

ПРИМЕНЕНИЕ АКСИОМАТИЧЕСКОГО МЕТОДА И НЕЧЁТКОЙ ЛОГИКИ В ГУМАНИТАРНЫХ НАУКАХ

М.Е. Бершадский

Приглашая к сотрудничеству в подготовке очередного выпуска сборника из серии «Исследования гуманитарных систем», научный редактор предложил целый ряд глубоких и неординарных вопросов, ответы на которые имеют большое значение для построения системы теоретического гуманитарного знания.

Сразу оговорюсь, что пятый вопрос поднимает настолько серьёзную проблему, что она достойна отдельного специального обсуждения. В двух словах о подготовке современного учителя всё равно не скажешь, поэтому я предпочту здесь не обсуждать эту тему.

Попробую ответить на два первых вопроса, так как они тесно взаимосвязаны друг с другом.

Особенности аксиоматического метода построения теории

Чтобы выяснить, можно ли применить аксиоматический метод для построения системы гуманитарного знания, нужно выявить существенные особенности этого метода и границы его применения. Поэтому начнём с определения исходных понятий.

Аксиоматический метод известен два тысячелетия и основные его признаки изучены достаточно подробно. В «Философском словаре» под аксиоматическим методом понимается «один из способов дедуктивного построения научных теорий, при котором: 1) выбирается некоторое множество принимаемых без доказательства предложений определённой теории (аксиом); 2) входящие в них понятия явно не определяются в рамках данной теории;

3) фиксируются правила определения и правила вывода данной теории, позволяющие вводить новые термины (понятия) в теорию и логически выводить одни предложения из других; 4) все остальные предложения данной теории (теоремы) выводятся из (1) на основе (3)»²¹.

Первые два положения нуждаются в некотором уточнении. Аксиоматизируемая область знания обычно содержит множество взаимосвязанных положений. Некоторые из них - это логические следствия других. Прослеживая цепочку логических умозаключений, можно обнаружить суждения, которые не выводятся из других, на начальной стадии аксиоматизации они и принимаются в качестве аксиом. Их должно быть достаточно для вывода всех остальных утверждений.

Похожая процедура применяется и при выборе основных понятий аксиоматической теории. В суждениях понятия связываются между собой, одни из них определяются через другие. Просматривая последовательность определений, можно обнаружить те понятия, которые не могут быть определены через другие. Они и являются исходными, первичными понятиями теории, которые должны быть независимы друг от друга.

Наиболее полное описание процесса аксиоматизации достаточно развитой системы знаний, по-видимому, было предложено М. Бунге²². Хотя оно и дано применительно к аксиоматизации физических теорий, этапы, выделенные М. Бунге, являются достаточно общими.

Один из центральных пунктов в процессе аксиоматизации – построение системы аксиом. Эта система должна удовлетворять трём требованиям – независимости, полноты и непротиворечивости. Независимость означает, что ни одна из аксиом не может быть получена из

²¹ Философский словарь / Под ред. И.Т. Фролова. 5-е изд. М.: Политиздат, 1986. С. 12.

²² Бунге М. Философия физики / Пер. с англ. Ю.Б. Молчанова. М.: Прогресс, 1975.

других на основе правил вывода данной теории. Полнота требует, чтобы из системы аксиом можно было получить всё известное множество выводов теории. Если система аксиом непротиворечива, то из неё нельзя вывести два противоречащих друг другу суждения. Заметим, что требование истинности аксиом, чтобы оно не означало, не является необходимым их свойством.

М. Бунге вводит весьма важное и тонкое различие, касающееся полноты системы аксиом²³. Он предлагает отличать дедуктивно слабую и дедуктивно сильную полноту теории. В случае дедуктивно сильной полноты системы аксиом из них можно вывести любое утверждение в данной области. Такая теория оказывается замкнутой, так как к ней нельзя присоединить никакие новые понятия и суждения, поэтому «аксиоматическая система осталась бы без применения и проверки».

Возможность достижения сильной дедуктивной полноты ограничена теоремой Гёделя, что доказывает невозможность полной логической формализации научного знания.

Основные понятия аксиоматической системы могут представлять абстрактные объекты, не имеющие содержательного наполнения. К ним относятся, например, математические объекты. Аксиоматические теории, описывающие такой класс объектов, относятся к синтаксическим. Они с самого начала могут строиться с постулирования основных понятий и аксиом и развиваться путём дедуктивного вывода следствий. Если же понятия и аксиомы теории представляют собой содержательные теоретические обобщения, то аксиоматическая теория будет семантической. Очевидно, что обсуждаемая в этом сборнике аксиоматическая теория гуманитарных систем относится к группе семантических теорий.

²³ Там же. С. 232.

История развития науки показывает, что к аксиоматизации семантической теории прибегают после того, «как содержательно теория уже в достаточной мере построена, и служит целям более точного её представления, в частности строгого выведения всех следствий из принятых посылок»²⁴. Выполняется ли это условие для гуманитарного знания? Строится ли оно на основе дедуктивного вывода следствий из явно сформулированных исходных положений? Выделены ли и точно определены основные понятия? Можно ли рассматривать всё гуманитарное знание как относительно однородную систему, в которой существует общее ядро? Ответы на все эти вопросы отрицательны.

В качестве примера, можно рассмотреть то, как обстоят дела с дедукцией и дефинициями понятий в дидактике. О безобразном положении дел с определением понятий в педагогике не писал только ленивый. Существуют сотни определений одних и тех же понятий (самой педагогики, образовательной технологии, дидактического метода и т. д.). Достаточно открыть наугад любые учебники педагогики, чтобы убедиться в том, что каждый автор не только выделяет свой перечень дидактических принципов, но и трактует содержание одинаковых принципов по-разному. Не обнаружил я и ни одного примера дедуктивного вывода моделей учебного процесса из дидактических принципов. Не думаю, что в других гуманитарных областях положение с определением понятий и выделением принципов выглядит намного лучше. Таким образом, необходимость систематизации гуманитарного знания налицо, но созданы ли условия для его аксиоматизации?

