

Объектная модель городской транспортной системы в оптимальном управлении

Э.А. Мамаев, А.И. Хашев

Ростовский государственный университет путей сообщения

Аннотация: Рассматриваются проблемы формирования объектных моделей городских транспортных систем для адекватного отражения объектно-сущностных связей для достижения целей управления городской транспортной системы. Техно-технологический аспект представления объектов решают задачи надежности и устойчивости функционирования транспортной системы, экономический – решает задачи снижения потерь в организации транспортных и пассажирских потоков, социально-экономический – снижение экологического воздействия на среду, обеспечение безопасности дорожного движения. Проводится вариантный анализ представления объектных моделей с разной целевой установкой в задачах оптимального управления.

Ключевые слова: объектная модель, транспортная система города, оптимальное управление, безопасность движения, управление транспортными потоками

Увеличение числа транспортных средств и отставание развития транспортной сети приводят к росту задержек транспорта, образованию очередей и пробок, увеличению аварийности на дорогах. Реконструкция существующих и развитие новых элементов городской транспортной системы для устранения указанной диспропорции требует внедрения интеллектуальных систем транспортного моделирования и использования современных методов планирования дорожного движения. Эффективное решение задач такого рода практически невозможно без использования аппарата математического моделирования транспортных систем.

Разработка адекватных математических моделей процессов взаимодействия участников дорожного движения предусматривает адекватной формализации элементов транспортной инфраструктуры, системы организации дорожного движения, системы управления движением и др. Эффективным классом моделей формализации описания и реализации задач моделирования городских транспортных систем является имитационные модели.

Главное отличие имитационных моделей от аналитических состоит в способности отобразить объект на любом уровне детализации. При этом сложным этапом построения имитационных моделей является выбор уровня детализации, т.к. каждая модель создается под определенные задачи. Например, задачи по локальному изменению организации дорожного движения и задачи, связанные с масштабным транспортным или градостроительным планированием означают создание модели с разным уровнем детализации. Уровень детализации, определяет дальнейшие этапы планирования и работы, начиная от сбора данных и заканчивая выдачей результатов работы. Для решения вышеперечисленных задач требуется гибкая имитационная технология управления транспортными потоками на основе декомпозиции моделей с наследованием свойств объектов предметной области в иерархическом подчинении.

Основными задачами декомпозиции предметной области являются задачи определения классов объектов, из которых будут конструироваться модели в данной предметной области с учетом поставленных целей исследования [1].

Модель предметной области транспортной модели дорожного движения представляется с помощью объектно-ориентированного проектирования (рис. 1).

$$M_u = \{M_{цм1}, M_{цм2}, M_{цм3}, M_{цм4}, M_{цм5}, M_{цм6}\}, \quad (1)$$

где M_u – транспортная модель дорожного движения;

$M_{цм1}$ – модель транспортного потока;

$M_{цм2}$ – модель улично-дорожной сети;

$M_{цм3}$ – модель зонального управления;

$M_{цм4}$ – модель технических средств организации дорожного движения;

$M_{цм5}$ – модель окружающей среды;

$M_{цм6}$ – модель управления транспортным средством.

