

Об интеллекте и определении степени интеллектуализации продукции и деятельности приборостроительного предприятия

On intelligence and determining the degree of products intellectualization and activities of the instrument-making enterprise

doi 10.26310/2071-3010.2021.272.6.006



А. В. Алексеев,

д.т.н., профессор, кафедра судовой автоматики и измерений, Санкт-Петербургский государственный морской технический университет
✉ iapbgks@bk.ru

A.V. Alekseev,

PhD in engineering, Professor, Department of Shipboard automation engineering and Measurements, St. Petersburg State Marine Technical University



С. М. Евсеенко,

к. т.н., с. н.с., эксперт службы стратегического развития, научного и информационного сопровождения, АО «Концерн «НПО «Аврора»
✉ smevs@mail.ru

S. M. Evseenko,

PhD in engineering, senior scientist researcher, expert for strategic development service, scientific and informational support, JSC Concern Avrova

В статье приведены наиболее известные определения термина «интеллект». Научное содержание этого термина устанавливается очень медленно, поскольку лежит в области пересечения многих научных дисциплин и не имеет до сих пор достаточно обоснованной количественной характеристики или степени интеллектуализации. В основе феномена интеллекта, как функции мозга, лежит такое явление, как сенсорный образ — проявление функции рецепторных систем, который может формироваться у любых животных. Приведены примеры междисциплинарных исследований по изучению и моделированию работы головного мозга. Изложены известные методы определения степени интеллектуализации. Большинство попыток расчета степени интеллектуализации имеют один и тот же недостаток: происходит объединение интеллектуальных функций и функций автоматизации управления. Предложен комплексный функциональный подход к определению степени интеллектуализации систем и объектов.

The present article contains the most famous definitions of the term «intelligence». The scientific content of this term has been establishing very slowly, since it lies in the area of intersection of many scientific disciplines and still hasn't got a sufficiently substantiated quantitative characteristic or degree of intellectualization. The phenomenon of intelligence, as a function of the brain, is based on the concept of sensory image — a manifestation of the receptor systems function, which can be formed in any being. The article provides examples of interdisciplinary research on the study and modeling of the brain. The well-known methods for determining the degree of intellectualization are described. Most attempts to calculate the degree of intellectualization have the same drawback: the combination of intelligent functions and control automation functions occurs. The article proposes a comprehensive functional approach to determining the degree of systems and objects intellectualization.

Ключевые слова: интеллект, интеллектуализация, интеллектуальный продукт, искусственный интеллект, когнитивная способность, мозг, мышление, наука, нейронные сети, принятие решений, психология, размерность, робот, сенсорный образ, степень интеллектуальности, технология, управление, функция.

Keywords: intelligence, intellectualization, intellectual product, artificial intelligence, cognitive ability, brain, thinking, science, neural networks, decision making, psychology, dimension, robot, sensory image, intelligence degree, technology, control, function.

Введение

Статья является продолжением темы разработки и внедрения технологий искусственного интеллекта (ИИ) в продукцию и деятельность акционерных обществ с государственным участием (далее АОСГУ) в рамках Национальной стратегии развития ИИ [1] (далее Стратегия), изложенной в работах [2,3].

В английском языке словосочетание «Artificial Intelligence» не имеет человекоподобного свойства (антропоморфизма), которое оно приобрело в традиционном русском переводе: слово «intelligence» в используемом контексте скорее означает «умение рассуждать разумно», «умственные способности» или «интеллектуальность», а вовсе не «интеллект» (для которого есть английский аналог — «intellect»). Из-за этого некорректного перевода происходит неприятие этого термина и научного направления многими учеными и руководителями научных организаций. Поэтому описывая разработку и внедрение технологий ИИ далее будем использовать более корректные термины «интеллектуализация», «степень интеллектуализации» или «степень интеллектуальности».

Научное содержание термина «интеллект» устанавливается очень медленно, оно тормозится следую-

щими главными причинами. Во-первых, этот термин лежит в области пересечения многих дисциплин, как например, теории информации, теории управления, психологии, биологии, математики, физики, философии, нейрофизиологии. Во-вторых, концепция интеллекта не имеет до сих пор достаточно обоснованной количественной характеристики: степени интеллектуализации или интеллектуальности (далее СтИ).

В статье приведены наиболее известные определения термина «интеллект» и методы определения СтИ, а также предложен свой подход к его определению.

Определение и измерение интеллекта

Приведем определения термина «интеллект» с разных профессиональных точек зрения.

1. По мнению советских психологов [4]: «Интеллект (от латинского intellectus — понимание и познание) — а) в широком смысле совокупность всех познавательных функций индивида: от ощущений и восприятия до мышления и воображения; в более узком смысле — мышление; б) Интеллект — основная форма познания человеком действительности».

2. По мнению северо-ирландского психолога и специалиста по когнитивной науке [5]: «Интеллект —

общая когнитивная способность, проявляющаяся в умении рассуждать, решать вербальные, математические и пространственные задачи, быстро обучаться и усваивать большое количество знаний».

3. По мнению белорусского педагога и психолога [6]: «Интеллект — это способность к когнитивной и метакогнитивной («знание о знании») организации ментальных репрезентаций (актуальные умственные образы того или иного объекта, события, явления, а также идеи, знания, концепции) разного уровня системной интеграции и дифференциации».

4. По мнению советского социолога (для естественного и искусственного интеллекта) [7]: «Интеллект — способность системы создавать в ходе самообучения программы (в первую очередь эвристические) для решения задач определённого класса сложности и решать эти задачи».

5. По теории множественного интеллекта Говарда Гарднера [8] широкое разнообразие ролей взрослого человека невозможно объяснить существованием базовой универсальной интеллектуальной способности, и предполагает, что существуют, по крайней мере, семь различных проявлений интеллекта, присутствующих в тех или иных сочетаниях у каждого индивидуума. По Гарднеру, интеллект представляет собой способность к решению задач или созданию продуктов, имеющих ценность в определенной культуре. В соответствии с данным взглядом полинезийский мореплаватель, обладающий развитыми навыками ориентации по звездам, фигурист, успешно выполняющий тройной «аксель», или харизматический лидер, увлекающий за собой толпы последователей, не менее «интеллектуальны», чем ученый, математик или инженер. В настоящее время в научной среде в подтверждение идей Гарднера используются такие термины как социальный интеллект, музыкальный интеллект, эмоциональный интеллект и др.

6. По мнению российских психологов, соавторов Большой Российской Энциклопедии (БРЭ) [9]: «Интеллект (от intellectus — латинский перевод древнегреческого понятия νοῦς — ум, понимание), общая познавательная способность, которая проявляется в том, как человек воспринимает, понимает, объясняет и прогнозирует происходящее, какие решения он принимает и насколько эффективно он действует (прежде всего, в новых, сложных или необычных ситуациях)».

Все вышеназванные определения очевидно правильные и понятные (кроме, может быть, третьего, претендующего на всеобщность) и таких определений сотни. Из выше представленного перечня наиболее импонирует последнее 2008 года определение психологов из БРЭ [9]. По мнению же профессора теоретической физики, одного из создателей теории струн, американца японского происхождения — Митио Каку, термин «интеллект» настолько многогранное, междисциплинарное и сложное для нашего понимания понятие, что дать, удовлетворяющее все стороны и грани этого термина, человечество не сможет в ближайшие 100 лет [11].

В реальной жизни человек определяет наличие интеллекта, т. е. разума, у своего коллеги по его поведению и ответам на вопросы. Похожий тест предложил А. Тьюринг для определения наличия интеллекта у компьютера, т. е. если эксперты думают, что с ними разговаривает человек, то выдаваемый за него компьютер можно охарактеризовать, как обладатель ИИ [12]. Как было изложено в [13], в 2008 году Фред Робертс из немецкой компании — разработчика ПО Artificial Solution стал лауреатом премии Лебнера¹, создав чат-бота по имени Elbot, который даже не пытался казаться человеком. Наоборот, он шутил на тему своей искусственной природы и ввел в заблуждение трех из двенадцати экзаменаторов-людей. Это был лучший результат со времени с 1991 года — года учреждения премии. Но, конечно же, определить или измерить уровень интеллекта метод А. Тьюринга не может.