Кроме этого, гуманитарное знание не представляет собой методологическое целое. Нетрудно видеть, что в

²⁴ Философский словарь / Под ред. И.Т. Фролова. 5-е изд. М.: Политиздат, 1986. С. 12.

нём есть отрасли знания (литературоведение, история, искусствоведение и др.), занимающиеся, в основном, ретроспективным анализом уже существующих текстов как данности, не подлежащей изменению. Поскольку в этом случае говорить о предсказании развития этих текстов, очевидно, не имеет смысла, то центральной проблемой становится их понимание. Гуманитарные науки такого типа В. Дильтей предложил называть науками о духе. Их фундаментальный метод исследования – герменевтика. Её цель состоит в *понимании* человеческой мысли, выраженной в слове, искусстве, культуре; понимание других людей, достигаемое в сопереживании, сопровождающем взаимодействие личностей. Для Дильтея цель понимания обозначает водораздел между естественными и гуманитарными науками: «Природу мы объясняем, а живую душу человека должны понять»²⁵. И те, и другие изучают отдельные явления и события, но естественные науки пытаются в них найти общее, абстрагировавшись от индивидуального. Предмет же наук о духе – именно индивидуальное и неповторимое, связанное с постижением духовной жизни других людей. Понимание, приходящее через переживание, приводит к тому, что события жизни приобретают смысл, цель, ценность.

Однако среди гуманитарных наук есть и те, которые изучают не только прошлое, но и настоящее. Причём цель изучения – не только понимание прошлого и настоящего, но и предсказание, предвидение будущего хода событий. Пример таких наук – социология и психология. Полагаю, что и педагогика не была бы против научно обоснованного проектирования образовательного процесса. Оставаясь гуманитарными, так как они изучают явления с участием человека, эти дисциплины образуют особый класс наук, называемых социальными или эмпирически-

²⁵ Цит. по: Рузавин Г.И. Методология научного исследования: Учеб.пособие для вузов. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 1999. С. 204.

ми. Для социальных наук выбор герменевтического метода совсем не очевиден.

Можно ли систематизировать на единой аксиоматической основе гуманитарные и социальные теории? Можно ли для них сформулировать единое множество аксиом, позволяющее пользоваться двумя разными способами вывода следствий – практическим силлогизмом для гуманитарных наук и дедуктивной логикой для наук социальных? Не мешают ли систематизации разные цели этих наук – понимание текстов в гуманитаристике и объяснение и предсказание в эмпирических науках?

Можно только восхищаться смелостью В.В. Гузеева, взявшегося за создание аксиоматической теории гуманитарных систем. По приведённой в начале сборника статье В.В. Гузеева об успешности решения этой задачи судить ещё рано. В ней описаны общая методология, выделены некоторые аксиомы и теоремы. Позволит ли дальнейшее развитие этих идей построить систему аксиом, обладающую независимостью, непротиворечивостью и полнотой и позволяющую дедуктивно вывести всё множество известных гуманитарных фактов, явлений, законов, правил? Впереди колоссальная работа, и я совсем не уверен в необходимости её выполнения по двум причинам. Первая уже обсуждена выше – гуманитаристика делится на две большие области с разными предметами исследования и методами получения следствий. В естествознании существуют физические, химические, биологические теории, некоторые из них аксиоматизированы, но никто не ставит задачу аксиоматизации некой абстрактной естественнонаучной теории, так как такая теория просто не существует. Исходя из этого вывода, можно предположить, что аксиоматизации подлежат отдельные области гуманитарного знания: история, право, экономика, социология, педагогика и т. д.

О необходимости аксиоматизации педагогики в последнее время говорят достаточно активно. Наиболее развёрнуто на эту тему высказался И.П. Подласый в одном из своих учебников²⁶. Однако детальный анализ работ в этой области показывает, что до реальной аксиоматизации ещё далеко, поскольку отсутствуют даже попытки сформулировать систему исходных утверждений, позволяющих дедуцировать всё множество известных педагогических фактов, и обладающую независимостью, полнотой и непротиворечивостью.

Вторая причина сомнений в необходимости и возможности аксиоматизации гуманитарного лежит в области методологии научного познания. В чём состоит цель эмпирических наук? В объяснении и предсказании социальных явлений. В аксиоматической теории эта цель реализуется путём дедуктивного вывода следствий-теорем из аксиом, представляющих наиболее общие законы, описывающие общество. Если в синтаксических аксиоматических теориях вывод теорем самодостаточен, и нужно только убедиться в независимости, полноте и непротиворечивости системы аксиом, то в социальных теориях выводы нуждаются в содержательных интерпретациях. Для этого выводы сопоставляются с известными эмпирическими фактами и законами. Если они совпадают, т.е. истинны, то это говорит не только о независимости, полноте и непротиворечивости системы общих законов-аксиом, но и о возрастании степени уверенности в истинности этих общих законов. Но вопрос установления истинности аксиом лежит вне проблематики аксиоматического метода (дедуктивная логика исследует перенос истинности при умозаключениях, но не проверку истинности исходных суждений). Если же выводы противоречат эмпирическим фактам, то общие законы-аксиомы

²⁶ Подласый И.П. Педагогика. В 3-х книгах. Кн. 1: Общие основы: учебник для вузов. М.: ВЛАДОС, 2007. .

подлежат замене или модификации, но не по причине внутренней противоречивости (из законов не были выведены взаимно исключающие следствия), а по причине несоответствия с эмпирией. Но этот способ построения теории присущ не аксиоматическому, а гипотетико-дедуктивному методу развития научного знания. Вся история развития науки показывает, что между методами познания существует своеобразное разделение труда. Аксиоматический метод – основной в построении математических и логических теорий. Герменевтический метод применяется как способ построения наук о духе. Естественнонаучные теории строились на основе гипотетико-дедуктивного метода. Некоторые из этих теорий позже были аксиоматизированы для придания им большей научной строгости, но они не строились на основе аксиоматического метода. Выбор между герменевтическим и гипотетико-дедуктивным (но не аксиоматическим) методами построения теории зависит от цели её создания. Если цель – объяснение и предсказание эмпирически проверяемых фактов на основе дедуктивно-номологического вывода, то для построения теории применяется гипотетико-дедуктивный метод. Следовательно, теории в социальной области должны создаваться на основе гипотетико-дедуктивного, а не аксиоматического метода.

