک نماد گرافیکی به نام کلاس نمایش داده می‌شود. شکل (۱) تعداد شش کلاس را نشان می‌دهد. کلاس *TrafficLight* دارای ویژگی *currentActiveLight* است که چراغ فعال فعلی را نگهداری می‌نماید. این کلاس دارای دو عمل یا متد (*Method or operation*) است که عملکرد کلاس را نشان می‌دهد. متد *(activateLight)* یک *Light* را به‌عنوان پارامتر ورودی گرفته و آن را فعال می‌سازد. متد *(sendReport)* برای ارسال گزارش استفاده می‌شود.



شکل ۱- نمودار کلاس چراغ راهنمایی.



شکل ۲- انواع رابطه بین کلاس‌ها.

بین کلاس‌ها 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 *Controller* و *TrafficLight* وجود دارد و نمودار نشان می‌دهد که کلاس *Controller* کلاس *TrafficLight* را کنترل (*controls*) می‌نماید.
- رابطه وراثت (Inheritance) بین کلاس پدر (*Light* در شکل ۱) و کلاس فرزند یا زیرکلاس (به‌عنوان‌مثال *RedLight* در شکل ۱) به این معنا است که کلاس فرزند تمامی ویژگی‌ها و اعمال کلاس پدر را به ارث می‌برد و می‌تواند ویژگی‌ها و اعمال مخصوص به خودش را داشته باشد.
- رابطه پیاده‌سازی (*Implementation*) بین دو کلاس زمانی استفاده می‌شود که یک کلاس متدهای کلاس دیگر را پیاده‌سازی می‌نماید.

- 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 (*Chávez-Feria et al., 2022*)؛ (*Cranefield & Purvis, 1999*)؛ (*Kogut et al., 2002*) و (*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*) به‌نحوی‌که 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 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
۳	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.

در پژوهش (*Toulni et al., 2015*) یک آنتولوژی برای ترافیک ارائه شده و سپس از آن برای توسعه یک شبکه ارتباطی بین ماشین‌ها 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 نرم‌افزاری برای مدیریت ترافیک، یک آنتولوژی برای مدیریت ترافیک ارائه شده است. مدل ارائه شده در این مقاله، بیشتر مفاهیم نرم‌افزاری را در نظر گرفته است تا در فرآیند توسعه نرم‌افزار استفاده شوند.

پژوهش *(Škorput & Vidović, 2023)* چگونگی ایجاد آنتولوژی از مدل‌های داده‌ای سیستم مدیریت ترافیک بررسی شده، ولی مدل جامعی ارائه نشده است. آنتولوژی ارائه شده در (*Zaji et al., 2023*) فقط مربوط به جاده‌ها، چراغ‌هایی راهنمایی و رانندگی و نیز ماشین‌ها 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 می‌شود.

۴-۱- استفاده مجدد از دانش سیستم مدیریت ترافیک

یک آنتولوژی دانش موجود در سیستم ترافیک را جمع‌آوری و نگهداری می‌نماید. لذا، آنتولوژی ایجاد شده می‌تواند برای اضافه نمودن ساده‌تر مفاهیم جدید و نیز توسعه سیستم‌های نرم‌افزاری و سخت‌افزاری مورد استفاده مجدد قرار بگیرد.

۴-۲- به اشتراک‌گذاری دانش سیستم ترافیک

توسعه سیستم‌های 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 می‌شود که همه درک یکسانی از سیستم داشته باشند و نیازها و انتظارهای خود را در قالب این زبان مشترک بیان نمایند.

۴-۳- تسهیل در توسعه مشارکتی سیستم ترافیک

یک سیستم مدیریت ترافیک از زیرسیستم‌های نرم‌افزاری و سخت‌افزاری مختلفی تشکیل شده است که هریک ممکن است توسط شرکت‌های مختلف توسعه داده شوند. وجود آنتولوژی به این شرکت‌ها کمک می‌نماید که با در نظر گرفتن آن در زمان توسعه محصول خود، هنگام ادغام آن محصول با سایر سیستم‌ها برای ایجاد سیستم نهایی دچار عدم هماهنگی در ارتباط نشوند.

