ПРОБЛЕМЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ СОЗДАНИИ ОРГАНИЗАЦИОННЫХ СИСТЕМ

А.Н. Веригин, доктор технических наук, профессор,
заслуженный деятель науки Российской Федерации.
Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет).
Л.А. Королева, кандидат технических наук, доцент.
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Определена необходимость разработки универсальной методологии создания организационных систем. Рассмотрены особенности построения моделей организационных систем.

Ключевые слова: организационные системы, организационно-финансовые системы, моделирование, модель, объект управления, субъект управления, изоморфизм, гомоморфизм

PROBLEMS OF MODELING FOR CREATION OF ORGANIZATIONAL SYSTEMS

A.N. Verigin. Saint-Petersburg staite institute of technology (technical university).
L.A. Koroleva. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

The necessity of developing a universal methodology for creating organizational systems. The features of the construction of models of organizational systems.

Keywords: organizational systems, organizational financial system, мodeling, мodel, control object, subject of management, isomorphism, homomorphism

Решение социальных, политических, экономических, научных, технических проблем, стоящих перед обществом, требует определенной организации деятельности людей. Речь идет об искусственно созданных человеком организационных системах (ОС) – организациях различного назначения, компаниях, банках и т.д. [1].

В любом развитом обществе число таких образований (объектов) непрерывно изменяется и исчисляется сотнями тысяч. Распадаются существующие и образуются новые объекты. Как разновидность систем они не находят должного внимания со стороны исследователей в отличие от технических систем, например, автомобилей, самолетов, ядерных реакторов, технологических линий. По уровню своей сложности последние незначительно превосходят организационно-финансовые системы (ОФС), особенно с точки зрения сложности функционирования.

Начиная с первых лет советской власти, проблемы построения структуры управления политических, социальных и экономических ОС являлись неоспоримой прерогативой государства и его аппарата управления. Принципы организации и управления оставались бюрократическими [2]. Наука в решении подобных проблем практически не применялась. Однако создать методологию построения ОФС не представляется возможным без учета достижений науки об управлении. Развитие принципов кибернетики стало отправной точкой для изучения данного вопроса.

ОС, имеющие многовековую историю, появились в процессе выделения организаторской (управленческой) работы в самостоятельную разновидность трудовой деятельности. Богданов А.А., являющийся основоположником теории управления социальными объектами, отмечал, что «организаторский труд, по-видимому, представляет собой исторически самую раннюю форму сложного (квалифицированного) труда вообще» [1]. В условиях современной экономики система управления должным образом не справляется с функциями управления финансовыми, материальными и трудовыми ресурсами. Требуется разработать новые механизмы построения ОФС, которые позволили бы существенно сократить число неэффективных систем.

Универсальная методология создания ОС при их большом многообразии может быть разработана, так как: 1) у различных ОС имеются общие свойства, что позволяет разбить их на отдельные классы; 2) возможно применение методов создания систем управления программно-целевого типа; 3) допустимо использование методов общей теории управления, системного анализа и имеющегося опыта построения ОС [3–5]. Наиболее значимые результаты могут быть получены только на основе математического моделирования.

Система есть некоторое множество взаимосвязанных объектов (элементов), обладающих свойствами, которые не могут быть сведены к простой сумме свойств отдельных элементов [1]. Подобное определение может быть применено и к ОС как системам взаимодействующих объектов.

Известно несколько десятков определений понятия «модель объекта». Остановимся на следующем. Модель – представление объекта, системы или понятия (идеи) в некоторой форме, отличной от формы их реального существования. Она служит средством, помогающим в понимании, объяснении или совершенствовании окружающей нас природы. В широком смысле модель – это уменьшенное (или в натуральную величину) воспроизведение чего-либо [6].

В науке практически всегда приходится иметь дело с моделями [7]. Вне их конкретных классов бессмысленно говорить об основных понятиях теории и закономерностях природы.

Изучение свойств объекта в процессе исследования – это анализ построенных специальным образом моделей. Результаты исследования зависят от правильности построения модели и полноты отражения ее взаимодействий с внешней средой.

