

ТЕОРИЯ И МЕТОДЫ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА

УДК 338.1

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ЦИФРОВОЙ ЗРЕЛОСТИ ОТРАСЛЕВЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЭКОСИСТЕМ

А.В. Бабкин, В.В. Глухов

*Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
Россия, 195251, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 29*

Е.В. Шкарупета

*Воронежский государственный технический университет
Россия, 394006, Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84
Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России
Россия, 662972, Красноярский край, Железногорск, ул. Северная, 1*

Введение. В условиях цифровизации всех отраслей и видов экономической деятельности особую актуальность получает проблема достижения промышленными экосистемами высокого уровня цифрового потенциала, наиболее общей качественной характеристикой которого выступает цифровая зрелость. Сущность трансформационных процессов, происходящих в настоящее время во всех отраслях экономики, в том числе и в промышленности, все чаще описывают терминологией экосистемного подхода и платформенной концепции. Экосистемы и платформы зарекомендовали себя как модели с наивысшей производственной эффективностью даже по сравнению с сетями. Управление экосистемами возможно только при условии понимания механизмов, лежащих в основе их динамики. Целью статьи является разработка методики оценки цифровой зрелости в целях повышения потенциала промышленных экосистем и ее последующая апробация на макро- и мезоуровнях.

Данные и методы. Для достижения цели, поставленной в статье, авторами использовались общенаучные методы, а также экономико-статистические методы. Применялся анализ структуры рынка, сопоставление динамики показателей устойчивого развития промышленных экосистем. Методика оценки зрелости промышленной экосистемы дополнена методами анализа главных компонент (РСА) и иерархической агломеративной кластеризации (НАС).

Полученные результаты. Предложена авторская методика оценки цифровой зрелости отраслевых промышленных экосистем, согласно которой зрелость промышленных экосистем предлагается оценивать по четырем проекциям: экологической, социальной, управленческой и непосредственно цифровой. Проведена апробация методики на примере оценки зрелости национальной промышленной экосистемы (14 отраслей, 110 акторов) и энергетической экосистемы РФ (11 акторов).

Заключение. Представленные разработки позволяют сформировать ряд рекомендаций по стратегическому управлению цифровым потенциалом сложных экономических систем на основе платформенной концепции.

Сведения об авторах:

Бабкин Александр Васильевич (*al-vas@mail.ru*), д-р экон. наук, профессор Высшей инженерно-экономической школы, заведующий научно-исследовательской лабораторией «Цифровая экономика промышленности»

Глухов Владимир Викторович (*gluchov_vv@spbstu.ru*), д-р экон. наук, руководитель администрации аппарата ректора

Шкарупета Елена Витальевна (*9056591561@mail.ru*), д-р экон. наук, профессор кафедры цифровой и отраслевой экономики; старший научный сотрудник научно-исследовательского отдела научно-технического центра

On authors:

Babkin Alexander V. (*al-vas@mail.ru*), Doctor of Economics, Professor of the Higher School of Engineering and Economics, Head of the Research Laboratory "Digital Economy of Industry"

Glukhov Vladimir V. (*gluchov_vv@spbstu.ru*), Doctor of Economics, Head of administration office of the rector

Shkarupeta Elena V. (*9056591561@mail.ru*), Doctor of Economics, Professor of the Department of Digital and Industrial Economics; Senior Researcher of the Research Department of the Scientific and Technical Center

Ключевые слова: экосистема, промышленная экосистема, потенциал, цифровой потенциал, цифровые технологии, цифровая трансформация, зрелость, цифровая зрелость, ESG, платформенная концепция

Для цитирования:

Бабкин А.В. Методика оценки цифровой зрелости отраслевых промышленных экосистем / А.В. Бабкин, В.В. Глухов, Е.В. Шкарупета // Организатор производства. 2022. Т.30. № 3. С. 7-20.

METHODOLOGY FOR ASSESSING DIGITAL MATURITY OF INDUSTRIAL ECOSYSTEMS

A.V. Babkin, V.V. Glukhov

*Saint-Petersburg Peter the Great Polytechnic University
29 Polytechnicheskaya St., St. Petersburg, 195251, Russia*

E.V. Shkarupeta

*Voronezh State Technical University
84 20th Anniversary of October St., Voronezh, 394006, Russia
Siberian Fire and Rescue Academy of EMERCOM of Russia
1 Severnaya St., Zheleznogorsk, Krasnoyarsk Region, 662972, Russia*

Introduction. *With the digitalization of all industries and types of economic activity, the problem of achieving a high level of digital capacity by industrial ecosystems, whose most common qualitative characteristic is digital maturity, becomes particularly relevant. The essence of the transformation processes currently taking place in all sectors of the economy, including industry, is increasingly described by the terminology of the ecosystem approach and the platform concept. Ecosystems and platforms have proven to be the models with the highest production efficiency, even compared to networks. Management of ecosystems is possible only if the mechanisms underlying their dynamics are understood. The purpose of this article is to develop a methodology for assessing digital maturity in order to improve the capacity of industrial ecosystems and its subsequent validation at the macro- and meso-levels.*

Data and methods. *To achieve the goal set in the article, the authors used general scientific methods, as well as economic and statistical methods. The analysis of market structure, comparison of the dynamics of indicators of sustainable development of industrial ecosystems was used. The technique of an estimation of maturity of industrial ecosystem was supplemented with methods of the analysis of main components (PCA) and hierarchical agglomerative clustering (HAC).*

Results. *We have proposed an author's method of assessing the digital maturity of industrial ecosystems, according to which the maturity of industrial ecosystems is to be evaluated by four projections: environmental, social, managerial and digital. The methods have been tested on the example of the national industrial ecosystem (14 branches, 110 actors) and energy ecosystem of the Russian Federation (11 actors).*

Conclusion. *The presented developments allow the formation of a number of recommendations for strategic management of the digital potential of complex economic systems based on the platform concept.*

Keywords: *ecosystem, industrial ecosystem, potential, digital potential, digital technologies, digital transformation, maturity, digital maturity, ESG, platform concept*

For citation:

Babkin A.V. Methodology of assessing the digital maturity of industrial ecosystems / A.V. Babkin, V.V. Glukhov, E.V. Shkarupeta // Organizer of Production. 2022. Vol. 30. No. 3. Pp. 7-20.

