



Artificial societies. 2013-2020

ISSN 2077-5180

URL - <http://artsoc.jes.su>

All right reserved

Issue 4 Volume 13. 2018

Agent-based modeling of movement of production factors

R. Ramazanov

*Bashkir state University
Russian Federation, Ufa,*

Abstract

In this paper we present an agent-based model of the movement of production factors. The agents in the model are individuals driven by economic incentives. They unite in the states, pool resources and conduct economic activity. Every individual is an employee and owner of capital. States can trade in resources. Individuals can change citizenship for economic reasons and invest their capital in other countries. Redistribution of at least one of the factors creates a new economic situation for other factors. Thus, the model describes the nonequilibrium process of free flow of capital, labor and resources between different economic zones. In the first part of the paper the main theoretical points concerning the movement of factors of production are covered. The second part describes in detail the process of building the model and its implementation on the platform of the integrated development environment of agent-based models Netlogo. In the final part the results of realization of model are discussed.

Keywords list (en): agent modeling, capital migration, labor movement, production factors, NetLogo

Date of publication: 08.11.2018

Acknowledgment:

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-06-00532a

Citation link:

Ramazanov R. Agent-based modeling of movement of production factors // Artificial societies.

1 Под факторами производства (ФП) в экономической теории понимают ресурсы, необходимые для производства товаров и услуг. Классик экономического мысли Жан-Батист Сэй разработал «Теорию трех факторов», отдельно выделив труд, землю и капитал [38]. Позже традиционную классификацию дополнили факторы предпринимательской способности и информации.

2 Труд, земля и капитал являются фундаментальными категориями экономической теории. Практически все классические школы явно или неявно оперируют ими. Физиократы (Кенэ, Мирабо, Неймур, Тюрго) рассматривали землю в качестве главного фактора, полагая сельское хозяйство единственным источником реального богатства. Меркантилисты (Кольбер, Ман, Монкретьен) ставя в центр капитал – прежде всего, торговый – видели источник обогащения в контроле над его движением. Представители классической политэкономической школы (Смит, Сэй, Рикардо, Мальтус, Милль) считали источником всеобщего благоденствия свободный рынок и частную собственность. Марксистская школа выдвигала интересы носителей трудовых ресурсов – пролетариат на передний план и обосновывала необходимость деформации стихийных сил рынка в его пользу. Как мы можем видеть, вопросы, связанные с факторами производства и их движением имеют всеобъемлющий характер, поэтому их невозможно отнести к интересам ограниченного круга исследователей [24].

3 Существует довольно много теоретических разработок, посвященных отдельным аспектам движения факторов производства (Кейнс, Манделл, Флеминг, Домар, Харрод, Хикс) [7, 9, 11, 12, 15]. В контексте данного исследования наибольший интерес для нас представляет модель малой открытой экономики Манделла-Флеминга, в которой четко ставится вопрос о движении капитала. Отдельно отметим применяемый в настоящей работе маржиналистский аппарат неоклассиков (Визер, Вальрас, Маршалл) [23]. Речь в частности идет о производственных функциях и предельных факторных производительностях. Теоретический вклад исследователей прошлого в вопросы движения факторов производства трудно переоценить. Однако нельзя не отметить аналитическую косность и отсутствие наглядности, свойственную многим классическим макроэкономическим моделям. Перегруженность таких моделей сложными взаимоувязанными дифференциальными уравнениями часто препятствует гибкому и оперативному внесению в них усложнений и экспериментальных модификаций, не нарушающих их общей логики.

4 Частично решить данные проблемы может позволить имитационное моделирование и в частности агент-ориентированный подход (АОМ). Опыт его применения в разных областях отражается в работах таких авторов, как Аксельрод, Акстелл, Эпштейн, Нагель, Шрекенберг и др. [1, 2, 3, 4, 8, 16, 17].

5 В нашей стране особо следует отметить Лабораторию агентного моделирования, возглавляемую академиком РАН В.Л. Макаровым. Под его началом выходит журнал «Искусственные общества», являющийся аналогом крупнейшего англоязычного издания, посвященного агентному моделированию, JASSS [14, 28].

6 Построено уже достаточно много агентных моделей пересекающихся с отдельными аспектами движения факторов производств, однако целостной и комплексной модели интегрирующей труд, землю (ресурсы) и капитал в одно целое так и не было создано. Так, вопросы трудовой миграции на основе агентной платформы решали Акстелл, Биондоа, Плучиноб, Яссер, Хесем, Эльмади, Бахтизин, Макаров и др. [6, 20]. Вопросы движения капитала и инвестиций касались Балманн, Альфонс, Катария, Карин, Муссофф, Оливер и др.

[5, 34].

7 Пожалуй, наиболее близка по архитектуре и дизайну наша модель к разработанному в середине 90-х годов Акстеллом и Эпштейном социальному симулятору «Шугарскэйп» (от англ. Sugarscape) [8].

8

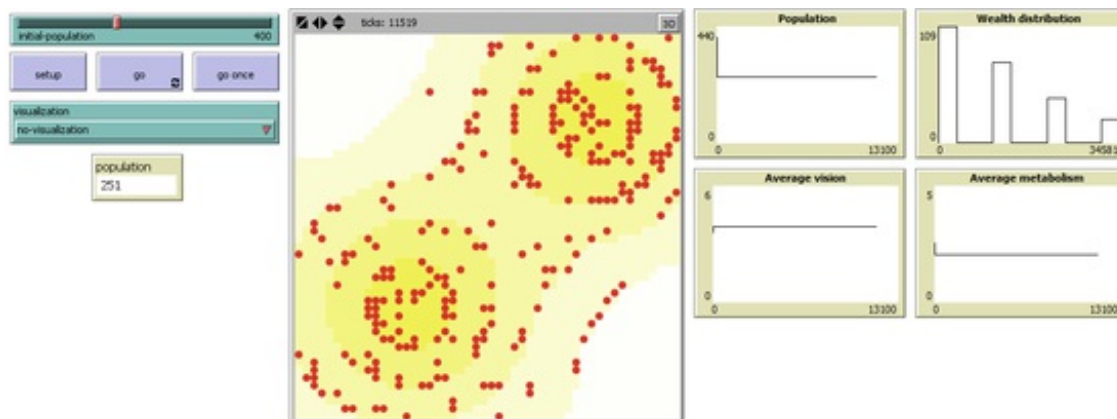


Рисунок 1. Интерфейс модели Sugarscape, реализованной в Netlogo

9 Действия в модели разворачиваются на решетке, нанесенной на поверхность тора. Агенты перемещаются в модельном пространстве в поисках ячеек содержащих особый ресурс мира Шугарскэйп – сахарный тростник. Найдя урожайный участок, агенты организуют деятельность по его разработке, складированию и распоряжению созданными запасами. Выработанные ячейки после вырубki тростника, через какое-то время вновь могут давать урожай. Агенты могут торговать друг с другом, бороться за ресурсы, размножаться, обмениваться культурными признаками, вступать в племенные союзы. Предполагалось, что Шугарскэйп станет полигоном для экспериментов экономистов и социологов, желающих проверить свои предсказания. Многоплановость задачи, поставленной авторами перед платформой, предопределили ее главный недостаток – перегруженность факторами и, как следствие, – сложности интерпретации результатов эмуляций.

