



Геоинформатика,
картография

Обзор пространственных моделей в экономике

А.Л. Синицына¹

АННОТАЦИЯ

В связи с принятием в 2019 году по инициативе Минэкономразвития Стратегии пространственного развития Российской Федерации на период до 2025 года повысился интерес к вопросам зарождения, развития и современной трансформации пространственных моделей в экономике. Настоящее исследование посвящено выявлению и краткому описанию основных траекторий развития пространственных моделей в экономике за последние два столетия — классических и многорегиональных моделей, теоремы пространственной невозможности Старрета, эмпирических (экспериментальных) исследований неравномерности пространственного развития, теории непрерывного пространства, новой экономической географии, новой городской экономики, пространственной эконометрики, имитационного моделирования в экономике, использования ГИС в пространственных моделях в экономике. Автором предложено структурирование пространственных моделей в экономике по ряду параметров (хронологии, траектории эволюции, странам, используемому пространству, сферам применения). Выполнено решение прикладной задачи на базе математической оценки определения пространственной ценности участка. Для исследования использованы открытые данные интернет ресурсов, нормативно-правовые и отраслевые документы, в том числе нацпроекты развития Российской Федерации, результаты исследований автора. Намечены направления планируемых исследований (расширение математического аппарата пространственной ценности участка с учетом многофункциональности его перспективного использования и его территориальной привязки: статуса, режима использования, текущего и перспективного состояния, ресурсов территории и т.д.)).

АФФИЛИАЦИИ

¹ Московский государственный университет геодезии и картографии, Москва, Россия

anna_sinitsyna@bk.ru

ЦИТИРОВАНИЕ

Синицына А.Л. Обзор пространственных моделей в экономике // Пространственные данные: наука и технологии. 2022. № 13. С. 59–73. DOI:10.30533/scidata-2022-13-05.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

пространственные модели, пространственное развитие, многорегиональные модели, модели территориального развития, обзор пространственных моделей, теория размещения

1 Введение

Пространственное развитие на сегодняшний день является интересным предметом для исследовательской деятельности. В последние годы растет число научно-исследовательских работ и нормативно-законодательных актов, затрагивающих вопросы территориальной организации экономической деятельности. В 2019 году по инициативе Минэкономразвития РФ принята Стратегия пространственного развития до 2025 года¹. Стратегией определены задачи, принципы, приоритеты и основные направления пространственного развития России, сценарии пространственного развития, в том числе приоритетный (целевой) сценарий, перспективные центры экономического роста, макрорегионы, перспективные экономические специализации субъектов РФ, целевые показатели пространственного развития страны. Поэтому актуальным становится аналитический обзор пространственных моделей в экономике, выявление существующих проблем и разработка рекомендаций и предложений по перспективам развития территориальной организации экономической деятельности.

Цель настоящего исследования — аналитический обзор пространственных моделей в экономике. В рамках поставленной цели были решены следующие задачи: проведено исследование пространственных моделей в экономике, их структурирование, озвучена существующая проблематика, предложено решение прикладной задачи на базе математической оценки определения пространственной ценности участка, разработаны предложения и рекомендации по перспективам развития территориальной организации экономической деятельности.

В данной статье кратко освещены основные аспекты развития пространственных моделей в экономике Европы и США с 1826 года по настоящее время. Для исследования использовались открытые данные Интернет ресурсов, нормативно-правовые и отраслевые документы, в том числе нацпроекты развития Российской Федерации^{2,3,4,5}, а также результаты исследований автора.

1 Стратегия пространственного развития до 2025 года. Распоряжение от 13 февраля 2019 года № 207-р. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://gov.garant.ru/SESSION/PILOT/main.html>. (дата обращения: 20.06.2022).

2 Федеральный закон от 28 июня 2014 года № 172-ФЗ «О стратегическом планировании в Российской Федерации».

3 Указ Президента России от 16 января 2017 года № 13 «Об утверждении Основ государственной политики регионального развития Российской Федерации на период до 2025 года».

4 Указ Президента России от 7 мая 2018 года № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года».

5 Новая модель экономического развития России: концепция формирования и реализации. М.: Издание Государственной Думы, 2016. 320 с.