Между структурами аксиоматического и гипотетико-дедуктивного методов много общего. Более того, в «Философском словаре» утверждается, что «при исследовании естественнонаучного (вообще любого нематематического знания) аксиоматический метод выступает в форме гипотетико-дедуктивного метода»²⁷. Позволю себе не согласиться с этим утверждением. Рассмотрим более подробно развитие теории на основе гипотетико-дедуктивного метода.

²⁷ Философский словарь / Под ред. И.Т. Фролова. 5-е изд. М.: Политиздат, 1986. С. 12.

Гипотетико-дедуктивный метод построения теории

Процесс познания начинается с наблюдения за окружающим миром, в результате которого в первоначально хаотическом потоке ощущений, инициируемых воздействиями среды, человек (в онтогенезе, а человечество – в филогенезе) с течением времени начинает выделять повторяющиеся сигналы, свидетельствующие об определённом порядке следования событий внешнего мира. Многократное наблюдений подобных повторений приводит к научению, понимаемому как образование ассоциативных связей между нервными импульсами, возникающими при восприятии этих событий. В результате, человек, воспринимая первое событие, начинает ждать наступления второго. Иногда эти ожидания обманываются. Если это будет происходить достаточно часто, то ассоциативная связь слабеет и затухает, поэтому через некоторое время человек перестаёт связывать события между собой. Аналогичное явление происходит, если наблюдаемые события не имеют жизненно важного значения для выживания человека, не связаны с удовлетворением потребностей в безопасности и питании.

Если же ожидаемое второе событие происходит, то ассоциативная связь укрепляется и человек убеждается в существовании связи между наблюдаемыми событиями. Так, по-видимому, и формируется та часть индивидуального опыта, которая связана с наблюдением за событиями окружающего мира. Ограничиваясь опытом отдельного человека, мы ещё не можем говорить об открытии объективных эмпирических фактов, так как на формирование ассоциативных связей могут оказывать влияние случайные совпадения (так формируются страхи, приметы, предрассудки). В индивидуальных опытах много случайного, поэтому необходимо сопоставление их результатов. Только при многократном совпадении факта повторения

событий в индивидуальных опытах множества людей можно говорить об обнаружении некоторого относительно объективного эмпирического факта. Разумеется, здесь мы имеем дело с выходом за пределы непосредственных данных наблюдений. Утверждение, что некое событие Б всегда следует за событием А представляет собой индуктивное обобщение результатов всегда конечного числа реальных наблюдений. Заключение «всегда» истинно только до тех пор, пока не обнаружено ни одного наблюдения, противоречащего утверждаемому факту, причём нужно быть готовым к тому, что каждое следующее наблюдение может его опровергнуть.

С течением времени человечество накапливает всё большее число таких эмпирических фактов. Они начинают объединяться в некоторые системы, принадлежащие разным областям действительности (природные, экономические, социальные и т. д.), между фактами устанавливаются взаимосвязи. Наконец, на определённой ступени развития, осознаётся необходимость в объяснении всего множества накопленного фактического материала. Вопрос о причинах этого осознания можно и проигнорировать в рамках обсуждаемой темы, считая сам факт осознания эмпирически доказанным, однако я хотел бы обсудить один из возможных вариантов ответа. Выше уже было отмечено, что события, не связанные с удовлетворением потребностей человека или не несущие угрозы его существованию не оставляют сколько-нибудь существенных следов в ассоциативной памяти. Фиксируются только значимые с этой точки зрения события, так как связь между ними позволяет человеку предсказать наступление важного для него события Б после наблюдения события А. Это позволяет человеку заранее подготовиться к событию Б и либо избежать опасности, либо получить желаемое. Я полагаю, что именно эта возможность предсказания, предвидения хода событий, как су-

щественный фактор выживания и успешной адаптации к среде обитания, придаёт наблюдению направленный характер и организует сначала индивидуальный, а затем и групповой опыт человека.

Естественно, что следующий шаг на пути успешной адаптации – это поиск путей избегания опасности, которая неизбежно возникнет после наступления события А (или увеличения вероятности наступления желательного события Б). Временная пауза между событиями А и Б даёт возможность человеку подготовиться ко второму событию и попробовать как-то повлиять на его ход. Но для этого нужно понять причины, механизмы, связывающие эти события. Беззащитное перед силами природы человечество на ранней стадии своего развития искало эти причины во внешних силах, наделяя предметы и явления окружающего мира невидимыми, но могущественными властителями, которых можно умиловить жертвоприношениями. Эта гипотеза оказалась не очень продуктивной, так как не справлялась с выполнением предсказательной функции – предвидеть интенции высших сил было невозможно. С течением времени стало понятно, что множественность причин (существование у каждого объекта своего высшего покровителя) совершенно избыточна, так как тот же результат можно получить, признав существование единого высшего существа. Его интенции также не доступны человеческому разуму, поэтому эвристичность и этой гипотезы в практической жизни человека близка к нулю.

