

УДК 004.9

СТРАТИФИЦИРОВАННАЯ ПАТТЕРНОВАЯ МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ ПРИ УПРАВЛЕНИИ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРОЙ

© 2018 С.В. Михеев¹, Т.И. Михеева^{1,2}

¹Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева,

²Самарский государственный технический университет

Статья поступила в редакцию 12.12.2018

Для моделей систем поддержки принятия решений при управлении транспортной инфраструктурой характерно использование сложных динамически реконфигурируемых структур объектов и их ассоциаций. Методология синтеза систем управления транспортной инфраструктурой основана на развиваемом подходе к системному анализу и компьютерному моделированию сложноорганизованных систем. При разработке использованы оригинальные приемы объектно-ориентированного проектирования на основе теории паттернов. Конструирование и реконструирование таких паттернов требует инструментов, обеспечивающих эти процессы универсальными средствами создания и динамической модификации объектов. В статье вводятся основные определения паттерного проектирования (в дальнейшем *P*-моделей), специфицируются виды и структуры паттернов, определяется организация конструирования объектов на основе *P*-моделей. В целом вводимые аксиоматика и систематизация базируются на использовании оригинальных определений и составляет концепцию стратифицированного паттерного конструирования объектов и ассоциаций. В качестве информационной, методологической и имплементативной основы проектирования системы поддержки процессов принятия решения при управлении транспортной инфраструктурой рассмотрена стратифицированная паттерновая модель. Синтез системы поддержки принятия решения при управлении транспортной инфраструктурой производится на фундаментальной методологической основе, определяемой объектно-ориентированной парадигмой, устанавливающей первичность и атомарность категорий объектов, таксономических и агрегатных паттернов свойств и отношений между объектами. Синтез универсальных структур на основе паттернов рассмотрен на формальной декларации объектов, инвариантной к их предметной ориентации. Наряду с синтезом методических *P*-моделей описаны паттерны формализации и систематизации релевантных информационно-логических и функциональных аспектов транспортной инфраструктуры. Имплементативные *P*-модели содержат результативности паттерного проектирования системы поддержки принятия решения при управлении транспортной инфраструктурой процессов моделирования, управления, экспериментальных исследований. Синергетические *P*-модели выступают, как часть системного анализа общих принципов функционирования сложноорганизованной системы, в качестве которой рассматривается система поддержки принятия решения.

Ключевые слова: метод стратификации, центральная страта, декларативная страта, методическая страта, имплементативная страта, паттерновая модель, система поддержки принятия решения, управление транспортной инфраструктурой

Системный подход, как научное направление решения задач управления, является объектом исследования объектов и систем с анализом статических структур и динамического функционала. Система агрегируется множеством компонентов, находящихся в отношениях, имеющих связи между собой, образующими целостность и единство. Сложная организационно-техническая система поддержки принятия решения при управлении транспортной инфраструктурой представляет собой сложноорганизованную систему, акцентирующую когнитивные и адаптив-

ные аспекты ее функционирования, имеющую потенциальную возможность самоорганизации и развития. Попытки формализации задач поддержки принятия решения привели к появлению ряда подходов, методик и интеллектуальных систем, помогающих лицу, принимающему решения, в его деятельности.

Во всех инженерных дисциплинах широкое распространение получили объектно-ориентированный анализ, проектирование и программирование, в основе которых лежат принципы декомпозиции, абстракции и иерархии. Современные методологии структурного анализа и проектирования в CASE-инструментах, различные технологии инженерии знаний в общем случае не предлагают систематической процедуры или формализма, позволяющего «вывести» структуру понятий и отношений предметной области (ПрО) из доступных о ней данных.

Михеев Сергей Владиславович, кандидат технических наук, доцент кафедры организации и управления перевозками на транспорте Самарского университета. E-mail: mikheevati@its-spc.ru

Михеева Татьяна Ивановна, доктор технических наук, профессор кафедры организации и управления перевозками на транспорте Самарского университета.

