

Д. В. Николаенко, канд. техн. наук, В. Л. Николаенко, канд. техн. наук,
В. С. Сеница

Автомобильно-дорожный институт
ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет», г. Горловка

ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ В УПРАВЛЕНИИ ТРАНСПОРТНЫМ ПОТОКОМ

В работе введены основные понятия внешнего управления транспортным потоком на дорожных примитивах. Приведены результаты объектного анализа и моделирования суцностей системы внешнего управления в виде UML (Unified Modelling Language) диаграмм прецедентов, последовательности событий сценариев, состояний объектов, кооперации объектов, компонентов, деятельности, размещения. Также приведены диаграммы состояний системы, используемые при построении математических моделей сценариев и прецедентов системы. Полученные результаты могут быть использованы при разработке информационно-управляющих систем на автомобильном транспорте в контексте внешнего управления транспортным потоком на дорожных примитивах.

Ключевые слова: косвенное управление, внешнее управление, дорожный примитив, информационное поле дорожного примитива, сенсорное поле дорожного примитива, объектный анализ, объектное моделирование

Введение

Рост плотности и разнообразия элементов транспортного потока, с одной стороны – широкая цифровизация сфер деятельности человека и рост качества IT решений, с другой стороны – актуализация задачи автоматизации управления автотранспортными средствами в составе транспортного потока. Как отметил Ю. С. Лигум «В улучшении работы транспорта одно из ведущих мест занимает информатизация технологических процессов. Результат работы в этом направлении – внедрение автоматизированных систем диспетчерского управления технологическими процессами (АСДУ ТНП) на транспорте. Опыт эксплуатации этих систем показывает, что они являются эффективным способом улучшения организации управления транспортом, повышения качества обслуживания пассажиров и работы транспортных предприятий» [1, с. 4].

Доминирующей тенденцией сейчас является создание беспилотных транспортных средств. «Рынок беспилотных технологий находится на стадии зарождения, однако развитие происходит столь стремительными темпами, что не остается сомнений – беспилотное будущее уже наступило. Эксперты уверены, что к 2028 году объем рынка роботизированных автомобилей составит минимум 42 млрд долларов» [2]. По оценкам консалтинговой компании J'son & Partners объем рынка беспилотных транспортных средств к 2035 году составит 364,8 млрд долларов. Однако очевидно, что только расходы на обеспечение качественного сенсорного поля транспортного средства ожидаются весьма значительные. Альтернативой может стать идея внешнего управления транспортным потоком (как развитие идеи косвенного управления [3, 4]), где за основу берутся заранее рассчитанные количественные характеристики элементов потока управления, ассоциируемые с точками управления маршрута.

В Автомобильно-дорожном институте ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет» на кафедре «Математическое моделирование» ведутся разработки и исследования информационно-управляющих систем на автомобильном транспорте в контексте внешнего управления транспортным потоком на дорожных примитивах.

Цель данного исследования – введение основных понятий внешнего управления транспортным потоком на дорожных примитивах. Демонстрация результатов объектного анализа и моделирования сущностей системы внешнего управления в виде UML (Unified Modelling Language) диаграмм [5, 6] прецедентов, последовательностей событий сценариев, состояний объектов, кооперации объектов, компонентов, деятельности, размещения, диаграмм состояний системы, которые использованы при построении математических моделей сценариев и прецедентов системы.

Проблемы интеллектуализации управления на автомобильном транспорте

Процесс интеллектуализации управления средствами автомобильного транспорта сталкивается с рядом проблем:

- дороговизна технического обеспечения сенсорного поля транспортного средства (датчики, средства коммуникации);
- дороговизна технического обеспечения сенсорного поля дороги (датчики, средства коммуникации, дорожные знаки, разметка полотна дороги, светофоры);
- дороговизна технического обеспечения навигационных потребностей участников дорожного движения (спутники, приемники информации);
- сложность алгоритмов распознавания;
- высокая требовательность к скоростным характеристикам вычислительных средств и объемам их памяти;
- рост числа и разнообразия участников дорожного движения – транспортных средств.

Поэтому проблемы интеллектуализации управления средствами автомобильного транспорта допускают появление их альтернативных решений.

Одним из возможных решений может быть внешнее управление транспортным потоком.

