



УДК 334.71
DOI 10.52575/2687-0932-2022-49-2-234-242

Оценка уровня автоматизации производственных процессов на промышленных предприятиях в российских регионах

Пиньковецкая Ю.С.

Ульяновский государственный университет,
Россия, 432000, г. Ульяновск, ул. Л. Толстого, 42
E-mail: judy54@yandex.ru

Аннотация. Необходимость трансформации производственных процессов в промышленности обусловлена задачами существенного повышения производительности труда на сложных и трудоемких работах. Решение этой проблемы требует внедрения новых технологий, основанных на автоматизации процессов производства товарной продукции. В современных исследованиях при рассмотрении вопросов автоматизации производственных процессов мало внимания уделяется региональным особенностям использования промышленными предприятиями таких технологий, как радиочастотная идентификация и имитация человеческих действий. Целью данного исследования была оценка показателей, характеризующих современный уровень развития технологий, обеспечивающих автоматизацию производственных процессов на производственных предприятиях в регионах России. При этом были рассмотрены три группы технологий: технологии радиочастотной идентификации для мониторинга и управления производственными процессами, технологии для идентификации и отслеживания готовой продукции, технологии, имитирующие человеческие действия для целей автоматизации. В процессе исследования использовалась авторская методология оценки распределения удельных показателей по регионам на основе разработки математических моделей. Моделирование основывалось на официальной статистической информации по 82 регионам России за 2020 год. Исследование показало, что в 2020 году более четверти всех промышленных предприятий использовали технологии радиочастотной идентификации для мониторинга и управления производственными процессами. Каждое девятое предприятие использовало такие технологии для отслеживания готовой продукции. Каждое пятое предприятие внедрило автоматизацию производственных процессов, в том числе с использованием роботов. Полученные результаты вносят вклад в развитие теоретических аспектов оценки эффективности автоматизации технологических процессов, а также определения регионального уровня использования рассматриваемых технологий.

Ключевые слова: промышленное производство, автоматизация технологических процессов, радиочастотная идентификация, управление производственными процессами, регионы, функции нормального распределения

Для цитирования: Пиньковецкая Ю.С. 2022. Оценка уровня автоматизации производственных процессов на промышленных предприятиях в российских регионах. Экономика. Информатика, 49(2): 234–242. DOI 10.52575/2687-0932-2022-49-2-234-242

Assessment of the Level of Automation of Production Processes at Industrial Enterprises in Russian Regions

Yuliya S. Pinkovetskaia
Ulyanovsk state university
42 L. Tolstogo St, Ulyanovsk, 432000, Russia

Abstract. The need to transform production processes in industry is due to the tasks of significantly increasing labor productivity in complex and labor-intensive jobs. The solution to this problem requires the introduction of new technologies based on the automation of the production processes of marketable products. In modern research, when considering the issues of automation of production processes, little attention is paid to the regional peculiarities of the use by industrial enterprises of technologies such as radio frequency identification and



imitation of human actions. The purpose of this study was to evaluate the indicators characterizing the current level of development of technologies that ensure automation of production processes at manufacturing enterprises in the regions of Russia. At the same time, three groups of technologies were considered: radio frequency identification technologies for monitoring and controlling production processes, technologies for identifying and tracking finished products, technologies that simulate human actions for automation purposes. In the course of the study, the author's methodology for assessing the distribution of specific indicators by region was used based on the development of mathematical models. The simulation was based on official statistical information for 82 regions of Russia for 2020. The study showed that in 2020, more than a quarter of all industrial enterprises used radio frequency identification technologies to monitor and manage production processes. Every ninth company used such technologies to track finished products. Every fifth company has implemented automation of production processes, including the use of robots. The obtained results contribute to the development of theoretical aspects of evaluating the effectiveness of automation of technological processes, as well as determining the regional level of use of the technologies in question.