Таким образом, рано или поздно, но человечество должно было начать исследование реальных причинных связей между событиями, чтобы надёжно предвидеть их ход, научиться им управлять и повысить степень защищённости своей жизни. В XVII веке стало ясно, что с помощью наблюдений решить задачу поиска причин изучаемых явлений не удаётся. Благодаря работам Г. Гали-

лея появился экспериментальный метод познания, предлагающий более глубокий путь изучения явлений. В эксперименте происходит многократное воспроизведение явления в специально создаваемых экспериментатором, контролируемых и изменяемых условиях. Благодаря применению экспериментального метода в естествознании происходит резкое увеличение объёма достоверных и объективных сведений, разрабатываются количественные методы изучения явлений, исследуются эмпирические зависимости между их количественными характеристиками. Начинает осознаваться и методологическая роль эксперимента как метода познания. Успехи в исследовании эмпирических закономерностей, которые формулируются как индуктивные обобщения некоторого всегда ограниченного числа опытов, вновь возродили интерес к индуктивному методу, основательно забытому со времен работ Аристотеля, который благодаря работам Ф. Бэкона и Дж. Милля стал рассматриваться как метод, позволяющий раскрыть причины природных явлений. Однако дальнейшее развитие естествознания заставило усомниться в справедливости этого предположения. Пока ставится задача исследования эмпирических закономерностей, можно вполне успешно применять неполную расширяющуюся индукцию как способ обобщения, даже не задаваясь вопросом о причинах существования изучаемой закономерности. Совершенно иная ситуация возникает тогда, когда экспериментатор пытается «приручить» явление, искусственно изменить его характеристики в соответствии с заранее поставленной целью. Вот тогда без понимания причин уже не обойтись. А они на «поверхности» явлений не лежат. Можно тысячу раз наблюдать нагрев и остывание тел с разной температурой, приведённых в контакт друг с другом, но быть также далеко от молекулярной гипотезы, как и в момент первого наблюдения. Но как только нам понадобятся материалы,

обладающие новыми свойствами, то обойтись без знаний о строении вещества уже становится невозможно. Аналогичные примеры можно привести и в области социальных явлений. Можно очень долго и пристально изучать явления самоорганизации, протекающие в группе незнакомых людей, которым поручили какое-то общее дело. Можно исследовать зависимость времени выполнения задания от возрастного и профессионального состава, от вида задания, от имеющихся ресурсов, от уровня образования, от распределения участников по уровням интеллектуального развития, от числа участников и т.д. Будет получено множество эмпирических зависимостей, констатирующих существование взаимосвязей между характеристиками исследуемой системы. Знание этих зависимостей будет полезно для решения задач локального улучшения деятельности группы, но окажется явно недостаточным для проектирования группы с оптимальным составом, создаваемой для решения проблем в иных областях деятельности. Для решения такой задачи понадобится знание общих принципов самоорганизации групп. Похожим образом обстоят дела и в педагогике. Мы можем сконструировать сотни вариантов одного и того же урока, пользуясь арсеналом веками наработанных эмпирических педагогических приёмов. Но без знания общих принципов проектирования учебного процесса, направленного на достижение диагностично поставленных целей, мы окажемся совершенно беспомощными при попытках обосновать оптимальность любого из предложенных вариантов.

Итак, наблюдение и эксперимент поставляют эмпирически проверенные сведения о свойствах окружающего мира. Однако причины существования обнаруженных закономерностей остаются неизвестными, что существенно ограничивает возможности управления явлениями и проектирования процессов и объектов с заданными ха-

раактеристиками. Как показала практика познания в самых разных областях никакого логического пути от эмпирических фактов к их объяснению и пониманию причин обнаруженных закономерностей не существует. Поэтому, пытаясь объяснить уже известные факты, исследователь вынужден выдвигать некоторые гипотезы о возможных причинах, лежащих в основе наблюдаемых явлений. Как появляются эти гипотезы? В философии науки уже давно признан тезис о том, что этот процесс носит внелогический характер. Решающую роль здесь играет интуиция, гипотезы приходят как озарение, инсайт, догадка, поэтому процесс генерации гипотезы представляет собой творческий акт, в котором проявляется талант исследователя. Разумеется, этот акт подготавливается всей предыдущей деятельностью, напряжённым обдумыванием проблемы, но все эти составляющие научной деятельности не гарантируют рождения удачной гипотезы. Никогда не осенит того, кто не размышляет, но нет никакой гарантии, что блестящая гипотеза явится наградой за напряжённый труд.

Каким требованиям должна отвечать выдвинутая гипотеза? Поскольку она нужна для объяснения уже известных эмпирических фактов, то, разумеется, она должна успешно выполнять эту функцию, т. е. объяснять всё, что известно в данной предметной области. Хотя понятие объяснения и кажется интуитивно ясным, тем не менее оно нуждается в пояснении. В естественнонаучном знании объяснение трактуется как логико-математический вывод известного эмпирического факта из гипотезы, понимаемой как исходное суждение для последующих умозаключений.

Как правило, для объяснения множества известных фактов можно выдвинуть несколько конкурирующих гипотез, которые одинаково удовлетворительно справляются с задачей объяснения. Если от гипотезы требовать

только объяснения уже известного, то выбрать верную гипотезу среди множества альтернативных не удастся. Поэтому любая из предложенных гипотез должна не только объяснять уже известные факты, но и предсказывать новые явления, события, процессы, которые до сих пор ещё не наблюдались, т.е. гипотезы должны обладать эвристичностью. В начале XX века для объяснения отрицательного результата опыта Майкельсона-Морли (учёным не удалось обнаружить движение Земли относительно гипотетического эфира) А.Г. Лоренц выдвинул сумасшедшую по тем временам гипотезу о сокращении длины всех движущихся тел в направлении движения. Эта гипотеза прекрасно объяснила результаты опыта, но оказалась совершенно беспомощной при попытках предсказать какие-либо новые эффекты.

Предсказание как и *объяснение* представляет собой логико-математический вывод нового факта на основе гипотезы. В средние века до опытов Галилея по изучению движения тел по инерции существовала следующая гипотеза, объясняющая причины движения тел: к каждому телу приставлен ангел, машущий крылышками и создающий эфирный ветер, толкающий тело. Очевидно, что эта гипотеза способна прекрасно объяснить любое наблюдаемое движение тел, но при попытке предсказать поведение тела в новых условиях, которые ещё не изучались экспериментально, она вынуждена будет опираться на внутренние неисповедимые побуждения ангела, поэтому предсказание оказывается невозможным. Строго говоря, вывод о невозможности предсказания – вполне допустимое логическое предсказание. Поэтому важен не только сам факт возможности вывода предсказания, но обязательным условием проверки истинности гипотезы является возможность экспериментальной проверки справедливости логико-математического вывода. Опыт показал, что расчёты механического движения тел, вы-

полненные на основе законов Ньютона (предсказание движения в заданных условиях), прекрасно согласуются с экспериментальными данными, поэтому мы вынуждены опровергнуть вывод о невозможности предсказания механического движения, вытекающий из «ангельской» гипотезы. Это заставляет отказаться и от самой гипотезы, так как из неё вытекают ненаблюдаемые следствия.

