

© О.Б. Шилович, В.Г. Гуляй, А.И. Марков, Д.А. Шаповалов

Научная статья

УДК 338.3:004.93'1

DOI: <http://doi.org/10.15350/2409-7616.2023.1.16>**К ВОПРОСУ УЛУЧШЕНИЯ КАЧЕСТВА АНАЛИЗА ПРОДУКЦИИ ПУТЁМ
ПРИМЕНЕНИЯ АЛГОРИТМОВ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ**

О.Б. Шилович, В.Г. Гуляй, А.И. Марков, Д.А. Шаповалов

Шилович Олег Борисович,старший преподаватель кафедры экономики
и финансов, Кубанский государственный
технологический университет, Краснодар, Россия.

РИНЦ SPIN-код: 5938-8128

ORCID iD: 0000-0003-4811-275X

olegrgups@mail.ru

Гуляй Виктория Геннадьевна,студент КТИБ, Кубанский государственный
технологический университет, Краснодар, Россия.

ORCID iD: 0000-0002-3131-5705

ms.gulyay@bk.ru

Марков Александр Ильич,студент КТИБ, Кубанский государственный
технологический университет, Краснодар, Россия.

sashasashamarkov2016markov@gmail.com

Шаповалов Демид Алексеевич,студент КТИБ, Кубанский государственный
технологический университет, Краснодар, Россия.

Shapovalov.demid02@mail.ru

Аннотация. Алгоритм компьютерного зрения на основе машинного обучения в последние годы приобретает все большую популярность в различных сферах экономики для улучшения качества произведенного товара. В данной статье авторами рассматриваются проблемы современной сферы промышленности, связанные с увеличением объемов производства и замещением импортных товаров отечественными, а также способы их решения путем внедрения интеллектуальных самообучающихся систем искусственного интеллекта, базирующихся на алгоритмах компьютерного зрения с применением машинного обучения. Точность анализа видеoinформации компьютером всё время растёт и применение компьютерного зрения может дать большую экономию средств наряду с улучшением качества. Компьютерное зрение является одной из важных составляющих технологий для искусственного интеллекта. В статье приводятся статистические данные, характеризующие динамику развития производственной деятельности и масштабы импортозамещения по отдельным отраслям промышленности в нашей стране. Также в статье описываются различия между компьютерным зрением, машинным зрением,

видеоаналитикой и важность внедрения таких алгоритмов в современные системы контроля производства. Приводится пример и алгоритм уникальной интеллектуальной системы контроля за качеством производства, способная обеспечить точность измерений порядка 97-98% при погрешности вычислений не более 3%. Для сравнения, при ручном методе точность измерения составляет 85-95%, а при использовании дорогостоящих лазерных механизмов – 90-95%. Данный опыт показывает необходимость и актуальность развития подобного проекта, во всех экономических сферах нашей страны, для улучшения качества и контроля произведённого товара, а также оптимизацию работы на производствах.

Ключевые слова: *производство, компьютерное зрение, машинное обучение, видеоаналитика.*

Библиографическая ссылка: *Шилович О.Б., Гуляй В.Г., Марков А.И., Шаповалов Д.А. К вопросу улучшения качества анализа продукции путём применения алгоритмов компьютерного зрения // ЦИТИСЭ. 2023. № 1. С. 191-201. DOI: <http://doi.org/10.15350/2409-7616.2023.1.16>*

Research Full Article

UDC 338.3:004.93'1

TO THE QUESTION OF IMPROVING THE QUALITY OF PRODUCT ANALYSIS BY APPLICATION OF COMPUTER VISION ALGORITHMS

O.B. Shilovich, V.G. Gulyai, A.I. Markov, D.A. Shapovalov

Oleg B. Shilovich,

Senior Lecturer, Department of Economics and Finance, Kuban State Technological University, Krasnodar, Russian Federation.

ORCID iD: 0000-0003-4811-275X

olegrgups@mail.ru

Victoria G. Gulyay,

Student of KTIB, Kuban State Technological University, Krasnodar, Russian Federation.

