

**Раздел 2. «Информационно-коммуникационные технологии»**

УДК 004.822  
МРНТИ 28.23.01

В.В. Волков<sup>1</sup>, В.Н. Головачева<sup>1</sup>, Г.Д. Когай<sup>1</sup>, Х. Харон<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Карагандинский технический университет имени А. Сагинова, г. Караганда, Казахстан*

<sup>2</sup> *Технологический университет Малайзии г. Джохор-Бару, Малайзия*

(E-mail: [vadim\\_volkov99@mail.ru](mailto:vadim_volkov99@mail.ru))

**Перспективы искусственного интеллекта для компьютерного зрения**

Искусственный интеллект (ИИ) — это система или машина, которая может имитировать поведение человека, чтобы выполнять задачи и постепенно учиться на собранной информации. Компьютерное зрение — научное направление в области искусственного интеллекта и связанных с ним технологий получения изображений объектов реального мира, их обработки и использования, полученных данных для решения разного рода прикладных задач без участия (полного или частичного) человека. В данной статье рассматривается концепция компьютерного зрения, а также перспективы развития искусственного интеллекта для компьютерного зрения. Представлена краткая история технологии компьютерного зрения, несколько примеров ИИ для компьютерного зрения и проблемы его разработки, особенно связанные с инструментами ИИ. Также описаны популярные технологии компьютерного зрения и искусственного интеллекта. В данной статье показано, что это направление имеет множество различных технологий и большие перспективы развития в различных сферах деятельности.

*Ключевые слова:* нейронные сети, искусственный интеллект, машинное зрение, компьютерное зрение.

**1. Введение**

Компьютерное зрение или машинное зрение — это наука о методах автоматической обработки изображений, а также их обработки с использованием ресурсов компьютера. Компьютерное зрение берет свою историю в 60-х годах прошлого века, но тогда не удавалось добиться достаточных результатов из-за низкой вычислительной мощности вычислительных ресурсов. Теперь эта проблема решена. Мощные процессоры, обилие доступной дисковой памяти и камеры высокого разрешения активно способствуют развитию этой области науки [1].

Технологии компьютерного зрения нашли широкое применение в различных сферах человеческой деятельности. Например, компьютерное зрение часто используется на производственной линии для проверки качества продукции, ее сортировки и маркировки. Этот подход используется в крупных аэропортах, при производстве процессоров и микрочипов и т. д. На основе компьютерного зрения создано множество различных технологий, которые используются до сих пор, такие как распознавание человека и объектов, беспилотные автомобили, система контроля загрузки транспортных средств, аналитическая видеооценка и идентификация личности.

Основной задачей компьютерного зрения является извлечение информации из изображения или нескольких изображений. Среди других задач можно выделить следующие задачи: Калибровка цвета, яркости изображения, Распознавание объектов, Реконструкция 3D-сцены по нескольким фотографиям, Сравнение изображений и обнаружение различий [1].

Первая проблема, с которой столкнулись ученые, — это сложность перехода от исследований и экспериментальных компьютерных моделей к решению реальных прикладных задач. Ученые всего мира обратили свое внимание на эту проблему. Анализ проблемы определил, что сложность связана с нехваткой компьютерных и человеческих ресурсов. Если проблема с нехваткой компьютерных

## **Раздел 2. «Информационно-коммуникационные технологии»**

ресурсов решена, то нехватка человеческих ресурсов в области искусственного интеллекта продолжает оставаться актуальной. Основная часть исследований в этой области принадлежит крупнейшим университетам с центрами ИИ.

Однако, несмотря на отсутствие специалистов в этой области, у искусственного интеллекта есть хороший потенциал. Проанализировав список популярных технологий искусственного интеллекта, мы выделили те, о которых чаще всего готовят статьи. Ниже каждая технология рассмотрена более подробно, выделены основные функции.

Следует отметить, что меньшая популярность зачастую связана не столько с потенциалом технологии, сколько с отдаленностью перспектив ее применения. Как пример, чрезвычайно высокий потенциал киберзаводов пока не представляет серьезного интереса из-за наличия множества нерешенных проблем в их управлении.

В этой статье 4 раздела. В разделе 2 представлено применение ИИ для компьютерного зрения. Раздел 3 содержит информацию о технологиях и методах, используемых в компьютерном зрении. Раздел 4 представляет связанную работу по искусственному интеллекту для компьютерного зрения. В последнем разделе подводятся итоги тенденций использования ИИ для компьютерного зрения на основе описания, данного в предыдущих разделах.

