

УДК 004.031.4

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОБЛЕМ ФОРМИРОВАНИЯ SCIENCE 4.0**RESEARCH OF THE PROBLEMS OF SCIENCE 4.0 FORMING**

Мехтиев Ш.А, Фаталиев Т.Х.,
Институт информационных технологий НАНА,
г. Баку, Азербайджан

Sh.A. Mehdiyev, T.Kh. Fataliyev,
Institute of Information Technology of ANAS,
Baku, Azerbaijan

e-mail: shakir.mehtieff@gmail.com

Аннотация. Возможности Индустрии 4.0, наряду с производственной сферой, стали предметом обсуждений и в научных кругах. Цифровая трансформация, технологии для сбора данных и их анализа в режиме реального времени, Интернет вещей, киберфизические системы, искусственный интеллект, машинное взаимодействие и облачные вычисления произвели революцию в области генерации, хранения, передачи и обработки данных. Это способствовало изменениям в традиционной научной деятельности и привело к появлению и развитию концепции Наука 4.0. В этом контексте актуальными стали вопросы организации и управления научной деятельностью, объединенных этой концепцией с широким использованием технологической платформы Индустрии 4.0. Данная работа посвящена исследованию проблем формирования Науки 4.0. Изучены основные принципы Индустрии 4.0, особенности применения ее базовых технологий и рассмотрены вопросы реконструкции научной среды на основе этих технологий. Разработаны концептуальные вопросы формирования Науки 4.0. Предполагается, что этот анализ внесет вклад в дальнейшее развитие решения этого вопроса.

Abstract. The possibilities of Industry 4.0, along with the manufacturing sector, have become the subject of discussion in academia. Digital transformation, technologies for data collection and analysis in real time, the Internet of Things, cyber-physical systems, artificial intelligence, machine interaction and cloud computing have revolutionized the generation, storage, transmission and processing of data. This contributed to changes in traditional scientific activities and led to the emergence and development of the concept of Science 4.0. In this context, the issues of organizing and managing scientific activities, united by this concept with the widespread use of the Industry 4.0 technology platform, have become relevant. This work is devoted to the study of the problems of the Science 4.0 forming. The basic principles of Industry 4.0, the features of the application of its basic technologies are studied, and the issues of reconstruction of the scientific environment based on these technologies are considered. Conceptual issues of the forming of Science 4.0 have been developed. This analysis is expected to contribute to the further development of the solution to this issue.

Ключевые слова: Индустрия 4.0, Наука 4.0, Интернет вещей, киберфизические системы, искусственный интеллект, аналитика больших данных.

Keywords: Industry 4.0, Science 4.0, Internet of Things, Cyber-physical systems, Artificial Intelligence, Big data analytics.

Известно, что со второй половины XVIII в. начинаются процессы перехода от аграрного общества к индустриальному обществу. В указанный период в ряде стран Западной Европы и Северной Америки в производственных целях использовались изобретения и усовершенствования, ставшие предпосылками индустриализации. Процесс индустриализации прошел несколько фаз, которые известны теперь как первая – четвертая промышленные революции. Отличительными чертами первых трех промышленных революций стали механизация, электрификация и информатизация соответственно.

Отсчет четвертой промышленной революции ведется с 2011 г., когда по инициативе федерального правительства Германии с участием университетов и частных компаний была анонсирована концепция Industry 4.0 [1]. Ее основная задача заключалась в развитии и внедрении инновационных информационных технологий в производственных системах с целью увеличения эффективности и конкурентоспособности национальной промышленности.

Industry 4.0 характеризуется высоким уровнем сложности и использованием полной сетевой интеграции продуктов и производственных процессов. Эта концепция представляет собой новый промышленный этап производственных систем путем интеграции набора новых и конвергентных технологий, которые повышают ценность всего жизненного цикла продукта. Industry 4.0 основана на передовом производстве или также на концепции интеллектуального производства, т.е. на адаптируемой системе, в которой гибкие линии автоматически регулируют производственные процессы для различных типов продуктов и меняющихся условий. Это позволяет повысить качество, производительность и гибкость, а также может помочь выпускать индивидуализированные продукты в больших масштабах и устойчивым образом с лучшим потреблением ресурсов.

Необходимо отметить, что промышленные революции и наука взаимосвязаны. Их развитие и формирование происходили параллельно. Можно предположить, что именно научно-технические достижения стали основой промышленных революций. И в то же самое время промышленные революции способствовали становлению новых научных направлений, адаптации науки к потребностям общества. Отметим, что в соответствии с фазами промышленных революций в работе [2] рассмотрены четыре вектора развития науки. В этом смысле четвертый вектор науки определяется нами как Science 4.0, в которой находят широкое применение киберфизические системы (КФС), искусственный интеллект (ИИ), Интернет вещей (ИВ), облачные вычисления, большие данные и другие инновационные технологии Industry 4.0.

