

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА УПРАВЛЕНИЯ ЗНАНИЯМИ В ЦИФРОВЫХ ЭКОСИСТЕМАХ

Аблитаров Э.Р.

Научный руководитель – Гайсарова А.А.

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

Аннотация. В статье предложена динамическая модель управления знаниями в цифровых экосистемах, количественно связывающая запас знаний, их качество и финансовый результат с учетом вязкости потоков знаний и пороговых барьеров. Численное моделирование показало сублинейный рост и последующую стабилизацию запаса и качества знаний, а также опережающее увеличение финансового результата. Модель оказалась чувствительной к объему инвестиций и снижению коммуникационных барьеров, что подтвердило ее пригодность для прогнозирования финансовых траекторий управления знаниями на предприятии.

Ключевые слова: цифровые экосистемы, управление знаниями, цифровая трансформация, повышение эффективности, моделирование.

В XXI веке интеллектуальные ресурсы и умение ими распоряжаться стали детерминантами конкурентоспособности и инновационности организаций, в связи с чем можно говорить о структурной перестройке хозяйственной среды, в которой знания становятся критическим ресурсом. Сложные цифровые экосистемы, возникающие вокруг технологических платформ, объединяют бизнес, пользователей, государство и поставщиков данных в непрерывном обмене знаниями [1, с. 50]. В такой сетевой структуре ценность создается не столько за счёт товаров и услуг, сколько через совместное порождение, преобразование и применение знаний [2, с. 17].

Цифровая экосистема – это сложная сеть взаимосвязанных участников и цифровых платформ, которые совместно создают и распределяют ценность [3, с. 660]. В отличие от традиционных индустриальных

систем, где отношения носят линейный характер (производитель – потребитель), в экосистеме взаимодействие носит многомерный характер – пользователи одновременно выступают и потребителями, и поставщиками данных [4, с. 355]; партнёрские организации формируют услуги, а государство – регулятивную среду [5, 6]. В научной литературе цифровые экосистемы сравниваются с живыми организмами, где сервисы и модули подобны органам, а данные и знания – крови, переносящей ценность между элементами сети [7]. Действительно, лишь непрерывная циркуляция информации и знаний обеспечивает жизнеспособность такой системы и превращает набор сервисов в единый эволюционирующий организм [8, 9].

В совокупности это позволяет трактовать цифровую экосистему как самоподдерживающуюся, многослойную сеть, в которой ядро инициации координирует циркуляцию данных между участниками, трансформируя их в устойчивую добавленную ценность (рисунок 1).

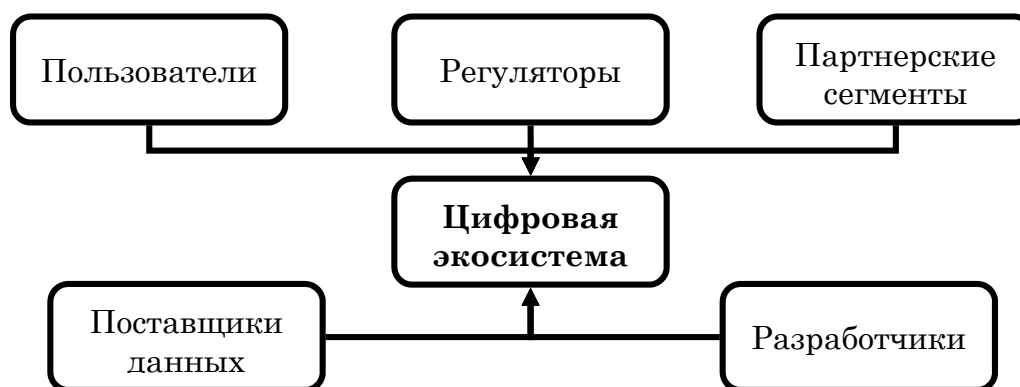


Рисунок 1 – Структура цифровой экосистемы

Итак, согласно рисунку 1, данные и знания циркулируют между участниками, проходя контуры выработки, агрегации и композиции сервисов [10, с. 42]; регулятивные требования и метрики качества замыкают контур обратной связи, поддерживая целостность и устойчивость всей системы [11, с. 337]. Тем самым ценность создаётся и распределяется в результате согласованной работы ролей и процессов, организованных вокруг общей платформы [12, с. 180].

