

**В. Н. Ручкин**  
**В. А. Фулин**

# **Универсальный искусственный интеллект и экспертные системы**

Санкт-Петербург  
«БХВ-Петербург»  
2009

УДК 681.3.06  
ББК 32.973.26-018.2  
P92

**Ручкин, В. Н.**

P92 Универсальный искусственный интеллект и экспертные системы /  
В. Н. Ручкин, В. А. Фулин. — СПб.: БХВ-Петербург, 2009. — 240 с.: ил.  
ISBN 978-5-9775-0460-7

Рассматривается история развития искусственного интеллекта, методы поиска решений в пространстве состояний, модели представления знаний, теории высказываний и предикатов. Приводятся данные и рекомендации по использованию интегрированной среды программирования баз знаний, принципы построения нейросетевой экспертной системы. Дается классификация экспертных систем и примеры их использования. Приводится методика представления нечетких знаний, материалы по использованию квантовых компьютеров для создания современных систем искусственного интеллекта.

*Для студентов, аспирантов и преподавателей вузов*

Оригинал-макет подготовлен Александром Зыковым

Лицензия ИД № 02429 от 24.07.00. Подписано в печать 29.04.09.

Формат 70×100<sup>1/16</sup>. Печать офсетная. Усл. печ. л. 19,35.

Тираж 1000 экз. Заказ №

"БХВ-Петербург", 190005, Санкт-Петербург, Измайловский пр., 29.

Санитарно-эпидемиологическое заключение на продукцию  
№ 77.99.60.953.Д.003650.04.08 от 14.04.2008 г. выдано Федеральной службой  
по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека.

Отпечатано с готовых диапозитивов  
в ГУП "Типография "Наука"  
199034, Санкт-Петербург, 9 линия, 12

ISBN 978-5-9775-0460-7

© Ручкин В. Н., Фулин В. А., 2009  
© Оформление, издательство "БХВ-Петербург", 2009

# ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ .....</b>	<b>9</b>
<b>1. ИСТОРИЧЕСКИЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА .....</b>	<b>11</b>
1.1. ПРЕДЫСТОРИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА .....	11
1.2. ОТ ЛОГИКИ К КИБЕРНЕТИКЕ .....	12
1.3. НЕЙРОКИБЕРНЕТИКА .....	12
1.4. КИБЕРНЕТИКА «ЧЕРНОГО ЯЩИКА» И ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ .....	13
1.5. ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ СИСТЕМ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА .....	13
<b>2. УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ – ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ .....</b>	<b>19</b>
2.1. УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ .....	19
2.2. ОБЩИЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА .....	20
2.3. ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В РОССИИ .....	22
<b>3. МЕТОДЫ ПОИСКА РЕШЕНИЙ .....</b>	<b>24</b>
3.1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ СИСТЕМЫ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА.....	24
3.2. КЛАССИФИКАЦИЯ ЗАДАЧ, РЕШАЕМЫХ ЧЕЛОВЕКОМ.....	25
3.3. МОДЕЛЬ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ.....	28
3.3.1. Процедура решения задачи.....	29
3.3.2. Примеры решения задач .....	30
3.3.3. Выводы .....	33
3.4. МЕТОДЫ ПОИСКА РЕШЕНИЙ В ПРОСТРАНСТВЕ СОСТОЯНИЙ .....	33
3.4.1. Путь решения задачи.....	33
3.4.2. Метод полного перебора в ширину .....	35
3.4.3. Метод полного перебора в глубину .....	36
3.5. ЭВРИСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПОИСКА В ПРОСТРАНСТВЕ СОСТОЯНИЙ.....	37
3.6. ПОИСК РЕШЕНИЯ МЕТОДОМ РАЗБИЕНИЯ ЗАДАЧ НА ПОДЗАДАЧИ.....	39
3.6.1. Представление задачи в виде И/ИЛИ графа .....	40
3.6.2. Механизм сведения задачи к подзадачам.....	41
3.6.3. Пример решения задачи.....	43
3.7. Достоинства и недостатки методов поиска решений в пространстве состояний.....	44
<b>4. МОДЕЛИ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ЗНАНИЙ .....</b>	<b>47</b>
4.1. ЗНАНИЯ КАК ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЯ И ПРЕОБРАЗОВАНИЯ В СИСТЕМАХ ИИ .....	47

4.1.1. Внутренняя интерпретация.....	48
4.1.2. Наличие внутренней структуры связей.....	49
4.1.3. Наличие внешней структуры связей.....	49
4.1.4. Шкалирование.....	50
4.1.5. Погружение в пространство с «семантической метрикой».....	51
4.1.6. Наличие активности.....	51
4.2. КЛАССИФИКАЦИЯ МОДЕЛЕЙ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ЗНАНИЙ.....	52
4.3. НЕФОРМАЛЬНЫЕ МОДЕЛИ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ЗНАНИЙ.....	52
4.4. ЛОГИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ЗНАНИЙ.....	54
4.5. ПРОДУКЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ЗНАНИЙ.....	55
4.6. ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ЗНАНИЙ ФРЕЙМАМИ.....	56
4.7. ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ЗНАНИЙ СЕМАНТИЧЕСКИМИ СЕТЯМИ.....	57
4.8. ФОРМАЛЬНЫЕ МОДЕЛИ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ЗНАНИЙ.....	59
<b>5. ТЕОРИЯ ВЫСКАЗЫВАНИЙ.....</b>	<b>61</b>
5.1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЫСКАЗЫВАНИЙ.....	61
5.2. АЛФАВИТ ИСЧИСЛЕНИЯ ВЫСКАЗЫВАНИЙ.....	61
5.3. СИНТАКСИС ИСЧИСЛЕНИЯ ВЫСКАЗЫВАНИЙ.....	63
5.4. ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ФОРМУЛ.....	64
5.5. МНОЖЕСТВО БАЗОВЫХ АКСИОМ.....	65
5.6. ПРАВИЛА ВЫВОДА.....	66
5.7. НОРМАЛЬНЫЕ ФОРМЫ.....	68
5.8. СВОЙСТВА ИВ КАК АКСИОМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ.....	70
5.9. ПРОБЛЕМА ЛОГИЧЕСКОГО ВЫВОДА.....	71
5.10. АЛГОРИТМИЧЕСКАЯ ПРОБЛЕМА РАЗРЕШЕНИЯ В ИВ.....	73
5.11. ТЕОРЕМА ДЕДУКЦИИ.....	74
5.12. ПРИНЦИП ДЕДУКЦИИ.....	75
5.13. ПРИНЦИП РЕЗОЛЮЦИЙ.....	77
5.14. СВОЙСТВА МЕТОДА РЕЗОЛЮЦИЙ.....	78
5.15. ПРИМЕР РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ СРЕДСТВАМИ ИВ.....	81
<b>6. ТЕОРИЯ ПРЕДИКАТОВ.....</b>	<b>84</b>
6.1. ПОНЯТИЕ О ПРЕДИКАТАХ.....	84
6.2. ИСЧИСЛЕНИЕ ПРЕДИКАТОВ КАК АКСИОМАТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА.....	86
6.3. ПРИМЕРЫ ПРЕДИКАТОВ.....	88
6.4. ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ФОРМУЛ.....	89
6.5. СТАНДАРТИЗАЦИЯ ПЕРЕМЕННЫХ.....	91
6.6. ИСКЛЮЧЕНИЕ КВАНТОРА СУЩЕСТВОВАНИЯ.....	91
6.7. ПРЕДВАРЕННАЯ ФОРМА.....	92