Сравнение традиционного и внешнего управления транспортным потоком

Внешнее управление транспортным потоком предполагает минимально достаточное техническое обеспечение интеллектуальных способностей транспортного средства для выполнения задач беспилотного управления – отсутствие программно-аппаратной поддержки необходимости распознавания автомобилей «соседей», дорожных знаков, дорожной разметки. Но имеет наличие интеллектуальных способностей только в той мере, которая обеспечивает считывание (из заранее определенного набора точек маршрута) количественных характеристик элементов потока управления и реакцию на них в виде изменения вектора движения – направления движения и скорости движения.

Всякое транспортное средство является носителем собственного информационного поля, включающего всю необходимую и достаточную информацию для построения абстракции – дорожный примитив, используемую для расчета количественных характеристик элементов потока управления в виде набора точек маршрута данного транспортного средства и реализуемых транспортным средством через определенные промежутки времени.

Этот способ управления – на основе внешнего управления – предполагает наличие понятия дорожного примитива как некоторой абстракции, аккумулирующей исчерпывающую информацию об условиях движения: метео-характеристиках; состоянии дорожного полотна; наличии или отсутствии помех; критериях движения («побыстрее», «помедленнее», «проводка эксклюзивного транспортного средства» и т. д.).

Основные понятия

К понятию дорожного примитива мы приходим, рассуждая о неоднородности самой дороги – «перекресток», «круговое движение», «дорожная развязка» и т. д. Отдельные участки дороги имеют уникальные геометрические характеристики (топологию) и это отмечается наличием соответствующих дорожных знаков. Другим аргументом считаем часть дороги – дорожным примитивом могут быть ее конструктивные особенности: «грунтовка», «бетонка», «асфальт» и т. д. Возможны и другие причины считать часть дороги дорожным примитивом. Значит для каждого вида дорожного примитива должна быть построена своя система управления. Следовательно, существует задача интеграции управления в пределах дороги. Очевидно, что число дорожных примитивов дороги конечно.

Схематично дорожный примитив показан на рисунке 1.

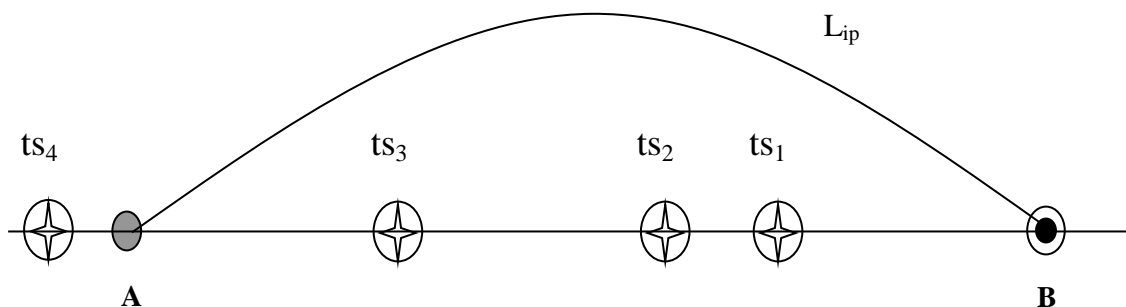


Рисунок 1 – Схематическое представление дорожного примитива

На рисунке 1 участок АВ представляет дорожный примитив. С точкой В ассоциирована собственно абстракция дорожного примитива. Дуга L_{ip} представляет информационное поле дорожного примитива, ts_i – некоторые транспортные средства, а их окружности – собственные информационные поля. Транспортное средство ts_4 находится вне зоны действия информационного поля дорожного примитива.

На рисунке 2 показан фрагмент иерархической классификации дорожных примитивов.

