

ДИАЛОГОВАЯ ТЕОРИЯ КАК ИНСТРУМЕНТ ИНТЕГРАЦИИ РАЗЛИЧНЫХ НАУЧНЫХ ДИСЦИПЛИН В РАМКАХ СИСТЕМНОГО ПОДХОДА

Б. Н. МЕЛЬНИКОВ

*Уральский научно-исследовательский институт архитектуры и
строительства, ОАО институт “УралНИИАС”, Екатеринбург, Россия*

Ю. Б. МЕЛЬНИКОВ

*Уральский государственный педагогический университет,
Екатеринбург, Россия*

e-mail: melnikov@r66.ru, melnikov@k66.ru

Components of the dialogue theory and some computing aspects of the new models design are described. An estimation of their adequacy is discussed.

Реализация системного подхода к решению сложных комплексных проблем (например, в экологии) затрудняется необходимостью одновременного применения аппаратов различных наук, использующих специфические языки, различную методологию и др. Создание “сверхнауки” для решения этой проблемы в настоящий момент не представляется возможным. Одним из перспективных вариантов решения этой проблемы является разработка и использование диалоговой теории [1, 2]. Она включает в себя диалоговый язык [2], теорию моделирования [2, 3], теорию структурного пространства [1, 2]. Положений диалоговой теории используются в практике строительного освоения территорий. Методология использования положений диалоговой теории сформирована на базе большого опыта решения проблем строительного освоения территорий разного масштаба.

При разработке диалоговой теории используется, в частности, **аппаратная модель науки** (табл. 1). Высокая эффективность и универсальность научного аппарата обусловлена во многом тем, что аналитический аппарат науки использует только формализованную информацию, имеющую стандартный для данной области деятельности вид. Преобразование информации к такому виду осуществляет понятийный аппарат науки.

Предназначение **диалогового языка** — перевод информации *на различные языки* с тем, чтобы иметь возможность обрабатывать ее средствами различных теорий. Аналитический аппарат диалогового языка ориентирован на выделение подзадач, относящихся к различным областям человеческой деятельности, формализацию (постановку) этих подзадач, интеграцию результатов решения этих подзадач в итоговое решение проблемы, конструкторской задачи и т. п. Поэтому диалоговый язык должен представлять собой систему

Т а б л и ц а 1. Аппаратная модель науки

Методологический аппарат		
Понятийный аппарат	Аналитический аппарат	Аппарат контроля адекватности
Обеспечивает формализацию информации и ее преобразование к виду, стандартному для данной области деятельности	Обеспечивает обработку информации, представленной в виде, стандартном для данной области деятельности	Обеспечивает контроль адекватности используемых моделей

языков с механизмами перевода с одного языка на другой. Одним из основных компонентов диалогового языка являются языки математики. Анализ показал, что математический язык должен удовлетворять следующим трем требованиям:

- корректная работа с многозначными отображениями;
- корректная работа с квантами множества, т. е. элементами и/или компонентами элементов множества, и т. д.;
- возможность согласования существенно различных моделей, т. е. моделей с различными носителями.

Вариантом математического языка, удовлетворяющего этим требованиям, является разработанный нами язык “алгебры индексированных графиков” [1, 2].

Теория моделирования создана с целью формирования механизмов создания необходимых моделей и оценивания уровня их адекватности. Идея механизма создания новых моделей является алгебраической: новые модели должны создаваться, используя совокупность базовых (элементарных) моделей с помощью набора операций алгебры моделей. Основным препятствием для корректного определения операции на множестве моделей является тот факт, что в основе всех существовавших ранее определений модели было то или иное понимание “аналогичности”, “похожести” моделируемого и моделирующего объектов. Например, если движение объекта описывается дифференциальным уравнением, то это дифференциальное уравнение “похоже” на движение объекта в том смысле, что вычисленные значения величин близки к значениям, найденным, допустим, эмпирически, с помощью непосредственного измерения приборами. К сожалению, невозможно гарантировать, что результат применения операции алгебры моделей будет “похож” на моделируемый объект в заранее заданном смысле. Выход из положения состоит в том, чтобы *в определении* модели отказаться от требования “аналогичности” моделируемого и моделирующего объектов. В процессе моделирования мы оперируем с тремя объектами: моделируемым и моделирующим объектами и *системой связей* между ними (рис. 1). Мы считаем, что описание смысла переменных и т. п. надо явно включить в понятие модели в виде **интерфейсного компонента модели**. В **формально-конструктивном определении модели** [2–4] под моделью понимается система из интерфейсного и модельно-содержательного компонентов, структура которых представлена в табл. 2 и 3. Все известные нам интерпретации модели, теории, описывающие процесс и правила моделирования, результаты анализа моделей *допускают точную интерпретацию в рамках теории моделирования, основанной на формально-конструктивном определении модели*.