Введение

В настоящее время становятся очевидными глобальные метаморфозы, затрагивающие все отрасли и виды деятельности, выражающиеся в активизации сложных и волатильных процессов. Такое состояние внешних и внутренних сред характеризуется целой совокупностью экономических, производственных, социальных, технологических, цифровых, экологических и прочих трансформаций [1]. Наблюдаемые глобальные трансформации во многом обусловлены интенсивным научно-технологическим развитием, принципиально меняющим и качество жизни, и систему социально-экономических отношений. Общим, связующим мотивом современных трансформационных процессов является их человекоцентричная экосистемная сущность [2].

В условиях внедрения человекоцентричных цифровых технологий особое значение приобретают киберфизические экосистемы – экосистемы нового уровня, эволюционирующие на принципах устойчивого развития в условиях перехода от Индустрии 4.0 к Индустрии 5.0, с высоким уровнем конвергенции социоэкосистем (socio-ecosystems, SES) и технологических экосистем [3-8]. Искусственный интеллект, роботы и интернет вещей – самые востребованные цифровые технологии среди компаний в настоящее время. Эти же технологии имеют наибольший потенциал для роста в ближайшие два года. Также ожидается более активное использование технологии «цифровых двойников» и по-настоящему взрывной рост для технологии Process Mining [9].

Особую актуальность приобретает проблема достижения зрелости российскими промышленными экосистемами. Только зрелая промышленная экосистема способна встроиться в глобальные производственно-

сбытовые цепочки [10; 11] на основе принципов всеобхватывающего устойчивого промышленного развития, выйти на мировые рынки с конкурентной высокотехнологичной продукцией, имеет перспективы долгосрочной и успешной индустриализации в цифровую эпоху [12]. Только зрелая промышленная экосистема успешно противостоит вызовам и угрозам, обусловленным возрастающей планетарной нагрузкой в антропоцене [13].

Цель исследования состоит в разработке и апробации методики оценки зрелости промышленной экосистемы в условиях внедрения цифровых технологий. Необходимость достижения цели требует решения следующих *задач*:

- определить особенности управления и перспективы развития промышленных экосистем в условиях внедрения цифровых технологий;
- разработать методику оценки цифровой зрелости промышленной экосистемы;
- апробировать методику оценки уровня цифровой зрелости на примере национальной российской промышленной экосистемы, включающей 110 акторов из 14 отраслей, а также на примере российской энергетической экосистемы (включающей 11 акторов).

Объектом настоящего исследования является промышленная экосистема, целью которой является создание на принципах ценностного подхода и самоорганизации совокупности продуктов и услуг, управляемой когерентной мультиакторной сетью субъектов, отличающихся своими убеждениями и принципами принятия стратегических решений [6; 14].

Литературный обзор

Концепция исследования экосистем с позиции промышленной экологии приобрела популярность после публикации исследования [15], в котором была выдвинута идея о

перспективности новых методов промышленного производства, оказывающих минимальное воздействие на окружающую среду. Данная идея легла в основу новой организационной единицы – «промышленной экосистемы». Современные промышленные экосистемы рассматриваются как «локализованные социально-экономические формации, обеспечивающие устойчивое развитие посредством циркуляции ресурсов в целевой, экологической, технологической и проектной подсистемах» [16-18]. Промышленные экосистемы – это «совокупность взаимодействующих экономических субъектов, не управляющихся иерархически и адаптирующихся друг к другу на основе профессиональных коммуникационных площадок, созданных промышленным архитектором» [19].

В литературе обсуждается ряд терминов, тесно связанных с промышленными экосистемами, подчеркивающих их междисциплинарный характер, например, инновационно-активные кластеры [20-23]. Промышленная экосистема отличается от указанных форм интеграции по следующим признакам стремления к устойчивости, способности экосистемы успешно развиваться без внешнего влияния или помощи, отсутствия барьеров для входа, непостоянного и меняющегося состава акторов, сильных кросс-функциональных и кросс-отраслевых коммуникаций, самоорганизации и самовлечения, эволюции и прочих [19; 24].

Внутри промышленной экосистемы происходит кругооборот использования в сотрудничестве отходов, возобновляемых источников энергии и сырья. Синергетический эффект от замещения состоит в замене исходных невозобновляемых ресурсов отходами, побочными продуктами от производства, энергетическими излишками других акторов промышленной экосистемы [25; 26]. Промышленная киберфизическая экосистема определяет трансформацию производственных отношений акторов промышленной экосистемы на основе гармоничного сосуществования традицион-

ных и цифровых производственных моделей.

