

УДК 001.4

МОДЕЛИРОВАНИЕ И АБСТРАКЦИЯ

Д.А. Вятчин

Объединенный институт проблем информатики Национальной академии наук Беларуси
viattchenin@mail.ru

Аннотация

Статья рассматривает проблему взаимосвязи понятий моделирования и абстракции. На основе логико-методологического анализа понятий модели, моделирования и абстракции, а также их взаимосвязей, устанавливается статус акта абстракции в процессе моделирования, а также вводится понятие абстрактности модели.

Ключевые слова: модель, моделирование, абстракция, отображение, изоморфизм, замещение.

Введение

Моделирование в том или ином его виде, являясь общенаучным методом исследования, используется во всех областях научного знания. В процессе конструирования и исследования модели, как правило, приходится прибегать к такой операции, как абстракция. Проблема абстракции, рассмотрение которой, в том или ином виде, наблюдается на всем протяжении развития человеческого познания, в XX веке приобрела особую актуальность. Это обусловлено, в первую очередь, развитием, с одной стороны, конкретно-научных методов исследования когнитивных процессов, а с другой – развитием общенаучных подходов к изучению познавательной деятельности человека, одним из которых, как указывалось выше, является моделирование.

Исследования абстракции, проводившиеся с середины до конца XX века сосредотачивались, главным образом, вокруг вопросов, касающихся метода восхождения от абстрактного к конкретному и роли абстракции в научном познании. Необходимость решения новых практических задач, исходя из все более сложных моделей реального мира и особенностей человеческого способа мышления, послужила стимулом к началу исследований абстракции и других когнитивных процессов на качественно новом уровне.

В предпринятом исследовании на основе логико-методологического анализа понятий модели, моделирования и абстракции, устанавливается статус абстракции как логической операции в процессе моделирования и вводится понятие абстрактности модели.

1 К определению понятий модели и моделирования

При исследовании сложных систем, процессов и явлений, как правило, приходится прибегать к такому методу, как моделирование. Моделирование применяется в самых разнообразных областях науки и практики: от проектирования технических систем до исследования социально-экономических и политических процессов. Вместе с тем, при моделировании сложных систем приходится иметь дело не только с исследованием общественных процессов, или процессов, происходящих в технических, или, к примеру, биологических системах – в данном случае социологические, экономические или «естественнонаучные исследования затрагиваются в такой же мере, как и взаимодействие различных наук» [1].

В силу того, что моделирование как метод исследования используется не только в научной, но и в других сферах человеческой деятельности, термины «моделирование» и «модель» стали общеупотребительными и допускают различные трактовки. Это, в свою очередь, приводит к неопределенности содержания соответствующих понятий. В качестве иллюстрации целесообразно привести несколько определений понятия модели, используемых различными авторами.

В «Словаре русского языка» С.И. Ожегова приводятся четыре трактовки данного понятия, среди которых следует отметить трактовку модели как «уменьшенной (или в натуральную величину) воспроизведения или макета чего-нибудь», а также определение модели как «схемы какого-нибудь физического объекта или явления» [2]. В свою очередь, «Большой энциклопедический словарь» содержит семь определений понятия модели, и для предпринятого исследования следует рассматривать трактовку модели как «любого образа, аналога (мысленного или условного: изображения, описания, схемы, чертежа, графика, плана, карты и тому подобного) какого-либо объекта, процесса или явления («оригинала» данной модели), используемый в качестве его «заместителя», «представителя»» [3], а А.Б. Горстко приводит следующее определение: «модель – это такой материальный или мысленно представляемый объект, который в процессе познания (изучения) замещает объект-оригинал, сохраняя некоторые важные для данного исследования типичные его черты» [4]. При рассмотрении вопросов, относящихся к области системного анализа, модель определяется как «системное отображение оригинала» [5], а в «Кратком словаре по философии» приводится следующее определение: «модель – это система элементов, воспроизводящая определенные стороны, связи, функции предмета исследования (оригинала)» [6]. Наконец, В. Штофф подразумевает под моделью «материальное или реальное воспроизведение свойств, связей и функций возможных или действительных объектов субъектом познания посредством аналогий в самом широком смысле, либо использование таких аналогий в других материальных или идеальных системах с целью познания моделируемого оригинала или более полного овладения им» [7]. Подобного рода понимание модели просматривается и в исследованиях выдающегося советского логика А.И. Уёмова [8].

Представленные определения вполне понятны на интуитивном уровне, однако некорректны с логической точки зрения: к примеру, для корректности четвертого определения следует определить также понятие системности отображения. В силу различий в определении понятия модели, не существует также и единой точки зрения по проблеме классификации моделей: в зависимости от используемых определений понятия модели, различные авторы рассматривают и различающиеся между собой, порой весьма существенно, классификации моделей. Наиболее общей классификацией моделей является их деление на вещественные и знаковые модели [6]. Достаточно полная классификация моделей по различным основаниям, как и детальное рассмотрение основных свойств моделей, приводится Ф.И. Перегудовым и Ф.П. Тарасенко. Так, при понимании модели как целевого отображения, в соответствии с делением целей человеческой деятельности на теоретические и практические, выделяются такие виды моделей, как познавательные и прагматические. В свою очередь, в зависимости от необходимости исследования либо конкретного состояния объекта, либо процесса изменения его состояния, выделяются статические и динамические модели. Классификация же моделей на вещественные и идеальные производится в зависимости от способа воплощения модели [5].

Среди особенностей всех моделей в первую очередь выделяются такие, как *ингерентность*, то есть свойство согласованности какой-либо модели со средой ее функционирования; *конечность*, заключающаяся в ограничении числа отношений отображения исследуемого объекта; *упрощенность*, характеризующая качественные различия исследуемого объекта и

его модели, и являющаяся следствием конечности модели и ограниченности средств оперирования с ней; *приближенность*, характеризующая уровень точности отображения исследуемого объекта; *адекватность*, то есть уровень соответствия модели цели отображения исследуемого объекта; *истинность*, характеризующая достоверность отображения исследуемого объекта; *динамичность*, характеризующая процесс развития модели.