Keywords: industrial production, automation of technological processes, radio frequency identification, production process management, regions, normal distribution functions

For citation: Pinkovetskaia I.S. 2022. Assessment of the Level of Automation of Production Processes at Industrial Enterprises in Russian Regions. *Economics. Information technologies*, 49(2): 234–242. DOI 10.52575/2687-0932-2022-49-2-234-242

Введение

В двадцать первом веке предприятия, относящиеся к промышленному сектору, стали широко внедрять технологии, связанные с автоматизацией производственных процессов. Особенно большое внимание уделяется технологиям, имитирующим человеческие действия для целей автоматизации. При этом используются автоматизированные линии и комплексы [Svensson et al., 2007; Lee et al., 2021; Enzi, Sardar, 2022], а также применяются различные модификации роботов [DeBacker et al., 2018; Cheng et al., 2019; Evjemo et al., 2020; Duong et al., 2021]. Вторым направлением автоматизации производственных процессов является использование технологий радиочастотной идентификации (РЧИ). Соответствующие технологические решения применяются для решения широкого круга задач беспроводного сбора данных считывателями с электронных меток, прикрепленных к объектам или встроенных в них, для идентификации и других целей [Domdouzis et al., 2007; Nayak et al., 2015; Mahmud et al., 2016]. Системы РЧИ включают специализированное оборудование, программное обеспечение, сетевые компоненты и компоненты баз данных, которые позволяют передавать информацию с меток в информационную инфраструктуру промышленных предприятий. Эти системы обеспечивают значительный эффект также в сфере безопасности и конфиденциальности. Особенно большое распространение получили РЧИ технологии в производственных цепочках поставок. Как показывают ранее проведенные исследования, выделяются два типа РЧИ технологий. Первые из них обеспечивают мониторинг и контроль производственных процессов [Mirshahi, Akbar, 2015; Haddud et al., 2015; Jiang et al., 2017; Yap et al., 2018], а вторые направлены на идентификацию и отслеживание готовой продукции [Stankovski et al., 2009; Bruce, Mcfarlane, 2009; Azevedo et al., 2014; Clancy et al., 2017].

Целью данного исследования являлась оценка показателей, характеризующих сложившийся в регионах России уровень развития технологий, обеспечивающих автоматизацию производственных процессов на промышленных предприятиях. При этом рассматривались три группы технологий: РЧИ технологии мониторинга и контроля производственных процессов, РЧИ технологии идентификации и отслеживания готовой продукции, технологии, имитирующие человеческие действия для целей автоматизации.

Структура нашей статьи выглядит следующим образом. Далее рассмотрены методология, исходные данные и дизайн исследования. Затем представлены результаты разработки математических моделей и оценки их качества, а также обсуждаются результаты исследования и приведена проверка сформулированных гипотез. Затем описываются выводы исследования и приводятся библиографические ссылки.



Объекты и методы исследования

В нашем исследовании рассматривались промышленные предприятия, расположенные в регионах России. При этом анализировались показатели, характеризующие долю предприятий, использующих радиочастотную идентификацию и автоматизацию производственных процессов, в общем количестве предприятий, производящих товарную продукцию и расположенных во всех регионах России. К этим показателям относятся:

– доля предприятий, которые используют РЧИ технологии мониторинга и контроля производственных процессов в общем количестве всех промышленных предприятий, расположенных в регионе (показатель 1);

– доля предприятий, которые используют РЧИ технологии идентификации и отслеживания готовой продукции в общем количестве всех промышленных предприятий, расположенных в регионе (показатель 2);

– доля предприятий, которые используют технологии, имитирующие человеческие действия для целей автоматизации в общем количестве всех промышленных предприятий, расположенных в регионе (показатель 3).

