

ПРОБЛЕМЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА В СОВРЕМЕННОЙ ЛИТЕРАТУРЕ

Л.В. Мельникова

ИЭОПП СО РАН

Исследование выполнено при финансовой поддержке Программы фундаментальных исследований Президиума РАН № 31 «Роль пространства в модернизации России: природный и социально-экономический потенциал» (проект «Новая парадигма моделирования экономического пространства»)

Аннотация

Исследуются проблемы моделирования пространственной экономики и подходы к их решению. Оценивается степень концептуализации экономического пространства, отмечены достижения и ограничения основных классов пространственных моделей, обобщены оценки ученых относительно дальнейших перспектив пространственного моделирования. Показано, что концептуализация понятия «экономическое пространство» далека от завершения, моделирование экономического пространства представляет собой нерешенную интеллектуальную проблему, усилия исследователей в направлении эндогенизации пространственного развития в моделях наталкиваются на трудности получения аналитического решения и наполнения моделей микроданными. Представители разных научных школ сходятся в оценке перспективных направлений в моделировании пространства: таковыми являются расширение использования микроданных; геокодирование используемых данных в целях явного учета фактора пространства; объединение моделей, уже разработанных в разных отраслях прост-

пространственной экономики, в интегрированные системы, смягчающие ограниченность входящих в них подмоделей, и в частности использование в них агенто-ориентированных моделей.

Ключевые слова: пространство, экономико-математические модели, библиография, перспективные направления моделирования

Abstract

The paper analyzes problems of the spatial economy modeling and approaches to their solving; to what degree an economic space is conceptualized; advantages and disadvantages of major classes of spatial models; and experts' assessments of prospects of spatial modeling. Conceptualization of the economic space is proved to be far from its completion, and still the economic space modeling could be regarded as an unresolved intellectual problem since the researchers' efforts to determine spatial development endogenously have faced the difficulties concerning analytical solutions and micro-data required for models. Researches of different schools agree on prospects of spatial modeling – they are the application of more micro- and geocoded data for the purposes of a direct inclusion of time factors and combination of the models developed for different sectors of spatial economy (in particular, agent-oriented models) into the integrated models to allow overcoming limits of constituted models.

Keywords: space, economic and mathematical models, bibliography, prospects of modeling

Современная региональная наука включает в себя немало дисциплин, вносящих пространственное измерение в экономический анализ и моделирование. Это региональная экономика, пространственная экономика, экономика города, экономика размещения, экономическая география, географическая экономика, новая экономическая география и др. Названные научные направления, большинство из которых возникли около 50 лет назад, чаще всего объединяют под общим названием «региональная экономика», внутри которой выделяют два больших раздела: теорию размещения и теорию регионального роста и развития.

Теория размещения рассматривает экономические механизмы, которые определяют размещение человеческой деятельности в простран-

стве. Она основана на положениях микроэкономики и использует статический подход для анализа выбора фирмами и домохозяйствами мест своего размещения. Неравномерность пространственного распределения экономической деятельности рассматривается в условиях внешних и агломерационных эффектов, что дает возможность объяснить иерархические структуры расселения. Теория регионального роста и развития исследует пространственные аспекты экономического роста и распределения дохода, что указывает на ее макроэкономическую суть. В идеале современным регионалистам хотелось бы, чтобы теория размещения подводила под теории регионального роста и развития прочные микрооснования, подобные тем, какие уже созданы микроэкономической теорией для макроэкономики, т.е. была бы теоретико-методологическим ядром региональной экономики. Тогда структура региональной экономики как науки довольно молодой «подтянулась» бы до уровня признанных отраслей экономической теории.

Наиболее полное и системное представление о современном состоянии моделирования в региональной экономике дает четырехтомное «Руководство по региональной и городской экономике» («Handbook of Regional and Urban Economics»), включающее в себя тома «Региональная экономика», «Экономика города», «Прикладная экономика города» и «Города и география» [1]. С 1995 г. регулярно выходят книги серии «Достижения пространственной науки» («Advances in Spatial Science»), которые знакомят подготовленного читателя с монографиями в теоретической и прикладной областях, с обзорами состояния дел в различных направлениях региональной науки, с инновационными теориями и методами [2].