---

6.8. ИСКЛЮЧЕНИЕ КВАНТОРОВ ОБЩНОСТИ.....	93
6.9. ПРИВЕДЕНИЕ МАТРИЦЫ К КНФ.....	93
6.10. ОБОБЩАЮЩИЙ ПРИМЕР.....	94
6.11. ПОДСТАНОВКИ И УНИФИКАЦИЯ.....	95
6.12. ВЫВОД В ИСЧИСЛЕНИИ ПРЕДИКАТОВ.....	96
6.13. ПРИМЕРЫ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДА РЕЗОЛЮЦИЙ.....	99
6.14. СТРАТЕГИИ РЕЗОЛЮЦИИ.....	102
6.15. ПРИМЕР РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ СРЕДСТВАМИ ИП.....	105
<b>7. ИНТЕГРИРОВАННАЯ СРЕДА ПРОГРАММИРОВАНИЯ БАЗ ЗНАНИЙ VISUAL PROLOG.....</b>	<b>109</b>
7.1. ОПИСАНИЕ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ С ПОМОЩЬЮ ПРОГРАММЫ НА ЯЗЫКЕ ПРОЛОГ.....	111
7.2. ФАКТЫ.....	112
7.3. ВОПРОСЫ ИЛИ ЦЕЛЕВЫЕ УТВЕРЖДЕНИЯ.....	113
7.4. ПЕРЕМЕННЫЕ.....	114
7.5. ПРАВИЛА.....	115
7.6. КОНЪЮНКЦИЯ ЦЕЛЕВЫХ УТВЕРЖДЕНИЙ.....	116
7.7. ПОПОЛНЕНИЕ БАЗЫ ЗНАНИЙ.....	117
7.8. СТРУКТУРА ПРОГРАММЫ НА ЯЗЫКЕ VISUAL PROLOG.....	118
7.9. РЕЛЯЦИОННЫЙ ЯЗЫК ПРОЛОГ.....	120
<b>8. НЕЙРОННЫЕ СЕТИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА.....</b>	<b>123</b>
8.1. ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА.....	123
8.2. ОСНОВЫ ТЕОРИИ НЕЙРОНА.....	124
8.3. НЕЙРОПОДОБНЫЕ СЕТИ.....	126
8.4. ОБУЧЕНИЕ НЕЙРОПОДОБНЫХ СЕТЕЙ.....	128
<b>9. МОДЕЛИРОВАНИЕ СИИ НА НЕЙРОМИКРОПРОЦЕССОРАХ.....</b>	<b>129</b>
9.1. ОСОБЕННОСТИ НЕЙРОМИКРОПРОЦЕССОРА NEUROMATRIX LI1879VM1.....	129
9.2. ОПИСАНИЕ ВЕКТОРНОГО СОПРОЦЕССОРА.....	131
9.3. РЕЖИМ ВЗВЕШЕННОГО СУММИРОВАНИЯ.....	132
9.4. ВЫПОЛНЕНИЕ ОПЕРАЦИЙ НА ВЕКТОРНОМ АЛУ.....	134
9.5. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ НАД ДАННЫМИ.....	134
9.6. СИСТЕМА КОМАНД НЕЙРОПРОЦЕССОРА.....	135
9.7. МАШИННЫЕ КОМАНДЫ НЕЙРОПРОЦЕССОРА.....	135
<b>10. ПРОГРАММИРОВАНИЕ СИИ НА НЕЙРОМИКРОПРОЦЕССОРАХ.....</b>	<b>138</b>
10.1. СКАЛЯРНЫЕ КОМАНДЫ.....	138
10.2. ВЕКТОРНЫЕ КОМАНДЫ.....	139

---

10.3. СПЕЦИАЛЬНЫЕ ВЕКТОРНЫЕ КОМАНДЫ ГРУППЫ VN .....	140
10.4. ФОРМАТ СКАЛЯРНЫХ И ВЕКТОРНЫХ КОМАНД.....	141
10.5. СТРУКТУРА ПРОГРАММЫ ДЛЯ НЕЙРОПРОЦЕССОРА.....	143
10.6. ВВОД ДАННЫХ.....	144
10.7. ЗАПУСК ПРОГРАММЫ .....	144
10.8. СТРУКТУРА АССЕМБЛЕРА NM 640X.....	145
10.9. NM CALCULATOR – ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ НЕЙРОПРОЦЕССОРА.....	147
10.10. ВОЗМОЖНЫЕ ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ НЕЙРОПРОЦЕССОРОВ .....	149
<b>11. СИНГУЛЯРНОСТЬ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА.....</b>	<b>151</b>
11.1. ОПРЕДЕЛЕНИЯ И ОБОСНОВАНИЯ.....	151
11.2. ПОНЯТИЕ СИНГУЛЯРНОСТЬ .....	151
11.3. СИМПТОМЫ СИНГУЛЯРНОСТИ .....	152
11.3.1. Искусственный интеллект .....	152
11.3.2. Увеличение биологических возможностей человека.....	154
11.3.3. Человеко-компьютерные системы .....	155
11.4. Пути к сингулярности и от нее .....	156
11.5. Последствия сингулярности .....	157
11.6. Сценарии без сингулярности .....	160
11.7. Сингулярность без искусственного интеллекта .....	161
<b>12. КЛАССИФИКАЦИЯ ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМ.....</b>	<b>165</b>
12.1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ ЗНАНИЯ И СВОЙСТВА .....	165
12.2. ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ.....	166
12.3. МАШИНА ВВОДА .....	168
12.4. ИНТЕРФЕЙС .....	168
12.5. СТРУКТУРА ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ .....	169
12.6. КЛАССИФИКАЦИЯ ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМ.....	170
<b>13. ПРИМЕРЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМ.....</b>	<b>172</b>
13.1. ЭКСПЕРТНЫЕ СИСТЕМЫ МЕДИЦИНЫ И ХИМИИ .....	172
13.1.1. Экспертная система ABEL.....	172
13.1.2. Экспертные системы MYCIN и DENDRAL.....	172
13.1.3. Экспертная система: PTRANS.....	174
13.2. ЭКСПЕРТНЫЕ СИСТЕМЫ КОМПЬЮТЕРНЫХ СИСТЕМ.....	175
13.2.1. Экспертная система: DART .....	175
13.2.2. Экспертная система: IDT .....	175
13.2.3. Экспертная система: XCON.....	175
13.2.4. Экспертная система: TIMM/TUNER.....	175
13.2.5. Экспертная система: YES/MVS.....	176

