

ОНТОЛОГІЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ БАЗИ ЗНАНЬ ДЛЯ КЕРУВАННЯ ТРАНСПОРТНИМИ ПОТОКАМИ У МІСТАХ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Досліджується проблема застосування онтологічного моделювання для формування бази знань у задачах керування транспортними потоками в міських умовах. Запропонований підхід дозволяє формалізувати знання про транспортну систему, забезпечити узгодженість даних та підвищити ефективність прийняття рішень у складних динамічних середовищах. Використання онтологій сприяє інтеграції різномірних джерел інформації та створенню інтелектуальних систем керування трафіком.

Ключові слова: онтологічне моделювання, база знань, транспортні потоки, трафік, інтелектуальні транспортні системи.

Abstract

The problem of applying ontological modeling for building a knowledge base in traffic flow management in urban environments is investigated. The proposed approach enables formalization of knowledge about transport systems, ensures data consistency, and improves decision-making efficiency in complex dynamic environments. The use of ontologies facilitates the integration of heterogeneous data sources and supports the development of intelligent traffic management systems.

Keywords: ontological modeling, knowledge base, traffic flow, transport, intelligent transport systems.

Вступ

Сучасні міста стикаються зі зростаючими проблемами перевантаження транспортної інфраструктури, що зумовлено збільшенням кількості транспортних засобів та складністю організації дорожнього руху. Існуючі методи керування транспортними потоками не завжди забезпечують необхідний рівень адаптивності та ефективності, особливо в умовах динамічних змін середовища. Дослідження показують, що традиційні підходи потребують інтеграції з інтелектуальними технологіями для підвищення якості управління транспортними системами [1].

Одним із перспективних напрямів є використання онтологічного моделювання для формування баз знань, що дозволяє формалізувати предметну область та забезпечити узгоджене представлення інформації. Онтології забезпечують можливість інтеграції різномірних джерел даних, підвищують інтерпретованість знань та сприяють автоматизації процесів прийняття рішень. Зокрема, сучасні дослідження демонструють ефективність застосування онтологій у транспортних системах для структуризації знань і підтримки інтелектуального аналізу даних[2].

Вирішення зазначених проблем можливе шляхом розробки онтологічної моделі бази знань для керування транспортними потоками, яка забезпечить структуроване представлення знань про транспортну систему, інтеграцію даних з різних джерел та підвищення ефективності прийняття рішень у реальному часі. Запропонований підхід дозволить підвищити ефективність управління дорожнім рухом, зменшити затори та покращити функціонування міської транспортної інфраструктури[3].

Постановка задачі

У сучасних системах керування транспортними потоками використовуються різні підходи, що базуються на фіксованих алгоритмах або локальних адаптивних рішеннях. Проте такі системи часто не забезпечують ефективної обробки великої кількості різномірних даних та не враховують складні взаємозв'язки між елементами транспортної інфраструктури. Відсутність єдиного структурованого представлення знань призводить до зниження якості прийняття рішень та ускладнює інтеграцію нових джерел інформації. У зв'язку з цим виникає необхідність використання підходів, що дозволяють формалізувати знання про предметну область та забезпечити їх узгоджене використання.

Онтологічне моделювання дозволяє створити формалізовану базу знань, яка відображає основні сутності транспортної системи, їх властивості та взаємозв'язки. Такий підхід забезпечує можливість інтеграції даних з різних джерел, підвищує інтерпретованість інформації та створює основу для побудови інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень. Використання онтологій у транспортних системах сприяє підвищенню ефективності керування трафіком, зменшенню заторів та оптимізації використання транспортної інфраструктури.

Метою дослідження є розробка онтологічної моделі бази знань для керування транспортними потоками у містах..

Об'єктом дослідження є процеси керування транспортними потоками у міських умовах.

Предметом дослідження методи та моделі онтологічного представлення знань у системах керування транспортними потоками.

Результати дослідження

У ході дослідження була розроблена онтологічна модель бази знань для керування транспортними потоками в міських умовах із використанням редактора Protégé. Модель дозволяє формалізувати основні сутності транспортної системи, їх властивості та взаємозв'язки, що забезпечує інтеграцію різнорідних джерел даних, підвищує узгодженість інформації та сприяє побудові інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень[4].

