

**АГЕНТ-МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ФОРМИРОВАНИЯ КЛАСТЕРА СТЕЙКХОЛДЕРАМИ
НА МИКРОУРОВНЕ**

© 2017

Батурин Георгий Геннадьевич, аспирант кафедры математики и моделирования
Владивостокский государственный университет экономики и сервиса
(690014, Россия, Владивосток, ул. Гоголя, 41, e-mail: goshabaturin@gmail.com)

Первухин Михаил Александрович, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры математики и моделирования

Владивостокский государственный университет экономики и сервиса
(690014, Россия, Владивосток, ул. Гоголя, 41, e-mail: pervukhinma@yandex.ru)

Титова Наталья Юрьевна, кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики
Владивостокский государственный университет экономики и сервиса
(690014, Россия, Владивосток, ул. Гоголя, 41, e-mail: titova_2010@mail.ru)

Аннотация. Передовой путь развития экономики предполагает поиск и внедрение интеграционных форм взаимодействия промышленных организаций и предпринимательских структур, из которых наиболее эффективным является кластерный подход. На этапе формирования данных интеграционных объединений наиболее острой является проблема самоорганизации бизнес-единиц и механизмов, способствующих их объединению в кластер, что подчеркивает необходимость моделирования данных процессов. Целью данного исследования является разработка модели, позволяющей имитировать кластерообразование со стороны ключевых заинтересованных сторон - производителей и потребителей. Авторами использованы методы агент-моделирования, евклидовой метрики, а также теории заинтересованных сторон. В результате в статье приведена модель, которая дает возможность имитировать развитие кластеризации в региональных экономических системах. Это позволяет исследовать варианты взаимодействия производителей и потребителей на основе установления оптимального соотношения цены, качества и технологичности продукции. В то же время, модель может использоваться и как инструмент для принятия управленческих решений по изменению внутренних характеристик предприятия, влияющих на характеристики выпускаемого товара. При этом в модели учитывается случайный характер изменения запросов потребителей, что позволяет применять ее для отработки действий руководства предприятия в условиях изменения предпочтений потребителей.

Ключевые слова: агент-моделирование, теория заинтересованных сторон, кластерный подход, идентификация кластеров, евклидова метрика, вектор, моделирование бизнес-процессов, агент-производитель, агент-потребитель.

AGENT-MODELING OF CLUSTER FORMATION BY STEAKHOLDERS ON THE MICROLEVEL

© 2017

Baturin Georgij Gennadevich, postgraduate student of the chair «Mathematics and Modeling»
Vladivostok State University of Economics and Service
(690014, Russia, Vladivostok, street Gogolya 41, e-mail: goshabaturin@gmail.com)

Pervuhin Mihail Aleksandrovich, candidate of physical and mathematical sciences, associate professor of the chair «Mathematics and Modeling»

Vladivostok State University of Economics and Service
(690014, Russia, Vladivostok, street Gogolya 41, e-mail: pervukhinma@yandex.ru)

Titova Natalia Yuryevna, candidate of economical science, associate professor of the chair «Economics»
Vladivostok State University of Economics and Service
(690014, Russia, Vladivostok, street Gogolya 41, e-mail: titova_2010@mail.ru)

Abstract. The advanced way of economic development presupposes the search and implementation of integration forms of interaction between industrial organizations and business structures, of which the most effective is the cluster approach. At the stage of data generation of integration associations, the problem of self-organization of business units and mechanisms that facilitate their integration into a cluster is the most acute, which emphasizes the need to model these processes. The purpose of this study is to develop a model that simulates the clustering of key stakeholders - producers and consumers. The authors used the methods of agent modeling, Euclidean metrics, and also the theory of stakeholders. As a result, the article presents a model that makes it possible to simulate the development of clusterization in regional economic systems. This allows you to explore the options for interaction between producers and consumers based on the establishment of an optimal ratio of price, quality and manufacturability of products. At the same time, the model can also be used as a tool for making managerial decisions to change the internal characteristics of an enterprise that affect the characteristics of the product. At the same time, the model takes into account the random nature of the changes in consumers' requests, which makes it possible to apply it to the management of the enterprise in response to changes in consumer preferences.

Keywords: agent modeling, stakeholder theory, cluster approach, cluster identification, Euclidean metrics, vector, business process modeling, agent-producer, agent-consumer.

Постановка проблемы в общем виде и ее связь с важными научными и практическими задачами.