ORCID: 0000-0002-3131-5705

ms.gulyay@bk.ru

Alexander I. Markov,

Student of KTIB, Kuban State Technological University, Krasnodar, Russian Federation.

sashasashamarkov2016markov@gmail.com

Demid A. Shapovalov,

Student of KTIB, Kuban State Technological University, Krasnodar, Russian Federation.

Shapovalov.demid02@mail.ru

Abstract. *The algorithm of a computer look at the basis of machine learning in recent years has become increasingly popular in various economic options to improve the quality of the product produced. In this article, the authors consider the problems of the modern industry associated with an increase in production volumes and the replacement of imported goods with domestic ones, as well as ways to solve them by introducing intelligent self-learning artificial intelligence systems based on computer vision algorithms using machine learning. The accuracy of video information analysis by a computer is growing all the time and the use of computer vision can provide great cost savings along with improved quality. Computer vision is one of the important components of technologies for artificial intelligence. The article presents statistical data characterizing the dynamics of the development of production activities and the scale of import substitution in certain industries in our country. The article also describes the differences between computer vision, machine vision, video analytics and the importance of implementing such algorithms in modern production control systems. An example and algorithm of a unique intelligent production quality control system is given, capable of providing measurement accuracy of the order of 97-98% with a calculation error of no more than 3%. For comparison, with the manual method, the measurement accuracy is 85-95%, and with the use of expensive laser mechanisms - 90-95%. This experience shows the necessity and relevance of the development of such a project, in all economic areas of our country, to improve the quality and control of the goods produced, as well as to optimize the work in production.*

Keywords: *manufacturing, computer vision, machine learning, video analytics.*

For citation: *Shilovich O.B., Gulyai V.G., Markov A.I., Shapovalov D.A. To the question of improving the quality of product analysis by application of computer vision algorithms. CITISE, 2023, no. 1, pp. 191-201. DOI: <http://doi.org/10.15350/2409-7616.2023.1.16>*

Введение.

Производство представляет собой целенаправленную деятельность, цель которой использование ресурсов, как материальных, так и не материальных в процессе обработки и реализации их в готовую продукцию, удовлетворяющую спросам потребителей [1]. Таким образом, производство оказывает непосредственное влияние на благосостояние экономики государства путем изготовления товаров народного потребления, улучшения соотношения цена-качество, увеличения доходов от рыночного производства.

Основная часть

По мере развития научно-технологического прогресса потребности людей растут.

Это, в свою очередь, вызывает появление новых способов производства, которые значительно повышают вырабатываемую продукцию и ее качество.

Производство классифицируется на три основные группы[2]:

1. Первичное производство является видом производства занимающийся добычей сырья и природных ресурсов, таких как руды, древесина, уголь, нефть и др. Добыча некоторых из перечисленных ресурсов может нести опасность для работников предприятия, занимающейся добычей сырья, поэтому некоторые корпорации интегрируют в производственный процесс алгоритмы искусственного интеллекта (ИИ). С его помощью предприятие оптимизирует добычу сырья и обеспечивает безопасность проведения операции на предприятии.

2. Вторичное производство представляет собой вид производства, который занимается обработкой или переработкой полуфабрикатов и добытого сырья в обрабатывающей промышленности с целью создания товаров народного потребления и

производственных средств. Например: Черная и цветная металлургия, пищевая и текстильная промышленность и др. Современные компании привлекают применение алгоритмов ИИ в своих фабриках. Например, контролирующий робот-помощник для облегчения производственного процесса.

3. Третичное производство в свою очередь вид производства производящее все те услуги, которые передают готовую продукцию в руки потребителей, или предоставляют некоторые личные услуги. К сферам услуг относят транспорт, связь, торговлю, туризм, здравоохранение и др. В третичном производстве немалую роль играет человеческий фактор, который способен подвести и привести к печальным последствиям. Для предотвращения таких случаев используют механизмы ИИ, контролирующий процесс или вовсе заменяющий человека в особо трудных задачах.

Также в производственной деятельности выделяют несколько видов производства [1]:

1. Заказное производство – это производство товара или услуги по индивидуальному запросу. Такое производство обладает малыми масштабами, но не испытывает проблем со спросом потребителей.

2. Гибкое массовое производство – это производство товаров и продукции в больших масштабах. Такое производство способно быстро адаптироваться под особенности спроса.

