

НАУЧНО • ТЕХНИЧЕСКАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Серия 2. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ И СИСТЕМЫ
ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ СБОРНИК

Издается с 1961 г.

№ 8

Москва 2001

ОБЩИЙ РАЗДЕЛ

УДК 002.001.8:[168+510.23]

С. И. Маторин

Посвящается Т. Н. Лаппалайнен

Системология и объектно-ориентированный подход (Проблемы формализации и перспективы стыковки)

Рассматриваются проблемы традиционного системного подхода и концепция подхода к системе как функциональному объекту, позволяющая преодолеть теоретико-множественный взгляд на систему. Предлагаются содержательная формулировка аксиом теории функциональных объектов, учитывающей противопоставление “множество — система”, и ее формально-семантический адаптивный алфавит. Обсуждаются результаты сравнительного анализа данной (системологической) концепции системного подхода и объектного подхода к разработке программного обеспечения.

ВВЕДЕНИЕ

Как известно, современные информационные технологии и программное обеспечение (ПО) сложны, что обусловлено, с одной стороны, “неудовлетворительными способами описания поведения больших дискретных систем”, а, с другой — слабой структурированностью и “сложностью реальных предметных областей”, из которых в настоящее время, в основном, и исходит заказ на их разработку [1, с. 22]. С помощью системного анализа сложных объектов можно решать различные научные, деловые, управленческие и производствен-

ные слабоструктурированные и слабоформализуемые проблемы. Тем не менее, в настоящее время постановки задач и методы такого решения, а также их результаты существуют только для относительно простых классов систем. Для более сложных систем развиваются упрощенные методы [2].

Данная ситуация, очевидно, обусловлена тем, что сложность таких систем, как социальные структуры, бизнес-процессы, человеко-машинные системы, экологические системы, чрезвычайные ситуации и т. п., предъявляет особые требования к методам их описания. Поэтому все большее зна-

чение приобретает разработка методов и инструментальных средств для повышения эффективности описания, анализа, синтеза и прогнозирования поведения подобных сложных систем. Отсутствие таких средств тормозит решения разнообразных слабоформализованных задач, которые изначально предназначались для известных системных методов.

Актуальность данной задачи обусловлена, кроме того, интенсивным развитием в настоящее время средств преодоления сложности анализа, проектирования и реализации ПО. Совокупность подобных методов и средств составляет так называемый *объектно-ориентированный подход* при разработке программных систем. При этом, на сегодняшний день данная методология — основная. Ключевой особенностью объектно-ориентированного подхода является существенный рост этапов анализа и проектирования при создании ПО. В рамках данного подхода особое значение уделяется *объектно-ориентированному анализу (ООА)* и *объектно-ориентированному проектированию (ООД)*. При этом, по мнению ведущих экспертов, традиционный “системный анализ полностью ортогонален принципам объектно-ориентированного проектирования” [1, с. 161].

Таким образом, задача создания эффективных методов системного анализа усложняется еще и тем, чтобы эти методы соответствовали требованиям ООД.

Основные проблемы создания методов, упомянутых выше, связаны, по-видимому, с тем, что в традиционном *системном анализе* применяется традиционный же *системный подход*, который не позволил, до сих пор, построить собственно *теорию систем*, описывающую специфические системные отношения и закономерности и обладающую своим собственным формальным аппаратом.

Поэтому для проведения системного анализа и теоретических системных построений предлагается использовать подход, называемый *функциональной системологией* [3], который успешно развивается и применяется для решения различных задач в области системных знаниеориентированных технологий [4; 5]. Опыт применения системологии позволяет говорить о перспективе создания действительно системной теории (*теории функциональных объектов*), призванной решать задачи исследования и моделирования сложных систем, которые оказались не под силу теории множеств и традиционным методам системного анализа.

ПРОБЛЕМЫ ТРАДИЦИОННОГО СИСТЕМНОГО ПОДХОДА

Сравнительный анализ системного и теоретико-множественного подходов свидетельствует о том, что эти подходы принципиально противоположны и ни один из них не сводим к другому, что обусловлено, в частности, следующими обстоятельствами [6]:

во-первых, в концепции множества изначально заложена первичность элемента (части) по отношению к множеству (целому). Множество существует тогда и только тогда, когда тем или другим образом заданы его элементы. В системной же концепции первичным является понятие системы (целого),

которая уже потом может быть (а может и не быть) представлена в виде совокупности взаимодействующих частей;

во-вторых, теоретико-множественный подход характеризуется абсолютной неразборчивостью, т. е. рассматривает как одно множество любую совокупность любых явлений (с учетом известных парадоксов). Системный же подход претендует на рассмотрение действительности (предметной области) в виде естественно взаимодействующих системных образований, что накладывает определенные ограничения на представление совокупности явлений в виде одной системы;

в-третьих, теоретико-множественный подход (как следует из сказанного выше) характеризуется гносеологичностью, так как реальные объекты не имеют теоретико-множественной природы. Системный же подход, по своему замыслу, ориентирован на описание целостной природы реальных объектов и, таким образом, характеризуется онтологичностью, так как реальные объекты имеют системную природу.

