Math-Net.Ru

Общероссийский математический портал

Т. И. Михеева, Использование принципов объектно-ориентированного проектирования интеллектуальной транспортной системы, *Вестн. Сам. гос. техн. ун-та. Сер. Физ.-мат. науки*, 2005, выпуск 34, 141–148

DOI: <https://doi.org/10.14498/vsgtu348>

Использование Общероссийского математического портала Math-Net.Ru подразумевает, что вы прочитали и согласны с пользовательским соглашением
<http://www.mathnet.ru/rus/agreement>

Параметры загрузки:

IP: 35.173.219.12

26 апреля 2023 г., 13:19:53

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИНЦИПОВ ОБЪЕКТНО-ОРИЕНТИРОВАННОГО
ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ**

Приводятся объектно–ориентированные модели, описывающие основные понятия предметной области «Организация дорожного движения и перевозок», такие, как улично-дорожная сеть города, транспортный поток, управление транспортным потоком. На данных моделях строится интеллектуальная транспортная система.

Основные тенденции развития автомобильного транспорта в общей транспортной структуре отечественной и зарубежной экономики в ближайшем будущем выражаются в повышении качества перевозок и дорожного движения на основе современных техники и технологий. Это в первую очередь связано с универсальностью автомобильных перевозок, призванных в наибольшей степени отвечать требованиям потребителей, как общественных, так и индивидуальных. Автомобильный транспорт осуществляет более половины объема грузовых и пассажирских перевозок и реализует свое главное преимущество – доставку грузов и пассажиров по принципу «от двери до двери».

К основным факторам, обуславливающим рост перевозок на автомобильном транспорте и увеличение интенсивности движения на автомобильных дорогах следует отнести: меньшие суммарные затраты на перевозку, перегрузку и хранение по сравнению с другими видами транспорта; высокое качество услуг автомобильного транспорта, привлекающее большую часть различных видов перевозок от общего их объема; рост деловой активности и подвижности населения вследствие перехода к новым экономическим условиям; увеличение мелкопартионных, ценных, срочных и скоропортящихся грузов; переселение части городских жителей в пригородные районы, развитие системы отдыха и туризма и др.

Однако, наряду с повышением качества транспортных услуг, рост автомобилизации приводит к появлению ряда существенных проблем: рост количества дорожно-транспортных происшествий; ухудшение экологической обстановки; заторы в часы «пик»; большие потери времени для участников движения; перепробеги, высокий расход топлива и, как следствие, увеличение суммарных эксплуатационных затрат на автомобильные перевозки.

Несмотря на большой вклад в развитие теории транспортных потоков с позиции ее активного использования для решения задач организации дорожного движения и перевозок, внесенный авторитетными отечественными и зарубежными учеными, решение отмеченных проблем остается до настоящего времени актуальным. Учитывая стохастическую природу дорожного движения, динамичность изменения его характеристик во времени, по-прежнему большую сложность представляет процесс качественной оценки и прогнозирования изменений дорожно-транспортных ситуаций на сети автомобильных дорог. Для реализации различных стратегий управления дорожным движением необходимо в реальном масштабе времени собирать достоверную информацию о движении автомобилей на сети с учетом вероятностных свойств транспортного потока.

В последние годы технологии интеллектуальных транспортных систем (ИТС) все активнее используются в развитых странах мира. В отечественной практике реализованы и используются лишь отдельные элементы ИТС, тем не менее, наблюдается тенденция совершенствования и внедрения таких систем в процесс организации перевозок и движения. Анализ зарубежного опыта построения и развития ИТС, принципы их интеграции, использования для осуществления грузовых, пассажирских перевозок и управления дорожным движением позволяет сделать вывод о высокой их эффективности, технической возможности и целесообразности использования на автомобильном транспорте.

Интеллектуальная транспортная система – это комплекс технических и программных средств, управляемых человеком и компьютером. ИТС представляет собой интегрированный комплекс средств управления дорожным движением и перевозками, применяемых для решения всех видов транспортных задач на основе новых информационных технологий, методов моделирования транспортных процессов, программного обеспечения, организации информационных потоков в реальном масштабе времени.

