

УДК 597.97

О КАЧЕСТВЕ ОНТОЛОГИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ

С.В. Микони

Санкт-Петербургский институт информатики и автоматизации Российской академии наук,
Санкт-Петербург, Россия
smikoni@mail.ru

Аннотация

Обсуждаются факторы, влияющие на качество онтологических моделей. Формулируются общие требования к качеству моделей. Указывается зависимость качества модели от качества определений входящих в неё понятий. Формализуется роль познающего субъекта в треугольнике Фреге. Близость смысла слова обозначаемому образу создаёт синергетический эффект правильного понимания понятия. Отсюда следует важность преимущественного применения слов национального языка для обозначения понятий. Приводятся примеры ложно-ориентирующих терминов. Выполнен анализ онтологической модели качества систем с управлением. В качестве основного недостатка модели отмечена несовместимость узкодисциплинарных определений понятий в междисциплинарной модели. Предложены определения обобщающих понятий. На их основе разработана шкала активной устойчивости систем с управлением.

Ключевые слова: качество модели, определение понятия, система с управлением, понятия дисциплинарные, междисциплинарные, обобщающие, устойчивость, самоорганизация.

Цитирование: Микони, С.В. О качестве онтологических моделей / С.В. Микони // Онтология проектирования. – 2017. – Т. 7, №3(25). – С. 347-360. – DOI: 10.18287/2223-9537-2017-7-3-347-360.

Введение

Онтологические модели (ОМ) относятся к классу познавательных моделей. Это проявилось и в названии соответствующего вида моделирования, называемого когнитивным (познавательным) моделированием [1]. В познавательном процессе участвует как образная, так и знаковая составляющая. Носителем знаковых познавательных моделей являются слова естественного языка, а их сигнатурой – логические операции. По этой причине их называют логико-лингвистическими моделями [2]. К образному аспекту логико-лингвистической модели относят структурную составляющую. Она отражает в явном виде связи между словами, объединяемыми в систему. К моделям этого типа относятся: система понятий; классификация; семантическая сеть; когнитивная карта; ER-диаграмма базы данных; блок-схема.

В отсутствие объективного объекта моделирования эти модели имеют существенную субъективную составляющую. Она проявляется, прежде всего, в трактовке субъектом познания смысла используемых понятий. Более того, определения понятий в нормативных документах могут быть недостаточно квалифицированными. В качестве примера приведём определение понятия *управление*, сформулированное в [3]: *управление* – выработка и осуществление воздействий на объект *управления*, предназначенных для достижения цели *управления*. Это определение имеет два порочных цикла из-за наличия в нём двух повторений определяемого слова.

Другой причиной неправильного понимания понятий является неумеренное употребление иностранных слов [4], смысл которых существенно зависит от контекста. В книге [5] эта проблема объясняется следующим образом: «...приблизительность мысли легче всего облечь в иностранное слово, ведь все вокруг понимают его, как и ты, приблизительно. В этом траге-

дия термина: термин всегда по значению точен, но обычно не знают его значения». Здесь имеется в виду неоднозначная связь значения термина с контекстом, а также неоднозначное соответствие между русским и иностранным терминами, например, *контроль* и *control*.

Третьей причиной, влияющей на качество ОМ, является пренебрежение закономерностями системного анализа. В нём большое значение придаётся обоснованному определению связей между элементами системы, каковыми в ОМ являются понятия ПрО.

С учётом изложенного актуальной задачей является формулирование требований к качеству ОМ и предложение способов его оценивания. Для понимания существа задачи большую роль играет разбор конкретной ОМ с целью оценивания её качества. В качестве таковой выбрана шкала уровней качества и дерево свойств системы с управлением, предложенная в работе [6].

1 Качество онтологической модели

Применительно к любому типу модели её качество определяется как *обобщённая характеристика модели, позволяющая оценить степень её пригодности для решения задачи моделирования* [7]. Обобщённая характеристика модели может иметь как качественную, так и количественную оценку. Простейшим примером качественных оценок являются значения: *пригодна* и *не пригодна* модель для решения конкретной задачи моделирования. Количественная оценка должна характеризовать степень пригодности модели для решения поставленной задачи, выраженная в долях единицы или в процентах. Общими требованиями, предъявляемыми к качеству любой модели, являются следующие.

- *Соответствие* (адекватность) объекту моделирования:
 - системное: полнота, непротиворечивость;
 - детальность: функциональное (при оценивании в целом), структурно-функциональное (при оценивании по частям).
- *Обоснованность* (подсистема объяснения).
- *Сложность*
 - представления (объём занимаемой памяти),
 - вычисления (вычислительная сложность).
- *Результативность*
 - точность,
 - достоверность (степень доверия).
- *Адаптивность* (возможность изменений).
- *Понятность* (удобство восприятия)
 - человеку (обоснованность),
 - компьютеру (технологичность).

К особенностям ОМ относится их субъективный характер, поскольку моделированию подвергается вымышленный объект, как плод размышлений его автора. Мысли облакаются в слова и образы, претворяемые в структурно-функциональную модель (СФ-модель). Её вершины обозначаются именами понятий (терминами), а связи между ними – абстрактными или предметными отношениями (предикатами). Исходя из онтологической интерпретации структурно-функциональной модели, её качество определяется качеством понятий и отношений между ними. Понятие следует рассматривать как первичную модель знания. Качество понятия оценивается степенью соответствия его определения определяемой сущности (англ. *de note a thing*) и правильной ориентацией присвоенного ему термина (лексического знака).

Отношение между объектом познания, понятием, как результатом познания, и обозначением понятия описывается смысловым треугольником Фреге. Вершинами треугольника яв-

ляются: обозначаемая сущность (denotat от лат. denotatum – обозначенное), отражающее её понятие и его имя. Рёбрами связываются отношения между ними.