Методология формализации, анализа, синтеза системы поддержки процессов принятия решений при управлении транспортной инфраструктурой базируется на комплексной стратегии повышения уровня абстракции используемых моделей, охватывающих реализуемые комбинации особенностей объектов предметной области. В основе методологии находится концепция объектно-ориентированного анализа и проектирования как совокупности взаимодействующих друг с другом сущностей предметной области (объектов), рассматривая при этом объекты, как экземпляры определенных классов, образующих таксономическую иерархию [1].

Реализация проектов по разработке систем поддержки процессов принятия решений и моделированию бизнес-процессов рождает ситуации, когда решения задач в различных проектах имеют схожие структурные черты. Во многих объектно-ориентированных системах можно встретить шаблоны, состоящие из классов и взаимодействующих объектов, с помощью которых решаются конкретные задачи проектирования, существующие одновременно в нескольких системах. Обобщение и классификация таких задач и наиболее удачных путей их решения привели к появлению паттернов. В [2] паттерновый подход охарактеризован следующим образом: «Любая математическая теория представляет собой набор частных случаев, трактуемых с единых позиций». На основе объектно-ориентированного проектирования (ООП) паттерн из абстрактной категории превратился в неотъемлемый атрибут современных CASE-средств [3, 4].

Существенными особенностями проектируемой системы поддержки процессов принятия решения, как информационной паттерновой модели, являются [5, 6, 7]:

- сложность и масштабность моделей, наполняющих систему управления транспортной инфраструктурой, выражающиеся в большом количестве типов, в применении альтернативных механизмов множественного наследования и полиморфного переопределения свойств объектных типов, в использовании вложенных агрегатных и селективных конструкций и ассоциаций [8, 9, 10];

- необходимость поддержки запросов к данным в декларативном, предикативном и навигационном стилях, эффективной реализации базовых операций манипулирования ими [11, 12];

- широкий контекст использования моделей в приложениях, оперирующих как с данными одной многопрофильной информационной схемы, так и с данными нескольких независимых схем [13, 14];

- взаимодействие с внешними системами, разнородными, гибридными, многофункциональными с определением механизма взаимо-

действия, интеграции в единое пространство данных и функционалов [15].

Определение 1. Паттерн – образец, шаблонная модель, формализованное описание часто встречающейся задачи проектирования, эффективное, в заданном контексте, типовое решение проектной (программной) проблемы [6]. Определим паттерновую модель, как *P*-модель.

В современной программной инженерии создание программных продуктов опирается на экспликацию интеллектуальной роли программно-технических понятий. В этом смысле архитектура системы управления транспортной инфраструктурой должна включать структурно-функциональные компоненты, которые по отдельности или в определенных сочетаниях призваны отобразить *интеллектуальные единицы общей схемы проектирования и технологические составляющие, с помощью которых рассматриваемые интеллектуальные единицы порождаются и увязываются между собой.*

Согласно господствующей познавательной парадигме для абстрагирования любой предметной области первичными и атомарными признаются категории «объектов» и отношений между объектами.

Декларация обобщенных свойств, присущих объектам предметной области, и обобщение этих свойств для обеспечения перехода на высший уровень иерархии абстракции, присущи таксономическим объектно-ориентированным моделям. Данное абстрагирование обеспечивает модульное (паттерновое) проектирование системы за счет стратифицированного подъема с одного уровня иерархии обобщения на другой.

В качестве методологической и информационной основы проектирования системы поддержки процессов принятия решения при управлении транспортной инфраструктурой резонно использовать объектно-ориентированные таксономические модели. В отличие от сетевых, реляционных и иерархических моделей, декларирующих только статические отношения, таксономические модели не просто структурируют информацию, но и обеспечивают «наследование» как самих объектов классов, так и методов обработки объектно-ориентированных структур, определяет единое по имени действие, применимое ко всей иерархии наследования, позволяющей синтезировать паттерны [15].

Таким образом, таксономия с функционалом стратификации в наибольшей степени адекватна задачам разработки системы управления транспортной инфраструктурой.