Объектный анализ и моделирование системы

В объектном анализе (User Case analyses) [5, 6, 7, 8], анализ вариантов использования (прецедентов) позволяет выявить требования к разрабатываемой системе как к перечню выполняемых ею функций (сервисов), определить будущие классы программной модели системы, отношения между вариантами использования, вложенность вариантов использования. На рисунке 3 показана не полная UML диаграмма прецедентов системы.

```

ДорожныеПримитивы
|_Статические
| |_Топологические
| | |_Опасный поворот направо
| | |_Опасный поворот налево
| | |_Несколько поворотов
| | |_Сужение дороги
| | |_Крутой подъем
| | |_Опасный спуск
| | |_Пересечение с круговым движением
| | |_Пересечение равнозначных дорог
| | |_Пересечение со второстепенной дорогой
| | |_Примыкание второстепенной дороги
| | |_Движение прямо
| | |_Движение направо
| | |_Движение налево
| | |_Движение направо или налево
| | |_Круговое движение
| | |_Тупик
| | |_Количество поворотов
| |_Конструктивные
| | |_Выезд на набережную или берег
| | |_Тоннель
| | |_Бугор
| | |_Разводной мост
| | |_Конец дороги с усовершенствованным покрытием
| | |_Движение ТС, масса которых превышает...т, запрещено
| | |_Движение ТС, нагрузка на ось которых превышает ...т, запрещено
| | |_Движение ТС, ширина которых превышает...м, запрещено
| | |_Движение ТС, высота которых превышает...м, запрещено
| | |_Движение ТС, длина которых превышает...м, запрещено
| | |_Автоматистраль
| | |_Конец автомагистрали
|_Динамические
| |_Медленные
| | |_Конструктивные
| | | |_Неровная_Дорога
| | | |_Неровная_Дорога
| | | |_Выбоина
| | | |_Выброс_каменных_материалв
| | | |_Опасная_обочина
| | |_Быстрые
| | |_Состояния_ТП
| | | |_Заторы_в_дорожном_движении
| | |_Метеоусловия
| | | |_Скользкая_дорога
| | | |_Боковой_ветер
| | | |_Гололед
| | | |_Влажное_покрытие
| | |_Помехи
| | | |_Падение_камней
| | | |_Пересечение_с_трамвайными_путями