Инновационная стадия развития экономики подразумевает, что хозяйствующие субъекты стремятся повысить свою конкурентоспособность за счет разработки новых технологий производства продукции. При этом особую важность приобретают вопросы исследования теоретико-практических аспектов внедрения новых методов производства, а также задействованных в данных технологических процессах ресурсов для снижения затрат при выпуске продукции. Это становится возможным благодаря разработке экономико-математических моделей, имитирующих данные процессы. При этом чем больше влияющих на процесс производства факторов учтено в конкретной модели, тем больше шансов обеспечить верификацию прогноза и принять правильное управленческое решение на предприятии.

Для единичного предприятия задача моделирования бизнес-процессов не нова, и существует обширное количество исследований, посвященных ее решению. Однако в настоящее время особую популярность приобретает кластерный подход, в основе которого лежит принцип взаимосвязи различных бизнес-структур, расположенных на одной территории. В данных условиях производства возникают вопросы наиболее рационального ресурсного обмена между предприятиями, заключающегося в регулировании оптимального соотношения затрат, объема выпуска продукции в соответствии со спросом покупателей для каждого участника кластерного объединения. При этом в становлении и развитии кластера наряду с бизнесом могут участвовать также и прочие заинтересованные стороны в лице местной и центральной власти, профессиональных объединений, научно-образовательных и кредитных организаций и т.д. В данном случае увеличение заинтересованных сторон усложняет задачу моделирования бизнес-процессов кластера. В этой связи экономико-математическое моделирование процессов взаимодействия участников кластера становится важной и актуальной научной проблемой. Целью данного исследования является разработка модели, позволяющей сымитировать данные процессы.

Анализ последних исследований и публикаций, в которых рассматривались аспекты этой проблемы и на которых обосновывается автор; выделение неразрешенных раньше частей общей проблемы.

Вопросы моделирования жизненного цикла кластерных структур представлены в широком спектре трудов отечественных и зарубежных ученых [1-5]. Часть работ посвящена проблеме моделирования процессов формирования кластера в контексте стороны, инициирующей данный процесс [6-14]. Так, большинство авторов сходятся во мнении, что существует два способа образования кластеров: самоорганизация бизнес-единиц или искусственно запущенная кластеризация в результате действий определенных заинтересованных сторон. Отметим, что в настоящем исследовании нами рассматривается первый путь кластерообразования.

Задачу моделирования формирования кластеров обоими способами ученые решают при помощи различных методов, в том числе с использованием сетей Петри и методологии SADT [15, 16]. Также учеными отмечается необходимость исследовать не только характеристики организаций и предприятий, входящих в кластер, но и инструментальные средства поддержки принятия соответствующих управленческих решений [17].

В работах, посвященных, в большей степени, вопросам моделирования взаимодействий между участниками кластера, отмечается, что объединение субъектов региональной экономики в кластер является результатом эволюции форм экономического взаимодействия предприятий и организаций, под воздействием экономических законов [18-21]. В итоге, в научно-производственном кластере возникает кумулятивный эффект, приводящий к увеличению конкурентоспособности предприятий и организаций, и, как следствие, росту их эффективности и переходу в новое качество.

Особенно следует отметить труды Боуш Г.Д. и Ратнера С.В., в которых процесс формирования кластеров рассматривается следующим образом [22, 23]. На первом этапе происходит формирование ядра кластера из производителей, имеющих сходные характеристики деятельности. Затем в протокластере усиливаются информационные и ресурсные потоки, что привлекает к ядру кластера поставщиков ресурсов и потребителей. В результате образуется сетевая структура, обеспечивающая коммуникационный, ресурсный и продуктовый обмен. В связи с чем, в региональной экономической системе целесообразно выделять предприятия, которые могут стать катализаторами синергетического процесса – так называемые «точки роста» кластера.

Формирование целей статьи (постановка задания). Таким образом, вопросы моделирования процессов формирования кластеров представляют научный интерес как достаточно новый подход к структурированию региональной экономической системы. Однако, несмотря на повышенный интерес ученых, закономерности формирования и развития отраслевых кластеров остаются недостаточно изученными.

В настоящем исследовании рассматривается имитационная агентская модель процесса формирования кластеров. Авторами предложена модификация модели, представленная в работе Боуш Г.Д., позволяющая представить данный процесс в динамике с участием ключевых заинтересованных сторон – потребителей и производителей продукции кластера [23]. В разработанной модели участниками процессов кластерообразования выступают два типа агентов: агент-производитель, агент-потребитель и принято допущение, что все агенты-производители выпускают, а агенты-потребители приобретают один и тот же товар или субституты.

