

На правах рукописи

Семерикова Елена Вячеславовна

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ЗАВИСИМОСТИ В
РЕГИОНАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ НА ПРИМЕРЕ АНАЛИЗА
БЕЗРАБОТИЦЫ В РОССИИ И ГЕРМАНИИ**

Специальность 08.00.13 –

«Математические и инструментальные методы экономики»

Автореферат диссертации на соискание ученой степени

кандидата экономических наук

Москва – 2017

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования

Пространственная зависимость характерна для наблюдений, обладающих конкретным местоположением. Регионы являются примером таких наблюдений, поэтому тема пространственной зависимости особенно актуальна при анализе региональных данных. Общественный интерес к изучению механизмов, лежащих в основе пространственных различий, а также региональная государственная политика, направленная на их снижение, обосновывают необходимость развития и применения методов анализа пространственной зависимости. Учитывать пространственную зависимость в регрессионном анализе позволяют методы пространственной эконометрики.

Несмотря на то, что методы пространственной эконометрики переживают фазу активного применения, на данный момент существует не так много работ, посвященных анализу регионов России с помощью пространственных эконометрических моделей. Имеется необходимость в определении, как пространственные эконометрические методы могут изменить подход к анализу такой области, как рынок труда в России, можно ли с их помощью получить результаты, отличные от результатов анализа с помощью классических регрессионных моделей.

Нередко особенностью пространственных эффектов является неоднородность и асимметричность. Примером страны, обладающей такими характеристиками, помимо России, является Германия. У обеих стран присутствуют различия между западными и восточными регионами. Асимметричность взаимного влияния восточных и западных регионов друг на друга была исследована для уровня безработицы в России [Демидова, 2014], но не была исследована для регионов Германии. В данной работе восполняется этот пробел. Изучение этих двух стран с точки зрения пространственных эффектов представляет интерес в том числе и ввиду различий пространственной структуры: и восточные, и западные регионы Германии

достаточно однородны, в то время как регионы в восточной части России характеризуются большей величиной и неоднородностью по сравнению с западными регионами.

Ввиду относительной молодости дисциплины, в пространственной эконометрике существуют также методологические нерешенные вопросы, обсуждаемые в литературе. Одним из таких вопросов является неясность в выборе спецификации пространственной взвешивающей матрицы, отражающей взаимосвязи между регионами, а также влияние выбора матрицы на смещение оценок коэффициентов, что в том числе обсуждается в текущем диссертационном исследовании.

Кроме вышесказанного, модели пространственной эконометрики не были активно применимы для построения предсказаний и прогнозов. Учет пространственной корреляции позволяет не только улучшить качество модели, но и улучшить качество предсказания. Однако на сегодняшний день отсутствуют работы, показывающие выгоду от использования пространственных эконометрических моделей для прогнозирования уровня безработицы в России на региональном уровне.

Вышесказанное является обоснованием **актуальности** усовершенствования способов применения методов пространственного эконометрического моделирования, а также выделения преимуществ их использования.

Степень разработанности направления исследования

Методы пространственной эконометрики активно используются для анализа основных социально-экономических показателей в исследованиях с использованием региональных данных. Анализ российских региональных данных с акцентом на пространственные эффекты проводили Solanko [2003], Луговой [2007], Коломак [2010], Kholodilin и др. [2012], Иванова [2015], Perret [2016]. Пространственная взаимосвязь характерна для рынков труда, так как регионы связаны между собой посредством миграционных потоков,

маятниковой миграции, а также межрегиональной торговли. Тема пространственного анализа региональных рынков труда в России была затронута в работах [Демидова, 2014], [Demidova, 2015], [Вакуленко, 2013], [Вакуленко, 2015]. Изучение пространственных аспектов рынков труда для различных стран было продолжено в работах [Molho, 1995], López-Tamayo и др. [2000], Burgess и др. [2001], Aragon и др. [2003], Niebuhr [2003], Cracolici и др. [2007], Elhorst [2008] и других, а пространственный анализ рынков труда в Германии был осуществлен в работах Pannenberg и др. [2000], Möller и др. [2007], Elhorst и др. [2007], Kosfeld и др. [2008], Lottmann [2012]; Patuelli и др. [2012], Baltagi и др. [2012] и Granato и др. [2015]. В данном исследовании моделируется уровень безработицы в зависимости от региональных характеристик по российским данным с точки зрения нахождения преимуществ использования пространственных эконометрических моделей по сравнению с классическими методами оценки, а также восполняется пробел в литературе, связанный с отсутствием работ, моделирующих асимметричность взаимного влияния восточных и западных регионов Германии друг на друга.

Вопрос чувствительности результатов оценки пространственных эконометрических моделей к спецификации пространственных эконометрических моделей, а именно выбору пространственной взвешивающей матрицы исследуют Bell и др. [2000], Stakhovych и др. [2009]. Bell, Bockstael [2000] приходят к выводу, что результаты оценки модели более чувствительны к выбору взвешивающей матрицы, чем к методу оценки. Stakhovych, Bijmolt [2009] исследуют последствия выбора неверной матрицы на симулированных данных. В данной работе проводится имитационное моделирование, позволяющее выбрать пространственную взвешивающую матрицу в случае анализа безработицы в регионах России, обеспечивающую наименьшее смещение коэффициентов при неверной спецификации.

Использованию пространственных эконометрических моделей для прогнозирования показателей на уровне регионального деления уделяли

внимание Kholodilin и др. [2008], Schanne и др. [2010], Girardin и др. [2011], Mayor и др. [2012], Baltagi и др. [2014], и др. Подробный обзор исследований, использующих пространственные модели для прогнозирования на региональных данных, сделали Lehmann и др. [2014]. В данном исследовании частично восполняется пробел, связанный с отсутствием работ, посвященных прогнозированию региональной безработицы в России. Сравнивается качество прогнозов, полученных с помощью разных типов моделей, в том числе моделей с использованием пространственных эффектов и без них.

Объект и предмет исследования

Объектом исследования являются региональные рынки труда России и Германии.

Предметом исследования являются методы пространственного эконометрического моделирования для анализа и прогнозирования, преимущества их использования (применительно к уровню безработицы в регионах России и Германии). Особое внимание уделено проблемам выбора спецификации моделей и последствиям неверной спецификации.

Цель и задачи исследования

Целью диссертации является моделирование пространственных взаимосвязей между регионами, выявление преимуществ их учета при анализе и прогнозировании уровня безработицы для России и Германии.