10 Как уже было ранее отмечено, предлагаемая модель интегрирует в одно целое сразу все факторы производства и представляет собой концептуальный каркас, который может позволить комплексно взглянуть на такие экономические явления как безработица, трудовая миграция, таможенные барьеры, бегство капитала, торговля ресурсами и др. [32]. Все перечисленные проблемы встают сегодня как никогда остро. Иллюстрацией тому является миграционный кризис в Европе; санкционная политика США и ЕС в отношении России, направленная на ограничение движения капитала; набирающая в последнее время обороты торговая война, обостряющая отношения даже между традиционными политическими союзниками. Возможность использования предлагаемой модели в качестве интерпретационной решетки этих событий определяет актуальность настоящего исследования.

11 Далее перейдем к основной части нашей работы.

12 Человек, движимый мотивами удовлетворения своих потребностей создает экономические блага. Опираясь на свои предпринимательские способности и доступную информацию, он организует производственную деятельность, вовлекая в нее доступные капитальные и трудовые ресурсы.

13 Центральная проблема экономической теории – удовлетворение неограниченных потребностей людей при ограниченных ресурсах – носит риторический характер. Из ограниченности ресурсов вытекает проблема их эффективного использования. Естественным

образом возникает вопрос: как должны быть организованы отношения по поводу факторов производства (ФП) для максимально полного удовлетворения общественных потребностей? В демократических обществах ответ на этот вопрос зависит от представлений большинства о справедливости и вытекающих из них социально-экономических установок. Они определяют правила распределения общественного продукта и, соответственно, правила движения ФП.

14 В современном либеральном мире господствуют ценности, которые, помимо всего прочего, постулируют экономическую свободу: каждый волен сам выбирать, что и в каких количествах потреблять, во что инвестировать свой капитал, кому продавать свой труд и т.п. Прогрессивной общественностью порицаются всяческие попытки навязывания экономического поведения. Идеологическим принципом стал лозунг французского экономиста Венсана де Гурнэ – «Laissez-faire!» (с фр.– «позвольте делать»), воплотившийся в требовании к государству не вмешиваться в экономику. А крах плановых хозяйств стал для многих доказательством безальтернативности рынка, как единственного эффективного распределителя благ и ФП [33].

15 Зачатки рыночных отношений начали формироваться, когда развитие технологий и общественных отношений позволили людям иметь временные излишки некоторых благ. Несовпадение в их объемах и видах подталкивало людей вступать в обмен [10]. Трудности поиска контрагентов делали бартерные отношения крайне неудобной формой заключения сделок. Появлялась объективная необходимость в некоем товарном эквиваленте, который был бы всеми признан, стабильно востребован, мог относительно долго храниться и легко переноситься. Известно, что роль первых денег в разных доисторических сообществах выполняли зерно, соль, сушеная рыба и мясо, мелкий скот и т.п.

16 Вхождение в обиход драгоценных металлов в качестве денег стало важным этапом в эволюции рыночных отношений. Став универсальной мерой стоимости, они значительно упростили процедуру обмена. Но самое главное – они позволили однозначно устанавливать цены на товары. Цены являются ключевым индикатором принятия эффективных экономических решений. Производным от цены индикатором является величина нормы прибыли. Она отражает процентное отношение прибыли к величине авансированного капитала. Иными словами норма прибыли показывает, какова средняя отдача от единицы инвестированных средств. Высокая норма прибыли притягивает ФП, отвлекая их от других производственных ниш. Низкая норма является сигналом к миграции для ФП. Очевидно, что при абсолютной мобильности ФП и неискаженных ценах, норма прибыли во всех отраслях должна иметь одинаковое значение [24].

17 Обозначим характеристики ФП и необходимые условия для их эффективного движения.

18 **Труд** представляет собой сознательную деятельность по преобразованию объектов окружающей действительности. В отличие от других факторов его невозможно отделить от носителя. Ключевой экономической характеристикой труда является квалификация. Говоря о квалификации труда, следует разделять специализацию и трудовую культуру носителя. Специализация характеризует профессиональную направленность знаний, умений и навыков работника; трудовая культура является проекцией его личностных качеств и во многом определяется общественным влиянием. Так как фактор труда неотделим от человека, условия, ограничивающие его мобильность, также ограничивают мобильность трудовых ресурсов. Экономическим стимулом притяжения трудовых ресурсов является уровень заработной платы.

19 **Земля** является объектом приложения человеческого труда. В теории Сэя понимание данного фактора близко к буквальному и несколько отличается от современного.

Ученый объяснял механизм формирования стоимости экономических благ, как суммы стоимостей использования при их производстве трех факторов: заработной платы рабочих – стоимости труда, ренты землевладельцев – стоимости пользования землей, прибыли капиталистов – стоимости пользования капиталом. Земля понималась как территория, на которой осуществляется производство. Современная теория под фактором земля понимает естественные природные ресурсы, которые могут быть отчуждены от территории своего происхождения, т.е. земля является мобильным фактором. Стимулом притяжения ресурсов является ожидаемая экономическая отдача – рентабельность.

20 **«Капитал»** – один из наиболее употребляемых терминов в экономической науке. Однако четкой дефиниции этого понятия не существует. Тем не менее, общим местом во всех определениях является понимание капитала как стоимости, генерирующей новую стоимость; как объекта материального или нематериального имущества, который может быть прямо или косвенно задействован в процессе создания экономических благ. Капитал может существовать как в денежной, так и не денежной форме (в виде станков, инструментов, патентов, авторских прав). Стимулом притяжения капитала является норма прибыли.

21 **Информация** подразделяется на технологическую и экономическую. Технологическая информация отвечает на вопрос «как производить?». Она включает в себя производственные формулы и алгоритмы. Экономическая информация обуславливает ответы на вопросы: «что?», «где?» и «в каких количествах?» производить. Она необходима для принятия оптимальных предпринимательских решений. Технологии являются продуктом научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ. Элементарной экономической информацией являются цены. Она может содержаться в открытых отчетах компаний; может быть продуктом деятельности консалтинговых и рейтинговых агентств, специализированных государственных органов мониторинга и статистики и т.п.

22 **Предпринимательские способности**, также как и труд невозможно отделить от человека. Данный фактор отражает эксклюзивные знания, умения и навыки эффективно объединять факторы производства; выступает своеобразным «случайным членом в уравнении успеха» бизнеса; является продуктом деловой традиции и культуры общества, в котором формировалась личность предпринимателя.

23 В настоящей работе мы предлагаем разделять **движение факторов производства на вертикальное и горизонтальное**. Под вертикальным будет пониматься движение факторов внутри одной экономической зоны; под горизонтальным – перемещение факторов между разными зонами. Собственно, под **экономической зоной** будет пониматься зона концентрации факторов производства, внутри которой действуют единые цены на ресурсы, единый уровень заработной платы и одинаковая норма прибыли на капитал в сфере производства товаров одного вида. Можно рассматривать разные градации экономического зонирования, от районов и городов до регионального и межгосударственного уровня.

24 Рассмотрим пример. Пусть есть две страны I и II, каждая страна производит продукцию видов А и В. Возьмем страну I. Если уровень заработной платы в отрасли А выше, чем в отрасли В, рабочая сила из отрасли В устремится в отрасль А. Это будет примером вертикальной миграции трудовых ресурсов. Предположим, что перемещение трудовых ресурсов создает новую экономическую ситуацию, при которой норма прибыли на капитал в стране I становится существенно ниже, чем в стране II. В результате часть капитала из страны I мигрирует в страну II. Это пример горизонтальной миграции факторов производства. Перемещение капитала между странами принято называть международным движением капитала.

