

УДК 330.13; 004.8

DOI: 10.34670/AR.2023.85.22.086

## Развитие системы управления промышленными предприятиями в рамках технологической трансформации Индустрии 5.0

**Луковников Никита Владимирович**

Соискатель кафедры экономики и управления  
промышленным производством,  
Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет,  
614990, Российская Федерация, Пермь, Комсомольский пр., 29;  
e-mail: nikluk2021@yandex.ru

**Мингалева Жанна Аркадьевна**

Доктор экономических наук, профессор,  
кафедра экономики и управления  
промышленным производством,  
Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет,  
614990, Российская Федерация, Пермь, Комсомольский пр., 29;  
e-mail: mingal1@pstu.ru

### Аннотация

Вопросы взаимосвязи базовых положений Индустрии 4.0 и Индустрии 5.0 и возможности их эффективного применения в отечественной промышленности становятся все более обсуждаемыми среди ученых и практиков. Целью исследования является анализ требований Индустрии 5.0 к процессу организации промышленного производства и управления предприятиями путем адаптации интеллектуальных технологий Индустрии 4.0 к человеко-ориентированному ценностному поведению. Раскрыты возможности Индустрии 5.0 решать масштабные общегуманитарные задачи на основе усиления внимания к социальным и экологическим ценностям. Проанализированы особенности и основные различия в подходах к использованию человеческих и природных ресурсов в рамках основных этапов развития промышленного производства. Показано, что Индустрия 5.0 привнесла в производство ценностно-ориентированное поведение и усиление социальной и экологической направленности любых принимаемых в сфере производства решений. Отмечено, что слабое понимание особенностей взаимосвязи технологий Индустрии 4.0 и Индустрии 5.0 является одной из причин медленного осуществления цифровой трансформации производства и управления на российских промышленных предприятиях.

### Для цитирования в научных исследованиях

Луковников Н.В., Мингалева Ж.А. Развитие системы управления промышленными предприятиями в рамках технологической трансформации Индустрии 5.0 // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2023. Том 13. № 10А. С. 668-675. DOI: 10.34670/AR.2023.85.22.086

**Ключевые слова**

Индустрия 5.0, цифровые технологии, искусственный интеллект, система управления, эффективность, ценности развития.

**Введение**

Возрастающие масштабы внедрения на промышленных предприятиях элементов Индустрии 4.0, а, главное, усиливающийся во всем мире переход к парадигме Индустрии 5.0, спровоцировали усиление внимания как к концептуальному объяснению новой парадигмы развития промышленного производства, так и к практическому обоснованию стратегий и программ такого перехода. В России разработана и уже несколько лет действует программа «Цифровая трансформация» [Рахманов, 2021]. При этом активное применение технологий Индустрии 4.0 в различных отраслях производства и в разных бизнес-процессах существенно повлияло на изменение уже существующих управленческих подходов, а переход к Индустрии 5.0 сделал этот процесс еще более революционным.

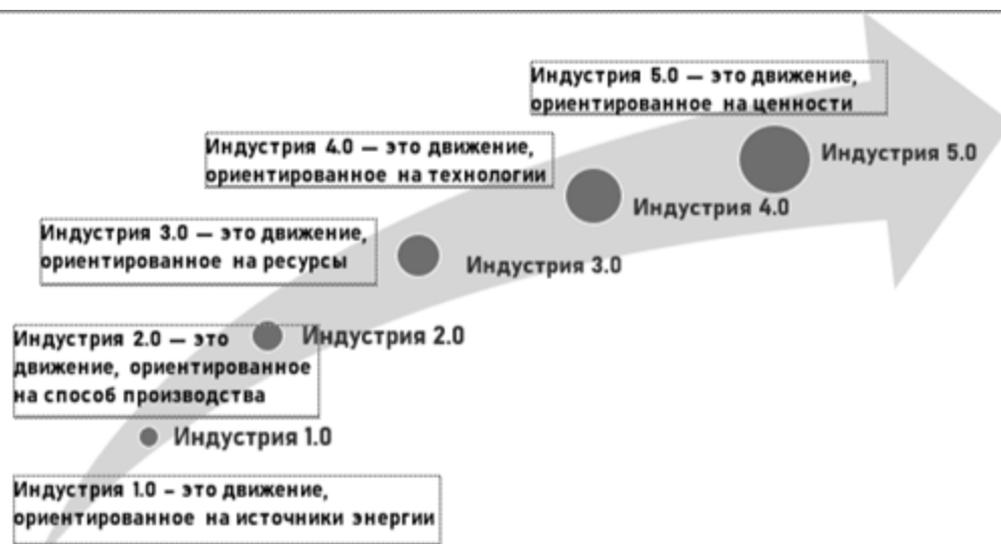
Первые примеры комплексного перехода к технологиям Индустрии 5.0 показали, что одновременное изменение производственной и управленческой составляющих значительно облегчает такой переход, способствует сокращению противоречий, нестыковок и слабой адаптации к реальному производству процесса перехода.