Недостатком этой модели является отсутствие в ней *субъекта* познавательного процесса, от знаний которого зависит качество формируемого понятия. Ведь, новое знание определяется по отношению к уже *известному* знанию. Оно и определяет зависимость результата познания от уровня знания субъектом соответствующей предметной области и общей картины мира, объясняемой с помощью философии, математики и системного анализа. С целью учёта влияния знаний субъекта на качество формирования нового понятия, включим его в центр смыслового треугольника [8] (см. рисунок 1).

Объект познания принадлежит универсуму объектов познания и является составной частью внешней среды по отношению к субъекту. Проблема высокой размерности универсума решается его делением на предметные области (ПрО).

Сутью процесса познания субъектом нового объекта знания (вертикальная стрелка на рисунке 1) является выявление *роли* нового знания по отношению к исходному знанию (внутреннему миру) субъекта с применением отношения «сходство-различие».

Нижние вершины смыслового треугольника принадлежат внутреннему миру субъекта познания.левой вершине ставится в соответствие *определение* понятия, как результат объяснения познающим субъектом (левая стрелка от субъекта) роли формируемого понятия по отношению к известным понятиям.

Многословное определение понятия удобно для его понимания, но оно не удовлетворяет требованию краткости. Поэтому оно обозначается (правая стрелка от субъекта) *знаком* (см. правую вершину треугольника). В ОМ в качестве знаков используются термины ПрО, выполняющие роль лингвистической свёртки словосочетаний. Отметим важность преимущественно русских слов в обозначении понятий. Близость смысла слова обозначаемому образу создаёт синергетический эффект правильного понимания понятия.

Правильному пониманию и применению терминов препятствуют следующие факторы:

- неправильное определение понятия;
- иностранные термины, используемые носителями языка в другом контексте;
- замена понятного русского слова иностранным термином;
- ложно-ориентирующие термины.

Пример неправильного определения понятия *управление* приведён во введении. Примером различного толкования оригинального иноязычного термина и его русского эквивалента являются термины *control* и *контроль*. Примером избыточного применения иностранных терминов является слово *эмерджентность*. Этим трудно произносимым словом заменяют термин *целостность*, имеющий смысл порождения свойств целого, не присущих свойствам его частей. Примером ложно-ориентирующего термина является *функция регрессии*. Это понятие было сформулировано при выявлении зависимости роста людей от принадлежности поколению. Предположение о линейном приращении роста от поколения к поколению было опровергнуто статистикой. На этом основании функция взаимосвязи роста людей с их поко-

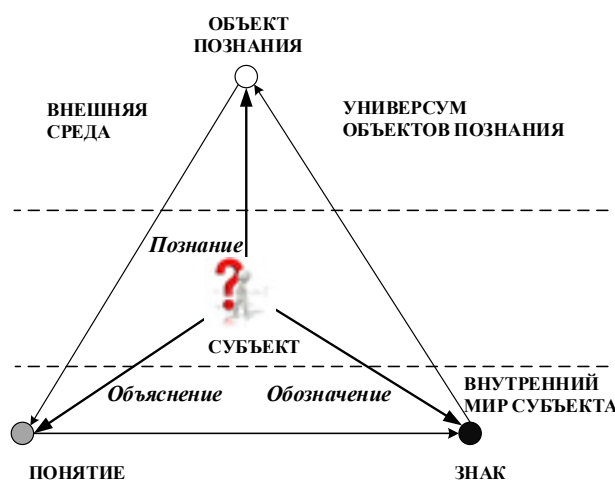


Рисунок 1 – Модель формирования понятия

лением была названа функцией регрессии, поскольку рост линейно не прогрессировал. В дальнейшем этот термин был распространён на любую взаимосвязь факторов, в том числе не имеющих отношения к регрессу. Замена термина *функция регрессии* на обобщающий термин *функция взаимосвязи* вполне допустима, в то время как обратная замена влечёт ложное понимание термина. Пренебрежение категорией общности понятия является частой ошибкой в ОМ. В противоположность ложно-ориентирующему термину правильно-ориентирующий термин отражает смысл определения понятия, что способствует правильному использованию этого термина. Термины, включающие фамилию автора понятия, с точки зрения познавательной функции называются нейтральными [9]. Они рассчитаны на запоминание, что ложится дополнительной нагрузкой на память.

На выбор подходящего термина влияет не только обозначаемый им смысл, но и категория общности. Термин, относящийся к более высокой категории общности, может быть применён для обозначения частного понятия. Недостатком такого применения является недостаточная конкретность. Применение конкретного термина для обозначения более общего понятия влечёт ложные ассоциации. Примером является рассмотренный выше термин *функция регрессии*.

Качество отношений между понятиями оценивается на предмет возможности их применения к тому или иному типу ОМ. Отношения между понятиями делятся на *абстрактные* и *предметные*. К абстрактным отношениям относят независящие от предметного смысла пары: род-вид, целое-часть, класс-элемент, причина-следствие.

Родо-видовое отношение применяется в иерархической классификации родового понятия. Родовое понятие последовательно сужается по объёму в видовые понятия с применением конкретизирующих оснований деления. Примером может служить конкретизация *места проживания*: страна, регион, город, улица, дом, квартира.

В сетевых моделях понятий наряду с видовыми формируются *межвидовые* понятия, полученные по *разным* основаниям деления [10]. Если устойчивость объекта разделить на *пассивную* и *активную* устойчивость по способу её реализации, и на *физическую* и *информационную* устойчивость относительно природы объекта, то примером межвидового понятия является *пассивная физическая* устойчивость. Таким видом устойчивости обладает, например, корпус ледокола.

Отношение *целое-часть* применяется в сборочных моделях.

Отношение *класс-элемент* применяется при конкретизации модели-прототипа исходными данными.

Отношение *причина-следствие* конкретизируется в отношении *исток-сток* в блок-схемах.