В онтології виділено ключові класи: TransportSystem, Intersection, Road, TrafficLight, TrafficFlow, Vehicle та Sensor. Між класами встановлені об'єктні властивості, що відображають функціональні взаємозв'язки транспортної системи. Наприклад, властивість controls зв'язує світлофори з перехрестями, hasTrafficFlow — дороги з потоками транспорту, а detectedBy — потоки з сенсорами. Дані властивості дозволяють формалізувати правила взаємодії елементів системи та створити основу для автоматизованого аналізу трафіку[5].

Крім того, у моделі створено індивіди (instances) для конкретних об'єктів транспортної системи, наприклад, TrafficLight_1, Intersection_1, Road_1, Flow_1. Між ними встановлено відносини: TrafficLight_1 → controls → Intersection_1, Road_1 → hasTrafficFlow → Flow_1. Це дозволяє перевіряти логіку взаємодії елементів системи та демонструвати функціонування онтології на конкретних прикладах.

Для візуалізації структури онтології було використано вкладку OntoGraf у Protégé. Рисунок 1 ілюструє фрагмент розробленої онтологічної моделі, де відображено класи, індивіди та ключові зв'язки між ними. Така графічна репрезентація дозволяє легко сприймати структуру бази знань та взаємозв'язки між елементами транспортної системи.

