

ЭВОЛЮЦИЯ НАУЧНЫХ ДИСЦИПЛИН С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ТЕОРИИ ИНФОРМАЦИИ (Часть 1)

THE EVOLUTION OF SCIENTIFIC DISCIPLINES IN TERMS OF INFORMATION THEORY (Part 1)

*S. Gorelik
I. Ivanov
Y. Markov
M. Chernyshkova*

Annotation

This paper considered questions about evolution of scientific concepts on the basis of information theory of the interaction of objects and examples of the use of this approach to the creation of new knowledge, which can be implemented in the form of technological, social and / or business decisions. Based on this approach to study the effect of factors influencing and affecting the development and design of various applied sciences. It is shown that the way people thought about the world made out in scientific disciplines influenced by a number of factors, arising from the needs of conservation and development of human society, but at the same time, formed the scientific knowledge becomes a factor, one way or another affecting their societies. It analyzes the historical process of the evolution of scientific disciplines, based on information-theoretic notions about the nature of scientific knowledge and understanding of the process from a single point of view, as well as prospects for the practical realization of this approach arising from the decisions and methods.

Keywords: evolution, information, control, prediction, system analysis, analogy.

Горелик Самуил Лейбович

Д.т.н., профессор,

Университет ИТМО, Санкт–Петербург

Иванов Игорь Алексеевич

Аспирант, Университет

ИТМО, Санкт–Петербург

Марков Яков Григорьевич

К.т.н., профессор, Международный

Банковский Институт,

Санкт–Петербург

Чернышкова Мария Александровна

Аспирант, Университет

ИТМО, Санкт–Петербург

Аннотация

В работе рассматриваются вопросы эволюции научных представлений на основе информационной теории взаимодействия объектов и примеры использования такого подхода к созданию новых знаний, которые могут быть реализованы в виде технологических, социальных и/или бизнес-решений. На основе рассматриваемого подхода исследовано влияние факторов, воздействовавших и воздействующих на развитие и оформление различных прикладных наук. Показывается, что представления людей об окружающем мире оформлялись в научные дисциплины под влиянием ряда факторов, возникающих из потребностей сохранения и развития человеческого общества, но, в то же время, сформированные научные знания становились факторами, так или иначе влияющими на создавшее их общество. Анализируется исторический процесс эволюции научных дисциплин на основе теоретико-информационных представлений о сути научных знаний и осмысление этого процесса с единой точки зрения, а также перспективы практической реализации вытекающих из рассмотренного подхода решений и методов.

Ключевые слова:

Эволюция, информация, управление, прогнозирование, системный анализ, аналогия.

Введение

Одной из интереснейших проблем современной науки является анализ связей между различными знаниями, содержащимися в научных теориях, которые, по первому впечатлению, кажутся независимыми. Отсутствие понимания указанных связей часто приводит к неадекватному восприятию различных явлений, которые пытаются объяснить без учета известных достижений современной науки.

История науки наглядно демонстрирует движение на-

уки в сторону математизации и информатизации. Осмысление исторических фактов и событий на основе современных представлений позволяет не только лучше понять и оценивать прошлое, но и создавать будущее.

В данной работе рассматриваются вопросы эволюции научных представлений на основе теории информации. На основе рассматриваемого подхода исследовано влияние факторов, воздействовавших и воздействующих на развитие и оформление различных прикладных наук. Показывается, что представления людей об окружающем мире оформлялись в научные дисциплины под влиянием

ряда факторов, возникающих из потребностей сохранения и развития человеческого общества, но, в то же время, сформированные научные знания становились факторами, так или иначе воздействовавшие на создавшее их общество.

Целью настоящей работы является анализ исторического процесса эволюции научных дисциплин на основе теоретико-информационных представлений о сути научных знаний и осмысление этого процесса с единой точки зрения, а также перспективы практической реализации вытекающих из рассмотренного подхода решений и методов.

1. Наука и теория информации

Понятие "информация" появилось в языке человека очень давно, но стало научным только в 20-м веке после работ А. Колмогорова [4], Н. Винера [2], К. Шэннона [11]. Споры о том, что такое информация не утихают до сих пор. Некоторые ученые полагают, что информация – это нематериальное явление, а только отображение материальных процессов в голове человека. Такой подход отражает примитивность взгляда на материальное и нематериальное, сформировавшегося еще во времена Аристотеля и Платона и резко усилившего свое влияние под воздействием марксистских теорий, особенно в их простейших интерпретациях.