В свою очередь, переход к процессной перспективе позволяет показать, как структурная архитектура трансформируется в управленческие практики (рисунок 2).

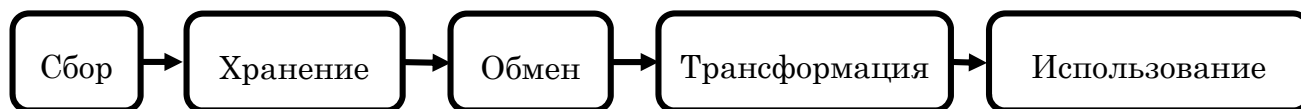


Рисунок 2 – Процесс управления знаниями в цифровой экосистеме

Математический подход в разрезе анализа знаний предлагает рассматривать процессы обмена знаниями как динамическую систему, где сопротивление знаниям моделируется «вязкостью» [13], а барьеры – критическими порогами [14, 15]. В исследовании предлагается система уравнений, описывающая динамику трёх переменных: запаса знаний $K(t)$, качества знаний $Q(t)$ и финансового результата $F(t)$. Содержание модели сводится к следующим предпосылкам.

Накопление знаний определяется постоянными инвестициями $I(t)$ в обучение и обмен опытом, влиянием качества накопленных знаний и скоростью устаревания:

$$\frac{dK}{dt} = \alpha I(t) + \beta Q(t) - \delta K(t),$$

где α – коэффициент эффективности инвестиций; β – вклад качества знаний в рост запаса; δ – коэффициент обесценения знаний.

Представленная формула отражает, что запас знаний растёт за счет инвестиций $I(t)$ и влияния качества $Q(t)$, но уменьшается из-за устаревания $\delta K(t)$.

Качество знаний возрастает в зависимости от текущего запаса, насыщается при приближении к верхнему пределу и снижается из-за устаревания:

$$\frac{dK}{dt} = \lambda \frac{K(t)}{K(t) + 1} - \mu Q(t),$$

где λ и μ – коэффициенты роста и устаревания качества.

Финансовый результат экосистемы увеличивается пропорционально величине запаса знаний и их качеству и снижается под влиянием внешней конкуренции и расходов:

$$\frac{dF}{dt} = \gamma K(t) + \eta Q(t) - \varphi F(t),$$

где γ, η – коэффициенты влияния знаний на финансовый результат; φ – коэффициент уменьшения прибыли; $F(t)$ – прибыль цифровой экосистемы, зависящий от запаса знаний $K(t)$ и их качества $Q(t)$.

Из формулы следует, что показатель растёт пропорционально объёму накопленных знаний и их качеству (за счёт повышения инновационности и эффективности) и уменьшается из-за внешней конкуренции и затрат (φF). Следовательно, более высокий уровень знаний и качества способствует увеличению выручки за счёт инноваций, а коэффициент φ учитывает снижение прибыли из-за конкуренции и расходов».

При дискретизации системы с шагом $\Delta t=1$ получаем разностные уравнения:

$$K_{t+1} = K_t + \alpha I + \beta Q(t) - \delta K(t), Q_{t+1} = Q_t + \lambda \frac{K(t)}{K(t) + 1} - \mu Q(t),$$

$$F_{t+1} = F_t + \gamma K(t) + \eta Q(t) - \varphi F(t).$$

Коэффициенты модели характеризуют связь между переменными и должны определяться на основе данных:

1. Регрессионный анализ и калибровка. При наличии временных рядов по инвестициям в обучение, количеству знаний, их качеству и финансовым результатам можно оценить параметры модели ($\alpha, \beta, \lambda, \mu, \gamma, \eta, \varphi, \delta$) с помощью методов наименьших квадратов или системной идентификации. В моделях управления знаниями для технологических корпораций параметры функций Кобба-Дугласа определяются с учётом статистики, накопленной в организации, в ходе вычислительного эксперимента.

2. Эластичности и показатели убыли. Коэффициенты γ и η аналогичны коэффициентам эластичности производственных факторов в моделях Кобба-Дугласа, которые определяют вклад знаний и их качества в финансовый результат. Коэффициент δ отражает скорость устаревания знаний. Значения этих параметров можно получать из экспертных оценок или из эмпирических данных.