مدل‌ها و آنتولوژی‌های ارائه شده در بخش ۳ دارای برخی مفاهیم مشترک و برخی مفاهیم اختصاصی هستند؛ اما از نظر ما هیچ‌کدام نمی‌توانند به‌عنوان یک مدل مرجع استفاده شوند زیرا هریک از آنها فقط بخشی از مفاهیم سیستم مدیریت ترافیک را در نظر گرفته‌اند. از طرف دیگر متوجه شدیم که در برخی موارد از لغت‌های متفاوت برای ارجاع به یک مفهوم یکسان استفاده نموده‌اند (مانند *sensor* و *detector*). همچنین در برخی از موارد مفهوم استفاده شده بسیار کلی ذکر شده است درحالی‌که باید به چند مفهوم دیگر شکسته شود (مانند جاده شهری که ممکن است بلوار، خیابان و کوچه باشد).

به‌علاوه آنتولوژی‌های ارائه شده با مدل‌های رسمی بیان نشده‌اند و معمولاً با مدل‌های معرفی شده خود نویسندگان و یا به زبان انگلیسی نوشته شده‌اند که در هر صورت درک آنها را مشکل می‌نماید و ممکن است منجر به تفسیرهای مختلف و متضاد شود. همچنین برخی مفاهیم (مانند اشیاء و زیرساخت) به‌صورت خیلی خلاصه بیان شده‌اند.

این مشاهده‌ها و مشکلات موجود ما را بر آن داشت که مقاله حاضر یک آنتولوژی کامل‌تر و دقیق‌تر ارائه نماید تا به‌عنوان مدل مبنا برای پژوهش‌های بعدی استفاده شود.

۵- روش تحقیق

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

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 به‌صورت 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 هرکدام 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.

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

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 هریک 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 به‌صورت یک کلاس به نمودار اضافه شد.
- اگر یک مفهوم بتواند دارای مقادیر مشخص و قابل انتساب باشد به‌صورت 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.

- در زمان رسم نمودارهای کلاس و برای درست و کامل بودن نمودار و یا سازمان‌دهی کلاس، برخی کلاس‌ها و ارتباط‌های جدید اضافه شدند که در جدول‌های ۲ و ۳ وجود نداشتند. برای مثال، مفهوم *sign* به نمودار زیرساخت (شکل ۴) اضافه شد و سپس مفاهیم *Traffic Sign*، *Traffic Light*، *Traffic Mark*، *Sensor* و *Camera* با رابطه وراثت به‌عنوان فرزندان *Sign* در نظر گرفته شدند (شکل ۵). با این روش، نمودار زیرساخت ضمن اینکه درست است، شلوغ هم نیست که باعث می‌شود خواندن و درک آن ساده‌تر باشد.
- خروجی مراحلی که تشریح شدند یک آنتولوژی مبنا است که شامل مفاهیم شناسایی شده مدل‌های موجود و نیز برخی مفاهیم جدید است.

۵-۲-تکمیل آنتولوژی مبنا

نویسندگان این مقاله، در یک مطالعه دیگر پژوهش جامعی بر روی الگوریتم‌های استفاده شده در سیستم‌های مدیریت ترافیک انجام داده‌اند (*Abbasi & Pourmahmood, 2023*). در این پژوهش، نویسندگان بسیاری از مفاهیم استفاده شده در سیستم‌های مدیریت ترافیک را استخراج کردند. در این مرحله از ایجاد آنتولوژی، مفاهیم جدید به آنتولوژی مبنا اضافه شدند. عمده مفاهیم خدمات (شکل ۸) در این مرحله افزوده شدند.