Недостаточно четкое понимание особенностей данного процесса, являющееся причиной замедленного осуществления цифровой трансформации производства и управления, стало одной из серьезных проблем развития отечественных предприятий в современных условиях [Lukovnikov, Mingaleva, Zakirova, Starkov, 2022]. При этом предприятия разных секторов и отраслей экономики сталкиваются с различающимися проблемами в применении технологий и практики управления и потенциала Индустрии 4.0 [Manupati, Rajya Lakshmi, Ramkumar, Varela, 2021; de Souza, Santos, Silva et al., 2022; Shukla, Shankar, 2022].

Более того, наблюдаются и существенные различия по объемам внедрения конкретных цифровых технологий, включая технологии искусственного интеллекта, аддитивные технологии, технологии обработки больших данных и т.д. [Луковников, 2023; Раджабов, Хазбулатов, Джиеова, 2023; Коженков, Середа, Поливаев, 2022]. Все это требует усиления внимания к обобщению и структуризации основных особенностей, различий и общих элементов концепций Индустрии 4.0 и Индустрии 5.0 и разработки на этой основе общих рекомендаций для предприятий по осуществлению перехода к внедрению технологий Индустрии 5.0.

**Сравнительный анализ технологических переходов**

История развития промышленного производства включает в себя пять основных этапов, существенно различающихся между собой по источникам обеспечения экономического роста, по концептуальным подходам, обосновывающим этот рост, по ключевым факторам технологического развития, по влиянию промышленного прогресса на развитие общества и отдельных государств в целом, а также по воздействию промышленного развития на окружающую среду. На рис. 1 представлено отображение этапов развития промышленного производства, включая современный технологический уклад, а также приведена сущностная характеристика каждого этапа.



**Рисунок 1 —Этапы и сущностная характеристика технологических переходов в промышленности (авт.)**

Как видно из данных рис. 1, каждый переход в рамках четырех технологических революций определяется кардинальной сменой технологического уклада, опирающегося на максимально полное задействование в процессе производства ключевого производственного фактора. Так, основой мощного развития промышленности в рамках первого перехода (Индустрия 1.0) были паровая и водяная энергии, а сам переход был обеспечен максимальным задействованием в производстве такого ресурса как энергия.

Второй переход (Индустрия 2.0) можно охарактеризовать как смену в способе производства, а именно – создание и повсеместное применение такого нового технологического способа производства как конвейер, поточные технологические линии на основе более широкого использования и нового типа энергии - электрической энергии.

Третий переход (Индустрия 3.0) характеризуется экстенсивным вовлечением в производство всех возможных ресурсов и росте именно на этой основе производительности труда.

Четвертый переход (Индустрия 4.0) представляет собой, по сути, кардинальное изменение мышления в области производства, когда на смену расточительному подходу Индустрии 3.0 пришло осознание исчерпаемости множества ресурсов, необходимых для жизни людей, а перед человечеством встала задача всемерной экономии ресурсов и перехода от расточительного потребления к рациональному потреблению.

Основой технологического перехода в рамках Индустрии 4.0 стали не разные виды ресурсов или энергии, а прежде всего технологии – инновационные, ресурсосберегающие, безотходные, цифровые технологии, которые начали активно внедряться во всех сферы хозяйства и общества [Мингалева, Луковников, 2021]. Однако, как отмечается во многих исследованиях, переход к цифровым технологиям, к широкому применению на предприятиях промышленных роботов, создание полностью роботизированных технологий производства и даже целых промышленных предприятий, активное применение других цифровых технологий (например, искусственного интеллекта) спровоцировало появление в обществе опасения полного вытеснения людей роботами, роста безработицы, резкого ухудшения социального положения очень многих категорий работников и их семей.

