

УДК 332.1+330.4

*Регион: экономика и социология, 2019, № 3 (103), с. 56–101*

**М.В. Лычагин, В.И. Суслов**

## **МОДЕЛЬНО-ИННОВАЦИОННЫЙ АСПЕКТ В ЗАРУБЕЖНЫХ ЭКОНОМИЧЕСКИХ РЕГИОНАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ<sup>1</sup>**

*В статье описана методология и представлены результаты библиометрического анализа региональных исследований, учтенных в электронной библиографии EconLit, в которых одновременно рассмотрены вопросы моделирования и инноваций. С приведением оценок публикационной активности и примеров отдельных работ дан обзор моделей спирали (работы Ицковича, Лейдесдорфа и др.), территориальных инновационных моделей (базовые «строительные блоки», движение в направлении большего учета влияния институтов, тенденция перехода к «территориальной динамике знаний», примеры апробации), моделей регионального экономического роста (работы Седгли, Батабьяла, Нийкампа, Варги, модели MASST3, GMR и др.) и развития городов (переход от макроэкономической статистики к микроэкономике, модификация модели Джизбрата и др.) с акцентом на инновационный аспект, регионально-инновационные биологические модели и алгоритмы (фруктовой мушки и колонии муравьев). Показаны новые способы поиска регионально-модельных инновационных публикаций.*

---

<sup>1</sup> Авторы выражают признательность Американской экономической ассоциации за предоставленную возможность проводить производные работы на основе онлайн-варианта EconLit и компании EBSCO Publishing за вариант EconLit, позволивший эффективно осуществлять агрегирование данных, а также за предоставление полных текстов публикаций. Данная работа выполнена благодаря подпискам на электронные ресурсы удаленного доступа, оформленным на научные библиотеки ИЭОПП СО РАН и НГУ.

**Ключевые слова:** региональные исследования; EconLit; библиометрический анализ; модель; моделирование; инновации; модели спирали; территориальные инновационные модели; модели регионального экономического роста; развитие городов; биологические алгоритмы

**Для цитирования:** *Лычагин М.В., Суслов В.И.* Модельно-инновационный аспект в зарубежных экономических региональных исследованиях // Регион: экономика и социология. – 2019. – № 3 (103). – С. 56–101. DOI: 10.15372/REG20190303.

## ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Важной предпосылкой несомненных достижений российской школы региональных исследований, у истоков которой стоял академик А.Г. Гранберг, является постоянное отслеживание подходов, методов и результатов, представленных в зарубежной литературе (прежде всего в англоязычной). Подтверждением этому могут служить материалы международной научной конференции «Пространственный анализ социально-экономических систем: история и современность» [13].

Наиболее полную информацию о состоянии мировых экономических исследований можно получить из записей электронной библиографии EconLit, поскольку в ней учтены не только статьи в научных журналах, но и статьи в сборниках научных трудов и материалах конференций, книги (включая учебники), книжные рецензии, препринты (научные отчеты) и диссертации на соискание ученой степени «доктор философии», защищенные в университетах США. Эта библиография создана и поддерживается Американской экономической ассоциацией, которой принадлежит копирайт на записи EconLit. Одной публикации соответствует одна запись. Учет ведется с 1886 г. По состоянию на 30 апреля 2019 г. в EconLit было зафиксировано 1660120 публикаций.

Библиометрический анализ на основе EconLit показывает, что в последние 15 лет в мировой экономической науке произошел рост абсолютных и относительных показателей, отражающих усиление интереса исследователей к проблематике региональных, модельных и инновационных исследований.

Для проведения подобного анализа весь массив публикаций в EconLit мы разделили на две части, которые оказались близкими по общему числу записей (NP): NP1 – 831385 записей с 1886 по 2004 г., NP2 – 828735 записей с 2005 г. по апрель 2019 г.

Будем считать, что к группе *региональных* исследований относятся публикации, в названиях которых присутствует хотя бы один из следующих англоязычных терминов: «regional» (региональный), «region» (регион), «space» (пространство), «spatial» (пространственный), «territory» (территория) и «territorial» (территориальный). Если найти в EconLit число работ с выделенными терминами в названии для каждого из двух рассматриваемых периодов, а затем найти процентные доли в NP1 и NP2, то получим следующие значения: «регион» или «региональный» – (26844; 1,45; 1,78); «пространство» или «пространственный» – (12665; 0,6; 0,93); «территория» или «территориальный» – (1612; 0,06; 0,13); итого по трем видам терминов – (41121; 2,11; 2,84). Первое число в скобках – общее количество записей в EconLit с указанным англоязычным словом, последние два – удельные веса в суммах NP1 и NP2 в процентах. В результате мы видим небольшое (0,7%) увеличение удельного веса публикаций региональной направленности.

Под публикациями, которые относятся к *модельному аспекту*, будем понимать работы, в названиях которых присутствует хотя бы один из следующих англоязычных терминов: «model» (модель), «modeling» или «modelling» (моделирование). Всего найдено 89500 публикаций, и удельные веса для двух периодов составили 5,37 и 5,41% соответственно. Прирост удельного веса, равный 0,04%, явно незначителен.

Под публикациями *инновационного аспекта* будем понимать работы, в названиях которых присутствует хотя бы один из следующих англоязычных терминов: «innovation» (инновация) или «innovative» (инновационный). Здесь 20540 работ с удельными весами по периодам 0,81 и 1,66% (двукратный рост).

Отмеченные тенденции видны и при проведении аналогичного анализа на базе систем Web of Science и Scopus.

Основная идея структурно-морфологического анализа заключается в том, что новое возникает на пересечениях существующих областей (признаков). Это активно используется в генной инженерии

и других науках. Данные EconLit показывают, что в региональных исследованиях уже в течение достаточно длительного времени используются различные экономико-математические модели. И эта тенденция усиливается: если за 1886–2004 гг. в EconLit представлено 1572 публикации (0,19% от общего числа работ), в названиях которых присутствуют термины, относящиеся к определенным выше региональному и модельному аспектам, то с 2005 г. по апрель 2019 г. подобных работ стало 1971 (0,24%). На пересечениях публикаций региональной и инновационной направленности публикационная активность более заметна: 307 работ (0,037%) для первого периода и 1014 (0,12%) – для второго.

В зарубежной и отечественной научной литературе можно найти региональные исследования, в которых по отдельности представлены модельный [2; 7; 9] и инновационный [10; 11] аспекты. Но одновременно в зарубежной литературе все больше появляется публикаций по региональным исследованиям, в которых затронуты и модельный, и инновационный аспекты. В частности, в базе Scopus найдено 80 статей, в названиях которых присутствовали термины «innovation», «model» и «regional». При этом 53 работы появились в период 2011–2019 гг. Вместе с тем за рубежом и в нашей стране основное внимание уделено пока отдельным видам моделей и инноваций. Все более актуальной становится научная проблема систематизации идей и методов, которые представлены в экономических исследованиях на пересечениях регионального, модельного и инновационного аспектов. Это побудило авторов настоящей статьи предложить один из вариантов подобной систематизации.

## **БИБЛИОМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ КАК БАЗОВАЯ МЕТОДОЛОГИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ**

В статье [6] показаны зарождение библиометрического анализа (статистической обработки текстов и сведений о них) в III в. до н.э. и его развитие до наших дней, а также предпосылки выдвигаемой авторами концепции системно-инновационного библиометрического анализа на основе как EconLit, так и других электронных зарубежных

и отечественных ресурсов. Эта концепция начала формироваться еще в 1970-е годы, и потом в ее рамках создавались информационно-программные средства, которые давали возможность не отставать от исследований, проводимых в других странах. Подтверждением могут служить данные о работах в EconLit, в названиях которых присутствует термин «bibliometric» (библиометрический). В EconLit до 2000 г. включительно было всего 10 таких работ, что составило 0,02% от общего числа публикаций. Но в 2001–2010 гг. их число выросло до 29 единиц (0,06%), а в 2011–2019 гг. (по апрель) – до 78 единиц (0,16%). Если учесть присутствие термина «bibliometric» не только в названии, но и в любом поле записи EconLit, то можно найти 366 публикаций. Аналогичная тенденция роста интереса к библиометрии наблюдается и при использовании систем Web of Science и Scopus как по экономическим, так и по другим наукам.

Если детализировать содержание публикаций в EconLit с термином «bibliometric» в названии, то можно выделить следующие группы:

1) работы по методическим вопросам библиометрии (самоцитирование, особенности отдельных электронных библиотек, библиометрических показателей и т.п.);

2) работы по библиометрическому анализу и оценке публикаций (их количество, индексы цитирования и т.д.) отдельных личностей, ученых отдельных стран или групп стран, отдельных университетов и научных центров, а также по анализу публикаций в отдельных журналах (как правило, за некоторый юбилейный период времени работы журнала);

3) работы по библиометрическому анализу публикационной активности в отдельных областях экономических исследований: экономика здравоохранения, культуры, спорта; эволюционная экономика; финансовые риски; финансирование научных исследований; политическая активность корпорации; корпоративные стратегии; бренды; энергия из возобновляемых источников; человеческий капитал; процессы глобализации; роль Всемирного банка; влияние владения патентами на стоимость фирмы; семейный бизнес; региональные исследования; предпринимательство; пространственная эконометрия и др.;

4) небольшое число работ, в которых библиометрический анализ использовался в качестве основного или дополнительного метода для выявления и прогнозирования нововведений в различных отраслях (физика, нанотехнологии, биомедицина, информатика, экологическая экономика и т.д.).

Изучение зарубежных публикаций по библиометрическому анализу показало наличие трех проблемных областей, отрицательное влияние которых мы попытались уменьшить.

Во-первых, преобладают исследования на ограниченных информационных базах, например Web of Science и Scopus. Ни в коей мере не ставя под сомнение значимость этих систем, считаем необходимым все же напомнить, что за их рамками остаются многие статьи в научных журналах и сборниках трудов, ряд книг, диссертации и препринты (публикации по отчетам). С этих позиций в электронной библиографии EconLit отражено больше экономических публикаций. Вместе с тем в EconLit нет части статей из журналов по техническим и информационным наукам, в которых может присутствовать важная экономическая составляющая. При всей полноте EconLit в этой базе не отражен ряд публикаций в российских изданиях, хотя они написаны полностью на английском языке. Поскольку в настоящее время в мире нет базы данных, в которой были бы отражены даже работы по экономическим наукам, то движение в направлении системности предполагает взаимосвязанное использование некоторой совокупности авторитетных электронных ресурсов. Поэтому при подготовке настоящей статьи была привлечена информация из EconLit, Web of Science, Scopus, EBSCO, SSRN и некоторых других баз. Такое расширение информационной базы имеет важное значение и с точки зрения инноваций, поскольку новые идеи, методы и результаты могут быть впервые опубликованы в препринтах (working papers).

Во-вторых, полноценный библиометрический анализ должен по возможности включать три метода из инновационного менеджмента: 1) анализ публикационной активности; 2) терминологический и лексический анализ; 3) структурно-морфологический анализ. Первые два метода обычно легко реализуются на базе систем Web of Science и Scopus. Но так как Web of Science была основана на идее Ю. Гар-

филда, который подчеркивал ограниченность классификационной системы любой науки, то эти системы не содержат, в частности, предметной экономической классификации JEL. Поэтому для реализации возможностей структурно-морфологического анализа в системах Web of Science и Scopus потребуется создавать специальные тезаурусы словосочетаний, в которых будут учтены новые явления и процессы. В то же время третий вид анализа удастся достаточно четко реализовать на основе классификации JEL и библиографии EconLit, когда в качестве индикатора применяется новое сочетание предметных кодов. Поскольку при написании этой статьи мы использовали различные базы данных, то опирались на все три метода.

В-третьих, в ряде работ по библиометрическому анализу формальные представления (таблицы с частотами, карты взаимосвязей по терминам, авторам, источникам и т.п.) заслоняют содержание. Поэтому, хотя при подготовке настоящей статьи были использованы многие известные вычислительные и визуальные средства библиометрического анализа, было принято решение вынести на первый план основные содержательные аспекты публикаций при предположении, что заинтересованный читатель найдет в первоисточнике необходимую детализацию. Для удобства восприятия и доступности материалов в ряде случаев даны ссылки на публикации на русском языке в Научной электронной библиотеке eLibrary.ru.

Далее результаты представлены по группам моделей по принципу «от простого к сложному». Следует заметить, что в зарубежных публикациях, как и в российских, термин «модель» в простом случае используется в смысле некоторого образа или схемы.

## **МОДЕЛИ СПИРАЛИ (HELIX MODELS)**

Дж. Тресиддер в книге «Словарь символов» пишет, что с древнейших времен спираль является «символом жизненной силы, как на уровне Космоса, так и на уровне микрокосмоса. Спиральные формы встречаются в природе очень часто, начиная от галактик и до водоворотов и смерчей, от раковин моллюсков и до рисунков на человеческих пальцах и (как обнаружила наука) двойной спирали молекулы

ДНК» [12, с. 355]. Поэтому неудивительно, что в библиографии EconLit можно найти 95 публикаций с термином «helix» в названии.