```

Рисунок 2 – Иерархическая классификация дорожных примитивов

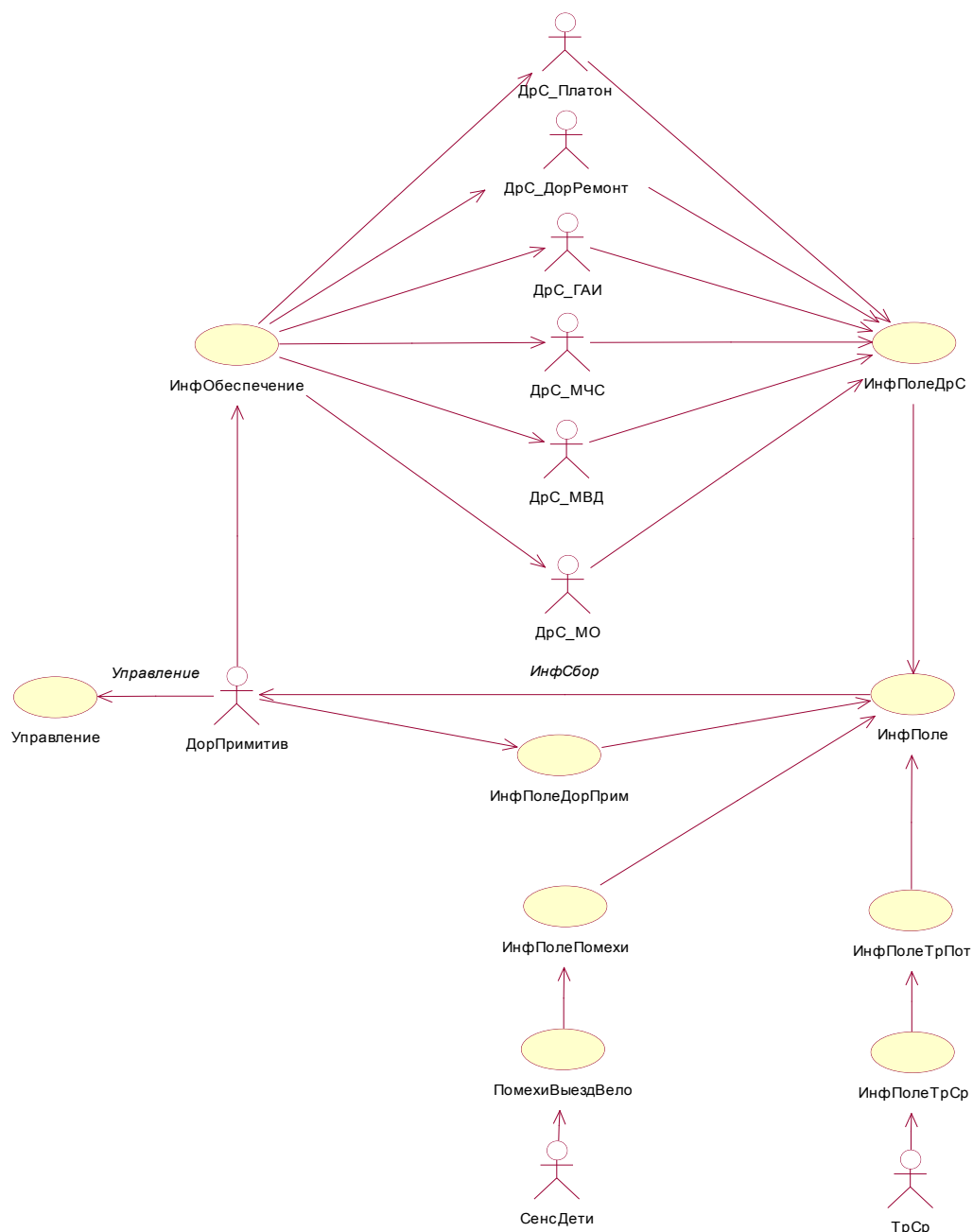


Рисунок 3 – Неполная диаграмма прецедентов

Каждый вариант использования предполагает свой сценарий реализации одной из функций системы – типичный, ожидаемый, желаемый. Однако реализация прецедента может иметь (и это понятно) альтернативную последовательность событий – альтернативный сценарий. Выявление основного и альтернативных сценариев составляет суть Sequence analyses – анализа последовательностей событий сценариев прецедента системы. Позволяет показать временные аспекты взаимодействия элементов системы.

На рисунке 4 показана неполная UML диаграмма последовательностей событий основного сценария прецедента системы – «Выезд велосипедистов».