2 Материалы и методы

Исследование велось в два этапа:

- **Этап 1** — формирование концепции при обзоре пространственных моделей в экономике за два столетия;
- **Этап 2** — сбор информации на базе открытых данных и аналитика полученных данных, их систематизация и выработка рекомендаций и предложений. Сложность второго этапа заключалась в следующем: во-первых, в поиске первоисточника информации, а не ссылки на нее в других работах; во-вторых, в выборе «опорных» или «контрольных» вех сбора данных. Процесс поиска показал, что информации по теме исследования много, часто она полностью или частично противоречива в разных источниках, что требует дополнительного времени на верификацию. Достаточно сложно определить границы исследования, так как пространственных моделей за рассматриваемый период в два столетия набралось много.

2.1 Обоснование концепции обзора пространственных моделей

Идея обзора пространственных моделей зародилась на кафедре экономика Московского государственного университета геодезии и картографии (МИИГАиК) в 2020 году. Экономика в техническом вузе имеет прикладной характер и призвана обосновывать и подкреплять комплексные решения в области землеустройства и геоинформационных технологий. В последние годы именно геоинформационные технологии и пространственное моделирование стали важным фактором формирования устойчивого развития территорий. А активная реализация Стратегии пространственного развития до 2025 года, необходимость знакомить с нею студентов и магистров МИИГАиК и обосновывать ее актуальность и ценность, а также доминирование проектных и исследовательских работ бакалавров, аспирантов и магистров в рамках траектории пространственных моделей по сути активировали необходимость формирования концепции обзора пространственных моделей в рамках научно-исследовательской работы. Появилась цель — создать свою пространственную модель, но сначала изучить исторический ракурс пространственных моделей, озвучить, что же уже теоретически разработано, что применено на практике, какова проблематика вопроса и что можно, собственно, предложить нового. Первоначальный подход к формированию концепции обзора пространственных моделей был достаточно прост и предполагал хронологический последовательный системный перебор

пространственных моделей разных стран. Так было установлено, что первые классические пространственные модели в экономике появились в начале XIX века. А вот дальнейшее исследование стало более интересным, так как было выявлено, что просто хронологического перебора для обзора будет явно недостаточно и надо вводить дополнительные принципы концепции, такие как: репрезентативность стран мира, эволюция самого пространства в моделях, области (сферы) применения, преемственность / непреемственность классических идей, прогрессивность и развитость во времени пространственных моделей.

2.2 Методы поиска информации и аналитика полученных сведений

Поиск информации для исследования оказался тоже тернист. Хотелось изучить европейские, американские и восточные (китайские, японские и т.д.) пространственные модели. В открытом доступе оказалась европейские и американские. Тему исследования восточной траектории пространственных моделей пришлось оставить для следующего раза. А в настоящем исследовании остановиться на европейских и американских пространственных моделях. Ниже по тексту приведен краткий аналитический обзор, полученный в рамках исследования. По факту канвой стала прогрессивность и развитость во времени и географии пространственных моделей.

Точкой отсчета обзора можно считать 1826 год. Отправной страной — Германию. Именно в это время и в этой стране зародилась первая классическая пространственная модель. Она базировалась на использовании линии, а чуть позже плоскости [1]. Иоганном Генрихом фон Тюненом в труде «Изолированное государство» в 1826 году [2] было выделено три ключевых фактора для пространственной модели сельскохозяйственного производства: транспортные расходы, производственные расходы, природные условия и ресурсы. Американский экономист Уолтер Айзард считал, что модель Тюнена стала фундаментом для зарождения и развития теории размещения (англ. — «economics of location») [3]. Модель Тюнена дополнил Вильгельм Лаунхардт диаграммой. Она продемонстрировала рентную функцию, а Вильгельм Лаунхардт стал одним из основателей теории размещения производства [3]. Таким образом, определился принцип классических экономических пространственных моделей: чем дальше от ядра (фокуса, города), тем ниже цена земли и меньше возможная рента. Теория размещения продолжила развиваться как функционально и многогранно, так и географически: в начале XX века — Альфред Вебер (теория размещения промышленности, Германия), в 30–40-х годах XX века — Вальтер Кристаллер (теория центральных мест, Германия), Август Лёш (теория организации экономического пространства,

Германия), Торд Фолкесон Паландер (объединение пространственного анализа рынков и теории размещения производства, Швеция) и Гарольд Хотеллинг (модель линейного города, США).