Необходимо оговорить, что в процессе моделирования в качестве исследуемого объекта могут выступать не только физические объекты, но и их отдельные свойства, а также явления, процессы и различного рода отношения. Кроме того, моделирование как метод научного исследования не исключает рассмотрения в качестве моделируемых объектов также разнообразных идеальных конструктов. Для предпринятого рассмотрения, в силу его концептуального характера, природа моделируемого объекта значения не имеет, так что в дальнейшем, не нарушая общности, под объектом будет пониматься объект исследования независимо от его особенностей.

Таким образом, если в процессе познавательной или практической деятельности субъект обращается к построению модели объекта, на который эта деятельность направлена, то при формировании требований к модели исследуемого или преобразуемого объекта следует определить, в какой мере модель объекта исследования должна обладать каждой из вышеуказанных особенностей. При этом в первую очередь следует сформулировать цель, для достижения которой оказывается необходимым обращение к построению и исследованию модели рассматриваемого объекта, и, как следствие, определить свойства моделируемого объекта, которые составляют предмет исследования. Данный тезис находит свое подтверждение в высказывании Н.Д. Нюберга, отмечавшего, что «проблема соответствия описания или модели объекту – это вопрос о том, не оказалось ли чего-либо существенного среди того, что не включено в описание, и не введено ли в описание чего-либо несущественного. Этот вопрос неразрешим, пока не сформулирована цель» [9]. В свою очередь, З. Пауль указывает, что «определение цели моделирования и вопросов, на которые в результате должен быть получен ответ, является содержательной задачей» [10].

Итак, в результате содержательного анализа объекта исследования, включающего в себя определение цели моделирования, должны быть определены уровень ингерентности модели, степени ее упрощенности, приближенности и адекватности, а также уровни истинности и динамичности модели; следствием этого является определение вида модели и особенностей ее последующего исследования. Однако, независимо от вида модели, её сущность заключается в отображении множества свойств моделируемого объекта с целью либо их детального исследования, либо обнаружения других свойств моделируемого объекта, в основе которого находится исследование характера такого отображения.

В свою очередь, понятие «отображение» в математическом смысле определяется как «какое-либо правило или закон соответствия множеств» [11], и, поскольку предметом исследования, как указывалось выше, является множество свойств моделируемого объекта, то понятие модели может быть определено через понятие отображения в его специально-научном, математическом смысле. Не строго, под моделью может пониматься некоторый материальный или идеальный объект, обладающий множеством свойств, позволяющий установить такого рода отображение.

Следует также отметить, что, несмотря на, порой существенные, различия в определении понятия модели, понятие «моделирование» в большинстве случаев определяется приблизительно одинаково и, в общем, сводится к следующей дефиниции: «моделирование – метод научного исследования, заключающийся в построении и изучении модели исследуемого объекта» [6], так что понятие «моделирование» определяется через понятие модели. К примеру, Н. Хагер проводит различие между «методом моделей», представляющим собой «со-

вокупность правил, положений, при помощи которых человек упорядочивает и систематизирует свое целенаправленное познание и использование моделей в процессе познания действительности и овладения ею» [1], диапазон которого простирается, по выражению Г. Гёрца, «от объективного анализа в эксперименте до субъективного синтеза познанных сущностных элементов в теории, от теоретического анализа до практического синтеза в материальных моделях, пилотных установках и так далее...» [12], и моделированием, понимаемым как вид деятельности и определяемым как «протекающий в конкретных условиях исследования процесс применения метода моделей для достижения соответствующих целей. Процесс этот представляет единство построения и использования модели...» [1].

Таким образом, представляется возможным совместное определение понятий модели и моделирования, к примеру, следующим образом: моделирование – установление отображения ϕ множества свойств O объекта исследования o на множество свойств M материального или идеального объекта m , являющегося моделью объекта o , такого, что подмножество свойств $O' \subseteq O$, являющееся предметом исследования, изоморфно некоторому подмножеству свойств $M' \subseteq M$, где символ \subseteq означает отношение нестрогого включения.

Следует отметить, что как количество свойств исследуемого объекта o , являющихся элементами множества O , так и число свойств модели m – элементов множества M , вообще говоря, бесконечно. Однако при рассмотрении любого материального или идеального объекта, как правило, производится фиксация некоторого конечного числа свойств, которыми этот объект может быть описан, так что, без нарушения общности, в процессе дальнейшего исследования предполагается конечность множеств O и M . Изоморфизм подмножеств $O' \subseteq O$ и $M' \subseteq M$ будет являться следствием конечности множеств свойств O и M , на что указывал также В.Н. Сагатовский [13] при рассмотрении гносеологических аспектов понятия точности.

Необходимо также указать, что, поскольку используемый в приведённом определении термин «отображение» имеет математический смысл, то и понятие изоморфизма также должно пониматься в сугубо математическом смысле, то есть как характеристика отображения подмножества $O' \subseteq O$ на подмножество $M' \subseteq M$ относительно систем преобразований φ и ψ подмножеств O' и M' соответственно [11]. Для более полного понимания введённого определения понятий модели и моделирования уместным будет также отметить, что «два изоморфных множества неразличимы по своим свойствам, определяемым в терминах φ и ψ . Два различных изоморфных множества являются различными конкретными моделями некоторого абстрактного математического понятия» [11]. Кроме того, при использовании во введённом определении термина «отображение» не в математическом, а в общенаучном смысле, соответствующим образом должен изменяться также смысл термина «изоморфизм». В общенаучном смысле понятие изоморфизма может быть определено, к примеру, как «сходство свойств элементов или их совокупностей, определяющее их способность замещать друг друга в каких-нибудь соединениях; соответствие объектов, тождественных по своей структуре; сходство в чертах строения, организации чего-нибудь» [2]. Таким образом, введённое определение является корректным вне зависимости от того, в каком смысле используются термины «отображение» и «изоморфизм».

