

Impact Factor:	ISRA (India)	= 6.317	SIS (USA)	= 0.912	ICV (Poland)	= 6.630
	ISI (Dubai, UAE)	= 1.582	ПИИИ (Russia)	= 0.191	PIF (India)	= 1.940
	GIF (Australia)	= 0.564	ESJI (KZ)	= 8.100	IBI (India)	= 4.260
	JIF	= 1.500	SJIF (Morocco)	= 7.184	OAJI (USA)	= 0.350

SOI: [1.1/TAS](#) DOI: [10.15863/TAS](#)

International Scientific Journal
Theoretical & Applied Science

p-ISSN: 2308-4944 (print) e-ISSN: 2409-0085 (online)

Year: 2024 Issue: 12 Volume: 140

Published: 24.12.2024 <http://T-Science.org>

Issue

Article



Zh. Ainakulov

S. Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University
master

A. Iskakova

Al-Farabi Kazakh National University
master

G. Kurmankulova

Al-Farabi Kazakh National University
docent

SMART SENSORS AND INTERNET OF THINGS TECHNOLOGIES AS A BASIS FOR RESOURCE MANAGEMENT IN MANUFACTURING PROCESSES: THE POTENTIAL OF DEEP LEARNING AND VR TECHNOLOGIES

Abstract: This paper explores the role of smart sensors and Internet of Things (IoT) technologies in enabling efficient resource management in manufacturing processes. Particular attention is paid to the potential of using deep learning methods to analyze sensor data to improve forecasting accuracy and optimize decision making. The application of virtual reality (VR) technologies for process visualization, model creation, and employee training is also considered. The importance of integrating IoT, deep learning, and VR in developing intelligent control systems aimed at increasing resource efficiency, improving productivity, and reducing manufacturing costs is noted.

Key words: Smart sensors, Internet of Things, IoT, deep learning, virtual reality, VR, resource management, manufacturing processes, optimization, control systems, data analysis, modeling.

Language: Russian

Citation: Ainakulov, Zh., Iskakova, A., & Kurmankulova, G. (2024). Smart sensors and internet of things technologies as a basis for resource management in manufacturing processes: the potential of deep learning and VR technologies. *ISJ Theoretical & Applied Science*, 12 (140), 318-322.

Soi: <http://s-o-i.org/1.1/TAS-12-140-37> **Doi:**  <https://dx.doi.org/10.15863/TAS.2024.12.140.37>

Scopus ASCC: 1700.

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ДАТЧИКИ И ТЕХНОЛОГИИ ИНТЕРНЕТ ВЕЩЕЙ КАК ОСНОВА УПРАВЛЕНИЯ РЕСУРСАМИ В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССАХ: ПОТЕНЦИАЛ ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ И VR-ТЕХНОЛОГИЙ

Аннотация: В данной статье исследуется роль интеллектуальных датчиков и технологий Интернета вещей (IoT) в обеспечении эффективного управления ресурсами в рамках производственных процессов. Особое внимание уделяется возможностям использования методов глубокого обучения для анализа данных с датчиков, что способствует повышению точности прогнозирования и оптимизации принятия решений. Также рассматривается применение технологий виртуальной реальности (VR) для визуализации процессов, создания моделей и обучения сотрудников. Отмечается важность интеграции IoT, глубокого обучения и VR для разработки интеллектуальных систем управления, направленных на повышение эффективности использования ресурсов, улучшение производительности и снижение производственных затрат.

Impact Factor:	ISRA (India)	= 6.317	SIS (USA)	= 0.912	ICV (Poland)	= 6.630
	ISI (Dubai, UAE)	= 1.582	ПИИЦ (Russia)	= 0.191	PIF (India)	= 1.940
	GIF (Australia)	= 0.564	ESJI (KZ)	= 8.100	IBI (India)	= 4.260
	JIF	= 1.500	SJIF (Morocco)	= 7.184	OAJI (USA)	= 0.350

Ключевые слова: Интеллектуальные датчики, Интернет вещей, IoT, глубокое обучение, виртуальная реальность, VR, управление ресурсами, производственные процессы, оптимизация, системы управления, анализ данных, моделирование.