В самом широком смысле наука – это высокоспециализированная сфера деятельности, которая дает объективные знания о мире, в том числе о человеке. Она включает в себя большой объем доказательств, собранных в результате неоднократных наблюдений и экспериментов, а целями ученых являются систематизация, обработка, распространение и применение объективных знаний и информации о сути событий и реальности. Знания – это хорошо структурированные данные и метаданные. Одним из основных компонентов общей системы знаний является научное знание, под которым понимается главный научный взгляд на мир, потому что он описывает законы его развития. Научное знание обычно рассматривается на двух уровнях: эмпирическом и теоретическом. Каждый из этих уровней использует свои собственные специфические методы исследования и имеет равное значение для научного знания в целом.

Эмпирическое знание возникает в результате прямого контакта с реальностью при наблюдении или на практике. Наука основана на эмпирически подтвержденных фактах. На эмпирическом уровне факты собираются, первоначально систематизируются и классифицируются. Эмпирическое знание позволяет формировать эмпирические правила, закономерности и законы, статистически выведенные из наблюдаемых событий. Основные методы эмпирического познания включают эксперимент, наблюдение, измерение, сравнение и описание полученных данных.

Суть теоретического знания – это попытка описать, объяснить и систематизировать эмпирически определенные процессы и закономерности, а также охватить всю действительность.

На обоих уровнях научных знаний возникают проблемы хранения, обработки и анализа больших объемов данных, собранных в результате исследований. Кроме того, для больших данных характерны также частота использования, жизненный цикл и другие свойства. Данные, имеющие особую важность для исследования, можно разделить на группы, такие как, данные наблюдений, экспериментов и вычислений. Эти данные также являются источником скрытых знаний, и извлечение знаний на их основе всегда было актуальной проблемой.

Взаимосвязь данных и знаний наглядно отображена в модели пирамиды знаний – DIKW (Data, Information, Knowledge, Wisdom: данные, информация, знания, мудрость) на рисунке 1¹. Она является одной из фундаментальных, широко признанных моделей, которая используется в определениях данных, информации и знаний.

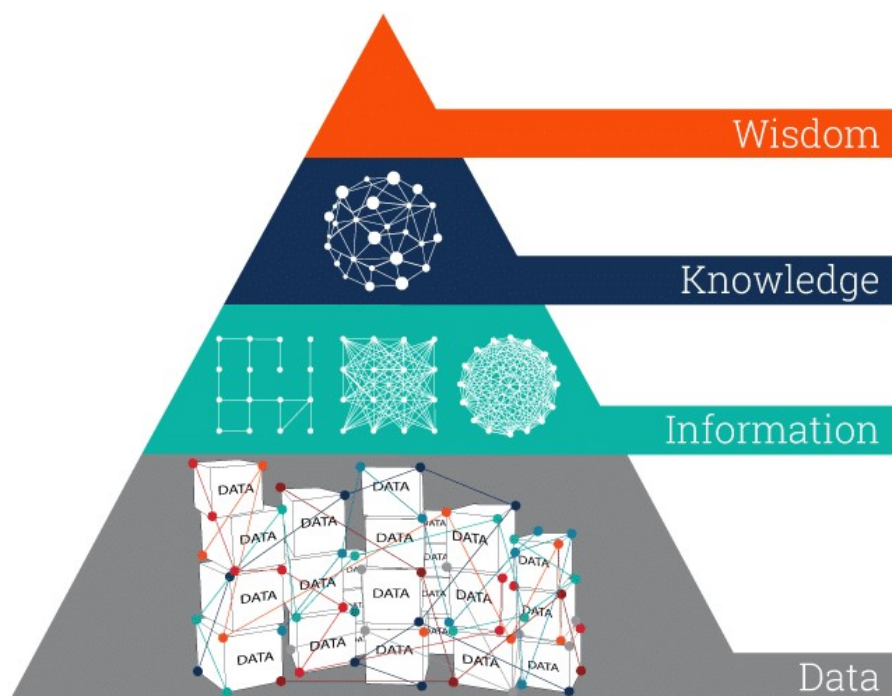


Рисунок 1. Модель пирамиды знаний DIKW

В пирамиде отображена информационная иерархия уровней, где каждый уровень добавляет определённые свойства к предыдущему уровню:

- в основании находится уровень доступных данных.
- информация добавляет контекст.
- знание добавляет «как» (механизм использования).
- мудрость добавляет «когда» (условия использования).

¹ <https://clck.ru/W9Poi>

Неявное предположение состоит в том, что данные можно использовать для создания информации, информацию для создания знаний, а знания для создания мудрости.

