

УДК 338.23 DOI: 10.14451/1.237.135

Отраслевые аспекты развития искусственного интеллекта: концептуальные противоречия и определяющие тенденции

© 2024 **Любкина Екатерина Олеговна**

Доцент кафедры управления Российской таможенной академии, кандидат экономических наук, доцент. Российская таможенная академия, Россия, Люберцы.

E-mail: lbknk@yandex.ru

© 2024 **Макрусев Виктор Владимирович**

Профессор кафедры управления, доктор физико-математических наук, профессор. Российская таможенная академия, Россия, Люберцы.

E-mail: makrusev@mail.ru

Ключевые слова:

искусственный интеллект, теория полезности, теория интеллектуализации, гибридный интеллект, гипотеза интеллектуального партнерства, концепция Индустрия 5.0.

В статье раскрыты основные направления трансформации отраслей экономики России в условиях реализации концепции интеллектуализации и ее развития. Определены характерные тенденции эволюции экономических систем с учетом научно-технического и технологического прогресса. Авторами сформулирована гипотеза полезности интеллектуализации с целью обоснования организационных изменений в процессе развития деятельности государственных органов. Сформулированы выводы о перспективах реализации концепции Индустрия 5.0 в России с учетом национальных целей, представленных Президентом РФ, и особенностями отраслевой трансформации экономики государства.

Введение

Интеллектуализация становится неотъемлемой частью прогрессивной экономической системы. Продуктивно она выражается в разработке, внедрении, обслуживании и непрерывном развитии технологий и инструментов «искусственного интеллекта» (далее ИИ), на идеях которого базируются стратегии развития предприятий различных сфер и отраслей экономики государства.

Приоритетной задачей управления является внедрение технологий и инструментов ИИ, обеспечивающих постоянное повышение результативности деятельности организации, таких как производительность, информативность и скорость системы обработки данных. Однако технологическое развитие процессов предприятия перестраивает не только производственный цикл, но и организационную среду. Интеллектуальная трансформация имеет технологиче-

ский, финансовый, социальный и другие эффекты. Постепенно акцент в управлении развитием смещается с количественных на качественные изменения, и чем больше полезных для предприятия количественных изменений происходит, тем выше становится уровень качества его деятельности. Но так ли это и как достигается кумулятивный эффект? Какие системные изменения происходят в организации? Как изменяются характеристики отрасли, в которой организации функционируют на основе технологий ИИ?

Чтобы ответить на данные вопросы, в рамках исследования проведен ретроспективный анализ, определена хронология становления концепции ИИ. Сопоставив основные закономерности и условия автоматизации и интеллектуализации, мы сделали выводы о дальнейшей трансформации и развитии новейшей отрасли экономики – гибридной отраслевой модели интеллектуальной экономики, которая представляет проекцию согласованного взаимодействия отраслей материального и нематериального производства на создание непрерывно функционирующей системы ИИ.

Анализ основных экономических характеристик технологий искусственного интеллекта

Исследования в области искусственного интеллекта имеют долгую историю. Дискуссии о преимуществах и недостатках машинного и человеческого интеллекта сопровождались многочисленными открытиями, в том числе разработкой технологий: «большие данные», «нечеткая логика», «глубокое обучение», «распознавание речи» и т.д.

Достижения науки активно распространяются на практике и обеспечивают решение задач информатизации, в том числе направленных на решение проблемы «распределения и коллективного использования» [9] информационного ресурса.

Практический опыт внедрения и использования технологий ИИ подчеркивают экономическую сущность технологического развития современ-

ной организации. В отчетах исследовательской службы европейского парламента с 2019 года по 2023 год просматривается не только тенденция расширения сфер применения ИИ, но и развитие его экономического потенциала. В исследованиях, полученных по результатам анализа 12 развитых экономик мира, чей совокупный потенциал разработок в области ИИ превышает 0,5%, представлены три ключевых направления влияния ИИ на экономический рост:

1. повышение (до 40%) производительности труда организаций, применяющих технологии ИИ;
2. создание новой «виртуальной» рабочей силы, так называемой «интеллектуальной автоматизации», способной решать производственные задачи и самообучаться;
3. инновационное развитие, поскольку ИИ создает новые источники дохода для организации, например, при создании инфо- или сервис- экосистем.

Российские аналитики, раскрывая производительные характеристики ИИ, представляют экономический кризис как «главный двигатель внедрения ИИ, поскольку на фоне международных экономических сложностей, ключевым мотивом предприятий становится оптимизация затрат и повышение эффективности. Этот фактор ускоряет внедрение и закладывает основу для более масштабного развертывания ИИ».

В России развитие ИИ сопряжено с реализацией национального проекта «Цифровая экономика». Согласно отчетам Министерства цифрового развития, связи и массовых коммуникаций, Федеральной службы государственной статистики, НИУ ВШЭ и других служб и ведомств, принимающих участие в реализации проекта [7], эконометрика технологий ИИ постепенно формируется, а его экономический потенциал развивается. Приведем некоторые данные о практике разработки и внедрении технологий ИИ в России (рис. 1, 2, 3, 4).

Сравнительно низкая динамика значений показателей внедрения и использования техноло-

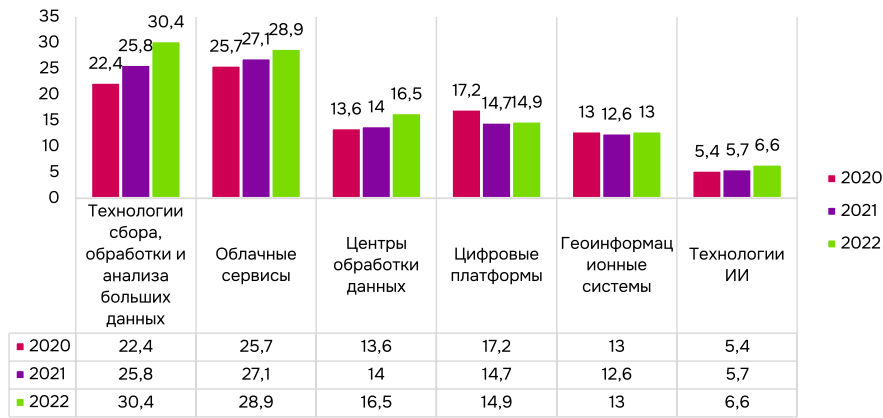


Рис. 1. Удельный вес организаций (в общем их числе), использующих цифровые технологии (%).