Решая те или иные задачи управления дорожным движением, инженеры и исследователи сталкиваются со следующими вопросами: как соизмерить значение, степень важности различ-

ных мероприятий, направленных на улучшение обслуживания транспортных и пешеходных потоков; как сопоставить эти мероприятия и дать им необходимую комплексную оценку. Ответы на эти вопросы могут дать только эксперименты - натурный и вычислительный [3]. В натурном эксперименте информацию о процессе или системе собирают путем измерений в реальных условиях. По мере развития средств и методов управления дорожным движением возрастает число оцениваемых параметров, повышаются требования к качеству информации, значительно увеличивается цена решений. В этих условиях натурный эксперимент очень дорог, а порою и невыполним. Это определяет проблему разработки методов и средств, которые были бы сопряжены с минимальными ресурсными затратами. Вычислительный эксперимент, реализованный на компьютере, приемлем для решения ряда задач, возникающих при проектировании систем управления транспортными потоками. Основные задачи вычислительного эксперимента - сравнительная оценка различных алгоритмов управления, определение эффективных областей их применения, а также нахождение оптимальных значений параметров управления. Недостаток вычислительного эксперимента состоит в том, что применимость его результатов ограничена рамками принятой математической модели, построенной на основе закономерностей, выявляемых при помощи натурального эксперимента.

Математическое моделирование в вычислительном эксперименте целесообразно разделить на аналитическое и имитационное. Учитывая сложность процессов управления дорожным движением при аналитическом моделировании, приходится прибегать к жестким ограничениям с целью упрощения. Поэтому аналитическая модель позволяет находить только приближенное решение задачи, делающее во многих случаях невозможным получение конструктивных результатов исследования, которые могут быть использованы в практике проектирования интеллектуальных транспортных систем. В отличие от аналитической, имитационная модель позволяет воспроизводить управление транспортными потоками любой сложности с необходимым уровнем детализации, что ограничивается лишь ресурсами компьютера.

Для повышения эффективности применения имитационного моделирования в процессе управления транспортными потоками необходимо предоставить в распоряжение пользователя методы проектирования моделей, средства автоматизации программирования моделей и методы проведения эксперимента на имитационных моделях. Необходимость решения перечисленных задач определяет проблему создания гибкой имитационной технологии, обеспечивающей проведение компьютерных экспериментов в предметной области (ПО) «Организация дорожного движения и перевозок», имеющей эффективную реализацию в современной вычислительной среде и легко адаптирующейся к задачам проектирования и исследования интеллектуальных транспортных систем. Эта проблема связана с использованием методов и инструментальных средств, позволяющих разрабатывать технологии компьютерного исследования с полным учетом свойств ПО и профессионального кругозора исследователя. Такая технология должна иметь:

- гибкий предметно-ориентированный языковой интерфейс проектировщика;
- единый стиль представления информации;
- гибкую среду проектирования, обеспечивающую спецификацию моделей, простоту их модификации;
- гибкую имитационную среду, допускающую расширение спектра исследовательских задач;
- возможность обеспечения адаптивного характера процесса управления.

Предметно-ориентированное конструирование позволяет создавать эволюционные технологии исследований, которые в отличие от существующих позволяют не только получать в имитационном эксперименте новые знания о предметной области, но и использовать их для развития технологии исследований путем уточнения и расширения понятийных основ ПО. Кроме того, использование универсальной инструментальной основы объектно-ориентированного проектирования (ООП) позволяет сократить сроки создания новых имитационных технологий компьютерного исследования, что обеспечивается средствами автоматизации конструирования имитационной среды.

В качестве методологической основы предметно-ориентированного проектирования компьютерной технологии управления дорожным движением предлагается использовать расслоение свойств ПО. Подобное расслоение базируется на использовании таксономических моделей (моделей наследования), которые с одной стороны органично связаны с иерархической декомпозицией ПО, а с другой, имеют адекватную реализацию в виде механизмов наследования

свойств, характерного для объектно-ориентированных систем программирования и моделирования [2–4].

