

## Агент-ориентированная модель кластеризации инновационно-ориентированных индивидов

Agent-based Model of Clustering of Innovation-oriented Individuals  
(DOI: 10.34773/EU.2021.2.13)

---

Р. РАМАЗАНОВ

---

**Рамазанов Руслан Раисович**, младший научный сотрудник Центра стратегических и междисциплинарных исследований Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук. E-mail: ruslan4729@mail.ru

*В развитие методологии экономического анализа разработана агент-ориентированная модель кластеризации инновационно-ориентированных агентов по признаку схожести потребительских предпочтений относительно локальной общественной услуги. Индивиды в модели стремятся оказаться в регионе с максимально комфортным для себя режимом обеспечения услугами. Миграция, изменяя равновесные цены и объемы производства, создает для индивидов новые условия выбора. Результаты имитационных экспериментов позволяют сделать вывод о том, что возможность миграции приводит к максимизации общественной полезности и к устойчивой кластеризации агентов по признаку близости потребительских предпочтений.*

**Ключевые слова:** агент-ориентированное моделирование; государственное устройство; общественные услуги; миграция; гипотеза Тибу.

*In the development of the methodology of economic analysis, an agent-based model of clustering of innovation-oriented agents has been developed based on the similarity of consumer preferences regarding a local public service. Individuals in the model strive to find themselves in the region with the most comfortable service provision regime for themselves. Migration, by changing the equilibrium prices and volumes of production, creates new conditions of choice for individuals. The results of simulation experiments allow us to conclude that the possibility of migration leads to the maximization of social utility and to a stable clustering of agents based on the proximity of consumer preferences.*

**Key words:** agent-based modeling, state structure, public services, migration, Tiebout hypothesis.

**Основные положения:** *Осуществлена концептуализация и математическая формализация экономических стимулов инновационно-ориентированных индивидов к кластеризации. На основе проведенной формализации построена имитационная агент-ориентированная модель. По итогам исследования выдвинута гипотеза о том, что ключевым условием органичного и качественного роста административно-территориальной единицы как инновационного кластера может являться обладание муниципальным статусом.*

### Введение

Актуальность исследования состоит в необходимости нахождения путей интенсификации инновационного развития России [6]. Создание иннополисов по типу Кремниевой долины является одним из общепризнанных инструментов генерации инноваций. В литературе существует множество исследований, лежащих в данной предметной плоскости [3–5]. В связи с этим возникает вопрос о необходимой роли государства в процессах формирования и развития инновационных кластеров, ответ на который позволит обществу минимизировать финансовые и временные издержки по созданию и поддержке органичного роста и развития полисов инновационного развития.

---

\* Статья подготовлена в рамках выполнения плана НИР УФИЦ РАН по государственному заданию Министерства науки и высшего образования РФ.

Предметом настоящего исследования являются отношения индивидов по поводу локальных общественных инновационных благ (услуг). Цель исследования состоит в исследовании вопросов склонности инновационно-ориентированных индивидов образовывать территориальные сообщества, основываясь на близости потребительских предпочтений относительно локальных общественных благ (услуг). Для достижения поставленной цели решалась задача построения специальной компьютерной агент-ориентированной модели.

### Методы

Методологию исследования составляет агент-ориентированный подход, представляющий собой относительно новое направление в имитационном моделировании, ориентированное на репрезентацию сложных объектов (систем и процессов) реального мира в виде совокупности множества автономных субъектов. Каждый субъект или агент обладает индивидуальной целевой функцией, которую он стремится максимизировать (минимизировать) через взаимодействие с другими агентами и/или с окружающей средой по определенным исследователем правилам. Из совокупных действий и взаимодействий агентов рождается глобальная динамика системы, представляющая особый интерес для исследования. В условиях дефицита или невозможности получения реальных статистических данных (в силу этических, временных, экономических или иных причин) имитационное моделирование остается в числе немногих доступных инструментов для исследования сложных объектов (систем и процессов) реального мира.

### Результаты

В основе предлагаемой модельной концептуализации лежит гипотеза о специфичности предпочтений инновационно-ориентированных индивидов относительно экономических благ, обладающих свойствами неделимости, неисключаемости, неконкурентности и локальности. Неделимость блага означает невозможность для потребителя регулировать объем потребления блага – попадая в зону действия блага, потребитель вынужден одновременно потреблять весь его объем; неисключаемость – невозможность для производителя ограничивать круг потребителей произведенного блага (следствием данной проблемы, в частности, является проблема безбилетника); неконкурентность означает, что потребление блага одними индивидами не оказывает влияния на возможностях его потребления другими индивидами. Локальность – свойство экономических благ, потребление которых требует определенного местонахождения.