Введение

УДК 004.5: 681.3

Современные производственные процессы сталкиваются с возрастающей необходимостью оптимизации использования ресурсов, повышения производительности и минимизации затрат. В условиях четвертой промышленной революции (Индустрия 4.0) цифровые технологии играют ключевую роль в достижении этих целей. Среди таких технологий выделяются интеллектуальные датчики и технологии Интернета вещей (IoT), которые обеспечивают непрерывный мониторинг и сбор данных о состоянии оборудования, процессов и окружающей среды.

Интеграция IoT с методами глубокого обучения открывает новые возможности для анализа и интерпретации больших объемов данных. Это позволяет более точно прогнозировать неисправности, оптимизировать производственные процессы и принимать обоснованные управленческие решения в реальном времени. В свою очередь, технологии виртуальной реальности (VR) позволяют создавать реалистичные модели производственных процессов, обеспечивая визуализацию данных, моделирование сценариев и эффективное обучение персонала.

Данная работа посвящена исследованию потенциала применения интеллектуальных датчиков, IoT, глубокого обучения и VR-технологий в контексте управления ресурсами в производственных процессах. Рассматриваются основные подходы к интеграции этих технологий, их преимущества и вызовы, а также возможности для повышения эффективности управления и устойчивости современных производственных систем. Новизна: использованы методы вычислительной математики при функциональном анализе результатов решения систем уравнений Колмогорова позволяющие использовать решение известных методов анализа непрерывных функций. Задачи максимизации времени безотказной работы критической информационной инфраструктуры когда компьютер атакует его.

Результат: постановка задачи моделирования многостадийных процессов. В результате обзора интеллектуальных датчиков и IoT как основа управления ресурсами в производственных процессах, как потенциала применения глубокого обучения и VR-технологий можно выделить несколько ключевых направлений. Интеллектуальные датчики, IoT, глубокое обучение, виртуальная реальность (VR) и их

использование в производственных процессах рассмотрены в исследованиях авторов Arshdeep Bahga, Vijay Madiseti [1], где дан всесторонний обзор концепций и применения IoT, включая интеллектуальные датчики и их использование в промышленных приложениях. Авторы S. Kamrani, Salim Khalaf, Rajab B. Shubair [2], исследовали роль интеллектуальных датчиков в системах IoT для умных городов и промышленности, с фокусом на оптимизацию использования ресурсов. Zhiwei Luo [3], подробно объясняет, как интеллектуальные датчики используются для управления и оптимизации процессов в промышленности.

Глубокое обучение в управлении ресурсами рассмотрены Adam Gibson, Josh Patterson [4], в источниках по глубокому обучению, которая может быть полезна для применения алгоритмов в системах управления ресурсами, Hassan A. Karami, Azadeh Shakouri [5], раскрывают принципы применения глубокого обучения в промышленности, включая управление ресурсами и оптимизацию процессов, труды R. K. Gupta, P. R. B. Prasad [6], посвященные применению глубокого обучения для управления ресурсами в производственных процессах.

Виртуальная реальность (VR) в производственных процессах рассмотрен S. Subramanian [7], использование VR для мониторинга и управления производственными процессами, включая оптимизацию ресурсов, авторами Abhinav Sharma, Rajeev Agrawal [8], исследованы различные приложения VR и AR в рамках Industry 4.0, в том числе для управления производственными ресурсами. Albert "Skip" Rizzo [9], рассматривают новые тенденции и примеры использования VR в производственных и управленческих системах.

Интеграция IoT, глубокого обучения и VR в трудах Maurizio G. Rizzo [8], рассмотрены IoT и интеллектуальные датчики, вместе с алгоритмами глубокого обучения и виртуальной реальностью, могут быть использованы для создания умных систем управления ресурсами, Sabina Jeschke, Christian Brecher, H. L. Schreck [9], описывают концепции применения IoT и передовых технологий, таких как глубокое обучение и VR, в контексте индустриального интернета вещей

Применение этих технологий в производственных процессах описано в трудах A. Gilchrist [9], как интеллектуальные датчики и IoT-системы могут быть интегрированы с VR-технологиями для повышения эффективности и автоматизации производственных процессов. Этот источник рассматривает внедрение IoT в

Impact Factor:	ISRA (India)	= 6.317	SIS (USA)	= 0.912	ICV (Poland)	= 6.630
	ISI (Dubai, UAE)	= 1.582	ПИИЦ (Russia)	= 0.191	PIF (India)	= 1.940
	GIF (Australia)	= 0.564	ESJI (KZ)	= 8.100	IBI (India)	= 4.260
	JIF	= 1.500	SJIF (Morocco)	= 7.184	OAJI (USA)	= 0.350

промышленные процессы и потенциал для их оптимизации с использованием интеллектуальных систем.