---

13.3. ЭКСПЕРТНЫЕ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОНИКИ .....	176
13.3.1. Экспертная система: BDS .....	176
13.3.2. Экспертная система: TALIB .....	176
13.3.3. Экспертная система: ACE.....	177
<b>14. РОБОТОТЕХНИКА .....</b>	<b>178</b>
14.1. НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ РОБОТОТЕХНИКИ.....	178
14.2. РОБОТ – ЧЕЛОВЕК.....	179
14.3. КОСМИЧЕСКИЕ РОБОТЫ .....	179
14.4. РОБОТОТЕХНИКА В МЕДИЦИНЕ .....	180
14.5. ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ РОБОТОТЕХНИКИ .....	182
<b>15. ПРЕДСТАВЛЕНИЕ НЕЧЕТКИХ ЗНАНИЙ.....</b>	<b>184</b>
15.1. ОБЩИЕ ПОНЯТИЯ.....	184
15.2. НЕЧЕТКИЕ МНОЖЕСТВА .....	185
15.3. ОПЕРАЦИИ НАД НЕЧЕТКИМИ МНОЖЕСТВАМИ .....	189
15.4. ОБЫЧНЫЕ ОТНОШЕНИЯ И ОПЕРАЦИИ НАД НИМИ .....	193
15.5. НЕЧЕТКИЕ ОТНОШЕНИЯ .....	196
15.6. ЛИНГВИСТИЧЕСКАЯ ПЕРЕМЕННАЯ.....	199
15.7. НЕЧЕТКИЙ ВЫВОД .....	201
<b>16. ПОСТРОЕНИЕ НЕЙРОСЕТЕВОЙ ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ .....</b>	<b>203</b>
16.1. ПОНЯТИЕ НЕЙРОСЕТЕВЫХ ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМ .....	203
16.2. ИСКУССТВЕННЫЙ НЕЙРОН .....	204
16.3. БАЗОВАЯ ИСКУССТВЕННАЯ МОДЕЛЬ .....	205
16.4. ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ .....	206
16.5. СБОР ДАННЫХ ДЛЯ НЕЙРОННОЙ СЕТИ.....	208
16.6. ПРЕ/ПОСТПРОЦЕССИРОВАНИЕ .....	209
16.7. МНОГОСЛОЙНЫЙ ПЕРСЕПТРОН (MLP) .....	211
16.8. ОБУЧЕНИЕ МНОГОСЛОЙНОГО ПЕРСЕПТРОНА.....	211
16.9. АЛГОРИТМ ОБРАТНОГО РАСПРОСТРАНЕНИЯ.....	212
16.10. ПЕРЕОБУЧЕНИЕ И ОБОБЩЕНИЕ.....	213
16.11. ОТБОР ДАННЫХ .....	215
16.12. ОБУЧЕНИЕ МНОГОСЛОЙНОГО ПЕРСЕПТРОНА.....	217
16.13. ДРУГИЕ АЛГОРИТМЫ ОБУЧЕНИЯ MLP .....	220
16.14. РАДИАЛЬНАЯ БАЗИСНАЯ ФУНКЦИЯ.....	221
16.15. ВЕРОЯТНОСТНАЯ НЕЙРОННАЯ СЕТЬ.....	224
16.16. ОБОБЩЕННО-РЕГРЕССИОННАЯ НЕЙРОННАЯ СЕТЬ.....	227
16.17. ЛИНЕЙНАЯ СЕТЬ.....	227

16.18. СЕТЬ КОХОНЕНА .....	228
16.19 ТАБЛИЦА СТАТИСТИК КЛАССИФИКАЦИИ .....	230
16.20. ОТБОР ПЕРЕМЕННЫХ И ПОНИЖЕНИЕ РАЗМЕРНОСТИ.....	230
<b>17. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КВАНТОВЫХ КОМПЬЮТЕРОВ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ.....</b>	<b>233</b>
17.1. ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ КВАНТОВЫХ КОМПЬЮТЕРОВ.....	233
17.2. ФИЗИЧЕСКИЙ СМЫСЛ КВАНТОВЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ.....	234
17.3. ОТЕЧЕСТВЕННЫЕ РАЗРАБОТКИ.....	235
<b>ЛИТЕРАТУРА.....</b>	<b>237</b>



## ВВЕДЕНИЕ

Область искусственного интеллекта (Artificial Intelligence, AI, ИИ) прямо нацелена на создание «думающей машины» т. е. компьютерной системы с человекоподобным интеллектом. При этом она должна обладать следующими характеристиками: личностные качества, желание, внимание, креативность, и др. Такая цель труднодостижима и поэтому разработки систем искусственного интеллекта (СИИ) сконцентрировались в основном на производстве системы узкоспециализированный искусственного интеллекта (УИИ), т. е. программного обеспечения, которое проявляет интеллект относительно определенных вопросов касающихся узких областей знаний.

Наибольшие успехи программного обеспечения, использующего ИИ, достигнуты в шахматных программах, программах диагностики заболеваний, распознавания речи и т. д. Например, система Deep Blue – победила чемпиона мира по шахматам, Mucin – может диагностировать небольшой набор заболеваний, причем часто так же точно, как и доктора. Кроме того созданы программы, которые переводят речь в текстовый документ (ViaVoice), анализируют хромосомные данные, автоматически приводят в движение колеса. Банки применяют СИИ в страховой деятельности (актуарная математика) при игре на бирже и управлении собственностью и т. д.

Некоторые исследователи считают, что УИИ, в конечном счете, приведет к универсальному искусственному интеллекту. По мнению основателя корпорации Google Сергея Брина, его поисковая система является УИИ и дальнейшая работа над алгоритмами поиска информации приведет к появлению все более интеллектуальных систем.

Многолетние исследования в сфере ИИ не принесли заметного успеха даже при моделировании относительно простых живых существ. Тому есть свои причины: живые организмы состоят из множества разнотипных клеток и органов, демонстрирующих гибкое функционирование, и смоделировать подобные структуры на всех уровнях, включая макро, пока не удастся. Кроме того, классические AI-модели, как правило, линейны, а «мыслящую» систему желательно составлять из иерархически организованных элементов, каждый из которых в свою очередь будет представлять сложный модуль с собственным интеллектом.

Поиск обходных путей, конечно, ведется постоянно. Вместо термина AI выбран AGI (Artificial General Intelligence), и первая международная AGI-конференция прошла в 2008 г. В качестве стратегической цели AGI-проектов названо создание программ с интеллектом человека и даже выше. Однако за такой формальной технической целью скрывается грандиозная социальная концепция, имя которой – сингулярность. Это понятие предложил Джон фон Нейман, подразумевая под сингулярностью момент развития, после которого невозможно сформулировать более-менее достоверный прогноз будущих событий. Сегодня под технической сингулярностью (или просто сингулярностью) понимают ситуацию, когда компьютеры сравняются с человеком по интеллекту, объединят через Сеть свои ресурсы в единый суперразум и поведут себя совершенно непредсказуемым образом. Предполагается, что последние годы перед достижением точки «непрогнозируемости» будут характеризоваться стремительно ускоряющимся темпом развития технологий.