Проблема включения пространства в экономическую теорию является собой пример того, какими непростыми и непрямыми путями может идти познание. То, что экономическая деятельность человека происходит в пространстве, представляется непреложным фактом, но классическая и неоклассическая школы экономической мысли достаточно долго развивались, игнорируя эту фундаментальную посылку. Основополагающий труд И.Г. фон Тюнена «Изолированное государство в отношении к сельскому хозяйству и национальной экономике» (1826 г.) [3], в котором была впервые построена дедуктивная модель землеполь-

зования, опередил свое время и в течение целого столетия оставался в числе наименее читаемых среди работ великих экономистов XIX в. Фатальную роль для него сыграл успех теории ренты Д. Рикардо, который свел различия пространственного положения земли к различиям в плодородности и, таким образом, сумел исключить пространственный фактор из своего анализа, сделав транспортные издержки неотличимыми от остальных производственных издержек [4]. С тех пор фактор пространства был надолго вытеснен из мейнстрима экономической теории. В моделях общего равновесия Вальраса и Эрроу – Дебре все экономические агенты взаимодействуют со всеми сразу и одновременно в абстрактном пространстве товаров, размерность которого определяется числом товаров [5]. Расположение товара является лишь одной из его характеристик, так что одинаковые товары, торгуемые в разных точках пространства, рассматриваются как разные товары.

В настоящее время понятие пространства в экономической теории продолжает уточняться. С одной стороны, используется физическая концепция экономического пространства, рассматривающая пространство как субстрат для действий человека, а экономическое пространство – как обладающее свойством дефицитности, т.е. представляющее собой набор местоположений, за которые экономические субъекты готовы платить какую-то цену (ренту). С другой стороны, под экономическим пространством понимают сеть отношений между экономическими агентами (топологическое пространство) [6]. Так, Ф. Перру выделял следующие типы экономического пространства: а) пространство, определяемое планом (отношениями фирмы с поставщиками и потребителями); б) пространство как поле взаимодействия центробежных и центростремительных сил фирмы, которые отталкивают или втягивают спрос и предложение в ее план; в) пространство как однородная совокупность фирм (обладающих, например, сходными характеристиками) [7].

Р. Капелло показала, что характеристики пространства в теориях региональной экономики менялись по мере возникновения и развития новых теорий, и предположила, что в настоящее время используются следующие концепции пространства [8].

В *теории размещения* пространство является физическим вмещителем действий человека. Это непрерывное физико-метрическое

пространство модели землепользования И. фон Тюнена, моделей размещения фирмы (А. Вебер [9], Л. Мозес [10]), пространственной конкуренции (Т. Паландер [11], Г. Хотеллинг [12]), теории центральных мест (В. Кристаллер [13], А. Лёш [14]), размещения потребителя (В. Алонсо [15]). Одновременно оно выполняет роль барьера для входа на рынок, ограничивая конкуренцию.

В *теориях регионального роста и развития* в условиях постоянной отдачи от масштаба пространство становится абстрактным и дискретным, совершенно однородным. Регионы (рассматриваемые как административно-территориальные единицы) превращаются в точки, лишаются внутренней размерности, т.е. подобны малым странам – в терминологии международной экономики. Поэтому межрегиональная торговля может изучаться с помощью теорий международной торговли (сравнительных преимуществ Рикардо и факторных пропорций Хекшера – Олина [16]), межрегиональное перемещение факторов производства – на основе неоклассической модели регионального роста Бортса – Штайна [17], региональный рост – с помощью основанной на теории Харрода – Домара модели импортирующего региона [18], или модели экспортной базы региона [19, 20], или региональной постановки леонтьевской модели «затраты-выпуск» [21, 22].

Далее, в *теориях локального развития* пространство становится неоднородным, в нем возникают полюса роста и периферия, и оно наполняется экономическими и социальными отношениями, система которых образует территорию, т.е. географическое место, обладающее социальным капиталом, или капиталом общественных отношений. В такой концепции пространство становится активным фактором, влияющим на развитие региона. Таково пространство в теории «индустриальных районов» А. Маршалла [23], в теории полюсов роста Ф. Перру [24] и Ф. Будвиля [25], в теории диффузии инноваций Т. Хагерстранда [26] и др.

И наконец, в *новейших теориях эндогенного регионального роста и развития* в условиях возрастающей отдачи от масштаба пространство остается неоднородным, но теряет связь с экономико-социальными отношениями, территории вновь становятся точками. Однако в этом стилизованном пространстве оказывается возможным моде-

лизовать нелинейный рост (на основе принципа кумулятивной причинности [27, 28] или с помощью теорий хаоса, катастроф и бифуркаций [29, 30]) и встраивать в макроэкономические модели регионального роста механизмы рационального выбора экономическими агентами своего местоположения (как это было сделано основоположником новой экономической географии П. Кругманом [31]).

