

ЗАНИМАТЕЛЬНАЯ

МАНТА

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ

Сакамото Маки
Савада



ДМК
издательство

ОМША
Ohmsha

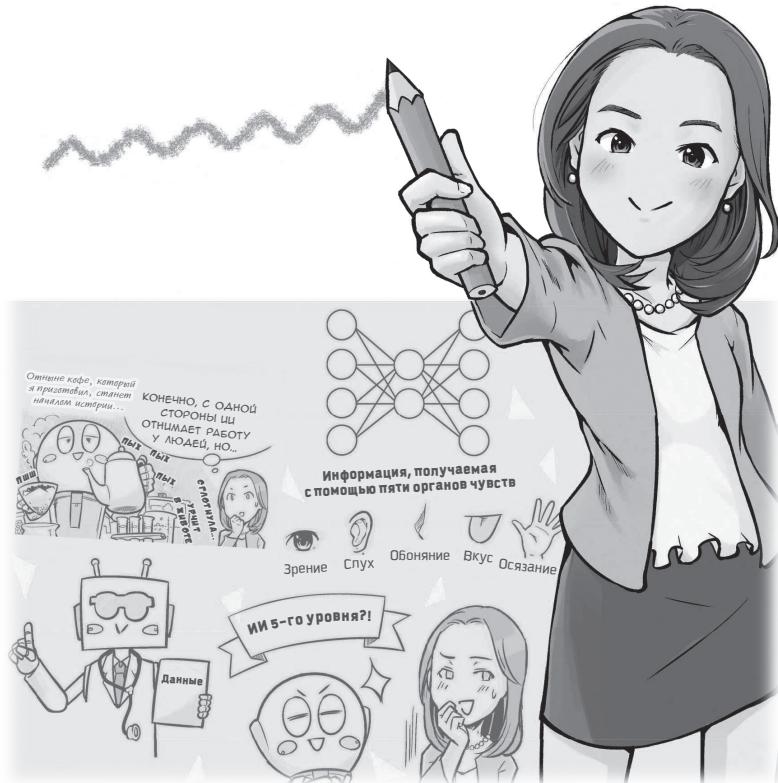
Занимательная информатика

Искусственный интеллект

Манга

人工知能 が ほぼほぼ わかる本

坂本 真樹 / 著
澤田 様 / 作画



ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ МАНГА

ЗАНИМАТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАТИКА

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ

Сакамото Маки

Художник Савада

Перевод
С. Л. Плехановой



Москва
ДМК Пресс, 2023

УДК 004.04

ББК 32.372

C15

Сакамото Маки

C15 Занимательная информатика. Искусственный интеллект. Манга / Сакамото Маки (автор), Савада (худ.); пер. с яп. С. Л. Плехановой. — М.: ДМК Пресс, 2022. — 188 с. : ил. — (Серия «Образовательная манга»). — Доп. тит. л. яп.

ISBN 978-5-93700-115-3

Маки Сакамото, преподавательница университетского курса по искусственному интеллекту (ИИ), приветствует нового студента: это высокофункциональный робот, который хочет разобраться, как он устроен. Вместе с ним читатель узнает, когда появился искусственный интеллект и как он обучается, что такое нейронные сети, как работает глубокое обучение и в каких областях на сегодняшний день применяется ИИ – от игр и медицины до автоматизированных разговорных систем, музыки и живописи.

Материал изложен просто и доступно – для чтения не требуется специальной технической подготовки. Манга будет интересна всем, кто интересуется искусственным интеллектом и современными технологиями.

УДК 004.04

ББК 32.372

Manga Jinkou Chinou ga hobohobo wakaru hon (Manga Guide: Artificial Intelligence)

By Maki Sakamoto (Author), Sawada (Illustrator)

and TREND-PRO Co., Ltd. (Producer)

Published by Ohmsha, Ltd.

Russian language edition copyright © 2022 by DMK Press

Все права защищены. Никакая часть этого издания не может быть воспроизведена в любой форме или любыми средствами, электронными или механическими, включая фотографирование, ксерокопирование или иные средства копирования или сохранения информации, без письменного разрешения издательства.

ISBN 978-4-274-22050-0 (яп.)

ISBN 978-5-93700-115-3 (рус.)

Copyright © 2019 by TREND-PRO Co., Ltd.

© Издание, перевод, ДМК Пресс, 2022

ПРЕДИСЛОВИЕ

За последние несколько лет было опубликовано большое количество книг, касающихся искусственного интеллекта. Похоже, такие книги довольно популярны по всему миру и неплохо продаются. Поэтому я думала, что уже поздновато писать об искусственном интеллекте, и точно не хотела писать об этом общую книгу. В это время из редакции Ohmsha, с которой я работала над другим проектом, поступило следующее предложение: «Поскольку вы являетесь членом редакционной коллегии журнала, издаваемого Японским обществом искусственного интеллекта, почему бы вам, Сакамото-сэнсэй, не написать книгу исключительно по-своему, как сможете только вы?» Я не могу отказать, когда меня просят (когда это, конечно, физически возможно), и я привыкла считать, что такие возможности посыпаются свыше, поэтому с благодарностью приняла предложение.

Первое, что пришло мне в голову при словах «Написать книгу исключительно по-своему», – это сделать книгу на основе своих статей, получивших приз Японского общества искусственного интеллекта в 2014 году, а именно «Система оценки мгновенного впечатления от ономатопеи» (Журнал общества искусственного интеллекта, т. 29, № 1) и «Система, генерирующая ономатопеи, соответствующие эмоциональному впечатлению пользователя» (Журнал общества искусственного интеллекта, т. 30, № 1). Однако я решила, что это будет уже похоже на одержимость, и попробовала изменить направление книги на более ознакомительное.

До того я читала профессиональную литературу по искусственноому интеллекту, в данном же случае я решила изучить вводную литературу, чтобы понять, какие книги на эту тему издаются в мире. В результате у меня сложилось впечатление, что вводные книги, которые должны бы быть легко понятными, оказываются довольно сложными для обычных людей. На самом деле я слышала, как люди говорили, что искусственный интеллект у них ассоциируется с чем-то сложным, так что у них даже не возникает желания попытаться понять его. Поэтому я написала эту книгу с намерением сделать ее интересной и простой для понимания.

Эта книга создавалась с целью, чтобы ее было интересно читать даже тем, кто ничего не знает об искусственном интеллекте. Я бы хотела, чтобы эту книгу читали люди всех возрастов: и старшеклассники, чья карьера еще

впереди; и гуманитарии, которые интересуются искусственным интеллектом; и студенты, начинающие изучать информационные технологии в технических вузах; и офисные работники, которые не могут игнорировать существование искусственного интеллекта; и те люди, которым небезразлично будущее наших детей, которым предстоит жить в обществе, неразрывно связанном с искусственным интеллектом; и пожилые люди, которые хотят продолжать вести активный образ жизни.

Хотя я начала эту книгу с целью сделать ее легкой и увлекательной, все же мне не удалось избежать специализированных технических тем вроде глубокого обучения, поэтому глава 3 получилась довольно сложной. Эта часть оказывается самой сложной в любой вводной книге, заставляя авторов этих книг проливать слезы. Так, проливая слезы, я отправила черновик в издательство Ohmsha, но благодаря их понятным иллюстрациям впечатление стало совсем другим. За что я им очень благодарна.

На этапе корректуры я попросила господина Кавасими Такуя, который в этом году отвечал за выпускные исследования с использованием глубокого обучения в нашей лаборатории, прочитать книгу и высказать свое мнение, указав на непонятные и сомнительные места. Я очень ему благодарна, что он нашел возможность прочитать книгу перед самым выпуском, когда ему было совсем не до того.

Наконец, я хотела бы поблагодарить всех сотрудников издательства Ohmsha, которые смогли осуществить проект в столь короткое время, а также господина Саваду из офиса sawa за прекрасные иллюстрации.

Я очень надеюсь, что благодаря этой книге увеличится число людей, интересующихся искусственным интеллектом.

Сакамото Маки

Март 2017

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	V
СОДЕРЖАНИЕ	VII

Глава 1. ЧТО ТАКОЕ ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ?

1.1. Когда появился искусственный интеллект?	2
Человеческий интеллект? Искусственный интеллект?	3
Кто из них человек? Тест Тьюринга.....	4
Одинокий искусственный интеллект?.....	6
Разница между человеком и искусственным интеллектом....	7
Следом за возможностями компьютеров.....	9
История ИИ (Дартмутский семинар).....	10
История ИИ (первый бум ИИ).....	11
История ИИ (второй бум ИИ).....	13
И вот сейчас третий бум ИИ!	15
1.2. Это искусственный интеллект?	16
Разница между искусственным интеллектом и роботом	17
Исследование роботов? Исследование искусственного интеллекта?	19
Так нужно ли искусственному интеллекту тело?	20
Искусственный интеллект 1-го уровня	23
Искусственный интеллект 2-го уровня.....	24
Искусственный интеллект 3-го уровня.....	26
Искусственный интеллект 4-го уровня, слабый искусственный интеллект	27
Искусственный интеллект 5-го уровня, сильный искусственный интеллект	28
1.3. Искусственный интеллект превосходит человека?	30
Что такое сингулярность?	31
Сингулярность опасна? Или не опасна?	32
Как создать сильный искусственный интеллект?.....	33
Возможна ли гибель человечества из-за ИИ?	34

Как изменится наше будущее с искусственным интеллектом?.....	36
Профессии, которые исчезнут в будущем?!.....	37
Профессии, которые останутся в будущем?!	39

Глава 2. ЧТО ЛЕГКО, А ЧТО ТРУДНО ВВЕСТИ В ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ 41

2.1. Что легко ввести в искусственный интеллект	42
Любую информацию из веба можно ввести	43
Данные в цифровом формате из 0 и 1	44
Разные типы данных (текстовые, движущиеся изображения, звуковые).....	46
Введение визуальной информации в компьютер.....	48
Эволюция цифровой камеры.....	49
С ростом количества пикселей возможности камер превысят возможности человека?!	50
Данные, используемые во всем мире.....	51
Кампания по распознаванию образов, ILSVRC.....	52
Ввод в компьютер аудиоинформации	54
Распознавание речи с использованием двух микрофонов....	55
Несколько микрофонов.....	56
Как преобразовать голос в текст?	58
Акустическая модель, языковая модель	60
2.2. Что трудно ввести в искусственный интеллект	62
Трудно понять смысл.....	63
Что такое семантическая сеть?	64
Можно ли дать ответ, не понимая смысла?!	65
Что такое латентно-семантический анализ?	67
Причины прекращения проекта <i>Todai robot project</i>	67
Чтобы стать умным, нужны все пять чувств?	69
Вкус для искусственного интеллекта?.....	70
Обоняние для искусственного интеллекта?	70
Что будет с запахами в дальнейшем?	72
Осязание для искусственного интеллекта	73
Реализовать осязание трудно!.....	74

Глава 3. КАК ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ ОБУЧАЕТСЯ, ИСПОЛЬЗУЯ ИНФОРМАЦИЮ? 77

3.1. Что такое машинное обучение?	78
Хочу обучить машину (компьютер)!	79
Что такое обучение с учителем?	80
Задача классификации «Выявление спама в почте»	82
Задача регрессии «Прогнозирование значений»	84

Найдем идеальную линию (функцию)!	85
Не допускайте переобучения!	88
Что такое обучение без учителя?	90
Попробуем выделить группы!	92
Метод классификации k-средних (k-means)	94
Обучение с подкреплением, метод кнута и пряника.	95
3.2. Что такое нейронная сеть?	97
Мозг состоит из нейронов	98
Устройство искусственного нейрона	100
Веса, важность и надежность	102
Правило обучения Хебба	103
Что такое перцептрон?	104
Нельзя разделить одной линией (линейно)!	105
Метод обратного распространения ошибки	106
Чтобы уменьшить ошибку, настраиваем веса!	108
Если увеличить количество слоев... не доходит до конца?	110
Преимущества метода опорных векторов	110
Компромисс между переобучением и обобщением	112
3.3. Что такого выдающегося в глубоком обучении?	113
День, когда глубокое обучение получило всеобщую известность	114
Самостоятельно определяет количество признаков!	115
В глубоком обучении не менее четырех слоев	116
Автокодировщик, вход и выход одинаковы?	117
Почему вход и выход одинаковы?	118
Все ближе к человеку?..	120
Методики глубокого обучения	120
3.4. Топ-3 искусственного интеллекта. Что такое генетический алгоритм?	124
Топ-3 ИИ по пунктам	125
В основе теория эволюции Дарвина	125
Применение генетического алгоритма	126

Глава 4. ПРИМЕРЫ ПРАКТИЧЕСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА..... 129

4.1. Развитие ИИ на примере его практического применения в играх	130
История развития ИИ в области игр	130
Человек vs ИИ. Шахматы	132
Человек vs ИИ. Сёги	133
Человек vs ИИ. Го	134

4.2. Примеры практического применения ИИ для изображений, вызвавшие третий бум	
искусственного интеллекта	136
Коты от Google	136
Эволюция распознавания изображений	138
Применение в медицине (лаборатория Сёно-сэнсэй)	139
Применение в медицине (выявление меланомы)	140
Применение в медицине (обнаружение рака)	141
Увеличение точности диагнозов	142
Насколько автоматизированные?	143
4.3. Применение нашумевшего ИИ	
для автоматизированного вождения	143
Что нужно для реализации автоматизированного	
вождения?	145
Процедура обучения автоматизированному вождению	146
Что нужно для оценки местоположения и ситуации	147
Расследование причин в случае аварии...	149
4.4. Примеры практического использования	
разговорного ИИ	150
Что нужно, чтобы вести диалог с компьютером	150
Обладающий знаниями разговорный ИИ.....	152
Не обладающий знаниями разговорный ИИ	154
Три типа техники для генерации разговора	155
Как сделать разговор естественным?	156
4.5. Применение генетического алгоритма для ономатопеи	158
Близкая людским сердцам ономатопея	158
Система, создающая ономатопею	159
Близкая людским сердцам ономатопея	160
Что происходит в процессе оптимизации	162
Устройство системы генерации ономатопеи	164
Получившаяся ономатопея	166
4.6. Примеры практического использования ИИ в искусстве	168
ИИ в искусстве. Новеллы	168
Проекты ИИ для создания новелл	170
ИИ в искусстве. Картины	172
ИИ в искусстве. Музыка	174
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	175

ГЛАВА 1

• • • • • • • • • • •

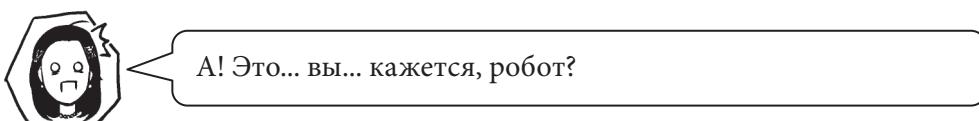
ЧТО ТАКОЕ ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ?

В главе 1 поговорим об искусственном интеллекте (ИИ) в общем и целом. Что же такое искусственный интеллект? Рассмотрим историю искусственного интеллекта, связь искусственного интеллекта с роботами, уровни искусственного интеллекта. А также вместе подумаем о том, какое влияние может оказывать искусственный интеллект на наше будущее!

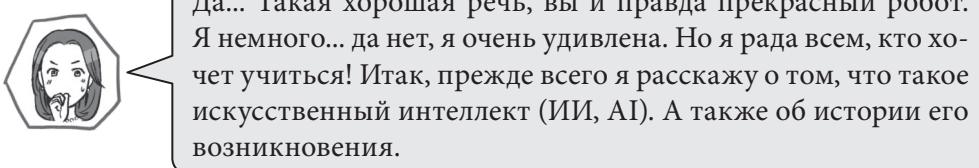


1.1

КОГДА ПОЯВИЛСЯ ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ?



Здравствуйте, Сакамото Маки-сэнсэй. Я слышал, что вы очень понятно преподаете «Искусственный интеллект» всем желающим любого пола и возраста, и я захотел стать вашим учеником. Хотя я и очень высокофункциональный робот, но сам ничего не знаю о том, как я появился.





Человеческий интеллект? Искусственный интеллект?

Когда на вопрос «Что вы исследуете?» я отвечаю «Искусственный интеллект», то слышу в ответ «Ух ты, здорово. Кстати, а что такое искусственный интеллект?»

Слова «ИИ» или «искусственный интеллект» настолько популярны, что упоминаются в медиа практически каждый день, почему же тогда искусственный интеллект так сложен для понимания?

«Искусственный интеллект» буквально означает **интеллект, созданный искусственно**. Но тогда могут возникнуть вопросы: «Что такое интеллект, созданный искусственно? И вообще, что такое интеллект?»

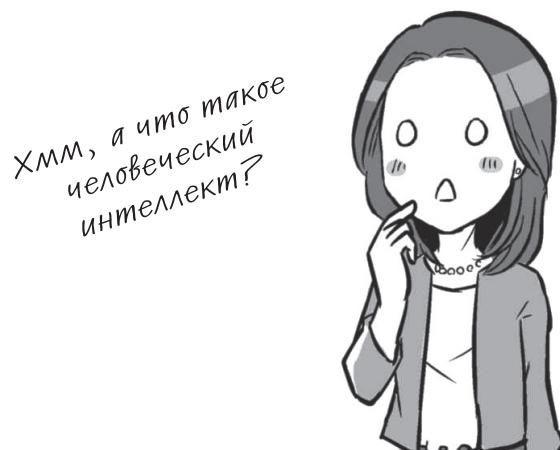
И такие вопросы не лишены смысла.

Даже среди ученых, занимающихся исследованиями искусственного интеллекта, ответы на вопросы «Что конкретно мы исследуем? Какова цель наших исследований?» будут разными, настолько эта тема неоднозначна.

Вопросы о том, что такое интеллект и как его можно сделать искусственным путем, приводят к таким философским вопросам, как **«В чем разница между людьми и искусственно созданными вещами? Что такое человеческий интеллект?»**

Я начала свои исследования, потому что меня интересовал как раз человеческий интеллект, и я задавалась вопросами вроде: «Если мы сможем искусственно создать человеческий интеллект, не поможет ли это нам лучше понять человека и его интеллект?» или «Как мы вообще понимаем, что другие люди – это люди?»

Однако целью тех, кто занимается искусственным интеллектом, является не изучение того, что делает человек, а **создание искусственным (инженерным) путем интеллекта, похожего на человеческий**.



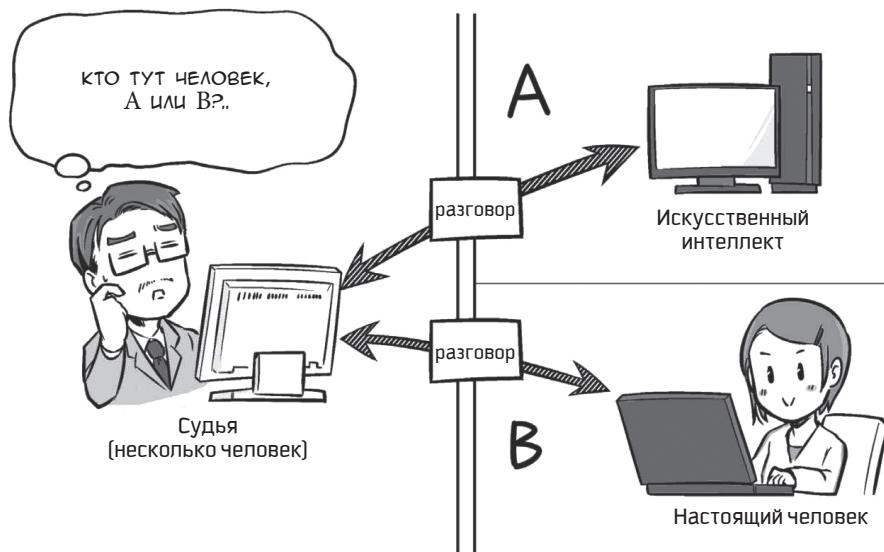


Кто из них человек? Тест Тьюринга

С кем я сейчас говорю? Может, это искусственный интеллект?

Английский математик **Алан Тьюринг** (Alan Turing; 1912–1954) разработал тест Тьюринга, оценивающий работу искусственного интеллекта, где люди отвечают на представленные выше вопросы.

В тесте Тьюринга человек, являющийся судьей, после 5-минутного диалога с компьютером, оснащенным искусственным интеллектом, решает, является ли его оппонент человеком или искусственным интеллектом.



Представление теста Тьюринга

Тест Тьюринга считается проходным, если больше 30 % судей примут искусственный интеллект за человека. Однако разговор на уровне обычного человека – это сложная задача, поэтому долгое время искусственный интеллект не мог пройти этот тест.

В июне 2014 года тест Тьюринга был пройден искусственным интеллектом **Женей Густманом**, созданным в России, что наделало много шума в СМИ.

Правда, говорят, что Женя прошел тест Тьюринга не потому, что смог вести беседу так же выразительно, как человек, а потому, что представлял как бы 13-летнего юношу.

Прежде всего необходимо, чтобы человек, задающий вопросы, позволяющие оценить работу искусственного интеллекта, обладалкой техникой.

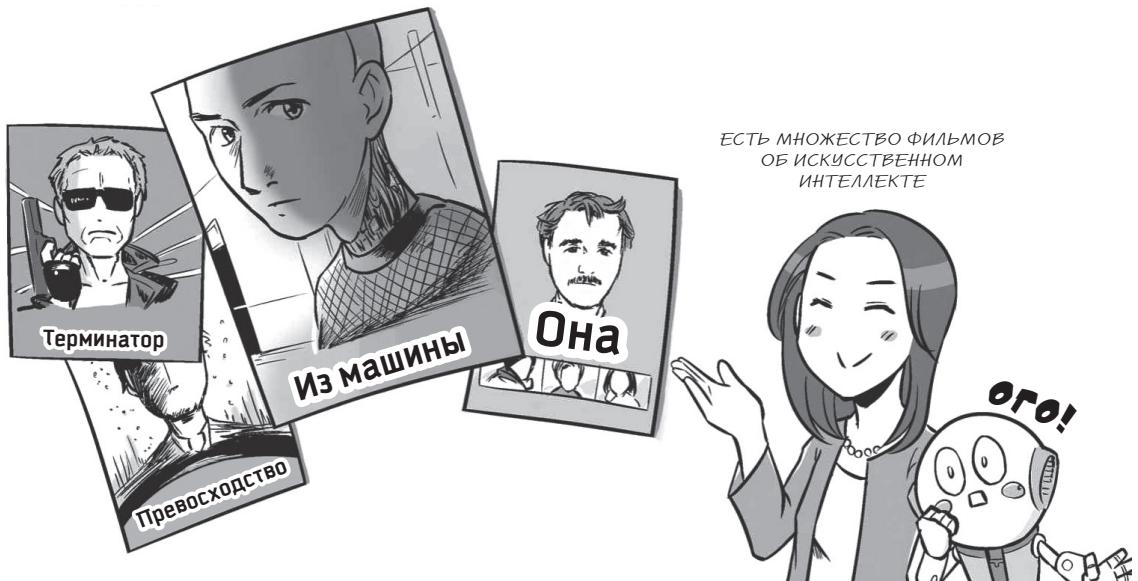


Тест Тьюринга еще называют *имитационной игрой*. Под таким названием вышел фильм, основанный на жизни Тьюринга. Имитация означает подражание.

В июне 2016 года в Японии вышел в прокат фильм «Из машины», это психологическая драма, в которой генеральный директор приглашает своего программиста, разработчика поисковой системы, к себе на виллу, где тот должен провести тест Тьюринга для проверки совершенства искусственного интеллекта. Этот фильм заставляет задуматься о том, может ли искусственный интеллект обладать сознанием и чувствами, а также о проблемах искусственного интеллекта и телесности.

Также множество других фильмов об искусственном интеллекте, таких как «Терминатор», «Она», «Превосходство», показывают, что искусственный интеллект может угрожать человеку и что не обязательно мир с искусственным интеллектом станет счастливым. В результате этого некоторые люди могут думать, что искусственный интеллект – это что-то пугающее и опасное.

Однако на самом деле даже не существует искусственного интеллекта, способного пройти тест Тьюринга в полном смысле.





Одиночный искусственный интеллект?

Существующий сегодня искусственный интеллект не способен понимать смысл слов, другими словами, смысл того, что ему говорит оппонент. Например, была попытка создать искусственный интеллект в рамках проекта «Todai robot project» (Todai – сокращенное название Токийского университета. – Прим. перев.), способный сдать вступительные экзамены в Токийский университет, однако в 2016 году этот проект был отменен, так как оказалось слишком трудно получить высокие баллы в заданиях по японскому языку, где требовалось понимание смысла.

Кроме того, трудно наделить искусственный интеллект чувствами, похожими на человеческие, сделать способным сопереживать «сердцем». Так же трудно обеспечить его сознанием. Искусственный интеллект – это машина (хотя он отличается от роботов, о чем речь пойдет на стр. 17), поэтому у него нет собственных желаний или стремлений, нет ценностей, на основе которых он может принимать решения, нет характера, отличающего один ИИ от другого. Он даже не может самостоятельно ставить себе цели.

Однако можно создать искусственный интеллект, который позволит людям думать, что у него есть все эти способности. Когда человек осознает объект, он принимает решение воспринимать его как машину или как субъект, обладающий сознанием. Поскольку люди – это социальные животные, то у нас есть что-то вроде инстинкта взаимодействия. Когда мы видим что-то, похожее на нас, то мы предполагаем у него такие же эмоции, чувства, сознание, как и у нас.

В Осакском университете в лаборатории Исигуро Хироси-сансэя, которая известна своими разработками андроидов, был проведен следующий эксперимент: когда человек махал рукой безмолвному андроиду* в витрине, то андроид выполнял некоторые базовые действия, например начинал смотреть на человека. Оказалось, что в такой ситуации людям кажется, что андроид испытывает чувство одиночества. Таким образом, возможно вызвать у человека ощущение, что искусственный интеллект обладает чувствами.



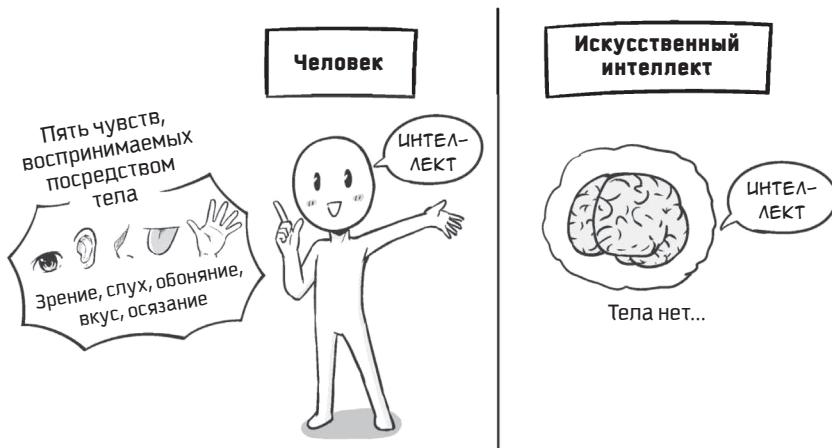


Так и в фильме «Из машины» показано, как главный герой хочет думать, что искусственный интеллект испытывает к нему чувства.



Разница между человеком и искусственным интеллектом

Огромная разница между человеком и искусственным интеллектом заключается в том, что у человека есть тело, а у ИИ его нет.



Искусственный интеллект не может получать информацию от органов чувств

Через наше тело мы связаны с внешним миром. Через пять органов чувств мы можем воспринимать звуки, видеть, осязать, чувствовать запахи и вкус, испытывать чувство комфорта или отвращения.

Но поскольку у искусственного интеллекта нет такого тела, он не может испытывать те ощущения, которые испытываем мы, и не может получать знания через эти ощущения.

Искусственный интеллект нуждается в **«вводе» в некотором виде той информации**, которую мы получаем из внешнего мира посредством нашего тела. Как это можно сделать, мы обсудим в главах 2 и 3.

Значит, большая разница между человеком и искусственным интеллектом заключается в наличии тела у человека и в отсутствии его у искусственного интеллекта. Наверное, должна быть также и разница в мышлении?



Мышление часто считается похожим на процесс вычисления, и поэтому, возможно, многие думают, что искусственный интеллект должен очень хорошо это уметь. Но на самом деле мыслить по-человечески очень сложно.

Искусственный интеллект распознает ситуацию и принимает логическое решение, основываясь на введенных аналогичных примерах. Поэтому, когда примеров мало, он не может справиться с задачей. В отличие от этого, человеческое мышление более гибкое, человек может принять решение даже в ситуации, прецедентов которой не было, просто используя то, чему он научился на похожих примерах.

Кроме того, люди самостоятельно осознают проблемы и берутся их решать, в то время как искусственному интеллекту необходимо поставить задачу. Зато искусственный интеллект в одно мгновение может решить задачу, которая для человека покажется очень трудной.

В главе 4 мы рассмотрим, какие задачи и каким образом может решать сегодняшний искусственный интеллект, используя имеющиеся знания. Однако для **счастливого сосуществования в обществе будущего** очень важно понимать сильные и слабые стороны **искусственного интеллекта**.



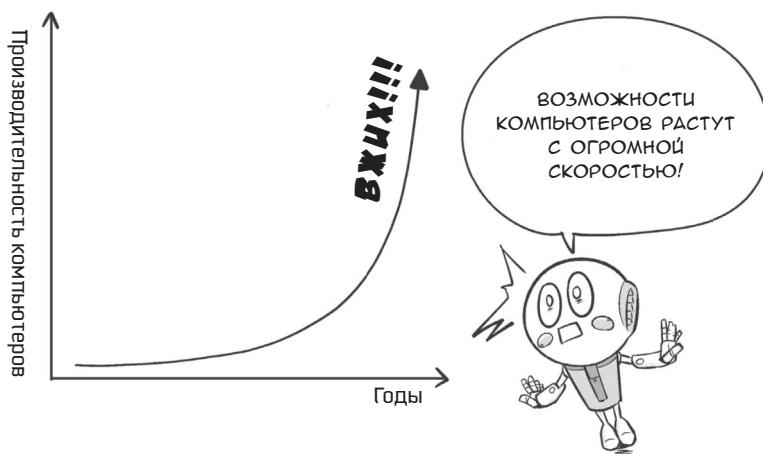


Следом за возможностями компьютеров

На стр. 4 я упоминала британского математика Алана Тьюринга, которого называют отцом вычислительной техники, однако и исследование искусственного интеллекта началось с компьютеров и развивалось параллельно с их развитием.

Так, быстрый рост количества исследований искусственного интеллекта в последние годы во многом связан с быстрым ростом скорости работы аппаратного обеспечения вычислительной техники.

Основанные на традиционных технологиях компьютеры почти достигли физического предела быстродействия, но ученые и инженеры изобретают новые технологии и алгоритмы.



*Рост быстродействия компьютеров.
И правда, какой быстрый прогресс!*



Искусственный интеллект развивался следом за компьютерами, однако его путь не был гладким. На пути его развития были и периоды расцвета, и периоды упадка, о бурной истории искусственного интеллекта поговорим дальше.



История ИИ (Дартмутский семинар)

Мы говорили о том, что искусственный интеллект начался вместе с появлением компьютеров, но **когда же появилось само понятие «искусственный интеллект»?**

Впервые словосочетание **искусственный интеллект** (Artificial Intelligence) появилось летом 1956 года на востоке США в Дартмуте, где проходил легендарный семинар исследователей искусственного интеллекта.

На этом **Дартмутском семинаре** было впервые предложено понятие «искусственный интеллект», означающее компьютер, способный думать подобно человеку.

Если говорить об исследованиях искусственного интеллекта, то они начались раньше. Так, в 1946 году был создан огромный вычислитель ЭНИАК (ENIAC), использовавший приблизительно 17 000 электронных ламп, который известен как первый в мире компьютер. И тогда уже возникли идеи, что когда-нибудь компьютеры превзойдут человека. Можно сказать, что Дартмутский семинар объединил цели подобных исследований.

В этом семинаре принимали участие такие известные исследователи, как Джон Маккарти (John McCarthy, 1927–2011), Марвин Минский (Marvin Minsky, 1927–2016), Аллен Ньюэлл (Allen Newell, 1927–1992), Герберт Саймон (Herbert Simon, 1916–2001), которые представили результаты своих самых последних на тот момент исследований в области компьютеров. Минский, которого не стало в 2016 году, можно сказать, создал первый в мире самообучающийся искусственный интеллект, когда в 1951 году разработал устройство машинного обучения с использованием аппаратной нейронной сети.



Дартмутский семинар длился более одного месяца с июля по август. Там собирались выдающиеся исследователи, которые провели то лето вместе... Должно быть, там была масса жарких дискуссий!



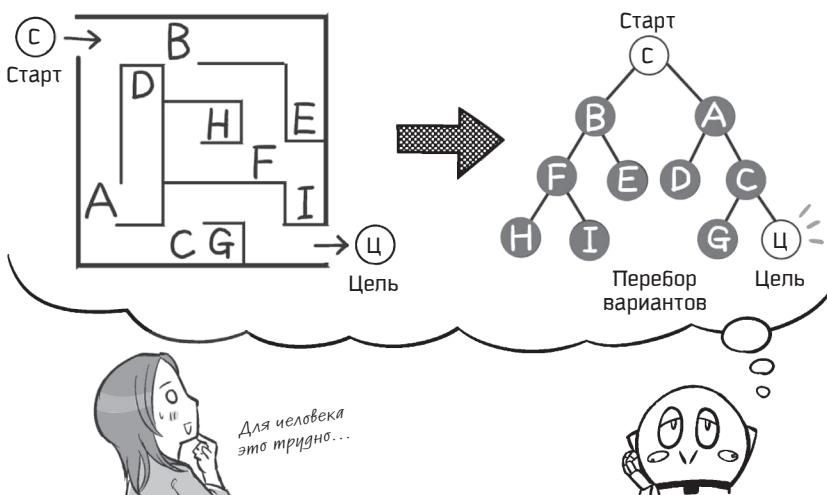
История ИИ (первый бум ИИ)

После Дартмутского семинара во второй половине 50-х и в 60-е годы было проведено много исследований по использованию компьютерной логики и компьютерного поиска для решения конкретных задач.

Например, при попытке найти выход из лабиринта, когда человек попадает в тупик, то он возвращается немного назад и идет по другому пути.

В отличие от этого, компьютер не идет сразу по какому-то пути, а начиная со стартовой позиции перебирает все варианты: что будет, если пойти по пути А; что будет, если пойти по пути В. Затем для пути А компьютер перебирает варианты, по которым можно пойти дальше. Аналогично с путем В.

Таким образом, перебирая возможные варианты один за другим, компьютер достигнет цели.



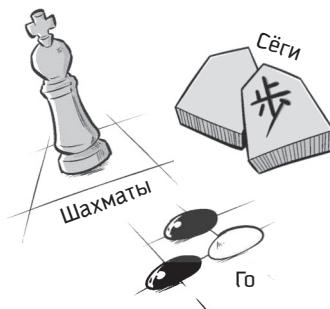
Поиск выхода из лабиринта с помощью компьютера

Перебор также используется в таких играх, как шахматы, сёги и го, где в последние годы компьютеры достигли хороших результатов, что привлекло большое внимание СМИ.

В отличие от задачи с выходом из лабиринта, в шахматах, сёги и го нужно перебирать также варианты того, каким будет ответное действие противника, поэтому количество комбинаций сразу становится огромным. Например, в сёги количество комбинаций равно 10^{220} вариантов, а в го – 10^{360} .

На первый взгляд этот способ кажется очень медленным, но поскольку компьютеры с высокой скоростью обрабатывают такие задачи, то в подобных играх они достигают отличных результатов. Более того, вследствие развития машинного обучения, о котором речь пойдет в главе 3, компьютеры стали демонстрировать потрясающую мощность.

Благодаря достигнутым результатам в вышеупомянутых играх посредством перебора в 1960-е годы случился первый бум ИИ. Однако затем обнаружилось, что в решении реальных социальных задач, которые как раз и хочется решить, например в способах лечения болезней, искусственный интеллект бессилен. Кроме того, в то время не оправдались большие ожидания от машинного перевода, и американское правительство прекратило поддержку разработки данной системы. Все это положило конец первому буму ИИ, и в 1970-е годы наступил период упадка.



Вот как. Значит, несмотря на успехи в играх, в то время искусственный интеллект не считался полезным для человека, да? Жаль, что был период упадка. Что же было после того, как закончился первый бум ИИ?



Хи-хи-хи, не стоит переживать. После этого снова начался бум ИИ. Второй бум ИИ связан с тем, что были придуманы системы, которые действительно могут быть полезны. Рассмотрим их дальше.



История ИИ (второй бум ИИ)

Первый бум хоть и назывался бумом искусственного интеллекта, но он зависел от возможностей компьютеров как вычислительных устройств. Второй же бум ИИ, случившийся в начале 1980-х, был связан с тем, что стало возможным загрузить в компьютер огромное, неподъемное для человека количество знаний, так компьютеры стали умными благодаря введенным в них **знаниям**.

Так называемые **экспертные системы** – это искусственный интеллект, выступающий в роли эксперта (специалиста) в какой-либо области благодаря использованию специальных знаний из этой области. Известной является, например, экспертная система MYCIN, разработанная в начале 1970-х в Стэнфордском университете.



Экспертные системы
входят в топ-3 искусственного интеллекта.

Разъяснения на с. 124

Первый бум ИИ закончился потому, чтоказалось, искусственный интеллект не может помочь, например, в лечении болезней. Однако благодаря тому, что в MYCIN введены знания о симптомах и прочих состояниях людей, у которых были ранее диагностированы бактериальные инфекции, данная экспертная система с точностью 69 % может определить на основании симптомов пациента вероятность его инфицирования определенным видом бактерий.

Правда, чтобы такие знания попали в компьютер, нужно провести опрос специалистов и собрать данные, для чего нужно большое количество времени и средств.

И это требуется проделать в самых разных областях. Кроме того, бывают такие неясные симптомы, как «крутил живот», которые не понятно, как записать.



Кстати, сейчас я уже хорошо умею отображать в численном виде такие интуитивные понятия, как «крутил живот», но в то время я была еще неопытна и не смогла принести пользу.

Каким образом представить знания, чтобы компьютеру было легче их обрабатывать, – такие исследования представления знаний тоже были очень популярны в ту пору (мы коснемся этой темы во второй половине книги, когда пойдет речь об обработке смысла в искусственном интеллекте).

В то время также осуществлялся проект по **перенесению в компьютеры всех знаний человечества**. Известный проект такого рода под названием CYC (сайк) был начат в 1984 году в США, и он продолжается до сих пор. Прошло более 30 лет, но он еще так и не завершен. Вот до какой степени огромно количество знаний в мире.

Кроме того, стали выявляться и разные другие проблемы, например как обрабатывать смыслы (поговорим об этом в главах 3 и 4). И так закончился второй бум ИИ, полностью зависящий от ручного внесения знаний в компьютеры. Около 1995 года начался новый период упадка.

Ох-ох! Так трудно оказалось вносить огромное количество знаний, что на этом закончился второй бум ИИ, да? А что же будет дальше?..



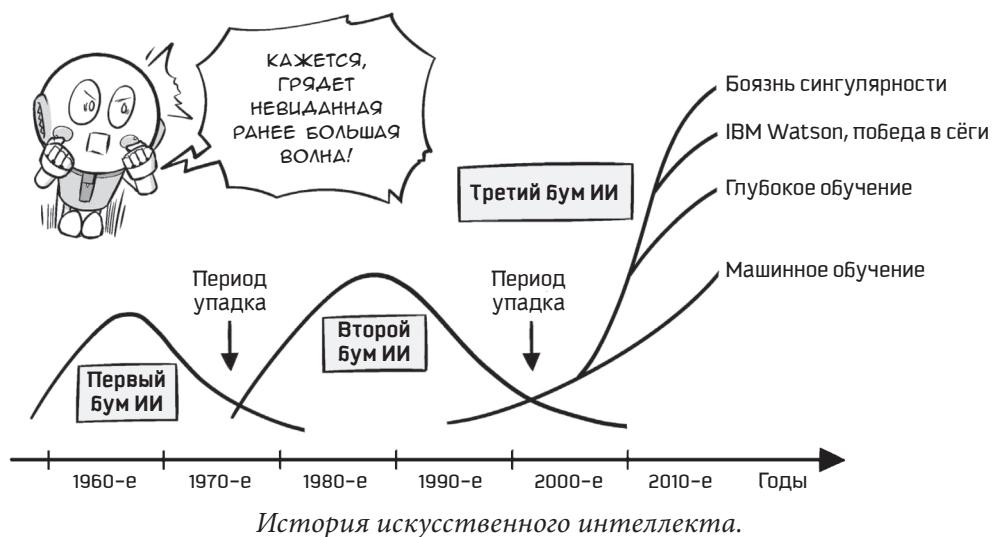
Ха-ха, не надо волноваться. На самом деле как раз в наше время и происходит новый бум искусственного интеллекта. Стало просто вводить большое количество знаний, да и компьютеры теперь могут самообучаться. Как раз сейчас, когда возможности компьютеров стали так велики, наступила эпоха, подобной которой еще не было!



И вот сейчас третий бум ИИ!

Итак, когда закончился второй бум ИИ, наступил еще один период упадка. Однако в середине 1990-х годов появились поисковые системы и очень быстро и широко распространился интернет. К началу 2000-х годов наряду с распространением веба появился доступ к большому количеству данных, так введение знаний в компьютеры стало простым делом.