При задании отображения ϕ множества свойств O объекта исследования o на множество свойств M модели m , некоторое подмножество свойств $M^* \subseteq M$ будет представлять собой образ [11] $\phi(O')$ предмета исследования $O' \subseteq O$, так что модель m исследуемого объекта o , очевидно, будет наиболее адекватной цели моделирования при совпадении множеств M^* и M' . Если же термин «образ» понимать в философском смысле, как результат и иде-

альную форму отражения объекта в сознании [3], то образ моделируемого объекта будет являться основой содержательного описания некоторого объекта, который может выступить в качестве модели объекта исследования.

Итак, модель представляет собой некоторый материальный или идеальный объект m , обладающий подмножеством свойств $M' \subseteq M$, изоморфным подмножеству свойств $O' \subseteq O$ моделируемого объекта o . Что же касается понятия «моделирование», то во введенной трактовке для его определения используется словосочетание «установление отображения», которое может пониматься двояко.

Во-первых, если целью всего исследования является детальное рассмотрение подмножества свойств $O' \subseteq O$ объекта o , что без обращения к моделированию оказывается невозможным в силу большого количества элементов множества O , экономических, технических, гуманитарных либо других причин, то под словосочетанием «установление отображения» подразумевается построение некоторого материального или идеального объекта m , обладающего свойствами – элементами подмножества $M' \subseteq M$ – тождественными, в некотором смысле, свойствам – элементам подмножества $O' \subseteq O$ объекта исследования o , такого, чтобы подмножества O' и M' были бы изоморфными. Иными словами, в данном случае задача заключается в установлении изоморфизма между подмножеством свойств $O' \subseteq O$ существующего объекта o и подмножеством свойств $M' \subseteq M$ строящегося материального или идеального объекта m , являющегося моделью исследуемого объекта o , так что установление отображения может пониматься как процесс построения модели исследуемого объекта. Уместным будет также отметить, что, поскольку подмножество свойств $M' \subseteq M$ модели m изоморфно подмножеству свойств $O' \subseteq O$, являющемуся предметом исследования моделируемого объекта o , так что подмножества M' и O' являются, в некотором смысле, как указывалось выше, неразличимыми, то объекты m и o являются тождественными в смысле предмета исследования, так что в рамках проводимого исследования объект o может быть замещён объектом m .

Во-вторых, если целью исследования является установление количества, по возможности, наибольшего, свойств – элементов множества O и их детальное рассмотрение, то под словосочетанием «установление отображения» подразумевается установление характера, или, иными словами, определение свойств отображения множества O на множество свойств M некоторого, существующего или строящегося объекта m , с учетом того обстоятельства, что подмножества $O' \subseteq O$ и $M' \subseteq M$ являются изоморфными. Задача, таким образом, заключается в установлении количества элементов, или, выражаясь математически, мощности множеств O и M , установлении соответствия между этими множествами, выяснении, является ли это соответствие отображением, и установлении свойств этого отображения или соответствия. Поскольку при этом материальный или идеальный объект m может и не существовать, то задача будет также включать в себя в качестве подзадачи построение модели m объекта исследования o . Более того, возникает также задача определения рамок, в которых объекты m и o могут считаться тождественными, то есть изоморфных подмножеств M'' и O'' соответственно, таких, что $M' \subseteq M'' \subseteq M$ и $O' \subseteq O'' \subseteq O$. Иначе говоря, речь идет о расширении границ предмета исследования, при котором объект m может выступать в качестве заместителя объекта o .

Очевидно, что вторая задача шире первой, и может включать её полностью в качестве подзадачи. Общим же для обеих задач является установление рамок, в которых объект исследования o и его модель m могут считаться тождественными, так что при рассмотрении объекта o объект m может выступать в качестве его заместителя. Таким образом, под моде-

лированием можно понимать операцию замещения исследуемого объекта o некоторым материальным или идеальным объектом m , обладающим свойствами объекта o , составляющими предмет исследования, и именуемым моделью объекта исследования o , основанную на операции обнаружения или построения объекта m , с целью исследования моделируемого объекта o .

Предложенное определение понятия «моделирование» по своему содержанию практически полностью совпадает с вышеприведенной трактовкой этого понятия Н. Хагером, поскольку замещение объекта исследования o его моделью m предполагает дальнейшее использование объекта m вместо объекта o в познавательной либо практической деятельности субъекта познания.

Следует отметить, что вышеприведенные рассуждения относительно понятий «модель» и «моделирование» касаются, в общем, познавательной деятельности, на что указывает термин «исследование», используемый при анализе этих понятий. Если же данный термин заменить словом «использование», то эти рассуждения будут применимы и к производственной, практической деятельности человека. Целесообразным также представляется указать на то, что исследование подмножества свойств O' моделируемого объекта o , как и установление количества свойств – элементов подмножества $O'' \subseteq O$, производится, как правило, в рамках эксперимента с моделью m . Так как в процессе эксперимента модель m воспроизводит свойства моделируемого объекта o , являющиеся предметом исследования, то термином «воспроизведение», используемым в некоторых вышеприведенных определениях понятия модели, более уместно будет именовать именно эксперимент с моделью. Указанное различие, проявляющееся в терминологии, имеет место, к примеру, в английском языке, где термином «modeling» обозначается процесс построения модели, а для обозначения процесса исследования модели с целью воспроизведения свойств объекта в рамках эксперимента с его моделью используется термин «simulation». Особенности воспроизведения в указанном смысле, в свою очередь, будут обусловлены видом моделирования в конкретном случае.

