Министерство образования и науки Украины

Одесский национальный политехнический университет

Кафедра «Философии и методологии»

Дисциплина «Методология и организация научных исследований»

Реферат

Тема

Математизация науки: философско-методологические проблемы

Одесса 2011 г.

Содержание

Введение

Экскурс в историю

Математизация наук

Математическая модель

Заключение

Список литературы

Введение

математизация научное знание

Математика (от др.-греч. μάθημα — изучение, наука) — наука о структурах, порядке и отношениях, которая исторически сложилась на основе операций подсчёта, измерения и описания форм реальных объектов. Математические объекты создаются путём идеализации свойств реальных или других математических объектов и записи этих свойств на формальном языке. Математика не относится к естественным наукам, но широко используется в них как для точной формулировки их содержания, так и для получения новых результатов. Математика это фундаментальная наука, она является языком для других наук, который обеспечивает их взаимосвязь.

Математизация научного знания – процесс применения понятий и методов математики в естественных, технических и социально-экономических науках для количественного анализа исследуемых ими явлений. Математизацию науки мы будем понимать как применение математики для теоретического представления научного знания. При этом речь пойдет не только о вспомогательном, чисто вычислительном аспекте, сколько о таком понимании роли математики, когда она является «главным источником представлений и принципов, на основе которых зарождаются новые теории» [1].

"Если... то.." - если это не математика, то это шантаж.

Хенрик Ягодзинский

Приведенной выше цитатой в полной мере исчерпывается объяснение того, что во всем, что нас окружает, можно найти определенные зависимости и закономерности. А эти две вещи и есть математика. И ничего странного нет в применении математических аппаратов практически к любой науке, даже к самым «гуманитарным» из них, ведь каждому математическому закону соответствует определенная природная система, либо материальная модель, созданная человеком. И наоборот, все происходящее вокруг нас может быть представлено в виде математической модели.

Математика в определенном смысле является языком общения, таким необходимым и незаменимым особенно в наше время стремительного развития информационных технологий. В настоящее время мы видим бурный рост числа математических приложений, связанный прежде всего с развитием компьютерных технологий, появлением глобальной сети Интернет. Те математические идеи, которые раньше не покидали области академической науки, сейчас являются привычными в обиходе программистов, прикладников, экономистов.

Экскурс в историю

Первую математическую концепцию природы создали пифагорейцы («все вещи суть числа»). Местами учение Пифагора носит мистический характер, далекий от реального положения вещей. Например, обожествление некоторых чисел: 1 - мать богов, всеобщее первоначало (видимо аналогия с началом натурального ряда), 2 - принцип противоположности в природе (так как противоположности всегда встречаются парами), 3 - природа как триединство первоначала и его противоречивых сторон (3=1+2), и т.д. Интересны (хотя и абсолютно не соответствующие действительности) его рассуждения о связи некоторых арифметических свойств чисел и общественными явлениями. Например, пифагорейцы выделяют так называемые совершенные числа: 6, 28, и т.д. - числа, равные сумме своих собственных (т.е. кроме самого числа) делителей: 6=1+2+3, 28=1+2+4+7+14. Эти числа, по Пифагору, отражают совершенство. Пары чисел, сумма собственных делителей одного из котрых равна другому и наоборот, как например, 284 и 220, называются дружественными и отражают явление дружбы в обществе. Пифагорейцы про верную дружбу говорили: “Они дружны, как 220 и 284”. Несмотря на эти наивные представления, такие числа до сих пор представляют интерес для теории чисел - области математики, занимающейся арифметическими свойствами целых чисел. Например, до сих пор не известно, бесконечно ли множество совершенных чисел, или существуют ли нечетные совершенные числа? Также Пифагором и его школой были выявлены интересные числовые закономерности в музыке (высота тона колебания струны зависит от ее длины). Его учение дает первый пример целенаправленного применения математики в объяснении явлений природы, общества и мироздания в целом.