В эволюционной биологии используется EQ (энцефалическое отношение или «здравый смысл»), степень развития мозга в сравнении с размерами тела в среднем для биологических существ разных групп. Среднее значение EQ для рептилий — 0,05, для млекопитающих — 1,0 (кошки, собаки, лемуры, а вот приматы — 2,0, а киты, слоны и дельфины — 2–5), люди имеют EQ порядка 7–8. Киты, слоны и дельфины отстают от нас по этому показателю ненамного [10].

В психологии используется IQ (интеллектуальное отношение), число, показывающее рейтинг персональной интеллектуальности на 100 бальной шкале и определяемое по результатам психологического теста. Эта оценка распространена для оценивания постепенного увеличения интеллекта школьников. Но уровень понятия «интеллект» намного выше любого психологического тестирования.

Основная проблема состоит в том, что в основе феномена сознания (а, следовательно, и интеллекта как функции мозга) и его производных: речи, логического мышления, научного и художественного творчества — лежит такое явление, как *сенсорный образ* — проявление функции рецепторных систем, который может формироваться у любых животных [14]. Отличие только в его модальности, объеме и сенсорной плотности. Сенсорный образ может быть лишь производной систем *структурного программирования*, по принципам которого работают нервные системы любых животных. Сенсорный образ может появиться лишь в системах, где возможна одновременная активация тысяч, миллионов и миллиардов рецепторов. Несмотря на прошедшие полтора десятка лет с момента проведения панельной дискуссии в марте 1998 года в Переяславле-Залесском [15], где была выдвинута идея построения «творческого компьютера» для решения творческих задач, т. е. не дедуктивных, а требующих привлечения интуиции, метафор и т. д., эта идея до сих пор не нашла своего воплощения.

Достаточно далеко продвинулись междисциплинарные исследования по изучению и моделированию работы головного мозга. Многие исследовательские

¹ Премия, присуждаемая победителю ежегодного конкурса «AI Loebner», в котором соревнуются программы в прохождении теста Тьюринга. Наиболее «человечной», по мнению судей, вручается премия в \$2000.

проекты, как и работы группы яркого представителя сообщества лучших специалистов Кремниевой долины [16] технического директора GOOGLE Рэя Курцвейла (в своей книге «Как создать разум: секрет человеческого мышления раскрыт»² [17]) пришли к выводу о том, что наиболее близким к методу работы головного мозга человека для распознавания и понимания человеческой речи является метод иерархических скрытых моделей Маркова.

Революционную теорию на стыке нейробиологии, психологии и кибернетики, описывающую систему «память — предсказание», как основу работы самого эффективного из существующих на нашей планете биологического механизма — человеческого разума представил в своей книге [18] не менее известный, чем Рэй Курцвейл, предприниматель и разработчик компьютеров в Силиконовой долине Джефф Хокинс. Он отмечает: «Беда в том, что исследователи, занимающиеся созданием ИИ, не пытаются имитировать его живой прототип (живой мозг), а программы, которые они создают, по сути своей не могут проявлять разум. Не понимая, как работает живой мозг, ни один ученый не сможет создать его искусственный аналог». А суть его теории изложена в следующих цитатах: «Аналогия между живым мозгом и ЭВМ некорректна. По сравнению с транзисторами нейроны мозга действуют гораздо медленнее (в 5 миллионов раз). Дело в том, что мозг на самом деле не «вычисляет» решение задач, а извлекает их (готовые решения) из памяти, представляющей, по сути, хранилище готовых решений». Таким образом, головной мозг, точнее его часть — неокортекс³, является интеллектуальным запоминающим устройством (или базой знаний), накапливающее и актуализирующее знания с опытом проживания в Природе.

Интеллектуализация и примеры определение ее степени

В английском языке словосочетание «Artificial Intelligence» не имеет человекоподобного свойства (антропоморфизма), которое оно приобрело в традиционном русском переводе: слово «intelligence» в используемом контексте скорее означает «умение рассуждать разумно», «умственные способности» или «интеллектуальность», а вовсе не «интеллект» (для которого есть английский аналог — «intellect»). Из-за этого некорректного перевода происходит неприятие этого термина и научного направления многими учеными. Поэтому описывая разработку и внедрение технологий ИИ целесообразно использовать более корректные термины «интеллектуализация», «степень интеллектуализации» или «степень интеллектуальности».

Под интеллектуализацией продукции и деятельности предприятия будем понимать разработку и внедрение технологий ИИ, решение проблем, связанных

с приближением специализированных интеллектуальных систем к возможностям человека, создание систем «усиливающих» интеллект человека и поддерживающих принятие решений, передачу интеллектуальных функций техническим средствам, техническому интеллекту [22], создание интеллектуальных датчиков, сигнализаторов и исполнительных приводов [1,23,24]. Для определения степени интеллектуальности (СТИ) разработаны различные подходы, представленные далее.

Подходы, объединяющие автоматизацию и интеллектуализацию

Очевидным успехом является использования методов и средств ИИ в управлении космическими кораблями (КК), чему посвящен обзор российских (РКК «Энергия») и американских (НАСА и «Боинг») специалистов [25]. Там приведен подход к оцениванию уровня интеллекта информационно-управляющих бортовых вычислительных систем (БВС), учитывающий количество логических выводов (КЛВ), которыми наделена та или иная БВС в процессе принятия решений по управлению. Учитывая, что КЛВ напрямую зависит от количества анализируемых в БВС параметров (N_{in}), выходных управляющих воздействий (N_{uv}) на бортовые системы (БС) и комбинаторной сложности алгоритмов распознавания текущей ситуации управления, была использована линейная аппроксимация такой зависимости вида

$$L = K (N_{in} + N_{uv}), \quad (1)$$

где, из ранее не обозначенных: L — КЛВ, заложенных в систему; K — усредненный коэффициент, учитывающий комбинаторную сложность алгоритмов распознавания ситуации управления, определяемый экспертно. Значения параметров и полученные КЛВ по формуле (1) и некоторые технические характеристики из обзора [25] по трем российским, одному американскому и одному совместному реализованным проектам космических аппаратов приведены в таблице 1.

Опыт применения цифровых СУ с элементами ИИ показал определенные особенности таких систем. Процедура управления исполнялась как программа БЦВМ или элемент конфигурации ПО, который относительно легко может быть усовершенствован или доработан вводом на борту новых версий ПО. Совершенствование ПО в процессе эксплуатации станции позволило модифицировать и адаптировать изначально заложенные алгоритмы управления к меняющимся ситуациям и даже вводить новые режимы управления. Система получила собственный «поведенческий характер», что проявилось в нештатных ситуациях. Так в конце первой недели полета станции «Мир» один из блоков в условиях перегрева выдал ложную команду на двигатели ориентации, что повлекло за собой неконтролируемую раскрутку станции с угрозой ее разрушения. Однако

² Это правильное, авторское название книги, которое при издании на русском языке субъективно искажено переводчиками и редакцией издательства «БОМБОРА™».

³ Неокортекс — новые области коры головного мозга, которые у низших млекопитающих только намечены, а у человека составляют основную часть коры головного мозга.