Современная наука однозначно связала понятие "информация" с понятием "энергия", которое исключает всяческие домыслы о нематериальном характере информации. Информация передается от одного объекта другому, при этом затрачивается энергия, которая связана с количеством передаваемой информации и способом ее передачи. В последнем утверждении отражается связь затрачиваемой энергии со способом представления и тем носителем, с помощью которого информация передается от одного объекта к другому. Можно утверждать, что все объекты живой и неживой природы информационно взаимодействуют между собой [2, 3, 5].

Процесс информационного взаимодействия (связанного с передачей энергии) существует в природе вне зависимости от человека и его сознания. Но передать информацию не значит сообщить другому объекту что-то новое, что неизвестно ему до этого. Новая информация называется "сообщением" и передача сообщения является реальной целью процесса информационного взаимодействия. Получатель обрабатывает информационный поток, чтобы выделить сообщение, а, если не находит его, то в его состоянии ничего не изменяется, хотя некоторые энергетические процессы, связанные с обработкой, повлияли на энтропию. Если сообщение обнаружено, то получатель использует свою память для хранения новых знаний, содержащихся в полученном сообщении.

При этом он кодирует сообщение, чтобы сэкономить ресурсы памяти.

Все указанные процессы могут быть описаны математически и позволяют рассматривать формирование научных знаний как передачу, получение, обработку, хранение и дальнейшее использование хранимых сообщений для собственных нужд объекта или для их передачи другому объекту в преобразованном виде. Цель обработки информации – удалить шумы, которые мешают восприятию и снижают достоверность и полноту сообщения и максимально сократить избыточность (следствие коррелированности содержащихся в принятом потоке данных) передаваемой информации для последующего хранения, так как ресурсы памяти не бесконечны. Можно отметить, что принцип сокращения информационного объема сообщения состоит в переходе от поэлементного описания к описанию связей, затем к описанию аналогий между связями, а на самом высоком уровне – к описанию аналогий между аналогиями [3].

Человек, как один из объектов природы, начал с изучения отдельных фактов (поэлементное описание), потом стал заниматься связями между ними (классификация), а затем открыл законы природы, позволяющие, согласно Гельвецкому, "легко возмещать незнание некоторых фактов знаниями некоторых принципов".

Человеческие взгляды на природу эволюционировали в соответствии с тем объемом данных, которые приходилось обрабатывать, хранить, передавать, использовать для управления жизненно важными процессами. Соответственно, требовалось больше ресурсов для обеспечения указанных информационных процессов. Для этого создавались новые средства связи (для передачи сообщений), новые носители (например, книги) для хранения. Есть предположение, что и мозг человека развивался в соответствии с запросами, которые диктовала необходимость обрабатывать и хранить все большие объемы данных (поочередно и постепенно увеличивался объем мозга и развивались способности к обработке и хранению).

Эволюционный процесс развития научного знания в целом и каждой дисциплины в отдельности связан с тем, что накопление объема данных, собираемых учеными (формирование больших баз данных – Data Base), приводит к кризисному процессу, обусловленному невозможностью эффективно использовать накопленные данные для принятия управленческих решений. Такая ситуация фактически прерывает процесс постепенного накопления новых данных до тех пор, пока не появятся ученые, которые смогут найти связи между данными (закономерности), позволяющими не хранить в оперативно доступных отделах памяти слишком много фактического материала, практически недоступного для использования, а заместить часть хранимых данных на хранение знаний,

которые представляют из себя обобщенные описания в виде законов, формул, общих признаков и т.п. (другими словами, перейти к описаниям на основе онтологической базы знаний ("knowledge base")). Указанные описания невозможны без использования специального языка. Таким общим языком в науке стала математика. Математические описания позволяют в нужный момент найти похожие объекты по небольшому набору признаков, рассчитать по формулам конкретные факты на основании общих данных и некоторых начальных (граничных) условий, которые занимают относительно небольшое место при хранении. В результате, научная дисциплина преодолевает кризис, вызванный необходимостью хранения большого количества разрозненных фактов и переходит на новый виток своего развития, при котором снижаются текущие требования к объему оперативной памяти, необходимой для хранения данных, но возрастают требования к тем системам, которые обеспечивают обработку данных (процессинг). Указанная тенденция прослеживается не только на уровне теоретических представлений, но и на уровне создания инструментария для научных исследований.