### *2. Искусственный интеллект для компьютерного зрения*

В этом разделе представлен обзор методов и приемов, используемых в компьютерном зрении. Эти методы являются одними из самых популярных и новейших методов искусственного интеллекта, используемых для компьютерного зрения. Выбор методов решения задач часто зависит от самих задач, не каждый метод подходит для решения широкого круга задач. Многие методы еще находятся на стадии исследований и разработок, но все чаще используются для решения самых сложных задач.

#### 2.1 Нейронные сети

Это направление исследований считается наиболее популярным. Появились новые библиотеки для обучения сети, обработки в реальном времени, речи, изображений, распознавания сигналов и создания интеллектуальных интерфейсов на основе предпочтений пользователя. Нейронные сети используются в различных областях для решения прикладных задач: прогнозирование данных, диагностика систем, мониторинг сетевой активности, шифрование и поиск информации. В настоящее время разрабатываются алгоритмы синхронизации активности нейронных сетей на различных устройствах [2; 50].

#### 2.2 Эволюционные вычисления

Эволюционные вычисления — направление в искусственном интеллекте, использующее и моделирующее процессы естественного отбора. Инвестиции в нанотехнологии оказали значительное влияние на развитие области эволюционных вычислений (автономное поведение компьютерных приложений и роботизированных устройств). Эволюционные вычисления имеют дело с практическими вопросами самосборки, реконфигурации или самовосстановления систем. Они состоят из множества одновременно функционирующих узлов. Здесь нашли применение достижения из области цифровой автоматизации [3].

Еще одним аспектом эволюционных вычислений является использование автономных агентов для решения повседневных задач в качестве личных секретарей, менеджеров по личным счетам и рабочих помощников, планировщика работы, личного учителя, виртуального продавца и т. д. Это также относится к робототехнике (включая все смежные области). Основные направления развития: разработка стандартов и открытых архитектур, информационных оболочек, языков сценариев/запросов для эффективного взаимодействия программ с людьми. Модель автономного поведения планируется активно внедрять во все бытовые устройства, способные мыть комнаты и готовить еду. В автомобильной промышленности это произойдет в первую очередь.

Команды автономных агентов будут использоваться для решения сложных задач (быстрое исследование содержимого Интернета, большие наборы данных, такие как геномика). Для этого необходимо изучить возможные направления эволюции таких команд, планируя совместную работу и способ общения с другими людьми, способы взаимодействия, группового самообучения, кооперативного поведения агентов, объединяющихся «по интересам», обучение разрешению

## Раздел 2. «Информационно-коммуникационные технологии»

конфликтов взаимодействия и т.д. Выделены социальные аспекты - как общество будет относиться к таким сообществам интеллектуальных программ на практике.

### 2.3 Нечеткая логика

Нечеткая логика — раздел математики, представляющий собой обобщение классической логики и теории множеств, основанный на понятии нечеткого множества, которое впервые было введено Лотфи . Заде в 1965 г. как объект с функцией элемента, принадлежащего множеству, который принимает любое значение в диапазоне от 0 до 1, а не только 0 или 1. По этой причине вводится множество логических операций над нечеткими множествами и сформулировано понятие лингвистической переменной, значением которой являются нечеткие множества. Наиболее активные системы нечеткой логики будут использоваться в основном в гибридных системах управления [4].

### 3. Технологии компьютерного зрения

В этом разделе представлены основные технологии, используемые в компьютерном зрении. Компьютерное зрение предполагает анализ изображений с одной или нескольких камер и последующую обработку компьютером с помощью специального программного обеспечения. Некоторые из представленных технологий способны работать с использованием облачных сервисов, что позволяет масштабировать систему компьютерного зрения и управлять ею централизованно. Среди основных технологий, используемых при развитии компьютерного зрения, выделяют обработку изображений, экспертные системы, интеллектуальные приложения, распределенные вычисления, операционные системы реального времени, интеллектуальное проектирование и др.

#### 3.1 Обработка изображений

Выбор способа представления и анализа изображения (сжатие, кодирование или обработка биометрических изображений со спутников), не зависящий от устройств воспроизведения, оптимизация цветопередачи на экране и печать изображения. Кроме того, будут разработаны инструменты для поиска изображений, индексации, семантического анализа, сопоставления содержимого каталога ссылок в автоматизированной каталогизации, защиты от копирования, машинного зрения, распознавания изображений и алгоритмов классификации.