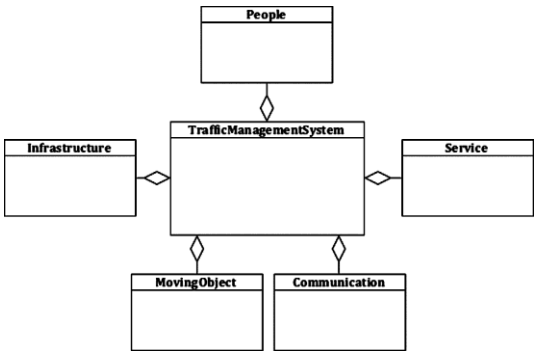
۵-۳- پالایش آنتولوژی

هدف این مقاله ارائه یک آنتولوژی سیستم‌های مدیریت ترافیک برای استفاده برنامه‌ریزان شهری است. به این منظور، آنتولوژی ایجاد شده در مرحله قبل پالایش شد و مفاهیم بسیار تخصصی حذف شدند تا عمومیت آنتولوژی حفظ شود. به‌عنوان نمونه، مفاهیم مربوط به انواع پردازش کلان داده حذف شدند اما مفهوم کلی پردازش داده حفظ شد تا برنامه‌ریزان 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 می‌شود.

شکل ۳ بالاترین سطح مدل سیستم مدیریت ترافیک را نشان می‌دهد. 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 می‌نماید. خدمات، مربوط به جنبه‌های نرم‌افزاری و خدمات موجود در سیستم است. ارتباطات، مفاهیم مربوط به پیام‌ها و ارتباط بین عناصر سیستم را مدل‌سازی می‌نماید. 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.



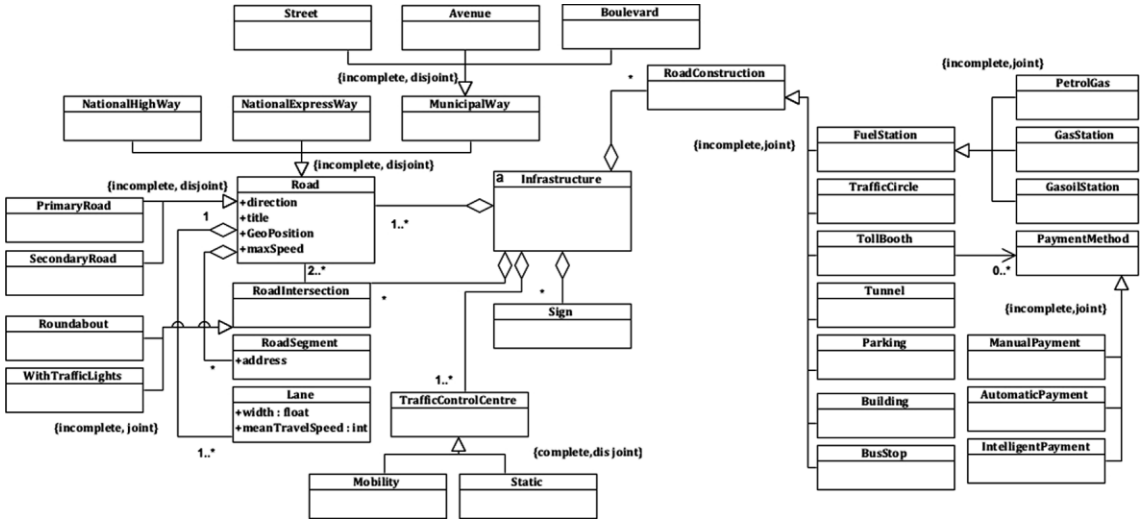
شکل ۳- عناصر هسته آنتولوژی.