Изложение основного материала исследования с полным обоснованием полученных научных результатов. Итак, рассмотрим модель, содержащую n агентов-производителей и m агентов-потребителей. Число агентов в течение модельного времени остается неизменным. Состояние в каждый момент времени t агента-производителя будем описывать двумя векторами: вектором характеристик агента-производителя и вектором характеристик товара, выпускаемого агентом-производителем. Составляющие данных векторов приведены в таблице 1.

В начальный момент времени агенты-производители имеют разные уровни финансовых средств, выраженные в условных денежных единицах. Производимая ими продукция имеет разную цену продажи на рынке. Стоимости изготовления единицы продукции у разных производителей также отличаются. Предлагается использовать показатели «качество», «технологичность» и «цена продажи единицы продукции» для характеристики производимой продукции. При этом необходимо учитывать, что показатели «качество» и «технологичность» (оцениваются экспертами в баллах от 1 до 100) варьируются для разных агентов-производителей, и зависят от показателей инновационной компетентности, качества организации и инновационной восприимчивости агентов-производителей (оцениваются экспертами в баллах от 1 до 100).

Таблица 1 – Составляющие векторов характеристик стейкхолдеров модели.

Составляющие вектора характеристик агента-производителя	Составляющие вектора характеристик товара, выпускаемого агентом-производителем	Составляющие вектора запросов агента-потребителя
-показатель инновационной компетентности; -показатель качества организации; -показатель инновационной восприимчивости; -финансовое обеспечение на начало шага модельного времени.	-цена выпускаемой продукции (в условных денежных единицах); -показатель качества выпускаемой продукции; -показатель технологичности выпускаемой продукции; -стоимость изготовления единицы продукции (в условных денежных единицах).	-ожидаемая агентом-потребителем цена за единицу продукции (в условных денежных единицах); -ожидаемая агентом-потребителем технологичность продукции; -ожидаемое агентом-потребителем качество продукции.

Агенты-потребители в каждый момент времени t также характеризуются собственными значениями показателей «финансовые средства, планируемые для приобретения продукции», и запросами к покупаемой продукции, такими как «цена за единицу продукции», «технологичность» и «качество». Еще одним показателем агента-потребителя является пороговое значение расстояния между вектором запросов покупателя к приобретаемой продукции и векторами, задающими предлагаемую производителями продукцию на рынке. Кроме того, для каждого агента-потребителя определена величина финансовых средств, которые он планирует потратить на приобретение продукции.

Полный цикл в рассматриваемой модели равен четырем шагам модельного времени. В первые три шага предприятия производят, а потребители приобретают продукцию. Как и в модели [23], агент-потребитель приобретает продукцию у агента-производителя при условии, что расстояние приобретения между вектором характеристик товара, выпускаемого агентом-производителем, и вектором запросов агента-потребителя меньше порогового значения приобретения продукции. Расстояние между данными векторами вычисляется следующим образом:

$$d = \begin{cases} \sqrt{\mathcal{R}}, & \text{если } \mathcal{R} > 0 \\ 0, & \text{если } \mathcal{R} \leq 0 \end{cases} \quad (1),$$

где:

$$\mathcal{R} = \begin{cases} (p_1^{\text{потр.}} - p_1^{\text{произ.}})^2, & \text{если } (p_1^{\text{потр.}} - p_1^{\text{произ.}}) \geq 0 \\ 0, & \text{если } (p_1^{\text{потр.}} - p_1^{\text{произ.}}) < 0 \end{cases} + \\ + \begin{cases} (p_2^{\text{потр.}} - p_2^{\text{произ.}})^2, & \text{если } (p_2^{\text{потр.}} - p_2^{\text{произ.}}) \geq 0 \\ 0, & \text{если } (p_2^{\text{потр.}} - p_2^{\text{произ.}}) < 0 \end{cases} + \\ \begin{cases} -(c_{\text{потр.}} - p_1^{\text{произ.}})^2, & \text{если } c_{\text{потр.}} \geq p_1^{\text{произ.}} \\ (c_{\text{потр.}} - p_1^{\text{произ.}})^2, & \text{если } c_{\text{потр.}} < p_1^{\text{произ.}} \end{cases} \quad (2),$$

где:

$p_1^{\text{произ.}}$ – цена выпускаемой продукции (выражена в условных денежных единицах от 1 до 100);

$p_2^{\text{произ.}}$ – показатель качества выпускаемой продукции (выражен в баллах от 1 до 100);

$p_3^{\text{произ.}}$ – показатель технологичности выпускаемой продукции (выражен в баллах от 1 до 100);

$c_{\text{потр.}}$ – ожидаемая агентом-потребителем цена за единицу продукции (выражена в условных денежных единицах от 1 до 100);

$p_1^{\text{потр.}}$ – ожидаемая агентом-потребителем технологичность продукции (выражена в баллах от 1 до 100);

$p_2^{\text{потр.}}$ – ожидаемое агентом-потребителем качество продукции (выраженное в баллах от 1 до 100).