Для создания современных интеллектуальных систем необходимо знать модели представления знаний, их особенности, достоинства и недостатки. Перечисленные модели необходимы для разработки баз знаний (БЗ), их описания, представления и формализации для ввода в ЭВМ. С целью математической записи БЗ и ввода ее в ЭВМ необходима теория предикатов

Для разработки механизмов логического вывода необходимо проанализировать и выбрать методы поиска решений, а также рассмотреть теорию высказываний и различные подходы использования аксиоматической системы с целью обобщения и абстрагирования, теорем и принципов дедукции резолюций. В результате использования перечисленных понятий получается более гибкая, интеллектуальная система.

В учебном пособии рассматриваются примеры использования интегрированной среды программирования баз знаний на языках Prolog и Visual Prolog для решения задач ИИ. Даются рекомендации для построения баз знаний.

Уделяется внимание нейронным сетям как одному из перспективных направлений СИИ, в том числе и универсальным СИИ (УСИИ). Приводятся примеры моделирования СИИ на базе современных отечественных нейромикропроцессорах семейства NM 640X.

В работе приводится понятие экспертной системы (ЭС), классификация ЭС и примеры использования и разработки ЭС в различных направлениях народного хозяйства: медицине, вычислительной техники, геологии, химии, биологии и др.

Для построения более интеллектуальных систем нового поколения рассматривается представление нечетких знаний, описывается основная теория и приводятся примеры разработки ЭС.

Современные подходы к созданию перспективных СИИ и УСИИ связаны с использованием квантовых компьютеров, разрабатываемых как в России, так и за рубежом.

# 1. ИСТОРИЧЕСКИЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

«Искусственный интеллект», который, по прогнозам время от времени пишущих на футурологические темы журналистов, должен появиться в этом столетии, на самом деле уже существует несколько десятков лет. Он представляет собою не таинственный рукотворный мозг, упрятанный в стальную голову робота или занимающий несколько этажей строго засекреченного здания, а науку, сложную, разветвленную, имеющую свою достаточно долгую историю разочарований и достижений. **Искусственный интеллект** – направление информатики, целью которого является разработка аппаратно-программных средств, позволяющих пользователю – не программисту ставить и решать свои традиционно считающиеся интеллектуальными задачи, общаясь с ЭВМ на ограниченном подмножестве естественного языка.

## 1.1. ПРЕДЫСТОРИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Идея создания искусственного подобия человека для решения сложных задач и моделирования человеческого разума витала в воздухе еще в древнейшие времена. В Древнем Египте была создана «оживающая» механическая статуя бога Амона. У Гомера в «Илиаде» бог Гефест ковал человекоподобные существа-автоматы. В литературе эта идея обыгрывалась многократно: от Галатеи Пигмалиона до Буратино папы Карло. Однако родоначальником ИИ считается средневековый испанский философ, математик и поэт Раймонд Луллий, который еще в XIII в. попытался создать механическую машину для решения различных задач на основе разработанной им всеобщей классификации понятий.

Позже Лейбниц и Декарт независимо друг от друга продолжили эту идею, предложив универсальные языки классификации всех наук. Эти работы можно считать первыми теоретическими работами в области ИИ.

Окончательное рождение ИИ как научного направления произошло только после создания ЭВМ в 40-х гг. XX в. В это же время Норберт Винер создал свои основополагающие работы по новой науке – кибернетике.

Термин «**искусственный интеллект**» – (ИИ, AI – artificial intelligence) был предложен в 1956 г. на семинаре с аналогичным названием в Дартсмутском колледже (США). Семинар был посвящен разработке методов решения логических, а не вычислительных задач. В английском языке данное словосочетание не имеет той слегка фантастической антропоморфной окраски, которую оно приобрело в довольно неудачном русском переводе. Слово intelligence означает «умение рассуждать разумно», а вовсе не «интеллект», для которого есть английский аналог: intellect.

Исследования в области ИИ, первоначально были сосредоточены в нескольких университетских центрах США (Массачусетском технологическом институте, Технологическом институте Карнеги в Питтсбурге, Станфордском университете) и России (МГУ, МВТУ, МИФИ). В настоящее время ведутся исследования во многих других университетах и корпорациях США, России и других стран. В общем, исследователей ИИ, работающих над созданием мыслящих машин, можно разделить на две группы. Одних интересует чистая наука и для них компьютер – лишь инструмент,

обеспечивающий возможность экспериментальной проверки теорий процессов мышления. Интересы другой группы лежат в области техники: они стремятся расширить сферу применения компьютеров и облегчить пользование ими. Многие представители второй группы мало заботятся о выяснении механизма мышления – они полагают, что для их работы это едва ли более полезно, чем изучение полета птиц и самолетостроения.

## 1.2. ОТ ЛОГИКИ К КИБЕРНЕТИКЕ

Человек всегда старался понять, как он мыслит, по каким законам и правилам строятся его рассуждения, в чем гарантия истинности его умозаключений. *Логика* – древнейшая из наук. Законы, открытые еще Аристотелем (IV в. до н. э.), верны и поныне и лежат в основе современной формальной логики. В XX в. логика как наука приобретает второе дыхание – она становится наукой... технической: по законам формальной логики строятся электрические схемы элементов и узлов ЭВМ, позволяя им решать не только математические, но и чисто логические задачи. Все это в какой-то мере моделировало интеллектуальную деятельность человека. Но хотелось большего.

Искусственный интеллект появился на базе вычислительной техники, математической логики, программирования, психологии, лингвистики, нейрофизиологии и др. С появлением и совершенствованием вычислительной техники появилась возможность решать не только задачи вычислительного характера, но и различные логические задачи, играть в шахматы с компьютером, создавать различные игровые программы, музыкальные мелодии, распознавать образы и управлять различными объектами, переводить с одного языка на другой и доказывать теоремы.

Вскоре после признания ИИ отдельной областью науки произошло разделение его на 2 направления: нейрокибернетика и «кибернетика черного ящика». Эти направления развиваются практически независимо, существенно различаясь как в методологии, так и в технологии. И только в настоящее время стали заметны тенденции к объединению этих частей вновь в единое целое.

## 1.3. НЕЙРОКИБЕРНЕТИКА

Основную идею этого направления можно сформулировать следующим образом: единственный объект, способный мыслить, – это человеческий мозг. Поэтому любое мыслящее устройство должно каким-то образом воспроизводить его структуру. Таким образом, нейрокибернетика ориентирована на программно-аппаратное моделирование структур, подобных структуре мозга. Усилия нейрокибернетики были сосредоточены на создании элементов, аналогичных нейронам, и их объединении в функционирующие системы, т. е. в нейронные сети. Первые нейросети были созданы в 1956–65 гг. Это были не очень удачные попытки создать системы, моделирующие человеческий глаз и его взаимодействие с мозгом. Постепенно в 1970–80 гг. количество работ по этому направлению ИИ стало снижаться. Слишком неутешительны были первые результаты. Авторы объясняли неудачи малой памятью и низким быстродействием существующих в то время компьютеров.

