

МНОГОАСПЕКТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМНЫХ ОБЪЕКТОВ НА ЭТАПАХ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА

Акимов Сергей Викторович,

к.т.н., доцент, доцент Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича,
г. Санкт-Петербург, Россия,
akimov-sv@yandex.ru

Добросельский Михаил Анатольевич,

к.т.н., доцент, главный научный сотрудник акционерного общества
«Научно-исследовательский институт «Рубин»,
г. Санкт-Петербург, Россия,
dma@rubin-spb.ru

Курносов Валерий Игорьевич,

д.т.н., профессор, начальник научно-технического центра,
заместитель генерального директора по научной работе
акционерного общества
«Научно-исследовательский институт «Рубин»,
г. Санкт-Петербург, Россия,
kurnosov@rubin-spb.ru

АННОТАЦИЯ

В данной работе рассматривается методология многоаспектного моделирования, направленная на целостное представление знаний о сложных системных объектах с использованием различных формализмов. Приведены основные понятия многоаспектного моделирования объектов. Показанный подход дает возможность изучать аспекты независимо от классов объектов, выявлять связи между различными классами аспектов, безотносительно к объектам, построить метамодель аспектов, инвариантную типам изучаемых систем. Такое исследование аспектов позволит определить необходимое и достаточное множество моделей, обеспечивающих описание и представление (вычисление, анализ) аспектов, входящих в метамодель аспектов, и, исходя из этого множества, подобрать множество комплексов программ, реализующих данные модели. Если объединить эти комплексы программ в единую среду, дополненную средствами коммуникации и механизмами поддержки коллективной работы пользователей, то будет получено единое многоаспектное пространство исследований, проектирования и управления. В работе показано, что формализмы моделей в многоаспектном моделировании образуют пространства, которые можно разделить на основные и вспомогательные. К основным пространствам относятся структурно-параметрическое и функционально-алгоритмическое, к вспомогательным – связующее и мультимедийное. Основные пространства содержат формализмы обеспечивающие представление отдельных аспектов системных объектов. Связующее пространство обеспечивает связь элементов пространств. Мультимедийное пространство необходимо для представления мультимедийных данных. Рассмотрено применение многоаспектного моделирования на этапах жизненного цикла на примере инфокоммуникационной сети. Предложено проводить данное моделирование в три этапа. На первом этапе моделируются системные аспекты создаваемой инфокоммуникационной сети. На втором этапе выполняется проектирование инфокоммуникационной сети. На третьем этапе осуществляется реализация системы по созданному проекту.

Ключевые слова: многоаспектное моделирование; системные объекты; метамодель; жизненный цикл; многоаспектное пространство.

Для цитирования: Акимов С.В., Добросельский М.А., Курносов В.И. Многоаспектное моделирование системных объектов на этапах жизненного цикла // I-methods. 2018. Т. 10. № 3. С. 05-13.

Введение

Современным специалистам в различных областях знаний постоянно приходится иметь дело со сложными системами и объектами, рассматривая их под разными углами зрения, сравнивать объекты и группы объектов по нескольким критериям, проектировать новые системы и модернизировать существующие. Они вынуждены постоянно взаимодействовать как со своими коллегами, так и со специалистами из других, часто весьма отдаленных областей знаний, выработать компромиссные решения, действовать в условиях недостаточной информации. Современные экономические реалии требуют выработки конкурентоспособных решений в кратчайшие сроки. Современные специалисты должны быть вооружены соответствующими инструментами, дающими возможность генерировать несколько вариантов решений, оценивать решения по нескольким критериям и выбирать те из них, которые в максимальной степени удовлетворяют условиям решаемых задач. Такой инструмент должен обеспечить моделирование объектов реального мира в совокупности со знаниями экспертов. В основу такого моделирования должен быть положен особый вид моделей, обеспечивающих многоаспектное представление знаний о моделируемых объектах.