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

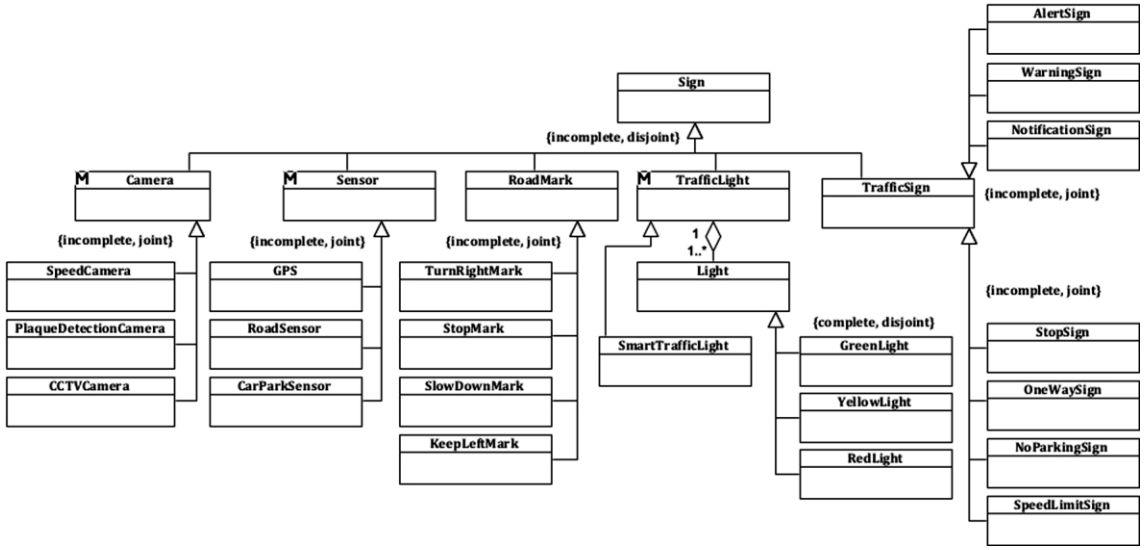
- جاده (*Road*) که ممکن است جاده اصلی (*PrimaryRoad*) یا فرعی (*SecondaryRoad*) باشد. همچنین، جاده ممکن است شهری (*MunicipalWay*)، بزرگراه (*NationalHighWay*) و یا آزادراه (*NationalExpressWay*) باشد. جاده همچنین می‌تواند در نقاط مختلف چند شاخه شود (*RoadSegment*) که هر شاخه به یک جاده جدید متصل شود.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

ویژگی‌هایی مانند عنوان، جهت حرکت، جهت جغرافیای و حداکثر سرعت مجاز است.

- یک تقاطع (*Road Intersection*) دو یا چند جاده را به هم وصل می‌نماید. اتصال ممکن است به‌صورت 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 (*WithTraficLights*).
- در طول مسیر جاده و یا اطراف آن ممکن است سازه‌های مختلفی وجود داشته باشند (*RoadConstruction*). تونل، ایستگاه ماشین و مراکز سوخت‌رسانی نمونه‌ای از آنها هستند.
- یک زیرساخت می‌تواند یک یا چند مرکز کنترل ترافیک (*TrafficControlCenter*) باشد که به‌صورت 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.



شکل ۴- مدل زیرساخت.