Таблица 1

№	Название, год		Техника и программное обеспечение	N_{in}	N_{uv}	K	L
1	Пилотируемые корабли «Союз-Т», с 1970 г.		ВК «Аргон-16»; производительность-200 тыс. оп./с; объем памяти-64 Кб; машинный код и автокод РКК «Энергия».	100	140	1.1	246
2	Орбитальная станция «Мир», 1986–2001 гг.		Сеть из более 10 бортовых ЭВМ по МКО MIL STD 1553В; память БВС > 1Мб; БЦВМ «Салют 5Б» произв. 400 тыс. оп./с; автокод и графический язык РКК «Энергия».	2000	1500	1.3	4550
3	Орбитальный корабль «Буран», конец 1980-х гг., параллельно со станцией «Мир»		БВС «Бисер-4», быстдействие — 1 млн. оп./с; память — 2 Мб + внешнее ЗУ с ПО; ЯП «Пролог» и «Пси-Фортран»; в проекте было занято > 2000 программистов.	5000	4000	1.5	13 500
4	Многоразовый космический корабль «Спейс Шаттл», с 1981 по 2003 гг. — всего выполнено 113 полетов		БВС из 5 вычислителей IBM AP-101; 2 блока памяти на МЛ и сеть шин данных; производительность 400 тыс. оп./с; осн. память 0,5 Мб + 2 блока до 34 Мб; язык ассемблера HAL/S для задач реального масштаба времени.	10000	4000	1,5	≈13 500
5	Международная космическая станция (МКС)	Российский сегмент БВС	БВС DMS-R на компьютерах MDM фирмы «Хоневелл» + 6 отказоустойчивых компьютеров FTS с процессорами ERC-32 и трансформерами T805 + 2 ЦВМ CM + 20 Intel — 186; 3,5 млн. оп./с; 200 Мб памяти; ЯП Си.	5000	3000	2.0	16 000
		Американский сегмент БВС	БВС на MDM с процессорами Intel — 386, 386 SX, 387 SX; 1,6–2,2 млн. оп./с; 8 Мб — память; сеть из 100 БЦВМ через 100 шин MILSTD-1553В; ЯП АДА.	17600	>3000	–	>20 000

СУ успешно распознала и изменила нештатную ситуацию: прибор с ложной командой был обесточен и были перекрыты топливные магистрали двигателей ориентации, тем самым прекратилась раскрутка и опасность механического разрушения станции была предотвращена, хотя угловая скорость на этот момент уже достигла значения 36 град/с.

Относительно же метода определения уровня интеллектуализации по формуле (1), очевидно, что авторы объединили процессы автоматизации и интеллектуализации в одно общее понятие интеллект, что небесспорно. Кроме того очевидно, что увеличение значений расчетных параметров сопровождается и увеличением числа функций, выполняемых КК, поэтому показатель L не дает удельной сравнительной оценки даже объединенного свойства автоматизации и интеллектуализации.

С точки зрения А. А. Красиловой [26], оценка интеллектуальности программ или комплекса ПО должна проводиться по следующим семи номинациям:

- 1) наглядности или внешней интеллектуальности;
- 2) осмысленности действий или внутренней интеллектуальности, оснащенности системы языками общения;
- 3) концептуальности или базовым основам программного комплекса;
- 4) использованию БД, взаимосвязи данных, их целостности и защищенности;
- 5) наличию логического вывода или обоснованного вывода ответов на запросы пользователей;
- 6) программной пригодности или настраиваемости и адаптируемости создаваемой программы;
- 7) системной пригодности или общественной жизни программного комплекса.

Однако позиции 1, 4, 6 и 7, по мнению авторов, не соответствуют термину «интеллектуальность» и не определяют СтИ. По описанию в работе каждой из этих позиций получается, что номинация 1 — это автоматизация представления данных, которая определяется располагаемыми в программно-техническом комплексе инструментами визуализации данных (окно меню, перемещение мыши, графические средства, анимация и др.). Номинации 4 — автоматизация введения данных, заполнение БД, хранения и изменения данных в БД, т.е. работа СУБД, но не интеллектуализация. Номинация 6 — это обеспечение удобства программирования, а 7 — это, скорее, маркетинговое распространение комплекса на рынке сбыта программ.

Положительным внедрением этого подхода является комплексная оценка методом среднеарифметического по семи номинациям, но коэффициенты весности отсутствуют, т.е. А. А. Красилов условно считает все номинации равновесными.

К другим, интересным, но небесспорным, попыткам оценки интеллектуальности систем можно отнести работы по разработке критериев сравнения интеллектуальных информационных систем [27] (в работе авторы повторяют номинации А. А. Красиловой, но утверждают, что определять СтИ необходимо проводить не по принципу среднего арифметического, а на основе среднего геометрического, т.к. логическое «И» означает «произведение») и по оценке уровня виртуальной интеллектуальности прикладной программно-технической системы [28] (оценки происходит на основе построения эргономической модели процесса взаимодействия «пользователь — компьютер» и анализа интеллектуальной нагрузки на пользователя).

Размерностно-физический метод В. М. Брандина

По мнению авторов, из многих попыток определения понятия «интеллект» и расчета СтИ наиболее обоснованно подходил в своих работах Брандин В. М. [10]: «Интеллект есть способность восприятия различий в пространстве опыта в условиях полной свободы с целью получения продукта, имеющего полезную ценность».

Интеллектуальная система может взаимодействовать с любым объектом окружающей среды, как материальным, так и идеальным. Другими словами, объект на входе может быть задан предметно или информационно (в знаковой или символической форме). Внутри системы объект испытывает некоторые преобразования, так что на выходе, появляется уже другой объект, который будем называть интеллектуальным продуктом.

Готовый продукт представляет собой решение какой-то задачи или проблемы, художественное или музыкальное произведение, технический или архитектурный проект, сновидение или ясновидение и тому подобное. Он является объектом на выходе, определён, опять же, предметно или информационно и представляет собой своеобразную «пищу» для других интеллектуальных систем».

Понятие «интеллектуальный продукт» у Брандина В. М. совпадает с трактовкой термина в экономической сфере [29]: «ИП — продукт, созданный интеллектуальным трудом. Продукты умственного, интеллектуального труда принимают различные формы: мысль (идея), информация, новая технология, открытия, изобретения, алгоритмы и программы для ЭВМ, ноу-хау в различных отраслях, произведения искусства, литературы и других».

Интеллектуальный процесс по Брандину В. Н. есть процесс преобразования объекта в интеллектуальной системе от входа к выходу, и представляет собой с точки зрения объективной психологии специфическую триаду поведенческого акта: оценивание объекта на входе, преобразование объекта в стадии погружения (исследования и понимания), оценивание объекта на выходе (с учетом обратной связи). Самым примечательным является то, что в условиях творческого процесса объект меняет свою математическую размерность. Он последовательно принадлежит трём пространствам: пространство на входе, обозначается через X ; пространство в стадии погружения U ; пространство на выходе Y . Каждое из этих пространств имеет свою размерность, которые обозначаются, соответственно, m , $(m + k)$, p . Теперь о размерности.

Около ста лет прошли со времени доказательств одного из самых ярких и универсальных утверждений в механике и физике — π -теоремы размерностей, позволяющей, не решая начально-краевых задач и даже не располагая математическими моделями явлений, а только из соображений размерности вывести зависимости одних величин от других. Теорема утверждает, что любая фундаментальная закономерность между $(k + 1)$ величинами, из которых p имеют независимые физические размерности, может быть представлена в виде закономерности между $(k + 1 - p)$ величинами, представляющими собой безраз-

мерные комбинации из $(k + 1)$ размерных величин. Далее, любое соотношение между этими $(k + 1 - p)$ безразмерными величинами накладывает на них функциональные связи, так что только m величин, где $m < (k + 1 - p)$, будут независимыми. Вот эта величина m и является размерностью закономерности. Наши органы чувств могут воспринимать трёхмерное пространство, поэтому древние мыслители считали, что больше трёх измерений быть не может. Поэтому геометрия Эвклида не содержит такого понятия как размерность. Само понятие размерности оформилось только во втором десятилетии XX века в трудах Г. Лебега и Ф. Хаусдорфа. Идея Г. Лебега заключается в покрытии. А именно, любое замкнутое ограниченное множество, расположенное в n -мерном пространстве, имеет целочисленную размерность m , при этом $n \geq m$. Объект с размерностью m имеет конечное покрытие кратности $(m + 1)$, состоящее из замкнутых множеств меньшего диаметра, чем диаметр самого объекта. Это так называемая топологическая размерность [30]. Идея размерности, опирающаяся на покрытие, является очень ценной не только в количественном, но и в качественном, познавательном смысле. Система до некоторой степени известных, зависящих от нашего выбора, покрывающих элементов может служить оригинальным средством познания неизвестного объекта. Мы получаем некоторое представление об объекте в результате достаточно простой операции наложения на него специально подобранных элементов покрытия.