Следовательно, формальное описание методов и процедур системного анализа средствами аппарата теории множеств или другого, сводимого к теоретико-множественному, является не просто “дискредитацией” системного подхода, но, фактически, сводит на нет его специфические особенности и преимущества. Не удивительно, что сложные системы (т. е. то, что действительно имеет системную природу) оказываются “не по зубам” современному системному анализу. А все, что формализовано, на сегодняшний день, под его “вывеской” могло быть сделано под любой другой, так как фактически сделано обычными традиционными формальными средствами, не описывающими специфические системные отношения.

Почему же до сих пор не существует теории систем, как такой же фундаментальной и самостоятельной теории, какой является теория множеств? Почему же, описывая и моделируя системы, часто используют аппарат именно теории множеств?

Среди, очевидно, целого ряда известных причин, обратим внимание на следующие. Любая научная теория, особенно использующая формальную систему для своих многообразных функций (информативной, систематизирующей, прогностической, объяснительной), должна обладать средствами, которые позволяли бы осуществлять *анализ* и *синтез* описываемых данной теорией объектов. Совершенно очевидно, что теоретико-множественный подход, применяющий теорию множеств такими средствами обладает, что и подвигает, так сказать “пользователей”, на применение этой теории для решения конкретных задач.

А как обстоят дела в этом смысле у традиционного системного подхода?

Существующая масса “традиционных” системных подходов использует такое понятие *системы* (более 40 определений), которое не обуславливает (не задает) определенной возможности для проведения операций анализа или синтеза рассматриваемых систем. Действительно, известное обобщающее представление традиционного системного подхода [7] дает следующее толкование данного основного понятия. Под системой понимается нечто целое в принципе структурируемое, т. е. состоящее из

частей; имеющее вход и выход; существующее или даже функционирующее в некоторой среде? Учитываются, конечно, и разнообразные модификации, которые, однако, не меняют существующего положения. Выходы системы иногда отождествляют с ее целью или определяются как воздействия системы на среду. Вход может рассматриваться как поступление ресурсов из среды. Системе может приписываться некоторый процесс перевода входа в выход. В одном из самых первых вариантов системного подхода система определялась как средство решения проблем [8]. Совершенно очевидно, что в названных концепциях системы способы анализа и синтеза таких систем не заданы, не определены.

Рассмотрим это подробнее.

Задаваемая в описанных подходах к системе ее структурированность является не более чем декларацией, так как конкретных путей реализации структурирования не указывается. В теории же множеств возможность анализа задана и однозначно определена. Эта возможность задана в самой концепции *множества*, согласно которой множество задается через его *элементы*, т. е. между множеством и его элементами существуют, хотя и примитивные, но однозначно оговоренные отношения. Таким образом, пути и способы теоретико-множественного анализа оказываются четко определенными, что находит свое выражение в формальном аппарате, в первую очередь, в операции \in . Отношение же целое — часть (система — подсистема (элемент)) в упомянутых системных подходах не определено. Утверждается только факт его существования. Это приводит к тому, что способ анализа системы определяется, по сути дела, прихотью аналитика, обусловленной, конечно, решаемой задачей, но не приобретающей от этого определенности и объективности.

Например, во множестве *Города России* любой исследователь в ходе анализа будет выявлять именно населенные пункты, имеющие статус города, а не что-либо еще; во множестве *Животные заповедников* — животных (не их части, не их сообщества и т. п.), про которых известно, что они живут в заповедниках. В ходе же системного анализа, например, системы *Город* или системы *Биоценоз* разные аналитики выявят разные части (подсистемы), в зависимости не только от целей анализа, но и от своих субъективных предпочтений. Причем, с точки зрения именно обсуждаемого системного подхода, все они будут иметь для своих действий одинаковые основания, т. е. полное их отсутствие, так как путь (способ) анализа системы в рамках упомянутых и наиболее распространенных системных концепций априорно не определен.