В основе математического моделирования лежит явление изоморфизма, заключающееся в сходстве форм при качественном различии процессов. В математике изоморфизм говорит о возможности исследования одной из изоморфных систем путем исследования другой изоморфной системы.

Изоморфизм предполагает существование сходства в определенных пределах формы и отдельных закономерностей для различных явлений материального мира и мира организаций. При строгом соблюдении определенных границ и условий имеется возможность заменить исследование одного процесса исследованием другого, подобного ему по структуре и форме [8].

Влияние на создание модели субъективного фактора позволяет говорить об относительности ее понятия. Связано это с тем, что многое зависит от того, кто строит модель и при этом пытается учесть ряд условий конкретной задачи. Исследователь задает те аспекты модели, которые она должны отражать, и те, которые можно опустить при рассмотрении, принимает те или иные допущения, выбирает средства моделирования, применяет разнообразные методы с учетом выбранных средств.

Рассмотрим особенности моделирования ОФС с позиций кибернетического подхода как объектов управления и будем использовать для их математического описания известные методы теории идентификации, которые ранее применялись преимущественно при создании моделей технических систем.

Ту часть окружающего мира (ОФС), поведение которой изучаем, будем называть объектом управления. В общем виде взаимодействие объекта со средой (остальной частью окружающего мира) показано на рис. 1.

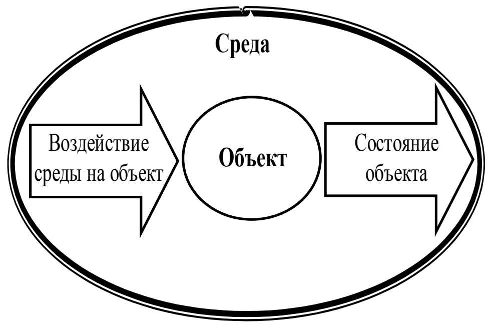

Рис. 1. **Схема взаимодействия объекта со средой**

Объекту сопоставляется определенный субъект управления, который формируется в результате выбора (определения) объекта как части среды и задачами (целями) такого выбора.

Под субъектом будем подразумевать некоторую конкретную личность, группу людей, которые объединены по определенному признаку, и даже все человечество, когда, например, исследуются объекты глобального уровня (мировая экономика, окружающая среда, космос и т.д.).

Необходимо из среды выделить субъект, как это представлено на рис. 2. Здесь y – состояния объекта, представляющие интерес для субъекта; x – контролируемые (измеряемые) входные параметры; e – воздействия, которые не полежат контролю. Можно предположить, что между введенными переменными и субъектом реализуется причинно-следственная связь. В большинстве случаев субъекта интересует функционирование объекта с точки зрения реализации одной из трех задач: прогнозирование состояния объекта на выходе, управление объектом, установление механизма процессов (явлений), которые происходят внутри объекта.

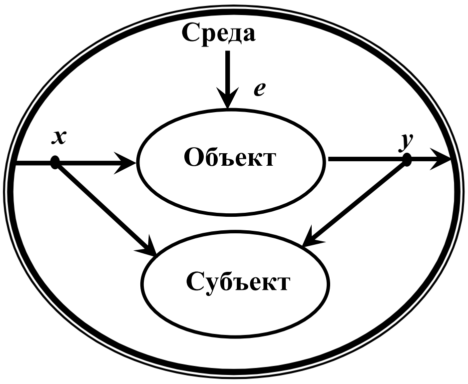

Рис. 2. **Схема взаимодействия субъекта со средой и объектом**

Остановимся более подробно на задаче управления. Согласно рис. 2 субъект функционирует в той же среде, что и объект, а значит, способен воспринимать состояние $\vec{x}$ среды. Важно, что одновременно при этом на него оказывает влияние состояние $\vec{y}$ объекта. В том случае, когда состояние $\vec{y}$ соответствует требованиям субъекта, который взаимодействует с данным объектом и использует его для своих целей, никакого управления как такового ему не требуется. В противном случае необходимо осуществить воздействие на объект с целью перевода его в новое состояние, которое будет удовлетворять субъекта.