Однако в Японии в рамках проекта «ЭВМ V поколения» был создан первый нейромкомпьютер, или компьютер VI поколения. К этому времени ограничения по памяти и быстродействию были практически сняты. Появились транспьютеры – параллельные компьютеры с большим количеством процессоров.

Транспьютерная технология – это только один из десятка новых подходов к аппаратной реализации нейросетей, которые моделируют иерархическую структуру мозга человека.

Сегодня можно выделить 3 подхода к созданию нейросетей: аппаратный (создание специальных компьютеров, нейрочипов, плат расширения, наборов микросхем); программный (создание программ и инструментариев, рассчитанных на высокопроизводительные компьютеры; сети создаются в памяти компьютера, всю работу выполняют его собственные процессоры); гибридный (комбинации первых двух).

## 1.4. КИБЕРНЕТИКА «ЧЕРНОГО ЯЩИКА» И ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ

В основу этого подхода положен принцип, противоположный нейрокибернетике. Не имеет значения, как устроено «мыслящее» устройство. Главное, чтобы на заданные входные воздействия оно реагировало так же, как человеческий мозг.

Сторонники этого направления мотивировали свой подход тем, что человек не должен слепо следовать природе в своих научных и технологических поисках. Вспомним, что колеса в природе нет. К тому же пограничные науки о человеке не смогли внести существенного теоретического вклада, объясняющего хотя бы приблизительно, как протекают интеллектуальные процессы у человека, как устроена память и как человек познает окружающий мир.

Это направление ИИ было ориентировано на поиски алгоритмов решения интеллектуальных задач на существующих моделях компьютеров. Существенный вклад в становление новой науки внесли ее пионеры: Маккарти, Минский, Ньюэлл, Саймон, Шоу, Хант и др.

Искусственный интеллект становится одной из наиболее перспективных и престижных областей информатики.

## 1.5. ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ СИСТЕМ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

История развития СИИ начинается с середины 50-х гг. и связана с уровнем развития вычислительной техники. Условно можно выделить 7 этапов развития ИИ, каждый из которых связывается с определенным уровнем развития ИИ и парадигмой, реализуемой в конкретной системе.

Парадигма – новая идея математического описания работы СИИ.

Эти этапы наглядно представлены в табл. 1.1.

*Таблица 1.1. Основные этапы развития СИИ*

<i>Годы</i>	<i>Парадигма</i>	<i>Исполнитель</i>	<i>Системы</i>
50-е	Нейрон и нейронные сети	Маккалох, Винер, Розенблат, Липунов А. А.	Перцептрон, автоматы и мышление

Окончание табл. 1.1

Годы	Парадигма	Исполнитель	Системы
60-е	Эвристический поиск	Ньюэлл, Саймон, К. Шеннон, Тьюринг, Глушков В. М., Берг А. И.	GPS, кибернетика
70-е	Представление знаний	Шортлив, Минский, Поспелов Д. А.	Мусin-мед. Экспертная система, ситуационное управление
80-е	Обучающие машины, САПР	Шпат, Холланд	CAD (Computer-aided design), EURISCO
90-е	Автоматизированные обрабатывающие центры		ЧПУ (числовое программное управление)
2000	Робототехника		Различные роботы Японии, CAD, CAE, CAN, CAQ
2008	Сингулярность		AGI (Artificial General Intelligence)

Проследим вкратце эволюцию развития «интеллекта» ЭВМ (машинного интеллекта). В ней можно выделить несколько принципиально различных этапов развития.

**Этап 1 (50–е годы).** Он связан с появлением первых машин последовательного действия, с очень небольшими, по сегодняшним меркам, ресурсными возможностями по памяти, быстродействию и классам решаемых задач. Это были задачи сугубо вычислительного характера, для которых были известны схемы решений и которые можно описать на некотором формальном языке. К этому же классу относятся и задачи на адаптацию.

Таким образом, первый этап эволюции «интеллекта» ЭВМ соответствовал формированию вычислительного «интеллекта», который носил чисто алгоритмический характер и достаточно просто поддавался формализации и программированию. Поэтому при разработке систем автоматизации различных видов деятельности человека необходимо было: выделить задачи расчетного характера, увязать их в определенную систему, построить формальные математические модели, подобрать методы решения, запрограммировать, проверить на адекватность и соответствие результатам деятельности человека и затем использовать в практической работе. Можно сказать, что такого рода автоматизация носила фрагментарный (точечный) характер и, естественно, быстро перестала удовлетворять реальным потребностям. Недостатком такого рода алгоритмов было то, что в них в едином алгоритмическом процессе переплетались данные входные и промежуточные с операторами их обработки (действиями). И отделить данные от процессов их преобразования (знаний о процессах обработки) было невозможно. Это создавало огромные потребности в программистах и необходимость постоянного «дотягивания» программ до постоянно меняющихся алгоритмов. И даже с появлением алгоритмических языков, которые повышали производительность труда программистов не менее чем на порядок, ситуация принципиально не изменилась.

**Этап 2 (60-е годы).** По мере развития возможностей ЭВМ и их насыщения усложнялись задачи и осознавались новые рутинные виды деятельности, которые хотелось передать машине. В частности, был осознан новый класс задач, решаемых человеком постоянно. Это были задачи поиска и сортировки информации, работа с БД. В «интеллект» машины добавились механизмы поиска, сортировки, простейшие операции по обобщению информации, не зависящие от смысла обрабатываемых данных. Это стало новой точкой отсчета в развитии и понимании задач автоматизации деятельности человека. Можно сказать, что с этого момента и началась эпоха массовой автоматизации систем управления, проектирования, управления технологическими процессами и т. п., продолжавшаяся до конца 80-х годов.

Практически параллельно в мире (США, Англия) развивалось научное направление, идеи которого принципиально отличались от принятых. Задачи этого класса характеризуются отсутствием априори известных схем решения, даже при условии привлечения дополнительных знаний о предметной области. Поэтому для решения таких задач используются сложные иерархические построения и программы, имитирующие механизмы мышления человека. Этот класс задач было принято считать интеллектуальным, а методы их решения стали развиваться в рамках научного направления, получившего название эвристического программирования. Его сторонники (Саймон А., Шоу Дж., Гелентер Г. и др.) считали, что интеллектуальной можно называть только ту программу, которая обладает механизмом логического вывода и которая на его основе способна самостоятельно синтезировать алгоритмы решения задач. При этом под решением задач понимался такой алгоритм, выполнение которого переводит объект управления (процесс, среду и т. п.) из начального состояния в целевое.

Этот алгоритм необходимо было каждый раз синтезировать автоматически на основе описания пространства состояний задачи. При этом в качестве прототипа модели механизма мышления использовалась теория логического вывода, хорошо разработанная в метаматематике.

