

УДК 332.1

DOI: 10.34670/AR.2026.18.12.104

Теоретические подходы к исследованию межрегиональной конвергенции в контексте развития моделей эндогенного роста и пространственного анализа

Кравченко Сергей Сергеевич

Аспирант,
кафедра экономики минерально-сырьевого комплекса,
Российский государственный
геологоразведочный университет им. Серго Орджоникидзе,
117997, Российская Федерация, Москва, ул. Миклухо-Маклая, 23;
e-mail: kravchenko@mgru.ru

Аннотация

Опубликованные оценки скорости межрегионального сближения различаются в несколько раз даже для сопоставимых наборов территорий, причём часть разброса создаётся формой оцениваемого уравнения, а не исходными данными. В работе сравниваются две спецификации уравнения бета-конвергенции – классическая и дополненная исходным уровнем соседних регионов. Данные получены из механизма, где приближение модельных регионов к индивидуальным стационарным уровням сочетается с пространственной диффузией технологий по матрице соседства. При базовых параметрах классическая спецификация даёт 1,41 % в год, расширенная – 2,63 % в год, а период полусокращения межрегионального разрыва сокращается почти вдвое: с 49,3 года до 26,4 года. Величина различия нарастает по мере усиления диффузии и полностью исчезает, если условия роста соседних регионов пространственно не связаны. Смещение классической оценки создаёт пространственная группировка сходных условий роста, при которой уровень соседних регионов заменяет ненаблюдаемое стационарное состояние и возвращает наклон заниженную величину. Отсюда следуют два ограничения на сопоставление опубликованных оценок: сравнивать величины скорости конвергенции корректно только внутри одного класса спецификаций, а интерпретировать коэффициент при уровне соседей как меру перетоков знаний допустимо лишь тогда, когда пространственная структура стационарных уровней оценена отдельно.

Для цитирования в научных исследованиях

Кравченко С.С. Теоретические подходы к исследованию межрегиональной конвергенции в контексте развития моделей эндогенного роста и пространственного анализа // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2026. Том 16. № 6А. С. 712-719. DOI: 10.34670/AR.2026.18.12.104

Ключевые слова

Межрегиональная конвергенция, бета-конвергенция, эндогенный рост, пространственная эконометрика, диффузия технологий, скорость конвергенции, имитационное моделирование.

Введение

Скорость сближения российских регионов по подушевым показателям оценивается в интервале от долей процента до нескольких процентов в год, и различие сохраняется для близких по составу совокупностей территорий. По уровням неравенства доходов сближение регионов подтверждается [Полбин, Ивахненко, 2022]; в информатизационном развитии одновременно действуют сближение и расхождение [Зарипова, 2025]; по цифровому неравенству населения выделяются устойчивые группы территорий с собственными траекториями [Курилова, 2025]. Разброс оценок обычно объясняют выбором показателя, длиной периода и составом совокупности. Реже проверяется другое основание – форма уравнения, в которое подставляются данные.

Три теоретические рамки задают здесь разные ожидания. Неоклассическая модель роста связывает темп с расстоянием до общего стационарного уровня и предсказывает абсолютное сближение; при различающихся нормах накопления, структуре занятости и качестве институтов то же уравнение описывает условную конвергенцию к собственным стационарным уровням территорий. Модели эндогенного роста переносят объяснение на накопление знаний. Темп там определяется вложениями в человеческий капитал и исследования, а сближение возникает лишь тогда, когда знание распространяется за пределы создавшей его территории [Полтерович, 2017]. Для российских регионов вклад человеческого капитала в динамику выпуска подтверждён и на современных [Алехин, 2021], и на длинных исторических рядах [Божечкова и др., 2024], тогда как межрегиональные различия в уровне экономического развития устойчиво воспроизводятся во времени [Tong, 2025]. Близкий вывод получен для регионов Турции, где сближение доходов интерпретировано именно в терминах эндогенного роста [Bolkol, 2023].