Для реализации данной цели были поставлены и последовательно решены следующие *задачи*:

- Найти способ отражения взаимного влияния регионов друг на друга с помощью выбора подходящей взвешивающей матрицы на основе российских региональных данных. Выявить последствия неверной спецификации моделей;
- Разработать пространственную эконометрическую модель безработицы для регионов России с нелинейной зависимостью уровня безработицы от

факторов. Для интерпретации результатов вычислить пространственные прямые, косвенные и общие эффекты объясняющих факторов;

- Разработать пространственную эконометрическую модель региональной безработицы по данным для Германии с квадратичной зависимостью от пространственного лага, отражающего влияние уровня безработицы в других регионах;
- Применить модифицированную пространственную авторегрессионную модель для двух групп взаимосвязанных регионов с целью выявления асимметричности пространственных эффектов между восточными и западными регионами Германии;
- Построить прогноз уровня безработицы с использованием региональных данных с помощью пространственных эконометрических моделей. Оценить качество прогнозов и сравнить их с прогнозами, полученными с помощью других моделей, используемых в литературе.

Методологическая основа исследования

Основой исследования выступают пространственные эконометрические модели панельных данных, берущие свое начало в работах [Paelink, 1979, Anselin, 1988]. Оценка пространственных эконометрических моделей производилась с помощью метода максимального правдоподобия и обобщенного метода моментов. Для расчета доверительных интервалов для прямых, косвенных и общих эффектов в случае нелинейной спецификации используется метод Монте-Карло. Определение спецификации пространственной взвешивающей матрицы, обеспечивающей наименьшее смещение коэффициентов, осуществляется с помощью имитационного моделирования Монте-Карло. Количественные расчеты производились с помощью пакетов Stata и R studio.

Информационная база исследования

Для проведения диссертационного исследования автором были собраны две базы данных для России и Германии, содержащие информацию по уровню безработицы и социально-экономическим показателям регионов за период с 2001 по 2013 гг. Данные были собраны на основе следующих источников:

- сайт Федеральной службы государственной статистики (<http://www.gks.ru/>, сборники «Регионы России»);
- сайт Федеральной службы занятости Германии (данные доступны на <http://www.regionalstatistik.de/>);
- региональная база данных Федеральной статистической службы Германии (данные доступны на <http://www.regionalstatistik.de/>).

Научная новизна работы заключается в следующих выносимых на защиту результатах диссертации:

- На примере анализа региональной безработицы по российским данным впервые для пространственных эконометрических моделей был предложен расчет прямых, косвенных и общих эффектов для факторов, функциональная зависимость от которых является нелинейной. Вычислены доверительные интервалы для соответствующих эффектов с помощью метода Монте Карло;
- По данным для Германии была предложена эконометрическая модель с квадратичной зависимостью от пространственного лага, позволившая выявить, что при низких уровнях безработицы сила взаимного пространственного влияния региональных рынков труда увеличивается, а при высоких — уменьшается.
- Впервые по данным для Германии была оценена модифицированная пространственная авторегрессионная модель для двух групп взаимосвязанных регионов. В отличие от других исследований, оцененная модель позволила выявить не только разницу пространственных эффектов внутри западных и восточных регионов

Германии, но и асимметричность влияния западных регионов на восточные и наоборот.

- Впервые построен прогноз уровня безработицы с помощью пространственных эконометрических моделей по данным для российских регионов. Определено для каких регионов качество прогноза, построенного с помощью пространственных эконометрических моделей, превосходит качество прогнозов, полученных с помощью других моделей.

Теоретическая и практическая значимость работы

Теоретическая значимость диссертационного исследования состоит в предложении спецификации пространственной эконометрической модели для оценки уровня безработицы в регионах России с нелинейной функциональной зависимостью от факторов. Определен способ нахождения прямых, косвенных и общих пространственных эффектов и интерпретации полученных результатов в этом случае. Разработана эконометрическая модель с квадратичной зависимостью от пространственного лага по данным для Германии, позволяющая выявить пороговый механизм пространственного взаимодействия.

Выявленная пространственная зависимость между региональными рынками труда, а также прямые и косвенные эффекты различных факторов, влияющих на уровень безработицы в регионах России и Германии, могут быть учтены при формировании мер социально-экономической политики в этих странах. Показанные преимущества учета пространственной зависимости могут быть использованы при построении прогнозов уровня безработицы в России и Германии.

Результаты и наработки диссертационного исследования были применены в качестве методического материала курса «Advanced Econometrics» для магистров 1-го курса Факультета экономических наук НИУ ВШЭ.

Также результаты исследования были использованы в международном проекте “The political economy of youth unemployment” (IRSES GA-2010-269134) в рамках седьмой рамочной программы Европейского союза (программа международного обмена научными кадрами им. Марии Кюри), в котором участвовали исследователи НИУ ВШЭ, Университета Перуджи, Университета Брешии и Университета Неаполя (Италия). Также часть исследования была выполнена при поддержке Правительства Российской Федерации в рамках гранта №11.G34.31.0059.

Соответствие диссертации Паспорту научной специальности

Диссертация и научные результаты, выносимые на защиту, соответствуют следующим пунктам паспорта специальности 08.00.13: пункт 1.1. Разработка и развитие математического аппарата анализа экономических систем: математической экономики, эконометрики, прикладной статистики, теории игр, оптимизации, теории принятия решений, дискретной математики и других методов, используемых в экономико-математическом моделировании; пункт 1.9. Разработка и развитие математических методов и моделей анализа и прогнозирования развития социально-экономических процессов общественной жизни: демографических процессов, рынка труда и занятости населения, качества жизни населения и др.

Структура диссертации

Работа состоит из введения, 3 глав, заключения, приложений, списка литературы из 132 наименования. Общий объем работы — 135 страниц.

Апробация результатов исследования

Результаты диссертации были апробированы на следующих конференциях:

1. XV Апрельская международная научная конференция «Модернизация экономики и общества», Москва, НИУ ВШЭ, 01.04.2014 – 04.04.2014.
2. Workshop New challenges for the labor market: spatial and institutional perspectives, Naples, Italy, 08.05.2014 – 09.05.2014.

3. II Scientific Conference Spatial Econometrics and Regional Economic Analysis, Лодзь, Польша, 09.06.2014 – 10.06.2014.
4. 54th European Regional Science Association (ERSA) Congress Regional Development and Globalisation: Best Practices, Санкт-Петербург, Россия, 25.08.2014 – 29.08.2014.
5. XVI Апрельская международная научная конференция «Модернизация экономики и общества», Москва, НИУ ВШЭ, 07.04.2015 – 10.04.2015.
6. II международная конференция «Modern Econometric Tools and Applications — EC2015», Нижний Новгород, НИУ ВШЭ, 24.09.2015 – 26.09.2015.
7. 56я ежегодная конференция итальянской экономической Ассоциации SIE, Неаполь, Италия, 22.10.2015 – 24.10.2015.
8. XVII Апрельская международная научная конференция «Модернизация экономики и общества», Москва, НИУ ВШЭ, 19.04.2016 – 22.04.2016.
9. X Мировая конференция Ассоциации Пространственной Эконометрики 2016, Рим, Италия, 13.06.2016 – 15.06.2016.
10. Международная конференция «Modern Econometric Tools and Applications — EC2015», 21.09.2016-24.09.2016, Нижний Новгород, НИУ ВШЭ.