У истоков использования модели спирали в экономике стояли Г. Ицкович (H. Etzkowitz) и Л. Лейдесдорф (L. Leydesdorff). Л. Лейдесдорф в статье [57] со ссылкой на первоисточники пишет, что в начале 1990-х годов в моделях экономического развития учитывались два фактора: рыночная координация и институциональный контроль. В книге [56] в Эпilogue от лица редактора он предложил добавить к этим факторам «организованное производство знаний». Г. Ицкович также внес вклад в создание данной книги, написав главу «Академико-индустриальные отношения: социологическая парадигма для экономического развития». Летом 1994 г. Г. Ицкович и Л. Лейдесдорф решили объединить свои исследования. В результате была создана «модель тройной спирали» (Triple-Helix Model, TH Model) для описания взаимодействия в системе университет – индустрия – правительство [37].

В последующие четверть века расширялись области применения базовой, тройной, модели спирали, а также предпринимались попытки сконструировать модель с большим числом измерений. Инновации находились в центре внимания многих работ. Например, Г. Ицкович и Л. Лейдесдорф в статье [36] провели разбор некоторых «линейных» представлений инноваций в национальных системах и подчеркнули важность перехода к «нелинейным» моделям, в том числе спиральным. Л. Лейдесдорф предложил «эволюционную модель инноваций» с использованием стохастической имитации действий агентов на каждом витке тройной спирали и опубликовал фрагменты соответствующих программ для ЭВМ [58].

Все чаще в моделях спирали стал отражаться региональный (пространственный) аспект: рассматривались университеты как драйверы регионального развития, основанного на знаниях (примеры Уэльса [43], Амстердама и Саппоро [44]), изучалось развитие предпринимательства в регионах США [51] и Балтийского моря [59].

Интересным примером международного сотрудничества с участием двух российских авторов стала работа, в которой «пятерная инновационная модель спирали» применена для рассмотрения устойчивого развития добычи нефти и газа на шельфе Арктической зоны России [30].



Поиск в Научной электронной библиотеке elibrary.ru по словосочетанию «модель тройной спирали» (МНТ) в названии дал сведения о 102 публикациях. Знаковыми событиями стали выступления Г. Ицковича на круглых столах, посвященных проблематике тройной спирали, в Томске (30 ноября 2010 г.) и Москве (1 декабря 2010 г.) и интервью с ним, опубликованное в журнале «Инновации» [4]. В ряде работ по данной проблематике явно выделен региональный аспект: МНТ в «инновационном развитии региона» [1; 8]; «развитие технологического предпринимательства в регионе на основе» МНТ [3] и т.д. Региональные особенности могут быть отражены не в названии, а в самом тексте статьи [5].

### **ТЕРРИТОРИАЛЬНЫЕ ИННОВАЦИОННЫЕ МОДЕЛИ (TERRITORIAL INNOVATION MODELS, TIM)**

«Последние 15 лет экономисты-регионалисты, географы и плановики посвятили большую часть своих времени и энергии поиску “новой” модели регионального развития» [67, р. 289], – эти слова приведены в начале статьи «Территориальные инновационные модели: критический обзор», опубликованной в 2003 г. в журнале «Региональные исследования». Ее авторы приводят следующее определение: «“Территориальная инновационная модель” (TIM) используется как обобщающее наименование для моделей региональных инноваций, в которых локальная институциональная динамика играет значительную роль» ([67, р. 291]. Из этого определения видно, что TIM – это прежде всего некоторая схема взаимосвязи понятий и теорий.

Различные TIM предлагается рассматривать с позиции следующих шести отличительных черт инноваций: 1) ядро инновационной динамики; 2) роль институтов; 3) региональное развитие; 4) культура; 5) тип отношений между агентами; 6) тип отношений с окружающей средой. Выделены шесть видов TIM: MI – инновационная среда; ID – индустриальный район; RIS – региональные инновационные системы; NIS – новые индустриальные пространства; LPS – локальные производственные системы; LR – обучающийся регион.

В указанной статье приводится таблица, в которой по строкам представлены отличительные черты инноваций, а по столбцам – виды моделей. В клетках таблицы обозначены особенности взаимосвязей этих черт и моделей. Например, в клетке, соответствующей МІ, отмечена роль институтов: «Очень важна роль институтов в исследовательском процессе (университеты, фирмы, государственные органы и т.п.)» [67, р. 294].

Интересна схема, на которой показаны сильные и слабые связи ТІМ с различными теориями [67, р. 295]. На этой схеме модель RIS построена на основе национальных инновационных систем, которые, в свою очередь, имеют корни в теориях эволюционистов (Нельсона, Уинтера и др., и ранее – Веблена и Дарвина) и теориях технических изменений (Фримана и ранее – Шумпетера и отчасти Дарвина). Эта схема побуждает задуматься о еще более ранних корнях моделей региональных инноваций, которые просматриваются в дошедших до нашего времени документах и трудах государств древности.

Достоинством рассматриваемой статьи является и то, что ее авторы кратко описывают «строительные блоки» ТІМ: экономику агломерации, теории эндогенного развития, системы инноваций, эволюции и обучения, теорию сетей и государственного управления.

В заключительной части подчеркивается дискуссионность ТІМ и говорится о существовании различных направлений развития этих моделей.

Второе десятилетие XXI в. ознаменовалось расширением дискуссий об уместности (применимости) ТІМ. О. Кревуазье констатирует, что в литературе наметилось движение в направлении отражения более полного влияния институтов и многомерной динамики под влиянием мобильности (труда, капитала и др.) и процессов институциональной интеграции [32, р. 557]. Важен вывод о том, что увлечение математическим моделированием и манипулированием данными «заставило студентов забыть о пространстве и времени, географии и истории. ...ТІМ означают первую победу в том, что называется *территориальной экономикой*. В ТІМ время и территория играют существенную роль в самом определении инновации» [32, р. 559].

Одним из направлений развития исследований стал переход от ТИМ к «территориальной динамике знаний» (Territorial Knowledge Dynamics, TKD). Это направление Х. Жаннера и О. Кревуазье считают «новой концепцией региональных исследований» [47]. В таблице, озаглавленной «От инноваций и близости к “территориальной динамике знаний”», эти авторы указывают девять аспектов перехода от традиционной парадигмы к ТКД как парадигме более широкой: 1) исходный вопрос; 2) мобилизация новых знаний; 3) единица изменения; 4) рыночные взаимозависимости; 5) локальная динамика знаний; 6) территориальные масштабы; 7) операторы, пространства, где производится наблюдение; 8) отношение к глобальной среде; 9) региональная политика. Если ранее исходный вопрос формулировался как «объяснение успеха/неудачи определенных регионов в контексте технологических изменений и “территоризации” промышленного производства», то в новой парадигме объяснение должно строиться на последствиях мобильности, открытости границ, становления общества, основанного на знаниях, и «культуризации экономики» [47, р. 186].

Можно найти работы, в которых парадигма ТКД иллюстрируется на примерах (часовая промышленность Швейцарии [48], разработка программного обеспечения в Германии [75], автомобилестроение в шведском лене Вестра-Гёталанд [46]).

В статье А. Бутцин и Б. Видмайер предлагается изучать ТКД при помощи биографий инноваций, в которых отражены «инновационные процессы во времени, в пространстве и через личности» [24, р. 233]. Описана процедура создания таких биографий и приводится пример разработки гибких керамических обоев немецкой нанотехнологической фирмой.

В статье группы испанских авторов [68] в качестве развития ТИМ представлен вариант аналитического инструмента, базирующийся на открытых региональных и секторальных инновационных системах. Дифференциальные характеристики модели ROSIS включают в себя наличие стейкхолдеров, географический район, силу сектора и степень открытости. Качественное тестирование инструмента осуществлено в округе Дуранго (Испания).

## МОДЕЛИ РЕГИОНАЛЬНОГО ЭКОНОМИЧЕСКОГО РОСТА (MODELS OF REGIONAL ECONOMIC GROWTH, REG)

По состоянию на начало июня 2019 г. в электронной библиотеке EconLit можно было найти 3955 публикаций, в названиях которых одновременно встретились слова «model» и «growth» (рост). Добавление в поиск по названию термина «моделирование» в двух вариантах англоязычного написания («modeling» или «modelling») увеличило число публикаций до 4181.

Если найти в этой выборке работы регионально-пространственно-территориальной направленности путем добавления в названия соответствующих англоязычных определений в виде существительных и прилагательных («region», «regional», «space», «spatial», «territory», «territorial»), то останется 180 публикаций. Из этих 180 работ 62 были опубликованы до 2001 г., а 118 – в период с 2001 г. до мая 2019 г. Таким образом, прирост абсолютного числа публикаций составил 90% к уровню 2000 г.

Важной отличительной чертой электронной библиотеки EconLit является возможность исчисления относительных показателей по отношению к общему числу записей за соответствующие периоды. В результате доля работ первого периода составила 0,095%, второго – 0,117%. Таким образом, прирост относительных показателей составил 23%. Эти расчеты свидетельствуют об увеличении интереса исследователей к проблематике моделей (моделирования) регионального (пространственного, территориального) роста.

Если вернуться к исходной выборке из 4181 публикации по тематике моделей и моделирования роста и найти работы, в названиях которых встретились термины «innovation» (инновация) или «innovative» (инновационный), то будет выявлена 81 публикация, в том числе 18 работ за период по 2000 г. включительно (0,0276% от общего числа записей в EconLit) и 63 работы за период с 2001 г. до мая 2019 г. (0,0625%). В итоге в абсолютном выражении число публикаций выросло в 3,5 раза, а в относительном – в 2,26 раза. Эти данные свидетельствуют и росте значимости инновационного аспекта в моделях роста.

Объединение при поиске по моделям роста регионального и инновационного аспектов позволило найти только 17 публикаций, которые увидели свет после 2000 г. В данном случае, как говорится, «комментарии излишни». Но прежде чем перейти к содержательному рассмотрению этих 17 работ, представляется целесообразным дать краткий исторический обзор публикаций, посвященных моделям и моделированию роста с позиций регионального и инновационного аспектов, содержащих предпосылки интеграции двух аспектов.

### **Модели роста: регионально-пространственно-территориальный аспект**

*1951–1960 гг.* В 1955 г. появилась статья А. Меламида, в которой рассматривалось применение модели Тюнена для регионального анализа экономического роста [65]. В 1959 г. Э. Берман предложил пространственную и динамичную модель роста [20].

*1961–1970 гг.* В 1962 г. У. Маки и Й. Ту рассмотрели возможности применения моделей регионального роста для развития сельскохозяйственных районов [61]. В 1968 г. Дж. Брэдзел и У. Хикс оценили взаимосвязь экспорта и регионального экономического роста с использованием моделей главных продуктов, производимых в регионе [22]. В 1969 г. опубликована статья Л. Бурна, в которой конверсионная модель роста города применена для анализа пространственного размещения [21].

*1971–1980 гг.* В это десятилетие произошел четырехкратный рост количества публикаций по сравнению с 1961–1970 гг. Поэтому нам приходится прибегать к еще более сжатому изложению, останавливаясь только на основных чертах работ и преимущественно отсылая к фамилиям авторов в списке источников.

*1973 г.* Предложена «совместимая» (consistent) модель для анализа взаимосвязи роста экономики страны и регионального неравенства доходов [71].

*1975 г.* В статье Р. Диксона и Э.П. Тёрлуолла [33] представлена модель регионального роста Калдора, в основе которой лежит предположение о том, что темп роста регионального выпуска определяется ростом регионального экспорта. Приводятся соотношения для объема

экспорта в период  $t$  в зависимости от мирового спроса, различных цен и их эластичности, от уровня зарплаты и производительности труда, функции технического прогресса и региональной конкурентоспособности. Интересны ссылки на пример использования модели для экономики Британии [33]. В этом же году опубликована статья «Неоклассические модели роста и региональный рост в США» [74].

1976 г. Рассмотрен «случайный регион» в двухсекторной модели роста [62].

1977 г. Проанализирована стабильность темпов роста в региональной модели Калдора [42]. Проведена повторная оценка регионального роста в США при помощи неоклассической модели [55].

1978 г. М. Гринвуд предложил эконометрическую модель, посвященную отображению процессов внутренней миграции и регионального экономического роста для Мексики [41].

1979 г. Дж. Гоуди увязал модели экономического роста с планированием регионального устойчивого состояния (regional steady state planning) [40]. Рассмотрены три вида динамических моделей экономического роста: математико-образные, механико-дескриптивные и аналитико-психологические.

1980 г. Для анализа регионального роста и падения предложено использовать многорегиональную эконометрическую модель США [66].

1981–1990 гг. В этом десятилетии наблюдается стабилизация публикационной активности по рассматриваемой тематике: 13 работ по сравнению с 12 работами в период 1971–1980 гг. Среди этих публикаций две статьи 1981 г., в которых обсуждается применение неоклассических моделей роста для оценки регионального роста в США, и статья 1986 г., в которой подобная модель применена для условий Индонезии. В трех работах модели использовались для анализа и прогнозирования изменений численности населения. В 1981 г. П. Джонс применил для регионального анализа сетевую модель экономического роста [50]. В статье 1987 г. модели регионального роста рассмотрены с позиции многоцелевой оптимизации [39]. Также представлена «эволюционная модель роста в экономике из двух регионов» [14] и предприняты две попытки нахождения решений для стохастической модели роста.