Процесс исследования включал пять этапов. На первом этапе были сформированы исходные данные, описывающие количество промышленных предприятий, расположенных в каждом из регионов России в 2020 году, которые использовали указанные выше технологии. Кроме того, были сформированы данные об общем количестве промышленных предприятий по каждому региону России. На втором этапе были рассчитаны значения показателей, характеризующих удельный вес предприятий, которые в своей производственной деятельности использовали соответствующие технологии в общем количестве всех промышленных предприятий, расположенных в каждом из регионов. На третьем этапе были разработаны три модели, описывающие распределение вышеуказанных показателей по регионам России. На четвертом этапе были определены средние значения показателей по регионам, а также диапазоны, в которых находятся значения этих показателей для большинства из них. На пятом этапе были определены регионы, которые характеризовались максимальными и минимальными значениями показателей по данным за 2020 год.

В исследовании использовалась официальная статистическая информация [Наука, инновации и технологии].

В нашем исследовании были проверены следующие гипотезы:

Н1 – на промышленных предприятиях, расположенных в большинстве регионов России, рассматриваемые технологии получили определенное развитие в последние годы. Эти технологии использовались предприятиями во всех без исключения регионах России;

Н2 – наибольшее распространение среди рассмотренных технологий получили РЧИ технологии мониторинга и контроля производственных процессов;

Н3 – значения показателей, характеризующих использование трех рассмотренных типов технологий, различаются в зависимости от региона, в котором расположены предприятия. При этом коэффициенты вариации по каждому из трех показателей значительны (то есть превышают 33 %);

Н4 – регионы, характеризующиеся максимальным и минимальным значением показателей, описывающих уровень использования трех рассматриваемых технологий промышленными предприятиями, расположены в разных федеральных округах. То есть территориальное расположение регионов не влияет на максимальное и минимальное значение каждого из трех показателей.

Оценка распределений значений трех рассматриваемых показателей по регионам России проводилась на основе математического моделирования исходных эмпирических данных. В качестве моделей использовались функции плотности нормального распределения, метод разработки которых для оценки значений относительных показателей был представлен в статьях [Pinkovetskaia et al., 2021; Pinkovetskaia, 2022].

Результаты и их обсуждение

В результате моделирования исходных эмпирических данных были разработаны три функции нормального распределения. Эти функции, демонстрирующие зависимости между распределениями $(y_1; y_2; y_3)$ и тремя рассматриваемыми в процессе исследования показателями $(x_1, \%; x_2, \%; x_3, \%)$, приведены ниже:

– доля предприятий, которые используют РЧИ технологии мониторинга и контроля производственных процессов в общем количестве всех промышленных предприятий, расположенных в регионе

$$y_1(x_1) = \frac{925,71}{11,43 \times \sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(x_1 - 26,63)^2}{2 \times 11,43 \times 11,43}}; \quad (1)$$

– доля предприятий, которые используют РЧИ технологии идентификации и отслеживания готовой продукции в общем количестве всех промышленных предприятий, расположенных в регионе

$$y_2(x_2) = \frac{231,43}{3,79 \times \sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(x_2 - 11,07)^2}{2 \times 3,79 \times 3,79}}; \quad (2)$$

– доля предприятий, которые используют технологии, имитирующие человеческие действия для целей автоматизации в общем количестве всех промышленных предприятий, расположенных в регионе

$$y_3(x_3) = \frac{636,43}{9,42 \times \sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(x_3 - 18,81)^2}{2 \times 9,42 \times 9,42}}. \quad (3)$$

Для определения качества разработанных функций (1)–(3) были использованы три теста (критерия качества): Колмогорова – Смирнова, Пирсона, Шапиро – Вилка. Расчетные значения статистик по этим тестам приведены в таблице 1. В этой же таблице представлены критические значения по каждому из тестов для уровня значимости 0,05.

Информация, приведенная в столбце 2 таблицы 1, показала, что все рассчитанные значения меньше критического значения по тесту Колмогорова – Смирнова. Аналогично критическое значение по тесту Пирсона (столбец 3) больше соответствующих расчетных статистик. Данные, приведенные в столбце 4, больше критического значения теста Шапиро – Вилка. Следовательно, можно сделать вывод, что разработанные функции распределения обладают высоким качеством по всем трем тестам.