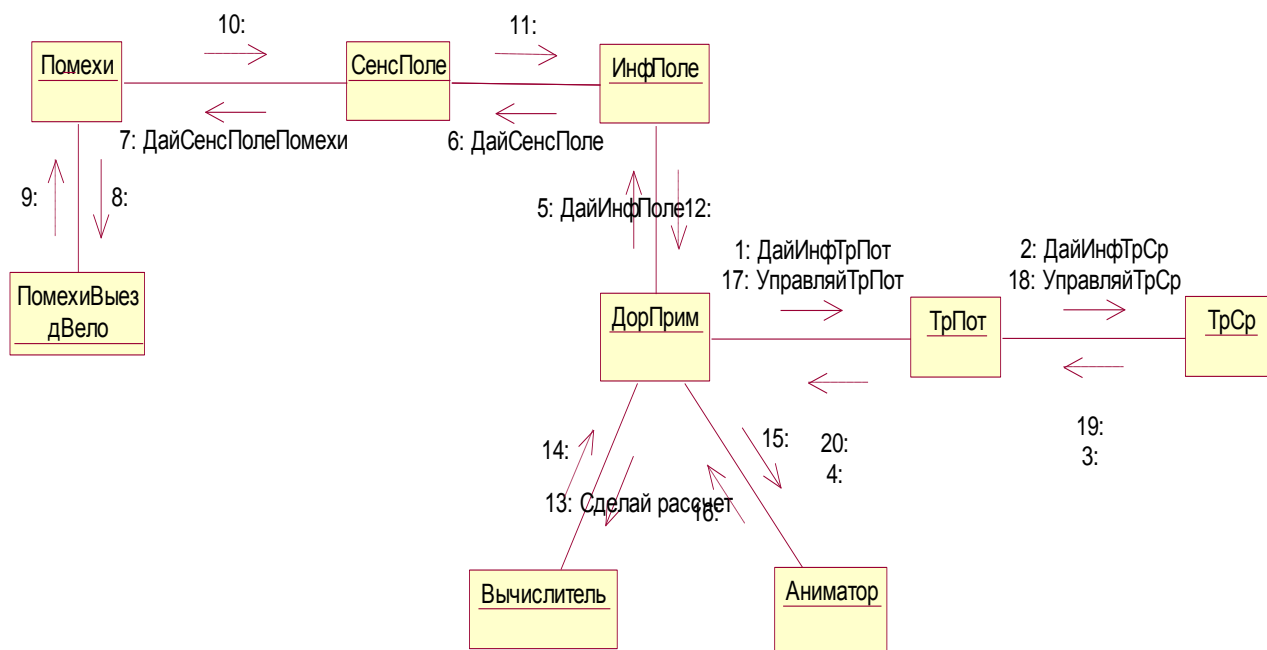


Рисунок 5 – Диаграмма кооперации объектов

Анализ состояний объектов (State Chart analyses) позволяет на диаграммах состояний отображать процесс изменения состояний одного класса (объекта), моделировать все возможные изменения в состоянии конкретного объекта. На рисунке 6 показана UML диаграмма состояний объекта «Дорожный примитив» основного сценария прецедента системы – «Выезд велосипедистов».

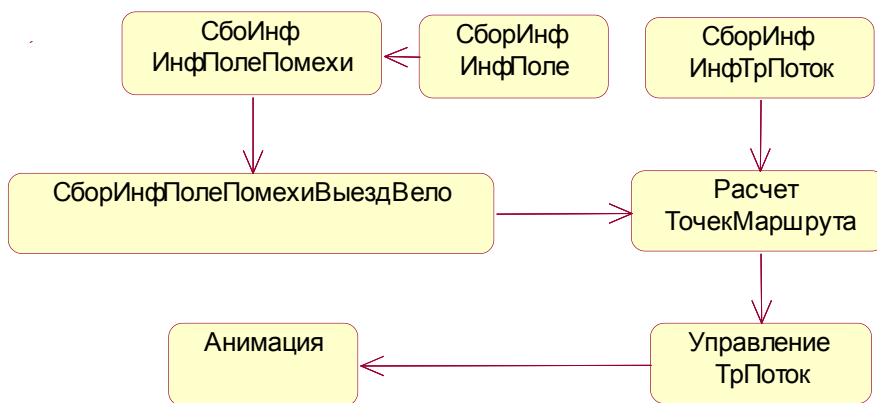


Рисунок 6 – Диаграмма состояний объекта «Дорожный примитив»

«При моделировании поведения проектируемой или анализируемой системы возникает необходимость не только представить процесс изменения ее состояний, но и детализировать особенности алгоритмической и логической реализации выполняемых системой операций» [6, с. 118]. Для отображения процесса выполнения операций в языке UML используются диаграммы деятельности, являющиеся результатом анализа деятельности (Activity analyses). На диаграмме деятельности отображается логика или последовательность перехода от одной деятельности к другой. На рисунке 7 показана UML диаграмма деятельности основного сценария прецедента системы – «Выезд велосипедистов».

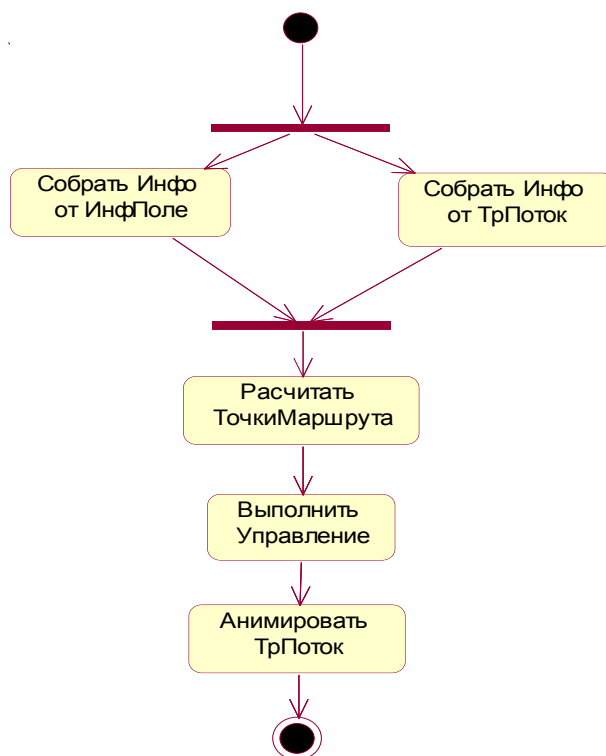


Рисунок 7 – Диаграмма деятельности объекта «Дорожный примитив»

В языке UML для физического представления моделей систем используются диаграммы реализации (Implementation diagrams), которые включают в себя две отдельные диаграммы: диаграмму компонентов (Component diagram) и диаграмму развертывания (Deployment diagram). На рисунке 8 показана UML диаграмма развертывания основного сценария прецедента системы – «Выезд велосипедистов».