Исходя из этой пирамиды, можно предположить, что для научной деятельности характерны сбор, хранение, обработка, передача и анализ научных данных, научное описание и прогнозирование на основе моделей, интеллектуальная организация научной деятельности и управление наукой. В данном контексте можно заметить, что именно огромный потенциал Industry 4.0 привел к появлению и развитию концепции Science 4.0.

Рассмотрим некоторые решения конкретных задач в научной среде, связанные с использованием основных технологий Industry 4.0.

В [3] предложено использовать такую область ИИ, как машинное обучение, в морфологических классификациях изображений телескопа в проекте астрофизики Sloan Digital Sky Survey DR6, а в [4] – глубокие нейронные сети в прогнозе структуры белков в генетике.

В [5] рассматриваются самоуправляемые лаборатории (self-driving laboratories), как альтернатива классическим лабораториям. Автоматизированные платформы на основе машинного обучения, нейролингвистического программирования, управления знаниями, интеллектуального контроля и Big data аналитики на основе облачных услуг позволяют проведение в научных лабораториях полностью автономных экспериментов. Создание автономной лаборатории – это многопрофильная задача, сочетающая в себе самые разные области исследований. Методы машинного обучения и моделирования используются для прогнозирования свойств материалов и предложения новых экспериментов, а робототехника, дополненная и виртуальная реальности, автоматизированные методы определения характеристик используются для проведения экспериментов и анализа результатов.

В то же самое время эффективная научная деятельность требует комплексного подхода к управлению материально-технической базой науки. В [6] представлена структура технического обслуживания Intelligent Maintenance и обсуждены ее ключевые компоненты. Это платформа обслуживания на основе ИИ и ИВ, которая сочетает в себе сбор, передачу и хранение данных в реальном времени с помощью беспроводных датчиков и технологий больших данных, непрерывное обучение и развертывание моделей машинного обучения.

Применение технологий Industry 4.0 также актуально для решения создания надежной и эффективной инфраструктуры науки. Следует отметить, что схожие тенденции характерны для умного университетского кампуса, состоящего из набора инфраструктур, таких как, классы, библиотеки, лаборатории, факультеты и компьютерные системы, где университетское сообщество может разрабатывать мероприятия для своего обучения [7].

В [8] обсуждаются современные тенденции применения КФС в среде науки. Эти применения охватывают все этапы, начиная от сбора, хранения, обработки и анализа данных исследований, а также решение проблем управления наукой. Приведен пример платформы Web-Oriented Automation System как прототип веб-платформы, которая позволяет интегрировать службы КФС и использовать функциональные системы на основе браузера для создания и эксплуатации лаборатории для удаленных экспериментов через Интернет с использованием технического оборудования и систем.

Необходимо отметить, что в научном методе наблюдается переход, например, от единичных наблюдений к крупномасштабной обработке данных. Этот прогресс требует новых моделей инфраструктуры для поддержки научных исследований. Технологии облачных, туманных и граничных вычислений находятся в авангарде этого сдвига. Они сочетают высокопроизводительные вычисления наряду с доступом через Интернет,

совместную работу и интеллектуальный анализ данных. В [9, 10] рассмотрены проблемы больших данных, возникающие в результате применения решений Industry 4.0 в научной среде, и даны конкретные подходы к их эффективным решениям.

Таким образом, рассмотренные сопутствующие работы подтверждают, что Industry 4.0 имеет большой потенциал для развития науки. При этом актуальной является реконструкция науки, как корпоративной среды Science 4.0 на основе решений Industry 4.0.

Следует отметить, что формирование Science 4.0 на основе единой концепции является сложной проблемой и требует финансовой, нормативной, технической и технологической поддержки, и поэтому должно осуществляться поэтапно. Здесь следует учитывать следующее:

- развитие сетевой и вычислительной инфраструктуры, хранилищ данных в соответствии с новыми требованиями;
- внедрение нового поколения интеллектуальных датчиков, исполнительных механизмов, беспроводных сенсорных сетей, усилителей ИИ, графических процессоров, процессоров параллельной обработки и др.;
- специальное программное обеспечение;
- разработку систем по их назначению;
- развитие научной деятельности и управление наукой с учетом новых требований;
- обеспечение информационной безопасности и др.

Для успешной реализации концепции Science 4.0 в первую очередь важно наличие ИТ-инфраструктуры, а также удовлетворение других требований. Так, в работе [1] исследованы критические факторы, влияющие на внедрение Industry 4.0. Отмечено, что факторы ИТ-инфраструктуры и размер компании имеют положительную, а нехватка финансовых ресурсов, несоответствие навыков сотрудников, нежелание изменений и стадия их зрелости – отрицательную корреляцию, связанную с внедрением процедур Industry 4.0. В дополнение к этим результатам описаны такие достигаемые преимущества, как повышение конкурентоспособности, гибкости, качества и эффективности, снижение затрат. Однако, необходимо предусмотреть и отрицательные воздействия – это киберриски и требования систем безопасности.