Параллельно классической ветви во второй половине XX века формируется региональная экономика и региональная наука. Сам термин «региональная наука» ввел Уолтер Айзард [4]. На базе работ ученых Я. Тинбергена и Х. Боса (Нидерланды) и У. Айзарда (США) и с учетом существования кейнсианских макроэконометрических и леонтьевских межотраслевых моделей начинают появляться и развиваться многорегиональные пространственные модели в экономике. Многорегиональные модели в экономике используются и в XXI веке в разных странах. Так, в США наиболее известны системы IMPLAN I-O (Input-Output), NIEMO (National Interstate Economic Model) [5–7], RUBMRIO (Random-Utility-Based Multiregional Input-Output), в России — оптимизационные многорегиональные межотраслевые модели — ОМММ или модели А.Г. Гранберга. К многорегиональным моделям с применением решений естественно-научных дисциплин относятся гравитационные модели и энтропийные модели. Гравитационные модели перенесли в экономику закон всемирного тяготения классической механики следующим образом: межрегиональные потоки товаров и т.д. ставились в прямую зависимость от экономических потенциалов регионов-контрагентов и в обратную — от расстояний или затрат на перемещение. Например, американский экономист, Уильям Алонсо в 1964 году создал модель земельного рынка в городе и его окрестностях⁶ на базе классической пространственной экономической модели Тюнена. К энтропийным моделям, спроецированным из термодинамики, в которых максимизация энтропии (ожидаемой информации) приводит к выявлению наиболее вероятного пространственного распределения потоков (товаров и т.д.) относится модель Вильсона (А. Дж. Вильсон, 1978 год [8]). Применяется для моделирования потоков в стохастических коммуникационных системах, многопродуктовых экономических системах, для построения моделей размещения с учетом предпочтения элементов. Наиболее известные примеры применения энтропийного подхода связаны с моделированием городских транспортных систем и размещением по территории городских подсистем [9, 10]. В 1967 г. Новосибирске были созданы первые экспериментальные прогнозы пространственной структуры национальной экономики СССР на период до 1975 г. на основе оптимизационной межрегиональной модели «затраты-выпуск» (ОМММ). Эмпирические (экспериментальные) исследования неравномерности пространственного развития на субфедеральном и муниципальном уровнях и агломерационных процессов, выполняемые Е.А. Коломак и А.Н. Буфетовой, осуществляются с помощью эконометрических методов, позволяющих оценить выполнение гипотез новой экономической географии для пространственной экономики России. Ю.П. Воронов доказал возможность

6 Пространственная модель города Уильяма Алонсо. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://studme.org/1426111624454/ekonomika/prostranstvennaya_model_goroda_uilyama_alonso. (дата обращения: 20.06.2023).

применения математического аппарата диаграмм Вороного, до сих пор применяющегося в естественных науках, для анализа взаимовлияния в региональном развитии на уровне сельских и городских поселений⁷.

Нужно отметить такую интересную выявленную в ходе исследования деталь, что пространственные модели не только развивались последовательно и параллельно, они еще совершали «обратные витки», «отступали назад» и проводили собственную трансформацию (самосовершенствование).

Например, теорема пространственной невозможности Старретта [11] была доказана в 1978 году. Оказалось, что классические пространственные экономические модели фактически преодолевали эту теорему. В них предполагалась либо неоднородность пространства (в модели Вебера заранее задано размещение рынков, в модели Тюнена задано место центрального рынка (города)), либо несовершенная конкуренция (в моделях Паландера и Хотеллинга монополистическая конкуренция), либо возрастающая отдача от масштаба (в моделях Лёша и Кристаллера) [12].

В моделях конца XX века появляется фактор непрерывности, многовекторности и синергетики и «работа» с пространством. География — США. Опять прослеживается не прямая, а «витиеватая» траектория прогрессивности и развитости пространственных моделей: с одной стороны, два шага вперед, с другой стороны, либо трансформация классических пространственных моделей, либо прямопротивоположная траектория развития. Так модели непрерывного пространства Бекмана — Пуу (1981–1985 гг.), Андерсона — Занга (1988 г.) являются по сути модернизированным вариантом классических пространственных моделей с точки зрения трансформации внутренней структуры современных городов или математической формализации непрерывного пространства. А ученые А.Е. Андерсон (США) и китайский экономист В.-Б. Занг в анализе структуры пространства опираются на теории хаоса и синергетики, растущее разнообразие пространственных процессов, многовекторность сценариев развития систем [13]. Макроэкономическая модель образования агломераций в условиях монополистической конкуренции и экономии от масштаба Диксита — Стиглица — Кругмана становится фундаментом для новой теории международной торговли (1999 г.) [14]. Модели новой экономической географии (модель торговли Диксита — Стиглица — Кругмана, модель Кругмана «центр — периферия», модель Кругмана — Венэблса и др.) основаны на посылах, прямо противоположных классическим пространственным моделям в экономике: наличие экстерналий, положительной отдачи от масштаба, положительных обратных связей.