Структура модели:

- $n$  агентов с различающимися функциями спроса на локальное общественное инновационное благо (инновационно-ориентированные агенты предъявляют больший спрос на благо).
- $m$  регионов с различающимися функциями предложения услуги. Регионы агрегируют спрос индивидов. На основе характеристик своего предложения и совокупного спроса индивидов регионы устанавливают равновесный объем и цену производства локального общественного блага. На рисунке 1 кривая агрегированного спроса условного региона  $D_{agr}$  определяется путем сложения ординат кривых спроса его жителей – индивидов  $D_A$  и  $D_B$  при фиксированном значении абсцисс. Объем производства и цена блага в регионе находятся на пересечении кривой его предложения ( $S$ ) и кривой агрегированного спроса ( $D_{agr}$ ).
- На старте реализации экзогенно заданное количество агентов случайным образом распределяется между регионами.
- Цель агентов – максимизация полезности. На рисунке 2 представлен пример расчета полезности, получаемой условным индивидом  $i$ , зависящей от параметров его спроса ( $D_i$ ), цены ( $P^*$ ) и объема производства ( $Q^*$ ) блага в регионе. Площадь трапеции  $P^*ABC$  – полезность, получаемая индивидом от потребления  $Q^*$  ед. блага; площадь четырехугольника  $OP^*CQ^*$  – уплачиваемая индивидом стоимость; площадь трапеции  $AP^*CB$  – излишек потребителя или чистая полезность индивида.

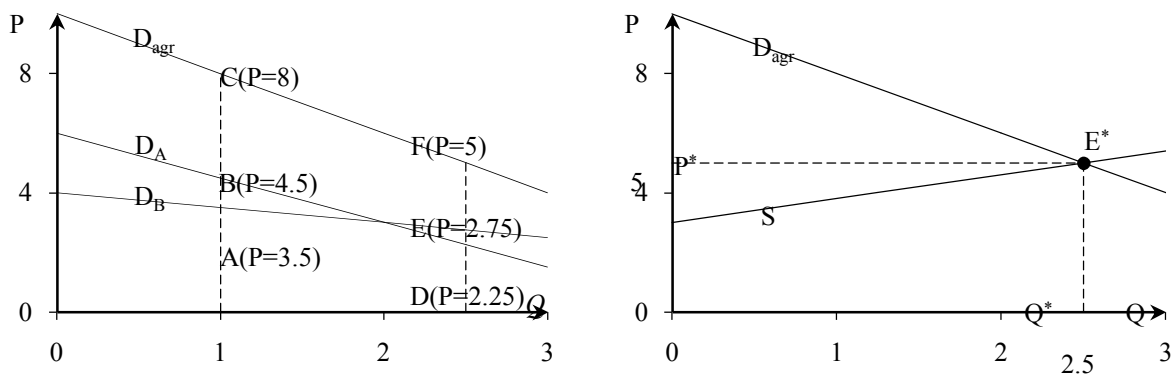


Рис. 1. Пример определения агрегированного объема спроса, равновесной цены объема производства локального общественного блага

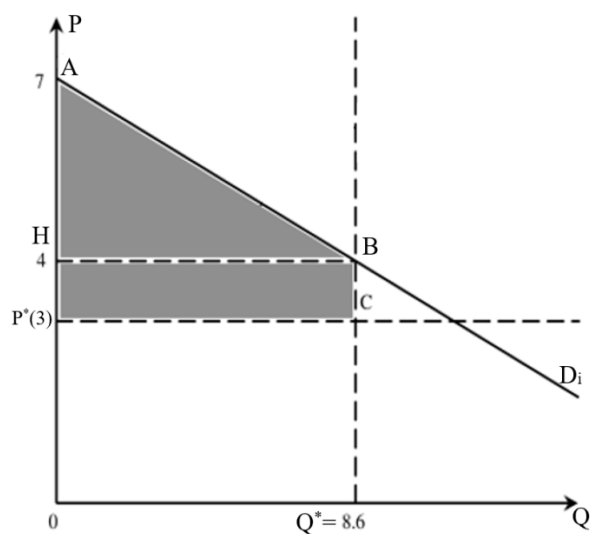


Рис. 2. Излишек потребителя в зависимости от объема и цены локального общественного блага