На этом пути были достигнуты фундаментальные для теории ИИ результаты: апробирован и исследован механизм логического вывода и разработаны программы автоматического доказательства теорем в логике, арифметике, планиметрии; получены новые методы и алгоритмы, ускоряющие процесс логического вывода и сделавшие возможным его эффективную реализацию на ЭВМ и др. Именно в рамках эвристического программирования были разработаны: теория построения пространства состояний; методы поиска решений в нем (лабиринтная гипотеза); наработаны универсальные эвристики разбиения задачи на подзадачи и сокращения пространства поиска решений.

Это стало основой новых методов, языков программирования и моделей постановки и решения оптимизационных задач в математическом программировании (методы скорейшего спуска, ветвей и границ и др.), в распознавании образов.

Другим важнейшим результатом этого этапа развития ИИ стало понимание возможности разделения данных и механизмов их обработки в рамках формальных моделей представления знаний. Развитие этого направления стимулировалось наличием социального заказа в США, Японии и Европе на создание интеллектуальных роботов для исследования космического пространства и новых планет, для работы в недоступных или опасных для человека средах. Построить искусственный разум робота

для таких целей невозможно было на основе вычислительного и поискового интеллектов. Нужен был принципиально новый подход, который развивался бы в рамках эвристического программирования и моделирования нейронных сетей (перцептронов). Исследования проводились на задачах: на кубиках (планирование поведения роботов при сборке простейших конструкций), на построение пространства состояний и поиск в нем решений для игр (крестики – нолики, шашки, шахматы и т. п.).

В рамках этих исследований появились понятия: модель предметной области, пространство состояний и поиска решений, модель представления знаний, стратегии вывода и др., которые и составили в дальнейшем предмет нового научного направления под общим названием «искусственный интеллект». Таким образом, третий этап развития обогатил «интеллект» машины логикой (логическим выводом) как одним из основных механизмов мышления человека.

**Этап 3 (70-е годы).** В конце 70-х годов в мире даже намечился некоторый «кризис жанра», поскольку огромные вложения не приводили к сколько-нибудь убедительным практическим результатам. Это продолжалось до тех пор, пока учеными не была осознана важность *знаний* (по объему и содержанию) для синтеза интересных алгоритмов решения задач. При этом имелись в виду знания, с которыми математика не умела работать, т. е. опытные знания, не носящие строгого формального характера и описываемые обычно в декларативной форме. Это знания специалистов в различных областях деятельности, врачей, химиков, исследователей и т. п. Такие знания получили название экспертных знаний, и соответственно системы, работающие на основе экспертных знаний, стали называться системами-консультантами или экспертными системами (не путать с экспертными оценками – это совсем другое).

В рамках экспертных систем как важнейшего типа систем ИИ произошло соединение неформально описываемых знаний с механизмами логического вывода и другими методами, разработанными в рамках эвристического программирования. Это дало потрясающий эффект в виде экспертных систем для самых различных направлений деятельности, к которым ранее никакие математические формализации не подходили: медицина, химия, геология, управление и т. д. Именно в рамках экспертных систем были разработаны неформальные модели представления знаний, модели вывода в различных представлениях, псевдофизические логики, логика рассуждений или логика правдоподобного вывода и т. п.

**Этап 4 (80-е годы).** Четвертый этап развития ИИ стал прорывным. С появлением экспертных систем в мире начался принципиально новый этап развития интеллектуальных технологий – эра интеллектуальных систем – консультантов, которые предлагали варианты решений, обосновывали их, способны были к обучению и, следовательно, к развитию, общались с человеком на привычном для него, хотя и ограниченном, естественном языке. Знания стали товаром. Носителей систем знаний называли экспертами. Человечество получило возможность сохранять и накапливать базы знаний отдельных специалистов (или групп специалистов) в определенной области. Знания стало возможным собирать, тиражировать, проектировать, сделать доступными для всех заинтересованных в нем людей. Появилась новая профессия – «инженер по знаниям» или «инженер – когнитолог».



**Этап 5 (90-е годы).** Усложнение систем связи и решаемых задач потребовало качественно нового уровня «интеллектуальности» обеспечивающих программных систем, таких систем, как защита от несанкционированного доступа, информационная безопасность ресурсов, защита от нападений, смысловой анализ и поиск информации в сетях и т. п. И новой парадигмой создания перспективных систем защиты всех видов стали интеллектуальные системы. Именно они позволяют создавать гибкие среды, в рамках которых обеспечивается решение всех необходимых задач. Это новое направление получило название мультиагентных систем. Каждый агент имеет свою систему целеполагания и мотивации, свою область действий и ответственности, а взаимодействие между ними обеспечивается метаинтеллектом. В рамках такого осмысления традиционные методы, алгоритмы и программы становятся элементарными «кирпичиками», из которых строятся затем алгоритмы и решения возникающих задач. Таким образом, моделируется некоторое виртуальное сообщество интеллектуальных агентов-систем, которые автономны, активны, вступают в различные «социальные» отношения – кооперации и сотрудничества (дружбы), конкуренции, соревнования, вражды и т. п. Этот «социальный» аспект решения задач – *фундаментальная особенность концептуальной новизны передовых информационных технологий, искусственных (виртуальных) организаций, виртуального общества.*

Уже сегодня мультиагентные системы находят широчайшее применение для: распределенного решения сложных задач, совмещенного проектирования изделий, построения виртуальных предприятий, моделирования больших производственных систем и электронной торговли, электронной разработки сложных компьютерных систем, управления системами знаний и информации и т. п. Мы являемся свидетелями триумфального шествия по миру интеллектуальных информационных технологий (ИИТ), основанных на идеях экспертных систем и мультиагентности. Именно они делают цивилизованные страны практически недостижимыми для других, пока еще только развивающихся, стран. Именно ИИТ сегодня в мире являются источником глобальной власти и материального благополучия.

**Этап 6 (2000-е годы).** Область применения роботов достаточно широка и простирается от автономных газонокосилок и пылесосов до современных образцов военной и космической техники. Модели оборудованы навигационной системой и всевозможными периферийными датчиками. Роботы-пылесосы перемещаются по квартире по случайным траекториям, собирая мусор и объезжая статические предметы, и удирают от движущихся объектов (людей и животных). Современным роботом является «интеллектуальный дом», который осуществляет не только управление доступом к жилищу по дактилоскопическим и биометрическим данным, но и удаленное управление бытовой техникой, составляющей специализированную вычислительную сеть. Кроме того, такой «интеллектуальный дом» решает задачи многоуровневой защиты от несанкционированного доступа с возможностью имитации присутствия.

Известны беспилотные самолеты, луноходы и другие автономные средства космического назначения.

Промежуточную роль занимают различного рода манипуляторы и обрабатывающие центры, например роботизированные производства на автомобильных гигантах Ford, GM, ВАЗ и др.