Для конца XX века хотелось бы еще отметить модели в рамках новой городской экономики. В них анализируются внешние и агломерационные эффекты и подчеркивается значение трансакционных издержек. Изучается вариант, когда резиденты (фирмы и домохозяйства) конкурируют за место размещения в городе.

⁷ Моделирование и анализ долгосрочных перспектив пространственного развития экономики России и Сибири. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.ieie.su/sci/scischool/school-granberg.html>. (дата обращения: 20.06.2022).

Некоторые из этих моделей наследуют идеи модели Тюнена. **В пространственной эконометрике наблюдаются следующие траектории:**

1. фокус на пространственную корреляцию между ошибками наблюдений (пространственная автокорреляция);
2. спецификацию пространственного эффекта в эконометрических моделях;
3. оценивание моделей с пространственными эффектами; тестирование наличия пространственных эффектов.

Вклад внесли такие ученые как И. Фишер (США), Р. Фриш (Норвегия), Я. Тинберген (Нидерланды), Й. Шумпетер (австрийский и американский экономист), О.Н. Андерсон (Европа).

Во второй половине XX века с появлением и активным развитием вычислительной техники начались эксперименты по созданию географических информационных систем (ГИС-систем) сначала за рубежом, потом и в России. Новые технологии предоставили возможности создания баз пространственных данных: сбора, хранения, обработки, визуализации, обмена, распространения и использования в прикладных целях. Хотелось бы выделить работы таких российских специалистов в данной области как Гитис В.Г., Журкин И.Г., Карпик А.П., Кошкарев А.В., Кулагин В.П., Майоров А.А., Матерухин А.В., Пьянков С.В., Розенберг И.Н., Савиных В.П., Тикунов В.С., Цветков В.Я. и других, а также таких зарубежных ученых, как Goodchild M.F., Hoel E., Knoblock C.A., Shekhar S., Worboys M.F.

Важно в рамках обзора пространственных моделей в экономике озвучить имитационное моделирование. Оно является мощным инструментом исследования сложных систем в условиях неопределенности, позволяет рассматривать большое число альтернатив, улучшать качество управленческих решений и точнее прогнозировать их последствия [15–19]. Сейчас активно развиваются программные продукты, объединяющие возможности АОМММ и ГИС — имитационное моделирование (например, продукт AnyLogic, разработанный Санкт-Петербургской IT-компанией с таким же названием).

В настоящее время методы ГИС-систем активно используют для количественного отражения экономического пространства наряду с традиционными методами статистики, эконометрии, имитационного и нормативного моделирования. Использование ГИС-систем для пространственных моделей в экономике удобно в образовательных и исследовательских траекториях [20–25].

В XXI веке можно отметить активное развитие пространственных моделей в направлении применения современных цифровых систем и технологий: Big Data, виртуальной и дополненной реальности, сквозных технологий, электронных сервисов и систем. Важно, что большинство технологий является доступными, как для образовательных и учебных целей, так и для обычных пользователей. Это позволяет, с одной стороны, применять пространственные модели в учебно-образовательном процессе: реализовывать практические кейсы и осуществлять учебные проектно-исследовательские работы на высоком научном уровне, с другой стороны, легко и просто применять пространственные

модели для жизни каждый день: транспортная инфраструктура, логистика, бизнес, электронные сервисы (например, Росреестр, Госуслуги, МЭШ и т.д.).

3 Результаты

3.1 Прогрессивность и развитость пространственных моделей в экономике

При завершении описания настоящего исследования **можно выделить следующие результаты:**

1. Прослеживаются пять основных направлений функциональной трансформации пространственных моделей в экономике: классические модели (их можно условно обозначить как линейные пространственные модели или теорию размещения), многорегиональные пространственные модели, модели непрерывного пространства, ГИС-системы, цифровые пространственные модели (Табл. 1).

