

**АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ И ПРОИЗВОДСТВАМИ /  
AUTOMATION AND CONTROL OF TECHNOLOGICAL PROCESSES AND PRODUCTION**

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.131.3>

**ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ТРАВМАТИЗМА**

Научная статья

**Вяльцев А.В.<sup>1,\*</sup>**

<sup>1</sup> ORCID : 0000-0002-4446-6182;

<sup>1</sup> Южно-Российский государственный политехнический университет имени М.И. Платова, Шахты, Российская Федерация

\* Корреспондирующий автор (bgd-av[at]mail.ru)

**Аннотация**

Динамика производственного травматизма на предприятиях и в организациях Российской Федерации показывает рост как по общему количеству несчастных случаев, так и по смертельным травмам. Ключевую роль в снижении травматизма играет мониторинг небезопасных условий и действий в процессе производства. Статья посвящена вопросам применения систем компьютерного зрения на производстве для снижения уровня производственного травматизма на предприятии. Рассмотрены основные составляющие систем компьютерного зрения; достоинства и недостатки компьютерного зрения в сравнении с другими системами производственного мониторинга. Сделан вывод о возможности снижения уровня производственного травматизма путём использования систем компьютерного зрения.

**Ключевые слова:** производственный травматизм, компьютерное зрение, средства индивидуальной защиты.

**THE USE OF COMPUTER VISION TO REDUCE INDUSTRIAL ACCIDENTS**

Research article

**Vyaltsev A.V.<sup>1,\*</sup>**

<sup>1</sup> ORCID : 0000-0002-4446-6182;

<sup>1</sup> Platov South-Russian State Polytechnic University, Shakhty, Russian Federation

\* Corresponding author (bgd-av[at]mail.ru)

**Abstract**

The dynamics of industrial accidents at enterprises and organizations in the Russian Federation show an increase in both the total number of accidents and in fatal injuries. Monitoring of unsafe conditions and actions in the production process plays a key role in reducing the injury rate. The article focuses on the application of computer vision systems at work in order to reduce the level of occupational injuries in the enterprise. The basic components of computer vision systems are reviewed; the advantages and disadvantages of computer vision in comparison to other systems of industrial monitoring are compared. The conclusion about the possibility of reducing the level of industrial injuries through the use of computer vision systems is made.

**Keywords:** industrial accidents, computer vision, personal protection equipment.

**Введение**

Развитие производственных технологий приводит к существенному повышению производительности и безопасности труда, но не обязательно одновременно. В промышленных условиях накопленные к настоящему времени данные свидетельствуют о том, что технологические изменения не оказали универсального профилактического эффекта в отношении несчастных случаев и травматизма. На некоторых рабочих местах достижения в области технологий были связаны с более высокой частотой травматизма; на других – с передачей риска (т.е. устранением конкретной опасности, но только за счет передачи риска другой части технологической цепи, этапу производства или другой группе работников); на третьих – с появлением новых опасностей. Таким образом, проблема снижения уровня производственного травматизма, несмотря на стремительное развитие промышленных технологий, автоматизации и роботизации технологических процессов, не утратила своей актуальности.

Целью данной работы является исследование возможности применения технологий компьютерного зрения для снижения производственного травматизма. К задачам можно отнести анализ современных приложений компьютерного зрения в различных технологических процессах и их влияние на безопасность производства.

**Основная часть**

Исследуя динамику производственного травматизма в Российской Федерации [1], можно выявить следующие тенденции. В течение последних 10 лет прослеживалось явное снижение как общего количества пострадавших в результате несчастных случаев на производстве, так и смертельно травмированных, однако данные за 2021 год внушают опасение смены тренда – обнаружился рост исследуемых показателей (табл. №1).

Таблица 1 - Динамика производственного травматизма РФ в период 2012–2021 гг.

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.131.3.1>

Показ	Годы
-------	------

атели	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Всего пострадавших в результате НС, тыс. чел.	40,4	35,6	31,3	28,2	26,7	25,4	23,6	23,3	20,5	21,6
В том числе со смертельным исходом, тыс. чел.	1,82	1,7	1,46	1,29	1,29	1,14	1,07	1,06	0,91	1,21

Исследуя отчет [2] можно выявить, что максимальное количество несчастных случаев с тяжелыми последствиями явилось следствием падения с высоты (33,4% от общего количества несчастных случаев). Подобный тип происшествий за последние три года имеет положительную динамику. Травмы, полученные при воздействии движущихся и вращающихся предметов, отлетающих осколков и фрагментов деталей, занимают второе место. За рассматриваемый период количество подобных травм также незначительно выросло.