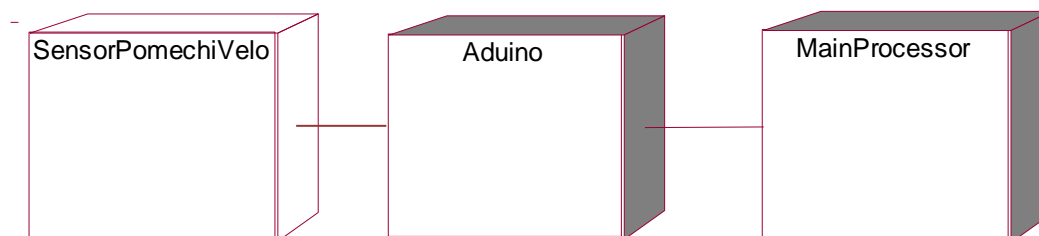


Рисунок 8 – Диаграмма развертывания

Анализ компонентов (Component analyses) позволяет определить архитектуру разрабатываемой программной модели системы, установив зависимости между программными компонентами, в роли которых может выступать исходный, бинарный и исполняемый код. Во многих средах разработки модуль или компонент соответствует файлу. На рисунке 9 показана UML диаграмма компонентов при реализации основного сценария прецедента системы – «Выезд велосипедистов».

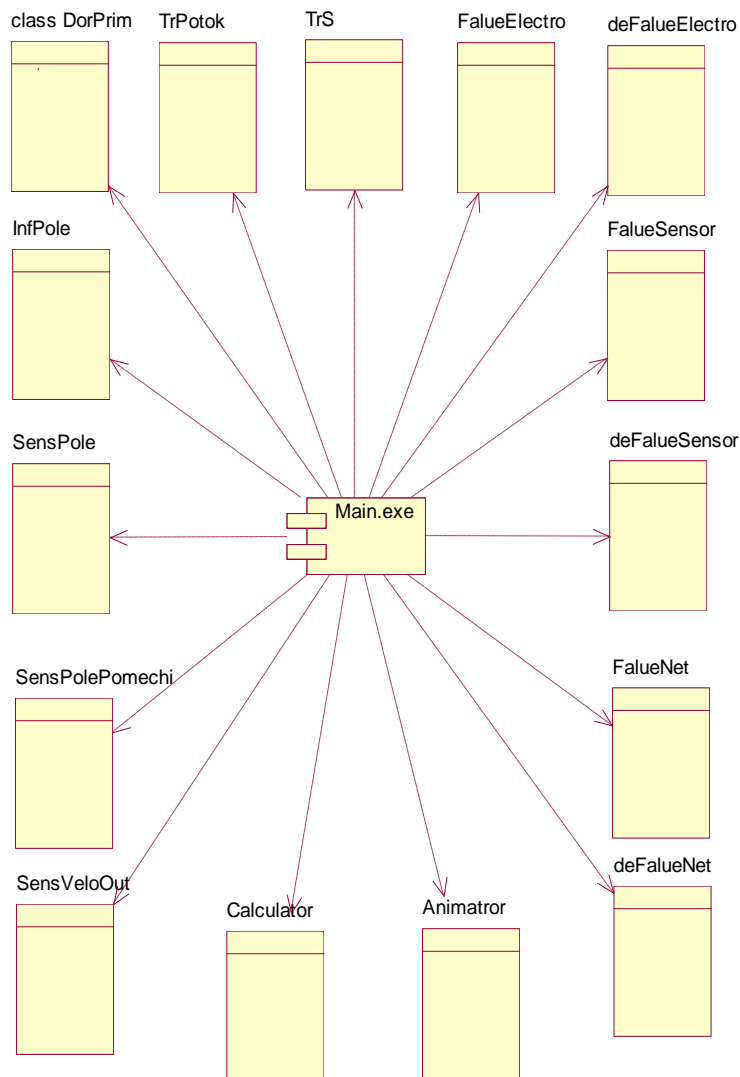


Рисунок 9 – Диаграмма компонентов системы

С целью построения математических моделей сценариев и прецедентов системы, позволяющих определять элементы потока управления системы, вводится понятие анализа состояний системы (System state analyses) как единого целого, графическим представлением которого является диаграмма состояний системы (System state diagram) (рисунок 10).