Известно, что пустое множество \emptyset (множество, не содержащее элементов) имеет размерность $m = -1$. Изолированная точка имеет размерность $m = 0$. Достаточно гладкая кривая имеет размерность $m = 1$ независимо от того, какова размерность пространства, где она располагается. Поверхность является двумерным объектом, а тело — трёхмерным. Физическое тело с переменной плотностью имеет размерность $m = 4$. Если температура этого тела также является существенным фактором, то мы должны рассматривать его как пятимерный объект, и так далее. Согласно теории размерности, размерность сложного, состоящего из нескольких элементов объекта равна размерности того элемента, где она достигает наибольшего значения. Отсюда следует, что размерность не имеет свойства аддитивности, которое присуще, например, мере множества.

Идея метода Брандина В. Н. состоит в следующем: «Использовать глубокую связь между мощностью P множества X и размерностью его топологического представления (X, τ) и установить специальное отображение между шкалой мощностей P в теории множеств и шкалой размерностей D в топологии. Топологическое пространство (X, τ) определяется как пара, состоящая из множества X и некоторой системы его подмножеств $\{\tau\}$. Элементы пространства приобретают некоторые отношения между собой в рамках этой топологии. Понятие подмножества трансформируется в понятие многообразия, а понятие мощности трансформируется в понятие размерности многообразия».

Опуская детальное изложение разработанной им методики [10], заключаем, что оценки интеллекта объектов и процессов основывается на математическом по-

нятии топологической размерности [30] на входе или при знакомстве с объектом (m), в стадии погружения или исследования (k), на выходе (p) и определении на их основе количества интеллектуальной работы, затраченное на получение (разработку) продукта (T) и пороге понимания или уровня интеллектуальной энергии (интеллектуальной мощности), необходимого для использования продукта (G):

$$T = e^k (me + e^{-1}p), \quad (2)$$

где $e = 2,71828\dots$ — математическая константа, основание натурального логарифма, трансцендентное число (иногда называют числом Эйлера или числом Непера),

$$G = (e + e^{-1}) p = 3,086 p. \quad (3)$$

В. М. Брандин использует в своих доказательствах, в основном методы нечеткой математики [31]: теорию вероятности, факторного анализа, статистику [32], математическую информатику [33] и др., но выводы его очень лаконичны и убедительны, а формулы подтверждены практикой, хотя и носят эмпирический характер. Особенно оригинально он поступил с формулой интеллектуальной мощности (3), используя основные характеристики процессора компьютера (размерности — в редакции авторов статьи):

d — разрядность шины данных, Бит;

q — тактовая частота, Гц;

V — максимальная скорость передачи данных, Байт/с или Байт*Гц;

w — производительность процессора, MIPS = 106 опер/с или 106 Гц;

s — число системных операций.

Анализ физических размерностей данного состава параметров приводит к двум безразмерным переменным:

$$L = dq/v, P = w/sq, \quad (4)$$

где L — обобщенный структурный параметр, и P — относительная производительность процессора. Таким образом, размерность функционального пространства процессора и размерность мыслительного процесса мозга одинаковы ($D = 2$). Эмпирическая зависимость между этими параметрами, полученная по результатам статистической обработки выборки из 30 процессоров разного типа [32], показана на рис. 1.

Оказывается, максимум относительной производительности достигается при структурном параметре

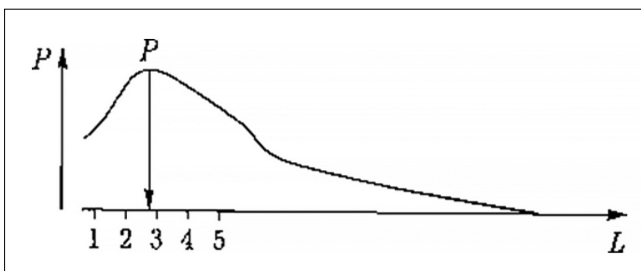


Рис. 1. Результаты оценки относительной производительности процессоров в зависимости от их обобщенного параметра

L^* . Автор формулы (3) использует известное число Непера $L^* = e = 2,718\dots$ и считает, что любая интеллектуальная система работает наиболее эффективно в окрестности точки L^* .

Если по методу В. М. Брандина по аналогии с параметрами m, k, p, T и G для таких интеллектуальных продуктов, как теоремы Ф. Виета, М. Ролля, формулы Ньютона-Лейбница, закон устойчивого горения твердого топлива, теории интеллекта из [10] определить по методам подобия [34] и посчитать затрачиваемую интеллектуальную работу на различные виды измерений и регулирования, а под степенью интеллектуальности понимать сравнение в процентах с самым высокоинтеллектуальным процессом на данный момент — созданием языка (русского или английского), то результаты можно представить таблицей 2.

СтИ по графам 8 и 9 можно определить как, соответственно, степень затраченной для понимания продукта интеллектуальной работы и степень требуемой для понимания продукта интеллектуальной мощности (или степень приближения к порогу понимания — ЕЯ).

Более подробно представим получение по методу Брандина В. Н. параметров и результатов по строкам 8 и 10 (расчет из [10]) и 9 (собственный авторский расчет).

“Windows” является наиболее популярным семейством коммерческих операционных систем, которые позволяют управлять с помощью графического интерфейса специальными “окнами” на экране компьютера. Этот продукт был создан интеллектуальной системой в рамках компании Майкрософт, руководимой Бил Гейтсом, более 35 лет назад. Поскольку все носители информации в компьютере (процессор, диски, экран, микрочипы, клавиатура) являются двумерными, то на входе Windows мы имеем многообразие данных с размерностью $m = 2$. Пользователь на выходе заинтересован в трёх независимых условиях: удобство, надёжность, производительность. Следовательно, можно считать, что размерность продукта на выходе равна $p = 3$. Чтобы оценить интеллектуальную работу над этим продуктом, необходимо знать творческий параметр k при погружении. В данном случае этот параметр $k = 3$, что встречается чрезвычайно редко. Классификационная таблица окон данных две дополнительные переменные (ознакомительная и управляющая информация). Пучок окон даёт третью дополнительную переменную, обеспечивающую быстрый выбор требуемого окна. Эта совокупная идея в её простейшем виде была использована еще при изобретении книгопечатания: любое слово в книге является трёхадресным: номер страницы, номер строки и место в строке. Окна (страницы Windows) сшиты между собой гибким путём, и это обеспечивает быстродействие.

Естественный язык (ЕЯ). Существует очень большое число языков в мире. Наиболее развитые из них — это английский, хинди, русский, имеют на входе размерность $m = 12$ (автор не раскрывает входные переменных, очевидно, что количество классов объектов и отношений между ними в ЕЯ соответствует $m + 1 = 13$). Голосовые органы человека имеют две степени свободы: свободу произношения различных звуков (несколько десятков) и свободу формирова-

№ п/п	Интеллектуальный продукт	m	k	p	T	G	$T_i/T_7 \times 100\%$	$G_i/G_7 \times 100\%$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Измерение физического параметра ОУ (аналог – теорема Ф. Виета)	1	0	0	2,7	0	1,1	0
2	Измерение параметра с компенсацией нелинейности (теорема М. Ролля)	1	1	0	7,4	0	2,9	0
3	Классическое регулирование параметра (закон устойчивого горения топлива)	1	1	2	9,4	6,2	3,7	42,9
4	Измерение параметра с компенсацией, самодиагностикой и отключением	2	1	1	15,8	3,1	6,2	20,1
5	Регулирование с самонастройкой и использованием правил БЗ (формула Ньютона-Лейбница)	2	1	2	16,8	6,2	6,6	42,9
6	Регулирование с самонастройкой, использованием правил БЗ, системой «разъяснений» самодиагностики (теория интеллекта)	3	1	3	25,2	9,3	9,9	60,4
7	Теория относительности	4	2	4	93,9	12,3	36,9	79,9
8	«Windows»	2	3	3	131,3	9,3	51,6	60,4
9	Технология создания БЗ с ЯПЗ на основе RX-кодов для предметной области «Корабль» (из [3])	9	1	5	194,4	15,4	76,4	100
10	Создание языка общения (уровня русского или английского)	12	2	5	254,5	15,4	100	100

ния различных комбинаций звуков (несколько сотен тысяч). Таким образом, голосовой аппарат ЕЯ обеспечивает в стадии погружения две дополнительные переменные, $k = 2$.

