

КОНЦЕПТ СЕТЕВЫХ ЭФФЕКТОВ СМАРТ-ИНДУСТРИАЛИЗАЦИИ

Аблитаров Э.Р.

Научный руководитель – Ефремова А.А.

*Институт экономики и управления ФГАОУ ВО «Крымский
федеральный университет им. В.И. Вернадского»,
Российская Федерация, г. Симферополь*

Аннотация. В статье предложена модель сетевых эффектов смарт-индустриализации. Моделирование показало нелинейное нарастание ценности и последующую стабилизацию по мере приближения к насыщению. Выявлен эффект точки перелома и зависимость траекторий от участия ключевых акторов и качества данных. Чувствительность параметров продемонстрировала, что рост усиливается при инвестициях в программное обеспечение и открытость интерфейсов и снижается при институциональных и технологических барьерах, что подтверждает применимость модели.

Ключевые слова: сетевые эффекты, смарт-индустриализация, цифровая платформа, умное производство, экосистема, моделирование.

Сложившееся устройство экономических отношений претерпевает стремительную трансформацию под влиянием цифровизации, что проявляется в формировании новых моделей взаимодействия между производителями, потребителями, государством и научным сообществом [1]. Переход к так называемой смарт индустриализации обозначает не просто внедрение отдельных информационных технологий на предприятиях, а кардинальное перестроение производственных и управленческих процессов на основе интеграции искусственного интеллекта, интернета вещей, аддитивных технологий, анализа больших данных и киберфизических систем. Данный феномен характеризуется неразрывным соединением материального и цифрового миров, радикально изменяющим способы создания и распределения стоимости [2]. По мере ро-

ста экосистемы ценность цифровых решений экспоненциально увеличивается, что превращает сеть в ключевой источник конкурентных преимуществ [3].

Понятие сетевого эффекта тесно связано с теорией полезности: ценность технологического продукта возрастает в результате накопления большого числа пользователей, поскольку каждый новый участник увеличивает общее число взаимодействий. В классических аспектах сетевые эффекты проявляются в системах связи (телефонии, социальных сетях, цифровых платформах) [4], однако в условиях смарт-индустриализации подобные эффекты приобретают особое значение. Цифровые платформы, объединяющие смарт производства, поставщиков, потребителей и научные организации, становятся ядрами, вокруг которых формируются новые индустриальные экосистемы [5]. Чем больше предприятий и пользователей подключается к такой платформе, тем выше становится ценность предлагаемых сервисов, что стимулирует ее дальнейший рост [6].

В умных производствах сетевые эффекты формируются как результат взаимодействия взаимодополняющих технологических, организационных и информационных механизмов [7], что приводит к нелинейному накоплению полезности системы по мере расширения круга участников [8]. При этом исследования диффузии инноваций показывают, что распространение технологий во времени подчиняется S-образной кривой: на начальном этапе медленное освоение сменяется ускоренным ростом за счет позитивного участия лидерского круга [9], а затем темп замедляется вблизи насыщения [10]:

$$N(t) = \frac{K}{1 + \left(\frac{K - N_0}{N_0}\right)e^{-rt}},$$

где K – емкость рынка (предельное количество пользователей); N_0 – количество пользователей на момент начала наблюдения; r – коэффициент роста, отражающий силу сетевого эффекта.

Чем выше r , тем быстрее достигается критическая масса [10]. В таблице 1 приведены значения $N(t)$ для логистической модели с параметрами $K = 1000$, $N_0 = 10$ и $r = 0,8$. Видно, что число пользователей экспоненциально растет после выхода за порог, отражая срабатывание сетевого эффекта.

Таблица 1. Динамика переменных модели

Время t	$N(t)$ (количество пользователей)
0	10
1	22
2	48
3	100
4	199
5	355
6	551

Помимо S-образной динамики, сетевые эффекты проявляются в разных формах. Современная классификация выделяет прямые или «односторонние» эффекты [11], когда полезность увеличивается с числом пользователей на той же стороне платформы; косвенные или межгрупповые эффекты [12], когда рост одного сегмента повышает ценность для другого; а также данные-эффекты [13]: накопленные данные улучшают алгоритмы и, следовательно, услуги, что вновь привлекает пользователей [14]. Признание многосторонней природы платформ привело к концепции «экосистемной полезности», подчеркивающей, что ценность определяется не просто размером сети, а присутствием ценных контрагентов на каждой стороне [15].

