

О языках, моделях и информатике

12

Третий год в наших школах ведется преподавание основ информатики. Прояснились основные проблемы этого курса — дефицит подходящей для школы вычислительной техники, сложности с созданием учебного программного обеспечения, подготовкой учительских кадров; стали видны пути их разрешения. Уже не за горами время, когда актуальная задача — достижение компьютерной грамотности — будет в принципе решена. Компьютер войдет в учебный процесс, работа по совершенствованию преподавания всех предметов будет вестись с учетом его возможностей. В недалеком будущем основные компоненты компьютерной грамотности (навыки работы с вычислительной техникой, элементарные навыки постановки, алгоритмизации и решения задач с помощью ЭВМ) будут приобретаться на занятиях по традиционным школьным предметам в их компьютеризированных вариантах, а более глубокое и серьезное обучение программированию, видимо, останется прерогативой специализированных курсов трудового обучения как элемента предпрофессиональной подготовки. Итак, не сегодня и, быть может, не завтра, но все же встанет вопрос: каковы задачи информатики как школьного предмета в этих новых условиях?

Ответ на него зависит от ответа на другой вопрос: что такое информатика? Что составляет предмет изучения этой науки, в чем особенность ее метода, каково ее место в системе научных дисциплин? Ни среди научной общественности, ни среди ее наиболее авторитетных представителей единого мнения по этим вопросам нет. Информатика находится в стадии становления. Среди высказываемых о ней мнений отметим следующие:

1. Информатика — это computer science, т. е. как реально существующей науки ее нет, а существует оклокомпьютерная деятельность и порожденный ею конгломерат инженерных дисциплин, решающий задачи разработки ЭВМ и программного обеспечения, а также их применения, не имеющий собственного теоретического ядра, а заимствующий свои концепции из других наук, прежде всего из математики.

2. Информатика — это теоретическое программирование.

3. Информатика — это ряд разделов математики, а именно вычислительная математика, дискретная математика и другие,

получившие в последнее время большое прикладное значение.

4. Информатика — это новое название кибернетики, т. е. науки об управлении.

5. Информатика — наука, изучающая методы фиксации, организации, хранения и использования научных знаний (то, что связывается с термином *cognitiv science*).

6. Информатика — наука, изучающая процессы сбора, хранения и обработки информации.

Мы далеки от того, чтобы утверждать, что все это неверно. К обсуждению этих точек зрения мы вернемся, но после того, как сформулируем еще одну, которая представляется нам наиболее фундаментальной.

Прежде чем изложить ее, сделаем несколько замечаний общего характера. Сознавая всю важность процесса накопления знаний и научной деятельности, следует отметить, что оно играет подчиненную роль по отношению к задаче создания целостной картины мира. В свете этого ситуация, сложившаяся в науке к началу XX в., может квалифицироваться как неблагополучная: на фоне нарастающего потока новых открытий и теорий целостная картина мира распалась. Почему это произошло? Кратко можно ответить так. Парадигма научного исследования, возникшая в эпоху Ренессанса и окончательно оформившаяся в Новое время, например, в работах Декарта и Бэкона, делавшая упор на объективизацию познания, породила нарастающую лавину открытий, но она же привела к нарушению равновесия между частными исследованиями и работой интегрирующего и синтетического плана. Хотя в это время в философско-методологическом плане велась большая работа и выдвигались весьма солидные концепции, например философские системы Гегеля и Канта, увенчавшиеся революционным переворотом в научно-философской картине мира — созданием Марксом и Энгельсомialectического материализма, однако на уровне конкретных исследований баланс центробежности и центростремительности все же был нарушен.

Итак, необходимость в интегрирующем факторе общенационального значения была очень острой, в частности, и потому, что тогда же проявилось новое в европейской науке обстоятельство: развитие частных наук, каждая из которых шла своим путем, привело к нарастанию непонимания между представителями

разных наук и даже представителями различных школ внутри одной дисциплины. Было утрачено языковое единство.