1991–2000 гг. Снова происходит заметный рост публикационной активности: 30 публикаций по сравнению с тринадцатью в 1981–1990 гг. Среди разработок этого десятилетия обращают на себя внимание динамическая межсекторная модель регионального экономического роста [54], модель эндогенного экономического роста двух регионов для изучения экономической и биологической устойчивости [79] и применение двурегиональной модели с целью нахождения оптимальных политик охраны окружающей среды для устойчивого роста [45].

### **Модели роста: инновационный аспект**

Здесь приведем несколько примеров: модель роста с учетом технических и продуктовых инноваций (Р. МакКейн [64]); трехфакторная модель роста с индуцированными инновациями (Э. Брювер [23]); модель роста Калдора с учетом технического прогресса и инноваций (М. Барнетт, У. Янг [16]); модель Шумпетера для экономического роста и инноваций (К. Роскамп [70]) и эндогенных инноваций (Ф. Инглманн [35]).

### **Публикации, в названиях которых присутствуют термины «модель» («моделирование»), «региональный», «рост» и «инновация» («инновационный»)**

Первое соединение названных четырех терминов наблюдается в EconLit в 2002 г. в статье Н. Седгли [73], в которой рассматривается асимметричность распространения знаний по различным отраслям. В статье приводится формулировка теоретической модели, в которой предпринята попытка учесть особенности, касающиеся различий в региональных промышленных структурах, в темпах инноваций в промышленности и в темпах распространения знаний. Моделируются отдельные стимулы для исследований и разработок в рамках монополистической конкуренции, есть агрегированное представление физического и человеческого капитала.

В модели технологические инновации рассматриваются как происходящие за счет расширения числа потребительских товаров, доступных в экономике. Она включает в себя особый инновационный сектор, производящий два типа знаний. Если знания не подходят, то

они добавляются к общему запасу знаний, полученных в результате исследований и разработок. Если знания можно использовать, то они трансформируются в «проект», который дает владельцу исключительные монопольные права (возможно, благодаря патенту). Полученная в результате прибыль обеспечивает стимул для дальнейших исследований. Каждый товар включает в себя оба этих аспекта. В качестве базового примера автор рассматривает два региона ( $i = A, B$ ) и две отрасли ( $k = 1, 2$ ). Предполагается схожесть регионов, за исключением того, что регион  $A$  полностью сконцентрирован в отрасли 1, а регион  $B$  полностью сконцентрирован в отрасли 2 [73, р. 191].

Вводится блок идентичных потребителей, которые максимизируют текущую стоимость функции полезности за весь срок жизни. Проблему потребления предлагается решать в три этапа: 1) распределение расходов на потребление по отраслям; 2) распределение этих расходов по видам доступных товаров исходя из заданных пропорций; 3) оптимизация расходов на потребление во времени [73, р. 191–193].

Производство товаров осуществляется фирмами в регионах, каждая из фирм максимизирует прибыль, производит единственный вид товара и имеет производственную функцию вида «единица труда на единицу продукта для конечного потребления» [73, р. 193–194].

Затем в модель вводятся абстрактные параметры и соотношения, с помощью которых предпринимается попытка учесть влияние знаний на выпуск новых продуктов и производственные функции фирм – изготовителей товаров, а также на цены товаров. Интересна попытка учесть ограничения со стороны требований достижения равновесия на рынке капитала [73, р. 194–196].

В статье представлены соотношения и графики для трех случаев: а) случая полного и симметричного распределения знаний [73, р. 196–200]; б) случая, когда знания специфичны для отрасли [73, р. 200–201]; в) случая асимметричного распределения знаний [73, р. 201–204].

Статья [73] ознаменовала математико-аналитическое направление рассматриваемых моделей. В таких моделях есть показатели, их обозначения, формулы для установления связей между показателями, но



нет даже иллюстративных числовых примеров, не говоря уже об использовании реальных данных.

Развитием этого направления являются статьи А. Батабьяла и П. Нийкампа «Шумпетерианская модель предпринимательства, инноваций и регионального экономического роста» [18] и «Мульти-региональная модель экономического роста с человеческим капиталом и негативными экстерналиями в инновациях» [17].

Одновременно мы видим работы, в которых представлены как математические описания моделей, так и соответствующие числовые иллюстрации и результаты эмпирической проверки. Приведем несколько примеров, которые дают достаточную пищу для размышлений.

А. Каралью и П. Нийкамп опубликовали в 2011 г. препринт, а в 2014 г. статью в журнале «Региональные исследования» с заголовком «Когнитивный капитал и острова инноваций: модель роста Лукаса с позиции региональной перспективы» [28; 29]. Аннотации к обоим вариантам своей работы авторы начинают фразой: «Знания инициируют региональный рост» (Knowledge triggers regional growth). Приводимые в статье факты свидетельствуют о том, что квалифицированные трудовые ресурсы сосредоточены на «островах инноваций», что дает преимущество инновационным регионам и создает проблемы для регионов отстающих. Представлена модель роста, объясняющая влияние человеческого капитала на региональное богатство. Оценки основаны на Европейском исследовании ценностей (European Values Study, EVS) и региональных данных Евростата. Эмпирические тесты показывают, что более высокий уровень когнитивного капитала генерирует все большую отдачу от знаний, способствуя появлению островков инноваций. Отмечено, что регионы с высоким уровнем когнитивного капитала перетягивают на себя часть эффекта соседних регионов.

В 2014 г. опубликована статья «Технологическая инновация и региональный экономический рост в Мексике: пространственная перспектива» [78]. В ней предложена пространственная эконометрическая модель, в которой на выходе определяются годовые темпы роста регионального продукта на душу населения по штатам страны в 1995–2007 гг. На вход модели в разрезе штатов поступают данные об

основных фондах, человеческом капитале и технологических инновациях (патенты, торговые марки, промышленные изобретения и полезные модели). В результате расчетов оценено влияние диффузии инноваций по штатам.

Среди публикаций, которые в названии имеют слова «региональный рост», «модель» и «инновации», следует выделить книгу «Прикладной региональный рост и модели инноваций», выпущенную в издательстве Springer в 2014 г. [52]. В книге 13 основных глав, которые разбиты на три части: «Знания и инновации в пространстве» (главы 2–5), «Человеческий капитал и региональный рост» (главы 6–9), «Пространственные системы и экономическое развитие» (главы 10–14). Во всех главах в качестве основного инструмента анализа используется эконометрия, примененная к данным различных стран (Германии, Франции, Великобритании, Португалии, США, Бразилии) и их регионов. Инновационный аспект представляют услуги для бизнеса с интенсивными знаниями (глава 2), институциональная поддержка инновационных фирм (глава 3), создание благоприятного инвестиционного климата для прямых иностранных инвестиций (глава 4), новые программные средства и электронное оборудование для здравоохранения (глава 5), обеспеченность трудовыми ресурсами высокотехнологичных отраслей (главы 6–8), влияние межрегиональной миграции на инновационное развитие (глава 9) и др.

Статья «Моделирование регионального роста и инновации» [53] является введением к специальному изданию с таким же названием, в котором пространственная эконометрия и некоторые другие методы используются для лучшего понимания факторов и особенностей регионального роста, межотраслевых и межрегиональных отношений и инновационных процессов.

**Публикации, в которых один из ключевых терминов («модель» или «моделирование», «региональный», «инновация» и «рост») встречается не в названии, а в тексте**

Работы [26; 27] также посвящены моделированию регионального роста с учетом инноваций, хотя в их названиях термин «инновация» отсутствует. В этих статьях описаны версии модели для прогнози-

рования регионального роста, именуемые MASST (MAcroeconomic, Sectoral, Social, Territorial model – макроэкономическая секторальная социальная территориальная модель).

В версии MASST3 региональный рост определяется выражением  $GDPrt = GDPnt + diffrt$ , где  $GDPrt$  – прирост валового внутреннего продукта в регионе  $r$  за время  $t$ ;  $GDPnt$  – прирост ВВП страны  $n$  за то же время;  $diffrt$  – отклонение роста в регионе  $r$  за время  $t$  от данных по стране в целом [26, p. 41].

MASST3 включает в себя национальную подмодель из шести уравнений и региональную подмодель из 10 уравнений.

Эндогенными переменными в национальной подмодели выступают пять показателей роста (ВВП, потребления, инвестиций, импорта, экспорта, общественных расходов) и показатель потенциального ВВП. Экзогенные переменные в этой модели – ставки налогов, процентные ставки, рост инфляции, рост прямых иностранных инвестиций, затраты труда, обменные курсы, рост ВВП в США, Японии и странах БРИК.

Эндогенные переменные в региональной подмодели – отклонения в показателях роста региона от страновых значений, региональная инновационность (по продуктам и процессам), степень урбанизации, рост занятости в промышленности и сфере услуг, пространственное распределение ВВП, уровень безработицы, рост населения, рост миграции по возрастным группам. Экзогенные переменные в этой модели – человеческий капитал, затраты на исследования и разработки, образцы региональных инноваций, показатели региональной специализации, рождаемости, смертности, миграции, качества городской жизни, земельной ренты, преступности и др. В статье приводятся основные уравнения модели и результаты их эконометрической оценки для стран ЕС [26, p. 44].

А. Варга в статье [80] указывает, что в последние годы активно обсуждаются два подхода к политике развития: пространственно-нейтральный и учитывающий ключевую роль географии в развитии. Становится ясно, что в русле нового мышления следует принимать во внимание не только вклад специфических инструментов (например, развитие человеческого капитала, инвестиции в инфраструктуру

туру, поддержку малых и средних предприятий), но и конкретные форматы, как эти инструменты дислоцированы географически. Для ответа на этот вызов современности автор предлагает использовать Geographic Macro and Regional (GMR) model – географическую макро-региональную модель (в том числе и для обоснования политики инноваций) [80, р. 12–13]. Работа модели проиллюстрирована на данных европейских стран. Важным блоком является подмодель TFP (Total Factor Productivity – общая факторная производительность). Выделены следующие четыре шага моделирования:

1) моделирование влияния политики на научно-технический прогресс. На этом шаге используется степенная производственная функция региональных знаний, которая имеет индексы региона, страны и периода времени. Входными переменными в правой части уравнения являются затраты на исследования и разработки и объем накопленных знаний, измеряемый числом патентов и публикаций (с учетом соответствующих коэффициентов эластичности). На выходе в левой части получается прирост новых знаний за заданный период времени. Модель GMR для Европы охватывает 163 отдельных региона;

2) моделирование передачи влияния технологии на экономические переменные. Здесь есть ряд эконометрических соотношений и их переменных, которые отражают распределение затрат на исследования и разработки, межрегиональные научные связи, человеческий капитал, социальный капитал и возможности их физической доступности;

3) моделирование пространственно-временной динамики экономического роста;

4) моделирование макроэкономического влияния интеграции.

При выполнении шагов 3 и 4 учитываются сочетания региональных и макроэкономических показателей, отражающих изменения со стороны спроса и предложения разных факторов производства, цен, инфляции и т.п. [80, р. 14–31].

С подходом статьи А. Варги коррелирует статья [72], опубликованная в 2019 г. и посвященная сравнительному анализу различных подходов к оценке региональных TFP с использованием данных по 220 европейским регионам с 1990 по 2007 г. Статья содержит большой

литературный обзор и формулы пяти исследуемых подходов: 1) неоклассической учетной модели; 2) межсекторного подхода; 3) объединенного панельного подхода; 4) подхода с фиксированными эффектами; 5) подхода с фиксированными эффектами с региональными трендами.

В статье «Региональное развитие и креативность» [63] подчеркивается, что в создании нового принципиально важна такая черта человеческого капитала, как *креативность* (creativity). Целью этой статьи является оценка при помощи эконометрического анализа роли творчества и других компонентов человеческого капитала в процессе экономического роста для 257 регионов в 27 странах – членах ЕС по данным за 2002–2007 гг. Авторы выделяют из регионального человеческого капитала образовательный компонент (долю лиц с высшим образованием) и творческий компонент, который отражает фактическую занятость людей в конкретных видах деятельности, таких как наука, инженерия, образование, искусство и развлечения. Определены три непересекающихся категории человеческого капитала (креативные выпускники, «богема» и некреативные выпускники), которые одновременно включены в пространственную модель как детерминанты регионального роста, измеряемого производительностью труда. После расширения анализа для контроля над другими факторами, которые могут повлиять на региональное развитие (физический, технологический и социальный капитал, культурное разнообразие, промышленные и географические характеристики), представлены данные о влиянии выпускников на региональный экономический рост, в особенности тех, кто входит в креативную категорию.