В соответствии с делением моделей на вещественные и знаковые, виды моделирования условно объединяются в такие группы, как материальное моделирование, при котором «исследование ведётся на основе модели, воспроизводящей основные геометрические, физические, динамические и функциональные характеристики изучаемого объекта» [4], и идеальное моделирование, «которое основано не на материальной аналогии объекта и модели, а на аналогии идеальной, мыслимой» [4]. Основными разновидностями материального моделирования являются физическое моделирование, при котором исследуемому объекту ставится в соответствие его увеличенная или уменьшенная копия, так что исследование производится на основе переноса свойств модели на объект, и аналоговое моделирование, в основе которого лежит аналогия процессов, имеющих различную физическую природу, но одинаково описываемых формальными соотношениями. В свою очередь, разновидностями идеального моделирования, носящего теоретический характер, являются интуитивное моделирование, и знаковое моделирование, «использующее в качестве моделей знаковые преобразования какого-либо вида: схемы, графики, чертежи, формулы, наборы символов и так далее, а также включающее совокупность законов, по которым можно оперировать с выбранными знаковыми образованиями и их элементами» [4]; наиболее известной разновидностью знакового является математическое моделирование [4], сущность которого «состоит в замене исходной (исследуемой, управляемой, эксплуатируемой) системы ее математической моделью и дальнейшем экспериментировании с этой моделью при помощи вычислительно-логических алгоритмов» [14], и включающее, в свою очередь, такие разновидности, как аналитическое и компьютерное моделирование. Характерной особенностью аналитического моделирования является то обстоятельство, что «процессы функционирования элементов системы записы-

ваются в виде некоторых математических соотношений (алгебраических, интегро-дифференциальных и тому подобных) или логических условий» [14], а методы исследования аналитической модели, в свою очередь, подразделяются на аналитические, численные и качественные. Компьютерное моделирование характеризуется представлением математической модели исследуемой системы в виде программы для ЭВМ, что позволяет проводить с компьютерной моделью серию вычислительных экспериментов. Виды компьютерного моделирования различаются между собой в зависимости от математического аппарата, используемого при построении модели, и способа организации вычислительных экспериментов. Численные методы компьютерного моделирования предполагают в качестве средств построения модели методы вычислительной математики решения различных задач, к примеру, дифференциальных уравнений, а сущность вычислительного эксперимента заключается в исследовании решения, полученного при значениях параметров и начальных условиях, соответствующих условиям функционирования исследуемой системы; статистические методы компьютерного моделирования используют в качестве средств построения модели методы многомерного статистического анализа, а экспериментирование с моделью заключается в исследовании статистических данных о процессах, происходящих в моделируемой системе при заданных условиях; имитационные методы компьютерного моделирования подразумевают использование методов различных теорий, к примеру, методов теории вероятностей или методов теории нечетких множеств, а сущность имитационного эксперимента состоит в воспроизведении на ЭВМ процесса функционирования исследуемой системы, при котором сохраняется логическая структура и последовательность протекания во времени составляющих моделируемый процесс элементарных явлений [14].

Моделирование как процесс построения и исследования модели является последовательностью взаимосвязанных этапов. К примеру, Н. Хагер выделял эвристическую стадию моделирования, в процессе реализации которой «подбирается или строится модель, которая наилучшим образом соответствует сформулированной задаче, достижению поставленной цели» [1]; стадию модельного познания, осуществляемую посредством экспериментов с моделью; прагматическую стадию моделирования, реализация которой сопряжена с переносом полученных на предыдущей стадии знаний на объект исследования, что может также включать непосредственное практическое применение полученных результатов; стадию выяснения, которая «имеет место отнюдь не во всех конкретных процессах моделирования» [1], и в результате реализации которой «модель находит свое место в комплексе теоретических категорий и в конечном итоге может найти применение в новых процессах моделирования» [1].

2 О взаимосвязи понятий моделирования и абстракции

Вместе с тем, «при моделировании имеют место и играют ту или иную роль разные виды абстрагирования» [1]. Предметом исследования является только подмножество свойств $O' \subseteq O$ моделируемого объекта o , так что модель m воспроизводит объект исследования o не полностью, а в упрощенном виде, и, поскольку в модели «отражаются лишь существенные элементы, свойства и отношения оригинала» [10], постольку любой процесс моделирования «есть также процесс абстрагирования» [10]. Таким образом, для более полного выявления особенностей процесса моделирования оказывается необходимым рассмотреть его взаимосвязь с абстракцией.

Традиционно абстракция понимается как операция мысленного выделения отдельных существенных сторон исследуемого предмета и отвлечения от других его сторон, несущественных для предпринимаемого рассмотрения [15]. Подобная трактовка, однако, имеет чисто психологический характер в силу использования таких терминов, как «мысленное выделе-

ние» и «отвлечение», а также чисто интуитивное понимание «существенности» сторон изучаемого предмета. В силу этих обстоятельств возникла необходимость рассмотрения абстракции как логической операции, что было предпринято М.А. Розовым.