Пусть субъект имеет возможность произвольно изменить определенное число компонентов вектора $\vec{x}$; обозначим их как $\vec{x}_y$, оставшиеся компоненты – как $\vec{x}_н$, при этом должно выполняться условие $\vec{x} = \vec{x}_у \cup \vec{x}_н$. Такое воздействие можно считать управлением. Отсюда следует, что управление необходимо только в том случае, если имеется неудовлетворенность субъекта ситуацией, возникшей в объекте.

Наиболее удобно исходить из допущения, что субъект всегда способен формулировать свою цель $\vec{z}^*$, реализация которой в объекте позволит, с точки зрения субъекта, удовлетворить его потребности. Такая цель должна представлять совокупность требований, которые предъявляет субъект к состоянию объекта.

Выявить состояние цели $\vec{z}^*$ в объекте представляется возможным только по его собственному состоянию $\vec{y}$, поэтому это состояние требуется описать, используя язык целей субъекта. Речь в данном случае идет о выполнении преобразования $\vec{z} = \psi(\vec{y})$. В частности, может оказаться так, что $\vec{z} = \vec{y}$, когда субъект для формулирования своих целей использует язык состояний объекта.

В этом случае равенство $\vec{z} = \vec{z}^*$ говорит о том, что состояние объекта соответствует целям субъекта, которые выполнены. Напротив, когда $\vec{z} \neq \vec{z}^*$ цели субъекта в объекте не реализованы. Отсюда вытекает необходимость управления, сущность которого математически можно описать соотношением $\vec{x}_у = V(\vec{I}, \vec{z}^*)$, где V – алгоритм управления; $\vec{I} = \langle \vec{x}, \vec{y} \rangle$ – информация о состояниях и входах объекта. Однако реализация подобного алгоритма возможна, если установлен характер количественных связей между $\vec{x}$ и $\vec{y}$, то есть построено математическое описание поведения объекта.

Существуют следующие этапы управления объектом: задание (выявление) целей управления, выявление объекта управления, построение модели объекта управления, синтез управления и его реализация.

Задача прогнозирования преследует всего одну цель: по известному $\vec{x}$ выявить прогнозируемое состояние $\vec{y}$ объекта и содержит такие этапы: определение целей прогноза, установление объекта исследования, построение модели объекта. Отличительная черта задачи прогноза заключается в количественном характере модели, а не в ее форме или структуре.

Установление механизма процессов и явлений так же предполагает существование трех этапов: задание целей исследования, установление объекта исследования, построение модели объекта. Главное – это поиск формы и структуры модели, когда наибольший интерес представляет качественная, а не количественная сторона изучаемых явлений.

В каждой из трех рассмотренных задач имеется один общий этап – построение модели объекта. Именно этот этап и будет рассмотрен в дальнейшем. Представим объект как некоторую кибернетическую систему, которая задается входящими в нее элементами и связывающими их уравнениями:

$$A = \{\vec{x}, \vec{\varepsilon}, Q\}, \tag{1}$$

где $\vec{x}^T = (x_1, x_2, ..., x_n)$ – множество сигналов входа (T – символ транспонирования); $\vec{\varepsilon}$ – множество неконтролируемых воздействий; Q – множество ограничений и характеристик, которые действуют в системе и накладываются на множества $\vec{x}$ и $\vec{\varepsilon}$.

При практической реализации кибернетической системы требуется описать связь «вход-выход» или «стимул-реакция». Если известны множества $\vec{x}$, $\vec{\varepsilon}$ и Q, то необходимо иметь возможность определять выходной вектор $\vec{y}$, то есть иметь отображение в явном виде:

$$R := \{\vec{x}, \vec{\varepsilon}, Q\} \to y. \qquad (2)$$

Здесь опять вынуждены вернуться к основополагающему принципу моделирования − принципу изоморфизма.