Статья трех китайских авторов [81], опубликованная в 2019 г., может служить своеобразным «переходным мостиком» от рассмотренных работ, посвященных моделям регионального роста, к публикациям, описываемым в следующем разделе, в которых в центре внимания будут находиться города. Отмечено, что проблематика регионального экономического роста является «вездесущей» и включает в себя, в частности, такие темы, как прогнозирование регионального роста, конвергенция экономического роста, пути регионального роста, а также традиционные движущие силы роста количества типов инноваций, человеческий капитал, открытость, инфраструктура,

креативные работники и стратегия полюсов роста [81, р. 2]. В статью предпринята попытка на основе традиционных производственных функций Кобба – Дугласа и процедуры исчисления регионального синергетического эффекта по методу добавленной эффективности дать оценку для 285 городов Китая и 40470 потенциальных связей между ними.

## ГОРОДА: МОДЕЛИ И ИННОВАЦИИ

Обратимся снова к поиску в электронной библиографии EconLit по следующим базовым англоязычным терминам в названиях работ: «urban» (городской), «city» (большой город), «agglomeration» (агломерация, городская), «town» (город, городок). Как и в предыдущем разделе нашей статьи, будем определять число публикаций по двум периодам: с 1886 по 2000 г. и с 2001 г. до мая 2019 г. В верхней части таблицы приведены число записей с базовыми терминами для каждого периода (N1 и N2 соответственно), а также процентные доли от общего числа записей в EconLit за два анализируемых периода (D1 и D2).

Показатели модельного аспекта определены при помощи добавления к поиску по названиям по каждому «городскому» термину одного из слов «model», «modeling» или «modelling». Особенность поиска для инновационного аспекта состояла в том, что термины «innovation» или «innovative» могли находиться не только в названии, но и в других полях описания публикации.

Относительные показатели, выделенные в таблице жирным шрифтом, отражают процентное отношение суммы всех «городских» работ с учетом соответствующего аспекта к общему числу записей в EconLit.

Приведенные результаты свидетельствуют, что по всем «городским» терминам в названиях работ наблюдается рост абсолютных и относительных показателей публикационной активности. Исключение составляют публикации с термином «town». Заметно быстрее растет число публикаций, в которых наряду с «городскими» терминами употреблены «модельные» слова. Последняя часть таблицы свидетельствует о росте интереса исследователей к инновациям, связанным

**Публикационная активность по городской тематике с выделением модельного и инновационного аспектов по данным EconLit за 1886–2019 гг.**

NP	N1	N2	D1	D2	D2 – D1
urban	5145	8517	0,789	0,845	0,06
city	2856	6551	0,438	0,650	0,21
agglomeration	315	1329	0,048	0,132	0,08
town	400	521	0,061	0,052	–0,01
Итого 1	8716	16918	1,34	1,68	0,34
В том числе модельный аспект:					
urban	15	388	13,5	60,9	47,40
city	74	175	66,7	27,5	–39,19
agglomeration	15	55	13,5	8,6	–4,88
town	7	19	6,3	3,0	–3,32
Итого 2	111	637	100,0	100,0	0,00
Итого 2, % к итогу 1	1,27	3,77	<b>0,017</b>	<b>0,063</b>	0,05
В том числе инновационный аспект:					
urban	76	382	47,5	38,7	–8,80
city	43	446	26,9	45,2	18,31
agglomeration	36	138	22,5	14,0	–8,52
town	5	21	3,1	2,1	–1,00
Итого 3	160	987	100,0	100,0	0,00
Итого 3, % к итогу 1	1,84	5,83	<b>0,025</b>	<b>0,098</b>	0,07

с развитием городов. Вместе с тем две нижние части таблицы показывают существенные изменения в структуре словоупотреблений: в работах по моделированию резко возросла частота использования термина «urban», а при анализе инноваций на первое место вышел термин «city».

В первом периоде мы видим только одну работу 1991 г., у которой в названии есть термины «urban», «model» и «innovation»: «Ориенти-

рованная на предложение городская динамичная модель с инновациями и синергетическими эффектами» [25]. В этой статье, опубликованной в сборнике трудов издательства Springer под названием «Региональная наука: ретроспектива и перспектива», авторы, в частности, отмечают, что в последние несколько лет было представлено новое семейство эволюционных моделей городской иерархии. Основные характеристики этих моделей сформулированы в следующих четырех пунктах. Модели предназначены для того, чтобы:

1) связать воедино различные теории и традиционные подходы в городской экономике, которые пока в основном разделены (модели пространственного взаимодействия и жизненного цикла города, исследования по определению оптимального размера города, по межсекторному взаимодействию, синергизму в местном развитии и др.);

2) перейти от устоявшегося подхода со стороны спроса, типичного для моделей экспорта, землепользования и городской динамики, к новому подходу, ориентированному на предложение (отсюда аббревиатура для наименования новых моделей: Soudy – Supply-Oriented Urban Dynamics models, т.е. модели городской динамики, ориентированные на предложение);

3) включить в рамки городских моделей истинную движущую силу местного развития, которая, если следовать Шумпетеру, может быть синтезирована в термине «инновация»;

4) принять методологию, посредством которой распределение вероятностей возможных состояний городской системы определяется на макроскопическом коллективном уровне исходя из свойств микроскопического индивидуального поведения с использованием для этого динамической имитации процесса роста каждого центра городской иерархии.

Еще одна статья появилась в 1997 г. В ней термин «инновация» применен к внедрению в региональные науки компьютерной графики, в том числе с использованием данных геоинформационных систем [60].

Во втором периоде произошел резкий рост числа работ (их стало 27) на пересечениях городской, модельной и инновационной тематик. В шести публикациях термин «инновация» включен в название.



С чисто формальных позиций библиометрии надо было бы указать статью Д. Пюмэн «Социопространственная динамика систем городов и инновационные процессы: многоуровневая модель» [69], которая опубликована в 2008 г. в сборнике издательства Springer «Динамика сложных городских систем: междисциплинарный подход» [77]. Но это было бы поверхностным решением, поскольку несравненно больше нового о моделях города можно узнать, если изучить все 22 статьи этого замечательного сборника и два включенных в него приложения. Благодаря подписке научной библиотеки НГУ нам удалось ознакомиться с этой книгой. Особо глубокое впечатление произвела вводная статья М. Бэтти «Пятьдесят лет городского моделирования: от макростатики к микродинамике» [19]. Выделим наиболее важные моменты этой статьи.

1. Модель В. Леонтьева «затраты – выпуск» является примером определения как прямых затрат, так и косвенных эффектов. И это устанавливает сильную связь с другими макроэкономическими моделями, особенно с моделями Кейнса. Применение модели Леонтьева для практических расчетов требует большого объема вычислений. И это дало дополнительный импульс такой важной инновации середины XX в., как создание ЭВМ [19, р. 1–2].

2. Развитие моделей города происходило под влиянием трех важных моментов. Во-первых, ключевым драйвером моделирования стало решение задач разработки политики и планирования, а не стремление получить лучшее теоретическое понимание. Во-вторых, необходимо было получать числовой результат при помощи моделей на основе доступной информации. В-третьих, в отличие от традиционной экономической науки, которая пыталась создавать теории на микро- и макроуровнях, урбанистика развивалась более прагматично с использованием многих дисциплин [19, р. 3].

3. М. Бэтти предложил рассматривать историю городского моделирования при помощи трех взаимосвязанных временных шкал, на которых слева указан «Индустриальный город XIX в.», а справа – «Глобальный город XXI в.». На нижней шкале, которая называется «Планирование», последовательно приводятся: а) централизованный контроль 1920-х годов; б) совместная система 1970-х; в) децентрализованная индивидуалистическая система 1990-х. На средней шкале

«Города» идут: а) моноцентрические формы; б) Чикагская школа 1920-х; в) городские рынки 1960-х; г) многоцентричные города 1970-х. На верхней шкале «Модели» указаны: а) теория размещения, 1933 г.; б) региональная наука, 1955 г.; в) макростатистические модели, 1960–1970 гг.; г) агрегированная динамика, 1970–1980 гг.; д) «клеточные агенты» (cells agents), 1995 г. и после [19, p. 4–6].

4. Три ключевые идеи в конце XIX в. легли в основу понимания развития городов: а) экономическая теория размещения; б) социальная физика; в) географическая/пространственная морфология [19, p. 6–7].

5. Указана динамика с позиции макроперспективы: а) динамика города Дж. Форрестера (1969); б) использование теории катастроф (1975); в) нелинейный логистический рост (1981); г) использование идей обратимых термодинамических систем (развитие идей Пригожина, Аллен, 1997); д) теория хаоса и фрактальная геометрия (конец 1980-х) [19, p. 13–15].

6. Рассмотрено движение к микродинамике, выделены агенты, клетки и новая социальная физика: а) имитация развития города с помощью «клеточных автоматов» (cellular automata); б) агентские модели для описания поведения отдельных групп населения; в) примеры различных имитаций деятельности городских подсистем [19, p. 15–17].

Если мы рассмотрим остальные статьи, приведенные в сборнике [77], то они как раз и будут отражать указанное движение к микродинамике. Кратко остановимся на некоторых примечательных фрагментах.

В интегральных рамках моделей городских и региональных систем приведена диаграмма взаимодействия пространственно распределенных агентов города, среди которых работники разных групп, инфраструктура, промышленность и сфера услуг, внутренние и внешние связи и др. [77, p. 29]. Приведен пример запуска возможной инновации в эволюционной модели организации [77, p. 35]. Рассмотрена модель асистематической мобильности в пространстве города с иллюстрацией на примере кампуса Бикокка в Милане [77, p. 59–75]. Представлена многоагентная имитация транспорта для Берлина с отражением физических и ментальных уровней, с фрагментами программ для ЭВМ и алгоритмом обучения [77, p. 76–94]. Проанализированы гибридные географические модели городской пространственной структуры и по-

ведения с учетом взаимозависимости с инфраструктурой, городского рынка труда и поездок на место работы [77, р. 95–109].

Возвращаясь к городским моделям с инновациями, которые отражены в записях EconLit, упомянем работу [34], где инновации рассмотрены с позиции классических и случайных моделей роста города. В статье [15] освещена роль пространственной агломерации в структурной модели инноваций, производительности и экспорта. В статье [84] речь идет о модели «умного города» с «инновационной экосистемой».

Следует отметить, что модели роста города с учетом пространственного взаимодействия и инноваций могут быть найдены в научных журналах, которые не включены в EconLit. Примером может служить статья Ж.М. Фаваро и Д. Пюмэн в журнале «Географический анализ» [38]. В этой статье разбирается классическая модель Джибрата (Gibrat), описывающая изменение размера города  $i$  между моментами времени  $(t - 1)$  и  $t$  выражением  $\log(p_{i,t}) = \log(p_{i,t-1}) + r_{i,t}$ , где  $r_{i,t}$  – темпы роста, представляющие собой независимые и одинаково распределенные случайные величины, а  $p_{i,t}$  – численность населения города  $i$  в момент  $t$  [38, р. 253]. Проведя проверку модели Джибрата на данных французских городов с 668 единиц для периода 1831–1836 гг. до 1786 единиц для 1990–1999 гг., авторы статьи сделали вывод о существовании в развитии городов инновационных циклов типа волн Кондратьева [38, р. 265–266]. Поэтому была предложена модифицированная имитационная модель пространственного взаимодействия, в которой формализована связь между ростом города, его размером, специализацией города и волнами инноваций. На основе реальных данных показано, что новая модель воспроизводит наиболее частые аномалии, наблюдаемые при эмпирическом тестировании стохастических статистических моделей [38, р. 282].

## РЕГИОНАЛЬНЫЕ ИННОВАЦИОННЫЕ БИОЛОГИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ И АЛГОРИТМЫ

Междисциплинарный подход, как уже неоднократно отмечалось выше при рассмотрении различных работ, часто используется в региональных исследованиях. Нам удалось найти две интересные пуб-

ликации, в которых использованы методы, навеянные биологической наукой.

*Алгоритм оптимизации фруктовой мушки (Fruit Fly Optimization Algorithm, FOA)*. Этот метод со ссылкой на его создателя, тайваньского ученого Пан Уэн-Чао (Pan Wen-Chao), применен в статье [83] для поиска решений при помощи обобщенной регрессионной нейронной сети (Generalized Regression Neural Network, GRNN). Авторы статьи отмечают, что технологические инновации являются движущей силой устойчивого развития. Поскольку существующие теории и методы не в полной мере учитывают факторы этих инноваций, то предлагается модель FOA-GRNN, которая призвана более полно и точно отобразить эти региональные различия и временные характеристики технологических инноваций и помочь проверить следующие четыре гипотезы.

1. Инвестиции в инновации оказывают основное и положительное влияние на технологические инновации, при этом существуют региональные различия и временные вариации величины этого влияния.

2. Инновационная среда положительно влияет на технологические инновации, при этом существуют региональные различия и временные вариации величины этого влияния.

3. Размер предприятия отрицательно коррелирует с технологическими инновациями, при этом существуют региональные различия и временные вариации величины этого влияния.