25 Различия производственных условий отдельных экономических зон определяют их сравнительные преимущества. Проекцией таких преимуществ становятся различия цен на идентичные товары. Дифференциация цен создает экономические стимулы для движения товаров и факторов производства между экономическими зонами.

26 Введем понятие **эффективного движения ФП**. Эффективным будет такое движение, при котором ФП могут свободно перемещаться в нужном направлении. Правильное направление движения факторов зависит от наличия качественной информации; свобода движения факторов – от качества институциональной среды и наличия соответствующей инфраструктуры.

27 **Институциональная среда.** Институты являются формами организации взаимодействия субъектов общества. Один из главных теоретиков институциональной экономики Дуглас Норт определил институты как «правила игры» в обществе. Они прямо и косвенно оказывают влияние на социально-экономические процессы; бывают формальными и неформальными. Формальные институты, в отличие от неформальных, представлены явно, и могут быть идентифицированы субъектами, не принадлежащими к сфере их регулирования. Они включают в себя такие категории как форма правления, государственное устройство, конституция, закон, право и т.д.

28 Неформальные институты существуют в виде систем норм и правил, регулирующих общественные отношения. Они возникают стихийно и не имеют юридической силы. Примером может быть деловая этика – правила отношений с партнерами, конкурентами и государственными органами. Неформальные институты могут как дополнять, так и противостоять формальным институтам. Для внешних субъектов, вступающих в сферу их регулирования, неформальные институты являются своеобразными «подводными камнями».

29 **Инфраструктура.** Дифференциация заработных плат в разных экономических зонах создает стимулы для движения ФП. Для перемещения трудовых ресурсов помимо транспортной, необходима доступная жилищная и социальная инфраструктура. Без соответствующих условий перемещение трудовых ресурсов будет создавать социальную напряженность в местах концентрации мигрантов [36].

30 Для эффективного движения капитала нужна развитая **финансовая инфраструктура**, состоящая из регуляционных, информационных и операционных элементов. Регуляционные элементы обеспечивают нормативно-правовую основу движения капитала. Информационные элементы осуществляют функции аккумуляции и анализа данных об объемах продаж, ценах, дисконтах, курсах, ставках и т.п. Операционные элементы представлены финансово-кредитными учреждениями. В их функцию входит учет, регистрация, фиксация расчетов по сделкам [39].

31 Для движения ресурсов необходима транспортная инфраструктура. Она состоит из железных и автомобильных дорог, портов, аэропортов, трубопроводов, каналов и средств доставки. Слабое развитие транспортной инфраструктуры, препятствуя гибкому распределению ресурсов, порождает жесткую структуру производства и создает логистические риски. Невозможность транспортировки ресурсов выключает их из производства либо создает издержки, связанные с вынужденным перемещением производственных комплексов и рабочей силы к месту их расположения. Источниками логистических рисков могут быть технические и, если речь идет о международном движении ресурсов, политические причины. Технические причины связаны с выходом из строя элементов инфраструктуры; политические – с возможностью их инструментального использования в политической борьбе [13].

32 **Информация.** Как было ранее отмечено, ключевым источником экономической информации являются цены. Качество передаваемой через них информации зависит от их устойчивости и свободы образования. В экономической теории неустойчивость цен именуется риском. Источником неустойчивости в нормальной ситуации является частое изменение спроса и/или предложения. Большие риски ослабляют стимулы движения ФП.

33 Ценовые риски имеют как объективные, так и субъективные основания. Объективные основания связаны с форс-мажорными обстоятельствами, не зависящими от участников рынка; субъективные – являются следствием действия отдельных агентов: продавцы, вступая в стовор, могут манипулировать ценами; покупатели – неожиданно отклоняться от своих потребительских привычек. Таким образом, качество рыночной информации напрямую зависит от количества участников рынка. Чем большим числом продавцов представлен рынок, тем меньше у них шансов принимать согласованные решения, а большая численность покупателей гарантирует устойчивый средний уровень спроса.

34 Свободное ценообразование – ключевая характеристика, отличающая рыночную экономику от плановой. Государственное вмешательство в формирование цен или квот на производство (даже отдельных товарных групп) искажает всю систему рыночных сигналов. А вмешательство без соответствующей субсидиарной поддержки и контрафактного контроля ведет к уничтожению целых отраслей и расцвету теневой экономики. Бессистемное вмешательство создает большие риски и оказывает разрушительное влияние на развитие рынка и эффективное движения ФП.

35 В международном масштабе важными источниками экономической информации являются процентные ставки и курсы валют. С одной стороны, они характеризуют текущее положение государств в мировой торговле; с другой – создают систему сигналов для горизонтального движения капитала. Курс национальной валюты отражает состояние платежного баланса страны – соотношение уплаченной и полученной стоимости из-за границы за определенный период времени. Падение валютного курса снижает стоимость факторов производства страны, что создает стимулы для притяжения иностранного капитала и делает ее продукцию более конкурентоспособной на мировом рынке.

36 Реальная процентная ставка постоянно меняется в зависимости от соотношения спроса и предложения на капитал внутри экономики. На практике она фиксируется государством. Это связано с тем, что свободное колебание ставки создает риски для бизнеса (по займу капитала), и как следствие, ведет к снижению инвестиционной активности. Недостаток или избыток предложения капитала, возникающий в экономике из-за разницы между реальной и номинальной величиной ставки, сглаживается за счет международного движения капитала. Государства регулируют величину ставки в соответствии с долгосрочными политэкономическими целями.

37 Страны с сильными и слабыми позициями в мировой экономике обладают разными наборами инструментов по увеличению своей конкурентоспособности. Не беря в расчет технологическое развитие, отметим, что главным фактором, определяющим конкурентоспособность страны в международной торговле, является дешевизна ее валюты. Иными словами, страны, желающие увеличить экспорт, заинтересованы в девальвации своих валют. В последние годы для обозначения конкурентной девальвации между странами появился термин – «валютная война». Сегодня традиционные государства-эмитенты резервных валют осуществляют девальвацию путем, так называемого, количественного смягчения – экстремального снижения процентных ставок. Применение данного инструмента для развивающихся стран чревато инфляцией. Поэтому вместо него они используют тактику стерилизации экспортной выручки в ценных бумагах государств-эмитентов резервных валют. Эту же тактику последние могут использовать по отношению друг к другу [37]. Создавая

точки притяжения для иностранного капитала, развивающиеся государства вынуждены проводить крайне консервативную кредитно-денежную и агрессивную социальную политику.

38 В долгосрочной перспективе конкурентоспособность государств и движение ФП между ними определяют фундаментальные факторы: развитие технологий и инфраструктуры, рост численности населения, качество гуманитарной среды и социально-экономических институтов.

39 Международная экономическая повестка последних двух десятилетий отражена в так называемом Вашингтонском консенсусе – неофициальном своде рекомендаций руководства МВФ и Всемирного банка странам, испытывающим финансовые и экономические трудности. Среди прочих, свод включает в себя следующие рекомендации:

- 40 1. Поддержание фискальной дисциплины (минимальный дефицит бюджета);
2. Снижение предельных ставок налогов;
3. Либерализация финансовых рынков для поддержания реальной ставки по кредитам на невысоком, но всё же положительном уровне;
4. Свободный обменный курс национальной валюты;
5. Либерализация внешней торговли (в основном за счет снижения ставок импортных пошлин);
6. Снижение ограничений для прямых иностранных инвестиций;
7. Приватизация;
8. Дерегулирование экономики;
9. Защита прав собственности [35, 19].