Среди причин несчастных случаев с тяжелыми последствиями для здоровья в приоритете причины организационного характера – неудовлетворительная организация производства работ (примерно треть всех несчастных случаев с тяжелыми последствиями, причем их удельный вес постепенно увеличивается), нарушение правил дорожного движения и нарушение работниками правил трудового распорядка и дисциплины труда.

Каждый четвертый несчастный случай с тяжелой степенью вреда здоровью не поддается классификации из-за разнообразия реальных причин таких несчастных случаев, при этом доля такого рода причин увеличивается, что подтверждает увеличение сложности технологических процессов производств, которые могут становиться причинами производственного травматизма.

В модели причинно-следственной связи возникновения несчастных случаев небезопасные условия и небезопасные действия считаются двумя прямыми причинами несчастных случаев.

Таким образом, мониторинг небезопасных условий и действий в процессе производства играет ключевую роль в определении и принятии оперативных корректирующих действий для предотвращения возникающих проблем с безопасностью и гигиеной труда.

Компьютерное зрение (computer vision, CV) является областью искусственного интеллекта, связанной с анализом изображений и видеозаписей. Анализ изображений или видеозаписей может обеспечить обширный перечень информации, что способствует быстрому, достоверному и разностороннему пониманию сложных производственных процессов.

Структура различных систем компьютерного зрения зависит от области их применения, требований к аппаратной платформе и необходимой производительности. Тем не менее существуют стандартные функции, присущие большинству систем компьютерного зрения:

- получение изображений;
- предварительная обработка изображений. На этом этапе может происходить улучшения качества изображения, например, увеличение контрастности, повышение резкости или наоборот, размытие изображения для удаления шумов;
- выделение деталей на изображении. Выделение особых точек, контуров либо каких-то специфических признаков;
- детектирование (сегментация);
- высокоуровневая обработка получившихся фрагментов. На этом этапе по найденным признакам на изображения определяются конкретные объекты с их координатами.

На базе современных аппаратных возможностей используются различные алгоритмы анализа и обработки изображений. Эти алгоритмы решают следующие задачи: обнаружение, идентификация, распознавание и т.д. Эти алгоритмы связаны с задачами искусственного интеллекта, соединением изображений определенных объектов с картиной мира. Системы видеонаблюдения представляют данные, предварительная обработка которых решается за счет применения алгоритмов низкоуровневой обработки видеоизображений. Эти алгоритмы являются универсальными для большинства видеосистем. Они обеспечивают улучшение качества видеокadres, управляют цветовой палитрой, обеспечивают стабилизацию видеопотока, синхронизацию с входным изображением, разрешение и пр.

Обработка изображений и видео в реальном времени для идентификации объектов ведется с использованием различных библиотек и инструментов, самой популярными из которых являются OpenCV (Open Source Computer

Vision Library) – библиотека компьютерного зрения и машинного обучения с открытым исходным кодом. В её состав входят более 2500 алгоритмов, в которых есть как классические, так и современные алгоритмы для компьютерного зрения и машинного обучения. Основными преимуществами библиотеки OpenCV являются её кроссплатформенность, высокая надёжность и скорость обработки данных. К недостаткам следует отнести сложность в освоении, отсутствие кодов обработки ошибок и ориентированность на большие платформы.

В мировой практике технологии компьютерного зрения широко применяются в торговле (ритейле) [3], медицине [5] и в промышленности [6], [7], [8].

Основными задачами компьютерного зрения в промышленности являются: распознавание брака/дефектов на конвейере [9], [10], контроль корректности действий работников, системы контроля работы склада и т.д.

В настоящее время в Российской Федерации существуют решения контроля ношения средств индивидуальной защиты [11], [12], основанные на использовании технологии компьютерного зрения. Общий принцип реализации подобных систем представлен на рис. 1.

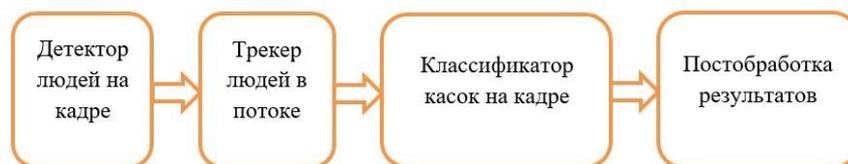


Рисунок 1 - Схема определения наличия защитных касок с помощью системы компьютерного зрения  
DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.131.3.2>

По аналогичному принципу работают и системы контроля использования защитных масок, перчаток, обуви и т.п., что позволяет внедрять решения по оповещению сотрудников о нарушении правил техники безопасности в режиме, близком к реальному времени, например, с помощью переносных устройств или систем оповещения.

