

УДК 334.02

Моделирование денежных потоков в системе рынка открытых инноваций

Е. П. Ростова¹, Л. А. Выборнова²

¹Самарский национальный исследовательский университет имени академика
С. П. Королева, Россия, 443086, Самара, Московское шоссе, 34.

²Поволжский государственный университет сервиса,
Россия, 445017, г. Тольятти, Гагарина, д. 4.

Аннотация

Рассмотрен процесс инновационной деятельности с точки зрения агентного подхода. Описана система рынка открытых инноваций, включающая инвестора, разработчика и пользователя. Рассматриваются денежные потоки между указанными агентами системы, возникающие в процессе создания и коммерциализации инновационного продукта. Для каждого агента разработана функция прибыли, являющаяся критерием его оптимальной деятельности. Разработана экономико-математическая модель, описывающая взаимодействие агентов в системе.

Ключевые слова: инновации, открытый рынок, оптимизация, слабо связанные системы, агенты системы, согласованное взаимодействие.

Получение: 10 июля 2024 г. / Исправление: 25 июля 2024 г. /

Принятие: 10 августа 2024 г. / Публикация онлайн: 30 октября 2024 г.

Введение

Вопросы инновационного развития отечественной экономики рассматриваются в научной литературе довольно давно с различных точек зрения. Проблема технологических инноваций и их развития с целью импортозамещения в последние годы стала более актуальной в условиях санкционного давления.

Математические статистические и инструментальные методы экономики (научная статья)

© Коллектив авторов, 2024

© Самарский университет, 2024 (составление, дизайн, макет)

© Контент публикуется на условиях лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International
(<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru>)

Образец для цитирования:

Ростова Е. П., Выборнова Л. А. Моделирование денежных потоков в системе рынка открытых инноваций // *Вестник Самарского университета. Экономика и управление*, 2024. Т. 15, № 3. С. 37–44.
doi:<http://doi.org/10.18287/2542-0461-2024-15-3-37-44>.

Сведения об авторах:

Елена Павловна Ростова  <http://orcid.org/0000-0002-6432-6590>

доктор экономических наук, доцент; заведующий кафедрой математики и бизнес-информатики; e-mail: rostova.ep@ssau.ru

Любовь Алексеевна Выборнова  <http://orcid.org/0000-0003-1806-091X>

ректор; e-mail: vibornova_lyubov@mail.ru

Решение данной проблемы государство осуществляет с помощью различных программ, грантов, стратегий развития и других подобных инструментов, имеющих многогранный спектр влияния на экономическую, политическую и социальную составляющие инновационных проектов.

За последние десять лет уровень инновационной активности организаций в Российской Федерации поднялся на 1,4% [1], при этом затраты на инновационную деятельность выросли в 1,9 раза [1], что свидетельствует о неэффективности произведенных работ и удорожанию инновационной продукции.

Решение задачи выбора оптимального управления разработкой технологических инноваций позволит сделать данный процесс более эффективным.

Вопросами развития инновационной деятельности занимались многие отечественные и зарубежные ученые. Авторы статьи [2] представляют обзор моделей управления инновационными процессами в организации и отмечают нецелесообразность применения линейных моделей для описания данного процесса, который часто рассматривается как изолированный, а не встроенный в систему функционирования всей организации.

Так цепная модель инновационного процесса Клайна-Розенберга [3, 4] дополняет линейную структуру «отклонениями», указывающими на взаимосвязь основного процесса со «знаниями» и «исследованиями». Можно сказать, что изменение моделей инновационного процесса соответствовало развитию инновационной деятельности, ее усложнению, добавлению новых этапов и участников. Генри Чесбро предложил модель инновационного процесса на основе открытых инноваций [5], в условиях которого участники «инновационного рынка» могут взаимодействовать между собой.

Данная концепция легла в основу ряда исследований отечественных авторов [6 – 8]. В настоящее время инновационный процесс в большей степени связан с открытыми инновациями, позволяющими разработчикам новых продуктов и услуг взаимодействовать с инвесторами и покупателями.

Рассмотрим систему рынка открытых инноваций, участниками (агентами) которой являются инвестор, разработчик и пользователь. Взаимодействие участников системы должно быть организовано таким образом, чтобы каждому из них было бы выгодно действовать в системе, а не вне ее.

Данная задача решается как задача определения параметров согласованного взаимодействия. Подобный класс задач рассматривается в публикациях ряда отечественных исследователей [9 – 11], однако данный математический аппарат не применялся для решения проблемы взаимодействия участников инновационного процесса.