41 Реализация этой политики в большом количестве стран привело как к положительным, так и к отрицательным эффектам, часть из которых являются предметом исследования в этой статье.

42 В этих целях, используя инструментарий агентного моделирования (АМ), построим концептуальную модель горизонтального движения факторов производства: труда, капитала и ресурсов. Суть агентного подхода заключается в представлении моделируемого объекта (явления или процесса) в виде совокупности взаимодействующих субъектов – агентов [27]. Агенты – это абстрактные проекции сущностей реального мира, взятых в некоторой интересующей исследователя системе отношений. Агентами могут быть покупатели, осуществляющие выбор товаров; солдаты, сражающиеся на поле боя; пешеходы и автомобили, участвующие в дорожном движении и т.п. Одна модель может быть представлена несколькими видами агентов. Философия АМ состоит в репрезентации объектов «снизу-вверх». Акцент делается не на макро-, а на микроуровень: правила поведения задаются для каждого агента по отдельности, а общая динамика системы становится следствием совокупности их взаимодействий.

43 Общее описание модели. Агенты (или индивиды) в модели являются носителями трудовых ресурсов и обладателями капитала. Они могут объединяться в экономические союзы – страны. Под страной будет пониматься совокупность связанных в одну экономику агентов, располагающихся на ограниченном участке модельного пространства. Ресурсы, в отличие от капитала, находятся в собственности государства, т.е. в коллективной собственности агентов принадлежащих к одной стране. Агенты могут менять гражданство, а капитал и ресурсы свободно перемещаться между странами.

44 Детальное описание. Стимулом активности индивидов является получение прибыли. Для ведения совместной хозяйственной деятельности они могут объединяться в группы, захватывать и защищать ресурсы (r). Каждый агент обладает определенным уровнем

квалификации (е), капиталом (к) и склонностью к потреблению (с). Квалификация – экзогенная величина, отражающая ценность индивида как трудовой единицы. Капитал показывает, какое количество данного фактора принадлежит индивиду. Склонность к потреблению задается экзогенно в виде коэффициента, и показывает, какую долю заработка индивид склонен потреблять, а какую переводить в сбережения.

45 **Место действия** представляет собой двумерное пространство, поделенное на множество симметричных клеток (патчей). Каждая клетка является единицей ресурсов и имеет статус принадлежности. В случае если клетка никому не принадлежит, любая страна может установить над ней свою юрисдикцию. Если клетка принадлежит чужой стране, страна-претендент для захвата клетки должна обладать на данном участке количественным и экономическим преимуществом.

46 Опишем процесс **реализации модели** в интегрированной среде разработки агентных моделей NetLogo [18].

47 0. На старте n агентов в случайном порядке размещается на координатной плоскости. Далее реализация программы предполагает циклическое воспроизводство алгоритма.

48 1.0. В начале цикла каждый индивид делает шаг в произвольном направлении.

49 1.1. Каждая страна рассчитывает свой валовой внутренний продукт, как сумму производства и доходов/расходов от экспорта ресурсов (ясно, что на первом цикле количество стран равно количеству агентов).

$$50 \quad GDP_j = \left(\sum_{i=1}^n e_{ij} \right)^{a_1} \cdot K_j^{a_2} \cdot R_j^{a_3} + P_{GR} \cdot (EXR_j - IMR_j) \quad i = \overline{1, n} \quad j = \overline{1, m} \quad (1),$$

51 где K_j и R_j – объемы капитала и ресурсов, задействованные внутри экономики страны j ; $\sum_{i=1}^n e_{ij}$ – интеллектуальный фонд страны, рассчитанный как сумма квалификаций работников страны; n – количество агентов в стране j ; m – количество стран; a_1, a_2, a_3 коэффициенты эластичности по интеллектуальному фонду, капиталу и ресурсам страны соответственно. Для них выполняются условия: $a_1 + a_2 + a_3 = 1$ и $a_1, a_2, a_3 > 0$. P_R – цена ресурсов на мировом рынке; EXR_j и IMR_j – экспорт и импорт ресурсов страны.

52 1.2. Цена ресурсов на мировом рынке рассчитывается как сумма стоимостей ресурсов внутри отдельных экономик (P_{jR}), взвешенных по их доле в объеме глобальной экономики (δ_j).

$$53 \quad P_{GR} = \sum_{j=1}^m P_{jR} \cdot \delta_j \quad (2)$$

54 1.3. Стоимость ресурсов внутри отдельной экономики равна их предельному продукту.

$$55 \quad P_{jR} = a_3 \cdot R_j^{a_3-1} \cdot \left(\sum_{i=1}^n e_{ij} \right)^{a_1} \cdot K_j^{a_2} \quad (3)$$

56 1.4. Доля j -ой экономики в глобальной рассчитывается как отношение ее объема к объему всех экономик.

$$57 \quad \delta_j = \frac{GDP_j}{\sum_{j=1}^m GDP_j} \quad (4)$$

58 2.0. На втором этапе рассчитывается доля каждого агента от ВВП страны, к которой он принадлежит.

59 $gdp_{ij} = GDP_j \mu_{ij}$ (5), где μ_{ij} – относительная доля агента.

60 2.1. Относительная доля агента зависит от его места в социально-экономической иерархии страны. Условимся называть произведение капитала агента на его квалификацию ($k_{ij} \cdot e_{ij}$) социально-экономической силой, а сумму социально-экономических сил агентов $\sum_{i=1}^n k_{ij} \cdot e_{ij}$ страны j социально-экономической силой страны. Таким образом, отношение социально-экономической силы агента к социально-экономической силе страны будет отражать его место в иерархии. В соответствии с ним будет производиться распределение ВВП между агентами gdp_{ij} .

61
$$\mu_{ij} = \frac{k_{ij} \cdot e_{ij}}{\sum_{i=1}^n k_{ij} \cdot e_{ij}} \quad i = \overline{1, n} \quad j = \overline{1, m} \quad (6)$$

62 Чем богаче и умнее агент, тем большую часть ВВП он получает. Индивиду, обладающему большим капиталом, но при этом малой квалификацией, или высокой квалификацией, но малым капиталом, не приходится рассчитывать на большую долю.

63 3.0. На третьем этапе рассчитываются личные доходы агента, как сумма его доли от ВВП и рентных доходов от капитала.

64 $incom_i = rent_i + gdp_i$ (7)

65 3.1. Рентный доход рассчитывается как произведение капитала агента на процентную ставку (стоимость капитала)

66 $rent_i = k_i P_k$ (8)

67 где k - капитал агента; *percent* - ставка по капиталу.

68 3.2. Стоимость капитала рассчитывается по тому же принципу, что и стоимость ресурсов (ф.2): как сумма стоимостей капитала внутри отдельных экономик (P_{jk}), взвешенных по их доле в объеме глобальной экономики (δ_j).

69
$$P_{GR} = \sum_{j=1}^m P_{jk} \cdot \delta_j \quad (9)$$

70 3.3. Стоимость капитала внутри отдельной экономики равна его предельному продукту.

71
$$P_{jR} = a_2 \cdot K_j^{a_2-1} \cdot \left(\sum_{i=1}^n e_{ij} \right)^{a_2} \cdot R_j^{a_2} \quad (10)$$

72 3.4. На каждом цикле величина капитала агентов кумулятивно растет на величину непо потребленного дохода.