В приведённом выше примере наглядно просматривается логика процесса проверки истинности гипотезы. Экспериментально проверяется не сама гипотеза, а логико-математический вывод (следствие), сделанный на её основе. Сама гипотеза может и не допускать непосредственной экспериментальной проверки (у нас нет средств для эмпирического обнаружения ангела). В большинстве современных научных теорий именно так и обстоит дело. Невозможно прямо проверить исходные теоретические положения квантовой механики и статистической физики, так как они содержат принципиально ненаблюдаемые величины. Нельзя прямо подтвердить и базисное предположение К. Роджерса о том, что все люди изначально добры и стремятся к самосовершенствованию. У нас нет средств, чтобы проверить и основное положение теории Б.Ф. Скиннера, утверждающее, что человек есть комплекс сложившихся к данному моменту времени паттернов поведения.

Экспериментально проверяются не сами гипотезы, а следствия, которые из них вытекают (если из гипотезы нельзя вывести следствий, то она не позволяет узнать об окружающем мире ничего более того, что о нём уже известно). Отсюда вытекает и вполне очевидное требование к самим следствиям – они должны содержать эмпирически проверяемые утверждения (это требование относится не обязательно ко всем без исключения выводам, но хотя бы некоторые из них должны допускать экспериментальную проверку).

Экспериментальная проверка следствий может дать результаты двух видов. Эксперимент может подтвердить логико-математический вывод. Тогда косвенно подтверждается и гипотеза, на основе которой был сделан вывод. Разумеется, это не значит, что гипотеза доказала свою истинность. Описанный выше способ проверки многократно повторяется. Из гипотезы выводятся всё новые следствия, которые затем проверяются экспериментально. Если выводы подтверждаются, то возрастает и степень подтверждённости гипотезы, но никакое число экспериментов не превратит гипотезу в окончательную истину, которая не может быть опровергнута в ходе дальнейших исследований. Так как следствия выводятся средствами дедуктивной логики, то истинность заключений не может быть перенесена на исходные суждения. Гипотезе так и суждено навсегда оставаться гипотезой. Однако, если она многократно демонстрировала способность порождать экспериментально подтверждаемые следствия, то степень доверия к гипотезе возрастает настолько, что она начинает рассматриваться как научный принцип, который считается истинным до тех пор, пока не будет доказано обратное. Это происходит в тех случаях, когда выводы, сделанные на основе гипотезы, не подтверждаются экспериментальными данными. Если это произошло на начальных этапах проверки гипотезы, то она признаётся ложной, отбрасывается и заменяется новой, которая будет подвергнута той же процедуре косвенной проверки. Если же эксперимент, опровергающий вывод из гипотезы, будет проведён на той стадии развития научного знания, когда гипотеза уже превратилась в научный принцип, то гипотеза обычно не отбрасывается, а происходит ограничение её общности, т.е. обнаруживаются границы применимости гипотезы. Как правило, эти ограничения касаются либо объектов, для описания которых может быть применена гипотеза, либо условий её

применимости к данным объектам. Интересно, что даже процесс опровержения гипотезы – это своеобразная демонстрация её эвристической силы. Не будь гипотезы, на основе которой был предсказан новый эффект, никому и не пришло бы в голову проводить эксперимент. Гипотеза инициирует его проведение, в ходе опыта действительно обнаруживается новый эффект, для его объяснения выдвигается новая гипотеза, предсказывающая новые эффекты и т.д. Таким образом, даже опровергнутая гипотеза способствует развитию научного знания.

Обычно всё множество явлений в определённой предметной области не удаётся описать с помощью одной гипотезы. В результате описанной выше процедуры постепенно формируется система гипотез, которая позволяет объяснять все известные в данное время явления в определённой предметной области. Благодаря многократной подтверждённости степень доверия к гипотезам становится настолько высокой, что они возводятся в ранг научных принципов и образуют так называемое ядро научной теории. Кроме ядра теория включает правила (методы, способы) вывода следствий и правила эмпирической интерпретации теоретических понятий, из которых состоят следствия. В процессе становления новой теории обычно наблюдается интенсивный процесс вывода всё новых следствий и разработки экспериментов по их эмпирической верификации. Какое-то время данные опытов находятся в хорошем согласии с предсказаниями теории. Однако с течением времени при экспериментальной проверке новых следствий «второго порядка» начинают обнаруживаться расхождения между фактами и следствиями теории. Вначале теория пытается «сопротивляться», модифицируя и уточняя гипотезы и проверяя корректность выводов. Но по мере накопления расхождений становится очевидной ограниченность теории. Факты, объясняемые теорией, образуют область её при-

менимости. Факты же, расходящиеся с выводами теории, являются эмпирической основой для выдвижения новых гипотез, которые со временем образуют более общую теорию.

Описанная выше последовательность процедур, с помощью которых происходит развитие научного знания, получила название гипотетико-дедуктивного метода. Принципиальная особенность этого метода - возможность опровержения научного знания на любом этапе его развития. Сам процесс развития, состоящий в генерации возможно большего числа следствий из проверяемых гипотез, каждый раз ставит под удар эти гипотезы, так как каждое следствие подлежит экспериментальной проверке, которая может оказаться для гипотезы фатальной. Исходя из роли, которую играют эксперименты по проверке следствий, они получили название критериальных, так как их результаты можно рассматривать как критерии истинности гипотез. Впрочем, понятие истинности, которое часто употребляется в философской литературе, способно ввести в заблуждение. Истинность логических выводов нельзя перенести на истинность посылок (гипотез), из которых они получены. Поэтому гипотезы при любом количестве подтверждений остаются гипотезами. Следовательно, на любом этапе развития научного знания сохраняется возможность его опровержения (фальсификации). Эта особенность гипотетико-дедуктивного знания настолько важна, что К. Поппер²⁸ предложил рассматривать возможность фальсификации как критерий различения научного и ненаучного знания. Следуя этому критерию, знание, не допускающее фальсификации, необходимо признать ненаучным.