Можно утверждать, что при развитии научных дисциплин реализовывались классические принципы, которые лежат в основе теорий информации и управления и описывают информационные взаимодействия между объектами живой и неживой природы.

Суть этих принципов в том, что человеческое сообщество (и отдельные его группы) рассматривается как открытая социальная система, существующая и развивающаяся как объект управления в открытом пространстве (т.е. информационно взаимодействующим с другими объектами среды обитания) и реализующим механизмы продления своего жизненного цикла путем такого эволюционного развития внутренних структур, которое обеспечивает устойчивость сообщества к изменяющимся внешним факторам. Это утверждение вытекает из пионерских работ З. Фрейда [9], в которых впервые сформулированы основные мотивации человека к сохранению своего вида, и Н. Винера [2] о человеке и обществе как объектах живой природы, управляемых с помощью обратных связей.

2. Наука как информационная система

С философской точки зрения, наука – это форма духовной деятельности людей, направленная на производство знаний о природе, обществе и о самом познании, имеющая целью постижение истины и открытие новых законов [8]. С другой точки зрения, которая используется в настоящей работе, наука – это система, производящая интеллектуальные (научные) продукты и наукоемкие технологии, основанные на интеллектуальных продуктах. Как и любая система, она состоит из объектов (научных лабо-

раторий, институтов и т.д.), которые взаимодействуют между собой на информационном уровне. Наука взаимодействует с внешними природными и социальными объектами, которые могут быть как предметом исследования, так и потребителем научных и производных от них интеллектуальных продуктов (знаний). Приведенные определения не противоречат друг другу, но позволяют рассматривать научные процессы с разных точек зрения.

Система, которую называют "наукой", содержит в своей структуре объекты, которые занимаются производством научных интеллектуальных продуктов (теорий), прогнозированием ожидаемых результатов (гипотез), исследованиями для проверки прогнозируемых результатов (эксперимент), внесением корректировок в интеллектуальные продукты и в подсистемы, их создающие, по результатам проверки гипотез (через механизмы обратной связи), внедрением разрабатываемых продуктов в другие системы (через прикладные и технологические разработки), мониторинг результатов внедрения (через механизмы финансирования научных разработок и реакции общества), формулирование на основе данных мониторинга новых задач и т.д.

В такой постановке можно рассмотреть функциональную схему науки в виде множества взаимосвязанных в информационном смысле объектов, реализующих систему управления на основе обратных связей, включающую:

- ◆ мониторинг предметной области;
- ◆ формирование информационных продуктов в виде научных работ на основе созданных ранее и накопленных в "Knowledge Data" знаний, полученных из экспериментов и наблюдений за естественными и/или искусственно создаваемыми объектами,
- ◆ принятие решений по результатам мониторинга предметной области
- ◆ исполнение решений на основе принятых решений.

3. Спираль эволюции научных дисциплин

Потребность человеческого общества в науке как форме производства знаний на основе накапливаемого опыта возникла уже на ранних стадиях развития человечества. Увеличение объема накапливаемых знаний и данных, на основе которых они формировались, а также усложнение технологий требовали совершенствования средств для обработки, хранения и передачи данных. При накоплении большого объема данных возникают две главные проблемы: как и где их хранить и как ими пользоваться для интерпретации, чтобы создавать полезные знания? Чтобы эффективнее обработать большой объем данных, используя коллективный разум научно-исследовательского сообщества, необходимо совершенствовать и сделать более доступными системы коммуникации.

Именно по этому пути шла и продолжает идти наука. На каких-то этапах развития память стоит существенно дешевле и становится доступнее, при этом не создается проблем для хранения данных, а на других становится более доступным процессинг, который создается на основе знаний, получаемых в процессе обработки данных и знаний предыдущих поколений.