Платон продолжил пифагорейскую традицию, выдвинув на первый план геометрию («Бог всегда является геометром»). Теория материи Платона – это теория правильных многогранников. Аристотель не отрицал значения математики в познании природы, но полагал научные понятия извлеченными из реального мира абстракциями, которые могут быть полезными при описании явлений. Позже, в эллинистический период Евклид создал первую аксиоматико-дедуктивную систему геометрии, ставшую основой математизации античных оптики, статики и гидростатики (Евклид и Архимед) и астрономии (Птолемей). Впрочем, геометрия «Начал» Евклида и сама по себе была физической теорией, так как рассматривалась ее создателями как результат изучения реального пространства. Но уже в трудах Архимеда по теории рычага и плаванию тел геометрия используется как готовая математическая структура. По существу, с Архимеда пифагорейская максима «все есть число» заменяется на таковую «все есть геометрия» [2]. Античное наследие было сохранено и преумножено (в плане математизации научного знания) арабскими учеными и средневековыми мыслителями. Р. Бэкон, например, считал, что в основе всех наук должна лежать математика. Наиболее впечатляющим достижением математического подхода к астрономии стала гелиоцентрическая система Н. Коперника. В Новое время и корифеи точного естествознания (И. Кеплер, Г. Галилей , Х. Гюйгенс, И. Ньютон), и философы (Ф. Бэкон, Р. Декарт, Г.В. Лейбниц) считали математику (геометрию) «прообразом мира» (ср. с лейбницевским: “Cum Deus calculat, fit Mundus”, т.е. «Как Бог вычисляет, так мир и делает»). Однако, развитие механики и гидростатики в XVI в. (особенно С.Стевином) и в XVII в. (Г. Галилеем и Б. Паскалем) демонстрирует сохранение архимедовского типа математизации: евклидова геометрия продолжает оставаться определяющей математической структурой.

Ньютон в «Математических началах натуральной философии» говорил о «подчинении явлений законам математики», и хотя он использовал язык геометрии, для формулировки законов механики ему пришлось создать дифференциальное и интегральное исчисление. Впервые был осуществлен прорыв за пределы евклидовой геометрии как математической структуры физики: благодаря усилиям Ньютона, Лейбница, К. Маклорена, Л. Эйлера классическая механика предстала как теория обыкновенных дифференциальных уравнений 2-го порядка. При этом важнейшую стимулирующую роль в возникновении и развитии математического анализа и теории дифференциальных уравнений сыграли задачи классической механики.

Ньютон в «Математических началах натуральной философии» говорил о «подчинении явлений законам математики», и хотя он использовал язык геометрии, для формулировки законов механики ему пришлось создать дифференциальное и интегральное исчисление. Впервые был осуществлен прорыв за пределы евклидовой геометрии как математической структуры физики: благодаря усилиям Ньютона, Лейбница, К. Маклорена, Л. Эйлера классическая механика предстала как теория обыкновенных дифференциальных уравнений 2-го порядка. При этом важнейшую стимулирующую роль в возникновении и развитии математического анализа и теории дифференциальных уравнений сыграли задачи классической механики.

Математизация наук

В каждой естественной науке заключено столько истины, сколько в ней есть математики.

И. Кант

Не вызывает сомнений тот факт, что явление математизации современной науки — это явление сложное, многоаспектное и может быть рассмотрено и изучено с разных точек зрения. Очевидны, например, социальные и социально-психологические последствия математизации. Она приводит к перестройке организационной структуры науки, меняет систему образования, разрушает иногда вековую обособленность отдельных дисциплин, создает конфликты и противоречия между представителями разных традиций и разных поколений... Математизация породила в науке, если не особую профессию, то особую роль, особую фигуру, фигуру математизатора. Это человек, работающий на стыках наук, математик, ставший биологом, геологом или гуманитарием и в то же время сохранивший установки и принципы математического мышления. Он призван как бы сидеть на двух стульях, согласуя то, что, вообще говоря, трудно согласуется; нередко это роль конфликтная, требующая большой разносторонности и этической или аксиологической культуры

Часто возникающий вопрос — нужно ли математизировать гуманитарные науки? Однозначный ответ вряд ли возможен, ибо существует различное понимание задач и предмета гуманитарного познания. Но очевидно, что вопрос содержит и существенную аксиологическую составляющую. Как мы оцениваем воспитательную роль гуманитарного знания? Признаем ли мы, например, огромную роль биографий конкретных ученых в деле формирования и трансляции образцов определенных жизненных устремлений, мотивов научного творчества, образцов отношения к науке? Нам представляется, что развитие науки невозможно без сохранения и трансляции таких образцов. Нам представляется, что обсуждение аксиологических аспектов математизации должно быть тесно связано с преодолением часто встречающегося физико-математического снобизма, который приводит к недооценке и непониманию особенностей, традиций и функций других представителей многообразного мира науки.