Взаимодействие агентов системы возможно при достижении ими договоренностей об инвестировании и/или о покупке инновационного решения. Инвестор заинтересован получить наибольший доход от вложений, разработчик стремится также максимизировать свой доход от инновации, покупатель в качестве цели имеет снижение стоимости договора о приобретении инновации. Противоположные интересы агентов формируют задачу определения условий согласованного взаимодействия при разработки технологических инноваций.

Актуальность рассматриваемой темы обусловлена необходимостью развития технологических инноваций на отечественном рынке. Практическая значимость статьи состоит в разработке механизмов формирования оптимальных условий функционирования участников рынка открытых инноваций. Научная новизна заключается в описании и формализации деятельности многоагентной системы рынка открытых инноваций и ее участников.

1. Описание системы.

Рассмотрим систему рынка открытых инноваций (open innovation market system – *OIMS*), включающую трех агентов: инвестора (investor – *I*), разработчика (developer – *D*) и пользователя (user – *U*).

Инвестор – агент, который предоставляет финансовую поддержку разработчику и/или пользователю с целью получения в последующем доходов от использования разработки.

Разработчик – агент, который разрабатывает инновационное предложение за свой счет либо прибегнув к финансовой помощи инвестора.

Пользователь – агент, который приобретает инновационное предложение на условиях полного отчуждения исключительного права или путем заключения лицензионного договора [12].

Разработчик может выступать в качестве инвестора, если он сам финансирует разработку инновационный продукт (innovative product – *IP*). Под *IP* для краткости будем понимать результат инновационной деятельности – инновационный продукт, услугу, технологию.

Взаимосвязи между агентами системы определяют структуру рассматриваемой системы и накладывают условия на функционирование ее агентов [13,14]. В данной статье рассматривается слабосвязанная система, поскольку предполагается, что в условиях *OIMS* каждый из участников действует как самостоятельный агент, не вступающий в коалицию внутри системы. Система не имеет центра, формирующего условия функционирования агентов и имеющего доминантное право в принятии решений. Все агенты системы равноправны.

Примем допущения, в условиях которых будет происходить моделирование:

1) инвестор финансирует разработку *IP* на первоначальном этапе единовременным платежом *Z*;

2) разработка *IP* осуществляется в течение T_1 лет ($T_1 > 0$);

3) разработчик и инвестор получают доход от *IP* начиная с временного периода T_2 .

С учетом перечисленных ограничений введем следующие функции, описывающие деятельность агентов *OIMS*.

Функция прибыли инвестора

$$P_I = \sum_{t=T_2}^T \frac{D_t}{(1+i)^t} - Z.$$

Здесь T – продолжительность жизненного цикла *IP*, i – ставка дисконтирования, D_t – доход от инвестиционных вложений в период времени t .

Функция прибыли разработчика

$$P_D = Z - \sum_{t=0}^{T_1} \frac{C_t}{(1+i)^t} + \sum_{t=T_2}^T \frac{S_t}{(1+i)^t} - \sum_{t=T_2}^T \frac{D_t}{(1+i)^t}.$$

Здесь C_t – затраты на разработку *IP* в период времени t , S_t – доход от *IP* в период времени t . В случае полного отчуждения исключительного права на *IP* в пользу покупателя слагаемое $\sum_{t=T_2}^T \frac{S_t}{(1+i)^t}$ следует заменить на величину $\frac{S}{(1+i)^{T_2}}$.

Функция прибыли пользователя

$$P_U = \sum_{t=T_2}^T \frac{R_t}{(1+i)^t} - \sum_{t=T_2}^T \frac{S_t}{(1+i)^t} - \sum_{t=T_2}^T \frac{CQ_t}{(1+i)^t},$$

Здесь R_t – доход пользователя в t -ый период времени от IP , CQ_t – затраты пользователя на производство продукта с использованием IP в период времени t .

На рис. 1 изображена схема взаимодействия агентов $OIMS$ с учетом временных периодов, обозначенных в допущениях и использованных при моделировании.