Таблица 1 Прогрессивность и развитость пространственных моделей.

Table 1 Spatial models: progressivity and development.

№	Направление функциональной трансформации	Ученые	Страны	Особенности
1	Классические модели (XIX–XX века)	И. фон Тюнен, В. Лаунхардт, А. Вебер, В. Кристаллер, А. Лёш, Т. Паландер, Г. Хотеллинг	Германия, Швеция, США	Линейные модели, модели размещения
2	Многорегиональные пространственные модели (XX–XXI века)	И. Фишер, Р. Фриш, Я. Тинберген, Й. Шумпетер, О. Андерсон, Х. Бос, У. Айзард, А. Дж. Вильсон, У. Алонсо, А. Г. Гранберг, В. И. Сулов, А. А. Цыплаков, Н. М. Ибрагимов, В. С. Костин, Д. Д. Доможиров, Л. В. Мельникова	США, Нидерланды, СССР, Россия	Линейно-программные модели
3	Модели непрерывного пространства (конец XX века)	Бекман, Пуу, Андерсон, Занг, А. Диксит, Дж. Стиглиц, Пол Кругман	США	Макроэкономические модели

№	Направление функциональной трансформации	Ученые	Страны	Особенности
4	ГИС-системы (конец XX – начало XXI века)	Гитис В.Г., Журкин И.Г., Карпик А.П., Кошкарев А.В., Кулагин В.П., Майоров А.А., Матерухин А.В., Пьянков С.В., Розенберг И.Н., Савиных В.П., Тикунов В.С., Цветков В.Я., Goodchild M.F., Hoel E., Knoblock C.A., Shekhar S., Worboys M.F.	Россия, США	Географические программные модели
5	Цифровые пространственные модели (XXI век)	В процессе исследования	В процессе исследования	2D, 3D

2. Появилось две траектории направлений трансформации: научная (образовательная и исследовательская) и бытовая (пользовательская).
3. Определилась необходимость проведения дополнительного исследования по темам: восточные корни пространственных моделей в экономике и обзор современных цифровых пространственных моделей в экономике.

3.2 Пространственная ценность участка (решение прикладной задачи на базе математической оценки определения пространственной ценности участка)

Основываясь на идее российского ученого А.С. Павлова о том, что проблемы определения ценности земельного участка можно выразить математически⁸, было выполнено решение прикладной задачи на базе математической оценки определения пространственной ценности участка. А именно:

$$C_{gr} = \sum K \times (M_i / L_i^a),$$

где K — нормирующий множитель;

M_i — мощность близлежащих агломераций, например, численность населения городов;

L_i — расстояние от рассматриваемой точки до центров городов;

a — степень числа L_i .

⁸ Павлов А.С. Экономика строительства. Учебник и практикум для вузов в 2х тт. (1-е изд). М.: Юрайт, 2015.

То есть ценность участка быстро убывает с увеличением расстояния от крупного города или агломерации (например, г. Москвы), но если рядом располагается другой город (например, г. Одинцово или г. Чехов), то появляется новое слагаемое с меньшим M , но зато с коротким L , и ценность опять локально возрастает. Определение пространственной ценности участка, которое выражается математически, может быть полезно для оценки экономических перспектив застройки и иных перспектив развития территории.

4 Выводы

Проведено исследование пространственных моделей в экономике за последние два столетия на предмет прогрессивности и развитости. Выполнено решение прикладной задачи с использованием базовой модели.

Намечены направления планируемых исследований: восточные корни пространственных моделей в экономике; обзор современных цифровых пространственных моделей; расширение математического аппарата пространственной ценности участка с учетом многофункциональности его перспективного использования и его территориальной привязки (статуса, режима использования, текущего и перспективного состояния, ресурсов территории и т.д.).

БЛАГОДАРНОСТИ

Искренняя благодарность профессору ФГБУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», д-ру техн. наук, А.С. Павлову за ценные рекомендации по теме данного исследования.