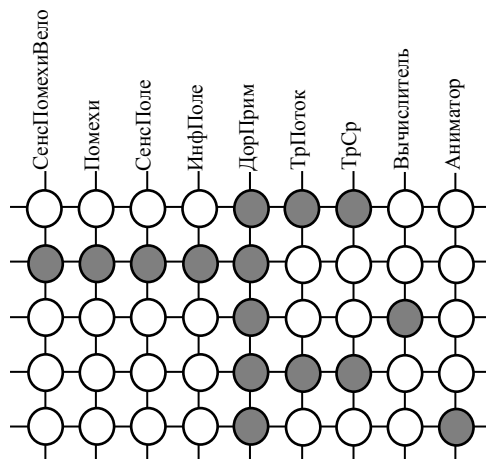


Рисунок 10 – Диаграмма состояний системы

На рисунке представлены девять объектов, пять состояний системы. Закрашенные – активные состояния объектов и незакрашенные – пассивные состояния объектов.

Заключение

В работе введены основные понятия внешнего управления транспортным потоком на дорожных примитивах. Приведены результаты объектного анализа и моделирования сущностей системы внешнего управления в виде UML (Unified Modelling Language) диаграмм прецедентов, последовательностей событий сценариев, состояний объектов, кооперации объектов, компонентов, деятельности, размещения. Также приведены диаграммы состояний системы, используемые при построении математических моделей сценариев и прецедентов системы. Полученные результаты могут быть использованы при разработке информационно-управляющих систем на автомобильном транспорте в контексте внешнего управления транспортным потоком на дорожных примитивах. Работа выполнена в рамках разработки и исследований информационно-управляющих систем на автомобильном транспорте в контексте внешнего управления транспортным потоком на дорожных примитивах, проводимых в Автомобильно-дорожном институте ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет» на кафедре «Математическое моделирование».

Список литературы

1. Лигум, Ю. С. Информационные системы на транспорте / Ю. С. Лигум. – Киев : УТУ, 2000. – 196 с.
2. Беспилотные авто, дроны и роботы : [сайт]. – <https://bespilot.com>. – Текст : электронный.
3. ГОСТ Р 56351-2015. Интеллектуальные транспортные системы. Косвенное управление транспортными потоками. Требования к технологии информирования участников дорожного движения посредством динамических информационных табло : национальный стандарт Российской Федерации : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии 12 февраля 2015 г. № 80-ст : введен впервые : дата введения 2015-07-01 / разработан Федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего профессионального образования «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет. – Москва : Стандартинформ, 2015. – 12 с.
4. Жанказиев, С. В. Интеллектуальные транспортные системы / С. В. Жанказиев. – Москва : МАДИ, 2016. – 120 с.
5. Буч, Г. Объектно-ориентированный анализ и проектирование с примерами на C++ / Г. Буч ; перевод с английского. – 2-е изд. – Москва : Бинум ; Санкт-Петербург : Невский диалект, 2000. – 560 с.
6. Леоненков, А. В. Самоучитель UML / А. В. Леоненков. – 2-е изд. – Санкт-Петербург : БХВ. – Петербург, 2004. – 432 с.
7. Николаенко, В. Л. Анализ прецедентов системы мониторинга метеоусловий на дорожном примитиве / В. Л. Николаенко, Е. И. Фастовицкий // Научно-технические аспекты развития автотранспортного комплекса : материалы V международной научно-практической конференции, 22 мая 2019 г. – Горловка : АДИ ГОУВПО «ДОННТУ», 2019. – С. 373 – 377.
8. Николаенко, В. Л. Прецеденты системы внешнего управления на дорожном примитиве / В. Л. Николаенко, М. С. Яворенко // Научно-технические аспекты развития автотранспортного комплекса : материалы V международной научно-практической конференции, 22 мая 2019 г. – Горловка : АДИ ГОУВПО «ДОННТУ», 2019. – С. 313 – 316.