Таким образом, происходит естественная эволюция науки. На современном этапе наблюдается преобладание памяти. Она более дешевая и многим кажется, что практически все данные можно хранить в слабоструктурированном виде, затем постепенно обрабатывать и превращать в знания. Но увеличение объема слабоструктурированных данных неизбежно усложняет алгоритмы их обработки из-за резкого увеличения так называемых "шумов" (мешающей информации), требует большего времени на их систематизацию. Можно утверждать, что борьба между концепциями Big Data и Knowledge Data стимулирует эволюционное развитие и является важнейшим фактором, определяющим развитие науки.

Параметры инфокоммуникационных систем также существенно влияют на развитие инструментальной базы науки, что приводит к постоянному расширению предметной области. Преобразование большого количества данных, полученных в ходе экспериментов, в знания на современном научном языке называется кодированием информации для сокращения ее избыточности, что важно для повышения эффективности систем хранения, обработки и передачи информации. Невыгодно передавать шумы и первичные данные. Гораздо выгоднее передавать знания, на основании которых данные могут быть вычислены или предсказаны (даже без дорогостоящих экспериментов).

4. Этапы эволюции научной дисциплины

На первоначальном этапе оформления совокупности научных знаний в научную дисциплину в ней начинают использоваться математические описания для классификации накопленных знаний. Многие естественные науки (медицина, ботаника, зоология, минералогия и др.) прошли эту стадию еще в средние века. Некоторые, в частности, социальные науки, в конце 19-го – начале 20-го веков.

Второй этап формирования научной дисциплины в науку характеризуется активным использованием методов измерений и статистической обработки результатов для поиска и описания закономерностей и проверки соответствия теории результатам экспериментов. Этот этап характерен для первой половины 20-го века. Тенденции затронули не только естественные науки, но и науки гуманитарной группы (математическая лингвистика, структурный анализ в литературе и т.п. [7, 10]).

Следующий этап в развитии научной дисциплины, который оформился во второй половине 20-го века и развивается в настоящее время, характерен использованием универсальных методов теоретического анализа на основе математических моделей и теории управления (первый, кто сформулировал этот подход, был Н. Винер в знаменитой работе [2]).

Многие ученые обращали внимание на то, что теория информации может стать универсальным языком для различных научных дисциплин, а основанная на ней информационная технология основой для практического внедрения результатов научных исследований в практику, и использовали этот факт в своих работах [1, 3, 4, 11, 12, 6]. Но быстрое движение в этом направлении становится возможным только в настоящее время в связи с бурным прогрессом цифровых технологий и появлением сверхмощных и доступных технических средств для обработки, хранения и обработки информации.

На современном этапе науки наметилось еще большее усиление математизации естествознания, что повлекло увеличение уровня его абстрактности и сложности. Однако, математизация позволила и сблизить разные научные дисциплины на основе метаязыка для междисциплинарных общений, который основан на теории информационных взаимодействий, позволяющий перейти к количественным моделям для описания систем и объектов, составляющих предмет исследования той или иной научной дисциплины [3].

Выделяются следующие основные признаки, которые, в принципе, определяют степень развития той или иной научной дисциплины:

- ◆ использование информационных (цифровых) моделей изучаемых объектов и явлений для описания основных закономерностей, по которым можно прогнозировать их поведение в тех или иных условиях;
- ◆ наличие модели информационного взаимодействия объектов и систем, состоящих из множества объектов;
- ◆ наличие технологии экспериментальной оценки численных параметров, описывающих модель, в том числе и в первую очередь, на основании измерения параметров информационных сообщений и сигналов, отправляемых и получаемых объектами и системами друг другу;
- ◆ наличие алгоритмов для сравнения результатов оценки с полученным ранее прогнозом;
- ◆ наличие алгоритмов (в первую очередь эвристических) для принятия управленческих решений на основе результатов сравнения;

Модель должна предусматривать соответствующие подсистемы, входящие в изучаемую систему или объект, которые обеспечивают поддержку указанных операций:

- ◆ выработки и передачи сообщений;

- ◆ приема и обработки (фильтрации) сигналов (для выделения полезных сообщений);
- ◆ измерения и оценки параметров;
- ◆ принятия управляющих решений;
- ◆ исполнительные механизмы для выполнения решений.

