
СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ И МОДЕЛИРОВАНИЕ

SOCIO-ECONOMIC FORECASTING AND MODELLING

Оригинальная статья / Original article

<https://doi.org/10.21869/2223-1552-2021-11-5-134-147>



Применение многокритериальных методов для выбора направления цифровой трансформации промышленных предприятий

О. А. Крыжановская¹ ✉

¹ Юго-Западный государственный университет
ул. 50 лет Октября 94, г. Курск 305040, Российская Федерация

✉ e-mail: morozikolya2008@yandex.ru

Резюме

Актуальность. В настоящее время цифровизация затронула все аспекты жизнедеятельности, все отрасли хозяйствования. Одними из приоритетных направлений развития мировой экономики в целом и России в частности являются внедрение и эффективное применение цифровых технологий в промышленности. Таким образом, цифровая трансформация промышленных предприятий становится актуальным направлением научных исследований. В то же время вопросам выбора приоритетных направлений цифровой трансформации промышленных предприятий на основе многокритериальных методов уделено недостаточное внимание, что и обусловило выбор темы исследования.

Цель исследования состоит в применении многокритериальных методов для выбора направления цифровой трансформации промышленных предприятий.

Задачи: обосновать актуальность цифровой трансформации промышленных предприятий, выявить приоритетные направления (альтернативы) цифровой трансформации промышленных предприятий; применить многокритериальные методы для выбора направления цифровой трансформации промышленных предприятий; выявить приоритетное направление цифровой трансформации промышленных предприятий.

Методология. В процессе исследования были использованы общенаучные методы логического и статистического анализа, качественный и количественный анализ, а также методы многокритериального выбора, такие как метод Чермента-Акоффа, «Полигон альтернатив», «Паттерн».

Результаты: выявлены приоритетные направления (альтернативы) цифровой трансформации промышленных предприятий; применены на практике методы многокритериального выбора: метод Чермента-Акоффа, «Полигон альтернатив», «Паттерн»; в результате практической апробации многокритериальных методов выявлено приоритетное направление цифровой трансформации промышленных предприятий.

Выводы. Практическое применение многокритериальных методов позволило выявить приоритетное направление цифровой трансформации промышленных предприятий, последовательная реализация которого позволит прямых и косвенных эффектов цифровизации промышленных предприятий.

Ключевые слова: цифровизация; цифровая трансформация; промышленность; многокритериальные методы.

Конфликт интересов: В представленной публикации отсутствует заимствованный материал без ссылок на автора и (или) источник заимствования, нет результатов научных работ, выполненных автором публикации лично и (или) в соавторстве, без соответствующих ссылок. Автор декларирует отсутствие конфликта интересов, связанных с публикацией данной статьи.

© Крыжановская О. А., 2021

Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Экономика. Социология. Менеджмент /
Proceedings of the Southwest State University. Series: Economics, Sociology and Management. 2021; 11(5): 134–147

Финансирование: Исследование выполнено при поддержке гранта Президента РФ по государственной поддержке ведущих научных школ РФ № НШ-2702.2020.6 «Концептуальные основы новой парадигмы экономического развития в эпоху технологической и социальной трансформации».

Для цитирования: Крыжановская О. А. Применение многокритериальных методов для выбора направления цифровой трансформации промышленных предприятий // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Экономика. Социология. Менеджмент. 2021. Т. 11, № 5. С. 134–147. <https://doi.org/10.21869/2223-1552-2021-11-5-134-147>.

Поступила в редакцию 08.08.2021

Принята к публикации 05.09.2021

Опубликована 29.10.2021

Application of Multi-Criteria Methods for Choosing the Direction of Digital Transformation of Industrial Enterprises

Olga A. Kryzhanovskaya¹ ✉

¹ Southwest State University
50 Let Oktyabrya str. 94, Kursk 305040, Russian Federation

✉ e-mail: morozikolya2008@yandex.ru

Abstract

Relevance. Currently, digitalization has affected all aspects of life, all sectors of the economy. One of the priority areas for the development of the world economy and Russia in particular is the introduction and effective use of digital technologies in industry. Thus, the digital transformation of industrial enterprises is becoming an urgent area of scientific research. At the same time, insufficient attention has been paid to the selection of priority areas for the digital transformation of industrial enterprises based on multi-criteria methods, which led to the choice of the research topic.

The purpose of the study is to use multi-criteria methods to select the direction of digital transformation of industrial enterprises.

Objectives: to substantiate the relevance of the digital transformation of industrial enterprises, to identify priority areas (alternatives) for the digital transformation of industrial enterprises; apply multi-criteria methods to choose the direction of digital transformation of industrial enterprises; identify the priority area of digital transformation of industrial enterprises.

Methodology. In the process of the study, general scientific methods of logical and statistical analysis, qualitative and quantitative analysis, as well as methods of multi-criteria choice, such as the Churchman-Ackoff method, Polygon of alternatives, "Pattern" were used.

Results: identified priority areas (alternatives) of digital transformation of industrial enterprises; the methods of multi-criteria choice were applied in practice - the Churchman-Ackoff method, Polygon of alternatives, "Pattern"; As a result of practical testing of multicriteria methods, the priority direction of digital transformation of industrial enterprises was revealed.

Conclusions: the practical application of multicriteria methods made it possible to identify the priority direction of the digital transformation of industrial enterprises, the consistent implementation of which will allow direct and indirect effects of digitalization of industrial enterprises.

Keywords: digitalization; digital transformation; industry; multi-criteria methods.

Conflict of interest: In the presented publication there is no borrowed material without references to the author and (or) source of borrowing, there are no results of scientific works performed by the author of the publication, personally and (or) in co-authorship, without relevant links. The author declares no conflict of interest related to the publication of this article.

Funding: The study was supported by the grant of the President of the Russian Federation for state support of leading scientific schools of the Russian Federation No. NSh-2702.2020.6 "Conceptual foundations of a new paradigm of economic development in the era of technological and social transformation."