Не все перечисленные теории были сразу выражены моделями. Теории В. Кристаллера и А. Лёша были формализованы спустя значительное время после их создания – в работах М. Бекманна [32] и П. Ниджкампа [33]. До сих пор существуют проблемы с поиском аналитического решения задачи Вебера. Теории регионального роста, развившиеся на гребне математизации макроэкономики в 1950–1960-е годы, представляют собой аналитически разрешимые или статистически оцениваемые задачи. Теории локального роста и развития являются описательными и не имеют математической записи. Модели новой экономической географии редко имеют аналитическое решение и обычно симулируются, т.е. исследуются при различных значениях параметров.

Модели пространственной экономики, начиная с самых первых, никогда полностью не отвечали важнейшим предпосылкам классической микроэкономической теории о совершенной конкуренции и о постоянной отдаче от масштаба (т.е. бесконечной делимости товаров и факторов). В модели А. Вебера действуют условия совершенной конкуренции, но заранее задано размещение рынков сырья и сбыта, относительно которых фирма (неделимый капитал) должна найти свое местоположение. Аналогично, в модели И. фон Тюнена предопределено место центрального рынка. Это делает неизбежной транспортировку товаров, что подразумевает их несовершенную делимость. В моделях Т. Паландера и Г. Хотеллинга фирмы действуют в условиях монополистической конкуренции. В теориях В. Кристаллера и А. Лёша учтены эффекты агломерации, т.е. допускается возрастающая отдача от масштаба. Эти отступления от принципов мейнстрима диктовались проблемами моделирования пространства, сформулированными Д. Старреттом [34], и одновременно в течение долгого времени обуславливали маргинальное положение пространственной экономики в экономической науке.

В большей части работ в области моделирования экономического пространства применяется дискретный подход. Т. Пуу объясняет это тем, что данные, используемые для реализации прикладных задач, представляют собой конечные множества. В прикладных моделях пространство рассматривается как конечное множество вершин, в которых присутствуют виды экономической деятельности (производство или потребление). Эти вершины соединены дугами, или коммуникационными связями. Любая информация по связям (инцидентность, транспортные затраты, потоки товаров или людей) может быть задана в матричном виде. Такая абстрактная структура пространства не имеет геометрической интерпретации в смысле размерности, величины или формы. В альтернативном подходе пространство представляется как непрерывное двумерное географическое пространство, спроецированное на карту, причем виды экономической деятельности имеют место повсюду, а потоки в плане представляют собой непрерывные векторные поля (меняющие объем и знак) [35].

Между тем исторически первыми стали развиваться концепции непрерывного, одномерного или двумерного, пространства. В моделях размещения фирмы находят свое оптимальное положение (локацию) в однородном пространстве с заданными запасами производственных факторов. На их выбор влияют факторы транспортных издержек, способствующие удалению фирм друг от друга, и агломерационные эффекты, приводящие к их концентрации. Взаимодействие сил дисперсии и агломерации приводит к формированию той или иной структуры пространства, т.е. определяет размер, размещение и специализацию агломераций.

Т. Пуу полагает, что только непрерывное представление может дать правдивую картину географического пространства. И хотя последнее можно представить и дискретным образом – используя двойные индексы («запад–восток» и «юг–север»), такая индексация не обеспечивает успешных вычислений. Любой эффективный алгоритм решения частичных дифференциальных уравнений в двух размерностях осуществляет переход к дискретному представлению через триангуляризацию пространства, т.е. разбивает его на треугольники, а не на квадраты.

Вычислительные трудности вели к неизбежным упрощениям. Часто рассматривалось одномерное, а не двумерное пространство. Т. Паландер и Г. Хотеллинг, например, анализировали линейный рынок, а И. фон Тюнен и А. Лёш, рассматривая рынки на окружности, предполагали симметричность региона относительно центра, т.е. фактически замыкали эту линию в кольцо. Тогда к одномерному пространству можно было применять наработанные приемы исследования динамических процессов. Но различие «правого» и «левого» в моделировании линейных структур требует уже использования вторых производных, тогда как для исследования переменных времени достаточно первых производных.

По мнению Т. Пуу, немногие примеры подлинно двумерного моделирования непрерывного экономического пространства содержатся в основном в работах М. Бекманна [36–38]. Внутренне непротиворечивое множество моделей экономических потоков в непрерывном пространстве впервые представлено в совместной монографии М. Бекманна и Т. Пуу [39]. Также можно отметить несколько работ в области теоретической географии (У. Кристаллер [13], У. Бунге [40], У. Тоблер [41]) и в исследованиях транспорта (С. Энджел и Дж. Хайман [42], Дж. Уордроп [43]). В целом же, дискретное и непрерывное представления пространства являются не конкурирующими, а взаимодополняющими концепциями, поскольку в прикладном моделировании дискретность предопределяется характером доступных данных.