Основными понятиями многоаспектного моделирования являются аспект, модель и пространство. Аспект отражает некую характеристику или группу характеристик моделируемого объекта (определенный «взгляд», «точка зрения» на объект). Модель – это формализм, обеспечивающий представление (вычисление, анализ) аспекта. Каждый аспект может быть представлен одной или несколькими моделями, причем справедливо и обратное утверждение:

$$\left\{ \begin{array}{l} \overset{\circ}{A} \stackrel{\text{def}}{=} \bigcup_{iasp=0}^{nasp} A_{sp_{iasp}}, \quad iasp \in \overline{1, nasp} \\ \\ \mathcal{M} \stackrel{\text{def}}{=} \bigcup_{im=0}^{nm} M_{im}, \quad im \in \overline{1, nm} \\ \\ \overset{\circ}{A} \mathcal{M} \stackrel{\text{def}}{=} \bigcup_{ia\mu=0}^{na\mu} AM_{ia\mu}, \quad ia\mu \in \overline{1, na\mu} \\ \\ AM_{ia\mu} \stackrel{\text{def}}{=} \langle A_{ia\mu}, M_{ia\mu} \rangle, \\ \\ A_{ia\mu} \in \overset{\circ}{A} \\ M_{ia\mu} \in \mathcal{M} \\ \\ \left\| \overset{\circ}{A} \mathcal{M} \right\| \geq \overset{\circ}{A}, \end{array} \right.$$

где $\overset{\circ}{A}$ – множество аспектов моделируемого объекта; \mathcal{M} – множество моделей, представляющих $\overset{\circ}{A}$; $\overset{\circ}{A} \mathcal{M}$ – множество связей аспект-модель.

С учетом отражения многоаспектности сложная система может быть представлена следующим образом:

$$\underline{\underline{S}} \stackrel{\text{def}}{=} \langle \overset{\circ}{A}, R_{\overset{\circ}{A}} \rangle,$$

где $\overset{\circ}{A}$ – множество аспектов («точек зрения» на систему), $R_{\overset{\circ}{A}}$ – множество связей между различными аспектами, учитывающими, помимо всего прочего, влияние одних аспектов на другие.

Помимо аспектов, моделей и объектов, основными понятиями методологии многоаспектного моделирования являются пространство, среда и субъект (табл. 1).

Основные понятия многоаспектного моделирования

Понятие	Роль в многоаспектном моделировании
Аспект	Некоторая сторона объекта, точка зрения, взгляд на объект. Носит целевой характер, отражая отношения субъекта к объекту (системе)
Модель	Поставляет формализм (формализмы), обеспечивающие один или несколько аспектов
Пространство	Типы формализмов, входящий в состав моделей
Среда	Обеспечивает функционирование формализмов. Представляет собой специальную информационно вычислительную среду, реализующую единое многоаспектное информационное пространство проектирования и управления
Объект	Системный объект или процесс, подлежащий многоаспектному моделированию
Субъект	Физическое или юридическое лицо, взаимодействующее с объектом посредством многоаспектного моделирования (исследователь, разработчик, менеджер, лаборатория, организация, предприятие)

В роли аспектов могут выступать: функциональные параметры; конструктивные параметры; тепловой режим; схемотехническое решение; методы синтеза и т.д. (табл. 2). Аспекты всегда имеют между собой явные либо неявные связи. Так, схемотехническое решение определяет конструктивное решение и, следовательно, конструктивные параметры системы; изменение теплового режима, ведет к изменению и функциональных параметров; методы синтеза (проектирования), определяют качество создаваемой системы, а, следовательно, влияют и на все остальные аспекты.

Одни и те же аспекты могут описывать объекты, принадлежащие различным классам: так структурные и экономические аспекты, аспекты обеспечения являются инвариантными для всех системных объектов. Другие аспекты будут общими для широких классов объектов (например, электронных средств) и лишь некоторые будут аспектами узкого класса объектов. Это дает возможность изучать аспекты независимо от классов объектов, выявлять связи между различными классами аспектов, безотносительно к объектам, построить метамодель аспектов, инвариантную типам изучаемых систем.