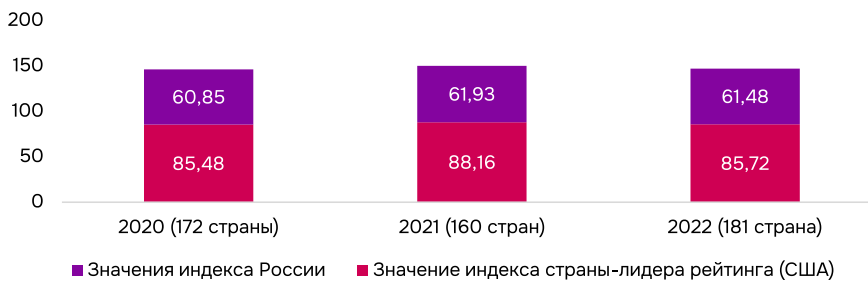


Рис. 2. Индекс готовности Правительства России к ИИ, баллы. Источник: составлено на основе данных Oxford Insights.

гии ИИ в России связана с различными факторами. Однако, на наш взгляд, стоит обратить внимание на характер экономического развития деятельности организаций, которые используют или планируют использовать ИИ. Так, можно отменить интенсивный характер роста для экономики России, основанный на совершенствовании технологий, автоматизации, развитии науки и техники, расширении сфер применения ИИ. В то время как коммерциализация ИИ предопределила во многих западных странах экстенсивный экономический рост, связанный с увеличением объема производства технологий ИИ.

Объяснить разницу в динамике экономического развития и, как следствие, различный подход к информатизации на основе ИИ можно, применяя модели экономического роста, например, Эрроу-Ромера, модель Барро-Сала-и-Мартина и т.д., каждая из которых рассматривает экономическую систему в закрытом или полукрытом состоянии, а также в соотношении различ-

ных факторов производительности от кадрового ресурса до технологического. Но в 1971 году экономистом-неокейнсианцем Саймоном Кузнецом сформулирована идея связи и взаимовлияния инновационных, институциональных сдвигов и идейно-политических изменений в обществе на ход и результаты экономического роста. Экономический потенциал ИИ для государств раскрывается по-разному, в зависимости от согласованности и сбалансированности инновационного, институционального и политического развития.

Компенсационным фактором в преодолении экономического разрыва между Россией и мировым сообществом может быть развитие новых технологических решений, например, гибридного ИИ. В повестке ИТ-конференции «Ключевые тренды развития искусственного интеллекта: наука и технологии» гибридный ИИ определяется как «ключевая тенденция и стратегическое направление развития технологий в России», и отмечаются следующие направления приме-

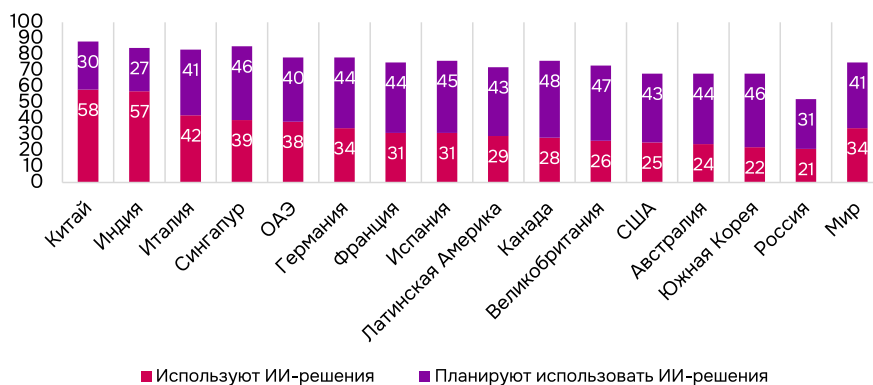


Рис. 3. Внедрение ИИ в мире в перспективе до 2026 года. Источник: составлено по данным ИТ-конференции «Ключевые тренды развития искусственного интеллекта: наука и технологии».

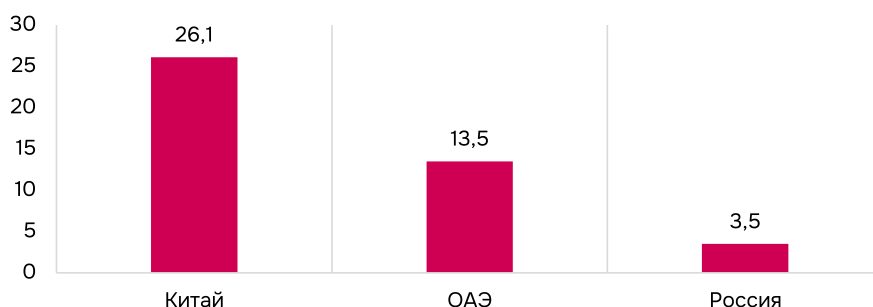


Рис. 4. Прогноз вклада ИИ в ВВП на 2030 год. Источник: составлено по данным IBM.

нения: создание универсальных генеративных нейросетей; развитие периферийного ИИ; реализация технологий сквозного цикла машинного обучения.

Значимость гибридного интеллекта возрастает и потому, что за несколько десятилетий развития ИИ от идеи до реальных технологических решений многими исследователями экономистами в условиях ускоряющегося технологического прогресса отмечается «парадокс производительности», который заключается в том, что экономический рост предприятий, реализующих технологии ИИ, выходит на стадию зрелости, но при этом производительность кадрового ресурса снижается или находится в стагнации. Это объясняется тем, что ИИ замещает активность персонала, что не дает возможности всесторонне формировать кадровый потенциал. В то же время производительность и темп развития предприятия оценивается пропорционально технологическому и кадровому ресурсу. Следовательно, консолидация «человеческого» и «машинного» интеллекта является неотъемлемым

условием целостного развития деятельности организации и формирования ее экономического потенциала.

На наш взгляд, для всестороннего исследования проблем и перспектив внедрения технологии гибридного интеллекта важно определить его связь с задачами экономического развития общества на разных этапах научно-технологического прогресса, поэтому подробнее остановимся на становлении теории гибридного интеллекта.

Эволюция теории интеллектуализации

Термин «интеллектуализация» стал универсальным и используется во многих научных сферах. Установить точную хронологию появления и этого термина достаточно сложно. В Оксфордском словаре термин определяется так: «объяснение чего-либо логическим образом...». Большая российская энциклопедия раскрывает термин с помощью теории психоанализа и дословно представляет, что интеллектуализация – это «защитный механизм личности», который

заключается в абстрагировании, мыслительных способностях индивида, ориентированных на логическое осознание и объяснение объектов, событий, действия и т.д., для предотвращения чувственных и эмоциональных реакций. В психоаналитической теории Анны Фрейд описан механизм защиты, используемый психикой, который включает интеллектуализацию. Немецкий социолог Масимилиан Карл Эмиль Вебер в работе «Наука как призвание и профессия» значительное внимание уделил интеллектуализации как ключевому условию культурного развития «сфер бытия человека». Именно способность рационально и логично мыслить позволило человеку культурно эволюционировать.