For citation: Kryzhanovskaya O. A. Application of Multi-Criteria Methods for Choosing the Direction of Digital Transformation of Industrial Enterprises. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Ekonomika. Sotsiologiya. Menedzhment* = *Proceedings of the Southwest State University. Series: Economics, Sociology and Management*. 2021; 11(5): 134–147. (In Russ.) <https://doi.org/10.21869/2223-1552-2021-11-5-134-147>.

Received 08.08.2021

Accepted 05.09.2021

Published 29.10.2021

Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Экономика. Социология. Менеджмент /
Proceedings of the Southwest State University. Series: Economics, Sociology and Management. 2021; 11(5): 134–147

Введение

Цифровая трансформация промышленности – процесс, отражающий переход промышленного сектора из одного технологического уклада в другой посредством широкомасштабного использования цифровых и информационно-коммуникационных технологий с целью повышения уровня его эффективности и конкурентоспособности [1]. Основные характеристики промышленной трансформации следующие:

1. Промышленная трансформация нацелена на производственную часть дискретного, непрерывного или массового производства. Таким образом, производственная деятельность заводов, фабрик и шахт находится в прямой зоне влияния промышленных преобразований.

2. Промышленная трансформация направлена на последовательное улучшение производства, а также на управление и координацию на удаленных производственных объектах [2].

3. Одной из основной задачей является нахождение подходящего решения бизнес-задач, обеспечение возможности адаптации трансформации на удаленных производственных площадках.

4. Промышленная трансформация оказывает влияние на активы, процессы и корпоративные продукты [3].

Вопросам цифровизации и трансформации промышленности посвящены работы многих ученых [4; 5; 6; 7; 8; 9; 10; 11; 12; 13], тем не менее вопрос применения многокритериальных методов для выбора направления цифровой трансформации промышленных предприятий [14; 15; 16; 17] актуален и требует дальнейшего изучения.

Государственная стратегия Российской Федерации направлена на внедрение механизмов цифровой трансформации, поэтому высокотехнологичные предприятия полностью осознают, что их невозможно избежать, и они в значительной степени будут условиями для роста их конкурентоспособности на внутреннем и

внешнем рынках. В связи с вышесказанным и в условиях ограниченности ресурсов нами была сформулирована следующая генеральная цель – выбор направления цифровой трансформации промышленных предприятий.

Материалы и методы

На основе многокритериальных методов мы сможем выбрать наиболее эффективное направление цифровой трансформации промышленных предприятий. В качестве многокритериальных методов выбора нами были использованы методы Черчмена-Акоффа и «Полигон альтернатив».

Результаты и их обсуждение

В качестве альтернатив нами были выявлены следующие:

1. Альтернатива А – создать, интегрировать и развить сервисы государственной информационной системы промышленности (ГИСП) к декабрю 2022 г. По оценкам экспертов, на реализацию данного проекта потребуется около 643 млн руб. Каждый год запланированного периода будут задействованы около 263 140 промышленных предприятий, из которых 221 892 предприятия обрабатывающих отраслей промышленности, по прогнозам экспертов, получают «цифровые паспорта» и подключаются к сервисам ГИСП предприятий. Для этого понадобится разработать и принять 18 стандартов в области цифровых технологий. Данный проект включает в себя 24 целевых направления. Также по прогнозам ожидается повышение выручки на 15%.

2. Альтернатива Б – создать регуляторную среду для цифровой трансформации промышленности к декабрю 2022 г. По оценкам экспертов, на реализацию данного проекта потребуется около 649 млн руб. Каждый год запланированного периода будут задействованы около 375 650 промышленных предприятий, из которых 213 650 предприятий обрабатывающих отраслей промышленности, по

прогнозам экспертов, получают «цифровые паспорта» и подключаются к сервисам ГИСП предприятий. Для этого понадобится разработать и принять 23 стандарта в области цифровых технологий. Данный проект включает в себя 12 целевых направления. Также по прогнозам ожидается повышение выручки на 15%.

3. Альтернатива В – повысить эффективность цифровой трансформации обрабатывающих отраслей промышленности (средние и крупные предприятия) к декабрю 2022 г. По оценкам экспертов, на реализацию данного проекта потребуется около 651 млн руб. Каждый год запланированного периода будут задействованы около 246 891 промышленного предприятия, из которых 216 075 предприятий обрабатывающих отраслей промышленности, по прогнозам экспертов, получают «цифровые паспорта» и подключаются к сервисам ГИСП предприятий. Для этого понадобится разработать и принять 25 стандартов в области цифровых техноло-

гий. Данный проект включает в себя 15 целевых направления. Также по прогнозам ожидается повышение выручки на 25%.

Были выбраны следующие критерии для оценки будущих альтернатив:

1. Объем выручки проектов на основе внедрения сквозных цифровых технологий.

2. Число предприятий, которые включены в проект.

3. Количество средних и крупных предприятий обрабатывающих отраслей промышленности, получивших «цифровые паспорта» и подключенных к сервисам ГИСП предприятий.

4. Количество разработанных и принятых стандартов в области цифровых технологий.

5. Количество целевых направлений.

6. Необходимые финансовые ресурсы для реализации направления.

Упорядочим результаты по степени важности и присвоим им значения от 1 до 6 (табл. 1).

Таблица 1. Оценка критериев по степени важности

Критерий	Ранг	Оценка (V_i) [0-1]
1. Объем выручки проектов на основе внедрения сквозных цифровых технологий	1	0,98
2. Число предприятий, которые включены в проект	5	0,05
3. Количество средних и крупных предприятий обрабатывающих отраслей промышленности, получивших «цифровые паспорта» и подключенных к сервисам ГИСП предприятий	3	0,25
4. Количество разработанных и принятых стандартов в области цифровых технологий	4	0,12
5. Количество целевых направлений	6	0,03
6. Необходимые финансовые ресурсы для реализации направления	2	0,5
<i>Итого</i>		$\sum V_i = 1,93$

Мы провели сравнение полученных оценок методом Черчмена-Акоффа. (табл. 2).