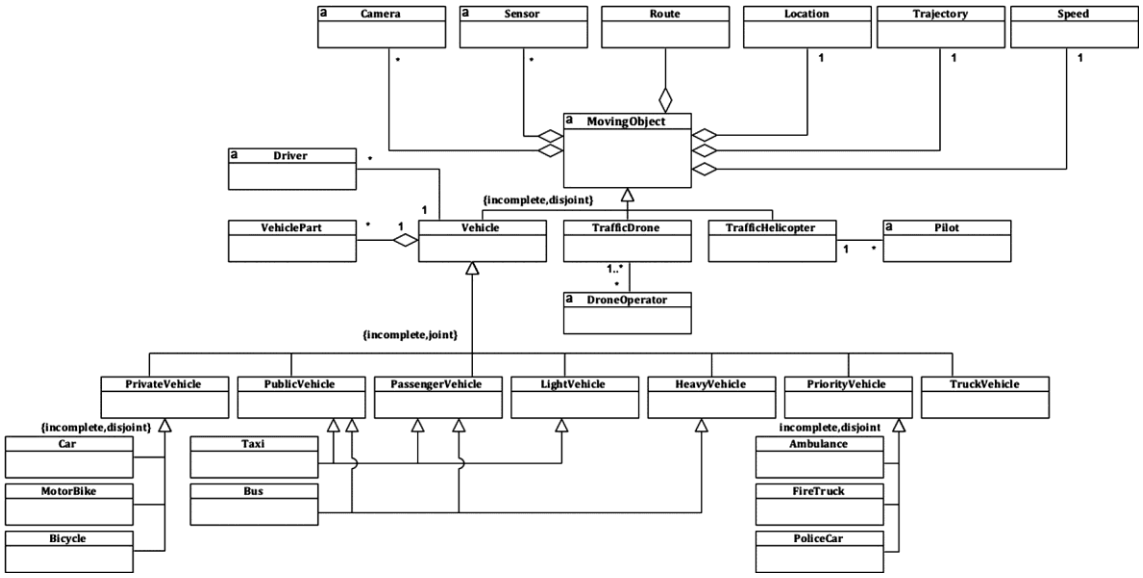


شکل ۵- علائم.

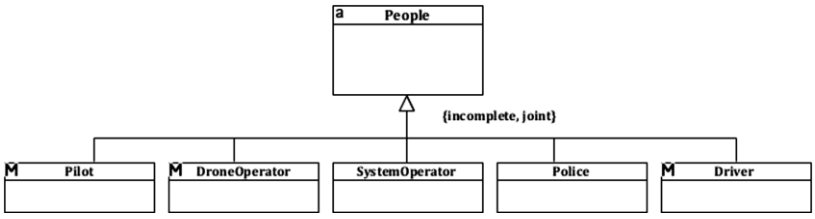
- علائم ممکن است ترافیکی باشند (*TrafficSign*) که نمونه‌های آن محدودیت سرعت و جاده یک‌طرفه است. علائم ترافیکی ممکن است برای اطلاع‌رسانی (*NotificationSign*)، هشدار (*WarningSign*) و اخطار (*AlertSign*) باشند.
- چراغ راهنمایی (*TrafficLight*) هم یک نمونه از علائم است که دارای سه چراغ سبز، زرد و قرمز دارد. چراغ راهنمایی ممکن است هوشمند باشد (*SmartTrafficLight*) که دارای حس‌گر برای تشخیص ترافیک است و همچنین داده جمع‌آوری شده را از طریق اینترنت به مرکز کنترل ترافیک یا مراکز دیگر ارسال می‌نماید. علائم کنار جاده (*RoadMark*) مانند حرکت به راست (*TurnRightMark*) و ایست (*StopMark*) دسته دیگری از علائم هستند.
- حس‌گرها (*Sensor*) گروه دیگری از علائم هستند که نمونه‌های آنها سیستم موقعیت‌یاب (*GPS*)، حس‌گر بررسی جاده (*RoadSensor*) و حس‌گر پارک ماشین (*CarParkSensor*) هستند.
- دوربین‌ها (*Camera*) هم جزو علائم هستند که برای تشخیص سرعت (*SpeedCamera*)، تشخیص پلاک ماشین (*PlqaueDetectionCamera*) و نظارت (*CCTVCamera*) استفاده می‌شوند.

شکل ۶ مفاهیم مربوط به اشیاء متحرک را نشان می‌دهد. وسایل نقلیه (*Vehicle*)، اجزایی که به آن وصل هستند (*VehiclePart*) مانند کاروان، پهپادهای ترافیکی (*TrafficDrone*) و بالگردهای ترافیک (*TraficHelicopter*) 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. به‌علاوه، وسیله نقلیه می‌تواند شخصی (*PrivateVehicle*) یا عمومی (*PublicVehicle*) باشد. برخی وسایل نقلیه دارای اولویت حرکت نسبت به سایر وسایل هستند (*PriorityVehicle*) که نمونه‌های آن آمبولانس، آتش‌نشانی 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 حس‌گر و دوربین هستند.