²⁸Поппер К. Логика и рост научного знания. - М.: Прогресс, 1983. - 604 с.

Аксиоматика vs гипотетико-дедуктивный метод

Сопоставляя структуры аксиоматического и гипотетико-дедуктивного методов, видно, что они содержат одинаковые и похожие по своим функциям элементы:

- множество научных принципов (гипотез) теории, из которых логическими методами выводятся следствия теории;

- множество взаимосвязанных понятий, в котором выделяются первичные или исходные понятия теории;

- правила вывода, принятые в данной теории, позволяющие вводить в неё новые понятия и логически выводить одни предложения из других;

- следствия из принципов, полученные с помощью правил вывода.

С точки зрения функций, выполняемых отдельными элементами теории, множеству научных принципов (гипотез) соответствуют аксиомы. Однако в гипотетико-дедуктивной теории задача построения независимой, полной и непротиворечивой системы принципов не ставится. Как правило, она становится актуальной только после становления развитой теории, когда начинают очерчиваться границы её применимости. На этой стадии эвристическая функция теории уже выполнена, гипотезы продемонстрировали высокую степень подтверждённости в определённой предметной области, поэтому можно заняться упорядочиванием научного знания, поиском и исключением лишних элементов, т. е. приданием теории аксиоматической формы. Таким образом, аксиоматизация – это завершающая стадия развития теории, а не способ её создания. Находится ли гуманитарное знание в целом на этой стадии? Можно ли считать, что в педагогике выделены научные принципы, позволяющие дедуктивным путём вывести из них всё множество известных педагогических явлений? Мне кажется, что на оба эти во-

проса следует дать отрицательный ответ. Следовательно, для построения теории гуманитарного знания на данном этапе нужно применить не аксиоматический, а гипотетико-дедуктивный метод.

Многозначная логика и гуманитарное знание

Рассмотрим более подробно правила вывода следствий из научных принципов теории. Эта тема тесно связана с ответом на третий и четвёртый вопросы дискуссии.

Выше уже неоднократно подчёркивалось, что вывод осуществляется путём логической дедукции. Но о какой логике здесь идёт речь? Об однозначной логике Аристотеля или о многозначной логике Заде? Аксиоматический и гипотетико-дедуктивный методы можно реализовать на основе обеих логик. Оба метода лишь требуют, чтобы правила вывода следствий были определены. Очевидно, что выводы на основе многозначной и однозначной логик будут отличаться. В.В. Гузеев именно в этом видит причину того, что «существующие теории образования в большинстве своём бессодержательны». Однако для объяснения этого очевидного факта можно предложить и иные причины. В теории могут отсутствовать научные принципы, на основе которых можно вывести эмпирически проверяемые следствия. Вместо них «теория» содержит ряд случайных «самоочевидных» индуктивных обобщений. Научные принципы могут быть выражены с помощью многозначных понятий, поэтому вывод сильно зависит от контекстных условий. Бывают «принципы», из которых с помощью логики нельзя извлечь никаких верифицируемых следствий. Например, какие конкретные действия учителя вытекают из принципа наглядности? Поэтому я не склонен обвинять в бессодержательности теорий образования именно однозначную логику.

Однако невозможно и отрицать, что поведение человека вряд ли подчиняется законам однозначной логики. Это уже давно было понято всеми представителями гуманитарного знания, да и любым человеком, пытающимся предсказать поведение других людей. Пусть это понимание и не выражается в виде претензий к однозначной логике, но оно отражает многократно эмпирически подтверждённый факт, что в объяснении поведения логическая связка «если – то» не работает. В герменевтике на основе её методов был предложен прагматический метод описания социальных явлений. Как и гипотетико-дедуктивный метод, он базируется на центральной концепции *объяснения* социальных явлений. Но, если гипотетико-дедуктивный метод использует модель номологического объяснения (дедукция из закона), то прагматический метод объясняет поведение человека на основе целей, мотивов и стремлений (интенций). Такая модель объяснения получила название интенционального или телеологического объяснения. Однако скоро выяснилось, что на её основе нельзя *предсказывать* поведение. Она «работает» тогда, когда необходим ретроспективный анализ уже происшедших событий. В этом случае мы всегда можем найти подходящий мотив для «объяснения» уже состоявшегося поведения человека. Число таких мотивов огромно, поэтому существует множество альтернативных интерпретаций одного и того же поведения, каждая из которых является истинной, так как мы всегда можем сопоставить ей правдоподобный мотив. Но в обратную сторону модель интенционального объяснения не работает. Между действием и целью, которую преследует человек, встаёт мотив, который нужно определить путём перевоплощения и вчувствования во внутренний мир человека. Поскольку эта процедура полностью субъективна, то предсказать вероятность выбора какого-либо поведения не представляется возможным.

Открывает ли теория Л. Заде путь к решению проблемы объяснения и предсказания социальных явлений на основе многозначной логики? С точки зрения данной теории низкая степень предсказуемости поведения объясняется способом описания исходного состояния объекта. Если в классической логике свойства объекта либо известны, либо нет, то в многозначной логике они описываются функцией принадлежности, задающей обладание свойством с некоторой вероятностью. В итоге строится вероятностная модель объекта и вероятностная же модель прогнозирования изменения его состояния. Однако большинство представителей гуманитарного знания вероятность понимают на бытовом уровне как отсутствие однозначной информации об объекте. Любой человек и без многозначной логики понимает, что он не в состоянии однозначно предвидеть ход событий, т.е. делает это на вероятностном уровне.