Пространственный анализ добавляет к этому набору ещё одно условие – взаимную зависимость наблюдений по территориям. Расчёты для российских регионов [Буфетова, 2024] фиксируют устойчивую положительную пространственную автокорреляцию уровней экономической активности, а состав факторов и механизмов пространственного развития страны меняет интенсивность связей между территориями [Коломак, 2025]. Сравнение спецификаций регионального роста [Гафарова, 2017] показывает, что включение матрицы соседства меняет и знак, и величину отдельных коэффициентов; состав пространственных моделей и правила их выбора описаны применительно к оценке государственных программ [Демидова, 2021]. Для европейских регионов пространственная квантильная оценка дала неодинаковую скорость сближения в разных частях распределения [Cartone et al., 2021], а изучение инноваций с пространственными перетоками знаний допускает и сближение, и расхождение территорий [Qiu et al., 2019].

Расхождение подходов оставляет открытым измеримый вопрос. Если данные сформированы механизмом, в котором одновременно действуют условная конвергенция к собственным стационарным уровням и пространственная диффузия технологий, то насколько разойдутся оценка скорости межрегиональной конвергенции по классическому уравнению бета-конвергенции и оценка по уравнению, дополненному исходным уровнем соседних регионов. Задача статьи – измерить это расхождение при заведомо известном механизме и установить, какое свойство пространственной структуры его порождает.

Материалы и методы исследования

Расхождение двух спецификаций измерено на имитационной модели, в которой механизм формирования данных задан явно. Применено имитационное моделирование пространственной

диффузии технологий по методу Монте-Карло с оцениванием уравнений абсолютной и пространственно расширенной бета-конвергенции методом наименьших квадратов; единицей расчёта служит модельный регион в кольцевой пространственной структуре.

Пространственная структура задана кольцевой решёткой, в которой у каждого региона имеется фиксированное число ближайших соседей. Стационарные уровни логарифма душевого выпуска образуют пространственно сглаженное поле. Независимый исходный набор значений за пять проходов усредняется с соседними значениями, после чего приводится к заданному разбросу. Начальный уровень региона складывается из его стационарного уровня и независимого отклонения того же масштаба. В каждом году уровень изменяется на долю расстояния до собственного стационарного уровня и на долю расстояния до среднего уровня соседей; к сумме добавляется годовая случайная составляющая.

По завершении расчётного периода средний годовой прирост логарифма выпуска регрессируется методом наименьших квадратов сначала на исходный уровень региона, затем на исходный уровень региона вместе со средним исходным уровнем его соседей.

$$(y(i,T) - y(i,0)) / T = a + b \cdot y(i,0) + c \cdot w(i,0) + u(i) \quad (1)$$

Здесь $y(i,0)$ и $y(i,T)$ – логарифмы выпуска региона i в начале и в конце периода длиной T лет, $w(i,0)$ – средний исходный уровень его соседей, $u(i)$ – остаток. В классической спецификации коэффициент c закреплён на нуле, в пространственно расширенной он оценивается вместе с остальными. Наклон b пересчитывается в годовую скорость конвергенции по соотношению $b = -(1 - \exp(-\lambda T)) / T$, а скорость – в период полусокращения разрыва $\ln 2 / \lambda$. Сценарный расчёт повторён 1000 раз при фиксированном seed 20260819; публикуемые величины рассчитаны как средние по повторам.

Восемь входных параметров заданы автором как сценарные допущения и целиком проверены в анализе чувствительности; их значения и границы приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Входные параметры имитационной модели

Параметр	Значение	Границы проверки чувствительности
число модельных регионов	80	40-120
число соседей модельного региона	4	2-8
скорость собственной конвергенции, доля в год	0,020	0,010-0,035
интенсивность пространственной диффузии, доля в год	0,012	0,000-0,030
пространственная автокорреляция стационарных уровней	0,60	0,00-0,90
разброс стационарных уровней, лог. пункты	0,30	0,15-0,50
масштаб случайной составляющей, лог. пункты	0,015	0,005-0,030
длина расчётного периода, лет	20	10-30

Источник: модельные данные, воспроизводимый пакет расчётов автора.