Таким образом, задача проектирования ИТС формулируется как создание компьютерной технологии управления транспортными потоками на декомпозиционной основе таксономического расслоения свойств предметной области. Такая технология предоставляет пользователю-непрограммисту объектно-ориентированные средства спецификации моделей, проведение имитационных экспериментов и анализа их результатов, обеспечивающие снижение трудоемкости и улучшение качества проектирования интеллектуальной транспортной системы.

Эта задача включает в себя ряд подзадач:

- систематизацию принципов и методов управления транспортными потоками и перевозками;

- разработку унифицированной модели ПО «Организация дорожного движения и перевозок» и наполняющих ее таксономических моделей классов;

- определение таксономических моделей инструментальных программных средств объектно-ориентированного проектирования ИТС на основе таксономической спецификации межклассовых отношений ПО;

- разработку CASE-инструментов объектно-ориентированного проектирования ИТС на основе таксономических моделей;

- программную реализацию классов ПО «Организация дорожного движения и перевозок» на основе использования универсальных алгоритмов и методов стратифицированного конструирования объектов и их ассоциаций по регламенту таксономических моделей, а также разработку CASE-инструментов поддержки имитационной среды;

- разработку методики проведения имитационных экспериментов с использованием компьютерной технологии управления транспортными потоками (ТП).

Используемые методы конструирования компьютерных технологий управления ТП связаны с концепциями ООП, иерархического расслоения программных систем. Эти концепции распространяются на весь круг задач, связанных с разработкой CASE-инструментов предметно-ориентированного проектирования ИТС. Адекватность такого подхода к созданию сложноорганизованных систем обусловлена представлением о реальном мире как совокупности взаимосвязанных объектов и базируется на строгих математических построениях программной таксономии [5–7]. В основе объектно-ориентированного проектирования лежит представление о том, что программную систему надо проектировать как совокупность взаимодействующих друг с другом объектов, рассматривая каждый объект как экземпляр определенного класса, причем классы образуют иерархию. При проектировании сложноорганизованных систем, к классу которых, несомненно, относятся ИТС, задачи декомпозиции ПО на классы объектов и структурирования объектов и их ассоциаций выходят на первый план. Страуструп отмечает, что наиболее значительным достижением ООП является введение иерархии классов в процессе проектирования, и именно это позволяет повысить эффективность и качество сложноорганизованных систем [6].

Моделирование широко распространено во всех инженерных дисциплинах, в значительной степени из-за того, что оно реализует принципы декомпозиции, абстракции и иерархии. Объектная декомпозиция уменьшает размер программных систем за счет повторного использования общих структур и механизмов. Системы, построенные с использованием объектно-ориентированного подхода, более гибкие и проще эволюционируют во времени, так как их схемы базируются на устойчивых промежуточных формах. Развитие информационного обеспечения процесса моделирования связано с использованием современных информационных технологий [1,4,8,9], для которых характерно наличие механизмов формализации знаний, адаптирующихся под «интеллектуальный кругозор» пользователя. Использование такой технологии позволяет автоматизировать процесс перехода от предметно-ориентированной формализации знаний к программе, имитирующей механизмы работы проектируемой системы. Технология компьютерного проектирования сложноорганизованных систем для любой предметной области включает в себя следующие этапы:

- 1) спецификация задачи исследования;
- 2) конструирование информационного образа задачи в памяти компьютера;
- 3) имитационный эксперимент с моделью задачи;
- 4) анализ результатов эксперимента.

Концептуальную основу ООП составляют *абстрагирование, инкапсуляция, модульность, наследование*. Абстрактный тип в терминах ООП трактуется как класс объектов [3–5], что оп-

ределяет основу для классификации и декомпозиции объектов в различных ПО. Понятие класса фактически определяет алгебру объектов, специфицируя потенциальное множество объектов и возможные действия над объектами этого множества [4, 6]. Определение класса основывается при этом на задании имманентных свойств, присущих объектам класса, – это могут быть свойства обладания определенным качеством (абстракция сущности объектов класса) и/или обладания способностями производить определенные действия (абстракция поведения объектов класса). Например, свойство «Управлять дорожным движением» присуще всем техническим средствам организации дорожного движения (ТСОДД) и является классообразующим признаком класса «Технические средства организации дорожного движения». В качестве других признаков этого класса могут использоваться, например, место расположения, дата установки, тип светофора – транспортный или пешеходный и т.п. Помимо того, что класс обладает (описывается) множеством свойств, он в то же время, является множеством, состав объектов которого может меняться в динамике работы системы, сохраняя при этом иерархию наследования. Класс как множество в любой момент времени характеризуется набором принадлежащих ему объектов и может быть задан простым перечислением идентификаторов, например для класса «ТСОДД»: «Знак 3.1 - Въезд запрещен», «Знак 2.4 - Уступите дорогу», «Светофор».