Размерность окончательного продукта адекватно определяется в лингвистических понятиях. Развитый язык имеет размерность на выходе $p = 5$. Прежде всего, *фонетика* и *грамматика* являются двумя независимыми параметрами языка. Далее, каждое слово сопоставляется с определённым предметом, действием или чувством, в результате чего слово получает конкретное, содержание. Свобода выбора в этом акте есть третья независимая переменная, *семантика*. Четвёртой переменной языка является синтаксис, т. е. путь образования фраз и предложений из слов. Имеется ещё одна степень свободы. Это свобода выбора символов для алфавита, которая обозначается термином *семиотика*.

Технология создания базы знаний (БЗ) и языка представления знаний (ЯПЗ) на основе RX-кодов для предметной области «Корабль». В [3] были представлены примеры реляционных записей: помещения «агрегатная № 2» и технического средства (ТС) «водоотливной насос № 5» на языке RX-кодов для предметной области «корабль» (проекта 1134Б) для использования в системе поддержки принятия решений по борьбе за живучесть (БЖК). Теперь определим методом Брандина В. Н. СтИ технологии создания базы знаний (БЗ) и языка представления знаний (ЯПЗ) на основе RX-кодов. Множество понятий $X = \{x_i\}$ тезауруса ЯПЗ составляют два кластера: объекты и отношения.

Объекты:

x_1 — топологические пространства корабля (ГВО, ВО и помещения);

x_2 — системы (ТС, оружия и вооружений и спецсистемы);

x_3 — элементы систем (насосы, вентиляторы, клапаны, вентиляционные головки и захлопки, двигатели, генераторы, холодильные машины, пульта, щиты, ГРЩ, РЩ, стойки управления, вертолет, пусковые ракетные установки, торпедные аппараты, антенны, лебедки и др.);

x_4 — командный и личный состав корабля, распределенный по боевым постам и командным пунктам.

Отношения:

x_5 — обозначения и принадлежности (имеет имя, относится к системе);

x_6 — размещения и расположения (находится внутри, над, под, сосед слева, справа, в нос, в корму);

x_7 — категорий (взрывоопасности и пожароопасности, водозащищенности);

x_8 — состава элементов (имеет в своем составе);

x_9 — коммуникационные и управляющие (питается от, забирает от, передает в, управляется из);

x_{10} — состояния (работоспособен/неработоспособен, включен/отключен, открыт/закрыт, затоплен, пожар, дым, газ и др.).

$X = 10$, следовательно, размерность на входе $m = 10 - 1 = 9$.

Для ЯПЗ звуковой строй отсутствует, так как он построен только на грамматике, однако для погружения ЯПЗ в предметную область «корабль» создателям технологии необходимо использовать конструкторскую документацию бюро-проектанта корабля двух типов (кораблестроительные чертежи помещений (отсеков) корабля, декомпозированных по палубам и схемы действующих на корабле систем ТС, оружия и вооружений и спецсистем), что дает $k = 2$.

По сравнению с разговорным языком у ЯПЗ нет фонетики, но для искусственного машинного ЯПЗ обязательна верификация БЗ на выходе [33] путем

проверок соответствия и симметричности связи объект-отношение (например, «находится в»–«имеет в своем составе») тогда на выходе имеем $p = 5$, как и для естественного языка.

Сравнивая результаты, полученные для ЕЯ и ЯПЗ на основе RX–кодов, необходимо отметить следующие особенности [34]:

1. Искусственный информационный язык (типа ЯПЗ на основе RX–кодов) позволяет избавиться от неоднозначности, существующей в ЕЯ, сформулировать строже правила записи сообщений и автоматизировать процессы машинной обработки текстовой информации;
2. Все понятия ЕЯ служат для описания окружающего мира и представляют *всеобщий тезаурус* мира, отражающий весь универсум наших знаний. Всеобщий тезаурус можно подразделить на *частные тезаурусы* путем выделения совокупности какой-либо специфической части мира.

В нашем случае будем рассматривать тезаурус корабля.

Методика оценки степени интеллектуальности технических и социотехнических систем

Одной из последних интересных работ по определению СтИ является попытка разработки методики для оценки СтИ технических и социотехнических систем различных классов при комплексном рассмотрении функций интеллектуальности таких систем на достаточно абстрактном уровне, без рассмотрения конкретной природы оцениваемых систем, т. е. без учета их функциональности [35]. Оценивание СтИ происходит по так называемым мета-функциям, которые составляют сущность интеллектуальности технических систем в понимании американских специалистов, на работы которых в статье ссылаются авторы.

Под интеллектуальностью искусственной (технической) системы в статье понимается наличие у такой системы двух важных свойств. Во-первых, это возможность адаптации к изменяющимся условиям внешней среды при эксплуатации или изменяющимся условиям самой эксплуатации. Однако это свойство давно используется в адаптивных системах управления (с настраиваемыми параметрами или с перестраиваемой структурой) сложными динамическими объектами, что относится к автоматизации управления.

Автономность здесь рассматривается только как способность к принятию самостоятельных решений без вмешательства человека. Чем выше степень автономности и адаптивности искусственной системы, тем выше её интеллектуальность. Если для таких систем как «интеллектуальное здание» или «умный город» такое определение автономности вполне подходит, то для таких систем, как мобильный интеллектуальный автономный робот, автономный необитаемый подводный аппарат (АНПА) или безэкипажный катер понятие автономности имеет еще и вторую сторону — обеспеченность энергией и ресурсами, а также возможность их пополнения в процессе выполнения миссии.

Любая интеллектуальная система с технологиями ИИ, по мнению американских и российских авторов

[37,38], должна обладать следующими мета-функциями: 1) интерпретация получаемых данных «на лету»; 2) диагностика своего состояния; 3) мониторинг состояния объекта управления; 4) моделирование и прогнозирование будущих состояний объекта управления (ОУ) и своего собственного; 5) планирование реакции на будущие состояния; 6) самообучение и обучение с учителем; 7) управление в различных режимах; 8) поддержка принятия решений в экстренных случаях. Очевидно, что интеллектуальные функции содержатся только во 2, 4, 5, 6 и 8 пунктах, а 1,3 и 7 — это автоматизация.

Термин «на лету» означает возможность выполнения программного кода из обычной текстовой строки непосредственно во время работы программы (поддерживают такие языки программирования высокого уровня, как Java, .NET, C# и др.). Выполнение запросов над потоками данных — это новая технология, обеспечивающая обработку быстро поступающих данных и производящая результаты с небольшими задержками. Эта технология появилась в сообществе исследователей баз данных (БД), и поэтому она обладает некоторыми характеристиками, сделавшими популярными реляционные системы БД. В системах БД сначала данные поступают в базу данных и сохраняются на дисках, а потом уже пользователи применяют к этим сохраненным данным запросы. В систему обработки запросов над потоковыми данными запросы поступают раньше, чем данные. Данные проходят через несколько постоянно выполняемых запросов, и преобразованные данные поступают в приложения. Можно сказать, что в реляционных СУБД данные обрабатываются в состоянии покоя, а в системах обработки запросов над потоковыми данными — «на лету» [39]. Это конечно повышает эффективность работы с данными, но не заменяет каких-либо интеллектуальных функций человека-оператора. Вот, если бы первой мета-функцией авторы назвали «использование семантических технологий» типа Semantic Web или онтологический инжиниринг, то для систем с информационно-поисковыми функциями это был бы переход к интеллектуализации.

Остальные мета-функции достаточно понятны, но аналогично формуле (1) этот набор мета-функций характеризует объединение процессов автоматизации и интеллектуализации в одно общее понятие «интеллектуальность», что не совсем корректно, однако, как мы видим, часто используется. Во многих классификациях к интеллектуальным функциям относят и контроль параметров, и мониторинг состояния объекта и передачу сигналов от датчиков, хранение данных в БД, регулирование и изменение уставок регулирования и другие функции автоматизации.

Авторы работы [37] сделали попытку разработать метод без учета особенностей функциональности интеллектуальной системы, но сравнивать СтИ «умного дома» со СтИ автономного робота или АНПА, по мнению авторов данной статьи, нецелесообразно, как и определять: «Кто сильнее: кит или слон?». Кроме того, к недостаткам подхода относится и использование экспертного определения коэффициентов весомости по неясным правилам.