Помимо повторяемости расчёта и независимого пересчёта чувствительности выполнены две содержательные проверки: соблюдение заранее заявленного соотношения двух оценок и контрольный предельный расчёт при нулевой диффузии и независимых стационарных уровнях. Полный протокол валидации хранится в воспроизводимом пакете расчётов вместе с кодом и входными данными.

Результаты и обсуждение

При базовых значениях параметров классическое уравнение даёт 1,41 % в год, а уравнение с исходным уровнем соседей – 2,63 % в год. Разница в 1,22 п. п. почти удваивает измеренный темп сближения. Период полусокращения межрегионального разрыва равен 49,3 года по первой спецификации и 26,4 года по второй. Направление расхождения не меняется от повтора к повтору – доля повторов с более высокой пространственно расширенной оценкой равна 100,0 %.

Таблица 2 - Результаты базового расчёта

Показатель модельного расчёта	Значение
оценка скорости конвергенции по классической спецификации	1,41 %
оценка скорости конвергенции по пространственно расширенной спецификации	2,63 %
расхождение двух оценок скорости конвергенции	1,22 п. п.
период полусокращения разрыва по классической спецификации, лет	49,3
период полусокращения разрыва по пространственно расширенной спецификации, лет	26,4
доля повторов с более высокой пространственно расширенной оценкой	100,0 %

Источник: модельные данные, воспроизводимый пакет расчётов автора.

Смещение классической оценки создаётся не самим фактом перетоков технологий, а сходством условий роста у соседних территорий. Средний исходный уровень соседей связан с собственным стационарным уровнем региона и потому частично замещает ненаблюдаемую переменную, которая в классическом уравнении уходит в остаток. Пока эта переменная отсутствует в спецификации, наклон при исходном уровне занижается по абсолютной величине, и сближение выглядит более медленным, чем оно задано механизмом.

Анализ чувствительности разделяет два источника расхождения (таблица 3). Усиление пространственной диффузии расширяет разрыв оценок: соседние регионы сильнее втягивают территорию в общую траекторию. Обнуление пространственной автокорреляции стационарных уровней действует иначе. Расхождение исчезает целиком, хотя механизм диффузии продолжает работать. Скорость собственной конвергенции меняет масштаб обеих оценок, а вместе с ним и абсолютную величину разрыва, но не его знак. Число регионов, число соседей, разброс стационарных уровней, масштаб случайной составляющей и длина расчётного периода оставляют разрыв практически неизменным, поэтому соответствующие строки вынесены в приложение.

Таблица 3 - Чувствительность расхождения оценок и контрольный расчёт

Изменяемое условие расчёта	Расхождение оценок при нижнем, базовом и верхнем значении
скорость собственной конвергенции	0,88 / 1,22 / 1,74 п. п.
интенсивность пространственной диффузии	0,65 / 1,22 / 2,04 п. п.
пространственная автокорреляция стационарных уровней	-0,01 / 1,22 / 1,26 п. п.
контрольный расчёт: нулевая диффузия и независимые стационарные уровни	0,00 п. п.

Источник: модельные данные, воспроизводимый пакет расчётов автора.

Контрольный расчёт задаёт границу интерпретации. Плановая проверка подтвердила, что заявленный порядок оценок соблюден, а при независимых стационарных уровнях соседних территорий и отсутствии перетоков обе спецификации совпадают и пространственный член

перестаёт нести информацию. Отсюда следует различие, которое обычно смазывается в прикладных работах. Включение уровня соседей измеряет прежде всего пространственную кластеризацию условий роста, и только во вторую очередь – интенсивность самих перетоков. Одинаковая по величине поправка к скорости конвергенции может отвечать сильной диффузии при слабой кластеризации и слабой диффузии при сильной кластеризации, поэтому по одному коэффициенту эти состояния не различаются.