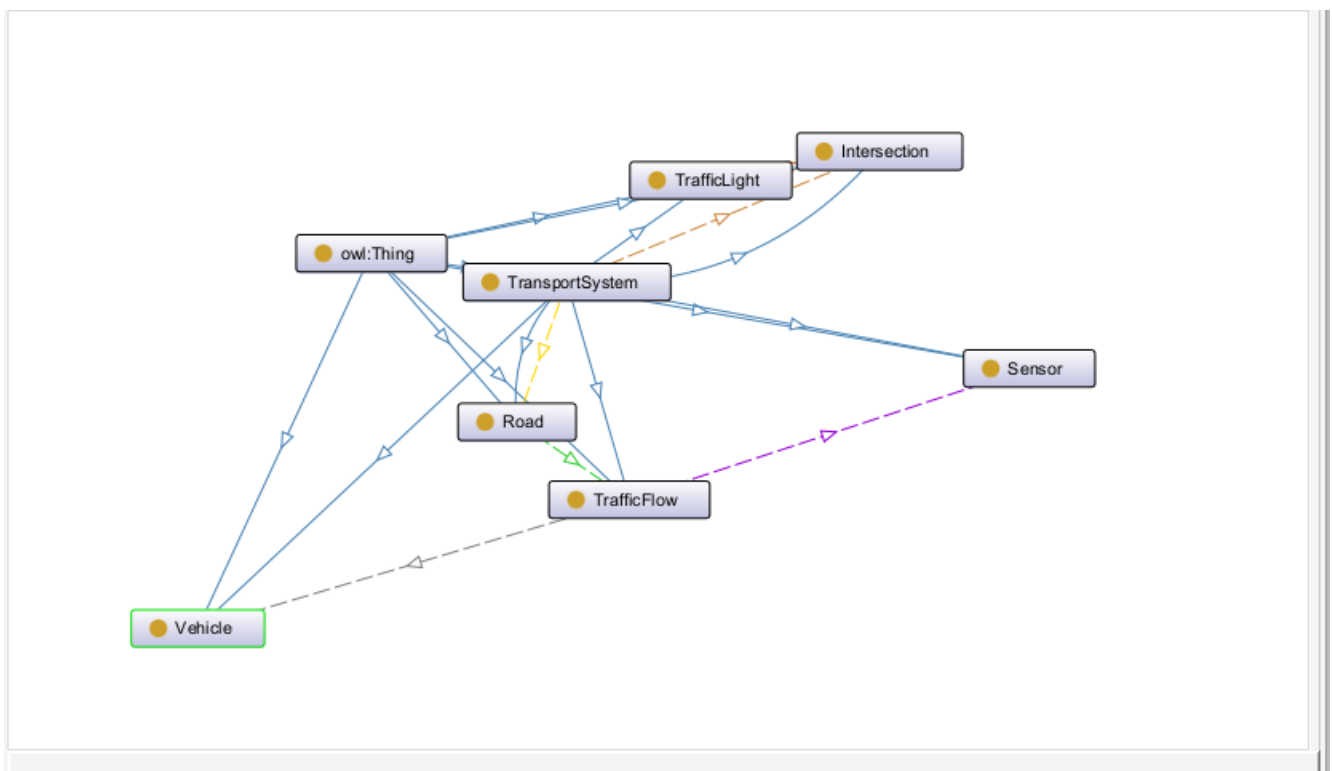


Рисунок 1 – Базовий граф моделі транспортної системи

Розроблена онтологія створює основу для подальшого впровадження інтелектуальної системи керування трафіком. Вона дозволяє:

1. інтегрувати дані з різних джерел (сенсори, камери, GPS);
2. формалізувати правила управління транспортними потоками;
3. створювати умови для застосування нечіткої логіки або інших методів прийняття рішень;
4. забезпечити адаптивне реагування на змінні умови дорожнього руху.

Таким чином, запропонована онтологічна модель підвищує ефективність управління транспортними потоками, зменшує затори та покращує функціонування міської транспортної інфраструктури, створюючи базу для інтеграції майбутніх інтелектуальних рішень у сфері транспортного менеджменту.

Висновки

Проблемами традиційних підходів до керування транспортними потоками є обмежена здатність інтегрувати різноманітні дані та формалізувати знання про транспортну систему, що призводить до неефективності прийняття рішень в умовах динамічних змін дорожнього руху. Вирішити ці проблеми може використання онтологічного моделювання для створення бази знань, що формалізує основні сутності транспортної системи, їх властивості та взаємозв'язки, забезпечуючи узгоджене та структуроване представлення інформації.

Запропонована онтологічна модель дозволяє інтегрувати дані з різних джерел, включаючи сенсори, камери та GPS, та забезпечує основу для побудови інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень. Вона створює умови для використання алгоритмів керування транспортними потоками, включаючи нечітку логіку та інші методи адаптивного управління, шляхом формування логічних правил та взаємозв'язків між елементами системи.

Наступним етапом дослідження є програмна реалізація розробленої онтологічної моделі, інтеграція її з інтелектуальною системою керування трафіком та перевірка ефективності на реальних даних міського руху. Це дозволить оцінити практичну користь моделі, підвищити ефективність управління транспортними потоками та зменшити затори у міських умовах.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Features of the Application of Traffic Flow Management Methods and Tools [Електронний ресурс] / URL: <https://science.lpnu.ua/acps/all-volumes-and-issues/volume-9-number-1-2024/features-application-traffic-flow-management>
2. Hadj-Mabrouk H. Applications of Ontologies and Knowledge Graphs in Railway Transport Safety [Електронний ресурс] / URL: <https://www.intechopen.com/chapters/1203650>
3. Saafi N., Dhouib K. An Ontological Model to Enhance Traffic Conditions in Smart City Domain [Електронний ресурс] / URL: <https://sems-journal.org/index.php/sems/article/view/9>
4. A free, open-source ontology editor and framework for building intelligent systems [Електронний ресурс] / URL: <https://protege.stanford.edu/>
5. Kaur H., Singh A. Ontology-Based Frameworks for Smart City Traffic Management [Електронний ресурс] / URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352146523001452>

Варнава Владислав Юрійович – аспірант кафедри комп'ютерних наук, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця. e-mail: vladyslav.varnava@gmail.com.

Сілагін Олексій Віталійович – канд. техн. наук, доцент кафедри комп'ютерних наук, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця. e-mail: avsilagin@vntu.edu.ua.

Varnava Vladyslav Yuriyovych – postgraduate student of Computer Science Department, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: vladyslav.varnava@gmail.com.

Silagin Oleksiy Vitaliyevich – Cand Sc. (Eng.), Associate Professor of Computer Science Department, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: avsilagin@vntu.edu.ua.