Также результаты диссертации обсуждались на следующих научных семинарах:

1. Научный семинар лаборатории Теории рынков и пространственной экономики (27.01.2014, Санкт-Петербург).
2. Семинар лаборатории макроструктурного моделирования экономики России (02.04.2015, Москва).
3. Семинар кафедры эконометрики Университета им. Гумбольдта (01.06.2015, Берлин).
4. Исследовательский семинар академических аспирантов (30.09.2015, Москва).
5. Совместный семинар Лаборатории исследований рынка труда (ЛИРТ) и Центра трудовых исследований (ЦеТИ) (15.12.2015, Москва).

6. Семинар лаборатории макроструктурного моделирования экономики России (12.01.2016, Москва).

Публикации

Основные результаты диссертационного исследования опубликованы в 7 работах общим объемом 8,1 п.л. (вклад автора 6,7 п.л.). Пять из них опубликованы в российских рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК Министерства образования и науки РФ.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ДИССЕРТАЦИИ

Первая глава диссертационного исследования *«Пространственные эконометрические модели: особенности и применение»* посвящена обзору теоретической и эмпирической литературы в области пространственной эконометрики. В *разделе 1.1* дается краткий экскурс в историю возникновения и развития пространственной эконометрики. Кратко перечислены основные этапы развития и вклад основоположников этой отрасли. Рассматриваются основные способы выявления пространственной зависимости с помощью индексов Морана, Гири, Гетиса-Орда и др. Перечисляются основные типы пространственных эконометрических моделей.

Очень важным элементом, позволяющим учесть взаимосвязи между регионами, пространственную структуры данных, является взвешивающая матрица. Пространственные лаги, вводимые в эконометрических моделей с помощью этой матрицы являются аналогами временных лагов в моделях временных рядов. В *разделе 1.2* описаны существующие в литературе подходы к формированию взвешивающей матрицы, используемой для учета пространственных взаимосвязей между регионами. Отмечено, что в качестве спецификаций, наиболее часто используемых исследователями, являются бинарная граничная матрица и матрица обратных расстояний. Также затронута проблема выбора пространственной матрицы и последствия выбора неверной спецификации, описанные в литературе. Отмечено, что все еще остаются вопросы, связанные с чувствительностью результатов оценивания к выбору

взвешивающей матрицы, и не существует работ с использованием российских данных, в которых обсуждается выбор подходящей взвешивающей матрицы.

Раздел 1.3 посвящен обзору эмпирических исследований. Обсуждаются работы, посвященные пространственному анализу региональных рынков труда, а также исследования, проведенные с помощью пространственных эконометрических моделей по российским региональным данным. В описанных работах отмечается существование значимой пространственной зависимости между регионами.

Анализ теоретической и эмпирической литературы показал, что учет пространственного взаимодействия дает значительные преимущества для эмпирического анализа региональных рынков труда. Действительно, если не включать пространственный лаг в оцениваемую модель, в которой присутствует пространственная зависимость наблюдений, то оценки, полученные методом наименьших квадратов, будут смещенными и несостоятельными [Cliff и др., 1981; Franzese и др., 2007]. К тому же, наблюдаемая пространственная зависимость может служить прокси-переменной для ненаблюдаемых пропущенных переменных [Fingleton, 1999], поэтому ее учет может улучшить качество модели.

Изучение существующих моделей, касающихся пространственного эконометрического моделирования рынка труда, позволило выявить некоторые незаполненные в литературе ниши. В большинстве работ рассматривается линейная зависимость от объясняющих факторов. Для моделирования более гибких зависимостей возможным решением является непараметрический подход [см. например Basile, 2008], однако в этом случае давать интерпретацию полученным результатам становится проблематично. Для того, чтобы модель обладала достаточной гибкостью и одновременно позволяла бы получить корректную интерпретацию полученных результатов оценивания, автор моделирует нелинейную параметрическую зависимость для некоторых

факторов в модели уровня безработицы для российских регионов (подробности см. раздел 2.2.2).

Кроме того, для стран с ярко выраженными кластерами (например, явными различиями между западными и восточными регионами) обычно использовался подход разделения данных на подвыборки [см. например Коломак, 2010; Kholodilin, Oshchepkov, Siliverstovs, 2012; Lottmann, 2012]. В то же время Демидовой [2014; 2015] был предложен подход, позволяющий учитывать взаимное влияние восточных регионов на западные и наоборот. Асимметричность такого влияния еще не была показана для Германии, что было сделано автором в разделе 2.2.3.

Вторая глава *«Применение пространственных моделей для анализа региональной безработицы в России и Германии»* посвящена построению пространственных эконометрических моделей для региональной безработицы в России и Германии.

В *разделе 2.1* проводится имитационное моделирование на примере панельных данных по региональной безработице в России за 2005-2010 гг., позволяющее осуществить выбор взвешивающей матрицы, и выявить последствия неверной спецификации моделей, а именно неучета пространственной зависимости в модели и выбора неверной взвешивающей матрицы.

Симулирование значений уровня безработицы производится на основе реальных значений трех переменных, коэффициенты при которых были значимы при предварительном оценивании (доля государственных услуг, доля негосударственных услуг, доля людей моложе трудоспособного возраста в общей численности населения), оценок коэффициентов, получившихся при оценке модели с пространственным лагом, а также реальных взвешивающих матриц (граничной бинарной матрицы и матрицы обратных расстояний), характеризующих пространственное взаимодействие региональных рынков труда. Для симуляции ошибок используется нормальное распределение с

нулевым математическим ожиданием и дисперсией, равной единице. Индивидуальные эффекты моделируются в соответствии с работой [Mundlak, 1978]. Временные эффекты генерируются в соответствии с нормальным распределением и имеют нулевое математическое ожидание и дисперсию, равную двум.

После генерации значений зависимой переменной проводится оценка пространственной эконометрической модели (SAR) методом максимального правдоподобия трижды: с использованием граничной матрицы, с использованием матрицы обратных расстояний, и без учета пространственной матрицы. Аналогичная процедура проводится для матрицы обратных расстояний. В таблице 1 приведено описание количества симуляций.

Таблица 1. Дизайн имитационного моделирования

Значение коэффициента пространственной корреляции	$\rho \in [0.1; 0.9]$ с шагом 0.1	9
Типы взвешивающей матрицы	Матрица обратных расстояний, граничная матрица	2
Общее количество уникальных симуляций	9*2	18
Количество репликаций		10000
Общее число симуляций		180 000

Источник: описание автора

Имитационное моделирование показало, что смещение параметров β_1 , β_2 , β_3 в среднем увеличивается по абсолютному значению при увеличении коэффициента ρ . Например, в случае, если Y был сгенерирован с помощью модели, в которой учитывалась граничная взвешивающая матрица, коэффициент пространственной корреляции равен 0.8, а оценивание модели проводилось с учетом матрицы обратных расстояний, то коэффициент β_1 смещается в среднем на 30% вверх относительно значения коэффициента в модели, генерирующей данные. Этот результат совпадает с похожим исследованием [Stakhovych, Bijmolt, 2009], а также служит подтверждением того, что важность выбора взвешивающей матрицы увеличивается при увеличении силы пространственного взаимодействия между регионами.