Обзор современных моделей пространственной экономики представлен А. Андерсоном и Б. Йохансоном в «Энциклопедии систем жизнеобеспечения» [44]. Авторы выделяют четыре типа таких моделей: 1) модели определения районов сбыта и несовершенной конкуренции, в которых фирмы одновременно определяют цены и локации [45]; 2) уже упомянутые модели непрерывных потоков в двумерном пространстве, которые описывают выбор локации, определение специализации, межрегиональной торговли и пространственного ценового равновесия [46]; 3) модели городского землепользования с одномерным представлением пространства в условиях монополистической конкуренции, в которых анализируются внешние эффекты и агломерационные явления и подчеркивается значение издержек взаимодей-

ствия (модели новой городской экономики) [47]; 4) модели новой экономической географии «ядро – периферия», в которых каждый регион представлен моноцентрическим одномерным пространством, а все экономическое пространство состоит из дискретного набора таких регионов [48]. Последние модели в случае увеличения числа отраслей позволили бы моделировать эндогенное развитие иерархической системы городов.

Перспективы дальнейших исследований, по мнению А. Андерсона и Б. Йохансона, связаны с преодолением существующего разрыва между потоковыми моделями двумерного пространства и моделями агломераций и городского землепользования. Требуется дальнейшее развитие теории, которое обеспечило бы интерфейс между этими двумя направлениями моделирования, подобный тому, что уже существует для моделей определения районов сбыта и потоковых моделей [49, 50]. Перспективные исследования должны также сосредоточиться на динамике процессов, чтобы описать эволюцию внутренней структуры агломерации и структуру систем агломераций. Анализ мультиагломерационных систем на базе моделей новой городской экономики, в которых фирмы и домохозяйства используют землю города совместно, также представляет собой перспективное направление исследований.

По мнению Ж. Дюрантона, перспективы пространственной экономики связаны с преодолением имеющихся сегодня трудностей ее моделирования, в частности изолированного развития моделей городских систем и новой экономической географии. Модели новой экономической географии, с их детальными предпосылками в условиях возрастающей отдачи от масштаба, порождают большое число нелинейностей, так что их аналитическое решение оказывается скорее исключением, чем правилом. В этой связи Ж. Дюрантон возлагает надежды на создание разрешимой модели, объединяющей города и регионы в рамках единого равновесного подхода. Другое перспективное направление – использование микроданных позволило бы преодолеть статистические границы между регионами и моделировать в непрерывном пространстве [51].

Развитие баз детальных пространственных данных на уровне фирм может также упрочить будущее моделей регионального роста.

Региональное моделирование первоначально находилось под сильным воздействием макроэконометрических и межотраслевых моделей, которые создавались для национальной экономики. Его нередко считали эклектичной прикладной дисциплиной, результатом попытки У. Айзарда соединить теорию размещения и неоклассическую теорию [52]. Как полагает Р. Харрис, анализ на микроуровне позволил бы явно учесть неоднородность фирм, их различия в производительности и способности усваивать инновации, масштабы и причины входа фирм на рынки и ухода с них, и на этой основе понять механизмы кластеризации в различных областях пространства [53].

Дальнейшая эволюция региональных моделей происходила в многорегиональных постановках, зачастую нелинейной природы и с явным учетом пространственных взаимодействий. Регион представляет собой естественный объект для применения межрегиональных межотраслевых моделей, но построение последних всегда наталкивалось на ограничения по вычислительным мощностям и качественным региональным данным. Преодоление этих ограничений способствовало росту популярности моделей общего вычислимого равновесия (CGE). Опубликовано много региональных и городских моделей CGE [54]. Между тем межотраслевые модели остаются незаменимыми инструментами в исследованиях структуры региональной экономики [55], а также являются основой для расчета региональных мультипликаторов, широко используемых для оценки эффектов от инвестиций в регион или от крупных мероприятий, например Олимпийских игр [56].

