

ЧТО ТАКОЕ ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ

В.М. Гриняк

Лекция посвящена обзору современных информационных технологий, объединенных понятием «интеллектуальные информационные системы». Рассматривается история и философия вопроса, области применения интеллектуальных систем в науке и технике.

Понятие «искусственный интеллект» вошло в жизнь и массовое сознание сравнительно недавно. Понимают его по-разному; смысл, вкладываемый в это понятие математиками, физиками, философами, инженерами, людьми искусства и домохозяйками неодинаков. Первоначально под искусственным интеллектом понималась конкретная область кибернетики, и с самого начала возникли споры, что к этой области относить и каковы её задачи. Единого ответа на вопрос чем занимается искусственный интеллект, не существует до сих пор. Почти каждый автор, пишущий книгу об искусственном интеллекте, отталкивается в ней от какого-либо определения, рассматривая его в свете того или иного достижения этой науки. В современной интерпретации специалистов общее понятие искусственного интеллекта включает сочетание таких взаимосвязанных способностей, как умение решать сложные творческие задачи, способность к обучению, обобщению и аналогиям. На одном из популярных интернет-порталов искусственный интеллект определяется как «научная дисциплина, которая занимается автоматизацией разумного поведения».

Принято считать, что термин «искусственный интеллект» (artificial intelligence) был предложен в 1956 году на семинаре с аналогичным названием в Стэнфордском университете. Суть проблемы определения искусственного интеллекта состоит в том, что человечество до сих пор слабо понимает лежащие в основе явления разума фундаментальные физические законы. Однако, по мнению многих математиков и IT-специалистов, встреча на пороге лаборатории с думающей машиной не невозможна – это только вопрос времени.

Принято считать, что у истоков современной информатики и её приложений, исследований в области искусственного интеллекта стоял британский математик Алан Тьюринг. Он создал модель машины (её так и называют – машина Тьюринга), состоящую из трёх элементов: вход, выход и центральный процессор, способный выполнять строго заданный набор операций. На базе этого представления Тьюринг установил законы работы вычислительных машин, определил пределы их возможностей и круг задач им подвластных. Свои идеи он успешно применил во время Второй мировой войны для расшифровки кодированных сообщений. Им был предложен так называемый «тест Тьюринга» - поместить машину и человека в отдельные изолированные и опечатанные помещения, а затем задавать обоим вопросы. Если по ответам не будет возможно отличить машину от человека, то это будет означать, что машина прошла тест Тьюринга, то есть машина умеет «думать».

Некоторые исследователи считают, что «думающую» машину создать невозможно. Так, философ Джон Сирл предложил для доказательства этого тезиса тест «китайской комнаты». Предположим, что в комнате сидит человек, не понимающий ни слова по-китайски. Пусть у него есть книга с вопросами и ответами на китайском языке. Если кто-то задает ему вопрос на китайском языке, то при помощи этой книги он просто находит нужный ответ. При этом человек не понимает ни вопросов, ни собственных ответов. Суть теста «китайской комнаты» сводится к разнице между синтаксисом и семантикой. По утверждению Сирла, машины способны овладеть синтаксисом языка, но не его истинной семантикой; машины могут манипулировать словами, не понимая, что они означают. Другими словами, они могут пройти тест Тьюринга в какой-либо форме, но это не значит,

что они разумны, потому что они всего лишь слепо манипулируют символами, не понимая вложенного в них содержания.

Другой известный исследователь – физик Роджер Пенроуз - также считает, что искусственный интеллект невозможен. В своих работах он утверждает, что машина, способная думать и обладающая человеческим сознанием противоречит квантовым законам. Однако многие физики и инженеры считают, что законы природы не противоречат созданию думающих машин. Так, математику Клоду Шеннону, принадлежит такой ответ на вопрос, могут ли машины думать: «Я думаю, разве не так?». Иными словами, он счел очевидным, что машины могут думать, потому что люди тоже машины, хоть и биохимические.

