

## **Разработка системы поддержки принятия решений на основе рассуждения по прецедентам по оценке безопасности участка транспортной системы города**

*Н.М. Рашевский, И.Е. Руденко, Д.А. Соколов, В.А. Феклистов, О.А. Якунин*

*Волгоградский Государственный Технический Университет, Волгоград*

**Аннотация:** В статье представлен подход к разработке системы поддержки принятия решений, основанной на рассуждении по прецедентам, для оценки безопасности участка транспортной системы города. Для хранения базы прецедентов предлагается использование OWL-онтологии. Использование онтологического подхода позволяет более точно интерпретировать предметную область, а также со временем позволит расширить и дополнить информацию о прецеденте. Определена структура прецедента. Приводится архитектура онтологии: классы, свойства и экземпляры. Приведен пример заполнения онтологии прецедентами, на примере города Волгограда. Предложена мера близости для сравнения прецедентов. Рассмотрена процедура добавления новых прецедентов в базу знаний. С помощью разработанной системы поддержки принятия решений можно проводить оценку безопасности, как отдельных участков дорог, так и всей транспортной инфраструктуры города.

**Ключевые слова:** онтология, рассуждение по прецедентам, транспорт, безопасность на транспорте.

### **Введение**

Комплексные программы повышения эффективности транспортной системы являются очень дорогостоящими, и муниципальные власти должны быть уверены в эффективности их реализации [1-3]. Поэтому актуальной является проблема организации поддержки принятия решений в области управления развитием городской транспортной системы [4-6]. Решить эту задачу можно с помощью различных подходов и систем, в данной работе предлагается использовать систему поддержки принятия решений на основе рассуждения по прецедентам. Данная система должна упростить процесс оценки безопасности участка дороги.

Системы рассуждений по прецедентам создается на основе онтологии с использованием средств Protégé 3.4.4 и JColibri2.

### **Разработка онтологии транспортной системы города**

На основании исследования предметной области и извлечения из нее

---

знаний [7-8], а также рекомендуемых подходов по проектированию [9-10], была разработана онтология в системе Protégé 3.4.4.

Для определения области и масштаба онтологии ответим на следующие вопросы:

1. Какую область будет охватывать онтология?
2. Для чего мы собираемся использовать онтологию?
3. На какие типы вопросов должна давать ответы информация в онтологии?
4. Кто будет использовать и поддерживать онтологию?

В данной работе будет разрабатываться онтология: безопасность участка транспортной системы города, на примере города Волгограда.

Выделим следующие типы участка дороги:

- ровный участок;
- ровный участок с пешеходным переходом;
- перекрёсток;
- перекрёсток с пешеходным переходом.

Разрабатываемая онтология может использоваться в различных приложениях, которые будут для предлагаемых решений показывать эффективность транспортной системы города Волгограда.

В данной области, мы можем задать следующие вопросы для проверки компетентности:

1. Чему равна эффективность транспортной системы в заданном году?
2. Чему равна аварийность при определенной эффективности транспортной системы?
3. Чему равна смертность в дорожно-транспортных происшествиях без пешеходов?

Данная онтология может использоваться в администрации городов, например, Волгограда и Волгоградской области, в управлении

---

государственной инспекции безопасного дорожного движения, а также в общественных организациях.

Классы онтологии приведены на рисунке 1.

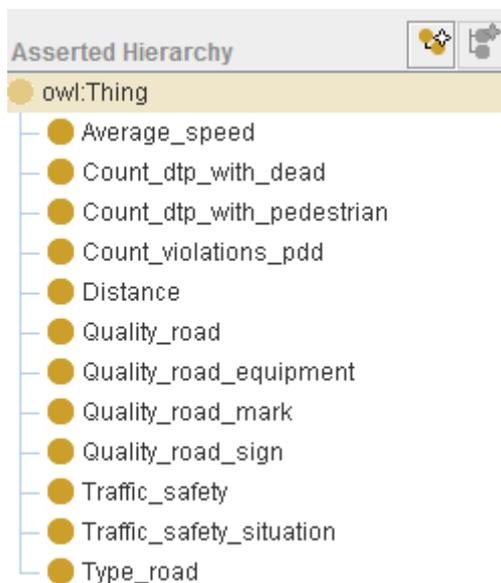


Рис. 1. – Классы онтологии

Классы:

Average\_speed – «Средняя скорость».

Count\_dtp\_with\_dead – «Количество ДТП со смертельным исходом».

Count\_dtp\_with\_pedestrian – «Количество ДТП с участием пешеходов».