Прогресс наблюдается в построении многорегиональных моделей CGE [57]. Остающиеся ограничения в части моделирования динамики предлагается снимать путем включения межрегиональных моделей CGE в качестве ядра в более общие системы моделей [58]. Так, перспективной представляется интегрированная система из межрегиональной модели CGE и геокодированной транспортной сетевой модели. Для этой цели потребуется моделировать транспортные затраты явно, на основании исходящих и входящих потоков, что даст возможность учитывать пространственную структуру изучаемой экономики. Такая система моделей позволила бы лучше понять роль инфраструктуры в региональном развитии. Уже построена модель, интегрирующая в себе транспорт-

ную модель и мультирегиональную модель CGE [59]. Кроме того, в этой области моделирования также возлагаются надежды на возможность использования данных по домохозяйствам. Задачу связывания макро- и микроэкономических данных предлагается решать с помощью методов пространственной микросимуляции. Микросимуляция предполагает использование масштабных баз индивидуальных данных для оценки воздействия заданных условий на индивидуальные результаты с учетом их вероятностной и преходящей природы [60].

П. Ниджкамп находит многообещающей перспективу синтеза микросимуляции и агенто-ориентированного (АО) подхода, которые до сих пор развиваются параллельно, но независимо [61]. Возможность применения АО-подхода основана как на многократно возросших возможностях вычислительной техники, так и на бурном развитии баз микроданных. Стандартные микроэкономические предпосылки, такие как рациональность экономических агентов, имеющих четкие цели и оптимизирующих свое поведение, гомогенность агентов, их свойств и поведения, убывающая отдача от масштаба, убывающие предельная полезность и предельная продуктивность, концентрация на состоянии долгосрочного равновесия системы, – все эти условия, вынуждаемые ограничениями по вычислительным мощностям, существенно ослабляются при АО-моделировании экономических систем. Оптимизация сменяется приемлемым уровнем удовлетворенности, или «эпсилон-оптимизацией», вместо равновесия по Нэшу рассматривается более общее эпсилон-равновесие. Гомогенность сменяется разнообразием свойств агентов. Адаптивное поведение агентов позволяет отказаться от традиционной предпосылки о рациональности ожиданий. Допускаются кумулятивные положительные обратные связи и возрастающая отдача от масштаба, что приводит к экспоненциальному росту в экономических системах, который может быть самоподдерживающимся и быстро увести систему от начального состояния к удаленному. Объектом интереса становятся переходные состояния на пути к долгосрочному равновесию. Более того, не все системы приходят к равновесию. Таким образом, развитие АО-моделирования ведет к смене парадигмы в экономической науке.

Накопленный к настоящему времени опыт АО-моделирования изложен во втором томе «Руководства по вычислимой экономике» («Handbook of Computational Economics»), выпущенного в 2006 г. с подзаголовком «Агенто-ориентированная вычислимая экономика» («Agent-Based Computational Economics») [62]. В 2012 г. вышло в свет уникальное издание «Агенто-ориентированные модели географических систем» («Agent-Based Models of Geographical Systems»), которое знакомит читателя с истоками, идеологией, теорией, техникой и опытами применения агенто-ориентированных моделей в пространственном контексте [63].

Одним из преимуществ АО-моделей для моделирования пространства является возможность представления асимметричного пространства любой конфигурации, поскольку агенты не взаимодействуют со всеми другими агентами сразу. Локальные правила, которым следуют агенты, распространяются только на их ближайшее окружение внутри пространства очень простой формы. Агенты связываются с их контрагентами с помощью следующих топологий социальных взаимодействий. Агенты могут двигаться в свободном, непрерывном, двумерном или трехмерном евклидовом пространстве. Локальное окружение агентов может находиться в решетке, описываемой техникой «клеточного автомата». Агенты могут соединяться в сети различного типа, статические или динамические. Агенты могут перемещаться по ячейкам географических информационных систем (ГИС).

С помощью АО-моделей можно исследовать как свойства возникающих пространственных систем, так и пути их возникновения. Первое направление исследований осуществляется в рамках моделей структурной дифференциации, где в результате взаимодействия агентов, основанного на простых правилах, происходит их пространственная или социальная кластеризация, возникают сети, происходит диффузия инноваций. В этих моделях используются клеточные автоматы, но при моделировании адаптации агентов возможен отход от биологических метафор смерти и выживания в пользу концепции нейросетей. Второе направление относится к моделям возникающего социального порядка, в которых структура сетей, напротив, влияет на формы поведения агентов. В этих моделях применяются генетические алгоритмы.

На региональном уровне названные подходы могут много дать в областях моделирования региональной и городской динамики (миграция, демография фирм, жилищное строительство, поведение потребителя, транспорт и воздействие на окружающую среду). Уже есть примеры широкомасштабных моделей, таких как макроэкономическая EURACE, которая отражает взаимодействие основных секторов экономики и рынков Европейского союза и уже применяется для оценки воздействия региональной политики [64].