По данным таблицы 2 были рассчитаны уточненные оценки важности критериев:

$$V'_1 = \frac{0,98}{1,93} = 0,508,$$

$$V'_2 = \frac{0,5}{1,93} = 0,259,$$

$$V'_3 = \frac{0,25}{1,93} = 0,130,$$

$$V'_4 = \frac{0,12}{1,93} = 0,062,$$

$$V'_5 = \frac{0,03}{1,93} = 0,026,$$

$$V'_6 = \frac{0,5}{1,93} = 0,015.$$

Далее нами составлена таблица 3 – оценка важности уточненных оценок критериев.

Таблица 2. Сравнение критериев по методу Черчмена-Акоффа

Сравнение	Конечная оценка (V_i)
$0,98 > 0,5 + 0,25 + 0,12 + 0,05 + 0,03$	
$0,98 > 0,5 + 0,25 + 0,12 + 0,05$	
$0,98 > 0,5 + 0,25 + 0,12$	
$0,98 > 0,5 + 0,25$	0,98
$0,5 > 0,25 + 0,12 + 0,05 + 0,03$	
$0,5 > 0,25 + 0,12 + 0,05$	
$0,5 > 0,25 + 0,12$	0,5
$0,25 > 0,12 + 0,05 + 0,03$	
$0,25 > 0,12 + 0,05$	0,25
$0,12 > 0,05 + 0,03$	0,12
0,05	0,05
0,03	0,03
<i>Итого</i>	1,93

Таблица 3. Оценка важности уточненных оценок критериев

Критерий	Оценка (V_i)	Уточненная оценка (V'_i)
1. Объем выручки проектов на основе внедрения сквозных цифровых технологий	0,98	0,508
2. Число предприятий, которые включены в проект	0,05	0,026
3. Количество средних и крупных предприятий обрабатывающих отраслей промышленности, получивших «цифровые паспорта» и подключенных к сервисам ГИСП предприятий	0,25	0,130
4. Количество разработанных и принятых стандартов в области цифровых технологий	0,12	0,062
5. Количество целевых направлений	0,03	0,015
6. Необходимые финансовые ресурсы для реализации направления	0,5	0,259
<i>Итого</i>	1,93	1

Основываясь на данных таблицы 3, нами была проведена оценка альтернатив по выбранным критериям (табл. 4).

По результатам применения метода Черчмена-Акоффа можно сделать вывод о том, что приоритетным является вариант А – создать, интегрировать и развивать сервисы государственной информационной системы промышленности (ГИСП) к декабрю 2022 г. Следующими по приоритетности выступают альтернативы В и Б.

Для применения метода «Полигон альтернатив» мы использовали безразмерную шкалу. Определение значений для показателей «количество затронутых

предприятий», «количество средних и крупных предприятий обрабатывающих отраслей промышленности, получивших "цифровые паспорта" и подключенных к сервисам ГИСП предприятий» и «необходимые финансовые ресурсы для реализации направления» с помощью безразмерной шкалы представлено в таблице 5.

Результаты оценок с учетом безразмерной шкалы представлены ниже (табл. 6).

На полярной диаграмме нами был построен «Полигон альтернатив» для выбора приоритетного направления цифровой трансформации промышленных предприятий (рис. 1).

Таблица 4. Результаты оценок альтернатив по приведенным критериям

Критерий	А	Б	В
1. Объем выручки проектов на основе внедрения сквозных цифровых технологий	1,15	1,17	1,25
2. Число предприятий, которые включены в проект	2,63	3,76	2,47
3. Количество средних и крупных предприятий обрабатывающих отраслей промышленности, получивших «цифровые паспорта» и подключенных к сервисам ГИСП предприятий	2,22	2,14	2,16
4. Количество разработанных и принятых стандартов в области цифровых технологий	18,00	23,00	25,00
5. Количество целевых направлений	24,00	12,00	15,00
6. Необходимые финансовые ресурсы для реализации направления	6,43	6,49	6,51
Итоговая оценка	54,43	48,55	52,39

Таблица 5. Безразмерная шкала для показателей «количество затронутых предприятий», «количество средних и крупных предприятий обрабатывающих отраслей промышленности, получивших "цифровые паспорта" и подключенных к сервисам ГИСП предприятий» и «необходимые финансовые ресурсы для реализации направления»

Безразмерная шкала	Число предприятий, которые включены в проект	Количество средних и крупных предприятий обрабатывающих отраслей промышленности, получивших "цифровые паспорта" и подключенных к сервисам ГИСП предприятий	Необходимые финансовые ресурсы для реализации направления
1	100 000	100 000	100 000 000
2	200 000	200 000	200 000 000
3	300 000	300 000	300 000 000
4	400 000	400 000	400 000 000
5	500 000	500 000	500 000 000
6	600 000	600 000	600 000 000
7	700 000	700 000	700 000 000
8	800 000	800 000	800 000 000
9	900 000	900 000	900 000 000
10	100 000	100 000	1 000 000 000

Таблица 6. Результаты оценок с учетом безразмерной шкалы

Критерий	Уточненная оценка	А	Б	В
1. Объем выручки проектов на основе внедрения сквозных цифровых технологий	0,508	0,584	0,594	0,635
2. Число предприятий, которые включены в проект	0,026	0,068416	0,097669	0,064192
3. Количество средних и крупных предприятий обрабатывающих отраслей промышленности, получивших "цифровые паспорта" и подключенных к сервисам ГИСП предприятий	0,130	0,288460	0,277745	0,280898
4. Количество разработанных и принятых стандартов в области цифровых технологий	0,062	1,116	1,426	1,550
5. Количество целевых направлений	0,015	0,3600	0,1800	0,2250
6. Необходимые финансовые ресурсы для реализации направления	0,259	1,665	1,681	1,686