Определение 2. Стратифицированная *P*-модель декларирует статический регламент структурированного конструирования классов объектов и межклассовых отношений.

Стратифицированная Р-модель декларирует страты, как объекты, получающие онтологический смысл и описывающие элементы нелинейно-динамической системы, в качестве которой выбрана система поддержки принятия решений управления транспортной инфраструктурой. Межклассовые отношения, специфицированные Р-моделью, не могут быть изменены в динамике процесса имитации. Статичность регламента не означает статичности объектов, конструируемых по этому регламенту, они могут динамически реконструироваться в соответствии со структурой межклассовых отношений в модели.

Визуально Р-модель представим совокупностью вложенных сферических страт, определяемых триадой $\langle \hat{S}, (\Psi_1, \Psi_2, \dots, \Psi_n), \Omega \rangle$, где \hat{S} – множество страт пространства предметной области, $\Psi_1, \Psi_2, \dots, \Psi_n$ – множество типов отношений (связей) между стратами пространства, Ω – множество отображений. Кроме традиционных: пространственных, временных и причинно-следственных отношений в системе поддержки процессов принятия решений присутствуют и специализированные отношения, характерные предметной области: теоретико-множественные, логические, функциональные, топологические, иерархические.

Сферическая страта представляет собой классы объектов и, в свою очередь, может быть декомпозирована для получения необходимого уровня детализации. Декомпозиция представляется вырезкой конуса из общего пространства предметной области (рисунок 1).

Определим отображения из любой страты в

каждую, что позволяет связывать данные разных страт. При этом необходимо обеспечить сохранение инвариантов страт – совокупности существенных и неизменяемых свойств объектов каждой страты.

Стратифицированную Р-модель системы поддержки процессов принятия решений при управлении транспортной инфраструктурой определим, как тетраду страт: $P(\hat{S}) = \{A, D, M, F\}$.

Центральную страту пространства наполняют базовые атомарные паттерны A , обладающие неделимостью своей семантики и функционала. В соответствии с методологией стратификации следующие страты определим как: декларативная страта D , методическая страта M и имплементативная (функциональная) страта F .

Декларативная страта расслаивается, в свою очередь, на страты информации об объектах предметной области, их имманентных свойств \tilde{P} и архитектурных структур. Страта представления знаний содержит статически декларируемые модели данных и алгоритмы вывода, оперирующие структурами данных и имеющими функционал, независимый от наполнения содержания.

Методическая страта M расслаивается на страты методов сбора, обработки, хранения, передачи информации об объектах предметной области, математических методов интеллектуального анализа, проектирования, моделирования, визуализации, прогнозирования ситуаций, возникающих в процессе функционирования транспортной инфраструктуры [16].