В ситуации равенства расстояний между потребителем и различными производителями потребитель выбирает того производителя, который предлагает меньшую цену за единицу продукции.

В работе Боуш Г.Д. для расчета расстояния используется евклидова метрика. Однако, при воплощении этой модели с различными начальными параметрами мы пришли к выводу, что данный способ вычисления расстояния не всегда дает корректный результат. Так, может возникнуть ситуация, когда агент-производитель выпускает товар по всем параметрам, кроме цены, выше, чем желает агент-потребитель, но потребитель не сможет его купить, так как пороговое расстояние будет слишком большим. Еще одной неточностью, на наш

взгляд, является использование величин разной размерности, поэтому в рассматриваемой модели большинство величин изменяются в пределах от 1 до 100.

В модели предполагается, что производитель выпускает такой объем продукции, чтобы удовлетворить весь спрос. Спрос отдельного потребителя рассчитывается как отношение финансовых средств потребителя планируемых для приобретения продукции к цене продажи единицы продукции выбранным производителем, округленное в меньшую сторону.

Как и в модели, взятой нами за основу, начиная с третьего шага модельного времени, производитель имеет возможность каждые 4 шага менять показатели качества и технологичности выпускаемой продукции. Однако, одно из существенных отличий разработанной нами модели заключается в том, что делает он это за счет изменения показателей самого предприятия, то есть повышает инновационную компетентность, качество организации и инновационную восприимчивость производства, вследствие изменения компонент вектора характеристик агента-производителя. Этот процесс в модели назван «реструктуризация».

В ходе проведения реструктуризации, каждый агент-производитель принимает решение об изменении одного из параметров производимой продукции («качество» или «технологичность»), либо об отказе от внесения изменений, основываясь на ожидаемом приросте прибыли и величине финансового обеспечения. Если финансового обеспечения недостаточно, то агент-производитель отказывается от реструктуризации.

При одинаковом приросте прибыли, агент-производитель выбирает вариант изменений, стоимость которого меньше. Стоимость улучшений зависит от стоимости достижения необходимого вектора из компонент «инновационная компетентность», «качество организации» и «инновационная восприимчивость» и задана в виде матрицы, где каждому из показателей соответствует вектор-столбец, состоящий из ста компонент, каждая из которых отражает стоимость достижения определенного значения соответствующего показателя.

Так же, рассматриваемая модель, помимо изменений параметров самих производителей и выпускаемой ими продукции, предполагает возможность изменения предпочтений потребителей. Это происходит как в связи с научно-техническим прогрессом, так и как ответная реакция потребителей на возможность вывода производителями улучшенного товара на рынок. Такие изменения проходят каждые 4 шага модельного времени, начиная с пятого.

Поскольку параметры агентов-потребителей могут не только расти, но и уменьшаться, то в модели предусмотрено, для каждого агента-потребителя, случайное изменение ожидаемой цены покупки единицы продукции, при этом для разных агентов можно задать индивидуальные значения минимальных и максимальных приращений изменений.

Выводы исследования и перспективы дальнейших изысканий данного направления.

Разработанная модель позволяет моделировать кластеризацию с разных аспектов. Можно изучать как формируются кластеры из предприятий-производителей и кроме того, можно проследить формирование кластеров из потребителей и производителей.

Между тем, модель может использоваться и как инструмент для принятия управленческих решений по изменению внутренних характеристик предприятия, влияющих на характеристики выпускаемого товара.

В модели учитывается случайный характер изменения запросов потребителей, что позволяет применять ее для отработки действий руководства предприятия в условиях изменения предпочтений потребителей.