Большинство экосистем, в том числе и промышленные экосистемы, активно развиваются благодаря повсеместной цифровизации. Российские промышленные экосистемы для обеспечения достижения зрелости и в целях цифровой трансформации должны до 2030 года реализовать пять ключевых экосистемных проектов по следующим укрупненным направлениям [27]: инновации в организации производства; технологические инновации; продуктовые инновации; инновации в сфере кадров; инновации в государственном управлении. Кроме того, промышленные экосистемы, используя проектный принцип управления, должны создавать межотраслевую экосистемную кооперацию предприятий, превратив их в эффективные, технологичные производства.

В настоящее время зрелость промышленной экосистемы возможно оценить с помощью двух подходов: методики «Индекс зрелости Индустрии 4.0»; методики Organizational Digital Manufacturing Maturity Model – ODM3. Ограничениями представленных методик является невозможность их применения на уровне промышленной экосистемы выше корпоративного [8].

Таким образом, представленные подходы не позволяют закрыть исследовательский разрыв в методологии промышленных экосистем, связанный с оценкой уровня их зрелости с целью осуществления сопоставления и ранжирования промышленных экосистем на основе единой шкалы, разработки мероприятий по повышению уровня зрелости промышленных экосистем. В этих условиях выдвигается гипотеза о взаимосвязи оценок уровней зрелости и учета интересов в области устойчивого развития и ESG промышленной экосистемы. Методика оценки зрелости промышленной экосистемы должна быть основана на ESG-методологии определения уровней устойчивого развития промышленной экосистемы. Отличием предлагаемого подхода является учет внедрения цифровых

технологий путем выделения дополнительной четвертой оценочной проекции [8].

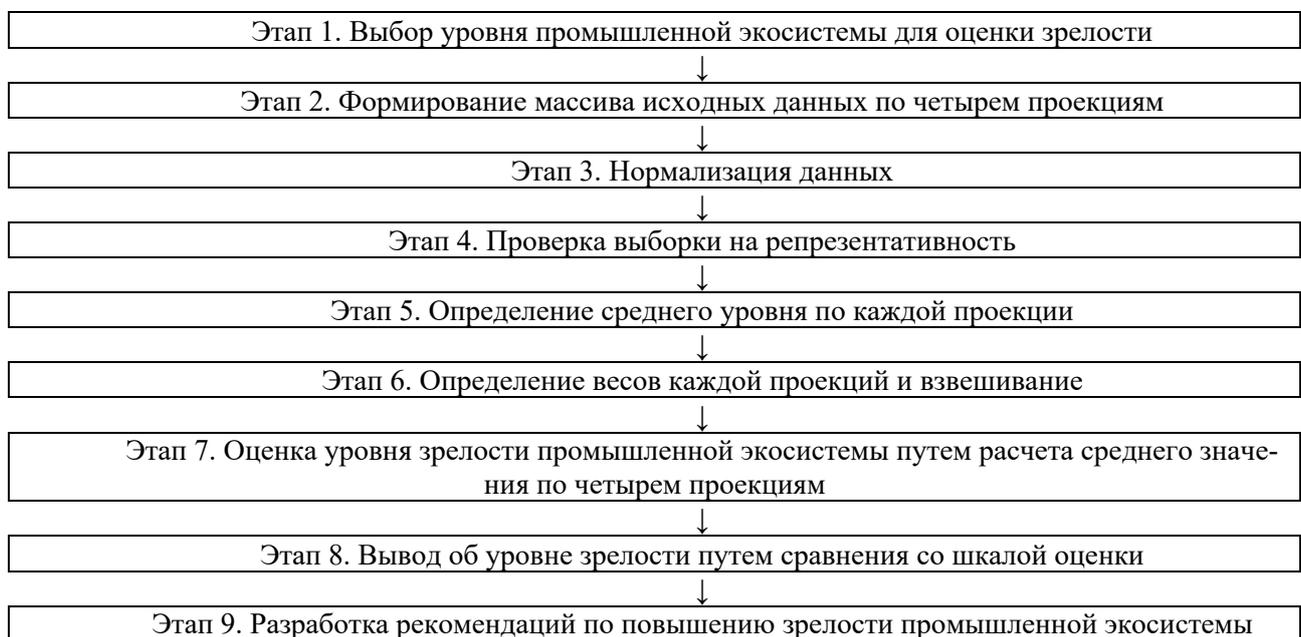
Результаты

Зрелость представляет собой теорию стадийной эволюции, и ее основная цель состоит в описании этапов и путей созревания по шкале зрелости; определяет основу для оценки и сравнительного анализа экосистем. Зрелость промышленной экосистемы может рассматриваться как мера готовности к Индустрии 5.0 [8].

Под цифровой зрелостью промышленных экосистем понимается их готовность

встраивания в новый технологический уклад, использующий новейшие достижения цифровых технологий [27]. В исследовании [9] оценен Digital IQ российских компаний как мера осознанности и готовности к успешной реализации задач цифровой трансформации. Цифровая зрелость также рассматривается как уровень цифровой трансформации, на котором находится компания.

Предлагаемая методика оценки уровня цифровой зрелости промышленной экосистемы включает в себя девять этапов (рисунок 1) [8].



Источник: разработано авторами

Рис. 1. Методика оценки зрелости промышленной экосистемы в условиях внедрения цифровых технологий

Source: developed by the authors

Fig. 1. Methodology for assessing the maturity of the industrial ecosystem in the implementation of digital technology

На первом этапе выбирается уровень промышленной экосистемы, зрелость которой предполагается оценивать: межстрановой (глобальный); национальной; отраслевой; региональный; корпоративный.

На втором этапе собирается исходная информация на основе ESG-рейтингов компаний промышленных отраслей, формирующих промышленную экосистему. Ранг по трем проекциям дополняется значе-

нием уровня цифровой зрелости (четвертой проекцией), полученным из открытых источников.