На этом фоне и возникла некая центростремительная сила. В 1916 г. вышла работа швейцарского ученого Ф. де Соссюра «Основы общей лингвистики». В то время лингвистика представляла собой совокупность отдельных дисциплин, каждая из которых изучала тот или иной конкретный язык. Соссюр же исходил из того, что задачей лингвистики является изучение общеязыковых закономерностей. В своей работе он рассматривал язык как некоторую формальную систему, делая принципиальное разграничение между понятиями «речь» и «язык» и ограничивая именно формальной языковой системой предмет новой дисциплины. Для целей своего исследования Соссюр разработал новый понятийный аппарат. На богатейшем конкретно-языковом материале он убедительно доказал эффективность и плодотворность своей концепции, демонстрируя открытые им общеязыковые инварианты. Таким образом, взгляд на язык как на формальную систему и сопряженный с этим взглядом понятийный аппарат стал достоянием лингвистики, породив в ней особое направление — структурную лингвистику.

Но этим дело не ограничилось. Постепенно рядом исследователей начал осознаваться тот факт, что подход, предложенный Соссюром для описания языка, не менее плодотворен и эффективен при изучении самых разных объектов: биологических, этнических, экономических, технических и т. д. Не претендуя на полноту и не касаясь оценки полученных результатов, приведем список авторов, в тех или иных областях применявших и развивавших этот метод. Это Л. С. Выготский [1], В. Я. Пропп [2], О. М. Фрейденберг [3], Л. В. Канторович [4], Н. Винер [5], Дж. фон Нейман [6], Л. фон Берталанфи [7], А. А. Ляпунов [8], А. Н. Колмогоров [9], К. Шеннон [10], Н. А. Бернштейн [11], П. К. Анохин [12], Н. Хомский [13], К. Леви-Стросс [14] и другие — список можно продолжить. Могущество методаказалось безграничным. Почти любая проблема, любой объект, будучи описанными на новом понятийном языке, порождали формализованные модели, для исследования которых стали привлекать математические методы. Создавалось впечатление, что, наконец, найдены те элементарные структуры, из которых конструируется живое, мышление, общество. Да и само живое лишилось своего особого статуса, потому что наиболее увлекающиеся адепты новой науки брались создать гомункулуса в пробирке. Не было лишь подходящей пробирки, но

вскоре появилась и она — заработали первые ЭВМ.

ЭВМ имели для новой науки принципиальное значение. Появилась возможность воплощать «в железе» формально-языковые модели, накопленные к тому моменту. Возникло новое направление исследований — работы по созданию «искусственного интеллекта», представители которого брались за решение таких задач, как машинный перевод, распознавание образов и другие, причем в ближайшие годы. Когда очередные сроки истекали, неудачи объяснялись техническими трудностями: нехваткой быстродействия и объемов запоминающих устройств. С тех пор прошло больше тридцати лет, быстродействие и объем памяти ЭВМ возросли на много порядков, но эти задачи в первоначальной, принципиальной постановке остались нерешенными. Однако попытки были не бесплодны. В результате уточнения и корректировки исходных задач кристаллизовалось представление о том, что всякий изучаемый нами объект (например, некая профессиональная деятельность) допускает выделение своего формализуемого компонента, который можно адекватно описать в системно-информационных терминах и, следовательно, моделировать на ЭВМ. За это время сформировалась определенная культура постановки и решения задач с помощью ЭВМ, что привело даже к появлению новой профессии: системный аналитик, или когнитолог.

Итак, системно-информационный подход лишился статуса «теории всего», на который он претендовал, однако порожденный им язык получил общенациональное распространение, прежде всего в науках «мягкого» типа. На нем пишутся статьи по биологии, геологии, экологии, психологии и т. д., причем процесс его распространения шел порой независимо от основного русла развития информатики. Например, исследования Вернадского в геологии или Введенского и Кеннона в биологии носят выраженный системно-информационный характер. Более того, хотя освоение системного языка произошло в этих науках лишь отчасти, почти все наиболее впечатляющие открытия XX в. формулируются именно в его терминах. К примеру, в биологии отметим работы Уотсона и Крика по структуре ДНК, Селье по стрессу, Бэрнетта по клеточной иммунологии.