3. Экспертные оценки и сценарный анализ. Если статистика ограничена, начальные значения коэффициентов могут быть определены экспертным путём (опрос специалистов, оценка периода обновления знаний, доли инвестиций, влияющей на качество). Затем параметры уточняются при сопоставлении модельных траекторий с наблюдаемыми данными.

Следовательно, коэффициенты модели подлежат оценке на основе эмпирических данных: «модели $(\alpha, \beta, \lambda, \mu, \gamma, \eta, \varphi, \delta)$ оцениваются методом регрессии по фактическим временным рядам инвестиции-знания-качество-финансовый результат или по экспертным данным; их выбор влияет на динамику модели и должен обосновываться статистическими наблюдениями».

Для демонстрации свойств модели проведено моделирование при параметрах $\alpha=0,5$, $\beta=0,3$, $\lambda=0,2$, $\mu=0,1$, $\gamma=1,0$, $\eta=0,5$, $\varphi=0,2$, $\delta=0,3$ и инвестициях $I=1$. Результаты проведенных расчётов показали, что запас знаний и качество растут сублинейно и стабилизируются, а финансовый результат растёт с опережающей динамикой за счет накопления знаний (рисунок 3). Модель демонстрирует, что к 10-му периоду запас знаний достигает $K_{10} = 2,2$, качество знаний $Q_{10} = 0,8$, а финансовый показатель $F_{10} = 9,0$ (таблица 1). При изменении коэффициентов можно исследовать сценарии ускоренного устаревания знаний, увеличения

инвестиций или повышения качества, что позволяет прогнозировать финансовые процессы.

Таблица 1. Динамика переменных модели

Период	Запас знаний (Kt)	Качество (Qt)	Финансовый результат (Ft)
0	0.00	0.00	0.00
5	1.28	0.43	4.00
10	2.17	0.76	9.00

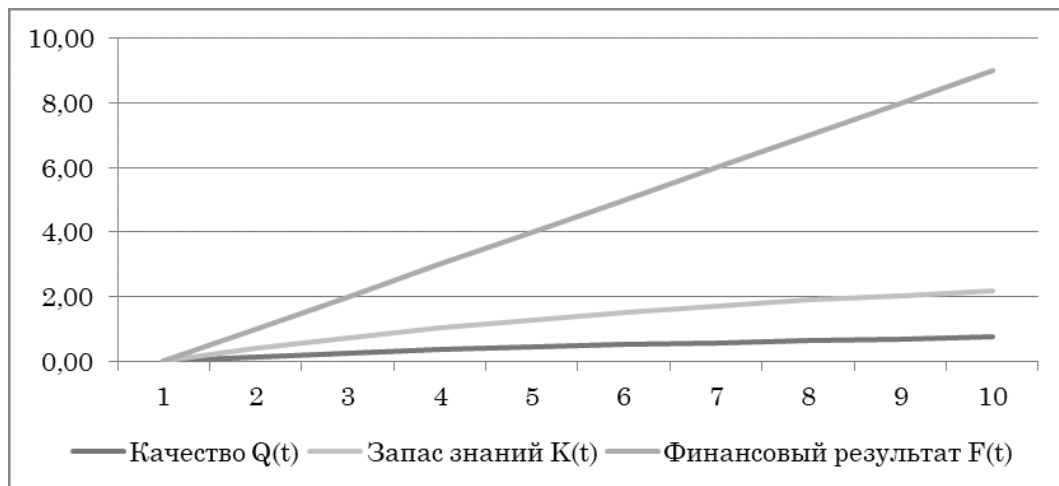


Рисунок 3 – Динамика запаса знаний (K), качества (Q) и финансового результата (F) в моделируемой системе

Полученные траектории на рисунке 3 демонстрируют замедление прироста качества при увеличении запаса знаний и выход $Q(t)$ на плато ($Q \rightarrow 0,8$), что согласуется с широко используемым представлением о насыщении процессов диффузии знаний (S-образная динамика). В этой логике рост качества замедляется по мере накопления знаний, поскольку система приближается к «предельной ёмкости» по усвоению и интеграции новых знаний; тем самым использование насыщающей функции вида $K/(K+1)$ в уравнении для $Q(t)$ является содержательно обоснованным. Кроме того, опережающий рост финансового показателя $F(t)$ относительно $K(t)$ и $Q(t)$, наблюдаемый в модели, качественно сопоставим с эмпирическими выводами исследований об улучшении финансовой результативности компаний при росте интеллектуального капитала (в т.ч. человеческого и сетевого/отношенческого капитала) и усилен-