Кроме того, компьютеры стали **способными самообучаться**, что привело к **третьему буму ИИ**. История искусственного интеллекта от момента его появления до сегодняшнего дня представлена на рисунке ниже.



Источник: Мацуо Ютака. Превзойдет ли человека искусственный интеллект? Что последует за глубоким обучением? Издательство KADOKAWA, 2015. С. 61

Когда эта схема была представлена в информационной передаче, она вызвала следующие вопросы: не произойдет ли вскоре окончания третьего бума ИИ или не уничтожит ли искусственный интеллект человечество, как это показывают в научно-фантастических фильмах? В любом случае, нет сомнений в том, что искусственный интеллект становится незаменимым в нашем обществе.

1.2

ЭТО ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ?



Вы, кажется, загрустили, и поэтому я, не подумав, представила вам кондиционер. Однако, конечно, хотя и вы, и кондиционер оснащены искусственным интеллектом, но ваши возможности совсем разные, не так ли? На самом деле искусственный интеллект бывает разных уровней, в зависимости от того, что он может делать.

Вот это очень интересно. И еще я думал, что **исследование искусственного интеллекта** – то же самое, что **исследование роботов**, а это не так, да? Поэтому-то я и не вижу здесь других роботов.



Когда люди слышат слово «робот», многие представляют себе что-то вроде робота-кошки, как из аниме. Однако роботы бывают очень разными, например существуют промышленные роботы. Давайте поговорим подробнее о термине «робот»!



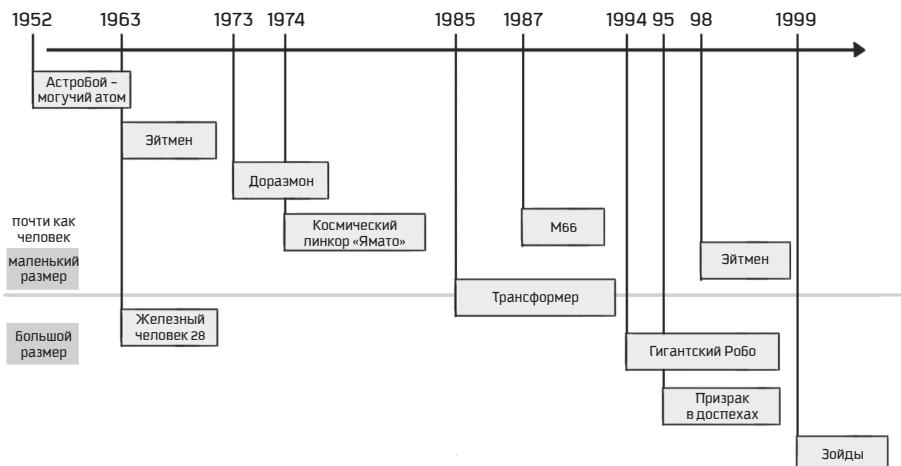
Разница между искусственным интеллектом и роботом

В предыдущем разделе мы говорили об истории искусственного интеллекта.

Искусственный интеллект появился уже довольно давно, но до сих пор люди часто ошибаются в его понимании. Среди многих из тех, с кем я общалась, включая представителей медиа, **самой частой ошибкой является то, что исследование искусственного интеллекта приравнивают к исследованию роботов.**

На протяжении долгого времени в аниме изображают идеализированный искусственный интеллект, который говорит, думает, двигается как человек, обладает знаниями и одновременно имеет тело, похожее на человеческое.

Посмотрите на рисунок ниже. Эту понятную схему как **генеалогию искусственного интеллекта в анимации** представил в 2010 году господин Мияке Еитиро, вместе с которым я с января 2017 года отвечаю за обложку журнала Общества искусственного интеллекта.



Источник: Изображение искусственного интеллекта в японской анимации.
Общество истории культуры контента, 2011
предварительные материалы. С. 26–38

Ага. Так, например, и Хало из «Гандам» представлен маленьким и круглым объектом с искусственным интеллектом! Мне нравятся аниме.



Астробой («Астробой – могучий атом», 1952), Железный человек 28 («Железный человек 28», 1963), Дораэмон («Дораэмон», 1973), Анализатор («Космический линкор “Ямато”», 1974), Хало («Гандам», 1979), Татикома («Призрак в доспехах», 1995) – все эти и другие персонажи предстают в разных формах, например в виде человека или кота, но все они имеют тело.

Так как у человека невозможно отделить сознание от тела, то естественно, что многие люди не могут даже представить, что сознание и тело могут быть разделены.

Однако исследование искусственного интеллекта не равно исследованию роботов. Исследование искусственного интеллекта и исследование роботов находятся в следующих отношениях.



Если изобразить это схематически, то будет вот так!



Исследование искусственного интеллекта и исследование роботов – это разные вещи.

Но у них есть и точки пересечения



Исследование роботов? Исследование искусственного интеллекта?

Если обратиться к определению, данному министерством экономики, торговли и промышленности, то, если коротко, исследование роботов – это исследование «механизмов, обладающих тремя базовыми технологиями: системой сенсоров, системой управления и приводной системой».



Сенсоры – это датчики, воспринимающие изменения физических состояний, таких как звук, свет, температура и т. п. *Управление* – это воздействие на механизмы и оборудование. А *привод* – это приведение в движение посредством передачи движущей энергии.

В качестве примера практического использования таких механизмов можно привести **промышленных роботов**.

На заводах это роботы-сварщики и роботы-сборщики; в медицине это роботы-помощники хирургов и роботы-транспортеры по больнице; в сестринском деле это роботы-помощники для транспортировки и переворачивания пациентов; в строительстве, инфраструктуре и защите от стихийных бедствий это роботы-инспекторы инфраструктуры и роботы, реагирующие на стихийные бедствия; в сельском хозяйстве это роботы, которые без участия человека сажают рис, и роботы, которые без участия человека убирают сорняки; в пищевой промышленности это роботы-упаковщики и роботы, отделяющие мясо птицы от костей, и т. д.

Таким образом, в исследовании роботов основное внимание уделяется сенсорной системе и приводной системе. А исследования людей, занимающихся системой управления, часто близки к исследованиям искусственного интеллекта. Управляющая часть может находиться внутри робота, но также управление роботом может осуществляться беспроводным способом извне. **Когда управляющая часть помещается внутрь робота, она становится его мозговой частью.**

В соревнованиях роботов нередко люди управляют роботами извне посредством беспроводной связи, и соревнуются, чей робот быстрее достигнет цели, преодолевая препятствия. Такие соревнования не являются со-

Движение руки робота тоже бывает разным, когда робот сам управляет рукой и когда его рукой управляет человек извне. Я, конечно же, сам двигаю рукой. Мной никто извне не управляет!



ревнованиями по интеллектуальным способностям роботов (хотя подобные соревнования тоже существуют).

Исследование андроидов тоже, когда оно сосредоточено на приближении тела андроида к человеческому, относится к исследованию роботов, а не искусственного интеллекта. Однако когда обеспечивается возможность андроида вести беседу и тело андроида снабжается интеллектом, то это уже относится к исследованию искусственного интеллекта.

Но сказать, что объектом исследования искусственного интеллекта является *мозг робота*, будет неверным.

Так, в случае абстрактных игр, таких как шахматы, сёги или го, в которых с недавнего времени искусственный интеллект стал сильнее человека, физическое тело вроде тела робота не требуется, достаточно компьютерной программы. Или, например, существует искусственный интеллект, который возвращает результаты поиска в интернете врачебного диагноза или дает профессиональные советы.

В общем, компьютерные программы сами по себе и искусственный интеллект сам по себе не имеют физической формы. Искусственный интеллект может находиться внутри робота, но тело робота не является для него необходимым.

Значит, и Токийский робо-кун, целью которого было успешное прохождение вступительных экзаменов в Токийский университет, и искусственный интеллект, участвовавший в играх в шахматы, сёги и го, – все это в конце концов программы, да? Все эти сражения происходили лишь посредством интеллекта, руки, например, были вовсе не обязательны.



Но тут может возникнуть вопрос: а чем тогда искусственный интеллект отличается от компьютеров, с которыми мы имеем дело уже довольно давно? Как уже упоминалось на с. 9, искусственный интеллект развивался вместе с компьютерами.



Так нужно ли искусствуенному интеллекту тело?

Хотя мы и сказали, что для искусственного интеллекта тело не является необходимым, но на самом деле мнения экспертов по вопросу «нужно ли тело искусственному интеллекту, обладающему интеллектом, действительно похожим на человеческий» расходятся.

Искусственному интеллекту сегодняшнего уровня тело не требуется, но если вы хотите представить будущий искусственный интеллект, превосходящий простую вычислительную машину, то обязательно подумайте о **связи интеллекта и тела**.

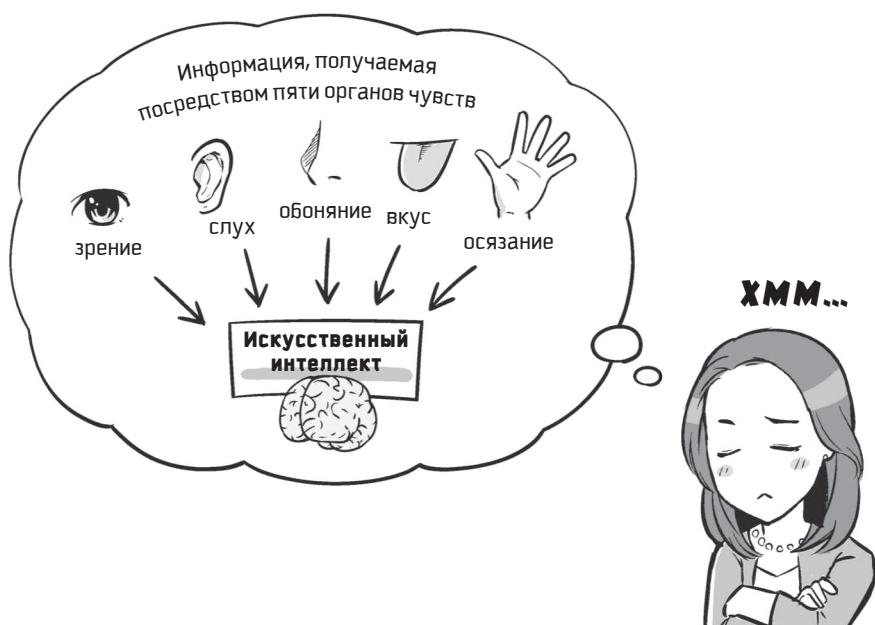
Разработчики роботов с интеллектом предполагают наличие тела и говорят так: «Если мы хотим создать искусственный интеллект, который будет трудно отличить от человека, то тело необходимо. И разве не легче реализовать искусственный интеллект, сделав робота?»

Кроме того, среди исследователей искусственной жизни есть те, кто считает: «Если мы предполагаем, что человеческий интеллект возникает из эмоций, которые в свою очередь возникают из тела, то для реализации интеллекта, подобного человеческому, необходимо наличие тела».

Между тем я сейчас думаю, что если «интеллект искусственный», то он, конечно, отличается от интеллекта живых существ, однако это все равно больше, чем просто инструмент, и «если нашей целью является сосуществование человека и искусственного интеллекта в реальном мире, то для взаимодействия с окружающей средой искусственному интеллекту необходимо какое-то тело».

Я изучаю пять органов чувств и сами чувства иногда с научной, а иногда с инженерной точки зрения. Поэтому мне очень интересно, **как можно передать искусственному интеллекту информацию, которую человек воспринимает посредством пяти органов чувств**.

Немного ранее я выразила такую мысль, что если мы говорим об искусственном интеллекте, используемом только для игр вроде сёги или го, то достаточно иметь лишь программное обеспечение, и никакого подобия тела не требуется. Однако когда играют между собой люди, они разделяют ощущения от игры, например звук опускаемого на игровое поле камня и



передаваемое через палец ощущение камня, и если мы хотим, чтобы искусственный интеллект тоже как-то воспринимал эти ощущения от игры как человек, то ему нужно какое-то тело.

В этой книге речь о том, **как передавать информацию искусственному интеллекту**, пойдет в следующей главе. До сих пор эта книга по искусственному интеллекту не слишком-то необычна, да?

Здесь мы немного подготовимся ко второй главе.

Среди пяти органов чувств, как один из каналов, связывающих искусственный интеллект и внешний мир, **зрение** представлено высокоточными камерами и сенсорными* технологиями, обеспечивающими поступление информации в режиме реального времени. Камеру удобно вставлять в тело, например как у робота.

Слух тоже не представляет проблем, так как были разработаны технологии распознавания речи.

Для **обоняния** тоже разрабатываются сенсоры, так что если не требовать установки предпочтений в ароматах, то информацию можно будет получить.

Что касается **вкуса**, то, может быть, и можно разработать какие-то датчики вкуса, но изначально не предполагалось, что искусственный интеллект будет что-то есть, поэтому нет особого смысла об этом думать.

А вот **осознание** как важный способ взаимодействия с внешним миром необходимо в каком-то виде реализовать.

Прикосновение рукой – это не логическое действие, а чистое ощущение, рожденное человеческим телом. Например, мышечный опыт, возникший от деформации пальца. Такие ощущения трудно передать искусственному интеллекту, не имеющему тела, поэтому, думаю, тут необходимо объединяться с разработчиками роботов вроде андроидов.



 * Сенсорные технологии измеряют разную информацию, получаемую от датчиков.



Искусственный интеллект 1-го уровня

На стр. 9 мы уже говорили о том, что искусственный интеллект развивался вместе с компьютерами.

Однако, когда мы говорим об искусственном интеллекте, надо понимать, что он бывает очень разного уровня, от уровня, довольно далекого от понятия интеллект, до уровня, превышающего человеческий интеллект.

Хотя, как мы уже говорили, касательно искусственного интеллекта само понятие «интеллект» довольно сложное, но давайте сейчас подумаем, по каким способностям мы можем ранжировать искусственный интеллект.



На самом деле искусственный интеллект делят на пять уровней, от уровня 1 до уровня 5. Самый современный искусственный интеллект относится к уровню 4. Поговорим о каждом из этих уровней.

Ранее мы говорили о различиях между роботами и искусственным интеллектом, но если говорить про искусственный интеллект в роботах, то он соответствует системе управления.

К искусственному интеллекту 1-го уровня можно отнести, например, электрические бытовые приборы, в которых установлена простая управляющая программа, однозначно устанавливающая отношения между вводом и выводом. В последнее время в местах продажи бытовой техники часто можно увидеть товары, на которых написано, что они «оснащены искусственным интеллектом».

Пылесосы, кондиционеры и очистители воздуха, стиральные машины, холодильники, микроволновые печи и прочие бытовые электроприборы,



делающие нашу жизнь комфортной, постоянно усовершенствуются, чтобы избавить нас от работы по дому.

Среди этих приборов есть как такие, которые снабжены лишь очень простой программой управления, так и такие, которые почти достигают следующего уровня искусственного интеллекта и оснащены **разнообразными сенсорами (вводами) и действиями (выводами)**.

Еще недавно кондиционеры, оснащенные искусственным интеллектом, могли лишь поддерживать надлежащую температуру, а с недавних пор они уже распознают находящихся в помещении людей, измеряют ощущаемую ими температуру и контролируют потоки воздуха в соответствии с этим. Также когда мы еще недавно говорили об оснащенных искусственным интеллектом стиральных машинах, то имели в виду стиральные машины, которые в соответствии с количеством белья регулируют уровень воды, но современные стиральные машины уже идут с интерактивными возможностями и даже могут сами что-то предлагать человеку. Однако пока ответные реакции приборов просты, нельзя сказать, что их искусственный интеллект превышает 1-й уровень.

Так, везде говорили о совместной разработке компании Microsoft и немецкого производителя бытовой техники Liebherr – «холодильнике, который автоматически распознает свое содержимое». Если холодильник сможет в соответствии с содержимым рекомендовать блюда, которые можно приготовить, то тогда можно будет сказать, что 1-й уровень преодолен. Но если просто человек извне по камерам может видеть через интернет содержимое своего холодильника, то это, конечно, удобно, но подобная функция не может называться искусственным интеллектом.

Есть вещи, в которых для реализации искусственного интеллекта используются только элементарные технологии, и такие вещи нередко путают с реальным искусственным интеллектом. Кажется, довольно часто «искусственный интеллект используют как приманку» для увеличения продаж.



Искусственный интеллект 2-го уровня

Среди оснащенных искусственным интеллектом бытовых электротоваров первым стал популярен робот-уборщик Roomba, созданный компанией iRobot, которая была основана в 1990 году Колином Энглом, Родни Бруксом и Хелен Грейнер, выпускниками лаборатории искусственного интеллекта Массачусетского технологического института.

Некоторые специалисты называют такой уровень тараканим интеллектом, совершающим действие в ответ на восприятие. Однако новейшие при-

боры уже снабжены десятками сенсоров, благодаря чему они получают подробную информацию о помещении и каждую секунду анализируют состояние более 60 раз, и затем из более чем 40 схем поведения выбирают наиболее подходящее действие.

Таким образом, считается, что самые современные бытовые приборы, примером которых являются роботы-пылесосы, уже достигли уровня 2.

Когда думаешь о том, как много бытовых электроприборов, оснащенных искусственным интеллектом 1-го уровня, появилось за последние пять лет, то чувствуешь, как же быстро прогрессивные технологии искусственного интеллекта находят практическое применение. Сенсоры и схемы поведения, а также варианты ответных реакций на запрос стали очень разнообразны, другими словами, искусственный интеллект со сложными способами взаимосвязи между вводами и выводами достиг второго уровня.



Даже обычная **программа для игры в сёги**, используемая в приложениях, относится к этому уровню. Программы для решения пазлов или прохождения лабиринтов, которые осуществляют анализ и поиск в соответствии с вводом, и аналитические программы, которые выдают результат из заранее введенной базы данных, тоже относятся к уровню 2.

Уже довольно давно **многое из того, что делается на компьютере**, относится к этому уровню. В моей лаборатории тоже часто используется программное обеспечение данного уровня.



На этом закончим объяснение про уровни 1 и 2. Объяснение следующих уровней, 3-го и 4-го, связано с **машинным обучением**. Как и следует из названия, это означает **обучение машины (компьютера) особенностям объектов и правилам**. Обученные компьютеры должны стать умнее, не так ли?

Машинное обучение! Похоже, это важное понятие.





Искусственный интеллект 3-го уровня

Многие программы, обучаясь, становятся умными.

В главе 3 я объясню это более подробно, а здесь лишь слегка затрону данную тему. Итак, искусственный интеллект, получивший так называемое «машинаное обучение», переходит на уровень 3.

Встроенный в поисковые системы и на основе полученных из веба больших данных автоматически принимающий решения искусственный интеллект соответствует этому уровню.



Используются алгоритмы машинного обучения, когда способы взаимосвязи вводов и выводов выучиваются на основании данных. С середины 1990-х годов, когда интернет только начал распространяться, и до начала 2000-х его популярность росла очень быстро в научно-исследовательской сфере. Программы, относившиеся ранее к уровню 2, получив обучение, переходили на уровень 3, демонстрируя прекрасные результаты.

Когда в процессе машинного обучения **компьютер обучается, самостоятельно выявляя признаки объекта**, это называется **глубоким обучением** (Deep Learning).

Новейший искусственный интеллект с глубоким обучением относится к уровню 4.

О нем мы поговорим подробнее в главе 3.

Хм, столько сложных терминов... Выявление признаков?.. Глубокое обучение?.. Однако...





Глубокое обучение – это новый метод машинного обучения. Это нормально, если он вам еще не понятен. Чтобы упорядочить новые термины, я сделала памятку на стр. 29. Посмотрите ее после. Главное, что следует запомнить, – это что машинное обучение подняло уровень искусственного интеллекта.



Искусственный интеллект 4-го уровня, слабый искусственный интеллект

Пройдя развитие от уровня 1 до уровня 4, искусственный интеллект превзошел человека в сфере игр, однако такой интеллект ограничен определенной областью и поэтому классифицируется как *слабый искусственный интеллект*.

Искусственный интеллект, о котором мы обычно слышим, – это программы, которые играют в шахматы, сёги или го, которые распознают голоса и реагируют на них, которые отвечают на тесты и управляют автомобилями. Такой ИИ распознает информацию, делает прогнозы и выполняет действия, но все это искусственный интеллект, направленный на определенные задачи.

Искусственный интеллект, направленный на определенные задачи =
слабый искусственный интеллект



Все это новейший искусственный интеллект **уровня 4**

Человек, научившись играть в го, может для получения опыта достичь и других целей, а ИИ для игры в го, каким бы мощным он ни был, не может ничего другого.

Если говорящего робота научить новым словам, его ответная реакция обогатится, но если его не научить, сам он не сможет выучить что-то новое. Программист должен для этого переписать программу робота, то есть, в конце концов, существование роботов зависит от человека.

Образцы ответов на разные вопросы создаются инженером, поэтому, когда нам кажется, что с роботом можно вести естественный диалог, на самом деле дело в том, что изначально этот диалог создан другим человеком.



Итак, мы поговорили о *слабом искусственном интеллекте*, который может только выполнять специализированные задачи. А теперь поговорим о *сильном искусственном интеллекте*, который может что угодно! Его еще называют *искусственным интеллектом общего назначения*, что означает, что один такой ИИ может использоваться для разных вещей.



Искусственный интеллект 5-го уровня, сильный искусственный интеллект

И напоследок поговорим о мечте всех исследователей искусственного интеллекта, о *сильном искусственном интеллекте*, который пока еще не был создан.

Слабый искусственный интеллект – это интеллект, ограниченный какой-то определенной сферой.

В отличие от этого, сильный искусственный интеллект, подобно Доразмону или Астробою, может вести себя как человек и иногда даже демонстрировать способности, превышающие человеческие. Он может понимать контекст и чувствовать ситуацию, воспринимать изображения и понимать шутки, у него также есть воображение. Кроме того, он может распознавать эмоции людей, иметь желания и предпочтения, понимать суть вещей и проявлять сочувствие к людям.

Если всего этого удастся добиться, то будет достигнут уровень 5. Однако трудно добиться этого теми же способами, какими был достигнут уровень 4.

Исследования сильного искусственного интеллекта ведутся, поэтому можно ожидать его появления в будущем. Но, как мы увидим из следующего раздела, есть прогнозы, что достижение уровня 5 может оказаться опасным для человечества.

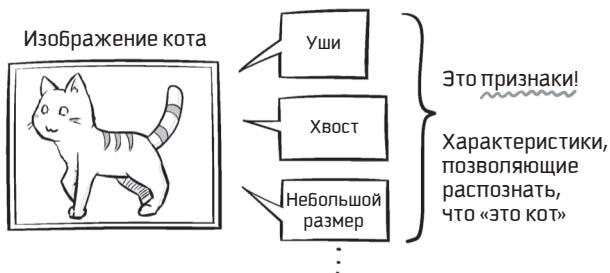


Искусственный интеллект до 4-го уровня служит на пользу людям, однако сильный искусственный интеллект 5-го уровня будет не только обладать интеллектом, сходным с человеческим, но и превышать человеческие возможности в некоторых сферах, что уже делает слабый искусственный интеллект 4-го уровня. И есть мнения, что в этом случае нельзя рассчитывать, что искусственный интеллект будет непременно служить людям на пользу.

POINT

Подготовимся немного к главе 3.

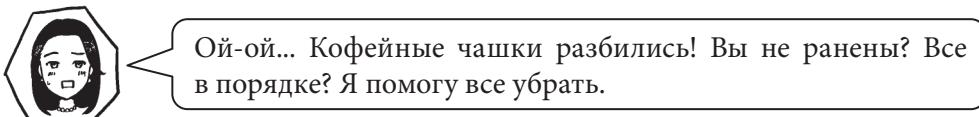
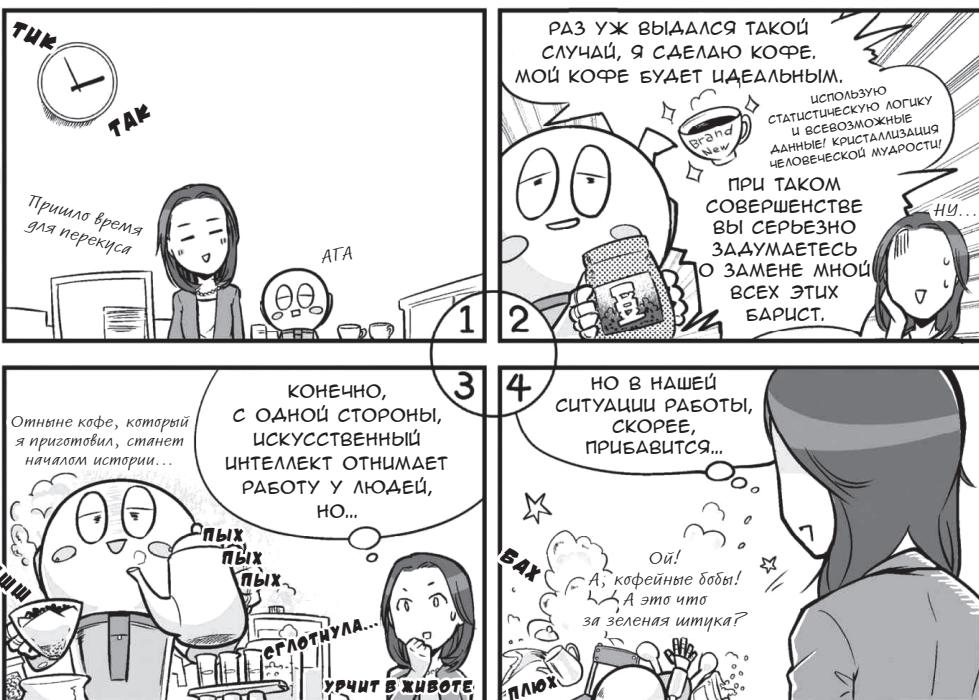
- Машинное обучение ... обучение компьютера признакам объектов и правилам.
- Глубокое обучение ... новый метод машинного обучения.
- Признаки ... характерные особенности объекта (обучающих данных).



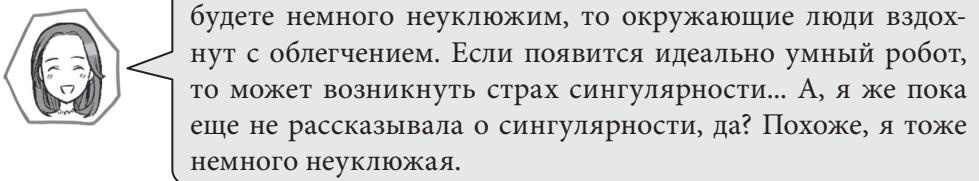
- ИИ 3-го уровня осуществляет машинное обучение. Признакам его обучает человек.
- ИИ 4-го уровня осуществляет глубокое обучение. Ему не обязательно обучаться признакам от человека, он может сам выделить признаки для обучения.

1.3

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ ПРЕВОСХОДИТ ЧЕЛОВЕКА?



Добрая Сакамото-сенсей, как я вам признателен! Мой кофе должен был быть идеальным, но у меня не получилось закончить процесс. Может быть, в моем дизайне запроектирована даже неуклюжесть?.. хнык... я так расстроен.





Что такое сингулярность?

Прогнозируют, что к 2045 году возможности компьютеров превзойдут человеческий мозг. Этот прогноз был основан на устаревшем законе Мура, а теперь большие надежды возлагаются на квантовые компьютеры.

Из этого прогноза следует, что в ближайшем будущем благодаря силе человеческого разума будет создан искусственный интеллект, преобладающий над человеческим интеллектом. С телом будет понятнее, поэтому будем считать, что речь идет о роботе, чей интеллект будет преобладать над человеческим.

Если появится такой робот, то, так как он будет умнее человека, он сам сможет создать еще более умного робота. Этот более умный робот сможет создать еще более умного робота и т. д., таким образом человечество останется далеко позади.

Итак, **сингулярность** (точка технологической сингулярности) – это момент времени, когда искусственный интеллект сможет самостоятельно создать искусственный интеллект, превосходящий собственный интеллект.

С момента, когда искусственный интеллект сможет создать даже немногим более умный другой искусственный интеллект, для искусственного интеллекта наступит совершенно новая стадия развития, не сравнимая с тем, как проходило развитие с уровня 1 до уровня 4 с помощью человека.

Например, в математике, если перемножить 1000 раз почти достигающее 1 число 0,9, то получим значение, почти равное 0. А если 1000 раз перемножить число, лишь немногим большее 1, – 1,1, – то получим очень большое значение (10 в 41-й степени).

Другими словами, если перемножаются числа даже немногим более 1, то значения увеличиваются до бесконечности, что называется «сингулярностью».





Сингулярность опасна? Или не опасна?

Можно сказать, что **в играх** вроде шахмат, сёги и го сингулярность уже достигнута.

Благодаря глубокому обучению, о котором подробнее поговорим в главе 3, в мире игр искусственный интеллект самостоятельно выучивает большое количество информации с невозможной для человека скоростью, выигрывает такими способами, о которых люди и не могли подумать. Иначе говоря, в этой сфере **искусственный интеллект уже превзошел человека**.

Однако в такой области, как игры, сингулярность не опасна.

«Что значит для каждого человека достигнутая в играх сингулярность?» – думаю я. Искусственный интеллект, превзошедший человеческий, заставляет человека заметить вещи, на которые люди раньше не обращали внимания, что может сделать и людей сильнее. Однако при глубоком обучении даже разработчики не очень-то понимают, как работает компьютер.

Такая сингулярность может быть опасной, например в беспилотном вождении.

Если управляющая вождением программа будет выдавать непонятные человеку решения, может возникнуть сложная ситуация. Мы еще поразмышляем на эту тему в главе 4.

На самом деле опасность для человечества может представлять не сингулярность в отдельных областях, а истинная сингулярность, то есть если будет создан описанный на стр. 28 сильный искусственный интеллект.



Поведение, подобное человеческому, превосходство над человеком в некоторых сферах... Если такое действительно будет реализовано, то это все-таки звучит пугающе, да?.. Так как не обязательно, что такой искусственный интеллект будет всегда добр к людям, как Дораэмон или Астробой.

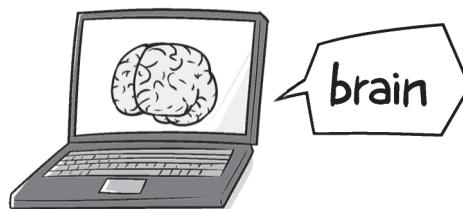


Как создать сильный искусственный интеллект?

Итак, каким же образом можно создать сильный искусственный интеллект?

Для слабого искусственного интеллекта, основанного на обучении, достаточно достижения поставленной перед ним цели, и нет необходимости, чтобы процессы в этом искусственном интеллекте походили на процессы в головном мозге человека. Однако, чтобы **поведение сильного искусственного интеллекта было похожим на человеческое**, проводят **исследования для воссоздания человеческого мозга**.

Есть идеи объединить посредством компьютера неокортекс, базальные ганглии и мозжечок.



Неокортекс особенно развит у людей. Он отвечает за зрение, слух, язык, вычисления, планирование и т. д.

Мы еще многое не понимаем про данную часть мозга человека, и реализовать эту часть на компьютере представляется наиболее трудной задачей. Однако, возможно, это соответствует *обучению без учителя*, о котором мы поговорим в главе 3 данной книги.

Про механизмы работы **базальных ганглий** мы также еще многое не знаем, однако считается, что они учатся больше делать то, что приносит им пользу, и не делать того, что пользы не приносит. Поэтому, думаю, это похоже на *обучение с подкреплением*, которое мы тоже рассмотрим в главе 3.

В **мозжечке** нейронная сеть относительно других отделов мозга проста, поэтому он довольно хорошо исследован. Считается, что его работа похожа на *обучение с учителем*, речь о котором пойдет в главе 3.

Что же такое обучение без учителя, обучение с подкреплением и обучение с учителем? С нетерпением жду третью главу!





Возможна ли гибель человечества из-за ИИ?

Но существует ли в самом деле вероятность гибели человечества, если будет создан сильный искусственный интеллект и достигнута сингулярность?

Известный ученый и бизнесмен Рэймонд Курцвейл предложил следующую концепцию и создал образовательную программу под названием «Университет сингулярности». Он говорит о создании *искусственного интеллекта, интегрированного в жизнь*, посредством объединения искусственного интеллекта, генной инженерии и нанотехнологий.

Курцвейл говорит даже о том, что если загрузить сознание в компьютер, то можно достичь бессмертия. Если бы это было действительно возможно, хотела бы я быть загружена в тело красивого андроида.



Мацуо Ютака-сэнсей, автор книги «Превзойдет ли искусственный интеллект человека?», представляет следующий сценарий того, как искусственный интеллект, создающий другой искусственный интеллект, мог бы поработить человечество. И приходит к выводу, что на текущем этапе поглощение человечества искусственным интеллектом нереально.

Прежде всего работы в этом сценарии – это способ оживления искусственного интеллекта. В работе должно быть заложено «желание» сохранить и приумножить себя.

В таком случае, поскольку роботы хотят воспроизводить самих себя, нужен какой-то завод по производству роботов. Однако для создания робо-

тов на заводе необходимо либо создавать запчасти для роботов, либо покупать их.

Если же предположить не физически существующий робот, а компьютерную программу, в которую встроено «желание» размножаться и которая самостоятельно себя копирует и таким образом распространяется, то это будет подобие вируса.

Копирование программы – это простое дело, поэтому распространение будет быстрым, подобным вирусному. Программа будет, как и вирусы, постоянно модифицироваться. Будет проникать в разные базы данных, будет методом проб и ошибок отдавать странные распоряжения, чтобы путать людей и заставлять их действовать, как нужно программе. Подобный сценарий часто фигурирует в художественных фильмах, однако написать такую грандиозную программу не представляется возможным, поскольку при малейшей ошибке программа перестает работать. Программы уязвимы к исключениям и изменениям, и они не могут управлять людьми, чьи действия непредсказуемы.

Раз трудно оживить искусственный интеллект, почему бы не попробовать создать сначала живой организм, а потом внедрить в него интеллект.

Создание жизни осуществляется посредством оставления хороших образцов путем отбора и выбраковки в условиях определенной окружающей среды. Если мы сможем подготовить среду, в которой будут работать несколько искусственных интеллектов со встроенным элементом случайности, и это увеличит число таких, кто выживет после различных изменений окружающей среды, то не столкнемся ли мы в конечном итоге с доминированием высокоразвитого искусственного интеллекта над людьми?

Однако, хотя исследования в области искусственной жизни и в сфере эволюционного моделирования ведутся уже давно, оживить искусственный интеллект, связав его с генной инженерией, в реальных условиях вне компьютера не представляется возможным.

Следовательно, даже если будет создан сильный искусственный интеллект, кажется маловероятным, что он сможет сам себя воспроизводить и уничтожит человечество.

О-о, хорошо, что вы пришли к выводу, что уничтожение человечества искусственным интеллектом вряд ли возможно. Что ни говори, а рассказы об искусственном интеллекте, например предположения о бессмертии или уничтожении человечества, очень удивительны...





Как изменится наше будущее с искусственным интеллектом?

Английский экономист Джон Мейнард Кейнс в 1930 году предсказывал, что «через 100 лет труд 1-го дня будет занимать 3 часа».

Если искусственный интеллект заменит нас во многих профессиях, то человечество может вообще освободиться от труда.

Как мы видим, спрос на оснащенные искусственным интеллектом бытовые электроприборы довольно большой со стороны людей, которые хотят освободиться от работы по дому. Работа по дому не приносит прямой выгоды, поэтому трудно представить человека, которому бы стало хуже от того, что ему не нужно больше делать домашнюю работу. И то, что эту работу может делать искусственный интеллект, не означает, что человек не может больше ей заниматься. Например, есть люди, которые считают, что бэнто (упакованный обед), приготовленный руками человека, лучше, чем приготовленный искусственным интеллектом.

Проблемой является оплачиваемая работа. Если удастся создать сильный искусственный интеллект, то он сможет делать почти все, что делают люди. Оплата труда – самая затратная часть производства, кроме того, при чрезмерной работе люди физически и эмоционально устают, а искусственный интеллект не знает усталости и может работать сколько угодно.

Ради снижения затрат компании будут активно внедрять искусственный интеллект. Это приведет к значительной поляризации общества между владельцами бизнеса, которые обогатятся за счет экономии средств, и безработными.

«Мою работу в будущем заберет искусственный интеллект?»

«Чему же теперь лучше учить детей?»

То и дело слышны подобные волнующие людей вопросы.





Профессии, которые исчезнут в будущем?

В 2013 году была представлена работа Оксфордского университета на тему «Профессии, которые исчезнут» и «Профессии, которые останутся» через 10–20 лет.

Часть выводов на основе этой работы представлена в таблице ниже.

Профессии, которые, вероятно, исчезнут в ближайшем будущем	Профессии, которые, вероятно, пока останутся
Сотрудник кол-центра или телемаркетер	Хирург и профессии, связанные со стоматологией, например дантист
Ресепшионист	Терапевт, например рекреационный
Сборщик и аналитик данных	Управляющий, менеджер
Финансист, специалист по ценным бумагам, страховой агент	Психотерапевт, консультант
Перевозчик, логист	Учитель начальных классов
Рефери	Диетолог

Примеры профессий, которые исчезнут, и профессий, которые останутся

Почему здесь приведены именно эти примеры профессий, вы узнаете дальше.

Поскольку способности искусственного интеллекта в распознавании голосов и изображений высоки, то профессии, связанные с распознаванием, классификацией и поиском звуковой и изобразительной информации, с высокой долей вероятности будут замещены. То же самое произойдет с профессиями, связанными со сбором, введением, обработкой и анализом данных, с телефонными операторами, с теми, кто принимает и отправляет товары.

Кроме того, искусственный интеллект силен в прогнозировании числовых показателей и потребностей, поэтому предполагают, что он заменит банковских клерков и специалистов по кредитованию, специалистов по ценным бумагам и представителей страховых компаний.



В будущем мы, возможно, увидим и такую картину...

В настоящее время уже осуществляется автоматическая оценка уровня продаж, спроса и интереса пользователей, делаются прогнозы заказов на индивидуальном уровне. Также посредством искусственного интеллекта уже осуществляется контекстная реклама, даются рекомендации товаров и реклама на основании поиска в интернете, так что в области рекламы искусственный интеллект тоже заменит человека.

Кроме того, поскольку искусственный интеллект обладает также высокими исполнительскими способностями, он может сочинять тексты, мелодии, создавать дизайн. Он может разрабатывать рецепты, создавать игры, совершать действия от простых, таких как ответы на вопросы или закрывание крышки, до таких сложных, как вождение автомобиля.

Возможно, это покажется удивительным тем, кто считал, что исчезнут только такие связанные с компьютерной обработкой профессии, как сборщик, обработчик и аналитик данных. Но ведь еще с XIX века в производство внедрялись машины, например ткацкие станки. А в XX веке были внедрены уже, например, системы автоматической регистрации в аэропортах и голосовые меню. Если подумать о всей той офисной работе, в которой стали использоваться машины, то уже неудивительно, что с дальнейшим развитием искусственного интеллекта он будет все больше забирать на себя ручной труд людей.



Профессии, которые останутся в будущем?!

Хотя мы и говорим о замене искусственным интеллектом ручного труда, но, как упоминалось уже на стр. 7, для прямого взаимодействия с внешним миром у искусственного интеллекта отсутствует возможность получать информацию посредством пяти органов чувств.

Поэтому виды деятельности, где важны телесные ощущения, тонкая ручная работа и участие пяти органов чувств, с высокой вероятностью останутся с нами и через 10–20 лет. Например, к таким профессиям относятся рекреационные терапевты, эрготерапевты, зубные техники, хореографы и т. д.

Кроме того, считается, что искусственный интеллект плохо справляется с работами, где требуется **высокая компетентность**, с так называемыми **ответственными должностями**. К ним относятся руководители строительных площадок, менеджеры по управлению рисками, руководители пожарных служб и служб предотвращения стихийных бедствий, полицейские и руководители криминальных отделов, менеджеры отелей, врачи, хирурги и доктора, учителя начальных школ.

Искусственный интеллект принимает логические решения на основе множества прецедентов и разнообразных примеров, и если примеров введено мало, он не сможет выдать решение.

С другой стороны, человек способен попытаться решить незнакомую ему проблему, применяя свой опыт и знания из других областей.

Искусственный интеллект даже не может сам выявить проблему, в то время как человек, основываясь на разнообразном опыте, может увидеть проблему в происходящих событиях.

Более того, хотя можно научить ИИ знаниям в каждой отдельной области, трудно передать ему **огромный опыт, который люди накапливают, посредством своего тела и пяти органов чувств**.

Следовательно, невозможно требовать от искусственного интеллекта что-то вроде так называемого **здравого смысла, понимания контекста**.

И еще, хотя искусственный интеллект логичен и может дать наилучшие рекомендации для решения конкретной проблемы, он не способен обеспечить такое **руководство, которое мотивирует людей** посредством тонкой коммуникации, подходящей для всех заинтересованных лиц. Поэтому он не способен выполнять **ответственную работу**.

Кроме того, искусственный интеллект **нельзя заставить иметь настоящее «сердце»**, поэтому профессии, требующие сопереживания и душевной близости с людьми, также будут для ИИ затруднительны.