Комплексный функциональный подход определения СтИ и коэффициентов весомости

Подобный подход к определению СтИ интеллектуальных систем управления как комплексного КРП, изложенного в работе [37] и статьях [40,41] предлагается ниже. Главные его два отличия это учет функциональности с кластеризацией интеллектуальных систем именно по функциональной специализации и определение значений коэффициентов весомости по методу анализа иерархий (МАИ) попарного сравнения Томаса Саати [42]. Этот метод приводит лицо принимающее решение (ЛПР) не к «правильному» распределению коэффициентов весомости, а к варианту, наилучшим образом согласующемуся с его пониманием сути проблемы и требованиями к ее решению.

Наиболее простое решение этой проблемы состоит в определении и пересчете всех интеллектуальных функций (ИФ) данной системы управления или интеллектуального объекта и определение СтИ как доли равновесных функций переданных от человека Техническому интеллекту по формуле (4):

$$Y = I_{ТИ} / I_{О}, \quad (4)$$

где Y — СтИ; $I_{ТИ}$ — количество функций, выполняемых Техническим интеллектом; $I_{О}$ — общее количество интеллектуальных функций.

Однако более корректно учитывать кластеризацию $I_{О}$ по целям ЦИ1 ÷ ЦИ7, изложенных в статье [3] и введение коэффициентов весомости по каждой цели, условно считая функции внутри целевого кластера равновесными или определять их СтИ по методу Брандина В. Н. В таблице 3 представлена матрица попарных сравнений ЦИ1 ÷ ЦИ7 по методу анализа иерархий (МАИ) Т. Саати, где α_i — коэффициенты весомости целей ЦИ_i (индексы критериальной значимости [44,45]).

Для роботов (в том числе АНПА) и других мобильных интеллектуальных объектов представим пронумерованные ИФ, обеспечивающие достижение целей ЦИ1 ÷ ЦИ7 и итоговую формулу (5).

ИФ1.1 — обеспечение «человеконезависимости» или функциональной автономности, которая может определяться по шкале, состоящей из следующих дискретных пунктов достижения: 0% — полностью отсутствует, например у экзоскелетона антропоморфные конструкции «надеваются» на тело (части тела)

человека и управляются им же; 25% — управляется супервизорно человеком из центра управления, сигналы передаются по проводной связи; 50% — управляется супервизорно человеком из центра управления, сигналы передаются по беспроводной связи; 75% — самоуправление с постоянным контролем выполнения миссии из центра и вмешательство центра в экстренных случаях; 95% — отсутствие контроля из центра управления, но возможное обращение к центру в экстренных случаях за помощью; 100% — полная автономность, в том числе и энергетическая дозаправка. Далее приведем примеры ИФ без раскрытия содержания шкал.

ИФ1.2 — наличие технического зрения, технологий распознавания образов и обхода препятствий.

ИФ1.3 — обеспечение самодиагностики критических параметров как собственных, так и внешних.

ИФ1.4 — обеспечение самостоятельного проведения технического обслуживания с использованием ЗИП.

ИФ2.1 — обеспечение поддержки принятия решений в экстренных ситуациях.

ИФ3.1 — наличие БЗ о самой системе и окружающей среде.

ИФ3.2 — обеспечение обучения и накопления опыта в БЗ.

ИФ4.1 — обеспечение адаптивности к изменению параметров собственного состояния и ОС (проблемной среды).

ИФ4.2 — обеспечение самостоятельного принятия решений в случае опасности развития ситуации.

ИФ5.1 — обеспечение планирования возможного развития ситуации.

ИФ5.2 — реализуется оценка возможности/невозможности выполнения заданной миссии, достижения поставленной цели или проведения требуемых объемов работ.

ИФ6.1 — обеспечение работоспособности с возможной деградацией качества функционирования.

ИФ7.1 — используется ситуационное управление, сопоставляющее паре «текущая ситуация — целевая ситуация» требуемый результат — управление U или решение по принимаемому действию D, т. е. в данной целеустремленной интеллектуальной системе есть целеполагание и методы достижения цели.

Коэффициенты весомости α_i в формуле (5) взяты из таблицы 3.

Таблица 3

	ЦИ1	ЦИ2	ЦИ3	ЦИ4	ЦИ5	ЦИ6	ЦИ7	Σ	α_i	
ЦИ1	1	3	1	2	4	3	4	18	0,29	
ЦИ2	1/3	1	3	1	1	1	1	8,333	0,13	
ЦИ3	1	1/3	1	2	3	2	3	12,333	0,2	
ЦИ4	1/2	1	1/2	1	1	1	2	7	0,11	
ЦИ5	1/4	1	1/3	1	1	1	1	5,583	0,09	
ЦИ6	1/3	1	1/2	1	1	1	2	6,833	0,11	
ЦИ7	1/4	1	1/3	1/2	1	1/2	1	4,583	0,07	
								Всего:	62,665	1,0

$$Y=0,29 (ИФ1.2+ИФ1.2+ИФ1.4+ИФ1.4)+0,13ИФ2.1+0,2 (ИФ3.1+ ИФ3.2)+0,11 (ИФ4.1+ИФ4.2)+0,09 (ИФ5.1+ИФ5.2)+0,11ИФ6.1+0,07ИФ7.1 \quad (5).$$

В заключение необходимо отметить важность того, что СтИ целесообразно определять на множестве аналогичных интеллектуальных систем. Например, ИПС (по Интернету или библиотечно-справочные), интеллектуальные системы управления, мобильные интеллектуальные объекты (роботы, беспилотники, АНПА, «умные корабли»), стационарные интеллектуальные объекты («умные» дома, города, станции, терминалы) и т. п. При этом для каждого функционального множества или подмножества интеллектуальных систем необходимо составлять свою собственную формулу, аналогичную (5), но со своими интеллектуальными функциями, которые могут быть и универсальными и специализированными [3, 20, 23, 33-43], что рассмотрим на следующем этапе исследований этой важной проблемы.

Выводы

1. В английском языке словосочетание «Artificial Intelligence» не имеет человекоподобного свойства (антропоморфизма), которое оно приобрело в традиционном русском переводе: слово «intelligence» в используемом контексте скорее означает «умение рассуждать разумно», «умственные способности» или «интеллектуальность», а вовсе не «интеллект» (для которого есть английский аналог — «intellect»). Из-за этого некорректного перевода происходит неприятие этого термина и научного направления многими учеными и руководителями научных организаций. Поэтому описывая разработку и внедрение технологий ИИ целесообразно использовать более корректные тер-

2. Для предприятий приборостроения разработку и внедрение технологий ИИ целесообразно определять, как интеллектуализацию продукции и управления деятельностью предприятия или управления организационно-технологическими процессами организации.
3. Научное содержание термина «интеллект» устанавливается очень медленно, поскольку лежит в области пересечения многих научных дисциплин и не имеет до сих пор достаточно обоснованной количественной характеристики или степени интеллектуализации.
4. В основе феномена интеллекта, как функции мозга, лежит такое явление, как сенсорный образ — проявление функции рецепторных систем, который может формироваться у любых животных.
5. Большинство попыток расчета степени интеллектуализации имеют один и тот же недостаток: происходит объединение интеллектуальных функций и функций автоматизации управления.
6. Из многих попыток определения понятия «интеллект» и расчета степени интеллектуализации наиболее обоснованно, по нашему мнению, подходил в своих работах Брандин В. М. Метод использует эмпирические формулы, но они подтверждаются на практике. Предложено определять в его подходе степень интеллектуальности сравнением в процентах с самым высокоинтеллектуальным процессом на данный момент — созданием языка (русского или английского).
7. Предложен комплексный системно-функциональный подход и приведена математическая модель определения степени интеллектуализации систем и объектов, что позволяет их квалитетически оценивать, анализировать и переходить к решению задач синтеза.