На следующем этапе исследования проводилась оценка рассматриваемых показателей на основе разработанных функций. Значения показателей, средние по регионам России, приведены в колонке 2 таблицы 2. Средние значения были определены на основе функций (1)–(3). В третьем столбце таблицы 2 указаны стандартные отклонения для обсуждаемых показателей. Значения показателей, характеризующих верхнюю и нижнюю границы интервалов, соответствующих большинству регионов, приведены в столбце 4. Нижние границы рассчитываются как разница между средним значением и стандартным отклонением, а верхние границы – как сумма среднего значения и стандартного отклонения.

Приведенная информация показывает возможность оценки распределения показателей, характеризующих использование рассматриваемых технологий в деятельности российских промышленных предприятий, по регионам с использованием функций плотности нормального распределения.



Таблица 1
 Table 1

Расчетные и критические значения статистик (расчеты проведены автором на основе функций (1)–(3))
 Calculated and critical values of statistics (calculations are carried out by the author on the basis of functions (1)–(3))

Показатели	Расчетные значения		
	Тест Колмогорова – Смирнова	Тест Пирсона	Тест Шапиро – Вилка
1	2	3	4
доля предприятий, которые используют РЧИ технологии мониторинга и контроля производственных процессов в общем количестве всех промышленных предприятий, расположенных в регионе	0,07	3,94	0,96
доля предприятий, которые используют РЧИ технологии идентификации и отслеживания готовой продукции в общем количестве всех промышленных предприятий, расположенных в регионе	0,03	1,08	0,97
доля предприятий, которые используют технологии, имитирующие человеческие действия для целей автоматизации в общем количестве всех промышленных предприятий, расположенных в регионе	0,02	0,29	0,98
критические значения по тестам	0,174	9,49	0,93

Таблица 2
 Table 2

Значения показателей, характеризующих уровни использования рассматриваемых технологий на промышленных предприятиях, % (расчеты проведены автором на основе функций (1)–(3))
 Values of indicators characterizing the levels of use of the technologies in question at industrial enterprises, % (calculations are carried out by the author on the basis of functions (1)–(3))

Показатели	Средние по регионам значения	Стандартные отклонения значений	Значения, характерные для большинства регионов
1	2	3	4
доля предприятий, которые используют РЧИ технологии мониторинга и контроля производственных процессов в общем количестве всех промышленных предприятий, расположенных в регионе	26,63	11,43	15,20–38,06
доля предприятий, которые используют РЧИ технологии идентификации и отслеживания готовой продукции в общем количестве всех промышленных предприятий, расположенных в регионе	11,07	3,79	7,28–14,86
доля предприятий, которые используют технологии, имитирующие человеческие действия для целей автоматизации в общем количестве всех промышленных предприятий, расположенных в регионе	18,81	9,42	9,39–28,23

Анализ данных, представленных во второй таблице, позволяет охарактеризовать долю предприятий, использовавших технологии РЧИ и технологии, имитирующие человеческие действия для целей автоматизации в своей деятельности в 2020 году.

В среднем по рассматриваемым регионам показатель, характеризующий РЧИ технологии мониторинга и контроля производственных процессов, достиг 26,6 %. То есть каждое четвертое промышленное предприятие в России использовало такие технологии. В большинстве регионов значения этого показателя колебались от 15,2 % до 38,1 %. Причем эти технологии использовались предприятиями во всех без исключения регионах России, поскольку минимальное значение показателя, которое имело место в Магаданской области, составляло более пяти процентов.

Среднее по всем регионам значение показателя, характеризующего долю промышленных предприятий, использующих РЧИ технологии идентификации и отслеживания готовой продукции, в 2020 году составило 11,1 %. Следовательно, каждое девятое предприятие освоило такие технологии. В большинстве регионов значения этого показателя колебались от 7,3 % до 14,8 %. Наименьшее значение второго показателя также было в Магаданской области (четыре процента).