По отношению к процедуре синтеза в традиционных системных подходах (в сравнении с теоретико-множественным) существует аналогичное положение. В рамках теоретико-множественного подхода отношение части к целому строго задано заранее оговоренными правилами "сборки" частей в целое в виде соответствующих операций над множествами. В рамках же обсуждаемых системных подходов процедура синтеза системы опять становится зависимой от субъекта исследования, от его понимания текущей ситуации, так как простое декларирование функционирования системы в среде или подчиненности системы (выходов системы) некоторой

цели, если не оговариваются отношения со средой или что это за цели, чьи они, откуда берутся, остается не более чем лозунгом, ровным счетом ничего не дающим для обоснованного проведения операции синтеза. Данная ситуация в системных исследованиях даже получила свое особое наименование: *системный эффект* или *эмерджентность* свойств целого. При этом признается, что в ходе синтеза целого (системы) из его частей (подсистем) возникают принципиально новые свойства, но механизм синтеза или, как его еще называют, "*алгоритм сборки*" остается до сих пор тайной за семью печатями [9]. И в этом нет ничего удивительно, так как в наиболее распространенных системных подходах процедура синтеза (путь соединения систем и т. п.) не задана в принципе, т. е. на концептуальном уровне.

Например, множество *Города России* можно однозначно описать (синтезировать) путем объединения множества *Города области*...; множество *Животные заповедников* — путем объединения множества *Животные заповедника № ...* Синтезирование же системы *Город* из подсистем населенного пункта такого вида или системы *Биоценоз* из частей, представляющих собой различные виды организмов, проживающих на данной территории, в значительной степени является эвристической процедурой, которую разные исследователи могут и будут выполнять по-разному.

ПЕРСПЕКТИВНАЯ КОНЦЕПЦИЯ СИСТЕМНОГО ПОДХОДА

Рассмотрим системную концепцию, предлагаемую функциональной системологией, в которой существует одно единственное четкое и строгое определение системы [3] и которое, по-видимому, позволяет преодолеть упомянутые выше проблемы.

С точки зрения функциональной системологии, система есть ни что иное как функциональный объект, функция которого обусловлена функцией объекта более высокого яруса, т. е. надсистемой. Функция системы проявляется, в первую очередь, в *функциональных связях* данной системы с другими системами, составляющими ее *окрестностные условия* в определенной надсистеме. При этом сама система состоит из функциональных объектов более низкого яруса (подсистем (*элементов*), составляющих ее *субстанцию*), создающих своими функциональными связями ее *структуру* и *поддерживающих* функцию (функциональные связи) системы. Обуславливание функции системы функцией надсистемы определяется как *внешняя детерминанта системы*. При этом экстенционально проявляемая общая функция системы (ее функционирование) рассматривается как *внутренняя детерминанта системы*, обуславливающая функции подсистем (частные функции системы) и их взаимосвязи, т. е. субстанциальные и структурные характеристики системы. Любая же *связь* рассматривается как обмен между системами и некоторыми элементами, представляющими собой субстанции определенных глубинных ярусов связанных систем.

Как видно, к сожалению из этого очень краткого описания, концепция системы, предлагаемая функциональной системологией, четко и однозначно определяет отношение часть — це-

лое. Это отношение является специфическим системным отношением, не сводимым к отношению между множествами и не описываемым теоретико-множественными средствами, и называется *отношением поддержания функциональной способности целого* [3]. Совершенно очевидно, что рассмотренная системная концепция задает вполне определенные, конкретные возможности для проведения операций анализа или синтеза систем как функциональных объектов. Это, в свою очередь, обеспечивает целесообразность построения теории таких систем.

Рассмотрим вариант содержательной формулировки аксиом такой теории.

Учитывая принципиальные отличия системного подхода от теоретико-множественного и необходимость проведения операций синтеза и анализа системных объектов, целесообразно рассматривать две группы аксиом. Первая группа характеризует систему в целом ("снаружи", как элемент в структуре надсистемы), с функциональной точки зрения, и позволяет проводить операции объединения, стыковки и сборки (синтезирования) из систем более целостных образований. Вторая группа характеризует систему "изнутри", как совокупность взаимосвязанных подсистем, с морфологической (субстанциальной и структурной) точки зрения, и позволяет проводить операции членения, декомпозиции, выделения частей системы.

Учитывая введенные при описании данной концепции понятия, эти аксиомы можно представить в виде следующих определений:

Будем называть объект (функциональный) системой (говорить, что *система как функциональный объект задана*), если имеет место следующее:

1.1. Заданы окрестностные условия определяемой системы в виде множества связей (функциональных), которые имеют общий узел (пересекаются в одной точке) в структуре объекта, рассматриваемого как надсистема, и которые обеспечивают (поддерживают) функционирование надсистемы, т. е. определены, с точки зрения надсистемы.