Множество всех возможных свойств данного объекта и текущие значения каждого из этих свойств определяют состояние объекта. Состояние объектов модели, а, следовательно, и состояние модели в целом, изменяется в результате межобъектных взаимодействий, определяемых поведением объектов.

Одной из основных черт объектно-ориентированного подхода к спецификации проектируемой системы является наследование свойств [3, 4]. Наследование – это такая иерархия абстракций, в которой подклассы наследуют свойства одного или нескольких суперклассов. Наследование свойств определяет декомпозиционную основу, характерную для таксономических моделей классификации, задающих иерархию обобщения-специализации, в которой суперклассы отражают наиболее общие, а подклассы – специализированные абстракции.

В подходе, развиваемом при проектировании ИТС, таксономические модели ПО «Организация дорожного движения и перевозок» используются как регламент стратифицированного (послойного) конструирования объектов и их классов. Послойное проектирование реализуется на основе принципа модульности, состоящего в разделении целого на части. Проектирование слоев начинается с уровня абстрактных общезначимых понятий и заканчивается уровнем предметно-ориентированных категорий. Послойное проектирование систем может быть как вертикальным, так и горизонтальным. Классы в программе представляют собой фундаментальные понятия предметной области и, в частности, фундаментальные понятия моделируемой «реальности». Объекты реального мира и артефакты реализации представляются объектами классов. Хорошо спроектированная система содержит следующие классы, поддерживающие логически разные взгляды на систему:

- классы, представляющие прикладные понятия предметной области: легковые автомобили, грузовики, автобусы;

- классы, представляющие обобщения прикладных понятий предметной области: транспортные средства;

- классы, представляющие аппаратные ресурсы компьютера: класс, управляющий распределением памяти;

- классы, представляющие ресурсы системы: потоки вывода результатов экспериментов;

- классы, используемые для реализации других классов системы: списки, очереди.

Модуль выступает как *программный эквивалент класса*, в котором инкапсулированы все свойства этого класса. Инкапсуляция (ограничение доступа) заключается в разделении декларативной и функциональной спецификаций модуля. Декларативная спецификация задает абстракцию поведения всех объектов соответствующего класса, а функциональная спецификация определяет механизмы этого поведения. Функциональная спецификация оказывается закрытой, и проектирование программных систем осуществляется на уровне декларативной спецификации. При этом такой модуль-класс экспортирует произвольно определенный тип данных, переменные которого должны использоваться для идентификации объектов класса, и набор связанных с этим типом операций. Поскольку в процессе имитации предполагается динамическое порождение объектов, экспортируемый тип должен быть ссылочным. Одновременно это обеспечивает также возможности «скрытого» экспорта и связанной с ним полной инкапсуляции программных моделей объектов. Модуль компилируется автономно, что является неотъемлемым технологическим свойством послойного проектирования программных систем. Модульное по-

строение системы и механизмы наследования дают разработчику инструмент конструирования объектов на основе «импорта-экспорта», обеспечивающего эффективную компоновку каждого нового слоя с уже созданными слоями верхних уровней обобщения.

Процесс исследования предметной области начинается с определения моделей и декомпозиции предметной области, т.е. с решения задачи классификации - определения классов объектов, из которых будут конструироваться модели для исследования этой предметной области.

Объектно-ориентированный анализ ПО «Организация дорожного движения и перевозок» позволил определить границы проблемной области и выделить ключевые абстракции и механизмы. Методы и средства ООП обеспечивают построение таксономических моделей классов ПО. Использование таких моделей позволило произвести декомпозицию ПО на классы объектов и установить регламент межклассовых отношений, на базе которых может быть построена унифицированная иерархическая модель классов ПО.