В процессе исследования абстракции как логического процесса, М.А. Розовым было предложено следующее общее определение абстракции: «абстракция – это операция замещения в одной из ее возможных форм, обусловленная объективными отношениями независимости. Под независимостью при этом понимается либо независимость друг от друга различных явлений или их сторон, либо независимость результата тех или иных операций от особенностей объекта» [16]. Термином «замещение», в свою очередь, именуется «процесс, состоящий в превращении разных объектов или знаковых образований в предмет одних и тех же операций с целью получения одного и того же результата»; при этом выделяются различные формы замещения, зависящие от конкретного содержания основных характеристик этого процесса. К примеру, в зависимости от того, что и чем замещается, выделяются типы замещения, описываемые схемами «объект–объект», «объект–знак» и «знак–знак», а в зависимости от того, относительно каких операций происходит замещение, выделяются такие типы, как замещение относительно практических производственных операций или замещение в познавательной деятельности [16]. В частности, если замещение осуществляется относительно операций постановки и решения некоторой познавательной задачи, то такого типа замещение описывается схемой «объект–модель», сущность которого заключается в перенесении задачи, стоящей относительно объекта исследования o , на некоторый объект m и решении этой задачи относительно последнего с последующим переносом результата, полученного относительно объекта m , на объект o . При этом под моделью m объекта o может пониматься как материальное, так и знаковое образование [16]. В зависимости от результата операции оценки факторов и вида замещения, М.А. Розов выделяет такие виды абстракции, как абстракцию категорическую и гипотетическую, абстракцию от безразличных и от затемняющих факторов, абстракцию категориальную и докатегориальную, однако детальное рассмотрение видов абстракции не является необходимым для цели предпринятого исследования.

Рассматривая абстракцию как процесс и как результат, М.А. Розов выделяет этап обнаружения объективных отношений независимости, который он называет операцией оценки факторов, и этап замещения, так что операция замещения представляет собой абстракцию–результат, а операция оценки факторов, взятая в ее функции обоснования операции замещения, является процессом абстрагирования и представляет собой не что иное, как операцию получения определенного знания об объекте исследования, которой можно поставить в соответствие общую характеристику этого знания. Результатом этой операции будет являться знание о независимости предмета исследования от каких-либо факторов, именуемое М.А. Розовым «абстрактной моделью», и фиксируемое в виде высказываний типа «А не зависит от В», «В не оказывает влияния на А», «В несущественно для А» и им подобных, в случае, когда имеет место категорическая абстракция, и в виде высказываний, к примеру, таких, как «А не зависит от В при условии С», «если имеет место условие С, то В не оказывает влияния на А» – в случае абстракции гипотетической. Таким образом, операции оценки факторов ставится в соответствие категория независимости [16]. Следует также отметить, что в случае гипотетической абстракции условия, при которых предмет исследования не зависит от каких-либо факторов, выступают как постоянно фактически осуществляемые, то есть реальные условия, определяющие границы применения абстрактной модели.

Возвращаясь к рассмотрению процесса моделирования, следует указать, что цель моделирования, являющаяся своего рода «производной» цели всего исследования объекта o , диктует необходимость проведения анализа взаимосвязей между элементами подмножества

O' , являющегося, с одной стороны, предметом исследования, а, с другой – объектом моделирования исследуемого объекта o , и остальными свойствами объекта o – подмножеством его свойств $O \setminus O'$, где символом \setminus обозначается разность множеств, так что подмножество $O \setminus O'$ является дополнением подмножества O' . Подобный анализ, являющийся частью содержательной задачи в смысле вышеприведенного замечания З. Пауля, позволяет установить, при каких условиях элементы подмножества $O \setminus O'$ не оказывают существенного влияния на результат исследования подмножества свойств O' , вследствие чего оказывается возможным описать некоторый реально неосуществимый или осуществимый объект t – модель исследуемого объекта o – такой, что подмножество $M' \subseteq M$ его свойств изоморфно подмножеству $O' \subseteq O$ свойств объекта o . В случае реальной неосуществимости объекта t его описание будет носить гипотетический характер, так что модель t объекта o будет представлять собой идеальный объект. В противном случае, то есть когда объект t существует, или может быть построен, описание модели t будет иметь отвлеченный характер в силу того, что при описании t предметом рассмотрения будут только элементы подмножества M' , вне рассмотрения подмножества $M \setminus M'$ и комплекса взаимосвязей между элементами подмножеств M' и $M \setminus M'$. Необходимым же условием построения модели t , либо выбора в качестве t некоторого существующего объекта, является установление множества свойств M объекта t и анализ взаимосвязей между элементами подмножеств M' и $M \setminus M'$ с целью выявления условий, при которых элементы подмножества $M \setminus M'$ не оказывают существенного влияния на элементы подмножества M' . Возможность замещения объекта o его моделью t в процессе исследования o обуславливается полным или частичным совпадением условий независимости подмножеств свойств O' и $O \setminus O'$ с условиями независимости подмножеств свойств M' и $M \setminus M'$. При этом понятие «частичное совпадение условий независимости» должно трактоваться в зависимости от цели исследования: если целью исследования объекта o является детальное рассмотрение подмножества свойств O' , то условия независимости элементов подмножества M' от элементов подмножества $M \setminus M'$ объекта t будут «сильнее», чем аналогичные условия, определяющие отношение между подмножествами свойств O' и $O \setminus O'$ объекта o ; если же целью исследования o является установление подмножества свойств O'' , такого, что $O' \subseteq O'' \subseteq O$, то условия независимости элементов подмножества M' от элементов подмножества $M \setminus M'$ окажутся «слабее» условий независимости элементов подмножества O' от элементов подмножества $O \setminus O'$. Иными словами, если знание о независимости M' от $M \setminus M'$ формулируется в виде выражения «свойства объекта t , являющиеся элементами подмножества $M \setminus M'$, не оказывают существенного влияния на свойства t – элементы подмножества M' при условии $\mathfrak{Z} = \{\mathfrak{Z}^1, \dots, \mathfrak{Z}^k\}$ », а знание о независимости O' от $O \setminus O'$ формулируется, соответственно, в виде выражения «свойства объекта o , являющиеся элементами подмножества $O \setminus O'$, не оказывают существенного влияния на свойства o – элементы подмножества O' при условии $\mathfrak{F} = \{\mathfrak{F}^1, \dots, \mathfrak{F}^s\}$ », так что \mathfrak{Z} и \mathfrak{F} представляют собой множества условий независимости, то частичное совпадение условий независимости в первом случае может быть выражено соотношением $\mathfrak{Z} \subseteq \mathfrak{F}$, а во втором – соотношением $\mathfrak{Z} \supseteq \mathfrak{F}$. Здесь уместно будет отметить, что как знание о независимости M' от $M \setminus M'$, так и знание о независимости O' от $O \setminus O'$ резюмируется в виде выражений естественного языка, характеризующих результат операции оценки факторов в случае гипотетической абстракции. Следует также учитывать, что полное совпадение множеств \mathfrak{Z} и \mathfrak{F} будет иметь место при $k = s$. Кроме того, необходимо указать, что, как в случае гипотетического описания объекта t , так и в случае его отвлеченного описания, существует или может быть