4. Правительственная поддержка оказывает отрицательное влияние на технологические инновации, при этом существуют региональные различия и временные вариации величины этого влияния [83, р. 3–4].

В статье представлена модель GRNN, которая призвана в достаточной степени описывать нелинейные связи. В качестве независимых переменных выступают затраты на НИР и ОКР, численность занятых НИР и ОКР на промышленных предприятиях, доля государства в капитале предприятий, число промышленных предприятий и средний объем выпускаемой ими продукции, доля затрат на импорт технологий, доля затрат государства на внутренние НИР и ОКР, доля готовой продукции промышленных предприятий, созданной за счет

иностранных инвестиций, ВВП на душу населения, среднее число студентов на 100 тыс. населения [83, p. 5–7].

Приведены результаты расчетов по данным крупных промышленных предприятий 31 провинции Китая за период с 2008 по 2015 г. Эмпирические результаты показывают, что инвестиции в инновации являются определяющим фактором технологических инноваций в Китае и становятся все более значимыми. Отмечен большой разрыв в величине инновационного ресурса между восточной и западной частями страны. С ростом размера предприятия происходит снижение инновационной эффективности. Это влияние неодинаково по регионам страны: оно положительно в центральном и западном Китае и отрицательно в восточном Китае. Государственная поддержка негативно влияет на технологические инновации: не прямые инвестиции в акционерный капитал вносят больший вклад в технологические инновации, чем прямая поддержка через фонды. Инновационная среда оказывает положительное и слабое влияние на технологические инновации, прежде всего в западном Китае [83, p. 8–17].

*Алгоритм колонии муравьев (Ant Colony Algorithm).* В работе [82], подготовленной двумя исследователями из Харбинского университета, рассматривается региональная система совместных инноваций, которая представляет собой нелинейную сложную систему. В частности, в нее могут входить университеты, научно-исследовательские институты, предприятия и другие члены инновационного содружества типа государственных финансовых учреждений. Очевидной целью этой системы является повышение эффективности инновационного взаимодействия и производства и передачи знаний. Препятствия – выраженные характеристики неопределенности в действиях членов системы, некоторые стороны их выбора и эволюции.

По мнению авторов статьи, использование алгоритма поведения членов колонии муравьев позволит принимать решения о совместной оптимизации при неопределенности, поможет повысить эффективность сотрудничества.

В статье предложена система показателей для региональной инновационной системы сотрудничества, которая включает в себя показатели условий для инноваций (человеческие, финансовые и материальные ресурсы), достижения научных результатов, результативнос-

ти инноваций и уровня кооперации. Для каждого показателя вводится его вес в процентах. Приведены формулы для трех функций оценки инноваций: стоимости, цикла и эффективности [82, р. 4–5].

Для оптимизации механизма совместной деятельности в системе используется уточненный «алгоритм колонии муравьев», в котором важную роль играет «диффузионная модель феромонов» [82, р. 6]. Представлен пример верификации модели [82, р. 6–8].

### **ИННОВАЦИИ В $n$ -й СТЕПЕНИ, ИЛИ НОВЫЕ СПОСОБЫ ПОИСКА РЕГИОНАЛЬНО-МОДЕЛЬНО-ИННОВАЦИОННЫХ ПУБЛИКАЦИЙ**

Если уважаемый читатель еще раз пролистает страницы нашего обзора, который начинался с моделей спирали, то увидит, что этот обзор построен явно по модели тройной спирали, так как в нем постоянно пересекаются «витки» регионов, моделей и инноваций. Поскольку неоднократно использовался анализ публикационной активности, который показывал рост количества публикаций во времени, то диаметр этих «витков» также возрастал. Происходило и усложнение форм этой «спирали» за счет включения новых терминов типа «модели агентов» или «фрактальная геометрия».

Спираль как символ движения тесно связана с другим древним символом – *ороборо*, который изображает змею (дракона), кусающую себя за хвост [12, с. 258–259]. До сих пор при поиске публикаций по теме нашей статьи мы использовали базовые методы библиометрического анализа. Теперь настала пора «укусить змею свой хвост», т.е. воспользоваться методологией системно-инновационного библиометрического анализа, представленного в работах [2; 6] и открывающего пути, как находить новое о новом.

Поясним смысл слова «системно-инновационный». «Системный» означает, что будут использоваться, во-первых, вся система категорий предметной классификации JEL и, во-вторых, все записи электронной библиографии EconLit, в которых учтены коды JEL. «Инновационный» указывает на способ фиксации «семени» (нового) научного знания: это публикация, при индексации которой впервые зафик-

сировано новое бинарное сочетание предметных кодов JEL. Здесь существует несколько вариантов образования «цепочек инноваций». Проиллюстрируем их на материале тома R «Экономика города, села, регионов, недвижимости и транспорта» [2]. Само название макрокатегории говорит о том, что все примеры публикаций в этом томе будут относиться к региональному аспекту.

*Вариант 1. Поиск по конкретной инновации.* Открываем том R в формате PDF, включаем функцию поиска и вводим в поисковое окно название конкретной инновации на английском языке. Например, пусть это будет «biofuel» (биотопливо). На странице 161 находим сведения о статье [76], в которой в названии есть не только слово «биотопливо», но и наименование количественного метода – «анализ вычисляемого общего равновесия». Новизна данной публикации заключается в том, что в ней впервые микрокатегория R13 «Общее равновесие и экономический анализ региональных экономик с позиции благосостояния» пересеклась с микрокатегорией Q16 «Исследования и разработки. Сельскохозяйственные технологии. Услуги по распространению сельскохозяйственного опыта».

*Вариант 2. Поиск по термину и пересечению двух кодов.* Выбираем код микрокатегории, в названии которой явно присутствует термин «innovation». Например, Q55 «Технологические инновации» (в сфере охраны окружающей среды). Добавляем код региональной категории. Например, R11 «Региональная экономическая активность: рост, развитие, проблемы окружающей среды и изменения». В качестве указания на модельный аспект используем термин «model». Эти условия отражаем в поисковом окне EconLit в виде фразы

subjdesc: Q55 subjdesc: R11 title: model.

В результате находится статья «Инновации в зеленой экономике: расширение модели региональной инновационной системы?» [31].

*Вариант 3. Поиск по пересечению трех кодов.* Для инноваций выбираем код Q16, для регионального аспекта – код R11. По этим параметрам можно найти работу [49], у которой есть код C53 «Методы прогнозирования; методы имитации», обеспечивающий отражение модельного аспекта.

*Вариант 4. Многомерная инновационная сеть.* В этом варианте выбирается словосочетание, которое затрагивает как минимум два изучаемых аспекта. Таким словосочетанием является «artificial intelligence» (искусственный интеллект), которое указывает одновременно на модели (расчеты) и инновации. В EconLit можно найти 100 работ, где это словосочетание встречается в названии. Если раскрыть полученное частотное дерево предметных кодов, то сразу видим 10 публикаций с кодами О30 и О33, которые по названиям относятся к исследованиям в области инноваций. Кроме этого есть пересечения с 11 кодами микрокатегорий предметной макрокатегории С «Математические и количественные методы» и с шестью кодами микрокатегорий макрокатегории R «Экономика города, села, регионов, недвижимости и транспорта». Если провести поиск по всем полям, а не только по названиям, то найдем 508 записей с еще большим охватом предметных областей.

*Статья подготовлена по плану НИР ИЭОПП СО РАН по проекту XI.171.1.1 «Разработка, апробация и применение в теоретических и прикладных исследованиях программно-методических комплексов и информационных систем анализа и прогнозирования социально-экономических процессов» № АААА-А17-117022250129-2*

## Список источников<sup>2</sup>

1. Андреева Г.М. Модель «тройной спирали» в инновационном развитии региона // Бенефициар. – 2017. – № 5 (5). – С. 13–16.
2. Атлас новых исследований на основе EconLit (2006–2013) = Atlas of new research based on EconLit (2006–2013): В 19 т. Т. 18: JEL категория R / Науч. ред. М.В. Лычагин, Г.М. Мкртчян, В.И. Суслов, С.А. Суспицын. – Новосибирск: ИППЦ НГУ, 2018. – URL: <https://nsu.ru/xmlui/handle/nsu/15264?show=full>.
3. Бурдакова Г.И., Бянкин А.С., Вахрушева В.О. Развитие технологического предпринимательства в регионе на основе модели «Тройной спирали» // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Сер.: Экономические науки. – 2017. – Т. 10, № 6. – С. 172–181.

---

<sup>2</sup> В пунктах 14–84 библиографическое описание приводится в авторском формате EconLit.



4. Ицкович Г. Модель тройной спирали // *Инновации*. – 2011. – № 4. – С. 5–10.
5. Катуков Д. Сетевые взаимодействия в инновационной экономике: модель тройной спирали // *Вестник Института экономики Российской академии наук*. – 2013. – № 2. – С. 112–121.
6. Лычагин М.В., Мкртчян Г.М., Суслов В.И. Концепция системно-инновационного библиометрического анализа и картографирования экономической литературы // *Вестник Новосибирского государственного университета*. Сер.: Социально-экономические науки. – 2014. – Т. 14, вып. 2. – С. 127–141.
7. Лычагин М.В., Суслов В.И., Лычагин А.М. Новые направления региональных исследований в англоязычной научной литературе // *Регион: экономика и социология*. – 2008. – № 3. – С. 241–254.
8. Пахомова И.Ю. Модель «тройной спирали» как механизм инновационного развития региона // *Научные ведомости Белгородского государственного университета*. Сер.: Экономика. Информатика. – 2012. – № 7 (126). – С. 50–55.
9. Суслов В.И. Модели пространственной экономики: генезис, современное состояние, перспективы // *Регион: экономика и социология*. – 2013. – № 2 (78). – С. 3–19.
10. Суслов В.И. Технологический базис реиндустриализации страны и региона // *Регион: экономика и социология*. – 2015. – № 4 (88). – С. 46–64.
11. Суслов В.И., Бобылев Г.В., Валиева О.В., Ждан Г.В., Кравченко Н.А., Кузнецов А.В. Определение направлений совершенствования региональной инновационной политики // *Регион: экономика и социология*. – 2015. – № 1 (85). – С. 177–196.
12. Тресиддер Дж. Словарь символов / Пер. с англ. С. Палько. – М.: ФАИР-ПРЕСС, 1999. – 448 с.
13. *Труды Гранберговской конференции*. Новосибирск, 10–13 окт. 2016 г.: Сб. докл. Междунар. конф., посвящ. 80-летию со дня рождения акад. А.Г. Гранберга «Пространственный анализ социально-экономических систем: история и современность» / Под ред. В.И. Суслова, Л.В. Мельниковой. – Новосибирск: Изд-во ИЭОПП СО РАН, 2017. – 526 с.
14. Anderson, W.P. 1989. “An Evolutionary Model of Growth in a Two Region Economy”. *Annals of Regional Science*, 23 (2): 105–20.
15. Antonietti, Roberto, and Giulio Cainelli. 2011. “The Role of Spatial Agglomeration in a Structural Model of Innovation, Productivity and Export: A Firm-Level Analysis”. *Annals of Regional Science*, 46 (3): 577–600.
16. Barnett, Malcolm, and Warren L. Young. 1977. “Teleology and the Technical Progress Function-Investment and Innovation in Kaldor’s Growth Models”. *Konjunkturpolitik*, 23 (2): 111–17.
17. Batabyal, Amitrajeet A., and Peter Nijkamp. 2013. “A Multi-region Model of Economic Growth with Human Capital and Negative Externalities in Innovation”. *Journal of Evolutionary Economics*, 23 (4): 909–24.

18. *Batabyal, Amitrajeet A., and Peter Nijkamp.* 2012. "A Schumpeterian Model of Entrepreneurship, Innovation, and Regional Economic Growth". *International Regional Science Review*, 35 (4): 464–86.

19. *Batty, Michael.* 2008. "Fifty Years of Urban Modeling: Macro-statics to Micro-dynamics". In *The Dynamics of Complex Urban Systems: An Interdisciplinary Approach*, ed. Sergio Albeverio, Denise Audrey, Paolo Giordano and Alberto Vancheri, 1–20. Heidelberg and New York: Springer, Physica-Verlag.

20. *Berman, E.B.* 1959. "A spatial and dynamic growth model". *Regional Science Association. Papers and Proceedings*, 5 (0): 143–50.

21. *Bourne, L.S.* 1969. "A Spatial Allocation-Land Use Conversion Model of Urban Growth". *Journal of Regional Science*, 9 (2): 261–72.

22. *Brazzel, J.M., and W.W. Hicks.* 1968. "Exports and regional economic growth: an evaluation of the economic base and staple models". *Land Economics*, 44 (0): 503–09.

23. *Brewer, A.A.* 1975. "A Three (or More) Factor Model of Growth with Induced Innovation". *Review of Economic Studies*, 42 (2): 285–92.

24. *Butzin, Anna, and Brigitta Widmaier.* 2016. "Exploring Territorial Knowledge Dynamics through Innovation Biographies". *Regional Studies*, 50 (2): 220–32.