Системы обнаружения присутствия работника в опасной зоне контролируют появление работников в таких зонах с помощью контрастных линий на изображениях, получаемых с видеокamer, пересечение которых приводит к подаче предупредительного сигнала ответственным лицам.

Контроль безопасности выполнения производственных операций с помощью технологий компьютерного зрения основан на отслеживании движений корпуса или отдельных частей тела в сторону потенциально опасных механизмов.

### Заключение

Использование систем компьютерного зрения на производстве помогает контролировать соблюдение регламентов работы, например, выявлять аномальные скопления работников на отдельных участках производства работ, что может являться свидетельством нарушения производственной и технологической дисциплины.

К недостаткам таких систем можно отнести предвзятость данных и алгоритмов обучения нейронных сетей, сложность масштабирования и проблемы детектирования объектов в сложных погодных условиях.

В целом же компьютерное зрение обладает эксплуатационными и техническими преимуществами по сравнению с другими методами анализа и контроля (например, RFID, GPS и UWB), которые требуют установки датчиков на всех объектах проекта, подлежащих мониторингу, и предоставляют ограниченную информацию, зачастую лишь данные о местоположении объекта.

Технологии компьютерного зрения обладают большим потенциалом в качестве инструментов мониторинга безопасности и здоровья на местах, которые могут устранить ограничения существующих ручных подходов к наблюдению, создавая возможности для автоматического согласования процессов идентификации и оценки рисков путем извлечения и анализа соответствующей информации из изображений или видео.

### Конфликт интересов

Не указан.

### Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

### Conflict of Interest

None declared.

### Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

### Список литературы / References

1. Условия труда. Производственный травматизм (по отдельным видам экономической деятельности) [Электронный ресурс] // Федеральная служба государственной статистики. — 2022. — URL: [https://rosstat.gov.ru/working\\_conditions](https://rosstat.gov.ru/working_conditions). (дата обращения: 11.04.23)
2. Постановление Исполкома ФНПР от 19.04.2022 № 6-4 [Электронный ресурс] // Федерация Независимых Профсоюзов России. — 2022. — URL: <https://fnpr.ru/documents/dokumenty-federatsii/postanovlenie-ispolkoma-fnpr-ot-19-04-2022-6-4.html?ysclid=lc06l6gk66194421171>. (дата обращения: 11.04.23)

3. Bikash S. A Comprehensive Survey on Computer Vision-based Approaches for Automatic Identification of Products in Retail Store. / S. Bikash, P.M. Dipti // Image and Vision Computing. — 2022. — 86.
4. Li R. Moving towards Intelligent Telemedicine: Computer Vision Measurement of Human Movement. / R. Li, R.J. St George, W. Xinyi et al. // Computers in Biology and Medicine. — 2022. — 147.
5. Kakani V. A Critical Review on Computer Vision and Artificial Intelligence in Food Industry. / V. Kakani, V.H. Nguyen, B. Praveen Kumar et al. // Journal of Agriculture and Food Research. — 2020. — 2.
6. Seo J. Computer Vision Techniques for Construction Safety and Health Monitoring. / J. Seo, S. Han, S. Lee et al. // Advanced Engineering Informatics. — 2015. — Vol. 29. — Iss. 2.
7. Javaid M. Exploring Impact and Features of Machine Vision for Progressive Industry 4.0 culture. / M. Javaid, A. Haleem, R. Pratap Singh et al. // Sensors International. — 2022. — 3.
8. Kamruzzaman M. AI-based Computer Vision Using Deep Learning in 6G Wireless Networks. / M. Kamruzzaman, O. Alruwaili // Computers and Electrical Engineering. — 2022. — 102.
9. Балеев И.А. Распознавание дефектов на металлических сплавах с помощью алгоритмов компьютерного зрения OpenCV. / И.А. Балеев, А.Н. Земцов, М.И. Зыбин и др. // Инженерный вестник Дона. — 2021. — 3.
10. Цысь А.С. Система контроля технического состояния технологических мехатронных объектов с использованием нейронной сети анализа состояний. / А.С. Цысь, Р.Р. Пашкевич // Инженерный вестник Дона. — 2019. — 9.
11. Лапин Д. Разработка системы машинного зрения для детекции и классификации СИЗ на металлургическом производстве. / Д. Лапин, В. Клычников, М. Хуббатулин и др. // Системы безопасности. — 2022. — 1.
12. Система контроля ношения СИЗ на теплоэлектростанции [Электронный ресурс] // Центр 2М. — 2022. — URL: <https://center2m.ru/energoholding>. (дата обращения: 11.04.23)