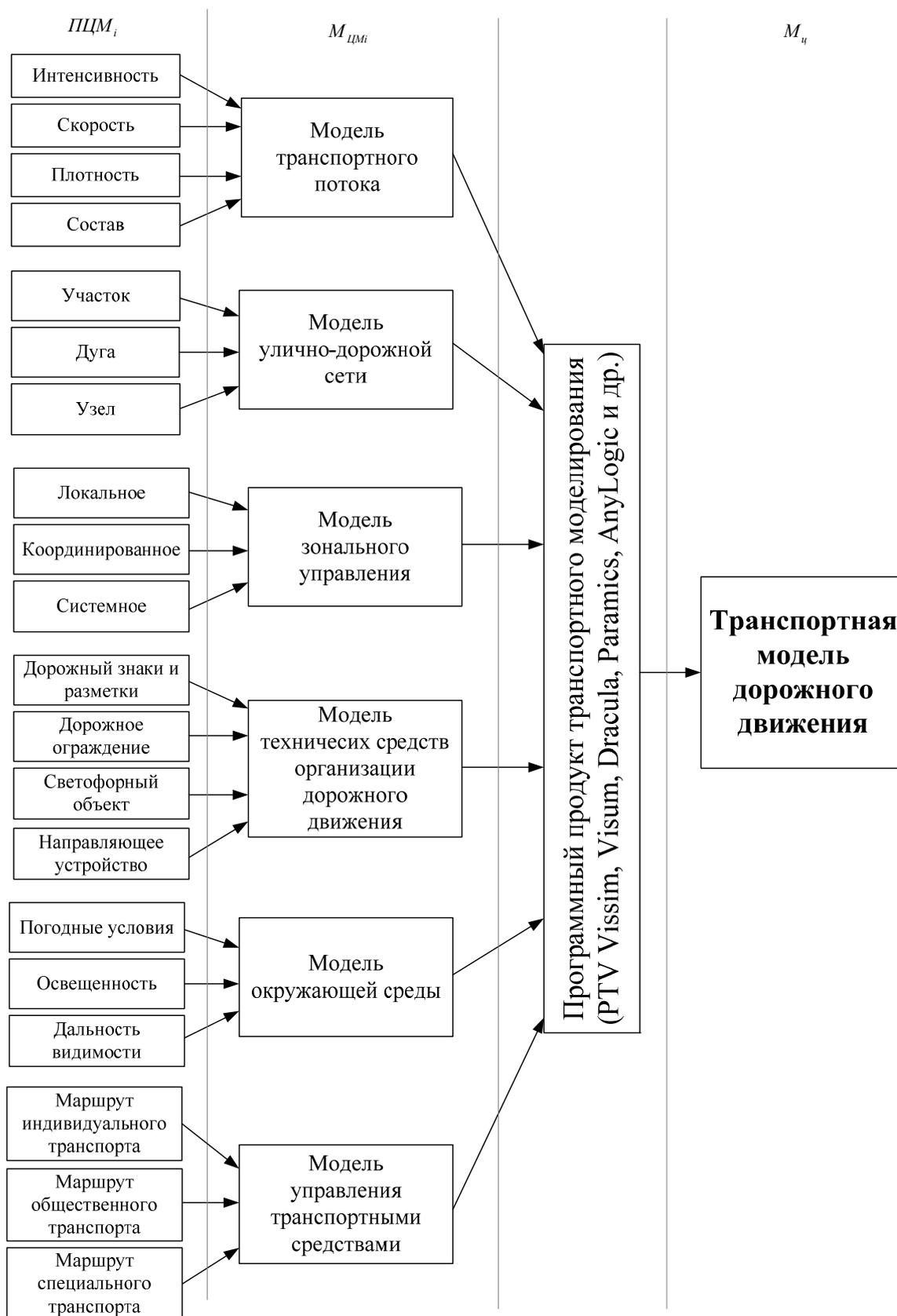


Рис. 1. – Декомпозиция предметной области «Управление транспортной системой» на классы объектов

Объектом управления в системе дорожного движения является транспортный поток, описываемый совокупностью признаков, характеризующих процесс движения:

$$M_{цм1} = \{ПЦМ_1, ПЦМ_2, ПЦМ_3, ПЦМ_4\}. \quad (2)$$

1) Интенсивность движения ($ПЦМ_1$) характеризуется общим количеством транспортных средств, проезжающих на участке за определенную единицу времени (за сутки – авт./сут. или за один час – авт./ч.):

$$N_a = \frac{n_a}{t}. \quad (3)$$

2) Скорость движения транспортных средств ($ПЦМ_2$) измеряется в м/с или км/ч.

3) Плотность транспортного потока ($ПЦМ_3$) – количество транспортных средств, находящихся на определенном участке дороги (авт./км или авт./м).

4) Состав транспортного потока ($ПЦМ_4$) определяется типом транспортных средств, входящих в него (легковой автомобиль, грузовой автомобиль, трамвай, велосипед, мотоцикл и др.) и определяется долями определенного типа в потоке (%).

Для построения модели улично-дорожной сети используют совокупность трех объектов таких, как:

$$M_{цм2} = \{ПЦМ_5, ПЦМ_6, ПЦМ_7\}. \quad (4)$$

1) Участок ($ПЦМ_5$) – полигонный сегмент улично-дорожной сети, описываемый единым набором физических параметров. К участкам дороги относятся элементы: перекрестки дорог, железнодорожные переезды, пешеходные дороги, перегоны. Дополнительным уровнем описания объектов

являются геометрические параметры, расположение в трехмерном измерении.

2) Дуга ($ПЦМ_6$) – элемент ориентированного графа, задающий направление движения транспортного потока на участке улично-дорожной сети, определением полос движения и их специализации (общие, для общественного транспорта, велодорожки и др.)

3) Узел ($ПЦМ_7$) – вершина графа на стыке двух участков, разделяющий потоки транспортных средств. Важной характеристикой узла является регулирования транспортного потока.

По зональному управлению различают три вида регулирования движения: локальное управление ($ПЦМ_8$) – это когда регулируется перегон или перекресток улично-дорожной сети; координированное ($ПЦМ_9$) – несколько перекрестков, образующую магистраль; системное ($ПЦМ_{10}$) – несколько магистралей.

$$M_{цм3} = \{ПЦМ_8, ПЦМ_9, ПЦМ_{10}\}. \quad (5)$$

К техническим средствам организации дорожного движения относятся дорожные знаки и разметки ($ПЦМ_{11}$), светофорные объекты ($ПЦМ_{12}$), дорожные ограждения ($ПЦМ_{13}$) и направляющие устройства ($ПЦМ_{14}$).

$$M_{цм4} = \{ПЦМ_{11}, ПЦМ_{12}, ПЦМ_{13}, ПЦМ_{14}\}. \quad (6)$$

Большую роль в обеспечение безопасности движения и изменении пропускной способности дороги играют такие факторы окружающей среды, как погодные условия ($ПЦМ_{15}$), освещенность дороги ($ПЦМ_{16}$), дальность видимости ($ПЦМ_{17}$).

