

ТЕХНОЛОГИИ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ. МОДЕЛИРОВАНИЕ

Шарапов¹ В. М., д.т.н., профессор,
Збруцкий² А. В., д.т.н., профессор,
Штеренхартц³ А., doctor-engineer,
Саенко⁴ Н. В.

¹Черкасский государственный технологический университет,
бульв. Шевченко, 460, г. Черкассы, 18006, Украина,
v_sharapov@rambler.ru

²Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт»,
проспект Победы, 37, г. Киев, 03056, Украина

³ECM Space GmbH, Берлин, Германия

⁴Нью-Йоркский университет, США

Аннотация. В данной работе описана технология построения моделей (моделирования) при проведении научных исследований или при разработке новых устройств, методов, программ, технологий и т.п. Описаны свойства моделей – конечности, упрощенности и приближенности. Кроме того, обсуждается соотношение в модели безусловно-истинного содержания, условно-истинного и предположительно истинного. Описана связь между субъектом (исследователем, разработчиком), объектом (предметом) моделирования, моделью и средой. Описаны модели «черного ящика», состава, структуры и структурной схемы, приведена классификация моделей.

Ключевые слова: технология моделирования, лингвистические модели, классификация моделей, модель «черного ящика», состава, структуры, структурной схемы.

TECHNOLOGIES OF SCIENTIFIC RESEARCHES. MODELLING

Sharapov¹ V. M., Dr.Tech.Sc., professor,
Zbrutsky² O. V., Dr.Tech.Sc., professor,
Sternhartz³ A., doctor-engineer,
Saenko⁴ N. V.

¹Cherkasy State Technological University,
Shevchenko blvd, 460, Cherkasy, 18006, Ukraine,
v_sharapov@rambler.ru

²National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute",
Prospect Peremogy, 37, Kiev, 03056, Ukraine

³ECM Space GmbH, Berlin, Germany

⁴New York university, USA

Abstract. The technology of models construction (modelling) at carrying out of scientific researches or working out of new devices, methods, programs, technologies, etc. is described in the work. Properties of models – finiteness, simplified nature and nearness are described. Besides, the ratio in the model of unconditional-true, conditional-true and presumably true content is discussed. The relationship between a subject (researcher, developer), an object (subject) of modelling, a model and environment is described. Models of «black box», composition, structure and block diagram are described, the classification of models is given.

Keywords: technology of modelling, linguistic models, classification of models, models of "black box», composition, structure and block diagram.

В работе [1] описана технология сбора и достоинств и недостатках объекта (предмета) исследований, его аналогах, приведена информация о характеристиках,

классификация известных устройств и методов по выработанным критериям.

Необходимо отметить, что в этом случае, как во многих других, мы имеем дело не с реальными объектами, а с их моделями. **Модель** – это некое подобие, образ (аналог) оригинала, реального объекта или другой модели [2–5].

В данной статье описана общая технология построения моделей (моделирования) при проведении научных исследований или при разработке новых изделий, программ, технологий, что и является **целью** данной работы.

Первоначально **моделью** назывался объект-заменитель, который в определенных условиях может заменить объект-оригинал, воспроизводя интересующие нас свойства и характеристики оригинала, причем имеет существенные преимущества, удобства (наглядность, обозримость, доступность для испытаний, легкость оперирования с ним и др.).

Затем были осознаны модельные свойства чертежей, рисунков, карт реальных объектов искусственного происхождения, воплощающих абстракцию довольно высокого уровня.

Следующий шаг заключался в признании того, что моделями могут служить не только реальные объекты, но и абстрактные, идеальные построения. Типичными примерами служат математические модели. Модель в этом случае определяется как результат отображения одной абстрактной математической структуры на другую, также абстрактную, либо как результат интерпретации первой модели в терминах и образах второй [3–6]. Технология построения математических моделей будет описана в отдельной работе.

Имеется два типа материалов для построения моделей – средства самого сознания и средства окружающего материального мира. Соответственно этому модели могут быть разделены на **абстрактные (идеальные) и материальные (реальные, вещественные)**.

Абстрактные модели являются идеальными конструкциями, построенными средствами мышления, сознания. Очевидно, что к абстрактным моделям относятся языковые (лингвистические) конструкции.

На естественном языке мы можем говорить обо всем. Он является универсальным средством построения любых абстрактных моделей. Эта универсальность обеспечивается не только возможностью введения в язык

новых слов, но и возможностью иерархического построения все более развитых языковых моделей (слово – предложение – текст; понятия – отношения – определения – конструкции...) [3].