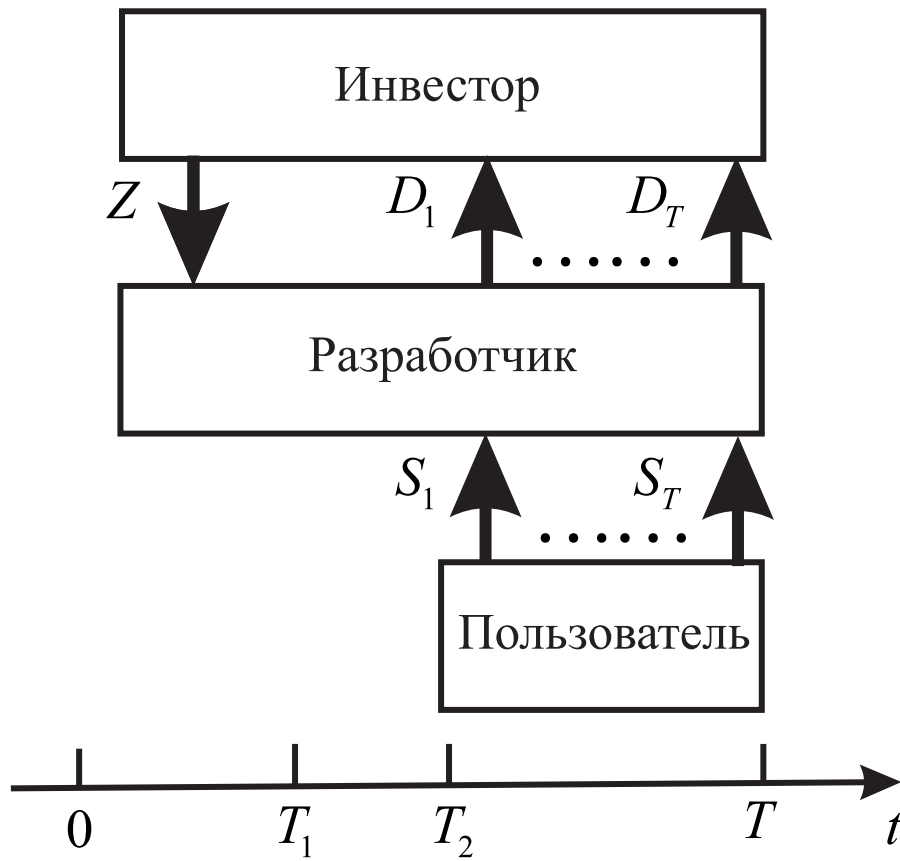


Рис. 1: Схема денежных потоков между агентами $OIMS$

Fig.1: $OIMS$ Agent Cash Flow Diagram

В случае инвестирования со стороны государства в виде грантов, субсидий и т.п. ($D_t = 0$; $t = 0..T$).

Сформулируем задачу для слабо связанной системы:

$$\left\{ \begin{array}{l} P_I \rightarrow \max, \\ P_D \rightarrow \max, \\ P_U \rightarrow \max, \\ Z \leq \sum_{t=T_2}^T \frac{D_t}{(1+i)^t}, \\ \sum_{t=T_2}^T \frac{S_t + CQ_t}{(1+i)^t} \leq \sum_{t=T_2}^T \frac{R_t}{(1+i)^t}, \\ \sum_{t=0}^{T_1} \frac{C_t}{(1+i)^t} + \sum_{t=T_2}^T \frac{D_t}{(1+i)^t} \leq Z + \sum_{t=T_2}^T \frac{S_t}{(1+i)^t}. \end{array} \right. \quad (1)$$

Ограничения задачи обусловлены целесообразностью и экономической эффективностью деятельности агентов системы, в частности, не превышением расходов над доходами для каждого агента.

Описанная система позволяет моделировать взаимодействие агентов с учетом их индивидуальных ограничений. Следует отметить вариативность агентов.

В роли инвесторов могут выступать государство, осуществляющее грантовую поддержку инновационным разработкам, а также коммерческие структуры, инвестирующие в инновации с целью получения прибыли.

Разработчиками выступают конструкторские бюро, студенческие стартапы, научные центры, инициативные группы разработчиков.

Пользователями в описываемой системе являются экономические субъекты, коммерциализирующие результат инновационных разработок, запускающие данный продукт или услугу, технологию в серийное производство.

Заключение

1. Разработанная *OIMS* описывает деятельность участников рынка открытых инноваций, на котором присутствуют инвесторы, разработчики и пользователи, с точки зрения агентного подхода.
2. Предложенная система позволяет варьировать структуру и состав участников, что дает возможности дальнейшего исследования системы и ее применения на практике для различных вариантов взаимодействия агентов.
3. Разработанная модель позволяет исследовать денежные потоки в системе рынка открытых инноваций с целью решения задач согласованного взаимодействия агентов системы и оптимизации их деятельности в условиях индивидуального функционирования и с учетом интересов других участников *OIMS*.

Конкурирующие интересы: Конкурирующих интересов нет.