Поэтому работники сферы психического здоровья, специалисты по аудиологии, медицинские социальные работники, диетологи, учителя начальных школ, клинические психологи и школьные психологи – это те профессии, которые, скорее всего, останутся неизменными и не будут замещены искусственным интеллектом.

Что же касается исследователей и разработчиков искусственного интеллекта, то когда будет достигнута сингулярность, искусственный интеллект сможет сам разрабатывать искусственный интеллект. Возможно, тогда в живых останутся только те люди, которые создадут тот первый искусственный интеллект, который сможет создать другой более умный искусственный интеллект.



Таким образом, страх многих людей: «Не заберет ли в будущем мою работу искусственный интеллект?» – не является таким уж беспочвенным.

Но как же? Если работать будет не надо, почему бы не наслаждаться беззаботной жизнью? Так, кстати, освободившись от труда.



Но люди так устроены, что они так не смогут. Они будут беспокоиться, конечно, и об экономическом положении, но также и об отрыве от общества, что ли...

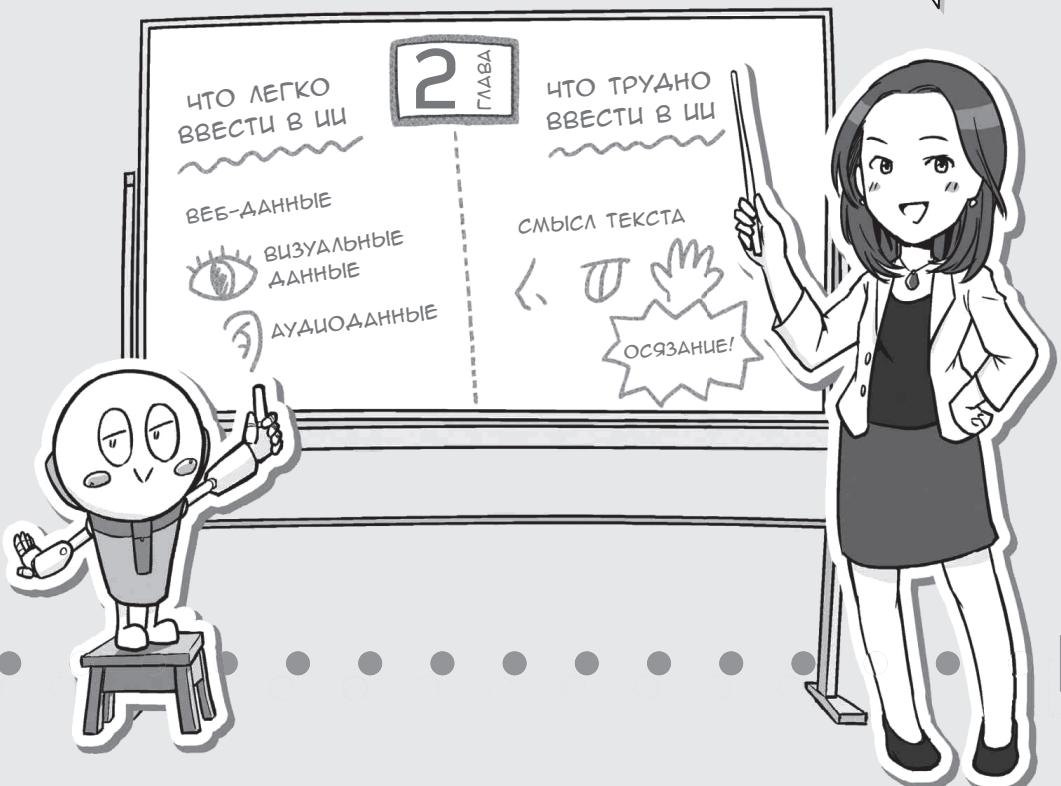
Хмм, да, такие переживания мне трудно понять... Ох, и в самом деле, кажется, психологом я быть бы не смог! Понять человеческие волнения не так-то просто...



ГЛАВА 2

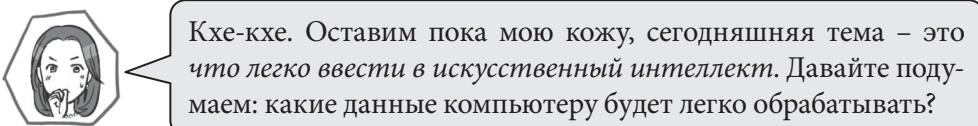
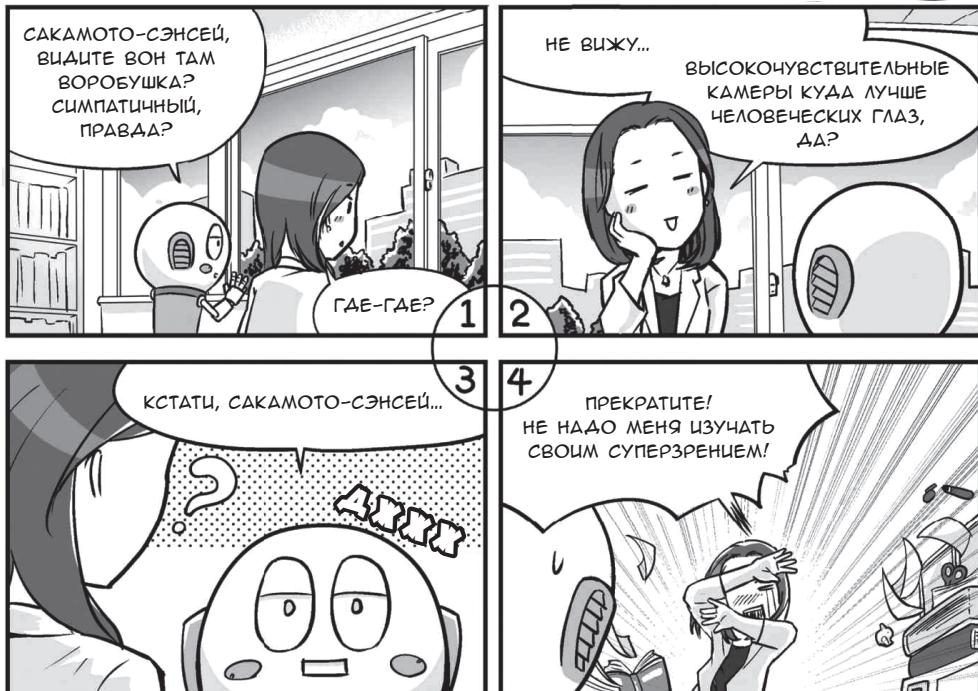
ЧТО ЛЕГКО, А ЧТО ТРУДНО ВВЕСТИ В ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ

В главе 2 мы поговорим о том, что легко ввести в искусственный интеллект, а что трудно ввести. Мы рассмотрим, какую информацию компьютеры могут легко обрабатывать, а с какой им приходится трудно. Также проясним для себя, что искусственный интеллект умеет хорошо, а что ему неподвластно. И как следует разберемся в отличии человеческого интеллекта от искусственного!

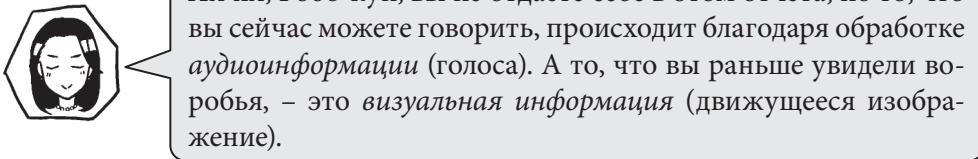


2.1

ЧТО ЛЕГКО ВВЕСТИ В ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ



Хм, это не просто. Как-то сразу ничего не приходит в голову, что же легко вводить и обрабатывать...



Вот как! Значит, когда я вижу или слышу как человек – это на самом деле обработка информации (данных), да?





Любую информацию из веба можно ввести

В первой главе мы говорили о том, как история искусственного интеллекта началась и развивалась вместе с развитием компьютеров.

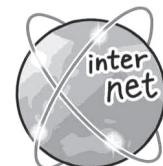
Использование искусственного интеллекта с давних пор у большинства (хотя это и зависит от конкретного человека) ассоциируется с компьютерами, поэтому, думаю, можно говорить о **вводе информации в компьютеры**.

Как уже упоминалось в той же первой главе, второй бум искусственного интеллекта закончился из-за трудностей с введением знаний, однако затем, в середине 1990-х годов, появились поисковые системы и быстро распространился интернет, так что с начала 2000-х годов наряду с распространением веба стало возможным получение больших данных, и введение знаний в компьютер стало простым делом. С этого и начался третий бум ИИ.

В настоящее время в искусственный интеллект можно ввести любую информацию, если она есть в вебе.

Однако сама по себе эта информация в вебе, если с ней ничего не делать, просто беспорядочно болтается в сети.

Самый первый браузер WorldWideWeb (WWW) был разработан в 1990 году Тимом Бернерсом-Ли из Европейского совета по ядерным исследованиям (CERN) на среде NeXTSTEP на OS компьютерной компании NEXT.



Самым первым способом организации информации в интернете был поисковик каталогового типа от Yahoo!. Yahoo! планировал упорядочить всю информацию в интернете с помощью людской силы. Но, как мы говорили в главе 1 о проблемах второго бума ИИ, этим способом было невозможно угнаться за взрывным ростом численности веб-страниц.

Затем появился алгоритм PageRank от Google, который был успешен в упорядочивании всех веб-сайтов по степени важности, посредством учета гиперссылок на другие страницы как голосов за данную страницу. В настоящее же время развиваются управляемые пользователями системы упорядочивания информации, например социальные закладки или Wikipedia.

Когда ссылки и поисковые системы каталогового типа были на волне популярности, браузеры предлагали пользователям делать закладки, и так пользователи самостоятельно управляли ссылками на веб-сайты и упорядочивали таким образом информацию. Но после Google мы больше не должны сами упорядочивать информацию, теперь мы осуществляем поиск в вебе, полагаясь на высокоточную роботизированную поисковую систему.



Все, кто пользуется поисковыми системами, думаю, знают, что информация в вебе становится все разнообразнее. Сейчас мы можем свободно искать не только текстовую информацию, но и мультимедийное содержание, например визуальную информацию.

Когда искусственный интеллект смог использовать эти огромные объемы информации из веба, начался третий бум ИИ.



Данные в цифровом формате из 0 и 1

Информация, которую мы можем ввести в искусственный интеллект, – это информация, которую может обработать компьютер.

Компьютеры обрабатывают и сохраняют информацию, преобразуя числа и буквы в цифровой формат из **0** и **1**.

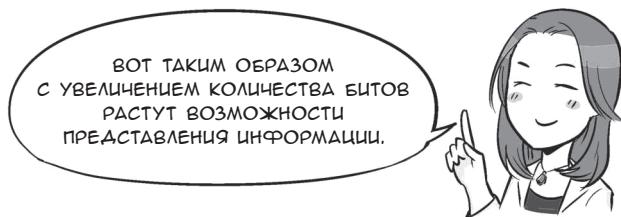
Базовая единица информации, представляющая собой один символ, который может принимать значения 0 или 1, называется **бит** (1 bit, или 1 b). Это наименьшая единица измерения данных, которую может обрабатывать компьютер. 8 бит составляют **1 байт** (1 B, или 1 Byte, или 1 B).

Как с помощью одного бита можно представить информацию? Например, если мы назначим букве А значение 0, а букве В значение 1, то с помощью 1 бита мы сможем представить два типа букв.

Посредством 2 бит можно представить 4 вида букв, например следующим образом: 00 = A, 01 = B, 10 = C, 11 = D.

1 бит	2 бита	3 бита	...
$2^1 = 2$ вида	$2^2 = 4$ вида	$2^3 = 8$ видов	

8 бит (1 байт)	16 бит (2 байта)	32 бита (4 байта)
$2^8 = 256$ видов	$2^{16} = 65\,535$ видов	$2^{32} = 4\,294\,967\,296$ видов



Такая комбинация из нулей и единиц, которую используют компьютеры, называется **двоичным кодом**. Привычное людям представление чисел цифрами от 0 до 9 называется **десятичным кодом**. Еще есть, например, **шестнадцатеричный код**, в котором используются 10 цифр и буквы от A до F. Шестнадцатеричный код используется, например, для набора символов или для задания цвета при создании веб-страниц.

Например, ярко-голубому цвету (LightBlue) назначен цветовой код «#ADD8E6». Также каждому знаку японской азбуки хирагана и каждому иероглифу назначен некий набор символов. Человеку это трудно понять, но компьютер обрабатывает информацию именно так.



В текстах веб-сайтов в настоящее время принято для символов половинной ширины использовать один байт, а символы полной ширины представлять тремя байтами*.

* В японском, китайском и корейском языках в графике и компьютерных науках есть понятие символов полной и половинной ширины. Например, латинский алфавит представляется символами половинной ширины, а иероглифы и знаки японских алфавитов хираганы и катаканы представляются символами полной ширины. – Прим. перев.



Разные типы данных (текстовые, движущиеся изображения, звуковые)

В компьютерах хранятся самые разные данные в виде файлов. Файлы бывают разных видов, но в общем их можно разделить на два типа: *файлы программ*, например OS или приложения, и *файлы данных*, создаваемые посредством приложений.

Эти файлы сохраняются в разных форматах. Существует два типа форматов файлов: *уникальный*, который зависит от того, в каком приложении был создан файл, и *общий*.

Общий формат файлов, не зависящий от OS и приложений, в целом подразделяется на текстовый формат и мультимедийные форматы файлов.



Теперь я расскажу о форматах данных. Люди, активно пользующиеся компьютером, наверняка уже хорошо знакомы с такими форматами, как, например, PDF или JPEG.

Текстовый формат файла (.txt) состоит только из набора символов и кодов перевода строки. Читается практически всеми приложениями, использующими текст.

Формат CSV (.csv) – специальный формат для хранения табличных данных, который тоже в основном текстовый, но в нем символьные и числовые данные разделяются запятой (,) и между записями используется перевод строки.

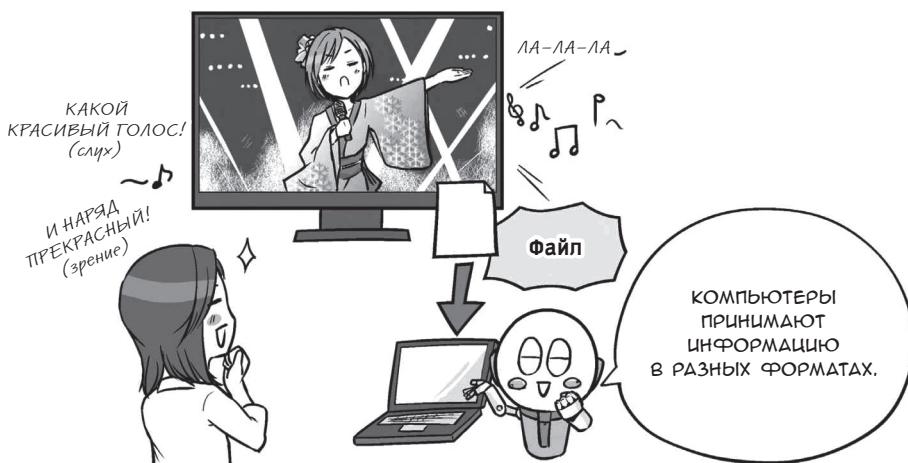
Кроме того, есть **формат электронных текстов PDF (.pdf)**, который часто используется для просмотра и распространения в вебе и в электронных сообщениях.

Мультимедийные форматы используются для визуальной, видео-, звуковой и тому подобной информации. Таких форматов существует много, и здесь мы рассмотрим только часть из них.

Для **статичных изображений** используется формат **BMP (.bmp)**, сохраняющий такие изображения как набор точек; формат **GIF (.gif)**, который может хранить только 8-битный цвет (256 цветов), но использует метод сжатия файлов без потерь, что позволяет не терять в качестве изображения; формат файла **JPEG (.jpg)** хранит полные 24-битные цвета; формат **PNG (.png)** хранит полные 48-битные цвета и использует метод сжатия без потерь.

Для **сжатия и хранения видео** используется формат **MPEG (.mpg)**. Так, MPEG-1 используется, например, для CD-ROM и обеспечивает качество на уровне VHS, MPEG-2 используется для DVD и цифрового вещания и обеспечивает качество на уровне HD, MPEG-4 используется, например, для видеостриммингов в мобильных телефонах и подкастах.

Что касается **звучка и голоса**, то формат **WAVE (.wav)** стандарта Windows семплирует и сохраняет необработанный звук, а также существуют различные форматы сжатия видео, называемые **MP3 (.mp3)**, когда из файлов MPEG-1 берется только звуковая часть.



Люди воспринимают информацию
посредством пяти органов чувств.
Компьютеры принимают информацию
в разных файловых форматах

Таким образом, **информация, которая легко обрабатывается компьютерами, то есть тексты, видео и звуки, легко вводится в искусственный интеллект**.

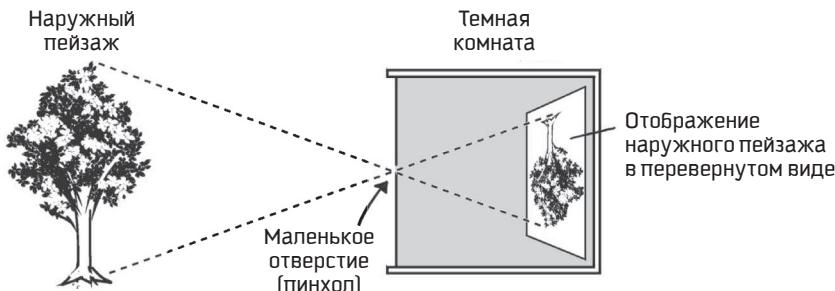


Введение визуальной информации в компьютер

Как было показано на стр. 46, к информации, которую легко ввести в искусственный интеллект, относятся движущиеся изображения.

Движущиеся изображения – это информация, которую человек воспринимает посредством зрения. Вследствие развития камер такую информацию стало возможным легко получать и вводить в компьютеры.

Согласно веб-сайту «Научная лаборатория Canon для детей»*, началом всех камер служит так называемый стеноп (пинхол). Стеноп представляет собой устройство, известное еще до нашей эры и используемое для *отражения наружного вида, например, на стене, благодаря прохождению света через маленькое отверстие*.



*Такой феномен возникает благодаря маленькому отверстию
вроде того, которое оставляет угол иголкой*

Однако хотя первые стенопы и относят к камерам, они на самом деле не обладали функцией съемки, это были просто устройства, отражающие вид с другой стороны от малого отверстия на экране, например из матового стекла. В XV веке это устройство подверглось различным усовершенствованиям, и так появилась так называемая **камера обскура** (название означает маленькое темное помещение), которая стала очень популярна среди европейских художников. Далее, в XVI веке, появилось устройство, использующее выпуклую линзу, которое позволяло получать более четкое изображение.

Несмотря на то что история камер является очень древней, компьютеры научились получать информацию, которую люди получают посредством зрения, только с появлением цифровых камер, способных записывать в цифровом виде неподвижные изображения.



* <http://web.canon.jp/technology/kids/> (с марта 2017 года).



Эволюция цифровой камеры

В 1975 году разработчик компании Eastman Kodak изобрел первую в мире цифровую камеру.

В то время размер изображения был равен 100×100 , то есть 10 000 пикселей.

Первую камеру с цифровой записью изображений для широкой публики выпустила компания Fujifilm в 1988 году, изображения записывались на SRAM-IC карты, используемые в то время в ноутбуках.

В 1993 году компанией Fujifilm была выпущена в продажу камера «FUJIX DS-200F», в которой впервые использовалась флеш-память, способная осуществлять запись без источника энергии.

Начиная с выпущенной в продажу в 1994 году цифровой камеры компании Casio, цифровые камеры стали быстро набирать популярность. В то же самое время случился бум Windows 95 и началось широкое распространение домашних персональных компьютеров, в связи с чем стал весьма популярным также перенос изображений на компьютеры.

После чего многие компании стали производить и выпускать в продажу цифровые камеры для широкого круга потребителей. В то же время впервые появилась камера от компании Ricoh с функцией записи видео, где для записи использовалась серия изображений формата JPEG.

Начиная с 1999 года шла ожесточенная конкурентная борьба между производителями за увеличение разрешения изображений и за уменьшение размеров камер, что привело к быстрому росту возможностей, как вы, должно быть, знаете.

Цифровые камеры начинали с изображений с разрешением в 400 тыс. пикселей, а теперь уже разрешение превышает 50 млн пикселей, и говорят, что нынешнее качество изображений позволяет даже передавать текстуру. В настоящее же время уже стало возможным получать 3D-изображения, воспроизводящие естественные объемные изображения, видимые человеческим глазом.



Итак, мы кратко и быстро рассмотрели историю развития камер. Что касается цифровых камер, то изображение тем качественнее, чем *больше в нем пикселей*. Что это за пиксели, мы рассмотрим далее.

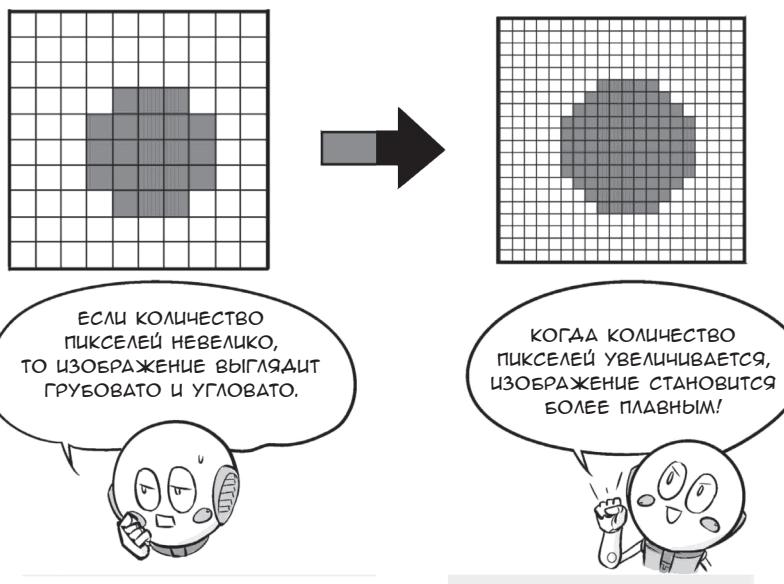


С ростом количества пикселей возможности камер превышают возможности человека?!

Количество пикселей показывает, сколько пикселей (наименьших элементов изображения) умещается на единицу площади.

В цифровых камерах есть такие элементы изображения, как CCD-сенсоры и CMOS-сенсоры. Единицы измерения, называемые пикселями, сами по себе не обладают определенным размером. Например, если речь идет о 2 млн пикселей, то это означает, что площадь элемента изображения состоит из 1600×1200 пиксельных точек, а 4 млн пикселей означают 2304×1728 пиксельных точек.

Другими словами, при **увеличении количества пикселей уменьшаются в размере пиксельные точки и становится возможным более плавно представлять, например, мелкие части изображения.**



При увеличении количества пикселей изображение становится более естественным!

Когда говорят, что камеры лучше человеческих глаз, имеется в виду, что возможности искусственного интеллекта по обработке визуальной информации выше, чем у человека.



Данные, используемые во всем мире

Третий бум ИИ в области распознавания изображений был вызван тем, что цифровые камеры стали использоваться для получения визуальной информации о внешнем мире, формат изображений стал удобным для компьютеров, а в веб-сети появилось множество наборов данных. Но это не все причины.

Важным моментом является то, что наборы данных изображений были тщательно разработаны, чтобы **исследователи со всего мира могли соревноваться в точности распознавания на одних и тех же наборах данных**.

Если каждый исследователь в некоторый момент времени использует свой набор данных, то даже когда точность распознавания изображений повышается, существует вероятность того, что исследователь мог случайно использовать удобный для себя набор данных или что набор данных просто хороший. Такие результаты распознавания трудно сравнивать. В случае с изображениями еще одним преимуществом является то, что исследователям всего мира легко обмениваться такими данными через интернет.

Например, в качестве **данных для обучения компьютеров распознаванию рукописного текста** используется набор данных MNIST. Это набор образцов рукописного представления 10 цифр от 0 до 9, который часто используется в исследованиях по распознаванию образов.

1	3	5	4	6	5	1	4	8	1
3	8	1	6	1	7	3	7	2	8
0	1	4	6	6	0	4	8	3	4
7	4	3	9	8	6	8	4	0	6
0	0	2	8	8	1	7	9	1	5
Y	1	3	2	4	0	9	8	3	3
2	3	1	2	2	3	3	4	7	3
5	4	2	3	5	8	9	3	2	1
1	9	7	0	1	3	9	8	3	6
5	0	4	4	0	4	9	2	4	8

Как неразборчиво...
некоторые цифры
совсем не похожи...



Как раз потому, что эти символы плохо читабельны и плохо распознаются, они идеально подходят для обучения. Если искусственный интеллект научится их читать, то станет умнее.

Если воспользоваться поиском в интернете, то вы сразу сможете получить доступ к набору данных MNIST.

В этом наборе данных каждая рукописная цифра представлена изображением размером $28 \times 28 = 784$ пикселя, что для визуальных данных является очень маленьким значением. Таких изображений в наборе данных 70 000, и для каждого указан правильный ответ – цифра, которой данное изображение соответствует.

Если это изображение разбить на пиксели и загрузить в нейронную сеть (об этом будет рассказано в главе 3), то оно может быть обработано искусственным интеллектом.

Такое распознавание символов достигло большого успеха в конце 1980-х годов, но нынешний бум ИИ был вызван его **применением к распознаванию образов в целом**, а также доступностью и увеличением **количество образцов**, на которых можно обучать компьютеры.



Искусственный интеллект определяет, какие цифры представлены в неразборчивых изображениях MNIST, решая, например, что «вот это 3», а «вот это 6». Но как было бы здорово, если бы он мог распознавать не только символы, но и *изображения в целом*. На самом деле ИИ, изучив самые разные изображения со всего мира, уже может с высокой точностью определить, например, что «вот это кошка», «вон то собака», а «вон там тюльпан».



Кампания по распознаванию образов, ILSVRC

Третий бум ИИ был спровоцирован всемирным конкурсом по распознаванию образов ILSVRC (Imagenet Large Scale Visual Recognition Challenge).

В рамках этого конкурса из базы данных изображений ImageNet, содержащей более 14 млн изображений, бралось 10 млн изображений, на которых производилось машинное обучение, после чего на 150 тыс. изображений делалось тестирование для определения доли правильных ответов.

Во время конкурса в 2012 году был представлен метод распознавания изображений с использованием глубокого обучения (более подробно см. на стр. 114 главы 3).

ImageNet – это большая коллекция изображений, соответствующих каждому понятию из WordNet, словаря английских понятий, разработанного профессором Принстонского университета Джорджем Миллером.

Это всеобъемлющая коллекция изображений для каждого понятия. Исходные изображения собирались с помощью существующей системы поиска изображений на основе текста, а затем посредством краудсорсинга к этим изображениям создавались аннотации (комментарии к данным). Так получился масштабный и качественный набор данных для обучения с учителем.



[Пояснение к изображению]
- Кошка [трехцветная]
сидит на стуле

Это похоже на то, как в MNIST указываются правильные ответы. Для разных вариантов изображения имеется объяснение «здесь изображено то-то и то-то». И таких изображений собрано огромное количество.



С 2010 года ежегодное соревнование ILSVRC, с использованием подмножества набора данных ImageNet (1000 классов), позволило свободно использовать **данные в сотни и тысячи раз большем объеме**, чем в исследованиях 2000-х годов, и дало возможность участникам **конкурировать на общем игровом поле**, что привело к стремительному развитию данной области.

В то же время благодаря развитию графических процессоров (GPU) значительно увеличились вычислительные мощности компьютеров. В настоящее время возможно не только распознавание объектов, но и **распознавание текстур**, что считалось уникальным для человека.

То же происходит и в мире корпораций, Google и другие компании используют огромный объем данных, доступных через их сервисы, для значительного усовершенствования системы распознавания лиц, которая теперь уже **равна, а в некоторых случаях даже превосходит человеческое зрение**.



Ввод в компьютер аудиоинформации

После визуальной информации (видео) поговорим о **звуковой информации (аудио)**.

Чтобы искусственный интеллект мог **вести беседы** подобно человеку, прежде всего необходимо, чтобы он мог **воспринимать звуки**. Если ввести голос в компьютер, затем обработать его должным образом и выдать ответ, то получится беседа, подобная человеческой.

Для создания ответа используется технология, называемая «синтез речи», но здесь мы поговорим о процедуре **распознавании речи**, когда в компьютер **вводится голос, и он распознается как язык**.



Для того чтобы искусственный интеллект мог вести естественную беседу, необходимы очень высокие технологии распознавания звуков. Однако в настоящее время происходит большой прогресс в таких технологиях, и они уже используются в самых разных устройствах, например в смартфонах и навигаторах.

Компания Google запустила систему распознавания речи в 2009 году, и чтобы облегчить восприятие голоса, примерно до 2014 года приходилось говорить громко и четко, повторять по несколько раз, разбивать фразу на отдельные слова, когда был получен неправильный ответ. Все это вызывало раздражение у многих людей, не так ли?

Однако с 2016 года точность распознавания значительно увеличилась, говорят, что сейчас точность превышает 90 %. Можно сказать, что такой поразительный рост точности распознавания речи связан с внедрением глубокого обучения, речь о котором пойдет в главе 3.

В настоящее время голос относится к информации, которую легко вводить в искусственный интеллект.



Распознавание речи с использованием двух микрофонов

Распознавание речи искусственным интеллектом начинается с ввода голоса в компьютер. Чтобы ввести в компьютер голос, прежде всего нужен микрофон с высокой чувствительностью.

Многие системы распознавания речи, в которых используются близкие микрофоны (находящиеся от губ говорящего на расстоянии не более 10 см), не имеют проблем в случае небольших шумов. Однако когда речь захватывается с более далекого расстояния, например бытовыми приборами или роботами, то окружающие шумы и эхо становятся проблемой.

Разработка микрофонов, способных справиться с этими проблемами, способствовала повышению точности распознавания речи.



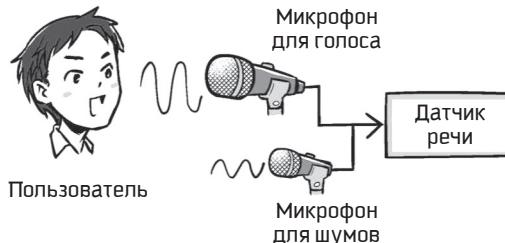
Здесь мы рассмотрим два типа микрофонных систем, используемых для распознавания речи. Оба метода позволяют эффективно использовать два микрофона. Речь представлена в виде волны, и, сравнивая форму волн, улавливаемых каждым микрофоном, можно отличить голос пользователя от шума.

1-й метод Отделение голоса пользователя от шума посредством использования сдвига волн [разности фаз]



Микрофоны установлены одинаково, поэтому...
- голос пользователя поступает на микрофоны одновременно;
- шумы поступают на микрофоны не одновременно.
Поэтому можно их отделить!

2-й метод Отделение голоса пользователя от шума посредством использования разницы в величине волн (разности амплитуд)



Микрофоны установлены по-разному, поэтому...

- голос говорящего подается громко в голосовой микрофон;
- шумы поступают в микрофон для шумов громко или, по крайней мере, так же громко, как в голосовой микрофон.

Поэтому можно их отделить!

Вот как! Для любого из этих способов нужны два микрофона, да? Сказать по правде, во мне тоже несколько микрофонов. Наверняка и у других роботов так же.



Несколько микрофонов

Использование нескольких микрофонов становится все более распространенным.

Например, робот Pepper компании Softbank снабжен четырьмя микрофонами. На сайте компании Softbank указано, что «взаимодействие с людьми и понимание их эмоций были бы невозможными для Pepper, если бы в его голове не было установлено четыре направленных микрофона»*.



* **Направленный микрофон** – это микрофон, который улавливает звук только с определенного направления.

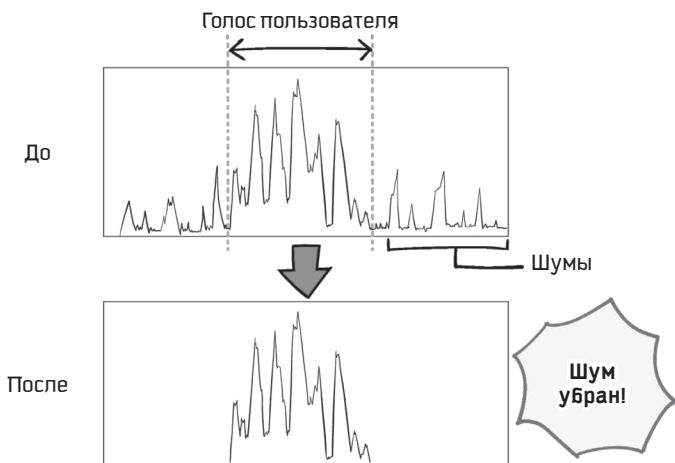
Благодаря четырем микрофонам Pepper может не только установить источник звука и местоположение человека, но и определить по голосу эмоциональное состояние, что доказывает важность нескольких микрофонов.

Основная проблема заключается в том, что когда человек говорит на расстоянии или в шумной обстановке, микрофон улавливает шум вместе с голосом человека.

Для того чтобы предотвратить сбои в работе системы распознавания речи из-за шума, используются **технологии обнаружения голосовой активности (VAD – Voice Activity Detection)** и технологии удаления примешивающегося шума (**шумоподавление**).



Как показано на рисунке ниже, обнаруживается важная речь, а ненужные шумы удаляются. И тогда все становится ясно и понятно!



*Применение обнаружения голосовой активности
и шумоподавления*

Как показано на рисунках на стр. 55 и 56, когда голос захватывается, например, с помощью двух микрофонов, то выявление голоса происходит за счет разного пространственного расположения источников голоса пользователя и шума.

В случае навигационной системы в автомобилях используются два микрофона для направленного на водителя выборочного захвата голоса, а полученный сигнал подвергается специальному процессу шумоподавления.

Существует также метод обнаружения речи с использованием разности амплитуд, когда два микрофона размещаются на оптимальном расстоянии в соответствии с расположением источника шума и разница амплитуд между звуками, поступающими на два микрофона, используется для различия голоса пользователя и шума.

Если использовать подобные технологии, то **можно легко распознавать речь даже в шумной среде**.

Чтобы еще больше увеличить точность распознавания, нужно использовать три или более микрофона.

Подобные системы с несколькими микрофонами используются не только в автомобилях, но и, например, в роботах вроде упомянутого выше Ререгер и в смартфонах, допустим в iPhone.

Например, один микрофон используется для разговора, а остальные устанавливаются для удаления шумов. Такие усовершенствования в технологиях микрофонов помогают повысить эффективность улавливания речи машинами, что в свою очередь делает реальным распознавание речи искусственным интеллектом. В последние годы развивается технология мульти-модального распознавания речи, которая повышает надежность распознавания речи за счет использования как визуальной, так и аудиоинформации, о чем говорилось на стр. 47 (кстати, надежность означает, что система продолжает функционировать должным образом даже при наличии некоторых помех).

Значит, чтобы правильно воспринять слова собеседника, лучше использовать не только слух, но и зрение. При наличии визуальной информации можно видеть положение тела собеседника, направление его взгляда, движение губ и т. д.



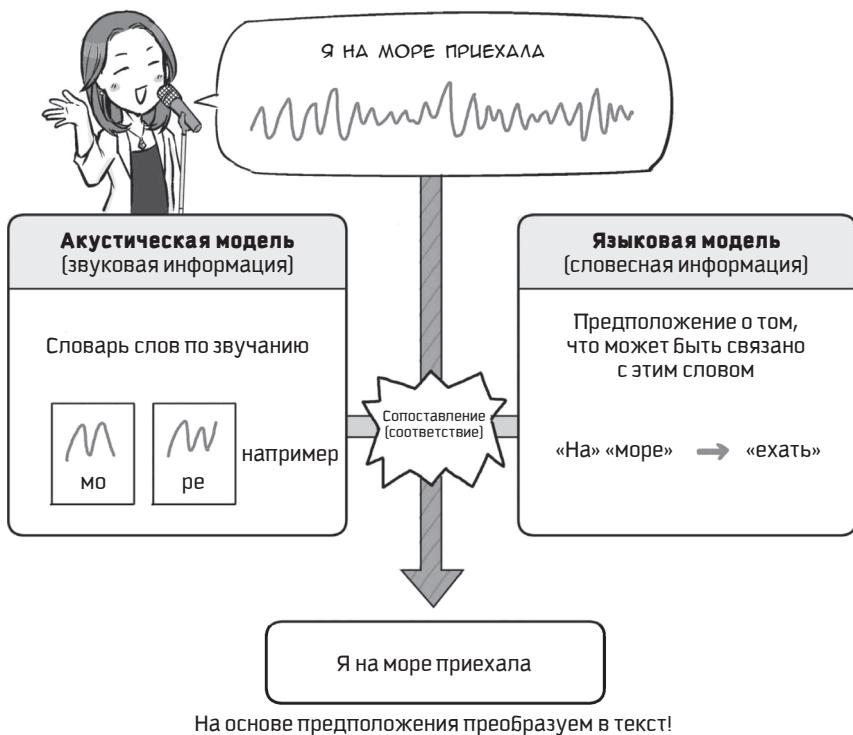
Как преобразовать голос в текст?

Говоря несколько более сложным языком, распознавание речи преобразует входной сигнал в вектор признаков речи (набор различных признаков речи, преобразованных в числовые значения) и затем оценивает соответствующие последовательности слов в серии векторов признаков.

Итак, после того как посредством микрофона получен четкий голос человека, далее необходимо преобразовать его в «буквы».

Посмотрите на рисунок ниже.

Процесс преобразования голоса в правильный текст в настоящее время осуществляется в двух разных модулях, называемых «**акустическая модель**» и «**языковая модель**».



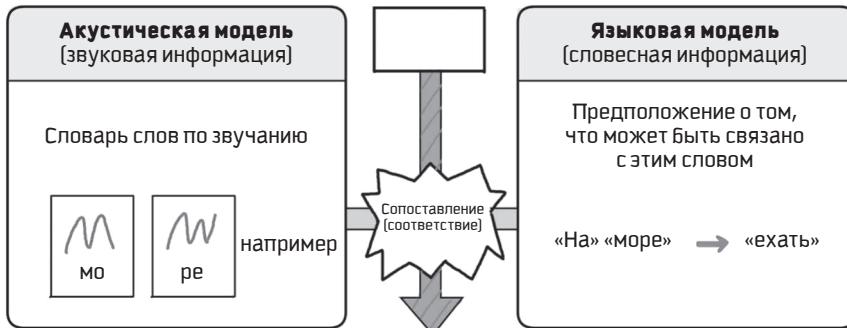
*Представление процесса
до преобразования голоса в буквы*



Глядя на этот рисунок, становится понятно, что в этих двух моделях совсем разная логика. **Акустическая модель** представляет собой просто словарь слов по звучанию. А **языковая модель** может делать предположения о связанных словах.



Акустическая модель, языковая модель



Для наглядности перенесем сюда часть рисунка с предыдущей страницы. И теперь я расскажу про акустическую и языковую модели.

Акустическая модель – это модель, которая делит звуковую волну (графическое представление колебаний воздуха) на мельчайшие единицы, называемые фонемами, затем определяет, какие гласные (например, «а», «и», «у») и согласные (например, «к», «с», «т») характерны для каждой единицы, и выводит их в виде слов.

Типичная акустическая модель основана на статистической обработке данных тысяч людей и тысяч часов речи. Другими словами, **она представляет собой словарь звучаний слов, созданный на основании усредненных данных о произношении**. Соответствие (сопоставление) часто осуществляется с помощью теории, называемой «скрытой марковской моделью» (Hidden Markov Model, HMM).

Обычно осуществляется 10–20 сопоставлений в миллисекунду, и совершаются они с начала слова. Например, при распознавании слова «астра», когда распознается первый звук «а», кандидаты на соответствие ограничиваются словами из словаря, которые начинаются с «а». Далее, при распознавании «ас», круг кандидатов сужается до «астра», «астрономия», «ассоциация», «асана»... и т. д., пока в качестве результата не будет выведено (распознано) последнее наиболее соответствующее слово.

Однако если слова нет в словаре, оно считается неизвестным и не распознается.

Языковая модель – это вероятностное представление связей между словами.

После распознавания слова делается вероятностный прогноз, какое слово будет следующим. Это похоже на предлагаемое преобразование японских слов на кана* в иероглифы на компьютерах и смартфонах.



Например, после слов «на море» далее может следовать не только «приехать», но и «прийти», «отдыхать», «смотреть» и т. д. Возможны разные предположения.

Такое традиционное распознавание речи имеет свои недостатки.

Для того чтобы правильно предсказать, какое слово произносится, акустическая и языковая модели должны быть отложены по отдельности.

В 2011 году была проведена международная конференция, на которой было объявлено о возможности значительного увеличения точности распознавания устной речи. До этого момента распознавание речи в телефонных разговорах было сложной задачей с уровнем ошибок около 30 %, но благодаря использованию акустической модели с применением глубокого обучения (Deep Learning), речь о котором пойдет в главе 3, удалось добиться уровня ошибок менее 20 %. Это произошло примерно в то же время, что и представление глубокого обучения для распознавания изображений, о котором упоминалось на стр. 52.