На третьем этапе все данные нормируются на основе метода минимакса и приводятся к одинаковой шкале измерения в интервале [0, ... 1].

На четвертом этапе полученная выборка данных проходит проверку на репрезентативность.

На пятом этапе определяется средний ранг по каждой из четырех проекций.

Далее, на шестом этапе полученные значения взвешиваются (в настоящем примере все проекции имеют одинаковый вес – 0,25. В методологии ESG-оценки для нефинансовых организаций рекомендуется соотношение весов: E – 30%, S – 35%, G – 35%).

На седьмом этапе происходит оценка уровня зрелости промышленной экосистемы путем расчета среднего значения по всем индикаторам.

На восьмом этапе полученный уровень зрелости сравнивается со шкалой оценки и делается вывод о финальном уровне зрелости.

Девятый, заключительный этап посвящен разработке рекомендаций по

повышению уровня зрелости промышленной экосистемы.

Проведем апробацию методики оценки уровня зрелости, используемой в предложенной модели, на примере национальной промышленной экосистемы. По данным на 15.03.2022 в расчете рейтинга ESG в России приняли участие 160 компаний, из них 110 компаний (69%) – из промышленного сектора. Остальные 50 компаний представляют отрасли телекоммуникаций, финансов и финансовых услуг, строительства, транспорта, розничной торговли и информационных технологий. Данные по экологической, социальной и управленческой устойчивости промышленных компаний представлены в таблице 1.

Таблица 1

Исходные данные для оценки зрелости национальной промышленной экосистемы по состоянию на март 2022 года (в отраслевом разрезе)

Table 1

Baseline data for assessing the maturity of the national industrial ecosystem as of March 2022 (by industry)

Отраслевые промышленные экосистемы на макроуровне	Количество акторов	Средний ранг E	Средний ранг S	Средний ранг G
1. Автокомпоненты	1	159	157	146
2. Бумага и лесная продукция	10	88,1	93,5	100,444
3. Диверсифицированные промышленные предприятия	2	144,5	119,5	103
4. Контейнеры и упаковка	1	138	149	157
5. Металлургия и добыча	1	55	54	37
6. Металлы и горнодобывающая промышленность	1	75	57	45
7. Металлы и добыча	35	75,5714	71,8571	82,1176
8. Нефть и газ	18	72,7222	84,6667	78,3333
9. Продукты питания	2	63,5	61,5	81
10. Промышленность	2	68	80,5	97
11. Химикаты	12	120,083	116,75	130,8
12. Химическая промышленность	12	82,6667	77,0833	73,75
13. Химические продукты	2	15	9	12
14. Энергетика	11	62,0909	69,3636	56,9091
Итого	110	81,4545	82,0091	83,9245

Источник: рассчитано по данным [29]

Source: calculated on data from [29]

Ранги по секторам «Окружающая среда» (E), «Социум» (S), «Корпоративное

управление» (G) по отраслям рассчитаны как среднее рангов компаний, входящих в каж-

дую из отраслей. Цифры в столбцах «средний ранг» указывают на позицию индустрии из 160 рейтингуемых компаний по факторам E, S, G соответственно. Представленные в таблице 1 данные необходимо дополнить четвертой проекцией оценки зрелости промышленной экосистемы, а именно уровнем цифровой зрелости (D).

В настоящее время разработано несколько методик оценки цифровой зрелости. Под цифровой зрелостью промышленных предприятий понимается их готовность встраивания в новый технологический уклад, использующий новейшие достижения цифровых технологий [27]. В исследовании [9] оценен Digital IQ российских компаний как мера осознанности и готовности к успешной реализации задач цифровой трансформации. Цифровая зрелость рассматривается как уровень цифровой трансформации, на котором находится компания. Воспользуемся данными расчета цифровой зрелости россий-

ских компаний по результатам исследования ведущих российских компаний из ключевых отраслей промышленности, проведенного компаниями SAP, Deloitte и iR & D Club. Оценка цифровой зрелости компаний производилась в соответствии с методологией Deloitte по пяти направлениям: клиент, стратегия, технологии, операционная деятельность, организация. По каждому направлению было выделено несколько ключевых критериев, по которым производилась оценка опрошенных компаний. Для оценки была определена 5-балльная шкала. В отраслевом разрезе средний уровень цифровой зрелости по РФ составил: для автомобилестроения – 2,6 баллов, для ТЭК – 2,5 баллов, для металлургии и добычи полезных ископаемых – 2,4 балла, для машиностроения – 1,6 баллов.

Расчет четырех проекций зрелости национальной промышленной экосистемы представлен в таблице 2.

Таблица 2

Расчет уровня зрелости национальной промышленной экосистемы России по состоянию на март 2022 года

Table 2

Calculation of the maturity level of the national industrial ecosystem of Russia as of March 2022