Таким образом, разработанная модель позволяет представить один из ключевых процессов формирования кластера, направленного на установление оптимального соотношения цены продукции, которое готов приобрести покупатель. С этого этапа начинается дальнейшее взаимодействие участников кластера. Регулирование параметров в модели дает возможность имитировать производственную цепочку кластера. Предметом дальнейших изысканий авторов является апробация данной модели в условиях, приближенных к реальности.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научно-исследовательского проекта РФФИ №16-36-00104 мол_а «Разработка и апробация методов идентификации кластеров на макро- и микроуровнях с применением теорий графов и заинтересованных сторон».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Смирнова С. М. Моделирование стадии развития промышленного кластера // Научное обозрение. — 2013. — No 8. — С. 159–162.
2. Popp A., Wilson J. (2007). Life cycles, contingency, and agency: Growth, development, and change in English industrial districts and clusters. *Environment and Planning A*, 39 (12), 2975–2992.
3. Press K. (2008). Divide to conquer? Limits to the adaptability of disintegrated, exible specialization clusters. *Journal of Economic Geography*, 8 (4), 565–580.
4. Suire R., Vicente J. (2014). Clusters for life or life cycles of clusters: in search of the critical factors of clusters' resilience. *Entrepreneurship and Regional Development*, 26 (1–2), 142–164.
5. Tsai B.-H., Li Y. (2009). Cluster evolution of IC industry from Taiwan to China. *Technological Forecasting and Social Change*, 76 (8), 1092–1104.
6. Медведев А.В., Косинский П.Д., Бондарева Г.С. Экономико-математическое моделирование агропродовольственного кластера региона // *Фундаментальные исследования*. — 2013. — No 10–10. — С. 2203–2206.

7. Соловейчик К. А. Методический подход к моделированию промышленных кластеров // Экономика и управление. — 2011. — No 1 (63). — С. 42–45.
8. Bek M. A., Bek N. N., Sheresheva M. Y., Johnston W. J. (2013). Perspectives of SME innovation clusters development in Russia. *Journal of Business and Industrial Marketing*, 28 (3), 240–259.
9. Chincarini L., Asherie N. (2008). An analytical model for the formation of economic clusters. *Regional Science and Urban Economics*, 38 (3), 252–270.
10. Dilaver O., Bleda M., Uyarra E. (2014). Entrepreneurship and the emergence of industrial clusters. *Complexity*, 19 (6), 14–29.
11. Горбунова М.В., Гресько А.А., Солодухин К.С. Нечетко-множественная многопериодная модель выбора стратегий взаимодействия организации с группами заинтересованных сторон на основе обобщенного критерия // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Экономика. 2016. № 4. С. 46-55.
12. Кантемирова М.А. Имитационная модель кластерной организации экономической системы региона // Фундаментальные исследования. — 2013. — No 4-2. — С. 476–480.
13. Banasick S., Lin G., Hanham R. (2009). Deviance residual moran's I test and its application to spatial clusters of small manufacturing rms in Japan. *International Regional Science Review*, 32 (1), 3–18.
14. Татаркин А. И. Саморазвитие территориальных социально-экономических систем как потребность федеративного обустройства России // Экономика региона. — 2013. — No 4. — С. 9–26.
15. Дроздова Н. В. Особенности моделирования процесса формирования кластеров с использованием аппарата сетей Петри // Актуальные проблемы экономики и права. — 2011. — No 3. — С. 98–102.
16. Латыпова Л. В. Моделирование механизма объединения предприятий малого бизнеса в кластер с помощью методологии SADT и пакета ALLFUSION MODELING SUITE (BPWIN) // Экономика и предпринимательство. — 2013. — No 5 (34). — С. 596–600.
17. Алешин А. В. Модельно-аналитическая поддержка процесса формирования региональных кластеров // Экономика и предпринимательство. — 2013. — No 4 (33). — С. 101–106.
18. Ахенбах Ю.А. Моделирование механизма взаимодействия субъектов региональной экономики на основе концепции формирования и развития научно-производственных кластеров // ФЭС. Финансы. Экономика. Стратегия. — 2012. — No 11. — С. 17–23.
19. Титов В. В. Моделирование процессов взаимодействия в региональных промышленных кластерах // Ползуновский вестник. — 2005. — No 4-3. — С. 6–11.
20. Arbia G., Espa G., Quah D. (2008). A class of spatial econometric methods in the empirical analysis of clusters of rms in the space. *Empirical Economics*, 34 (1), 81–103.
21. Yanling L., Ma F. (2009). Game analysis of knowledge spillover in industrial cluster. *Proceedings — International Conference on Management and Service Science, MASS 2009*, 5305509.
22. Ратнер С. В., Акинкина М. М. Выбор параметров оптимального управленческого воздействия на региональный нефтегазовый кластер на основе имитационного моделирования // Региональная экономика. Теория и практика. — 2011. — No 20. — С. 2–11.
23. Боуш Г.Д., Куликова О.М., Шелков И.К., Агентное моделирование процессов кластерообразования в региональных экономических системах // Экономика региона. 2016. Т.12. С. 64–77.