

И. Г. Семакин,

*доктор пед. наук, профессор кафедры прикладной математики и информатики
Пермского государственного университета,*

Л. Н. Ясницкий,

*доктор техн. наук, профессор, зав. кафедрой прикладной информатики
и искусственного интеллекта Пермского государственного педагогического университета*

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ И ШКОЛЬНЫЙ КУРС ИНФОРМАТИКИ

История проблемы

Любой учебный курс в общеобразовательной школе должен отражать наиболее значимые разделы той области действительности (предметной области), которой он посвящен. Появление общеобразовательного курса информатики в конце прошлого века стимулировало продвижение исследований по анализу предметной области информатики и ее систематизации. Одной из первых публикаций на эту тему был Национальный доклад Российской Федерации на II Международном конгрессе ЮНЕСКО «Образование и информатика» (1996) [4], в котором в систематизированном виде было представлено описание предметной области информатики. В разделе, посвященном теоретической информатике, наряду с философскими вопросами информатики, теорией информации, теорией алгоритмов и др., там присутствует тема искусственного интеллекта: «Информационные системы искусственного интеллекта. Методы представления знаний».

В работе Д. А. Поспелова «Становление информатики в России», опубликованной в 1999 г. [5], дается описание предметной области информатики, в которой раздел «Искусственный интеллект» отмечен как один из наиболее перспективных для научных исследований и приложений. Представлена следующая структура этого раздела:

- модели знаний и экспертные системы;
- интеллектуальные роботы;
- компьютерная лингвистика;
- нейросистемы;
- логические модели (вывод, рассуждения).

В статье К. К. Колина «О структуре и содержании образовательной области “Информатика”» (2000) [3] в разделе «Теоретическая информатика» присутствует тема «Интеллектуальные информационные системы».

Описание науки «Искусственный интеллект» в популярном изложении, ориентированном на школьников, было дано в энциклопедическом словаре под редакцией Д. А. Поспелова, вышедшем в 1994 г. [1]. Впервые в школьной информатике в учебнике В. А. Каймина и др. [2] нашло отражение одно из направлений искусственного интеллекта — моделирование знаний. В учебнике рассматриваются базы знаний, основанные на применении логической модели, реализуемой на языке Пролог.

Позже тема искусственного интеллекта находит более подробное отражение в учебниках и учебных пособиях авторского коллектива в составе И. Г. Семакина, Л. А. Залоговой, С. В. Русакова, Л. В. Шестаковой [8]. В этих учебниках и пособиях дается общий обзор данного направления информатики, рассказывается о задачах, которые решаются методами искусственного интеллекта, наиболее подробно рассматривается логическая модель знаний. Практическая работа учащихся по этой теме проводится на языке Пролог.

В 2004 г. вступили в действие Государственные образовательные стандарты по информатике и ИКТ для основной и полной средней школы. Ни в одном из этих стандартов не упоминается тема искусственного интеллекта. Нет ее даже в стандарте для профильного курса в X—XI классах. По этой причине данная тема исчезла из учебников информатики, входящих в федеральный перечень.

Современное состояние искусственного интеллекта

В книге Л. Н. Ясницкого и Т. В. Данилевич «Современные проблемы науки» [10], в разделе «Современный искусственный интеллект и задачи его философского осмысления», прослеживается хронология изменения лидерства среди научных отраслей и приводится схема их современного распределения (рис. 1). В разные периоды существования цивилизации лидирующими направлениями научных исследований были философия, математика, астрология, алхимия (средние века); разделы физики: механика (XIII в.), электричество и магнетизм (XIX в.), квантовая механика, физика элементарных частиц, ядерная физика (конец XIX в., первая половина XX в.). Со второй половины XX в. и по настоящее время лидерство, как в темпах развития, так и в приложениях, перешло к компьютерным наукам (информатике). В свою очередь, среди множества разделов информатики наиболее экспансирующим, как в области теоретических разработок, так и в приложениях, является **искусственный интеллект**.

Сам раздел «Искусственный интеллект» также имеет несколько разделов,

причем приоритеты между этими разделами постоянно меняются. Более того, между учеными, развивающими различные разделы искусственного интеллекта, происходит конкуренция, зачастую принимающая весьма жесткие формы. И победителями в этой конкуренции попеременно оказываются то одни, то другие.