Библиографический список

1. Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики Российской Федерации
URL: <https://rosstat.gov.ru/statistics>

2. Ставенко Ю.А., Громов А.И. Эволюция моделей управления национальными процессами в организации // Бизнес-информатика. – 2012. – №4(22). – С. 3 – 9. URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_18989074_59797952.pdf. EDN: <https://www.elibrary.ru/PZNZLZ>
3. Stephen Jay Kline Research, invention, innovation and production: models and reality // Thermodynamics Division, Department of Mechanical Engineering, Stanford University, 1985. – 54 p.
4. Stephen Jay Kline, Nathan Rosenberg An overview of innovation // Studies on Science and the Innovation Process. 2009. – pp. 173 – 203. https://doi.org/10.1142/9789814273596_0009
5. Chesbrough H. W. Open Innovation: The New Imperative for Creating and Profiting from Technology. – Cambridge, MA: Harvard Business School Publishing, 2003. URL: <https://www.sustanciainfinita.com/wp-content/uploads/2017/03/LIBRO-Henry-Chesbrough-Open-Innovation.pdf>
6. Анисимова В.Ю., Горбунов Д.В., Тюкавкин Н.М. Реинжиниринг инвестиционных процессов с целью создания трансфера технологий открытого рынка. Самара, 2022. – 192 с. URL: http://repo.ssau.ru/bitstream/Monografii/Reinzhiniring-investicionnyh-processov-s-celu-sozdaniya-transfera-tehnologii-otkrytogo-rynka-99653/1/978-5-7883-1786-1_2022.pdf. EDN: <https://www.elibrary.ru/LNKJRY>
7. Горевая Е.С. Открытые инновации. Новосибирск, Издательство: Новосибирский государственный технический университет. 2021. – 152 с. EDN: <https://www.elibrary.ru/QZHHLM>
8. Кузьмин С.С. Парадигма корпоративного роста на основе открытых инноваций // Экономика устойчивого развития. – 2023. – №1(53). – С. 180 – 185. URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_50509975_36269357.pdf. EDN: <https://www.elibrary.ru/EZQQMK>
9. Чурилин С.В. Разработка моделей и методов согласованного взаимодействия в системе контроля конструкторско-технологической подготовки производства ракетно-космических изделий. диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / ФГАОУ ВО "Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева". 2022. – 116 с. EDN: <https://www.elibrary.ru/TRTNHQ>
10. Гераськин М.И., Иванова М.В. Моделирование взаимодействий институтов рынка жилья на основе степенных, экспоненциальных и логарифмических функций издержек // Управление большими системами: сборник трудов. – 2023. – №101. – С. 64 – 85. URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_50503600_55922524.pdf. EDN: <https://www.elibrary.ru/RRUJHX>
11. Баранова Н.В., Мезенцев Ю.А., Павлов П.С. О задаче и алгоритмах согласованного оптимального управления производством и материальными потоками предприятия // Системы анализа и обработки данных. – 2021. – №3(83). – С. 7 – 18. URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_46664038_61809823.pdf. EDN: <https://www.elibrary.ru/SJCNOR>
12. Гражданский кодекс Российской Федерации. URL: <http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&nd=102033239>
13. Введение в теорию управления организационными системами: Учебник / Под ред. Д. А. Новикова. – Москва: Книжный дом "ЛИБРОКОМ 2009. – 264 с. URL: <http://www.mtas.ru/upload/vtuos.pdf>. EDN: <https://www.elibrary.ru/PFGVLL>
14. Трахтенгерц Э. А. Взаимодействие агентов в многоагентных системах // Автоматика и телемеханика. – 1998. – № 8. – С. 3 – 52.

Cash flow modeling in the open innovation market system

E. P. Rostova¹, L. A. Vybornova²

¹ Samara National Research University, 34,
Moskovskoye shosse, Samara, 443086, Russian Federation.

² Volga Region State University of Service,
4, Gagarina st., Tolyatti, Russian Federation.

Abstract

The process of innovation activity is considered from the point of view of agency presence. The open innovation market system is described, including an investor, a developer and a user. The cash flows between the specified agents of the system, arising in the process of creating and commercializing an innovative product, are considered. For each agent, a profit function has been developed, which is a criterion for its optimal activity. An economic and mathematical model has been developed that describes the interaction of agents in the system.

Keywords: innovation, open market, optimization, loosely coupled systems, system agents, coordinated interaction.

Received: Wednesday 10th July, 2024 / Revised: Thursday 25th July, 2024 /
Accepted: Saturday 10th August, 2024 / First online: Wednesday 30th October, 2024

Competing interests: No competing interests.