73 $k_{i(t)} = k_{i(t-1)} + (1-c_i) incom_{i(t)}$ (11)

74 где c_i – коэффициент потребления, показывающий, какую долю дохода агент склонен тратить на потребления. Соответственно величина $[c_i incom_{i(t)}]$ отражает текущее потребление агента, а $[(1-c_i) incom_{i(t)}]$ – сбережение.

75 4.0. Далее просчитываются основания для миграции факторов производства: часть

капитала и/или ресурсов задействованных в одних странах могут переместиться в другие; агенты могут принять решение о смене гражданства. На каждом шаге в результате миграции факторов производства создается новая экономическая ситуация.

76 Итак, если внутренние цены на ФП ниже, чем мировые, они стремятся выйти из экономики и найти более «комфортное место». При этом не весь объем неэффективно используемых факторов одновременно покидает экономику. В модели данный процесс реализован квазислучайным образом. Ресурсы и капитал, с одной стороны, отражены на счетах стран и агентов; с другой – представлены в виде фишек (на старте запуска программы они случайным образом «разбросаны» по модельному пространству). Каждая фишка равна доле от всего объема фактора: например, если объем капитала находящийся в собственности у всех агентов равен 500, а количество фишек капитала равно 100, то 1 фишка представляет 500/100 капитала, то есть 5 единиц капитала. Количество фишек можно задавать произвольно. Такой же механизм реализован для ресурсов (рис.2).

77

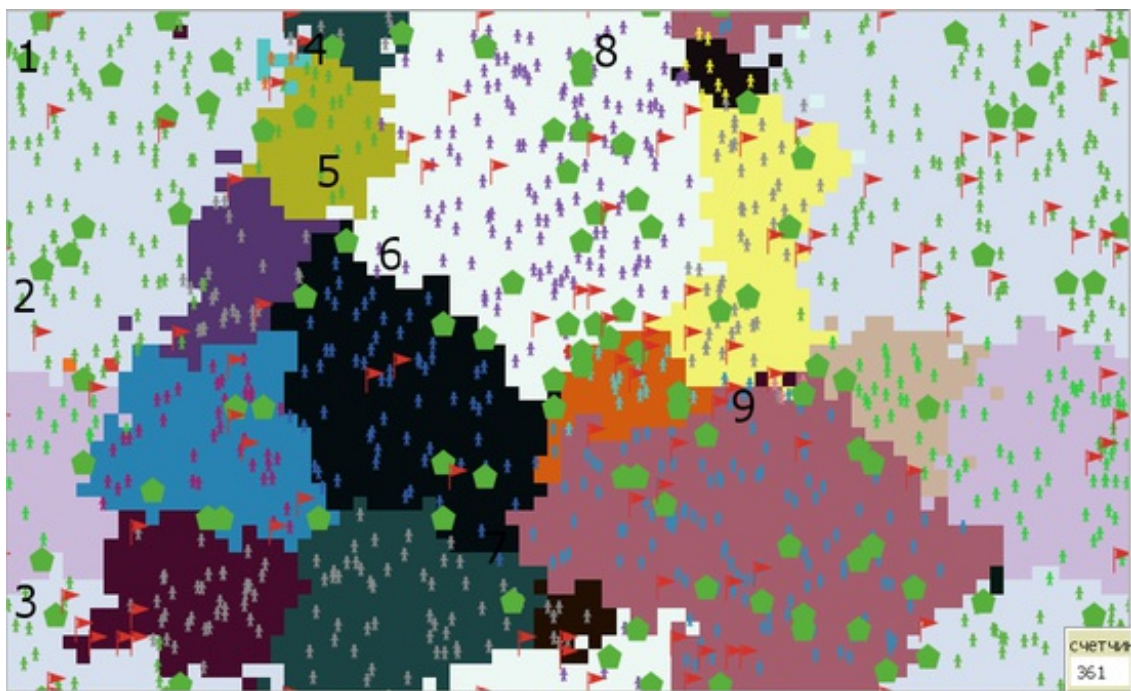


Рисунок 2. Реализация модели в NetLogo (человеческие силуэты – индивиды; флажки – фишки капитала; пятиугольники – фишки ресурсов)

78 Если цена на факторы производства внутри экономики ниже мировой, фишки «делают шаг» в случайном направлении. Чем больше разница между внутренней и внешней стоимостью фактора, тем шире шаг «делает» фишка. Если же внутренняя цена фактора выше или равна мировой, фишки остаются на своем месте, то есть фактор не стремится покинуть экономику. Формальная запись шага выглядит следующим образом:

79

$$\text{if } P_{GR} > P_{JR} \Rightarrow \otimes \xrightarrow{\beta \cdot P_{GR} / P_{JR}}$$

$$\text{if } P_{GR} \leq P_{jR} \Rightarrow \otimes \xrightarrow{0}$$

81 где β - экзогенный коэффициент, задающий длину шага фишки. Если цена на ресурсы P_{jR} внутри страны j ниже, фишки ресурсов делают шаг размером $\beta P_{GR} / P_{jR}$ в случайном направлении; если выше – остаются на месте.

82 То же самое для фишек капитала:

83

$$\text{if } P_{GK} > P_{jK} \Rightarrow \otimes \xrightarrow{\beta \cdot P_{GK} / P_{jK}}$$

84

$$\text{if } P_{GR} \leq P_{jR} \Rightarrow \otimes \xrightarrow{0}$$

85 4.1. Опишем правило миграции агентов. Оказавшись на территории чужой страны, агент может принять решение о миграции. Если место в новой иерархии (μ) и/или производственные возможности страны потенциального перехода (GDP) будут сулить ему больше выгод ($gdp = GDP \mu$), агент сменит юрисдикцию.

86 $\text{if } gdp_{i1} > gdp_{i2} \rightarrow$ агент остается в стране 1

87 $\text{if } gdp_{i1} < gdp_{i2} \rightarrow$ агент иммигрирует в страну 2 (14)

88 Если экономика текущей страны агента слабее экономики новой ($GDP_1 < GDP_2$), агент откажется от переселения. Возможна и другая ситуация: когда экономика текущей страны агента мощнее новой ($GDP_1 > GDP_2$), в то время как место в новой иерархии ($\mu_1 < \mu_2$) может позволить ему рассчитывать на больший доход, агент сменит юрисдикцию. Если страна потенциального перехода экономически успешнее, а уготованное место в новой иерархии обещает быть для агента более высоким, исход его выбора в пользу иммиграции очевиден.

89 5.0. Помимо экономического перераспределения ресурсов, модель предполагает неэкономический способ. Стечение обстоятельств может приводить к несимметричному распределению факторов производства между странами. Слабая заселенность одних стран и перенаселенность других создает естественные предпосылки для отчуждения территорий первых в пользу последних.

90 Механизм «передела земли» в модели реализован следующим образом. Если сила группы-претендента на участке больше силы группы-владельца, клетка переходит под новую юрисдикцию. В противном случае агенты, ступившие на чужую территорию, возвращаются на случайную клетку своей страны. Сила группы на участке рассчитывается как произведение количества членов группы в радиусе n от спорной клетки на сумму их сил ($k_{ij} e_{ij}$). Например, клетка с координатами (5;5) (рис. 3), принадлежащая черным агентам, попав в зону интересов группы белых, перейдет под их юрисдикцию, так как их сила на участке больше: $2 \cdot (8+6) < 3 \cdot (6+7+9)$

91 $46 < 66$

92 Здесь, как и в реальности, победителем оказывается наиболее заинтересованная (количество агентов в радиусе) и оснащенная (совокупная экономическая мощь агентов в радиусе) сторона. Агенты, оставшиеся без жизненного пространства, погибают.