Полученное соотношение согласуется с наблюдением, что переход к пространственным спецификациям меняет величину коэффициентов в моделях регионального роста [Гафарова, 2017], и объясняет, почему оценки сближения без учёта соседства систематически ниже. Для европейских регионов различие скоростей по частям распределения обнаружено при пространственной квантильной оценке [Cartone et al., 2021]; для российских территорий пространственная неоднородность инновационного развития воспроизводится в сценарных расчётах [Наумов, Никулина, 2023]. Вместе с тем диффузия знаний сама по себе сближения не гарантирует: при отдельных конфигурациях пространственных перетоков возможно и расхождение территорий [Qiu et al., 2019]. Модель воспроизводит эту неоднозначность – знак и величина поправки зависят от соотношения между интенсивностью диффузии и пространственной кластеризацией стационарных уровней, а не от одной из этих характеристик по отдельности.

Заключение

Классическое уравнение бета-конвергенции и его пространственное расширение отвечают на разные вопросы, и количественное различие между ними велико. Когда приближение регионов к их собственным стационарным уровням сочетается с диффузией технологий между соседними территориями, расширенная спецификация даёт скорость сближения почти вдвое выше классической, а период полусокращения межрегионального разрыва – почти вдвое короче.

Источник различия удалось локализовать. Он лежит не в интенсивности перетоков, а в пространственной кластеризации условий роста. Пока стационарные уровни соседних территорий связаны между собой, средний уровень соседей выполняет роль приближения к ненаблюдаемому стационарному состоянию региона, и его исключение занижает оценку скорости. При независимых стационарных уровнях обе спецификации дают один и тот же результат независимо от силы диффузии.

Из этого следуют два ограничения на сопоставление опубликованных оценок. Сравнивать величины скорости конвергенции корректно только внутри одного класса спецификаций, поскольку разница между классами сопоставима с разницей между странами и периодами. Интерпретировать коэффициент при уровне соседей как меру перетоков знаний допустимо лишь тогда, когда пространственная структура стационарных уровней оценена отдельно – например, через пространственную автокорреляцию исходных уровней или через показатели связности территорий.

Библиография

1. Алехин Б. Человеческий капитал и рост региональных экономик // Пространственная экономика. 2021. Т. 17. № 2. С. 57-80. DOI: 10.14530/se.2021.2.057-080.
2. Божечкова А., Джункеев У., Диденко Д., Кончаков Р. Человеческий капитал и экономическое развитие регионов