Индустрии 5.0 стала, по сути, ответом на эти опасения, введя в состав концептуальных положений данного подхода особый статус социальных и экологических ценностей, и создавая основу для разработки и применения человеко-ориентированных кибернетических систем. Одна из таких систем под названием «кобот» или «совместный робот» уже широко вошла в наше сознание и представляет собой робота, работающего совместно с человеком в качестве помощника. Совместные роботы прежде всего реагируют на человеческие инструкции и действия и не предназначены для осуществления полностью самостоятельных действий и автономного функционирования, как это происходит с автономными промышленными роботами. Основным фактором успеха такого взаимодействия человека и робота является достижение интеграции физического и виртуального пространств.

При этом Индустрия 5.0, также, как и Индустрия 4.0, ориентирована, прежде всего, на промышленное производство, на совершенствование производственных процессов, в то время как принципы цифровизации общества и иных сфер жизнедеятельности людей отражены во взаимосвязанной концепции Общества 5.0.

### **Общие черты и различия Индустрии 4.0 и Индустрии 5.0**

Сравнение базовых положений концепций Индустрии 4.0 и Индустрии 5.0 позволило выявить следующие сходные и отличительные черты этих двух подходов.

Во-первых, основное различие между концепциями и подходами Индустрии 4.0 и Индустрии 5.0 заключается в более сильной социальной ориентации Индустрии 5.0 на предотвращение конфликта в сфере труда, занятости, профессиональной подготовки работников. С помощью внедрения принципов концепции Индустрии 5.0 предполагается сделать процесс замены живого труда автоматизированными и цифровыми комплексами менее драматичным и напряженным, а в перспективе и созидательным. Одно из наиболее известных определений Индустрии 5.0 описывает ее как «Индустрию 4.0 с добавлением человеческого капитала». При этом на всех предыдущих этапах промышленной революции взаимодействие людей и машин было иным: на первых этапах и примерно до середины Индустрии 3.0, создание и использование техники воспринималось исключительно в контексте улучшения условий труда работников (механизация, автоматизация труда). Примерно со второй половины XX века началась активно выраженная тенденция замены людей машинами, сполоть до полной автоматизации процессов и создания заводов-автоматов. Это сформировало значительные опасения в обществе, различные протестные движения и теории, ответом на все более широкое распространение которых стал подход усиления социальной составляющей в киберфизических системах – «союз людей и машин» [Щеглов, Андреев, Чириков, Тимофеев, 2021]. Соотношение людей и машин в рамках пяти этапов промышленных революций приведено на рис. 2.

Нужно отметить, что социальная направленность Индустрии 5.0 в сфере труда распространяется не только на сектор промышленности, но в полной мере применима для многих категорий как промышленных работников, так и работников других специальностей и сфер деятельности, что объединяет ее с концепцией Общества 5.0.

Второй отличительной особенностью Индустрии 5.0 от Индустрии 4.0 является ярко выраженная ориентация Индустрии 5.0 на использование принципов циркулярной экономики (или экономики замкнутого цикла), предполагающей широкое применение круговых процессов, позволяющих повторно использовать и перерабатывать природные ресурсы. Тем самым, Индустрия 5.0 перестраивает технологии Индустрии 4.0 на процессы сокращения количества

отходов и на создание безотходных технологий [Забежайло, Борисов, 2022]. Адаптированные к решению экологических задач технологии Индустрии 5.0 оказывают положительное воздействие на окружающую среду путем сокращения такого воздействия. Особенно актуально это для предприятий ресурсоемких и экологически «грязных» отраслей.



**Рисунок 2 – Соотношение ручного и машинного труда на разных этапах развития промышленного производства (авт.)**

При этом одной из основных целей Индустрии 5.0 в области рационального, экономного и безопасного расходования ресурсов является разработка и внедрение энергетических и промышленных систем, основанных на возобновляемых источниках энергии, что позволяет эффективно трансформировать энергоемкие отрасли.

Изменение подхода к вовлечению в производственный оборот и использованию в производстве различного типа ресурсов в ходе промышленных революций представлено на рис. 3.