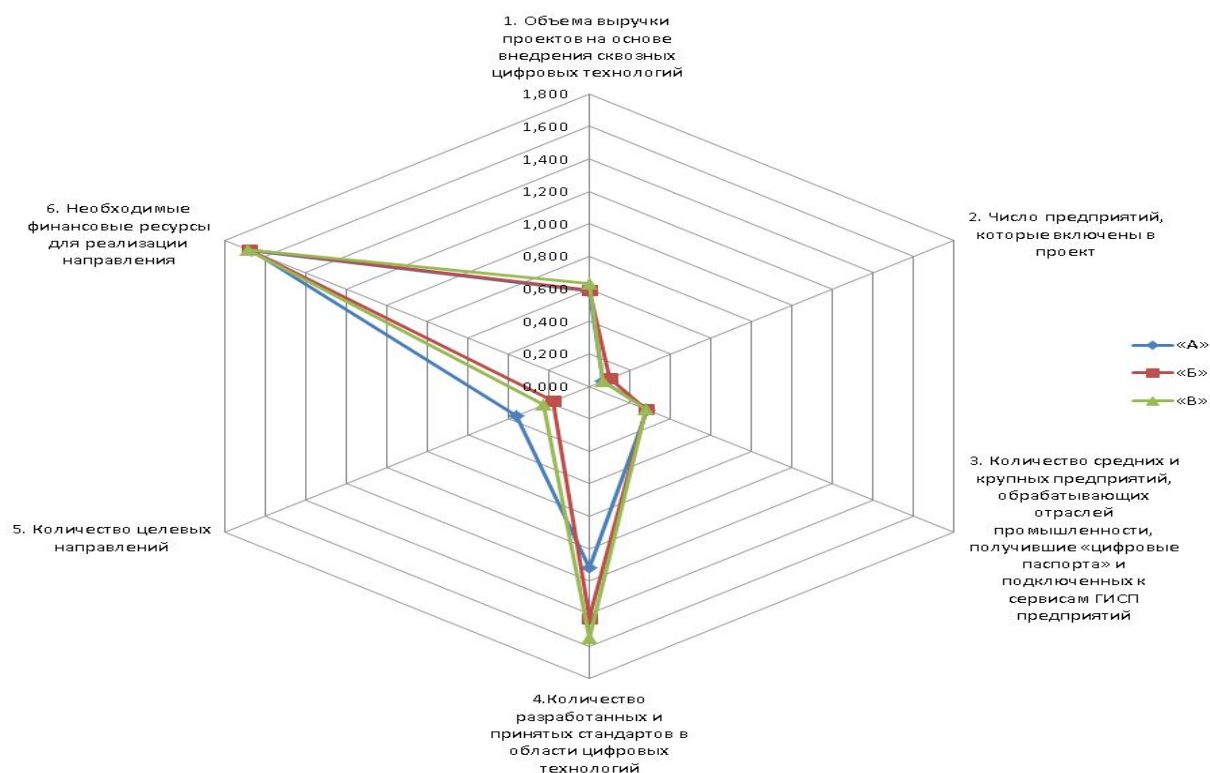


Рис. 1. «Полигон альтернатив» для выбора направления цифровой трансформации промышленных предприятий

По рисунку 1 визуально видно, что альтернатива А – создание, интеграция и развитие сервисов государственной информационной системы (ГИСП) – имеет более высокое значение, а следовательно, и более высокий приоритет, чуть мень-

шее значение соответствует альтернативам В и Б.

Для уточнения результатов визуального наблюдения нами были рассчитаны площади полученных многоугольников (табл. 7).

Таблица 7. Результаты расчета площадей многоугольников для каждой альтернативы

Треугольники	Альтернатива А	Альтернатива Б	Альтернатива В
S1	0,017386	0,025252	0,017731
S2	0,008585	0,011800	0,007844
S3	0,140036	0,172288	0,189395
S4	0,174766	0,111656	0,151706
S5	0,260797	0,131615	0,165026
S6	0,423215	0,434594	0,465740
Собщ	1,0248	0,8872	0,9974

По данным расчётам мы получили значения площадей многоугольников по трём альтернативам. Наибольшую площадь, а следовательно, и высший приоритет занимает альтернатива А – создание, интеграция и развитие сервисов государственной информационной системы

(ГИСП) к декабрю 2022 г., сумма площадей треугольников которой равна 1,0248. Далее по приоритетности следуют альтернатива В, сумма площадей треугольников которой равна 0,9974, и альтернатива Б с суммой площадей треугольников 0,8872.

В целях дальнейшего исследования нами был применен метод «Паттерн» для выбора направления цифровой трансформации промышленности. На основе проведения экспертизы методом мозго-

вой атаки было разработано дерево целей – повышение эффективности цифровой трансформации обрабатывающих отраслей промышленности России. Дерево целей представлено ниже (рис. 2).

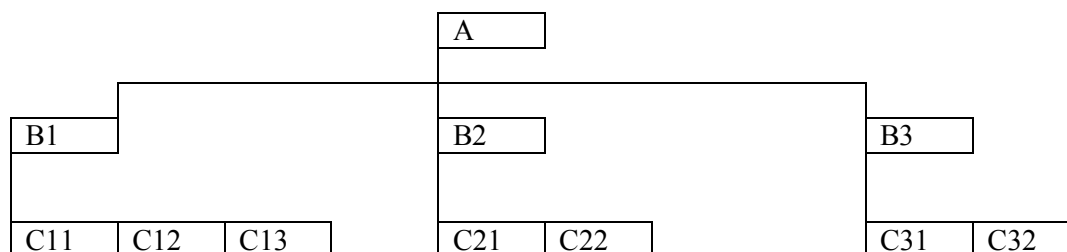


Рис. 2. Дерево целей цифровой трансформации промышленных предприятий

Показатели дерева целей:

А – повысить эффективность цифровой трансформации обрабатывающих отраслей промышленности (средние и крупные предприятия) к декабрю 2021 г.