Требование “похожести” моделируемого объекта на прототип позволило корректно определить преобразования моделей (“операции алгебры моделей”) [2, 3]: композиция, обогащение, редуцирование, конкретизация, обобщение, реконструкция, представление, развертывание, свертывание, агрегатирование моделей. Рассматриваемые преобразования играют

Моделируемый объект	Связи между компонентами объектов		Моделирующий объект (модель в традиционной трактовке)		
	Формально-конструктивное определение модели: модель – это система из интерфейсного и модельно-содержательного компонентов, описанных в табл. 2 и 3				
	Интерфейсный компонент модели		Модельно-содержательный компонент модели		
	Граматики	Аппарат перевода	Носитель	Совокупность характеристик	Совокупность отношений

Рис. 1. Иллюстрация к формально-конструктивному определению модели.

роль алгебраических операций, хотя некоторые из них не являются однозначными. Таким образом, формально-конструктивное определение модели позволяет, в принципе, свести задачу построения новой модели к процедурам вычислительного характера, *вычислению* модели.

Модели создаются с целью получения, хранения, передачи информации об объекте, замещения объекта на его модель и т. п. Поэтому на совокупности моделей определяются различные характеристики, называемые **характеристиками адекватности**, с помощью которых оценивается уровень похожести моделирующего объекта на моделируемый (в разных пониманиях этой “похожести”). Например, характеристикам адекватности с нечисловыми значениями являются доверительный интервал или критерии согласия. “Похожесть” моделирующего объекта на моделируемый вычисляется или оценивается характеристиками адекватности, что требует создания соответствующих *вычислительных процедур*. Для этого необходимо формализовать понятие характеристик адекватности.

Анализ показывает, что в настоящее время применяются следующие способы определения значений характеристик: 1) назначение качественных, сравнительно-количественных или количественных показателей на основе их принятия или соглашения; 2) результат единичного непосредственного измерения; 3) результат статистической обработки нескольких

Т а б л и ц а 2. Интерфейсный компонент модели

Граматики		Аппарат перевода
Грамматика языка, в котором представлен моделируемый объект, прототип	Грамматика языка, в котором представлен модельно-содержательный компонент модели	Аппарат перевода с языка представления моделируемого объекта на язык модельно-содержательного компонента модели, включающий в себя словарь, механизм анализа, синтеза и др.

Т а б л и ц а 3. Модельно-содержательный компонент модели

Носитель	Совокупность характеристик	Совокупность отношений
Множество элементов, из которых состоит моделируемый объект с точки зрения данной модели	Множество функций, область определения каждой из которых включается в декартову степень носителя	Множество отношений на объединении носителя и совокупности характеристик

(многих) измерений, имеющих вероятностный характер; 4) результат расчета на основе корреляционных зависимостей; 5) результат определения с помощью общих теорий на основе принятых допущений и аксиом. Перечисленные способы получения значений характеристик определяют **корректность характеристики** [2, 3], т. е. соответствие формальным правилам. **Достоверность характеристики** [2, 3] и значений характеристик включает: 1) достоверность исходных данных; 2) адекватность применяемых моделей; 3) достоверность теоретического аппарата. Перечисленные способы определения характеристик и компоненты достоверности называются **метрическим пакетом** [1, 2].

Анализ понятия “характеристика адекватности” позволил выделить следующие принципы определения этих характеристик: 1) адекватность как сравнение моделей (значение любой характеристики адекватности определяется только как результат сравнения различных моделей или различных компонентов одной и той же модели); 2) принцип представимости оцениваемой модели в эталонной модели; 3) принцип измерения с помощью частично упорядоченного множества значений; 4) принцип моделирования адекватности; 5) принцип оценивания на базе метрического пакета [1, 2]; 6) принцип открытости метрического пакета; 7) принцип иерархичности.

Использование алгебры моделей приводит к специфической проблеме изучения связей между результатом применения операции алгебры моделей и операндами этой операции. Эту проблему с помощью стратегии приоритетного изучения экстремальных ситуаций [6] можно формализовать в виде прямой и обратной задач.