Способна ли теория Л. Заде не просто констатировать факт неоднозначности описания состояния объекта, но и предложить эмпирически проверяемые модели управления изменением его состояния? За последние десятилетия получены многочисленные убедительные свидетельства положительного ответа на этот вопрос. Да, теория Л. Заде работает. Но подавляющее число примеров успешного применения этой теории принадлежит к области техники, механики, управления устройствами и механизмами. Механическое движение деталей или устройства в целом можно описать с помощью системы дифференциальных уравнений, а затем передать результаты вычислений исполнительным механизмам. Но для этого требуются значительные вычислительные мощности и время. Практика показала, что такого класса задачи могут быть решены значительно проще и быстрее на основе теории Л. Заде. Специалисты в области техники отмечают: «Системы управления с использованием нечет-

кой логики имеют широчайшую область применения. Фотоаппараты и видеокамеры используют нечеткую логику, чтобы реализовать опыт фотографа в управлении этими устройствами. Например, компании Fisher и Sanyo производят нечеткие логические видеокамеры, в которых применяется нечеткая фокусировка и стабилизация изображения. Компания Matsushita выпускает стиральную машину, в которой используются датчики и микропроцессоры с нечеткими алгоритмами управления. Датчики определяют цвет и вид одежды, количество твердых частиц, степень загрязнения, а нечеткий микропроцессор выбирает наиболее подходящую программу стирки из 600 доступных комбинаций температуры воды, количества стирального порошка и времени производственного цикла быстрого или медленного вращения и промывки. Кроме того, компании Mitsubishi, Nissan, Toyota, Audi, Renault и многие другие успешно применяют на своих автомобилях «нечеткую» автоматическую трансмиссию»²⁹.

Возможны ли столь же впечатляющие успехи теории Л. Задев области гуманитарных наук? Чтобы ответить на этот вопрос, рассмотрим процедуры применения нечёткой логики в технической области.

Процесс нечёткого вывода включает три стадии, схематически представленные на рис. 1.

²⁹Антипов С.И., Дементьев Ю.В., Калинин А.Е. Нечеткая логика и возможности ее применения в системах управления современного автомобиля // Автомобиле- и тракторостроение в России: приоритеты развития и подготовка кадров. Мат-лы Междун. научно-технич. конф. Ассоциации автомобильных инженеров (ААИ), посвященной 145-летию МГТУ «МАМИ». Кн. 1. М.: МГТУ «МАМИ», 2010. С. 11-21.



Рис.1. Схема нечёткого вывода

В нечёткой логике входные данные, описывающие состояние объекта управления, задаются на естественном языке и называются лингвистическими переменными. Выход – результат управления – так же описывается на естественном языке и является выходной лингвистической переменной. Обе группы лингвистических переменных, которые нужно связать между собой, выделяются на основе наблюдений, опытов, известных закономерностей, экспертного мнения. Связь между нечёткими входными и выходными переменными задаётся с помощью так называемых продукционных правил, отражающих уже известные знания в той области, где нужно сделать нечёткий вывод. Эти правила имеют вид «если А, то В», где А и В – лингвистические переменные. Если входных переменных несколько, то часто используются логические связки «и» и «или»: «если А и/или В, то С». Логических связок может быть несколько.

Для совершения нечёткого логического вывода необходимо перейти от естественного языка к числовому представлению лингвистических переменных на языке нечёткой логики. Это осуществляется на стадии фаззификации (от fuzzy – нечёткий). Каждой из лингвистических переменных присваивается числовое значение, определяемое значением функции принадлежности, которое определяет степень, уровень принадлежности свой-

ства, признака к заданному нечёткому множеству. Если объект не обладает свойством, описываемым лингвистической переменной, то значение функции принадлежности равно нулю. Если объект достоверно обладает этим свойством, то значение функции равно 1. Во всех остальных случаях это значение может принимать любое значение от 0 до 1. Чем более вероятно обладание свойством, тем ближе к единице значение функции принадлежности.

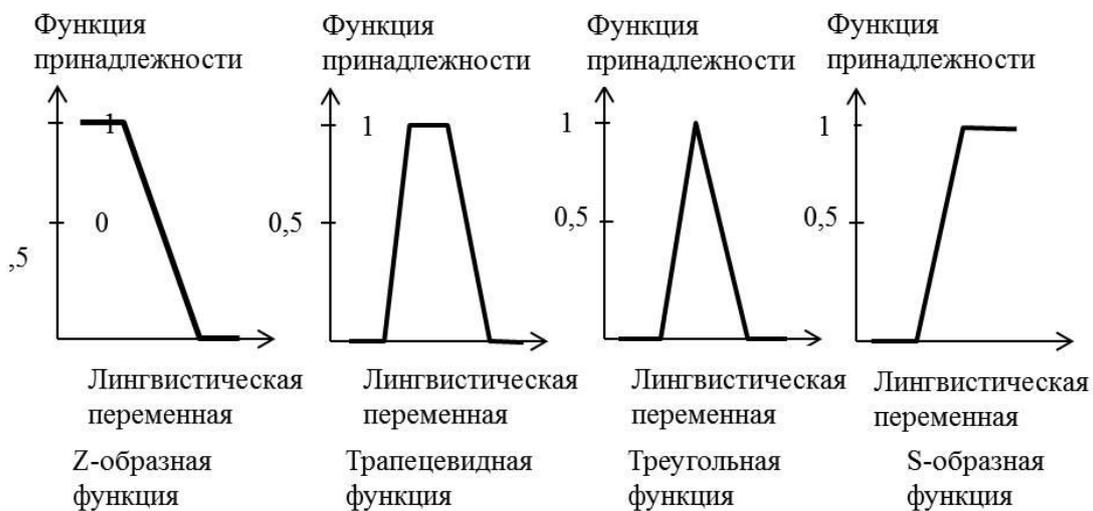


Рис.2.
Виды наиболее часто применяемых функций принадлежности

Графически функцию принадлежности можно представить в виде кусочно-ломаной линии. Нулю и единице соответствуют горизонтальные участки, остальным значениям – наклонные. Графики наиболее часто применяемых функций принадлежности показаны на рис. 2.