На рис. 1 представлены оценки коэффициента пространственной корреляции ρ и его среднее относительное смещение в зависимости от

величины коэффициента пространственной корреляции в модели, генерирующей данные. В обоих случаях для каждого значения оценка ρ смещена вниз относительно «истинного» значения, что также соответствует результату исследования Stakhovych, Bijmolt [2009].

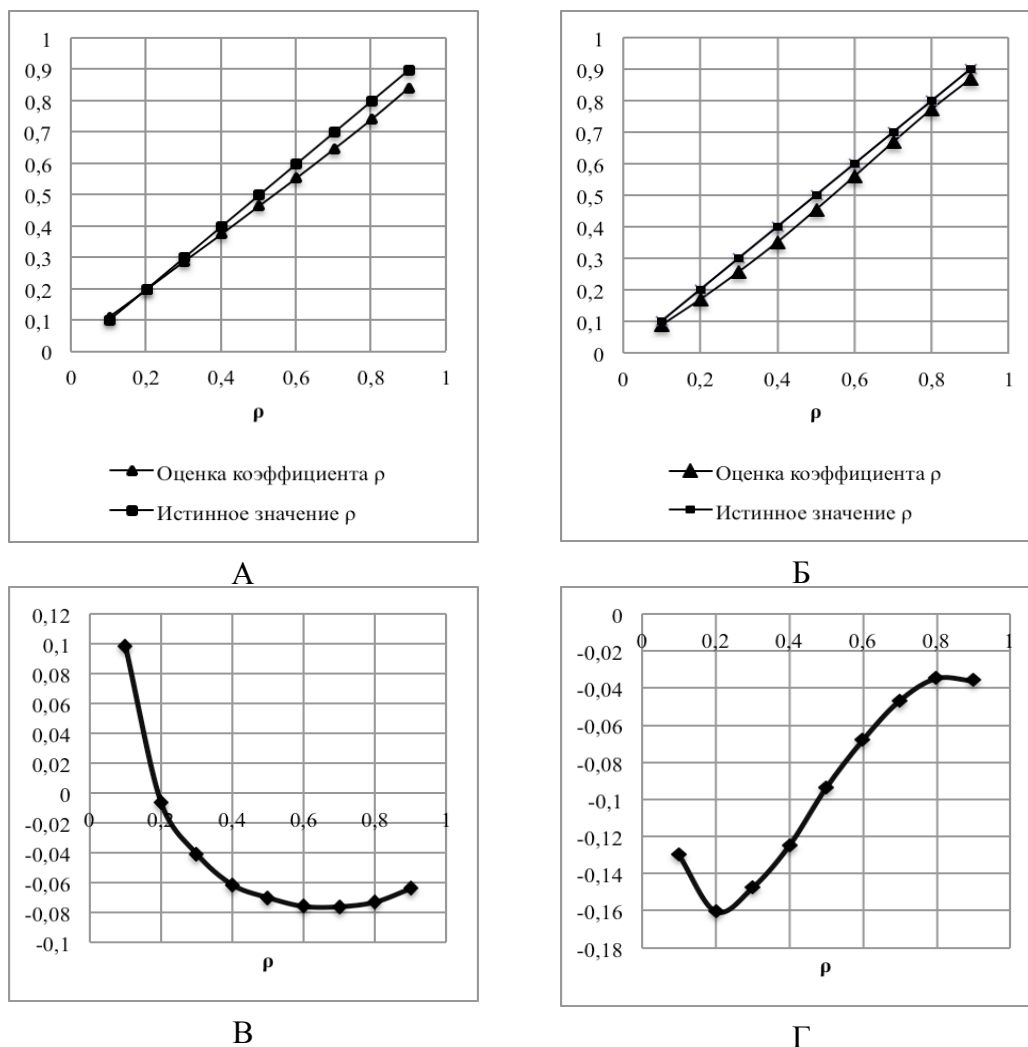


Рис. 1 Оценки коэффициента пространственной корреляции ρ и его среднее относительное отклонение
Примечание. А,Б: Оценка коэффициента ρ и его истинное значение. В,Г: среднее относительное отклонение оценки от истинного значения. А,В: модель, генерирующая данные, содержит граничную матрицу, а оценивание проводилось с использованием матрицы обратных расстояний. Б,Г: модель, генерирующая данные, содержит матрицу обратных расстояний, а оценивание проводилось с использованием граничной матрицы.

Далее, как и в работе Stakhovych, Bijmolt [2009], для четырех случаев (граничная матрица используется и для генерирования данных, и для оценивания; граничная матрица используется для генерирования данных, а матрица обратных расстояний — для оценивания; для генерирования данных и оценивания — матрица обратных расстояний; для генерирования данных —

матрица обратных расстояний, для оценивания — граничная матрица) в текущей работе рассчитывается средняя квадратичная ошибка оценок коэффициентов. Исходя из таблицы 2 видно, что для оценок коэффициентов β_1 , β_2 , β_3 значения средних квадратичных ошибок ниже в том случае, когда для оценивания используется матрица обратных расстояний.

Таблица 2. Средняя квадратичная ошибка для оценки коэффициентов

Средняя квадратичная ошибка для оценки коэффициента ρ			
		W для оценивания	
		W граничная	W обратных расстояний
W для генерирования данных	W граничная	0,008	0,025
	W обратных расстояний	0,021	0,022
	Итого	0,015	0,024
Средняя квадратичная ошибка для оценки коэффициента β_1			
		W для оценивания	
		W граничная	W обратных расстояний
W для генерирования данных	W граничная	0,007	0,008
	W обратных расстояний	0,008	0,000
	Итого	0,008	0,004
Средняя квадратичная ошибка для оценки коэффициента β_2			
		W для оценивания	
		W граничная	W обратных расстояний
W для генерирования данных	W граничная	0,277	0,994
	W обратных расстояний	1,862	0,030
	Итого	1,070	0,512
Средняя квадратичная ошибка для оценки коэффициента β_3			
		W для оценивания	
		W граничная	W обратных расстояний
W для генерирования данных	W граничная	35,230	28,991
	W обратных расстояний	151,227	17,500
	Итого	93,232	23,245

Источник: расчеты автора

Таким образом, проведенное имитационное моделирование показало, что при анализе региональной безработицы с помощью пространственных эконометрических моделей, выбор взвешивающей матрицы крайне важен. Причем возможное смещение в оценках, связанное с выбором неверной взвешивающей матрицы или с невключением пространственной структуры в модель, увеличивается по мере увеличения силы пространственного взаимодействия между регионами (увеличения коэффициента пространственной корреляции ρ). В результате проведенного исследования было установлено, что при анализе региональной безработицы в России между граничной матрицей и матрицей обратных расстояний следует выбирать

матрицу обратных расстояний, позволяющей учитывать влияние всех регионов друг на друга (а не только граничных).