построен не один, а множество объектов $\{m_1, \dots, m_g\}$, соответствующих описанию объекта m , то есть обладающих подмножеством свойств M' . Проблема выбора в качестве модели единственного объекта из множества $\{m_1, \dots, m_g\}$ решается, как правило, исходя из рассмотрения совпадения множеств условий \mathfrak{Z} и \mathfrak{F} для каждого объекта – элемента множества $\{m_1, \dots, m_g\}$ с учетом указанных выше особенностей – ингерентности, конечности, упрощенности, приближенности, адекватности, истинности и динамичности – всех элементов множества $\{m_1, \dots, m_g\}$.

При рассмотрении взаимосвязи понятий моделирования и абстракции первым обстоятельством, на которое требуется обратить внимание, является то, что понятие «моделирование», как и понятие «абстракция», определяется посредством термина «замещение». Второе обстоятельство, которое необходимо отметить, заключается в независимости элементов подмножества свойств M' объекта m от элементов подмножества $M \setminus M'$ при условиях, полностью или частично совпадающих с условиями, когда влияние элементов подмножества $O \setminus O'$ на свойства исследуемого объекта o – элементы подмножества O' – несущественно, что обуславливает возможность замещения в процессе исследования объекта o его моделью m . Третье обстоятельство, являющееся следствием первых двух, состоит в том, что при обращении в процессе исследования объекта o к такому методу, как моделирование, объекты o и m становятся предметом «одних и тех же операций с целью получения одного и того же результата» [16], а именно – нового знания об исследуемом объекте o .

Итак, представляется возможным определить понятие «моделирование» через понятие «абстракция» в том смысле, в котором оно рассматривается М.А. Розовым относительно решения познавательных задач. При понимании абстракции как операции замещения исследуемого объекта o моделью m , обусловленной независимостью элементов подмножества свойств O' , составляющих предмет исследования, от остальных свойств объекта o – элементов подмножества $O \setminus O'$, понятие моделирования может быть определено как метод исследования некоторого объекта, заключающийся в его абстракции, обусловленной возможностью замещения исследуемого объекта моделью и не оказывающей влияния на результат исследования.

Таким образом, определение условий \mathfrak{F} независимости элементов подмножества O' от элементов подмножества $O \setminus O'$ свойств объекта исследования o , с одной стороны, и условий \mathfrak{Z} независимости элементов подмножества M' от элементов подмножества $M \setminus M'$ свойств некоторого материального или идеального объекта m , а также установление соответствия взаимосвязи условий \mathfrak{Z} и \mathfrak{F} цели исследования, позволяющее отождествить в рамках проводимого исследования объект o с некоторым объектом m , представляет собой операцию оценки факторов, или, иными словами, процесс абстрагирования, результатом которого является, в терминологии М.А. Розова, «абстрактная модель» объекта m , то есть знание в форме описания объекта m и условий, определяющих возможность введения в рассмотрение объекта m вместо объекта o в качестве модели. Абстрактная модель объекта m будет представлять собой не что иное, как образ $\phi(O')$ подмножества свойств $O' \subseteq O$ объекта o в рассмотренном выше смысле, в случае возможности теоретико-множественного описания множества свойств M^* некоторого объекта m . В свою очередь, процедура замещения в процессе исследования объекта o введенной на основании полученного знания моделью m , представляет собой абстракцию-результат, так что абстракция-результат, так же как и абстракция-процесс, представляет собой операцию, обусловленную полученным в процессе абстрагирования знанием об объекте o , с целью получения о нем нового знания. Если же аб-

стракцию трактовать как результат процесса абстрагирования, в таком же смысле, как это делает М.М. Новоселов [17], то есть понимать под абстракцией абстрактную модель объекта m , то операция оценки факторов может рассматриваться как процедура введения абстракции. В таком случае, уместным будет отметить, что процедура введения в рассмотрение модели m объекта o , являющаяся связующим звеном между абстракцией-процессом и абстракцией-результатом, может рассматриваться как процесс исключения абстракции [18] в силу того, что фигурирующая в исследовании вместо объекта o его модель m представляет собой конкретный объект, материальный или идеальный, обладающий множеством $M \supseteq M'$ свойств, так что модель m объекта o будет являться прежде всего моделью абстракции. Данное обстоятельство также, с одной стороны, служит подтверждением рассуждений М.А. Розова о взаимосвязи абстракции и конкретизации [16], а с другой стороны, представляет собой иллюстративный пример процесса восхождения от абстрактного к конкретному в рамках теоретического исследования [19].

В силу вышеизложенного, наряду с упомянутыми выше особенностями моделей – ингерентностью, конечностью, упрощённостью, приближённостью, адекватностью, истинностью и динамичностью – представляется целесообразным ввести в рассмотрение такую характеристику моделей, как *абстрактность*, под которой можно понимать меру несоответствия множества свойств M модели m множеству свойств O исследуемого объекта o . Поскольку введение модели исследуемого объекта может рассматриваться как связующее звено между абстракцией-процессом и абстракцией-результатом, то абстрактность модели может рассматриваться, с одной стороны, как качественная характеристика знания, полученного в результате операции оценки факторов, а с другой – как количественная характеристика соответствия модели исследуемому объекту.