#### 3.2 Экспертные системы

Экспертная система – это компьютерная система, способная частично заменить эксперта при решении проблемной ситуации. Современные экспертные системы начали разрабатываться исследователями искусственного интеллекта в 1970-х годах и получили коммерческое подкрепление в 1980-х годах. Спрос на экспертные системы остается достаточно высоким. В настоящее время наибольшее внимание уделяется системам принятия решений, работающим в режиме, близком к реальному времени, средствам хранения, поиска, анализа и моделирования знаний, а также системам динамического планирования [5; 87].

#### 3.3 Интеллектуальные приложения

Интеллектуальное приложение — это приложение, которое использует исторические данные и данные о взаимодействии с пользователем в режиме реального времени для обеспечения релевантного, персонализированного и адаптивного взаимодействия с пользователем. Интеллектуальные приложения используют алгоритмы на основе искусственного интеллекта, чтобы различать релевантную и нерелевантную информацию. Эта характеристика позволяет компаниям улучшать свои рыночные позиции за счет изменения своих услуг в режиме реального времени [6; 120].

Рост интеллектуальных приложений, способных быстро находить оптимальные решения комбинаторных задач (например, задач, возникающих при транспортных операциях), привел к росту производства и промышленности в развитых странах.

#### 3.4 Распределенные вычисления

Распространение компьютерных сетей и создание высокопроизводительных кластеров вызвало интерес к распределенным вычислениям, таким как балансировка ресурсов, оптимальное использование процессоров, самонастройка оборудования для достижения максимальной эффективности, отслеживание элементов, нуждающихся в обновлении, обнаружение несоответствий между сетевыми объектами, диагностируя правильное поведение программ и моделируя такие системы. [6; 127].

#### 3.5 ОС реального времени

## **Раздел 2. «Информационно-коммуникационные технологии»**

Операционная система реального времени — это разновидность специализированной ОС, основной задачей которой является обеспечение набора функций, необходимых и достаточных для проектирования, разработки и эксплуатации систем реального времени на конкретном оборудовании. Основная характеристика операционной системы реального времени ( RTOS) состоит в том, чтобы гарантировать, что входящие задачи могут быть обработаны таким образом, что они не могут превышать заданный интервал времени. Как правило, поток задач не планируется и не может регулироваться оператором (характер событий предсказуем только в редких случаях), т.е. задачи поступают в непредсказуемое время и не по порядку. В ОС, не предназначенной для задач реального времени, на этапе инициации (в ходе которого ОС распознает все пожелания пользователя относительно решения данной задачи, загружает в оперативную память необходимую программу и выделяет другие ресурсы, необходимые для его выполнения). В RTOS таких накладных расходов может и не быть, так как набор задач обычно фиксирован и вся информация о задаче известна до получения запроса.

### **3.6 Интеллектуальное проектирование**

В последние годы особый интерес к ИИ проявляют компании, систематически разрабатывающие крупномасштабные программные системы (программная инженерия). Методы искусственного интеллекта все чаще используются для анализа и понимания исходного кода, управления требованиями, формулирования спецификаций, проектирования, генерации кода, проверки, тестирования, оценки качества, определения возможности повторного использования и решения проблем в параллельных системах. Программная инженерия постепенно превращается в так называемую интеллектуальную инженерию, решающую более общие задачи представления и обработки знаний (прединтеллектуальная инженерия фокусируется на основных методах преобразования информации в знания) [6, 264].

### **3.7 Другие технологии**

Самоорганизующаяся СУБД. Самоорганизующаяся СУБД может гибко адаптироваться к конкретным профилям задач, не требуя администрирования. Автоматический анализ естественного языка (определение лексики, морфем, терминов, незнакомых слов, распознавание национальных языков, перевод, исправление ошибок, эффективное использование словарей). Высокопроизводительный анализ OLAP, обнаружение данных и визуальные методы запросов. Медицинские системы, консультирующие врачей в экстренных ситуациях, роботы-манипуляторы, выполняющие точные движения во время хирургических операций. Создание полностью автоматизированных киберзаводов, гибкое бережливое производство, быстрое прототипирование, планирование работ, синхронизация цепочки поставок, утверждение финансовых транзакций с использованием анализа профиля пользователя. Небольшое количество конференций посвящено разработке приложений, направленных на решение конкретных задач в промышленности, таких как финансы, медицина и математика. Традиционно большой интерес к ИИ проявляют разработчики игр и развлекательного софта. Их новые области исследований включают моделирование социального поведения, коммуникации, человеческих эмоций и творчества [7; 26].