### Список литературы на английском языке / References in English

1. Usloviya truda. Proizvodstvennyj travmatizm (po otdel'ny'm vidam e'konomicheskoy deyatel'nosti) [Working Conditions. Occupational Injuries (by certain types of economic activity)] [Electronic source] // Federal State Statistics Service. — 2022. — URL: [https://rosstat.gov.ru/working\\_conditions](https://rosstat.gov.ru/working_conditions). (accessed: 11.04.23) [in Russian]
2. Postanovlenie Ispolkoma FNPR ot 19.04.2022 № 6-4 [Resolution of the Executive Committee of Federation of Independent Trade Unions of Russia dated 04/19/2022 No. 6-4] [Electronic source] // Federation of Independent Trade Unions of Russia. — 2022. — URL: <https://fnpr.ru/documents/dokumenty-federatsii/postanovlenie-ispolkoma-fnpr-ot-19-04-2022-6-4.html?ysclid=lc06l6gk66194421171>. (accessed: 11.04.23) [in Russian]
3. Bikash S. A Comprehensive Survey on Computer Vision-based Approaches for Automatic Identification of Products in Retail Store. / S. Bikash, P.M. Dipti // Image and Vision Computing. — 2022. — 86.
4. Li R. Moving towards Intelligent Telemedicine: Computer Vision Measurement of Human Movement. / R. Li, R.J. St George, W. Xinyi et al. // Computers in Biology and Medicine. — 2022. — 147.
5. Kakani V. A Critical Review on Computer Vision and Artificial Intelligence in Food Industry. / V. Kakani, V.H. Nguyen, B. Praveen Kumar et al. // Journal of Agriculture and Food Research. — 2020. — 2.
6. Seo J. Computer Vision Techniques for Construction Safety and Health Monitoring. / J. Seo, S. Han, S. Lee et al. // Advanced Engineering Informatics. — 2015. — Vol. 29. — Iss. 2.
7. Javaid M. Exploring Impact and Features of Machine Vision for Progressive Industry 4.0 culture. / M. Javaid, A. Haleem, R. Pratap Singh et al. // Sensors International. — 2022. — 3.
8. Kamruzzaman M. AI-based Computer Vision Using Deep Learning in 6G Wireless Networks. / M. Kamruzzaman, O. Alruwaili // Computers and Electrical Engineering. — 2022. — 102.
9. Baleev I.A. Raspoznavanie defektov na metallicheskih splavah s pomoshh'yu algoritmov komp'yuternogo zreniya OpenCV [Identification of Defects on Metal Alloys Using OpenCV Computer Vision Algorithms]. / I.A. Baleev, A.N. Zemczov, M.I. Zybin et al. // Inzhenernyj vestnik Dona [Engineering Bulletin of the Don]. — 2021. — 3. [in Russian]
10. Cy's' A.S. Sistema kontrolya texnicheskogo sostoyaniya texnologicheskix mexatronny'x ob'ektov s ispol'zovaniem nejronnoj seti analiza sostoyanij [A System for Monitoring the Technical Condition of Technological Mechatronic Objects Using a Neural Network of State Analysis]. / A.S. Cy's', R.R. Pashkevich // Inzhenernyj vestnik Dona [Engineering Bulletin of the Don]. — 2019. — 9. [in Russian]
11. Lapin D. Razrabotka sistemy' mashinnogo zreniya dlya detekcii i klassifikacii SIZ na metallurgicheskom proizvodstve [Development of a Machine Vision System for the Detection and Classification of PPE in Metallurgical Production]. / D. Lapin, V. Klychnikov, M. Xubbatulin et al. // Sistemy' bezopasnosti [Security Systems]. — 2022. — 1. [in Russian]
12. Sistema kontrolya nosheniya SIZ na teploe'lektrostantsii [Control System for Wearing PPE at a Thermal Power Plant] [Electronic source] // Center 2M. — 2022. — URL: <https://center2m.ru/energoholding>. (accessed: 11.04.23) [in Russian]