Что же касается «точных» наук, то с ними системно-информационный взгляд на вещи связан еще основательнее. Открытие Соссюра произошло не на пустом месте; как на формирование дихотомии «речь — язык» оказали влияние работы Канта; так в основных понятиях системного метаязыка мы видим

дим прямую преемственность с центральными понятиями основанной в XIX в. в работах Галуа и Абеля ветви математики, которая занимается изучением операций и структур и называется современной алгеброй. Например, понятие «инвариант» получает глубокое и правильное осмысление именно в групповом контексте. Отметим также значение теории множеств (Кантор) и успехов математической логики (Гильберт, Гедель) для становления формального взгляда на язык, а также для понимания принципиальных ограничений чисто формальной точки зрения. Что же касается физики, то, как хорошо известно, аппарат теоретической физики XX в.— это аппарат теории групп, как дискретных, так и непрерывных.

Таким образом, эта грандиозная трансформация языка науки явилась событием общенаучного масштаба, в ее формировании так или иначе участвовали основные концепции всех научных дисциплин — от философии (смысл — знак), математики (алгебраическая структура, формальный язык) до биологии и геологии (гомеостаз, биосфера). Краткий исторический очерк, приведенный нами, следует рассматривать как попытку нарисовать лишь общий контур этого процесса.

Вернемся к информатике. Науку можно характеризовать предметом изучения и методом; теперь мы готовы определить их. Предметом изучения информатики является вышеупомянутый новый системно-информационный язык, предназначенный для описания моделей (и, соответственно, сами эти модели как конструкции языка), а методом (определяющим ее применения) — формализация. Причем, как всякая наука, информатика имеет свое теоретическое ядро и свой прикладной компонент, который акцентирует инструментальное значение этого языка, т. е. способы его использования для описания тех или иных объектов. Что касается метода данной науки, то под формализацией понимается выделение формального компонента изучаемого объекта. Отметим, что «детские болезни», которые имели место в информатике 50—60-х гг., были связаны с допущением, что всякий объект сводится к своему формальному компоненту, или, в более мягкой формулировке, допускает адекватное формальное представление. Ситуация вполне аналогичная той, что сложилась в естествознании XVIII в. в связи с распространением механистической концепции.

Вернемся к изложенным в начале статьи точкам зрения на информатику, оценивая их с позиций предлагаемого нами подхода. Первая (*computer science*) отклоняется нами в негативной своей части (наука «информа-

тика» все же есть!) и принимается как взгляд на прикладную информатику. Именно в этом, прикладном, точнее, аппаратном, аспекте следует оценивать роль прикладной информатики.

Теоретическое программирование находится по отношению к информатике в особом положении. Во-первых, оно довольно полно ассимилировало все основные ее концепции, во-вторых, занимаясь вопросами разработки программного обеспечения ЭВМ, оно оказывает определяющее воздействие на те разделы информатики, которые связаны с реализацией и исследованием формальных моделей на ЭВМ. Однако следует подчеркнуть, что, сводя концептуальный аппарат информатики к его реализации в сфере программирования, мы лишаем этот аппарат присущей ему универсальности.

Третья точка зрения справедлива в том смысле, что генетически информатика зависит от математики, от ее языка и формальных конструкций; однако если объекты, изучаемые математикой, формальны изначально, то сфера влияния информатики — моделирование объектов исходно неформальных средствами формализованных языков.

Взгляд на информатику как на кибернетику является ограниченным в силу существования большого класса систем, представляющих безусловный интерес для информатики и не являющихся управляемыми ни в каком разумном смысле (простейший пример — периодическая система Менделеева).

Отличие сформулированного нами подхода к информатике от пятой точки зрения (*cognitiv science*) в программистских терминах можно описать так: если последняя представляет предмет информатики как бы некоторой универсальной базой знаний, то мы считаем, что ее предмет — формализованный язык для описания и реализации таких, а также других систем.

Шестая точка зрения (процессы обработки информации) представляется нам не проясняющей суть дела, а, в силу ассоциаций с бытовым пониманием информации как всякого, в том числе и неформального, сообщения, затмняющей эту суть. Впрочем, можно рассматривать наш подход к информатике как уточнение и пояснение этой концепции.