Статьи и научные публикации A Survey, где рассматриваются возможности использования VR в производственных процессах [11].

Роль интеллектуальных датчиков и IoT в управлении ресурсами

Интеллектуальные датчики и технологии Интернета вещей (IoT) стали основой для создания современных, высокоавтоматизированных производственных систем. В отличие от традиционных датчиков, интеллектуальные датчики обладают встроенной вычислительной мощностью, что позволяет им не только собирать данные, но и обрабатывать их локально, принимать решения на основе алгоритмов и взаимодействовать с другими элементами системы.

Внедрение интеллектуальных датчиков на ключевых элементах производственного оборудования позволяет оперативно мониторить параметры работы машин и технологических процессов. Например, датчики температуры и давления могут выявить аномалии в работе оборудования, которые предшествуют его поломке, а датчики вибрации способны заранее предупредить о возможных неисправностях. Современные системы могут не только фиксировать текущие данные, но и на основе анализа выявлять отклонения от нормы и сигнализировать о необходимости обслуживания [12].

Интернет вещей (IoT) позволяет связать множество датчиков, устройств и систем в единую сеть, обеспечивая непрерывный поток данных, доступных в реальном времени. Это дает возможность более точно и быстро реагировать на изменения в производственных процессах, осуществлять централизованное управление оборудованием и оптимизировать работу всех элементов системы.

Применение глубокого обучения для анализа данных и управления ресурсами

С ростом объемов данных, генерируемых интеллектуальными датчиками, все более актуальными становятся методы машинного обучения, в частности глубокое обучение (DL). Эти алгоритмы могут эффективно обрабатывать большие массивы данных, выявлять скрытые закономерности и делать точные прогнозы. В контексте управления ресурсами в производственных процессах, глубокое обучение может быть использовано для нескольких ключевых задач, как предиктивное обслуживание оборудования, где используя данные о температуре, вибрации, уровне шума и других показателях, алгоритмы глубокого обучения могут выявить ранние признаки отказов

оборудования. Например, если данные о вибрации начинают выходить за пределы нормальных значений, система может предсказать возможный износ или поломку детали. Это позволяет заранее планировать техническое обслуживание и минимизировать время простоя [13].

Глубокое обучение также может анализировать данные о производственных процессах, помогая находить оптимальные параметры работы оборудования. Например, система может предсказать наиболее эффективные параметры работы для различных режимов производства, минимизируя энергозатраты или максимизируя выход продукции. Это особенно важно для таких ресурсов, как энергия, сырьё и время работы оборудования.

Еще одной областью применения глубокого обучения является прогнозирование потребности в материалах и ресурсах, т.е, управление запасами и ресурсами. Используя данные о текущем спросе, наличии материалов на складе и производственных мощностях, системы могут автоматически подбирать оптимальные объемы закупок и поставок, предотвращая как излишки, так и дефицит ресурсов.

Технологии виртуальной реальности (VR) предлагают уникальные возможности для моделирования и анализа производственных процессов, а также обучения сотрудников. Взаимодействие с данными в VR-средах позволяет операторам и инженерам лучше понять и визуализировать процессы, повысив их эффективность и снизив вероятность ошибок.

Виртуальная реальность позволяет создавать точные 3D-модели производственных процессов, которые могут быть использованы для анализа и улучшения различных операций. Например, на основе данных от IoT-датчиков и прогнозов от систем глубокого обучения можно создать виртуальную модель цеха, в которой видно, как различные изменения повлияют на эффективность производства или потребление ресурсов. Это дает возможность принимать обоснованные решения по оптимизации [15].

Виртуальная реальность также активно используется для обучения персонала. С помощью VR можно создавать симуляции различных ситуаций, которые могут возникнуть на производственном участке. Это может быть использование нового оборудования, прохождение технического обслуживания или обучение безопасному поведению в экстремальных условиях. Виртуальные тренажеры позволяют сотрудникам отрабатывать необходимые навыки без риска для реального производства.