Управление сложным объектом требует создания модели объекта управления. В ИТС – это модель транспортного потока [4]. Транспортный поток, как объект управления, представляет собой совокупность большого числа дискретных элементов - автомобилей. На основе исследований дорожного движения и практики его организации [10-12] выработаны многочисленные измерители и критерии. К наиболее часто применяемым для характеристики движения показателям относятся: интенсивность движения (авт./ч; авт./сут.); скорость движения (км/ч; м/с); плотность транспортного потока (авт./м).

Топологические характеристики города имеют значение при разработке схем организации движения, расчете программ координированного управления и т.п. Представим УДС как систему и поставим задачу отыскать минимально необходимые элементы, из которых она может быть построена. Заметим, что агрегатное построение модели сети позволяет рассматривать сети различных размеров и с различными вариантами организации движения с единых позиций. При таком подходе достигается универсальность описания ТП в сети, так как она может быть разбита на стандартно описываемые элементы – участки дороги. Такими элементами являются линейные участки дороги - перегоны, перекрестки дорог, пешеходные переходы и железнодорожные переезды [13, 14]. Для описания УДС с несколькими полосами движения (с учетом движения по ним ТП) необходимо ввести дополнительно объекты: ребро и узел.

Систематизация и обобщение известных схем локального и координированного управления дорожным движением на УДС города дает возможность выстроить общую структуру управления и спроектировать схему опосредованного управления. Такая схема основана на расслоении динамических свойств ИТС и позволяет реализовать универсальные инструментальные средства управления имитацией.

Целью управления транспортными потоками на перекрестке является обеспечение безопасного и эффективного движения транспортных средств. Качественные оценки должны соотноситься с количественными критериями, которые необходимо измерить и оптимизировать: количество остановок, время задержки, длина очереди, средняя скорость, расход горючего. В качестве основополагающего критерия эффективности алгоритмов в ИТС принята величину задержки, приходящейся на одно транспортное средство.

Разновидностью системного управления со сменой программ координации является координированное управление (КУ). За последние годы проводилось широкое исследование проблемы координированного управления ТП [8, 12]. Накопленный материал позволил установить некоторые закономерности изменения физических характеристик ТП. Схема управления должна быть пригодной для различных условий, но достаточно простой, чтобы гарантировать надежность.

Сущность КУ сводится к обеспечению безостановочного проезда группы автомобилей с определенной скоростью через все регулируемые перекрестки магистрали. Для этого сдвиг фаз регулирования в направлении координации выбирается, исходя из заданной скорости движения групп и расстояния между перекрестками.

Модель предметной области представляется тетрадой объектно-ориентированных моделей:

$M_{ОДД} = \langle M_{ТП}, M_{УДС}, M_{ТСОДД}, M_{УТП} \rangle$, где $M_{ОДД}$ – модель организация дорожного движения;

$M_{ТП}$ – модель транспортного потока определяется классами: Скорость, Интенсивность, Плотность;

$M_{УДС}$ – модель улично-дорожной сети определяется классами: Участок, Узел, Ребро;

$M_{ТСОДД}$ – модель технических средств организации дорожного движения (ТСОДД) определяется классами: Светофорный Объект, Дорожный Знак, Дорожная Разметка;

М_{УТП} – модель управления транспортным потоком определяется классами: Дислокация Технических Средств Организации Дорожного Движения, Координированное Управление Транспортным Поток, Оптимизация Транспортного Пути.

Р и с . 1. Декомпозиция предметной области на классы объектов

Руководствуясь этими принципами декомпозиции, можно построить унифицированную модель ПО «Организация дорожного движения и перевозок» и наполнить ее классами объектов, реализующих основные понятия этой ПО (рис. 1).