Считается, что есть две основные проблемы, без решения которых не удастся создать сколько-нибудь «думающую» машину: это распознавание образов и учет законов здравого смысла. Существуют два основных подхода к их решению, известные как подходы «сверху вниз» и «снизу вверх».

Сущностью подхода «сверху вниз» является программирование всех правил и законов распознавания образов типа «если ... то ...». В 50-60 годы 20 века в этом направлении были достигнуты определенные результаты. Так, появились машины, способные играть в шашки и шахматы, решать алгебраические задачи, двигаться в комнате, огибая препятствия и т.д.

В тот «романтичный» период оглушительных успехов в области информатики и вычислительной техники многим исследователям казалось, что вся проблема создания «мыслящего» аппарата заключается в производительности машин и настоящие универсальные системы искусственного интеллекта находятся совсем рядом. Позже пришло понимание, какую огромную работу нужно проделать, чтобы запрограммировать компьютер на выполнение даже самых тривиальных, но трудно формализуемых задач. Вот типичный пример такой задачи. Входя в комнату, человек мгновенно распознаёт пол, кресла, столы, стены и т.п. При этом машина, осматривая комнату, видит в ней только набор пикселей изображения. Требуются большие вычислительные мощности, чтобы извлечь из этих пикселей какой-то смысл. То есть машина способна видеть, но не способна понимать увиденное. Именно поэтому компьютеры не могут ориентироваться в комнате, читать рукописный текст, водить автомобиль и собирать мусор так же эффективно, как человек.

Отсутствие у роботов так называемого «здравого смысла» - проблема ещё более фундаментальная. Не существует такой математики, которая могла бы выразить смысл таких высказываний как «вода мокрая», «мать старше дочери», «веревка может тянуть, но не может толкать» и т.п. Математики неоднократно пытались создать программу, которая сосредоточила бы в себе все законы здравого смысла в виде системы правил. Самый амбициозный проект такого рода – СУС, работа над ним была начата в 80-е годы. Уже в процессе работы над проектом выяснилось, что необходимо сформулировать много миллионов правил, чтобы машина смогла бы приблизиться к уровню здравого смысла 4 летнего ребенка. Другими словами, попытка запрограммировать законы здравого смысла обречена на неудачу уже потому, что у здравого смысла слишком много законов. И даже колоссальный рост вычислительных мощностей современных компьютеров не способен качественно изменить ситуацию.

Сущность альтернативного подхода – «снизу вверх» - заключается в том, чтобы заставить машину учиться на собственном опыте. К этому подходу относится создание искусственных нейронных сетей. Так, при создании этим способом роботов, перемещающихся по комнате с препятствиями, они вначале долго «учатся» ходить: спотыкаясь, падая и натываясь на предметы. Вместо того, чтобы математически вычислять положение каждой своей ноги в каждый момент времени, роботы действуют методом проб и ошибок и обходятся при этом сравнительно небольшими вычислительными мощностями.

Несмотря на значительные успехи, роботы с нейронными сетями не способны подражать сложному поведению высших организмов. Они могут, скажем, передвигаться по комнате или плавать в воде, но не могут активно прыгать и охотиться, как собака.

Вся ирония ситуации, сложившейся в области искусственного интеллекта, заключается в том, что машины легко выполняют задания, которые людям кажутся «трудными», например, перемножают большие числа или играют в шахматы. Но они застревают на совершенно «простых» для человека задачах, таких как походить по комнате или узнать кого-то по лицу.

Перейдем от истории и философии к технической составляющей вопроса. Как область науки искусственный интеллект состоит из следующих основных течений: нейронные сети, системы автоматической классификации, экспертные системы и генетические алгоритмы. Остановимся на сущности этих технологий подробнее.

Нейронные сети – это одно из направлений исследований в области искусственного интеллекта, которое состоит в моделировании нервной системы человека.