Список использованных источников

1. Национальная стратегия развития искусственного интеллекта на период до 2030 года. Утверждена Указом Президента РФ от 10 октября 2019 г. № 490 "О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации". — 23 с.
2. Евсеенко С. М. Этапы развития технологий искусственного интеллекта и уточнение терминологии // *Инновации*. — 2021, №4, с. 39-48.
3. Евсеенко С. М. Обзор направлений интеллектуализации продукции и деятельности приборостроительного предприятия // *Инновации*. — 2021.
4. Психологический словарь / Под ред. В. В. Давыдова. — М.: Акад. Пед. Наук СССР, 1983. — 448 с.
5. Линн Р. Интеллект и экономическое развитие // *Психология. Журнал высшей школы экономики*. — 2008. — № 2. — С. 89-108.
6. Лобанов А. П. Интеллект: определения, теории, парадигмы // *Вестн. БДПУ*, Сер. 1, 2014, № 2. — С. 42-46.
7. Ильясов Ф. Н. Разум искусственный и естественный // *Известия АН Туркменской ССР, серия общественных наук*, 1986, № 6. — С. 46-54.
8. Семь интеллектов Говарда Гарднера. <https://hr-academy.ru/hrarticle/sem-intellektov-govarda-gardnera.html> (дата обращения: 15.02.2021).
9. Большая Российская Энциклопедия. — М.: Большая Российская Энциклопедия, 2008, т. 11. — С. 429-430.
10. Брандин В. М. Размерностная сложность. Интеллект. — М.: Физматлит, 2008. — 168 с.
11. Каку М. Будущее разума: Пер. с англ. — 4-е изд. — М.: Альпина нон-фикшн, 2018. — 646 с.
12. Тьюринг А. Может ли машина мыслить? — М.: Физматгиз, 1960. — 112 с.
13. Искусственный интеллект. Что надо знать о наступающей эпохе разумных машин / под ред. Д. Хэвен: пер. с англ. О. Д. Сайфудиновой. — М.: АСТ, 2019. 352 с.
14. Шевченко А. И., Сальников И. С., Сальников Р. И. О принципах построения искусственного интеллекта в антропоморфных системах // *Искусственный интеллект*, 2010, № 4, с. 4-19.
15. Кузнецов и др. Круглый стол «Парадигмы искусственного интеллекта» // *Новости искусственного интеллекта*. — М., 1998, № 3, С. 3-21.
16. Маркофф Дж. Homo Roboticus? Люди и машины в поисках взаимопонимания. — М.: АНО, 2017. — 405 с.
17. Ray Kurzweil. How to create a mind: the secret of human thought revealed. — В переводе на русский издательства: Эволюция разума или бесконечные возможности человеческого мозга, основанные на распознавании образов. — М.: БОМБОРАТМ. — 2018. — 350 с.
18. Хокинс Дж., Блейкли С. Об интеллекте: Пер. с англ. — М.: ООО «И. Д. Вильямс», 2007. — 240 с.
19. Осин А. А. Модель речевого интеллекта в организационных коммуникациях // *Социально-гуманитарные знания*, 2012. — № 6. — С. 343-349.
20. Карпов В. Э., Карпова И. П., Кулинич А. А. Социальные сообщества роботов. — М.: ЛЕАНДР, 2019. — 352 с.
21. Финн В. К. Далеко не все функции естественного интеллекта могут быть формализованы и автоматизированы // *Журнал «Коммерсант Наука»*, № 68 от 23.12.2019. — М.: ИД «Коммерсант». — С. 33-38. <https://www.kommersant.ru/doc/4198609> (дата обращения: 15.02.2021).
22. Величенко В. В. Принципы технического интеллекта в проблеме управления сложными экономическими системами // *Интеллектуальные системы*, 1997, том 2, вып. 1-4.
23. Макаров И. М., Лохин В. М., Манько С. В., Романов М. П. Искусственный интеллект и интеллектуальные системы. — М.: Наука, — 2006. — 333 с.
24. Остроух А. В. Интеллектуальные системы. Учебное пособие. — Красноярск: Научно-инновационный центр, 2015. — 110 с.

25. Бранец В. Н., Клуб Д., Кнутов А. С., Микрин Е. А., Черток Б. Е., Шеррил Д. Развитие вычислительных систем с элементами искусственного интеллекта, применяемых в системах управления космическими аппаратами//Известия РАН, Т и СУ, 2004. — № 4. — С. 146–149.
26. Красилов А. А. Информатика. Том 7. Интеллектуальные системы (Системы решения проблем). — М., 2003. — 232 с. <http://rudocs.exdat.com/docs/index-18530.html> (дата обращения: 15.02.2021).
27. Лябах Н. Н., Умрихин Н. Г. Методы оценки интеллектуальности компьютерных систем//Вестник Университета, 2013. — № 6. — С. 54–58.
28. Литвинов В. А., Оксанич И. Н. Оценка уровня виртуальной интеллектуальности прикладной программно-технической системы на основе анализа эргономической модели//Математичні машини і системи, 2008, № 2, С. 100–105.
29. Большой экономический словарь/под. общ. ред. А. Н. Азрилия. — 3-е изд., перераб. и доп. — М.: Институт новой экономики, 1998. — 864 с.
30. Александров П. С., Пасынков Б. А. Введение в теорию размерности. — М.: Наука, 1973. — 577 с.
31. Клайн М. Математика. Утрата определённости. — М.: МИР, 1984.
32. Углов В. А., Митихин В. Г. Оценка характеристик сложных систем//Сб. научных трудов "В мире науки". — Международная академия информатики, 1996. — С. 40–46.
33. Чечкин А. В. Математическая информатика. — М.: Наука, 1991. — 416 с.
34. Клайн С. Дж. Подобие и приближенные методы. — М.: МИР, 1968. — 304 с.
35. Нитежук М. С. Верификация и поиск противоречий в базах знаний интеллектуальных систем//Молодая наука Сибири: электрон. науч. журн. — 2018. — № 2. <http://mnv.irgups.ru/toma/22-2018> (дата обращения: 15.02.2021).
36. Шемакин Ю. И. Тезаурус в автоматизированных системах управления и обработки информации. — М.: Воениздат, 1974. — 202 с.
37. Мохов А. И., Душкин Р. В., Андронов М. Г., Мальцев В. П. — Методика оценки степени интеллектуальности технических и социотехнических систем//Цифровая экономика. — 2019, № 3 (7). — С. 24–33.
38. Джарратано Дж., Райли Г. Экспертные системы: принципы разработки и программирование: Пер. с англ. — М.: Издательский дом «Вильямс», 2006. — 1152 с.
39. Julian Hyde. Data in Flight. How streaming SQL technology can help solve the Web 2.0 data crunch. ACM Queue, vol. 7, no. 11, December 2009 <https://dl.acm.org/doi/10.1145/1661785.1667562> (дата обращения: 15.02.2021).
40. Евсеенко С. М., Скороходов Д. А. О степени механизации и автоматизации организационно-технологических процессов предприятия и корабля//Морские интеллектуальные технологии, 2013, № 3 (21). — С. 44–50.
41. Евсеенко С. М. Комплексный показатель качества проектирования изделий научно-производственного приборостроительного предприятия//Инновации, 2020, № 7. — С. 20–29.
42. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий. — М.: Радио и связь, 1993. — 314 с.
43. Алексеев А. В., Смольников А. В., Сус Г. Н., Ушакова Н. П. Когнитивные технологии системы поддержки принятия решений и управления борьбой за живучесть корабля, судна//Системы управления и обработки информации: науч.-техн. сб./АО «Концерн «НПО «Аврора». СПб, 2019. Вып. 3 (46), с. 18–27.
44. Субетто А. И. Синтетическая квалиметрия. Книга 1/Под ред. Л. А. Зеленова. — С.-Петербург — Кострома: КГУ им. Н. А. Некрасова, 2011. — 620 с.
45. Микони С. В., Соколов Б. В., Юсупов Р. М. Квалиметрия моделей и полимодельных комплексов: монография. — М.: РАН, 2018. — 314 с.