Эти модели отражают различные аспекты структуры и функционирования ИТС и наполнены классами объектов, полученных в результате декомпозиции ПО. Регламент межклассовых отношений устанавливают таксономические модели классов. Такие модели основаны на отношении обобщения и определяются иерархической структурой дерева. Дерево строится на основе простого связного графа путем ориентации его вершин – классов ПО в соответствии с правилами, определяющими отношения непосредственного и опосредованного обобщения. В корнях дерева размещаются родовые классы, представленные универсальными свойствами ПО, в листьях – классы, обладающие полным набором предметно-ориентированных свойств этой области.

На рис. 2 приведен пример таксономического дерева, определяющее модель класса «Интенсивность ТП», который специфицируется следующими основными параметрами: ребро транспортной сети, на котором измеряется интенсивность (*Edge*); количество транспортных единиц определенного вида (мотоцикл, легковой автомобиль, грузо-

вой, автобус, троллейбус, автопоезд) (*NTransp*); коэффициент приведения (*KReduct*); приведенная интенсивность (*ReductIntens*); интенсивность движения трамваев (*IntensTram*) и пешеходов (*IntensPed*); время начала и окончания измерения интенсивности (*BeginEndTime*); дата измерения – время года (*Date*). Таксономическая модель класса «Интенсивность» будет выглядеть следующим образом: *TIME *BeginEndTime, Date; NTransp, KReduct *ReductIntens; EdgeProp₁,...,EdgeProp_n *Edge; Edge, ReductIntens, IntensTram, IntensPed, BeginEndTime, Date ** ИНТЕНСИВНОСТЬ. Класс объектов «Edge» характеризуется набором имманентных свойств (*EdgeProp_i, i=1,n*). Символ «*» обозначает отношения обобщения (*A*B* ⇒ *A* обобщает *B*, *B* наследует свойства *A*).

Такая модель определяет статический регламент послойного конструирования объектов: каждый новый уровень наследования расширяет основу спецификации и сужает множество объектов, конструируемых на этой основе. Таким образом, каждый объект является носителем наследуемых свойств и приобретенных. Регламент спецификации наследования в задаче стратифицированного конструирования объектов связан только с контролем иерархических отношений в дереве и не накладывает никаких ограничений на выбор объектов, из которых конструируются агрегаты.

В любом классе можно динамически создавать подмножество объектов этого класса с заданным отношением порядка, называемых ассоциациями. Ассоциативное дерево – это упорядоченная структура списка, начинающаяся с Особого Элемента и состоящая из элементов, каждый из которых является либо объектом, либо ассоциацией. Класс, основанный на таксономических отношениях, определяет единственный особый элемент ассоциативного дерева – корень, который является статической вершиной дерева. Любая ассоциация определяет «точку роста» ассоциативного дерева, в которой может быть динамически создана новая ветвь, которая

также является ассоциативным деревом. Это *рекурсивное* определение ассоциативного дерева иллюстрируется примером рекурсивной структуры такого дерева, приведенным на рис. 3.

Р и с . 2. Таксономическое дерево класса «Интенсивность»

Р и с . 3. Таксономическая структура организации ассоциации координированного управления «Зеленая волна»

Любой модуль имитационной среды ИТС локализованный информационно, как программный эквивалент класса объектов ПО, характеризуется триадой $\langle TypeOb, TFunction, Algorithm \rangle$, где $TypeOb$ – тип объектов класса, $TFunction$ – действия над объектами – переменными типа $TypeOb$, $Algorithm$ – схемы поведения объектов-экземпляров класса. $TFunction$ и $TypeOb$ экспортируются из модуля-класса, $Algorithm$ инкапсулированы в нем, так что пассивация и активация элементов $Algorithm$ вне модуля опосредована, – она производится через вызовы элементов $TFunction$.

Имитационное моделирование транспортных потоков имеет свои особенности. Одним из главных условий эффективного применения имитационного моделирования является соответствие затрат машинного времени сложности решаемой задачи. С этой точки зрения целесообразно разделение статистических моделей микро- и макроструктуры ТП. При исследовании методов локального управления или системных алгоритмов в приложении к небольшим участкам дорожной сети необходимо имитировать поведение каждой транспортной единицы. Анализ системного управления на больших участках УДС позволяет имитировать ТП как единое целое или по элементам, но без идентификации отдельных транспортных единиц. Элементы для микро- и макроструктуры ТП разные. Если для модели микроструктуры в качестве элемента необходимо выбрать отдельную транспортную единицу, то для модели макроструктуры элементом может служить часть ТП из нескольких транспортных единиц.