Count\_violations\_pdd – «Количество нарушений ПДД».

Distance – «Средняя дистанция между автомобилями».

Quality\_road – «Качество дорожного полотна».

Quality\_road\_equipment – «Качество дорожного оборудования»

Quality\_road\_mark – «Качество дорожной разметки».

Quality\_road\_sign – «Качество размещения дорожных знаков».

Traffic\_safety – «БДД на участке дороги».

Traffic\_safety\_solution – Прецедент.

Type\_road – «Тип участка дороги».

Свойства классов онтологии:

Класс Traffic\_safety\_solution:

- has\_average\_speed
- has\_count\_dtp\_with\_
- has\_count\_dtp\_with\_pedestrian
- has\_count\_violations\_pdd
- has\_distance
- has\_quality\_road
- has\_quality\_road\_equipment
- has\_quality\_road\_mark
- has\_quality\_road\_sign
- has\_traffic\_safety
- has\_type\_road

### Определение структуры прецедента

Структура прецедента определяется как кортеж, см. формулу 1.

$$P = \langle V, Cd, Cp, F, D, Qr, Qe, Qrm, Qrs, J, K \rangle, \quad (1)$$

где:

P – прецедент (участок транспортной инфраструктуры города).

V – значение из множества «Средняя скорость».

Cd – значение из множества «Количество ДТП со смертельным исходом».

Cp – значение из множества «Количество ДТП с участием пешеходов».

F – значение из множества «Количество нарушений ПДД».

D – значение из множества «Средняя дистанция между автомобилями».

Qr – значение из множества «Качество дорожного полотна».

Qe – значение из множества «Качество дорожного оборудования».

Qrm – значение из множества «Качество дорожной разметки».

Qrs – значение из множества «Качество размещения дорожных знаков».

J – значение из множества «БДД на участке дороги».

К – значение из множества «Тип участка дороги».

### Наполнение онтологии прецедентами

Затем в онтологию были добавлены прецеденты, фрагмент данных приведен в таблице 1.

Таблица 1 - Прецеденты

Traffic_safety_situation	Average_speed	Distance	Count_deaths_with_dead	Count_accidents_with_pedestrian	Count_violations_pdd	Quality_road	Quality_road_equipment	Quality_road_mark	Quality_road_sign	Traffic_safety	Type_road
vodniki	80	45	2	8	874	0.6	0.5	0.4	0.7	0,32	perekrestok
stroitel	60	35	3	5	874	0.6	0.5	0.4	0.7	0,34	perekrestok_s_pesh
kanal_im_lenina	60	45	0	1	346	0.6	0.9	0.4	0.8	0,62	perekrestok_s_pesh
vtorchemet	100	40	3	8	560	0.6	0.5	0.4	0.8	0,37	rovny

### Построение системы рассуждений на основе прецедентов

В качестве метода получения прецедента используется метод выборки на основе n самых похожих прецедентов. Данный метод использует алгоритм k ближайших соседей для того, чтобы определить прецеденты, наиболее близкие к прецеденту, описанному пользователем. Для определения меры близости выбрана функция Equal. Веса всех атрибутов равны 1. Система работает в консольном режиме.

В данной системе реализуется параметрическая адаптация. Исходя, из различия прецедента исследуемой ситуации и полученного наиболее близкого прецедента, рассчитывается различие между данными прецедентами. И эта разница учитывается при выдаче результата (БДД участка дороги), путем сложения с результатом наиболее подходящего прецедента. Атрибуты нового прецедента берутся из прецедента исследуемой ситуации. Система сохраняет результирующий прецедент в файл result.txt.

### Заключение

Система поддержки принятия решения на основе рассуждений по прецедентам является достаточно простой в реализации, имеет большой выбор мер близости, а также возможность адаптации под конкретную предметную область. В статье предложена архитектура онтологии для хранения прецедентов с оценками безопасности участков транспортной инфраструктуры города, приведен пример заполнения ее прецедентами. Определена мера близости.

В дальнейшем данную онтологию можно наполнить прецедентами для других типов участков дороги, а также провести отдельное исследование по выбору более подходящей меры близости выбора прецедента, что позволит системе работать более эффективно.