Такое исследование аспектов позволит определить необходимое и достаточное множество моделей, обеспечивающих описание и представление (вычисление, анализ) аспектов, входящих в метамодель аспектов, и, исходя из этого множества, подобрать множество комплексов программ, реализующих данные модели. Если объединить эти комплексы программ в единую среду, дополненную средствами коммуникации и механизмами поддержки коллективной работы пользователей, то будет получено единое многоаспектное пространство исследований, проектирования и управления.

Формализмы моделей в многоаспектном моделировании образуют пространства, которые можно разделить на основные и вспомогательные (рис. 2). К основным пространствам относятся структурно-параметрическое и функционально-алгоритмическое, к вспомогательным – связующее и мультимедийное. Основные пространства содержат формализмы обеспечивающие представление отдельных аспектов системных объектов. Связующее пространство обеспечивает связь элементов пространств. Мультимедийное пространство необходимо для представления мультимедийных данных, которые могут быть как синтезированными из элементов основных пространств, так и представлять отдельные мультимедийные документы, связанные с элементами основных пространств, причем в обоих случаях синтез и генерация обеспечивается элементами связующего пространства.

Рассмотрим применение многоаспектного моделирования на этапах жизненного цикла на примере инфокоммуникационной сети. На первом этапе моделируются системные аспекты создаваемой инфокоммуникационной сети (рис. 3). Создание многоаспектной модели следует начать с обобщенного моделирования технико-экономических характеристик ТЭХ^U, путем