Строгий изоморфизм заключается в следующем. Если между элементами воздействий $\vec{x}_1, \vec{\varepsilon}_1$ и $\vec{x}_2, \vec{\varepsilon}_2$ представляется возможным установить взаимно однозначное соответствие, то такие системы $A_1 = \{\vec{x}_1, \vec{\varepsilon}_1, Q_1\}$ и $A_2 = \{\vec{x}_2, \vec{\varepsilon}_2, Q_2\}$ изоморфны строго. В том случае между множествами Q_1 и Q_2 имеет место взаимно однозначное соответствие: каждому элементу из Q_1, который выражает несимметричное отношение между элементами $\vec{x}_1, \vec{\varepsilon}_1$, будет соответствовать элемент из Q_2, который выражает такое же несимметричное отношение между элементами $\vec{x}_2, \vec{\varepsilon}_2$.

Существование строгого изоморфизма между двумя системами предполагает существование взаимно однозначного соответствия, как между характеристическими множеств (Q_1 и Q_2) и сигналами на входе, так и между сигналами на выходе систем.

На практике, при проведении исследований, ставится задача создать модель, которая будет изоморфна реальной системе только относительно определенного числа ее особых свойств, при этом можно говорить только об изоморфизме ограниченном.

Можно утверждать, что две системы A_1 и A_2 изоморфны ограниченно, если выполняется одно из трех условий.

1. Системы изоморфны по отношению к подмножеству выходных сигналов в независимости от происхождения соответствующих им входных сигналов.

Пусть имеется две системы $A_1 = \{\vec{x}_1, \vec{\varepsilon}_1, Q_1\}$; $A_2 = \{\vec{x}_2, \vec{\varepsilon}_2, Q_2\}$ и соответствующие им отображения $\vec{y}_1 = R_1\{\vec{x}_1, \vec{\varepsilon}_1, Q_1\}$, $\vec{y}_2 = R_2\{\vec{x}_2, \vec{\varepsilon}_2, Q_2\}$, где $\vec{y}_2^{\,T} = (y_{21}, y_{22}, ..., y_{2m_2})$, $\vec{y}_1^{\,T} = (y_{11}, y_{12}, ..., y_{1m_1})$.

Тогда первое условие имеет вид:

$$y_{1j} = y_{2j}, \; j = \overline{l, r}; \; r \ge l, \; r < m_1, \; r < m_2,$$

то есть на выходе двух систем значения r элементов одинаковы. При этом между элементами систем $\vec{x}_1, \vec{\varepsilon}_1$ Q_1 и $\vec{x}_2, \vec{\varepsilon}_2$, Q_2 могут иметь место различия.

2. Пусть системы A_1 и A_2 не имеют одинаковых выходных множеств, однако различие между определенными сигналами на выходе не превышает допустимого предела ε_j, то есть справедливы неравенства:

$$| y_{1j} - y_{2j} | < \varepsilon_j \quad j = 1, 2, ... \, .$$

Когда число сигналов на выходе в рассматриваемых системах равно $m_1 = m_2 = m$, то j может быть любым от 1 до m.

3. Две системы изоморфны с точки зрения первых двух условий относительно мер, которые заданы на их множествах выходов. В этом случае две системы эквивалентны относительно обобщенных показателей, которые характеризуют определенные элементы множеств выходов. Например, это могут быть показатели дохода, затрат, функций распределения прибыли и т.п.

Если некоторая часть системы: A_1 (например, A_1^α) изоморфна строго A_2; A_2 (например, A_2^α) изоморфна строго A_1, то две изоморфные частично системы A_1 и A_2 называются гомоморфными. Данное определение предполагает, что определенная часть системы A_1 изоморфна A_2 в строгом смысле и наоборот, то есть одна система является подсистемой другой. Различия между понятиями, ограниченным изоморфизмом и гомоморфизмом, очевидны и они являются основой моделирования в экономике, исследовании операций и в других областях анализа систем [8].