К наиболее общим предметным предикатам принадлежат: *быть* (англ. to be) и *делать* (англ. to do). На основе глагола *быть* формируются атрибутивные отношения (объект *есть* быстрый, экономичный и т.п.). На основе переходного глагола *делать* формируются субъект-объектные отношения (кто *делает* что). Отсюда следуют одноместный предикат *быть* (x) и двухместный предикат *делать* (x, y). Эти отношения используются в ER-диаграммах баз данных. Они конкретизируются по предметному смыслу в семантических сетях и когнитивных картах.

2 Анализ онтологической модели качества систем с управлением

На основании требований, предъявляемых к качеству моделей, оценим качество ОМ, предложенной в работе [6]. Эта модель актуальна в связи с постоянным усложнением управленческих функций современных систем. Она особенно востребована на этапе проектирова-

ния сложных технических объектов. В нормальных условиях их функционирования ставится задача максимального облегчения труда человека. В условиях функционирования в агрессивной среде, например, в военных условиях, ставится задача минимального участия человека в их управлении. С экономической точки зрения представляет интерес распределение затрат на реализацию различных управленческих функций.

Приняв самоорганизацию за высший уровень управления, авторы работы предложили шкалу уровней качества систем с управлением, «проранжированных в порядке возрастания сложности рассматриваемых свойств. Эмпирические уровни качества получили следующие названия: *устойчивость, помехоустойчивость, управляемость, способность, самоорганизация*» (рисунок 2).

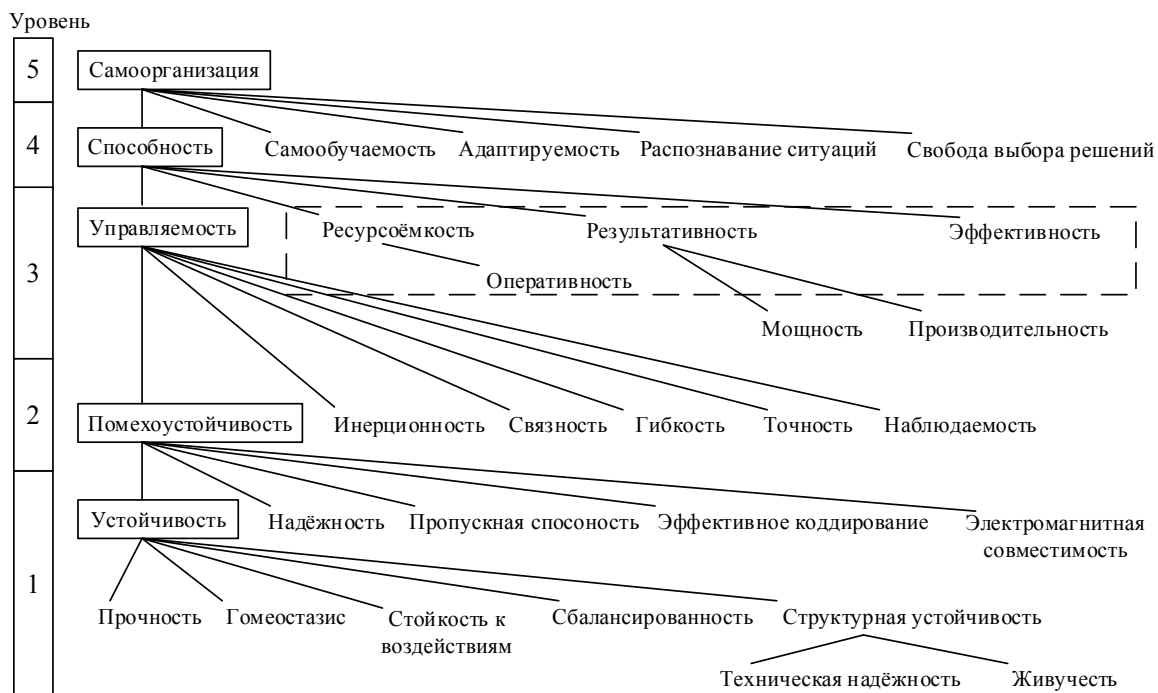


Рисунок 2 – Шкала уровней качества и дерево свойств системы с управлением

На основе этих уровней качества предложена систематизация свойств систем с управлением. Она представляет собой вариант онтологии управленческих функций.

Начнём анализ предложенной шкалы с её названия. В словосочетании *качество систем с управлением* слово *система* не несёт конкретной смысловой нагрузки. Здесь слово *качество* непосредственно относится к управлению, поскольку другие свойства системы не упоминаются.

Естественно, что объекты с разным уровнем самоорганизации характеризуются различными совокупностями свойств управления, отражающими степень участия человека. Насколько сравнимы по качеству управления, например, такие двухколёсные транспорты как велосипед и электросамокат? Равновесием велосипеда управляет человек, а равновесие электросамоката поддерживается автоматически.

Показатель качества должен давать ответ на вопрос, «в какой степени рассматриваемый объект обладает свойством (способностью) удовлетворять потребность потребителя? Но от велосипеда невозможно требовать автоматического поддержания равновесия, поскольку ему *не придаётся* это свойство. Следовательно, эти два вида транспорта *не сопоставимы* по качеству управления.

За основу линейного упорядочения делений предлагаемой шкалы её авторы приняли «сложность рассматриваемых свойств». Но такого понятия, как *сложность свойства*, не существует. Понятием *сложность* характеризуются системы. Их оценивают такими видами сложности, как информационная, структурная, функциональная (алгоритмическая) сложность. Например, для сравнения алгоритмов одного назначения рассчитывают асимптотические оценки алгоритмической сложности.

Примером неправомерного сопоставления свойств объектов по сложности является утверждение: «Более сложным свойством, чем устойчивость, является помехоустойчивость, понимаемая как способность системы без искажений воспринимать и передавать информационные потоки». Как можно сопоставлять по сложности даже такие однородные понятия, как *устойчивость* и *помехоустойчивость*, если они имеют разные категории общности? В то время как свойство *устойчивость* применимо к объектам любой природы (материальной, энергетической и информационной), свойством *помехоустойчивости* обладают только информационные объекты. Формулируя отношения между свойствами, авторы на самом деле имеют в виду сложность их реализации. Но как доказать, что обеспечение помехоустойчивости информационного объекта сложнее, чем обеспечение устойчивости энергетического объекта к воздействиям окружающей среды?