**Рисунок 3 – Изменение подхода к вовлечению в производственный оборот и использованию в производстве различного типа ресурсов (авт.)**

Третьей, также чрезвычайно важной отличительной особенностью Индустрии 5.0 является более высокая устойчивость данной системы к внешним колебаниям и растущей неопределенностью внешней среды [Мингалева, 2018]. Использование цифровых технологий, в частности, искусственного интеллекта, обеспечивает не только повышение текущей и операционной эффективности деятельности промышленных предприятий, но и повышает общую устойчивость предприятий, в том числе устойчивость и адаптивность к кардинальным и быстрым изменениям глобальной обстановки, таким как пандемии, торговые войны, санкции и иные ограничения в бизнесе.

Указанные три отличительные особенности Индустрии 5.0 от Индустрии 4.0 позволяют разработать более эффективную с точки зрения функционирования промышленного

производства систему управления и с наименьшими потерями внедрить в практическую деятельность цифровые технологии и инструменты Индустрии 5.0.

### Заключение

Индустрия 5.0 привнесла в производство ценностно-ориентированное поведение и усиление социальной и экологической направленности любых принимаемых в сфере производства решений: Индустрия 5.0 перестраивает технологии Индустрии 4.0 на процессы сокращения количества отходов и на создание безотходных технологий; Индустрия 5.0 делает акцент на социальной составляющей производства и бизнеса; Индустрия 5.0 обеспечивает высокую устойчивость производственных систем к внешним колебаниям и растущей неопределенностью внешней среды.

Все эти отличительные особенности тесно связаны и вытекают из сущностной характеристики Индустрии 5.0, кардинально отличающую ее от Индустрии 4.0 – Индустрия 5.0 является ценностно ориентированным подходом. Тем самым Индустрия 5.0 встраивает технологии Индустрии 4.0 в более широкий контекст, обеспечивая ценностную направленность технологической трансформации промышленного производства.

### Библиография

1. Забежайло М.И., Борисов В.В. Искусственный интеллект как особая область исследований и разработок // Системы компьютерной математики и их приложения. 2022. № 23. С. 109–116.
2. Коженков А.О., Середа А.М., Поливаев О.И. Искусственный интеллект в современном автомобилестроении // Теория и практика инновационных технологий в АПК: материалы национальной научно-практической конференции; Воронеж, 19-21 апреля 2022 г. Воронеж: Воронежский государственный аграрный университет им. Императора Петра I, 2022. Часть II. С. 210–216.
3. Луковников Н.В. Экономическая эффективность внедрения технологий искусственного интеллекта // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2023. Т. 13. № 8А. С. 412–418. DOI: 10.34670/AR.2023.37.35.039
4. Мингалева Ж.А., Луковников Н.В. Совершенствование системы управления инновационным процессом на предприятиях в контексте технологических тенденций Индустрии 4.0. // Анализ, моделирование, управление, развитие социально-экономических систем (АМУР-2021). XV Всероссийская с международным участием школа-симпозиум: сборник научных трудов; Симферополь-Судак, 14–27 сентября 2021 г. Симферополь: ИП Корниенко Андрей Анатольевич 2021. С. 269–274.
5. Мингалева Ж.А. Создание новых передовых производственных технологий как основы устойчивого развития и технологической безопасности экономики России // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2018. № 14(12). С. 2195–2208. <https://doi.org/10.24891/ni.14.12.2195>
6. Раджабов М.А., Хазбулатов З.Л., Джиоева О.О. Искусственный интеллект в цифровой экономике // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2023. Т. 13. № 1-1. С. 241–246. DOI: 10.34670/AR.2023.35.99.026
7. Рахманов В.В. К вопросу о реализации программы «Цифровая трансформация» // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2021. Т. 11. № 12А. С. 535–542. DOI:10.34670/AR.2021.96.51.054
8. Щеглов Д.К., Андреев И.А., Чириков С.А., Тимофеев В.И. Опыт проведения прикладных междисциплинарных исследований территориально распределенным творческим коллективом // Вестник Концерна ВКО «Алмаз – Антей». 2021. № 3. С. 12–24. <https://doi.org/10.38013/2542-0542-2021-3-12-24>
9. De Souza G.M., Santos, Silva C.E.S., de Souza D.G.B. Integrating fuzzy-MCDM methods to select project portfolios under uncertainty: the case of a pharmaceutical company // Brazilian Journal of Operations & Production Management. 2022. Vol. 19(3):e20221252. DOI:10.14488/BJOPM.2022.008
10. Lukovnikov N., Mingaleva Z., Zakirova O., Starkov Y. Assessment of the Level of Digital Maturity of Sectors of the Russian Economy // Lecture Notes in Networks and Systems. 2022. P. 38–47. DOI: 10.1007/978-3-030-93677-8\_4
11. Manupati V.K., Rajya Lakshmi G., Ramkumar M., Varela M. L. R. An integrated fuzzy MCDM approach to supplier selection – Indian automotive industry case // In: Computational Management: Applications of Computational Intelligence in Business Management. 2021. P. 473–484. Cham: Springer International Publishing.
12. Shukla M., Shankar R. An extended technology-organization-environment framework to investigate smart manufacturing system implementation in small and medium enterprises // Computers & Industrial Engineering. 2022. Vol. 163: 107865. DOI: 10.1016/j.cie.2021.107865