Отраслевые промышленные экосистемы на макроуровне	E	S	G	D	Уровень зрелости	
1. Автокомпоненты	0,01	0,02	0,09	0,32	0,11	начальный
2. Бумага и лесная продукция	0,45	0,42	0,37	0,52	0,44	базовый
3. Диверсифицированные промышленные предприятия	0,10	0,25	0,36	0,52	0,31	базовый
4. Контейнеры и упаковка	0,14	0,07	0,02	0,52	0,19	базовый
5. Металлургия и добыча	0,66	0,66	0,77	0,48	0,64	продвинутый
6. Металлы и горнодобывающая промышленность	0,53	0,64	0,72	0,48	0,59	продвинутый
7. Металлы и добыча	0,53	0,55	0,49	0,48	0,51	базовый
8. Нефть и газ	0,55	0,47	0,51	0,48	0,50	продвинутый
9. Продукты питания	0,60	0,62	0,49	0,52	0,56	продвинутый
10. Промышленность	0,58	0,50	0,39	0,52	0,50	базовый
11. Химикаты	0,25	0,27	0,18	0,48	0,30	базовый
12. Химическая промышленность	0,48	0,52	0,54	0,48	0,51	базовый
13. Химические продукты	0,91	0,94	0,93	0,48	0,81	супер
14. Энергетика	0,61	0,57	0,64	0,50	0,58	продвинутый
Итого	0,49	0,49	0,48	0,48	0,48	базовый

Источник: рассчитано по данным [29; 30]

Source: Calculated from data [29; 30]

Шкала оценки уровня зрелости промышленной экосистемы основана на выделенных уровнях учета интересов в об-

ласти устойчивого развития по методологии ESG и представлена на рисунке 2.



Источник: [8]

Рис. 2. Соотношение уровней устойчивости и зрелости промышленной экосистемы

Source: [8]

Figure 2. Correlation of sustainability and maturity levels of industrial ecosystem

Таким образом, уровень зрелости российской промышленной экосистемы по состоянию на 15.03.2022 составил 0,48 и может быть охарактеризован как «базовый» с перспективой перехода на «продвинутый». По данным [8], уровень зрелости российской промышленной экосистемы по состоянию на 15.07.2021 составлял 0,49, таким образом, анализируемый показатель незначительно сократился за период с июля 2021 года по март 2022 года. Текущее состояние развития национальной промышленной экосистемы характеризуется значительной неоднородно-

стью в развитии отдельных отраслей, неравномерным развитием рынков и предприятий. Применим предложенную модель оценки зрелости к отраслевой экосистеме энергетики, включающей 11 акторов (таблица 3).

Как видно, отраслевая энергетическая экосистема характеризуется продвинутым уровнем зрелости.

Дополним методику оценкой зрелости металлургической экосистемы РФ, включающей 18 акторов) на основе анализа главных компонент и иерархической кластеризации.

Оценка зрелости энергетической промышленной экосистемы России по состоянию на март 2022 года (без учета компаний ряда подотраслей)

Table 3

Assessment of the maturity of the energy industrial ecosystem in Russia as of March 2022 (excluding companies in a number of sub-industries)

Компания	E	S	G	D	Уровень зрелости	
Энел Россия	0,97	0,99	0,91	0,5	0,84	супер
Интер РАО	0,96	0,78	0,96	0,5	0,80	супер
Росатом	0,96	0,79	0,56	0,5	0,70	продвинутый
РусГидро	0,92	0,73	0,68	0,5	0,71	продвинутый
Юнипро	0,72	0,77	0,94	0,5	0,73	продвинутый
ФСК ЕЭС	0,80	0,63	0,78	0,5	0,68	продвинутый
Россети	0,68	0,62	0,66	0,5	0,61	продвинутый
ТНС Энерго	0,29	0,32	0,75	0,5	0,46	базовый
Квадра - Электрогенерация	0,15	0,26	0,39	0,5	0,33	базовый
Т Плюс	0,19	0,16	0,23	0,5	0,27	базовый
ТГК-2	0,10	0,18	0,24	0,5	0,25	базовый
Итого	0,61	0,57	0,64	0,50	0,58	продвинутый

Источник: рассчитано по данным [29; 30]

Source: Calculated from data [29; 30]

Корреляционная матрица представлена в таблице 4. Все четыре проекции зрелости имеют положительную и значительную взаимосвязь.

Собственные значения $F1 = 3,543$, $F2 = 0,324$, $F3 = 0,1$, $F4 = 0,043$. Кумулятивная вариабельность $F1 = 88,339\%$, $F2 = 96,43\%$, $F3 = 98,936\%$, $F4 = 100\%$.

Главный визуальный инструмент анализа главных компонент – диаграмма наблюдений – представлена на рисунке 3.

Таблица 4

Корреляционная матрица четырех проекций зрелости металлургической экосистемы РФ

Table 4

Correlation matrix of the four maturity projections of the metallurgical ecosystem of the Russian Federation

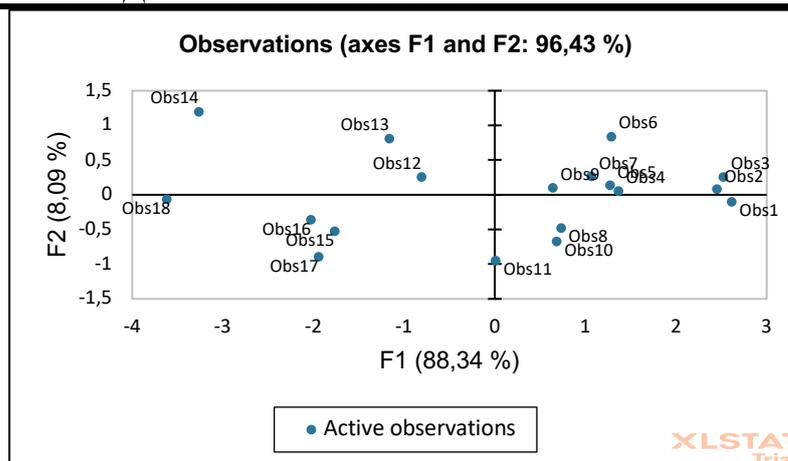
Переменные	E	S	G	D
E	1	0,901	0,756	0,950
S	0,901	1	0,746	0,935
G	0,756	0,746	1	0,766
D	0,950	0,935	0,766	1