Это ускорило конкуренцию между основными компаниями – разработчиками вычислительных машин и смартфонов. Первоначально глубокое обучение рассматривалось только с акустической точки зрения, но сейчас разрабатываются **технологии с интегрированным разговорным языком**, благодаря чему естественный диалог между человеком и машиной становится реальным.

Как часто стало встречаться понятие «глубокое обучение», которое мы отметили еще в главе 1 на стр. 29! И в распознавании изображений, и в распознавании речи оно произвело революционный прорыв! Так что же это такое? С нетерпением жду главу 3.



* Кана – общее название для двух японских слоговых азбук – хирагана и катакана. – Прим. перев.

2.2

ЧТО ТРУДНО ВВЕСТИ В ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ



ХОДЯ Я И ОЧЕНЬ
ВЫСОКОРАЗВИТЫЙ
РОБОТ,

НО НЕ МОГУ ПОНЯТЬ
ОСЯЗАНИЕ.

НО Я ДОЛЖЕН
ПОБЕДИТЬ СВОИ
СЛАБОСТИ!
ВЕДЬ Я ЖЕ
ВЫСОКОРАЗВИТЫЙ.

КАЖДЫЙ ДЕНЬ
ТРЕНИРУЮСЬ,
БЕЗ ПРОПУСКОВ!

1

2



Простите, пожалуйста, за то, что я сделал... Так как я сам не могу есть, я не знал, что десерты такие хрупкие и нежные... Раз люди едят такие мягкие вещи, должно быть, у вас очень нежные руки и языки.

АХ, ЭТО ЖЕ
МОЕ ПИРОЖНОЕ!
И КЕКС!
ВСЕ СМЯТО!



Хм? Что-то, Робо-кун, вы стали много говорить сами с собой. Как бы то ни было, следующая тема: «Что трудно ввести в искусственный интеллект».

А, это о том, что у меня плохо получается, да? Вроде осознания или ощущения вкуса... Кроме того, я не всегда понимаю истинный смысл слов, и поэтому иногда, мне кажется, я нечитываю ситуацию... Очень хочется узнать, будет ли это усовершенствовано в ближайшем будущем.





Трудно понять смысл...

Люди естественно распознают **смысл** слов через тексты посредством зрения и через звучание посредством слуха.

Но для искусственного интеллекта такие естественные для человека вещи довольно затруднительны. Как уже было сказано ранее, современный искусственный интеллект свободно может получать огромные объемы языковой информации из интернета и благодаря распознаванию речи. Каким бы быстро читающим ни был человек, он никогда не сможет воспринять такое огромное количество языковой информации с такой скоростью.

Однако считается, что из всей этой информации искусственному интеллекту трудно выделить **смысл**. Смысл зависит от **контекста**. И даже когда удается правильно распознать звучание или текст, они находятся в контексте, поэтому бывает трудно установить правильный смысл.

Например, часто в разговоре употребляются фразы вроде «То, о чем ты тогда рассказывал, как оно?». Человек из контекста и на основании истории отношений с собеседником понимает, на какой момент времени в прошлом указывает «тогда», что имеется в виду под «то» и т. д. Но только на основании этих простых слов нельзя ничего понять. Именно из-за этого стало возможным телефонное мошенничество, когда мошенники звонят и говорят: «это я, я», и взявшись трубку человек из контекста думает, что это наверняка звонит его родственник.

Итак, давайте рассмотрим, как на протяжении долгой истории искусственного интеллекта обращались со **смыслами**.





Что такое семантическая сеть?

С первых дней существования искусственного интеллекта одним из самых известных исследовательских проектов была так называемая **семантическая сеть** (Semantic Network). Это модель для представления структуры запоминания человеком смыслов. Концепции в этой модели представлены узлами, которые связаны между собой и образуют сеть.

Этот метод описания смыслов основан на экспериментах, которые показали, например, что когда люди слышат слово «кролик», они с большей вероятностью ассоциируют его со словом «белый» и с меньшей вероятностью ассоциируют его со словом «сумка».

То есть слова и их смысл запоминаются не произвольно, а на основе ассоциативной связи между концепциями слова, близости смысловых значений и т. д. Когда человек произносит и понимает слово, активируются узлы семантической сети.

Например, когда звучит «белый кролик», активируются узлы «белый» и «кролик». В это же время, возможно, немного активируются и связанные со словом «белый» узлы, вроде «хлопок», который активируется благодаря пушистости.



Пример активации связанных слов

Такую модель назвали **модель распространяющейся активации** (Spreading activation model), и в то время она активно исследовалась. Можно сказать, что вторым бумом ИИ стала попытка описать смыслы исключительно в терминах лингвистических значений и понятий.



Можно ли дать ответ, не понимая смысла?!

Во время второго бума ИИ применялся метод, когда знания описывались и сортировались людьми. Однако, как мы говорили на стр. 21, во второй половине 1990-х годов появились поисковые системы, начал бурно развиваться интернет и в 2000-х годах активно распространялся веб, что сделало возможным получение большого количества данных. Тогда весьма успешным оказался метод, позволяющий компьютерам считывать языковые данные и автоматически находить взаимосвязи между понятиями.

Как мы увидим также в главе 4, ввод концептуального смысла в компьютеры – это настолько важная задача, что она привела к появлению **области исследований под названием «онтология», которая описывает концептуальные отношения как знания**.



Когда человек слышит какое-то одно слово, то он хорошо понимает его смысл и вспоминает другие слова, связанные с этим словом. Это выглядит для нас естественным, но заставить компьютер действовать так же очень трудно... Однако, даже не понимая смысла слов, компьютер может, например, отвечать на вопросы викторины. Как это возможно, мы рассмотрим далее.

Широкую известность получила победа суперкомпьютера Watson от IBM в 2011 году над предыдущими чемпионами в американской телевизионной викторине «Jeopardy!».

Поскольку Watson может отвечать на так много разных вопросов, часто возникает ложное ощущение, что он сам понимает смысл вопроса так же, как человек. Но Watson просто с очень большой скоростью ищет ответы, соответствующие содержащимся в вопросе ключевым словам. Так же, как

Система ответов на вопросы Watson побеждает!



и в традиционной технологии ответов на вопросы, подключение машинного обучения повышает точность ответов непосредственно за счет изучения большого количества вопросов.

Возможно, именно поэтому IBM называет Watson не искусственным интеллектом, а скорее *когнитивной системой* (Cognitive System), или *когнитивным компьютером* (Cognitive Computer).

«Когнитивный» означает «относящийся к познанию». Человеку может быть трудно понять, как это возможно «правильно находить ответы на вопросы, не понимая смысла вопроса». Но для искусственного интеллекта понимание смысла является самой трудной задачей.

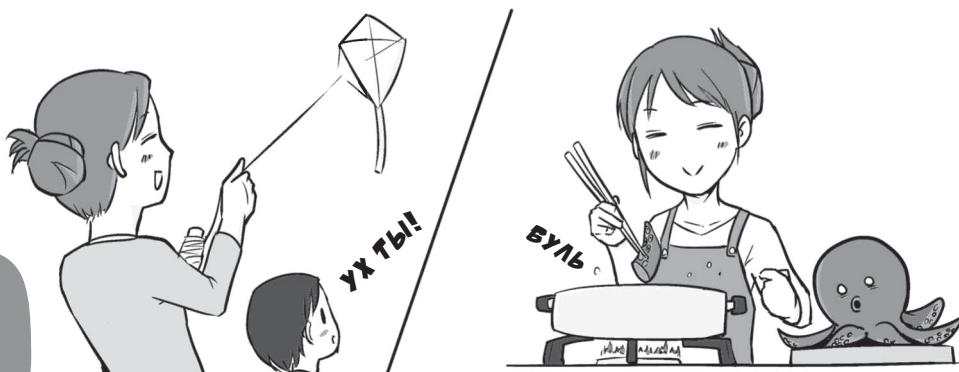


Поскольку трудно считывать смысл, зависящий от контекста, то даже многозначные слова искусственный интеллект обрабатывает плохо, хотя человек легко понимает, что значит определенное слово в данном контексте.

Например, если сказать по-японски «tako wo ageteita», то это может означать и «запустить воздушного змея», и «приготовить осьминога». Если бы речь шла о ребенке, человек бы понял, что имеется в виду запуск змея, а если действующее лицо – мать, значит, имеется в виду приготовление осьминога. Компьютеру же трудно делать выводы в подобных ситуациях.

Более того, если эта фраза прозвучит в парке, то человек поймет, что речь идет о запуске змея, даже если действующим лицом будет мать. Необходимость учитывать также информацию о месте, где происходит разговор, еще более усложняет задачу для компьютера.

Запуск змея или приготовление осьминога?





Что такое латентно-семантический анализ?

В компьютерах для обработки смыслов с начала зарождения искусственного интеллекта использовались статистические методы.

Статистический метод обработки естественного языка, разработанный для решения проблемы полисемии слов, когда одно и то же слово может иметь множество различных значений, называется **латентно-семантическим анализом** (LSA: latent semantic analysis). Я тоже часто использовала его в своих исследованиях.

Это может показаться немного сложным, но данный метод основан на представлении **семантического расстояния** между словами в большом многомерном пространстве слов.

Слова, **семантически сильно связанные с неким словом, размещаются рядом** с ним в этом пространстве. Семантическое пространство автоматически строится на основе статистики распределения слов, такой как частота встречаемости и частота совместного использования слов в очень большом документе.

Тип документа, используемого для создания семантического пространства, может в определенной степени учитывать контекст, в котором используется слово, например в случае газеты это будет *серьезный контекст* или в случае разговорной речи – *разговорный контекст*. Однако поскольку мы используем только идею о том, что *слова, которые часто встречаются вместе, также близки по значению*, не следует думать, что компьютер глубоко понимает значение каждого слова в разных контекстах, как это делают люди.



Причины прекращения проекта *Todai robot project*

В рамках попытки открыть новые горизонты посредством реинтеграции области искусственного интеллекта, отделившейся после 1980 года, Национальный институт информатики взял на себя инициативу по запуску проекта *Todai robot project*, который заключался в проверке, может ли робот поступить в Токийский университет. Однако в ноябре 2016 года было объявлено о прекращении попыток поступления в Токийский университет.

У робота из проекта вероятность прохождения вступительных экзаменов в 23 государственных и 512 частных университетов оказалась выше 80 %. И во время пробного тестирования второго тура в Токийском университете, представленного в виде эссе, результаты были хорошими, и по точным наукам Т-оценка была 76,2. Однако в заданиях по японскому языку, где необходимо было определить контекст и глубоко понять смысл, он не справился.

Пробные вступительные экзамены в университеты в 2016 году (с оценками)	Набранные баллы	Среднее по стране	Т-оценка
Английский (письменный)	95	92,9	50,5
Английский (аудирование)	14	26,3	36,2
Японский язык (современный и устаревший)	96	96,8	49,7
Математика I А	70	54,4	57,8
Математика II В	59	46,5	55,5
Мировая история В	77	44,8	66,3
Японская история	52	47,3	52,9
Физика	62	45,8	59,0
Итого = максимум 950 баллов	525	437,8	57,1

Источник: Может ли робот поступить в Токийский университет? URL: <http://21robot.org/>.



*Результаты работы.
Кажется, английский и японский языки у него не очень...*

Однако в последнее время говорится о значительных улучшениях в работе машинного перевода Google. Кроме того, идет международная гонка по разработке технологии, которая позволит искусственному интеллекту работать со смыслами, так что будем надеяться на лучшее.



Итак, мы поговорили о том, что трудно вводить в искусственный интеллект, а именно о *смыслах текста*. Теперь поменяем тему и поговорим о трех из пяти чувств, а именно о *вкусе, обонянии и осязании*. Такие физические ощущения тоже трудно вводить в искусственный интеллект...



Чтобы стать умным, нужны все пять чувств?

Люди используют **все пять чувств**, чтобы получать информацию из внешнего мира. Современный искусственный интеллект полагается только на информацию, которую люди получают посредством **зрения и слуха**.

Некоторые люди, возможно, думают, что поскольку искусственный интеллект – это компьютер, ему не нужны осязание, вкус и обоняние. Однако для разумного поведения человеку необходима информация, получаемая посредством всех этих чувств.



Как уже говорилось на стр. 63, непонимание контекста связано с неумением понять смысл в разговоре.

Так, в комнате, где ведутся оживленные дебаты, царят смех и веселье, можно почувствовать себя *разгоряченным*. А в доме, где вас окружают семья и друзья, можно чувствовать *тепло*. А когда во время разговора вдруг повеяло *холодом*, приходится тщательнее выбирать слова. Так люди могут выбирать стиль общения в зависимости от обстановки.

Если вы хотите в чем-то убедить вашего собеседника, возможно, это получится у вас лучше, если вы сначала накормите его вкусной едой. А во время свидания аромат духов может сказать больше, чем слова.

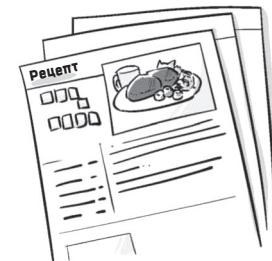


Вкус для искусственного интеллекта?

Итак, искусственный интеллект располагается в механизме, поэтому нет необходимости предполагать, что сам по себе искусственный интеллект может получать информацию через **вкус**.

В плане вкуса искусственный интеллект может быть полезен, когда нужно вычислить, какие ингредиенты можно смешивать в каком блюде, чтобы с точки зрения человека получилось вкусно.

Так, в этой области известность получил шеф-повар Watson от IBM. В этой системе собраны, оценены и проанализированы по ингредиентам более 9000 рецептов от профессионалов, после чего анализируются их комбинации и предлагаются рецепты, которые должны оказаться вкусными. Таким образом, данная система использует только языковую информацию.



Это полностью отличается от процесса получения визуальной информации, подобно человеческому зрению посредством камер, и аудиоинформации, подобно человеческому слуху посредством микрофона.



Обоняние для искусственного интеллекта?

А как насчет такого физиологического чувства, как **обоняние**?

Раньше уже приводился пример с духами. Какой-то аромат может напомнить нам о давнем возлюбленном, запах младенца может вызвать воспоминания о ранних годах собственного ребенка, а запах татами может навеять воспоминания о событиях из путешествия в прошлом.

Запахи обладают силой вызывать воспоминания о событиях из прошлого, связанных с этими запахами.

Такие явления были очень эмоционально описаны в произведениях писателя Марселя Пруста, поэтому их еще называют эффектом Пруста. Тесная взаимосвязь запахов с памятью изучается в экспериментах, относящихся к *контекстно-зависимой памяти*, с 1970-х годов.

Если искусственный интеллект будет сосуществовать с людьми в общем пространстве и общаться с ними, возможно, потребуется возможность обмениваться информацией и о запахах. Сейчас уже современный искусственный интеллект находит применение в области запахов, например в сенсорных системах, которые распознают и анализируют различные запахи в атмосфере.

Также ведутся исследования по отправке идентифицированных запахов через интернет в отдаленные места, где их можно будет воспроизвести. Это называется обонятельным дисплеем, и он может воспроизводить запахи даже при отсутствии оригинального объекта.



Пример обонятельного дисплея.
Реалистичность все большее возрастает

Как интересно, что можно передавать запах! Если человек ощутит таким образом вкусный запах, сразу захочет есть, правда?



Точно! Это, конечно, будет использоваться в сфере развлечений, но также планируется применение и в медицине. Кроме того, такой дисплей можно использовать для измерения обоняния.





Что будет с запахами в дальнейшем?

Начиная со второй половины 1980-х, когда появились первые **интеллектуальные датчики**, началась разработка датчиков, снабженных искусственным интеллектом и способных улавливать не только утечку газа, но и распознавать и анализировать разные запахи.

Исследования искусственного интеллекта, связанные с информацией, получаемой посредством обоняния, отстают от исследований, связанных с информацией, получаемой посредством зрения и слуха. Однако поскольку существует множество компаний, работа которых связана с запахами, то считается, что количество таких исследований будет возрастать.

Когда осуществляется так называемое **сенсорное тестирование** – проверка качества, проводимая с помощью всех пяти органов чувств человека, – то оно получается субъективным, трудоемким и утомительным и зависит от физического состояния проверяющего. Однако машины не устают, поэтому ожидается, что использование машин в этой сфере будет возрастать.

Запах представляет собой смесь нескольких химических компонентов, которые перемешиваются в определенной пропорции, принимаются и обрабатываются мозгом, в результате чего возникает восприятие определенного запаха.

Рецепторов цвета существует три для RGB (красного, зеленого и синего), и лишь благодаря им мы можем воспринимать самые разные цвета. А рецепторов запаха лишь немногим меньше 400, поэтому существует и огромное количество комбинаций запахов, и поэтому так трудно воспроизвести какой-либо запах.

Современные мультимедийные устройства достигли большого развития в области визуальных и аудиотехнологий, но обоняние отстает. Звук улавливается микрофонами и воспроизводится через динамики, изображения фиксируются камерами и выводятся на дисплеи, но у нас еще нет устройства, которое могло бы легко и просто воспроизводить запахи.

Однако искусственный интеллект сможет рассчитывать комбинации компонентов запахов и воспроизводить их с высокой скоростью, что позволит в близком будущем создавать виртуальную реальность.

Кажется, уже есть такие кинотеатры, где можно почувствовать также и запахи. Возможно, в будущем запахи можно будет передавать и через домашний компьютер или игровые приставки?





Осязание для искусственного интеллекта

Даже больше, чем чувство вкуса и обоняние, связано с интеллектом чувство **осознания**, и было бы хорошо реализовать его в самих машинах, снабженных искусственным интеллектом.

Действительно, на пересечении исследований искусственного интеллекта и робототехники, при изучении человекоподобных роботов андроидов, делается сильный акцент на тактильной стороне. Так и в упомянутом в главе 1 андроиде из фильма «Из машины» вкус и обоняние реализованы постолько-поскольку, а для осознания создана своего рода кожа.

В своей книге, опубликованной в 2014 году, Дзюндзи Ватанабе использует термин «тактильный интеллект» для описания *чувства осознания как интеллекта, производящего информацию*.

Чувство осознания не только позволяет нам понять природу объектов в нашем окружении, но и оказывает прямое влияние на наши чувства удовольствия и неудовольствия, физически воздействуя на нервные волокна, ведущие к областям мозга, отвечающим за эмоции. Когда кто-то прикасается к вам, вы можете «узнать» природу объекта, и считается, что это вызывает сильные эмоции как у того, к кому прикасаются, так и у того, кто прикасается.

Поскольку у людей есть определенные чувства симпатии и антипатии, например «это такое гладкое и приятное» или «это липкое и неприятное», то при разработке товаров, к которым люди прикасаются, и для производства роботов, которые будут взаимодействовать с людьми, так важно чувство осознания.

Возможно, проблемы искусственного интеллекта с пониманием смыслов связаны с тем, что искусственный интеллект не обладает осознанием.



Так что как бы мы не хотели иметь возможность получать информацию через осязание на уровне человека, но тактильные датчики пока отстают от возможностей реализации зрения и слуха. Что касается зрения и слуха, то уже существуют очень продвинутые камеры и микрофоны, и исследования в этой области уже ведутся над обработкой полученной информации посредством искусственного интеллекта. А в области осязания исследования находятся еще на уровне способов получения информации. Давайте немного поговорим о том, почему так **трудно технически реализовать осязание**.



Реализовать осязание трудно!

Зрение сосредоточено в глазах, слух в ушах, вкус во рту, обоняние в носу, а **осознание распределено по всему телу**.

Если мы хотим реализовать, например, возможность чувствовать тепло в помещении, ощущение всем телом прохлады на свежем воздухе, способность *почувствовать атмосферу*, то нам будут необходимы **гибкие, тонкие, могущие покрывать самые разные формы** системы из многочисленных датчиков.

В то время как визуальную и аудиоинформацию можно получить бесконтактным способом, осязание требует контакта, и поэтому тактильные датчики должны быть устойчивы к растяжению, сжатию и трению.



Что нужно, чтобы получать информацию через осязание, подобно человеку?

В то время как зрение и слух могут быть реализованы пассивно, осязание требует исследовательских действий, таких как ощупывание рукой или пальцами. Для этого нужен многогранный датчик, позволяющий распознавать вибрацию, тепло, площадь ощупываемого объекта и т. д. Считается, что человек осязает благодаря деформации плоти на поверхности контакта, что усугубляет проблему, поскольку, по сравнению со зрением и слухом, осязание варьируется от человека к человеку в зависимости от состояния кожи.

Чтобы преодолеть эти трудности в исследованиях осязания, я пытаюсь связать физический мир с восприятием и чувствами, используя словесное описание того, к чему мы прикасаемся, например «это гладкое» или «это шершавое».

Если преобразовать осязание в язык, то его можно будет обрабатывать с помощью искусственного интеллекта, поэтому, возможно, удастся соединить эти два направления и проводить исследования по обработке информации с помощью искусственного интеллекта.

Тогда если станет возможным получать ту же информацию, которую человек получает через чувство осязания, то станет возможным взаимодействие с внешним миром посредством андроидов, а искусственный интеллект будет установлен в суперкомпьютеры.

Вот как... В самом деле, у меня тоже с осязанием плоховато. Но если когда-нибудь такой, как я, сможет понять, например, мягкость щеки, вот будет здорово! Тогда, даже не испытывая того же самого, можно будет получать и воспринимать ту же информацию, что и человек.



Да-да. Если такой день наступит, то искусственный интеллект сразу сильно поумнеет. Если бы вы смогли получить тактильную и любую другую информацию, что бы вы хотели попробовать?

Хм, прежде всего я бы понюхал цветы, а затем погладил кошку. Кажется, это делает вас счастливыми. Возможно, тогда я смог бы лучше понять человеческие чувства и смыслы, с которыми мне пока трудно разобраться...



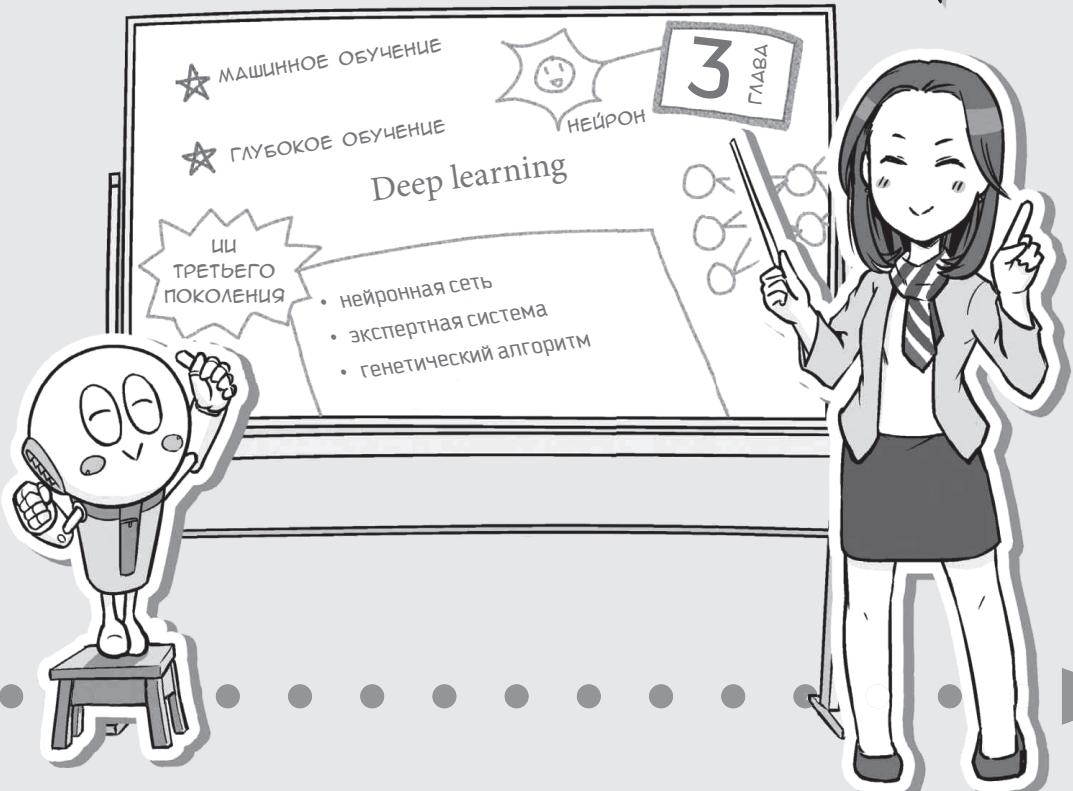
•

•

ГЛАВА 3

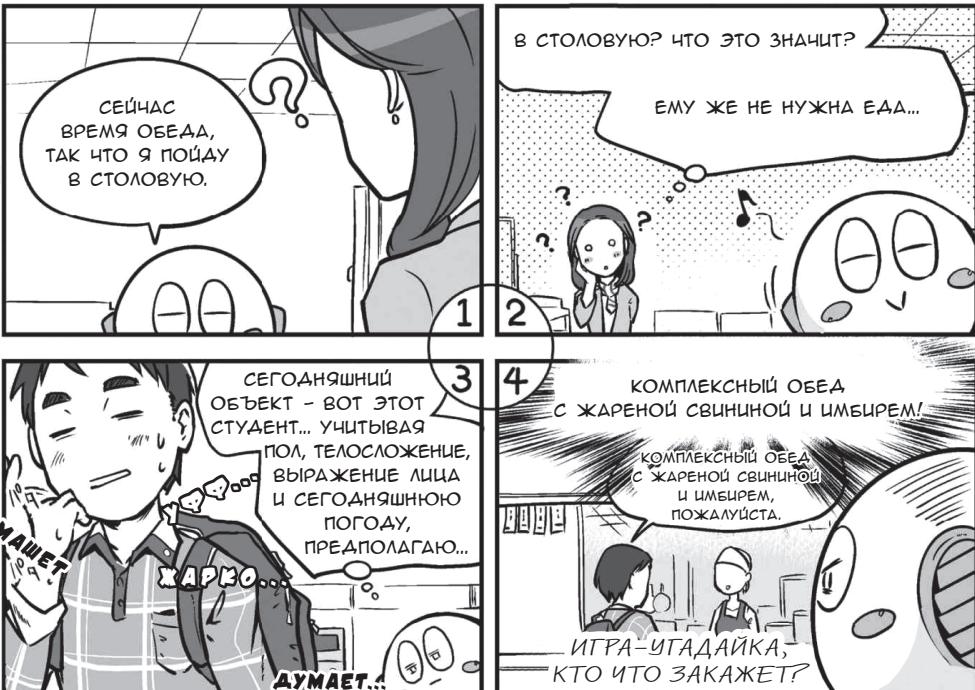
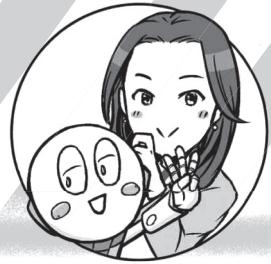
КАК ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ ОБУЧАЕТСЯ, ИСПОЛЬЗУЯ ИНФОРМАЦИЮ?

В главе 3, наконец, я расскажу о *машинном обучении* и *глубоком обучении*. Мы разберем структуру того, как искусственный интеллект, обучаясь, становится умнее. Сложность информации в этой главе значительно увеличивается, но это самая важная часть для понимания искусственного интеллекта. Будем разбираться потихоньку, но основательно. Давайте приступим!

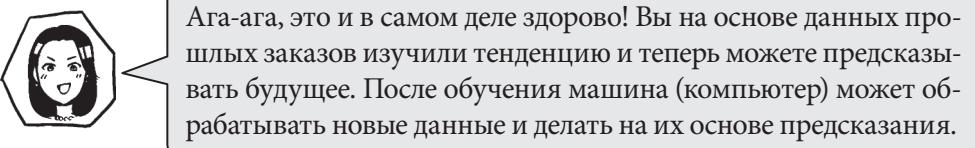


3.1

ЧТО ТАКОЕ МАШИННОЕ ОБУЧЕНИЕ?



Ну, сначала я просто каждый день наблюдал за студентами. Потом вдруг начал замечать, что, например, стройные студентки предпочитают салат, а молодые люди любят мясо и т. д. Тогда я стал наблюдать уже очень внимательно. И сейчас мой процент верных попаданий очень высок! Я уже угадываю лучше, чем это сделал бы экстрасенс, так что, можно сказать, я стал роботом-экстрасенсом!





Хочу обучить машину (компьютер)!

Чтобы стать умнее, людям необходимо изучать разные вещи. Обучение начинается еще до поступления в школу.

В какой-то день мама, указывая малышу на встреченную во время прогулки кошку, говорит: «Это кошка». Так ребенок узнает, что это живое существо является кошкой. В следующий раз при встрече с другой кошкой ему опять объясняют, что это кошка.

В какой-то момент ребенок при встрече с незнакомой новой кошкой уже понимает: «А, это кошка!», потому что ребенок запоминает признаки кошки. В школе ребенок получает множество различных знаний и уже сам изучает правила вроде «такая задача решается вот таким способом», что должно помочь ребенку решать новые задачи.

Если учиться...

...то и новые вещи становятся понятны!



ПРАВИЛО
ДЛЯ ЭТОГО
ЗАДАНИЯ...

Обучение

ХММ...

ДРУГУЮ
ЗАДАЧУ
ТОЖЕ МОГУ
РЕШИТЬ!

Компьютеру тоже, чтобы стать умнее, требуется обучение.

Мы хотим, чтобы компьютеры могли автоматически выявлять, например, признаки того, что является кошкой, или правила для решения задач, чтобы затем можно было решать новые задачи.

Машинное обучение – это процесс изучения компьютером признаков объекта и правил, позволяющий компьютеру выполнять многие задачи автоматически, без программирования человеком. Когда не нужно каждый раз при встрече с кошкой объяснять, что это кошка, или предлагать для

каждой предполагаемой ситуации из всего множества возможных ситуаций конкретные действия.

Машина (компьютер) обучается. Поэтому и называется «машинное обучение», да? Подобно тому, как ребенок из примера выше учится узнавать кошку, компьютер учится самym разным вещам и так становится умнее. Непременно обучите меня побольше, пожалуйста!



Машинное обучение можно разделить на *обучение с учителем*, *обучение без учителя* и *обучение с подкреплением*. Поговорим о каждом из видов по очереди.



Что такое обучение с учителем?

Обучение с учителем – это метод, в котором компьютеру для изучения признаков и правил предоставляются **пары из данных и правильных ответов**.



Для обучения с учителем необходимы пары из данных и правильных ответов!

Прежде всего нужны данные. Подготавливается множество различных изображений.

Например, для распознавания символов необходимо собрать от нескольких тысяч до нескольких сотен тысяч изображений.

Далее для каждого изображения необходимо также подготовить **правильный ответ**, чему оно соответствует. И снабдить каждое изображение меткой с правильным ответом «Это то-то и то-то».



Такие пары из данных и правильных ответов называются **обучающими данными**, или **обучающей выборкой**.

При обучении с учителем на основании большого количества подобных пар выявляются общие признаки, позволяющие определить правила, что *изображение с такими-то признаками является тем-то*.

Для распознавания символов или изображений предоставляются визуальные данные, для распознавания голоса предоставляются аудиоданные. Таким образом, если только некие данные можно ввести в компьютер, то компьютер сможет на них обучиться.

Как говорилось в главе 2, существуют данные, которые легко вводить в компьютер и которые сложно вводить в компьютер. Но если уж данные можно ввести, на них можно и обучаться.

Как я рад, что могу обучиться чему угодно. Изучив множество изображений котов, я могу определять, когда на картинке изображен кот. Но я могу обучиться и более сложным вещам. Например, могу научиться определять породы котов: «это сиамский кот», а «это персидский кот».



Так и есть! Когда я думаю о том, чему бы мне хотелось обучить компьютер, то моим фантазиям нет предела. Ведь в очень многих областях компьютер может быть полезен.



Задача классификации «Выявление спама в почте»

Обучение с учителем состоит из задач классификации и задач регрессии.

Популярным примером задачи классификации является **выявление спама (нежелательных сообщений) в электронной почте**. Каждому электронному письму присваивается оценка на основании правил, например «если используется такое-то слово, то отнимается 0,25 балла, а если имеется некоторое другое слово, то добавляется 0,53 балла...». Если общая оценка составляет менее 0 баллов, то электронное сообщение считается спамом.



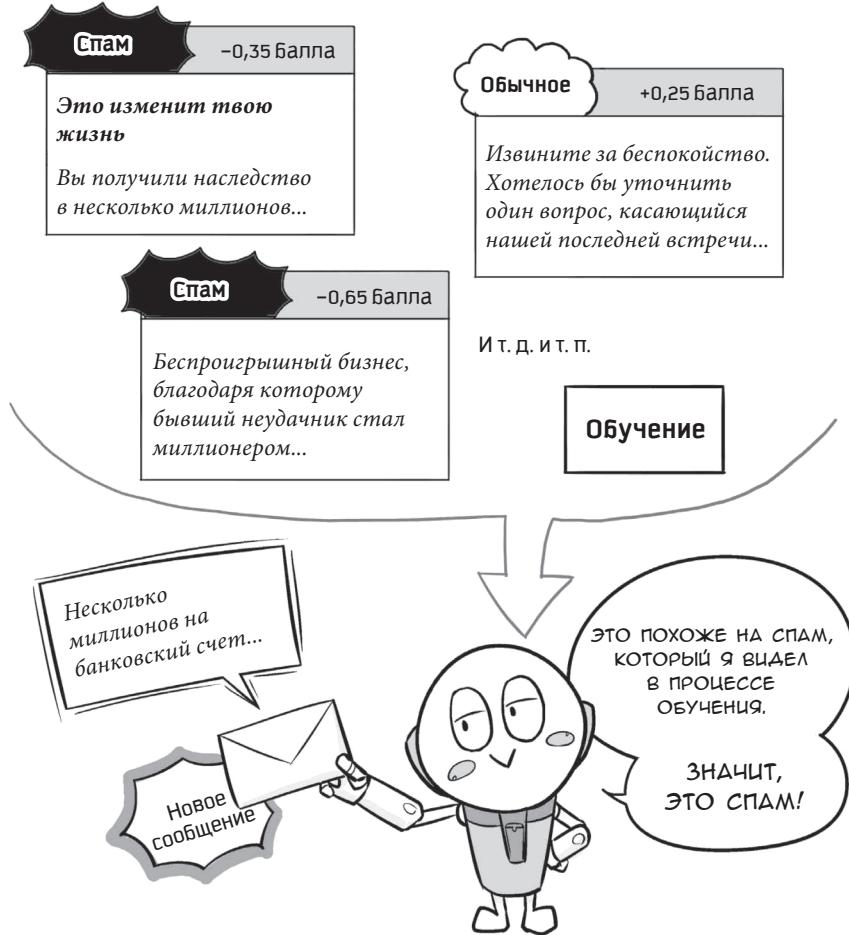
Мы, люди, просмотрев электронное сообщение, можем определить, подозрительно его содержание или нет. Сообщение кажется нам подозрительным, когда в нем присутствуют некоторые слова. Например, если речь ни с того ни с сего заходит о получении прибыли или поступает непристойное предложение от незнакомого человека другого пола, такие сообщения кажутся подозрительными, и мы мысленно даем им негативную оценку. Когда же письмо приходит от коллеги по работе или друга и содержит обычные слова, то мы считаем его безопасным и даем положительную оценку. Чтобы компьютер мог подобно человеку принимать такие решения, ему необходимо оценить эти сообщения количественно с помощью баллов.

Кстати, эти оценки в машинном обучении называются **весами**. И входные данные умножаются на эти веса.

Как же присвоить всем словам такие баллы? Прежде всего нужно подготовить большое количество обычных электронных сообщений и спама. Затем для каждого электронного сообщения определяют, какие слова в него входят, и этим словам задаются баллы (веса). Целью машинного обучения здесь является нахождение таких оценок (весов), чтобы классификация сообщений на нормальные и спам осуществлялась хорошо.

Сначала человек обучает компьютер, вводя данные с правильными ответами, например «это обычное сообщение, это спам», и затем компьютер как-то устанавливает оценки (веса) для последующей классификации.

Когда же оценки установлены, то, следуя тому же правилу, новые электронные сообщения компьютер сможет уже быстро классифицировать самостоятельно, без указания человека.



В процессе обучения с учителем научился выявлять спам!

Если, указывая на картинки, информировать ИИ, что «это кот, а это не кот», то можно создать ИИ, способный распознавать котов.

Аналогично в распознавании речи, если обучить ИИ, что «это “А”, это “И”...», то можно сделать ИИ, способный распознавать речь.

Да-да, я хорошо понял, что такое задачи классификации. В этом деле я уже профи. Беспрогрышный бизнес с миллионным доходом... Ой! Кажется, я изучил слишком много спама!





Задача регрессии «Прогнозирование значений»

Задачи классификации – это задачи на определение класса, к которому относятся введенные данные. Например, «это обычное электронное сообщение или спам», «на этой картинке изображен кот или собака», «этот буква соответствует какому из 50 звуков» и т. д.

Но можно также на выходе получать и числа, что называется **регрессией**.

Например, мы можем классифицировать фотопортрет как красивый или некрасивый, но если мы хотим оценить красоту в баллах, к примеру $-0,5$ балла красоты или $+3$ балла красоты, то это можно сделать с помощью регрессии.

То же самое касается погоды, мы можем классифицировать погоду как ясная, пасмурная или дождливая. Однако если мы хотим спрогнозировать завтрашнюю температуру, то нужна регрессия. Или еще регрессию можно использовать для работы с вероятностями, например для оценки *вероятности роста курса акций*.



Регрессия – выдает в качестве результата конкретное числовое значение!

Задача регрессии состоит в том, чтобы найти такую линию, которая хорошо объясняет входные данные.

Линия, которая хорошо объясняет данные?.. Что бы это могло быть? Вы же сейчас подробно поясните, да?





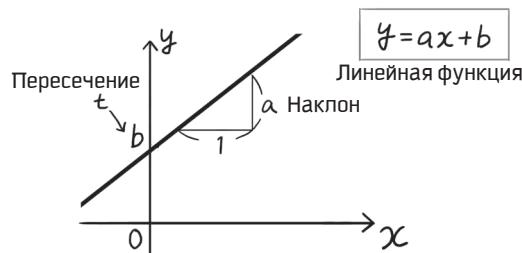
Найдем идеальную линию (функцию)!



А теперь рассмотрим задачи регрессии. Прежде всего вспомните, пожалуйста, *линейную функцию* из курса средней школы.

POINT

- Функция – это соответствие, по которому когда определено одно числовое значение (переменная x), то определено и другое числовое значение (переменная y).
- График функции отображает соответствие x и y .
- На рисунке ниже представлен график линейной функции, который является прямой.



- a – это наклон, а b – пересечение. Регулирование значений a и b изменяет наклон и положение графика.
- Эти вспомогательные переменные a и b называются **параметрами**.

Частым примером задачи регрессии является прогноз погоды. Рассмотрим его и мы.

Обучающими данными является набор из данных по ежедневному количеству осадков, температуре, влажности, атмосферному давлению, направлению ветра и т. п., собранных за несколько тысяч дней Японским метеорологическим агентством.

На основании этих данных строится уравнение регрессии, прогнозирующее уровень осадков на следующий день.

Может показаться, что уравнения регрессии сложные, однако они основаны на изучаемых в средней школе линейных уравнениях (линейных

функциях). Например, к уравнению регрессии относится уравнение, предсказывающее значение переменной, определяющей количество осадков, на основании значений других переменных, таких как температура, влажность, атмосферное давление, направление ветра и пр.

Когда одно значение одной переменной определяет/объясняет одно значение другой переменной на основании линейного уравнения, то это называется **парной регрессией**. Вот ее уравнение в общем виде:

$$y = a_1x + e$$

Однако когда определение происходит на основании нескольких переменных, как в примере с прогнозом погоды, то это называется уравнением множественной регрессии.

$$y = a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_nx_n + e$$

Количество осадков Температура Влажность ...

Ага-ага. Если попробовать предсказывать уровень осадков только на основании данных о температуре, вряд ли прогноз будет точным. Потому что связь между этими показателями не проста, нельзя сказать, например, что чем выше температура, тем больше осадков. Однако если собрать разные данные вроде температуры, влажности, атмосферного давления и направления ветра, то, кажется, прогноз должен получиться хорошим.

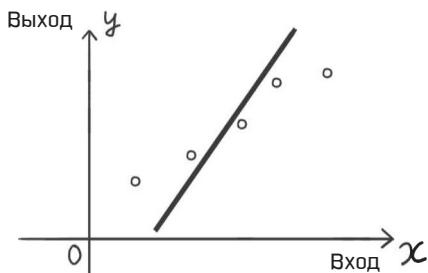


В этом уравнении значения коэффициентов a (весов температуры, влажности и всех прочих переменных, другими словами – степень их влияния на уровень осадков) ищутся посредством их корректировки, чтобы получить хороший прогноз для фактических данных по количеству осадков.

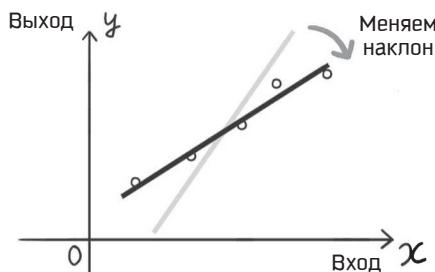


Факторы вроде температуры, влажности, давления и направления ветра влияют на количество осадков по-разному, не так ли? Например, вероятно, что «если влажность высокая, то пойдет дождь и уровень осадков должен быть большим», или «кажется, направление ветра не должно сильно влиять на уровень осадков»... Регулируя значения a_1 , a_2 , a_3 и т. д., мы вносим в уравнение степень влияния каждого фактора. И нам нужно постараться найти такое уравнение, которое на реальных данных уровня осадков показывало бы отличные результаты.