Экспертные системы (системы, основанные на явных знаниях)

Исторически первым разделом искусственного интеллекта была разработка интеллектуальных систем, основанных на явных знаниях. Основоположником данного раздела по праву считается испанский ученый Раймунд Луллий, создавший в XIII в. первую экспертную систему. Это было механическое устройство, состоящее из 14 соединенных между собой кругов, размеченных буквами и раскрашенных в различные цвета, которые символизировали различные понятия, элементы, стихии, субъекты и объекты знания. Круги приводились в движение системой рычагов. Поворачиваясь, они могли образовать около 18 квадриллионов (18×10^{15}) разнообразных сочетаний буквенных и цветовых «истин». Запросы в машину вводились с помощью

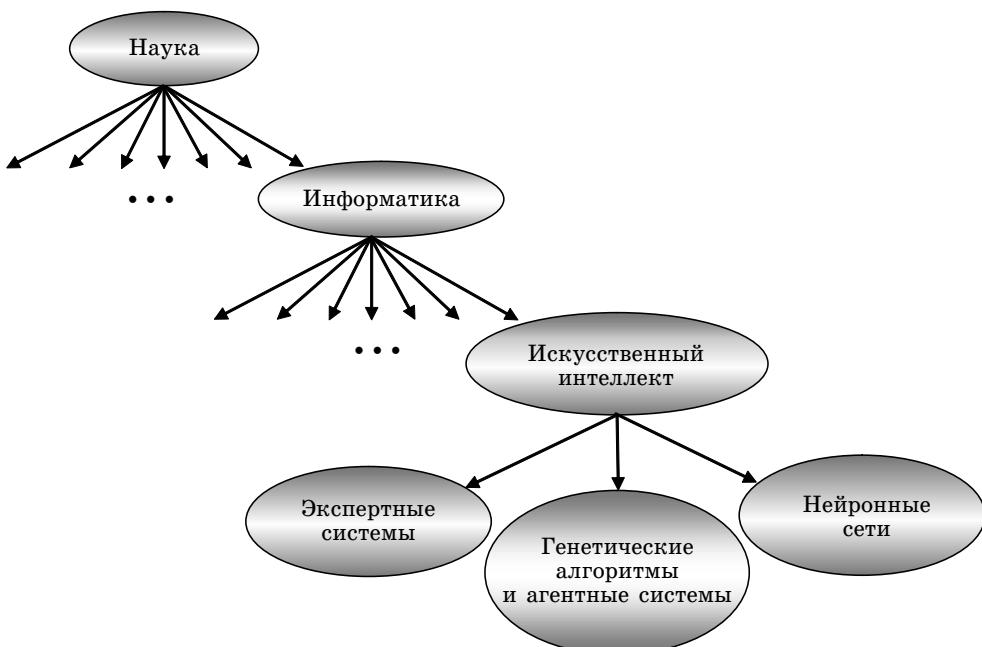


Рис. 1. Современное распределение лидерства среди научных отраслей

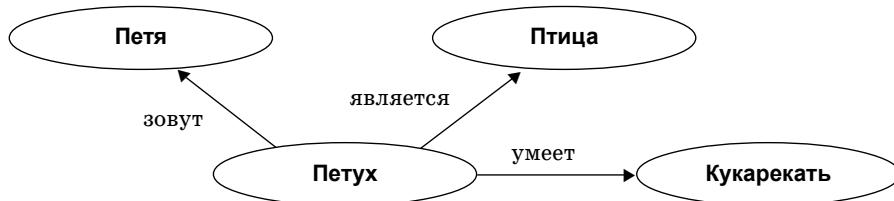


Рис. 2. Пример семантической сети

поворота внутреннего круга. Машина Луллия могла работать в различных предметных областях и давать ответы на всевозможные вопросы, составлять гороскопы, ставить диагнозы болезней, делать прогнозы на урожай.

Подход, использованный Р. Луллием для построения модели человеческого разума, позднее стали называть высокуюровневой стратегией искусственного интеллекта. Дело в том, что Р. Луллий не задавался вопросом, какие физические, химические, биологические процессы происходят в человеческом мозге. Он моделировал мозг на самом высоком уровне, т. е. на уровне своего собственного мышления, на уровне тех психологических гипотез, которые он сам выдвинул и сам реализовал.