Значения, выделенные жирным шрифтом, отличаются от 0 при уровне значимости $\alpha=0,05$

Источник: рассчитано авторами

Values in bold are different from 0 at significance level $\alpha=0.05$

Source: calculated by the authors



Источник: составлено авторами

Рис. 3. Диаграмма наблюдений отраслевой промышленной экосистемы

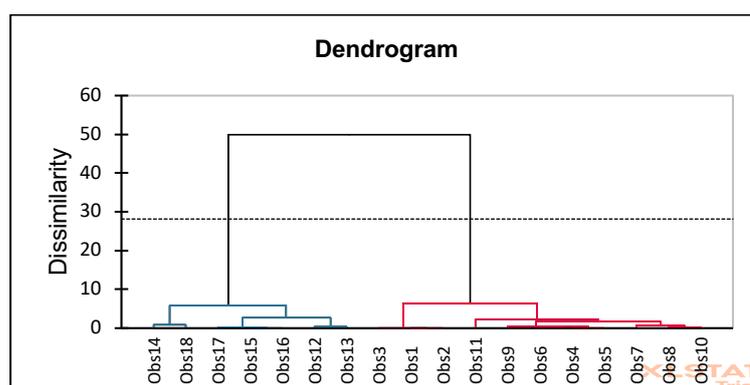
Source: compiled by the authors

Figure 3. The observation diagram of the industrial industrial ecosystem

Можно предположить, что наблюдения распределены достаточно равномерно. Для подтверждения этого тезиса используем иерархическую кластеризацию (рисунок 4), которая подтверждает предложенную шкалу оценки зрелости. Как видно на дендрограмме, наблюдения 1–3 (характеризующиеся как супер уровень зрелости), 4–11 (продвинутый уровень), 12-13 и 15-17 (базовый уровень), а также 14 и 18 (начальный уровень) объединены в подкластеры. Всего алгоритм выделил два кластера:

– первый кластер включает одиннадцать объектов (наблюдения с 1 по 11) с внутриклассовой дисперсией 1,21, минимальным расстоянием 0,347, средним расстоянием 0,973 и максимальным расстоянием 1,751;

– второй кластер включает семь объектов (наблюдения с 12 по 18) и характеризуется дисперсией 1,66, минимальным расстоянием 0,474, средним расстоянием 1,123 и максимальным расстоянием 1,646.



Источник: составлено авторами

Рис. 4. Дендрограмма наблюдений по 18 компаниям металлургической и горнодобывающей промышленной экосистемы

Source: compiled by the authors

Figure 4. Dendrogram of observations on 18 companies of metallurgical and mining industrial ecosystem

Заключение

Зрелая промышленная экосистема, кроме всего, характеризуется высоким уровнем когерентности. Под когерентностью в данном контексте понимается «доля субъектов, поведение которых соответствует их естественным решениям и поведенческим принципам в экосистеме» [31]. Измерить когерентность экосистемы можно путем определения доли акторов, чьи принципы принятия решений соответствуют экосистемным требованиям. Уровень когерентности находится в корреляционной зависимости от устойчивости экосистемы. Если в экосистеме отсутствует оркестратор, она развивается автономно, при этом высокий уровень когерентности ускоряет процессы, направленные и на расширение, и на упадок экосистемы, что, в конечном итоге, может привести к нестабильной производительности. Поэтому в стратегическом управлении экосистемами так важна роль оркестратора как проектировщика экосистемы [6].

Благодарности

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 20-010-00942 А).

Библиографический список

1. Held D. et al. The global transformations reader. – Cambridge: Polity Press, 2000. – Т. 13.
2. Fukuda K. Science, technology and innovation ecosystem transformation toward society 5.0 //International journal of production economics. – 2020. – Т. 220. – С. 107460.
3. Nahavandi S. Industry 5.0—A human-centric solution //Sustainability. – 2019. – Т. 11. – №. 16. – С. 4371.
4. Голов Р. С., Мыльник А. В. Теоретические основы интеллектуально-технологического развития промышленных предприятий в контексте парадигмы "Индустрия 5.0" //Экономика и управление в машиностроении. – 2018. – №. 1. – С. 10-14.
5. Бабкин А. В. и др. Индустрия 5.0: понятие, формирование и развитие //Экономика промышленности. – 2021. – Т. 14. – №. 4. – С. 375-395.
6. Глухов В. В. и др. Стратегическое управление промышленными экосистемами на основе платформенной концепции //Экономика и управление. – 2021. – Т. 27. – №. 10. – С. 751-765.
7. Бабкин А. В., Шкарупета Е. В., Плотников В. А. Интеллектуальная киберсоциальная экосистема Индустрии 5.0: понятие, сущность, модель //Экономическое возрождение России. – 2021. – №. 4. – С. 39-62.
8. Babkin, A., Glukhov, V., Shkarupeta, E., Kharitonova, N., Barabaner, H., 2021. Methodology for Assessing Industrial Ecosystem Maturity in the Framework of Digital Technology Implementation. International Journal of Technology. Volume 12(7), pp. 1397-1406
9. Digital IQ. 2020. PwC.
10. Доклад о мировом развитии 2020: Торговля как инструмент развития в эпоху глобальных производственно-сбытовых цепей. Обзор. 2020. Группа всемирного банка.
11. Karapetyants I. et al. Transformation of logistical processes in digital economy //Proceedings of the 30th International Business Information Management Association Conference, IBIMA 2017-Vision 2020: Sustainable Economic development, Innovation Management, and Global Growth. – 2017. – С. 838-844.
12. Отчет о промышленном развитии 2020: Индустриализация в цифровую эпоху. Обзор. 2020. ЮНИДО. Организация Объединенных Наций по промышленному развитию.
13. Доклад о человеческом развитии 2020: Следующий рубеж. Человеческое развитие и антропоцен. Группа развития Организации Объединенных Наций.
14. Tsujimoto M. et al. A review of the ecosystem concept—Towards coherent ecosystem design //Technological Forecasting and Social Change. – 2018. – Т. 136. – С. 49-58.