## *4. Связанная работа ИИ для компьютерного зрения*

ИИ активно используется в различных сферах деятельности, требующих постоянного анализа больших объемов данных и решения сложных задач. В этом разделе представлены примеры применения технологий искусственного интеллекта и актуальные направления исследований в научных центрах. Рассмотрены достижения и перспективы развития ИИ в военной технике и технологиях, а также недостатки его применения на данный момент.

### **4.1 ИИ в Стране восходящего солнца**

Профиль японской академической науки (с множеством оригинальных и уникальных достижений в области ИИ) мало чем отличается от всего остального мира. Одним из самых интересных отличий являются значительные инвестиции со стороны японских государственных и частных организаций. Популярными областями в Японии по сравнению со школами ИИ в Европе и США включают: создание и моделирование электронных рынков и аукционов, биоинформатику (электронные клеточные модели, анализ белковой информации с использованием параллельных компьютеров, ДНК-компьютеры),

## Раздел 2. «Информационно-коммуникационные технологии»

обработку естественного языка (самообучающиеся многоязычные системы распознавания и понимания текста) Интернет (Сетевая интеграция и различные датчики реального времени в жилых помещениях, интеллектуальные интерфейсы и автоматизация повседневных операций с использованием автоматических датчиков), итерационные методы извлечения корректной информации из больших наборов данных), робототехника (машинное обучение, эффективные взаимодействие автономных устройств, организация движений, навигация, планирование действий, индексирование информации, описывающей движения), методы представления и обработки знаний (повышение качества знаний, методы получения знаний от людей-экспертов, обнаружение и извлечение данных, решение на основе это фундаментальные и реальные рабочие проблемы - например, помощь в обработке и управлении документооборотом предприятий. Много работ посвящено алгоритмам логического вывода, обучению роботов, планированию их действий [8].

### 4.2 Военная техника

Исследования в области нейронных сетей, дающие хорошие, хотя и приблизительные, результаты при решении сложных задач управления, часто финансируются военным исследовательским агентством DARPA. Примером может служить проект Smart Sensor Web, организующий распределенную сеть различных сенсоров, синхронно работающих на поле боя. Каждый объект (до \$300) в такой сети является источником данных: визуальных, электромагнитных, цифровых, инфракрасных, химических и т. д. Проект занимается поиском новых математических методов решения задач многомерной оптимизации. Ведутся исследования по автоматическому распознаванию целей, анализу и прогнозированию отказов на основе отклонений от типовых параметров работы оборудования (например, звука). Операция «Буря в пустыне» стимулировала разработку экспертных систем, применяющих передовой ИИ в цепочке поставок. Все высокоточное оружие базируется на разработках, связанных с технологией машинного зрения [9; 365].

Мы часто видим в новостях сюжеты о самоходных роботах и беспилотных летательных аппаратах, которые сформируют самостоятельные армии и отправятся в бой. Однако существует ряд нерешенных научных вопросов, которые не позволят таким прогнозам стать реальностью в ближайшие десятилетия. Прежде всего, это недостатки систем автоматического распознавания, не позволяющие должным образом анализировать видеоинформацию в режиме реального времени. Далеко не актуальны такие вопросы, как разрешение конфликтов в больших сообществах автономных устройств, абсолютное распознавание своих и чужих, выбор целей для уничтожения и алгоритмов действий в незнакомой среде. Поэтому на практике военные стараются достичь меньших целей. Значительные усилия были направлены на исследования в области распознавания голоса, созданы системы для автоматизации рутинных задач экспертов и советников, а также для снижения нагрузки на пилотов. Нейронные сети очень эффективно используются для обработки сигналов сонара и идентификации камней и мин в океане. Генетические алгоритмы используются для эвристического поиска решений уравнений, определяющих поведение военной техники (курсоуказатели, навигационные системы) и задач распознавания (разделение техногенных и природных объектов, распознавание типов боевых машин, анализ полученных изображений). с использованием камер с низким разрешением и инфракрасных датчиков).