В современной науке термин «интеллектуализация» вышел далеко за пределы гуманитарной области и стал все больше специализироваться в информационно-технических прикладных областях. На основе результатов исследования, представленных в диссертации [14], в срезе технических наук термин определим следующим образом: интеллектуализация – это непрерывный процесс развития, «основанный на формировании высокоинтеллектуального института, самоадаптируемого, самоорганизованного, саморазвивающегося, использующего гибридный интеллект» для формирования и накопления когнитивных способностей. В широком смысле интеллектуализация – это алгоритмизированный процесс познания. В таком контексте следует рассматривать естественный процесс познания человеком, а также с применением технологий «машинного обучения». В первом случае познание – это аналитические действия, направленные на осмысление и выработку решения; во втором – это создание информационно-технологичной среды, основанной на алгоритмике. Можно ли сопоставить и сравнить интеллектуализацию на примере человека и машины? Да, если понимать, что процесс познания можно алгоритмизировать. И нет, если обусловить процесс познания теоретическим и практическим опытом, который со временем развивается и интегрируется, появляются новые теории и новые прикладные задачи. Человек, поскольку облада-

ет творческим мышлением, способен созидать знание; «машина», на данный момент, не имеет таких свойств.

Одним из направлений исследований в алгоритмике и лингвистике является создание и развитие терминосистем. Суть задачи заключается в стандартизации и рационализации терминов, которые должны быть адаптированы к созданию точных, строгих и в то же время абстрактных утверждений, способных выразить непрерывность и сложность мысли, то есть усилить ее интеллектуальный потенциал. Термин может быть общепринят, но в разных сферах иметь разные определения, еще сложнее использовать термин, если его значение зависит от контекста. Рационализированными терминами обогащается теоретическое знание, а прикладные знания позволяют объективировать мышление, так термины приближаются к понятиям, а предложения – к логическим суждениям.

Таким образом, создание единой терминологии – это один из этапов интеллектуализации, обеспечивающий появление не случайных, пусть и доказанных знаний, а осмысленных и логически обоснованных. Именно последнее является определяющим условием для развития «интеллекта машин». [13]

В 1950 году вышла статья Алана Мэтисона Тьюринга «Вычислительные машины и разум» в философском журнале *Mind*, в которой был опубликован контрольный тест, определяющий возможности искусственного интеллекта схожего с человеческим. Интерпретация данного теста следующая: «Человек взаимодействует с одним компьютером и одним человеком. На основании ответов на вопросы он должен определить, с кем он разговаривает: с человеком или компьютерной программой. Задача разработанной программы – ввести человека в заблуждение, заставив сделать неверный выбор» [6]. Схожесть искусственного интеллекта с человеком в результате такого тестирования проявляется в случае, если искусственный интеллект сможет построить свое поведение «неотличимым» от человеческого. Это достигается в том числе

сдобностью единообразно воспринимать и воспроизводить терминологию в ходе диалога.

Реализация «интеллекта машин» (или искусственного интеллекта (далее ИИ)) обеспечила возможности выполнения сложных задач, а в некоторых случаях позволила заменить человека в выполнении этих задач. Оппонентами теории ИИ высказывались позиции, что машины способны работать только при выполнении четко определённой задачи (например, распознавать речь или изображения) по линейному алгоритму, также они не способны решать несколько задач одновременно, а в некоторых случаях и завершать выполнение, например, по циклическому алгоритму. Использовать ИИ для решения сложных бизнес-задач в организации на сегодняшний день также невозможно в полном объеме, требуется привлечение экспертов или аналитиков.

Таким образом, зарубежные и российские ученые в области ИИ утверждают, что наиболее вероятной парадигмой развития современной организации является теория гибридного интеллекта, согласно которой для эффективного функционирования технологической и социально-экономической систем требуется использование взаимодополняющих сильных сторон человеческого и искусственного интеллектов. Синергетический эффект и со-зависимость человека и машины обеспечивают достижение наилучшего результата, чем работа каждого из них отдельно [22].

В рамках данного исследования представим пять этапов становления и развития теории гибридного интеллекта (рис. 5).

Отметим, что разработка теории гибридного интеллекта связана с двумя процессами (автоматизация и информатизация), интеграция которых в середине XX века обусловила появление новых научных направлений, таких как ИИ. Промышленная революция и начало процесса автоматизации в конце XVIII–XIX вв. предопределили технологическую эволюцию. Начавшаяся в 60-х гг. XX в. информатизация и применение ЭВМ

заметно ускорили процессы коммуникаций и, как следствие, управления организацией. Именно на этапе информатизации возникает задача развития не только технологических процессов, но и управления. Необходимость объединения темпов динамик управленческих и производственных процессов, согласование и соответственно определение вектора развития систем управления и производства, обусловило разработку следующих концепции управления:

- *кибернетической* (40-е годы XX в.) □ представляет управление как процесс непрерывной работы с информацией;
- *искусственного интеллекта* (50-е годы XX в.) □ рассматривает управление аналогично процессу познания и преобразованию информации в знания;
- *экспертных систем* (70-е годы XX в.), согласно данной концепции, управление приобретает характер профессиональной сферы деятельности, которой свойственны решения специальных задач управления (функционирования и развития организации).
- *множественного интеллекта* (80-е годы XX в.) □ раскрывает особенности процесса управления, характерные для решения задач в конкретных условиях, ситуативные компоненты определяют необходимость формирования и развития интеллектуального потенциала.
- *гибридного интеллекта* (90-е годы XX в.) □ согласно данной концепции, управление – это технологический процесс, который сопровождает работу подготовленных в области управления специалистов, обладающих соответствующим компетентным потенциалом.

Эволюцию теории управления и становление гибридного интеллекта следует рассматривать целостно, однако, и каждый отдельный этап имеет самостоятельные научные результаты, которые распространились не только в области управления, но и в технологических и экономических сферах.

Базис теории интеллектуализации представляется когнитивной методологией, которую раз-

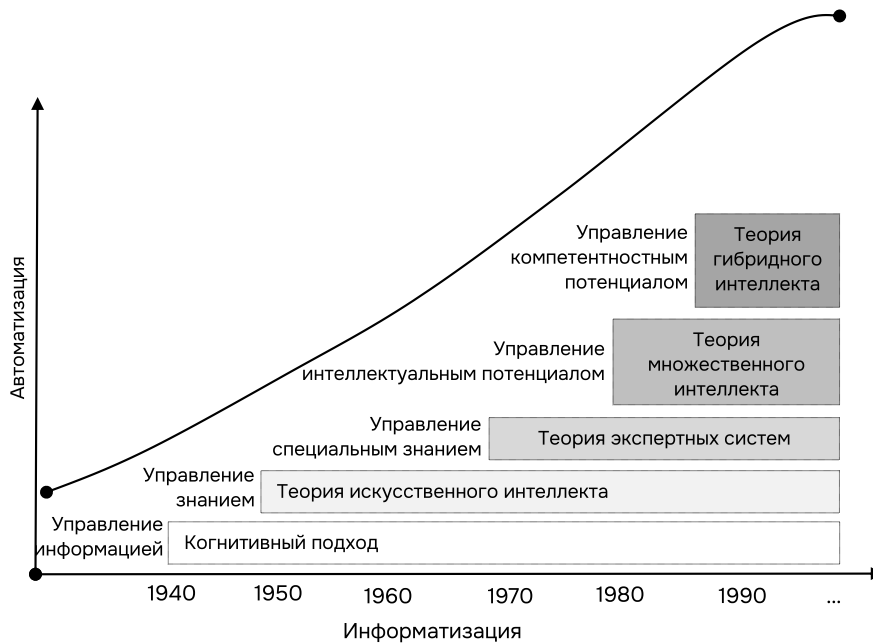


Рис. 5. Эволюция теории управления в условиях автоматизации и интеллектуализации.