3. Негибкое массовое производство – это стандартизированное производство продукции в больших масштабах. Стоит отметить, что такой вариант будет более эффективным и безопасным только в том случае, когда масштабы будут большими.

4. Поточное производство – это производственный процесс, в котором все операции выполняются на специально оборудованных рабочих местах, расположенных друг за другом. Такой вид производства способен обеспечить беспрецедентно лавинообразный рост производства.

С каждым годом промышленность в нашей стране только набирает обороты. Уровень прироста зависит от отрасли производства. Однако, он наблюдается во всех областях промышленности. В среднем ситуация изменилась на 6,2% в лучшую сторону.

Такая ситуация наблюдается в нашей стране уже не первый год. Это хорошо отслеживается по динамике производства металлов [3], в частности стали, приведенной на рисунке 1.



Рисунок 1 - Динамика производства стали в России за последние 10 лет

За последний год в России был установлен скачок роста промышленности. Так, производство компьютеров и их частей к октябрю 2022 года возросло на 61,3% по сравнению с октябрём 2021 года. По данным Росстата, за октябрь 2022 года в России было выпущено более 46 тысяч единиц персональной компьютерной техники (ноутбуки, планшетные компьютеры и т.п.) и более 240 тысяч единиц с начала года [4]. Также за октябрь в стране было собрано порядка 62 млн интегральных электронных схем, а за прошедшие десять месяцев — более 505 млн. В большей степени это связано с политикой импортозамещения, связанной с наложением санкций на необходимые для населения товары.

При этом стоит отметить, что производство компьютерной техники и программного обеспечения являлось одной из самых импортируемых сфер экономики (рисунок 2).



Рисунок 2 - Соотношение импортных товаров и товаров, собственного производства

Управлением Федеральной службы государственной статистики было проведено исследование с целью выявления влияния санкций на российскую промышленность. Было определено, что действие санкций затронуло более 84% опрошенных предпринимателей: 1,6% закрыли свой бизнес, 13,5% приостановили работу в связи с неполным переходом на замещение импортных товаров, также 69% заявили, что продолжают работать, пользуясь переходом на товары отечественных производителей [5].

Такой стремительный переход на отечественные товары неминуемо приведет к дальнейшему, еще большему, росту промышленности. Специалисты считают, что отрасль производства в России в связи с импортозамещением увеличится более, чем в два раза. Увеличение оборотов промышленности требует усовершенствования техники и технологий производства.

Также стоит отметить важность повышения качества производимых товаров. Очень часто с увеличением оборотов производства и повышением количества выпускаемых товаров страдает их качество. Для поддержания качества на должном уровне необходимо внедрять различные системы контроля на всех этапах производства.

Методология.

На предприятиях, за качество созданной продукции отвечает человек и это, по большей части, является недостатком [6]. В связи с ростом оборота производства прямо пропорционально возрастают обороты выпуска конечной продукции, в связи с этим должна увеличиваться скорость анализа её качества. Исходя из того, что человек может не успевать контролировать качество большой валовой объём выпуска конечных продуктов руководству производства можно предложить два варианта решения данной проблемы:

1. увеличения количества персонала на участке контроля качества;
2. внедрение элементов автоматизации процесса.

Первый вариант хорош, однако присутствуют неприемлемые риски как потери качества, так и скорости производства, по причине и наличия человеческого фактора (человек не машина, может заболеть, ошибиться, не квалифицированно подойти к решению поставленной задачи и т.п.). Требуется несколько человек (чтобы они могли работать посменно), это затратно, а также может возникнуть нехватка кадров производства. При открытии новых предприятий одной организации новый коллектив необходимо обучать с нуля, машину достаточно обучить один раз и дальше устанавливать обученную модель на новые схемы производства.

Второй вариант более приемлем на текущий момент, система компьютерного зрения увеличивает скорость, качество аналитики, минимизирует количество ошибок и как следствие повышает эффективность производства [15]. Количество персонала, которое будет требоваться на данном участке, как правило минимально. Данное обстоятельство позволит руководству компании перераспределить высвободившийся персонал, на другие более требовательные к наличию человека, участке. Такое перераспределение так же будет позволять повысить показатели операционной эффективности бизнеса.