Универсальность языка достигается, кроме прочего, еще и тем, что языковые модели обладают неоднозначностью, расплывчатостью, размытостью. Это свойство проявляется уже на уровне слов. Многозначность почти каждого слова (см. толковый словарь любого языка) или неопределенность слов (например, «много», «несколько») вместе с многовариантностью их возможных соединений во фразы позволяет отобразить любую ситуацию с достаточной для обычных практических целей точностью.

Однако, рано или поздно, практика сталкивает нас с ситуациями, когда приблизительность естественного языка оборачивается недостатком, который необходимо преодолеть на постоянной основе. Такую основу предоставляет выработка «профессионального» языка людьми, связанными общей для них, но частной для всех остальных деятельностью.

Например, у северных народов имеется несколько десятков разных слов, обозначающих различные состояния снега. У африканского скотоводческого племени масаев столько разных слов, выражающих различия между коровами, что масай по одному слову может выделить одно животное из огромного стада [3].

В результате мы приходим к **иерархии языков** и соответствующей иерархии типов моделей. На верхнем уровне этого спектра находятся модели, создаваемые средствами естественного языка, и так вплоть до моделей, имеющих максимально достижимую определенность и точность для сегодняшнего состояния данной отрасли знаний.

Итак, модели могут быть качественно различными, они образуют иерархию, в которой модель более высокого уровня (например, теория) содержит модели нижних уровней (например, гипотезы) как свои части, элементы. Важно также, что признание идеальных научных построений, законов в качестве моделей подчеркивает их относительную истинность [3].

Модели обладают рядом свойств. Мир, в котором мы живем, бесконечен. Модели же конечны. Из конечности моделей вытекают с очевидностью свойства упрощенности и

приближенности моделей. Кроме того, модели должны иметь сходство с моделируемым объектом.

Главная ценность моделей как формы знаний состоит в том, что они содержат объективную истину, т.е. в чем-то правильно отображают моделируемое. Однако, кроме безусловно-истинного содержания, в модели имеется и условно-истинное (т.е. верное лишь при определенных условиях), и предположительно-истинное (т.е. условно-истинное при неизвестных условиях), а следовательно, и ложное. При этом в каждом конкретном условии не известно точно, каково же фактическое соотношение истинного и ложного в данной модели. Ответ на этот вопрос дает только практика [3–5].

Все наши знания представлены моделями.

Модели можно разделить по направленности потоков информации, циркулирующих между субъектом и окружающим его миром (средой) на *познавательные и прагматические (теоретические и практические)*.

Познавательные модели являются формой организации и представления знаний, средством соединения новых знаний с уже имеющимися. Познавательная деятельность ориентирована в основном на *приближение модели к реальности, которую модель отображает*.

Прагматические модели являются средством управления, средством организации практических действий, способом представления образцово правильных действий или их результата, т.е. являются *рабочим представлением целей*.

Примерами прагматических моделей могут служить планы и программы действий, уставы организаций, кодексы законов, алгоритмы, рабочие чертежи и шаблоны, параметры отбора, технологические допуски, экзаменационные требования и т.д.

Другими словами, основное различие между познавательными и прагматическими моделями можно выразить так: познавательные модели отражают существующее, а прагматические – не существующее, но желаемое и (возможно) осуществимое [7].

Модель является не просто образом – заменителем оригинала, не вообще каким-то отображением, а отображением целевым.

Модель отображает не сам по себе объект-оригинал, а то, что в нем нас интересует, т.е. то, что соответствует поставленной цели.

Из того, что модель является целевым отображением, с очевидностью следует множественность моделей одного и того же объекта: для разных целей обычно требуются разные модели. Сама целевая предназначенность моделей позволяет все разнообразное множество моделей разделить на основные типы – по типам целей [7, 8].

Модели – это специальные системы. Мир моделей системен.

Целесообразная деятельность невозможна без моделирования. Сама цель уже есть модель будущего состояния. И алгоритм деятельности – также модель этой деятельности, которую еще только предстоит реализовать.

Таким образом, **моделирование** является обязательным, неизбежным действием во всякой целесообразной деятельности, пронизывает и организует ее, представляет собой не часть, а аспект этой деятельности [3–5].

Здесь следует также ввести понятие «система».