Развитию и распространению экспертных систем способствовала их реализация на ЭВМ. Информационным ядром экспертной системы является база знаний — модель знаний, реализованная средствами программирования. Существуют различные способы формализации знаний, наиболее известные из них:

- продукционная модель,
- семантическая сеть,
- фреймы,
- логическая модель.

Продукционная модель знаний построена на правилах (они называются **продукциями**), представляемыми в следующей форме:

ЕСЛИ выполняется некоторое условие, ТО выполняется некоторое действие.

На основе поступающих данных экспертная система, анализируя имеющиеся правила, принимает решение о необходимых действиях. Например:

ЕСЛИ температура в помещении ≤ 15°, ТО включить отопление.

Продукционные модели часто используются в промышленных экспертных системах.

Семантическая сеть. Семантической сетью называется система понятий и отношений между ними, представленная в форме ориентированного графа. На рис. 2 приведен небольшой пример, представляющий в форме графа сведения, заключенные в предложении «Петух Петя является птицей, и он умеет кукарекать».

Фрейм. Фрейм — это некоторый абстрактный образ, относящийся к определенному типу объектов, понятий. Фрейм объединяет в себе атрибуты (характеристики), свойственные данному объекту. Фрейм имеет имя и состоит из частей, которые называются слотами. Изображается фрейм в виде цепочки:

Имя фрейма = <слот 1><слот 2>...<слот N>

Вот пример фрейма под названием «Битва»:

Битва = <кто?><с кем?><когда?><где?><результат>

Такое представление называется *прототипом фрейма*. Если же в слоты подставить конкретные значения, то получится *экземпляр фрейма*.

Например:

Битва = <Царевич><Кошкой Бессмертный><утром><в чистом поле><победил>

Слоты сами могут быть фреймами. Таким образом, возможны иерархии фреймов, сети фреймов. К фреймам применимо понятие *наследования свойств*. Для реализации моделей знаний с использованием фреймов хорошо подходит технология объектно-ориентированного программирования.

Логическая модель знаний представляет собой совокупность *утверждений*. О каждом утверждении можно сказать,

истинно оно или ложно. Утверждения делятся на *факты и правила*. Совокупность фактов представляет собой базу данных, лежащую в основе базы знаний. Правила имеют форму «ЕСЛИ А, ТО Б». Механизм вывода основан на аппарате математической логики, называемом *исчислением предикатов первого порядка*. Прикладные возможности этой модели весьма ограничены. Логическая модель знаний лежит в основе языка Пролог.

Нейронные сети

В середине XX в. возникает низковневая стратегия искусственного интеллекта, на основании которой сформировалось новое направление искусственного интеллекта — **нейроинформатика** (нейронные сети, нейрокомпьютеры, нейрокибернетика). Ее основатели — американские ученые Уоррен Мак-Каллок, Вальтер Питтс и Фредерик Розенблatt — задались целью создать модель мозга «по его образу и подобию», т. е. учесть протекающие в мозге физико-биологические процессы на самом низком уровне — на уровне нейронов, а также взаимодействия.

Как известно, мозг человека состоит из множества нервных клеток — нейронов (рис. 3), соединенных между собой нервными волокнами. Через нервные волокна нейроны обмениваются между

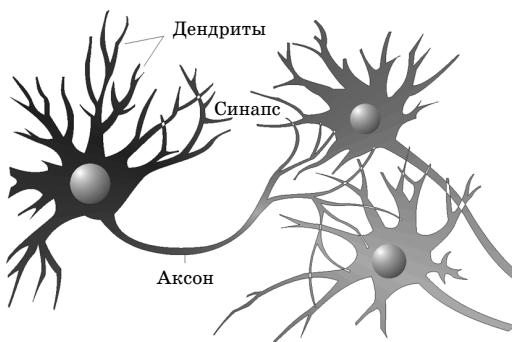


Рис. 3. Биологические нейроны, из которых состоит мозг

собой электрическими сигналами. Чтобы как-то во всем этом разобраться, У. Мак-Каллок и В. Питтс [12] предложили математическую модель биологического нейрона, названную *математическим нейроном*. Его принципиальная схема представлена на рис. 4 в виде кружочка

со стрелочками, показывающими направление передачи электрических сигналов. К нейрону подводятся входные сигналы x_1, x_2, \dots, x_N . Сам же нейрон вырабатывает выходной сигнал y . Если входные сигналы слабые и их взвешенная сумма $S = w_1x_1 + w_2x_2 + \dots + w_Nx_N$ меньше некоторого порога θ , то говорят, что нейрон невозбужден и его выходной сигнал y равен нулю. Если же сумма S достигнет некоторого порогового значения θ , то нейрон возбужден и его выходной сигнал y равен единице.