Мозг человека содержит особые нервные клетки – нейроны. Биологические нейроны состоят из тела клетки и отростков – синапсов, посредством которых нейроны связаны друг с другом (синаптические связи). Сущность работы нейрона состоит в передаче электрохимических импульсов по нейронной сети через доступные связи с другими нейронами. Причем передаваемый импульс может как оставаться неизменным, так и изменяться: усиливаться или ослабляться. Передача импульсов от одного нейрона к другому происходит как реакция на какие-то входные сигналы (например, если рука чувствует горячее, то она одёргивается). Ключевое свойство нейронной сети – это способность к обучению, которое состоит в настройке «силы» синаптических связей между нейронами. Так, в классическом опыте Павлова каждый раз перед кормлением собаки звонил колокольчик и собака достаточно быстро научилась ассоциировать колокольчик с приемом пищи. Это произошло потому, что синаптические связи между участками головного мозга, ответственными за слух и слюноотделение усилились и в последующем возбуждение нейронной сети звуком колокольчика стало приводить к слюноотделению у собаки.

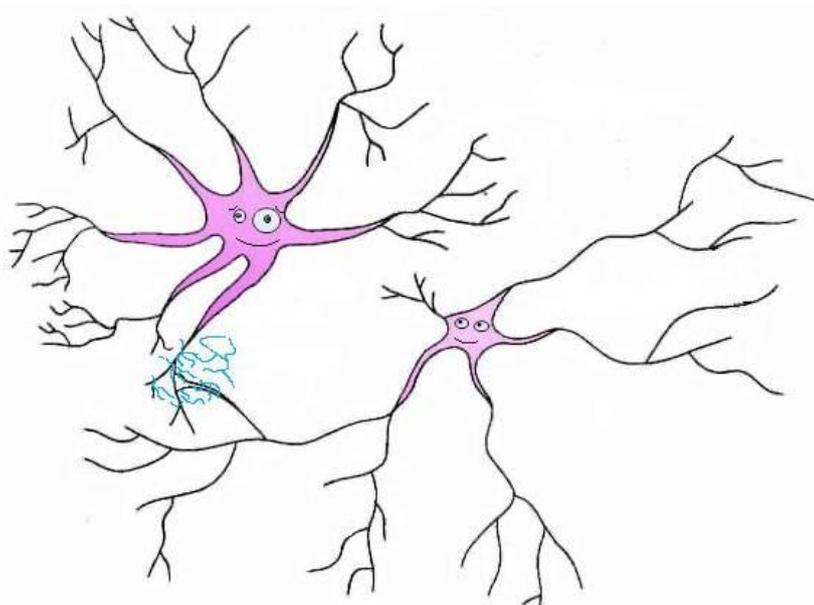


Рисунок 1. Биологические нейроны. Клетки нервной системы используют свои длинные отростки-синапсы для передачи электрических сигналов.

Искусственный нейрон представляет собой единицу обработки информации в искусственной нейронной сети. В нем можно выделить три основных структурных элемента:

- Синапсы, характеризуемые каждый своим весом w_i . Они осуществляют связь между нейронами, умножая входной сигнал x_i на весовой коэффициент синапса w_i , характеризующий силу синаптической связи.
- Сумматор, аналог тела клетки биологического нейрона, который выполняет сложение поступающих через синапсы сигналов.
- Функция активации, определяющая выходной сигнал нейрона, который поступает на синапсы других нейронов. Может быть непрерывной или дискретной.

Искусственные нейронные сети, построенные на базе описанной модели, обнаруживают свойства, напоминающие биологическую систему. Обучение таких сетей состоит в «настройке» весовых коэффициентов синапсов w_i каждого нейрона.