Одним из способов решения является внедрение в производство интеллектуальных автоматизированных систем, базирующихся на алгоритмах искусственного языка и машинного обучения. В частности, для создания системы контроля на производстве потребуется применение механизмов компьютерного зрения.

Компьютерное зрение – это автоматическое обнаружение, и обработка изображений, как неподвижных, так и движущихся объектов при помощи компьютерных средств [7].

Как научная дисциплина, компьютерное зрение относится к теории и технологии создания искусственных систем, которые получают информацию из изображений. Видеоданные могут быть представлены множеством форм, таких как видеопоследовательность, изображения с различных камер или трехмерными данными, например с устройства Kinect или медицинского сканера [8].

Первые попытки заставить компьютер «видеть» относятся к началу 60-х годов 20 века [9]. Однако лишь в последние годы в связи с повышением вычислительных мощностей и быстродействия процессоров, объёмов памяти, и других параметров камер, развитием полосы пропускания каналов связи, а также с появлением таких технологий, как машинное обучение, технологии Компьютерного зрения стали находить все больше применений в различных отраслях индустрии и повседневной жизни людей.

В последние годы компьютерное зрение стало активно использоваться в промышленности, в т.ч. в таких отраслях, как автомобилестроение, производство микроэлектронных изделий и многих других. «Компьютерное зрение» часто путают с видеоаналитикой [10]. Однако, эти понятия неравноценны. Можно сказать, что видеоаналитика является составной частью компьютерного зрения в части анализа изображения.

Задачи компьютерного зрения заключаются, в получении полезной информации из фото- или видеоизображений. Наиболее употребительными задачами компьютерного зрения могут быть:

1. Задачи калибровки камер и оптических систем, как состоящих из одной камеры, так и набора камер
2. Задачи определения движения по изображениям
3. Задачи определения препятствий по ходу движения
 1. В 3D-облаке по стереокамере или набору камер
 2. По одной камере за счёт движения
4. Задачи распознавания объектов на сцене
5. Задачи пространственной реконструкции сцены
6. Задачи локализации изображения в заранее известной сцене
7. Задачи анализа отличия в наборе изображений

Машинное зрение — это технологии в области искусственного интеллекта, нацеленные на получение и анализ изображений, путем использования специализированных камер и оборудования в промышленной среде [11]. Полученные данные можно использовать для решения широкого спектра рабочих задач, технологии машинного зрения позволяют отказаться от менее эффективного человеческого труда.

Это самое практичное применение компьютерного зрения. Оно чаще всего применяется, когда описывают использование компьютерного зрения на производственном оборудовании и в промышленности для улучшения процесса работы. Это понятие уже включает в себя: работу «компьютерного зрения», возможность распознавать видимые образы, возможность анализировать видимые образы, принятие решений на основе анализа образов.

Машинное зрение сосредотачивается на применении, в основном промышленном, например, автономные роботы и системы визуальной проверки и измерений. Это значит, что технологии датчиков изображения и теории управления связаны с обработкой видеоданных для управления роботом и обработка полученных данных в реальном времени осуществляется программно или аппаратно [12].