1.2. Задан объект (функциональный), рассматриваемый как система, у которого в соответствии с заданными функциональными связями (п. 1.1.) имеются входы и выходы (т. е. "проточный" элемент), относительно которого определено, какие конкретно входы преобразуются в результате его функционирования и в какие конкретно выходы.

Будем говорить, что *система задана и определена с точностью до подсистем*, если кроме сказанного выше имеет место еще и следующее:

2.1. Задано множество объектов-подсистем (функциональных), удовлетворяющих условиям п. 1.1. и п. 1.2., относительно которых объект, заданный в п. 1.2., рассматривается как надсистема. Пересечение же множеств объектов, определяющих окрестностные условия каждой подсистемы, является пустым множеством.

2.2. Объединение множеств связей (функциональных) подсистем поддерживает функционирование системы в надсистеме и включает в себя множество функциональных связей системы, заданное в п. 1.1.

Аналогично, если каждая подсистема будет задана и определена с точностью до ее подсистем, то система окажется заданной и определенной с точностью до подподсистем и т. д.

Основная проблема формализации данного системного подхода состоит в том, что для описания отношения поддержания функциональной способности целого (основного отношения, обеспечивающего подлинную системность системного подхода) не достаточно традиционных математических средств (теории множеств, теории отношений, теории моделей, теории категорий и т. д.), необходимо еще учитывать *содержание функциональных свойств объектов и свойств связей* между этими объектами.

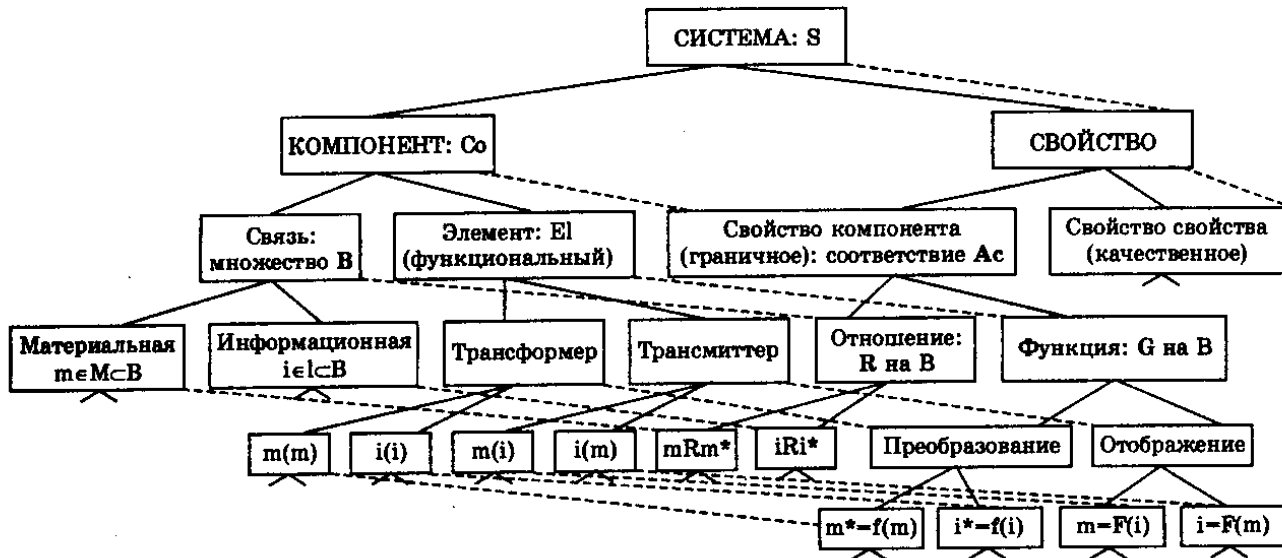
Рассмотрим такую возможность.

Неотъемлемой частью любой формальной теории или исчисления является алфавит, включающий в себя знаки (символы), используемые для записи выражений (формул) по определенным правилам и вывода. Принято считать, что эти знаки рассматриваются совершенно формально, без какой бы то ни было содержательной интерпретации, которую формальная теория или система может получить (а может и не получить) уже после своего создания [10].