Следует сделать еще одно уточнение. При поверхностном рассмотрении проблемы может создаться впечатление, что информатика является наукой философско-методологического плана. Оно обусловлено тем, что информатика имеет свое отношение ко всем основным конкретным исследованиям и свою точку зрения на них. Однако принципиальной особенностью ее метода, как было отмечено, является ориентация на исследование

формального компонента изучаемого объекта, тогда как философско-методологические науки занимаются исследованием общих закономерностей содержательного плана. Однако в той мре, в какой в том или ином философском исследовании возникают и исследуются формальные модели, в нем возможно инструментальное использование языка и методов информатики. К примеру, исследование экономической системы капитализма, предпринятое Марксом, в той части, где он рассматривает модели экономических отношений, носит системно-информационный характер; однако здесь информатика играет подчиненную роль, подобную роли математики в физике. Отметим также, что указанное различие наиболее рельефно выступает при констатации различий между системным методом, как методологической установкой, и информатикой.

Вернемся к обсуждению педагогических аспектов проблемы.

Нужно ли преподавать информатику, понимаемую так, как было сформулировано выше, в средней школе?

Возможно ли это, а если да, то как?

На первый вопрос мы отвечаем положительно, и вот почему. Информатику как научную дисциплину породил языковой общенациональный кризис начала XX в., на преодоление которого она была ориентирована; таким же образом появление информатики в ряду школьных дисциплин могло бы решить задачу восстановления ослабевших и утраченных межпредметных связей, выработки у учащихся широкого, универсального взгляда на всю совокупность изучаемых наук, воссоздания у них единой научной картины мира. Кроме того, наш подход к информатике позволяет привнести в этот учебный предмет то теоретическое ядро, которое способно скомпоновать прикладные аспекты курса. Рассмотрим, наконец, вопрос о компьютерной грамотности. Решение задачи с использованием ЭВМ имеет три аспекта, и, соответственно, есть три группы трудностей, которые при этом преодолеваются. Во-первых, необходима соответствующая техника; во-вторых, подходящее программное обеспечение; в-третьих, должны быть решены задачи вычисления в данной предметной области ее формализуемого компонента, его формального описания и алгоритмизации. Анализ современного состояния этих проблем показывает, что затраты на решение задачи с помощью ЭВМ распределяются так: техника — самая дешевая часть, программное обеспечение занимает промежуточное положение, а основные трудности и затраты приходятся на конкретную постановку задачи и формализацию. В со-

ответствии с этими тремя аспектами работа ведется инженером по вычислительной технике, программистом и системным аналитиком. Кем же из них будет выпускник нашей школы? Вообще говоря — никем, он — тот четвертый, предметный специалист (врач, администратор, педагог, инженер и т. д.), в сотрудничестве с которым системный аналитик будет решать задачу перевода содержательных представлений предметной области на язык формализованных моделей и описаний. При этом врач или администратор может иметь весьма приблизительное представление об устройстве компьютера и принципах программирования, но владение основами системно-информационного подхода для успешного выполнения работы ему необходимо: именно это позволит системному аналитику, освоившему азы данной предметной области, вести с ним плодотворное сотрудничество. Вот почему именно на изучение основ языка системно-информационных представлений, причем на широком предметном материале, и должен быть направлен курс школьной информатики.

Ну а что можно сказать о возможности такого курса? Докажет ее, конечно, только экспериментальная проверка, однако априори ясно, что шансы на успех есть. Попробуем дать обзор материала, который можно было бы привлечь к составлению курса. Приведем его в форме программы, но подчеркнем, что он таковой не является.

1. Введение. Что такое информатика. Отношения «объект — модель». Место информатики в системе научных и инженерных дисциплин, ее предмет и метод.

Основные понятия: модель, система, элемент, отношение.

Практические занятия: использование графов для описания и элементарного анализа простейших систем; работа на ЭВМ с конструктором электрических схем.

2. Системы классификационного типа. Систематика в биологии, таблица Менделеева, организация и ведение библиотечного каталога. Общая характеристика задач классификации: анализ данных, систематизация знаний. Автоматическая классификация, распознавание образов.

Основные понятия: структура, иерархия, классификация, свойство, процедура.

Практические занятия: работа на ЭВМ со справочно-информационной системой, системой распознавания образов.

3. Управление и динамические системы. Примеры биологических, экологических, технических систем. Гомеостаз, адаптация, задачи автоматического регулирования. Управление производством, информационная технология.

Основные понятия: гомеостаз, адаптация, обратная связь, информация, биосфера, состояние системы, управление.