Важнейшим понятием при проведении научных исследований или при разработке новых изделий, программ, технологий и т.п. является понятие «система». Например, в [8] собрано 35 (!) определений системы. Приведем здесь только два определения.

Система – это средство для достижения цели. Например, для достижения цели – полета на Луну или Марс – потребуется создание сложнейшего ракетно-космического комплекса (РКК), состоящего из наземных сооружений, многоступенчатой ракеты, спускаемого аппарата, систем связи, управления, жизнеобеспечения космонавтов и др.

Как следует из приведенного примера, **система** (ракетно-космический комплекс) – это устройство, обособленное от внешней среды (но связанное с ней), состоящее из отдельных частей (подсистем), соединенных между собой определенным образом (второе определение).

Для создания такой системы требуется еще большая система (**надсистема**), состоящая из НИИ, КБ, заводов и т.п., цель которой другая (разработка и изготовление ракетно-космического комплекса).

Как правило, деятельность редко осуществляется по жесткой программе без учета того, что происходит на промежуточных этапах. Чаще приходится оценивать текущий результат предыдущих действий и выбирать следующий шаг из числа возможных. Это

означает, что необходимо сравнивать последствия всех возможных шагов, не выполняя их реально, т.е. «проиграть» их на модели.

Отметим еще один аспект моделирования – взаимоотношение субъекта, который производит моделирование, объекта – объекта (предмета) моделирования (исследований), модели и среды (культуры), в которой происходит моделирование (рис. 1).

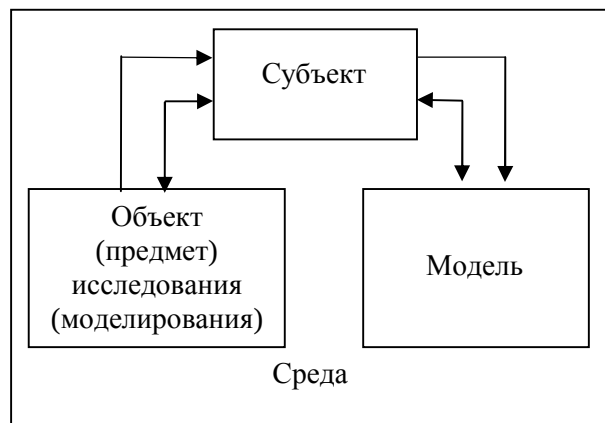


Рис. 1. Схема взаимоотношений при моделировании

Для реализации своих модельных функций необходимо, чтобы модель была согласована с культурной средой, в которой ей предстоит функционировать, входила в эту среду не как чуждый ей элемент, а как ее естественная часть. Такое свойство согласованности с культурной средой называют **ингерентностью** [8, 9].

Как и все в мире, модели проходят свой жизненный цикл: они возникают, развиваются, сотрудничают или соперничают с другими моделями, уступают место более совершенным.

Когда модель рассматривается в конкретный момент времени, можно говорить о ее неизменности. Такие модели называют статическими. Когда модели описывают процессы, протекающие в объекте моделирования, говорят о динамических моделях.

Важную для человека роль играют наглядные, образные, визуальные модели. Перейдем от первого определения системы (система есть средство достижения цели) к его визуальному эквиваленту [3].

Во-первых, приведенное определение ничего не говорит о внутреннем устройстве системы. Поэтому ее можно изобразить в виде непрозрачного «ящика», выделенного из окружающей среды. Эта простейшая модель

отражает два важных свойства системы – целостность и обособленность от среды.

Во-вторых, в определении системы косвенно говорится о том, что хоть «ящик» и обособлен, выделен из среды, но не является полностью от нее изолированным.

В самом деле, ведь достигнутая цель – это запланированные заранее изменения в окружающей среде, какие-то продукты работы системы, предназначенные для потребления вне ее. Иначе говоря, система связана со средой и с помощью этих связей воздействует на среду. Эти связи на рисунке модели изображаются в виде стрелок, направленных от системы в среду (рис. 2).

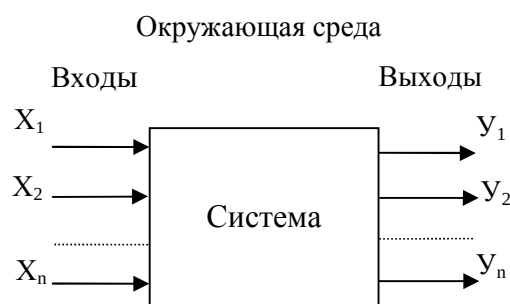


Рис. 2. Модель «черного ящика»

Эти связи названы выходами системы.