- России в контексте долгосрочной исторической динамики // *Terra Economicus*. 2024. Т. 22. № 2. С. 60-76. DOI: 10.18522/2073-6606-2024-22-2-60-76.
3. Буфетова А.Н. О пространственной неоднородности и пространственной автокорреляции уровней экономической активности в регионах России // *Регион: экономика и социология*. 2024. № 4 (124). С. 3-33. DOI: 10.15372/reg20240401.
 4. Гафарова Е.А. Эмпирические модели регионального экономического роста с пространственными эффектами: результаты сравнительного анализа // *Вестник Пермского университета. Серия «Экономика»*. 2017. Т. 12. № 4. С. 561-574. DOI: 10.17072/1994-9960-2017-4-561-574.
 5. Демидова О.А. Методы пространственной эконометрики и оценка эффективности государственных программ // *Прикладная эконометрика*. 2021. № 64. С. 107-134. DOI: 10.22394/1993-7601-2021-64-107-134.
 6. Зарипова Ю.О. Эффекты конвергенции и дивергенции в информатизационном развитии регионов России: эмпирический анализ // *ЭКО*. 2025. Т. 55. № 3. С. 150-163. DOI: 10.30680/eco0131-7652-2025-3-150-163.
 7. Коломак Е.А. Пространственное развитие современной России: факторы, механизмы, результаты // *Регион: экономика и социология*. 2025. № 4 (128). С. 27-51. DOI: 10.15372/reg20250402.
 8. Курилова А.А. Анализ конвергенции цифрового неравенства среди населения регионов России // *Балтийский регион*. 2025. Т. 17. № 1. С. 117-140. DOI: 10.5922/2079-8555-2025-1-7.
 9. Наумов И.В., Никулина Н.Л. Сценарное моделирование и прогнозирование пространственной неоднородности инновационного развития России // *Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз*. 2023. № 4 (88). DOI: 10.15838/esc.2023.4.88.4.
 10. Полбин А., Ивахненко Т. Конвергенция неравенства доходов в российских регионах // *Пространственная экономика*. 2022. Т. 18. № 4. С. 68-92. DOI: 10.14530/se.2022.4.068-092.
 11. Полтерович В.М. Теория эндогенного экономического роста и уравнения математической физики // *Журнал Новой экономической ассоциации*. 2017. № 34 (2). С. 193-201. DOI: 10.31737/2221-2264-2017-34-2-11.
 12. Bolkol H.K. Regional income convergence in Turkey: An empirical analysis from an endogenous growth perspective // *Panoeconomicus*. 2023. Vol. 70. No. 1. Pp. 127-153. DOI: 10.2298/pan190428010b.
 13. Cartone A., Postiglione P., Hewings G.J.D. Does economic convergence hold? A spatial quantile analysis on European regions // *Economic Modelling*. 2021. Vol. 95. Pp. 408-417. DOI: 10.1016/j.econmod.2020.03.008.
 14. Qiu J., Liu W., Ning N. Evolution of regional innovation with spatial knowledge spillovers: convergence or divergence? // *Networks and Spatial Economics*. 2019. Vol. 20. No. 1. Pp. 179-208. DOI: 10.1007/s11067-019-09477-2.
 15. Tong J. Analysis of the dynamics of regional economic imbalances through the prism of spatial econometrics and big data // *Environmental Management Issues*. 2025. Vol. 4. No. 3. Pp. 91-100.

Theoretical Approaches to the Study of Interregional Convergence in the Context of the Development of Endogenous Growth Models and Spatial Analysis

Sergei S. Kravchenko

Postgraduate Student,
Department of Economics of the Mineral Resources Complex,
Sergo Ordzhonikidze Russian State University for Geological Prospecting,
117997, 23, Miklukho-Maklaya str., Moscow, Russian Federation;
e-mail: kravchenko@mgri.ru

Abstract

Published estimates of the speed of interregional convergence differ several times even for comparable sets of territories, with part of the scatter being created by the form of the estimated equation rather than by the source data. The paper compares two specifications of the beta-convergence equation – the classical one and one supplemented with the initial level of neighboring regions. The data are obtained from a mechanism where the approximation of model regions to individual steady-state levels is combined with the spatial diffusion of technologies along a

neighborhood matrix. At base parameters, the classical specification yields 1.41% per year, the extended specification yields 2.63% per year, and the half-life period of the interregional gap is reduced almost twofold: from 49.3 years to 26.4 years. The magnitude of the difference increases as diffusion strengthens and completely disappears if the growth conditions of neighboring regions are not spatially connected. The bias of the classical estimate is created by the spatial grouping of similar growth conditions, in which the level of neighboring regions substitutes for the unobservable steady state and returns an underestimated value to the slope. This implies two limitations on the comparison of published estimates: comparing convergence speed values is correct only within one class of specifications, and interpreting the coefficient at the level of neighbors as a measure of knowledge spillovers is permissible only when the spatial structure of steady-state levels is estimated separately.

