

УДК: 502.53:528.946556.5:911.9

DOI: 10.35595/2414-9179-2020-1-26-215-227

В.А. Добрякова<sup>1</sup>, А.Б. Добряков<sup>2</sup>

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ЧИСЛЕННОСТИ НАСЕЛЕНИЯ С УЧЁТОМ ПОЛОЖЕНИЯ МУНИЦИПАЛЬНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ В СИСТЕМЕ РАССЕЛЕНИЯ (НА ПРИМЕРЕ ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ)

### АННОТАЦИЯ

Работа посвящена применению инструментов пространственной статистики и регрессионного анализа в среде ArcGIS Pro. Выполняется проверка двух гипотез о связи позиционных характеристик муниципальных образований с динамикой изменения населения:

1. Чем населённый пункт дальше от главного поселения территории, тем быстрее он теряет своё население.

2. Чем населённый пункт дальше от главных магистралей территории, тем быстрее он теряет своё население.

Основная цель этой статьи в попытке возможно более строгого определения вида зависимости между данными характерными расстояниями: расстоянием до регионального центра, расстоянием до ближайшей магистрали и относительным изменением людности муниципальных образований, на примере Тюменской области.

Для расчёта расстояний был создан набор сетевых данных, элементами набора являются: основные автодороги, рассчитанные центры муниципальных образований (МО), линии — расстояния от центров до ближайшей автодороги («остановки»).

Для изучения использованы данные по изменению населения за 4 периода: 1981–1990, 1990–2002, 2002–2010 и 2010–2018 гг.

Определение зависимости производилось перебором степеней расстояний. Считалось, что зависимость подобрана, если соответствующий сводный коэффициент корреляции был наибольшим. Для каждой подобранной зависимости в ArcGIS Pro выполнялся полный статистический анализ, по результатам которого определялась значимость модели, строились карты невязок и рассчитывались уравнения регрессии.

Все модели, кроме первого периода, оказались значимыми, но смещёнными, что указывает на наличие неучтённых факторов.

В рамках построенных моделей сделан вывод о том, что расстояние до регионального центра связано с ростом населения окружающих МО, но рост тем больше, чем ближе МО к Тюмени. Расстояние до ближайшей магистрали связано с уменьшением населения, причём, чем дальше МО от магистрали, тем больше оно теряет население.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** пространственная статистика, пространственный анализ, регрессионный анализ, ГИС, моделирование расселения населения

<sup>1</sup> ФГАОУ ВО «Тюменский государственный университет», ул. Володарского, д. 6, 625003, Тюмень, Россия; *e-mail*: v.a.dobryakova@utmn.ru

<sup>2</sup> Отделение по Тюменской области Уральского главного управления Центрального банка Российской Федерации, ул. Володарского, д. 48, 625000, Тюмень, Россия; *e-mail*: dobryakovab@list.ru

V.A. Dobryakova<sup>1</sup>, A.B. Dobryakov<sup>2</sup>

## MODELING OF TEMPORAL DEVELOPMENT OF POPULATION TAKING INTO ACCOUNT THE SITUATION OF MUNICIPALITIES IN THE RESETTLEMENT SYSTEM (ACCORDING TO THE EXAMPLE OF THE TYUMEN REGION)

### ABSTRACT

The work is devoted to application of spatial statistics and regression analysis tools in the ArcGIS Pro program. In this report we try to confirm two theories in the relationship between positional characteristics of municipalities and the temporal development of population:

1. The farther the locality is from the main settlement of the territory, the faster it loses its own population.
2. The farther the locality is from the main highways of the territory, the faster it loses its own population.

The main aim of this article is to find the strictest definition of the type of correlation between such specific distances as the distance to the regional center, the distance to the nearest highway and the relative changes in the municipalities' population, according to the example of the Tyumen region.

A network data set was created to calculate the distances, it contains several elements: main roads, calculated centers of municipalities (CM), lines — distances from centers to the nearest road ("stops").

For the study we used information on changes of population for 4 periods: 1981–1990, 1990–2002, 2002–2010 and 2010–2018.

The dependence was done by enumerating the degrees of distances. We considered that the dependence was selected in case the relevant correlation coefficient was the largest. For each chosen relationship, ArcGIS Pro performed a complete statistical analysis, based on the results, the significance of the model was identified, residual maps constructed, and regression equations calculated.

All the models except the first period turned out to be significant, but they were displaced, which indicates the existence of some unexplored factors.