Кроме того, в определении имеется указание о наличии связей другого типа: система является средством, поэтому должны существовать и возможности воздействия на нее, т.е. такие связи со средой, которые направлены в систему (входы системы).

При рассмотрении любой системы необходимо различать внутренние составные части самой системы. При более детальном рассмотрении некоторые части системы могут быть, в свою очередь, разбиты на составные части. Неделимые части системы называют элементами. Части системы, состоящие из двух и более элементов, называют подсистемами. В подсистемы могут входить как элементы, так и подподсистемы (подсистемы «такого-то» уровня).

В результате получается модель **состава системы**, описывающая, из каких подсистем и элементов она состоит.

Модель состава ограничивается снизу тем, что считается элементом, а сверху – границей системы. Как эта граница, так и границы разбиения на подсистемы определяются целями построения модели и, следовательно, не имеют абсолютного характера. Это не оз-

начает, что сама система или ее состав нереальны. Мы имеем дело не с разными системами, а с разными моделями системы.

Модель структуры системы. Очевидно, что есть вопросы, которые решить с помощью моделей «черного ящика» и состава нельзя. Например, мы имеем «ящик» (в прямом и переносном смысле) с полным комплектом деталей велосипеда («состав»). Но это еще не велосипед! Необходимо еще правильно соединить все детали между собой, т.е. установить между деталями (элементами и подсистемами) определенные связи – **отношения**. Совокупность необходимых и достаточных для достижения цели отношений между элементами называется **структурой системы**.

Модель структуры системы отображает связи между компонентами модели ее состава, т.е. совокупность связанных между собой моделей «черного ящика» для каждой из частей системы.

Между реальными объектами, вовлеченными в систему, имеется невообразимое (может быть, бесчисленное) количество отношений. Однако при рассмотрении конкретной системы из всех отношений мы должны выбрать только существенные для достижения рассматриваемой цели.

Отношения между элементами могут быть самыми разнообразными. Однако можно попытаться их классифицировать и по возможности перечислить. Трудность состоит в том, мы не знаем все реально существующие отношения и вообще неизвестно, является ли конечным их число. Любопытный пример приводят Перегудов Ф. И. и Тарасенко Ф. П. [3]: «Выделение языковых конструкций, выражающих отношения (типа находиться на, (под, около,...), быть причиной, быть подобным, быть одновременно, состоять из, двигаться к (от, вокруг,...) и т.п.), привело к выводу, что в английском, итальянском и русском языках число выражаемых отношений примерно одинаково и немного превышает число 200. Этот результат не может служить доказательством конечности числа отношений, но сам факт дает повод для размышлений». Действительно, почему одинаковое количество в трех языках и почему 200 (а не 300, 500 или 1000)?

Итак, модель структуры описывает существенные связи между элементами (компонентами) модели состава. Говоря, что свойст-

ва какого-то объекта можно использовать в системе, мы имеем в виду установление некоторых отношений между данным объектом и другими частями системы, т.е. включение этих отношений в структуру системы.

Структурная схема. Модели «черного ящика», состава и структуры образуют еще одну модель – структурную схему системы («белый ящик», «прозрачный ящик», «конструкция системы») [3–5].

В структурной схеме указываются все элементы системы, все связи между элементами внутри системы и связи определенных элементов с окружающей средой (входы и выходы системы).

Структурные (функциональные) схемы широко используются в электронике, радиотехнике, вычислительной технике и других отраслях.

Классификация описанных моделей показана на рис. 3.