В рамках концепции Science 4.0 наука рассматривается как корпоративная среда, и под ее физической инфраструктурой подразумеваются телекоммуникационные сети, центры обработки данных, исследовательские лаборатории, здания, электричество, логистика и т. д. Такая интегрированная КФС должна обеспечить:

- в отношении зданий – бесперебойное электроснабжение и водоснабжение; климат-контроль; контроль доступа; охрану зданий и видеонаблюдение; управление материалами и оборудованием; мониторинг оборудования; управление зданием, обнаружение и предупреждение об опасности и т.д.;
- обслуживание сетевых ресурсов, средств и оборудования; сетевой мониторинг и кибербезопасность; электронные услуги; постоянную диагностику и др.;
- управление и безопасность информационного обеспечения науки;
- интеграцию Industry 4.0 в среду научных исследований.

В заключении отметим, что при реализации концепции Science 4.0 возможна проекция следующих особенностей Industry 4.0: интероперабельность, модульность, гибкость, виртуализация, децентрализация, оптимизированное принятие решений в режиме реального времени и др. Например, существенно возрастает «скорость» науки, что было продемонстрировано при разработке вакцины от COVID-19.

Выводы

Технологическая платформа четвертой промышленной революции, отраженная в концепции Industry 4.0, оказывает решающее влияние на все сферы человеческой деятельности: экономику, государственное управление, социальную сферу. В то же самое время в научной сфере она непосредственно влияет как на процессы проведения исследований, так и на использование результатов исследований в виде инноваций, а также на управление наукой и взаимодействие науки и общества. Анализ сопутствующих работ по применению в науке основных технологий Industry 4.0, таких как ИВ, КФС, ИИ, больших данных и др. подтверждает, что Industry 4.0 открывает новые перспективы для развития науки. Реконструкция науки как корпоративной среды на основе единой концепции Science 4.0, основанной на решениях Industry 4.0, позволит повысить эффективность научной деятельности и поддержит предоставление многогранных решений для оперативного управления наукой. Изучены концептуальные вопросы формирования Science 4.0 и даны основные направления их решения.

Литература

1. Balasingham K. Industry 4.0: Securing the Future for German Manufacturing Companies [Электронный ресурс]. – URL:<https://clck.ru/W8r2s> (дата обращения: 01.04.2021)
2. Малыгин И.Г., Комашинский В.И., Цыганов В.В. От Науки 4.0 к России 4.0 [Электронный ресурс]. – URL:<https://clck.ru/W8r6f> (дата обращения: 01.04.2021)
3. Banerji M., et al. Galaxy Zoo: reproducing galaxy morphologies via machine learning. // *Mon. Not. R. Astron. Soc.* – 2010. – Vol. 406. – pp. 342-353.
4. Senior W., et al. Improved protein structure prediction using potentials from deep learning // *Nature*. – 2020. – Vol. 577. – pp. 706-710.
5. Häse F., Roch L., Aspuru-Guzik A. Next-Generation Experimentation with Self-Driving Laboratories // *Trends in Chemistry*. – 2019. – Vol. 1, is. 3. – pp. 282-291.
6. Zheng H., Paiva A., Gurciullo Ch. Advancing from Predictive Maintenance to Intelligent Maintenance with AI and IIoT // *Computer Science, Mathematics, ArXiv*, September 2020 [Электронный ресурс]. – URL:<https://clck.ru/W8rFk> (дата обращения: 01.04.2021)
7. Villegas-Ch W., Palacios-Pacheco X., and Luján-Mora S. Application of a smart city model to a traditional university campus with a Big data architecture: A sustainable smart campus // *Sustainability*. – 2019. – Vol. 11, №10. – p. 2857.
8. Fataliyev T.Kh., Mehdiyev Sh.A. Integration of Cyber-Physical Systems in E-Science Environment: State-of-the-Art, Problems and Effective Solutions // *I.J. Modern Education and Computer Science*. – 2019. – №9. – pp. 35-43.
9. Fataliyev T.Kh., Mehdiyev Sh.A. Research of the technology for the management and processing of big scientific data // *Problems of Information Society*. – 2019. – №2. – pp. 60-70.
10. Фаталиев Т.Х., Мехтиев Ш.А. Децентрализация обработки больших данных в среде электронной науки // *Информационные технологии: проблемы и решения*. – 2019. – Т. 8, №3. – С. 17-22.