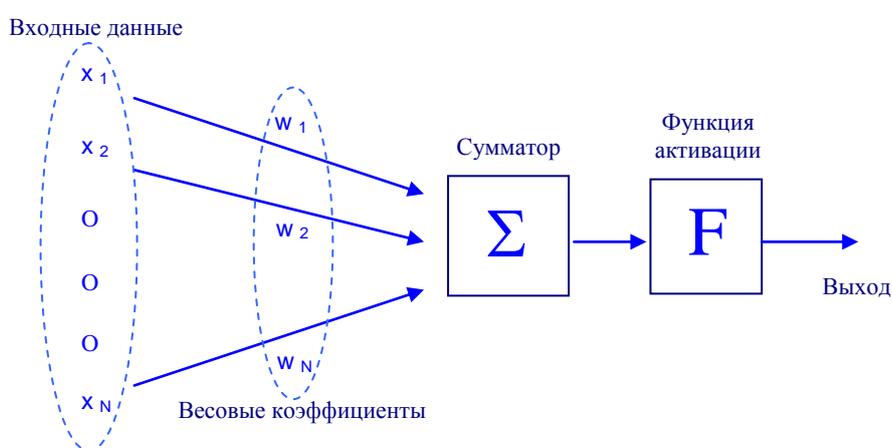


Рисунок 2. Модель нейрона. В нейронной сети выходы одних нейронов являются входами для других нейронов, что моделирует работу нервной системы живых организмов.

Хотя универсального алгоритма обучения нейронных сетей не существует, можно выделить два основных концептуальных подхода: обучение с учителем и обучение без учителя. Обучение нейронной сети с учителем предполагает, что для каждого входного вектора из обучающего множества существует известное значение выходного вектора. Эти векторы образуют обучающую пару. Веса нейронной сети изменяют до тех пор, пока для каждого входного вектора не будет получен соответствующий ему выходной вектор с заданной наперед погрешностью. Обучение нейронной сети без учителя сводится к обучению лишь на множестве входных векторов. Алгоритм обучения находит такие веса нейронной сети, чтобы получались согласованные выходные векторы, то есть для близких входных векторов формировались бы одинаковые выходы.

Искусственные нейронные сети находят применение во многих прикладных задачах, связанных с распознаванием образов и принятием решений. Их основное преимущество по сравнению с традиционными методами – возможность аппаратной поддержки их архитектуры на современной транзисторной и оптоэлектронной элементной базе в сочетании с технологиями параллельных компьютеров. Это дает возможность достигать колоссальной производительности вычислений.

Системы автоматической классификации – это набор технологий искусственного интеллекта, предназначенных для группировки множеств объектов на базе общих признаков этих объектов и связей между ними. В результате работы соответствующих алгоритмов образуются группы схожих между собой объектов, которые принято называть кластерами (другие встречающиеся в литературе названия: классы, таксоны, сгущения,

сегменты). Суть автоматической классификации – разбиение исходного множества объектов на кластеры и определение степени принадлежности объектов к тому или иному кластеру.

В основе работы систем классификации лежит гипотеза компактности. Согласно ей, близким по свойствам объектам в геометрическом пространстве признаков соответствуют обособленные множества точек, обладающие свойствами хорошей отделимости, а именно: множества разных кластеров соприкасаются в небольшом числе точек или не соприкасаются вовсе – разделены точками, не принадлежащими ни одному кластеру. На основе гипотезы компактности разработано множество алгоритмов автоматической классификации – методов кластерного анализа.