Раздел 2.2 диссертационного исследования посвящен пространственному эконометрическому моделированию региональной безработицы в России и Германии.

В *разделе 2.2.1* проведен обзор литературы с целью выявить факторы, влияющие на уровень региональной безработицы. Среди основных факторов, выделенных на основе обзора литературы — отраслевая структура занятости, заработная плата, уровень образования, возрастная структура, привлекательность региона, ВРП на душу населения и др.

В *разделе 2.2.2* на основе российских региональных данных за 2005–2010 гг. сравнивается использование моделей пространственной регрессии с классическими моделями панельных данных для анализа уровня безработицы. Особенность анализа заключается в выборе нелинейной функциональной формы зависимости для некоторых регрессоров.

Авторская модификация модели с пространственным лагом состояла в выборе нелинейной функциональной формы:

$$y_{it} = \rho W y_{it} + f_1(X^1_{it-1}) + \dots + f_k(X^k_{it-1}) + S'_{it} \beta_2 + \mu_i + \phi_t + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

где $X^1, \dots, X^k$ — объясняющие переменные (отраслевая структура, уровень образования, доля городского населения, показатель доступности жилья, миграция, заработная плата или валовой региональный продукт), S'_{it} — переменные, отражающие отраслевую структуру.

Выбор конкретного вида функций $f_1, \dots, f_k$ основывался на соответствующих диаграммах рассеяния переменных Y и $X^1, \dots, X^k$. Для всех переменных, кроме «доли городского населения», «зарботной платы» и «валового регионального продукта» была выбрана линейная форма зависимости, для переменной «доля городского населения» и «зарботная плата» — несимметричная U-образная форма зависимости $f_1(x) = ax + bx \ln x$, для

переменной «валовой региональный продукт» — пороговая форма зависимости $f_2(x) = cx + dx \cdot I(GDP < 1000)$. При $GDP < 1000$ функция принимает вид $f_2(x) = (c + d)x$, при $GDP \geq 1000$ — $f_2(x) = cx$.

Оценка модели (1) осуществлялась с помощью метода максимального правдоподобия, широко применяемого при анализе пространственных моделей панельных данных [Anselin, 1988]. При оценке учитывалась поправка, предложенная Lee и др. [2010], учитывающая, что T не стремится к бесконечности.

Известно, что невключение в модель существенного фактора приводит к получению смещенных оценок коэффициентов при оставшихся факторах. Для того, чтобы получить представление о последствиях невключения в модель пространственного лага, была оценена модель (2), отличающаяся от модели с пространственным лагом только отсутствием пространственных эффектов:

$$y_{it} = X'_{it-1} \beta_1 + S'_{it} \beta_2 + \mu_i + \phi_t + \varepsilon_{it}, \quad (2)$$

оценивая ее с помощью стандартного метода оценки панельных данных с фиксированными эффектами — оценки «within».

Интерпретация результатов оценки параметров пространственных моделей отличается от непространственных, ведь эффект от изменения одной из характеристик региона будет оказывать эффект не только на сам регион, но и на другие регионы через изменение зависимой переменной. Поэтому при использовании спецификации, которая предполагает наличие глобальных пространственных эффектов, выводы необходимо делать исходя не из оценок коэффициентов, а значений предельных эффектов, предложенных в работе [см. LeSage и др., 2009].

В случае нелинейной зависимости $bx \ln x$ от доли городского населения предельный эффект y по x равен:

$$\begin{aligned} \frac{\partial y_i}{\partial x_{jr}} &= S_r(W)_{ij} \ln x_{jr} + S_r(W)_{ij} x_{jr} \frac{1}{x_{jr}} = S_r(W)_{ij} \ln x_{jr} + S_r(W)_{ij} = \\ &= S_r(W)(\ln x_{jr} + 1) = (I_n - \hat{\rho}W)I_n \hat{b}(\ln x_{jr} + 1) \end{aligned} \quad (3)$$

Таким образом, предельный эффект для функции $f_1(x) = ax + bx \ln x$ равен:

$$\frac{\partial f_1(x)_i}{\partial x_{jr}} = (I_n - \hat{\rho}W)I_n[\hat{a} + \hat{b}(\ln x_{jr} + 1)] \quad (4)$$

В случае кусочно-линейной зависимости для функции $f_2(x) = cx + dx \cdot I(GDP < 1000)$ от валового регионального продукта предельный эффект x на y равен:

$$\frac{\partial y_i}{\partial x_{jr}} = S_r(W)_{ij}(\hat{c} + \hat{d} \cdot I(GDP < 1000)) = (I_n - \hat{\rho}W)I_n(\hat{c} + \hat{d} \cdot I(GDP < 1000)) \quad (5)$$

В связи с тем, что предельные эффекты определяются достаточно сложной структурой матрицы $S_r(W)$, для вычисления доверительных интервалов прямых, косвенных и общих эффектов LeSage, Пасе [2009] предлагают использовать симуляции. Так как оценки параметров модели (оценок коэффициентов, ковариационной матрицы оценок коэффициентов и т.д.) получены методом максимального правдоподобия, то асимптотическое распределение параметров $\hat{\rho}$, $\hat{\beta}$ является нормальным распределением с ковариационной матрицей $\hat{\Sigma}^2$. Для вычисления доверительных интервалов используется метод симуляции Монте Карло, основанный на 1000 симуляций.

Предельные эффекты для переменной «доля городского населения» будут иметь разные значения при разных значениях регрессора вследствие нелинейной взаимосвязи. Формула для вычисления эффекта зависит от x :

$$\frac{\partial f_1(x)_i}{\partial x_{jr}} = (I_n - \hat{\rho}W)I_n[\hat{a} + \hat{b}(\ln x_{jr} + 1)] \quad (\text{см. уравнение (4)}). \text{ На рис. 2 изображены}$$

прямые, косвенные и общие эффекты переменной «доля городского населения», вычисленные с помощью формул (3)–(5). Для регионов с долей городского населения от 26% до 80% эффект положителен и убывает по мере увеличения переменной, а свыше 80% эффект является незначимым. Аналогично прямые, косвенные и общие эффекты были вычислены для переменной «заработная плата», влияние уровня заработной платы является

незначимым при низких значениях переменной, и принимает невысокие положительные значения при высоких значениях заработной платы в регионе.