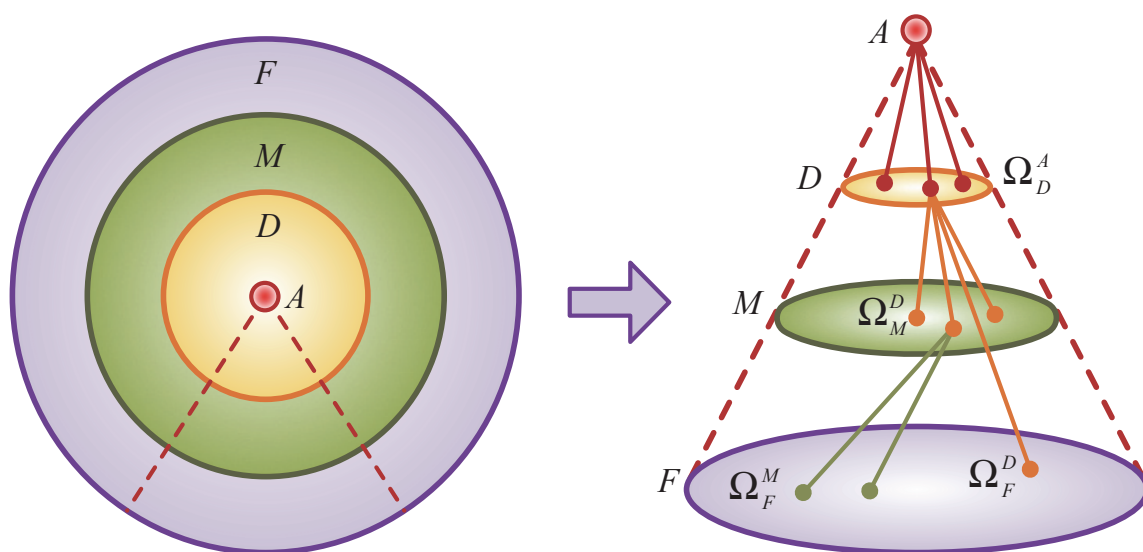


Рис. 1. Стратифицированная Р-модель

Отображение страт определено как:

$$\Omega_D^A : A \rightarrow D, \Omega_M^D : D \rightarrow M, \Omega_F^D : D \rightarrow F, \Omega_F^M : M \rightarrow F$$

Имплементативная страта F расслаивается на страты программных средств обработки данных декларативной страты путем программной реализации методов методической страты на основе паттернов функционального зонирования.

Синтез универсальных структур на основе паттернов базируется на формальной декларации объектов, инвариантной к их предметной ориентации. Такой подход к разработке сложноорганизованной системы поддержки принятия решения обеспечивается паттерновым представлением любого объекта транспортной инфраструктуры в виде архитектуры, состоящей из двух частей: формальной (архитектурной), взаимодействие с которой осуществляется только через универсальные декларативные паттерны, и содержательной, наполняемой значениями имманентных свойств объектов предметной области [17].

Наряду с синтезом методических P -моделей определены паттерны формализации и систематизации релевантных информационно-логических и функциональных аспектов транспортной инфраструктуры, разработаны паттерны формального преобразования исходной информации в паттерновую спецификацию, реализующую все ключевые формы семантического абстрагирования, моделирования, зонального управления и анализа транспортной инфраструктуры на основе методов искусственного интеллекта.

Имплементативные P -модели содержат результативности паттерного проектирования системы поддержки принятия решения при управлении транспортной инфраструктурой процессов моделирования, управления, экспериментальных исследований. Этот дает качественное объяснение основному феномену фазы концептуализации в задачах построения сложноорганизованных систем – возможности формирования и сосуществования различных типов моделей в рамках одной предметной области.

Синергетические P -модели выступают, как часть системного анализа общих принципов функционирования сложноорганизованной системы, в качестве которой рассматривается система поддержки принятия решения при хаотическом управлении транспортной инфраструктурой с синтезом процессов самоорганизации и саморазвития с учетом накладываемых ограничений. Синергетический паттерн *PIntegration* представляет собой архитектурный паттерн синтеза системы поддержки принятия решения, описывающий страты взаимодействия плагинов. Обобщенный паттерн составляет базис проектирования и системы в целом, и отдельных плагинов, реализующих узкий круг специализированных задач предметной обла-

сти. Синергетический паттерн *PIntegration* описывает ограничения и интерфейсы плагинов, входящих в состав системы поддержки принятия решения, обеспечивая их интеграцию и совместное функционирование. Интегрирующая среда содержит платформу для исполнения сценариев транзакции, базовый функционал по взаимодействию приложений, службы протоколирования и мониторинга состояния интегрирующей среды.

Декларативная, методическая и имплементативная страты образуют интегрирующую среду синергетического паттерна *PIntegration*, содержащую процесс передачи данных из декларативной страты, использующую методы из методической страты, отнесение данных и методов в имплементативную страту.

Различные паттерны представляют собой внутренние принадлежности системы, в значительной степени отражая особенности ее конкретной реализации при решении задач управления транспортной инфраструктурой, а все остальные составляющие являются экземплярами различных архитектурных компонентов.

Методическая страта содержит паттерны супервизора системы поддержки принятия решения, паттерны мастеров проектирования базы данных, моделей объектов и процессов предметной области, паттерны мастеров проектирования плагинов. Мастер баз данных по паттернам генерирует шаблон базы объектной модели в соответствии с указываемой ему моделью.