Несопоставимость по категории общности присуща и другим понятиям, принятым за деления шкалы качества. В обоснование градации качества *способность* она определяется как «потенциальная эффективность функционирования системы, способность получить требуемый результат при идеальном способе использования ресурсов и в отсутствие воздействий внешней среды». Однако понятие *способность* является слишком общим, чтобы им обозначать градацию качества. В частности, способность принято относить и к природным свойствам личности (математические, музыкальные и другие способности). Но они не имеют никакого отношения к характеристике систем с управлением.

В теории управления *управляемость* и *устойчивость* рассматриваются как взаимосвязанные свойства объекта. Управляемость объекта обозначает его свойство воспринимать *управляющие воздействия* органа управления (по переводу объекта из одного состояния в другое), а устойчивость означает свойство объекта *сохранять* заданные параметры функционирования при внутренних или внешних воздействиях на него. Эти понятия имеют разное назначение и степень общности, и их использование для обозначения разных делений шкалы качества выглядит необоснованным.

Согласно [6] «наиболее сложным качеством системы является самоорганизация». Словосочетание *наиболее сложное качество* соответствует высшей градации шкалы, деления которой упорядочены по *сложности свойств*, но противоречит градации *высокое качество*, принятой в квалиметрии. На самом деле, имеется в виду *наивысший уровень управления*, присущий самоорганизующейся системе, которая «способна изменять свою структуру, параметры, алгоритмы функционирования, поведение для повышения эффективности».

Каждая градация шкалы качества раскрывается через иерархию «более простых» свойств. Самоорганизация раскрывается через такие присущие ей свойства как «свобода выбора решений, адаптируемость, самообучаемость, способность к распознаванию ситуаций». Эти свойства действительно можно использовать в перечислительном определении понятия *самоорганизация*, хотя требуется доказать его полноту.

Необоснованным выглядит раскрытие последующих градаций шкалы качества. В частности, утверждается, что «помехоустойчивость объединяет ряд свойств, присущих в основном системам управления, таких как *надежность* информационных систем и систем связи, их *пропускная способность*, возможность эффективного *кодирования/декодирования* информации, *электромагнитная совместимость* радиоэлектронных средств и т.д.». Из перечис-

ленных свойств только *кодирование/декодирование* имеет прямое отношение к помехоустойчивости, как средству обеспечения надёжности при передаче информации.

Столь же необоснованным выглядит раскрытие градации устойчивость, «объединяющей такие свойства, как прочность, стойкость к внешним воздействиям, сбалансированность, стабильность, гомеостазис». Из них только *гомеостазис* имеет прямое отношение к системам с управлением. Прочность и стойкость к внешним воздействиям относятся к физическим свойствам объекта. Стабильность является фактическим синонимом устойчивости, а сбалансированность близка по смыслу равновесию (гомеостазису).

Исходя из требований к качеству ОМ, сформулированных в предыдущем разделе, отметим основные недостатки рассматриваемой модели.

- В основу шкалы уровней качества положен искусственный признак сложность свойства. Деление свойств на сложные и простые противоречит самому понятию свойство (то, что неотъемлемо принадлежит объекту). Свойства могут находиться в отношении цель-средство, либо в причинно-следственном отношении. Например, самообучение объекта не является самоцелью. Оно востребовано для его развития, которое, в свою очередь, обеспечивает возможность предвидения ситуаций, делая объект проактивным [11].
- Употребляемые в модели термины в отсутствие обоснованных определений играют роль знаков, обозначающих некоторые понятия, соответствующие эвристическим принципам формируемой модели. Используемая узкодисциплинарная трактовка понятий противоречит сути междисциплинарной модели, требующей применения обобщающих понятий (Umbrella terms). В отсутствие деления понятий по категориям общности имеют место противоречия между их содержаниями.
- Не установлены обоснованные отношения между понятиями, как в шкале уровней качества, так и в «дереве свойств системы с управлением», что является одним из следствий их произвольной трактовки.
- Шкала уровней качества не отвечает требованию классификации систем с управлением по качеству, поскольку они могут обладать свойствами, присущими разным градациям. Например, система может обладать как управляемостью, так и устойчивостью, отвечая сразу двум градациям качества.
- Согласно отмеченным недостаткам рассматриваемая ОМ не отвечает системным требованиям полноты и непротиворечивости. Рассчитанная на человеческое восприятие она не объективизирует знание в области управления и качества, а создаёт предпосылки для субъективных трактовок.

3 Анализ ключевых понятий модели качества управления

3.1. Устойчивость системы

В самом общем смысле быть устойчивым – значит устоять в своих устремлениях при воздействии различных факторов. В этом смысле в качестве общей категории для всех частных понятий определим *устойчивость* как *способность объекта реализовывать свои целевые функции в условиях изменения внутренней и внешней среды*.

Объект устойчив до тех пор пока неизменны его целевые функции.

В условиях предсказуемых (расчётных) изменений внутренней и внешней среды устойчивость конкретизируется в *равновесие* (гомеостазис) системы. Это свойство реализуется средствами автоматического регулирования.

В условиях непредсказуемых изменений внутренней и внешней среды устойчивость конкретизируется в *приспособляемость*. Приспособление (адаптация) системы осуществля-

ется, прежде всего, за счёт накопления соответствующего опыта. На его основе принимается решение об изменении параметров либо структуры объекта, адекватном происходящим изменениям среды.

При длительном периоде функционирования самоорганизующаяся система обобщает полученный опыт в знание более высокого уровня. Это позволяет ей предвидеть грядущие изменения и последствия выбора пути развития. Устойчивость, обеспечиваемая на основе *предвидения*, характеризует более высокий уровень самоорганизации системы. Это свойство позволяет *упреждать* своими действиями возможный ущерб, который могут принести потенциальные изменения внутренней и внешней среды.