Д. В. Николаенко, В. Л. Николаенко, В. С. Сеница

Автомобильно-дорожный институт

ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет», г. Горловка

Информационные системы и технологии в управлении транспортным потоком

Рост плотности и разнообразия элементов транспортного потока, широкая цифровизация сфер деятельности человека, рост качества IT решений актуализируют задачи автоматизации управления автотранспортными средствами в составе транспортного потока.

Доминирующей тенденцией в настоящее время является создание беспилотных транспортных средств. Рынок беспилотных технологий находится на стадии зарождения, однако развитие происходит столь стремительными темпами, что не остается сомнений – беспилотное будущее уже наступило. К 2028 году объем рынка

роботизированных автомобилей составит минимум 42 млрд долларов. Очевидно, что, в частности, только расходы на обеспечение качественного сенсорного поля транспортного средства ожидаются значительными. Альтернативой может стать идея внешнего управления транспортным потоком, где за основу берутся заранее рассчитанные количественные характеристики элементов потока управления, ассоциируемые с точками управления маршрута.

Целью исследования являлось введение основных понятий внешнего управления транспортным потоком на дорожных примитивах. Демонстрация результатов объектного анализа и моделирования сущностей системы внешнего управления в виде UML (Unified Modelling Language) диаграмм прецедентов, последовательностей событий сценариев, состояний объектов, кооперации объектов, компонентов, деятельности, размещения, диаграмм состояний системы, которые используются при построении математических моделей сценариев и прецедентов системы.

Полученные результаты могут быть использованы при разработке информационно-управляющих систем на автомобильном транспорте в контексте внешнего управления транспортным потоком на дорожных примитивах.

КОСВЕННОЕ УПРАВЛЕНИЕ, ВНЕШНЕЕ УПРАВЛЕНИЕ, ДОРОЖНЫЙ ПРИМИТИВ, ИНФОРМАЦИОННОЕ ПОЛЕ ДОРОЖНОГО ПРИМИТИВА, СЕНСОРНОЕ ПОЛЕ ДОРОЖНОГО ПРИМИТИВА, ОБЪЕКТНЫЙ АНАЛИЗ, ОБЪЕКТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

D. V. Nikolaenko, V. L. Nikolaenko, V. S. Sinitsa
Automobile and Road Institute of Donetsk National Technical University, Gorlovka
Information Systems and Technologies in the Traffic Control

The density growth and the variety of the traffic flow elements, the wide digitalization of the human activity spheres, the quality growth of the IT solutions actualize the tasks of automating the control of vehicles as a part of the traffic flow.

The dominant trend nowadays is the creation of the remotely piloted vehicles. The market for the pilotless technologies is in its origin, but the development is proceeding at such a rapid pace that there is no doubt that the pilotless future has already arrived. By 2028, the market of the robotic vehicles will have been at least \$ 42 billion. It is obvious that, in particular, only the costs of providing a high-quality sensor field of the vehicle are expected to be significant. An alternative can be the idea of the external traffic flow control, where the pre-calculated quantitative characteristics of the control flow elements associated with the route control points are taken as a basis.

The aim of the study is to introduce the basic concepts of the external traffic control on the road primitives. The results demonstration of the object analysis and entities modelling of the external control system is in the form of the UML (Unified Modelling Language) of the use case diagrams, the events sequence of scenarios, the object states, the cooperation of objects, components, activities, placement, system state diagrams, which are used in the construction of the mathematical models of scenarios and use cases systems.

The obtained results can be used in the development of the information and control systems in the road transport in the context of the external traffic control on the road primitives.

INDIRECT CONTROL, EXTERNAL CONTROL, ROAD PRIMITIVE, ROAD PRIMITIVE INFORMATION FIELD, ROAD PRIMITIVE SENSOR FIELD, OBJECT ANALYSIS, OBJECT MODELLING

Сведения об авторах:

Д. В. Николаенко

Телефон: +38 (071) 356-13-90

В. Л. Николаенко

Телефон: +38 (071) 356-13-92

Эл. почта: nikvl@ukr.net

В. С. Синица

Телефон: +38 (071) 356-13-92

Статья поступила 24.02.2021

© Д. В. Николаенко, В. Л. Николаенко, В. С. Синица, 2021

Рецензент: Л. П. Вовк, д-р техн. наук, проф., АДИ ГОУВПО «ДОННТУ»