личные научные школы (зарубежные и отечественные) расширяли и унифицировали. Так проявлялись новые синтетические научные дисциплины, концептуально и практически которые связывали собственное учение (физика, биология, экономика и т.д.) и теоретические положения из области технических наук, прежде всего информационно-технических [12].

Концепция познания, представленная когнитивной методологией, в 50–60 гг. XX века, предопределило начало серии новых прогрессивных научных исследований, которые можно озаглавить теорией искусственного интеллекта. В статье [10] подробно описаны положения теории, в рамках же данной статьи подчеркнем только прикладной аспект развития теории ИИ, в частности важность открытий, связанных со становлением алгоритмики, алгоритмизации познания и в целом информатизации системы.

Алгоритмизация процессов работы с информацией проходит в несколько этапов:

1. Разработка информационных систем, основанных на линейной алгоритмике, что состоит из правил-команд выполняемых пользователем;
2. Формирование и применение условных алгоритмов с обратной связью для определения контекста решаемых задач и накопления «индивидуального опыта» ИИ. С помощью таких алгоритмов информационные системы обучаются на знаниях и опыте пользователей, и их база знаний адаптивна и может обновляться по мере возникновения новых ситуаций и запросов.
3. Разработка алгоритмов для проведения экспертиз в конкретной предметной области.
4. Создание алгоритмической модели, способной обучаться: рассуждать, вести переговоры и взаимодействовать с людьми и другими машинами.
5. Разработка алгоритмов для самоосознающих информационных систем, которые получили название – искусственный общий интеллект (AGI). Такой алгоритм наиболее точно и полно имитирует человеческий интеллект.
6. Разработка алгоритмов самообучения ИИ и развитие ИИ до «сверхразума» (ASI), концепция которого заключается в выработке способности ИИ превзойти самых умных людей в любой области.
7. Разработка алгоритмов на принципах сингулярности и трансцендентности. При этом

развитие ИИ приобретает экспоненциальный характер и приводит к кооперации применения ИИ в разных областях.

Классификация ИИ достаточно разнообразна, представим некоторые наиболее востребованные виды и технологии ИИ.¹

Виды ИИ:

- Реактивные машины.
Системы ИИ, не имеющие памяти и решающие только определенные задачи. Они не способны формировать воспоминания и использовать полученный ранее опыт для выполнения своих функций.
- Ограниченная память.
Системы с памятью, основанной на прошлом опыте. Однако этот опыт не сохраняется и не компилируется в библиотеке информации ИИ.
- Теория разума.
Системы, понимающие человеческие эмоции и намерения, обладающие социальным интеллектом и участвующие в командной работе.
- Самосознание.
У систем ИИ этого типа формируется представление о себе, благодаря чему они полностью имитируют интеллект человека.

Технологии ИИ:

- Машинное обучение.
Машинное обучение – это способность компьютера с системой ИИ принимать решения по результатам обработки данных, не придерживаясь четких схем и правил.
- Глубокое обучение.
Подраздел машинного обучения, позволяющий обнаруживать закономерности в огромных массивах информации (Big Data). Обработкой данных в технологии глубокого обучения занимаются искусственные нейронные сети (ИНС), созданные по аналогии с биологическими нейронными сетями.
- Обработка и генерация естественного языка.
Составление программного обеспечения для трансформации любых данных в естественный

язык, понятный компьютеру и используемый им для ответов человеку.

Развитие теории искусственного интеллекта во многом способствовало ускорению информатизации общества и революционной смене парадигм управления. Однако полезное и безопасное применение технологий ИИ требует особой профессиональной подготовки специалистов, которые не только могли бы эффективно решать запрограммированные задачи, но и обучались, адаптировались и развивали бы свою технологическую грамотность. Социальный аспект ИИ раскрывается в развитии «экспертных систем».

Экспертная система – это этап разработки ИИ, на котором имитируется поведение и суждение человека или организации. Прототипом ИИ становится работа экспертов. Базы знаний ИИ состоят из экспертов из разных областей деятельности. Сама информационная система способна интерпретировать имеющиеся знания и использовать их в соответствии с поставленной задачей или проблемой при этом сложной, характеризуемой на уровне человеческого интеллекта или опыта.

Экспертные системы способны выполнять следующие функции:

- консультирование;
- поддержка принятия решений;
- демонстрации и инструкции;
- прогнозирование;
- аналитическое сопровождение;
- разработка альтернатив.

Экспертные системы состоят из следующих компонентов (рис. 6):

- база знаний;
- механизм логического вывода;
- модуль приобретения знаний и обучения;
- пользовательский интерфейс;
- модуль пояснения.

Особый интерес представляет последний компонент – модуль пояснения, который помога-

¹Официальный сайт Центра развития компетенций в бизнес-информатике, логистике и управления проектами Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики»: <https://hsbi.hse.ru>.

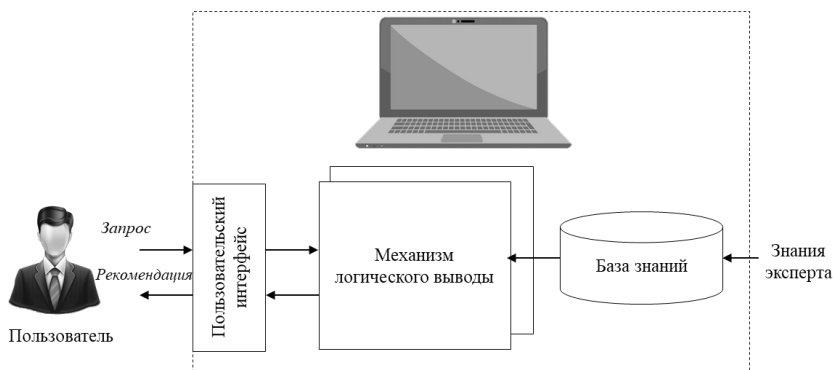


Рис. 6. Структура экспертных систем.

ет пользователю аргументировать полученный результат или сгенерированный вывод. В программный код экспертной системы закладываются следующие вопросы: первый – «Что может произойти дальше?» и второй – «Почему это произошло?», а также алгоритмы ответов на эти вопросы. Первый вопрос ориентирован на проработку системой выводов и заключений, ожидаемых эффектов, и представляет линейный механизм применения экспертных систем (рис. 7).