Среднее по всем регионам значение показателя, характеризующего долю промышленных предприятий, использующих технологии, имитирующие человеческие действия для целей автоматизации, составило 18,8 %. Следовательно, каждое пятое предприятие участвовало в автоматизации своих технологических процессов, в том числе за счет внедрения роботов, которые имитируют действия людей. В большинстве регионов этот показатель колебался от 9,4 % до 28,2 %. Наименьшее значение третьего показателя отмечалось на предприятиях, расположенных в Республике Дагестан (два процента).

Полученные результаты исследования позволяют нам сделать следующие выводы. На промышленных предприятиях, расположенных в большинстве регионов России, рассматриваемые технологии имели существенное развитие в последние годы. Эти технологии использовались предприятиями во всех без исключения регионах России. Даже в регионах с наименьшими значениями показателей уровень использования указанных технологий был выше двух процентов. Таким образом, можно констатировать, что первая гипотеза нашла свое подтверждение. Сравнение средних по регионам значений показателей продемонстрировало, что наибольшее распространение среди рассмотренных технологий получили РЧИ технологии мониторинга и контроля производственных процессов. Следовательно, вторая гипотеза подтвердилась.

Данные второй таблицы позволяют сделать вывод о дифференциации значений показателей по регионам. Была проанализирована степень вариации каждого из показателей. Для этой цели использовались стандартные отклонения, указанные в колонке 3. Индексы вариации следующие: по первому показателю – 43 %, по второму показателю – 34 %, по третьему показателю – 50 %. Этот анализ показал, что в рассматриваемых регионах уровень дифференциации значений всех трех показателей был выше 33 %, то есть очень значителен. То есть третья гипотеза подтвердилась.

На следующем этапе было проведено ранжирование регионов, которое позволило определить перечни тех из них, в которых были отмечены максимальные и минимальные значения каждого показателя. Максимальными значениями являются те, которые превышают верхние пределы диапазонов, указанных в столбце 4 таблицы 2, а минимальными значениями являются те, которые меньше нижних пределов указанных диапазонов. Результаты этого анализа приведены ниже. Ниже приведены регионы, на предприятиях которых были отмечены максимальные значения показателей:

– первый показатель – Воронежская область, Калужская область, Белгородская область, Краснодарский край, Республика Мордовия, Самарская область, Республика Калмыкия, Новгородская область, Московская область;



– второй показатель – Сахалинская область, г. Москва, Республика Ингушетия, Самарская область, г. Санкт-Петербург, Республика Калмыкия, Республика Адыгея, Московская область, Чеченская республика, Приморский край;

– третий показатель – Ярославская область, Тамбовская область, Псковская область, Республика Мордовия, Ставропольский край, Самарская область, Мурманская область, Владимирская область, Воронежская область, Вологодская область, Калужская область, Краснодарский край, Белгородская область.

Ниже приведены регионы, в которых были отмечены минимальные значения показателей:

– первый показатель – Магаданская область, Кабардино-Балкарская Республика, Республика Крым, Республика Дагестан, Еврейская автономная область, Республика Тыва, Курская область, Камчатский край;

– второй показатель – Магаданская область, Кировская область, Новгородская область, Кабардино-Балкарская Республика, Алтайский край, Удмуртская Республика, Владимирская область, Республика Марий Эл, Республика Крым, Ивановская область, Орловская область, Костромская область, Брянская область;

– третий показатель – Республика Дагестан, Республика Тыва, Республика Ингушетия, Кабардино-Балкарская Республика, Амурская область, Камчатский край, Республика Бурятия, Забайкальский край, Хабаровский край, Республика Саха, Республика Северная Осетия-Алания.

Анализ расположения регионов с максимальными и минимальными значениями каждого из трех показателей свидетельствует, что они относятся к разным федеральным округам. То есть они расположены в разных территориальных частях России. Это позволяет нам сделать вывод, что четвертая гипотеза подтвердилась.