Прямая задача. Пусть модель \mathcal{C} является результатом применения некоторой операции λ алгебры моделей к моделям $\mathcal{A}_1, \mathcal{A}_2, \dots, \mathcal{A}_k$ и пусть $\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_k$ — характеристики адекватности этих моделей относительно моделей $\mathcal{B}_1, \mathcal{B}_2, \dots, \mathcal{B}_k$. Требуется с помощью характеристик $\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_k$ определить характеристику ψ адекватности модели \mathcal{C} относительно модели \mathcal{D} , являющейся результатом применения некоторой операции μ (наиболее интересен случай $\lambda = \mu$) алгебры моделей к моделям $\mathcal{B}_1, \mathcal{B}_2, \dots, \mathcal{B}_k$.

Прямая задача вычисления адекватности допускает бесконечное множество решений. Этого можно избежать с помощью различных уточнений формулировки прямой задачи, которые мы не приводим.

Обратная задача. Пусть модель \mathcal{C} является результатом применения некоторой операции λ алгебры моделей к моделям $\mathcal{A}_1, \mathcal{A}_2, \dots, \mathcal{A}_k$ и пусть ψ — характеристика адекватности модели \mathcal{C} относительно модели \mathcal{D} , являющейся результатом применения некоторой операции μ алгебры моделей к моделям $\mathcal{B}_1, \mathcal{B}_2, \dots, \mathcal{B}_k$. Требуется определить такие характеристики $\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_k$ адекватности моделей $\mathcal{A}_1, \mathcal{A}_2, \dots, \mathcal{A}_k$ относительно моделей $\mathcal{B}_1, \mathcal{B}_2, \dots, \mathcal{B}_k$, чтобы вычислить или оценить значение характеристики ψ с помощью характеристики, индуцированной характеристиками $\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_k$.

Как отмечалось, в диалоговой теории помимо диалогового языка, теории моделирования и системы методов использования выделяется **теория структурного пространства** — теория, описывающая определенный тип иерархически упорядоченных моделей, точнее, моделей, иерархия которых обусловлена отношением включения. В теории структурного пространства каждый объект представляется: 1) *эндоструктурными моделями*, описывающими его структуру вне связи с другими объектами, окружающей средой; 2) *экзоструктурными моделями*, описывающими его взаимодействия с другими объектами, роль, функции и другие особенности этого объекта как компоненты (элемента, кванта) некоторой системы. Например, при определенных условиях блок-схему программы можно рассматривать как эндоструктурную модель ее работы. В экзоструктурных моделях программы учитываются взаимодействие с пользователем (функциональность и эстетика

интерфейса, учет психологических особенностей предполагаемых пользователей), особенности обмена с потребителями и источниками информации, защита от сбоев и/или несанкционированного воздействия и др. По функциональным признакам структурное пространство ранжируется на пространство субстанций, пространство управления и эффективное пространство; по генетическим признакам выделяются физическое, биологическое и интеллектуальное пространства.

Применение стратегии перехода от изучения отдельного объекта к изучению системы объектов [6] обычно проявляется либо в феноменологической, либо в структурной постановках. В феноменологической постановке строится и исследуется модель, для которой исходные модели являются элементами носителя, характеристиками или отношениями либо элементами (точнее, квантами [1, 2]) интерфейсного компонента. В структурной постановке модели используются для построения модели деятельности. Нам представляется, что теория моделирования может быть основой для существенного прогресса в создании общей теории исследовательской и проектировочной деятельности, в частности построения технологий программирования.

В теории моделирования в соответствии с принципом “Бритвы Оккама” моделируемый и моделирующий объекты представляют собой модели или их компоненты. Как правило, моделируемый объект является модельно-содержательным компонентом некоторой модели. Как показано в [2, 3], процесс исследования, решения задачи, разработки технического решения и др. можно представить в виде перехода от одной модели к другой с последующим возвращением к исходной модели (рис. 2). Таким образом, рис. 1 и 2 (в случае, когда моделируемый объект представляет собой модельно-содержательный компонент некоторой модели) позволяют выделить понятие **модели-диады**, представленной на рис. 3. Если $\mathcal{A} = (\mathcal{I}_A, \mathcal{S}_A)$ и $\mathcal{B} = (\mathcal{I}_B, \mathcal{S}_B)$ — модели с интерфейсными компонентами $\mathcal{I}_A, \mathcal{I}_B$ и модельно-содержательными компонентами $\mathcal{S}_A, \mathcal{S}_B$, причем \mathcal{A} является моделью модельно-содержательного компонента \mathcal{S}_B модели \mathcal{B} , то **диадной парой** $(\mathcal{B}, \mathcal{A})$ называется модель-диада $(\mathcal{S}_B - \mathcal{I} - \mathcal{S}_A)$.