Не менее перспективным направлением, по мнению П. Ниджкампа, является дальнейшая интеграция существующих моделей. Такие объединенные компьютерные модели будут симулировать демографические, экономические, социальные и экологические показатели региона так, чтобы полностью учитывались обратные связи между подмоделями, например, миграции, землепользования, производства, потребления, инвестиций, транспорта, загрязнения и ресурсопользования. Это позволило бы создать пространственно интегрированные системы поддержки решений, обладающие огромным потенциалом для оценки будущего регионов и стимулирования дебатов по региональной политике.

Другое интересное направление – использование глобальных систем позиционирования и спутниковых данных для анализа землепользования и пространственных взаимодействий с предельно точным измерением расстояний. Спутниковые изображения, например, представляют уникальный ресурс для встраивания экологических факторов в пространственный анализ бедности, что уже делают в Китае. Однако на таком микроуровне пространственных измерений возникают вычислительные проблемы нового порядка, так как размерность матриц достигает нескольких миллионов и более.

* * *

Таким образом, анализ современной литературы из различных областей региональной экономики показал, что

- концептуализация понятия «экономическое пространство» далека от завершения;
- моделирование экономического пространства представляет собой нерешенную интеллектуальную проблему;

- усилия исследователей в направлении эндогенизации пространственного развития в моделях наталкиваются на трудности получения аналитического решения и наполнения моделей микроданными;
- специалисты, принадлежащие к разным научным школам, независимо друг от друга сходятся в оценке перспективных направлений в моделировании пространства. К ним относятся:
 - а) расширение использования микроданных;
 - б) геокодирование используемых данных в целях явного учета фактора пространства;
 - в) объединение моделей, уже разработанных в разных отраслях пространственной экономики, в интегрированные системы, смягчающие ограниченность входящих в них подмоделей, и в частности использование в них агенто-ориентированных моделей.

Литература

1. **Handbook** of Regional and Urban Economics. – Amsterdam; New York: North-Holland, 1986–2004. V. I: Regional Economics / Ed. P. Nijkamp. – 1986. – P. 1–702; V. II: Urban Economics / Ed. E.S. Mills. – 1987. – P. 703–1322; V. III: Applied Urban Economics / Ed. P. Cheshire, E.S. Mills. – 1999. – P. 1323–2062; V. IV: Cities and Geography / Ed. V. Henderson, J.F. Thisse. – 2004. – P. 2063–3073.
2. **Advances** in Spatial Science / The Regional Science Series; ed. M.M. Fischer, G.J.D. Hewings, P. Nijkamp, F. Snickars, J.C. Thill, J. van Dijk. – URL: <http://www.springer.com/series/3302?detailsPage=titles> (дата обращения 08.05.2012).
3. **Тюнен И.** Изолированное государство: Пер. с нем. – М.: Экон. жизнь, 1926. – 326 с.
4. **Рикардо Д.** Сочинения: В 5 т. / Пер. с англ. под ред. М. Н. Смит. – М.: Политиздат, 1955–1961. Т. I: Начала политической экономики и налогового обложения. – 1955. – 360 с.
5. **Potts J.** The Geometry of Economic Space / Univ. of Queensland. Dept. of Economics. – St Lucia, Qld., 1999. – 34 p.
6. **Heijman W., Schipper R.A.** Space and Economics: An Introduction to Regional Economics. – Wageningen: Wageningen Acad. Publ., 2010. – 266 p.
7. **Perroux F.** Economic space: theory and applications // The Quarterly Journal of Economics. – 1950. – V. 64, Iss.1. – P. 89–104.
8. **Capello R.** Regional Economics / Foreword by M. Fujita; postscript by P. Nijkamp. – L.: Routledge, 2007. – 322 p.

9. **Вебер А.** Теория размещения промышленности: С приложением работы Шлира «Промышленность Германии с 1860 г.» / Изл. и пер. Н. Морозов; под ред. и с предисл. Н. Баранского. – Ленинград; Москва: Книга, 1926. – 223 с.

10. **Moses L.** Location and the theory of production // *Quarterly Journal of Economics*. – 1958. – V. 72, Iss.2. – P. 259–272.

11. **Palander T.F.** Beiträge zur Standorttheorie. – Uppsala: Almqvist&Wiksell, 1935. (Цит. в [8].)

12. **Hotelling H.** Stability in competition // *Economic Journal*. – 1929. – V. 39, No. 153. – P. 41–57.

13. **Christaller W.** Die zentralen Orte in Süddeutschland. – Jena: Gustav Fischer, 1933. (Цит. в [8].)