В1 – оценить уровень цифровой трансформации средних и крупных предприятий обрабатывающих отраслей промышленности.

В2 – внедрить системы классификации цифровой трансформации бизнес-процессов средних и крупных предприятий обрабатывающих отраслей промышленности.

В3 – оценить уровень цифровой трансформации холдингов и интегрированных структур обрабатывающих отраслей промышленности.

С11 – выявить системные проблемы цифровой трансформации промышленности.

С12 – сформировать центры компетенций цифровой трансформации промышленности.

С13 – проанализировать развитие производства промышленных предприятий на базе объективных статистических данных.

С21 – осуществить ряд административных мер, направленных на внедрение

систем классификации цифровой трансформации бизнес-процессов.

С22 – реализовать меры государственной финансовой поддержки, направленные на стимулирование разработки цифровых платформ, программных продуктов, базовых технологий производства приоритетных электронных компонентов и радиоэлектронной аппаратуры.

С31 – масштабировать внедрение существующих на рынке решений в области цифровой трансформации обрабатывающих отраслей промышленности.

С32 – осуществить ряд мероприятий по адаптации решений в области цифровой трансформации.

На основе метода «Паттерн» была проведена декомпозиция целей и получены следующие семейства:

1. А, В1, В2, В3.
2. В1, С11, С12, С13.
3. В2, С21, С22.
4. В3, С31, С32.

Для получения экспертных оценок мы руководствовались следующими критериями: затраты (капвложения на осуществление мероприятий); наличие трудовых ресурсов, необходимых для реализации мероприятий; величина ожидаемой

прибыли; срок реализации мероприятия, а также уровень риска.

Для определения весовых коэффициентов критериев по каждому семейству нами был использован метод «Дельфи» (табл. 8). Для определения сходимости мнений экспертов рассчитывался коэффициент вариации по формуле

$$V = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (K_{B_i} - \bar{K}_B)^2}{n}} 100\% \quad (1)$$

В нашем случае значения коэффициента вариации (значение коэффициента вариации менее 33%) свидетельствуют об

однородности мнений экспертов, значит, второй тур экспертизы не требуется.

В качестве результата экспертизы стала медиана ранжированного ряда (табл. 9).

Далее с помощью метода Черчмена-Акоффа мы нашли нормированные оценки для дочерних элементов дерева целей для всех семейств (табл. 10).

Найдем нормированные оценки для дочерних элементов дерева целей для семейств 2-4 (табл. 11).

Далее нами проведена оценка семейств дерева целей с учетом уточненных оценок (табл. 12).

Таблица 8. Расчет весовых коэффициентов критериев для оценивания целей

Критерии	Эксперты									V
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1. Затраты	0,31	0,15	0,21	0,34	0,14	0,11	0,15	0,12	0,23	10,23
2. Наличие трудовых ресурсов	0,07	0,13	0,04	0,1	0,05	0,12	0,19	0,07	0,14	5,20
3. Величина ожидаемой прибыли	0,25	0,45	0,51	0,31	0,47	0,4	0,24	0,49	0,5	12,78
4. Срок реализации	0,22	0,09	0,11	0,23	0,26	0,16	0,31	0,09	0,07	9,37
5. Уровень риска	0,15	0,19	0,14	0,02	0,08	0,21	0,11	0,23	0,06	7,56

Таблица 9. Результаты экспертизы для определения весовых коэффициентов критериев

Критерии	Вес
Затраты (капиталовложения)	0,15
Наличие трудовых ресурсов	0,1
Величина ожидаемой прибыли	0,45
Срок реализации	0,16
Уровень риска	0,14
Сумма	1

Таблица 10. Нормированные оценки для дочерних элементов дерева целей для семейства 1

Критерии	Очки			Нормированные оценки			Σ
	B1	B2	B3	S1	S2	S3	
Затраты	0,3	0,6	1	0,16	0,32	0,53	1
Наличие трудовых ресурсов	1	0,7	0,2	0,53	0,37	0,11	1
Величина ожидаемой прибыли	1	0,4	0,5	0,53	0,21	0,26	1
Срок реализации	1	0,3	0,6	0,53	0,16	0,32	1
Уровень риска	0,1	1	0,8	0,05	0,53	0,42	1

Таблица 11. Нахождение нормированных оценок для дочерних элементов дерева целей для семейств 2-4

Критерии	Очки			Нормированные оценки			Σ
	C11	C12	C13	S1	S2	S3	
Затраты	1	0,4	0,5	0,53	0,21	0,26	1
Наличие трудовых ресурсов	1	0,3	0,4	0,59	0,18	0,24	1
Величина ожидаемой прибыли	0,3	1	0,3	0,19	0,63	0,19	1
Срок реализации	1	0,3	0,5	0,56	0,17	0,28	1
Уровень риска	1	0,2	0,6	0,56	0,11	0,33	1

Критерии	Очки		Нормированные оценки		Σ
	C21	C22	S1	S2	
Затраты	0,7	1	0,41	0,59	1
Наличие трудовых ресурсов	1	0,8	0,56	0,44	1
Величина ожидаемой прибыли	1	0,9	0,53	0,47	1
Срок реализации	0,8	1	0,44	0,56	1
Уровень риска	0,6	1	0,38	0,63	1

Критерии	Очки		Нормированные оценки		Σ
	C31	C32	S1	S2	
Затраты	0,9	1	0,47	0,53	1
Наличие трудовых ресурсов	1	0,8	0,56	0,44	1
Величина ожидаемой прибыли	1	0,7	0,59	0,41	1
Срок реализации	1	0,7	0,59	0,41	1
Уровень риска	0,6	1	0,38	0,63	1