Высший уровень устойчивости обеспечивается за счёт *выбора оптимального пути* развития системы в точке ветвления. Система устойчива, если самостоятельно может выбрать наиболее предпочтительный путь развития в условиях действия на неё различных притягателей (аттракторов). А это осуществимо, если система обладает достаточным знанием для анализа полезности исходов выбора и ресурсами для его реализации.

Различают следующие виды устойчивости, конкретизируемые по отношению к различным воздействиям:

Стойкость – устойчивость к физическим воздействиям.

Отказоустойчивость – устойчивость к заданным видам отказов.

Помехоустойчивость – устойчивость к заданным видам помех.

Надёжность – устойчивость функционирования в течение некоторого срока, например, гарантийного срока.

Живучесть – устойчивость функционирования в условиях агрессивных воздействий внешней среды.

По средствам обеспечения устойчивости её делят на *пассивную* и *активную*. Под пассивной устойчивостью (в медицине – резистентностью) понимают *естественную сопротивляемость объекта внутренним и внешним воздействиям*.

Примеры:

- жировая прослойка и волосяной покров у животных (от холода);
- прочность и толщина корпуса изделия (от механических воздействий);
- двойной корпус судна для обеспечения живучести.

Под активной устойчивостью понимают *изменение состояние объекта с целью парирования воздействия внутренних и внешних факторов*.

Примеры:

- активация эндокринной системы (выработка гормонов) под управлением нервной системы у животных в ответ на нарушение равновесия организма;
- приспособление (адаптация) технического объекта к изменению состояния внутренней и/или внешней среды путём *изменения его параметров и структуры*.

3.2. Управление

Во введении указано наличие двух порочных циклов в определении этого понятия в [3]. На основе анализа всех определений этой работы, относящихся к понятию управления, в работе [8] было предложено следующее определение: *управление – это выработка и осуществление воздействий одного объекта (субъекта управления) на другой объект (объект управления), предназначенных для поддержания его устойчивости и развития*.

Общий принцип управления, основанный на наличии обратной связи между объектом и субъектом управления, неявно присутствует в данном определении, ибо поддержание равновесия и развитие объекта управления немыслимо без отслеживания его текущего состояния и реагирования на его отклонения от нормы.

Предложенное определение применимо к любым, как к содержательным, так и формальным моделям управления. Конкретизируемые на основе этого определения содержательные модели не ограничиваются системами автоматического регулирования, а возможные теоретические подходы – их теорией. Это особенно важно для современного этапа развития теории управления, реализующей наряду с принципами кибернетики первого порядка принципы кибернетики второго и третьего порядка [12].

Словосочетание *поддержание устойчивости* в определении управления характеризует отношение пары понятий *устойчивость-управление* как цель-средство. Действительно, активная устойчивость немыслима без подсистемы управления, а динамика внутренней и внешней среды диктует необходимость постоянного *развития* подсистемы управления.

3.3. Самоорганизация

Термин *самоорганизующаяся система* ввёл У. Эшби в 1947 году [13]. Он определил её как *сложную динамическую систему, способную при изменении внешних или внутренних условий её функционирования и развития **сохранять и совершенствовать** свою организацию с учётом прошлого опыта.*

Определение самоорганизации, предложенное У. Эшби, психиатра по образованию, применимо, прежде всего, к объектам живой природы. С тех пор самоорганизация изучалась применительно к системам различной природы и на основе различных подходов с применением терминологии соответствующих научных дисциплин (теории информации, термодинамики, теоретической кибернетики, теории игр, нейрофизиологии, биологии). В частности, синергетический подход Г. Хакена, определившего «самоорганизацию как процесс упорядочения (пространственного, временного или пространственно-временного) в открытой системе, за счёт согласованного взаимодействия множества элементов, её составляющих» [14] применим и к объектам неживой природы. Заметим, что в неживой природе «согласованное взаимодействие множества её элементов», лишённых разума, является результатом *воздействия* внешних обстоятельств, а не самоуправления.

В настоящее время широкое использование компьютеров в сфере управления делает актуальной задачу определения меры самоорганизации систем, имеющих искусственное происхождение [15]. В этом аспекте сравнение определений управления и самоорганизации позволяет выделить в них общие существенные признаки. К ним относятся: *поддержание устойчивости и развития* в определении управления и *сохранение, и совершенствование своей организации* в определении самоорганизации.

Очевидно сходство понятий *устойчивости* и *сохранения своей организации*. А *совершенствование организации* является результатом её *развития*. Такое сопоставление понятий управления и самоорганизации по их определениям позволяет судить об однородности этих понятий. Поскольку понятие *самоорганизация* имеет смысл самоуправления, его следует считать альтернативой внешнему управлению, т.е. видовым по отношению к более общему понятию *управление*.

3.4. Сложность свойства

Это словосочетание было привлечено авторами работы [6] для упорядочения систем с управлением по качеству. Поскольку это понятие выдвинуто впервые, рассмотрим составляющие этого словосочетания. Свойство – это то, что присуще какому-либо предмету и характеризует его самого по себе, а не говорит о его отношении к некоторым другим предметам. Именно поэтому в логике свойство представляется одноместным предикатом. Сложность – количественная характеристика. А, следовательно, о какой сложности *одноместного* пред-

ката может идти речь? Он представляет собой *качественную* характеристику объекта. К количественной характеристике следует отнести меру обладания объектом некоторым свойством, т.е. величину характеризующего его показателя. В силу отмеченного несоответствия реальности словосочетание *сложность свойства* не может использоваться для измерения качества систем с управлением.

3.5. Измерение и оценивание

Под *измерением* понимается операция, которая данному наблюдаемому состоянию объекта, процесса, явления ставит в соответствие определённое обозначение: символ, номер или число [16]. Измеренная физическая величина определяется числом единиц соответствующей шкалы. Например, расход бензина на 100 км автомобилем Passat 1997 года выпуска представим одноместным предикатом *Расход бензина (Passat 1997)=10*.