Так как любой знак всегда представляет собой единство означающего и означаемого, знаки алфавита формальной системы, на самом деле, не могут не иметь сами по себе содержательной интерпретации, т. е. смысла, иначе они вообще не будут знаками. (Таким образом, автор в термин *знак* вкладывает то же содержание, что и Г. Фреге, а понимание знака Д. Гильбертом считает в корне неверным). Действительно, в любой формальной системе имеются знаки, либо относящиеся к абстрактным понятиям очень большого объема (переменные, кванторы и т. д.), либо обозначающие конкретные собственно математические или логические операции (конъюнкция, объединение и т. д.).

Последнее обстоятельство и является основной проблемой, затрудняющей формальное описание специфических системных свойств и отношений из-за их глубокого и разностороннего содержательного характера. Эта проблема, однако, может быть преодолена с помощью алфавита, знакам которого заведомо приписывается определенный понятийный смысл по некоторому заранее оговоренному правилу. Это может быть сделано, например, следующим образом.

При создании формальной теории системологического анализа (теории функциональных объектов) вместо алфавита формальной системы, обычно задаваемого простым перечислением, рассматривать *классификацию алфавитных символов*. Необходимая в данном случае *таксономическая и параметрическая классификация функциональных элементов систем и связей* между ними, представляющих собой конструктивные средства анализа и синтеза систем как функциональных объектов, может быть построена с учетом критериев и закономерностей *естественной классификации* [11; 12]. Главная особенность такой классификации — строгое и точное определение всех понятий об учтенных в классификации элементах и связях (и их свойствах), т. е. задания их *дефиниций* через *родовое понятие* и понятие *видового отличия*. Применение естественной классификационной схемы обеспечивает получение алфавита формальной системы, обладающего не только совершенно абстрактной или сугубо математической семантикой, но и пред-



Базовая иерархия классов системных компонент

метно/проблемно-ориентированной, что позволяет рассматривать данный алфавит как *формально-семантический*.

Корнем этой классификации является *базовая иерархия классов*, представленная на рисунке. Данная концептуальная схема основана на предложенной автором *семантической модели системы парных категорий* в виде иерархической структуры системы наиболее общих понятий с одной вершиной [13]. В результате ее развития и уточнения получена одноаспектная классификационная схема, учитывающая закономерности естественной классификации, т. е. представляющая собой параметрическую классификацию, в которой объекты систематизированы в соответствии с классификацией их свойств, являющейся частью общей иерархии классов. Практически это означает, что в данной иерархии для каждого классифицируемого *Компонента* (как класса или понятия) присутствует не только его родовой признак (вышестоящий класс), но и понятие (класс), являющееся видовым отличием в содержании классифицируемого понятия, т. е. *Свойство компонента*. На рисунке связь понятия с его видовым отличием (класса с его свойством) изображена пунктиром.

Использование данной классификации для порождения алфавитных символов, которые представляют собой экземпляры соответствующих классов, выявляет еще одну особенность такого алфавита. Как при конечном, так и при бесконечном формальном алфавите количество исходных понятий, соответствующих знакам алфавита обычной формальной системы, является конечным и ограниченным. Задание же алфавита с помощью классификации позволяет менять количественный и качественный состав исходных понятий и соответствующих алфавитных символов, т. е. *адаптировать* алфавит в зависимости от исследуемой и моделируемой предметной области.

Придание алфавиту формальной системы предметно/проблемноориентированной семантики и свойства адаптивности улучшает ее интерпретационные характеристики и упрощает ее использование для анализа и моделирования в различных конкретных ситуациях. Однако это не снижает степени формальности такой формальной системы, так как при условии алгоритмического зада-

ния синтаксиса она будет удовлетворять всем требованиям, предъявляемым к формальной системе, с точки зрения явного и строгого описания средствами самой формальной системы всех свойств и отношений всех используемых символов, а также распознавания всех символов только по их форме.

Формализация системологического понимания системы с помощью предлагаемого формально-семантического алфавита может быть осуществлена, например, следующим образом.

Можно показать, что родо-видовое определение любого понятия отражает в родовом признаке надсистеме (т. е. внешнюю детерминанту — D_{ex}) для системы (системы-класса), отраженной в данном понятии, а в видовом отличии — функциональные свойства данной системы в надсистеме (т. е. ее внутреннюю детерминанту — D_{in}) [14]. Это позволяет на основании базовой иерархии классов с учетом, например, родо-видового определения (см. рис.) “Компонент есть система (род) с граничными свойствами (видовое отличие)”, формализовать определение класса C_0 системных *Компонент* с помощью упорядоченной пары классов следующим образом:

$$C_0 = \langle S, A_c \rangle,$$

где S — класс *Система* и как родовой признак — D_{ex} системы-класса C_0 , A_c — класс *Соответствие*, т. е. понятие соответствия, математически интерпретирующее понятие *Граничные свойства*, и как видовое отличие — D_{in} системы-класса C_0 .