15. Frosch R. A., Gallopoulos N. E. Strategies for manufacturing //Scientific American. – 1989. – Т. 261. – №. 3. – С. 144-153.
16. Клейнер Г. Б. Экономика экосистем: шаг в будущее //Экономическое возрождение России. – 2019. – №. 1 (59). – С. 40-45.
17. Клейнер Г. Б. Социально-экономические экосистемы в свете системной парадигмы //Системный анализ в экономике—2018: Сб. трудов V Международной научно-практической конференции—биеннале (21—23 ноября 2018 г.). М.: Прометей. – 2018. – С. 5-14.
18. Клейнер Г. Б. Промышленные экосистемы: взгляд в будущее //Экономическое возрождение России. – 2018. – №. 2 (56). – С. 53-62.
19. Попов Е. В., Симонова В. Л., Тихонова А. Д. Структура промышленных "экосистем" в цифровой экономике //Менеджмент в России и за рубежом. – 2019. – №. 4. – С. 3-11.
20. Tashenova, L., Babkin, A., Mamrayeva, D., Babkin, I., 2020. Method for Evaluating the Digital Potential of a Backbone Innovative Active Industrial Cluster. *International Journal of Technology*. Volume 11(8), pp. 1499-1508.
21. Babkin A. et al. Methodology for Assessing Industrial Ecosystem Maturity in the Framework of Digital Technology Implementation //Methodology. – 2021. – Т. 12. – №. 7.
22. Бабкин А. В., Ташенова Л. В., Елисеев Е. В. Цифровой потенциал системообразующего инновационно-активного промышленного кластера: понятие, сущность, оценка //Экономика и управление. – 2020. – Т. 26. – №. 12. – С. 1324-1334.
23. Глухов В. В., Бабкин А. В., Алексеева Н. С. Этапы и алгоритм оценки интеллектуального капитала инновационно-промышленного кластера //Экономика и управление. – 2020. – Т. 26. – №. 11. – С. 1217-1226.
24. Солдак М. О. Промислові екосистеми і технологічний розвиток //Економіка промисловості. – 2019.
25. Korhonen J. Industrial ecosystem: using the material and energy flow model of an ecosystem in an industrial system. – University of Jyväskylä, 2000. – №. 5.
26. Korhonen J. Four ecosystem principles for an industrial ecosystem //Journal of Cleaner production. – 2001. – Т. 9. – №. 3. – С. 253-259.
27. Стратегия цифровой трансформации обрабатывающих отраслей промышленности в целях достижения их «цифровой зрелости» до 2024 года и на период до 2030 года, 2021. Министерство промышленности и торговли РФ.
28. Методология ESG-оценки. 2019. RAEX. Rating Agentur EXPERT RA EUROPE. https://www.raexpert.eu/files/Methodology_ESG_Corporates_V3.pdf (дата обращения: 17.07.2021).
29. ESG Ranking of Russian companies. 2022. https://www.raexpert.eu/esg_corporate_ranking/#conf-tab-1 (дата обращения: 10.04.2022).
30. Цифровая зрелость российских компаний по результатам исследования ведущих российских компаний из ключевых отраслей промышленности. 2021. SAP, Deloitte и iR & D Club. <https://sapmybiz.ru/digital-maturity/> (дата обращения: 17.07.2021).
31. Прокопцов В. Е., Трефилова И. Н. Эволюция цепочек и создание сетей ценности //Инновационная наука. – 2015. – №. 12-1. – С. 291-295.

Поступила в редакцию – 13 августа 2022 г.
Принята в печать – 02 сентября 2022 г.