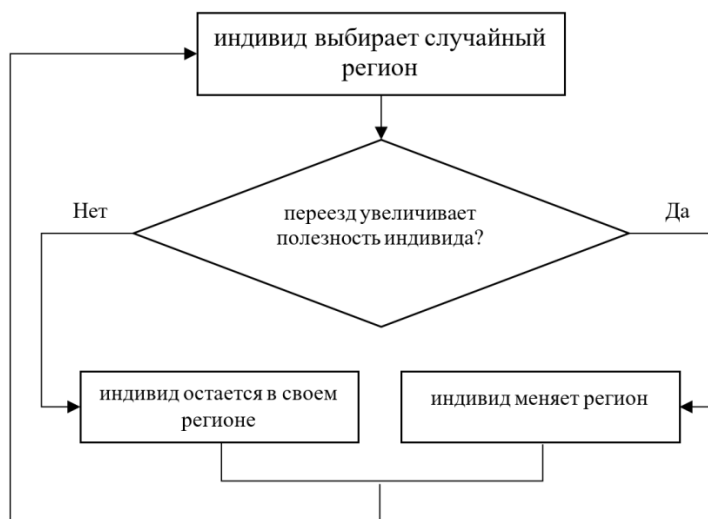


Рис. 3. Процедура принятия агентом решения о миграции

• Средство достижения цели агентами – голосование ногами [2; 7; 8]. На рисунке 3 представлен алгоритм принятия агентами решения о миграции. В начале каждого цикла каждый агент выбирает случайный регион и сопоставляет режим его обеспечения благом с режимом обеспечения, предлагаемым регионом его текущего пребывания. Если в новом регионе излишек агента как потребителя окажется выше, индивид сменит локализацию.

Рисунок 4 представляет собой скриншот интерфейса модели, реализованной в рамках интегрированной среды NetLogo. Территориальные сообщества на рисунке изображаются в форме кругов; индивиды – в форме точек одинакового размера. В процессе реализации модели индивиды, стремясь максимизировать свою полезность, перемещаются между регионами. Экраны справа отображают показатели объема производства цены и совокупной полезности индивидов.

Результаты имитационных экспериментов, проведенных на основе разработанной агент-ориентированной модели [1], продемонстрировали, что возможность миграции приводит к максимизации общественной полезности и к устойчивой кластеризации агентов по признаку близости потребительских предпочтений относительно локальной общественной услуги.