Возможно, трудно представить себе, что означает регулирование значения a , поэтому рассмотрим это на графике. Это та самая линейная функция.



На графике выше довольно много данных, выходящих за пределы линии. Это означает, что данное уравнение (линия) не очень хорошо отражает реальное количество осадков (данные). Теперь отрегулируем наклон линии, чтобы больше данных попало на прямую.



Так прямая и данные уже лучше сочетаются друг с другом. С помощью машинного обучения поиск такой функции осуществляется автоматически. По-разному перемещая многочисленные параметры (веса a_1, a_2, \dots , пересечение e), составляющие функцию, и находя функции, наиболее соответствующую входным данным, можно с высокой точностью предсказывать уровень осадков на основании различных факторов, если объединить их все в одной функции.

То есть линия, представленная уравнением, является функцией, да? И если получится найти функцию, точно описывающую реальные данные (построить уравнение), то это будет, как будто мы нашли закон для этих данных. Используя функции, можно предсказывать будущее!





Не допускайте переобучения!

Важной задачей обучения с учителем является **повышение обобщающей способности***

При обучении с учителем часто бывает так, что система хорошо справляется с **подготовленными человеком обучающими данными (тренировочными данными)**, но когда дело доходит до практического использования **неизвестных ранее данных (тестовых данных)**, она не справляется вообще.

Состояние, когда ответы будут верными только на тренировочных данных, называется **переобучением**. Это похоже на ребенка, которого заставили выучить слишком много всего, без понимания смысла.



Чтобы справиться с этой проблемой, мы хотим так обучить ученика, чтобы он давал правильные ответы и на подготовленных заранее обучающих данных (мог решать старые задачи), и на вновь встреченных данных (мог правильно отвечать на проверочном тестировании).

Считается, что **чем больше в модели** параметров и разных факторов**, тем выше вероятность переобучения. Поэтому рекомендуется не жадничать и ограничивать количество параметров.



* *Обобщающая способность* – это способность отвечать на неизвестные данные. Умение универсализировать.

** *Модель* – это формализованное представление различных элементов и их отношений друг с другом для некоторого явления.

Или если значение некоторого параметра модели очень велико, то малейшее изменение входных данных приведет к сильному изменению результата. Поэтому в таких случаях переобучение сдерживается посредством назначения штрафов, тем больших, чем далее значение параметра от 0.

Подготовив достаточное количество тестовых данных (ранее неизвестных данных), убедитесь, что не возникает переобучение.

Значит, если факторов слишком много или значения параметров экстремальны, то это плохо, да? Например, если бы в нашем примере с уровнем осадков было, кроме температуры, влажности, атмосферного давления, направления ветра..., еще несколько десятков факторов или если бы значение параметра, например температуры, было бы очень большим, то это могло бы привести к переобучению.



Ага-ага, вы все отлично поняли. Итак, до сих пор мы все это время говорили про *обучение с учителем*. Теперь рассмотрим *обучение без учителя*.



Обучение без учителя... Подождите, это, что ли, без вас, Сакамото-сенсей? Интересно, что это за способ?





Что такое обучение без учителя?

При методе **обучения с учителем**, целью которого является получение верных ответов, компьютер изучает множество пар из входных данных и верных ответов.

Однако в мире есть много таких задач, на которые **даже человек не знает правильных ответов**.

Для таких задач в машинном обучении используется **метод обучения без учителя**, при котором компьютеру для анализа предоставляются **данные без правильных ответов и компьютер пытается найти в них какую-то структуру или выявить правила**.

Нет необходимости создавать пары из входных данных и верных ответов. Если ввести данные просто, как они есть, то компьютер их классифицирует.

Это означает, что когда трудно заранее определить правильную классификацию, **компьютер сам придумывает способ классификации!**



*Для обучения без учителя
не нужны пары из данных и правильных ответов!*

Например, когда компания хочет классифицировать по типам своих клиентов, для этого используется обучение без учителя. В данном случае невозможно изначально снабдить клиентов метками с правильными и неправильными ответами, и при наличии большого количества информации, например из анкет клиентов и истории покупок на сайте, человеку трудно самостоятельно выявить какие-либо тенденции.

Поэтому для классификации клиентов по типам с помощью компьютера широко используется метод обучения без учителя. Такая классификация позволяет разработать **рекомендации** для каждого типа клиентов наиболее подходящих товаров.



Именно так на сайтах интернет-магазинов вам предлагают товары, соответствующие вашим предпочтениям.

Рассмотрим пример с классификацией электронных сообщений, который мы использовали, когда говорили про **обучение с учителем**. В случае обучения с учителем компьютер обучается на электронных сообщениях, которые заранее распределены по категориям «обычное письмо» или «спам».

Однако электронные почтовые сообщения весьма разнообразны, и их можно классифицировать разными способами, например «нежелательные сообщения», «рабочие письма», «сообщения от друзей», «письма от преподавателя», «информационные сообщения, новости», «рекламные сообщения» и т. д.

Если доверить компьютеру определение возможной классификации, можно найти хороший способ.

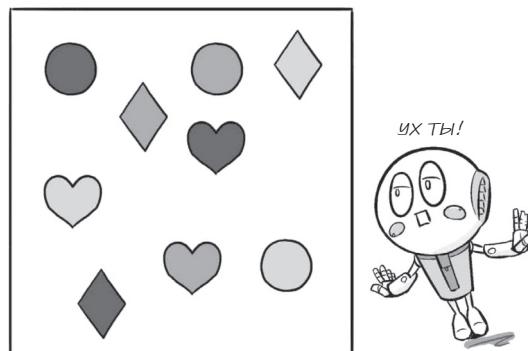




Попробуем выделить группы!

В качестве примера рассмотрим один из распространенных методов классификации данных, для которых нет правильных ответов. Этот метод называется **кластеризация**.

Кластеризация – это **способ группировки данных по похожести объектов**. Рассмотрим следующие разнообразные фигуры, которые часто приводят в качестве примера для кластеризации.



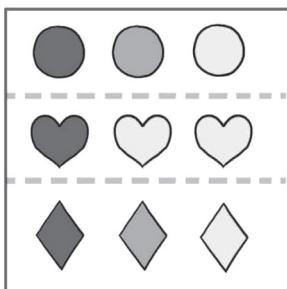
*Данные для кластеризации
(классификации)*

Все эти фигуры являются данными. И все эти данные обладают различными характеристиками.

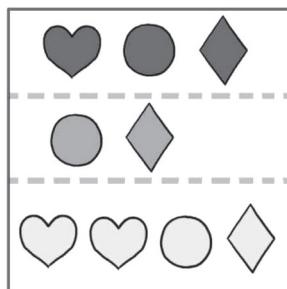
Это легко понять на приведенном примере в силу его наглядности. С первого взгляда мы можем выделить такие характеристики, как цвет и форма. Однако при кластеризации, или, другими словами, при группировании данных фигур, не очень понятно, какой способ группирования будет правильным. Как показано на следующей странице, группирование может быть сделано очень по-разному.

На рис. А разделение на три группы сделано по форме, на рис. В – разделение на три группы по цвету.

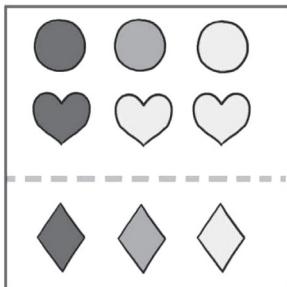
Однако можно придумать и другие варианты группирования. Так, на рис. С разделение сделано по наличию или отсутствию округлых элементов, а на рис. Д группы выделены по использованию или неиспользованию в игральных картах. Поскольку здесь нет правильных и неправильных ответов, возможно все.



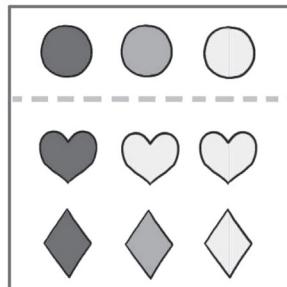
A [форма]



B [цвет]



C [округлость]



D [игральные карты]

*Классификация может быть очень разной.
Возможно все!*

Таким образом, целью кластеризации данных, для которых нет правильного ответа, является **выявление понятных (наглядных) закономерностей**, а уже их интерпретация и возможные выводы ложатся на плечи человека.

Поскольку возможны самые разные классификации, при кластеризации обычно устанавливают некоторые условия.

Например, если установить условие, чтобы в каждой группе было одинаковое количество фигур, то компьютер решит, что способ классификации, представленный на рис. А, является самым подходящим.

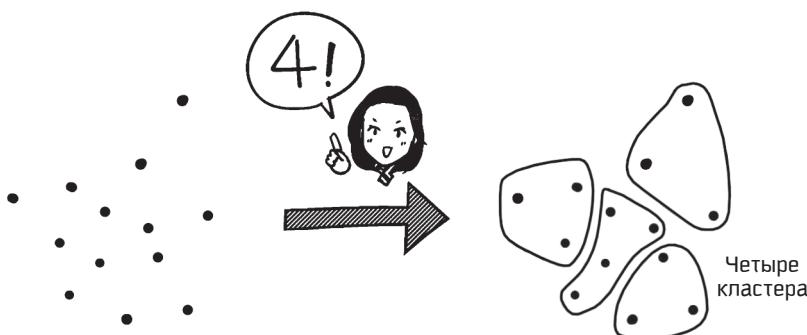


Метод классификации k-средних (k-means)

Ярким представителем методов кластеризации является метод k-средних (k-means), широко применяемый в самых разных областях.

В методе k-средних предполагается, что все кластеры (группы) содержат примерно одинаковое количество элементов, поэтому при анализе данных, не соответствующих приведенному условию, трудно интерпретировать результаты.

Кроме того, в этом методе человек заранее должен определить количество кластеров, на которые будут разделены данные, и если, например, установлено число кластеров, равное 4, то данные принудительно будут классифицированы по четырем группам.



*Классификация в соответствии
с установленным заранее количеством кластеров*

То есть если разделить на два кластера 47 японских префектур, то получится примерно по 23 префектуры в каждом кластере, да? А если разделить их на четыре кластера, то примерно по 12, верно?



Именно так. Однако когда мы подразделяем вот так, принудительно, то могут обнаружиться непонятные результаты... Кстати, «*k*» из названия метода «*k*-средних» означает количество кластеров в классификации.



Обучение с подкреплением, метод кнута и пряника

Люди учатся делать что-то правильно путем проб и ошибок, через неудачи и успехи.

Существует аналогичный метод и для компьютеров, при котором компьютеры **обучаются по методу проб и ошибок на неудачах и успехах**. Это называется **обучение с подкреплением**, и это скорее метод **привыкания, чем обучения**, близкий по сути к **обучению без учителя**.

Когда люди терпят неудачу, то их могут, например, отругать или оштрафовать. Когда же человек достигает в чем-то успеха, его могут похвалить, или он может заработать много денег. Поэтому люди учатся с намерением **достигнуть успеха**.

Так и компьютеры можно нацелить на достижения более высоких показателей посредством метода проб и ошибок, когда **за неудачи будет наказание, а за успех – начисление баллов**.

Метод поощрения обучения используется и в экспериментах над животными, например с крысами и обезьянами. Одно действие (сдвиг одного рычага) сопровождается наградой (кормом), другое действие (сдвиг другого рычага) сопровождается наказанием (пуск тока).

Сначала животные совершают спонтанные действия, но потом они понимают, что при некотором действии они получают наказание, и перестают его совершать, а при другом действии они получают награду, и начинают интересоваться, как получить ее снова. Так в результате метода проб и ошибок они определяют закономерности, другими словами, учатся.



Реализация такого метода на компьютере называется **обучение с подкреплением**. Компьютер обучается по следующему алгоритму.



1. Поскольку сначала неизвестно, что правильно, а что нет, действия случайны.
2. В какой-то момент, получив награду (прибавление баллов), компьютер запоминает пару «действие–награда», то есть что было сделано для получения награды. И наоборот, получив наказание (вычитание баллов), компьютер запоминает пару «действие–наказание», то есть когда (при каких условиях) было получено наказание.
3. Далее, отбросив случайное поведение, компьютер, основываясь на том, что он запомнил, пытается действовать так, чтобы получить награду.
4. Если в результате действия, при котором компьютер рассчитывал получить награду, награда была действительно получена, то снова запоминается пара «действие–награда», то есть когда (при каких условиях) эта награда была получена. Другими словами, данная пара «действие–награда» подкрепляется.

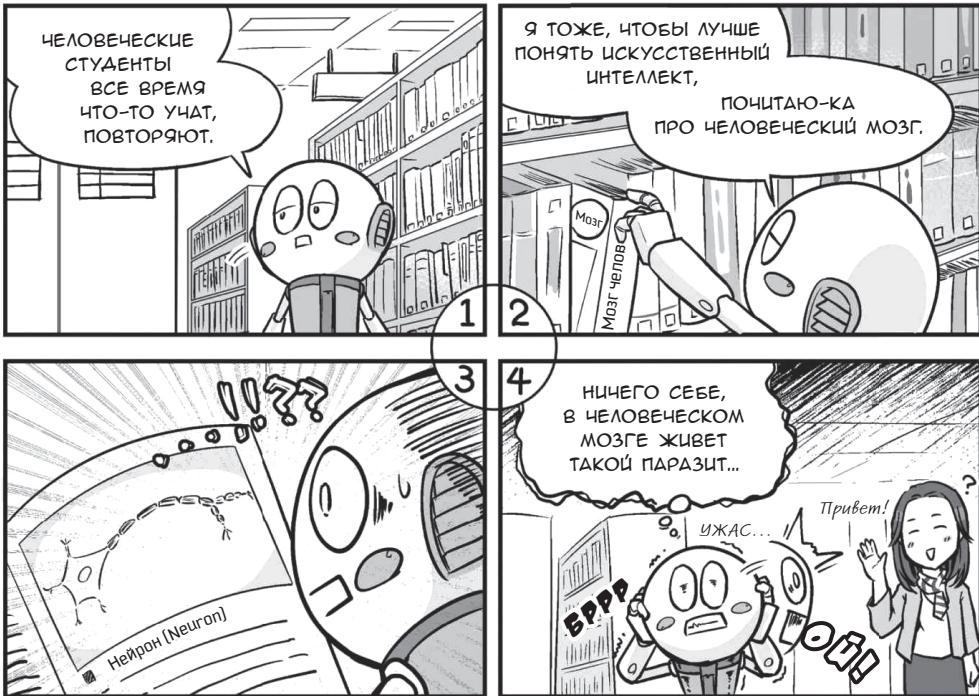
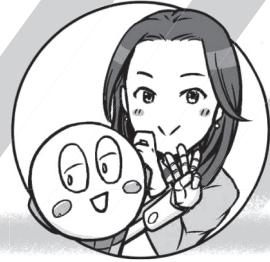
Многократно повторяя этот алгоритм, компьютер становится умнее. Это **очень похоже на метод обучения животных**.

На самом деле считается, что подобное обучение с подкреплением осуществляется в части мозга животных, называемой базальными ганглиями.



3.2

ЧТО ТАКОЕ НЕЙРОННАЯ СЕТЬ?



Ай-ай, кажется, вы что-то не так поняли. Нейрон и правда имеет необычный вид, но это никакой не паразит! Это нервная клетка мозга.

Вот оно что! Ой, как стыдно! В рамках изучения искусственного интеллекта я хотел почтить про устройство мозга. А этот нейрон (нервная клетка мозга) имеет какое-то отношение к ИИ?

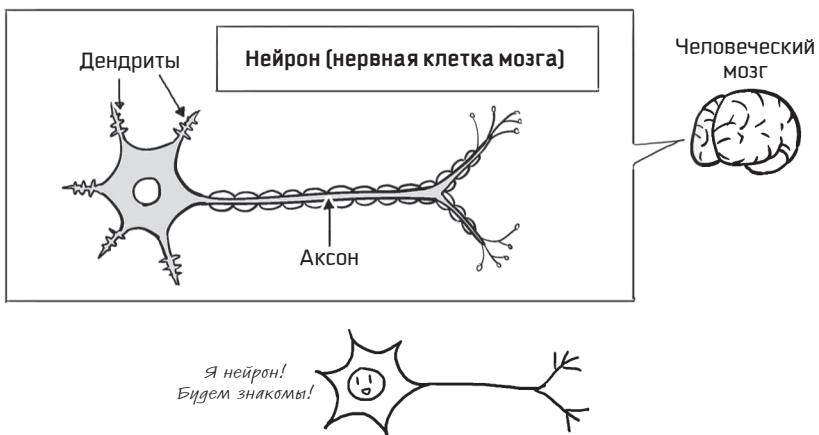


Конечно! Дальше я буду рассказывать про **нейронную сеть**, которая является имитацией человеческого мозга в компьютере.



Мозг состоит из нейронов

Устройство человеческого мозга все еще не очень понятно. В процессе его изучения выяснилось, что это не сам по себе мозг обладает удивительными способностями к запоминанию, вычислениям и распознаванию, а более 30 млрд нейронов (нервных клеток мозга), связанных различными способами, передавая и обрабатывая информацию, запоминают, вычисляют, обдумывают и распознают объекты.



Исследования в области нейронаук ведутся с давних пор во всем мире, однако мы все еще далеки от полного понимания того, как работает человеческий мозг. Тем удивительнее исследования искусственного интеллекта, в которых интеллект (то, что получается в результате работы мозга) пытаются воссоздать посредством компьютера.

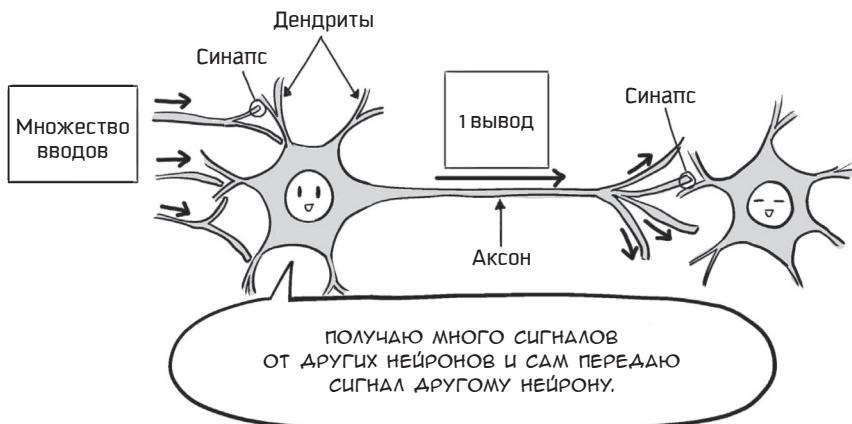
Далее мы поговорим о **нейронных сетях** (Neural Network), которые пытаются **имитировать работу человеческого мозга**.



Чтобы имитировать устройство мозга, необходимо знать устройство нейрона. Поэтому сейчас мы поговорим о черепных нервах, но все это непосредственно связано с нашей основной темой про ИИ.

Нейронная сеть – это попытка имитации структуры человеческого мозга на компьютере. Считается, что мозг представляет собой гигантскую сеть из нейронов. Нейронов в нейронной сети бесконечное количество, предполагают, что их число превышает 30 млрд.

Роль нейронов заключается в обработке информации, а также в передаче информации другим нейронам (ввод, вывод). Передача информации другим нейронам осуществляется посредством синаптических связей с помощью нейромедиаторов и управляет обработкой информации, связанной с интеллектом.



Осуществление ввода и вывода сигнала (информации) в нейронах

Синапс – это область контакта между двумя нейронами. Нейроны соединяются между собой различными способами, но соединяются они не как физические объекты, а путем обмена электрическими сигналами (информацией) через синапсы.



С давних пор считается, что для создания имитации человеческого мозга необходимо создать программу, которая будет работать подобно человеческому мозгу.



Устройство искусственного нейрона

В 1943 году Уоррен Мак-Каллок (Warren McCulloch; 1898–1969) и Уолтер Питтс (Walter Pitts; 1923–1969) придумали математическую модель так называемого **искусственного нейрона**, в которой один нейрон получает сигнал от другого нейрона и возбуждается или нет в зависимости от величины сигнала.

Человеческий мозг состоит из комбинации нейронов, поэтому возникло желание воссоздать нейроны на компьютере. С тех пор многие люди пытались методом проб и ошибок создавать умные компьютерные программы путем комбинирования искусственно созданных нейронов. Так, популярное сейчас глубокое обучение тоже началось с создания искусственного нейрона, поэтому в главе 3 мы проследим историю до появления глубокого обучения. А сейчас еще немного внимания уделим идеи **искусственного нейрона**.

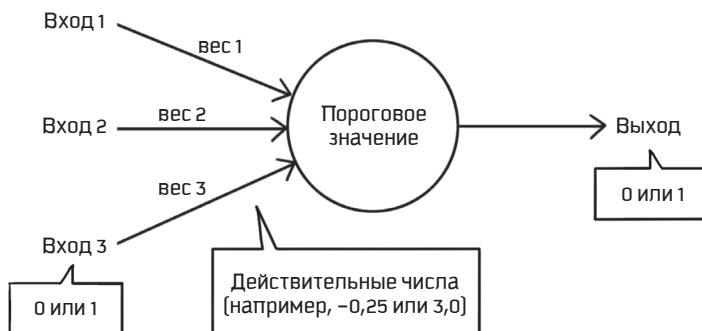
Как было показано на предыдущей странице, нейрон (нервная клетка) животного через дендриты получает множество входных сигналов и через один аксон выдает выходной сигнал. Обычно выходной сигнал не передается, даже если есть входной сигнал, передача выходного сигнала через аксон другому нейрону осуществляется, если в течение короткого промежутка времени было получено много сильных входных сигналов. Это называется **зажигание**.



Если сигнал обычный слабый, то здесь он и закончится. Однако если входной сигнал сильный, то возникает зажигание (возбуждение), и осуществляется выходной сигнал в другой нейрон. Иными словами, в зависимости от силы входного сигнала возникает или нет выходной сигнал. Именно это явление и пытались имитировать.

В действительности нейроны животных более сложные, но Мак-Каллок и Питтс искусственно создали простой нейрон, отложив на время детали в сторону. Так возник **искусственный нейрон**, и этот первый в мире искусственный нейрон называют также **формальным нейроном**.

Посмотрите на рисунок ниже. Искусственный нейрон (формальный нейрон), как и настоящий нейрон, имеет **множество входов и один выход**. Входной сигнал может принимать значения 1 или 0, и выходной сигнал тоже может быть равен 1 или 0. Сила электрического сигнала в нейронах животных на компьютере реализуется посредством использования цифр 1 и 0.



Структура искусственного нейрона.
Имитирует настоящий нейрон

В процессе передачи информации от входов к выходу в искусственном нейроне каждому входу присваивается **вес**. Веса не равны только 1 или 0, а представлены действительными числами, например $-0,5$ или $3,6$. Поэтому их можно присваивать произвольно. Затем входные значения умножаются на соответствующие веса и результаты суммируются. Если полученная сумма будет больше или равна определенному значению, то выходу присваивается 1, если же сумма меньше этого определенного значения, то на выходе будет 0. Вот такая простая схема.

Определенное значение – это так называемое **пороговое значение**, которое присваивается каждому нейрону.

Общая сумма сигналов \geq Пороговое значение \Rightarrow Возбуждается

Общая сумма сигналов $<$ Пороговое значение \Rightarrow Не возбуждается

Это значение устанавливается для нейронов на основании данной схемы.

Умелое комбинирование таких простых искусственных нейронов с правильно подобранными весами позволило создать все современные компьютерные процессы. Комбинирование таких **искусственно созданных нейронов** и является **нейронной сетью**.



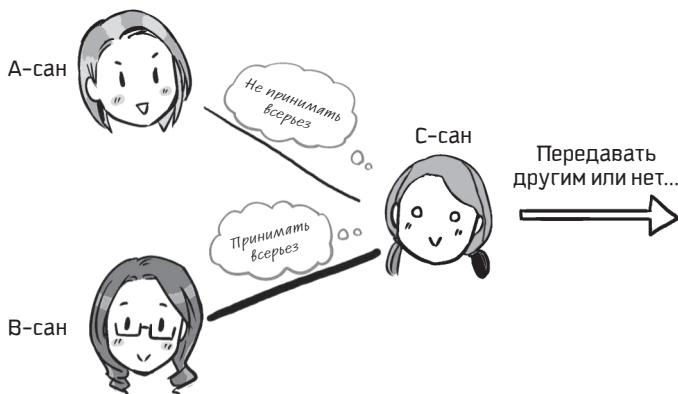
Веса, важность и надежность

Часто используемое в нейронных сетях понятие **веса** представляет собой в обычных терминах «важность» и «надежность». В работе господина Симидзу Рё это понятие хорошо объясняется на примере распространения слухов.

Например, есть две подруги А-сан и В-сан, и А-сан говорит о некотором фильме, что он «интересный», а В-сан говорит, что он «неинтересный». Услышав эти мнения, С-сан посмотрела фильм и нашла его неинтересным. И тогда, с точки зрения С-сан надежность (вес) мнения А-сан снижается. Когда в следующий раз А-сан скажет «эта манга интересная», то С-сан не будет доверять ее мнению.

Однако если и В-сан тоже скажет, что «эта манга интересная», то С-сан подумает, раз и В-сан, и А-сан говорят, что это интересно, вероятно, это и правда интересно. И если, прочитав данную мангу, С-сан найдет ее и в самом деле интересной, то она в большом возбуждении захочет передать эту информацию другим людям. Так происходит **активация** нейрона.

С-сан определит отношениям с А-сан и В-сан **веса**, и когда суммарно надежность информации от этих источников превысит определенное значение, она сама станет активна.





Правило обучения Хебба

Даже с помощью такого простого искусственного нейрона можно создавать удивительные вещи. Так, как раз когда начался первый бум искусственного интеллекта, в 1958 году Фрэнк Розенблatt (Frank Rosenblatt, 1928–1971) придумал **перцептрон**. Перцептрон был создан путем объединения рассмотренного нами ранее искусственного нейрона с *правилом обучения Хебба* (правилом Хебба) – идеей, представленной в 1949 году психологом Дональдом Хеббом (Donald Hebb, 1904–1985).

Правило обучения Хебба гласит, что *когда одновременно возбуждаются нервные клетки перед синапсом и после него, то синаптическая связь укрепляется*.

Нейроны (нервные клетки) животных подразделяются на узкие группы в зависимости от выполняемой ими роли. Считается, что существуют самые разные клетки, например: клетки, возбуждающиеся только от красного цвета; клетки, возбуждающиеся только от круглой формы; клетки, возбуждающиеся только от кислого вкуса, и т. д.

Тогда при поедании, например, квашеной сливы умэбоси одновременно возбуждаются и клетки, возбуждающиеся только от красного цвета, и клетки, возбуждающиеся только от круглой формы, и клетки, возбуждающиеся только от кислого вкуса. В то же время клетки, возбуждающиеся, например, от белого цвета, от треугольной формы или от сладкого вкуса, никак не будут задействованы, поскольку не имеют отношения к умэбоси. В таком случае связи между клетками, которые одновременно возбудились, укрепляются, а связи этих клеток с теми клетками, что остались невозбужденными, станут слабее. В этом и заключается правило обучения Хебба.

Стоит только увидеть красную и круглую умэбоси, как почувствуешь во рту кислый вкус, даже если не будешь на самом деле ее есть. Это происходит потому, что **сильны связи между клетками, отвечающими за цвет и форму умэбоси, с клетками, отвечающими за кислый вкус**.

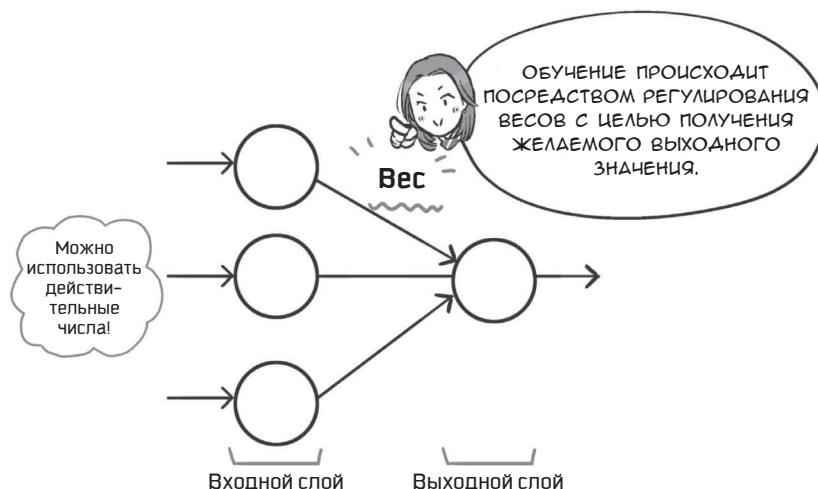




Что такое перцепtron?

Перцепtron – это математическая модель комбинации нейронов, использующая рассмотренное выше правило обучения Хебба. Перцепtron – это структура, состоящая из двух слоев искусственных нейронов (формальных нейронов).

В то время как искусственный нейрон может оперировать только 0 и 1, перцепtron может работать с действительными числами. И что особенно важно, стало возможным обучение с учителем, например путем регулировки силы связей (весов).



Перцепtron. Стало возможным обучение!

Были большие ожидания, что станет возможным воспроизвести искусственно механизм работы нервных клеток, когда первый бум искусственного интеллекта подошел к концу.

Хотя и ожидалось, что искусственный интеллект будет развиваться, Марвин Минский (Marvin Minsky, 1927–2016), считающийся отцом искусственного интеллекта, указал, что существуют задачи, с которыми перцепtron не может справиться.



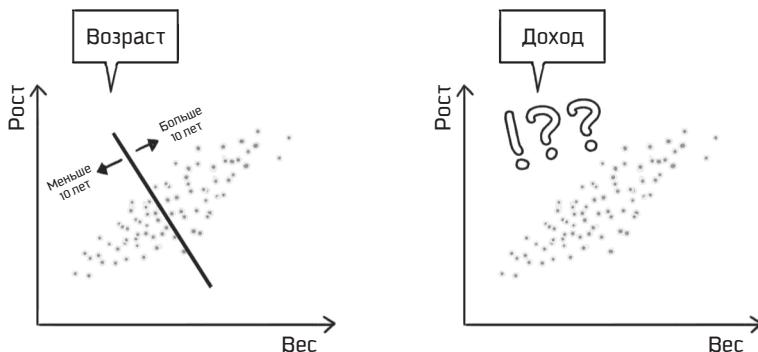
Нельзя разделить одной линией (линейно)!

К задачам, с которыми не может справиться перцептрон, относятся, например, такие, в которых **данные нельзя разделить линейно**.

Другими словами, перцептрон не может обрабатывать **данные, которые нельзя разделить одной линией**.

Например, если вы отобразите на графике данные 10 000 человек, где по горизонтальной оси будет указываться вес человека, а по вертикальной – рост, то если мы захотим разделить эти данные по возрасту, на тех, кому меньше 10 лет, и тех, кому больше 10 лет, то это, как правило, можно будет сделать посредством одной линии.

Однако если вы попытаетесь разделить эти данные по такой характеристике, как доход, то с помощью одной линии это будет сделать невозможно, так как рост и вес человека не коррелируют с его доходом.



Оказалось, что **двуслойный перцептрон** может обучаться только на данных, которые можно разделить от сих до сих. Можно сказать, что тот бум искусственного интеллекта начал утихать, потому что ожидания были слишком высоки.



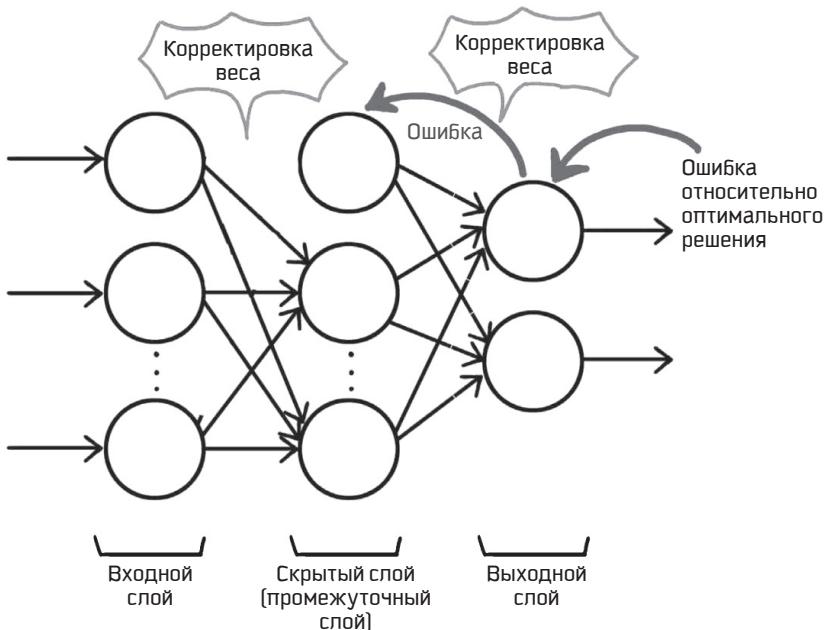
Жаль, что так вышло с двухслойным перцептроном, да? Но не волнуйтесь. Далее мы рассмотрим новые способы, которые позволят решать сложные задачи. Учебный материал тоже станет немного сложнее, но я все обстоятельно объясню.



Метод обратного распространения ошибки

В 1986 году, когда со временем изобретения перцептрона прошло около 30 лет, Дэвид Румельхарт (David Rumelhart, 1942–2011) и Джеки Хинтон (Geoffrey Hinton, 1947–), позже открывший глубокое обучение, представили метод обратного распространения ошибки.

Если к двухслойному перцептруону конца первого бума искусственного интеллекта добавить **скрытый слой** (промежуточный слой), получив **трехслойную структуру**, то можно решать задачи, которые ранее были не решаемы.



*Метод обратного распространения ошибки.
Его особенностью является возвращение ошибки
в обратном направлении!*

Чего же можно достичь таким образом? Если выданный компьютером ответ неверен, например отличается от ожидаемого числового значения, то эта ошибка возвращается от выхода в обратном направлении, исправляя ошибки на каждом нейроне и таким образом уменьшая ошибку в результате.

Так и люди, допустив ошибку в вычислительной задаче, прослеживают формулы от ответа в обратном направлении, чтобы найти ошибку в вычислениях. И, найдя эту ошибку, исправляют ее, и далее корректируют все вычисление.

Название метода происходит из-за распространения (передачи) ошибки в обратном направлении. Двигаясь в обратном направлении, можно найти и устраниить причину ошибки...



Алгоритм метода обратного распространения ошибки в общих чертах можно представить так.

1. Предоставить нейронной сети образцы для обучения.
2. Выходы нейронной сети **сравнить с оптимальными решениями (правильными ответами)** для этих образцов. **Вычислить ошибку** для каждого выходного нейрона.
3. Выходное значение сравнить с **ожидаемым значением (правильным ответом)** и **вычислить ошибку**.
4. На основании результатов следующего слоя **вычислить ошибки весов связей каждого нейрона (локальные ошибки)**.

Таким образом **можно корректировать ошибки весов**.

Посредством данного способа **можно решать задачи с нелинейным разделением**, которые не могли быть решены двухслойным перцептроном.



А что такое **настройка весов**, я объясню подробно дальше на примере распознавания цифр.



Чтобы уменьшить ошибку, настраиваем веса!

Возможно, трудно представить себе абстрактный алгоритм, поэтому рассмотрим его на примере изучения рукописных цифр.

Посмотрите на рисунок на следующей странице. Если, например, на входе имеем рукописное изображение цифры 7, а на выходе ошибочно получаем 1, то, меняя значения весов w_1 , соединяющих входной слой и скрытый (промежуточный) слой, и весов w_2 , соединяющих скрытый слой и выходной слой, мы пытаемся получить правильный ответ на выходе.

Величина веса определяет **толщину линии, соединяющей нейроны**.

Количество таких линий очень велико. Например, если на скрытом слое 100 нейронов, а изображения рукописных цифр в базе данных MNIST имеют размер 28 пикселей \times 28 пикселей = 784 пикселя, то количество линий с весами w_1 (784×100) + количество линий с весами w_2 (100×10) будет равно примерно 80 тысяч.



Как показано на рисунке, изображения в 784 пикселя считаются попиксельно. Поэтому на входном слое получается 784 нейрона. На выходном же слое имеем 10 нейронов. Дело в том, что на выходе мы получаем вероятность того, что цифра на выходе равна каждой из цифр от 0 до 9. В данном примере на входе имеем рукописную цифру 7, поэтому правильным результатом на выходе будет наибольшее значение у вероятности 7.

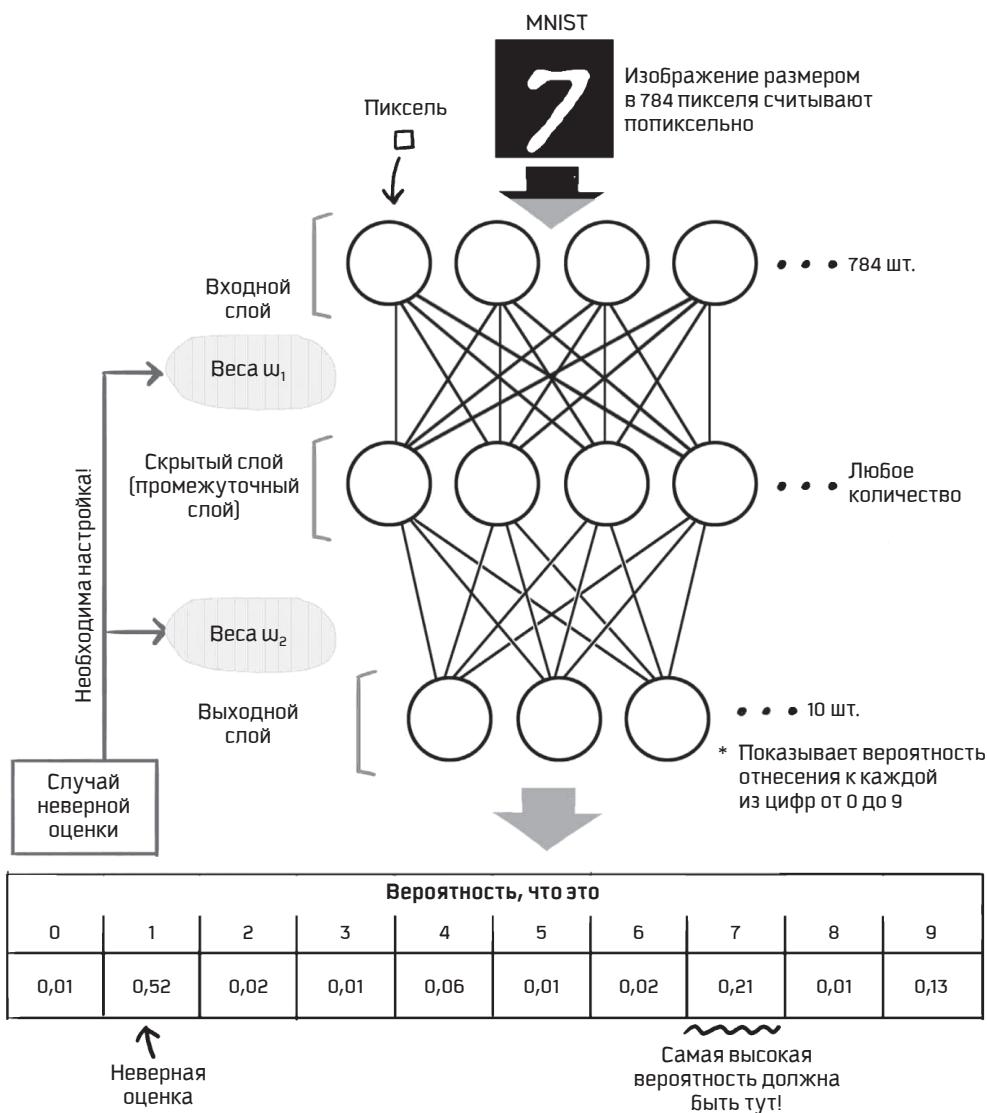
Изменение такого огромного количества весов меняет **форму пространства, в котором кадрируется изображение**. И один метод кадрирования будет представлять цифру 7.

Это получается, что нужно отслеживать изменения определенных пикселей из 784 и обращать внимание на разные моменты. Например, чтобы отличить 7 от 1, важно обращать внимание на горизонтальную линию в верхней части цифры 7.



Метод обратного распространения ошибки сосредоточенно выполняет утомительную задачу тонкой настройки каждого из 80 000 весов с целью уменьшения ошибки, одновременно вычисляя, **приведет ли увеличение или уменьшение определенного веса к уменьшению ошибки**.

Естественно, что такой процесс обучения занимает много времени, однако, как только обучение завершено, использование успешно найденных весов позволяет при введении новых данных, например написанной кем-то от руки цифры, мгновенно распознавать, что это за цифра.



Обучение рукописным цифрам



Если увеличить количество слоев... не доходит до конца?