## **Development of the management system for industrial enterprises within the framework of technological transformation of industry 5.0**

**Nikita V. Lukovnikov**

Degree Applicant,  
Department of Economics and Industrial  
Production Management,  
Perm National Research Polytechnic University,  
614990, Russian Federation, Perm, Komsomolsky Ave., 29;  
e-mail: NikLuk2021@yandex.ru

**Zhanna A. Mingaleva**

Doctor of Economics, Professor,  
Department of Economics and Industrial Production Management,  
Perm National Research Polytechnic University,  
614990, Russian Federation, Perm, Komsomolsky Ave., 29;  
e-mail: mingal1@pstu.ru

### **Abstract**

The issues of the relationship between the basic provisions of Industry 4.0 and Industry 5.0 and the possibility of their effective application in the domestic industry are becoming more and more discussed among scientists and practitioners. The purpose of the study is to analyze the requirements of Industry 5.0 to the process of organizing industrial production and enterprise management by adapting intelligent technologies of Industry 4.0 to human-oriented value behavior. The possibilities of Industry 5.0 to solve large-scale general humanitarian tasks on the basis of increased attention to social and environmental values are revealed. The features and main differences in approaches to the use of human and natural resources in the framework of the main stages of the development of industrial production are analyzed. It is shown that Industry 5.0 has introduced value-oriented behavior into production and the strengthening of the social and environmental orientation of any decisions made in the field of production. It is noted that a poor understanding of the features of the relationship between Industry 4.0 and Industry 5.0 technologies is one of the reasons for the slow implementation of the digital transformation of production and management at Russian industrial enterprises.

### **For citation**

Lukovnikov N.V., Mingaleva Zh.A. (2023) Razvitie sistemy upravleniya promyshlennymi predpriyatiyami v ramkah tekhnologicheskoy transformacii Industrii 5.0 [Development of the management system for industrial enterprises within the framework of technological transformation of Industry 5.0]. *Ekonomika: vchera, segodnya, zavtra* [Economics: Yesterday, Today and Tomorrow], 13 (10A), pp. 668-675. DOI: 10.34670/AR.2023.85.22.086

### **Keywords**

Industry 5.0, digital technologies, artificial intelligence, management system, efficiency, development values.