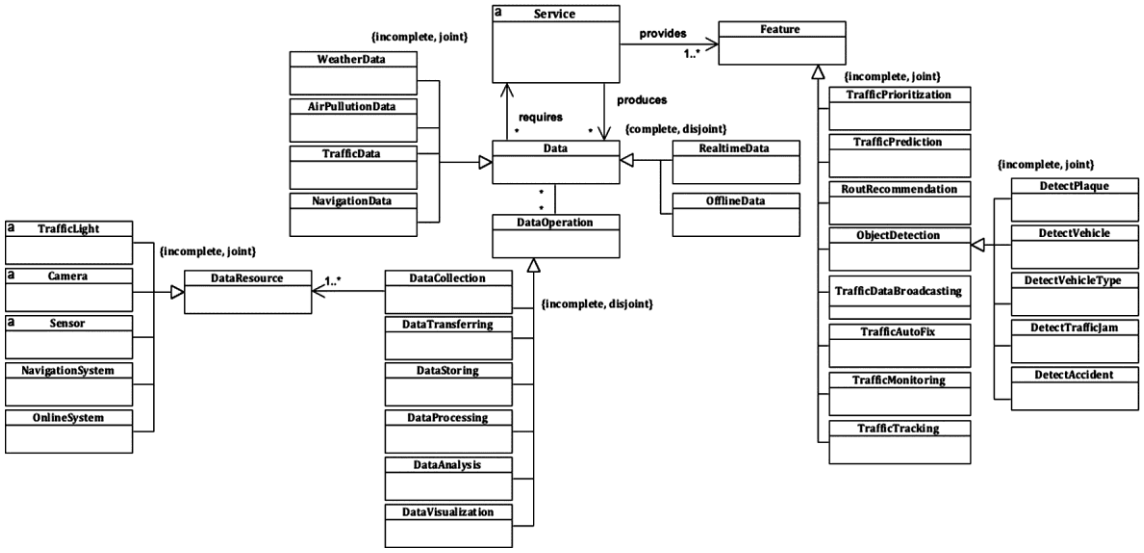
شکل ۷ افراد مؤثر در سیستم ترافیک را نشان می‌دهد که شامل راننده (*Driver*)، پلیس (*Police*)، اپراتورها (*Operator*) و خلبان (*Pilot*) هستند.



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 (*AirPullutionData*)، وضعیت ترافیک (*TrafficData*) و وضعیت ناوبری شامل عبور و مرور و موقعیت مکانی و زمانی اشیاء موجود (*NavigatinData*) 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*). داده همچنین برای درک بهتر به‌صورت بصری نمایش داده می‌شود (*DataVisualization*).