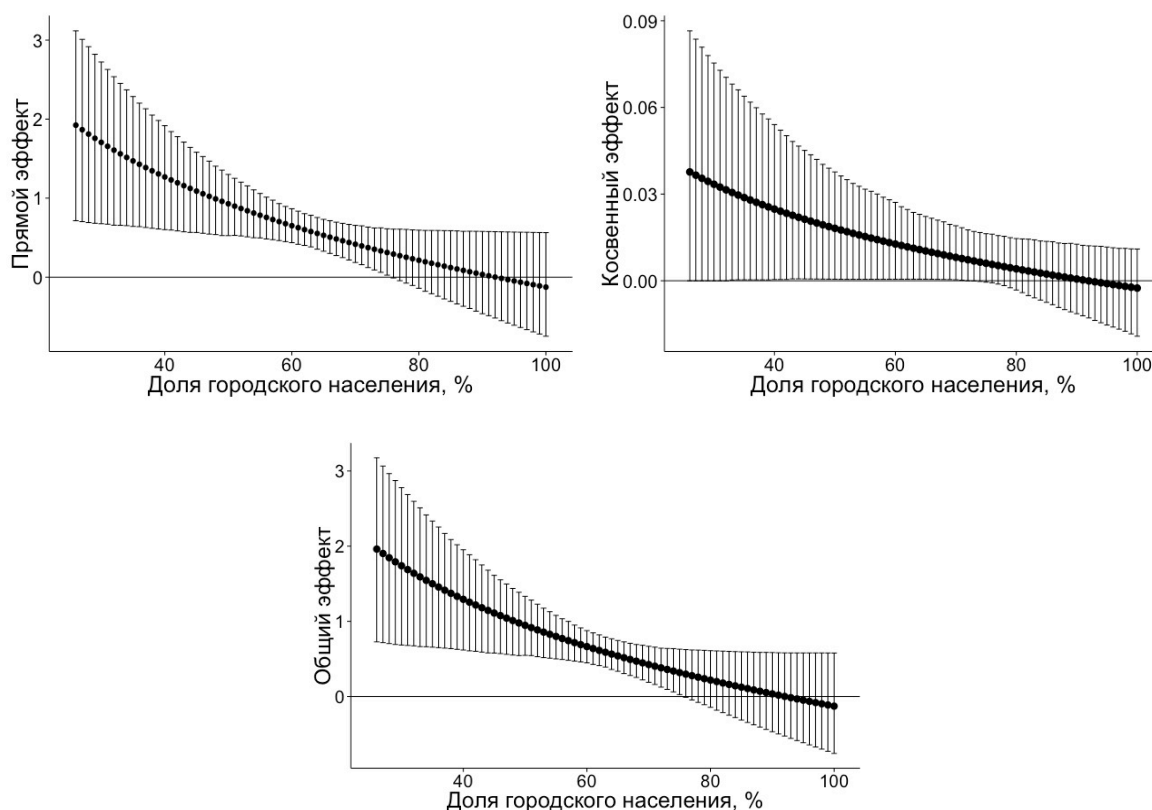


Рис. 2 Прямые, косвенные и общие эффекты доли городского населения с доверительными интервалами

Сравнение результатов оценивания непространственной модели с результатами оценивания пространственной модели показало, что между ними присутствуют различия. В случае моделирования региональной безработицы с помощью классической регрессии с фиксированными эффектами, коэффициент при переменной «доля занятых с высшим образованием» не является значимым. Учет пространственной зависимости региональных рынков труда позволяет выявить эту взаимосвязь, что важно учитывать при выборе региональной политики.

Таким образом, в текущем разделе сравнивается использование моделей пространственной регрессии с классическими моделями панельных данных для анализа уровня безработицы в регионах России за 2005–2010 гг. С помощью включения взвешенного значения уровня безработицы в других регионах

(пространственного лага) в модель регрессии учитывается пространственная зависимость регионов. Выявлена положительная пространственная корреляция в уровне безработицы между соседними регионами. Кроме того, модель, учитывающая пространственную структуру данных, в отличие от непространственной регрессии позволила выявить влияние уровня образования занятых на уровень безработицы: более высокая доля занятых с высшим образованием соответствует более низкому уровню безработицы. В разделе смоделирована нелинейная зависимость от некоторых региональных характеристик, вычислены прямые, косвенные и общие эффекты, а также с помощью метода Монте Карло найдены их доверительные интервалы.

Выявленная положительная пространственная зависимость свидетельствует о том, что любая мера, снижающая уровень безработицы в регионе, будет оказывать влияние и на другие регионы, причем чем ближе расположен регион, тем большему влиянию он подвержен. Поэтому к решению проблем безработицы следует подходить комплексно: стимулировать кооперацию регионов, осуществлять меры регулятивной политики, воздействуя на группы регионов и учитывая влияние мер, применяемых к конкретным регионам, на соседние рынки труда. Кроме того, меры, направленные на повышение доступности высшего образования, могут сыграть важную роль в регулировании рынков труда.

Раздел 2.2.3 посвящен моделированию уровня региональной безработицы в Германии с помощью пространственных моделей анализа панельных данных в зависимости от таких факторов, как отраслевая структура занятости, рост занятости, оплата труда, возраст, образование, плотность населения, валовой региональный продукт. Для учета пространственных связей между регионами в оцениваемых регрессиях используется взвешивающая матрица обратных расстояний между регионами. Статическая и динамическая модели (6) и (7) оценены методом максимального правдоподобия с коррекцией, предложенной в работе [Lee, Yu, 2010]:

$$Y_t = \rho WY_t + X_t\beta + \mu + \gamma_t 1_N + V_t, \quad V_t = \lambda WV_t + \varepsilon_t, \quad t = 1, \dots, T, \quad (6)$$

где Y_t — вектор зависимых переменных размерности $(N \times 1)$, X_t — матрица регрессоров размерности $(N \times k)$, μ — вектор индивидуальных эффектов размерности $(N \times 1)$, 1_N — единичный вектор размерности $(N \times 1)$, γ_t обозначает временные эффекты, ρ — пространственный авторегрессионный коэффициент, λ — пространственный автокорреляционный коэффициент и θ — вектор неизвестных параметров размерности $(k \times 1)$, ошибки $\varepsilon_{it} \sim iid(0, \sigma^2)$.

Проводится оценка модели с лаговой зависимой переменной (Spatial Autoregression Model, SAR), т.е. модели с включением лаговой зависимой переменной и пространственного лага:

$$Y_t = \tau Y_{t-1} + \rho WY_t + X_t\beta + \mu + \gamma_t 1_N + \varepsilon_t, \quad t = 1, \dots, T, \quad (7)$$

где Y_{t-1} — это лаг зависимой переменной, τ — это коэффициент перед динамическим лагом, $\varepsilon_{it} \sim iid(0, \sigma^2)$. Остальные обозначения соответствуют обозначениям предыдущей модели. Как и в предыдущем разделе в целях корректной интерпретации результатов оценивания вычислены прямые, косвенные и общие эффекты, предложенные в работе [LeSage, Pace, 2009].

В следующей оцениваемой модели для пространственного лага введена квадратичная зависимость:

$$Y_t = \tau_1 Y_{t-1} + \tau_2 Y_{t-1}^2 + \rho_1 WY_t + \rho_2 WY_t^2 + X_t\beta + \mu + \gamma_t 1_N + \varepsilon_t, \quad t = 1, \dots, T, \quad (8)$$

где WY_t^2 обозначает квадрат взвешенной суммы уровней безработицы остальных регионов. Модель (8) оценивалась с помощью метода Blundell-Bond.