БИБЛИОГРАФИЯ

1. Суслов В.И. Модели пространственной экономики: генезис, современное состояние, перспективы // Регион: экономика и социология. 2013. № 2 (78). С. 3–19.
2. Тюнен И.-Г. Изолированное государство. М.: Изд-во «Экономическая жизнь», 1926. 326 с. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://ia600804.us.archive.org/35/items/Tunen/Tunen.pdf>. (дата обращения: 10.06.2022).
3. Блауг М. Экономическая теория использования пространства и классическая теория размещения производства // Экономическая мысль в ретроспективе. М.: Дело, 1994. С. 568–585.
4. Голубчик М.М., Евдокимов С.П., Максимов Г.Н., Носонов А.М. Региональные исследования и география (некоторые исходные положения). [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://artno.ucoz.ru/regissl.pdf>. (дата обращения: 10.06.2022).

5. Baranov A., Dondokov Z., Slepikova Yu. Construction and using regional input-output models for analysis and forecasting of regions' economy development // Ideas and Ideals. 2016. Vol. 2. P. 66–85. DOI:10.17212/2075-0862-2016-4.2-66-85.
6. Regional science matters: studies dedicated to Walter Isard / ed. by Nijkamp P., Rose A., Kourtit K. // Regional Science Matters. Springer. 2015. 460 p. DOI:10.1007/978-3-319-07305-7.
7. Cho J.K., Gordon P., Moore J.E. II, et al. TransNIEMO: Economic Impact Analysis Using a Model of Consistent Interregional Economic and Network Equilibria // CESifo Working Paper Series, No. 4601. 2014. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.cesifo.org/en/publications/2014/working-paper/transniemo-economic-impact-analysis-using-model-consistent>. (дата обращения: 10.06.2022).
8. Энтропийные методы моделирования сложных систем: пер. с англ. / А. Дж. Вильсон. М.: Наука, 1978. 247 с.
9. Имельбаев Ш.С., Шмульян Б.Л. Моделирование стохастических коммуникационных систем: доп. к пер. книги А. Дж. Вильсона. М.: Наука, 1978. С. 170–233.
10. Шмульян Б.Л. Энтропийная модель городской системы // Автоматика и телемеханика. 1979. № 10. С. 70–83.
11. Starrett D. Market Allocations of Location Choice in A Model with Free Mobility // Journal of Economic Theory. 1978. Vol. 9. P. 418–448.
12. Труды Гранберговской конференции «Пространственный анализ социально-экономических систем: история и современность». Новосибирск: ИЭОПП СО РАН, 2017. 526 с.
13. Тополева Т.Н. Генезис концептуальных подходов пространственной экономики: основополагающие теории, новые направления и перспективы исследований // Вестник российского экономического университета им. Г.В. Плеханова. 2022. Т. 4(94). С. 94–130. DOI:10.21686/2413-2829-2022-4-94-130.
14. Dixit A., Stiglitz J. Monopolistic Competition and Optimum Product Diversity // American Economic Review. 1977. Vol. 67. No. 3. P. 297–308.
15. Емельянов А.А. Структурный анализ и динамические имитационные модели в экономике. М.: Финансы и статистика, 1998.
16. Емельянов А.А., Власова Е.А. Имитационное моделирование в экономических информационных системах. М.: МЭСИ, 1998.
17. Бусленко Н.П. Моделирование сложных систем. М.: Наука, 1978.
18. Naylor T. Machine simulation experiments with models of economic systems. Moscow, Publishing House «Mir». 1975.
19. Shannon R. Simulation of systems: science and art. Moscow Publishing House «Mir». 1978.
20. Ларин Ю.В., Краснопевцева Б.В., Сеницына А.Л., Теняев Д.В., Фельдман И.А. Систематизация и анализ исходных данных для ГИС паркингов и парковок с целью разработки экономико-математической модели (на примере г. Москвы) // Сборник докладов 58-й научно-технической конференцией студентов, аспирантов и молодых ученых МИИГАиК. М.: МГУГиК, 2003. С. 213–219.
21. Сеницына А.Л. Разработка экономико-математической модели в рамках ГИС ТСМ (на примере г. Москвы) // Материалы Международной конференции Интеркарто 11.