### *Заключение*

Поскольку принципы психологии человека (на моделируемом уровне) еще не известны, ключевым фактором, определяющим развитие современных технологий ИИ, является скорость роста вычислительной мощности компьютеров. В результате тема конференции по ИИ кажется стандартной, мало меняющейся по составу на протяжении достаточно долгого времени. Однако повышение производительности современных компьютеров и повышение качества алгоритмов иногда позволяют применять на практике различные научные методы. Так было с умными игрушками, так было с бытовыми роботами [8].

Вновь интенсивно развиваются временно забытые методы простого перебора вариантов, такие как шахматные программы, с предельно упрощенным описанием объектов. Однако ожидается, что такой подход (главный ресурс успешных приложений — производительность) позволит решить множество различных задач (из области криптографии, например). Простые, но ресурсоемкие алгоритмы

## **Раздел 2. «Информационно-коммуникационные технологии»**

адаптивного поведения помогут автономным устройствам уверенно работать в сложном мире. Цель состоит в том, чтобы разработать системы, которые действуют как люди, но не выглядят как люди.

Ученые также пытаются заглянуть далеко в будущее. Возможно ли создание автономных устройств, способных к самоорганизации (размножению) своих копий? Сможет ли наука создать соответствующие алгоритмы? Сможем ли мы управлять такими машинами? Ответы на эти вопросы остаются без ответа.

Формальная логика продолжит активно внедряться в прикладные системы представления и обработки знаний. С другой стороны, поскольку такая логика не может адекватно отражать реальную жизнь, различные системы логических рассуждений будут интегрированы в единую оболочку. Возможно, удастся перейти от концепции технологий, которые представляют и манипулируют подробной информацией о субъекте, к использованию более абстрактных формальных описаний и универсальных механизмов рассуждений, характеризующих сам субъект с точки зрения небольших наборов данных, основанных на вероятностных распределениях свойств [10; 418].

### *Список использованных источников*

- 1 Искусственный интеллект. [Электронный ресурс] // <https://ru.wikipedia.org/>: Википедия, бесплатная энциклопедия. М., 2022. Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Artificial Intelligence](https://ru.wikipedia.org/wiki/Artificial_Intelligence) (Проверено 17.10.2022).
- 2 Косарев В.С. Нейронные сети в экономике и финансах. — М, 2021. — 118 с.
- 3 Эволюционные вычисления: научить табуретку ходить. [Электронный ресурс] // <https://habr.com>: портал для разработчиков. М., 2017. Режим доступа: <https://habr.com/ru/post/340772/> (дата обращения: 17.10.2022).
- 4 Нечеткая логика. [Электронный ресурс] // <https://ru.wikipedia.org/>: Википедия, бесплатная энциклопедия. М., 2022. Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Fuzzy\\_logic](https://ru.wikipedia.org/wiki/Fuzzy_logic) (дата обращения: 17.10.2022).
- 5 Култыгин О.П. Экспертные системы анализа предметной области для проектирования информационных систем. -М., 2020 - 117 с.
- 6 Ботуз С.П. Интеллектуальные интерактивные системы и технологии удаленного управления доступом. - 3-е изд. - М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2014. - 340 с.
- 7 Станкевич Л.А. Интеллектуальные системы и технологии. Учебник и практикум для студентов и аспирантов. – М.: Юрайт , 2016. – 397 с.
- 8 Искусственный интеллект в Японии: глубокое обучение и текущая ситуация [Электронный ресурс] // <https://www.nippon.com> Современный вид Японии. Токуо, 2017. Режим доступа: <https://www.nippon.com/ru/currents/d00307/> (дата обращения: 17.10.2022).
- 9 Макаренко С.И., Иванов М.С. Сетевая война - принципы, технологии, примеры и перспективы. Монография. – СПб: Научное издание, 2018. – 898 с.
- 10 Рейнхард К., Компьютерное зрение. Теория и алгоритмы. н. – М.: ДМК Пресс, 2019. – 506 с.