Таким образом, не имея, при данном подходе, возможности формально говорить о системе (как в теории множеств нет формального определения множества), можно формально говорить о компонентах, обладающих системными свойствами, и определить все остальные понятия, учтенные в базовой иерархии классов (*Связь есть компонент, определяющийся отношением; Элемент есть компонент, определяющийся функцией* и т. д.).

Любое единичное понятие о конкретном объекте (внутренней системе или системе-явлении [14]) как экземпляре класса *Компонент* также может быть определено через родовой класс (класс, от которого объект наследует свои свойства) с учетом соответствующей конкретизации свойств. Это объясняется тем, что внутренняя система (система-явление)

есть внешняя система или система-класс единичного объема. При этом обязательно будет наблюдаться явление множественного наследования, т. е. конкретный объект будет иметь не одно родо-видовое определение (наследовать не от одного класса). Во-первых, он будет наследовать от какого-либо видового класса (классов) *Связь*, так как обязательно будет связан с другими конкретными системами (объектами) в структуре надсистемы. Во-вторых, он будет наследовать от какого-либо видового класса (классов) *Элемент*, так как будет обладать определенной функцией в надсистеме. При этом связи системы в структуре надсистемы характеризуют внешнюю детерминанту системы как явления, а ее функциональность — внутреннюю.

Таким образом, в общем случае, можно формализовать представление о конкретной системе (явлении) как функциональном объекте с помощью упорядоченной пары классов следующим образом (см. рис.):

$S_{ob} = \langle B, R \rangle \wedge \langle E_1, G \rangle$, где класс B есть конкретный вид или виды связей, в которых участвует система-явление S_{ob} , а R — конкретный вид или виды отношений, определенных на множестве элементарных компонентах, образующих указанные связи (связующие потоки); E_1 — конкретный вид или виды элементов (*Трансформеров* или *Трансммиттеров*), к которым относится система-явление S_{ob} , а G — конкретный вид или виды функций (*Преобразований* или *Отражений*), заданных на множестве элементарных компонентах, входящих в систему S_{ob} и выходящих из нее по протекающим связующим потокам. При этом $B = \langle C_o, R \rangle$, а $E_1 = \langle C_o, G \rangle$ (см. рис.).

Следовательно: $S_{ob} = \langle B, R, G \rangle$, где B — множество элементарных компонент, образующих связующие потоки, на подмножествах которого заданы множество отношений R и множество функций G ; R — множество отношений (на множестве B), в которых участвует система S_{ob} , обусловленных входными и выходными связями (потоками) данной системы; G — множество функций между входными и выходными связями (элементами входных и выходных потоков) системы S_{ob} , область определения $D_{om} G$ которых есть множество входных элементов отношений (связей) системы, а область значения $I_m G$ — выходных.

Полученное определение системы как функционального объекта аналогично определению алгебраической системы и объединяет модельный ($\langle B, R \rangle$) и алгебраический ($\langle E_1, G \rangle$) подходы.

СРАВНЕНИЕ СИСТЕМОЛОГИИ И ОБЪЕКТНОГО ПОДХОДА

Рассмотрим результаты сравнительного анализа объектно-ориентированной методологии разработки ПО и системологического подхода.

Главным предметом исследования системологии является **СИСТЕМА**. Объектно-ориентированная методология опирается на понятие **«объект»**. С точки зрения системологии, как уже было отмечено, СИСТЕМА есть функциональный объект, функция которого обусловлена функцией объекта более высокого яруса, т. е. надсистемой; а объект, с точки зрения объектно-ориентированного подхода, представляет собой предмет или сущность, имеющую определенное функциональное на-

значение в данной предметной области [1]. Таким образом, концептуальное сходство системологического и объектно-ориентированного подходов основывается, в первую очередь, на сходном понимании природы **СИСТЕМЫ** и **ОБЪЕКТА**, соответственно.

При этом вроде бы за небольшим внешним текстуальным сходством определений системы и объекта скрывается их глубокое концептуальное единство, состоящее в том, что оба понятия не определяются в терминах теории множеств и не рассматриваются как разновидности понятия «множество». Рассмотрение же системы как множества, свойственное традиционному системному подходу, приводит, например, к невозможности поддержать средствами соответствующего системного анализа *инкапсуляцию*, являющуюся составной частью объектно-ориентированного подхода и обеспечивающую разделение внешней и внутренней стороны объекта.