Заключение

Цель данного исследования, связанная с оценкой показателей, характеризующих сложившийся в регионах России уровень развития технологий, обеспечивающих автоматизацию производственных процессов на промышленных предприятиях, была достигнута. В исследовании были рассмотрены три группы технологий, а именно РЧИ технологии мониторинга и контроля производственных процессов и РЧИ технологии идентификации и отслеживания готовой продукции, а также технологии, имитирующие человеческие действия для целей автоматизации. В нашем исследовании использовались официальные статистические данные по промышленным предприятиям, расположенным во всех 82 регионах России в 2020 году. В ходе исследования была предложена и внедрена методология оценки этих показателей с использованием функций плотности нормального распределения.

Наше исследование делает важный вклад в понимание региональных особенностей использования рассматриваемых технологий предприятиями в России. Были получены новые знания об уровне автоматизации производственных процессов на промышленных предприятиях. Исследование показало, что в 2020 году более четверти всех промышленных предприятий использовали РЧИ технологии мониторинга и контроля производственных процессов. Каждое девятое предприятие применяло РЧИ технологии идентификации и отслеживания готовой продукции. Каждое пятое предприятие внедрило технологии, имитирующие человеческие действия для целей автоматизации. Таким образом, можно сделать вывод, что значительное количество предприятий использовало в своей производственной деятельности рассматриваемые технологии. Эти технологии использовались во всех без исключения регионах России.

Наблюдалась существенная дифференциация значений трех рассматриваемых показателей по регионам. Поскольку коэффициенты вариации по всем показателям превышали 33 %, были определены регионы, которые характеризовались максимальными и минимальными значениями трех рассматриваемых показателей. Сравнительный анализ показал, что территориальное расположение регионов не влияет на максимальные и минимальные значения показателей.



Практическая значимость исследования для государственных и региональных органов власти заключается в учете особенностей развития автоматизации производственных процессов на промышленных предприятиях, расположенных во всех регионах России. Результаты работы могут быть использованы в деятельности федеральных и региональных структур, связанных с модернизацией существующих предприятий и внедрением новых технологических процессов, а также обоснованием выделения дополнительных ресурсов регионам с низким уровнем использования рассмотренных технологий. Дальнейшее развитие этих технологий в России, на наш взгляд, должно быть связано с оснащением промышленных предприятий оборудованием, позволяющим автоматизировать наиболее трудоемкие и опасные процессы. Кроме того, необходимо предоставление всем субъектам хозяйствования информации об эффективных инновационных технологиях, получивших распространение в регионах России, а также объяснение конкурентных преимуществ, связанных с их внедрением.

Полученные новые знания представляют интерес и могут быть использованы в образовательных программах высшего образования по проблемам автоматизации производственных процессов. Методология, предложенная в исследовании, может быть использована странами с большим количеством территориальных образований для проведения сравнительного анализа показателей.

Дальнейшие исследования могут быть направлены на определение тенденций и закономерностей изменения показателей, рассматриваемых в данной статье, в последующие годы. Кроме того, особый интерес представляет оценка показателей использования технологий предприятиями, расположенными в отдельных муниципальных образованиях, относящихся к каждому из регионов России. Для такой оценки может быть использован методологический подход, основанный на разработке функций плотности нормального распределения, который приведен в данной работе.

Список источников

Наука, инновации и технологии. Федеральная служба государственной статистики. URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/14478> (дата обращения: 25 марта 2022).