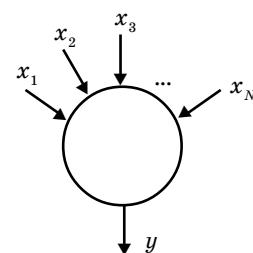


Рис. 4. Математический нейрон, являющийся моделью биологического нейрона

Вышесказанное кратко записывается в виде двух математических формул:

$$S = \sum_{n=1}^N w_n x_n;$$

$$y = \begin{cases} 1, & \text{если } S \geq \theta; \\ 0, & \text{если } S < \theta. \end{cases}$$

В этих формулах коэффициенты w_1 и w_2 называют *синаптическими силами*, а θ — *порогом чувствительности нейрона*. Нейробиологи придают синаптическим силам и порогам нейронов очень большое значение. Считается, что именно с их помощью мозг кодирует свои знания.

Предложив идею математического нейрона, Мак-Каллок и Питтс высказали весьма смелую и даже несколько фантастичную гипотезу о том, что если математические нейроны соединить между собой, как в мозге, проводниками электрического тока, то такое электронное устройство будет способно подобно мозгу решать интеллектуальные задачи.

Спустя десять лет гипотеза Мак-Каллока — Питтса была блестяще подтверждена Ф. Розенблattом [13]. Им было построено электронное устройство, являющее-

еся структурной моделью человеческого мозга. Обученное с помощью алгоритма «поощрения-наказания», напоминающего алгоритм обучения животного, устройство научилось решать сложнейшую интеллектуальную задачу — распознавать буквы латинского алфавита. Впоследствии это электронное устройство было названо *нейрокомпьютером*, а компьютерная программа, по которой оно работало, — *персептроном*.

Первый нейрокомпьютер был выполнен в виде электронного «глаза», к которому подносились карточки с изображением букв алфавита. «Глаз», представляющий собой набор фотоэлементов, вырабатывал электрические сигналы, которые по проводам передавались нейронам, а после них — к электрическим лампочкам с начертанными на них буквами алфавита. Фокус состоял в том, что загоралась лампочка именно с той буквой, изображение которой в данный момент подносилось к «глазу».

Опыты Ф. Розенблatta и их публичная демонстрация производили впечатление как на публику, так и на научный мир, что побудило бизнесменов и правительственные чиновников к финансированию нового научного направления. Писатели сочиняли фантастические произведения о компьютерах-роботах и будущем человечества, а философы пускались в бесконечные дискуссии на тему «Может ли машина мыслить?». Искусственный интеллект стал самой популярной научной отраслью.

Однако популярность низкоуровневой стратегии искусственного интеллекта была недолгой. Вскоре выяснилось, что со многими практически важными интеллектуальными задачами, такими, как распознавание военных объектов («свой» или «чужой»), постановка медицинских диагнозов, прогнозирование курсов валют и др., применявшимися в то время однослойные персептроны справиться не могут. Прошедшая среди математиков дискуссия закончилась выводом о том, что этот раздел искусственного интеллекта является тупиковым, о чем и сейчас можно прочитать во многих научных и учебных изданиях, выходивших в свет вплоть до конца 1990-х гг. В результате новый и, как выяснилось впоследствии,

наиболее перспективный раздел искусственного интеллекта был предан забвению на более чем 20-летний срок.

Тем временем сторонники альтернативной высокоуровневой стратегии искусственного интеллекта добились серьезных успехов в области создания и применения специализированных экспертных систем. Экспертные системы нашли успешное применение в плохоформализуемых предметных областях, таких, как медицина, психология, экономика и др., для которых путь другим традиционным разделам информатики был закрыт. 80-е гг. XX в. стали триумфальными для высокоуровневой стратегии, сделавшей искусственный интеллект самоокупаемой научной областью.