Но рассмотрим более детально, в чем может состоять принципиальная перестройка сложившихся ситуаций и как вообще возникает такая задача? Проблема математизации - это прекрасный материал для ответа на этот вопрос. Было бы наивно думать, что специалисту какой-либо конкретной науки вдруг сама собой придет в голову идея все кардинально переделать в его области. Для этого необходимы какие-то новые социальные запросы, новые требования, навязанные извне, необходимо столкновение с какими-то иными традициями работы. В случае математизации такую роль выполняют науки-лидеры, которые в силу своего всеобщего социального признания и престижа диктуют нормативы и идеалы другим научным дисциплинам. В настоящее время таким лидером безусловно является, с одной стороны, физика, а с другой, вычислительная математика и кибернетика с их многочисленными приложениями в конкретных областях науки и техники. Они задают определенную моду, определенную аксиологическую атмосфера развития современной науки.

В какое же положение попадает специалист еще не математизированной области? С одной стороны, он связан с традициями своей науки, с другой, - вынужден ориентироваться на новые для него программы, которые не имеют прецедентов в его собственной сфере, но зато богато представлены в совершенно чуждом ему материале лидирующих дисциплин. Прямой, непосредственный перенос опыта здесь невозможен. Образно выражаясь, науки говорят как бы на разных языках, и термины одного языка могут просто отсутствовать в другом. Необходим поиск, необходима кропотливая робота переводчика с учетом к тому же невозможности вполне адекватного перевода. Все это и порождает, с одной стороны, методологическую проблему, а с другой, - особую фигуру ученого-методолога.

Математическая модель

В чем же заключается мощь и удивительная плодотворность применения математики в различных науках? Чтобы ответить на этот вопрос, проанализируем важнейший, основной метод математизации – это математическое моделирование.

Он состоит в том, что исследователь строит математическую модель рассматриваемой области, то есть выделяет существенные для него свойства и количественные характеристики явления, выделяет существенные отношения между ними и пытается найти какой-либо похожий объект в математике.

Существует множество задач, связанных с математическим моделированием. Во-первых, надо придумать основную схему моделируемого объекта, воспроизвести его в рамках идеализаций данной науки. Так, вагон поезда превращается в систему пластин и более сложных тел из разных материалов, каждый материал задается как его стандартная механическая идеализация (плотность, модули упругости, стандартные прочностные характеристики), после чего составляются уравнения, по дороге какие-то детали отбрасываются, как несущественные, производятся расчёты, сравниваются с измерениями, модель уточняется, и так далее. Однако для разработки технологий математического моделирования полезно разобрать этот процесс на основные составные элементы.

Традиционно выделяют два основных класса задач, связанных с математическими моделями: прямые и обратные.

Прямая задача: структура модели и все её параметры считаются известными, главная задача — провести исследование модели для извлечения полезного знания об объекте. Какую статическую нагрузку выдержит мост? Как он будет реагировать на динамическую нагрузку (например, на марш роты солдат, или на прохождение поезда на различной скорости), как самолёт преодолеет звуковой барьер, не развалится ли он от флаттера, — вот типичные примеры прямой задачи. Постановка правильной прямой задачи (задание правильного вопроса) требует специального мастерства. Если не заданы правильные вопросы, то мост может обрушиться, даже если была построена хорошая модель для его поведения. Так, в 1879 г. в Великобритании обрушился металлический мост через реку Тей, конструкторы которого построили модель моста, рассчитали его на 20 -кратный запас прочности на действие полезной нагрузки, но забыли о постоянно дующих в тех местах ветрах. И через полтора года он рухнул.

В простейшем случае (одно уравнение осциллятора, например) прямая задача очень проста и сводится к явному решению этого уравнения.

Обратная задача: известно множество возможных моделей, надо выбрать конкретную модель на основании дополнительных данных об объекте. Чаще всего, структура модели известна, и необходимо определить некоторые неизвестные параметры. Дополнительная информация может состоять в дополнительных эмпирических данных, или в требованиях к объекту (задача проектирования). Дополнительные данные могут поступать независимо от процесса решения обратной задачи (пассивное наблюдение) или быть результатом специально планируемого в ходе решения эксперимента (активное наблюдение).

Одним из первых примеров виртуозного решения обратной задачи с максимально полным использованием доступных данных был построенный И. Ньютоном метод восстановления сил трения по наблюдаемым затухающим колебаниям.

В качестве другого примера можно привести математическую статистику. Задача этой науки — разработка методов регистрации, описания и анализа данных наблюдений и экспериментов с целью построения вероятностных моделей массовых случайных явлений[3]. Т.е. множество возможных моделей ограничено вероятностными моделями. В конкретных задачах множество моделей ограничено сильнее.