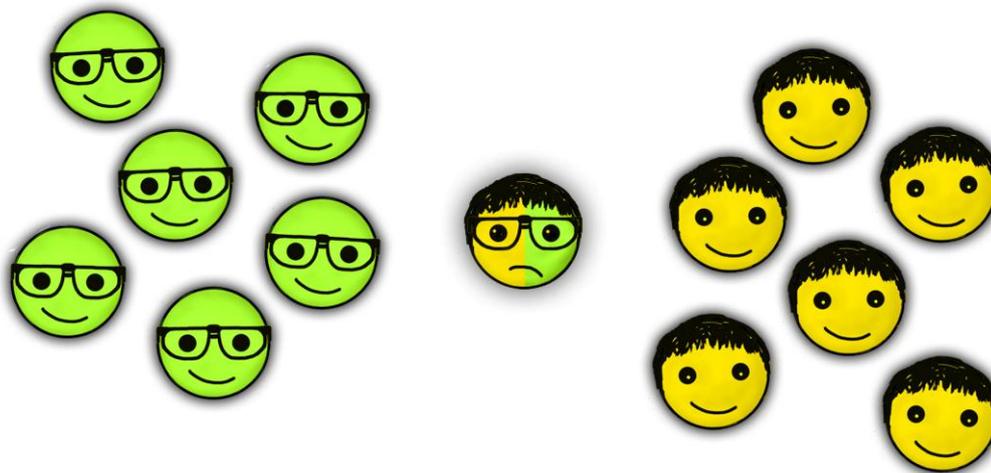


Рисунок 3. Идея кластерного анализа – разбиения исходного множества объектов на изолированные группы (кластеры). На рисунке выделены два четко отличающихся множества объектов: «преподаватели» и «студенты». У «преподавателей» лицо зелёного цвета, есть очки и нет волос, «студенты» с лицом желтого цвета, с волосами и без очков. Один из объектов имеет и волосы, и очки, что не позволяет его отнести однозначно ни к «преподавателям», ни к «студентам» (то есть этот объект не принадлежит ни к одному из выделенных кластеров).

Системы автоматической классификации широко применяются в задачах распознавания образов. Нашли они применение и в экономических задачах. Так, в современных системах управления продажами автоматизировано выделяются группы товаров, которые часто продаются вместе, одному покупателю. Другое использование методов кластеризации в торговле – автоматический поиск сезонных товаров и идентификация распределения их продаж по периодам.

Экспертные системы – это исторически первая область искусственного интеллекта, занимающаяся разработкой систем, умеющих принимать решения, схожие с решениями экспертов-людей. Как правило, экспертные системы создаются для решения практических задач в узкоспециализированных областях, где большую роль играют знания специалистов-профессионалов. Фундаментом экспертной системы является база знаний, которая составляется на основе знаний экспертов-специалистов.

База знаний экспертной системы представляет собой систему правил типа «Если ... то ...». Решения экспертных систем обладают «прозрачностью», то есть имеется возможность проследить ход «рассуждений» и оценить их корректность и «разумность». Залогом успешной работы экспертной системы является правильно выбранный эксперт и удачная формализация его профессионального опыта, в результате чего система получает способность принимать решения вместо человека.

Экспертные системы применяются в самых разнообразных проблемных областях: анализ финансовых рынков, управление торговлей, планирование производства,

управление безопасным движением, управление технологическими процессами, военные технологии и т.д.



Рисунок 4. Идея работы экспертной системы. В области прогнозов погоды решения принимаются на основе анализа ряда факторов: температуры, давления, влажности, направления и силы ветра, спутниковых данных о состоянии атмосферы в соседних регионах и т.д. Народную примету «Села чайка на воду – жди хорошую погоду!» тоже можно считать простейшим примером экспертного решения.

Генетические алгоритмы – это направление исследований, занимающееся разработкой методов решения задач оптимизации на базе моделей эволюции живых организмов. Впервые генетический алгоритм был предложен Джоном Холландом в 1975 году в Мичиганском университете.

Развитие любой биологической особи заключается в постепенном изменении её таким образом, чтобы лучше приспособиться к условиям окружающей среды. Приобретение животными защитной окраски, развитие у них определённых органов и многое другое – все это результат работы многолетнего процесса эволюции. Говоря языком математики, эволюция природы – это процесс оптимизации живых организмов, происходящий за счет естественного отбора.

Суть естественного отбора заключается в том, что более приспособленные особи имеют больше шансов для выживания и размножения, а значит, приносят больше потомства, чем остальные. Через механизмы генетического наследования потомки перенимают от своих родителей основные качества. Таким образом, потомки «сильных» биологических особей также будут более приспособленными по сравнению со своими сверстниками. Все это приводит к увеличению доли приспособленных особей в общей массе вида и спустя поколения общая приспособленность вида увеличится.