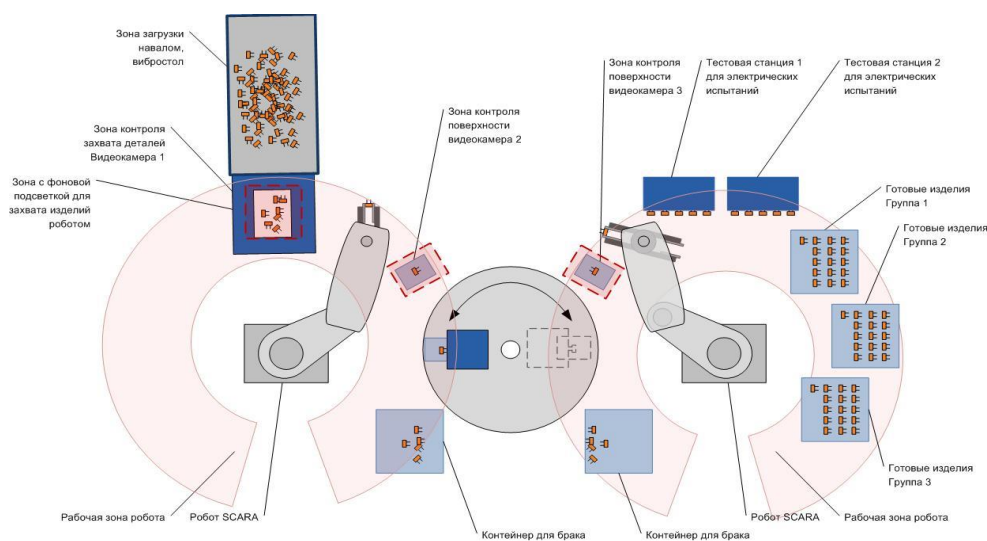


Рисунок 3 – Алгоритм работы машинного зрения

Машинное зрение в промышленности и на производстве может выполнять следующие задачи [13]:

1. Распознавать. Классика компьютерного зрения — это распознавать объекты с помощью видеокамер. Машинное зрение — использование этого «распознавания» для анализа видимых объектов на наличие особенностей, свойств, различий с другими объектами, характеристик и т. д.

2. Идентифицировать. Объект идентифицируется в индивидуальном порядке. Например: идентифицируются лица людей, отпечатки пальцев, следы шин автомобилей и т. п.

3. Обнаруживать. Полученные видеоданные проходят анализ и обнаруживают искомый объект, содержащийся в базе. Пример: найти преступника по системе видеокамер «Безопасный город».

4. Распознавать текст. Получаемые видеоданные анализируются на наличие содержания определенных символов. Либо может происходить распознавание на изображении символов печатного и даже рукописного текста.

5. Оценивать движение. Типичный пример — это отслеживание перемещения объектов (машин, людей и др.).

6. Восстанавливать изображения и видео. При условии наличия части сцены изображения или видео сцена может быть восстановлена полностью.

7. Сегментировать. Применяется для поиска нужных объектов среди множества других похожих.

Данный метод предполагает внедрение в производственный процесс системы, базирующийся на алгоритмах компьютерного зрения с применением машинного обучения.

Так, например, алгоритм компьютерного зрения уже внедрила в производство группа компаний BMW применяет алгоритм компьютерного зрения для оценки изображений компонентов на технологической линии в ходе производственного процесса с целью выявления отклонений от стандарта в режиме реального времени [14].

Сочетание человеческого опыта, аналитической информации и методов искусственного интеллекта позволяет им находить новые конкурентные преимущества, при этом оптимизируя затраты и сохраняя прибыль.

Эффективность данного подхода была доказана компанией «Системы компьютерного зрения» благодаря разработке и успешной апробации новой технологии определения объёмов древесных брёвен с помощью анализа изображений [16]. Для получения точных данных достаточно сфотографировать штабель брёвен с двух сторон. Затем программа обработки изображений самостоятельно определит количество брёвен, плотность укладки и введёт нужные поправки. В качестве дополнительных опций можно определить количество коры, качество древесины (выявление гнили) и некоторые другие параметры.