Например, изучая численности популяций сардин и рыб-хищников в Средиземном море, В. Вольтерра выделил следующие количественные характеристики:

- численность сардин (обозначив их за x);

- численность хищников (соответственно y).

Далее он выявил важные для него отношения между ними:

1) в среднем все особи одинаковы;

2) популяция сардин увеличивается, если нет встреч с хищником;

3) скорость роста ее численности пропорциональна самой численности (так как каждая особь может произвести потомство);

4) число сардин, гибнущих от хищников пропорционально числу встреч с ними, а это число в среднем пропорционально xy;

5) популяция хищников уменьшается при отсутствии сардин (гибнут от голода);

6) скорость этой убыли пропорциональна численности хищников;

7) скорость прироста числа хищников пропорциональна числу их встреч с кормом-сардинами, то есть величине xy.

Являясь крупным специалистом в теории дифференциальных уравнений, Вольтерра рассматривает x и y как фунции от времени и быстро находит необходимый объект в математике – систему обыкновенных дифференциальных уравнений:

,



где A, B, C, D – некоторые положительные коэффициенты, зависящие от конкретных природных условий.

Изучая затем эту систему методами, разработанными другими математиками задолго до него, Вольтерра получает описание и объяснение многих явлений, замеченных за долгую историю рыболовства в Италии, таких например, как странные колебания величины улова сардин (а значит и их общей численности).

Этот пример показывает еще одну идею моделирования – некоторое упрощение, отбрасывание лишней, не нужной информации. Здесь, это допущения одинаковости особей, равновероятности их встреч, равновозможности производить потомство. Мы как-будто бы абстрагируемся от конкретной сардины и выделяем только нужные для нас ее свойства. Конечно в итоге, мы получаем несколько упрощенную картину явления, но в данном случае нам это и требовалось. Важнейшим моментом является то, чтобы при упрощении не упустить нужные нам черты, не огрубить модель настолько, чтобы она перестала достаточно хорошо для нас описывать явление. С другой стороны, модель не должна получиться очень сложной, не поддающейся математическому анализу. Правда, с появлением мощных ЭВМ, возможности анализа заметно расширились, но некоторые задачи, например долгосрочное прогнозирование погоды, до сих пор являются недоступными.

Удивительным образом оказывается, что одна и та же математическая модель может описывать много разнообразных явлений в различных областях. Например, одно дифференциальное уравнение может описывать и рост численности популяции, и химический распад, и цепную ядерную реакцию, и распростронение информации в социальной группе. В чем причина такой всеприминимости математических моделей? Ответа на этот вопрос математика не дает. Вот что говорит академик В.И. Арнольд в лекции [4]:

Почему модель сечения конуса описывает движение планет? Мистика. Загадка. Ответа на этот вопрос нет. Мы верим в силу рациональной науки. Ньютон видел в этом доказательство существования Бога: ”Такое изящнейшее соединение Солнца, планет и комет не могло произойти иначе, как по намерению и по власти могущественного и премудрого существа…Сей управляет всем не как душа мира, а как властитель Вселенной, и по господству своему должен именоваться Господь Бог Вседержитель”.

Заключение

Подобно тому как все искусства тяготеют к музыке, все науки стремятся к математике.

Д. Сантаяна

Часто говорят, что цифры управляют миром; по крайней мере нет сомнения в том, что цифры показывают, как он управляется.

И. Гете

В заключение можно сказать, что практически любая наука, достигнув зрелости и подойдя к моменту определенного застоя, или столкнувшись с серьезной проблемой, обращается за помощью к математике, ибо все окружающие нас вещи ей подвластны. И такой симбиоз двух наук чаще всего приводит к серьезным прорывам, стремительным рывкам вперед. И зачастую именно в таких ситуациях происходят открытия и в самой математике.

Список литературы

1. Аронов Р.А. Пифагорейский синдром в науке и философии // Вопросы философии. 1996, №4. С.134–146.

2. Баженов Л.Б. и др. Философия естествознания. Вып.1. М.: Изд. полит. лит. 1966.

3. Вероятностные разделы математики / Под ред. Ю.Д. Максимова. — Спб.: «Иван Фёдоров», 2001. — С. 400. — 592 с. — ISBN 5-81940-050-X

4. Арнольд В.И. Для чего мы изучаем математику? Что об этом думают сами математики? // Квант №1, 1993