1. Held D. et al. The global transformations reader. – Cambridge: Polity Press, 2000. – Т. 13.
2. Fukuda K. Science, technology and innovation ecosystem transformation toward society 5.0 //International journal of production economics. – 2020. – Т. 220. – S. 107460.
3. Nahavandi S. Industry 5.0—A human-centric solution //Sustainability. – 2019. – Т. 11. – №. 16. – S. 4371.
4. Golov R. S., Myl'nik A. V. Teoreticheskie osnovy intellektual'no-tekhnologicheskogo razvitiya promyshlennyh predpriyatij v kontekste paradigmy "Industriya 5.0" //Ekonomika i upravlenie v mashinostroenii. – 2018. – №. 1. – S. 10-14.
5. Babkin A. V. i dr. Industriya 5.0: ponyatie, formirovanie i razvitie //Ekonomika promyshlennosti. – 2021. – Т. 14. – №. 4. – S. 375-395.
6. Gluhov V. V. i dr. Strategicheskoe upravlenie promyshlennymi ekosistemami na osnove platformennoj koncepcii //Ekonomika i upravlenie. – 2021. – Т. 27. – №. 10. – S. 751-765.
7. Babkin A. V., SHkarupeta E. V., Plotnikov V. A. Intellektual'naya kibersocial'naya ekosistema Industrii 5.0: ponyatie, sushchnost', model' //Ekonomicheskoe vozrozhdenie Rossii. – 2021. – №. 4. – S. 39-62.
8. Babkin, A., Glukhov, V., Shkarupeta, E., Kharitonova, N., Barabaner, H., 2021. Methodology for Assessing Industrial Ecosystem Maturity in the Framework of Digital Technology Implementation. International Journal of Technology. Volume 12(7), pp. 1397-1406
9. Digital IQ. 2020. PwC.
10. Doklad o mirovom razvitii 2020: Torgovlya kak instrument razvitiya v epohu global'nyh proizvodstvenno-sbytovykh cepej. Obzor. 2020. Gruppya vseirnogo banka.
11. Karapetyants I. et al. Transformation of logistical processes in digital economy //Proceedings of the 30th International Business Information Management Association Conference, IBIMA 2017-Vision 2020: Sustainable Economic development, Innovation Management, and Global Growth. – 2017. – S. 838-844.
12. Otchet o promyshlennom razvitii 2020: Industrializaciya v cifrovuyu epohu. Obzor. 2020. YUNIDO. Organizaciya Ob"edinennyh Nacij po promyshlennomu razvitiyu.
13. Doklad o chelovecheskom razvitii 2020: Sleduyushchij rubezh. CHelovecheskoe razvitie i antropocen. Gruppya razvitiya Organizacii Ob"edinennyh Nacij.
14. Tsujimoto M. et al. A review of the ecosystem concept—Towards coherent ecosystem design //Technological Forecasting and Social Change. – 2018. – Т. 136. – S. 49-58.
15. Frosch R. A., Gallopoulos N. E. Strategies for manufacturing //Scientific American. – 1989. – Т. 261. – №. 3. – S. 144-153.
16. Klejner G. B. Ekonomika ekosistem: shag v budushchee //Ekonomicheskoe vozrozhdenie Rossii. – 2019. – №. 1 (59). – S. 40-45.
17. Klejner G. B. Social'no-ekonomicheskie ekosistemy v svete sistemnoj paradigmy //Sistemnyj analiz v ekonomike—2018: Sb. trudov V Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii—biennale (21—23 noyabrya 2018 g.). M.: Prometej. – 2018. – S. 5-14.
18. Klejner G. B. Promyshlennye ekosistemy: vzglyad v budushchee //Ekonomicheskoe vozrozhdenie Rossii. – 2018. – №. 2 (56). – S. 53-62.
19. Popov E. V., Simonova V. L., Tihonova A. D. Struktura promyshlennyh "ekosistem" v cifrovoj ekonomike //Menedzhment v Rossii i za rubezhom. – 2019. – №. 4. – S. 3-11.
20. Tashenova, L., Babkin, A., Mamrayeva, D., Babkin, I., 2020. Method for Evaluating the Digital Potential of a Backbone Innovative Active Industrial Cluster. International Journal of Technology. Volume 11(8), pp. 1499-1508.

21. Babkin A. et al. Methodology for Assessing Industrial Ecosystem Maturity in the Framework of Digital Technology Implementation //Methodology. – 2021. – Т. 12. – №. 7.
22. Babkin A. V., Tashenova L. V., Eliseev E. V. Cifrovoy potencial sistemoobrazuyushchego innovacionno-aktivnogo promyshlennogo klastera: ponyatie, sushchnost', ocenka //Ekonomika i upravlenie. – 2020. – Т. 26. – №. 12. – S. 1324-1334.
23. Gluhov V. V., Babkin A. V., Alekseeva N. S. Etapy i algoritm ocenki intellektual'nogo kapitala innovacionno-promyshlennogo klastera //Ekonomika i upravlenie. – 2020. – Т. 26. – №. 11. – S. 1217-1226.
24. Soldak M. O. Promislovi ekosistemi i tekhnologichnij rozvitok //Ekonomika promislivosti. – 2019.
25. Korhonen J. Industrial ecosystem: using the material and energy flow model of an ecosystem in an industrial system. – University of Jyväskylä, 2000. – №. 5.
26. Korhonen J. Four ecosystem principles for an industrial ecosystem //Journal of Cleaner production. – 2001. – Т. 9. – №. 3. – S. 253-259.
27. Strategiya cifrovoy transformacii obrabatyvayushchih otraslej promyshlennosti v celyah dostizheniya ih «cifrovoy zrelosti» do 2024 goda i na period do 2030 goda, 2021. Ministerstvo promyshlennosti i torgovli RF.
28. Metodologiya ESG-ocenki. 2019. RAEX. Rating Agentur EXPERT RA EUROPE. https://www.raexpert.eu/files/Methodology_ESG_Corporates_V3.pdf (data obrashcheniya: 17.07.2021).
29. ESG Ranking of Russian companies. 2022. https://www.raexpert.eu/esg_corporate_ranking/#conf-tab-1 (data obrashcheniya: 10.04.2022).
30. Cifrovaya zrelost' rossijskih kompanij po rezul'tatam issledovaniya vedushchih rossijskih kompanij iz klyuchevykh otraslej promyshlennosti. 2021. SAP, Deloitte i iR & D Club. <https://sapmybiz.ru/digital-maturity/> (data obrashcheniya: 17.07.2021).
31. Prokopcov V. E., Trefilova I. N. Evolyuciya cepochek i sozdanie setej cennosti //Innovacionnaya nauka. – 2015. – №. 12-1. – S. 291-295.

Received – 13 August 2022

Accepted for publication – 02 September 2022