### Благодарности

*Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-11-20024, <https://rscf.ru/project/22-11-20024/>, и Волгоградской области. Авторы выражают благодарность коллегам по кафедре "Цифровые технологии в урбанистике, архитектуре и строительстве" ИАиС ВолгГТУ, принимавшим участие в разработке проекта.*

### Литература:

1. Криволапова О.Ю. Анализ эффективности проектов совершенствования транспортной сети // Инженерный вестник Дона. 2012. №2. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2012/830](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2012/830).
2. Фаткинс И.С., Зимин В.К., Об оценке эффективности транспортной системы, как открытой сложной системы // Вестник Российского государственного аграрного заочного университета. 2018. №30(35). С. 44-50.

3. Сарбаев. С.Ш., Моделирование оценки эффективности транспортных систем // Инновационные технологии на транспорте: образование, наука, практика. 2018. С. 277-281.

4. Днепров М.Ю., Повышение эффективности транспортных систем в процессе формирования «Умных городов» // Университетские чтения 2021. Пятигорск. Пятигорский государственный университет. 2021. С. 20-26.

5. Ембулаев В.Н., Теоретические основы и методы управления транспортной системой крупного города. Владивосток. Дальнаука. 2004. 212 С.

6. Зырянов В.В., Семчугова Е.Ю., Скрынник А.М., Применение информационных технологий при повышении мобильности и обеспечении транспортной безопасности // Инженерный вестник Дона. 2012. №4. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p1y2012/1083](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p1y2012/1083).

7. Кадасев Д.А., Зюзина Н.Н., Воронин Н.В., Центр организаций дорожного движения в управлении транспортной системой региона // Информационные технологии в моделирование и управлении: подходы, методы, решения. 2021. С. 244-249.

8. Кульцова, М.Б., Садовникова, Н.П., Дмитриенко, Д.В., Рашевский, Н.М. Комплексный анализ транспортной системы Волгограда // Известия Волгоградского государственного технического университета. 2013. Т. 18. № 22(125). С. 72–77.

9. Jain, Vishal & Singh, Mayank. Ontology Development and Query Retrieval using Protégé Tool. International Journal of Intelligent Systems and Applications. 2013 V. 5. No. 9. Pp. 67-75.

10. Noy, N. & McGuinness, Deborah. Ontology Development 101: A Guide to Creating Your First Ontology. 2001. URL: [corais.org/sites/default/files/ontology\\_development\\_101\\_aguide\\_to\\_creating\\_your\\_first\\_ontology.pdf](http://corais.org/sites/default/files/ontology_development_101_aguide_to_creating_your_first_ontology.pdf).

---

### References:

1. Krivolapova O.Yu. Inzhenernyj vestnik Dona, 2012, №2. – URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2012/830](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2012/830).
2. Fatkins I.S., Zimin V.K. Vestnik Rossijskogo gosudarstvennogo agrarnogo zaochnogo universiteta. 2018. №30(35). Pp. 44-50.
3. Sarbaev. S.Sh., Innovacionny`e texnologii na transporte: obrazovanie, nauka, praktika. 2018. Pp. 277-281.
4. Dneprov M.Yu., Povy`shenie e`ffektivnosti transportny`x sistem v processe formirovaniya «Umny`x gorodov». Universitetskie chteniya 2021. Pyatigorsk. Pyatigorskij gosudarstvenny`j universitet. 2021. Pp. 20-26.
5. Embulaev V.N., Teoreticheskie osnovy' i metody' upravleniya transportnoj sistemoj krupnogo goroda. [Theoretical foundations and methods of managing the transport system of a large city]. Vladivostok. Dal'nauka. 2004. 212 P.
6. Zy`ryanov V.V., Semchugova E.Yu., Skry`nnik A.M. Inzhenernyj vestnik Dona. 2012. №4. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p1y2012/1083](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p1y2012/1083).
7. Kadasev D.A., Zyuzina N.N., Voronin N.V. Informacionny`e texnologii v modelirovanie i upravlenii: podxody`, metody`, resheniya. 2021. Pp. 244-249.
8. Kul`czova, M.B., Sadovnikova, N.P., Dmitrienko, D.V., Rashevskij, N.M. Izvestiya Volgogradskogo gosudarstvennogo texnicheskogo universiteta. 2013. T. 18. № 22(125). Pp. 72–77.
9. Jain, Vishal & Singh, Mayank. International Journal of Intelligent Systems and Applications. 2013 V. 5. No. 9. Pp. 67-75.
10. Noy, N. & McGuinness, Deborah. Ontology Development 101: A Guide to Creating Your First Ontology. 2001. URL: [corais.org/sites/default/files/ontology\\_development\\_101\\_aguide\\_to\\_creating\\_your\\_first\\_ontology.pdf](http://corais.org/sites/default/files/ontology_development_101_aguide_to_creating_your_first_ontology.pdf).