- Устойчивое развитие территорий: теория ГИС и практический опыт. Ставрополь. 2005. С. 104–110.
22. Sinitsyna A.L., Shingareva K.B., Feldman I.A. GIS concept Development for the Road and Transport Complex of Megacity (Moscow as example) // Proceedings of the International Conference Intercarto 12. GIS for the sustainable development of territories. Kaliningrad. 2006. P. 168–171.
23. Сеницына А.Л. Состояние и анализ ГИС ДТК мегаполиса (обзор отечественного опыта) // Материалы Международной конференции Интеркарто/ИнтерГИС 15. Устойчивое развитие территорий: теория ГИС и практический опыт. Пермь. 2009. Т. 1. С. 133–142.
24. Сеницына А.Л. Основные принципы построения ГИС ДТК мегаполиса (на примере города Москвы) // Материалы Международной конференции Интеркарто/ИнтерГИС 15. Устойчивое развитие территорий: теория ГИС и практический опыт. 2009. С. 220–231.
25. Сеницына А.Л. Сравнительный анализ управленческого аспекта ГИС ДТК мегаполиса (зарубежный опыт) // Материалы Международной научно-технической конференции «Геодезия, картография и кадастр — XXI век». Москва. 2009. С. 220–229.

АВТОР

Сеницына Анна Львовна

ФГБОУ ВО «Московский государственный университет геодезии и картографии»

(МИИГАиК), Москва, Россия

кафедра экономики, факультет управления территориями

канд. экон. наук, доцент

 0000-0002-5381-2163

Поступила 27.08.2022. Принята к публикации 10.12.2022. Опубликовано 25.12.2022.

UDC 528:004.9:332.1

DOI:10.30533/scidata-2022-13-05



Review of spatial models in economy

Anna L. Sinitsyna¹✉

AFFILIATIONS

¹ Moscow State University of Geodesy and Cartography, Moscow, Russia

✉anna_sinitsyna@bk.ru

CITATION

Sinitsyna AL. Review of spatial models in economy. *Spatial Data: science, research and technology*. 2022;13: 59–73. DOI:10.30533/scidata-2022-13-05.

KEYWORDS

d spatial models, spatial development, multi-regional models

ABSTRACT

Spatial Development Strategy of the Russian Federation 2025 was adopted in 2019 at the Economic Development Ministry Initiative. It defines tasks, principles, priorities and main directions of Russian spatial development. Therefore, an analytical review of spatial models in economy, identification of existing problems and development of recommendations and proposals on the further development of economy-based territorial organization is becoming relevant. This article identifies and briefly characterizes the main development pathways of spatial models in economy over the past two centuries – classical, multi-regional, Starrett's Spatial Impossibility Theorem (Starrett), empirical (experimental) studies of uneven spatial development, continuous space, new economic geography, new urban economy, spatial econometrics, simulation modeling in economy, GIS application in spatial models used in economy. There is an attempt to structure spatial models in economy according to several parameters (time, direction of evolution, authors, space used, practical and theoretical results). The article also solves an applied problem based on the mathematical assessment of the region spatial value determination. The study includes open data from Internet resources, regulatory and industry documents, national development projects of the Russian Federation, and the results of the author's research. The future research aspects are outlined as well.

ACKNOWLEDGEMENTS

Special gratitude to Pavlov A.S., Dr. of Sciences, Professor of National Research University “Moscow State University of Civil Engineering” for valuable recommendations on the topic of the study.