В.В. Волков, В.Н. Головачева, Г.Д. Когай, Х. Харон

### **Компьютерлік көру үшін жасанды интеллект перспективалары**

Жасанды интеллект (AI) - тапсырмаларды орындау және жиналған ақпараттан біртіндеп үйрену үшін адам мінез-құлқын еліктейтін жүйе немесе машина. Компьютерлік көру – бұл адамның қатысуынсыз (толық немесе жартылай) әртүрлі қолданбалы есептерді шешу үшін нақты әлем объектілерінің кескіндерін алуға, оларды өңдеуге және алынған мәліметтерді пайдалануға арналған жасанды интеллект және онымен байланысты технологиялар саласындағы ғылыми бағыт. Бұл мақалада компьютерлік көру тұжырымдамасы, сондай-ақ

**Раздел 2. «Информационно-коммуникационные технологии»**

компьютерлік көру үшін жасанды интеллекттің даму перспективалары қарастырылады. Компьютерлік көру технологиясының қысқаша тарихы, компьютерлік көру үшін AI бірнеше мысалдары және оны дамытудағы қиындықтар, әсіресе AI құралдарымен байланысты. Танымал компьютерлік көру және жасанды интеллект технологиялары да сипатталған. Бұл мақалада бұл саланың көптеген әртүрлі технологиялары және қызметтің әртүрлі салаларында даму перспективалары бар екендігі көрсетілген.

*Түйін сөздер:* нейрондық желілер, жасанды интеллект, машиналық көру, компьютерлік көру.

V.V. Volkov, V.N. Golovacheva, G.D. Kogay, H. Kharon

**Artificial Intelligence Perspectives for Computer Vision**

Artificial intelligence (AI) is a system or machine that can mimic human behavior in order to complete tasks and gradually learn from the information it has collected. Computer vision is a scientific direction in the field of artificial intelligence and related technologies for obtaining images of real world objects, processing them and using the data obtained to solve various kinds of applied problems without the participation (full or partial) of a person. This article discusses the concept of computer vision, as well as the prospects for the development of artificial intelligence for computer vision. A brief history of computer vision technology is presented, several examples of AI for computer vision and challenges in its development, especially related to AI tools. Popular computer vision and artificial intelligence technologies are also described. This article shows that this area has many different technologies and great prospects for development in various fields of activity.

*Key words:* neural networks, artificial intelligence, machine vision, computer vision.

## References

- 1 Iskusstvenny`i` intellekt. [E`lektronny`i` resurs] // <https://ru.wikipedia.org/> : Vikipediia, besplatnaia e`ntcicopediia. M., 2022. Rezhim dostupa: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Artificial Intelligence](https://ru.wikipedia.org/wiki/Artificial_Intelligence) (Provereno 17.10.2022).
- 2 Kosarev V.S. Nei`ronny`e seti v e`konomike i finansakh. — M., 2021. — 118 s.
- 3 E`voliucionny`e vy`chisleniia: nauchit` taburetku hodit`. [E`lektronny`i` resurs] // <https://habr.com:portal/dlia/razrabotchikov>. M., 2017. Rezhim dostupa: <https://habr.com/ru/post/340772/> (data obrashcheniia: 17.10.2022).
- 4 Nchetkaia logika. [E`lektronny`i` resurs] // <https://ru.wikipedia.org/> : Vikipediia, besplatnaia e`ntcicopediia. M., 2022. Rezhim dostupa: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Fuzzy\\_logic](https://ru.wikipedia.org/wiki/Fuzzy_logic) (data obrashcheniia: 17.10.2022).
- 5 Kulty`gin O.P. E`kspertny`e sistemy` analiza predmetnoi` oblasti dlia proektirovaniia informatcionny`kh sistem. -M., 2020 - 117 s.
- 6 Botuz S.P. Intellektual`ny`e interaktivny`e sistemy` i tekhnologii udalennogo upravleniia dostupom. - 3-e izd. - M.: SOLON-PRESS, 2014. - 340 s.
- 7 Stankevich L.A. Intellektual`ny`e sistemy` i tekhnologii. Uchebnik i praktikum dlia studentov i aspirantov. — M.: Iurai`t, 2016. — 397 s.
- 8 Iskusstvenny`i` intellekt v Iaponii: glubokoe obuchenie i tekushchaia situatciia [E`lektronny`i` resurs] // <https://www.nippon.com> Sovremenny`i` vid Iaponii. Tokyo, 2017. Rezhim dostupa: <https://www.nippon.com/ru/currents/d00307/> (data obrashcheniia: 17.10.2022).
- 9 Makarenko S.I., Ivanov M.S. Setecentricheskaia voi`na - printcipy`, tekhnologii, primery` i perspektivy`. Monografiia. — SPb: Naukoemkie tekhnologii, 2018. — 898 s.
- 10 Rei`nhard K., Komp`iuternoe zrenie. Teoriia i algoritmy`. n. — M.: DMK Press, 2019. — 506 s.