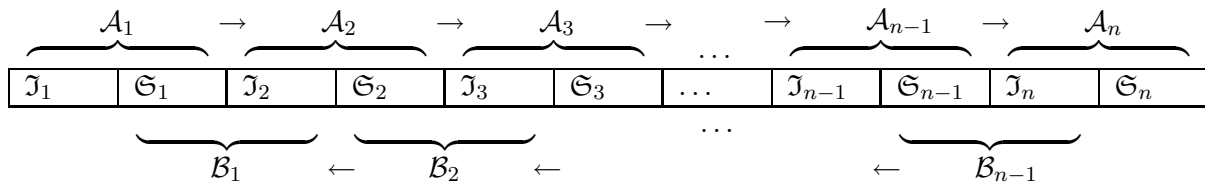


Рис. 2. Исследование как цепочка моделей $\mathcal{A}_1, \mathcal{A}_2, \dots, \mathcal{A}_n, \mathcal{B}_{n-1}, \dots, \mathcal{B}_2, \mathcal{B}_1$. Здесь \mathcal{I}_m и \mathcal{S}_m — интерфейсный и, соответственно, модельно-содержательный компоненты моделей \mathcal{A}_m , \mathcal{I}_{k+1} и \mathcal{S}_k — интерфейсный и, соответственно, модельно-содержательный компонент модели \mathcal{B}_{k+1} .

Модель \mathcal{A}		
\mathcal{S}_B	\mathcal{I}	\mathcal{S}_A
Модельно-содержательный компонент модели \mathcal{B}	Интерфейсный компонент моделей \mathcal{A} и \mathcal{B}	Модельно-содержательный компонент модели \mathcal{A}
Модель \mathcal{B}		

Рис. 3. Модель-диада $(\mathcal{S}_B - \mathcal{I} - \mathcal{S}_A)$.

Главная особенность диалоговой теории — это возможность полноценного использования возможностей, опыта всех научных дисциплин для решения комплексных проблем. При этом никаких новых требований к этим областям человеческой деятельности не предъявляется, кроме необходимости представлять результаты (во всяком случае, окончательные) в форме, стандартной для диалоговой теории. В диалоговой теории построение модели как вычислительная задача содержит следующие компоненты:

- 1) систему целей моделирования;
- 2) систему стандартных базовых моделей;
- 3) систему преобразований моделей (“операций алгебры моделей”);
- 4) систему вычисления или оценивания уровня адекватности получаемых моделей;
- 5) механизм анализа получаемых моделей;
- 6) механизм использования моделей и результатов их анализа для осуществления исследования.

Анализ моделей обычно осуществляется средствами, внешними по отношению к диалоговой теории. С помощью диалоговой теории ставится задача в терминах конкретной области науки и техники, и результат средствами диалогового языка интегрируется в систему научных результатов.

С некоторыми материалами можно ознакомиться на <http://melnikov.k66.ru>.

Список литературы

- [1] Мельников Б.Н., Мельников Ю.Б. Проблемы методологии исследования геотехногенных структур. Екатеринбург: УрО РАН, УГТУ, 1998. 304 с.
- [2] Мельников Б.Н., Мельников Ю.Б. Геотехногенные структуры: теория и практика. Екатеринбург: Уральское изд-во, 2004. 556 с.
- [3] Мельников Ю.Б. Математическое моделирование: структура, алгебра моделей, обучение построению математических моделей. Екатеринбург: Уральское изд-во, 2004. 384 с.
- [4] Мельников Ю.Б., Мельникова Н.В., Федулов С.В. и др. О формально-конструктивном определении модели // Вест. УГТУ-УПИ. Информационные системы и технологии в радиотехнике, связи, автоматике и управлении: Сер. радиотехническая. Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2005. Т. 17, № 69. С. 201–209.
- [5] Мельников Б.Н., Мельников Ю.Б. Диалоговая основа исследования геотехногенных структур // Геоэкология. 2003. № 4. С. 346–354.
- [6] Мельников Ю.Б. О моделировании исследовательской деятельности: некоторые исследовательские стратегии // Вест. УГТУ-УПИ. Информационные системы и технологии в радиотехнике, связи, автоматике и управлении: Сер. радиотехническая. Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2005. Т. 17, № 69. С. 195–200.
- [7] MELNIKOV B.N., MELNIKOV YU.B. Dialogue Theory as Instrument to Integrations of Different Scientific Discipline Within the Framework of System Approach. Program and Abstracts of Intern. Conf. Enviromis-2006. Tomsk, 2006.
- [8] MELNIKOV YU.B. Formally-constructive Determination to Models and Algebra Indexed Graphs as Base to Dialogue Theory. Program and Abstracts of Intern. Conf. Enviromis-2006. Tomsk, 2006.

Поступила в редакцию 9 ноября 2006 г.