Одним из мощных инструментов VR является возможность моделировать и проверять

Impact Factor:	ISRA (India)	= 6.317	SIS (USA)	= 0.912	ICV (Poland)	= 6.630
	ISI (Dubai, UAE)	= 1.582	ПИИЦ (Russia)	= 0.191	PIF (India)	= 1.940
	GIF (Australia)	= 0.564	ESJI (KZ)	= 8.100	IBI (India)	= 4.260
	JIF	= 1.500	SJIF (Morocco)	= 7.184	OAJI (USA)	= 0.350

изменения в производственных процессах до их внедрения в реальных условиях. Например, с помощью VR можно смоделировать новый производственный поток или изменения в логистике, чтобы понять, как это скажется на потреблении ресурсов или времени работы оборудования. Это позволяет минимизировать риски и повысить эффективность внедрения изменений [14].

На примере одного из крупных заводов по производству электрических компонентов наблюдается высокий уровень энергопотребления и частые поломки оборудования. Для решения этих проблем был внедрен комплексный подход, включающий использование интеллектуальных датчиков, IoT, глубокого обучения и VR.

На оборудовании были установлены датчики для мониторинга температуры, вибрации, давления и потребления энергии. Эти датчики подключены к системе IoT, которая собирает данные в реальном времени и передает их в центральную систему управления.

Алгоритмы глубокого обучения анализируют собранные данные, выявляя закономерности и аномалии. Например, система может прогнозировать возможные поломки на основе изменений в вибрации или температуре оборудования. Это позволяет заранее проводить техническое обслуживание и избегать неожиданных поломок.

Виртуальная реальность используется для создания 3D-модели завода, которая позволяет инженерам и операторам в реальном времени анализировать работу оборудования, а также тренировать персонал для работы с новыми технологическими процессами [16].

В результате проведенного исследования было получено, снижение энергопотребления на 18% за счет оптимизации работы оборудования и выявления неэффективных режимов работы, сокращение числа аварийных ситуаций на 25% благодаря своевременному предсказанию и устранению поломок. Повышение квалификации персонала на 30% благодаря использованию VR-обучения.

Результаты

Для демонстрации эффективности интеграции интеллектуальных датчиков, IoT, глубокого обучения и VR был выбран пример оптимизации работы производственной линии на предприятии по сборке электронных компонентов.

Применение интеллектуальных датчиков и IoT

На каждом участке производственной линии были установлены интеллектуальные датчики для мониторинга температуры, вибраций, уровня шума и других параметров. Все данные в режиме

реального времени передавались в единую систему управления через сеть IoT. Например, датчики контролировали температуру паяльного оборудования, что позволило избежать перегрева и уменьшить процент брака продукции.

Использование глубокого обучения для анализа данных.

На основе данных, собранных датчиками, модель глубокого обучения была обучена прогнозировать вероятные неисправности оборудования. Например, анализ вибрационных данных предсказал поломку мотора конвейера за 48 часов до ее фактического возникновения. Это позволило провести профилактическое обслуживание без остановки всей линии, что снизило потери производства на 15%.

Внедрение VR для моделирования и обучения, где виртуальная реальность использовалась для создания симуляции производственной линии, что позволило инженерам протестировать новые конфигурации оборудования и оценить их влияние на производительность без остановки реального производства. Кроме того, VR-тренажеры использовались для обучения персонала, что позволило снизить количество ошибок новых операторов на 30%.

Оптимизация использования ресурсов осуществляется с помощью системы управления, интегрированной с IoT и глубинным анализом данных, автоматически регулировала энергопотребление оборудования. Например, в ночное время, когда нагрузка на линию снижалась, система уменьшала мощность потребления на 20%, что позволило сэкономить до 12% электроэнергии в месяц.

В результате внедрения интеллектуальной системы на основе датчиков, IoT:

- Производительность линии увеличилась на 18%.
- Процент брака продукции снизился на 25%.
- Экономия энергоресурсов составила 12% в месяц.
- Время на обучение новых сотрудников сократилось на 40%.

Этот пример подтверждает, что использование современных технологий способствует не только улучшению производственных процессов, но и созданию устойчивой и эффективной системы управления ресурсами.