---

## References

1. Zabezhaylo M.I., Borisov V.V. (2022) Iskusstvennyy intellekt kak osobaya oblast' issledovaniy i razrabotok [Artificial intelligence as a special area of research and development]. *Sistemy komp'yuternoy matematiki i ikh prilozheniya* [Systems of computer mathematics and their applications], 23, pp. 109–116.
2. Kozhenkov A.O., Sereda A.M., Polivaev O.I. (2022) Iskusstvennyy intellekt v sovremennom avtomobilestroenii [Artificial intelligence in modern automotive industry]. *Teoriya i praktika innovatsionnykh tekhnologiy v APK: materialy nacional'noj nauchno-prakticheskoy konferentsii; Voronezh, 19-21 aprelya 2022 g.* [Theory and practice of innovative technologies in the agro-industrial complex: materials of the national scientific and practical conference; Voronezh, April 19-21, 2022]. Voronezh, “Voronezh State Agrarian University named after. Emperor Peter I” Publ., part II, pp. 210–216.
3. Lukovnikov N.V. (2023) Ekonomicheskaya effektivnost' vnedreniya tekhnologiy iskusstvennogo intellekta [Economic efficiency of the implementation of artificial intelligence technologies]. *Ekonomika: vchera, segodnya, zavtra* [Economics: Yesterday, Today and Tomorrow], 13 (8A), pp. 412–418. DOI: 10.34670/AR.2023.37.35.039
4. Mingaleva Zh.A., Lukovnikov N.V. (2021) Sovershenstvovaniye sistemy upravleniya innovatsionnym protsesom na predpriyatiyakh v kontekste tekhnologicheskikh tendentsiy Industrii 4.0. [Improving the innovation process management system at enterprises in the context of technological trends of Industry 4.0.]. *Analiz, modelirovaniye, upravleniye, razvitiye social'no-ekonomicheskikh sistem (AMUR-2021). XV Vserossiyskaya s mezhdunarodnym uchastiem shkola-simpozium: sbornik nauchnykh trudov; Simferopol'-Sudak, 14–27 sentyabrya 2021 g.* [Analysis, modeling, management, development of socio-economic systems (AMUR-2021). XV All-Russian school-symposium with international participation: collection of scientific works; Simferopol'-Sudak, September 14–27, 2021]. Simferopol, “IP Kormienko Andrei Anatolyevich” Publ., pp. 269–274.
5. Mingaleva Zh.A. (2018) Sozdanie novykh peredovykh proizvodstvennykh tekhnologii kak osnovy ustoichivogo razvitiya i tekhnologicheskoi bezopasnosti ekonomiki Rossii. Natsional'nye interesy: priority i bezopasnost'. No. 14 (12). pp. 2195–2208. <https://doi.org/10.24891/ni.14.12.2195>
6. Radzhabov M.A., Khazbulatov Z.L., Dzhioeva O.O. (2023) Iskusstvennyy intellekt v tsifrovoy ekonomike [Artificial intelligence in the digital economy]. *Ekonomika: vchera, segodnya, zavtra* [Economics: Yesterday, Today and Tomorrow], 13(1-1), pp. 241–246. DOI: 10.34670/AR.2023.35.99.026
7. Rakhmanov V.V. (2021) K voprosu o realizatsii programmy «Tsifrovaya transformatsiya» [On the issue of implementing the Digital Transformation program]. *Ekonomika: vchera, segodnya, zavtra* [Economics: Yesterday, Today and Tomorrow], 11 (12A), pp. 535–542. DOI: 10.34670/AR.2021.96.51.054
8. Shcheglov D.K., Andreev I.A., Chirikov S.A., Timofeev V.I. (2021) Opyt provedeniya prikladnykh mezhdistseptinarnykh issledovaniy territorial'no raspredelennym tvorcheskim kollektivom [Experience in conducting applied interdisciplinary research by a geographically distributed creative team]. *Vestnik Kontserna VKO «Almaz – Antey»* [Bulletin of the Almaz-Antey East Kazakhstan Concern], 3, pp. 12–24. <https://doi.org/10.38013/2542-0542-2021-3-12-24>
9. De Souza G.M., Santos, Silva C.E.S., de Souza D.G.B. (2022) Integrating fuzzy-MCDM methods to select project portfolios under uncertainty: the case of a pharmaceutical company. *Brazilian Journal of Operations & Production Management*, 19(3):e20221252. DOI: 10.14488/BJOPM.2022.008
10. Lukovnikov N., Mingaleva Z., Zakirova O., Starkov Y. (2022) Assessment of the Level of Digital Maturity of Sectors of the Russian Economy. *Lecture Notes in Networks and Systems*, pp. 38–47. DOI: 10.1007/978-3-030-93677-8\_4
11. Manupati V.K., Rajya Lakshmi G., Ramkumar M., Varela M.L.R. (2021) An integrated fuzzy MCDM approach to supplier selection – Indian automotive industry case. In: *Computational Management: Applications of Computational Intelligence in Business Management*, pp. 473–484. Cham, “Springer” Publ.
12. Shukla M., Shankar R. (2022) An extended technology-organization-environment framework to investigate smart manufacturing system implementation in small and medium enterprises. *Computers & Industrial Engineering*, 163: 107865. DOI: 10.1016/j.cie.2021.107865