**Этап 7 (год 2008).** В 1993 году на симпозиуме VISION-21, который проводился Центром космических исследований NASA им. Льюиса и Аэрокосмическим институтом Огайо, была представлена статья «Грядущая технологическая сингулярность: как выжить в пост-человеческую эру» (The Coming Technological Singularity: How to Survive in the Post-Human Era). Автором доклада был математик и писатель Вернон Виндж (Vernor Vinge). В 2003 г. автор дополнил эту статью некоторыми комментариями. Статья была написана более десяти лет назад, но актуальна до сих пор. Те комментарии, которые внес автор спустя десять лет после первоначального написания, лишь дополняют первоначальную статью.

## 2. УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ – ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ

### 2.1. УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ

Около 50 лет назад область ИИ была прямо нацелена на создание «думающей машины» – компьютерной системы с подобным человеку интеллектом. Весь комплект, упакованный всеми позывами, такими как личностные качества, желание, внимание, креативность и т. д.

Но эта цель трудно достигаема, и поэтому поиски ИИ сконцентрировались в основном на производстве системы «узко профильного искусственного интеллекта», т. е. софта, который проявляет интеллект относительно определенных вопросов, касающихся узких доменов.

Эта работа «узко профильного искусственного интеллекта» часто бывает довольно успешной. Она производится в случаях, например, игры в шахматы, где программа может выиграть у человека, или программ, которые могут ставить диагнозы болезней лучше, чем доктор. Созданы программы, которые переводят речь в текстовый документ, анализируют хромосомные данные, автоматически приводят в движение колеса, прогнозируют биржевой курс. Этот список можно продолжать и продолжать. Фактически, основное направление софта, такое как Google и математика, использует алгоритмы ИИ, так как в общем случае перечисленные выше алгоритмы имеют сходство с тем, чему обучают в университетском курсе по технологии программирования.

Существует выражение, что когда одна цель достигнута средствами компьютерного программирования, то это классифицируется как не искусственный интеллект, и с еще большей долей сарказма убеждаемся, что есть в этом выражении правда. Но самая суть в том, что УИИ учит нас, каким образом все эти различные достижения в создании специализированных инструментов ИИ в реальности являются составляющими для создания «думающей машины». Все эти достижения узко специализированного искусственного интеллекта используются сами по себе и еще не так далеко внедрились в процесс создания «думающей машины».

Некоторые исследователи верят в то, что УИИ, в конечном счете, приведет нас к универсальному искусственному интеллекту. Вот что, наверное, имел в виду основатель Google Сергей Брин, когда назвал Google компанией ИИ. Его идеи следующие, грубо говоря: Google – УИИ, работая над поиском информации и всем тем, что относится к теме, приведет к более умным машинам которые, в конце концов, достигнут по настоящему схожего с человеческим по уровню осознания и понимания интеллекта.

С другой стороны, некоторые исследователи, верят в то, что узкоспециализированный искусственный интеллект и универсальный искусственный интеллект являются абсолютно разными в своем значении. В перспективе, если универсальный интеллект является целью, то необходимо его переориентировать в главную цель этой области – переход от узкоспециализированных проблем к решению более сложных вопросов человеческого интеллекта и уровням человеческого интеллекта. Согласно этому мнению, некоторые исследователи ИИ стали использовать термин универсаль-

ный искусственный интеллект или УИИ, чтобы отличить работу, нацеленную на разработку универсального искусственного интеллекта, от узко профильных проблем.

Некоторая часть работы, сделанная уже по узко специализированному искусственному интеллекту, может сыграть важную роль в разработке универсального искусственного интеллекта, но в его перспективе для максимального применения необходимо искусственный интеллект использовать немного по-другому.

## **2.2. ОБЩИЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА**

Искусственный интеллект возник еще со времен легенды о Пигмалионе как поэтическое восхищение человечества перед искусственными разумными существами (пример: «Говорящая голова» – «Руслан и Людмила»). Основное развитие искусственный интеллект получил в 50-е гг. XX в. с появлением ЭВМ, так как появился инструментарий для реализации СИИ.

В 1945 г. была создана первая ЭВМ «ЭНИАК» учеными и студентами Гарвардского университета. В СССР первая ЭВМ – малая электронно-счетная машина (МЭСМ) была разработана учеными и дипломниками МЭИ под руководством С.А. Лебедева в 1947 г. Разработка этой машины послужила основой создания ИТМ и ВТ, который сейчас носит имя С.А. Лебедева. Учеными были созданы мощные вычислительные комплексы БЭСМ 2,4 Эльбрус 1, Эльбрус 2. В настоящее время разработан микропроцессор ELBRUS E2K (E2000) как представитель микропроцессоров восьмого поколения.

Часть работ Эльбруса – микропроцессор Pentium с суперскалярной структурой, которая была заложена Лебедевым в 1972 г. и реализована в 1990 г. Параллельно созданию универсальных ЭВМ ученые занимаются созданием компьютеров, действующих по принципу человеческого разума и способных заменить человека. Такие вновь создаваемые системы стали называться системами искусственного интеллекта.

Согласно прогнозам западных и отечественных ученых современное развитие вычислительной техники с элементами ИИ ведет к новой информационной революции, сравнимой по масштабам с Internet. Системы искусственного интеллекта являются «горячей» точкой в современных исследованиях, так как они предназначены для создания суперкомпьютеров, являющихся стратегическим потенциалом любого государства.

В настоящее время данные о суперкомпьютерах (WWW.Top 500) публикуются каждые полгода. В 2004 г. пальма первенства принадлежала «Симулятору Земли», разработанному японской фирмой NEC и содержащему около 300 микропроцессоров («Симулятор Земли» анализирует климатические условия Земли).

Системы искусственного интеллекта являются актуальной задачей исследований, так как в этой области сконцентрировано наибольшее количество ученых разных направлений: медики, биологи, информатики и другие. В процессе разработки новые методы научных междисциплинарных исследований.

Кроме того, в процессе создания СИИ обнаруживаются проблемы, выходящие далеко за пределы традиционных направлений информатики, физики, биологии и пр.

Создание машин, имитирующих работу человеческого мозга, требует новых подходов к методам исследования, проектирования, разработки и создания современных вычислительных систем.

В настоящее время существует 3 концепции создания ИИ:

1. Часть ученых полагает, что интеллект – это умение решать сложные задачи.
2. Другие считают, что интеллект – способность систем к обучению.
3. Третьи уверены, что интеллект – это возможность взаимодействовать с внешним миром путем общения – восприятия и осознания воспринятого.

Однако обобщением всех трех концепций является мнение одного из основоположников вычислительной техники Алана Тьюринга, который полагает, что компьютер или СИИ можно считать разумными, если они способны заставить нас поверить, что мы имеем дело не с машиной, а с человеком.

Примерами таких систем являются шахматные программы Blue 2, Blue 3, с которыми сразился чемпион мира Гарри Каспаров.

В настоящее время существует 3 подхода к моделированию СИИ:

1. Машинный интеллект заключается в строгом задании результатов функционирования.
2. Создание СИИ направленно на моделирование внутренней структуры системы.
3. Комбинированный подход как сочетание двух вышеперечисленных.