93

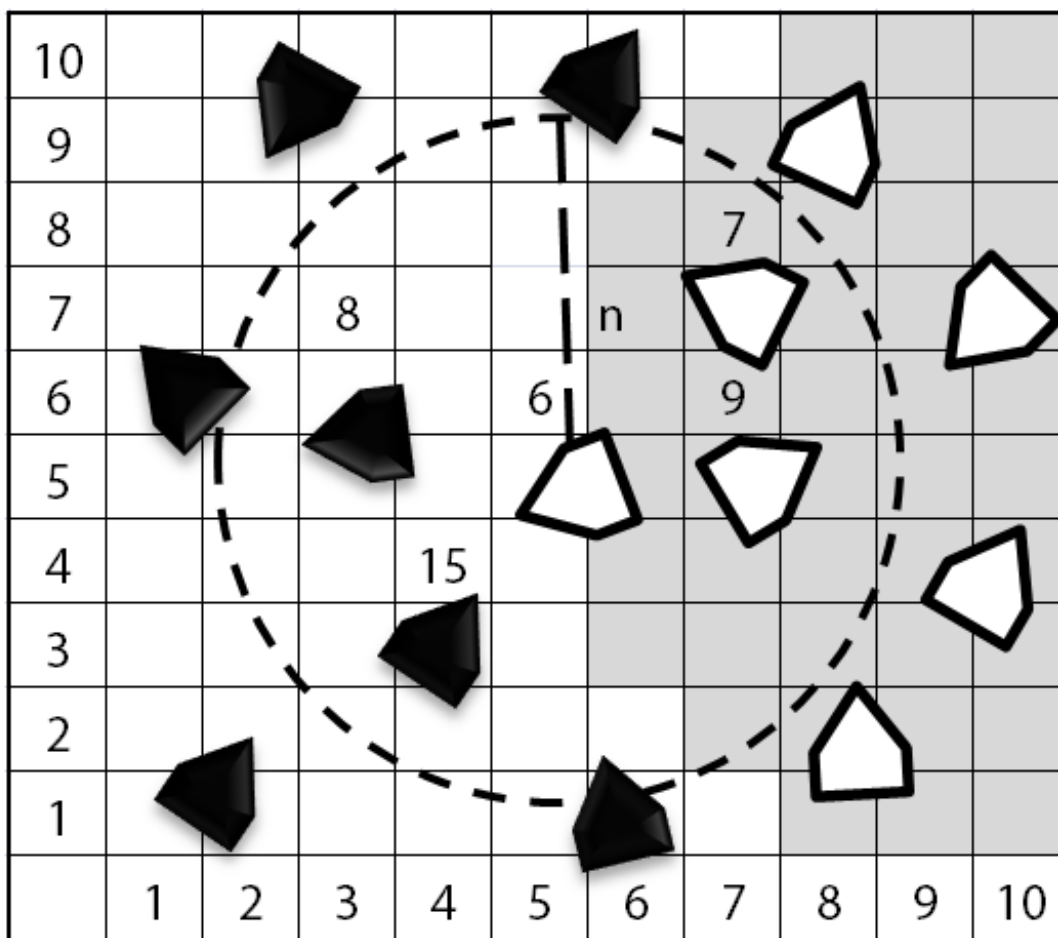


Рисунок 3. Иллюстрация процесса борьбы за ресурсы

94 Обсуждение результатов. Развитие процесса реализации модели условно можно разделить на несколько этапов. На начальном этапе разрозненные агенты активно захватывают свободные участки пространства и объединяются в небольшие группы. На карте появляется множество близких по размеру стран с рваными контурами. Несмотря на циркуляцию капитала и ресурсов, между агентами наблюдается значительная дифференциация доходов. На втором этапе отдельные страны начинают быстро терять население. На карте, по соседству с мелкими, вырисовываются крупные государства. Дифференциация доходов между агентами снижается, однако сильно колеблется. На заключительном этапе на карте остается несколько крупных государств с плавающими границами, между которыми непрерывно циркулируют

индивиды, капитал и ресурсы (рис. 2).

95 Факт того, что все агенты не объединяются в одно государство, на первый взгляд, не должен вызывать удивления. В реальном мире на пути к всеобщей интеграции стоит множество преград неэкономического характера. Однако если учесть, что поведение агентов в модели основано исключительно на экономических стимулах, подобная динамика системы не кажется тривиальной. Интуиция подсказывает, что между увеличением числа агентов, включенных в одну экономику, и их доходами должна существовать положительная связь. Подобный вывод можно сделать, даже исходя из вида производственной функции, использованной в модели. В реальной жизни расширение рынка создает благоприятные условия для разделения труда, положительно сказывается на возможностях сбыта продукции, снижает транзакционные издержки, снимает препятствия на пути вертикального движения капитала и рабочей силы. Другими словами, большой рынок позволяет генерировать большой валовой продукт.

96 Объяснение феномена не слияния всех агентов в одну страну лежит в иерархическом характере экономических отношений между агентами. Например, если место в иерархии страны позволяет индивиду получать 0.025% ее дохода, а в стране потенциального перехода он может рассчитывать только на 0.001%, решение об иммиграции будет принято только в случае, если 0.001% дохода новой страны больше 0.025% дохода страны его текущего пребывания. Проекция данной ситуации в реальную жизнь выражается в невозможности создания единого экономического пространства, которое включало бы в себя все страны. Интеграция ведет к изменению структур экономик ее участников. Она приведет к тому, что отдельные субъекты, некогда обособленных экономик, в силу неконкурентоспособности потеряют свои традиционные ниши. А их место в новой, пусть и в целом более успешной производственной иерархии, может не позволить им иметь прежний уровень доходов. Подобные противоречия формируют силы, препятствующие интеграционным процессам. Не исключено, что при единовременной интеграции всех индивидов в одну страну их издержки от изменения места в производственной иерархии будут компенсированы положительными эффектами от всеобщего слияния. Однако очевидно, что на практике подобная ситуация без волюнтаристских мер невозможна.

97 Другая причина не слияния всех агентов в одно экономическое пространство связана с возможностью свободного перемещения факторов производства. Движение капитала и ресурсов на встречу к дешевой рабочей силе с одной стороны позволяет выравнивать доходы агентов, принадлежащих к разным экономическим зонам; с другой – уравнивать оборонительные потенциалы стран. В реальной жизни благодаря движению ФП и международной торговле отсталые страны получают доступ к образованию и высоким технологиям. Дешевая рабочая сила привлекает в страну иностранный капитал. Индустриализация создает спрос на высококвалифицированную рабочую силу и стимулы для развития науки и образования. Богатые ресурсами страны благодаря эскорту получают доступ к высокотехнологичной продукции и вооружению.