References

- Azevedo S.G., Prata P., Fazendeiro P. 2014. The role of radio frequency identification (RFID) technologies in improving process management and product tracking in the textiles and fashion supply chain. *Fashion Supply Chain Management Using Radio Frequency Identification (Rfid) Technologies*. Amsterdam. Woodhead Publishing Limited, 42–69.
- Bruce J., Mcfarlane D.C. 2009. Effective RFID-based Object Tracking for Manufacturing. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 22 (07): 638–647.
- Cheng H., Jia R., Li D., Li H. 2019. The Rise of Robots in China. *The Journal of Economic Perspectives*, 33 (2): 71–88.
- Clancy J., Bibi F., Guillaume C., Gontard N., Sorli B. 2017. A review: RFID technology having sensing aptitudes for food industry and their contribution to tracking and monitoring of food products. *Trends in Food Science and Technology*, 62: 91–103.
- DeBacker K., DeStefano T., Menon C., Suh J.R. 2018. Industrial robotics and the global organisation of production. *OECD Science, Technology and Industry Working Papers*, 2018/03, Paris, OECD Publishing, 44 p.
- Domdouzis K., Kumar B., Anumba C. 2007. Radio-Frequency Identification (RFID) applications: A brief introduction. *Advanced Engineering Informatics*, 21: 350–355.
- Duong Q.K., Trang T.T., Pham T.L. 2021. Robot Control Using Alternative Trajectories Based on Inverse Errors in the Workspace. *Journal of Robotics*, 2021 (9995787): 1–8.
- Enzi A., Sardar A. 2022. Automated Production Line Reliability Analysis of the Crankshaft Manufacturing Process. *Advances in Science and Technology Research Journal*, 16 (1): 15–27.
- Evjemo L.D., Gjerstad T., Grotli E.I., Sziebig G. 2020. Trends in Smart Manufacturing: Role of Humans and Industrial Robots in Smart Factories. *Current Robotics Reports*, 1: 35–41.
- Haddud, A., Dugger J.C., Lee H. 2015. *Lee Manufacturing Control, Asset Tracking, and Asset Maintenance*:



- Assessing the Impact of RFID Technology Adoption. *Journal of International Technology and Information Management*, 24 (2): 35–54.
- Jiang Z., Liu Y., Liu J., Li Y. 2017. Study of manufacturing resource perception and process control of a radio-frequency-identification-enabled decentralized flexible manufacturing system. *Advances in Mechanical Engineering*, 9(1): 1–12.
- Mahmad M.K., Rozainy M.R., Baharun N. 2016. Applications of Radio Frequency Identification (RFID) in Mining Industries. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 133 (012050): 1–6.
- Mirshahi S., Akbar A. 2015. Application of RFID System for the Process Control of Distributed Manufacturing System. *Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering. IEEE CCECE*, 1–6.
- Lee J.-D., Hsu H.-Y., Li C.-Y., Yang J.-Y. 2021. Design and Implementation of Intelligent Automated Production-Line Control System. *Electronics*, 10 (2502): 1–17.
- Nayak R., Singh A., Padhye R., Wang L. 2015. RFID in textile and clothing manufacturing: technology and challenges. *Fashion and Textiles*, 2 (9): 1–16.
- Pinkovetskaia I., Nuretdinova Y., Nuretdinov I., Lipatova N. 2021. Mathematical modeling on the base of functions density of normal distribution. *REVISTA DE LA UNIVERSIDAD DEL ZULIA*, 12 (33): 34–49.
- Pinkovetskaia I. 2022. Estimation of the share of women in the number of students of higher educational institutions: data by regions of Russia. *Perspectivas em Diálogo*, 09 (19): 7–20.
- Stankovski S., Lazarevic M., Ostojic G., Cosic I., Puric R. 2009. RFID technology in product/part tracking during the whole life cycle. September. *Assembly Automation*, 29 (4): 364–370.
- Svensson B., Danielsson F., Lennartson B. 2007. OffLine Optimisation of Complex Automated Production Lines-Applied on a Sheet-Metal Press Line. *IEEE Xplore, Conference Assembly and Manufacturing. ISAM '07. IEEE International Symposium*.
- Yap Z.-H., Low F.-S., Chong H.-Y. 2018. Case study: lean-RFID based waste identification system on example of small-medium manufacturing industries. *Management and Production Engineering Review*, 9 (2): 52–68.

Конфликт интересов: о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.

Conflict of interest: no potential conflict of interest related to this article was reported.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Пиньковецкая Юлия Семеновна, кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры экономического анализа и государственного управления, Ульяновский государственный университет, г. Ульяновск, Россия

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Iuliia S. Pinkovetskaia, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Economic Analysis and State Management, Ulyanovsk State University, Ulyanovsk, Russian