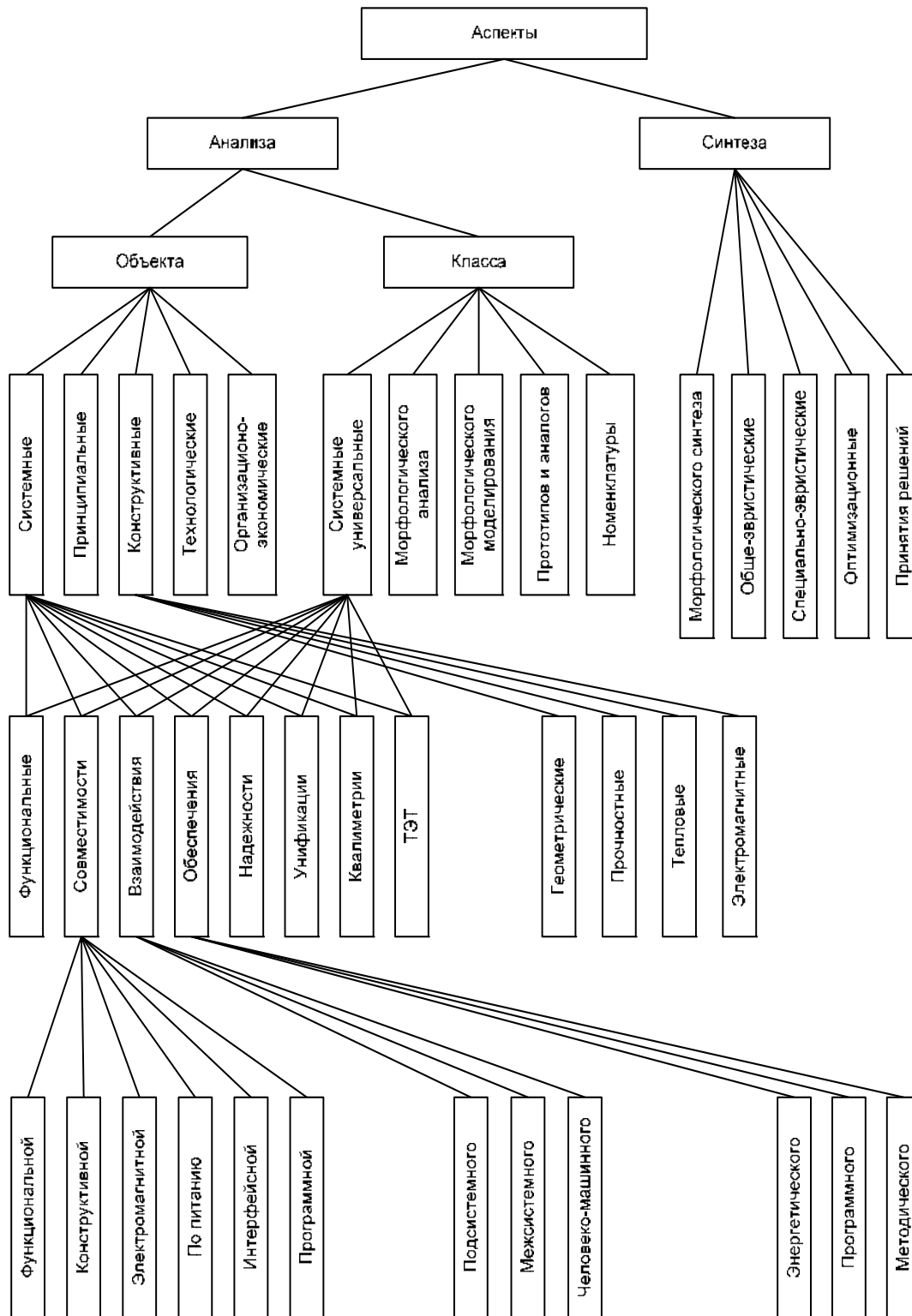


Рис. 1. Классификация аспектов

Таблица 2

Аспекты и модели (формализмы), их представляющие

Аспекты	Формализмы
Функциональные	Модель «черного ящика», алгебраические и логические функции, имитационное моделирование, теория конечных автоматов
Совместимости	Фильтрация несовместимых объектов, каскадная фильтрация, логика предикатов, реляционная алгебра и исчисление, производственные системы
Взаимодействия	Теория множеств, имитационное моделирование, инженерия знаний, теория графов
Обеспечения	Теория множеств, даталогические модели, реляционная алгебра и исчисление
Надежности	Теория надежности
Унификации	Теория множеств, даталогические модели, инженерия знаний, реляционная алгебра и исчисление
Квалиметрии	Алгебраические и логические функции, математический анализ, нечеткие множества
Технико-экономических требований	Теория множеств, даталогические модели, реляционная алгебра и исчисление, алгебраические и логические функции, методы математического анализа, нечеткие множества
Принципиальные	Модели и методы специальных дисциплин, системы интегро-дифференциальных и алгебраических уравнений, операторное исчисление, имитационное моделирование, алгебра логики
Геометрические	Инженерная и компьютерная графика
Прочностные	Уравнения и методы механики деформируемого твердого тела, механика разрушений
Тепловые	Уравнения и методы теплофизики
Электромагнитные	Уравнения электродинамики
Технологические	Имитационное моделирование, инженерия знаний, сети Петри, конечные автоматы, теория графов, модели диспетчеризации, даталогические, реляционная алгебра и исчисление
Организационно-экономические	Даталогические модели, имитационное моделирование, теория принятия решений, теория игр, теория исследований операций, теория массового обслуживания, линейное математическое программирование
Морфологические	Морфологические таблицы и деревья, модели морфологического множества (M1 и M2), универсальные модели (M3)
Прототипов и аналогов	Даталогические модели, методы кластеризации, теория частично-упорядоченных множеств
Номенклатуры	Даталогические, методы динамического программирования
Морфологического синтеза	Метод зондирования морфологического множества, метод лабиринтного конструирования, инженерия знаний, теория искусственного интеллекта, теория неизоморфных графов
Общеэвристические	Общая теория проектирования, инженерия знаний, теория искусственного интеллекта
Специально-эвристические	Специальные теории проектирования, инженерия знаний, теория искусственного интеллекта
Оптимизационные	Математическое программирование, генетические алгоритмы, муравьиные алгоритмы, эвристические алгоритмы, комбинаторные методы оптимизации
Принятия решений	Теория принятия решений, методы построения и сужения множества Парето, методы кластеризации