нии этого эффекта при цифровой трансформации; аналогично, в международных обзорах подчёркивается роль инвестиций в знание-ёмкий капитал как драйвера роста производительности. Следовательно, результаты моделирования интерпретируются как согласующиеся с известными тенденциями: по мере накопления знаний проявляется эффект насыщения качества, тогда как финансовая отдача при снижении коммуникативных барьеров может возрасть быстрее.

Резюмируя, отметим, что управление знаниями в цифровых экосистемах является комплексным, многослойным процессом [16], в связи с чем сбор, преобразование, хранение, анализ и использование информации выходит на первый план в нынешней бизнес-среде.

Список литературы

1. Loiko, A. I. Technology of digital ecosystems / A. I. Loiko // Вестник Самарского государственного технического университета. Серия: Философия. – 2022. – No. 1(10). – P. 49-56.
2. 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.
3. 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.
4. Digital technologies for assessing the state of natural and man-made ecosystems of the republic of Tyva based on observation from space / A. D. Sambuu, D. N. Shaulo, V. M. Telesnina [et al.] // Natural and Technical Sciences. – 2022. – No. 12(175). – P. 351-358.
5. Seryan, G. N. Transformation of corporate financial strategies in the era of digital ecosystems / G. N. Seryan, A. V. Adamyan // Профессиональный Вестник. – 2025. – No. 1. – P. 10-16.
6. 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.
7. Digital ecosystems in Russia // Аналитическое агенство «Tadviser». – 2025. – URL: https://tadviser.com/index.php/Article:Digital_ecosystems_in_Russia (дата обращения: 10.10.2025).

8. Loiko, A. Barrier-free space of socio-cultural activities of digital ecosystems / A. Loiko // *Experience industries. Socio-Cultural Research Technologies*. – 2022. – No. 1(1). – P. 198-212.

9. 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.

10. Bulkhairova, Zh. S. Digital ecosystems in agricultural sector: principles of creation and possibilities / Zh. S. Bulkhairova, A. Shoman // *Problems of AgriMarket*. – 2025. – No. 1. – P. 38-48.

11. Хромова, И. Н. Цифровые экосистемы как инструмент цифровой трансформации бизнеса / И. Н. Хромова, Е. Н. Буркот // *Вестник Академии знаний*. – 2023. – № 4(57). – С. 336-339.

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

13. Цзин, Я. Концепции управления знаниями / Я. Цзин // *Экономика и социум*. – 2020. – № 5-2(72). – С. 360-367.

14. Лезина, О. В. Управление знаниями в контексте управления человеческими ресурсами / О. В. Лезина, Л. О. Терновая // *Этносоциум и межнациональная культура*. – 2021. – № 10(160). – С. 35-42.

15. Dismanovich, D. I. Knowledge management / D. I. Dismanovich, N. A. Ivancova // *ISTU Bulletin of Youth*. – 2020. – Vol. 10, No. 4. – P. 121-125.

16. Пышняков, В. С. Концепт региональных технологических платформ / В. С. Пышняков, А. А. Гайсарова // *Геополитика и экогеодинамика регионов*. – 2024. – Т. 20, № 2. – С. 49-56.

MODELING KNOWLEDGE MANAGEMENT PROCESSES IN DIGITAL ECOSYSTEMS

E.R. Ablitarov

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

Abstract. The article proposed a dynamic model of knowledge management in digital ecosystems that quantifies the relationship among knowledge stock, knowledge quality, and financial performance while explicitly accounting for knowledge-flow viscosity and threshold barriers. Numerical simulations showed sublinear growth followed by stabilization of knowledge stock and quality, alongside an outpaced increase in financial performance. Sensitivity analysis indicated pronounced responsiveness to investment levels and the reduction of communication barriers, supporting the model's suitability for forecasting financial trajectories and informing firm-level knowledge management policy.

Keywords: digital ecosystems, knowledge management, digital transformation, performance improvement, dynamic modeling.