98 Искусственный мир модели предполагает ничем не ограниченную возможность торговли и движения ФП. В реальности реализации такой идеалистической картины, помимо объективных факторов (описанных в начале статьи), препятствует множество субъективных моментов. Мы исходили из того, что каждый агент автономно принимает экономические решения, и никто не может принудить его действовать вопреки своим интересам. Тем не менее, экономические интересы субъектов находятся в конфликтных соотношениях. Примером тому может быть пресловутый вывоз капитала. Владельцы заинтересованы в размещении своих капиталов в экономических зонах с максимальной рентабельностью. Приняв решение о перераспределении капитала из страны А в пользу страны В, собственник

наносит ущерб благосостоянию агентов, занятых в экономике страны А. Если в модели агенты «безразличны» к подобному развитию событий, на практике заинтересованные силы через государство стремятся создавать препятствия на пути миграции капитала, которые реализуются в виде прямых запретов на его вывоз, либо посредством установления таможенных барьеров на ввоз товаров. Предприниматель, вывозя капитал, как правило, стремится избежать высоких налогов и издержек по оплате труда и в то же время рассчитывает на возможность сбыта своей продукции в экономических зонах с высокой покупательской способностью населения. Государство, вводя таможенные ограничения, лишает продукцию, произведенную в странах с низкими издержками, конкурентных преимуществ и тем самым создает отрицательные стимулы для миграции отечественного капитала и положительные стимулы для притока иностранного капитала. Те же мотивы вынуждают другие страны отвечать на ограничительные меры партнеров взаимностью.

99 Невозможность свободного перетока капитала ведет к возникновению бедных и богатых стран. Миграция из неблагоприятных стран размывает рынки труда богатых государств дешевой рабочей силой. У культурного раздражения коренного населения появляются экономические основания. Несмотря на выгоды производителей от притока дешевой рабочей силы, общественное недовольство вынуждает государство вводить всевозможные ограничительные меры на въезд трудовых мигрантов. Обратной проблемой является утечка высококвалифицированных работников. Для ее предотвращения государство вынуждено тратить большие средства, создавая искусственные условия для удержания особо ценных кадров.

100 Если на миграцию капитала и рабочей силы государство имеет оперативное влияние, то с движением ресурсов дела обстоят несколько иначе. Движение ресурсов между государствами относится к критическим элементам экономической безопасности. Конфигурация ресурсных потоков является продуктом политической борьбы между государствами: ни поставщик, ни получатель не могут в одностороннем порядке изменять «правила игры». Данные обстоятельства ограничивают свободное распределение ресурсов и во многом предопределяют структуру международной торговли и движение других производственных факторов.

101 **Заключение**

102 Предложенная агентная модель горизонтального движения ФП демонстрирует, как ничем не ограниченная миграция ФП ведет к формированию отдельных экономических зон, свободно обменивающихся населением, ресурсами и капиталом. В искусственном мире модели экономическая свобода позволяет сокращать экономическое неравенство между странами. Однако, в реальной жизни миграция ФП сокращает разрыв между государствами не только за счет роста благосостояния бедных стран. Так, теряющие капитал экономики испытывают болезненную трансформацию. Часть их рабочей силы оказывается невостребованной рынком. Следствием безработицы становится социальная напряженность, часто вынуждающая государства принимать протекционистские меры.

103 Переток капитала меняет международную систему разделения труда. На карте появляются новые индустриальные центры. Обостряется борьба за ресурсы. Конкуренция между отдельными государствами, противостояние общественных и частных интересов внутри национальных экономик, порождают сложную многоканальную систему движения ФП с узкими местами и нерегулируемыми перекрестками. Запутанность системы делает долгосрочные инвестиции и торговые соглашения слишком рискованными. Все это негативным образом сказывается на благосостоянии всех участников экономических отношений. Для разрешения данных проблем международным сообществом создаются специальные институты, на платформе которых государства вырабатывают единые правила финансового

взаимодействия, торговли и конкуренции. Так, всеобщее следование рекомендациям «Вашингтонского консенсуса» должно было гарантировать эффективное движение капитала и товаров между государствами.

104 В последние годы исследователи констатируют кризис нового курса [30]. Переток промышленного капитала с запада на восток вкупе с наплывом мигрантов из бедных стран нанесли удар по экономикам и привычному образу жизни развитых государств. Экономисты и социологи говорят о неизбежности правой реакции [29]. Уже сегодня мы можем наблюдать, как изменяются правила движения факторов производства. Страны ужесточают миграционный и таможенный контроль, создают отрицательные стимулы для оттока капитала.

105 Одной из первых на этот пусть встала главная экономика мира: спустя год после своего избрания, президент США Трамп приступил к реализации одного из самых спорных обещаний своей предвыборной кампании – ужесточению миграционного контроля. По сути, это решение ограничивает приток трудовых мигрантов. Ослабляя конкуренцию на рынке труда, данное решение в краткосрочной перспективе может улучшить положение отдельных американцев, но в долгосрочной – стать тормозом экономического роста. Сама по себе данная мера дает импульс к оттоку капитала из экономики США (за счет сокращения предельного продукта от капитала, ф. 3.3), и логично, что для купирования данной проблемы следующим шагом правительства Трампа стало увеличение таможенных пошлин не только для Китая, но и для традиционных политических союзников Америки. Международное сообщество стало говорить о начале новой торговой войны [25, 31].

106 Глобальные экономические сдвиги не могли обойти стороной и Россию. Наша страна одной из первых испытала на себе негативные тенденции конкуренции по новым правилам. Для России эти тенденции нашли свое отражение в ограничении движения капитала и попытках отодвинуть ее от традиционной торговой ниши – экспорта энергоносителей.

107 Трансформации также подверглись привычные межгосударственные отношения по поводу ресурсов. Кризис отношений с Украиной заставил Россию искать способы диверсификации поставки газа в Европу. Несмотря на очевидные экономические выгоды, правительство Болгарии, оказавшись под политическим прессингом в 2014-м году, запретило строительство газовой инфраструктуры на своей территории. Такая же ситуация складывалась с турецким и северным потоками. Однако разрешение на их строительство все-таки было акцептовано в 2018-м году, несмотря на давление Соединенных Штатов, включившихся в борьбу за европейский рынок газа.

108 Согласно логике заложенной в нашу модель ограничение на движение факторов производства, в условиях всеобщей политики изоляционизма, больше всего ударит по развивающимся странам, которые лишатся перспектив экономического роста за счет перетока капитала из развитых стран.

109 Для описания динамики развития возможных сценариев в предложенную модель могут быть внесены корректировки, касающиеся правил движения ФП, ландшафтной привязки агентов, включения всевозможных неэкономических факторов и т.п. «Живые макеты», построенные на основе агентного подхода, позволяют воспроизводить системы самого разного уровня сложности. Гибкость агентного моделирования может оказаться полезной при анализе складывающейся ситуации.

References:

1. Axelrod R., Bennett D. S. A Landscape Theory of Aggregation. British Journal of Political

Science, Vol. 23, No. 2 (Apr., 1993). – pp. 211-233.

2. Axelrod R., Mitchell W., Coalition Formation in Standard-Setting Alliances. Management Science, Vol. 41, No. 9 (Sep., 1995). – pp. 1493-1508.

3. Axelrod, Robert (April 1997). «The dissemination of culture: a model with local convergence and global polarization». Journal of Conflict Resolution. Sage. 41 (2). – pp. 203–226.

4. Axtell R., Firm sizes: facts, formulae, fables and fantasies. The Brookings Institution Washington, DC 20036 USA. CSED Working Paper No. 44. – p. 21.

5. Balmann A., Kataria K., Musshoff O. Investment Reluctance in Supply Chains: An Agent-Based Real Options Approach. Journal of Mathematical Finance, 2013, 3. – pp. 1-10.

6. Biondoa A.E., Pluchinob. A., Rapisardab A. Return Migration After Brain Drain: A Simulation Approach. Journal of Artificial Societies and Social Simulation 16 (2) 11: [сайт]. <http://jasss.soc.surrey.ac.uk/16/2/11.html> (дата обращения: 20.01.2018)

7. Domar E. Capital Expansion, Rate of Growth and Employment // Econometrica. – 1946. – Апрель (т. 14, № 2). – С. 137–147.