В генерируемом паттерне классов модели надлежащие структуры хранения создаются лишь по отношению к тем классам, объекты которых действительно будут составлять объектные модели предметной области. Объекты классов, описывающих абстрактные, обобщающие понятия, могут и не входить в объектные модели. Тем не менее, свойства и методы, описанные в данных классах, представлены в объектно-ориентированной базе данных. Это происходит в тех случаях, когда хотя бы один класс-наследник из «абстрактных» классов имеет статус, указывающий на присутствие объектов этого подкласса в объектной модели. Мастер моделей автоматизирует разработку супервизоров моделей. Супервизор моделей – архитектурный компонент системы, с помощью которого все компоненты архитектуры образуют связи. Такая унификация позволяет констатировать высокую степень открытости архитектуры системы поддержки принятия решения при управлении транспортной инфраструктурой, ее способность, как инструментального средства, к эволюции.

В качестве информационной, методологической и имплементативной основы проектиро-

вания системы поддержки процессов принятия решения при управлении транспортной инфраструктурой используется стратифицированная паттерновая модель.

Синтез системы поддержки принятия решения при управлении транспортной инфраструктурой производится на фундаментальной методологической основе, определяемой объектно-ориентированной парадигмой, устанавливающей первичность и атомарность категорий объектов, таксономических и агрегатных паттернов свойств и отношений между объектами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Михеева, Т.И.* Структурно-параметрический синтез интеллектуальных транспортных систем / Т.И. Михеева. – Самара : Самар. науч. центр РАН, 2010. – 380 с.
2. *Grenander, U.* General Pattern Theory. Oxford University Press, 1993.–904 p.
3. *Дубина О.* Обзор паттернов проектирования. [www.citforum.ru/SE / project/pattern](http://www.citforum.ru/SE/project/pattern).
4. *Семенов, В.А.* Стратегии объектно-реляционного отображения : систематизация и анализ на основе паттернов / В.А. Семенов, С.В. Морозов, С.А. Порох // Труды института системного программирования РАН, 2004. citforum.gatchina.net.
5. *Михеев, С.В.* Система поддержки принятия решения при дислокации объектов в ГИС / С.В. Михеев, И.Г. Богданова, Д.А. Михайлов / Новые информационные технологии в научных исследованиях // Материалы XIX Всероссийской научно-технической конференции студентов, молодых ученых и специалистов. – Рязань: РГРТУ, 2014. – С. 239.
6. *Михеева Т.И., Михеев С.В., Головнин О.К., Сапрыкин О.Н.* Паттерны проектирования сложноорганизованных систем. – Самара : Интелтранс, 2015. – 216 с. – ISBN 978-5-9906857-2-7.
7. *Норенков, И.П.* Поддержка принятия решений на основе паттернов проектирования [Электронный ресурс] / И.П. Норенков, М.Ю. Уваров // Наука и образование. – 2011. – № 9. – Режим доступа : <http://technomag.edu.ru/doc/228646.html>.
8. *Михеева Т.И.* Инструментальная среда для проектирования объектов интеллектуальной транспортной системы // Вестник Самарского гос. техн. ун-та. Серия «Технические науки» №40. Самара: СамГТУ, 2006. С.96-103.
9. *Михеева Т.И.* Data Mining в геоинформационных технологиях // Вестник Самарского гос. техн. ун-та. Серия «Технические науки» №41. Самара: СамГТУ, 2006. С.96-99.
10. *Михеев, С.В.* Параметризация управляющих объектов урбанизированной территории / Т.И. Михеева, С.В. Михеев, О.К. Головнин // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2015. – Т. 17, № 2 (5). – С. 1058 – 1062.
11. *Золотовицкий А.В., Михеева Т.И.* Применение теории графов в задачах управления дорожным движением // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета. Сер. «Актуальные проблемы радиоэлектроники» - Самара: СГАУ, - 2003. С. 20 - 24.
12. *Михеева Т.И.* Моделирование движения в интеллектуальной транспортной системе / Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета - Самара: СГАУ, 2004. С. 118-126.
13. *Кузьмич, Р.И.* Модификация целевой функции при построении паттернов для увеличения различности правил в модели классификации / Р.И. Кузьмич, И.С. Масич // Системы управления и информационные технологии. – 2014. – № 2 (56). – С. 14 – 17.
14. *Ковалев, С.М.* Оперативное детектирование темпоральных паттернов в секвенциальных данных / С.М. Ковалев, А.В. Муравский // Известия Южного федерального университета. Серия: Технические науки. – 2012. – № 7 (132). – С. 106 – 113.
15. *Федосеев, А.А.* Распознавание объектов транспортной инфраструктуры на гиперспектральных снимках методом глубинного машинного обучения / А.А. Федосеев, Т.И. Михеева, О.Н. Сапрыкин, Р.Р. Мингазов // Информационные технологии интеллектуальной поддержки принятия решений (ITIDS'2016) : труды IV Международной конференции. – Уфа : Изд-во УГАТУ. – 2016. – С. 39 – 44.
16. *Солодовников, А.Д.* Моделирование окружающей среды в системе поддержки принятия решений по управлению транспортными потоками на автомобильных дорогах / А.Д. Солодовников, Е.Ю. Кудрявцева // Горный информационно-аналитический бюллетень : научно-технический журнал. – 2011. – № 8. – С. 335 – 338.
17. *Михеев, С.В.* Диагностика состояния транспортной инфраструктуры с использованием нейронных сетей [Электронный ресурс] / С.В. Михеев, А.В. Сидоров, А.А. Осьмушин // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 6. – URL : www.science-education.ru/113-11807.