На основании изложенного можно прогнозировать, что в ближайшие годы будет усиливаться тенденция к объединению и/или поглощению одних научных дисциплин другими. Яркие пример – слияние таких прикладных дисциплин как радиосвязь, телевидение, телефония, вычислительная техника, локация и некоторые другие в единую научную дисциплину "информационная технология". Математические модели на основе генетических представлений стали основой интеграции наук биологической группы. Интеграционные преобразования ожидают науки социально-экономической группы и ряд гуманитарных наук. Методы, основанные на математических теориях, часто применяются при анализе социально-политических процессов, что позволяет прогнозировать качественный скачок этих дисциплин в ближайшее десятилетие.

Указанные тенденции однозначно диктуют необходимость усиления роли информационных и других фундаментальных наук в образовании, особенно на ранних стадиях. В противном случае, учебные планы всегда будут отставать от развития научных дисциплин. Фундаментальные знания можно быстро научиться использовать в новых прикладных исследованиях и разработках, но адаптироваться к новым дисциплинам без фундаментальных знаний гораздо сложнее.

Заключение

1. Наука – это социальная система, созданная человеческим обществом, которая развивается по эволюционным законам, определяемым чередующимися процессами накопления данных и формирования на их основе знаний, которые сверяются с новыми данными и корректируются на следующем этапе эволюции;

2. Фундаментальная наука изучает закономерности между фактами, аналогии между закономерностями и, даже, аналогий между аналогиями. Методология научного исследования на основе метода аналогий – одна из наиболее продуктивных и широко используемая в современной науке.

3. Прикладные науки различных групп (прикладная математика, биология, медицина, инженерно-технические и технологические дисциплины, социально-гуманитарные науки) используют знания фундаментальных наук и накопленные в своей отрасли данные, что возможно только при использовании общего языка междисциплинарного общения. Такой метаязык успешнее всего реализуется на основе теоретико-информационных подходов, что позволяет эффективно использовать метод аналогий в процессе развития прикладных наук различного направления.

4. Современная тенденция заключается в сближении методологии различных научных дисциплин на основе "цифровизации" описаний и моделей, что характерно как для естественных и технических наук, так и для социальных и гуманитарных.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бриллюэн Л. Наука и теория информации / под ред. В.Д. Козлова – М.: Государственное издательство физико-математической литературы, 1960. – 286 с.
2. Винер Н. Кибернетика или управление и связь в животном и машине / Пер. с англ. И.В. Соловьева и Г.Н. Поварова; под ред. Г.Н. Поварова – 2-е издание. – М.: Наука, Главная редакция изданий для зарубежных стран, 1983. – 344 с.
3. Горелик С.Л., Марков Я.Г. МЕТАЯЗЫК ДЛЯ МЕЖДИСЦИПЛИНАРНОГО НАУЧНОГО ОБЩЕНИЯ / Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 6.; URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=11158> (дата обращения: 30.03.2016).
4. Колмогоров А. Н., Три подхода к определению понятия "количество информации" / Проблемы передачи информации. – 1965. – Том 1, – Выпуск № 1. – С. 3 – 11.
5. Кузнецов Н.А. Информационное взаимодействие в технических и живых системах / Информационные процессы. – 2001. – Том 1. – № 1 – стр. 1–9.
6. Лебедев Д.С., Цуккерман И.И. Телевидение и теория информации. / М.: Энергия, 1965. – 218 с.
7. Лотман Ю.М. Избранные статьи в трех томах.Т.1. Статьи по семиотике и топологии культуры. / Таллин, "Александра", 1992. – С.191–199.
8. Степин В.С.История и философия науки / М.: 2011. – 423 с.
9. Фрейд Зигмунд. Психология масс и анализ человеческого 'Я', М: Издательство: "Азбука", 2013. – С. 192
10. Хомский Н. "Язык и мышление". // Пер. с англ. – М.: Наука. 1972. – 368 с.
11. Шеннон К. Работы по теории информации и кибернетике. – М.: Изд-во иностранной литературы, 1963. – 830 с.
12. Хакен Г. Синергетика. – М.: Мир, 1980. – 404 с.