25. *Camagni, Roberto P., and L. Diappi.* 1991. "Soudy 3: A Supply-Oriented Urban Dynamics Model with Innovation and Synergy Effects". In *Regional science: Retrospect and prospect*, ed. David E. Boyce, Peter Nijkamp and Daniel Shefer, 339–57. New York; Berlin; London and Tokyo: Springer.

26. *Capello, Roberta, Andrea Caragliu, and Ugo Fratesi.* 2017. "Modelling Regional Growth between Competitiveness and Austerity Measures: The MASST3 Model". *International Regional Science Review*, 40 (1): 38–74.

27. *Capello, Roberta, and Ugo Fratesi.* 2012. "Modelling Regional Growth: An Advanced MASST Model". *Spatial Economic Analysis*, 7 (3): 293–318.

28. *Caragliu, Andrea, and Peter Nijkamp.* 2011. *Cognitive Capital and Islands of Innovation: The Lucas Growth Model from a Regional Perspective*. Tinbergen Institute, Tinbergen Institute Discussion Papers: 11-116/3.

29. *Caragliu, Andrea, and Peter Nijkamp.* 2014. "Cognitive Capital and Islands of Innovation: The Lucas Growth Model from a Regional Perspective". *Regional Studies*, 48 (4): 624–45.

30. *Carayannis, Elias G., Alexey E. Cherepovitsyn, and Alina A. Ilinova.* 2017. "Sustainable Development of the Russian Arctic Zone Energy Shelf: The Role of the Quintuple Innovation Helix Model". *Journal of the Knowledge Economy*, 8 (2): 456–70.

31. *Chapple, Karen, Cynthia Kroll, T. William Lester, and Sergio Montero.* 2011. "Innovation in the Green Economy: An Extension of the Regional Innovation System Model?" *Economic Development Quarterly*, 25 (1): 5–25.

32. *Crevoisier, Olivier.* 2014. "Beyond Territorial Innovation Models: The Pertinence of the Territorial Approach". *Regional Studies*, 48 (3): 551–61.

33. *Dixon, R., and A. P. Thirlwall.* 1975. "A Model of Regional Growth-Rate Differences on Kaldorian Lines". *Oxford Economic Papers*, 27 (2): 201–14.

34. *Duranton, Gilles*. 2011. "Innovation in Cities: Classical and Random Urban Growth Models". In *Handbook of Research on Innovation and Entrepreneurship*, ed. David B. Audretsch, Oliver Falck, Stephan Heblich and Adam Lederer, 137–49. Cheltenham, U.K. and Northampton, Mass.: Elgar.
35. *Englmann, F.C.* 1994. "A Schumpeterian Model of Endogenous Innovation and Growth". *Journal of Evolutionary Economics*, 4 (3): 227–41.
36. *Etzkowitz, Henry, and Loet Leydesdorff*. 2000. "The Dynamics of Innovation: From National Systems and «Mode 2» to a Triple Helix of University-Industry-Government Relations". *Research Policy*, 29 (2): 109–23.
37. *Etzkowitz, H.; Leydesdorff, L.* The Triple Helix–University-Industry-Government Relations: A Laboratory for Knowledge-Based Economic Development. EASST Rev. 1995, 14, 14–19.
38. *Favaro, Jean-Marc, and Denise Pumain*. 2011. "Gibrat Revisited: An Urban Growth Model Incorporating Spatial Interaction and Innovation Cycles". *Geographical Analysis*, 43: 261–286.
39. *Friesz, Terry L., and Javier Luque*. 1987. "Optimal Regional Growth Models: Multiple Objectives, Singular Controls, and Sufficiency Conditions". *Journal of Regional Science*, 27 (2): 201–24.
40. *Gowdy, John M.* 1979. "Economic Growth Models and Regional Steady State Planning". *Growth and Change*, 1 (3): 37–42.
41. *Greenwood, Michael J.* 1978. "An Econometric Model of Internal Migration and Regional Economic Growth in Mexico". *Journal of Regional Science*, 18 (1): 17–32.
42. *Guccione, A., and W.J. Gillen*. 1977. "Growth Rate Stability in the Kaldorian Regional Model". *Scottish Journal of Political Economy*, 24 (2): 175–76.
43. *Huggins, Robert, Martin Jones, and Stevie Upton*. 2008. "Universities as Drivers of Knowledge-Based Regional Development: A Triple Helix Analysis of Wales". *International Journal of Innovation and Regional Development*, 1 (1): 24–47.
44. *Ikegami, Maki, and Joao Romao*. 2016. "Universities and Knowledge-Based Regional Development: A Comparative Study on the Triple Helix Framework in Amsterdam and Sapporo". *Studies in Regional Science*, 46 (1): 101–13.
45. *Inoue, Tomoko*. 1998. "Optimal Environmental Policies for Sustainable Growth: A Two-Region Model". *Journal of Regional Science*, 38 (4): 599–620.
46. *James, Laura, Geert Vissers, Anders Larsson, and Margareta Dahlstrom*. 2016. "Territorial Knowledge Dynamics and Knowledge Anchoring through Localized Networks: The Automotive Sector in Vastra Gotaland". *Regional Studies*, 50 (2): 233–44.
47. *Jeannerat, Hugues, and Olivier Crevoisier*. 2016. "From 'Territorial Innovation Models' to 'Territorial Knowledge Dynamics': On the Learning Value of a New Concept in Regional Studies: Editorial". *Regional Studies*, 50 (2): 185–88.
48. *Jeannerat, Hugues, and Olivier Crevoisier*. 2011. "Non-technological Innovation and Multi-local Territorial Knowledge Dynamics in the Swiss Watch Industry". *International Journal of Innovation and Regional Development*, 3 (1): 26–44.

49. Jin, Yu, and Wallace E. Huffman. 2016. "Measuring Public Agricultural Research and Extension and Estimating Their Impacts on Agricultural Productivity: New Insights from U.S. Evidence". *Agricultural Economics*, 47 (1): 15–31.

50. Jones, Philip C. 1981. "A Network Model of Economic Growth: A Regional Analysis". *Regional Science and Urban Economics*, 11 (2): 231–37.

51. Kim, Younghwan, Wonjoon Kim, and Taeyong Yang. 2012. "The Effect of the Triple Helix System and Habitat on Regional Entrepreneurship: Empirical Evidence from the U.S." *Research Policy*, 41 (1): 154–66.

52. Kourtiti, Karima, Peter Nijkamp, and Robert Stimson, eds. 2014. *Applied Regional Growth and Innovation Models*, Advances in Spatial Science. New York and Heidelberg: Springer.

53. Kourtiti, Karima, Peter Nijkamp, and Roger Stough. 2018. "Modelling Regional Growth and Innovation". *International Regional Science Review*, 41 (1): 3–6.

54. Kraybill, David S., and Jeffrey H. Dorfman. 1992. "A Dynamic Intersectoral Model of Regional Economic Growth". *Journal of Regional Science*, 32 (1): 1–17.

55. Lande, Paul S., and Peter Gordon. 1977. "Regional Growth in the United States: A Reexamination of the Neoclassical Model". *Journal of Regional Science*, 17 (1): 61–69.

56. Leydesdorff, L. Epilogue. In *Evolutionary Economics and Chaos Theory: New Directions for Technology Studies*; Leydesdorff, L., Van den Besselaar, P., Eds.; Pinter: London, UK; New York, NY, USA, 1994; pp. 180–192.

57. Leydesdorff, Loet. 2018. "Synergy in Knowledge-Based Innovation Systems at National and Regional Levels: The Triple-Helix Model and the Fourth Industrial Revolution". *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 2018, 4 (16): 1–13; DOI:10.3390/joitmc4020016.

58. Leydesdorff, Loet. 2000. "The Triple Helix: An Evolutionary Model of Innovations". *Research Policy*, 29 (2): 243–55.

59. Lindberg, Malin, Monica Lindgren, and Johann Packendorff. 2014. "Quadruple Helix as a Way to Bridge the Gender Gap in Entrepreneurship: The Case of an Innovation System Project in the Baltic Sea Region". *Journal of the Knowledge Economy*, 5 (1): 94–113.

60. Longley, Paul, and Victor Mesev. 1997. "Beyond Analogue Models: Space Filling and Density Measurement of an Urban Settlement". *Papers in Regional Science*, 76 (4): 409–27.

61. Maki, W.R., and Y.I. Tu. 1962. "Regional growth models for rural areas development". *Regional Science Association. Papers and Proceedings*, 9 (0): 235–44.

62. Marino, Anthony M. 1976. "A Remark on the «Casual Region» in the Two Sector Model of Growth". *International Economic Review*, 17 (3): 787–88.

63. Marrocu, Emanuela, and Raffaele Paci. 2012. "Regional Development and Creativity". *International Regional Science Review*, 36 (3): 354–391.

64. *McCain, Roger A.* 1974. "Induced Bias in Technical Innovation Including Product Innovation in a Model of Economic Growth". *Economic Journal*, 84 (336): 959–66.
65. *Melamid, A.* 1955. "Some applications of Thuenen's model in regional analysis of economic growth". *Regional Science Association. Papers and Proceedings*, 1 (0): L1–L5.
66. *Milne, William J., Norman J. Glickman, and F. Gerard Adams.* 1980. "A Framework for Analyzing Regional Growth and Decline: A Multiregion Econometric Model of the United States". *Journal of Regional Science*, 20 (2): 173–89.
67. *Moulaert, Frank, and Farid Sekia.* 2003. "Territorial Innovation Models: A Critical Survey". *Regional Studies*, 37 (3): 289–302.
68. *Porto Gomez, Igone, Jose Ramon Otegi Olaso, and Jon Mikel Zabala-Iturriagoitia.* 2016. "ROSA, ROSAE, ROSIS: Modelling a Regional Open Sectoral Innovation System". *Entrepreneurship and Regional Development*, 28 (1-2): 26–50.
69. *Pumain, Denise.* 2008. "The Socio-spatial Dynamics of Systems of Cities and Innovation Processes: A Multi-level Model". In *The Dynamics of Complex Urban Systems: An Interdisciplinary Approach*, ed. Sergio Albeverio, Denise Andrey, Paolo Giordano and Alberto Vancheri, 373–89. Heidelberg and New York: Springer, Physica-Verlag.
70. *Roskamp, Karl W.* 1991. "A Schumpeter Model of Economic Growth and Innovation". *Kredit und Kapital*, 24 (2): 198–211.
71. *Sakashita, Noboru, and Osamu Kamoike.* 1973. "National Growth and Regional Income Inequality: A Consistent Model". *International Economic Review*, 14 (2): 372–82.
72. *Schatzer, Thomas, Matthias Siller, Janette Walde, and Gottfried Tappeiner.* 2019. "The Impact of Model Choice on Estimates of Regional TFP". *International Regional Science Review*, 42 (1): 98–116.
73. *Sedgley, Norman.* 2002. "Asymmetric Knowledge Spillovers in a Model of Regional Innovation and Growth". *Review of Regional Studies*, 32 (2): 187–206.
74. *Smith, Donald Mitchell.* 1975. "Neoclassical Growth Models and Regional Growth in the U.S." *Journal of Regional Science*, 15 (2): 165–81.
75. *Strambach, Simone, and Benjamin Klement.* 2012. "The Organizational Decomposition of Innovation and Territorial Knowledge Dynamics: Insights from the German Software Industry". In *Innovation and Institutional Embeddedness of Multinational Companies*, ed. Martin Heidenreich, 193–221. New Horizons in International Business. Cheltenham, U.K. and Northampton, Mass.: Elgar.
76. *Taheripour, Farzad, Thomas W. Hertel, and Wallace E. Tyner.* 2011. "Implications of Biofuels Mandates for the Global Livestock Industry: A Computable General Equilibrium Analysis". *Agricultural Economics*, 42 (3): 325–42.
77. *The Dynamics of Complex Urban Systems: An Interdisciplinary Approach*, ed. Sergio Albeverio, Denise Andrey, Paolo Giordano and Alberto Vancheri, Heidelberg and New York: Springer, Physica-Verlag. 484 p.

78. *Torres-Preciado, Victor Hugo, Mayren Polanco-Gaytan, and Miguel A. Tinoco-Zermeno.* 2014. “Technological Innovation and Regional Economic Growth in Mexico: A Spatial Perspective”. *Annals of Regional Science*, 52 (1): 183–200.

79. *Turner, Paul R.* 1997. Examining Economic and Biological Sustainability in a Two-Regional Endogenous Growth Model. PhD diss. University of Wyoming.

80. *Varga, Attila.* 2017. “Place-based, Spatially Blind, or Both? Challenges in Estimating the Impacts of Modern Development Policies: The Case of the GMR Policy Impact Modeling Approach”. *International Regional Science Review*, 40 (1): 12–37.

81. *Ying Liu, Lin Li, and Fei Teng Zheng.* 2019. “Regional Synergy and Economic Growth: Evidence from Total Effect and Regional Effect in China”. *International Regional Science Review*, 1–28. DOI: 10.1177/0160017619838317. journals.sagepub.com/home/irx.