Под *оцениванием* (англ. assessment) понимается процесс вынесения суждения о некотором объекте. Согласно корню этого слова имеется в виду *ценность* этого объекта относительно предъявляемых к нему требований или по отношению к другим объектам. Иными словами, *ценность* объекта может быть определена только по отношению к некоторой норме. Следовательно, оценка свойства объекта описывается двухместным предикатом.

Применительно к приведённому примеру мы не можем сказать, приемлем ли на сегодняшний день расход 10 литров бензина на 100 км, поскольку не знаем с чем сравнивать. Узнав, что средний расход бензина на 100 км у современных автомобилей этой серии составляет 6 литров, мы можем оценить ценность автомобиля Passat 1997 года выпуска предикатом *Меньше или равно (x, 6) = Меньше или равно (Расход бензина (Passat 1997), 6) = 0*. Нулём обозначено ложное значение этого предиката, что означает неэкономичность автомобиля по этому показателю качества.

В связи с этим отметим путаницу в понятиях *показатель* и *критерий*, имеющую место во многих работах. Показатель, подлежащий оцениванию, не является критерием до тех пор, пока не предъявлено требование к его значению. Это утверждение формализовано в работе [16]. В этом смысле показателем пример определения понятия *качество управления предприятием*, сформулированного в работе [17]. Под ним понимается «совокупность свойств, определяющих возможность создания надлежащих условий для эффективного функционирования, развития и обеспечения конкурентоспособности предприятия путём выбора и комбинирования средств воздействия на определённые факторы внутренней и внешней среды». Но сами по себе свойства не определяют качество управления. К ним должны быть предъявлены требования. Эту особенность отражает следующее определение с опущенными пояснениями: «совокупность свойств системы управления предприятием, обеспечивающих его *эффективное* функционирование и развитие». В нём косвенно указаны требования к управленческим функциям. Остаётся только конкретизировать эти требования с точки зрения *эффективного* функционирования и развития предприятия.

4 Упорядочение объектов по уровням активной устойчивости

Модель, предложенная в работе [6], претендует на классификацию систем с управлением. Согласно этой цели из модели следует исключить все понятия, не имеющие прямого отношения к управленческим функциям. Это, прежде всего, касается устойчивости системы к воздействию различных факторов, как цели, а не средства управления, тем более что *пассивная* устойчивость закладывается создателем системы и не является объектом управления. Как следствие этого утверждения из модели следует вывести все понятия, относящиеся к

пассивной устойчивости. К ним относятся, в частности, такие свойства системы как прочность и стойкость к воздействиям.

Целью управления является обеспечение *активной устойчивости* объекта, к которой *управленческие* функции находятся в отношении *цель – средство*. В зависимости от вида применяемых управленческих функций и обеспечивается соответствующий им уровень устойчивости системы по отношению к внутренним и внешним воздействиям. Таким образом, упорядочивая системы с управлением по уровням *активной* устойчивости, мы тем самым упорядочиваем и соответствующие им средства управления.

Очевидно, что каждое очередное средство управления, встраиваемое в объект, освобождает внешний субъект управления от выполнения соответствующей управленческой функции. Отсюда следует, что упорядочению систем с управлением по уровням активной устойчивости соответствует их упорядочению по независимости от внешнего управления. Чем больше средств управления встроено в объект, тем выше самостоятельность его функционирования и больше независимость от внешнего управления, что согласуется с принципом *внешнего дополнения*, выдвинутого С. Биром [18]. Здесь роль внешнего дополнения по отношению к системе с управлением играет внешнее управление.

По возрастанию уровня активной устойчивости свойства систем с управлением упорядочиваются следующим образом: *равновесность, адаптируемость, проактивность, самоорганизация, самостоятельность (автономия)*. Каждое последующее свойство расширяет возможности применения предыдущих свойств.

Обеспечение *равновесного* состояния (гомеостаза) объекта является первичной целью управления. Оно обеспечивается средствами автоматического регулирования, предназначенными для устранения отклонений от расчётных значений параметров. Для обеспечения устойчивого функционирования объекта в условиях широкого диапазона воздействий внутренней и внешней среды предусматриваются средства *приспособления* (адаптации) к этим воздействиям. Приспособление к новым условиям функционирования осуществляется за счёт изменения параметров или структуры объекта.

Проактивность объекта является альтернативой его реактивности. Реагированию на очередное изменение среды противопоставляется предвидение её будущего состояния с целью упреждения неблагоприятных последствий.

Самоорганизация в соответствии с её определением предполагает совершенствование функционирования объекта с учётом прошлого опыта. Совершенствование является результатом развития, а развитие связано с *выбором* наиболее благоприятного варианта функционирования объекта. Таким образом, существенной особенностью самоорганизующейся системы является её способность к выбору пути развития. Здесь важно отметить, что цель функционирования объекта задаётся извне, а его самостоятельность проявляется только в способах достижения цели. Технический объект, не способный изменить цель своего функционирования, остаётся подконтрольным человеку.

В этом смысле *самостоятельность (автономия)* объекта представляет собой наибольшую свободу от внешнего управления. Она характеризуется способностью объекта формулировать собственную цель для наиболее благоприятного функционирования в изменяющейся среде. Таким свойством могут обладать организационные и социальные системы. Обладание этим свойством техническим объектом представляет опасность для человека, поскольку их цели могут оказаться несовместимыми.

Следует подчеркнуть, что резкой границы между рассмотренными уровнями активной устойчивости объектов не существует. Каждое из свойств может постепенно переходить в следующее свойство. Иными словами, следует иметь в виду промежуточные уровни активной устойчивости. Они обуславливаются общностью таких вспомогательных свойств, как

самообучение, влекущее накопление опыта, прогнозирование будущего состояния среды и объекта на основе накопленного опыта и способность к выбору. Вспомогательные свойства могут быть привлечены для формулирования промежуточных градаций уровней устойчивости систем с управлением и соответствующих им управленческих функций.