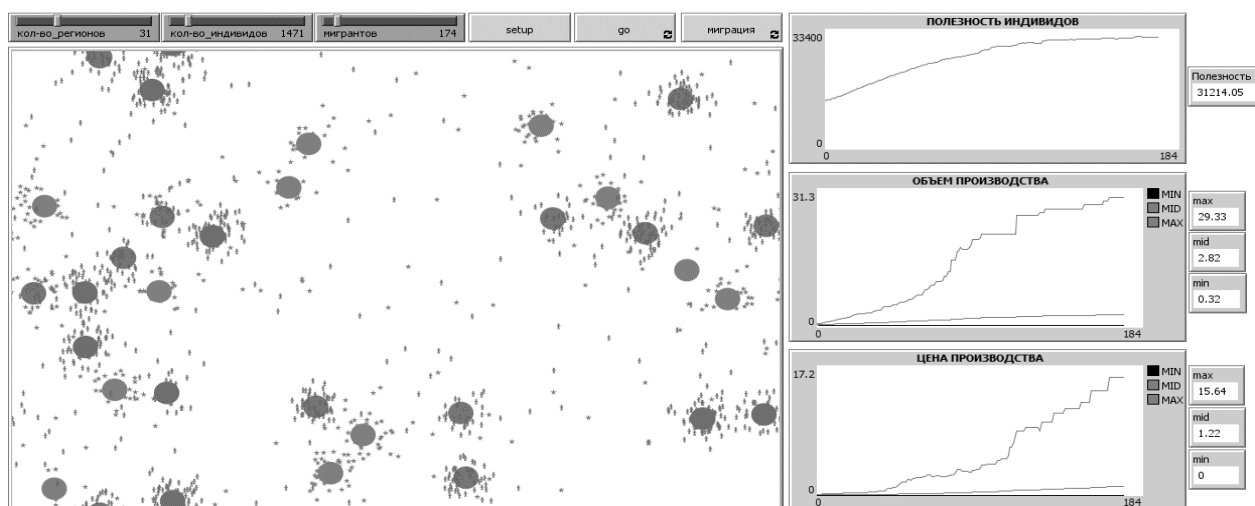


Рис.4. Скриншот программной реализации модели

### Обсуждение

Примером общественного локального инновационного блага может являться новейшая телекоммуникационная сеть 5G. Безусловно, данное благо можно назвать общественным лишь с определенной долей оговорок, так как оно носит исключаемый характер – владельцы сетей могут ограничивать в потреблении несоблюдающих условия оферты клиентов. Однако 5G наделяет всех индивидов, находящихся в зоне его распространения, множеством положительных внешних эффектов. Так, высокоскоростное интернет-соединение является условием реализации технологии Интернета вещей, которая в ближайшем будущем ляжет в основу новых подходов к обеспечению населения общественными благами. Таким образом, положительные эффекты, генерируемые сетью 5G, распространяются на всех попадающих в его зону индивидов.

Новая технология активно обсуждается общественностью. Согласно одной из популярных точек зрения, инфраструктура 5G генерирует излучение, негативно влияющее на здоровье находящихся поблизости людей. Независимо от реальности данной угрозы, для части общества 5G выступает в качестве источника отрицательной полезности. В этом аспекте проявляется второе измерение данной технологии как неделимого, неконкурентного, неисключаемого локального блага. Данный пример позволяет наглядно продемонстрировать остроту противоречий, которая может возникать между индивидами, проживающими на одной территории, по поводу определения режима обеспечения локальными общественными благами.

Активное сопротивление консерваторов внедрению новых технологий создает у инновационно-ориентированных индивидов стимулы к миграции – поиску сообществ со схожими потребительскими предпочтениями. Предлагаемая в настоящем исследовании концептуализация позволила формализовать экономические стимулы инновационно-ориентированных индивидов к поиску таких сообществ, и с помощью математической модели продемонстрировать динамику их кластеризации.

### Заключение

Результаты имитационных экспериментов позволяют сделать вывод о том, что мобильность населения и возможность для территориальных сообществ самостоятельно определять объемы производства потребляемой услуги способствуют максимизации общественной полезности и кластеризации населения по критерию схожести потребительских предпочтений. Централизованное определение объемов и цен производства локальных общественных благ препятствует кластеризации инновационно-ориентированных агентов в рамках отдельных административно-территориальных единиц.

Другой важный вывод говорит о том, что ключевым условием органичного и качественного роста административно-территориальной единицы как инновационного кластера является клубно-муниципальный статус его самоуправления, позволяющий его членам не только самостоятельно определять параметры самообеспечения локальными общественными услугами, но и проводить дискриминационную политику в отношении потенциальных мигрантов. При несоблюдении данного условия численное доминирование неинновационно-ориентированных агентов может привести к смещению параметров локального режима обеспечения общественными услугами не в пользу инновационно-ориентированных индивидов и, в конечном итоге, к дезинтеграции инновационного кластера.

### Литература

1. Бахтизин А.Р. Агент-ориентированные модели экономики. М.: Экономика. 2008.
2. Зулькарнай И.У. Моделирование горизонтальной конкуренции юрисдикций // Искусственные общества. 2014. Т. 9. № 1-4.
3. Зулькарнай И.У., Шестакович А.Г. Инновационный центр «Сколково» как проект по трансплантации успешных институтов «Силиконовой долины». Инновационная деятельность. 2014. № 3 (30). С. 17–27.
4. Маричев С.Г. Институциональные факторы осуществления социально-экономической модернизации в России // Экономика и управление: научно-практический журнал. 2021. № 1. С. 30–33.
5. Маричев С.Г. Проблема реализации социально-экономической модернизации России и «эффект колеи» // Общество и экономика. 2020. № 6. С. 5–24.
6. Низамутдинов Р.И. Актуальность управленческих инноваций в период реформирования экономики // Актуальные проблемы экономики и управления на предприятиях машиностроения, нефтяной и газовой промышленности в условиях инновационно-ориентированной экономики. 2015. Т. 1. С. 469–472.
7. Tiebout Ch.M. A Pure Theory of Local Expenditures // Journal of Political Economy. 1956. Vol. 64. № 5. Pp. 416–424. DOI: 10.1086/257839
8. Weingast B.R. Second Generation Fiscal Federalism: Implications decentralized Democratic Governance and Economic Development // Initiative for Policy Dialogue. 2007. 71 p.