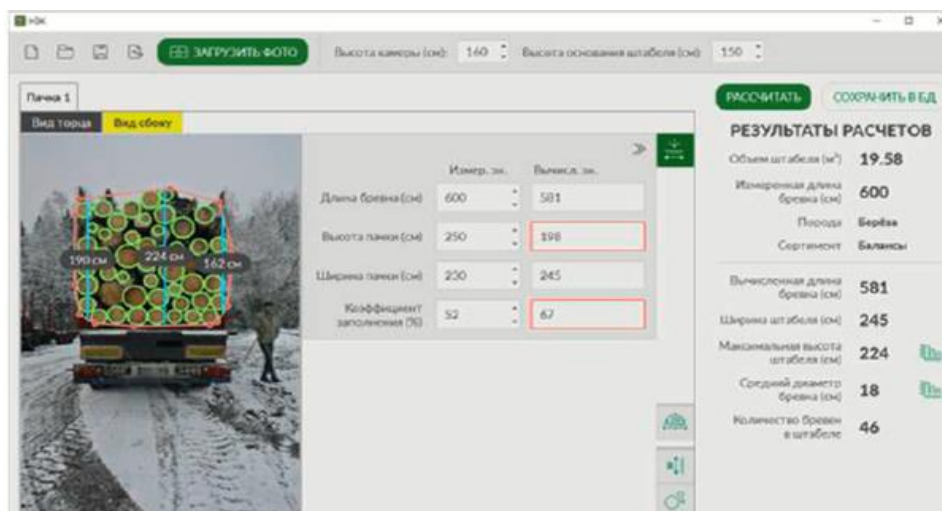


Рисунок 4 - Технологии определения объёмов древесных брёвен с помощью анализа изображений

Результаты. Данная система способна обеспечить погрешность вычисления объёма древесины не более 3%. Точность измерения составляет 97-98%. Для сравнения, при ручном методе точность измерения составляет 85-95%, а при пропуске лесовоза через дорогостоящую лазерную рамку – 90-95%.

Заключение

В данной статье была рассмотрена работа компьютерного зрения на предприятии в целях улучшения качества производимых товаров. Также были приведены примеры использования компьютерного зрения, которые показывали превосходство этой системы в аналитике вместо человека. Результаты работы компьютерного зрения показывают эффективность и продуктивность этой системы на предприятии.

Список источников:

1. Бекулова С.Р. Общественное производство как экономическая категория // Теоретическая и прикладная экономика. 2021. № 4. С. 64-74. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=47606394>
2. Городничев Д.Ю. Машинное обучение и глубокое обучение // Современные проблемы лингвистики и методики преподавания Русского языка в ВУЗе и школе. 2022. № 38. С. 278-281. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=49375534>
3. Горячкин Б.С., Китов М.А. Компьютерное зрение // E-SCIO. 2020. № 9 (48). С. 317-345. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44120207>
4. Минчичова В.С. Пути преодоления "кремниевого занавеса" и перспективы экспорта высокотехнологичной продукции России // Самоуправление. 2022. № 5(133). С. 46-49. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=49568717>
5. Шавтикова Л.М., Гериев М.М., Сеитов А.Б. [и др.] Импортзамещение и её роль в экономике России, импортзамещение программного обеспечения // Финансовая экономика. 2022. № 9. С. 134-136. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=49542432>
6. Грицунова С.В., Седых Ю.А. Учет человеческого фактора в условиях развития цифровой экономики // Экономика и предпринимательство. 2021. №3. С. 79-84. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=48088148>
7. Кравцова Е.Ю., Сапрыкин Д.А. Компьютерное зрение на основе существующих технологий искусственного интеллекта // Инновации. Наука. Образование. 2022. № 49. С. 1049-1055. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=47949225>
8. Пиньковецкая Ю.С. Использование цифровых технологий на предприятиях в России // Экономика и предпринимательство. 2022. №3. С. 48-53. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=49872515>
9. Кравцова, Е.Ю., Сапрыкин Д.А. Компьютерное зрение на основе существующих технологий искусственного интеллекта // Инновации. Наука. Образование. 2022. № 49. С. 1049-1055. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=47949225>
10. Чураков Д.Ю. Событийная видеоаналитика: нейросетевые технологии разработки и перспективы внедрения в учреждениях уголовно-исполнительной системы / Д. Ю. Чураков // V Международный пенитенциарный форум "Преступление, наказание, исправление" (приуроченный к проведению в 2021 году в Российской Федерации Года науки и технологий): Сборник тезисов выступлений и докладов участников. В 9-ти томах, Рязань, 17–19 ноября 2021 года. - Рязань: Академия права и управления Федеральной службы исполнения наказаний, 2021. - С. 312-318. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=47897044>