Таблица 12. Оценка семейств дерева целей с учетом уточненных оценок

Семейство 1 Критерии	Кв	B1	B2	B3
Затраты	0,15	0,16	0,32	0,53
Наличие трудовых ресурсов	0,1	0,53	0,37	0,11
Величина ожидаемой прибыли	0,45	0,53	0,21	0,26
Срок реализации	0,16	0,53	0,16	0,32
Уровень риска	0,14	0,05	0,53	0,42
ИТОГО	1	1,8	1,59	1,64
Семейство 2 Критерии	Кв	C11	C12	C13
Затраты	0,15	0,53	0,21	0,26
Наличие трудовых ресурсов	0,1	0,59	0,18	0,24
Величина ожидаемой прибыли	0,45	0,19	0,63	0,19
Срок реализации	0,16	0,56	0,17	0,28
Уровень риска	0,14	0,56	0,11	0,33
ИТОГО	1	2,43	1,3	1,3
Семейство 3 Критерии	Кв	C21	C22	
Затраты	0,15	0,41	0,59	
Наличие трудовых ресурсов	0,1	0,56	0,44	
Величина ожидаемой прибыли	0,45	0,53	0,47	
Срок реализации	0,16	0,44	0,56	
Уровень риска	0,14	0,38	0,63	
ИТОГО	1	2,32	2,69	
Семейство 4 Критерии	Кв	C31	C32	
Затраты	0,15	0,47	0,53	
Наличие трудовых ресурсов	0,1	0,56	0,44	
Величина ожидаемой прибыли	0,45	0,59	0,41	
Срок реализации	0,16	0,59	0,41	
Уровень риска	0,14	0,38	0,63	
ИТОГО	1	2,59	2,42	

На основании данных таблицы 12 нами рассчитаны искомые коэффициенты относительной важности. Для расчета использована следующая формула:

$$r_i = \sum_{j=1}^n K_{B_i} \cdot S_{ji}. \quad (2)$$

Ветвь 1 (A-C11): $0,8006 \cdot 0,392 = 0,3138352$.

Ветвь 2 (A-C12): $0,8006 \cdot 0,3756 = 0,01232924$.

Ветвь 3 (A-C13): $0,8006 \cdot 0,2396 = 0,03698772$.

Ветвь 4 (A-C21): $0,2793 \cdot 0,4796 = 0,13395228$.

Ветвь 5 (A-C22): $0,2793 \cdot 0,5218 = 0,14573874$.

Ветвь 6 (A-C31): $0,3175 \cdot 0,5396 = 0,171323$.

Ветвь 7 (A-C32): $0,3175 \cdot 0,4618 = 0,1466215$.

На основе полученных результатов можно сделать вывод, что наибольшее значение соответствует ветви 1. Остальные направления являются альтернатив-

Значения коэффициентов относительной важности семейств дерева целей по методу «Паттерн» представлены на рисунке 3.

Далее нами были рассчитаны оценки важности каждой ветви дерева целей:

ными (не взаимоисключающими) и их приоритетность следующая: C31, C32, C22, C21, C13, C12.

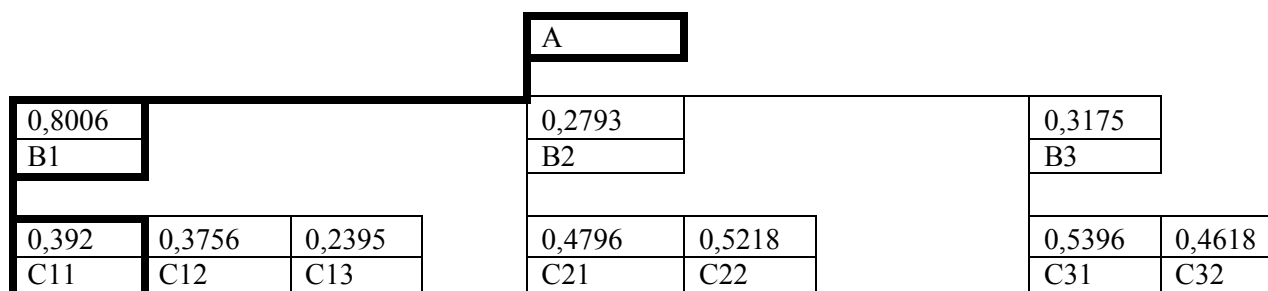


Рис. 3. Значения коэффициентов относительной важности семейств дерева целей по методу «Паттерн»

Выводы

Выявленное направление – повышение эффективности цифровой трансформации обрабатывающих отраслей промышленности (средние и крупные предприятия) к декабрю 2022 г. было выбрано с помощью многокритериальных методов как самое востребованное, и если последовательно реализовывать стратегический план данного направления, можно будет достичь следующих прямых и косвенных ключевых эффектов цифровизации промышленных предприятий:

- повышение времени эффективного использования оборудования;
- снижение себестоимости продукции;

– обеспечение оперативного обмена достоверной информацией на всех этапах жизненного цикла производства;

– повышение качества и потребительских свойств изделий, снижение доли брака;

– повышение эксплуатационных характеристик оборудования;

– увеличение загрузки производственных мощностей и эффективности их использования;

– обеспечение выполнения производственных заказов в срок;

– увеличение доли высокопроизводительных рабочих мест;

– контроль и управление процессом исполнения заказа по всей цепи кооперации;

– сокращение сроков изготовления изделия и рисков невыполнения контракта в срок;

– повышение конкурентоспособности продукции и предприятий на внутреннем и внешнем рынках и многое другое.

Также нужно учесть некоторые особенности для максимального повышения эффективности цифровой трансформации обрабатывающих отраслей промышленности, такие как:

– изучение и использование новых технологий и инновации;

– обеспечение высокого уровня цифровизации бизнес-процессов;

– внедрение принципов организационной информационной культуры и постоянное развитие компетенций сотрудников;

– развитие всей цифровой экосистемы организации.