14. **Lösch A.** Die Räumliche Ordnung der Wirtschaft. – Jena: Fischer, 1940. (Цит. в [8].)

15. **Alonso W.** Location and Land Use: Toward a General Theory of Land Rent. – Cambridge, Mass: Harvard Univ. Press, 1964. – 204 p.

16. **Ohlin B.** Interregional and International Trade. – Cambridge, Mass: Harvard Univ. Press, 1933. – 617 p.

17. **Borts G.H., Stein J.L.** Economic Growth in a Free Market. – N.Y.: Columbia Univ. Press, 1964. – 235 p.

18. **Richardson H.W.** Regional economics. – Trowbridge, Wiltshire: World University-Redwood Press, 1969. (Цит. в [8].)

19. **Hoyt H.** Homer Hoyt on the development of economic base concept // *Land economics*. – 1954. – V. 30, No. 2. – P. 182–187.

20. **North D.** Location theory and regional economic growth // *Journal of Political Economy*. – 1955. – V. 63, No. 3. – P. 243–258.

21. **Leontief W.** The Structure of American Economy, 1919–1939: An Empirical Application of Equilibrium Analysis. – N. Y.: Oxford Univ. Press, 1951. – 264 p.

22. **Tiebout C.** Regional and interregional input-output models: an appraisal // *Southern Economic Journal*. – 1957. – V. 24, No. 2. – P. 140–147.

23. **Маршалл А.** Принципы экономической науки. – М.: Прогресс, 1983. – 410 с.

24. **Perroux F.** Note sur la notion de «pole de croissance» // *Economie Appliquée*. – 1955. – Nos. 1-2. – P. 307–320.

25. **Boudeville J.R.** Les espaces économiques. – Paris: Presses Univ. de France, 1964. – 128 p.

26. **Hägerstrand T.** Innovation Diffusion As a Spatial Process. – Chicago: Univ. of Chicago Press, 1967. – 334 p.

27. **Myrdal G.** Economic Theory of Under-developed Regions. – L.: Duckworth, 1957. – 168 p.

28. **Kaldor N.** The case of regional policies // *Scottish Journal of Political Economy*, – 1970. – V. 17, Iss. 3. – P. 337–348.

29. **Nijkamp P., Reggiani A.** The Economics of Complex Spatial Systems. – Amsterdam: Elsevier, 1998. – 270 p.

30. **Nijkamp P., Reggiani A.** Interaction, Evolution and Chaos in Space. – Berlin: Springer-Verlag, 1992. – 278 p.

31. **Krugman P.** Increasing returns and economic geography // *Journal of Political Economy*. – 1991. – V. 99, No. 3. – P. 483–499.
32. **Beckmann M.J., McPherson J.** City size distribution in a central place hierarchy: an alternative approach // *Journal of Regional Science*. – 1970. – V. 10, Iss. 1. – P. 25–33.
33. **Paelink J., Nijkamp P.** *Operational Theory and Method in Regional Economics*. – Westmead, Farnborough: Saxon House, 1976. – 473 p.
34. **Starrett D.** Market allocations of location choice in a model with free mobility // *Journal of Economic Theory*. – 1978. – V. 17, Iss. 1. – P. 21–37.
35. **Puu T.** Continuous economic space modelling: Draft of a survey // *The Annals of Regional Science*. – 2009. – V. 43, Iss. 1. – P. 5–25.
36. **Beckmann M.J.** A continuous model of transportation // *Econometrica*. – 1952. – V. 20, No. 4. – P. 643–660.
37. **Beckmann M.J.** The partial equilibrium of a continuous space market // *Weltwirtschaftliches Archiv*. – 1953. – V. 71. – P. 73–89.
38. **Beckmann M.J.** Equilibrium and stability in a continuous space market // *Oper Res Verfahren*. – 1976. – V. 14. – P. 48–63.
39. **Beckmann M.J., Puu T.** *Spatial Economics: Density, Potential, and Flow*. – Amsterdam: North-Holland, 1985. – 276 p.
40. **Bunge W.** *Theoretical geography / Lund Studies in Geography; Series C: General and Mathematical Geography*. – Lund, Sweden: Gleerup, 1966. – 289 p.
41. **Tobler W.R.** *Map Transformations of Geographical Space: PhD Thesis / Univ. of Washington*. 1961. (Цит. в [35].)
42. **Angel S., Hyman G.M.** *Urban Fields: a Geometry of Movement for Regional Science*. – L.: Pion Ltd, 1976. – 124 p.
43. **Wardrop J.G.** Minimum cost paths in urban areas // *Strassenbau-Strassenverkehrstechnik*. – 1969. – V. 86. – P. 184–190. (Цит. в [50].)
44. **Andersson Å.E., Johansson B.** *Mathematical models in spatial economics // Mathematical Models in Economics / Ed. by Wei-Bin Zhang; Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS); Developed under the Auspices of the UNESCO*. – Oxford, UK: Eolss Publishers, 2007. – URL: <http://www.eolss.net> (дата обращения 08.04.2012).
45. **Puu T.** Hotelling's ice-cream dealers with elastic demand // *Annals of Regional Science*. – 2002. – V. 36, Iss. 1. – P. 1–17.
46. **Andersson Å.E., Zhang W.B.** The two-dimensional continuous spatial input-output system // *Ricerche Economiche*. – 1988. – No. 2. – P. 222–242.
47. **Fujita M., Thisse J.F.** *Economics of Agglomeration: Cities, Industrial Location, and Regional Growth*. – Cambridge: Cambridge Univ. Press, 2002. – 466 p.
48. **Fujita M., Krugman P., Venables A.J.** *The Spatial Economy: Cities, Regions, and International Trade*. – Cambridge, MA: MIT Press, 1999. – 367 p.
49. **Oligopoly Dynamics, Models and Tools / Ed. by Puu T., Sushko I.** – B.: Springer-Verlag, 2002. – 313 p.
50. **Puu T.** *Mathematical Location and Land Use Theory*. – B.: Springer-Verlag, 2003. – 294 p.