Второй вопрос представляет собой обратную связь внутри алгоритма работы экспертной системы (рис. 8). Отвечая на данный вопрос, механизм вывода решения пытается определить условия, которые могли произойти в прошлом, чтобы повлиять на сегодняшний результат. Так система прорабатывает причинно-следственную связь между разными событиями с помощью механизма обратной связи применения экспертных систем.

Существует несколько типов экспертных систем, в том числе основанные на правилах, фреймовые, нечеткие, нейронные и нейронечеткие.

Простые экспертные системы, описывающие знания как набор правил, называются системами, основанными на правилах. Многозначная логика – это другое название экспертных систем с нечеткой логикой, которые при решении задач различают степень применимости знания для решения задачи. Фреймы используются в экспертной системе для хранения и представления знаний. Сохраняя нейронные знания в виде ве-

сов в нейронах, нейронная экспертная система заменяет обычную базу знаний нейронными знаниями. Последний метод представляет собой нейронечеткую систему, которая сочетает в себе параллельные вычисления, обучение, представление и интерпретацию знаний.

Ключевое отличие экспертных от информационных систем, таких как ИИ, – это способность к пояснению результатов решения задачи. С помощью баз знаний, которые формируют профессиональные эксперты, и сложной алгоритмикой вычислений, экспертные системы не упрощают задачу или решаемую проблему, а усложняют, отвечая на вопросы «как появилась проблема?» и «почему?», таким образом полностью повторяя работу экспертных групп. Но в отличие от работы человека в экспертной группе, машина способна сохранять объективизм и структурировать ход решения задачи подробнее. Отличия работы экспертной группы и экспертной системы, а также перспективные направления ее применения представлены в таблицах 1 и 2.

На данный момент экспертные системы остаются наиболее точным представлением интеллекта человека, а также основных интеллектуальных функций: обучение, познание, мышление, пояснение, интерпретация и т.д.

Следующим этапом эволюции теории интеллектуализации является «множественный интеллект». Закономерность в появлении такого понятия проявляется в том, что интеллект имеет разнообразную типологию: от эмоционального до логико-математического. Именно способность

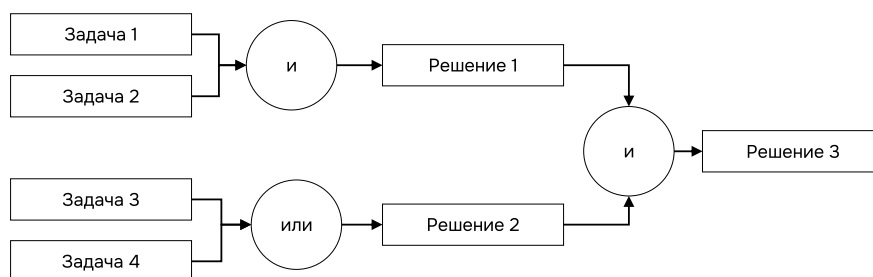


Рис. 7. Линейный механизм применения экспертных систем.

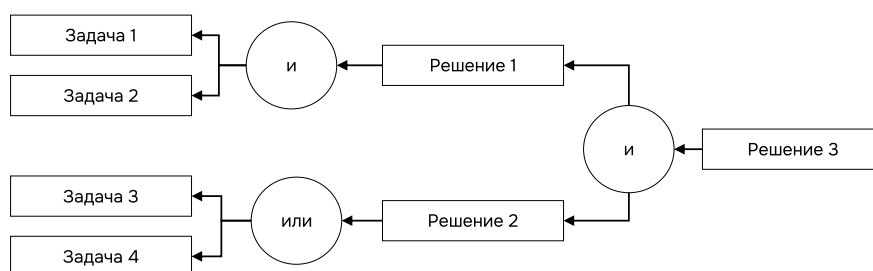


Рис. 8. Механизм обратной связи применения экспертных систем.

человека обладать различными типами интеллекта, а также возможность комбинировать их для решения нестандартных творческих задач, делают человеческий интеллект более адаптивным, чем машинный. Однако теория ИИ полностью стремится к воссозданию интеллектуальной функции человека на машине: как учесть разнообразие типов и их комбинаторику?

Основная идея множественного интеллекта заключается в том, что между отдельными интеллектами нет связи или она очень слабая. Г. Гарднер утверждает, что обычно у человека хорошо развиты несколько типов интеллектов, но некоторые из них могут сильно отставать от «главных». Из-за этого люди, которые блестяще показывают себя в одной дисциплине, порой не всегда в состоянии освоить даже школьную программу в другой.

В книге «Переосмысление интеллекта: множество интеллектов в XXI веке» Гарднер также предложил ещё один вид интеллекта – экзистенциальный. По мнению психолога, этот тип наиболее отличает людей от животных, так как заставляет задумываться о смысле и причинах собственного существования и других философских проблемах.

В 2015 году южнокорейский педагог и доктор наук в отрасли биостатистики Пак Юхён со своими коллегами из Наньянского технологического университета изобрела понятие «цифровой коэффициент» (англ. – digital quotient (DQ)).

Цифровой интеллект – это совокупность социальных, эмоциональных и когнитивных способностей, которые позволяют людям противостоять вызовам и адаптироваться к требованиям цифровой жизни.

Институт DQ – это международный аналитический центр, занимающийся разработкой стандартов цифрового интеллекта, который обеспечивает безопасность, расширение прав и возможностей отдельных лиц, организаций и стран в условиях цифровизации.

DQ представляет 8 областей цифровизации (идентификация, использование, безопасность, управление рисками (УР), эмоциональный интеллект, коммуникация) на трех уровнях (личный, общественный, организационный) и включает 24 цифровые компетенции (табл. 3).

Также стандарт цифрового интеллекта регламентирует цели и задачи обучения современного человека, а также навыки:

Таблица 1. Сопоставление основных характеристик работы экспертной группы и экспертной системы.

Экспертные группы	Экспертные системы
(с участием человека)	(машинная технология)
Непредсказуемость в работе и непоследовательность в выработке решений.	Постоянный и последовательный характер.
Сложность передачи и документирования данных.	Простота переноса и документирования данных.
Человеческие экспертные ресурсы стоят дорого.	Экспертные системы являются экономически эффективными системами.

Таблица 2. Направления применения экспертных систем (фрагмент).

Направление	Основная функция
Проектирование	Дизайн и архитектура проекта
Мониторинг	Непрерывное сравнение данных с наблюдаемыми объектами
Управление технологическими процессами	Управление физическими процессами на основе оперативного мониторинга.
Образование	Поиск ошибок, корректировка ответов, генерирование заданий.
Административная деятельность	Выявление возможного мошенничества и подозрительных операций. Планирование и прогнозирование.