In the context of the constructed models, it was assumed that the distance to the regional center is closely connected with an expansion of the population in the surrounding municipalities, but the expansion gets more the closer the municipal district is to Tyumen. The distance to the nearest highway is associated with a decrease of population, and the farther the municipality is from the highway, the more it loses population.

**KEYWORDS:** spatial statistics, spatial analysis, regression analysis, GIS, modelling of settlement of populations

### ВВЕДЕНИЕ

Сложность анализа изменения населения в системе расселения заключается в необходимости учёта множества различных факторов, влияющих на формирование рисунка расселения населения.

При большом интересе к территориальным особенностям изменения населения, который выражается в значительном количестве статей и научных работ [Алексеев, Софронов, 2015; Бородина, 2017; Гунько, Глезер, 2015; Воробьёв, 2019; Медведев и др.,

---

<sup>1</sup> Tyumen State University, Volodarskiy str., 6, 625003, Tyumen, Russia; e-mail: [dobryakovab@list.ru](mailto:dobryakovab@list.ru)

<sup>2</sup> The Ural Head Department of the Central Bank of the Russian Federation, Office across the Tyumen region, Volodarskiy str., 48, 625000, Tyumen, Russia; e-mail: [dobryakovab@list.ru](mailto:dobryakovab@list.ru)

2015; Мкртчян, Карачурина, 2013; Нефёдова, Мкртчян, 2018; Панасюк, Руденко, 2008; Черкасов и др., 2019] очевидна назревшая необходимость в привлечении более строгих методов анализа.

Мотивацией для данной работы стала проверка двух гипотез:

1. Чем населённый пункт дальше от главного поселения данной территории, тем быстрее он теряет своё население.

2. Чем населённый пункт дальше от главных магистралей территории, тем быстрее он теряет своё население.

Данная работа посвящена применению инструментов пространственной статистики и регрессионного анализа, которые сравнительно недавно появились в среде ArcGIS Pro и способны, на наш взгляд, оказать существенную помощь в решении этой проблемы.

Несмотря на активное применение данных инструментов к исследованию самых различных вопросов географической науки (рис. 1) [Добрякова, 2012; Шелудков, Орлов, 2019; Henke, Petropoulos, 2013; Lampoltshammer et al., 2014; Liu et al., 2018], применение их к данной задаче нами не найдено. Между тем именно регрессионный анализ даёт нам ряд очевидных преимуществ для понимания, моделирования и объяснения сложных явлений.