идентификации множества параметров P_p , необходимых для исчерпывающего описания ее технико-экономических характеристик ТЭХ, определения их типа и области принимаемых значений P_i^{constr} :

$$ТЭХ^U = \{P_i\}, P_i \in P_i^{constr}, i \in \overline{1, n}.$$

В результате выполнения данной процедуры будет получен информационный шаблон описания класса инфокоммуникационных систем в виде множества технико-экономических характеристик, а параметрическая модель отдельно взятой системы может быть получена путем указания их конкретных значений P_i^* :

$$TЭХ = \{P_i^*\}, i \in \overline{1, n}.$$



Рис. 2. Пространства и среда многоаспектного моделирования

С помощью ТЭХ моделируются системные аспекты отдельно взятой инфокоммуникационной сети, которые могут быть выражены в виде параметров (скалярных, векторных, функциональных), $TЭХ^U$ – целого класса сетей. Используемые формализмы относятся к информационным моделям и принадлежат структурно-параметрическому пространству. Модель технико-экономических характеристик инфокоммуникационных может быть повторно использована при управлении жизненным циклом других инфокоммуникационных сетей.

Следующим шагом является моделирование технико-экономических требований к классу телекоммуникационных систем $TЭТ^U$, путем задания квалиметрических функций на $TЭХ^U$:

$$TЭТ^U = Q(TЭХ^U) = \{Q_i(P_i)\}, i \in \overline{1, n}.$$

Как и в случае с моделированием технико-экономических характеристик, модель ТЭТ к отдельно взятой инфокоммуникационной системе получается путем ограничения модели $TЭТ^U$, которая может быть повторно использована в управлении жизненным циклом других сетей. В общем виде ТЭТ представляет собой вектор, состоящий из частных критериев, но при необходимости ТЭТ может быть преобразован в скалярную величину, путем применения одной из процедур свертки критериев:

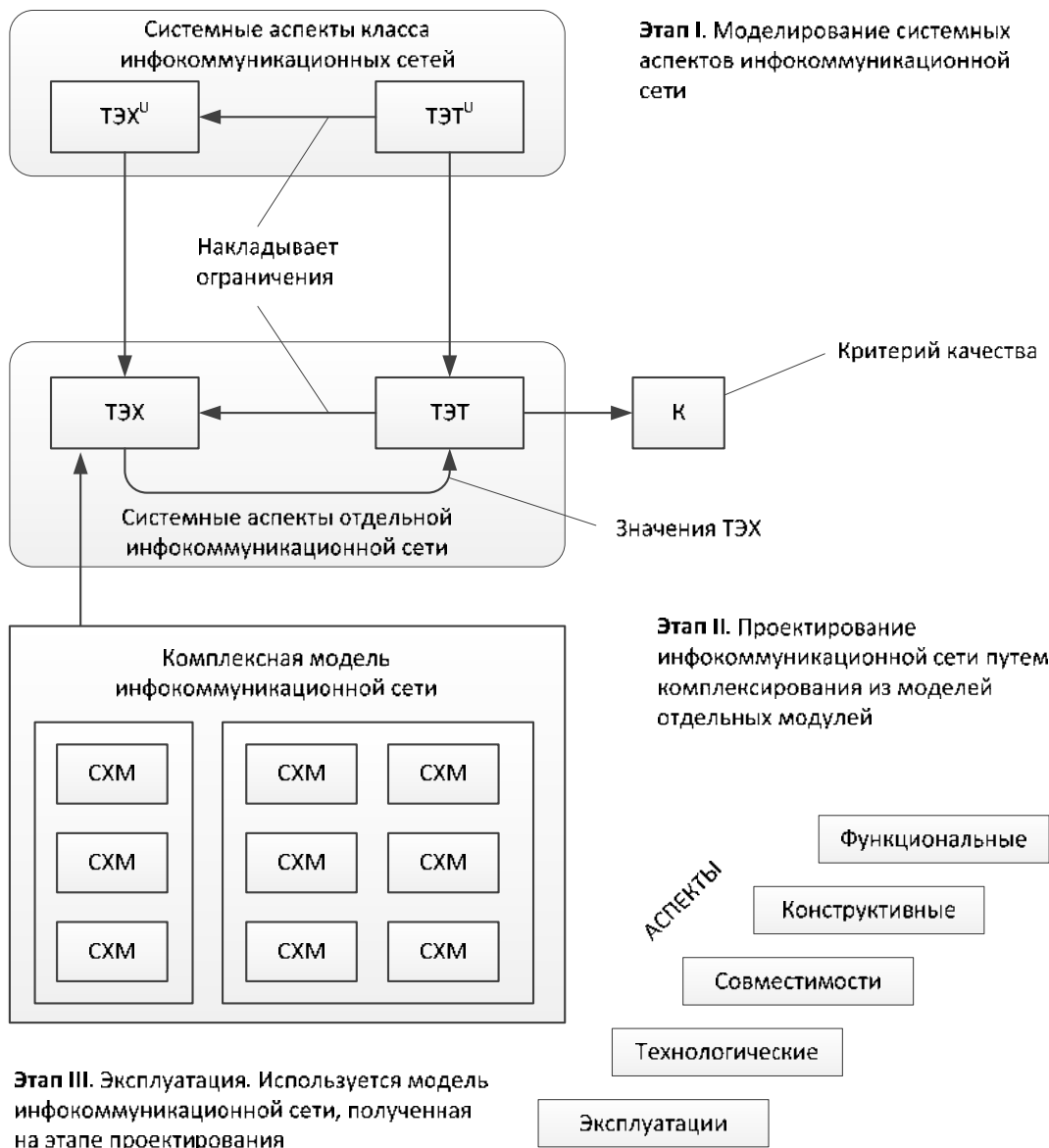


Рис. 3. Методология многоаспектного моделирования инфокоммуникационной сети на этапах жизненного цикла

$$K = F \{ \alpha_i, Q_i (P_i) \}, i \in \overline{1, n}.$$

Рассмотренные модели описывают системные аспекты инфокоммуникационной сети, включая формализованное техническое задание и показатели качества. Если эти выражения достаточно полно описывают объект, включая оценки качества системы на протяжении всего жизненного цикла, то можно считать, что они одновременно характеризуют и саму систему жизненного цикла.

На втором этапе выполняется проектирование инфокоммуникационной сети. Для достижения максимальной эффективности необходимы комплексные модели модулей различного уровня разукрупнения, из которых создается инфокоммуникационная сеть и автоматизированная система комплексирования, представляющая собой специализированную информационно-аналитическую систему, содержащую информацию о радиоэлектронных

модулях от различных производителей, обеспечивающую выполнения операций многокритериального поиска модулей с учетом всех видов совместимости: функциональной, конструктивной, интерфейсной, энергетической, электромагнитной. Применяя методы автоматизации комплексирования, подробно описанные в [2], разработчик создает проект сети с учетом формализованных технико-экономических требований. Комплексные модели отдельных электронных модулей содержат все необходимые характеристики, необходимые для разработчика инфокоммуникационной системы, манипуляции ими в рамках конфигуратора, входящего в состав информационно-аналитической системы, определения вычисляемых (вторичных) параметров ТЭХ. Информационно-аналитическая система должна обладать средствами обращения к внешним системам автоматизированного проектирования и компьютерного моделирования, для выполнения стандартных проектных процедур (проектирование кросс-плат и жгутов, выполнение тепловых и прочностных расчетов).

На третьем этапе осуществляется реализация системы по созданному проекту. Информационно-аналитическая система электронных модулей может быть сопряжена с системой электронной коммерции, что обеспечит оперативную дистрибуцию необходимых электронных модулей. Так как модули в системе представлены комплексными моделями, то скомплексированная модель инфокоммуникационной сети может быть использована и в процессе эксплуатации.