Тем не менее, победа высокоуровневой стратегии искусственного интеллекта тоже оказалась временной. Проблемы первых нейрокомпьютеров были преодолены за счет добавления так называемых *скрытых нейронов*, расположенных между входным и выходным нейронными слоями. Немалую роль в этом сыграли советские ученые, впервые применившие нейрокомпьютеры для управления объектами военного назначения. Нейронные сети научились применять бизнесмены для прогнозирования валютных курсов и котировок акций. Между высокоуровневой и низкоуровневой стратегиями искусственного интеллекта началась конкуренция. Ранее применявшимися экспертные системы стали вытесняться нейронными сетями в таких областях, как медицина [7], экономика, промышленность, криминастика [9].

Как выяснилось впоследствии, хорошо обученный нейрокомпьютер оказался способным распознавать образы, которых никогда «не видел». Это очень важное свойство, называемое свойством обобщения, передалось нейрокомпьютеру от своего прототипа — человеческого мозга. То же самое произошло и с такими свойствами мозга, как живучесть и интуиция [10].

Являясь моделями мозга, нейрокомпьютеры и сами превратились в прекрасный инструмент для создания математических моделей самых разнообразных объектов, явлений, процессов. В этом качестве уже в XX в. они успешно поби-

ли все рекорды по количеству и разнообразию практических приложений. Достаточно заглянуть в Интернет, чтобы убедиться, что в настоящее время нейросетевые технологии стали наиболее прогрессивным разделом искусственного интеллекта, что именно они сейчас представляют собой наиболее быстроразвивающуюся научную отрасль, активно внедряющуюся практически во все сферы современной цивилизации.

Генетические алгоритмы (эволюционное моделирование)

В 1970-х гг. появился еще один заслуживающий внимания раздел искусственного интеллекта — **эволюционное моделирование**. Его основатель, американский биолог-программист Джон Холланд [11], пытаясь подтвердить эволюционное учение Чарльза Дарвина, насылил компьютер виртуальными особями, наделил их свойствами живых организмов и предоставил возможность бороться за существование. Добывая себе пищу, размножаясь и умирая, популяции особей с каждым новым поколением становились все более совершенными. Их интеллект приобретался в ходе конкурентной борьбы за существование. Учение Дарвина было блестящим образом подтверждено компьютерным экспериментом, но помимо чисто научного результата, неожиданно получился и результат практический. Алгоритмы Холланда, впоследствии названные *генетическими*, оказались эффективным инструментом для нахождения глобальных экстремумов многоэкстремальных функций. Подобного рода задачи встречаются, например, при решении некоторых экономических проблем. В настоящее время генетические алгоритмы и их дальнейшее развитие — *мультиагентные системы* являются наиболее молодым разделом искусственного интеллекта, которому многие ученые пророчат большое будущее [6].

Подводя итог нашему историческому экскурсу, еще раз отметим, что искусственный интеллект — это научная отрасль, занимающаяся исследованием и моделированием естественного интеллекта человека. Естественный интеллект человека

является очень сложным объектом исследований, и его моделирование осуществляется на разных уровнях абстрагирования. Мы выделили три таких уровня, которым соответствуют три основных раздела искусственного интеллекта:

- технологии экспертных систем (высокоуровневая стратегия);
- нейроинформационные технологии (низкоуровневая стратегия);
- технологии эволюционного моделирования.

О включении раздела «Искусственный интеллект» в ГОС по информатике

В настоящее время «Искусственный интеллект» — это одна из наиболее перспективных областей информатики. Поэтому полностью его игнорировать в школьном курсе уже нельзя. Эта область должна найти отражение в новом образовательном стандарте по информатике (стандарте второго поколения) как для основной школы, так и для старших классов, в которых информатика изучается на профильном уровне.

ГОС для основной школы (VII—IX классы). В общеобразовательном курсе информатики для основной школы тема искусственного интеллекта может изучаться на ознакомительном уровне. Основная цель — дать представление об этом направлении информатики, его содержании и областях приложений. В обязательном минимуме содержания обучения данная тема может быть отражена в следующем виде: *«Искусственный интеллект: история развития, области применения, модели знаний и экспертные системы, нейрокомпьютеры и нейросети»*. В зависимости от общего объема учебного времени, который будет выделен на информатику новым Базисным учебным планом (на момент написания статьи авторам он не известен), на эту тему может быть выделено от 3 до 6 учебных часов. Содержанием практической части раздела может быть работа учеников с готовыми демоверсиями экспертных систем и нейросетевых моделей.