REFERENCES

1. Suslov VI. Models of spatial economy: genesis, current state, prospects. *Region: economics and sociology*. 2013;2(78): 3–19.
2. Tyunen IG. Der isolierte Staat in Beziehung auf Landwirtschaft und Nationalökonomie [An isolated state]. 1926. URL: <https://ia600804.us.archive.org/35/items/Tunen/Tunen.pdf>. (Accessed: 10.06.2022).
3. Blaug M. *Economic theory of space use and the classical theory of production location*. Economic thought in retrospective. Moscow. 1994; 568–585.
4. Golubchik MM, Evdokimov SP, Maksimov GN, Nosonov AM. Regional studies and geography (some initial provisions). URL: <https://artno.ucoz.ru/regissl.pdf>. (Accessed: 10.06.2022).
5. Baranov A, Dondokov Z, Slepenskova Yu. Construction and using regional input-output models for analysis and forecasting of regions' economy development. *Ideas and Ideals*. 2016;2: 66-85. DOI:10.17212/2075-0862-2016-4.2-66-85.
6. *Regional science matters: studies dedicated to Walter Isard*. Ed. by Nijkamp P, Rose A, Kourtit K. Springer; 2015. 460 p. DOI:10.1007/978-3-319-07305-7.
7. Cho JK, Gordon P, Moore JE II, et al. TransNIEMO: Economic Impact Analysis Using a Model of Consistent Interregional Economic and Network Equilibria . *CESifo Working Paper Series*, No. 4601. 2014. URL: <https://www.cesifo.org/en/publications/2014/working-paper/transniemo-economic-impact-analysis-using-model-consistent>. (Accessed: 10.06.2022).
8. *Entropy methods of modeling complex systems*. Translated from English by Wilson AJ. Publishing House “Nauka”; 1978. 247 p.
9. Imelbaev ShS, Shmulyan BL. *Modeling of stochastic communication systems*. Supplement to the translation of the book by Wilson AJ. Publishing House “Nauka”; 1978; 170–233.
10. Shmulyan BL. Entropy model of the urban system. *Automation and Telemekhanics*. 1979;10: 70–83.
11. Starrett D. Market Allocations of Location Choice in A Model with Free Mobility. *Journal of Economic Theory*. 1978;9: 418–448.
12. Spatial analysis of socio-economic systems: history and modernity. Proceedings of the Granberg conference. Novosibirsk; 2017. 526 p.
13. Topoleva TN. Genesis of conceptual approaches of spatial economics: fundamental theories, new trends and prospects of research. *Vestnik of the Plekhanov Russian University of Economics*. 2022;4(94): 94–130. DOI:10.21686/2413-2829-2022-4-94-130.
14. Dixit A, Stiglitz J. Monopolistic Competition and Optimum Product Diversity. *American Economic Review*. 1977;67(3): 297–308.

15. Emelyanov AA. *Structural analysis and dynamic simulation models in economics*. Moscow: Publishing House "Finance and statistics"; 1998.
16. Emelyanov AA, Vlasova EA. *Simulation modeling in economic information systems*. Moscow: Publishing House "MESI"; 1998.
17. Buslenko NP. *Modeling of complex systems*. Moscow: Publishing House "Nauka"; 1978.
18. Naylor T. *Machine simulation experiments with models of economic systems*. Moscow: Publishing House "Mir"; 1975.
19. Shannon R. *Simulation of systems: science and art*. Moscow: Publishing House "Mir"; 1978.
20. Larin YuV, Krasnopevtseva BV, Sinitsyna AL, et al. Systematization and analysis of initial data for GIS of parking lots and parking lots in order to develop an economic and mathematical model (the example of Moscow). *Proceedings of the 58th scientific and technical conference for students, graduate students and young scientists of MIIGAiK*. Moscow; 2003. P. 213–219.
21. Sinitsyna AL. Development of Economic and Mathematic Model in Frames of Transport Component for Megapolice GIS (Moscow example). *Proceedings of the International Conference Intercarto 11. Sustainable development of territories: GIS theory and practical experience*. Stavropol; 2005. P. 104–110.
22. Sinitsyna AL, Shingareva KB, Feldman IA. GIS concept Development for the Road and Transport Complex of Megacity (Moscow as example). *Proceedings of the International Conference Intercarto 12. GIS for the sustainable development of territories*. Kaliningrad; 2006. P. 168–171.
23. Sinitsyna AL. Condition and Analysis of Megacity RTC GIS (The Russian Experience Review). *Proceedings of the International Conference Intercarto/InterGIS 15. Sustainable development of territories: GIS theory and practical experience*. Perm; 2009. P. 133–142.
24. Sinitsyna AL. Basic principles for constructing a GIS DTK of a metropolis (on the example of the city of Moscow). *Proceedings of the International Conference Intercarto/InterGIS 15. Sustainable development of territories: GIS theory and practical experience*. 2009; 220–231.
25. Sinitsyna AL. Comparative analysis of the managerial aspect of the GIS DTC of a metropolis (foreign experience) (article). *Proceedings of the International Scientific and Technical Conference "Geodesy, Cartography and Cadastre"*. Moscow; 2009. P. 220–229.

AUTHOR

Anna L. Sinitsyna

Moscow State University of Geodesy and Cartography (MIIGAiK), Moscow, Russia

Department of Economics, Faculty of Territory Management

Ph.D. in Economics, Associate Professor

 0000-0002-5381-2163

Submitted: August 27, 2022. Accepted: December 10, 2022. Published: December 25, 2022.