1. Аналитическое мышление.
2. Критическое мышление.
3. Организаторские способности.
4. Технологические навыки.
5. Решение проблем.
6. Творчество.
7. Инициатива.
8. Коммуникация.
9. Адаптивность.
10. Устойчивость.
11. Социальные навыки.
12. Лидерство.

Рекомендации Института DQ отражают потребности и ценности современного общества, переживающего новый этап информатизации. В целом теория множественного интеллекта и цифровой интеллект стали переходным этапом к новой форме ИИ. Так стандарт DQ подчеркнул значимость человека при работе с информацией и принятием решений. Однако также указал на необходимость специальной профессиональной подготовки специалистов, работающих с информационными системами в своей сфере деятельности. Теория множественного интеллекта раскрыла основные особенности подготовки таких специалистов и, что еще более важно, условия адаптации к «машинному интеллекту» с учетом

типологизации интеллекта человека.

Важным этапом цикла эволюции теории интеллектуализации, который, с одной стороны, логично завершает процесс развития, подводя к наивысшей форме ИИ, с другой – закладывает потенциал и формирует условия для нового этапа эволюции, является формирование теории гибридного интеллекта.

В статье [10], а также работах [8; 23] авторами представлены ключевые концептуальные положения теории. Представим проблемные и перспективные направления применения теории гибридного интеллекта в условиях современной экономической динамики.

Концептуальное противоречие разработки и применения гибридного интеллекта.

Гипотеза интеллектуального партнёрства

Работы, посвященные теории гибридного интеллекта, можно разделить на две группы: социально-экономической (гуманитарной) и информационно-технологической (технической) специальности.

Первая группа раскрывает понятие ГИ через доминирующую роль человеческого интеллекта в процессе работы с информационными систе-

Таблица 3. Компетенции DQ.

Уровни цифровизации	Область цифровизации					
	Цифровая идентификация	Цифровое использование	Цифровая защита	Цифровая безопасность	Цифровой интеллект	Цифровая коммуникация
Личный	Цифровая идентификация гражданина	Идентификация цифрового соавтора	Поведенческое управление киберрисками	Управление коммерческими и общест-венными киберрисками	Цифровая эмпатия	Управление цифровым следом
Общественный	Идентификация цифрового соавтора	Здоровое использование технологий	Управление киберрисками контента	Управление сетевой безопасностью	Самосознание и управление	Онлайн-общение и сотрудничество
Организационный	Идентификация цифрового соавтора	Гражданское использование технологий	Управление коммерческими и общест-венными киберрисками	Организационное управление кабербезопасностью	Управление взаимоотношениями	Общественные и массовые коммуникации

мами. В данном случае человек является пользователем ЭВМ, способным на разном уровне выполнять свои повседневные и профессиональные задачи. Вторая группа под ГИ понимает особую форму интеллектуальной информационной системы, способную с помощью логических правил, команд и разной сложности алгоритмов решать поставленные задачи. В таком случае человек выступает разработчиком информационной системы и процессе работы модернизирует ее и/или обучается, сам становится экспертом.

Различные роли человека (пользователя и разработчика) в становлении теории ГИ предопределили концептуальное противоречие (рис. 9), которое заключается в следующем: *эволюция теории ГИ представляет собой поэтапный процесс интеллектуализации информационных систем от искусственного до гибридного по степени вовлеченности пользователя в работу информационных систем [2]; в то время как практика применения ГИ устанавливает обратную тенденцию интеллектуализации от ГИ к ИИ, поскольку учитывает условие адаптивных возможностей информационных систем [1] и в дальнейшем их саморазвитие, самоадаптацию и самоорганиза-*

цию для решения задач разработчика.

Несводимость этапов разработки и применения ГИ, по мнению авторов, является фундаментальной проблемой интеллектуализации, решение которой заключается в корректировке теоретико-логической схемы исследования ГИ, предполагающей двойственный подход: от лица пользователя и/или разработчика. Пример описания такой схемы исследования представлен в таблице 4.

Согласование векторов разработки и применения ГИ является также одним из направлений решения, обозначенного выше противоречия. В рамках данного исследования авторами представлена гипотеза «интеллектуального партнерства», которая заключается в согласовании задач пользователя и разработчика в ходе работ над интеллектуализацией информационной системы. ГИ выступает сбалансированной технологией, обеспечивающей совместное решение профессиональных задач при разработке программных продуктов или средств ИИ на принципах системной кооперации.

Отметим, что в рамках данного исследования

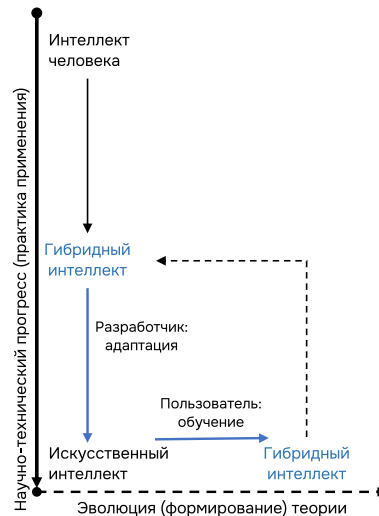


Рис. 9. Схема концептуального противоречия.

представлена эволюция разработки теории ГИ в разрезе задач пользователя информационной системы.

Развитие гибридного интеллекта: киберфизические системы и концепция «Индустрия 5.0»

Одним из базисных свойств информационных систем, разработанных на основе технологий ИИ, является «интероперабельность», то есть «способность двух или более автоматизированных систем или компонентов к обмену информацией и к использованию информации, полученной в результате обмена» [4]. Данное свойство стандартизировано и обеспечивает все этапы разработки и развития таких информационных систем от проектирования до эксплуатации. Условия разработки интероперабельных систем представлены в следующих документах [5]:

- ГОСТ Р 1033: системы автоматизации производства и их интеграция;
- ГОСТ Р МЭК 61297: системы управления промышленным процессом;
- ГОСТ Р ИСО 15746: системы интеграция и промышленной автоматизации;
- ГОСТ Р ИСО 15531: системы интеграция и промышленные автоматизированные системы;
- ГОСТ Р МЭК 61069: измерение, управление и автоматизация промышленного процесса;
- ГОСТ Р МЭК 60770: контрольно-измерительные

- приборы (КИП) для применения в системах управления промышленным процессом;
- ГОСТ Р МЭК 62264, ГОСТ Р МЭК 61512: интеграция систем управления предприятием;
- ГОСТ Р ИСО/МЭК 15408: информационные технологии.

Разработку интероперабельных систем, в том числе ГИ, во многом связывают с созданием киберфизических систем. Главной общей характеристикой таких систем является сетевое взаимодействие вычислительных, технологических производственных и общественных процессов путем построения киберфизических систем.

Киберфизическая система – это комплексная система физических элементов и их цифровых двойников в вычислительном слое управления, которая постоянно получает данные из окружающей среды и использует их для оптимизации процессов достижения установленных целей [5].