For citation

Kravchenko S.S. (2026) Teoreticheskie podkhody k issledovaniyu mezhregional'noy konvergensii v kontekste razvitiya modeley endogenogo rosta i prostranstvennogo analiza [Theoretical Approaches to the Study of Interregional Convergence in the Context of the Development of Endogenous Growth Models and Spatial Analysis]. *Ekonomika: vchera, segodnya, zavtra* [Economics: Yesterday, Today and Tomorrow], 16 (6A), pp. 712-719. DOI: 10.34670/AR.2026.18.12.104

Keywords

Interregional convergence, beta-convergence, endogenous growth, spatial econometrics, technology diffusion, convergence speed, simulation modeling.

References

1. Alekhin B. (2021). Human capital and regional economic growth in Russia. *Spatial Economics*, 17(2), pp. 57-80. doi: 10.14530/se.2021.2.057-080.
2. Bolkol H.K. (2023). Regional income convergence in Turkey: An empirical analysis from an endogenous growth perspective. *Panoeconomicus*, 70(1), pp. 127-153. doi: 10.2298/pan190428010b.
3. Bozhechkova A., Dzhunkeev U., Didenko D., Konchakov R. (2024). Human capital and economic development of Russian regions, with special reference to long-term historical dynamics. *Terra Economicus*, 22(2), pp. 60-76. doi: 10.18522/2073-6606-2024-22-2-60-76.
4. Bufetova A.N. (2024). Spatial heterogeneity and spatial autocorrelation of economic activity levels in Russian regions. *Region: Economics and Sociology*, (4(124)), pp. 3-33. doi: 10.15372/reg20240401.
5. Cartone A., Postiglione P., Hewings G.J.D. (2021). Does economic convergence hold? A spatial quantile analysis on European regions. *Economic Modelling*, 95, pp. 408-417. doi: 10.1016/j.econmod.2020.03.008.
6. Demidova O.A. (2021). Methods of spatial econometrics and evaluation of government programs effectiveness. *Applied Econometrics*, (64), pp. 107-134. doi: 10.22394/1993-7601-2021-64-107-134.
7. Gafarova E.A. (2017). Empirical models of regional economic growth with spatial effects: comparative analysis results. *Perm University Herald. Economy*, 12(4), pp. 561-574. doi: 10.17072/1994-9960-2017-4-561-574.
8. Kolomak E.A. (2025). Spatial development of contemporary Russia: determinants, mechanisms, results. *Region: Economics and Sociology*, (4(128)), pp. 27-51. doi: 10.15372/reg20250402.
9. Kurilova A.A. (2025). Analysis of the convergence of digital inequality across Russian regions. *Baltic Region*, 17(1), pp. 117-140. doi: 10.5922/2079-8555-2025-1-7.
10. Naumov I.V., Nikulina N.L. (2023). Scenario modeling and forecasting of the spatial heterogeneity of innovation development in Russia. *Economic and Social Changes: Facts, Trends, Forecast*, (4(88)). doi: 10.15838/esc.2023.4.88.4.
11. Polbin A., Ivakhnenko T. (2022). Convergence of income inequality in Russia's regions. *Spatial Economics*, 18(4), pp. 68-92. doi: 10.14530/se.2022.4.068-092.
12. Polterovich V.M. (2017). The theory of endogenous economic growth and equations of mathematical physics. *Journal of the New Economic Association*, (34(2)), pp. 193-201. doi: 10.31737/2221-2264-2017-34-2-11.
13. Qiu J., Liu W., Ning N. (2019). Evolution of regional innovation with spatial knowledge spillovers: convergence or

-
- divergence? *Networks and Spatial Economics*, 20(1), pp. 179-208. doi: 10.1007/s11067-019-09477-2.
14. Tong J. (2025). Analysis of the dynamics of regional economic imbalances through the prism of spatial econometrics and big data. *Environmental Management Issues*, 4(3), pp. 91-100.
15. Zaripova Yu.O. (2025). Effects of convergence and divergence in the informatization development of Russian regions: an empirical analysis. *ECO*, 55(3), pp. 150-163. doi: 10.30680/eco0131-7652-2025-3-150-163.