Учет данных особенностей позволит повысить эффективность цифровой трансформации промышленных предприятий.

Список литературы

1. Цифровая трансформация промышленности // Евразийская экономическая комиссия, 2021. URL: http://www.eurasiancommission.org/ru/act/prom_i_agroprom/dep_prom/Pages/Основные%20направления%20промышленного%20сотрудничества/digitalindustry.aspx (дата обращения: 21.06.2021).
2. Цифровая трансформация в России – 2020. URL: https://komanda-a.pro/projects/dtr_2020 (дата обращения: 22.06.2021).
3. Phan Anh Tu, Huynh Tuan Anh. Internationalization and Firm Performance: Case of Manufacturing Enterprises in Ecuador // Research in World Economy. 2021. Vol. 12, N. 1. P. 11–20.
4. Миркина О. Н. Цифровизация и ее особенности в Смоленской области // Цифровое образование в РФ: состояние, проблемы и перспективы: материалы Международного форума / Санкт-Петербургский государственный аэрокосмического приборостроения. СПб., 2019. С. 171–173.
5. Вертакова Ю. В., Плахотникова М. А., Бабкин А. В. Тенденции развития цифровой экономики в России // Инновационные кластеры цифровой экономики: теория и практика / А. А. Алетдинова, В. В. Андреев, Т. А. Андреева [и др.]; Санкт-Петербургский университет Петра Великого. СПб., 2018. С. 290–315.
6. Шманёв С. В. Современное состояние цифровой экономики в России и перспективы ее развития // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Экономика. Социология. Менеджмент. 2021. Т. 11, № 3. С. 44–52.
7. Аршикова А. В., Крыжановская О. А. Цифровая трансформация промышленных предприятий в условиях реиндустриализации: теоретический аспект // Цифровая экономика: перспективы развития и совершенствования: сборник научных статей II Международной научно-практической конференции / Юго-Западный государственный университет. Курск, 2021. С. 36–40.
8. Положенцева Ю. С., Клевцова М. Г. Трансформация развития промышленного комплекса в условиях цифровой экономики // Вестник университета. 2021. № 2. С. 71–79.
9. Вертакова Ю. В., Крыжановская О. А. Особенности развития организаций в условиях цифровой трансформации // Вестник университета. 2020. № 10. С. 33–39.
10. Талдыкина Е. М., Чарочкина Е. Ю. Анализ состояния развития цифровой экономики в России // Стратегия формирования экосистемы цифровой экономики: сборник научных трудов III Международной научно-практической конференции / Юго-Западный государственный университет. Курск, 2021. С. 259–264.
11. Плотников В. А. Промышленное развитие и технологическая безопасность как факторы формирования инновационной экономики // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Экономика. Социология. Менеджмент. 2011. № 2. С. 17–24.
12. Положенцева Ю. С. Оценка уровня развития цифровизации экономических систем // Стратегия формирования экосистемы цифровой экономики: сборник материалов II Международной научно-практической конференции / Юго-Западный государственный университет. Курск, 2020. С. 70–75.

13. Брагина А. В., Вертакова Ю. В., Евченко А. В. Развитие сквозных технологий планирования деятельности промышленного предприятия в условиях цифровизации экономики // Организатор производства. 2020. Т. 28, № 1. С. 24–36.
14. The choice of strategic priorities for the development of the organization: a methodological approach / S. G. Emelyanov, Yu. V. Vertakova, O. A. Kryzhanovskaya, O. Y. Nepochatykh // Digital Future Economic Growth, Social Adaptation, and Technological Perspectives. Cham: Springer Nature, 2020. P. 123–132.
15. Крыжановская О. А., Блинова М. С. Оценка эффективности принятого управленческого решения // Инновационные подходы к решению социально-экономических, правовых и педагогических проблем в условиях развития современного общества: материалы I Международной научно-практической конференции / Воронежский экономико-правовой институт. Воронеж, 2015. С. 219–222.
16. Вертакова Ю. В., Ланкина М. Ю. Многокритериальная оценка качества интеллектуальных ресурсов организации // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Экономика. Социология. Менеджмент. 2014. № 4. С. 103–114.
17. Старкова М. И., Крыжановская О. А. Разработка и реализация управленческого решения о выборе стратегии трансформации бизнеса // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Экономика. Социология. Менеджмент. 2021. Т. 11, № 2. С. 34–46.