Объектно-ориентированная методология в значительной степени опирается также на следующие основные понятия [1; 15]:

Дихотомию **«класс/объект»**, обеспечивающую представление разрабатываемой системы в «канонической форме», т. е. в виде двух ортогональных иерархий — иерархии классов и иерархии объектов (экземпляров классов).

Дихотомию **«интерфейс/реализация»**, обеспечивающую отдельное рассмотрение поведения и устройства экземпляра или абстракции, реализующего (поддерживающего) это поведение, при создании и использовании программной системы.

Отношение **«клиент — сервер»**, определяющее функциональные роли элементов предметной области и разрабатываемой системы.

Понятие **«ответственности»**, связанное с контрактным проектированием и выражающее предназначение и место объекта или класса в системе.

Анализ этих понятий и результатов их сравнения с понятиями системологии позволяет выявить глубокую аналогию основных положений объектно-ориентированного и системологического подходов.

С точки зрения дихотомии **«класс/объект»**, в системологии рассматривается два вида систем: **СИСТЕМЫ-КЛАССЫ** и **СИСТЕМЫ-ЯВЛЕНИЯ**. В работе [6] эти системы называются *внешними* и *внутренними* системами соответственно. Под внутренней системой понимается конкретное явление, образующее пространственно-временное единство, характеризующееся отношением «часть-целое», а под внешней системой — объединенный общей сущностью класс объектов, характеризующийся отношением «род-вид».

В настоящее время удалось обеспечить единство содержательного и формального рассмотрения обоих видов систем как функциональных объектов. Рассмотрение систем-явлений предметной области позволяет оценить ее с точки зрения целостности, устойчивости функционирования, глубины и оптимальности адаптации, а систем-классов предметной области — с точки зрения естественности (онтологичности) и функционального соответствия объективным запросам систем более высокого порядка [14].

С точки зрения дихотомии **«интерфейс/реализация»**, в системологии рассматривается два вида свойств: **ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ** и **ПОДДЕРЖИВАЮЩИЕ**. Функциональное

свойство системы — это внешнее свойство, которым обязательно должна обладать система для выполнения своих функций. Поддерживающее свойство системы — это внутреннее свойство, необходимое для поддержания и обеспечения устойчивости функциональных свойств.

С точки зрения отношения “клиент—сервер” (в данном случае удобнее сказать “сервер—клиент”), при котором сервер своими ресурсами и услугами (своим функционированием) поддерживает функционирование клиента, в системологии рассматривается ОТНОШЕНИЕ ПОДДЕРЖАНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СПОСОБНОСТИ ЦЕЛОГО. Данное отношение представляет собой отношение система—надсистема, обеспечивающее надсистеме функциональную способность, поддерживаемую системами и несводимую к способностям систем. Противоположным ему (соответствующим именно отношению “клиент — сервер”) является ОТНОШЕНИЕ ДЕТЕРМИНИРОВАНИЯ СВОЙСТВ ЧАСТЕЙ СВОЙСТВАМИ ЦЕЛОГО [12].

С точки зрения контрактного проектирования и, в частности, понятия “ответственности”, которое выражает предназначение, например, объекта в системе через совокупность его контрактных обязательств, в системологии рассматриваются понятия ВНУТРЕННЕЙ ДЕТЕРМИНАНТЫ и ВНЕШНЕЙ ДЕТЕРМИНАНТЫ. При этом под внутренней детерминантой понимается главное, определяющее, функциональное свойство системы, по отношению к которому остальные свойства лишь поддерживают его изнутри; а под внешней детерминантой — ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ ЗАПРОС НАДСИСТЕМЫ на определенные взаимодействия рассматриваемой системы с другими (окрестностными) системами данной надсистемы, который и определяет выбор внутренней детерминанты.

Сходство представленных понятий имеет большое значение, как для системологии, с точки зрения выявления еще одной важной области ее применения — объектно-ориентированного проектирования современного ПО; так и для фундаментального теоретического обоснования и развития самой объектно-ориентированной методологии.

Кроме того, требование исследования иерархии объектов и иерархии классов в ходе объектно-ориентированного анализа системы (предметной области) находится в полном соответствии с требованиями системологии, в которой предполагается анализ внутренних систем предметной области (систем-явлений или экземпляров) и внешних систем (систем-классов) [4]. Анализ внутренних и внешних систем необходим, в частности, в системологии при проведении детерминантного анализа системы (предметной области), предназначенного для определения запроса надсистемы к исследуемой системе, т. е. ее внешней детерминанты.