82. *Zhang, Xiaona, and Fayin Wang.* 2016. “Research on the Uncertainty Decision Model of the Regional Collaborative Innovation System Based on an Improved Ant Colony Algorithm”. *Scientific Programming*, Vol. 2016, Article ID 2402037. URL: <http://dx.doi.org/10.1155/2016/2402037>.

83. *Zhang, Yongli, Sanggyun Na, Jianguang Niu, and Beichen Jiang.* 2018. “The Influencing Factors, Regional Difference and Temporal Variation of Industrial Technology Innovation: Evidence with the FOA-GRNN Model”. *Sustainability*, 10, 187; DOI: 10.3390/su10010187.

84. *Zygiaris, Sotiris.* 2013. “Smart City Reference Model: Assisting Planners to Conceptualize the Building of Smart City Innovation Ecosystems”. *Journal of the Knowledge Economy*, 4 (2): 217–31.

### Информация об авторах

*Лычагин Михаил Васильевич* (Россия, Новосибирск) – доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой «Финансы и кредит» экономического факультета Новосибирского национального исследовательского государственного университета (630090, Новосибирск, ул. Пирогова, 1, e-mail: [lychagin@nsu.ru](mailto:lychagin@nsu.ru)); ведущий научный сотрудник Института экономики и организации промышленного производства СО РАН (630090, Новосибирск, просп. Акад. Лаврентьева, 17).

*Суслов Виктор Иванович* (Россия, Новосибирск) – член-корреспондент РАН, доктор экономических наук, профессор, заведующий лабораторией моделирования и анализа экономических процессов Института экономики и организации промышленного производства СО РАН (630090, Новосибирск, просп. Акад. Лаврентьева, 17, e-mail: [suslov@ieie.nsc.ru](mailto:suslov@ieie.nsc.ru)).

DOI: 10.15372/REG20190303

*Region: Economics & Sociology, 2019, No. 3 (103), p. 56–101*

**M.V. Lychagin, V.I. Suslov**

**A MODEL-INNOVATIVE ASPECT IN INTERNATIONAL  
ECONOMIC REGIONAL STUDIES<sup>3</sup>**

*The article describes the methodology and presents the results of a bibliometric analysis of regional research from the EconLit electronic bibliography, which simultaneously address issues of modeling and innovation. We give reviews with estimates of publication activity and examples of individual works to the following models: spiral models (Etzkowitz, Leydesdorff, etc.), territorial innovation models (basic «building blocks», a move towards better consideration of institutions influence, a trend of shifting to «territorial knowledge dynamics», approbation examples), models of regional economic growth (Sedgley, Batabyal, Nijkamp, Varga, MASST3 and GMR models, etc.) along with city and town development models (shifting from macrostatics to microdynamics, a modification of the Gibrat's model, etc.) centered around an innovative aspect, regional-innovative biological models and algorithms (based on the fruit fly and an ant colony). The article shows new ways of searching for regional-model innovative publications.*

**Keywords:** regional research; EconLit; bibliometric analysis; model; modeling; innovation; helix models; territorial innovation models; models of regional economic growth; city and town development; biological algorithms

**For citation:** *Lychagin, M.V. & V.I. Suslov. (2019). Modelno-innovatsionnyy aspekt v zarubezhnykh ekonomicheskikh regionalnykh issledovaniyakh [A model-innovative aspect in international economic regional studies]. Region: ekonomika i sotsiologiya [Region: Economics and Sociology], 3 (103), 56–101. DOI: 10.15372/REG20190303.*

---

<sup>3</sup> The authors would like to extend their gratitude to the American Economic Association for providing access to carry out derivative works based on EconLit online, and to EBSCO Publishing for the EconLit version which allowed for efficient data aggregation, as well as for full texts of publications. This research is performed thanks to subscriptions to remote access electronic resources in the scientific libraries of the IEIE SB RAS and NSU.

*The publication is prepared within the project XI.171.1.1 «Development of program complexes and information systems for analysis and forecast of socio-economic process, their testing and implementation in theoretical and applied research» No. AAAA-A17-117022250129-2 according to the research plan of the IEIE SB RAS*

## References<sup>4</sup>

1. *Andreeva, G.M.* (2017). Model «troynoy spirali» v innovatsionnom razvitiy regiona [«Triple helix» model in innovative development of the region]. *Benefitsiar [Beneficiary]*, 5(5), 13–16.
2. *Lychagin, M.V., G.M. Mkrtychyan, V.I. Suslov & S.A. Suspitsyn* (Eds.). (2018). Atlas novykh issledovaniy na osnove EconLit (2006–2013) [Atlas of new research based on EconLit (2006–2013)]: In 19 volumes. Vol. 18: JEL Category R. Novosibirsk, NSU Publ. and Polygr. Center. Available at: <https://nsu.ru/xmlui/handle/nsu/15264?show=full>.
3. *Burdakova, G.I., A.S. Byankin & V.O. Vakhrusheva.* (2017). Razvitiye tekhnologicheskogo predprinimatelstva v regione na osnove modeli «Troynoy spirali» [The development of technological entrepreneurship in the region on the basis of the triple helix model]. *Nauchno-tekhnicheskie vedomosti Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo politekhnicheskogo universiteta. Ser.: Ekonomicheskie nauki [St. Petersburg State Polytechnical University Journal. Economics Series]*, Vol. 10, No. 6, 172–181.
4. *Etzkowitz, H.* (2011). Model troynoy spirali [The triple helix model]. *Innovatsii [Innovations]*, 4, 5–10.
5. *Katukov, D.* (2013). Setevye vzaimodeystviya v innovatsionnoy ekonomike: model troynoy spirali [Triple helix model in innovation economy]. *Vestnik Instituta ekonomiki Rossiyskoy akademii nauk [Bulletin of the Institute of Economics of the Russian Academy of Sciences]*, 2, 112–121.
6. *Lychagin, M.V., G.M. Mkrtychyan & V.I. Suslov.* (2014). Kontseptsiya sistemno-innovatsionnogo bibliometricheskogo analiza i kartografirovaniya ekonomicheskoy literatury [The concept of system-innovation bibliometric analysis and mapping of economic literature]. *Vestnik Novosibirskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Sotsialno-ekonomicheskie nauki [Vestnik of Novosibirsk State University. Series: Social and Economic Sciences]*, Vol. 14, Iss. 2, 127–141.
7. *Lychagin, M.V., V.I. Suslov & A.M. Lychagin.* (2008). Noveye napravleniya regionalnykh issledovaniy v angloyazychnoy nauchnoy literature [New in regional studies published in English]. *Region: ekonomika i sotsiologiya [Region: Economics and Sociology]*, 3, 241–254.
8. *Pakhomova, I.Yu.* (2012). Model «troynoy spirali» kak mekhanizm innovatsionnogo razvitiya regiona [The «triple helix» model as a mechanism for regional

---

<sup>4</sup> References 14–84 are provided in the original EconLit format.



innovation development]. Nauchnye vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. Ser.: Ekonomika. Informatika [Belgorod State University Scientific Bulletin. Economics. Information Technologies], 7(126), 50–55.

9. *Suslov, V.I.* (2013). Modeli prostranstvennoy ekonomiki: genesis, sovremennoe sostoyanie, perspektivy [Modeling the spatial economy: genesis, current state, and prospects]. Region: ekonomika i sotsiologiya [Region: Economics and Sociology], 2 (78), 3–19.

10. *Suslov, V.I.* (2015). Tekhnologicheskiy bazis reindustrializatsii strany i regiona [Technological basis for the reindustrialization of the country and region]. Region: ekonomika i sotsiologiya [Region: Economics and Sociology], 4 (88), 46–64.

11. *Suslov, V.I., G.V. Bobylev, O.V. Valieva, G.V. Zhdan, N.A. Kravchenko & A.V. Kuznetsov.* (2015). Opredelenie napravleniy sovershenstvovaniya regionalnoy innovatsionnoy politiki [Determining ways to improve regional innovation policy]. Region: ekonomika i sotsiologiya [Region: Economics and Sociology], 1 (85), 177–196.

12. *Tressider, J.* (1999). Slovar simvolov [The Complete Dictionary of Symbols]. Transl. from English by S. Palko. Moscow, FAIR-PRESS Publ., 448.

13. *Suslov, V.I. & L.V. Melnikova* (Eds.). (2017). Trudy Granbergovskoy konferentsii. Novosibirsk, 10–13 okt. 2016 g. [Proceedings of the Granberg Conference, Oct. 10–13, 2016]. Sb. dokl. Mezhdunar. konf., posvyashch. 80-letiyu so dnya rozhdeniya akad. A.G. Granberga «Prostranstvennyy analiz sotsialno-ekonomicheskikh sistem: istoriya i sovremennost» [International Conference in the memory of Academician A.G. Granberg on the 80th anniversary of his birth. «Spatial analysis of social and economic systems. History and present»]. Novosibirsk, Institute of Economics and Industrial Engineering SB RAS Publ., 526.

14. *Anderson, W.P.* 1989. “An Evolutionary Model of Growth in a Two Region Economy”. *Annals of Regional Science*, 23 (2): 105–20.

15. *Antonietti, Roberto, and Giulio Cainelli.* 2011. “The Role of Spatial Agglomeration in a Structural Model of Innovation, Productivity and Export: A Firm-Level Analysis”. *Annals of Regional Science*, 46 (3): 577–600.

16. *Barnett, Malcolm, and Warren L. Young.* 1977. “Teleology and the Technical Progress Function-Investment and Innovation in Kaldor’s Growth Models”. *Konjunkturpolitik*, 23 (2): 111–17.

17. *Batabyal, Amitrajeet A., and Peter Nijkamp.* 2013. “A Multi-region Model of Economic Growth with Human Capital and Negative Externalities in Innovation”. *Journal of Evolutionary Economics*, 23 (4): 909–24.

18. *Batabyal, Amitrajeet A., and Peter Nijkamp.* 2012. “A Schumpeterian Model of Entrepreneurship, Innovation, and Regional Economic Growth”. *International Regional Science Review*, 35 (4): 464–86.

19. *Batty, Michael.* 2008. “Fifty Years of Urban Modeling: Macro-statics to Micro-dynamics”. In *The Dynamics of Complex Urban Systems: An Interdisciplinary Approach*, ed. Sergio Albeverio, Denise Andrey, Paolo Giordano and Alberto Vancheri, 1–20. Heidelberg and New York: Springer, Physica-Verlag.

20. Berman, E.B. 1959. "A spatial and dynamic growth model". *Regional Science Association. Papers and Proceedings*, 5 (0): 143–50.
21. Bourne, L.S. 1969. "A Spatial Allocation-Land Use Conversion Model of Urban Growth". *Journal of Regional Science*, 9 (2): 261–72.
22. Brazzel, J.M., and W.W. Hicks. 1968. "Exports and regional economic growth: an evaluation of the economic base and staple models". *Land Economics*, 44 (0): 503–09.
23. Brewer, A.A. 1975. "A Three (or More) Factor Model of Growth with Induced Innovation". *Review of Economic Studies*, 42 (2): 285–92.
24. Butzin, Anna, and Brigitta Widmaier. 2016. "Exploring Territorial Knowledge Dynamics through Innovation Biographies". *Regional Studies*, 50 (2): 220–32.
25. Camagni, Roberto P., and L. Diappi. 1991. "Soudy 3: A Supply-Oriented Urban Dynamics Model with Innovation and Synergy Effects". In *Regional science: Retrospect and prospect*, ed. David E. Boyce, Peter Nijkamp and Daniel Shefer, 339–57. New York; Berlin; London and Tokyo: Springer.
26. Capello, Roberta, Andrea Caragliu, and Ugo Fratesi. 2017. "Modelling Regional Growth between Competitiveness and Austerity Measures: The MASST3 Model". *International Regional Science Review*, 40 (1): 38–74.
27. Capello, Roberta, and Ugo Fratesi. 2012. "Modelling Regional Growth: An Advanced MASST Model". *Spatial Economic Analysis*, 7 (3): 293–318.
28. Caragliu, Andrea, and Peter Nijkamp. 2011. *Cognitive Capital and Islands of Innovation: The Lucas Growth Model from a Regional Perspective*. Tinbergen Institute, Tinbergen Institute Discussion Papers: 11-116/3.
29. Caragliu, Andrea, and Peter Nijkamp. 2014. "Cognitive Capital and Islands of Innovation: The Lucas Growth Model from a Regional Perspective". *Regional Studies*, 48 (4): 624–45.
30. Carayannis, Elias G., Alexey E. Cherepovitsyn, and Alina A. Ilinova. 2017. "Sustainable Development of the Russian Arctic Zone Energy Shelf: The Role of the Quintuple Innovation Helix Model". *Journal of the Knowledge Economy*, 8 (2): 456–70.
31. Chapple, Karen, Cynthia Kroll, T. William Lester, and Sergio Montero. 2011. "Innovation in the Green Economy: An Extension of the Regional Innovation System Model?" *Economic Development Quarterly*, 25 (1): 5–25.
32. Crevoisier, Olivier. 2014. "Beyond Territorial Innovation Models: The Pertinence of the Territorial Approach". *Regional Studies*, 48 (3): 551–61.
33. Dixon, R., and A. P. Thirlwall. 1975. "A Model of Regional Growth-Rate Differences on Kaldorian Lines". *Oxford Economic Papers*, 27 (2): 201–14.
34. Duranton, Gilles. 2011. "Innovation in Cities: Classical and Random Urban Growth Models". In *Handbook of Research on Innovation and Entrepreneurship*, ed. David B. Audretsch, Oliver Falck, Stephan Heblich and Adam Lederer, 137–49. Cheltenham, U.K. and Northampton, Mass.: Elgar.
35. Englmann, F.C. 1994. "A Schumpeterian Model of Endogenous Innovation and Growth". *Journal of Evolutionary Economics*, 4 (3): 227–41.