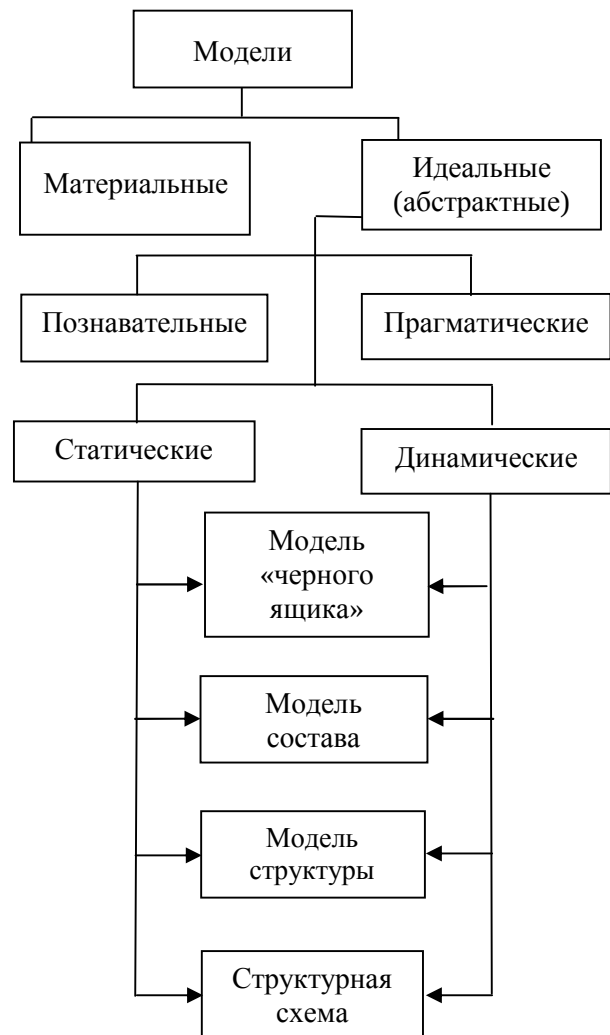


Рис. 3. Классификация моделей систем

Исследователь (разработчик) в каждом отдельном случае в зависимости от поставленных задач должен принять решение, какие из перечисленных моделей он должен построить.

Выводы:

1. Описаны модели, которые могут быть использованы в научных исследованиях или при проектировании новых устройств, методов, программ, технологий.

2. Описаны свойства моделей – конечности, упрощенности и приближенности. Кроме того, обсуждается соотношение в модели безусловно-истинного содержания, условно-истинного и предположительно-истинного.

3. Описана связь между субъектом (исследователем, разработчиком), объектом (предметом) моделирования, моделью и средой.

4. Описаны модели «черного ящика», состава, структуры и структурной схемы, приведена классификация моделей.

Список литературы

1. Шарапов В. М. Универсальные технологии научных исследований. Технологии изучения объекта исследований / В. М. Шарапов, А. Штеренхартц, Н. В. Саенко // Вісник Черкаського державного технологічного університету. – 2013. – № 3.
2. Новый словарь иностранных слов. – Мн. : Современный литератор. 2005. – 1088 с.
3. Перегудов Ф. И. Введение в системный анализ / Ф. И. Перегудов, Ф. П. Тарасенко. – М. : Высш. шк., 1989. – 367 с.
4. Шарапов В. М. Универсальные технологии управления / В. М. Шарапов, Е. В. Шарпова. – М. : Техносфера, 2006. – 496 с.
5. Шарапов В. М. Технологии управления проектами / В. М. Шарапов, В. П. Шейнов. – Черкассы : Вертикаль, 2010. – 568 с.

6. Лем С. Сумма технологий / С. Лем. – М. : Мир, 1968.
7. Шэннон Р. Имитационное моделирование систем – искусство и наука / Р. Шэннон. – М. : Мир, 1978.
8. Растринин Л. А. Кибернетика и познание / Л. А. Растринин. – Рига : Зипатне, 1978.
9. Усмов А. И. Системный подход и общая теория систем / А. И. Усмов. – М. : Мысль, 1978.

References

1. Sharapov, V. M., Sterenhart, A. & Saenko, N. V. (2013) Universal technologies of scientific research. Technologies of studying of an object of research. *Visnyk Cherkaskogo derzhavnogo tehnologichnogo universitetu*, (3) [in Russian].
2. New dictionary of foreign words (2005). Mn.: Modern writer, 1088 p. [in Russian].
3. Peregudov, F. I. & Tarasenko F. P. (1989) The introduction in system analysis. Moscow: Vysch. schola, 367 p. [in Russian].
4. Sharapov, V. M. & Sharapova, E. V. (2006) Universal management technologies. Moscow: Technosphera, 496 p. [in Russian].
5. Sharapov, V. M. & Sheinov, V. P. (2010) Technologies of projects management. Cherkasy: Vertical', 568 p. [in Russian].
6. Lem, S. (1968) The sum of technologies. Moscow: Mir [in Russian].
7. Shennon, R. (1978) Imitating modelling of systems – an art and a science. Moscow: Mir [in Russian].
8. Rastrigin, L. A. (1978) Cybernetics and knowledge. Riga: Zipatne [in Russian].
9. Usmov, A. I. (1978) System approach and general theory of systems. Moscow: Mysl' [in Russian].