Следовательно, системологический подход позволяет проанализировать полную и целостную архитектуру рассматриваемой системы в соответствии с требованиями методологии ООА и ООД. При этом, рассмотрение внутреннего и внешнего аспекта системности характерно именно для системологии и ни в какой другой концепции системного подхода не используется.

Объектно-ориентированное мировоззрение, при

котором “требования к системе воспринимаются с точки зрения классов и объектов, выявленных в предметной области” [1, с. 54], и системологическое мировоззрение, при котором предметная область рассматривается как иерархия функциональных объектов (систем-явлений), находящихся в отношении поддержания функциональной способности целого [3], а также как иерархия систем-классов, находящихся в том же отношении [4], таким образом, совершенно сходятся. Это и позволяет приблизить системный (системологический) анализ к потребностям объектно-ориентированного проектирования.

Системология, таким образом, с учетом упомянутых выше перспектив ее формализации, может и должна стать теоретическим фундаментом объектно-ориентированного подхода к созданию современных информационных технологий.

Можно даже утверждать, что такие составные части объектно-ориентированной методологии, как ООА и ООД, есть, по сути своей, ни что иное как изложение системологии в программистских терминах.

Связь между системологией и объектно-ориентированным подходом представлена в таблице.

Сопоставление Системологии и Объектного подхода

Объектный подход	Системология
Объект	Система-явление (внутренняя система)
Класс	Система-класс (внешняя система)
Объектно-ориентированная декомпозиция	Системная декомпозиция, на основе отношения поддержания функциональной способности целого
Структура (иерархия) объектов	Партитивная (целочастная) классификация
Структура (иерархия) классов	Таксономическая (родовидовая) классификация
Контрактное программирование (клиент-сервер)	Внешняя детерминанта (запрос надсистемы) — Внутренняя детерминанта (функция системы, соответствующая запросу)
Варианты использования (прецеденты)	Функциональные свойства (связи)
Главная задача объектно-ориентированного проектирования: выбор правильного набора абстракций (классов)? [1]	Метод построения классификаций, отражающих существенные свойства предметной области: системологический классификационный анализ! [12]

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Буч Г. Объектно-ориентированный анализ и проектирование с примерами приложений на С++. — 2-е изд. // Пер. с англ. — М.: “Изд-во Бином”; СПб. “Невский диалект”, 1999. — 560 с.
2. Никаноров С. П. Совершенствование, создание и развитие организаций на основе теории систем // Интернет: “Планета КИС” (www.pcweek.ru).

3. Мельников Г. П. Системология и языковые аспекты кибернетики.— М.: Сов. радио, 1978.— 368 с.
4. Бондаренко М. Ф., Маторин С. И., Соловьева Е. А. Анализ системологического инструментария концептуального моделирования проблемных областей // НТИ. Сер. 2.— 1996.— № 4.— С. 1-11.
5. Бондаренко М. Ф., Соловьева Е. А., Маторин С. И. Основы системологии.— Харьков: ХТУРЭ, 1998.— 118 с.
6. Шрейдер Ю. А., Шаров А. А. Системы и модели.— М.: Радио и связь, 1982—152 с.
7. Лямец В. И., Тевяшев А. Д. Системный анализ.— Харьков: ХТУРЭ, 1998.— 252 с.
8. Оптнер Станфорд Л. Системный анализ для решения деловых и промышленных проблем / Пер. с англ.— М.: Сов. радио, 1969.— 216 с.
9. Мойсеев Н. Н. Универсальный эволюционизм и коэволюция // Природа.— 1989.— № 4.— С. 3-8.
10. Петров Ю. А. Методологические вопросы анализа научного знания.— М.: "Высш. школа", 1977.— 224 с.
11. Маторин С. И. Определение и системологическое обоснование базовой иерархии классов для создания нормативной системы объектно-ориентированного анализа и проектирования // Вести. ХГПУ. Новые решения в современных технологиях.— 2000.— № 79.— С. 22-25.
12. Соловьева Е. А. Естественная классификация: системологические основания.— Харьков: ХТУРЭ, 1999.— 222.
13. Маторин С. И. Системологическое исследование структуры системы категорий // НТИ. Сер. 2.— 1997.— № 3.— С. 3-7.
14. Соловьева Е. А., Маторин С. И. О моделировании понятийных знаний: системный бионический подход // НТИ Сер. 2.— 1989.— № 3.— С. 2-8.
15. Буч Г., Рамбо Д., Джекобсон А. Язык UML. Руководство пользователя Пер. с англ.— М.: ДМК, 2000.— 432 с.

Материал поступил в редакцию 25.12.00