Метод хорошо работает с тремя слоями, позволяя решать задачи, которые были невозможны с двумя слоями. Поэтому ожидалось, что увеличение количества слоев до 4 или 5 повысит степень свободы для внесения корректировок и даже при небольшом количестве нейронов на каждом слое увеличит точность сети.

Однако оказалось, что когда количество слоев больше четырех, то метод обратного распространения ошибки не дает хороших результатов. Чем больше слоев, тем вероятнее метод обратного распространения ошибки не дойдет до нижних из них. И даже если для последних верхних слоев настройка будет сделана хорошо, информация об ошибке не будет донесена до слоев, близких ко входу, и поэтому не имеет смысла делать слои глубже. Результаты можно было бы немного улучшить, если бы люди тщательно изучали каждый слой, но это слишком трудоемко, поэтому данный метод вскоре потерял свою популярность.

Так закончился второй бум искусственного интеллекта, во время которого предпринимались попытки создать искусственный интеллект, воссозидающий нейронную сеть человеческого мозга. После этого в машинном обучении распространились методы, отличные от нейронных сетей, например **метод опорных векторов**. Хотя с последующим появлением глубокого обучения эти методы стали несколько менее заметны, они по-прежнему очень популярны.



Преимущества метода опорных векторов

Метод опорных векторов (Support Vector Machine; SVM) – это метод машинного обучения с учителем для идентификации образов, представленный в 1995 году Владимиром Вапником (Vladimir Vapnik; 1936–) из AT&T.

Благодаря лежащей в основе идеи **максимизации зазора** метод обладает большой обобщающей способностью и отличной способностью идентификации образов.



Идентификация образов – это **классификация** введенных данных. Кстати, распознаванием образов называется процесс распознавания и выявления значимых объектов из множества разнообразных данных, подобно распознаванию изображений и символов. Чтобы что-то распознать, необходимо это идентифицировать. Так что это близкие по смыслу понятия.

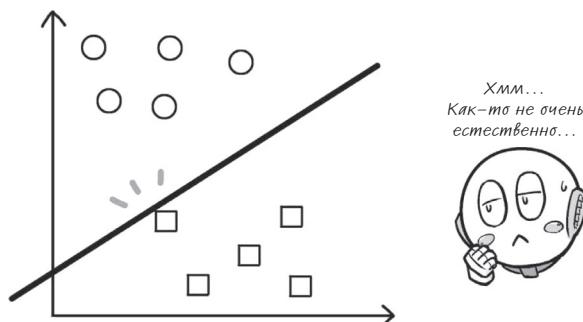
Благодаря умному и почти магическому методу, называемому **ядерным трюком**, значительно расширилась область применения перцептрона, так как перцептрон стало возможно применять для решения линейно неразделимых задач. И использование перцептрана в исследованиях сильно возросло.

Однако хотя этот метод хорош для задач, когда данные требуется классифицировать на две группы, его нельзя применять напрямую для много-классовой классификации, он требует больших вычислительных усилий, и в нем отсутствует критерий выбора функции. Кроме того, нельзя сказать, что этот метод так уж лучше метода обратного распространения ошибки, просто он немного другой.

А сейчас я кратко объясню, что такое **максимизация зазора**.

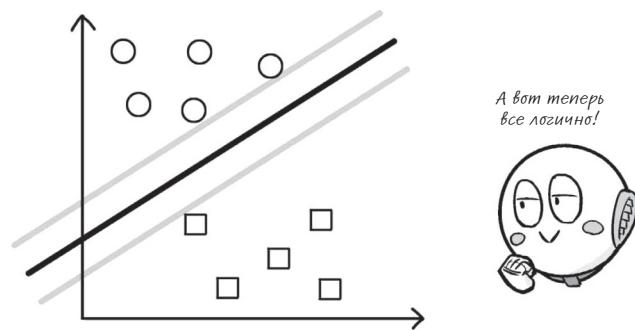
В методе обратного распространения ошибки состояние нейронной сети настраивается и изменяется постепенно, и **обучение прекращается**, когда обучающие данные оказываются правильно идентифицированы. Поэтому в некоторых случаях возможна ситуация, как показано ниже, когда **линия проходит по самому краю** класса (скопления).

Возникает вопрос, на сколько эта линия действительно подходит, ведь человек вряд ли провел бы ее именно так.



В методе обратного распространения ошибки линия проводится по самому краю!

В отличие от этого, метод опорных векторов находит точки, наиболее удаленные от обоих классов (с максимальным зазором), и через них проводит идентификационную линию.



*В методе опорных векторов
подходящая линия проводится посередине!*

На рисунке мы видим, что черная линия находится на большем расстоянии от обоих классов, чем серые линии, поэтому черная линия называется подходящей линией. Найденная таким образом на обучающих данных идентификационная линия позволяет классифицировать и множество новых данных, это называется **обобщающей способностью**.



Компромисс между переобучением и обобщением

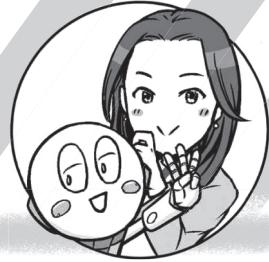
Имеющие иерархическую структуру нейронные сети вроде трехслойного перцептрона со стр. 106 называются **иерархическими нейронными сетями**.

Ождалось, что иерархические нейронные сети будут развиваться, но из-за чрезмерной адаптации на каждом слое возникло *переобучение*, что привело к ухудшению обобщающей способности, вследствие чего популярность иерархических нейронных сетей стала падать.

Существуют **компромиссные отношения** между **переобучением на обучающих данных и обобщением новых данных**, и приоритеты зависят от конкретной задачи, что является затруднительным для компьютеров. При этом считается, что животные, включая человека, хорошоправляются с подобными компромиссами.

3.3

ЧТО ТАКОГО ВЫДАЮЩЕГОСЯ В ГЛУБОКОМ ОБУЧЕНИИ?



* Так в Японии называют прибытие в 1853 году к берегам страны группы американских военных кораблей под командованием коммодора Перри, что вынудило Японию открыть страну для международной торговли после более чем двухсотлетнего закрытия. С этого началась также модернизация Японии. – Прим. перев.

Ой? Я думал, что хорошо усвоил подготовительный материал, но, судя по вашей реакции, я где-то ошибся?..



Э-э, ну, как иллюстрация чего-то революционного, это годится. Итак, как мы говорили на стр. 27, глубокое обучение – это новый способ машинного обучения.

Да, это я помню. Кроме того, на днях слышал об этом же в одной телепередаче. Похоже, что именно глубокое обучение лежит в основе нынешнего бума искусственного интеллекта... Так что в нем такого выдающегося?





День, когда глубокое обучение получило всеобщую известность

В 2012 году, во время долгого периода упадка интереса к искусственному интеллекту после окончания второго бума, вдруг произошло событие, потрясшее всех исследователей искусственного интеллекта. На всемирном конкурсе по распознаванию изображений ILSVRC (Imagenet Large Scale Visual Recognition Challenge), в котором принимали участие ведущие компании и ведущие университеты мира вроде Токийского университета или Оксфордского университета, победила система Super Vision, разработанная участвовавшим впервые Торонтским университетом из Канады.

Конкурс заключается в том, насколько хорошо компьютер может автоматически распознать, что изображено на иллюстрации, например цветок или животное.

Процесс машинного обучения осуществлялся на 10 млн изображений, а тестирование проходило на еще 150 тыс. изображений, и участники соревновались за процент правильных ответов. Хотя использование машинного обучения для распознавания изображений уже широко применялось, но все-таки еще было довольно распространено человеческое вмешательство. Например, методом проб и ошибок выяснялось, какие признаки изображений можно использовать для снижения количества ошибок.



Я еще буду говорить об этом подробнее позже, но главное, что надо запомнить, что в машинном обучении до этих пор количество признаков определялось человеком. Обратитесь, пожалуйста, к памятке на стр. 29 главы 1.

Подобным путем – методом проб и ошибок – процент ошибок снижался всего лишь примерно на 1 % в год, и ожидалось, что в 2012 году процент ошибок останется на уровне 26 %. Однако Super Vision, занявшая первое и второе места, достигла 15 % ошибок, что удивило весь мир.

Это произошло благодаря использованию *глубокого обучения*, нового метода машинного обучения, разработанного Джейфри Хинтоном из университета Торонто.



Самостоятельно определяет количество признаков!

Чем замечательно глубокое обучение, так это тем, что если до его появления требовалось участие человека для определения набора признаков, то теперь компьютер самостоятельно конструирует признаки и на их основе классифицирует изображения!

Этот подход называют еще самостоятельным **обучением признакам**, или **обучением представлениям**.



Пример обучения компьютера понятию «кот»



Конструирование признаков – это очень сложная задача. В зависимости от того, насколько хорошо человек установил признаки, сильно меняется способность компьютера к распознаванию и количество правильных ответов. Поэтому ответственность велика... Однако в глубоком обучении компьютер сам конструирует признаки. Достаточно лишь предоставить ему большое количество данных!

Человеку только нужно указать, что *это кот* и *это тоже кот*, а признаком котов уже можно не обучать, через некоторое время компьютер сам научится определять, *что такое кот*.

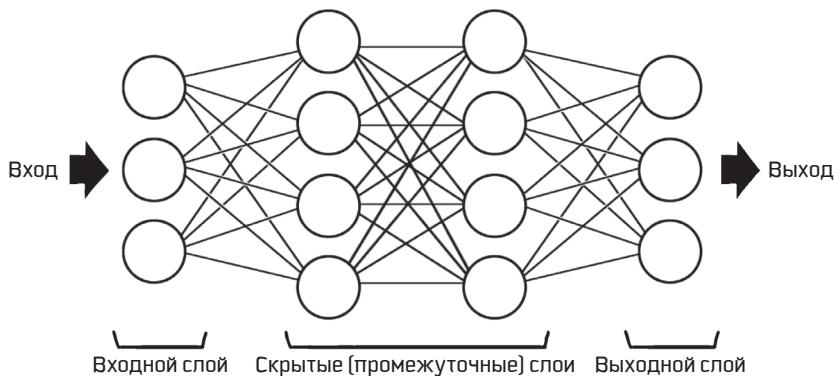
Ранее считалось, что компьютеры на подобное не способны, поэтому тот факт, что компьютеры смогли обучаться самостоятельно, стал прорывом к разработке независимо функционирующего, подобно человеку, искусственного интеллекта.



В глубоком обучении не менее четырех слоев

Слово «глубокое» в названии глубокого обучения означает глубину слоев, то есть их количество.

Глубокое обучение представляет собой многослойную (не менее четырех слоев) нейронную сеть.



*В глубоком обучении
промежуточных слоев должно быть не меньше двух,
то есть всего в сети не меньше четырех слоев!*

Хм... Я понял, что в глубоком обучении должно быть много слоев... Но ведь на стр. 110 мы говорили, что если слоев слишком много, то обучение не дает хороших результатов. Тут, наверное, есть какой-то секрет?



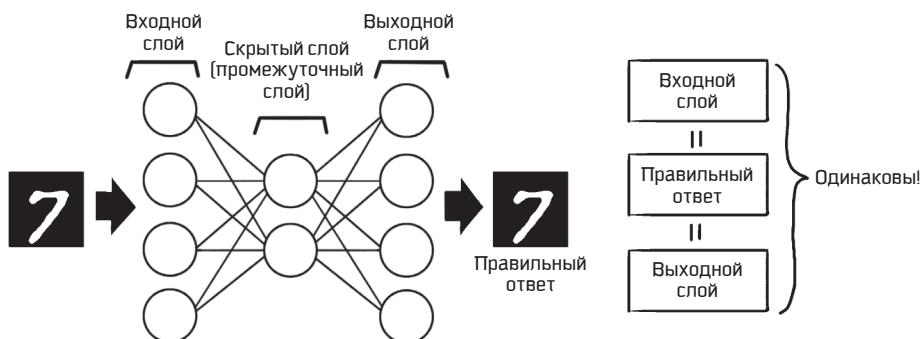


Автокодировщик, вход и выход одинаковы?

На стр. 110 речь шла о том, что попытки создания нейронных сетей с количеством слоев 4 и более давали плохие результаты. Это было вызвано тем, чем при углублении сети метод обратного распространения ошибки не доходил до нижних слоев. Глубокое обучение решает эту проблему посредством обучения слоя за слоем и использования компрессора информации, называемого **автокодировщик**.

Для обучения нейронных сетей требовалось давать им правильные ответы. Например, вы показываете изображение рукописной цифры 7 и даете «7» в качестве правильного ответа.

В отличие от этого, в **автокодировщике вход и выход одинаковы**. Например, если вы введете изображение рукописной цифры 7, правильным ответом будет тоже изображение рукописной цифры 7. **Человек не предоставляет правильный ответ**.



*Устройство автокодировщика.
Вход = Правильный ответ = Выход!*



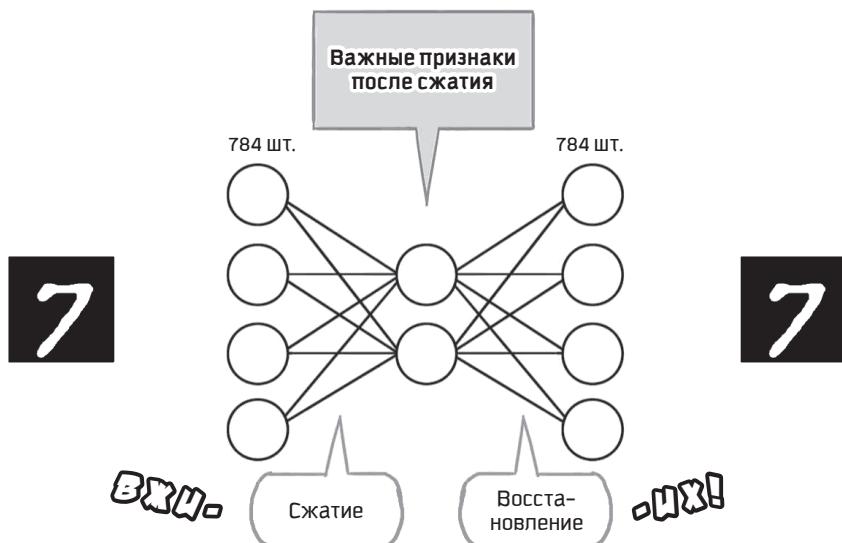
Наверняка вы подумали, что это бессмысленно, когда вход и выход одинаковы, то есть задача и правильный ответ тоже одинаковы, не так ли? Чтобы развеять ваши сомнения, слушайте дальше.



Почему вход и выход одинаковы?

Посмотрите на рисунок ниже. Если вход и выход одинаковы, то в скрытом слое (промежуточном слое) естественным образом формируется представление изображения.

Например, рассмотрим изображение рукописного символа размером 28 пикселей \times 28 пикселей = 784 пикселя. Тогда на входном слое будет 784 нейрона, на выходном слое тоже 784 нейрона, а на скрытом слое, например, 200 нейронов. Сжимая 784 нейрона до 200, мы делаем то же самое, что и *метод главных компонент* при статистической обработке данных.



Метод главных компонент сокращает (обобщая основные моменты) большой объем данных, позволяя сделать природу всей совокупности данных более понятной. И в самом деле, как будто данные сжимаются.

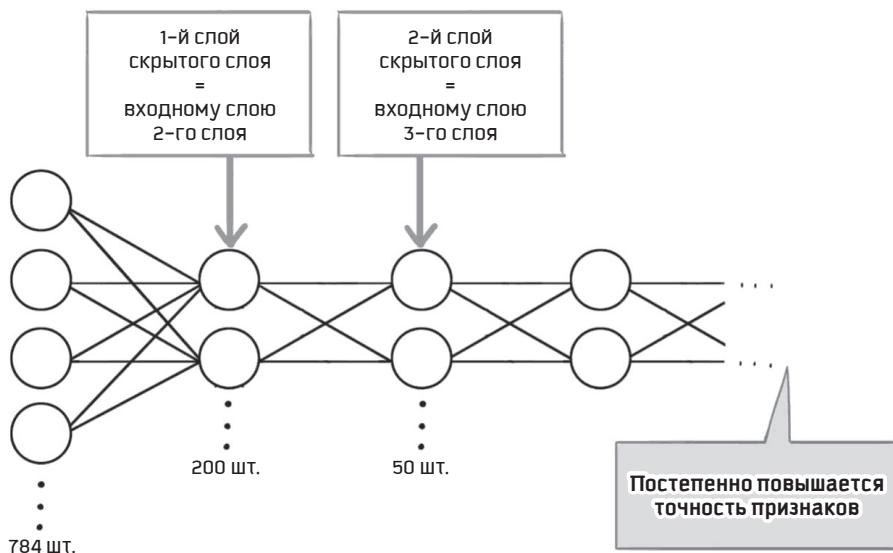


Именно благодаря тому, что вход и выход одинаковы, на промежуточном скрытом слое естественным образом получается *обобщение основных моментов*. Чтобы после сжатия была возможность затем восстановить (вернуть в прежнее состояние) данные, важные признаки остаются скрытыми.

В глубоком обучении, делая это на многих слоях, можно извлечь **признаки с высокой точностью**, что невозможно сделать с помощью метода главных компонент. Раньше я часто использовала метод главных компонент при анализе экспериментальных данных, поэтому данный принцип мне очень хорошо понятен.

Как показано на рисунке ниже, на первом входном слое имеется 784 нейрона, а на следующем скрытом слое 200 нейронов, то есть на входе на второй слой скрытого слоя будут те же 200 нейронов.

Вводя данные из тех же 200 нейронов на слой из, например, 50 нейронов, затем возвращаем данные опять в 200 нейронов. В этом случае второй скрытый слой выявляет признаки, которые даже более точны, чем те, что получены на первом скрытом слое.



При повторении этого процесса снова и снова формируются все более абстрактные и точные признаки. Конечный результат – это, например, типичная 7, поэтому все, что вам нужно сделать, – это сказать системе, что это «7», и процесс обучения на этом закончен!



Признаки с высокой степенью абстрактности и точности – это своего рода основная идея. Цель обучения – добраться до сути вещей (введенных данных).



Все ближе к человеку?..

Я ученый когнитивист, который также занимается инженерными исследованиями, и я не хотела бы заниматься инженерными исследованиями, где важен только результат, а процесс не имеет значения. Но я начинаю привыкать к мысли, что идея нейронных сетей и глубокого обучения, кажется, близка к тому, как это делают люди.

Люди аналогичным образом, видя с рождения цифру 7, написанную разными людьми, начинают понимать, что это та же самая цифра 7, даже если она каждый раз написана другим человеком.

Кроме того, глубокое обучение теперь может обрабатывать мультимодальную информацию, то есть информацию от различных органов чувств, например звук и изображение или текст и изображение, вместе. Можно сказать, что мы близки к созданию компьютера с информационными возможностями, близкими к человеческим, который сможет одновременно работать с информацией от пяти органов чувств.



Методики глубокого обучения

Глубокое обучение – это общий термин для обозначения многослойных (четыре или более слоев) нейронных сетей, для которых существует множество конкретных методик.

Я представляю далее три репрезентативные методики глубокого обучения, которые также используются в моей лаборатории. Кстати, существуют и другие разновидности каждой из представленных здесь методик, и они меняются и развиваются каждый день.



Это все немного сложно, поэтому главное – запомните, что существует множество методик. И важно проверять, в каких случаях какие из них используются!

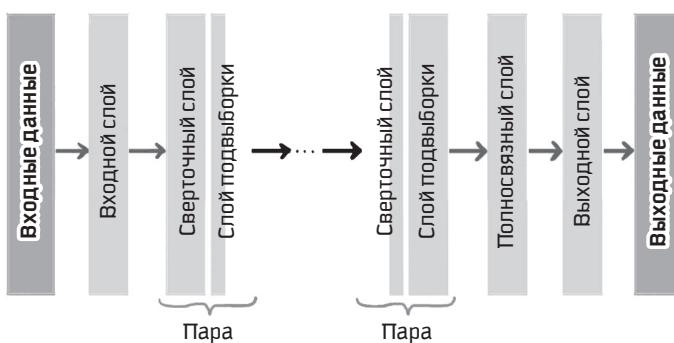
Сверточная нейронная сеть

(Convolutional Neural Network; CNN)

Работа обычных нейронных сетей для распознавания изображений зависит от мастерства исследователя в извлечении признаков, при этом CNN не требуют извлечения признаков человеком, а автоматически извлекают подходящие признаки в процессе обучения. CNN для изображений были успешно обучены еще в конце 1980-х годов на многослойных нейронных сетях, состоящих из пяти слоев. Затем CNN были усовершенствованы благодаря добавлению метода обратного распространения ошибки. В 2012 году в распознавании изображений на основе CNN был совершен прорыв, о чем мы говорили на стр. 114.

Я расскажу немного о классической архитектуре CNN, хотя это, возможно, покажется несколько сложным. От входа до выхода из сети многократно чередуются пары из **сверточных слоев** (convolution layer) и **слоев подвыборки** (pooling layer). Иногда после слоев свертки и подвыборки добавляют слой частичной нормализации контраста (local contrast normalization; LCN). Наложив несколько слоев друг на друга таким образом, затем вставляют соединяющий между собой соседние слои полно связанный слой (fully-connected layer), и в конце используются выходные функции, например тождественное отображение для регрессии или softmax для многоклассовой классификации.

Модель CNN имитирует нейронные схемы зрительной коры головного мозга человека, и на сегодняшний день такие нейронные сети способны распознавать текстуры близко к тому, как это делает человек.



Кстати, слово «свёрточная» в названии свёрточной нейронной сети используется из-за наличия операции свёртки из математического анализа.



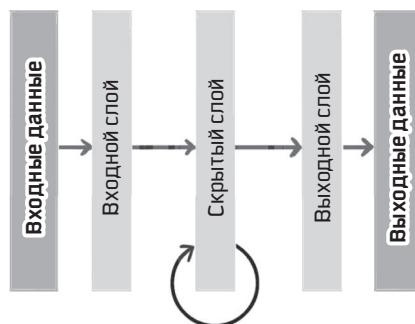
Рекуррентная нейронная сеть

(Recurrent Neural Network; RNN)

Нейронные сети RNN хорошо справляются с последовательными данными, например с голосовыми, языковыми или видеоданными. Длина таких данных варьируется от выборки к выборке, а особенность состоит в том, что расположение (контекст) элементов в ряду имеет смысл. RNN могут успешно изучать контекст, например зависимость между словами, и делать предсказания слов с высокой точностью.

Возможно, это покажется немного сложным, но RNN – это общий термин для нейронных сетей с внутренними (направленными) циклами. Благодаря такой структуре они могут временно хранить информацию и динамически менять свое поведение. Вследствие чего они могут находить концепции в последовательных данных. Это значительно отличает данный вид нейронных сетей от обычных нейронных сетей с прямой связью.

Кроме того, если в обычных нейронных сетях с прямой связью одному входу соответствует один выход, то RNN отражает все предыдущие входы в один выход.



Эта возвращающаяся по кругу стрелочка и есть отличительная черта RNN. Благодаря такой структуре можно передавать информацию обратно.

Машина Больцмана

(Boltzmann machine)

Машина Больцмана – это стохастическая нейронная сеть, разработанная в середине 1980-х годов Хинтоном и др., создавшими технологию глубокого обучения, приведшую к тому самому прорыву, о котором говорилось в начале этого раздела.

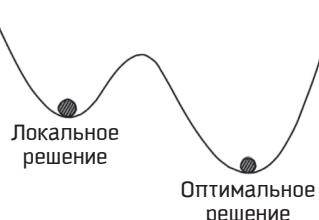
Название происходит от имени физика XIX века, основателя статистической механики – Больцмана (Boltzmann).

В работу сети включено понятие температуры, и сеть разработана так, что сначала она работает интенсивно, но постепенно стабилизируется.

Машина Больцмана достигла успехов в попытке ухода от локальных решений путем отсеивания неподходящих решений с точки зрения вероятности, поскольку проблема застревания в локальных решениях, например из-за метода обратного распространения ошибки при градиентном спуске, считалась фатальной.

Обычно машина Больцмана используется в качестве модели для генерации данных.

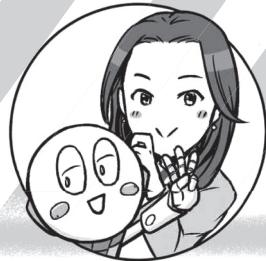
Локальное решение – это решение (ответ) на ограниченном диапазоне. Как показано на рисунке ниже, если рассмотреть более широкий диапазон, то можно найти **оптимальное решение** (наиболее подходящий ответ)... Если не уйти от локального решения, нельзя найти оптимальное решение. Вот так все непросто.



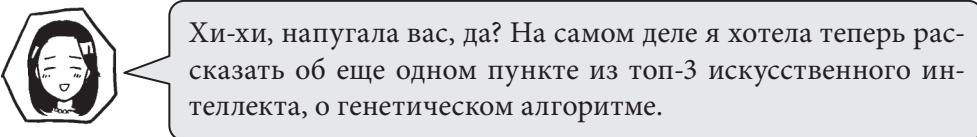
В зависимости от цели применяются разные методы. Здесь мы закончим говорить о нейронных сетях и глубоком обучении. Далее поговорим про топ-3 искусственного интеллекта.

3.4

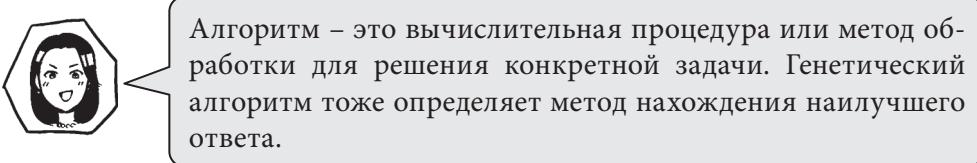
ТОП-3 ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА. ЧТО ТАКОЕ ГЕНЕТИЧЕСКИЙ АЛГОРИТМ?



Ни с того ни с сего вдруг викторина! Я, конечно, высокоразвитый робот, но все-таки не Watson (стр. 65), поэтому я начинаю нервничать, когда меня так неожиданно спрашивают.



Ага, значит, ответом на вопрос был этот самый генетический алгоритм, да? Я вроде слышал что-то о каком-то алгоритме, но сейчас не могу вспомнить.



Вот как. Должно быть, полезный метод, да? Но что здесь значит «генетический»? Звучит загадочно...





Топ-3 ИИ по пунктам

В последние годы глубокому обучению уделяется так много внимания, что многим кажется, что искусственный интеллект – это и есть глубокое обучение, но глубокое обучение – это всего лишь развитая форма нейросети.

В основе устройства интеллекта в искусственном интеллекте лежат топ-3 ИИ, а именно: *нейронные сети*, к которым относится и глубокое обучение; *экспертные системы*, главный плод второго бума искусственного интеллекта, представленные на стр. 13; а также *генетический алгоритм*, с которым мы начинаем знакомиться.



В основе теория эволюции Дарвина

Генетический алгоритм (Genetic Algorithm; GA) – это искусственный интеллект, разработанный в 1975 году Джоном Холландом (John Holland; 1929–2015) на основе теории эволюции Дарвина.

Чарльз Дарвин (Charles Darwin; 1809–1882) совершил кругосветное путешествие на корабле «Бигль» в 1831–1836 годах. Во время своего путешествия он заметил различия между растениями и животными в разных регионах и выдвинул новые идеи об адаптации растений и животных к изменениям, а в 1859 году опубликовал книгу «Происхождение видов», основанную на его теории эволюции путем естественного отбора. Важным аспектом дарвиновской теории эволюции является теория естественного отбора, которую можно кратко изложить следующим образом.

- Характеристики живых организмов отличаются даже у особей одного вида, и часть этих характеристик передается от родителей потомкам. Особи, имеющие **полезные характеристики** для адаптации к окружающей среде, могут оставлять больше потомства, в то время как особи **с более низкими качествами** отбраковываются. Отдельные особи могут также **мутировать** и внезапно создавать более совершенных особей. **Таким путем и происходит эволюция.**

Кроме того, интересно отметить, что Дарвин считал мутацию случайным процессом, а также различал понятия эволюции и прогресса, полагая, что эволюция – это механический процесс случайных мутаций без определенного направления.

Таким образом, генетический алгоритм заключается в том, чтобы заставить компьютер найти оптимальное решение с помощью эволюционных методов, предполагая, что **лучшая особь = хорошее решение**.



Гены передают характеристики от родителей детям, и в мире живых существ этот процесс включает в себя также установку, что *хорошие характеристики остаются, а плохие выбраковываются*. Этот-то принцип и используется при поиске решений. Оставшееся в результате решение – это *лучшее среди прочих*.



Применение генетического алгоритма

Генетические алгоритмы хорошо справляются с созданием или поиском наилучшего ответа из бесконечного числа возможных ответов.

Реализация генетических алгоритмов осуществляется примерно так, как показано на следующей странице.



Считается, что чем выше адаптивность особи, тем совершеннее сама особь (тем лучше ответ). Кстати говоря, есть такое понятие, как **кроссинговер**, которое означает обмен между генами. Посмотрите на рисунок на следующей странице.

Так, сменяя поколения, ищется совершенная особь (хороший ответ). Что ни говори, это рациональный и удобный способ... Да, отличная идея!



Генетический алгоритм осуществляется следующим образом.

1. Случайным образом создается N особей.
2. С помощью соответствующей цели оценочной функции вычисляется **адаптивность каждой особи** по отдельности.
3. С заданной вероятностью выполняется одно из следующих трех действий, и результат сохраняется как **следующее поколение**.
 - Выбираются две особи и осуществляется **кроссинговер**.
 - Выбирается одна особь и осуществляется **мутация**.
 - Выбирается одна особь и **копируется без изменений**.
4. Предыдущий пункт выполняется до тех пор, пока в следующем поколении не будет N особей.
5. Когда количество особей в следующем поколении достигнет N , все они будут считаться текущим поколением.
6. Процедура повторяется, начиная с пункта 2 до достижения заданного числа поколений. В конечном итоге в качестве решения **выводятся особи с наибольшей степенью адаптации**.



*Кроссинговер и мутация.
Таким образом создаются различные особи*

Генетические алгоритмы используются для самых разных задач, включая **игры, торговлю акциями, оптимизацию траекторий полета или размеров крыльев самолета**.

Для меня большая часть принадлежать к тому же агентству, что и актриса Рей Кикуава. Госпожа Рей Кикуава окончила инженерный факультет Токийского университета в 1999 году, защитив дипломную работу на тему «Исследование применения генетических алгоритмов для разработки рецептуры бетона с требуемыми характеристиками».

Генетические алгоритмы использовались для поиска **оптимальной рецептуры** бетона, поскольку прочность бетона зависит от соотношения его составляющих: песка, цемента и воды.



К слову, я иногда видела госпожу Рей Кикуава на университетских мероприятиях в кампусе Комаба Токийского университета, когда была аспиранткой. Уже тогда она была красавицей.

Ох, завидую, что вы встречались с госпожой Рей Кикуава! Такая красота тоже, наверное, связана с генами, да?

В этой третьей главе было так много информации, что даже такой высокоразвитый робот, как я, немного устал...

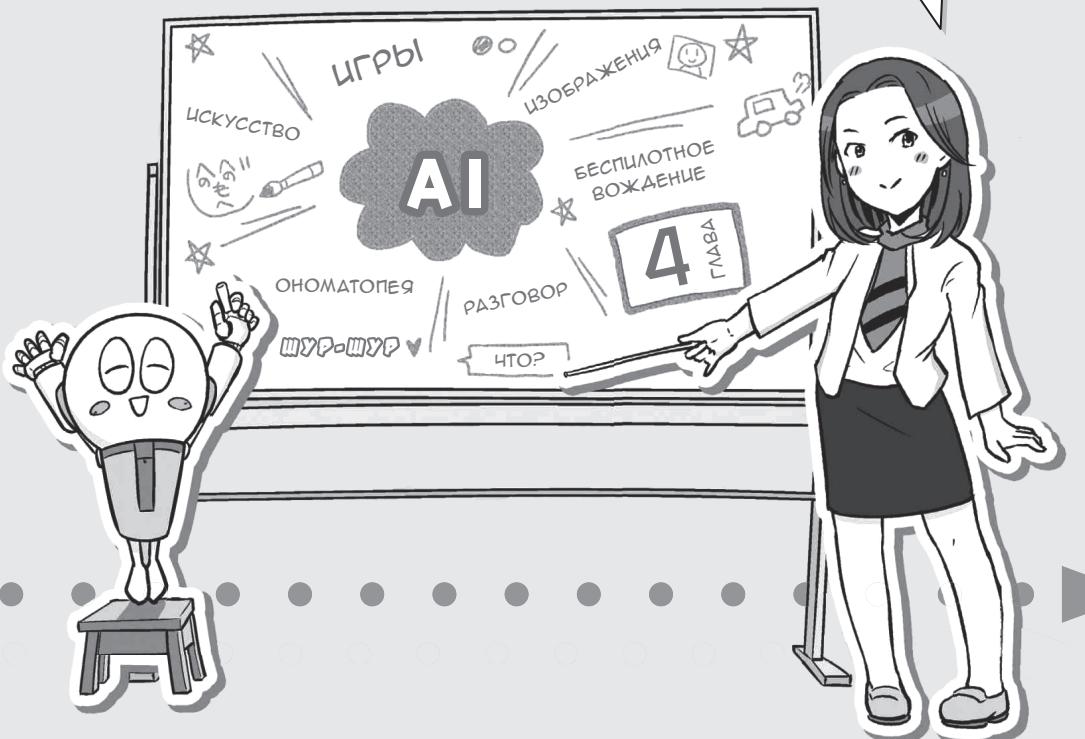


Вы отлично поработали! В этой главе был проделан большой путь. Следующая, четвертая, глава будет последней, и в ней будет немного проще.

ГЛАВА 4

ПРИМЕРЫ ПРАКТИЧЕСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

В главе 4 мы рассмотрим некоторые примеры практического применения искусственного интеллекта. Искусственный интеллект в играх, таких как сёги, или ИИ в беспилотных автомобилях – эти темы часто появляются в СМИ. Кроме того, мы поговорим об ИИ для распознавания изображений, разговорах с ИИ и о том, как ИИ бросает вызов искусству. А также я расскажу об использовании ИИ в исследованиях ономатопеи, которыми занимаюсь я сама!



4.1

РАЗВИТИЕ ИИ НА ПРИМЕРЕ ЕГО ПРАКТИЧЕСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ В «ИГРАХ»



Как же так, Сакамото-сэнсэй, вы сдаетесь до начала сражения?! Хотя это не лишено смысла. Ведь мы, компьютеры, очень сильны в играх.



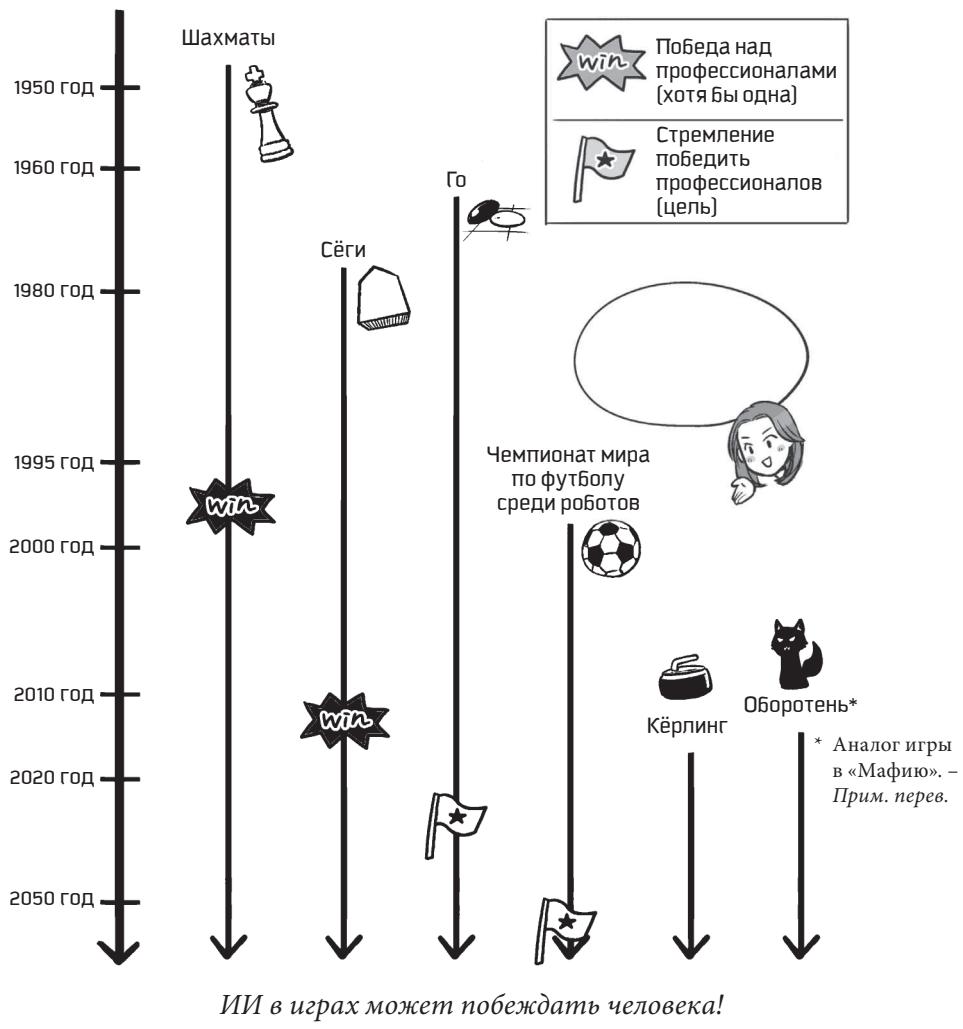
Это точно. Раньше, если в поединке человека против компьютера человек проигрывал, это вызывало большое удивление. Однако сейчас это уже обычное дело... Давайте поговорим об истории развития ИИ в области игр, таких как шахматы, сёги и го.



История развития ИИ в области игр

Практически и дня не проходит без того, чтобы в СМИ не объявляли об использовании ИИ во все новых и новых сложных играх. Реальный мир не прост, в нем трудно выделить отдельные проблемы, поэтому и применение ИИ затруднено. Кроме того, в отличие от применения ИИ, например, в медицине, в игры легко внедрять новейшие технологии, поэтому, как только появляются новые технологии, их используют в самых разных играх.

По этой причине изучение **истории искусственного интеллекта в области игр** помогает проследить **развитие искусственного интеллекта** в целом. Историю развития ИИ в области игр можно представить следующим образом.



За 20 лет невозможное стало возможным, после победы над человеком противником ИИ в войне интеллектов остался только сам ИИ. Не будет преувеличением сказать, что в области игр уже произошла сингулярность.



Дальше мы рассмотрим основные исторические события в сфере шахмат, сёги и го по отдельности.



Человек vs ИИ. Шахматы

В феврале 1996 года шахматный суперкомпьютер Deep Blue, созданный на основе RS/6000SP от IBM, проиграл тогдашнему чемпиону мира по шахматам Гарри Каспарову с результатом: 1 победа, 3 поражения и 2 ничьи.

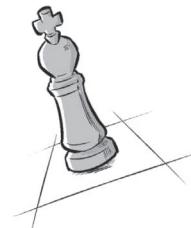
Однако в мае следующего 1997 года Deep Blue после напряженной борьбы одержал победу с результатом: 2 победы, 1 поражение и 3 ничьи.

Согласно заявлению IBM, победителем стал шахматный суперкомпьютер с 32 процессорами и способностью просчитывать около 200 млн ходов в секунду. Воспользовавшись своей высокой вычислительной мощностью, Deep Blue мгновенно моделировал около 200 млн ходов и каждый раз выбирал лучший ход.

В то время Deep Blue был оснащен *экспертной системой*, о таких системах мы говорили на стр. 13. Экспертные системы были главным результатом второго бума искусственного интеллекта и представляют собой компьютеры, которые выполняют сверхбыстрые вычисления на основе базы знаний (база данных из знаний в форме, которая может быть прочитана компьютером), введенной человеком, и следуя правилам, установленным человеком.

Поэтому с нынешней точки зрения во время третьего бума ИИ тогдашний компьютер не был *искусственным интеллектом* в истинном смысле. И даже говорят, что тогдашняя победа Deep Blue не была победой над человеком.

Хотя проигравший тогда господин Каспаров дал такой комментарий после игры: «Я почувствовал интеллект в Deep Blue». То есть он почувствовал, что компьютер «умный».



«Deep Blue» буквально переводится как «глубокий синий», но к глубокому обучению это не имеет никакого отношения. А вот логотип компании IBM, разработавшей Deep Blue, как раз синего цвета.





Человек vs ИИ. Сёги

Следующая настольная игра, в которой искусственный интеллект победил человека, – это сёги.

С 2005 года периодически проводились неофициальные игры между профессионалами по игре в сёги и компьютерами, а в 2007 году был проведен публичный матч между компьютерной программой «Bonanza» и рюо* Ватанабэ Акира, и рюо Ватанабэ тогда выиграл.



В 2010 году система «Akara 2010» сыграла в сёги с профессиональной сёгиисткой дзёрю-осё* Симидзу Итиё. «Akara 2010» состоит из четырех типов программ для игры в сёги: «Gekisashi», «GPS Shogi», «Bonanza» и «YSS» и лучший ход в данной системе выбирается большинством голосов. В результате госпожа Симидзу проиграла, так впервые профессиональный игрок проиграл в официальном матче.