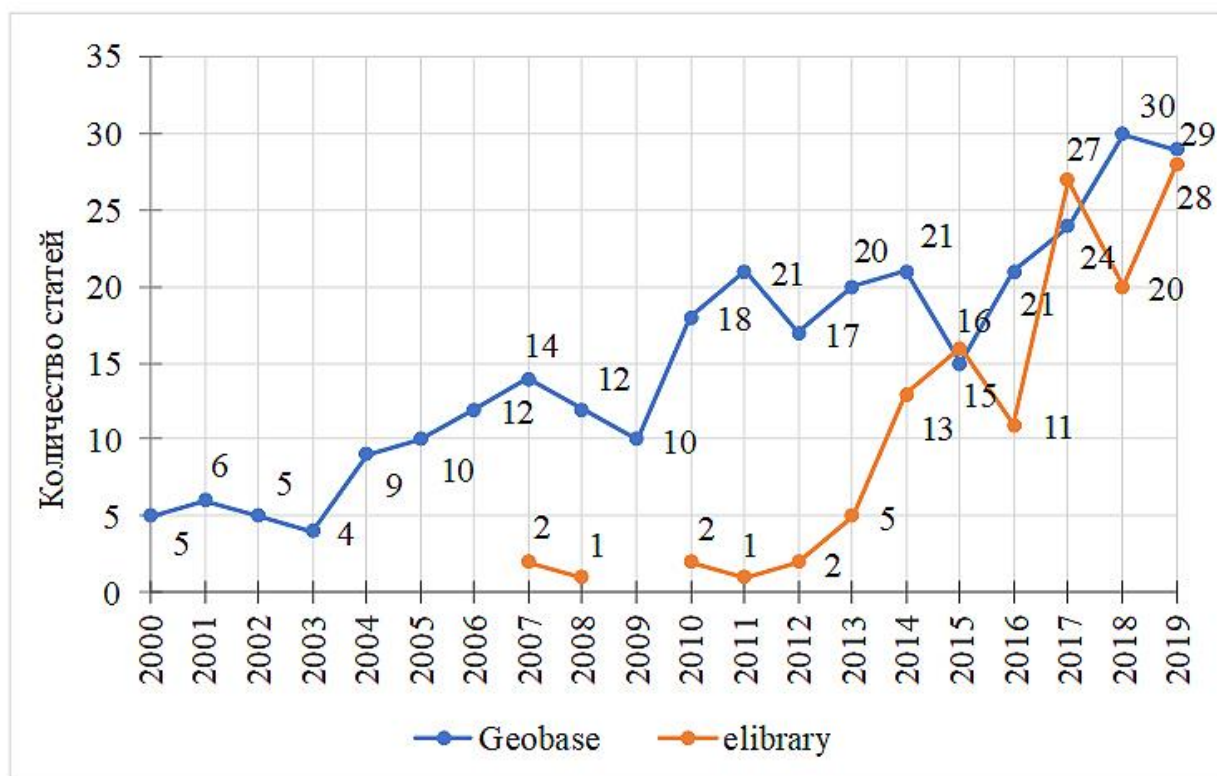


Рис. 1. Количество статей в Geobase и eLIBRARY

(стратегия поиска литературы — временной диапазон: 2000–2019; тип документа: научная статья; название, аннотация, ключевые слова: пространственная статистика или регрессионный анализ в социально-экономической географии и ГИС)

Fig 1. Number of articles in Geobase and eLIBRARY

(the strategy of the literature searching — time range: 2000–2019; document type: scientific articles; title, abstract, keywords: spatial statistics or regression analysis in socio-economic geography) and GIS

К сожалению, данные по населённым пунктам исчезли из официальной статистики, поэтому в работе использованы данные по муниципальным образованиям Тюменской области (без автономных округов) за период 1981–2018 гг.<sup>1</sup>

Основная цель этой статьи в попытке возможно более строгого определения вида нелинейной зависимости между заявленными характерными расстояниями региона и относительным изменением людности муниципальных образований (далее МО) на примере Тюменской области. Естественно, что в качестве регионального центра в данном случае выступает город Тюмень.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Информационная основа проведённого исследования — данные о численности населения МО Тюменской области (без автономных округов) за период 1981–2018 гг.<sup>2</sup>

В качестве основного инструмента для расчётов, анализа и картирования результатов использовалась программа ArcGIS Pro. Предварительное исследование и подбор модели выполнялись в программе Excel. Регрессионный анализ изменений населения проводился инструментами из набора «Пространственная статистика»<sup>3</sup>.

Пространственные статистические показатели расширяют возможности исследования, количественно определяя статистически значимые, наиболее важные закономерности в географических данных. Это способствует принятию правильных управленческих решений.

Предполагаем, что для каждого  $n$ -го населённого пункта, находящегося на расстоянии  $RT$  от города Тюмень и на расстоянии  $RD$  от ближайшей из основных дорог региона, существует случайная величина — изменение людности  $ИЗМ\_Л$ , для которой предполагаем справедливость соотношения:

$$ИЗМ\_Л(n, RT, RD) = a * RT^k + b * RD^m + c + ОСТ(n),$$

где  $a * RT^k + b * RD^m + c$  — неслучайная составляющая величины  $ИЗМ\_Л$ , которая выражает существующую зависимость изменения населения в каждом МО от выбранных нами характерных расстояний,

$ОСТ(n)$  — случайная величина, которая является остатком величины  $ИЗМ\_Л$  и от характерных расстояний не зависит.

---

<sup>1</sup> Всероссийская перепись населения 2002 года. Электронный ресурс: <http://www.perepis2002.ru/index.html?id=13>. Дата обращения: 20.02.2019 г.

Всероссийская перепись населения 2010 года. Электронный ресурс: [http://www.gks.ru/free\\_doc/new\\_site/perepis2010/croc/perepis\\_itogi1612.htm](http://www.gks.ru/free_doc/new_site/perepis2010/croc/perepis_itogi1612.htm). Дата обращения: 20.02.2019 г.

Федеральная служба государственной статистики – центральная база статистических данных. База данных показателей муниципальных образований. Электронный ресурс: [http://www.gks.ru/free\\_doc/new\\_site/bd\\_munst/munst.htm](http://www.gks.ru/free_doc/new_site/bd_munst/munst.htm) (дата обращения 01.01.2019)

Демоскоп Weekly. Электронный ресурс: <http://www.demoscope.ru/weekly/pril.php> (дата обращения: 20.02.2019 г.)

<sup>2</sup> Всероссийская перепись населения 2002 года. Электронный ресурс: <http://www.perepis2002.ru/index.html?id=13>. Дата обращения: 20.02.2019 г.