References

1. Official website of the Federal State Statistics Service of the Russian Federation URL: <https://rosstat.gov.ru/statistics>
2. Stavenko Yu.A., Gromov A.I. Evolution of models of national processes management in the organization // Business Informatics. - 2012. - No.4(22). - pp. 3 –

Mathematical Statistical and Instrumental Methods of Economics (Research Article)

© Authors, 2024

© Samara University, 2024 (Compilation, Design, and Layout)

   The content is published under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

Please cite this article in press as:

Rostova E. P., Vybornova L. A. Cash flow modeling in the open innovation market system, *Vestnik Samarskogo Universiteta. Ekonomika i Upravlenie = Vestnik of Samara University. Economics and Management*, 2024, vol. 15, no. 3, pp. 37–44. doi:<http://doi.org/10.18287/2542-0461-2024-15-3-37-44> (In Russian).

Authors' Details:

Elena P. Rostova  <http://orcid.org/0000-0002-6432-6590>

Dostor of Economics, associate professor; head the Department of Mathematics and Business Informatics; e-mail: rostova.ep@ssau.ru

Lubov A. Vybornova  <http://orcid.org/0000-0003-1806-091X>
rector; e-mail: vibornova_lyubov@mail.ru

9. URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_18989074_59797952.pdf. EDN: <https://www.elibrary.ru/PZNZLZ> (In Russ)
3. Stephen Jay Kline Research, invention, innovation and production: models and reality // Thermodynamics Division, Department of Mechanical Engineering, Stanford University, 1985. – 54 p.
4. Stephen Jay Kline, Nathan Rosenberg An overview of innovation // Studies on Science and the Innovation Process. 2009. – pp. 173 – 203. https://doi.org/10.1142/9789814273596_0009
5. Chesbrough H. W. Open Innovation: The New Imperative for Creating and Profiting from Technology. — Cambridge, MA: Harvard Business School Publishing, 2003. URL: <https://www.sustanciainfinita.com/wp-content/uploads/2017/03/LIBRO-Henry-Chesbrough-Open-Innovation.pdf>
6. Anisimov V.Yu., Gorbunov D.V., Tyukavkin N.M. Reengineering of complex processes in order to create technology transfer in the open market. Samara, 2022. – 192 p. URL: http://repo.ssau.ru/bitstream/Monografii/Reinzhiniring-investicionnyh-processov-s-celu-sozdaniya-transfera-tehnologii-otkrytogo-rynka-99653/1/978-5-7883-1786-1_2022.pdf. EDN: <https://www.elibrary.ru/LNKJRY> (In Russ)
7. Gorevaya E.S. Novosibirsk, Open Innovations. Publisher: Novosibirsk State Technical University 2021. – 152 p. EDN: <https://www.elibrary.ru/QZHLM> (In Russ)
8. Kuzmin S.S. Paradigm of corporate growth based on open innovations // Economics of sustainable development. – 2023. – No. 1 (53). – pp. 180 – 185. URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_50509975_36269357.pdf. EDN: <https://www.elibrary.ru/EZQMK> (In Russ)
9. Churilin S.V. Development of models and methods of coordinated interaction in the control system of design and technological preparation for the production of rocket and space products. dissertation for the degree of candidate of technical sciences / FGAOU VO "Samara National Research University named after academician S.P. Korolev". 2022. –16 p. EDN: <https://www.elibrary.ru/TRTNHQ> (In Russ)
10. Geras'kin M.I., Ivanova M.V. Modeling the interactions of housing market institutions based on power, exponential and logarithmic cost functions // Management of large systems: collected papers. – 2023. – No.101. – pp. 64 – 85. URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_50503600_55922524.pdf. EDN: <https://www.elibrary.ru/RRUJHX> (In Russ)
11. Baranova N.V., Mezentshev Yu.A., Pavlov P.S. On the problem and algorithms of coordinated optimal control of production and material flows of an enterprise // Systems of data analysis and processing. – 2021. – No.3(83). – pp. 7 – 18. URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_46664038_61809823.pdf. EDN: <https://www.elibrary.ru/SJCNOR> (In Russ)
12. Civil Code of the Russian Federation. EDN: <http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&nd=102033239> (in Russ)
13. Introduction to the Theory of Management of Organizational Systems: Textbook / Ed. D. A. Novikov. – Moscow: Book House "LIBROKOM", 2009. – 264 p. URL: <http://www.mtas.ru/upload/vtuos.pdf>. EDN: <https://www.elibrary.ru/PFGVLL> (In Russ)
14. Trakhtengerts E. A. Interaction of Agents in Multi-Agent Systems // Automation and Telemechanics. – 1998. – No. 8. – pp. 3 – 52. (In Russ)