51. **Duranton G.** Spatial economics // The New Palgrave Dictionary of Economics. – 2nd ed. / Ed. by S.N. Durlauf and L.E. Blume. – Palgrave Macmillan, 2008. – URL: <http://www.dictionaryofeconomics.com> (дата обращения 26.02.2013).
52. **Isard W.** Location and Space-Economy. – N.Y.: The Technology Press of Massachusetts Institute of Technology; John Wiley & Sons Inc., 1956. – 350 p.
53. **Harris R.** Models of regional growth: past, present and future // Journal of Economic Surveys. – 2011. – V. 25, Iss. 5. – P. 913–951.
54. **Methods** of Interregional and Regional Analysis / Ed. by Isard W., Azis I.J., Drennan M.P. et al. – Brookfield, Vt: Ashgate; UK:Aldershot, 1998. – 490 p.
55. **Percocco M., Hewings G.J.D., Senn L.** Structural change decomposition through a global sensitivity analysis of input-output models // Economic Systems Research. – 2006. – V. 18, Iss. 2. – P. 115–131.
56. **Davis H.C.** Regional Economic Impact Analysis and Project Evaluation. – Vancouver: Univ. of British Columbia Press, 1990. – 182 p.
57. **Giesecke J.A., Madden J.R.** A large-scale dynamic multi-regional CGE model with an illustrative application // Review of Urban and Regional Development Studies. – 2003. – V. 15, Iss. 1. – P. 2–25.
58. **Haddad E.** Interregional computable general equilibrium models // Tool Kits in Regional Science: Theory, Models, and Estimation / Ed. by M. Sonis and G.J.D. Hewings. – B.: Springer, 2009. – P. 119–154.
59. **Kim E., Hewings G.J.D., Hong C.** An application of an integrated transport network–multiregional CGE model: a framework for the economic analysis of highway projects // Economic Systems Research. – 2004. – V. 16, Iss. 3. – P. 235–258.
60. **European Research in Regional Science. V. 6: Microsimulation for Urban and Regional Policy Analysis** / Ed. by Clarke G.P. – L.: Pion, 1996. – 216 p.
61. **Nijkamp P., Poot J.** Mathematical models in regional economics // Mathematical Models in Economics / Ed. by Wei-Bin Zhang; Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS); Developed under the Auspices of the UNESCO. – Oxford, UK: Eolss Publishers, 2007. – URL: <http://www.eolss.net> (дата обращения 08.04.2012).
62. **Handbook of Computational Economics. V. 2: Agent-Based Computational Economics** / Ed. by Tesfatsion L., Judd K.L. – Amsterdam, etc: North-Holland, 2006. – 904 p.
63. **Agent-Based Models of Geographical Systems** / Ed. by Heppenstall A.J., Crooks A.T., See L.M., Batty M. – N.Y.: Springer, NY, 2012. – 759 p.
64. **Deissenberg C., Hoog S., van der, Dawid H.** EURACE: A massively parallel agent-based model of the European economy // Applied Mathematics and Computation. – 2008. – V. 204, Iss. 2. – P. 541–552.

Рукопись статьи поступила в редколлегию 04.03.2013 г.