36. *Etzkowitz, Henry, and Loet Leydesdorff*. 2000. "The Dynamics of Innovation: From National Systems and «Mode 2» to a Triple Helix of University-Industry-Government Relations". *Research Policy*, 29 (2): 109–23.
37. *Etzkowitz, H.; Leydesdorff, L*. The Triple Helix–University-Industry-Government Relations: A Laboratory for Knowledge-Based Economic Development. *EASST Rev.* 1995, 14, 14–19.
38. *Favaro, Jean-Marc, and Denise Pumain*. 2011. "Gibrat Revisited: An Urban Growth Model Incorporating Spatial Interaction and Innovation Cycles". *Geographical Analysis*, 43: 261–286.
39. *Friesz, Terry L., and Javier Luque*. 1987. "Optimal Regional Growth Models: Multiple Objectives, Singular Controls, and Sufficiency Conditions". *Journal of Regional Science*, 27 (2): 201–24.
40. *Gowdy, John M*. 1979. "Economic Growth Models and Regional Steady State Planning". *Growth and Change*, 1 (3): 37–42.
41. *Greenwood, Michael J*. 1978. "An Econometric Model of Internal Migration and Regional Economic Growth in Mexico". *Journal of Regional Science*, 18 (1): 17–32.
42. *Guccione, A., and W.J. Gillen*. 1977. "Growth Rate Stability in the Kaldorian Regional Model". *Scottish Journal of Political Economy*, 24 (2): 175–76.
43. *Huggins, Robert, Martin Jones, and Stevie Upton*. 2008. "Universities as Drivers of Knowledge-Based Regional Development: A Triple Helix Analysis of Wales". *International Journal of Innovation and Regional Development*, 1 (1): 24–47.
44. *Ikegami, Maki, and Joao Romao*. 2016. "Universities and Knowledge-Based Regional Development: A Comparative Study on the Triple Helix Framework in Amsterdam and Sapporo". *Studies in Regional Science*, 46 (1): 101–13.
45. *Inoue, Tomoko*. 1998. "Optimal Environmental Policies for Sustainable Growth: A Two-Region Model". *Journal of Regional Science*, 38 (4): 599–620.
46. *James, Laura, Geert Vissers, Anders Larsson, and Margareta Dahlstrom*. 2016. "Territorial Knowledge Dynamics and Knowledge Anchoring through Localized Networks: The Automotive Sector in Vastra Gotaland". *Regional Studies*, 50 (2): 233–44.
47. *Jeannerat, Hugues, and Olivier Crevoisier*. 2016. "From 'Territorial Innovation Models' to 'Territorial Knowledge Dynamics': On the Learning Value of a New Concept in Regional Studies: Editorial". *Regional Studies*, 50 (2): 185–88.
48. *Jeannerat, Hugues, and Olivier Crevoisier*. 2011. "Non-technological Innovation and Multi-local Territorial Knowledge Dynamics in the Swiss Watch Industry". *International Journal of Innovation and Regional Development*, 3 (1): 26–44.
49. *Jin, Yu, and Wallace E. Huffman*. 2016. "Measuring Public Agricultural Research and Extension and Estimating Their Impacts on Agricultural Productivity: New Insights from U.S. Evidence". *Agricultural Economics*, 47 (1): 15–31.
50. *Jones, Philip C*. 1981. "A Network Model of Economic Growth: A Regional Analysis". *Regional Science and Urban Economics*, 11 (2): 231–37.

51. Kim, Younghwan, Wonjoon Kim, and Taeyong Yang. 2012. "The Effect of the Triple Helix System and Habitat on Regional Entrepreneurship: Empirical Evidence from the U.S." *Research Policy*, 41 (1): 154–66.

52. Kourtit, Karima, Peter Nijkamp, and Robert Stimson, eds. 2014. *Applied Regional Growth and Innovation Models*, Advances in Spatial Science. New York and Heidelberg: Springer.

53. Kourtit, Karima, Peter Nijkamp, and Roger Stough. 2018. "Modelling Regional Growth and Innovation". *International Regional Science Review*, 41 (1): 3–6.

54. Kraybill, David S., and Jeffrey H. Dorfman. 1992. "A Dynamic Intersectoral Model of Regional Economic Growth". *Journal of Regional Science*, 32 (1): 1–17.

55. Lande, Paul S., and Peter Gordon. 1977. "Regional Growth in the United States: A Reexamination of the Neoclassical Model". *Journal of Regional Science*, 17 (1): 61–69.

56. Leydesdorff, L. Epilogue. In *Evolutionary Economics and Chaos Theory: New Directions for Technology Studies*; Leydesdorff, L., Van den Besselaar, P., Eds.; Pinter: London, UK; New York, NY, USA, 1994; pp. 180–192.

57. Leydesdorff, Loet. 2018. "Synergy in Knowledge-Based Innovation Systems at National and Regional Levels: The Triple-Helix Model and the Fourth Industrial Revolution". *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 2018, 4 (16): 1–13; DOI:10.3390/joitmc4020016.

58. Leydesdorff, Loet. 2000. "The Triple Helix: An Evolutionary Model of Innovations". *Research Policy*, 29 (2): 243–55.

59. Lindberg, Malin, Monica Lindgren, and Johann Packendorff. 2014. "Quadruple Helix as a Way to Bridge the Gender Gap in Entrepreneurship: The Case of an Innovation System Project in the Baltic Sea Region". *Journal of the Knowledge Economy*, 5 (1): 94–113.

60. Longley, Paul, and Victor Mesev. 1997. "Beyond Analogue Models: Space Filling and Density Measurement of an Urban Settlement". *Papers in Regional Science*, 76 (4): 409–27.

61. Maki, W.R., and Y.I. Tu. 1962. "Regional growth models for rural areas development". *Regional Science Association. Papers and Proceedings*, 9 (0): 235–44.

62. Marino, Anthony M. 1976. "A Remark on the «Casual Region» in the Two Sector Model of Growth". *International Economic Review*, 17 (3): 787–88.

63. Marrocu, Emanuela, and Raffaele Paci. 2012. "Regional Development and Creativity". *International Regional Science Review*, 36 (3): 354–391.

64. McCain, Roger A. 1974. "Induced Bias in Technical Innovation Including Product Innovation in a Model of Economic Growth". *Economic Journal*, 84 (336): 959–66.

65. Melamid, A. 1955. "Some applications of Thuenen's model in regional analysis of economic growth". *Regional Science Association. Papers and Proceedings*, 1 (0): L1–L5.

66. Milne, William J., Norman J. Glickman, and F. Gerard Adams. 1980. "A Framework for Analyzing Regional Growth and Decline: A Multiregion Econometric Model of the United States". *Journal of Regional Science*, 20 (2): 173–89.
67. Moulaert, Frank, and Farid Sekia. 2003. "Territorial Innovation Models: A Critical Survey". *Regional Studies*, 37 (3): 289–302.
68. Porto Gomez, Igone, Jose Ramon Otegi Olaso, and Jon Mikel Zabala-Iturriagagoitia. 2016. "ROSA, ROSAE, ROSIS: Modelling a Regional Open Sectoral Innovation System". *Entrepreneurship and Regional Development*, 28 (1-2): 26–50.
69. Pumain, Denise. 2008. "The Socio-spatial Dynamics of Systems of Cities and Innovation Processes: A Multi-level Model". In *The Dynamics of Complex Urban Systems: An Interdisciplinary Approach*, ed. Sergio Albeverio, Denise Andrey, Paolo Giordano and Alberto Vancheri, 373–89. Heidelberg and New York: Springer, Physica-Verlag.
70. Roskamp, Karl W. 1991. "A Schumpeter Model of Economic Growth and Innovation". *Kredit und Kapital*, 24 (2): 198–211.
71. Sakashita, Noboru, and Osamu Kamoike. 1973. "National Growth and Regional Income Inequality: A Consistent Model". *International Economic Review*, 14 (2): 372–82.
72. Schatzer, Thomas, Matthias Siller, Janette Walde, and Gottfried Tappeiner. 2019. "The Impact of Model Choice on Estimates of Regional TFP". *International Regional Science Review*, 42 (1): 98–116.
73. Sedgley, Norman. 2002. "Asymmetric Knowledge Spillovers in a Model of Regional Innovation and Growth". *Review of Regional Studies*, 32 (2): 187–206.
74. Smith, Donald Mitchell. 1975. "Neoclassical Growth Models and Regional Growth in the U.S." *Journal of Regional Science*, 15 (2): 165–81.
75. Strambach, Simone, and Benjamin Klement. 2012. "The Organizational Decomposition of Innovation and Territorial Knowledge Dynamics: Insights from the German Software Industry". In *Innovation and Institutional Embeddedness of Multinational Companies*, ed. Martin Heidenreich, 193–221. New Horizons in International Business. Cheltenham, U.K. and Northampton, Mass.: Elgar.
76. Taheripour, Farzad, Thomas W. Hertel, and Wallace E. Tyner. 2011. "Implications of Biofuels Mandates for the Global Livestock Industry: A Computable General Equilibrium Analysis". *Agricultural Economics*, 42 (3): 325–42.
77. *The Dynamics of Complex Urban Systems: An Interdisciplinary Approach*, ed. Sergio Albeverio, Denise Andrey, Paolo Giordano and Alberto Vancheri, Heidelberg and New York: Springer, Physica-Verlag. 484 p.
78. Torres-Preciado, Victor Hugo, Mayren Polanco-Gaytan, and Miguel A. Tino-co-Zermeno. 2014. "Technological Innovation and Regional Economic Growth in Mexico: A Spatial Perspective". *Annals of Regional Science*, 52 (1): 183–200.
79. Turner, Paul R. 1997. Examining Economic and Biological Sustainability in a Two-Regional Endogenous Growth Model. PhD diss. University of Wyoming.

80. *Varga, Attila*. 2017. “Place-based, Spatially Blind, or Both? Challenges in Estimating the Impacts of Modern Development Policies: The Case of the GMR Policy Impact Modeling Approach”. *International Regional Science Review*, 40 (1): 12–37.

81. *Ying Liu, Lin Li, and Fei Teng Zheng*. 2019. “Regional Synergy and Economic Growth: Evidence from Total Effect and Regional Effect in China”. *International Regional Science Review*, 1–28. DOI: 10.1177/0160017619838317. journals.sagepub.com/home/irx.

82. *Zhang, Xiaona, and Fayin Wang*. 2016. “Research on the Uncertainty Decision Model of the Regional Collaborative Innovation System Based on an Improved Ant Colony Algorithm”. *Scientific Programming*, Vol. 2016, Article ID 2402037. URL: <http://dx.doi.org/10.1155/2016/2402037>.

83. *Zhang, Yongli, Sanggyun Na, Jianguang Niu, and Beichen Jiang*. 2018. “The Influencing Factors, Regional Difference and Temporal Variation of Industrial Technology Innovation: Evidence with the FOA-GRNN Model”. *Sustainability*, 10, 187; DOI: 10.3390/su10010187.

84. *Zygiaris, Sotiris*. 2013. “Smart City Reference Model: Assisting Planners to Conceptualize the Building of Smart City Innovation Ecosystems”. *Journal of the Knowledge Economy*, 4 (2): 217–31.

### Information about the authors

*Lychagin, Mikhail Vasilievich* (Novosibirsk, Russia) – Doctor of Sciences (Economics), Professor, Head of the Chair of Finance and Credit, Faculty of Economics, Novosibirsk State University (1, Pirogov st., Novosibirsk, 630090, Russia, e-mail: [lychagin@nsu.ru](mailto:lychagin@nsu.ru)); Leading Researcher at the Institute of Economics and Industrial Engineering, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (17, Lavrentiev av., Novosibirsk, 630090, Russia).

*Suslov, Viktor Ivanovich* (Novosibirsk, Russia) – Corresponding Member of the RAS, Doctor of Sciences (Economics), Professor, Head of the Laboratory of Modeling and Analysis of Economic Processes, Institute of Economics and Industrial Engineering, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (17, Lavrentiev av., Novosibirsk, 630090, Russia, e-mail: [suslov@ieie.nsc.ru](mailto:suslov@ieie.nsc.ru)).

*Поступила в редколлегию 28.06.2019.*

*После доработки 02.07.2019.*

*Принята к публикации 03.07.2019.*

© Лычагин М.В., Суслов В.И., 2019