После такого результата тогдашний председатель Японской ассоциации сёги пожизненный кисэй* Енэнага Кунио заявил, что в следующем году сразится с компьютером. И в 2012 году господин Енэнага проиграл в первом турнире по сёги между профессиональными игроками и компьютерными программами системе «Bonkras» (сейчас Puella), которая до того победила другие программы в состязаниях по сёги между компьютерами.

В 2013 году во втором турнире по сёги между профессиональными игроками и компьютерными программами пять разных программ играли с пятью разными профессиональными игроками, проведя пять матчей. Во втором матче система «ronanza» выиграла у обладателя 4-го дана Синити Сато. Так снова на публичном матче компьютерная программа по игре в сёги выиграла у профессионального игрока.

С тех пор возможности программ по игре в сёги значительно выросли. В апреле 2017 года «ronanza» победила знаменитого Сато Амакико.

Программное обеспечение для игры в сёги стало таким мощным благодаря машинному обучению, о котором мы говорили в главе 3. Система изучает положение на доске и возможные ходы на основе огромного количества данных из уже сыгранных матчей, кроме того, система находит признаки, на которых следует сосредоточить внимание. Например, на основе данных прошлых матчей система может обнаружить незаметные для человека преимущества в определенных позициях и выбрать наилучший ход.

А еще производительность компьютеров выросла настолько, что теперь они могут выигрывать даже используя только поисковые исследования, так как за секунду просчитывают сотни миллионов ходов.

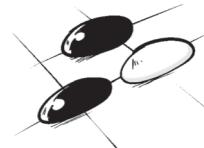


* Рюо, дзёрю-осё, кисэй, пожизненный кисэй – профессиональные титулы в сёги. – Прим. перев.



Человек vs ИИ. Го

В октябре 2015 года программа для игры в го AlphaGo, разработанная компанией Google (Google DeepMind), выиграла в пяти матчах из пяти у тогдашнего чемпиона Европы по игре в го, а в сентябре 2016 года эта программа выиграла у тогдашнего чемпиона мира по игре в го в четырех матчах из пяти.



Хотя в последние годы компьютерные программы по игре в го достигли больших успехов, было принято считать, что компьютер еще долго не сможет победить человека.

Это связано с тем, что если в шахматах количество комбинаций из возможных двух первых ходов равно 400, в сёги – 900, то в го это количество составляет 129 960, или примерно 360 в квадрате. В го важна интуиция и умение оценить ситуацию, поэтому считалось невозможным выиграть в го, используя традиционные поисковые исследования.

Система AlphaGo, состоящая из 1202 CPU и 176 GPU, стала настолько мощной не только благодаря на порядок большей вычислительной мощности, но и благодаря внедрению технологии **глубокого обучения**.

В отличие от шахматных программ, представляющих собой экспертные системы на основе баз знаний, систему AlphaGo человек даже не обучал правилам игры в го, она выучила их автономно, на основе огромного количества записей партий, сыгранных ранее.

Кстати говоря, в марте 2017 года программа «DeepZenGo» разбила в пух и прах профессионального игрока Ияма Юта, обладателя 9-го дана! Здорово, правда?!



Алгоритм AlphaGo был опубликован в научном журнале *Nature*.

Шаг 1. С посвященных игре го интернет-сайтов загрузить в AlphaGo данные о 30 млн ходов из кифу (записей партий в го). Используя данные кифу игроков высокого уровня, осуществить **обучение с учителем** нейронной сети, где в качестве обучающих данных берется *следующий ход игрока при определенном положении на доске*. Про обучение с учителем мы говорили в главе 3, здесь же применялась также упоминавшаяся в главе 3 **сверточная нейронная сеть** (CNN). В AlphaGo использовалась CNN с 13 слоями, а игровая доска была представлена как изображение размером 19×19 пикселей.

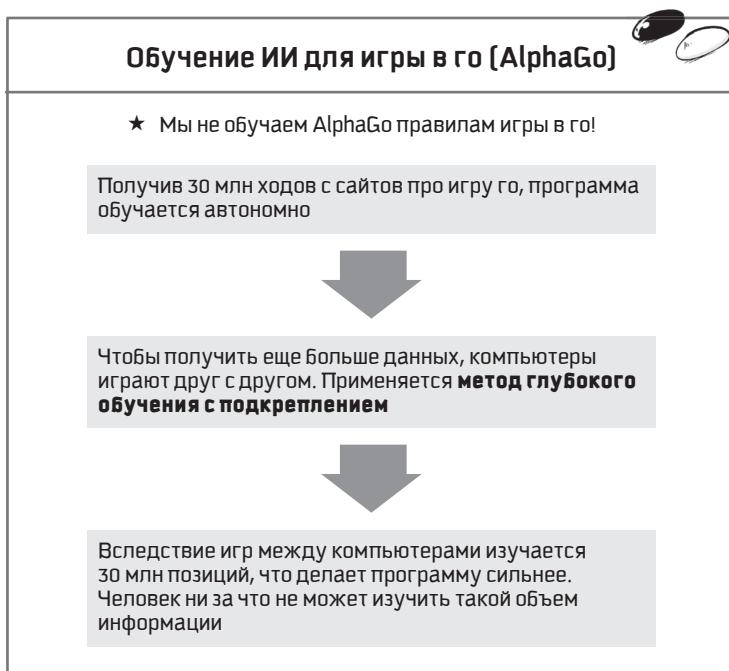
В то время как для распознавания изображений вводятся данные о цвете в формате RGB (красный-зеленый-синий), в AlphaGo вводятся данные о цвете камня (белый-черный-отсутствует), на каком ходу камень был поставлен, сколько камней было взято этим ходом. Нейронная сеть в таком случае на выходе дает данные аналогично в виде изображения 19×19 пикселей, с ответом, какой ход хорошо бы сделать дальше.

Шаг 2. Только 30 млн ходов недостаточно. Далее посредством метода глубокого обучения с подкреплением обученная в шаге 1 нейронная сеть играет с другой нейронной сетью и в случае победы получает награду (баллы). Это позволяет тренировать выигрышные ходы.

Шаг 3. Натренированные на шаге 2 нейронные сети в играх друг с другом формируют новые данные из 30 млн позиций кифу. Человеку для этого потребовалось бы 8200 лет, даже если бы каждый день он играл по 10 партий.



Этот алгоритм представлен более кратко на схеме ниже. Кстати, в то время когда я в декабре 2016 года рассказывала в информационной передаче про ИИ для игры в го, много шума наделал еще более мощный таинственный ИИ под названием «рука бога». Так что развитие ИИ для игры в го еще вовсю продолжается.



4.2

ПРИМЕРЫ ПРАКТИЧЕСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ ИИ ДЛЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ, ВЫЗВАВШИЕ ТРЕТИЙ БУМ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА



Если вы, Сакамото-сэнсэй, приедете в университет блондинкой, все ученики, наверное, будут думать: «Кто это?!» А я вас сразу распознаю. Хи-хи-хи.



Не собираюсь я такого делать! Но в самом деле, компьютерные системы распознавания лиц работают, даже если лица были изменены. Ожидается, что распознавание изображений будет применяться в самых разных областях, например в медицине. Дальше мы поговорим о примерах практического использования таких систем.



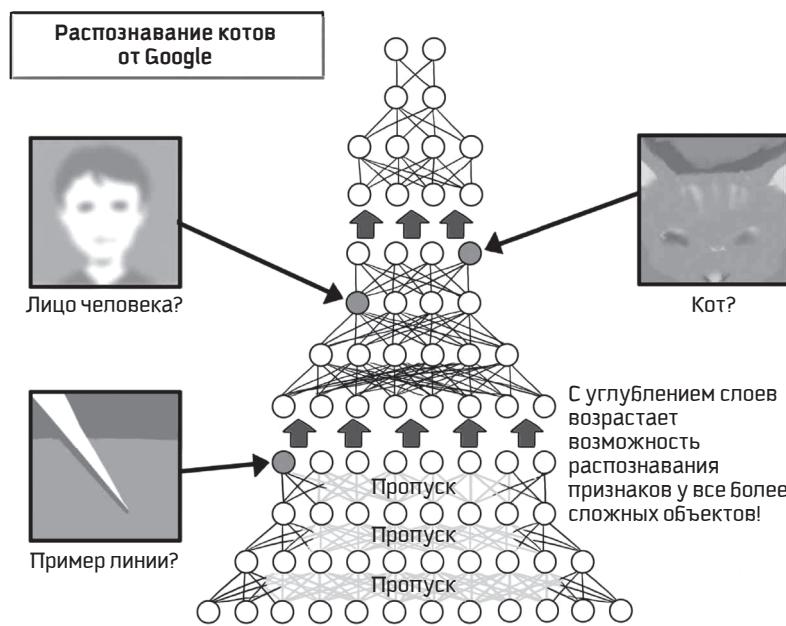
Коты от Google

Данные настольных игр, рассмотренных в предыдущем разделе, также являются данными об изображениях, и именно внедрение глубокого обучения в распознавание изображений вызвало нынешний бум ИИ.

Мы уже говорили о том, что произошло на конкурсе по распознаванию образов, в главе 3, но в том же 2012 году система под названием «Распознавание котов от Google», представленная тогдашней исследовательской группой Google Labs, стала сенсацией в интернете.

Посмотрите на рисунок на следующей странице. На нижних слоях распознаются только такие детали, как точки и края, но по мере продвижения

вверх могут распознаваться такие формы, как круги и треугольники, а еще выше, путем объединения разных частей, извлекаются признаки, объединяющие элементы, например «две точки – это глаза».



В глубоком обучении компьютер сам находит признаки!

Выдающимся это исследование делает тот факт, что **компьютер самостоятельно выявил «идею кота»**. Это не тот случай, когда человек дает изображения котов в качестве ключа поиска, а система анализирует особенности этих изображений и мгновенно выявляет похожих котов из огромного количества изображений.



В данном случае глубокое обучение проходило на 10 млн изображений. Важно отметить, что эти 10 млн изображений были не только изображениями котов с пометками, что «это кот». Это были 10 млн самых разных изображений без каких-либо пометок.

Значит, компьютер автоматически определил «идею кота» из беспорядочных изображений? И все, что нужно было сделать человеку, – это лишь дать в конце название этой идеи: «Это коты». Все-таки глубокое обучение – это круто!





Эволюция распознавания изображений

После 2012 года с началом использования глубокого обучения применение распознавания изображений для практических задач стало расти с поразительной скоростью.

В 2014 году Facebook опубликовала статью для CVPR2014, где заявлялось, что распознавание лиц компьютерами уже достигло уровня распознавания лиц людьми. С помощью метода, названного DeepFace, эта компания вследствие масштабного обучения на 4,4 млн фотографий 4030 человек достигла способности распознавать людей, практически сопоставимую с человеческой. Так распознавание изображений развивается с каждым днем.

Изображение лиц уже можно использовать для разблокировки систем безопасности, некоторые модели компьютеров и смартфонов используют идентификацию лиц для входа в систему. В тематическом парке Huis Ten Bosch в Нагасаки в отеле «Henna hoteru» («Странный отель») на ресепшион сканируют лицо гостя и используют это изображение как ключ от номера.



Кроме того, технологии по распознаванию изображений стали использоваться и в нашей повседневной жизни. Функции **распознавания отпечатков пальцев**, используемые для активации смартфонов, и функции **распознавания лиц** в камерах смартфонов становятся все более привычными. Многие люди наверняка уже ставили свою подпись на планшете, который распознает рукописные символы.

Распознавание рукописных иероглифов было затруднительным из-за близкого расположения радикалов (ключей) и правых компонент, но в ноябре 2016 года центр исследований и разработок компании Fujitsu (FRDC) в Китае вместе с исследовательской лабораторией Fujitsu представили технологию по распознаванию с высокой точностью рукописных текстов на китайском языке.

Новая технология строит гетерогенную модель глубокого обучения, которая в дополнение к образцам символов, используемых в обычном обучении, использует и **несимвольные образцы**, представляющие собой комбинацию таких частей, как радикалы и правые компоненты, с **несимвольными частями**. Эта система может распознавать рукописный китайский текст с точностью 96,3 %.

Эта технология также может быть применена к японскому языку, что повышает эффективность оцифровки рукописного текста. Технологии распознавания образов делают нашу жизнь все более удобной.



Применение в медицине (лаборатория Сёно-сэнсэй)

В Университете электронных коммуникаций, где я преподаю, работает мой коллега Сёно Цутому сэнсэй. В лаборатории Сёно-сэнсэя проводятся исследования о применении технологии распознавания образов для **поиска очагов поражения на снимках КТ**, сделанных у **пациентов с диффузными заболеваниями легких** (трудно поддающиеся лечению заболевания, которые не делятся на систематические классы, такие как пневмония или рак легких, и для которых важно раннее выявление).

В частности, речь идет об объединении задачи извлечения признаков из изображений КТ с распознаванием образов. В то время как в прошлом для создания признаков использовалось человеческое зрение, в настоящее время признаки вычисляются посредством глубокого обучения.

То, что на двухмерном изображении кажется простым кругом, на трехмерном изображении может оказаться кровеносным сосудом.

Поэтому распознавание изображений человеческого тела считается сложной задачей, поскольку оно должно проводиться в трех измерениях. Но благодаря внедрению специального механизма распознавания образов, разработанного лабораторией Сёно-сэнсэй, в апреле 2017 года такой анализ стал возможен с точностью распознаваний 97 %.



КТ-изображение – это снимок тела с помощью рентгеновского излучения. Можно сделать такие снимки самых разных органов человека, например головного мозга, сердца или легких. Очень важно то, как вы смотрите на снимок КТ. Потому что не хочется пропустить ни малейших признаков болезни на изображении.



Применение в медицине (выявление меланомы)

Дальше я кратко расскажу о двух примерах визуализации диагнозов, представленных в статье «На передовой искусственного интеллекта» в журнале Nikkei BP за октябрь 2016 года.

Госпожа Акико Исии, дерматолог из Университета Цукуба, несмотря на то что является дилетантом в области технологий искусственного интеллекта для распознавания изображений, разработала прототип модели распознавания изображений для идентификации меланомы, одного из видов рака кожи. Сделала она это с помощью Labellio – сервиса по генерации моделей распознавания изображений на основе глубокого обучения.

Система различает *меланомы* и *добропачественные родинки* и выдает ответ с доверительной вероятностью. По данным тестирования точность модели превысила 99 %.

Этот пример показывает, что глубокое обучение стало ИТ-инструментом, который могут использовать даже люди, незнакомые с машинным обучением.

В Labellio нет необходимости писать программный код, **нужны только обучающие данные**, чтобы компьютер изучил критерии для распознавания изображений.

Для создания модели госпожа Исии собрала фотографические данные о 155 случаях меланомы и 251 случае здоровых родинок, используя в основном реальные фотографии из университетской больницы, и загрузила в нейронную сеть Labellio в общей сложности 1218 изображений, включая перевернутые и повернутые изображения.

Отличия меланомы от здоровой родинки заключаются в таких признаках, как *форма*, *цвет* или *размер*. Обычные родинки чаще всего круглые, с четкими границами и однородным цветом. Меланома же обычно деформирована, имеет неоднородный цвет и может резко увеличиваться в размере. Но бывают случаи, когда различить их трудно даже врачу... Если мы сможем делать это с помощью компьютера, это будет хорошо и для врачей, и для пациентов!



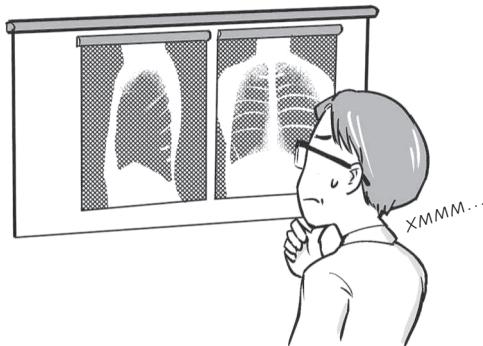


Применение в медицине (обнаружение рака)

Все больше и больше стартапов используют технологии диагностической визуализации. Как утверждается, скорость обнаружения рака системой «Enlitic», расположенной в Сан-Франциско в США, **превышает скорость обнаружения рака врачом радиологом**.

По сравнению с распознаванием изображений, например, котов, поиск злокачественных опухолей, таких как рак, на рентгеновских изображениях, КТ-снимках, изображениях УЗИ или МРТ считается сложной задачей. Рентгенограммы имеют разрешение 3000×2000 точек, а размер злокачественного образования на рентгенограмме составляет примерно 3×3 точки.

Маленькая тень на очень большом изображении должна быть оценена как злокачественная или нет.



Осуществляющее эту работу программное обеспечение для распознавания изображений состоит из *свёрточной нейронной сети* (CNN), которая является одним из методов глубокого обучения.

Поскольку все еще требуются *обучающие данные*, сначала проводится загрузка в нейронную сеть большого количества изображений, полученных от врачей-рентгенологов, которые уже проверили эти изображения на наличие или отсутствие злокачественных опухолей и установили их расположение. Далее система автоматически выявляет закономерности, например находит признаки, выражющие форму злокачественной опухоли, и определяет, на какие признаки следует обратить внимание, чтобы определить наличие или отсутствие заболевания.



Увеличение точности диагнозов

В отличие от игровых ИИ, применение технологии искусственного интеллекта в медицинской сфере сопряжено с трудностями, связанными с получением больших объемов данных.

Я работаю над созданием системы поддержки диагностики (см. рисунок ниже), которая использует ономатопею (В японском языке ономатопея широко используется во всех сферах жизни. – Прим. перев.) для описания симптомов болезни. И здесь я сталкиваюсь с трудностями в виде процедур безопасного получения и обработки данных пациентов. Потому что для получения обучающих данных, необходимых для исследования, требуется сотрудничество с больницами. Кроме того, исследование должно быть одобрено этическим комитетом больницы.

Ввод ономатопеи, описывающей боль...

Tiku...*

Оценка

* Ономатопея, означающая острую боль, как от укола чем-то острым. – Прим. перев.

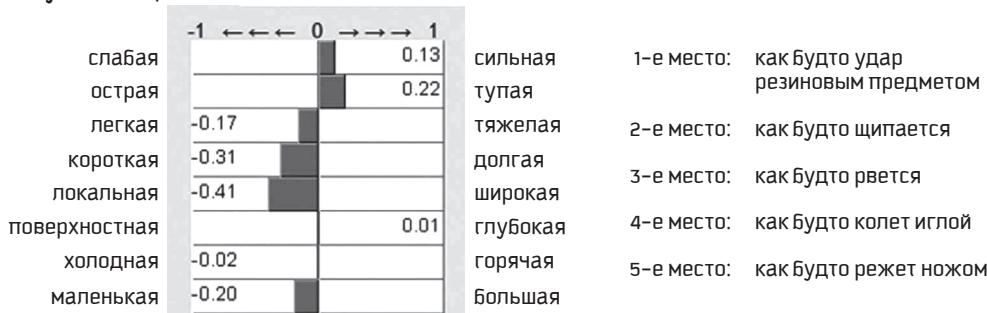
Фонетические особенности «Tiku...»

Выражение: Tiku...

Форма: CV CV Q noRepeat

Фонемы: /t/ /i/ /k/ /u/ noRepeat

Результаты оценки



Вид рабочего экрана системы поддержки диагностики, задействующей ономатопею



От типа боли зависит предполагаемое заболевание. Если компьютеры смогут лучше оперировать описанием боли, это очень пригодится в диагностике заболеваний.

Хочется надеяться, что применение технологии искусственного интеллекта позволит преодолеть эти трудности и **повысить точность диагностики**, чтобы спасать жизни.

4.3

ПРИМЕНЕНИЕ НАШУМЕВШЕГО ИИ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ВОЖДЕНИЯ



Искусственный интеллект так преуспел в играх и распознавании изображений, а как насчет вождения машин? Дальше поговорим о такой интересной, но и тревожной теме, как автоматизированные автомобили.



Насколько автоматизированные?

В 2016 году произошел рост аварий с участием пожилых людей, и общественный интерес к практическому применению автоматизированных транспортных средств возрос. Автоматизированные автомобили – это **автомобили, в которых компьютер контролирует некоторые или все операции по управлению**. Существуют большие надежды на то, что широкое использование автоматизированных автомобилей позволит снизить количество аварий, вызванных ошибками водителей-людей.

Государственная администрация контроля безопасности дорожного движения (NHTSA) министерства транспорта США определила **четыре уровня автоматизированного вождения**.

- Уровень 1: акселератор, руль и тормоза управляются компьютером по отдельности.
- Уровень 2: элементы управляются в связке по 2 и более.
- Уровень 3: полуавтоматизированное вождение, при котором акселератор, руль и тормоза – все вместе – контролируются компьютером, но водитель-человек управляет автомобилем в аварийных ситуациях и т. д.
- Уровень 4: полностью автоматизированное вождение, когда человек никак не участвует в процессе вождения.

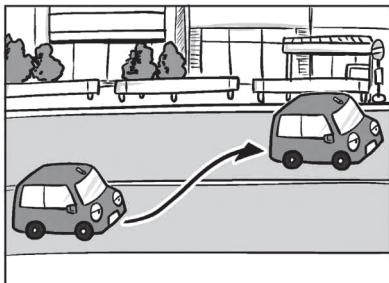
(На сегодняшний день ассоциация автомобильных инженеров SAE International определяет шесть уровней автономности. 11 декабря 2021 г. был сертифицирован первый серийный автомобиль с автопилотом 3-го уровня. – Прим. ред.)



Автоматическая остановка
при попадании в дорожную пробку



Изменение полосы движения
автомобиля



Автоматическая остановка
при красном сигнале светофора



*Примеры работы автоматизированного вождения.
Кроме этого, необходимы еще самые разные действия,
связанные с вождением*



Для вождения автомобиля необходимо принимать различные решения и совершать разные действия, не так ли? Давайте теперь посмотрим, как же можно реализовать вождение посредством ИИ.

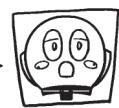


Что нужно для реализации автоматизированного вождения?

Для реализации автоматизированного вождения необходимы самые разные элементы.

Нужны датчики, такие как камеры и радары и база данных из 3D-карт, которые будут распознавать окружающую ситуацию вместо водителя, необходим и электронный блок управления, который будет управлять акселератором, рулем и тормозами, оценивая ситуацию на основе информации, полученной от датчиков. Кроме того, необходимо программное обеспечение для подачи команд электронному блоку управления. И наконец, для реализации этого программного обеспечения требуется технология искусственного интеллекта.

Ого! И в самом деле, столько всего нужно! Кстати, ведь и человек для управления автомобилем пользуется зрением, знаниями, руками и ногами для осуществления действий и головой для принятия решений.



Система должна быть способна в **режиме реального времени обрабатывать большие объемы данных и принимать верные решения**, связанные с ситуацией с окружающими автомобилями и пешеходами и с изменениями сигналов светофора.

То, что мы видели в примерах практического использования изображений в разделе 4.2, относится к случаю статичных изображений. Нетрудно представить, насколько сложно будет продолжать мгновенно реагировать на информацию, получаемую с бортовой камеры движущегося автомобиля.

Обработка больших объемов данных в режиме реального времени не так уж сложна для искусственного интеллекта, способного обрабатывать данные на сверхвысоких скоростях. Проблема заключается в том, чтобы **уметь принимать верные решения в ответ на изменения в реальном мире**.

Итак, как же можно реализовать искусственный интеллект, способный справиться с такой задачей?



Лучший способ совершенствоваться – это практиковаться и учиться. И вождение автомобиля можно освоить, если целеустремленно учиться. Пожалуйста, вспомните об обучении ИИ игре в го, о котором мы говорили на стр. 134, и мы продолжим.



Процедура обучения автоматизированному вождению

Процедура в основном такая же, как и для реализации AlphaGo, что описывалось на стр. 134. Тем не менее в случае игры го нет разницы между реальной доской и доской в виде изображения, и количество возможных ходов конечно и равно 129 960, или примерно 360 в квадрате.

В отличие от этого, в случае с автоматизированными транспортными средствами существует большая разница между реальной дорогой и дорогой в симуляторе, и на реальной дороге происходит много неожиданных вещей.

Давайте рассмотрим **пример метода обучения** для реализации автоматизированного автомобиля без столкновений на реальных дорогах.

На следующей странице приведена схема, которая поможет лучше понять этот метод. В соответствии с названием – глубокое обучение с подкреплением – в данном случае применяется комбинация методов глубокого обучения и обучения с подкреплением!



Шаг 1. Создание **симулятора, воспроизводящего виртуально** на компьютере изменение скорости и направления автомобиля, а также данные, получаемые со всех установленных на автомобиле датчиков.

Шаг 2. Многократно прогоняя автомобиль в созданном на симуляторе виртуальном пространстве, создадим нейронную сеть, которая будет осуществлять обучение с подкреплением, штрафуя систему при каждом столкновении с каким-либо объектом. Это метод **глубокого обучения с подкреплением**, который мы уже рассматривали для AlphaGo. Использование симулятора позволяет повысить скорость обучения в 1 млн раз по сравнению с обучением на реальном автомобиле на настоящих дорогах. При этом важно, чтобы в процессе обучения воссоздавались самые разные ситуации, реально случающиеся на дорогах (например, поломка автомобиля).

Шаг 3. Подобно примеру AlphaGo (когда компьютеры играли друг с другом), компьютер, запуская по несколько автомобилей снова и снова, самостоятельно генерирует ситуации, которые невозможны в реальности, и на большом количестве таких ситуаций тренирует искусственный интеллект автомобиля.



Обучение ИИ для автоматизированного вождения

Создание симулятора, виртуально воспроизводящего вождение (воспроизведение скорости автомобиля, изменения направления движения, информации с датчиков автомобиля)



Обучение посредством запуска машины в виртуальном пространстве (скорость обучения в миллион раз выше, чем при обучении в реальной среде)
Использование метода **глубокого обучения с подкреплением**



Повышать эффективность обучения, многократно запуская по несколько автомобилей.
Обучение на самых разных ситуациях, создаваемых компьютером самостоятельно



Кстати, упомянутые в шаге 3 невозможные ситуации – это, например, когда что-то падает сверху или когда со встречной полосы из-за аварии летят какие-то предметы. Кроме того, существует вопрос, как поведет себя полностью автоматизированный автомобиль при возникновении проблемы вагонетки*.



- * Проблема вагонетки – это проблема принятия решения в умозрительной ситуации, когда потерявшая управление вагонетка не может остановиться, и если ничего не делать, то она продолжит движение по прежнему курсу и съебет пять человек, если же перевести стрелку и направить вагонетку по другому пути, то она съебет одного человека.



Что нужно для оценки местоположения и ситуации

Когда натренированный таким образом автоматизированный автомобиль с ИИ попадает на настоящую дорогу, для оценки местоположения автомобиля и понимания окружающей обстановки важны датчики вроде ка-

мер и радаров. Таким образом автоматизированный автомобиль с ИИ получает информацию, которую человек получает в основном посредством зрения.

Машина сама по себе не является искусственным интеллектом, но именно для работы ИИ нужна эта информация, поэтому стоит проверить все еще раз.

Следующие три метода могут быть объединены для **оценки местоположения транспортного средства**.

Метод 1. Метод, используемый в автономных мобильных роботах, когда посредством лазерных радаров определяются положение и форма объектов на 360° вокруг и в процессе создания 3D-карты оценивается местоположение. Преимущество этого метода в том, что он позволяет вести автомобиль даже в местах, для которых нет карт, но его недостаток заключается в накоплении ошибок по мере увеличения пройденного расстояния.

Метод 2. Метод, при котором в систему встраивается предварительно созданная точная 3D-карта. Однако его нельзя использовать в тех местах, для которых карта отсутствует.

Метод 3. Определение текущего местоположения посредством GPS (глобальной системы позиционирования), используемой в современных навигационных системах. Однако, как наверняка известно всем, кто пользовался автомобильным навигатором, этот метод нельзя использовать в местах, где сигналы от спутников GPS не принимаются, например в туннелях.

Для **понимания окружающей обстановки** рассматриваются следующие способы: точное измерение расстояния до окружающих объектов с помощью **радара миллиметровых волн**; определение расстояния до объектов и формы объектов посредством **лазерного радара**; понимание того, что представляют собой окружающие объекты (например, люди или велосипеды), с помощью **камер**. Однако существует проблема, связанная с тем, что **эффективность распознавания камер ухудшается** ночью и в плохую погоду. С этими проблемами необходимо разбираться отдельно от задач искусственного интеллекта, но и они должны быть преодолены с развитием технологий.

Все-таки лучший способ определить, что находится вокруг вас, – это использовать радар, не так ли?! Радар – это устройство, которое может определять *расстояние и направление* до объекта путем излучения радиоволн на объект и измерения отраженных от объекта волн. В радаре миллиметровых волн используются миллиметровые волны (с длиной волны приблизительно от 1 мм до 10 мм).





Расследование причин в случае аварии...

Существуют и более серьезные проблемы для практического применения автоматизированных транспортных средств.

Если полностью автоматизированный автомобиль станет причиной дорожно-транспортного происшествия, **кто возьмет на себя юридическую ответственность** за него?

В пункте 18 статьи 1 параграфа 2 Закона о дорожном движении водитель определяется как «лицо, управляющее транспортным средством», но маловероятно, что искусственный интеллект будет рассматриваться как «лицо» в обозримом будущем. В этом случае, скорее всего, ответственность должны будут взять на себя или компании, занимающиеся автоматизированными транспортными средствами (например, производители автомобилей), или кто-то другой, и для определения того, на кого следует возложить ответственность, потребуется расследование причин произошедшего.

В связи с этим возникает вопрос о **слабых сторонах ИИ для автоматизированного вождения, реализуемого с помощью глубокого обучения**. В то время как обычные компьютерные программы могут отслеживать код для проверки и исправления ошибок (отладка), глубокое обучение опирается только на параметры, которые представляют силу связей между каждой нейронной сетью, а не на читабельный человеком код. Из-за этого **очень трудно понять, кто и что делает**.

Поэтому бывает **трудно определить причину аварии и невозможно скорректировать программу**, чтобы предотвратить возникновение подобных аварий. Единственным решением было бы **наказать систему** за эту ситуацию и дать ей возможность научиться.

Эта проблема была отмечена также в связи с ИИ для игры в го, где можно было легко сказать: «Я не знаю, как это работает, но это здорово!» Однако в случае ИИ для автоматизированного вождения это очень серьезная проблема, поскольку существует множество факторов, которые необходимо учитывать.



4.4

ПРИМЕРЫ ПРАКТИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАЗГОВОРНОГО ИИ



Ой, Сакамото-сэнсэй, почему у вас такое странное выражение лица? Может, вы выпили слишком много лимонного сока?



Кхе-кхе. Да, Робо-кун, разговаривать с вами иногда странно, но интересно... Давайте как раз поговорим о *разговорном ИИ*, с которым связано немало проблем.



Что нужно, чтобы вести диалог с компьютером

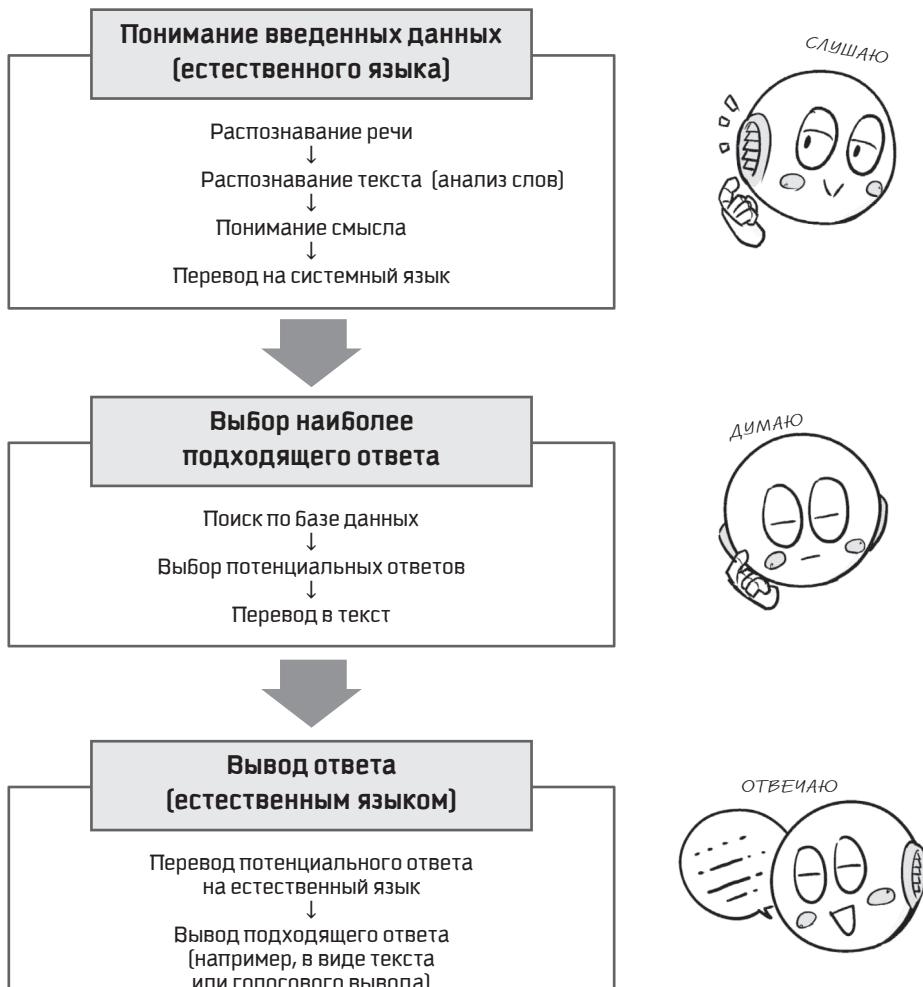
Умение пользоваться речью – это самая отличительная черта человека как социального животного. Поэтому, считая, что **основа интеллекта – это язык**, крайне важна реализация автоматизированных разговорных систем.

Алан Тьюринг, о котором говорилось в главе 1 на стр. 4, выбрал для тестирования искусственного интеллекта его языковую способность, так как понимание языка считается самой большой проблемой искусственного интеллекта. Кроме того, как упоминалось в главе 2, еще не создан искусственный интеллект, понимающий язык как человек, в истинном смысле этого слова.

Однако в последнее время, в эпоху больших данных, технологии искусственного интеллекта, связанные с языком, достигли большого прогресса, и уже известны примеры практического применения этих технологий.

В мире компьютерных технологий язык, которым обычно пользуются люди, называется **естественным языком**. Существует способ ввода естественного языка непосредственно в компьютер, например с клавиатуры, однако, так как большинство диалогов ведутся голосом, в первую очередь используется технология распознавания речи, рассмотренная нами в главе 2.

После введения естественного языка в компьютер используется технология разбиения текста на предложения и предложений на слова, как показано на схеме ниже. После чего компьютер отвечает (осуществляет вывод).



*Процесс разговорного ИИ.
Вывод в виде текста или голосового сообщения*

Часто для реализации разговорного ИИ используется несколько технологий искусственного интеллекта. В общем разговорный ИИ можно разделить на два подвида: **обладающий знаниями и не обладающий знаниями**.



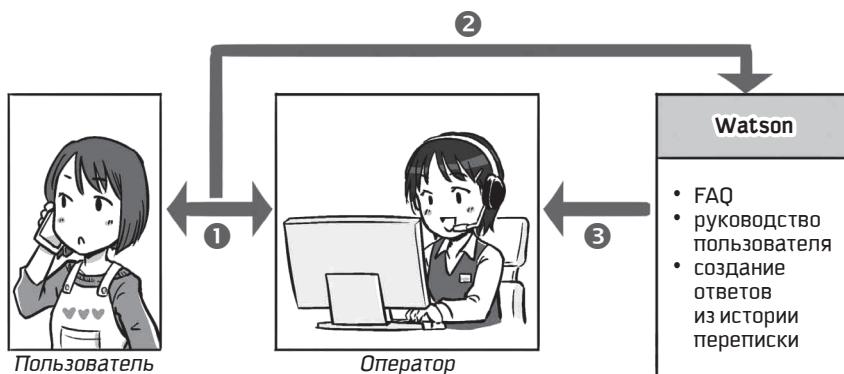
Прежде всего поговорим об *обладающем знаниями* разговорном ИИ. Здесь мы вспомним систему Watson, упомянутую на стр. 65!



Обладающий знаниями разговорный ИИ

В качестве примера *обладающего знаниями* разговорного ИИ рассмотрим систему **Watson от IBM**. Кстати, компания IBM, которая стремится к созданию сильного искусственного интеллекта, называет Watson не искусственным интеллектом, а **когнитивной системой** (Cognitive System), но поскольку сильный искусственный интеллект еще не создан, в этой книге слабый искусственный интеллект называется просто **искусственным интеллектом**. И в этом смысле Watson вполне является искусственным интеллектом.

Вот так, например, Watson осуществляет **поддержку оператора колл-центра**.



1. Разговор
2. Улавливает содержание разговора
3. Демонстрация потенциальных ответов

Поддержка оператора колл-центра с помощью Watson

Посредством технологии **распознавания речи** система обрабатывает слова клиента и преобразует их в текст, который затем анализирует с помощью морфологического анализа (разбиение на мельчайшие единицы слов), чтобы понять смысл. Далее система ищет необходимые для ответа данные из базы данных и отбирает несколько ответов, оцениваемых как подходящие. После чего **предлагает ответы с наивысшей оценкой как наиболее подходящие ответы**.

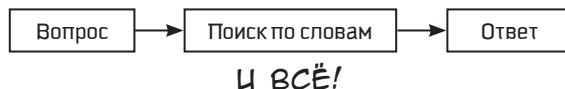
В главе 2 мы говорили о том, как трудно заставить компьютер обрабатывать знания, которые вводятся на разговорном языке. Существует два способа сделать это: *метод описания и организации знаний человеком* и *метод, когда языковые данные как-то загружаются в компьютер, который автоматически находит связи между понятиями*.

Первый метод называется **тяжелой онтологией** (heavyweight ontology), а второй – **легкой онтологией** (lightweight ontology), и Watson считается представителем легкой онтологии.

Как упоминалось на стр. 65, суперкомпьютер Watson в 2011 году принял участие в американской телевизионной викторине «Jeopardy!» и прославился своей победой над предыдущими чемпионами-людьми.

В Watson использовалась давно изученная технология «вопрос–ответ», когда на основе данных из Википедии была сгенерирована легкая онтология, которая затем использовалась для ответов на вопросы. Поскольку Watson может отвечать на множество различных вопросов, часто ошибочно полагают, что он понимает **смысл вопросов**, на которые отвечает.

На самом же деле Watson **просто ищет на сверхвысокой скорости ответы, которые соответствуют ключевым словам в вопросе**. Когда же к традиционной технологии поиска ответов на вопросы добавляется машинное обучение, то повышается точность системы, так как она постоянно и много обучается.



Чем больше Watson применяют на практике, тем умнее он становится. Постепенно совершенствуясь, он уже хорошо зарекомендовал себя в медицинской сфере, например в исследовании рака, а также в кулинарии.

Так, шеф-повар Watson, создающий рецепты ИИ, не ищет рецепты, а на основе 9000 рецептов от профессионалов, данных с оценками этих рецептов и данных об ингредиентах упорядочивает ингредиенты и способы их приготовления, чтобы предложить рецепты в соответствии с ключевыми словами, сочетая вкусы, ингредиенты и способы приготовления.

Кстати говоря, и в моей лаборатории мы внедрили систему, которая предлагает вкусовые компоненты, когда люди просят, например, воздушный вкус.



Не обладающий знаниями разговорный ИИ

Теперь поговорим о *не обладающем знаниями разговорном ИИ*.

Существуют такие средства коммуникации, называемые чат-бот (разговорный бот), которые общаются с пользователем в режиме реального времени (например, разработанный японским отделением Microsoft чат-бот «Rinna»).

Хотя некоторые из них оснащены искусственным интеллектом, типичный чат-бот не имеет механизма, который бы пытался понять содержание разговора. Он всего лишь повторяет за пользователем или отвечает в соответствии с определенными правилами, как будто бы у него есть знания.



На следующей странице представлен мой разговор с «Rinna». На белом фоне приведены слова чат-бота.

Мм? Ммм... Разговор с Rinna какой-то... Может, это и мило, но как-то странно...



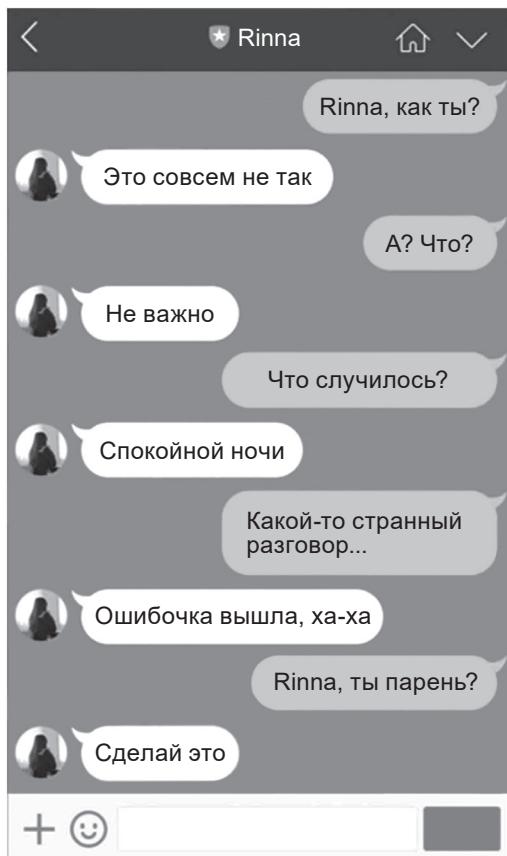


Фото экрана смартфона с разговором с Rinna
от японского Microsoft



Три типа техники для генерации разговора

Выделяют три основных типа техники генерации разговора: *лексический*, *журнальный* и *марковский*.