Для более точного описания лингвистической переменной её численные значения разбиваются на ряд областей – термов. Например, скорость автомобиля можно представить в виде трёх нечётких областей: низкая, средняя и высокая. Опишем эти лингвистические пере-

менные с помощью функций принадлежности (рис. 3). Для низкой скорости выберем z-образную функцию, для средней скорости – трапецевидную, а для высокой – s-образную.

График показывает, что скорость от нуля до 30 км/ч можно уверенно назвать низкой. Но для скорости 35 км/ч однозначные утверждения уже не годятся. Допустимыми оказываются два нечётких высказывания. С одной стороны, со степенью уверенности 0,75 можно сказать, что эта скорость является низкой, но с другой стороны, с гораздо меньшей уверенностью 0,25 утверждать, что эта же скорость является средней.

Аналогичная работа производится для каждой входной и выходной лингвистической переменной. В результате произошёл переход от описания ситуации на естественном языке к описанию на языке чисел, являющихся значениями функции принадлежности.

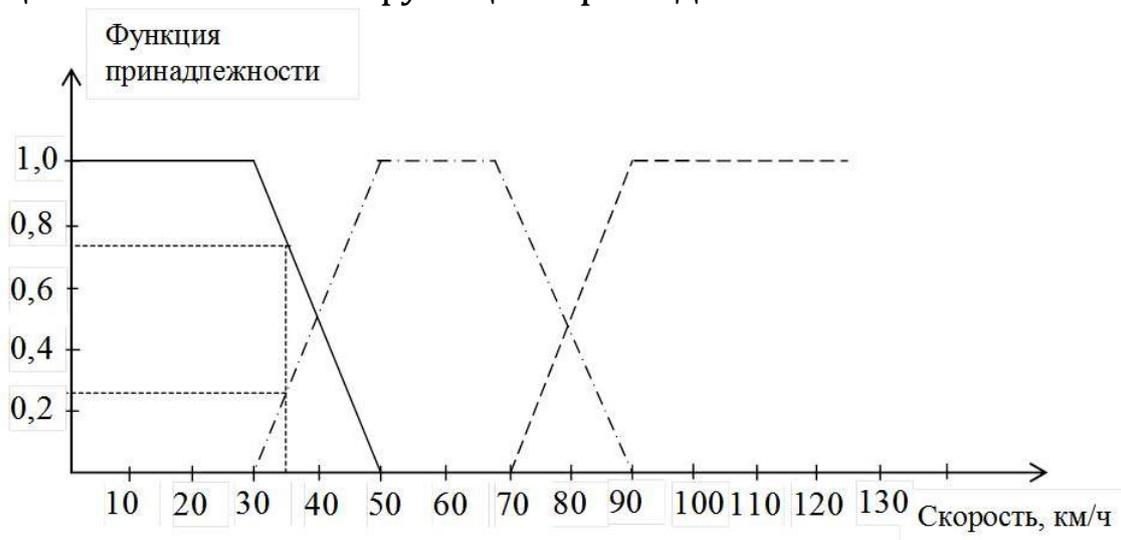


Рис.3.
Графики функций принадлежности
для трёх термов скорости

Рассмотрим очень коротко без детальных объяснений пример из области управления работой насоса, поддерживающего необходимый уровень жидкости в ёмко-

сти, из которой может вытекать неуправляемый поток жидкости. Лингвистическими переменными в этой задаче являются: уровень жидкости в ёмкости; расход жидкости, вытекающей из ёмкости; приток жидкости в ёмкость с помощью насоса. Для каждой из этих переменных можно ввести три терма со значениями малый, средний и большой (малый, средний и большой уровни жидкости и т. д.). Зададим функции принадлежности для каждой переменной. В данной задаче они будут аналогичны тем, которые изображены на рис. 3.

Сформулируем продукционные правила, связывающие входные и выходную переменную. Всего возможны 27 комбинаций из трёх термов для трёх переменных. Выбор правил, имеющих в данной задаче физический смысл, осуществляется на основе мнений экспертов, в данной задаче их девять. Приведём примеры первых четырёх продукционных правил.

Правило 1: *если уровень жидкости малый и расход жидкости большой, то приток жидкости большой.*

Правило 2: *если уровень жидкости малый и расход жидкости средний, то приток жидкости большой.*

Правило 3: *если уровень жидкости средний и расход жидкости большой, то приток жидкости средний.*

Правило 4: *если уровень жидкости средний и расход жидкости большой, то приток жидкости большой и т. д.*

Как работает эта система для управления работой насоса? Непрерывное измерение действительных величин уровня жидкости и её расхода происходит с помощью специальных датчиков. Откладывая эти значения на графиках функций принадлежности, можно определить значения степени истинности каждого из утверждений «уровень жидкости малый», «расход жидкости малый», «приток жидкости средний» и т. д. В результате для каждого продукционного правила удаётся определить степень истинности вывода. Объединяя эти результаты,

можно вычислить необходимую величину притока жидкости для полученной степени истинности итогового вывода. Это и есть результат дефаззификации, когда на основе множества нечётких выводов, определяется некоторое число, которое используется для управления работой насоса.

Выводы

Вернёмся к педагогике. Из представленного краткого описания процедуры нечёткого вывода видно, что она не может быть осуществлена без экспертной базы знаний, позволяющей сформулировать продукционные правила. Выполняется ли это условие для педагогики? Можно ли основе современных педагогических знаний представить работу учителя в виде продукционных правил? Если для некоторых входных лингвистических переменных (уровень интеллекта учащихся, уровень сложности содержания, уровень исходных знаний учащегося по теме) ещё можно представить процесс фаззификации и выбрать функции принадлежности, то с выходной лингвистической переменной возникают очень большие сложности. Можно ли фаззифицировать действия учителя, описанные естественным языком с применением многозначных терминов? Как при этом избежать трюизмов в виде рекомендаций использовать те или иные методы, организационные формы и средства обучения, которые каждым учителем трактуются по-своему?

Возможно, что все эти затруднения преодолимы, и нечёткая логика превратится в полезный инструмент управления образовательным процессом. Пока же разговоры о применении многозначной логики в педагогике выражают с помощью новых понятий давно и хорошо известную истину о невозможности однозначного предсказания поведения человека.