11. Шишиханова М.Х., Албогачиева Л.А. Машинное зрение на производстве // Приоритетные направления инновационной деятельности в промышленности: сборник научных статей XII международной научной конференции. - Казань: ООО "КОНВЕРТ", 2021. - С. 137-139.
12. Стычев С.Н., Краснопевцева Н.А. Анализ перспектив развития систем компьютерного зрения / // Инновации. Наука. Образование. 2021. №45. С. 28-33. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=47384381>
13. Магомедова Д.М., Магомедова А.З. Модели в машинном обучении // Тенденции развития науки и образования. 2020. №68-1. С. 55-57 URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44503532>
14. Ершова А.Э., Кузнецов А.Н. Стратегия конкурентного развития компании BMW group // Стратегии бизнеса. 2019. № 5(61). С. 26-28. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37966305>
15. Павлюкевич С.Г., Усик В.Ю., Громовой Н.С. Построение классификатора изображений на основе предобученной нейронной сети // ЭНИГМА. 2021. № 39. С. 119-129. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48106019>
16. Катермина Т.С., Лазоренко Е.В. Элементы искусственного интеллекта для задачи определения положения автотранспортного средства на изображении // Computational nanotechnology. 2022. №3. С 9-18. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=49562173>

References:

1. Bekulova S.R. Social production as an economic category. *Theoretical and applied economics*, 2021, no. 4, pp. 64-74. (In Russian). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=47606394>
2. Gorodnichev D.Yu. Machine learning and deep learning. *Modern problems of linguistics and methods of teaching the Russian language at the university and school*, 2022, no. 38, pp. 278-281. (In Russian). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=49375534>
3. Goryachkin B.S., Kitov M.A. Computer vision. *E-SCIO*, 2020, no. 9 (48), С. 317-345. (In Russian). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44120207>
4. Minchichova V.S. Ways to overcome the "silicon curtain" and prospects for the export of high-tech products in Russia. *Self-management*, 2022, no. 5 (133), pp. 46-49. (In Russian). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=49568717>
5. Shavtikova L.M., Geriev M.M., Seitov A.B. Import substitution and its role in the Russian economy, software import substitution. *Financial economics*, 2022, no. 9, pp. 134-136. (In Russian). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=49542432>
6. Gritsunova S.V., Sedykh Yu.A. Accounting for the human factor in the development of the digital economy. *Economics and Entrepreneurship*, 2021, no. 3, pp. 79-84 (In Russian). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=48088148>
7. Kravtsova E.Yu., Saprykin D.A. Computer vision based on existing artificial intelligence technologies. *Innovations. The science. Education*, 2022, no. 49, pp. 1049-1055. (In Russian). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=47949225>
8. Pinkovetskaya Yu.S. The use of digital technologies in enterprises in Russia. *Economics and Entrepreneurship*, 2022, no. 3, pp. 48-53. (In Russian). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=49872515>
9. Kravtsova E.Yu. Computer vision based on existing artificial intelligence technologies. *Innovations. The science. Education*, 2022, no. 49, pp. 1049-1055. (In Russian). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=47949225>
10. Churakov D.Yu. *Event video analytics: neural network development technologies and prospects for implementation in institutions of the penitentiary system*. Ryazan, Academy of

Law and Administration of the Federal Penitentiary Service Publ., 2021. pp. 312-318. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=47897044>

11. Shishikhanova M.Kh. *Machine vision in production. Priority areas of innovative activity in industry*. Kazan, Convert Publ., 2021. pp. 137-139.

12. Stychev S.N., Krasnopevtseva N.A. Analysis of the prospects for the development of computer vision systems. *Innovations. The science. Education*, 2021, no. 45, pp. 28-33. (In Russian). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=47384381>

13. Magomedova D.M., Magomedova A.Z. Models in machine learning. *Trends in the development of science and education*, 2020, no. 68-1, pp. 55-57 (In Russian). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44503532>

14. Ershova A.E. The strategy of competitive development of the company BMW group. *Business strategies*, 2019, no. 5 (61), pp. 26-28. (In Russian). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37966305>

15. Pavlyukevich S.G., Usik V.Yu., Gromovoi N.S. Building an image classifier based on a pre-trained neural network. *Enigma*, 2021, no. 39, pp. 119-129. (In Russian). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48106019>

16. Katermina T.S., Lazorenko E.V. Elements of artificial intelligence for the problem of determining the position of a vehicle in the image. *Computational nanotechnology*, 2022, no. 3, pp. 9-18. (In Russian). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=49562173>

Submitted: 06 January 2023

Accepted: 06 February 2023

Published: 14 February 2023