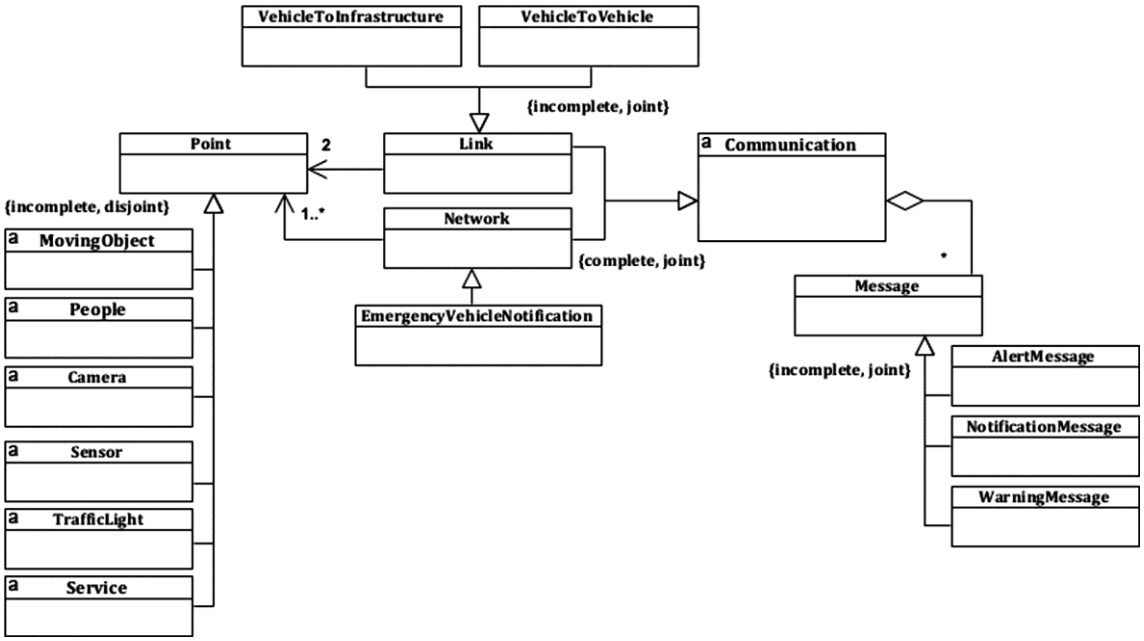
داده مورد استفاده یا داده زمان حقیقی (*RealtimeData*) است که به‌صورت لحظه‌ای جمع‌آوری و استفاده می‌شود (مانند وضعیت فعلی ترافیک) و یا مربوط به قبل است (*OfflineData*) که ذخیره شده و الان استفاده می‌شود (مانند اطلاعات تصادف‌های اتفاق افتاده در یک خیابان).

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 به‌منظور روان‌سازی ترافیک است.

- پیش‌بینی ترافیک (*Traffic Prediction*) به معنای پیش‌بینی محل و حجم ترافیک است که می‌تواند برای پیش‌بینی مسیرهای جایگزین (*Route Recommendation*) نیز استفاده شود. استفاده از هوش مصنوعی و روش‌های آماری از روش‌های پیش‌بینی ترافیک است. پیش‌بینی ترافیک شامل پیش‌بینی 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، داده‌های ترافیکی را برای کاربردهای مختلف منتشر می‌نماید (*Traffic Data Broadcasting*) که در اختیار سیستم‌های نرم‌افزاری و رانندگان قرار می‌گیرند.
- رفع خودکار ترافیک (*Traffic Auto Fixation*) قابلیتی است که یک سیستم با پردازش داده ترافیک، راه‌حل مناسب برای کاهش آن را تشخیص و انجام می‌دهد.
- 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 ماشین‌ها، وضعیت ترافیک در نقاط مختلف و سایر اطلاعات ترافیکی است.

شکل ۹ مفاهیم مربوط به ارتباطات در سیستم مدیریت ترافیک را نشان می‌دهد. ارتباطات، شامل پیام‌هایی (*Message*) در سیستم است که بین اجزای سیستم منتقل می‌شوند. ارتباطات یا بین دو جزء (*Link*) یا بین شبکه‌ای از آنها (*Network*) برقرار می‌شود. اجزا شامل حس‌گرها، دوربین‌ها، افراد، چراغ‌های 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 تاکسی‌های تلفنی استفاده می‌شود. نمونه ارتباط شبکه‌ای، سیستم اطلاع‌رسانی ماشین‌های اورژانس است که بین ماشین اورژانس، سیستم کنترل ترافیک و نزدیک‌ترین بیمارستان برقرار می‌شود 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. به‌عنوان‌مثال، 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.

۹- مراجع

[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. Z., Ossowski, S., & García-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.

[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.knosys.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] Ognjenović, S., Zafirovski, Z., & Vatin, 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., & Vidović, K. (2023). Creating Ontologies Concept in Transport and Traffic Research Environment. In A. and M. S. Karabegovic Isak and Kovačević (Ed.), New Technologies, Development and Application VI (pp. 652–658). Springer Nature Switzerland.

[33] Sonfack Sounchio, 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] Toulni, 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

نشریه‌ی علمی شهر ایمن
JOURNAL OF RESILIENT CITY
(JRC)

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***