Предлагаемое упорядочение объектов по уровням обеспечения активной устойчивости позволяет обосновать выбор способа управления объектом в зависимости от условий его функционирования. Поскольку обеспечение каждого последующего уровня дороже предыдущего, для простых условий функционирования оказывается приемлемым объект, обладающий минимальным уровнем устойчивости.

Качество систем с управлением должно оцениваться в рамках каждого уровня устойчивости на основе одинаковой совокупности показателей и предъявляемых к ним требований.

Заключение

Основной ошибкой, встречающейся в междисциплинарных ОМ, является трактовка используемых в них понятий в рамках специальных дисциплин. Аналогом в арифметике является попытка выполнения сложения без приведения дробей к общему знаменателю. Между тем, каждая теория имеет свою аксиоматику, по существу, представляющую собой систему ограничений. При использовании понятий, применяемых в разных теориях, возникает несовместимость характеризующих их существенных признаков. Неоднозначная трактовка понятий влечёт установление ошибочных связей между ними.

Решению проблемы способствует применение теоремы Гёделя о неполноте, предлагающей обращаться к внешней (мета) теории. Таковой теорией для специальных дисциплин служит системный анализ, а для разделов математики – математическая логика.

Исходная информация, используемая для формирования ОМ, содержится в определении применяемых в ней понятий. От качества определений зависит качество ОМ. Понятия, применяемые в междисциплинарной ОМ должны иметь наддисциплинарный характер. Это означает, что существенные признаки, содержащиеся в их определениях, должны сводиться к признакам, содержащимся в узкодисциплинарных определениях понятий или, по крайней мере, не противоречить им, поскольку все обобщения проверяются на частных примерах.

Показательным примером междисциплинарной ОМ является самоорганизующаяся система, изучаемая различными дисциплинами. Даже в рамках только технического подхода к созданию ОМ самоорганизующейся системы были допущены ошибки, проистекающие из узкодисциплинарных трактовок понятий и усугублённые неправильным выбором отношений между ними. Неправильно составленная ОМ не только противоречит конкретным фактам, но и влечёт ошибки при её практическом применении.

В работе предложен не претендующий на полноту подход к созданию ОМ управления верхнего уровня, основанный на обобщённых определениях понятий и обоснованном отношении между ними. Учитывая обобщённый характер определений, они могут конкретизироваться под аксиоматику специальных дисциплин.

Благодарности

Исследования, выполненные по данной тематике, проводились при финансовой поддержке гранта РФФИ №№ 17-01-00139, госзадания Министерства образования и науки РФ №2.3135.2017/К, в рамках бюджетных тем №№0073–2014–0009, 0073–2015–0007.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- [1] **Заболотский, М.А.** Когнитивное моделирование – уникальный инструмент для анализа и управления сложными системами (регион, отрасль промышленности, крупное предприятие) / М.А. Заболотский, И.А. Полякова, А.В. Тихонин // *Успехи современного естествознания*. – 2005. – № 2. – С. 28-28.
- [2] **Поспелов, Д.А.** Логико-лингвистические модели в системах управления / Д.А. Поспелов. – М.: Энергия, 1981. – 231 с.
- [3] Теория управления. Терминология. Сборник рекомендуемых терминов. Выпуск 107. – М.: Наука. 1988.
- [4] **Микони, С.В.** Проблемы современной русской терминологии / С.В. Микони // *Онтология проектирования*. – 2015. – Том 5. №4(18). – С. 472-484. DOI: 10.18287/2223-9537-2015-5-4-472-484.
- [5] **Колесов, В.В.** Культура речи – культура поведения / В.В. Колесов. – Л.: Лениздат, 1988. – 272 с.
- [6] **Анфилатов, В.С.** Системный анализ в управлении / В.С. Анфилатов, А.Л. Емельянов, А.А. Кукушкин. – М.: Финансы и статистика. 2002. – 367 с.
- [7] **Соколов Б.В.** Концептуальные основы оценивания и анализа качества моделей и полимодальных комплексов / Б.В. Соколов, Р.М. Юсупов // *Известия РАН. Теория и системы управления*. – 2004, №6, – С. 5-16.
- [8] **Микони, С.В.** Формализация определений понятий как условие повышения качества содержательных моделей / С.В. Микони // *Сборник докладов XX Междунар. конф. по мягким вычислениям и измерениям (SCM-2017)*. 24-26.05.2017. – СПб.: СПбГЭТУ (ЛЭТИ). 2017. – С. 19-22.
- [9] **Лотте, Д.С.** Основы построения научно-технической терминологии / Д.С. Лотте. – М.: Изд-во АН СССР, 1961. – 157 с.
- [10] **Микони, С.В.** Общие диагностические базы знаний вычислительных систем / С.В. Микони. – СПб.: СПИ-ИРАН. 1992. – 234 с.
- [11] **Охтилев, М.Ю.** Концепция проактивного управления сложными объектами: теоретические и технологические основы / М. Ю. Охтилев, Н. Г. Мустафин, В. Е. Миллер, Б.В. Соколов // *Изв. вузов. Приборостроение*. 2014. Т. 57, № 11. – С. 7-15.
- [12] **Лепский, В.Е.** Эволюция представлений об управлении (методологический и философский анализ) / В.Е. Лепский. – М.: «Когито-Центр», 2015. – 107 с.
- [13] **Ashby W.R.** Principles of self-organizing dynamic system. *J. Gen. Psychology*. 1947. v. 37. p.125–128.
- [14] **Хакен Г.** Синергетика: иерархии неустойчивостей в самоорганизующихся системах и устройствах / Г. Хаккен. – М.: Мир. 1985. – 424 с.
- [15] **Кузнецова, В.Л.** Самоорганизация в технических системах / В.Л. Кузнецова, М.А. Раков. – Киев: Наукова думка. 1987. – 196 с.
- [16] **Микони, С.В.** Теория принятия управленческих решений / С.В. Микони. - СПб.: Лань, 2015. – 448 с.
- [17] **Винокуров В.** Качество управления как фактор укрепления рыночных позиций предприятия / В. Винокуров, А. Винокуров // *Стандарты и качество*. 2005. № 12. – С. 38-46.
- [18] **Бир С.** Кибернетика и управление производством / С. Бир. – М.: Физматгиз. 1963. – 275 с.