Практические занятия: работа по исследованию компьютерных моделей (биологической, экологической, технической, оптимизационной).

4. Конечные автоматы. Формальные нейронные сети, персептрон, ЭВМ. ЭВМ как универсальный конечный автомат (ЭВМ как универсальная моделирующая среда). История возникновения ЭВМ, поколения ЭВМ. Задачи автоматизации человеческой деятельности.

Основные понятия: дискретная система, конечный автомат, представление информации, вход — выход, запоминающее устройство, процессор, преобразование информации.

Практические занятия: работа с конструктором логических схем, реализованным на ЭВМ.

5. Языковые системы. Противопоставление «речь — язык». Язык как формально-знаковая система. Формальная грамматика, проблема контекста. Задача автоматического перевода.

Основные понятия: язык, знак, алфавит, синтаксис, грамматика, контекст, метафора.

Практические занятия: семантический анализ волшебной сказки, синтаксический анализ текста, работа с предметным тезаурусом, решение лингвистических задач.

6. Элементы программирования. Алгоритм; исполнитель, программа, ЭВМ как универсальный исполнитель. Язык программирования и его основные конструкции. Типы данных.

Основные понятия: алгоритм, исполнитель, команда, серия, ветвление, цикл, процедура, массив.

Практические занятия: работа по составлению простейших программ (20—30 команд) на учебном языке программирования.

7. Заключение. История становления основных идей и методов информатики. Системно-информационный язык описаний моделей, его основные конструкции. Метафоричность системно-информационного языка. Аналогия как научный метод. Ограничения формального подхода. Системно-информационный метод решения задач с помощью ЭВМ. Способы использования ЭВМ в народном хозяйстве, типы решаемых задач и используемого при этом программного обеспечения. Информатика и компьютеризация общества.

Основные понятия: СУБД, АСУ, САПР, ГАП, АОС, информационная технология.

Практические занятия: решение содер-

жательно поставленной задачи на ЭВМ с реализацией основных этапов (корректная постановка, формализация и моделирование, алгоритмизация, программирование, анализ результата).

Основой методики преподавания данного курса должно быть систематическое использование системно-информационного языка для описания и исследования формальных моделей из разных предметных областей. В приведенном варианте курс ориентирован на старшие (IX—XI) классы, однако, не меняя методической установки, а только изменив список изучаемых моделей, можно переориентировать его на средние (VII—VIII) классы. При этом можно шире использовать те модели, которые изучались в общеобразовательных предметах. Преподавание такого курса в младших классах представляется нецелесообразным в связи с формальным характером его содержания, не соответствующим особенностям младшего школьного возраста.

В заключение следует отметить, что построенный таким образом курс слабо зависит от своего конкретного наполнения и поэтому может включать любой учебный материал; однако *превалирование* любой конкретной прикладной области (будь то системы хранения знаний или программирование) обедняет курс и в какой-то мере лишает его одного из основных достоинств: возможности продемонстрировать учащимся наличие в мире универсальных закономерностей.

Литература

1. Выготский Л. С. Избранные психологические исследования. М., 1956.
2. Пропп В. Я. Морфология сказки. М., 1928.
3. Фрейденберг О. М. Миф и литература древности. М., 1978.
4. Канторович Л. В. Математические методы организации и планирования производства. М., 1939.
5. Винер Н. Кибернетика. М.: Сов. радио. 1969.
6. Фон Нейман Дж. Теория самовоспроизводящихся автоматов. М.: Мир, 1966.
7. Von Bertalanffy L. The theory of open systems // Science, 1950. 111.
8. Ляпунов А. А. О некоторых общих вопросах кибернетики. М.: Физматгиз, 1957.
9. Колмогоров А. Н. Теория передачи информации // Труды сессии АН СССР по вопросам автоматизации производства. М., 1957.
10. Шеннон К. Работы по теории информации и кибернетики. М.: Мир, 1963.
11. Бернштейн Н. А. Очерки по физиологии движений и физиологии активности. М., 1966.
12. Анохин П. К. Очерки по физиологии функциональных систем. М., 1975.
13. Хомский Н. Синтаксические структуры. Новое в лингвистике. М.: ИЛ, 1962.
14. Levi-Strauss C. Structural Anthropology. N. Y., 1967.