References:

1. National strategy for the AI development for the period up to 2030. Approved by the Decree of the President of the Russian Federation on October 10, 2019 Vol. 490 «On the development of artificial intelligence in the Russian Federation.», 23 p. (in Russian)
2. Evseenko S. M. Stages of development of artificial intelligence technologies and clarification of terminology. Innovations [Innovacii], 2021, №4, p. 39–48. (in Russian)
3. Evseenko S. M. Overview of the areas of products intellectualization and activities of the instrument-making enterprise. Innovations [Innovacii], 2021. (in Russian)
4. Psychological Dictionary/Ed. V. V. Davydov. Moscow, Academy of Pedagogical Sciences of the USSR, 1983. — 448 p. (in Russian)
5. Lynn R. Intellect and economic development. Psychology. Journal of the Higher School of Economics, 2008, no. 2, pp. 89–108. (in Russian)
6. Lobanov A. P. Intelligence: definitions, theories, paradigms. News of Belarusian State Pedagogical University., series 1, 2014, no.2, pp. 42–46. (in Russian)
7. Ilyasov F. N. Mind artificial and natural. News of the Academy of Sciences of the Turkmen SSR, a series of social sciences [Izvestija AN Turkmensoj SSR, serija obshhestvennyh nauk], 1986, no. 6, pp. 46–54. (in Russian)
8. Howard Gardner seven types of intelligence <https://hr-academy.ru/hrarticle/sem-intellektov-govarda-gardnera.html> (accessed: 15.02.2021).
9. Great Russian Encyclopedia [Bolshaja Rossijskaja Jenciklopedija]. Moscow, 2008, vol.11, pp. 429–430. (in Russian)
10. Brandin V. M. Dimensional complexity. Intelligence. Moscow, Fizmatlit, 2008, 168 p. (in Russian)
11. Kaku M. The Future of the Mind (in Russian translation), 4th edition, Moscow, Alpina non-fiction, 2018, 646 p. (in Russian)
12. Turing A. Can the Machine think? Moscow, Fizmatgiz, 1960, 112 p.
13. Machines that Think: Everything you need to know about the coming age of artificial intelligence, edited by D. Haven, translated from English by O. Saifudinova. Moscow, AST, 2019, 352 p. (in Russian)
14. Shevchenko A. I., Salnikov I. S., Salnikov R. I. On the principles of building artificial intelligence in anthropomorphic systems. Artificial Intelligence, 2010, no. 4, pp. 4–19. (in Russian)
15. Kuznetsov et al. Round table «Paradigms of Artificial Intelligence». News of Artificial Intelligence [Novosti iskusstvennogo intellekta]. Moscow, 1998, no. 3, pp. 3–21. (in Russian)
16. J. Markoff. Machines of Loving Grace: The Quest for Common Ground Between Humans and Robots Moscow, ANO, 2017, 405 p. (in Russian)
17. Ray Kurzweil. How to create a mind: the secret of human thought revealed. In Russian translated by the editor. Moscow, Bombaratn, 2018, 350 p. (in Russian)
18. Hawkins J., Blakesley S. On intelligence: Translated from english, Moscow, I. D. Williams, 2007, 240 p. (in Russian)
19. Osin A. A. Swarm intelligence model in organizational communications. Social and humanitarian knowledge [Sociaľno-gumanitarnye znanija], 2012, no. 6, pp. 343–349 (in Russian)
20. Karpov V. E., Karpova I. P., Kulich A. A. Social communities of robots Moscow, Leandr, 2019, 352 p. (in Russian)
21. Finn V. K. Not all functions of natural intelligence can be formalized and automated. Journal «Kommersant Nauka», [Zhurnal «Kommersant Nauka»], no. 68, 23.12.2019. pp. 33–38. <https://www.kommersant.ru/doc/4198609> (accessed: 15.02.2021).
22. V. V. Velichenko Principles of technical intelligence in the problem of managing complex economic systems. Intelligent systems, [Intellektualnye sistemy], 1997, vol 2, ed.1–4 (in Russian).
23. Makarov I. M., Lokhin V. M., Manko S. V., Romanov M. P. Artificial intelligence and intelligent systems. Moscow, Science, 2006, 333 p. (in Russian)
24. A. V. Ostroukh. Intelligent systems. Tutorial. — Krasnoyarsk: Research and Innovation Center, 2015. 110 p. (in Russian)
25. Branets V. N., Klab D., Knutov A. S., Mikrin E. A., Chertok B. E., Sherril D. Development of computing systems with elements of artificial intelligence used in spacecraft control systems. Izvestiya RAN, TiSU, 2004, no. 4, pp. 146–149 (in Russian)
26. Krasilov A. A. Computer science. Volume 7. Intelligent systems (Problem solving systems). Moscow, 2003, 232 p. <http://rudocs.exdat.com/docs/index-18530.html> (accessed: 15.02.2021).
27. Lyabakh N. N., Umrihkin N. G. Methods for assessing the intelligence of computer systems. University Bulletin 2013, no. 6, pp. 54–58 (in Russian).
28. Litvinov V. A., Oksanich I. N. Assessment of the level of virtual intelligence of an applied software and hardware system based on the analysis of an ergonomic model./Mathematical machines and systems [Matematichni mashini i sistemi], 2008, no.2, pp. 100–105. (in Russian)
29. Great economic dictionary/ed. By A. N. Azrilia. — 3rd ed., Rev. and add. — М.: Institute of New Economics, 1998. — 864 p. (in Russian)
30. Alexandrov P. S., Pasyнков B. A. Introduction to the theory of dimensions, Moscow: Nauka, 1973, 577 p. (in Russian)
31. Kline M. Mathematics: The Loss of Certainty. Moscow, MIR, 1984. (in Russian)
32. Uglov V. A., Mitikhin V. G. Assessment of complex systems characteristics. Proceedings «In the world of science», International Academy of Informatics, 1996, pp. 40–46. (in Russian)
33. Chechkin A. V. Mathematical informatics. Moscow, Nauka, 1991, 416 p. (in Russian)
34. Kline J. Similitude and approximation theory. Moscow, MIR, 1968, 304 p. (in Russian)
35. Nitezuk M. S. Verification and search for contradictions in the knowledge bases of intelligent systems./Young Science of Siberia: electronic journal. — 2018. — No. 2. <http://mnv.irgups.ru/toma/22-2018> (accessed: 15.02.2021).
36. Shemakin Yu. I. Thesaurus in automated control systems and information processing. Moscow: Military Publishing, 1974, 202 p. (in Russian)
37. Mokhov A. I., Dushkin R. V., Andronov M. G., Maltsev V. P. — Methodology for assessing the degree of intelligence of technical and socio-technical systems. Digital Economy [Cifrovaja jekonomika], 2019, no. 3 (7), pp. 24–33. (in Russian)

38. Giarratano J., Riley G. Expert Systems: Principles and Programming (translated from English). Moscow, I. D. Williams, 2006, 1152 p. (in Russian)
39. Julian Hyde. Data in Flight. How streaming SQL technology can help solve the Web 2.0 data crunch. ACM Queue, vol. 7, no. 11, December 2009 <https://dl.acm.org/doi/10.1145/1661785.1667562> (accessed: 15.02.2021).
40. Evseenko S. M., Skorokhodov D. A. On the degree of mechanization and automation of organizational and technological processes on an enterprise and a vessel. Marine Intelligent Technology [Morskije intellektualnye tehnologii], 2013, no.3 (21), pp. 44–50. (in Russian)
41. Evseenko S. M. A comprehensive indicator of the products design quality of a research and production instrument-making enterprise. Innovations [Innovacii], 2020, No. 7, pp. 20–29. (in Russian)
42. Saati T. Decision-making. Method for analyzing hierarchies. Moscow, Radio and communication, 1993, 314 p. (in Russian)
43. Alekseev A. V., Smolnikov A. V., Sus G. N., Ushakova N. P. Cognitive technologies of the decision support and damage control system of a ship vessel. Control and information processing systems: proceedings by JSC Concern Avrora, St.-Petersburg, 2019. no. 3 (46), pp. 18–27. (in Russian)
44. Subetto A. I. Synthetic qualimetry. Volume 1/Ed. By L. A. Zelenov. St.-Petersburg — Kostroma, Kostroma State University, 2011, 620 p. (in Russian)
45. Mikoni S. V., Sokolov B. V. Yusupov R. M. Qualimetry of models and polymodel complexes: a monograph. — Moscow, Russian Academy of Science, 2018, 314 p. (in Russian)