$$M_{цм5} = \{ПЦМ_{15}, ПЦМ_{16}, ПЦМ_{17}\}. \quad (7)$$

Модель управления транспортным средством определяется классами: маршрут индивидуального ($ПЦМ_{18}$), общественного ($ПЦМ_{19}$) и специального транспорта ($ПЦМ_{20}$).

$$M_{ЦМ6} = \{ПЦМ_{18}, ПЦМ_{19}, ПЦМ_{20}\}. \quad (8)$$

Моделирование транспортных систем, как правило, проводится с помощью специальных программных средств ($П_p$). Наиболее популярными среди зарубежных имитационных программ транспортного моделирования является PTV Vision, AIMSUN2, Dracula, Paramics. Среди российских разработок можно выделить программные продукты AnyLogic и «Дорожный менеджер».

Анализ предметной области показывает сильную вариативность использования элементов модели описания предметной области (рис. 1). Так, в AnyLogic, на наш взгляд детализированы представлены элементы модели: $M_{ЦМ1}, M_{ЦМ2}$; в программе «Дорожный менеджер» – $M_{ЦМ1}, M_{ЦМ3}, M_{ЦМ5}, M_{ЦМ6}$; в PTV Vissim – $M_{ЦМ1}, M_{ЦМ2}, M_{ЦМ4}, M_{ЦМ5}, M_{ЦМ6}$. При этом излишняя детализация, не отвечающая целям исследования, увеличивает временные и стоимостные затраты на моделирование. Таким образом, в программных продуктах по транспортному моделированию объектная модель городской транспортной системы представляется не в полном объеме, так как программные средства разработаны для решения определенного вида задач и для разного уровня детализации. Другими словами, определяющим фактором для получения качественного результата является выбор адекватного соответствующего программного продукта.

Выполненная декомпозиция предметной области «Управление транспортной системой» обеспечивает сокращения времени моделирования и получения результатов, отвечающие поставленным целям.

Литература

1. Михеева Т.И. Использование принципов объектно-ориентированного проектирования интеллектуальной транспортной системы // Вестн. Сам. гос. техн. ун-та, 2005. №34. С. 141-148.
 2. Бекмагамбетов М.М., Кочетков А.В. Анализ современных программных средств транспортного моделирования // Исследования, конструкции, технологии, 2012. №6 (77). С. 25-34.
 3. Мамаев Э.А., Ковалева Н.А. К оценке потерь экономики от неэффективности организации движения в транспортной сети // Вестник РГУПС, 2014. № 2 (54). С. 64-69.
 4. Горев А.Э. Основы теории транспортных систем // СПб: СПбГАСУ, 2010. 214 с.
 5. Ковалева Н.А., Мамаев Э.А. Формирование скоростных маршрутов в городской транспортной системе // Инженерный вестник Дона, 2015, №3 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2015/3225.
 6. Никитина А.Н., Миронюк В.П. Тарифная политика логистической системы городского пассажирского транспорта // Инженерный вестник Дона, 2013, № 2 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2013/1661.
 7. Галкина Г.А. Метод прогнозирования состояния транспортного потока при управлении на сети // Инженерный вестник Дона, 2012, №4 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p1y2012/1071.
 8. Алибеков Б.И., Мамаев Э.А. Модели размещения и развития объектов региональной транспортной системы и приближенный метод их решения // Вестник РГУПС, 2012. №4. С. 96-105.
 9. Xie F., Levinson D. Modeling the growth of transportation networks: a comprehensive review // Netw Spat Econ. 2009. № 9. pp. 291–307.
 10. Hollander Y., Prashker J. N. The applicability of non-cooperative game theory in transport analysis // Transportation. 2006. № 33. pp. 481–496.
-

References

1. Miheeva T.I. Vestn. Sam. gos. tekhn. un-ta, 2005. №34. pp. 141-148.
2. Bekmagambetov M.M., Kochetkov A.V. Issledovaniya, konstrukcii, tekhnologii, 2012. №6 (77). pp. 25-34.
3. Mamaev E.H.A., Kovaleva N.A. Vestnik of Rostov State Transport University, 2014. № 2 (54). pp. 64-69.
4. Gorev A.EH. Osnovy teorii transportnyh system [Fundamentals of the theory of transport systems]. SPb: SPbGASU, 2010. 214 p.
5. Kovaleva N.A., Mamaev E.H.A. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2015, № 3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2015/3225.
6. Nikitina A.N., Mironyuk V.P. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2013, № 2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2013/1661.
7. Galkina G.A. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2012, № 4, URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p1y2012/1071.
8. Alibekov B.I., Mamaev E.A. Vestnik of Rostov State Transport University, 2012. №4. pp. 96-105.
9. Xie F., Levinson D. Modeling the growth of transportation networks: a comprehensive review. Netw Spat Econ, 2009. №9. pp. 291-307.
10. Hollander Y., Prashker J.N. Transportation. 2006. №33. pp. 481-496.