ON THE QUALITY OF ONTOLOGICAL MODELS

S.V. Mikoni

St. Petersburg Institute for Informatics and Automation of the Russian Academy of Sciences, St. Petersburg, Russia
 smikoni@mail.ru

Abstract

Factors affecting the quality of ontological models are discussed. General requirements to their quality are formulated. The dependence of the quality of the model on the quality of the definitions of the concepts entering into it is indicated. The role of the cognizing subject in the Frege triangle is formalized. The proximity of the meaning of the word to the image is created by the synergetic effect of a correct understanding of the concept. Hence follows the importance of the primary use of the words of the national language to denote concepts. Examples of false-oriented terms are given. The ontological model of the quality of systems with control is analyzed. As the main drawback of the model, the incompatibility of narrowly disciplined definitions of concepts in an interdisciplinary model was noted. Definitions of generalizing concepts are proposed. On their basis, a scale of active stability of systems with control has been developed.

Key words: the quality of the model, the definition of the concept, a system with management, the concepts of disciplinary, interdisciplinary, umbrella term, sustainability, self-organization.

Citation: Mikoni SV. On the quality of ontological models. *Ontology of Designing*. 2017; 7(3): 347-360. DOI: 10.18287/2223-9537-2017-7-3-347-360.

References

- [1] **Zabolotskii MA., Polyakova IA., Tihonin AV.** Cognitive modeling is a unique tool for the analysis and management of complex systems (region, industry, large enterprise) [In Russian]. The success of modern science. [Uspehi sovremennogo estestvoznaniya]. 2005. N2. P.28-28.
- [2] **Pospelov DA.** Logico-linguistic models in control systems [In Russian] – M. Energiya, 1981. –231 p.
- [3] Control Theory. Terminology. Collection of recommended terms. Issue 107 [In Russian]. – M. Nauka. 1988.
- [4] **Mikoni SV.** Problems of modern Russian terminology [In Russian]. *Ontology of Designing*. 2015; 5(4): 472-484. DOI: 10.18287/2223-9537-2015-5-4-472-484.
- [5] **Kolesov VV.** The culture of speech is the culture of behavior [In Russian]. – Leningrad: Lenizdat, 1988. - 272 p.
- [6] **Anfilatov VS., Emelyanov AL., Kukushkin AA.** System analysis in management [In Russian]. – M. Finance & statistic. 2002. – 367 p.
- [7] **Sokolov BV., Yusupov RM.** Conceptual bases of assessment and analysis of the quality of models and multimodal complexes [In Russian]. *Izvestiya RAN. Teoriya i sistemi upravleniya*, 2004, N6, P.5-16.
- [8] **Mikoni SV.** Formalization of definitions of concepts as a condition for improving the quality of content models [In Russian]. Proceedings of the XX International Conference on Soft Computing and Measurements. SCM-2017. 24-26.05.2017. – SPb.: SPbGETU (LETI). 2017. P.19-22.
- [9] **Lotte DS.** Bases of creation of scientific and technical terminology [In Russian] – M.: Izd-vo AS USSR, 1961. – 157 p.
- [10] **Mikoni SV.** General diagnostic knowledge bases of computer systems [In Russian] – SPb.: SPIIRAS. 1992. – 234 p.
- [11] **Ohtilev MYu, Mustafin NG., Miller VE., Sokolov BV.** The concept of proactive management of complex objects: theoretical and technological basis [In Russian]. *Izv. vuzov. Priborostroenie*. 2014; 57(11): 7-15.
- [12] **Lepskii VE.** Evolution of ideas about control (methodological and philosophical analysis) [In Russian] –M.: «Kogito_Centr», 2015. – 107 p.
- [13] **Ashby WR.** Principles of self-organizing dynamic system. *J. Gen. Psychology*. 1947. v. 37. P.125–128.
- [14] **Haken H.** *Advanced Synergetics; Instability Hierarchies of Self-Organizing Systems and Devices.* Berlin: Springer-Verlag; 1993. pp. 321–2.
- [15] **Kuznecova VL. Rakov MA.** Self-organization in technical systems [In Russian]. – Kiev. Naukova dumka. – 196 p.
- [16] **Mikoni SV.** Theory of administrative decision making: A Tutorial [In Russian]. –SPb.: Lan', 2015. – 448 p.
- [17] **Vinokurov V., Vinokurov A.** Quality management as a factor in strengthening the market position of the enterprise [In Russian]. *Standarti & kachestvo*. 2005. № 12. P.38-46.
- [18] **Beer, S.** *Cybernetics and Management.* EUP, London. 1959.

Сведения об авторах



Микони Станислав Витальевич, 1936 г. рождения. Окончил Ленинградский институт инженеров железнодорожного транспорта им. Образцова в 1963 г., д.т.н. (1992), профессор (1994) ведущий научный сотрудник Санкт-Петербургского института информатики и автоматизации РАН. Член Российской ассоциации искусственного интеллекта. В списке публикаций 287 работ, из них 2 монографии и 7 учебных пособий в области технической диагностики, дискретной математики, системного анализа, теории принятия решений, искусственного интеллекта.

Mikoni Stanislav Vitalievich (b. 1936) graduated from the Obraztsov Institute of Engineers of Railway Transport (Leningrad) in 1963, D. Sc. Eng. (1992). Professor (1994). He is Russian Association of Artificial Intelligence member. He is author and co-author of more than 280 publications in the field of technical diagnostic, discrete mathematic, system analyses, artificial intelligence, decision making theory.