References

1. Cifrovaya transformatsiya promyshlennosti [Digital transformation of industry]. Evrazijskaya ekonomicheskaya komissiya, 2021 [Eurasian Economic Commission, 2021]. Available at: http://www.eurasiancommission.org/ru/act/prom_i_agroprom/dep_prom/Pages/Osnovnye%20napravleniy%20promyshlennogo%20sotrudnichestva/digitalindustry.aspx. (accessed 21.06.2021)
2. Cifrovaya transformatsiya v Rossii – 2020 [Digital transformation in Russia – 2020]. KMDA 2021. Available at: https://komanda-a.pro/projects/dtr_2020. (accessed 21.06.2021)
3. Phan Anh Tu, Huynh Tuan Anh. Internationalization and Firm Performance: Case of Manufacturing Enterprises in Ecuador. *Research in World Economy*, 2021, vol. 12, no. 1, pp. 11–20.
4. Mirkina O. N. [Digitalization and its features in the Smolensk region]. Tsifrovoe obrazovanie v RF: sostoyanie, problemy i perspektivy. Materialy Mezhdunarodnogo foruma [Digital education in Russia: status, problems and prospects. Materials of the International forum]. St. Petersburg, Saint-Petersburg State Aerospace Instrumentation Publ., 2019, pp. 171–173. (In Russ.)
5. Vertakova Yu. V., Plahotnikova M. A., Babkin A. V. Tendentsii razvitiya cifrovoj ekonomiki v Rossii [Trends in the development of the digital economy in Russia]. Innovatsionnye klasteri cifrovoj ekonomiki: teoriya i praktika [Innovative clusters of the digital economy: theory and practice]; A. A. Aletdinova, V. V. Andreev, T. A. Andreeva, eds. St. Petersburg, Peter the Great Saint Petersburg University Publ., 2018. pp. 290–315.
6. Shmanyov S. V. Sovremennoe sostoyanie cifrovoj ekonomiki v Rossii i perspektivy ee razvitiya [The current state of the digital economy in Russia and the prospects for its development]. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Ekonomika. Sociologiya. Menedzhment = Proceedings of the Southwest State University. Series: Economics, Sociology and Management*, 2021, vol. 11, no. 3, pp. 44–52.
7. Arshikova A. V., Kryzhanovskaya O. A. [Digital transformation of industrial enterprises in the context of reindustrialization: theoretical aspect]. Cifrovaya ekonomika: perspektivy razvitiya i sovershenstvovaniya. Sbornik nauchnykh statej II Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii [Digital economy: prospects for development and improvement. Collection of scientific articles of the II International Scientific and Practical Conference]. Kursk, Southwest State University Publ., 2021, pp. 36–40. (In Russ.)
8. Polozhenceva Yu. S., Klevцова M. G. Transformatsiya razvitiya promyshlennogo kompleksa v usloviyakh cifrovoj ekonomiki [Transformation of the development of the industrial complex in the digital economy]. *Vestnik universiteta = Bulletin of the University*, 2021, no. 2, pp. 71–79.
9. Vertakova Yu. V., Kryzhanovskaya O. A. Osobennosti razvitiya organizatsij v usloviyakh cifrovoj transformatsii [Features of the development of organizations in the context of digital transformation]. *Vestnik universiteta = Bulletin of the University*, 2020, no. 10, pp. 33–39.

10. Taldykina E. M., Charochkina E. Yu. [Analysis of the state of development of the digital economy in Russia]. *Strategiya formirovaniya ekosistemy cifrovoj ekonomiki. Sbornik nauchnyh trudov 3-j Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii* [Strategy of formation of the ecosystem of the digital economy. Collection of scientific papers of the III International Scientific and Practical Conference]. Kursk, Southwest State University Publ., 2021, pp. 259–264. (In Russ.)
11. Plotnikov V. A. *Promyshlennoe razvitiye i tekhnologicheskaya bezopasnost' kak faktory formirovaniya innovacionnoj ekonomiki* [Industrial development and technological safety as factors in the formation of an innovative economy]. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Ekonomika. Sociologiya. Menedzhment = Proceedings of the Southwest State University. Series: Economics, Sociology and Management*, 2011, no. 2, pp. 17–24.
12. Polozhenceva Yu. S. [Assessment of the level of development of digitalization of economic systems]. *Strategiya formirovaniya ekosistemy cifrovoj ekonomiki. Sbornik materialov II Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii* [Strategy of formation of the ecosystem of the digital economy. Collection of materials of the II International Scientific and Practical Conference]. Kursk, Southwest State University Publ., 2020, pp. 70–75. (In Russ.)
13. Bragina A. V., Vertakova Yu. V., Evchenko A. V. *Razvitiye skvoznykh tekhnologiy planirovaniya deyatel'nosti promyshlennogo predpriyatiya v usloviyakh cifrovizatsii ekonomiki* [Development of end-to-end technologies for planning the activities of an industrial enterprise in the context of digitalization of the economy]. *Organizator proizvodstva = Production Organizer*, 2020, vol. 28, no. 1, pp. 24–36.
14. Emelyanov S. G., Vertakova Yu. V., Kryzhanovskaya O. A., Nepochatykh O. Y. The choice of strategic priorities for the development of the organization: a methodological approach. *Digital Future Economic Growth, Social Adaptation, and Technological Perspectives*. Cham, Springer Nature, 2020, pp. 123–132.
15. Kryzhanovskaya O. A., Blinova M. S. [Evaluation of the effectiveness of the adopted management decision]. *Innovacionnye podhody k resheniyu social'no-ekonomicheskikh, pravovykh i pedagogicheskikh problem v usloviyakh razvitiya sovremennogo obshchestva. Materialy I mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii* [Innovative approaches to solving socio-economic, legal and pedagogical problems in the context of the development of modern society. Materials of the I International Scientific and Practical Conference]. Voronezh, Voronezh Economic and Legal Institute Publ., 2015, pp. 219–222. (In Russ.)
16. Vertakova Yu. V., Lankina M. Yu. *Mnogokriterial'naya ocenka kachestva intellektual'nykh resursov organizatsii* [Multi-criteria assessment of the quality of the organization's intellectual resources]. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Ekonomika. Sociologiya. Menedzhment = Proceedings of the Southwest State University. Series: Economics, Sociology and Management*, 2014, no. 4, pp. 103–114.
17. Starkova M. I., Kryzhanovskaya O. A. *Razrabotka i realizatsiya upravlencheskogo resheniya o vybere strategii transformatsii biznesa* [Development and implementation of management decisions on the choice of business transformation strategy]. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Ekonomika. Sociologiya. Menedzhment = Proceedings of the Southwest State University. Series: Economics, Sociology and Management*, 2021, vol. 11, no. 2, pp. 34–46.

Информация об авторе / Information about the Author

Крыжановская Ольга Александровна, кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры региональной экономики и менеджмента, Юго-Западный государственный университет, г. Курск, Российская Федерация, e-mail: morozikolya2008@yandex.ru, ORCID: 0000-0003-0763-2214, Researcher ID: N-3589-2016

Olga A. Kryzhanovskaya, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Regional Economics and Management, Southwest State University, Kursk, Russian Federation, e-mail: morozikolya2008@yandex.ru, ORCID: 0000-0003-0763-2214, Researcher ID: N-3589-2016