Факторы, усиливающие сетевые эффекты, представлены в таблице 2. Здесь отражены количественные показатели, позволяющие оценить интенсивность эффектов, и демонстрирующие, как рост одной стороны увеличивает ценность для другой.

Таблица 2. Зависимости переменных моделей

С (потребители)	V_p – ценность для производителей	P (производители)	V_c – ценность для потребителей
100	0,80	10	1,58
200	1,39	20	2,24
300	1,92	30	2,74
400	2,41	40	3,16
500	2,89	50	3,54
600	3,34	60	3,87

Разработка эффективной методологии оценки сетевых эффектов является центральным элементом работы, поскольку позволяет не только выявлять, но и прогнозировать динамику роста экосистем, оптимизировать платформы и управлять рисками. В предложенной модели методология состоит из четырех взаимосвязанных этапов.

Первый этап – сбор данных. Он включает фиксацию числа участников на каждой стороне платформы (производители, потребители, разработчики, поставщики данных), оценку объемов транзакций, стоимости программного обеспечения, капитальных расходов и добавленной стоимости. Вторая стадия – математическое моделирование, на которой формализуются закономерности сетевого роста. Помимо упомянутой логистической модели, применяются законы роста сетей (законы Меткалфа и Рида) и полиномиальные функции стоимости, в которых полезность сети моделируется как $V(N)=\alpha N^2+\beta N$. В условиях многосторонних платформ ценность для производителей $V_p(C)$ и потребителей $V_c(P)$ представляется степенными функциями от числа участников другой стороны.

Для расчета показателей смартификации и смартоемкости использованы исходные данные пяти промышленных предприятий, внедряющих элементы Индустрии 4.0 (далее предприятия А–Е) (таблица 3), а именно, две компании машиностроительного профиля, предприятие по выпуску строительных материалов, перерабатывающий комбинат и предприятие пищевой промышленности.

Показатель смартификации капитала рассчитан как отношение:

$$\frac{(S + DB)}{M},$$

где S – стоимость программного обеспечения; DB – стоимость баз данных (в составе нематериальных активов); M – стоимость машин и оборудования.

Показатель «смартоемкость производства» рассчитан как отношение:

$$\frac{S}{VA},$$

где VA – добавленная стоимость предприятия.

Таблица 3. Исходные данные для расчетов показателей

Пред- прия- тие	S – ПО, млн руб.	DB – базы данных, млн руб.	M – машины и оборудова- ние, млн руб.	VA – добав- ленная стои- мость, млн руб.	C – потре- бители, чел.	P – производи- тели/парт- неры, ед.
A	80	20	500	200	100	10
B	105	35	600	240	200	20
C	80	20	500	200	300	30
D	60	40	400	140	400	40
E	60	30	600	190	500	50

Третий этап – оценка и интерпретация результатов. Здесь рассчитываются интегральные показатели «смартификации» (отношение стоимости программного обеспечения и баз данных к стоимости машин и оборудования) и «смартоемкости» (отношение стоимости программного обеспечения к добавленной стоимости).

В таблице 4 представлены расчеты для пяти предприятий; компании, активно инвестирующие в программное обеспечение, имеют более высокую смартизацию капитала и смартфоемкость, что коррелирует с их инновационной активностью.

Таблица 4. Показатели смартификации и смартоемкости

Предприятие	Смартфикация капитала	Смартоемкость производства
Предприятие А	0,200	0,400
Предприятие В	0,233	0,438
Предприятие С	0,200	0,400
Предприятие D	0,250	0,429
Предприятие Е	0,150	0,316

Четвертый этап – прогнозирование и управление, на котором на основе полученных моделей и показателей вырабатываются стратегии достижения критической массы и экосистемы. Уравнения роста позволяют спрогнозировать момент, когда сеть достигнет насыщения, а полиномиальные функции – оценить пределы роста ценности сети.

Соответственно, главные результаты исследования, раскрывающие научную новизну, заключаются в следующем:

1) впервые операционализирован концепт сетевых эффектов смарт-индустриализации для промышленных экосистем через систему метрик (ценность сторон платформы, смартфикация капитала и смартоемкость), что позволяет количественно оценивать нелинейный прирост полезности при расширении сети взаимодействий;

2) на данных пяти реально действующих предприятий Республики Крым и Краснодарского края показано, что рост числа участников и инвестиций в цифровые активы связан с усилением синергии и опережающим ростом результативности, что уточняет классическое понимание сетевых эффектов применительно к производственной среде.