Для элемента ТП в макроструктуре можно отметить два преобразования:

- выбор режима движения ТП в зависимости от местонахождения транспортных единиц на сети (перегон, перекресток, граница моделируемого района);
- имитация режима движения по сети за интервал сканирования.

Второй вид преобразований для структуры ТП находится по отношению к первому в подчиненном положении.

Данное разделение моделей позволяет существенно снизить затраты машинного времени при моделировании больших районов управления.

Другой принцип, обеспечивающий сокращение времени моделирования, - иерархическое объектное построение эволюционных моделей. Объектно-ориентированный анализ и проектирование – это метод, логически приводящий к объектно-ориентированной декомпозиции. ООП позволяет создавать гибкие программы, написанные экономными средствами. Разумное разделение пространства состояний повышает достоверность моделей системы.

Объектные модели могут рассматриваться в двух аспектах: с позиции времени и пространства. В первом случае это модели со сканированием имитируемого процесса, когда состояние объекта снимается через постоянные интервалы времени. Во втором - в качестве основного вида преобразования информации в моделях используют имитацию движения, заключающуюся в последовательном изменении координат элемента ТП со скоростью, зависящей от транспортной ситуации. Знания координат и скоростей для каждого элемента ТП позволяют определить все его характеристики.

Использование технологии ООП позволило решить задачу разработки таксономических моделей инструментальных классов поддержки имитационной среды ИТС для проведения исследований управления ТП на УДС г. Самара.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Гаврилов А.А.* Моделирование дорожного движения. М.: Транспорт, 1980. 189 с.
2. *Budd T.* An Introduction to Object-Oriented Programming. Oregon State University: Addison – Wesley, 1997. 467 с.
3. *Кораблин М.А., Смирнов С.В.* Наследование свойств в задачах объектно-ориентированного программирования на языке Модула-2 // Программирование. 1990. №4. С. 38–43.
4. *Михеева Т.И., Михеев С.В.* Модели наследования в системе управления дорожным движением // Информационные технологии, 2001. № 7. С. 50-54.
5. *Буч Г.* Объектно-ориентированный анализ и проектирование с примерами приложений на С++ / Пер. с англ. СПб.: Невский диалект, 1999. 560 с.
6. *Stroustrup B.* The C++ programming language. Massachusetts: Addison-Wesley publishing company. 1991. 371 p.
7. *Halbert D.C., O'Brien P.D.* Using types and inheritance in object-oriented programming // IEEE Software. 1987. N5. P.71-79.
8. *Брайловский И.О., Грановский Б.И.* Моделирование транспортных систем. М.: Транспорт, 1978. 125 с.
9. *Михеева Т.И.* Применение инструментальных средств проектирования интеллектуальной транспортной системы // Организации и безопасность дорожного движения в крупных городах. Тр. 6 междунар. научно – практич. конф. Санкт – Петербург: С-ПБАДИ, 2004. С. 85 - 89.
10. *Артынов А.П., Кондратьев Г.А.* Управление взаимодействием транспортных систем. М.: Наука, 1986. 197с.
11. *Иносе Х., Хамада Т.* Управление дорожным движением: Пер. с англ. М.: Транспорт, 1983. 248 с.
12. *Кликовштейн Г.И.* Организация дорожного движения. М.: Транспорт, 1982. 240 с.
13. *Михеева Т.И., Большаков А.С.* САПР улично-дорожной сети города // В кн. Развитие инновационного потенциала отечественных предприятий и формирование направлений его стратегического развития. Труды Всероссийской научно-практической конференции. Пенза: МНИЦ, 2003. С. 100 – 102.
14. *Михеева Т.И., Михеев С.В.* Методы и средства проектирования систем управления дорожным движением // Интеллектуальные системы: Тр. Шестого международного симпозиума (INTELS' 2004) / Под ред. К.А. Пупкова. М.: РУСАКИ, 2004. С. 406 – 409.

Поступила 25.05.2004 г.