ГОС по информатике для профильного обучения в старших классах дол-

жен включать тему искусственного интеллекта на более глубоком уровне. Учебным планом на этот раздел может быть выделено от 15 до 20 часов.

Предлагается следующее тематическое планирование:

1. Введение: основные стратегии, события и даты искусственного интеллекта (1 ч).

2. Экспертные системы (6 ч).

3. Нейронные сети (10—12 ч).

4. Генетические алгоритмы (1 ч).

Первая тема является вводно-ознакомительной.

Во второй теме предполагается знакомство с технологией экспертных систем, фундаментальным термином искусственного интеллекта «знания», явными способами представления знаний как исторически первыми: продукционными правилами, фреймами, семантическими сетями, формально-логическими моделями.

Знакомство с явными способами представления знаний является подготовительным для более глубокого погружения в технологию нейронных сетей при изучении третьей темы. Здесь, помимо получения фундаментальных знаний по теории нейронных сетей, школьники выполняют комплекс лабораторных работ, учатся применять эту технологию для решения многих практических проблем, в том числе тех, которые встречаются в повседневной жизни. Например, учатся прогнозировать, какую оценку они получат за экзамен, отпустят ли их сегодня родители в ночной клуб, какую им лучше выбрать профессию и в какой вуз поступить, каким завтра будет курс евро и т. д.

Изучение генетических алгоритмов в нашей схеме предполагается на ознакомительном уровне — как с новым интересным разделом искусственного интеллекта и как с новой неожиданной встречей с дарвиновской теорией эволюции жизни на Земле, с которой школьники познакомились на уроках биологии.

Элективный курс «Искусственный интеллект. Нейронные сети». Тематический план этого курса отличается от предыдущего только общим объемом ча-

сов и их распределением. На изучение теоретических основ нейросетевых технологий, выполнение лабораторных работ, выполнение индивидуальных практических заданий по проектированию и применению нейронных сетей предполагается отвести до 40 ч. При этом общий объем элективного курса составит 57—59 ч.

Литература

1. Информатика. Энциклопедический словарь для начинающих / Под. ред. Д. А. Попелова. М.: Педагогика-Пресс, 1994.
2. Каймин В. А., Щеголев А. Г., Ерохина Е. А., Федюшин Д. П. Основы информатики и вычислительной техники. Учебник для 10—11 классов ср. школы. М.: Просвещение, 1989.
3. Колин К. К. О структуре и содержании образовательной области «Информатика» // Информатика и образование. 2000. № 10.
4. Национальный доклад Российской Федерации на II Международном конгрессе ЮНЕСКО «Образование и информатика». Москва, 1996 // Информатика и образование. 1996. № 5.
5. Попелов Д. А. Становление информатики в России // Информатика. 1999. № 19.
6. Рассел С., Норвинг П. Искусственный интеллект: современный подход: Пер. с англ. М: Вильямс, 2006.
7. Россиев Д. А. Медицинская нейроинформатика // Нейроинформатика. Новосибирск: Наука СО РАН, 1998.
8. Семакин И., Залогова Л., Русаков С., Шестакова Л. Информатика. Учебник по базовому курсу (7—9 классы). М.: Лаборатория Базовых Знаний, 1998.
9. Ясницкий Л. Н., Бондарь В. В., Бурдин С. Н. и др. Пермская научная школа искусственного интеллекта и ее инновационные проекты / Под ред. Л. Н. Ясницкого. 2-е изд. М.—Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2008.
10. Ясницкий Л. Н., Данилевич Т. В. Современные проблемы науки. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008.
11. Holland J. H. Adaptation in Natural and Artificial Systems. University of Michigan Press, 1975.
12. McCulloch W. S., Pitts W. A Logical Calculus of Ideas Immanent in Nervous Activity // Bull. Mathematical Biophysics. 1943. V. 5.
13. Rosenblatt F. The perceptron: a probabilistic model for information storage and organization in the brain // Psychological Review. 1958. V. 65.