Такие системы достаточно универсальны, потенциально их можно создавать для многих профессиональных областей: промышленных, сервисных, медицинских и т.д. Важно учитывать два существенных условия:

1. область деятельности должна быть высокотехнологична и технически развита;
2. для работы с такими системами требуется

Таблица 4. Описание теоретико-логической схемы исследования гибридного интеллекта.

Направления исследования	Роль исследователя	Ключевые элементы исследования		
		Цель	Объект	Научная задача
Разработка	Пользователь	Развитие познавательных способностей и интеллектуального потенциала пользователя ЭВМ для решения профессиональных задач.	Познавательные способности и интеллектуальный потенциал человека.	Разработка методологии непрерывного всестороннего развития интеллектуального потенциала.
Применение	Разработчик	Развитие адаптивных способностей и интеллектуального потенциала ЭВМ для постановки и решения задач.	Адаптивные способности и интеллектуальный потенциал информационной системы.	Разработка средств искусственного интеллекта и их интеграция в сферы деятельности человека.

профессиональная подготовка специалистов инженеров, программистов и т.д.

Развитие киберфизических систем представляет четвертую промышленную революцию, которая изложена в концепции Индустрия 4.0 [17]. Концепция основывается на четырех аспектах: виртуализации, интероперабельности, децентрализации и работе в режиме реального времени. Таким образом, активно продолжается автоматизация процессов организации, создаются условия для ее технического преобразования. Концептуальная модель киберфизических систем (рис. 10) представляется уровневой структурой, и современная организация, проходя каждый уровень (от физического до уровня приложений), формирует свой технологический потенциал, таким образом интеллектуализируется ее деятельность.

В условиях технологического прогресса уровень приложений трансформируется в экосистему управления организацией, но только в роботизированной механистической реальности.

В 2017 году в городе Ганновер (Германия) была представлена концепция «Индустрия 5.0» (далее Концепция). Отличия концепций 2011 и 2017 года представлены в таблице 5.

Тенденции, которые определили появление новой Концепции, достаточно разнообразны и затрагивают как технические, так и гуманистические аспекты [16]. Отметим два существенных условия:

- распространение концепции человеко-ориентированной экономики, представленной в 2016 год в Японии в рамках проекта «Общество 5.0»;
- переход на интеллектуальное управление предприятием (IEM – Intelligent Enterprise Managing), такой подход к управлению применяет технологии и новые парадигмы обслуживания для решения задач повышения эффективности бизнеса.

Именно эти условия, на наш взгляд, предопределили появление Концепции, а также перевели тренд интеллектуализации из собственно технологического в экономический. Объяснить это можно тем, что создание новых технологий, их непрерывная модернизация должны быть полезны обществу и не должны снижать ценность человека в создании и развитии механизированных информационных систем, даже если это ИИ. Баланс между прибыльностью и устойчивостью, финансовым и социальным аспектом является базисом Концепции [16].

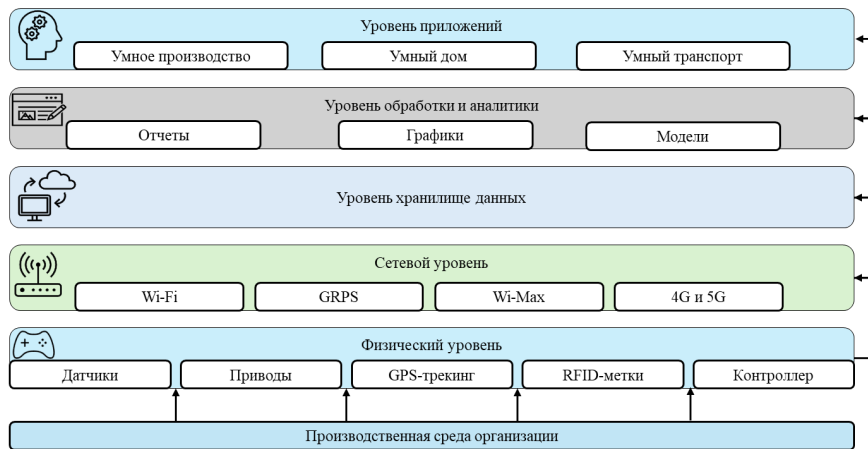


Рис. 10. Концептуальная модель киберфизических систем [19].

Таблица 5. Сравнительный анализ концепций «Индустрия 4.0» и «Индустрия 5.0» [11].

Критерии сравнения	Концепции	
	Индустрия 4.0	Индустрия 5.0
Цель развития	Оптимизация деятельности	Повышение производительности труда на основе реализации человеко-центричного подхода
Технологическая среда	Искусственный интеллект, робототехника, «большие данные»	Облачные технологии, виртуальная реальность
Техника работы с информацией	Централизованная обработка данных	Распределенная обработка данных
Функции технологизации	Автоматизация и оптимизация	Интероперабельность и гибкость
Система коммуникаций	Машинный интерфейс	Человеко-машинный интерфейс
Производственные показатели	Высокая эффективность	Устойчивое развитие и социальная ответственность

Авторы Концепции продолжают развивать теорию гибридного интеллекта и раскрывают перспективные направления, ориентируясь на роль человека как пользователя и потребителя информационной системой, при этом развитие происходит согласно следующим принципам:

1. человеческое влияние: создаются условия для взаимодействия между человеком и машиной, что позволяет использовать лучшие качества обеих сторон [11];
2. массовая персонализация: предполагается создание систем, которые позволяют производить персонализированные продукты и услуги с использованием цифровых технологий [11];
3. синергия между человеком и машиной: пред-

полагается использование современных технологий для автоматизации производственных процессов, но при этом сохраняется роль человека в управлении и контроле производства [11].

Заключение

Непрерывная автоматизация и информатизация в деятельности современных организаций определяет необходимость формирования методологии управления, основанной на интеграции когнитивных способностей «человека» и «машины». Адаптивные способности первого и ключевого элемента превышают потенциал любого технологического устройства.

Адаптивность является не только свойством интеллектуальной системы, но и фактором ее

устойчивого функционирования и развития. Механизмы проявления и применения такого свойства представлены в целостно-эволюционной методологии управления [14]. Данный подход реализован в когнитивной теории управления и в теории интеллектуализации, построенных на законе адаптации внутренней и внешней динамик системы.

Теория гибридного интеллекта становится следующим этапом в реализации целостно-эволюционного подхода, который заключается в полной совместимости и созависимости двух разных по виду, но адаптированных по функционалу интеллектуальных потенциалов: «человеческом» и «машинном».

Научно-технических и технологический прогресс в современной науке только подчеркивает необходимость решения концептуальных проблем, таких как десинхронизации темпов развития [10] и дальнейшего методологического развития, поскольку ускорение внутренней и внешней динамик организации требует своевременного принятия решений, которое возможно при оптимальном соучастии компетентного специалиста в области управления и надежного технологического ресурса [10].