Как и в работе Lottmann [2012], в текущем исследовании анализируются различия между пространственными эффектами западных и восточных регионов Германии путем оценивания моделей на подвыборках. Такой подход позволил выявить различие между влиянием экзогенных переменных на уровень безработицы в разных частях страны. Однако данный подход не позволяет выявить пространственные эффекты влияния восточных регионов на западные и наоборот. Для выявления таких эффектов применяется подход,

который был разработан для российских регионов [Демидова, 2014].
Используется следующее расширение спецификации:

$$\begin{pmatrix} Y_t^w \\ Y_t^e \end{pmatrix} = \tau \begin{pmatrix} Y_{t-1}^w \\ Y_{t-1}^e \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \rho_{ww} W_{ww} & \rho_{we} W_{we} \\ \rho_{ew} W_{ew} & \rho_{ee} W_{ee} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} Y_t^w \\ Y_t^e \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} X_t^w \beta_w \\ X_t^e \beta_e \end{pmatrix} + \gamma_t 1_N + \mu + \varepsilon_t, \quad t = 1, \dots, T \quad (9)$$

где Y_t^w и Y_t^e обозначают вектора размерности $(N^w \times 1)$ и $(N^e \times 1)$ соответственно, индекс $(t-1)$ обозначает лаговое значение вектора, X_t^w и X_t^e — матрицы размерности $(N^w \times k)$ и $(N^e \times k)$ соответственно, 1_N — единичный вектор, μ — вектор индивидуальных эффектов, ε_t — вектор остатков.

Взвешивающая матрица может быть представлена в виде суммы четырех частей:

$$W = \begin{pmatrix} W_{ww} & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 & W_{we} \\ 0 & 0 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 0 & W_{ew} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 0 & W_{ee} \end{pmatrix} \quad (10)$$

Коэффициенты ρ_{we} и ρ_{ew} отражают влияние восточных регионов на западные и влияние западных регионов на восточные соответственно. Коэффициенты ρ_{ww} и ρ_{ee} характеризуют пространственные эффекты между регионами внутри Западной и Восточной Германии. Значимость регрессоров может различаться для западных и восточных регионов.

В результате оценивания моделей (6) и (7) показано, что пространственные эффекты значимы как в случае статической, так и в случае динамической модели. В результате оценивания модели (8) выявлено, что при низких уровнях безработицы сила взаимного пространственного влияния региональных рынков труда увеличивается, а при высоких — уменьшается. По результатам оценивания модифицированной пространственной авторегрессионной модели (9) было определено, что изменение уровня безработицы в восточных регионах Германии влечет за собой изменение уровня безработицы как в восточных, так и в западных регионах Германии, в то время как безработица в западных регионах оказывает влияние только на безработицу в западных регионах.

В третьей главе диссертационного исследования *«Прогнозирование региональной безработицы с помощью пространственных эконометрических моделей»* осуществлена попытка предсказать уровень безработицы в региональном разрезе для России и Германии. На основе данных за 2005–2012 гг. (для России) и 2005–2011 гг. (для Германии), строятся предсказания для 2011–2012 гг. в предположении, что известны прогнозные значения объясняющих переменных. Также строится прогноз на дополнительный год в предположении, что значения объясняющих переменные неизвестны, вследствие чего используются их лаги в оцениваемой модели.

Основная задача третьей главы состоит в том, чтобы проверить, насколько включение пространственных эффектов улучшает качество прогноза. Прогноз, полученный с помощью пространственных эконометрических моделей, сравнивается с предсказаниями на основе других распространенных моделей панельных данных (модели сквозной регрессии, модели с фиксированными эффектами, модели со случайными эффектами, динамические модели с фиксированными эффектами, динамические модели со случайными эффектами). Кроме того, сравнивается качество предсказания с наивными прогнозами, рассчитанными как предыдущее значение уровня безработицы и среднее значение предыдущих значений за несколько лет. В качестве критериев сравнения используются средняя квадратичная ошибка (RMSE), средняя абсолютная ошибка в процентах (MAPE), средняя абсолютная ошибка (MAE), симметричная абсолютная ошибка в процентах (sMAPE).

При прогнозировании по моделям с объясняющими переменными необходимо знать значения этих переменных в точках прогноза. Поэтому использовались две следующие возможности:

1) Модели оценивались по данным за 2005–2010 гг., подставлялись реальные значения X_t за 2011 и 2012 гг. (для России) и за 2011 г. (для Германии) и сравнивались полученные прогнозы.

2) Модели оценивались с заменой X_t на X_{t-1} по данным за 2006–2012 гг. (для России) и за 2006–2011 гг. (для Германии), используя значения X за 2012 г. (для России) и 2011 г. (для Германии) в формулах для прогноза на 2013 г. (для России) и 2012 г. (для Германии).

В качестве одного из наивных прогнозов используется уровень безработицы в предыдущем периоде:

$$\hat{y}_{i,T+s} = y_{i,T}, \quad s \geq 1. \quad (11)$$

Другой наивный прогноз вычисляется как среднее значений уровня безработицы четырех предыдущих периодов¹:

$$\hat{y}_{i,T+s} = \sum_{j=1}^4 y_{i,T+s-j} / 4. \quad (12)$$

Здесь, если $s > j$, то $y_{i,T+s-j} = \hat{y}_{i,T+s-j}$.

Прогноз пространственной модели с фиксированными эффектами, не включающей объясняющие переменные:

$$\hat{y}_{i,T+s} = (I - \hat{\rho}W)^{-1} \hat{\mu}_i + (I - \hat{\rho}W)^{-1} \phi_{T+s}. \quad (13)$$

Прогноз динамической пространственной модели, не включающей объясняющие переменные:

$$\hat{y}_{i,T+s} = (I - \hat{\rho}W)^{-1} \hat{\mu}_i + (I - \hat{\rho}W)^{-1} \hat{y}_{i,T+s-1} + (I - \hat{\rho}W)^{-1} \phi_{T+s}. \quad (14)$$

Далее рассматриваются прогнозы, построенные с помощью моделей панельных данных: моделей с фиксированными и случайными эффектами с учетом и без учета пространственного лага. Для их построения необходимо располагать матрицей регрессоров для прогнозируемых периодов X_{iT+s} . Предсказание уровня безработицы в регионе с помощью модели с фиксированными эффектами вычисляется следующим образом:

$$\hat{y}_{i,T+s} = X_{iT+s} \hat{\beta} + \hat{\mu}_i + \hat{\phi}_{T+s}, \quad (15)$$

¹ Были рассмотрены также средние значения двух, трех, пяти и шести предыдущих периодов. Однако в таблицу результатов для сравнения моделей вынесен только один показатель, дающий наилучшее качество прогноза.