**STRATIFIED PATTERN MODEL OF SYSTEM OF SUPPORT OF DECISION-MAKING
IN THE MANAGEMENT OF TRANSPORT INFRASTRUCTURE**

© 2018 S.V. Mikheev¹, T.I. Mikheeva^{1,2}

¹ Samara National Research University named after Academician S.P. Korolyov

² Samara State Technical University

For models of decision support systems in the management of transport infrastructure is characterized by the use of complex dynamically reconfigurable structures of objects and their associations. The methodology of synthesis of transport infrastructure management systems is based on the developed approach to system analysis and computer modeling of complex systems. The development uses original methods of object-oriented design based on the theory of patterns. Design and engineering of such patterns requires tools to enable these processes by means of universal creation and dynamic modification of objects. The article introduces the basic definitions of pattern design (hereinafter *P*-models), specifies the types and structures of patterns, determines the organization of object design based on *P*-models. In General, the introduced axiomatic and systematization are based on the use of original definitions and form the concept of stratified pattern construction of objects and associations. A stratified pattern model is considered as an information, methodological and implementation basis for the design of the decision support system in the management of transport infrastructure. The synthesis of the decision support system in the management of transport infrastructure is made on the fundamental methodological basis, determined by the object-oriented paradigm that establishes the primacy and atomicity of categories of objects, taxonomic and aggregate patterns of properties and relationships between objects. The synthesis of universal structures based on patterns is considered on the formal Declaration of objects invariant to their subject orientation. Along with the synthesis of methodical *P*-models, the patterns of formalization and systematization of relevant information-logical and functional aspects of transport infrastructure are described. The implementation *P*-models contain the effectiveness of the pattern design of the decision support system in the management of the transport infrastructure of the processes of modeling, management, experimental studies. Synergetic *P*-models act as part of a systematic analysis of the General principles of functioning of a complex system, which is considered as a decision support system.

Keywords: method of stratification, a central strata, a declarative stratum, methodological strata, implementation strata, the pattern model, system of support of decision-making, management of transport infrastructure.

Sergey Mikheev, Candidate of Technical Science, Associate Professor of the Department of Transport Organization, Samara University. E-mail: mikheevati@its-spc.ru
Tatyana Mikheeva, Doctor of Technical Science, Professor of the Department of Transport Organization, Samara University.