Заключение

Предложенная методология многоаспектного моделирования направлена на целостное представление знаний о сложных системных объектах с использованием различных формализмов. Применение методологии многоаспектного моделирования обеспечит:

- целостное и единообразное представление информации о системных объектах сети на всех этапах жизненного цикла;
- сместить акценты с отдельных компьютерных автоматизированных систем проектирования и управления на аспекты создания, эксплуатации и модернизации технических объектов.

Литература

1. *Beattie M.P., Zheng ., Nugent C., McCullagh P.* COPD lifestyle support through self-management (CALIS) // 2014 IEEE International Conference on Bioinformatics and Biomedicine (BIBM). 2014. Pp. 1-7.
2. *Акимов С.В., Меткин Н.П.* Автоматизированная система комплексирования радиоэлектронных средств на основе комплексных моделей электронных модулей // Вопросы радиоэлектроники. 2012. Т. 1. № 1. С. 191-199.

MULTIASPECT SIMULATION OF SYSTEM OBJECTS AT STAGES OF LIFE CYCLE

Sergey V. Akimov

St. Petersburg, Russia,
akimov-sv@yandex.ru

Mikhail A. Dobroselskiy

St. Petersburg, Russia,
dma@rubin-spb.ru

Valery I. Kurnosov

St. Petersburg, Russia,
kurnosov@rubin-spb.ru

ABSTRACT

In this operation the methodology of multiaspect simulation directed to integral representation of knowledge of difficult system objects with use of different formalizm is considered. The basic concepts of multiaspect simulation of objects are given. The approach shown in article gives the chance to study aspects irrespective

of classes of objects, to reveal communications between different classes of aspects, regardless of objects, to construct a meta model of aspects, invariant to types of the studied systems. Such research of aspects will allow to define a necessary and sufficient set of the models providing the description and representation (computation, the analysis) of aspects, entering a meta model of aspects and, proceeding from this set, to pick up a set of complexes of the programs realizing these models. If to integrate these complexes of programs in the uniform environment added by means of communication and mechanisms of support of collective operation of users, then the uniform multiaspect space of researches, design and control will be received. In operation it is shown that formalizm of models in multiaspect simulation form spaces which can be divided into the main and auxiliary. Treat the main spaces structural and parametric and functional and algorithmic, to auxiliary – binding and multimedia. The main spaces contain the formalizm providing representation of separate aspects of system objects. The binding space provides communication of elements of spaces. The multimedia space is necessary for submission of multimedia data. Application of multiaspect simulation at stages of life cycle on the example of an infocommunication network is considered. It is offered to carry out this simulation in three steps. At the first stage system aspects of the created infocommunication network are modelled. At the second stage design of an infocommunication network is executed. At the third stage the realization of system on the created project is enabled.

Keywords: multiaspect simulation; system objects; meta model; life cycle; multiaspect space.

References

1. Beattie M.P., Zheng H., Nugent C., McCullagh P. COPD lifestyle support through self-management (CALs). *2014 IEEE International Conference on Bioinformatics and Biomedicine (BIBM)*. 2014. Pp. 1-7.
2. Akimov S.V., Metkin N.P. *Avtomatizirovannaja sistema kompleksirovanija radioelektronnyh sredstv na osnove kompleksnyh modelej jelektronnyh modulej* [The automated system of integration of radio-electronic means on the basis of complex models of electronic modules]. *Voprosy radioelektroniki*. 2012. T. 1. № 1. Pp. 191-199. (In Russian)

Information about authors:

Akimov S.V., PhD Sci.Tech., Docent, Associate professor of St. Petersburg State University of Telecommunications of the prof. M.A. Bonch-Bruyevich,
 Dobroselskiy M.A., PhD Sci.Tech., Docent, Chief researcher of Joint-stock company “Rubin research institute”,
 Kurnosov V.I., PhD Sci.Tech., Full Professor, Chief of scientific and technological center, Deputy general director for scientific operation of Joint-stock company “Rubin research institute”

For citation: Akimov S.V., Dobroselskiy M.A., Kurnosov V.I. Multiaspect simulation of system objects at stages of life cycle. *I-methods*. 2018. Vol. 10. No. 3. Pp. 05-13. (In Russian)