В общем случае математическая модель – это некоторая логическая структура, которая призвана объяснить механизм функционирования системы с использованием соотношений (1) и (2). Определим математическое моделирование с позиций понятий изоморфизма. Рассмотрим две системы A_1 и A_2, первая из которых задана тройкой $\{\vec{x}_1, \vec{\varepsilon}_1, Q_1\}$ и отображением $\vec{y}_1 = R_1\{\vec{x}_1, \vec{\varepsilon}_1, Q_1\}$, вторая тройкой $\{\vec{x}_2, \vec{\varepsilon}_2, Q_2\}$ и отображением $\vec{y}_2 = R_2\{\vec{x}_2, \vec{\varepsilon}_2, Q_2\}$. Первая является моделью второй, если A_1 гомоморфна или изоморфна A_2.

Развивая данное определение, под математической моделью объекта будем в дальнейшем полагать правило преобразования входных переменных в выходные с использованием функциональной зависимости $\vec{y} = \eta(\vec{x}) + \vec{\varepsilon}$, где $\eta(\vec{x})$ – некоторая вектор-функция; $\vec{\varepsilon}$ – вектор неконтролируемых возмущений. При этом первоначальная информация о векторах (сигналах) $\vec{x}$ и $\vec{\varepsilon}$ (область их изменения и т.п.) задана с использованием множеств $S = \{S_x, S_\varepsilon\}$. Элементы векторов задаются субъектом.

Осуществляя поиск математической модели (вида функции $\eta(\vec{x})$), исследователь обладает некоторой первоначальной информацией, для которой возможны два основных уровня.

Во-первых, вид функции $\eta(\vec{x})$ не определен. Известно лишь, что в интересующей исследователя области функция может быть с необходимой точностью аппроксимирована конечным рядом наперед заданных функций (по некоторой системе (или системам). Необходимо найти наилучший вид функции $\eta(\vec{x})$.

Во-вторых, функция $\eta(\vec{x})$ известна с точностью до параметров, то есть $\eta(\vec{x}) = \eta(\vec{x}, \vec{c})$, где $\vec{c}$ – вектор параметров модели. Тогда можно записать $\vec{y} = \eta(\vec{x}, \vec{c}) + \vec{\varepsilon}$, и прогноз состояния объекта описывается с использованием соотношения $\vec{y}* = \eta(\vec{x}, \vec{c}*)$. Оценка вектора параметров $\vec{c}\,*$ осуществляется с использованием некоторого критерия ошибки или функции потерь, которая задает меру различия выходов объекта и их прогноза:

$$\vec{c}* = \arg\min_{\vec{c}} \vec{J}(\vec{y}, \vec{y}*),$$

то есть в результате «подгонки» $\vec{c}$ к конкретным экспериментальным данным.

Следует выделить следующие этапы создания математической модели объекта исследования: определение модели, то есть выявление вида зависимости $\eta(\vec{x})$ с точностью до параметров $\vec{c}$; нахождение $\vec{c}\,*$ (этап оценки модели); проверка адекватности и подтверждение реалистичности модели. В настоящее время второй и третий этапы формализованы в достаточной степени, и при моделировании наибольшее затруднение, как правило, вызывает первый этап [8, 9].

Исходя из особенностей объекта моделирования, модели могут быть: социальные, политических ситуаций, экономические, демографические, развития производства, развития науки и техники. Модели одного вида могут отличаться в зависимости от объекта моделирования. Возможны два подхода к описанию объекта − идеальное (абстрактное), материальное (предметное).

При абстрактном воспроизведении особое место играют математические модели, с помощью которых реализуется исследование, исходя из уравнений, устанавливающих однозначное соответствие между переменными, определяемыми для модели и натуры. При решении плохо формализуемых задач широкое применение находят методы интуитивного (эвристического) моделирования.

Исходя из особенностей протекания изучаемого процесса, известны интуитивные модели: революционного эволюционного развития, совмещающие два типа развития. Модели можно разделить по типам математического аппарата на алгебраические, дифференциально-разностные, использующие понятия и результаты общей алгебры, топологические, основанные на теории автоматов, игровые, теоретико-графические и др. Исходя из имеющихся неопределенностей, различают стохастические и детерминированные модели имитационного типа. Эти модели могут рассматриваться в дискретном и непрерывном времени.