Особый вектор развития, гибридный интеллект, приобретает в условиях сингулярности ИИ, то есть создания нового уровня интеллекта, превосходящего когнитивные способности человека. Такие изменения представлены в модели Курцвейла. Кардинальной формой сингулярности становится интеграция и консолидация процессов познания гибридного типа, и формирования интегрированных знаний, основанных на «синтетическом знании» ИИ и «реальных знаний» человека.

Таким образом, можно сделать вывод, что и в настоящее время теория гибридного интеллекта формируется. Концепция «Индустрия 5.0» подчеркивает значимость человека, его роль как пользователя информационными технологиями в решении задачи интеллектуализации. Солидаризация «машинного интеллекта» и активное вовлечение человека в развитие информацион-

ных технологий обуславливают необходимость технологической и экономической трансформации.

В рамках представленного исследования проведены хронологический и критический анализ основных этапов автоматизации и интеллектуализации современного общества, что позволило выявить закономерности и основные тенденции развития ИИ. В том числе технический прогресс, позволивший перейти от механических линейных алгоритмов до обусловленных причинно-следственными связями логистических комбинаций. Однако непрерывность развития во многом связана с вовлеченностью и способностью человека использовать ИИ, накапливать опыт, обучаться и адаптироваться к новым задачам. Такая кооперация человека и ИИ реализуема в особых организационных условиях, ориентированных на постоянную модернизацию деятельности, а на макроуровне в новых отраслевых условиях, обеспечивающих полный цикл воспроизводства ИИ. Согласно методическим рекомендациям Правительства России по подготовке стратегии развития отраслей экономики условиями разработки такой стратегии являются:

- доходы федерального бюджета от рассматриваемой отрасли занимают / будут занимать в перспективе более 1% общего объема доходов;
- вклад отрасли в ВВП в перспективе более 1%;
- отрасль обеспечивает решение задач технологического развития;
- отрасль обеспечивает выпуск продукции, безопасности и обороноспособности России;
- отрасль в процессе изменений макроэкономической ситуаций приобрела межотраслевой характер и показатели этой отрасли оказывают существенное влияние на развитие смежных отраслей экономики.

Если первые два условия ориентированы на развитие рынка информационных технологий в России, в том числе технологий ИИ, то следующие три подчеркивают своевременность и важность решения задачи для обеспечения технологического суверенитета государства и его устойчивого экономического развития.

Библиографический список

1. Букатова И. Л., Макрусев В. В. Интенсивная информатизация социальных систем на основе целостно-когнитивных представлений // Анализ и оптимизация кибернетических систем : Сборник научных трудов. Российская академия наук, Государственный институт физико-технических проблем. – М., 1996. – С. 103–116.
2. Букатова И. Л., Макрусев В. В. Целостно-эволюционная интеллектуализация взаимодействия человека с компьютером // Социальная информатика – 96 : Сборник научных трудов. – М., 1996. – С. 60–64.
3. Вейценбаум Дж. Возможности вычислительных машин и человеческий разум. От суждений к вычислениям. – М. : Радио и связь, 1982.
4. ГОСТ Р 55062-2012. Национальный стандарт Российской Федерации. Информационные технологии / СПС Консультант Плюс.
5. Громаков Е. И., А. А. учебное пособие. – Томск : Издательство Томского политехнического университета, 2021. – 166 с.
6. Громаков Е. И., Сидорова А. А. Современные технологии. Киберфизические системы : учебное пособие. – Томск : Издательство Томского политехнического университета, 2021. – 166 с.
7. Индикаторы цифровой экономики: 2024 : статистический сборник / В. Л. Абашкин [и др.]. – М. : ИСИЭЗ ВШЭ, 2024. – 276 с. – ISBN 978-5-7598-3008-5.
8. Канеман Д. Думай медленно, решай быстро. – М. : АСТ, 2023. – 653 с.
9. Клейнрок Л. Вычислительные системы с очередями. – М. : Мир, 1979.
10. Любкина Е. О., Макрусев В. В. Фундаментальная проблема рассогласования темпов развития платформенных решений в системе таможенного администрирования // Креативная экономика. – 2023. – Т. 17, № 12. – С. 5063–5080.
11. Маковецкий С. А. Продолжение эволюции: сравнение Индустрии 4.0 и Индустрии 5.0 в контексте современных требований // Бизнес. Образование. Экономика : Международная научно-практическая конференция. Минск, 6–7 апр 2023. – Минск : Институт бизнеса БГУ, 2023. – С. 81–85.
12. Макрусев В. В. Теория когнитивного анализа : учебное пособие. – М. : РИО РТА, 2021.
13. Макрусев В. В., Любкина Е. О. Методический инструментарий формирования терминосистем в области управления: потоковая и когнитивная модели // Экономический анализ: теория и практика. – 2022. – Т. 21, 1(520). – С. 60–85. – DOI: [10.24891/ea.21.1.60](https://doi.org/10.24891/ea.21.1.60).
14. Макрусев В. В. Целостно-эволюционная автоматизация научных, проектных и экспериментальных исследований интеллектуальных информационно-вычислительных систем : дис. ... д-ра физико-математических наук : 01.04.01 / Макрусев Виктор Владимирович. – М., 1997. – 200 с.
15. Официальный сайт Центра развития компетенций в бизнес-информатике, логистике и управления проектами Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики». – URL: <https://hsbi.hse.ru>.
16. Розанова Н. М. Индустрия 5.0.: золотой век или прыжок в темноту // Вестник Института экономики Российской академии наук. – 2023. – № 6. – С. 61–77.
17. Шваб К. Четвертая промышленная революция. – М. : Эксмо, 2016.
18. Шеннон К. Работы по теории информации и кибернетике. – М. : Издательство иностранной литературы, 1963. – 830 с.
19. Al-Ali A. R., Gupta R., Al Nabulsi Ahmad. Cyber physical systems role in manufacturing technologies // AIP Conference Proceedings. Vol. 1957. – 2018. – DOI: [10.1063/1.5034337](https://doi.org/10.1063/1.5034337).
20. Gardner H. Frames of Mind: The Theory of Multiple Intelligences. – New York : BasicBooks, 1993.
21. Gardner H. Intelligence reframed: multiple intelligences for the 21st century. – New York : BasicBooks, 1999.
22. Kamar E. Hybrid workplaces of the future // XRDS: Crossroads, The ACM Magazine for Students. – 2016. – Dec. – Vol. 23, no. 2. – P. 22–25. – ISSN 1528-4980. – DOI: [10.1145/3013488](https://doi.org/10.1145/3013488).
23. Moravec H. Mind children: The future of robot and human intelligence. – Cambridge : Harvard University Press, 1988.
24. Turing A. Computing Machinery and Intelligence // Mind, New Series. – 1950. – Oct. – Vol. 59, no. 236. – P. 433–460.