Генетическая информация хранится в живой клетке в виде специального набора очень длинных молекул дезоксирибонуклеиновой кислоты (ДНК), окруженных оболочкой – такое образование называется хромосомой. Хромосомы состоят из генов – участков молекулы ДНК. Каждый ген кодирует некоторое качество особи, например, цвет глаз или наследственные болезни. Различные значения гена называются его аллелями. При зачатии происходит взаимодействие двух родительских половых клеток, каждая из которых несет ДНК своего хозяина. Как правило, взаимодействие клеток заключается в делении ДНК на две части с последующим обменом этих половинок, таким образом, потомок наследует примерно по половине ДНК от каждого родителя.

При реализации генетического алгоритма вводится вектор $X = (x_1, x_2, x_3, \dots, x_n)$, и целевая функция $G(X)$ (функция приспособленности). Задача состоит в том, чтобы отыскать такой вектор X , который бы соответствовал максимальному значению функции приспособленности. Суть проблемы в том, что не всегда такую задачу можно эффективно

решить традиционными методами оптимизации, или простым перебором возможных значений. Здесь и приходят на помощь генетические алгоритмы.

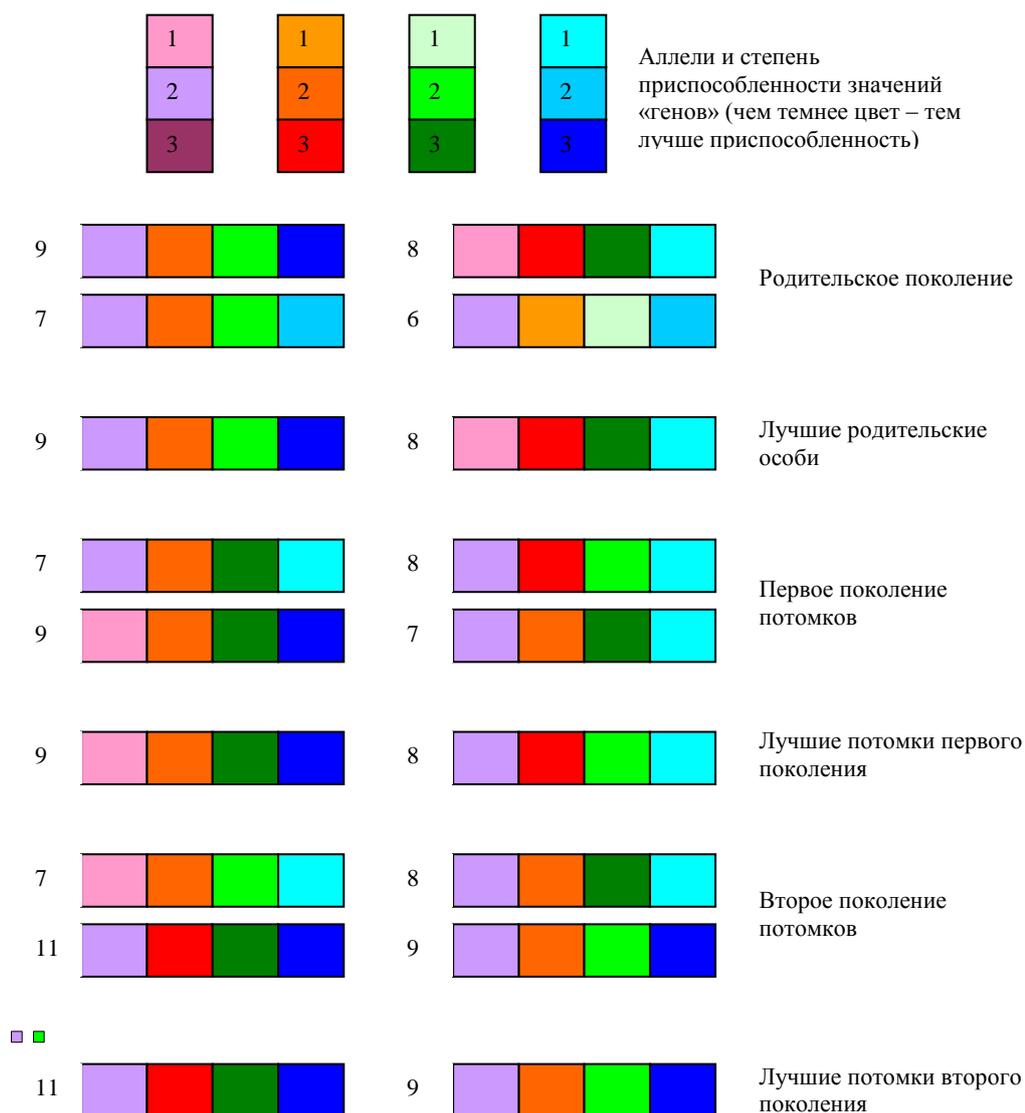


Рисунок 5. Идея генетического алгоритма. В приведенном примере рассматривается случай, когда каждая «особь» кодируется четырьмя цветовыми значениями «генов». Каждое значение «гена» характеризуется той или иной степенью приспособленности (от 1 до 3). В родительском поколении «выживают» и «дают потомство» две наиболее приспособленных особи (с общей степенью приспособленности равной 8 и 9). Случайно обмениваясь «генами», они порождают первое поколение потомков, из которого также «выживают» и «дают потомство» две наиболее приспособленных особи. Среди потомков второго поколения уже имеется особь с наилучшим возможным набором «генов» (степень приспособленности равна 11).