где $\hat{\mu}_i$ и $\hat{\beta}$ — within-оценки соответствующих параметров, $\hat{\phi}_{T+s}$ — оценка временного эффекта для периода $T + s$.

Прогноз для модели с фиксированными эффектами и пространственным авторегрессионным лагом (SAR) вычисляется с помощью формулы:

$$\hat{y}_{i,T+s} = (I - \hat{\rho}W)^{-1} X'_{i,T+s} \hat{\beta} + (I - \hat{\rho}W)^{-1} \hat{\mu}_i + (I - \hat{\rho}W)^{-1} \hat{\phi}_{T+s}, \quad (16)$$

где $\hat{\rho}$, $\hat{\beta}$, $\hat{\mu}_i$ — оценки, полученные методом максимального правдоподобия для пространственных моделей панельных данных, $\hat{\phi}_{T+s}$ — оценка временного эффекта для периода $T + s$.

Для построения прогноза в моделях со случайными эффектами использовалась формула для наилучшего предсказания в классе линейных несмещенных оценок (BLUP) для ОМНК модели [Goldberger, 1962]. На основе этой формулы были выведены предсказания для модели с индивидуальными эффектами [Taub, 1979; Wansbeek, Kapteyn, 1978]. Позже Baltagi, Li [2004] адаптировали эту формулу для модели с пространственной корреляцией в ошибках. В настоящей статье используется следующая формула для модели со случайными эффектами и пространственным авторегрессионным лагом:

$$\hat{y}_{i,T+s} = (I - \hat{\rho}W)^{-1} X'_{i,T+s} \hat{\beta} + (I - \hat{\rho}W)^{-1} \hat{\phi}_{T+s} + (I - \hat{\rho}W)^{-1} \frac{T\sigma_{\mu}^2}{\sigma_1^2} \bar{\varepsilon}_{i,OMHK}, \quad (17)$$

где $\hat{\sigma}_1^2 = T\hat{\sigma}_{\mu}^2 + \hat{\sigma}_{\varepsilon}^2$, $\bar{\varepsilon}_{i,OMHK} = \sum_{t=1}^T \hat{\varepsilon}_{it,OMHK} / T$.

Качество прогнозов, полученных с помощью различных моделей, проверялось для двух случаев. В первом случае в качестве значений регрессоров для прогнозов используются их известные значения, а во втором — их динамические лаги (в связи с отсутствием таких значений). Результаты оценки качества прогнозов показали, что включение пространственных эффектов в модель региональной безработицы значительно улучшает предсказание по сравнению с непространственными моделями панельных данных. Кроме того, при известных значениях объясняющих переменных прогнозы, полученные с помощью пространственных моделей, дают лучшее

качество предсказания, в том числе и по сравнению с наивными прогнозами, часто используемыми в практике. В случае отсутствия прогнозных будущих значений регрессоров и использованием их динамических лагов, пространственные модели лишь незначительно уступают наивным предсказаниям, а для некоторых отдельных регионов позволяют получить лучшее качество прогноза.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ РАБОТЫ

1. Найден способ отражения взаимного влияния регионов друг на друга с помощью выбора подходящей взвешивающей матрицы. Было установлено, что при анализе региональной безработицы в России между граничной матрицей и матрицей обратных расстояний следует выбирать матрицу обратных расстояний, позволяющую учитывать влияние всех регионов друг на друга (а не только граничных). Было показано, что при анализе региональной безработицы с помощью пространственных эконометрических моделей, выбор верной спецификации важен для получения несмещенных оценок, в особенности при использовании более детального регионального деления. При этом возможное смещение в оценках, связанное с выбором неверной взвешивающей матрицы или неучетом пространственной структуры данных, увеличивается по мере увеличения силы пространственного взаимодействия между регионами.

2. Разработана пространственная эконометрическая модель региональной безработицы для регионов России с нелинейной зависимостью от некоторых региональных факторов. Вычислены прямые, косвенные и общие эффекты для всех факторов. Модель, учитывающая пространственную структуру данных, в отличие от классической регрессионной модели позволила выявить влияние уровня образования занятых на уровень безработицы: более высокая доля занятых с высшим образованием соответствует более низкому уровню безработицы.

3. Разработана пространственная эконометрическая модель региональной безработицы для Германии с нелинейной зависимостью от пространственного лага, отражающего влияние уровня безработицы в других регионах. Выявлено, что при низких уровнях безработицы сила взаимного пространственного влияния региональных рынков труда увеличивается, а при высоких — уменьшается.
4. Оценена модифицированная пространственная авторегрессионная модель для двух групп взаимосвязанных регионов, в результате чего выявлена асимметричность пространственных эффектов: изменение уровня безработицы в восточных регионах Германии влечет за собой изменение уровня безработицы как в восточных, так и в западных регионах Германии, в то время как безработица в западных регионах оказывает влияние только на безработицу в западных регионах.
5. Построен прогноз уровня безработицы с помощью пространственных эконометрических моделей для регионов России и Германии. Результаты оценки качества прогнозов показали, что включение пространственных эффектов в модель региональной безработицы значительно улучшает качество предсказания по сравнению с классическими моделями панельных данных для всех исследуемых регионов.

Список публикаций по теме диссертации

Работы, опубликованные автором в ведущих рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАК Министерства образования и науки РФ:

1. Семерикова Е. В. Безработица в Западной и Восточной Германии: пространственный анализ панельных данных // Прикладная Эконометрика. – 2014. – Т. 35, № 3. – С. 107-132.
2. Семерикова Е., Демидова О. Анализ региональной безработицы в России и Германии: пространственно-эконометрический подход // Пространственная экономика. – 2015. – Т. 42, № 2. – С. 64-85.
3. Семерикова Е. В., Демидова О. А. Использование пространственных эконометрических моделей при прогнозе регионального уровня безработицы // Прикладная Эконометрика. – 2016. – № 3. – С. 29-51.
4. Семерикова Е. В., Демидова О. А. Взаимодействие региональных рынков труда в России: анализ с помощью пространственных эконометрических моделей // Пространственная экономика. – 2016. – № 3. – С. 57-80.
5. Семерикова Е. В. Учет пространственной зависимости в региональных исследованиях. // Горизонты экономики. – 2016. – №6 (32). – С. 63–67.

Другие работы, опубликованные автором по теме диссертации:

6. Semerikova E. V. Differences in Spatial Effects Between West and East: The Case of Regional Unemployment in Germany, in: XV Апрельская международная научная конференция по проблемам развития экономики и общества: в 4-х книгах / Отв. ред.: Е. Г. Ясин. Кн. 2. М. : Издательский дом НИУ ВШЭ. – 2015. – С. – 159–170.
7. Semerikova E. V. Spatial Patterns of German Labor Market: Panel Data Analysis of Regional Unemployment, in: Geographical Labor Market Imbalances. Springer Berlin Heidelberg. – 2015. – С. 37–64.