Всероссийская перепись населения 2010 года. Электронный ресурс: [http://www.gks.ru/free\\_doc/new\\_site/perepis2010/croc/perepis\\_itogi1612.htm](http://www.gks.ru/free_doc/new_site/perepis2010/croc/perepis_itogi1612.htm). Дата обращения: 20.02.2019 г.

Федеральная служба государственной статистики — центральная база статистических данных. База данных показателей муниципальных образований. Электронный ресурс: [http://www.gks.ru/free\\_doc/new\\_site/bd\\_munst/munst.htm](http://www.gks.ru/free_doc/new_site/bd_munst/munst.htm) (дата обращения 01.01.2019)

Демоскоп Weekly. Электронный ресурс: <http://www.demoscope.ru/weekly/pril.php> (дата обращения: 20.02.2019 г.)

<sup>3</sup> Справка по ArcGIS Pro 2.4 Электронный ресурс: <https://pro.arcgis.com/ru/pro-app/tool-reference/spatial-statistics/ordinary-least-squares.htm> (дата обращения: 20.02.2019 г.)

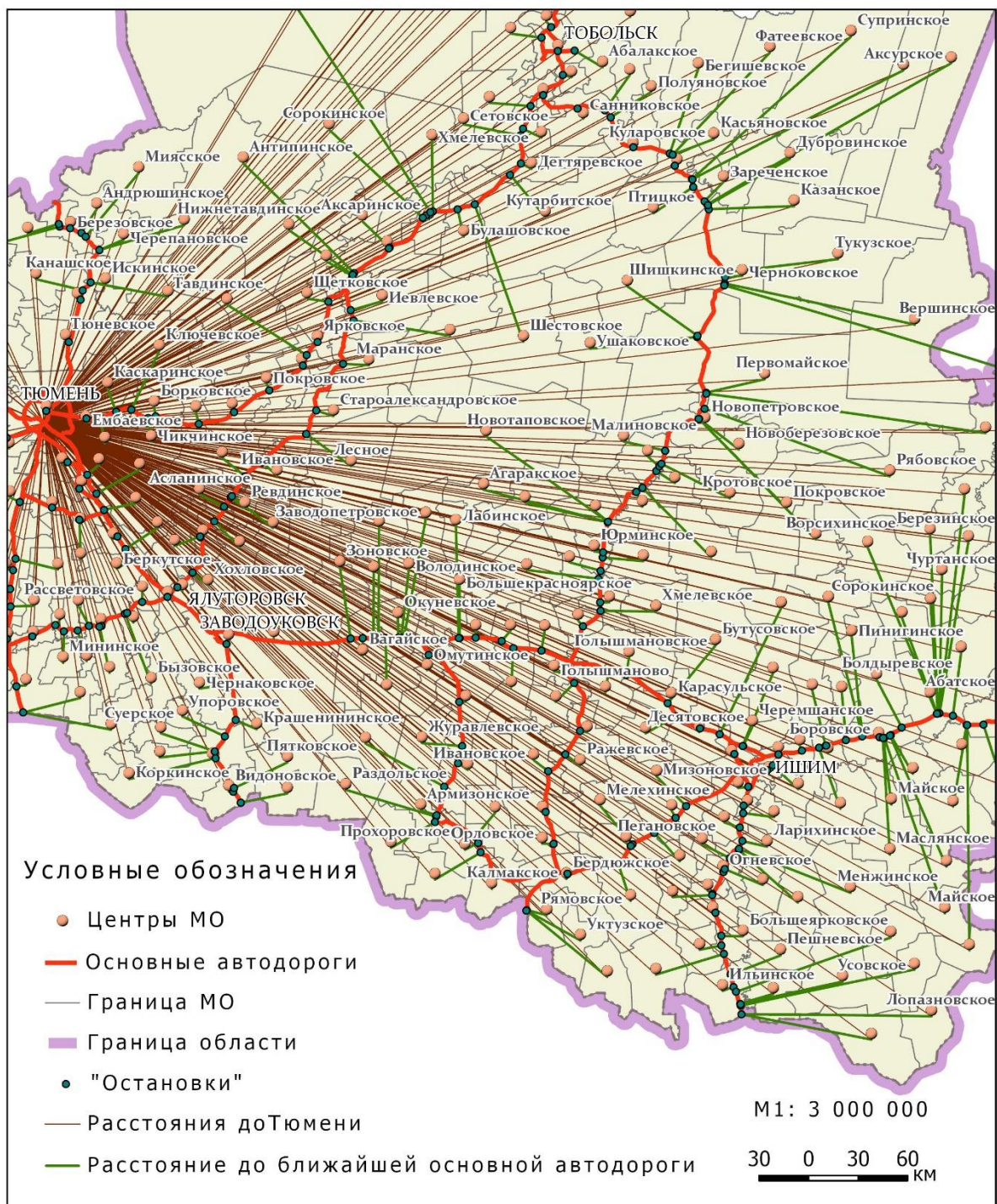


Рис. 2. Элементы набора сетевых данных для расчёта расстояний до ближайшей основной автодороги и до г. Тюмень  
Fig 2. Elements of a network dataset for calculating the distances to the nearest main highway and to Tyumen