Абстрактность модели m объекта o , очевидно, будет являться следствием конечности модели m , которая, в общем, обусловлена конечностью подмножества свойств O' объекта o , составляющих предмет исследования. В свою очередь, упрощённость модели, являющаяся качественной характеристикой соответствия модели исследуемому объекту, будет являться следствием абстрактности модели, так как чем в меньшей степени знание об объекте соответствует самому объекту, тем большими оказываются различия исследуемого объекта и его модели. Как следствие, в вышеупомянутом ряду особенностей моделей абстрактность должна занять место между конечностью и упрощённостью.

Таким образом, чем меньшее количество свойств объекта исследования o составляет предмет исследования O' , тем большее число свойств объекта o – элементов подмножества $O \setminus O'$ – оказывается несущественным для цели исследования и большее число свойств, являющихся элементами подмножества $M \setminus M'$, не оказывает влияния на подмножество свойств M' объекта m , так что уровень соответствия множеств M и O является менее высоким, то есть более высоким оказывается уровень абстрактности модели m исследуемого объекта o . Следовательно, уровень абстрактности модели m находится в обратной зависимости от величины $card(O')$ – количества элементов, или, что то же самое, мощности подмножества свойств O' , составляющих предмет исследования.

Итак, с увеличением количества свойств, составляющих предмет исследования, уменьшается абстрактность модели исследуемого объекта, и наоборот. Данный тезис можно рассматривать как аналог логического закона обратного отношения между содержанием и объемом понятия [20]. Поскольку упрощённость модели оказывается следствием ее абстрактности, то с возрастанием уровня абстрактности модели более высокой оказывается степень ее упрощённости и более низкой степень приближённости.

Заключение

Резюмируя результаты проведенного исследования, необходимо указать, что установление связи понятий моделирования и модели с такими математическими понятиями, как отображение, изоморфизм и образ, позволяет поставить вопрос о возможности формализации, хотя бы частичной и в самом общем случае, собственно процесса моделирования. Кроме того, при наличии возможности теоретико-множественного описания исследуемого объекта и его модели, а также задании отображения множества свойств объекта на множество свойств модели, трактовка знания, полученного в результате процесса абстрагирования моделирования, как образа подмножества свойств исследуемого объекта, составляющего предмет исследования, с одной стороны, а понимание этого знания как абстрактной модели исследуемого объекта – с другой, позволяет рассматривать абстрактную модель исследуемого объекта как образ предмета исследования, причем в таком случае понятие образа должно трактоваться с гносеологической точки зрения. Подобное понимание результата процесса абстрагирования, или, иными словами, операции оценки факторов, помимо установления взаимосвязи между понятиями образа и абстрактной модели, позволяет также содержательно осмыслить теоретико-множественное понятие образа. Более того, взаимосвязь понятий образа и абстрактной модели при гносеологической трактовке понятия образа не исключает их взаимно-однозначного соответствия, и образ предмета исследования может интерпретироваться как абстрактная модель исследуемого объекта.

Абстракция как познавательная операция в процессе моделирования исследуемого объекта является, с одной стороны, этапом, обосновывающим требования к некоторому материальному или идеальному объекту, призванному служить в качестве модели, с одной стороны, а с другой – собственно процедурой выбора одного объекта в качестве модели и ее введения в рассмотрение вместо исследуемого объекта. При этом процесс абстрагирования, являющийся первым этапом акта абстракции и результатом которого является абстрактная модель, может интерпретироваться как процедура введения абстракции, а операция замещения, являющаяся вторым этапом абстракции и представляющая собой в процессе моделирования процедуру введения в рассмотрение вместо исследуемого объекта его модели, представляющей собой некоторый материальный объект или идеальный конструкт – как процедура её исключения, так что модель исследуемого объекта будет являться, прежде всего, моделью абстракции. Помимо того, что абстракция является неотъемлемой компонентой моделирования, процесс моделирования может также рассматриваться как собственно акт абстракции. Понимание моделирования в соответствии с предложенным определением этого метода научного исследования через понятие абстракции как операции замещения объекта моделью, обусловленной обнаружением объективных отношений независимости, открывает новые возможности для его рассмотрения, прежде всего, с учетом психологических аспектов мыслительной деятельности человека. При определении понятия «моделирование» посредством понятия «абстракция», вышеприведенные высказывания Н. Хагера и З. Пауля получают дополнительное логико-методологическое обоснование, так как моделирование предстает в качестве единого многоэтапного процесса создания и исследования модели объекта, неотъемлемой компонентой которого является абстракция.

Введенное понятие абстрактности модели исследуемого объекта, наряду с понятиями инженерности, конечности, упрощённости, приближённости, адекватности, истинности и динамичности, является одной из основных характеристик моделей, позволяющей охарактеризовать абстрактную модель исследуемого объекта и количественно оценить соответствие модели исследуемому объекту, что открывает новые возможности для верификации модели, её усовершенствования и последующего изучения с целью введения модели в систему теоретического знания соответствующей предметной области. В свою очередь, сформулирован-

ный тезис о взаимосвязи абстрактности модели с мощностью подмножества свойств исследуемого объекта, составляющего предмет исследования, позволяет определить место понятия абстрактности среди других характеристик моделей.

Безусловно, предпринятое рассмотрение проблемы статуса абстракции как познавательной операции в процессе моделирования не является полным и исчерпывающим. Однако уже представляется возможным определить тематику и характер дальнейших исследований, таких, к примеру, как определение особенностей акта абстракции в различных видах моделирования, рассмотрение выявленного комплекса взаимосвязей понятия модели с некоторыми математическими понятиями, а также рассмотрение гносеологических аспектов моделирования в процессе научного исследования.