Разделение на указанные подходы связано с 2 основными точками зрения на вопрос: как строить СИИ?

1. Важнее всего получить результат, т. е. главным является совпадение поведения искусственно созданного интеллекта с реально существующим, при этом не учитывается внутренний механизм формирования поведения, т. е. СИИ представляет собой «черный ящик».
2. Изучение механизмов естественного мышления и анализ данных о способах разумного поведения могут создать основу для построения СИИ, т. е. моделирование воспроизведения техническими средствами принципов и конкретных особенностей функционирования является главным.

Таким образом, СИИ строятся по следующему алгоритму:

- 1) анализируются способы разумного поведения, которые записываются математически;
- 2) реализуются реальными техническими средствами;
- 3) воплощаются в виде реальных систем.

Выделяют 2 основных направления:

Согласно **первому направлению** рассматривают продукты интеллектуальной деятельности человека и стремятся воспроизвести их средствами вычислительной техники. При этом моделирование систем достигается за счет использования законов формальной логики, теории четких и нечетких множеств, графов, семантических сетей и других моделей. Основные результаты машинного интеллекта заключаются в создании экспертных систем и систем разбора естественного языка.

Согласно **второму направлению** рассматриваются данные на уровнях физиологических, нейропсихических и психических механизмов для реализации этих механизмов в виде СИИ. В этом случае ученые стараются их воспроизвести с помощью

технических устройств, аппаратной или программной реализации. В дальнейшем рассмотрение СИИ будет базироваться на математической интерпретации работы нервной системы во главе с мозгом человека и реализации СИИ в виде нейроподобных сетей на базе нейрокомпьютера. Это является одним из перспективных направлений.

### 2.3. ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В РОССИИ

В 1954 г. в МГУ начал работу семинар «Автоматы и мышление» под руководством академика А.А. Ляпунова (1911–1973), одного из основателей российской кибернетики. В этом семинаре принимали участие физиологи, лингвисты, психологи, математики. Принято считать, что именно в это время родился искусственный интеллект в России. Как и за рубежом, выделились 2 основных направления – нейрокибернетики и кибернетики «черного ящика».

В 1954–64 гг. создаются отдельные программы и проводятся исследования в области поиска решения логических задач. В ЛОМИ – Ленинградском отделении Математического института им. Стеклова – создается программа АЛПЕВ ЛОМИ, автоматически доказывающая теоремы. Она основана на оригинальном обратном выводе Маслова, аналогичном методу резолюций Робинсона. Среди наиболее значимых результатов, полученных отечественными учеными в 60-е гг., следует отметить алгоритм «Кора» М.М. Бонгарда, моделирующий деятельность человеческого мозга при распознавании образов. Большой вклад в становление российской школы искусственного интеллекта внесли выдающиеся ученые М.Л. Цетлин, В.Н. Пушкин, М.А. Гаврилов, чьи ученики и явились пионерами этой науки в России.

В 1965–80 гг. происходит рождение нового направления – ситуационного (соответствует представлению знаний – в западной терминологии). Основателем этой научной школы стал проф. Д. А. Поспелов. Были разработаны специальные модели представления ситуаций – представления знаний.

При том, что отношение к новым наукам в советской России всегда было настороженное, наука с «вызывающим» названием тоже не избежала этой участи и была встречена в Академии наук в штыки. К счастью, даже среди членов Академии наук СССР нашлись люди, не испугавшиеся столь необычного словосочетания в качестве названия нового научного направления.

Только в 1974 г. при Комитете по системному анализу при президиуме АН СССР был создан научный Совет по проблеме «Искусственный интеллект», его возглавил Г.С. Поспелов.

По инициативе Совета было организовано 5 комплексных научных проектов, которые были возглавлены ведущими специалистами в данной области: «Диалог» (работы по пониманию естественного языка), «Ситуация» (ситуационное управление), «Банк» (банки данных), «Конструктор» (поисковое конструирование), «Интеллект робота».

В 1980–90 гг. проводятся активные исследования в области представления знаний, разрабатываются языки представления знаний, экспертные системы. В МГУ создается язык РЕФАЛ.

В 1988 г. создается АИИ – Ассоциация искусственного интеллекта, президентом единогласно избирается Д.А. Поспелов, выдающийся ученый, чей вклад в развитие ИИ в России трудно переоценить. В рамках Ассоциации проводится большое коли-

чество исследований, организуются школы для молодых специалистов, семинары, симпозиумы, раз в 2 года собираются объединенные конференции, издается научный журнал.

Уровень теоретических исследований по искусственному интеллекту в России ничуть не ниже мирового. К сожалению, начиная с 80-х гг. на прикладных работах начинает сказываться постепенное отставание в технологии. На данный момент отставание в области разработки промышленных интеллектуальных систем составляет порядка 3–5 лет.

Однако обнаружилось, что как научные, так и технические поиски столкнулись с несоизмеримо более серьезными трудностями, чем представлялось первым энтузиастам. На первых порах многие пионеры ИИ верили, что через какой-нибудь десяток лет машины обретут высочайшие человеческие таланты. Предполагалось, что, преодолев период «электронного детства» и обучившись в библиотеках всего мира, хитроумные компьютеры, благодаря быстродействию, точности и безотказной памяти, постепенно превзойдут своих создателей-людей. Сейчас мало кто говорит об этом, а если и говорит, то отнюдь не считает, что подобные чудеса не за горами.

На протяжении всей своей короткой истории исследователи в области ИИ всегда находились на переднем крае информатики. Многие ныне обычные разработки, в том числе усовершенствованные системы программирования, текстовые редакторы и программы распознавания образов, в значительной мере рассматриваются в работах по ИИ. Короче говоря, теории, новые идеи, и разработки ИИ неизменно привлекают внимание тех, кто стремится расширить области применения и возможности компьютеров, сделать их более «дружелюбными», т. е. более похожими на разумных помощников и активных советчиков.

По мере распространения компьютерных технологий, работа с информацией и компьютерными агентами станет занимать все большую часть человеческой жизни. ИИ-агенты будут помнить за человека, помогать ему в поиске и обработке информации. Подобное «усиление разума» (intelligence amplification) – один из путей к сверхразуму. Развитие носимых и вживляемых компьютеров приведет к тому, что большинство людей станет окружено «экзокорой», сонмом компьютеров, по сути выполняющих часть мыслительной работы и хранящих часть памяти своего хозяина. Дополненная реальность будет стирать границы между внутренним миром (воображением, памятью) и миром реальным. Человек будет воспринимать реальность уже насыщенной дополнительной информацией – имена незнакомых людей, аргументы собеседника, сведенные в единую систему, справочная информация, любопытные идеи, подсказанные ИИ-агентами. Дальнейшая миниатюризация микрочипов сделает возможной прямой интерфейс между мозгом и компьютером, обеспечивая примитивное считывание и запись мыслей. Появление совершенных нанотехнологий и создание субклеточных нанороботов сделает возможным считывание и запись информации на уровне отдельного нейрона. Это даст человеку полный контроль над собственным мозгом.