8. Epstein, Joshua M.; Axtell, Robert (October 11, 1996). Growing artificial societies: social science from the bottom up. Brookings Institution Press. – p. 224.

9. Fleming J.M. «Domestic Financial Policies under Fixed and under Floating Exchange Rates», IMF Staff Papers 9, 1962, pp. 369–379.

10. Graeber D. Debt: The First 5000 Years, Melville 2011

11. Harrod R.F. An Essay in Dynamic Theory // Economic Journal. – 1939. – Март (№ 49). – с. 14–33.

12. Hicks J. IS-LM: An explanation // Journal of Post Keynesian Economics. – 1980. – № Vol III, No.2. – С. 152.

13. Ikonnikova S., Games in the Eurasian gas supply network: Multinational bargaining, Strategic investment, and Hold-up. Humboldt University of Berlin. 2007 - p. 39: [Электронный ресурс]. URL: <https://mpr.ub.uni-muenchen.de/17852/br.ru> (дата обращения: 25.01.2017)

14. Journal of Artificial Societies and Social Simulation: [сайт]. <https://artsoc.jes.su> (дата обращения: 20.01.2018)

15. Mundell R.A. Capital Mobility and Stabilizing Policy under Fixed and Flexible Exchange Rates. Canadian Journal of Economics and Political Science, 29, 1963, pp.475–485.

16. Nagel K., Paczuski M., (1995). Emergent Traffic Jams. Physical Review E 51. – pp. 2909–2918.

17. Nagel, K.; Schreckenberg, M. (1992). «A cellular automaton model for freeway traffic». Journal de Physique I. 2 (12). – p. 2221.

18. NetLogo. The multi-agent programmable modeling environment: [сайт]. URL: <http://ccl.northwestern.edu/netlogo> (дата обращения: 22.01.2018)

19. Rogoff K. Wither the Washington Consensus? // Foreign Policy. 2003

20. Yasser A., Hesham N. E., Sanaa H. A. Optimizing Mobile Agents Migration Based on Decision Tree Learning. International Science Index, Computer and Information Engineering Vol:1, No:9, 2007. -- pp. 2754-2760.
21. Бахтизин А.Р. Агент-ориентированные модели экономики. М.: Экономика. 2008. – 279 с.,
22. Блауг М. Закон тенденции нормы прибыли к понижению // Экономическая мысль в ретроспективе. Economic Theory in Retrospect. – М.: Дело, 1994. – 627 с.
23. Блауг М. Маршалл, Альфред // 100 великих экономистов до Кейнса = Great Economists before Keynes: An introduction to the lives & works of one hundred great economists of the past. – СПб.: Экономикс, 2008. – С. 205-209. – 352 с.
24. Блауг М. Экономическая мысль в ретроспективе. – М.: Дело, 1994. – 720 с.
25. ЕС грозит США ответными мерами на введение пошлин на сталь. Журнал «Эксперт» – российский деловой еженедельник: [сайт]. URL: <http://expert.ru/2018/03/2/yunker-prigrozil-ssha-otvetnyimi-merami-na-vvedenie-poshlin-na-stal/> (дата обращения: 19.04.2018)
26. Зулькарнай И.У. Методологические вопросы агент-ориентированного моделирования экономической целесообразности границ юрисдикций // Вестник Башкирского университета. – 2015. – Т. 20. – № 3. – С. 903-906
27. Зулькарнай И.У. Моделирование горизонтальной конкуренции юрисдикций // Ежеквартальный Интернет – журнал «Искусственные общества». – 2014. – Том 9. – № 1-4. – С.133-14
28. Искусственные общества. Электронный научно-образовательный журнал: [сайт]. <https://artsoc.jes.su> (дата обращения: 19.01.2018)
29. Кагарлицкий Б. Неoliberalизм и революция. СПб.: ООО Полиграф, 2013. – 256 с.
30. Колодко Г. В. Неoliberalизм и мировой экономический кризис. Вестник Финансового университета. № 6 / 2009. – С. 5–11., с. 5–11
31. Королева. А. Мировая торговая война началась. Журнал «Эксперт» — российский деловой еженедельник: [сайт]. URL: <http://expert.ru/2018/06/15/mirovaya-torgovaya-vojna-nachalas/> (дата обращения: 01.06.2018)
32. Кошкина А. П. Миграционный кризис в Европе. – Вып. 6. – М.: ФГБОУ ВО «РЭУ им. Г. В. Плеханова», 2016. – 92 с.
33. Лал Д. Возвращение «невидимой руки»: Актуальность классического либерализма в XXI веке / Пер. с англ. М.: Новое издательство, 2009. – 426 с.
34. Макаров В. Л., Бахтизин А. Р., Сушко Е. Д., Агеева А. Ф. Агент-ориентированный подход при моделировании трудовой миграции из Китая в Россию // Экономика региона. – 2017. – Т. 13, вып. 2. – С. 331-341.
35. Павловский Г. Возможен ли «московский консенсус»? Еженедельное издание Русского Института. № 07(49). Ярославль. 2010. – с. 24.,
36. Паргачев И.П., Сундатов О.Ю., Ходин Э.В. Проблемы миграции внутри и вокруг России. Аналитический вестник № 39 (592). Под общей редакцией В.Д. Кривова. 2015. – 106 с.

37. Рикардс Д. Валютные войны. Пер. с англ. Тортуновой Е. Эксмо, 2015. – 368 с.
38. Сэй Ж.-Б.Трактат по политической экономии. Фредерик Бастиа. Экономические софизмы. Экономические гармонии.– М.: Дело, 2000. – С. 21–87., с. 21–87
39. Хмара Е.Г. финансовая инфраструктура: понятие, классификация и элементы. Вестник Таганрогского института управления и экономики. № 2 (22) / 2015. – с. 26–29.

Агентное моделирование движения факторов производства

Рамазанов Р. Р.

*Башкирский государственный университет
Российская Федерация, Уфа*

Аннотация

В настоящей статье представлена агентная модель движения факторов производства. В качестве агентов в модели выступают индивиды, движимые экономическими стимулами. Они объединяются в государства, совместно владеют ресурсами и ведут хозяйственную деятельность. Каждый индивид является носителем трудовых ресурсов и обладателем капитала. Государства могут торговать ресурсами; индивиды – менять гражданство по экономическим соображениям, инвестировать свой капитал в другие страны. Перераспределение хотя бы одного из факторов создает новую экономическую ситуацию для остальных. Таким образом, модель описывает неравновесный процесс свободного перетока капитала, рабочей силы и ресурсов между отдельными экономическими зонами. В первой части работы освещены основные теоретические моменты, касающиеся вопросов движения факторов производства. Во второй части подробно описан процесс построения модели и ее реализации на платформе интегрированной среды разработки агентных моделей Netlogo. В заключительной части обсуждаются результаты реализации модели.

Ключевые слова: агентная модель, миграция капитала, движение рабочей силы, факторы производства,

Дата публикации: 08.11.2018

Ссылка для цитирования:

Рамазанов Р. Р. Агентное моделирование движения факторов производства // Искусственные общества. 2018. Т. 13. Выпуск 4 [Электронный ресурс]. Доступ для зарегистрированных пользователей. URL: <https://artsoc.jes.su/s207751800000135-7-1/> (дата обращения: 18.01.2020). DOI: 10.18254/S0000135-7-1