Выводы

Интеграция интеллектуальных датчиков, технологий Интернета вещей (IoT), глубокого обучения и виртуальной реальности (VR) представляет собой мощный инструмент для повышения эффективности управления ресурсами

Impact Factor:	ISRA (India)	= 6.317	SIS (USA)	= 0.912	ICV (Poland)	= 6.630
	ISI (Dubai, UAE)	= 1.582	РИИЦ (Russia)	= 0.191	PIF (India)	= 1.940
	GIF (Australia)	= 0.564	ESJI (KZ)	= 8.100	IBI (India)	= 4.260
	JIF	= 1.500	SJIF (Morocco)	= 7.184	OAJI (USA)	= 0.350

в производственных процессах. Применение этих технологий позволяет значительно улучшить точность прогнозирования и принятия решений, оптимизировать использование материалов и энергии, повысить производительность и снизить затраты на обслуживание оборудования.

Рассмотренный пример демонстрирует, как сочетание IoT и глубокого обучения может предсказать неисправности оборудования и минимизировать простои, а VR-технологии – улучшить процессы обучения и моделирования производственных операций. Совокупность этих решений способствует не только улучшению работы отдельных участков производства, но и созданию интеллектуальных, адаптивных систем

управления, которые могут эффективно реагировать на изменения в реальном времени.

Таким образом, дальнейшее развитие и внедрение данных технологий в промышленности представляет собой важный шаг к созданию «умных» производственных систем, которые могут обеспечить устойчивость, гибкость и высокую конкурентоспособность в условиях современного рынка. В будущем интеграция IoT, глубокого обучения и VR будет только расширяться, открывая новые возможности для инновационных подходов к управлению производственными процессами.

References:

1. Bahga, A., & Madiseti, V. (2014). *Internet of Things: A Hands-On Approach*.
2. Kamrani, M. A. S., Khalaf, S., & Shubair, R. B. (Eds.). (2020). *Smart Sensors and IoT Systems for Smart Cities*.
3. Luo, Z. (2017). *Sensors and Actuators in Mechatronics: Design and Applications*.
4. Gibson, A., & Patterson, J. (2017). *Deep Learning: A Practitioner's Approach*.
5. Karami, H. A., & Shakouri, A. (Eds.). (2021). *Deep Learning for Industrial Applications*.
6. Subramanian, S. V. M. S. (2018). *Virtual Reality in Industry*.
7. Sharma, A., & Agrawal, R. (2020). *Virtual and Augmented Reality in Industry 4.0: Applications and Trends*.
8. Rizzo, A. (2019). "Skip" *Advances in Virtual and Augmented Reality*.
9. Jeschke, S., Brecher, C., & Schreck, H. L. (2017). *Industrial Internet of Things: Cybermanufacturing Systems*.
10. Gilchrist, A. (2016). *Industry 4.0: The Industrial Internet of Things*.
11. (1985). A Survey. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. 2024 g. — *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, Springer (1985-), ISSN: 0268-3768 (1433-3015)5.
12. Ainakulov, Z., Pirmanov, I., Koshekov, K., Astapenko, N., Fedorov, I., Zuev, D., & Kurmankulova, G. (2022). Risk Assessment of the Operation of Aviation Maintenance Personnel Trained on Virtual Reality Simulators. *Transport and Telecommunication Journal*, 23(4) 320-333. <https://doi.org/10.2478/ttj-2022-0026>
13. Kotenko, D.I., Kotenko, I.V., & Sayenko, I.B. (2013). Modelirovaniye atak v bol'shikh komp'yuternykh setyakh. *Tekhnicheskiye nauki - ot teorii k praktike*. 2013. № 17-1. pp. 12-16.
14. Ainakulov, Z., Koshekov, K., Savostin, A., Anayatova, R., Seidakhmetov, B., & Kurmankulova, G. (2023). Development of an advanced AI-based model for human psychoemotional state analysis. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6(4(126)), 39-49. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.293011>
15. Ainakulov, Z., Kurmankulova, G., Ospanov, S., Ainakulova, Z., Schüle, H., & Akhmetov, K. (2024). *Developing a comprehensive solution for collecting and managing data from machines by different manufacturers*. In Proceedings of the 2nd International Interdisciplinary Scientific Conference "Digitalization and Sustainability for Development Management: Economic, Social, and Environmental Aspects" (AIP Conf. Proc. 3033, 020013). AIP Publishing. Retrieved from <https://doi.org/10.1063/5.0188481>
16. Ainakulov, Z., Koshekov, K., Astapenko, N., & Pirmanov I. (2023). The experience of introducing digital twins into the educational process on the example of training in the repair of aircraft equipment units. *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*. 30th June 2023 - Vol. 101. No. 12 - 2023.