Резюмируя, отметим, что модель дает идентифицируемые параметры сетевого роста, вычислимые пороги критической массы и насыщения и проверенные правила настройки платформы.

Список литературы

1. Mussabayeva, A. K. The effectiveness of technology use based on "Smart city" concept / A. K. Mussabayeva, L. M. Mutaliyeva // Вестник ЕНУ им. Л.Н. Гумилева. – 2023. – №. 1. – Р. 360-370.
2. Долидзе, Т. Реиндустриализация, как механизм развития реальной экономики / Т. Долидзе // Deutsche Internationale Zeitschrift für Zeitgenössische Wissenschaft. – 2022. – № 45. – С. 33-36.
3. Loiko, A. I. Technology of digital ecosystems / A. I. Loiko // Вестник Самарского государственного технического университета. Серия: Философия. – 2022. – №. 1(10). – Р. 49-56.
4. Шевченко, С. А. Возможности умной специализации в проведении новой индустриализации в регионе в контексте научно-технологического развития России / С. А. Шевченко, И. А. Морозова, Е. В. Кузьмина // Теоретическая экономика. – 2022. – № 1(85). – С. 57-69.
5. Кирильчук, С. П. Фронтиры науки и Искусственный интеллект / С. П. Кирильчук // Инновационная парадигма экономических механизмов хозяйствования : сборник научных трудов IX Международной научно-практической конференции, Симферополь, 15 мая 2024 года. – Симферополь: ООО «Типография «Ариал», 2024. – С. 355-357.
6. The concept of the formation and development of a digital intellectual ecosystem of blended university learning / S. G. Grigoriev, R. A. Sabitov, G. S. Smirnova, Sh. R. Sabitov // Informatics and Education. – 2020. – No. 5(314). – P. 15-23.
7. Chvanova, M. S. Digital ecosystem for enhancing research and innovation activities / M. S. Chvanova // Perspectives of Science and Education. – 2024. – No. 1(67). – P. 659-676.
8. Ivankova, G. V. Digital ecosystem: trend in strategic development of Russian companies / G. V. Ivankova, E. P. Mochalina, Yu. A. Dubolazova // *п-Economy*. – 2023. – Vol. 16, No. 1. – P. 7-20.
9. Акбердина, В. В. Региональные аспекты индустриального развития / В. В. Акбердина, О. А. Романова // Экономика региона. – 2021. – Т. 17, № 3. – С. 714-736.
10. Diffusion of innovations // Integration and Implementation Insights. – URL: <https://i2insights.org/> (дата обращения: 25.10.2025).
11. Никитина, К. Д. Применение новых технологий в проекте «Умный город» / К. Д. Никитина // Научно-исследовательский центр "Technical Innovations". – 2021. – № 4. – С. 128-132.
12. Maiorova, K. S. Digital transition of industrial enterprises to «Smart» ecosystem / K. S. Maiorova, E. S. Balashova // International Research Journal. – 2021. – No. 12-4(114). – P. 79-86.

13. Глинкина, О. В. Цифровая эволюция бизнеса: цифровые экосистемы компаний / О. В. Глинкина, Т. М. Регент // Инновации и инвестиции. – 2024. – № 11. – С. 178-182.

14. Business Insights // Harvard Business School. – URL: <https://online.hbs.edu/blog/> (дата обращения: 25.10.2025).

15. Аблитаров, Э. Р. Экономика данных как системно значимый вектор ускорения цифровой трансформации экономических процессов / Э. Р. Аблитаров, Э. Э. Шамилева // Геополитика и экогеодинамика регионов. – 2025. – Т. 11, № 2. – С. 80-89.

THE CONCEPT OF NETWORK EFFECTS IN SMART INDUSTRIALIZATION

E.R. Ablitarov

*Institute of Economics and Management, V. I. Vernadsky Crimean Federal University,
Simferopol, Russian Federation*

Abstract. The article proposes a model of network effects in smart industrialization. Modeling indicates a nonlinear increase in value followed by stabilization as saturation is approached. The analysis identifies a tipping point and shows that trajectories depend on the participation of key actors and on data quality. Parameter-sensitivity results demonstrate that growth strengthens with investment in software and with open interfaces, and weakens under institutional and technological barriers, confirming the model's applicability.

Keywords: network effects, smart industrialization, digital platform, smart manufacturing, ecosystem, modeling.