Выбор модели объекта прогнозирования (управления) представляет собой задачу, трудность которой зависит от степени изученности объекта моделирования, «степени искаженности» информации и объема этой информации. Моделирование – это скорее искусство, чем процесс формального создания (проектирования) модели, и требует отдельного рассмотрения.

Литература

1. Богданов А.А. Краткий курс экономической науки. М.: КомКнига, 2007. 266 с.

2. Виттих В.А. Концепция управления открытыми организационными системами // Известия Самарского научного центра РАН. 1999. Вып. 1. Т. 1. С. 17–19.

3. Ларина Р.Р. Логистический подход к управлению региональными организационно-экономическими системами: монография. Симферополь: ИТ «АРИАЛ», 2012. 224 с.

4. Звягинцев П.С. Программно-целевой метод планирования как основа создания новой индустриализации России // Вопросы экономики и права. 2013. № 9. С. 41–46.

5. Шляков С.А. Программно-целевой подход в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций, обеспечения пожарной безопасности и безопасности людей на водных объектах: оценки и перспективы // Стратегия гражданской защиты: проблемы и исследования. 2015. № 1 (8). Т. 5. С. 13–22.

6. Словарь русского языка / под ред. Н.Ю. Шведовой. 20-е изд., стереотип. М.: Рус. яз., 1989. 750 с.

7. Вятченин Д.А. Моделирование и абстракция // Онтология проектирования. 2013. № 1 (7). С. 51–64.

8. Мелихова О.А. Приложение матлогики к проблемам моделирования // Известия ЮФУ. Технические науки. 2014. № 7 (156). С. 204–214.

9. Математические модели организаций / А.А. Воронин [и др.]: учеб. пособие. М.: ЛЕНАНД, 2008. 360 с.

References

1. Bogdanov A.A. Kratkii kurs economicheskoi nauki [A short course of economic science]. Moscow: KomKniga, 2007, 266 p. (In Russ.).

2. Bittikh B.A. Kontseptsiya upravleniya otkrytmiy organizatsyonnymi sistemami. Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiiskoi akademii nauk. 1999. Vyp. 1. T. 1. pp. 17–19. (In Russ.).

3. Larina R.R. Logisticheskii podxod k upravleniyu regional'nmiy organizatsyonno-economicheskimi sistemami. Monografiya [Logistical approach to management of regional organizational-economic systems]. Simferopol: IT «AREAL», 2012, 224 p. (In Russ.).

4. Zvyagintsev P.S. Programmno-tselevoi metod planirovaniya kak osnova sozdaniya novoi indystrializatsii Rossii [Program-target planning method as the basis of the new industrialization of Russia].Voprosi ekonomiki i prava. 2013. №. 9. pp. 41–46. (In Russ.).

5. Shlyakov S.A. Programmno-tselevoi podkhod v oblasti zashchity naseleniya i territorii ot chrezvychainykh sityatsii, obespecheniya pozharnoi bezopasnosti i bezopasnosti lyudei na vodnykh ob'ektax: otsenki i perspektivy. Strategia grazhdanskoi zashity: problemy i issledovaniya. 2015. № 1 (8). T. 5. pp. 13–22. (In Russ.).

6. Ozhegov S.I. Slovar' russkogo yazyka [Dictionary of the Russian language]. Shvedova N.Yu. ed. Moscow: Russkii yazuk, 1989, 750 p. (In Russ.).

7. Byatchenin D.A. Modelirovanie i abstraktsya. Ontologiya proektirovaniya. 2013. № 1 (7). pp. 51–64. (In Russ.).

8. Melixova O.A. Prilozhtnie matloguiki k problemam modelirovaniya. Izvestiya YUFU. Texnicheskie nauki. 2014. №. 7 (56). pp. 204–214. (In Russ.).

9. Boronin A.A., Gubko M.B.,Mishin D.A., Novikov D.A. Matematisheskie modeli organizatsii. Uchebnoe posobie. [Mathematical models of organizations]. Moscow: LENAND, 2008, 360 p. (In Russ.).