Пусть имеется множество «особей» с соответствующими им значениями «генов» Пусть X^i - набор «генов» у i -й особи. Имеющийся начальный набор «особей» назовем родительским поколением. Далее происходит процесс селекции особей, то есть в соответствии со значениями целевой функции $G(X)$ выбирается часть особей с наибольшей приспособленностью, остальные особи отбрасываются. Выбранные наиболее приспособленные особи участвуют в операциях «мутации» и «скрещивания», когда векторы X^i изменяют по специальным алгоритмам свои значения и обмениваются ими. Получившееся множество новых векторов X^i считается поколением потомков. Описанный процесс повторяется итерационно, пока не будет получена наиболее

приспособленная «особь» - с наибольшей функцией принадлежности. Именно эта идея и лежит в основе генетических алгоритмов.

Наиболее популярное применение генетических алгоритмов на практике – моделирование процессов развития (экология, иммунология, социальная сфера). Используются они и для решения многопараметрических оптимизационных задач.

Идеологический и математический аппарат задач искусственного интеллекта находится в начале своего становления, в последние два десятилетия развиваясь особенно бурно. Благодаря новым технологиям искусственного интеллекта удалось достигнуть выдающихся научных и практических результатов в исследовании космоса (полеты автоматических станций), управлении летательными аппаратами (управление взлетом, посадкой и полетом самолетов, беспилотная техника), системах видеонаблюдения (распознавание номеров автомобилей, лиц сотрудников и т.п.), управлении дорожным движением (регулировка режима работы светофоров для предотвращения пробок), робототехнике (конвейерные линии сборки продукции, роботы-игрушки), военных технологиях (обнаружение, сопровождение и уничтожение целей, управляемое оружие). Успехи применения этих технологий внушают оптимизм и веру в их перспективность и большое будущее.



Рисунок 6. Игрушка робот-динозавр. Реалистично приближенный к детенышам робот динозавр Pleo это не просто робот, а постоянно развивающийся искусственный детеныш динозавра. Программа развития, заложенная в игрушке, рассчитана на 2 и более лет, в процессе которых робот обучается. Робот максимально взаимодействует с человеком, откликается на его руки, поглаживания, его можно обучить разным трюкам.