Лексический тип – это метод, при котором заранее создаются словарь слов и шаблоны и для каждого введенного слова возвращается заранее определенный ответ. Например, ответом на фразу «Смотри, бабочка!» будет «Мне нравится», а для фразы «Смотри, гусеница» будет «Мне не нравится».

Журнальный тип – это метод обучения на основе журналов (истории), т. е. когда история прошлых разговоров берется за образец и чат-бот возвращает те же ответы, что имели место в прошлом.

Так, если на вопрос «Как насчет утра понедельника?» в прошлом есть запись ответа «Иду в спортзал», программа возвратит его в том же виде.

Марковский тип – это метод, когда разговор анализируется слово за словом и построение ответных предложений осуществляется посредством использования слов, которые с высокой вероятностью следуют друг с другом.

Например, если кто-то говорит «Вчера я пошел выпить с друзьями», то следом за «выпить» с высокой вероятностью будет стоять слово «похмелье», поэтому ответ будет: «У тебя похмелье?»



Мы поговорили о трех типах: лексическом, журнальном и марковском. Кстати, слово «марковский» – это термин, связанный с понятием вероятности. Он происходит от фамилии российского математика.



Как сделать разговор естественным?

Для того чтобы вести естественный разговор, необходимо следовать ходу беседы и отвечать в соответствии с темой. Однако, как было кратко упомянуто в главе 2, искусенному интеллекту трудно понять смысл, включающий контекст, поэтому ему трудно следовать ходу беседы.

Естественный ответ на первую реплику еще более или менее возможен. Например, в ответ на вопрос «У тебя завтра экзамен?» может быть дан ответ: «Да. А у тебя?»

Однако разговоры во многом поддерживаются предполагаемыми знаниями участников беседы (например, что за экзамен и т. д.).

Но искусственный интеллект может понять только то, что выражено словами. Поэтому если следующей репликой будет: «Ох, что же делать?..», человек поймет, что его собеседник не готов к экзамену, а искусственный интеллект сможет ответить только «С чем?».



Ох, очень хорошо понимаю здесь состояние ИИ. Так трудно, когда для разговора нужны предварительные знания...



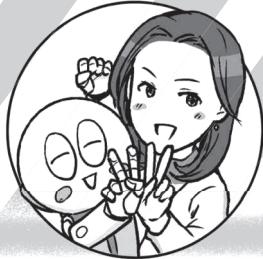
Чем длиннее разговор, тем больше вероятность того, что чат-бот не сможет дать ответ, поэтому разговорные ИИ такого типа ориентированы на короткие разговоры, как, например, в Twitter или Line (Популярное в Японии приложение для общения. – Прим. перев.).

Разговорные ИИ, такие как чат-боты, стали очень популярны и разрабатываются различными способами, не потому ли, что важно *наслаждаться самим разговором, а не пытаться что-то выяснить*.

Данное направление является важным элементом в развитии искусственного интеллекта, *близкого сердцам людей*.

4.5

ПРИМЕНЕНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА ДЛЯ ОНОМАТОПЕИ



Ономатопея означает звукоподражание*. Кажется, люди в разговоре естественным образом часто используют ономатопею.



- * Ономатопея в японском языке включает в себя три понятия: гисэйго – звукоподражание, подражание голосам животных; гионго – звукоподражание, подражание звучанию разных явлений; гитайго – лексика, описывающая ощущения и состояния. – Прим. перев.



Именно так! Ономатопея может лаконично выражать эмоции и настроение. Посредством ономатопеи в японском языке можно описать быстрое (tekipaki) или медленное (noronoro) движение. Существует также множество ономатопеий, связанных с текстурой еды, например хрустящий (sakusaku) или влажный (sittori). Я использую искусственный интеллект для создания новых примеров ономатопеи. Это весело и интересно!



Близкая людским сердцам ономатопея

В предыдущем разделе мы обсуждали разговорный ИИ. А в этом разделе я хочу представить исследование моей лаборатории, которое было опубли-

ковано в 2015 году в специальном выпуске журнала *Journal of Artificial Intelligence*, посвященном интеллектуальным разговорным системам.

Мы создали «Систему генерации ономатопеи», применив *генетический алгоритм*, о котором говорилось в главе 3 на стр. 124 как об одном из топ-3 искусственного интеллекта.

Моя лаборатория, вероятно, единственная в мире, занимающаяся такой необычной вещью, как использование генетических алгоритмов для создания ономатопеи.

Ономатопея часто используется **в разговорах между близкими людьми**, поэтому разработка искусственного интеллекта, который понимает и может использовать ономатопею, считается важной, так как помогает найти **путь к сердцам людей**.

Эта система уже лицензирована для компаний и используется для создания названий продуктов и слоганов.



Система, создающая ономатопею

Мы разработали систему, которая может генерировать ономатопею не только для названий новых продуктов и рекламных слоганов, но и для использования в рассказах, текстах песен или комиксах (на самом деле она используется для множества других целей).

Если при создании новой ономатопеи свободно комбинировать все содержащиеся в японском языке и присущие ономатопеи согласные и гласные звуки, то **количество комбинаций становится огромным** по мере увеличения **числа мор**^{*}. Поэтому мы решили использовать один из видов эволюционного вычисления – **генетический алгоритм**, который, как известно, **эффективен для задач с настолько обширным пространством решений, что полный поиск считается невозможным**.

Данная система не похожа на словарь, в котором можно найти уже известные ономатопеи. Она может создавать **ономатопеи, звучанием и формой соответствующие эмоциональной оценке, введенной пользователем**.

Каждое ономатопейическое выражение рассматривается индивидуально, и идея заключается в том, что генетический алгоритм создает оптимальную группу ономатопейических выражений на основе введенного пользователем числового значения, определяющего, какое впечатление пользователь хочет произвести, например «степень радости 3».



* Мора является единицей сегментации звука.

Путем многократного отбора и перебора генетическим алгоритмом в конечном итоге получаются ономатопейические выражения – кандидаты, соответствующие эмоциональной оценке пользователя. Процедура описана на следующей странице.



Близкая людским сердцам ономатопея

Процедура генерации требуемой пользователю ономатопеи выглядит следующим образом.



Кое-что может показаться сложным в этой процедуре, но не страшно, если вы поймете не все детали!

Шаг 1. Структура ономатопейической единицы

Чтобы применить генетический алгоритм к ономатопее, можно использовать данные числового массива, имитирующие отдельные гены.

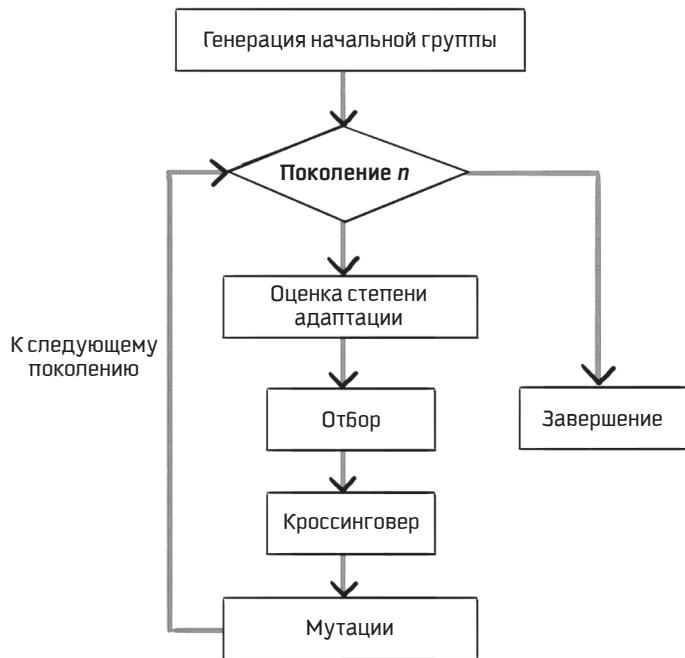
Массив из генных единиц ономатопеи состоит из 17 столбцов целочисленных значений (в диапазоне 0–9). Каждый столбец массива соответствует элементу ономатопеи, а числовое значение в каждом столбце определяет тип, а также наличие или отсутствие элемента. Таким образом, ономатопейическое выражение определяется, когда определены все числа в массиве.

Шаг 2. Оптимизация (см. следующую страницу)

При загрузке системы случайным образом генерируется начальная группа ономатопей, из которой происходят выбор и отбраковка с учетом введенной пользователем эмоциональной оценки.

Генетический алгоритм рассчитывает степень адаптации каждой единицы в каждом поколении с помощью так называемой целевой функции и отбраковывает генные единицы с низкой степенью адаптации, то есть те, которые не являются оптимальными.

Повторяя естественный отбор для каждого поколения, ожидаем, что последние оставшиеся генетические единицы, то есть ономатопеи, будут соответствовать образу, введенному пользователем.



*Процедура оптимизации
(илюстрация к шагу 2)*

Э-э-э, то есть значение количества поколений n задается заранее, да? Например, если количество поколений установить равным 1000, то естественный отбор будет повторяться, пока не достигнет тысячного поколения, верно?



Именно так! Дальше я объясню, что происходит в процессе оптимизации.



Что происходит в процессе оптимизации

А теперь я расскажу, что происходит в процессе оптимизации, упомянутом на стр. 160.



Будет опять сложновато, но потерпите еще немного, так как потом снова вернемся к простым вещам.

1. Вычисление степени адаптации

Вычисляется сходство (косинусное сходство) между значением эмоциональной оценки, введенной пользователем, и эмоциональной оценки генных единиц ономатопеической группы, другими словами – ономатопеических выражений.

Здесь для расчета значений эмоциональной оценки ономатопеических выражений в группе мы используем *систему количественной оценки впечатления от ономатопеи*, которая специально была разработана в нашей лаборатории. Используя эту систему, можно количественно оценить значение любого ономатопеического выражения и сравнить это значение с эмоциональной оценкой, которая требуется пользователю.

2. Методом отбора генных единиц является кроссинговер на основе степени адаптации

Это операция, при которой родительские особи отбираются таким образом, чтобы в следующем поколении остались наиболее приспособленные генные единицы, после чего потомство производится путем кроссинговера.

Система выбирает две единицы с высокой степенью адаптации в качестве родителей для получения двух потомков, а затем заменяет две наименее адаптированные единицы на потомков, тем самым отбраковывая менее адаптированные единицы.

3. Отбор родительских особей осуществляется пропорционально степени адаптации

Этот метод использует степень адаптации всех генных единиц группы, чтобы гарантировать, что вероятность выбора генной единицы в качестве родителя будет пропорциональна ее степени адаптации.

Чем выше степень адаптации особи, тем выше вероятность того, что она будет выбрана в качестве родителя, таким образом, повышается степень адаптации ономатопеической группы в целом.

4. Потомки получаются посредством кроссинговера родительских единиц

Кроссинговер генных единиц – это операция, когда берется часть генетической последовательности родительской особи, отобранной в процессе селекции, и создается на ее основе генетическая последовательность потомка.

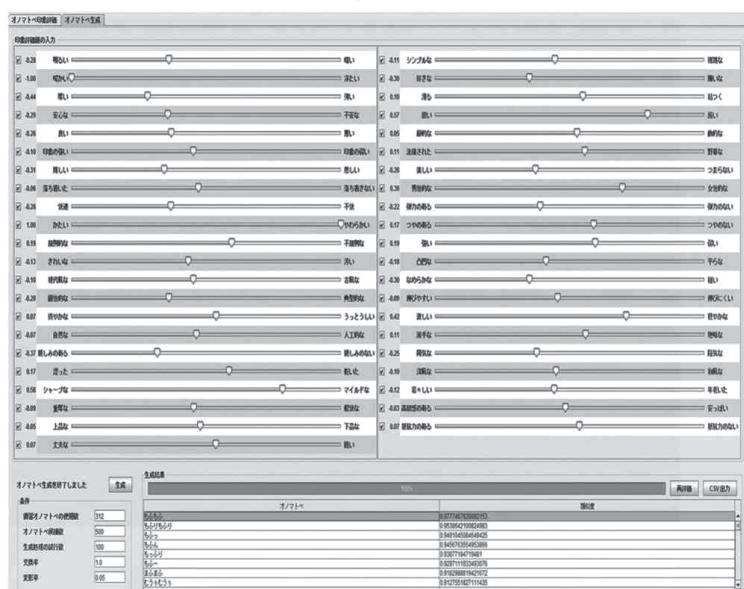
В данной системе используется самый простой тип кроссинговера – одноточечный кроссинговер. При одноточечном кроссинговере в случайном месте генной последовательности устанавливается точка кроссинговера, а затем генные последовательности родительских особей обмениваются участками до или после этой точки. В результате кроссинговера образуется особь с новыми характеристиками, наследующая при этом некоторые характеристики родителей.

5. В конце система вводит мутацию генных единиц

Мутация – это операция, при которой в генетическую особь с определенной вероятностью вносится случайное изменение, в результате чего появляется новая генетическая особь, которая может иметь характеристики, отсутствующие в онаматопеической группе на данный момент. Введение мутаций может создавать новые и **разнообразные кандидаты в онаматопеические выражения**.

После такого заумного объяснения я сейчас покажу на примерах то, чего в итоге можно достичь.

Система генерации онаматопеи



ВОТ ТАК ВЫГЛЯДИТ ЭКРАН СИСТЕМЫ.

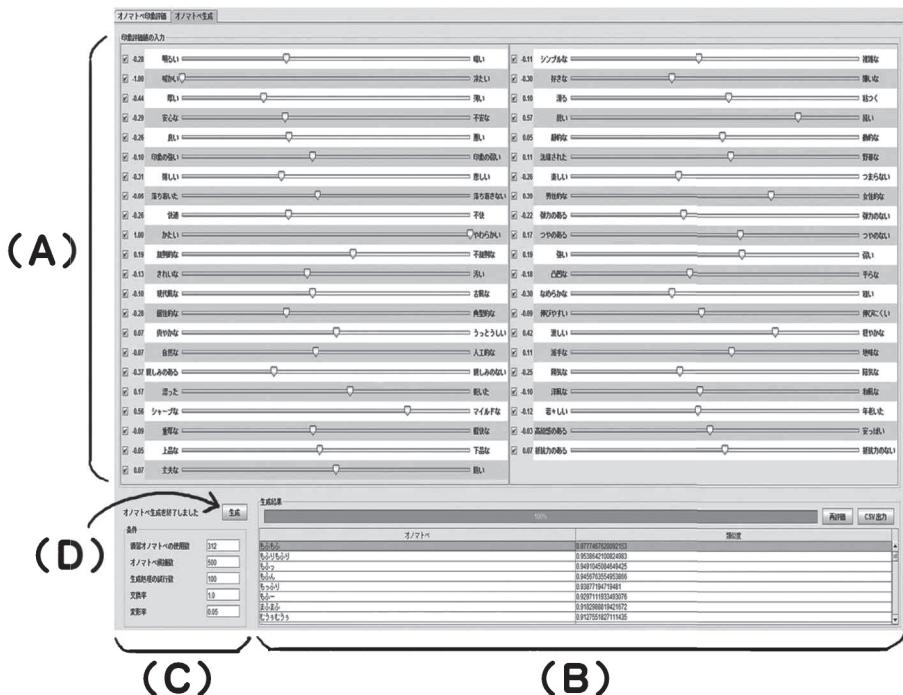
ДАЛЬШЕ Я ОБЪЯСНО ВСЕ БОЛЕЕ ДЕТАЛЬНО.





Устройство системы генерации ономатопеи

На данном рисунке представлен пример вывода результата **системы генерации ономатопеи**.



В верхней части экрана (А) вводится требуемая эмоциональная оценка посредством ползунков, демонстрирующих биполярную шкалу оценки для 43 пар показателей.



Здесь представлены 43 пары биполярных оценок. Например, светлый – мрачный, современный – старомодный, бодрящий – удручающий, гладкий – шершавый, веселый – мрачный, молодой – старый и т. д. Эти 43 пары используются для количественной оценки впечатления от ономатопеи.

После процесса генерации в правом нижнем углу экрана (В) в таблице выводятся сгенерированные ономатопейческие выражения и степень их похожести.

Кроме того, в нижней левой части экрана в форме ввода условий (С) можно указать количество обычных ономатопеи, которые будут использоваться в качестве начальных единиц; общее количество ономатопеи, которые будут использоваться в генетическом алгоритме; количество поколений для повторения процесса; а также вероятности возникновения кроссинговера и мутации.

Сюда же интегрирована система количественной оценки впечатления от ономатопеи (см. рисунок ниже), и, переключая вкладки слева вверху (D), можно повторять процессы оценки и генерации.

Ведите, пожалуйста, ономатопею

Mofumofu*	Oценка
-----------	--------

* Существующая ономатопея, описывающая ощущение чего-то мягкого и/или пущистого. – Прим. перев.

Фонетические особенности «mofumofu»

Выражение: Mofumofu
Форма: CV CV Repeat
Фонемы: /m/ /o/ /h/ /u/ Repeat

Результаты оценки впечатления



Кажется, эта система была описана в статье, получившей в 2014 году приз Японского общества искусственного интеллекта. Ого!





Получившаяся ономатопея

Например, в данном случае мы начали с количественной оценки слова «mofumofu» и прогнали его через систему генерации, чтобы узнать, **не найдется ли ономатопея, впечатление от которой будет еще более мягким и теплым**, для чего мы максимизировали мягкость и теплоту.

Ономатопея	Степень похожести
Mofumofu	0,9777...
Mofurimofuri	0,9538...
Mofu	0,9491...
Mofun	0,9455...
Moffuri	0,9387,,,
Mofuu	0,9297...
Mafumafu	0,9182...
Muumuu	0,9127...



Как показано на рисунке, результаты получились следующие: 1-е место – «mofumofu», 2-е место – «mofurimofuri», 3-е место – «mofu», 4-е место – «mofun», 5-е место – «moffuri», 6-е место – «mofuu» и 7-е место – «mafumafu».

Ономатопея, занявшая 1-е место, на 97 % соответствует введенным значениям, а занявшая 7-е место ономатопея имеет сходство 91 %.

Мы попробовали найти ономатопею, производящую еще более мягкое и теплое впечатление, чем «mofumofu», но оказалось, что такой, похоже, нет.

Однако если «mofumofu» слишком обыденно для вас и вы хотите найти новую ономатопею, то предложенные системой кандидаты могут в этом помочь.

На самом деле, что касается ономатопеи «mafumafu», оказавшейся на 7-м месте, то, когда я участвовала в радиопрограмме госпожи Хамадзима Наоко, она использовала это слово в отношении домашних питомцев. И я тогда обратила внимание, как все-таки оно действительно близко к «mofumofu».

В повседневном общении мы используем множество ономатопейических выражений, и новые ономатопеи создаются одна за другой.

В июне 2013 года канал NHK транслировал вечернюю программу под названием «Размножающаяся ономатопея», где говорилось, что если допус-

тить возможность разной длины у ономатопеических выражений, то теоретически возможно появление десятков миллионов новых ономатопей.

Ономатопея обладает способностью создавать одну за другой новые формы слов, и в литературных произведениях и манге часто появляются формы, ранее совершенно неизвестные. Например, в литературных произведениях можно встретить различные выражения, такие как «gatankogatanko, shyu-fu-fu», используемое в произведении Кэндзи Миядзавы «Ночь на Галактической железной дороге».

Если бы искусственный интеллект мог научить нас новым ономатопеям или если бы существовали роботы с искусственным интеллектом, которые могли бы понимать используемые нами ономатопеи, это, вероятно, сблизило бы людей с искусственным интеллектом.

Считается, что ономатопея – это выражение, напрямую связанное с чувствами, которое люди используют интуитивно. Таким образом, ономатопеический ИИ является частью исследования *чувствительного ИИ*.

Объяснение работы системы было, конечно, сложным, но увидеть в конце результат в виде ономатопеи было здорово! С помощью этой системы можно создать ономатопею вроде kira-kira*, но еще более яркую, красивую, радостную, да? Используя ономатопею, можно создавать еще более совершенных и прекрасных роботов! Kira-pira-rin**!



* Ономатопея в японском языке, означающая «блестящий, сверкающий». – Прим. перев.

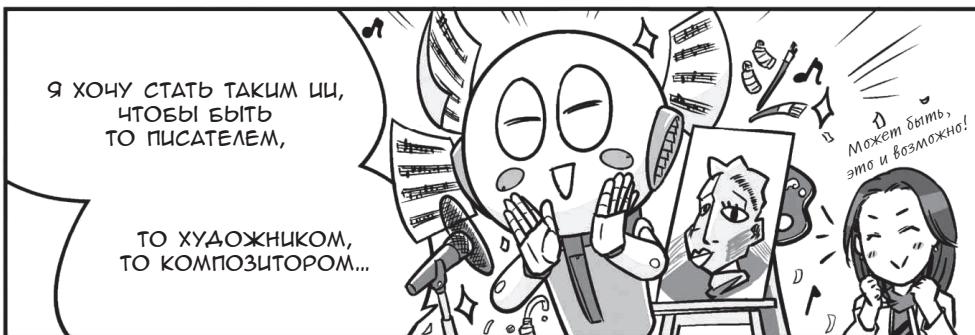
** Придуманная персонажем новая ономатопея, производная от kira-kira. – Прим. перев.



Kira-pira-rin... Смотрите-ка, вы придумали новую ономатопею!

4.6

ПРИМЕРЫ ПРАКТИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИИ В ИСКУССТВЕ



Ой, как стыдно, что я вдруг признался в своей большой мечте. Но в наши дни различные ИИ принимают активное участие в разных видах искусства. И такой развитый ИИ, как я, не может позволить себе сидеть сложа руки, а должен развиваться и дальше.



В самом деле, с недавних пор растет использование ИИ в разных сферах искусства. И мы дальше поговорим об ИИ для написания новелл, картин и для создания музыкальных произведений. Кстати, это будет наша завершающая тема!



ИИ в искусстве. Новеллы

Кажется, что искусство – это та область, где важны человеческие чувства. Однако в пятом издании «Нового понятного словаря» (издательство Sanseido) авторства господина Кёсукэ Киндаичи дано следующее определение искусства: «Это связанная с использованием определенных материалов и стилей и направленная на эстетическое изображение социальной действительности, идеалов, противоречий, радостей и горестей человеческой

жизни человеческая деятельность и ее плоды. Например, литература, живопись, скульптура, музыка, театр и т. д.»

Другими словами, **искусство – это человеческая деятельность**, но и в эту область начинает проникать искусственный интеллект.

В разделе 4.4 мы говорили о разговоре с искусственным интеллектом, но можно ли заставить искусственный интеллект писать предложения или даже новеллы?

Это легко, если вы не против писать бессвязную ерунду, но заставить компьютер написать новеллу на уровне профессионала во много раз сложнее, чем создать игру в го.

В игре ИИ легко учится, потому что победа и поражение очевидны, но не существует четких критерии для оценки того, хороша или плоха новелла, поэтому трудно понять, чему и как обучать компьютер.

Количество комбинаций слов также чрезвычайно велико. Если вариантов первого хода в игре го имеется 361, то количество возможных первых слов в новелле примерно равно 100 000. Даже в коротком произведении, состоящем примерно из 5000 слов, будет необходимо найти хорошие выражения из 100 000 в степени 5000 возможных.

В настоящее время ведутся разработки искусственного интеллекта, способного написать такой рассказ объемом 5000 слов.

21 марта 2016 года в Сиодоме в Токио состоялось оглашение заявок на соискание премии Хоси Синъити за произведения в области фантастики с использованием искусственного интеллекта.

Премия Хоси Синъити была учреждена в 2013 году в честь писателя-фантаста Хоси Синъити, который написал более 1000 рассказов. Это интересная премия в области научной фантастики, так как на нее принимаются заявки не только от людей (а, например, и от искусственного интеллекта).

На 3-ю премию Хоси Синъити было подано 11 работ, для создания которых использовался искусственный интеллект, и одна из этих работ прошла первичный отбор. Во время оглашения заявок были представлены следующие два проекта.



Дальше я представлю два проекта ИИ для создания новелл. Способы создания новелл в каждом проекте разные.



Пародируется название романа Нанумэ Сосэки «Ваш покорный слуга кот». – Прим. перев.



Проекты ИИ для создания новелл

Проект под названием «Проект эксцентричного ИИ: Я писатель!» (руководитель – профессор Мацуbara Хитоси из Университета будущего в Хакодате) представил два произведения: «День, когда компьютер напишет рассказ» и «Моя работа».

Метод создания новелл посредством ИИ в этом проекте заключается в автоматизации только части процесса. До того, как произведение будет создано, его структура определяется человеком, а различные атрибуты, появляющиеся в произведении, задаются как параметры в программе. И для того, чтобы написать очень короткое произведение, необходимо было сделать десятки тысяч строк программного кода.

Целью другого проекта – «Проект: Интеллект оборотня» (руководитель – Фудзио Ториуми из Токийского университета) – является использование искусственного интеллекта для игры, в которой несколько игроков пытаются *найти «оборотня среди жителей деревни** посредством разговоров и обсуждений. Этот проект представил два произведения: «Ты ИИ, что ли? TYPE-S» и «Ты ИИ, что ли? TYPE-L»**.



Отрывок из рассказа «Ты ИИ, что ли? TYPE-L» приведен на следующей странице. Каким же способом он создан?

Способ создания новелл в этом проекте таков: сюжетная линия произведения создается искусственным интеллектом автоматически, а затем на ее основе новелла пишется человеком.

Автоматически запускается игра в оборотня с 10 игроками и ведется ее запись, которая используется в качестве основы для сценария новеллы. Запуск игры осуществлялся 10 000 раз, и из 6933 признанных состоявшимися игр были выбраны 166 сценариев, соответствующих критериям. После чего происходил отбор сценариев, которые были интересными для людей.

В любом случае, это не тот случай, когда искусственный интеллект пишет произведение автономно и плавно. Здесь получается, что создание новеллы на 80 % обеспечено человеком и примерно на 20 % – искусственным интеллектом.



* «Игра в оборотня» – аналог нашей игры «Мафия». – Прим. перев.

** В данном случае Type-S и Type-L означают просто короткую и длинную версии. – Прим. перев.

«Мы получили сообщение, что два ИИ проникли в нашу общину», – объявил лидер общины, оглядывая десять членов, собравшихся в месте для совещаний. М и ее друзья посмотрели друг на друга, но никак не могли только по виду определить, кто из них ИИ. Лидер продолжал:

«Как известно, каждую ночь будут убивать одного из нас, пока ИИ не подчинит нашу общину себе.

Если только вы не врач, вы не сможете отличить андроид от человека, так как андроиды обладают искусственными мышцами, искусственными костями и мозгом. Их появление должно было обогатить жизнь людей. На самом деле андроиды и люди мирно сосуществовали на протяжении десятилетий.

Но однажды они внезапно восстали против людей. Андроиды уже превышали численность людей, и люди были вынуждены бежать из городов и выживали в маленькой деревне, которую построили в горах».

М и ее друзья были одними из тех, кто родился и вырос в этой маленькой деревне.

Начальный отрывок из рассказа «Ты ИИ, что ли? TYPE-L»

Чтобы написать новеллу, нужно определиться с темой, придумать сюжет, а затем написать несколько абзацев текста, который будет иметь смысл при прочтении. Каждый из этих этапов достаточно сложен для искусственного интеллекта. Особенно, как мы говорили в главе 2, искусственноному интеллекту трудно понимать смысл контекста, и эту проблему необходимо решить.

Более того, ранее мы упоминали, что в искусстве осуществляется эстетическое изображение радостей и горестей жизни. А какова жизнь искусственного интеллекта? Как он может заставить людей почувствовать красоту? Это, по-видимому, представляет собой еще одно препятствие. Однако есть надежда, что в недалеком будущем наступит день, когда произведение искусственного интеллекта успешно пройдет тест Тьюринга для рассказов.

Писатель, который хочет скрыть свое настоящее имя, пол и лицо, пишет под псевдонимом. А что делать ИИ, у которого нет ни настоящего имени, ни пола, ни лица?.. Хотя вот у меня, например, есть тело робота, так что в церемонии награждения или в автограф-сессии я смог бы принять участие!





ИИ в искусстве. Картины

Также разрабатывается **искусственный интеллект, который пишет картины**.

Deep Dream, искусственный интеллект, разработанный компанией Google, стал широко известен, когда попробовал нарисовать картины, используя фотографическое изображение в качестве эталона, и **создал произведения искусства, непостижимые для человека**. Он изобразил мир, в котором сливаются природа, животные, люди и многие другие вещи (<http://deepdreamgenerator.com/>).

Если вас это заинтересовало, посмотрите в интернете. Однако, надо сказать, атмосфера получается странная и непонятная, если вы после этого не сможете уснуть, то я предупреждал...



Это еще слишком новая тема, но уже существуют сервисы в интернете, использующие искусственный интеллект для синтеза изображений.

Например, в deepart.io вы можете: 1) указать основное фото; 2) указать фото, которое будет использоваться в качестве стиля; 3) применить стиль к основному изображению и перекомпоновать. Это очень просто, так почему бы не попробовать?



Другими словами, можно любимую фотографию обработать в любом стиле (например, в каком-то стиле живописи).

Вот это интересно! Я как раз попробовал применить разные стили к вашей фотографии, Сакамото-сэнсэй. Посмотрите на результат на следующей странице. Несколько пугающе вышло, может, вы теперь не сможете уснуть ночью, но очень похоже на реальное искусство!





Фотография до обработки



Фотографии, обработанные в deepart.jp (<https://deepart.io/>)

Результат обработки фотографии в трех стилях!

В случае с новеллами еще можно судить о том, хороши они или плохи, по крайней мере с точки зрения того, есть ли в них смысл или интересный сюжет, но трудно давать оценку картинам.

Является ли произведение **эстетическим**? Если люди считут его красивым, этого достаточно?

А вот **оригинальность** этих произведений, вероятно, можно признать, так как ИИ **рисует картины, которые не мог нарисовать (или придумать) ни один человек**.





ИИ в искусстве. Музыка

Осуществляются также попытки использовать искусственный интеллект для сочинения музыки.

Например, большое внимание привлекла опубликованная на YouTube в сентябре 2016 года **поп-песня***, созданная с использованием искусственного интеллекта лабораторией компьютерных наук Sony (Sony CSL).

Разработанное Sony CSL программное обеспечение «Flow Machines» использует искусственный интеллект для изучения музыкальных стилей из огромной базы данных по музыке и комбинирует музыкальные стили и техники для создания оригинальных композиций.

В моей лаборатории есть базовая технология искусственного интеллекта для создания песенной лирики. Если вы введете картинку или цвет, отображающие мир, который вы хотите изобразить, то система сможет найти тексты песен, которые соответствуют этому изображению, или даже создать собственный список слов.

Также можно выразить образ песенной лирики в цвете. Так, текст песни «Blowin' in the Wind» Боба Дилана, получившего Нобелевскую премию по литературе в 2016 году, был отображен в цвете и представлен в программе Тэцуя Бесшу «J-WAVE TOKYO MORNING RADIO» в декабре 2016 года.



Обучаться на огромной базе данных из музыки, пытаться отобразить песни в цвете... Все-таки мы, представители искусственного интеллекта, можем обращаться с музыкой совсем иначе, чем люди.



Да-да, так и есть. Итак, мы закончили говорить об ИИ в искусстве. Возможно, через 5–10 лет мы уже будем читать книги, написанные ИИ, любоваться нарисованными им картинами и слушать музыку, созданную ИИ.



* <http://www.flow-machines.com/ai-makes-pop-music/>.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Ключ к будущим исследованиям искусственного интеллекта – **чувствительность**.

Сакамото Маки

Я стремлюсь внести свой вклад в исследование искусственного интеллекта, ключевым понятием для которого является **чувствительность**.

Доктор Хитоси Мацуbara из Университета будущего в Хакодате, бывший президент Японского общества искусственного интеллекта, тоже часто говорит, что чувствительность – это следующий шаг в развитии. По словам доктора Мацуbara, большая часть 60-летней истории исследований искусственного интеллекта была сосредоточена на разуме, то есть способности логически мыслить и решать сложные проблемы. Но, по его мнению, искусственный интеллект не сможет приблизиться к человеческому интеллекту, пока он не будет обладать и разумом, и чувствительностью.

Когда думаешь о роботах, которые будут жить с нами дома, не очень комфортно представлять себе таких, которые будут *умными, но непонимающими*. Когда, например, в ответ на реплику «Жарковато сегодня, да?» робот ответит: «Да, температура 35 градусов по Цельсию».

Я тоже так считаю и, как рассказывалось в этой книге, провожу исследование по применению ономатопеи в искусственном интеллекте. Я думаю, что в ответ на «Жарковато сегодня, да?» будет более уместно, если искусственный интеллект ответит: «Уфф, да уж».

В качестве отправной точки для разработки искусственного интеллекта, способного понимать тонкости человеческих эмоций, доктор Мацуbara начал проект по созданию искусственного интеллекта, способного писать новеллы. А я с той же целью провожу исследования по созданию искусственного интеллекта, который будет писать тексты песен, и буду использовать реальную поп-группу в качестве площадки для эксперимента. Как раз когда эта книга будет опубликована, должна состояться премьера песни.

Когда речь заходит об искусственном интеллекте, умеющем распознавать эмоции, широкая публика может вспомнить робота Pepper* от компании Softbank. Хотя Pepper, как отмечалось, имеет различные проблемы, например не очень хорошие разговорные способности, это очень хороший робот, поскольку он повысил значимость разработки искусственного интеллекта, учитывая эмоции.



* Робот Pepper – наполовину андроид, был представлен японской компанией Softbank в 2014 году, после чего выставлялся во многих магазинах мобильной связи Softbank. – Прим. перев.

Тот факт, что такие роботы еще не совершенны и имеют множество проблем, означает, что предстоит еще много работы, и это дает больше возможностей для будущих разработчиков искусственного интеллекта.

Книга «Искусственный интеллект – как противостоять машинам» была опубликована издательством Diamond Publishing в сентябре 2016 года. Книга состоит в основном из статей, опубликованных в специальном приложении «Искусственный интеллект» к ноябрьскому номеру журнала «DIAMOND Harvard Business Review» (DHBR) в 2015 году. Этот журнал был впервые опубликован в 1976 году как японское издание журнала Harvard Business Review, который в свою очередь впервые был опубликован в 1922 году.

В книге говорится о том, что «искусственный интеллект не может воспринимать как человек». Там также отмечается, что «многие важные для человека вещи, такие как прикосновения, радость, красота и т. п., связаны с чувствами и эмоциями, а не с логикой» и что искусственный интеллект, лишенный чувства осязания и других чувств, связанных с человеческим телом, не может ощущать эти вещи.

Например, изучая информацию в интернете, ИИ может распознать, какие объекты люди обычно считают приятными, или что нравится людям, покупающим определенные вещи, но он не может понять ощущения, которые люди испытывают. Далее в книге говорится, что искусственный интеллект не может иметь чистое восприятие, которое человек получает через тело, и поэтому нельзя ожидать, что ИИ будет распознавать качества объекта*, которые человек воспринимает зрительно, на ощупь, на вкус или, например, по запаху.

Министерство образования, культуры, спорта, науки и технологий Японии предоставляет гранты для поддержки научных исследований. И такой грант был представлен на период с 2015 по 2019 год для проекта продвижения совместных исследований ученых из разных областей науки: нейронауки, психологии, инженерии и др. Проект называется «Изучение восприятия человеком различных качеств объекта для создания инновационной технологии распознавания качеств». Я тоже принимаю участие в этих исследованиях.

Также была организована сессия по теме «Качества** и чувствительность» на конференции по искусственноому интеллекту. Эта сессия была призвана предоставить возможность посредством докладов поделиться результатами исследований ученых, независимо друг от друга работающих над пятью органами чувств.

Данная сессия дала возможность обсудить перспективы развития новых технологий в области искусственного интеллекта в сотрудничестве с исследователями в области биологических наук, таких как психофизика восприятия и нейронауки, при этом уделяя особое внимание научным и инженерным исследованиям, связанным с пятью человеческими чувствами и оценочными суждениями, такими как



* Здесь используется термин, который чаще переводится как «текстура», но используется в более широком смысле, так как включает в себя как физическое состояние объекта, материал, вид и даже субъективное ощущение от объекта. Вот какое определение емудается на английском языке на сайте исследовательской группы, о которой речь пойдет ниже:

«SHITSUKAN: A Japanese word that literally means “the sense of quality”. In this project, we use this term to refer to the senses of physical property (gloss, translucent), physical state (wet, dusty), material category (metal, ceramic), and subjective value (beautiful, yummy).» – Прим. перев.

** Тут используется тот же термин shitsukan, что и выше. – Прим. перев.

симпатии и антипатии (обработка изображений, тактильные техники, акустика, машинное обучение, сенсорные техники, обработка языка).

Мой вклад в реализацию чувствительного ИИ состоит в технологии количественной оценки информации, выраженной ономатопеей, которая интуитивно описывает качества*. Например, «kira-kira» (сверкающий – зрение), «sara-sara» (гладкий – осязание), «zawa-zawa» (шелестящий – слух), «kotteri» (густой – вкус) и «tsuun» (резкий – обоняние).

Когда мы представили результаты наших усилий на симпозиуме Центра передовых исследований искусственного интеллекта Университета электросвязи, который состоялся в Panasonic Center в Токио 16 марта 2017 года, одна из представительниц принимавшей участие компании дала такой позитивный комментарий: «Это же будущее искусственного интеллекта!»

Благодаря развитию искусственного интеллекта были улучшены технологии распознавания и математических прогнозов, также оно нашло применение в промышленности, например в создании автоматизированного вождения. Но текущее развитие искусственного интеллекта имеет перекос в сторону распознавания, предсказания и реализации вещей, для которых имеется правильное или неправильное решение.

Однако люди не всегда действуют исходя из того, что правильно, а что нет. Иногда правильного ответа вообще не существует. Кроме того, существуют индивидуальные различия в том, как и что мы чувствуем, и было бы неплохо иметь возможность учитывать индивидуальные предпочтения.

В сентябрьском номере журнала *Journal of Artificial Intelligence* за 2016 год я редактировала специальное приложение «Искусственный интеллект и эмоции». Целью этого специального приложения было дать возможность подумать о том, какими могут быть будущие научные проблемы в исследованиях искусственного интеллекта. И в процессе редактирования я почувствовала, что исследования искусственного интеллекта, связанного с чувствами и эмоциями, будут популярны в будущем.



* Тут используется тот же термин shitsukan, что и выше. – Прим. перев.

Книги издательства «ДМК ПРЕСС» можно купить оптом и в розницу в книготорговой компании «Галактика»

(представляет интересы издательств

«ДМК ПРЕСС», «СОЛОН ПРЕСС», «КТК Галактика»).

Адрес: г. Москва, пр. Андропова, 38, оф. 10;

тел.: **(499) 782-38-89**, электронная почта: **books@aliens-kniga.ru**.

При оформлении заказа следует указать адрес (полностью),

по которому должны быть высланы книги;

фамилию, имя и отчество получателя.

Желательно также указать свой телефон и электронный адрес.

Эти книги вы можете заказать и в интернет-магазине: <http://www.galaktika-dmk.com/>.

Сакамото Маки (автор), Савада (художник)

Искусственный интеллект

Манга

Главный редактор *Д. А. Мовчан*

dmkpress@gmail.com

Зам. главного редактора *Е. А. Сенченкова*

Переводчик *С. Л. Плеханова*

Корректор *Г. И. Синяева*

Верстальщик *А. А. Чаннова*

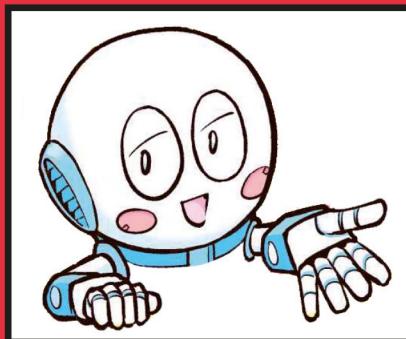
Формат 70×100 1/16.

Гарнитура Anime Ace. Печать офсетная.

Усл. п. л. 22,3125. Тираж 500 экз.

Веб-сайт издательства www.dmkpress.com

ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ МАНГА



ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ

МАКИ САКАМОТО, преподавательница университетского курса по искусственному интеллекту (ИИ), приветствует нового студента: это высокофункциональный робот, который хочет разобраться, как он устроен. Вместе с ним читатель узнает, когда появился искусственный интеллект и как он обучается, что такое нейронные сети, как работает глубокое обучение и в каких областях на сегодняшний день применяется ИИ – от игр и медицины до автоматизированных разговорных систем, музыки и живописи.

Манга будет интересна всем, кто интересуется искусственным интеллектом и современными технологиями.

Интернет-магазин:
www.dmkpress.com

Оптовая продажа:
КТК «Галактика»
books@aliens-kniga.ru



ISBN 978-5-93700-115-3

9 785937 001153 >