Список источников

- [1] *Хагер, Н.* Модели в естественных науках // Диалектика. Познание. Наука / В.А. Лекторский, В.С. Тюхтин, А.П. Шептулин и др.; отв. ред. В.А. Лекторский, В.С. Тюхтин. – М.: Наука, 1988. – С. 128-134.
- [2] *Ожегов, С.И.* Толковый словарь русского языка/ С.И. Ожегов., Н.Ю. Шведова. – 4-е изд., доп. – М.: ИТИ Технологии, 2006. – 944 с.
- [3] Большой энциклопедический словарь: В 2-х т. / Гл. ред. А.М. Прохоров. – М.: Советская энциклопедия, 1991. Т. 1. – 1991. – 863 с.
- [4] *Горстка, А.Б.* Познакомьтесь с математическим моделированием. – М.: Знание, 1991. – 160 с.
- [5] *Перегудов, Ф.И.,* Тарасенко Ф.П. Введение в системный анализ. Учебное пособие для вузов. – М.: Высшая школа, 1989. – 367 с.
- [6] Краткий словарь по философии / Под общ. ред. И.В. Блауберга, И.К. Пантина. – 4-е изд. – М.: Политиздат, 1982. – 431 с.
- [7] *Štoff V.A.* Modellierung und Philosophie. – Berlin: Akademie-Verlag, 1969. – 335 s.
- [8] *Уёмов, А.И.* Логические основы метода моделирования. – М.: Мысль, 1971. – 311 с.
- [9] *Нюберг, Н.Д.* О познавательных возможностях моделирования // Математическое моделирование жизненных процессов / М.Ф. Веденов, В.С. Гурфинкель, Н.Н. Лившиц, А.А. Ляпунов (ред.). – М.: Мысль, 1968. – С. 136-151.
- [10] *Пауль, З.* Диалектика содержательного и формального в процессах математического моделирования // Диалектика. Познание. Наука / В.А. Лекторский, В.С. Тюхтин, А.П. Шептулин и др.; отв. ред. В.А. Лекторский, В.С. Тюхтин. – М.: Наука, 1988. – С. 120-128.
- [11] Толковый словарь математических терминов. Пособие для учителей / О.В. Мантуров, Ю.К. Солнцев, Ю.И. Соркин, Н.Г. Федин; под ред. В.А. Диткина. – М.: Просвещение, 1965. – 540 с.
- [12] Hörz H. Modelle in der wissenschaftlichen Erkenntnis / Sitzungsberichte der Akademie der Wissenschaften der DDR Gesellschaftswissenschaften, Nr. 11/G. – Berlin: Akademie-Verlag, 1978. – 18 s.
- [13] *Сагатовский, В.Н.* «Точность» как гносеологическое понятие / В.Н. Сагатовский // Философские науки. – № 1. – 1974. – С. 56-61.
- [14] Основы имитационного и статистического моделирования. Учебное пособие / Харин Ю.С., Малюгин В.И., Кирлица В.П. и др. – Мн.: Дизайн ПРО, 1997. – 287 с.
- [15] *Стемпковская, В.И.* О роли абстракций в познании/ В.И. Стемпковская. – М.: Изд-во АН СССР, 1959. – 112 с.
- [16] *Розов, М.А.* Научная абстракция и ее виды/ М.А. Розов. – Новосибирск: Наука, 1965. – 137 с.
- [17] *Новоселов, М.М.* Абстракция и научный метод / М.М. Новоселов // Логика научного познания. Актуальные проблемы / отв. ред. Д.П. Горский. – М.: Наука, 1987. С. 30-56.
- [18] *Яновская С.А.* Проблемы введения и исключения абстракций более высоких (чем первый) порядков // Методологические проблемы науки / Под общ. ред. И.Г. Башмаковой, Д.П. Горского, В.А. Успенского. – М.: Мысль, 1972. – С. 235-242.
- [19] *Швырев, В.С.* Восхождение от абстрактного к конкретному как метод развития теоретического знания / В.С. Швырев, С.М. Джумадурдыев // Диалектика. Познание. Наука / В.А. Лекторский, В.С. Тюхтин, А.П. Шептулин и др.; отв. ред. В.А. Лекторский, В.С. Тюхтин. – М.: Наука, 1988. – С. 54-62.
- [20] *Жоль, К.К.* Логика: Учебное пособие для вузов/ К.К. Жоль. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2004. – 401 с.

Сведения об авторе



Вятченин Дмитрий Аркадьевич родился 13 декабря 1972 года в Москве. В 1994 году окончил кафедру математического моделирования и анализа данных факультета прикладной математики и информатики Белорусского государственного университета. В 1998 году защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата философских наук по специальности «философия науки и техники». Член Российской ассоциации нечетких систем. Ведущий научный сотрудник лаборатории проблем защиты информации Объединенного института проблем информатики Национальной академии наук Беларуси. Научные интересы включают нечеткие и вероятностные методы кластеризации, нечеткое управление, интеллектуальные системы принятия решений, моделирование сложных систем, философские проблемы искусственного интеллекта. Является автором более 130 опубликованных работ, включая статьи в международных журналах и сборниках трудов научных конференций, 3 монографии и 1 отредактированный сборник научных статей.

Dmitri A. Viattchenin was born on 13.12.1972 in Moscow. In 1994 he graduated (MSc) at the department of Mathematical Modelling and Data Analysis of the Faculty of Applied Mathematics and Informatics at Belarusian State University. He defended his PhD in the field of philosophy of sciences and technology in 1998. He is currently a leading researcher in the Laboratory of Information Protection Problems of the United Institute of Informatics Problems of the National Academy of Sciences of Belarus. He is a member of the Russian Association of Fuzzy Systems. His research interests include techniques of fuzzy and possibilistic clustering, fuzzy control, intelligent decision making systems, simulation of complex systems, and philosophical aspects of artificial intelligence. He is the author of over 130 publications including papers in international and domestic journals and conference proceedings, 3 monographs and 1 edited volume.