Подбор зависимости производился по показателям степеней  $k$  и  $m$ , в которые возводились оба расстояния. Считаем, что степени, наиболее правильно отражающие реальную взаимосвязь между величинами, дадут наибольшую величину сводного коэффициента корреляции (далее КК) с зависимой переменной.

Значения переменных  $a$ ,  $b$  и  $c$  определяются как параметры соответствующего регрессионного уравнения использованием метода минимальных квадратов. Степени изменялись от 2 до -6 с шагом 0,1 (то есть от  $R^2$  до  $R^{-6}$ ), всего 79 степеней, так как показатель степени равный 0 пропускался, поскольку КК в этом случае не может быть вычислен, он является неопределённостью вида 0/0. Считаем, что такой интервал подбираемых степеней отражает практически все возможные виды взаимосвязи между рассматриваемыми величинами. Для каждой подобранной зависимости в ArcGIS Pro (инструмент «Метод наименьших квадратов (МНК)») выполнялся полный статистический анализ, по результатам которого строились карты невязок и рассчитывались уравнения регрессии.

Для изучения использованы данные по изменению населения за 4 периода: 1981–1990, 1990–2002, 2002–2010 и 2010–2018 гг. Проводилось сравнение указанных выше характерных расстояний от центров МО (всего 296 штук, без г. Тюмень) с изменением населения в этих МО. Величина исследуемого периода — 8–12 лет — выбрана, чтобы нивелировать случайный разброс значений за отдельные годы. Предполагалось, что в этом случае будет легче выявить некую тенденцию в данных.

Для расчёта расстояний был создан набор сетевых данных; элементами набора являются: основные автодороги<sup>1</sup>, рассчитанные центры МО, линии — расстояния от центров до ближайшей автодороги (остановки) (рис. 2).

Расстояния центр МО — остановка на дороге рассчитывались при помощи инструмента «Ближайший объект» (с определением координат  $X$ ;  $Y$  остановки на дороге и геодезического расстояния между объектами). По результатам построены элементы сетевых данных (линии — расстояния до автодороги и остановки). Сеть отредактирована и проверена на топологию.

Расчёт таблицы расстояний до Тюмени выполнялся с использованием механизма «Размещение — Распределение» модуля Network Analyst, пункт обслуживания — г. Тюмень, точки спроса — центры МО.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Приведём сводную таблицу выполненных расчётов.

Табл. 1. Коэффициенты корреляции и уравнения регрессии  
Table 1. Correlation coefficients and regression equations

Период изменения людности поселений		1981–1990	1990–2002	2002–2010	2010–2018
Наибольший сводный КК		0,17	0,26	0,65	0,44
Показатель $R^2$		0,03	0,07	0,43	0,19
Подобранная степень расстояния	до Тюмени ( $k$ )	0,10	-0,80	-0,50	-0,50
	до дороги ( $m$ )	0,10	0,80	0,30	0,10
Парный КК изменения людности с расстоянием в подобранной степени	до Тюмени ( $RT^k$ )	-0,17	0,23	0,61	0,41
	до дороги ( $RD^m$ )	-0,04	-0,18	-0,45	-0,24

<sup>1</sup> Геопортал Тюменской области. Электронный ресурс: <https://gis.72to.ru> (дата обращения 20.02.2019)

Парный КК расстояний в подобранной степени до Тюмени и до дороги (между $RT^k$ и $RD^m$ )	0,41	-0,34	-0,39	-0,33
Уравнение регрессии	$-2,29*RT^{0,1} + 0,3*RD^{0,1} + 3,6$	$2,65*RT^{-0,8} - 0,003*RD^{0,8} - 0,08$	$1,86*RT^{-0,5} - 0,04*RD^{0,3} - 0,14$	$1,42*RT^{-0,5} - 0,12*RD^{0,1} - 0,27$

Значения в таблице округлены до двух десятичных знаков, только в коэффициенте при RD во втором периоде сохранено три знака.

Мы видим относительно высокие значения сводного КК для третьего и четвертого периодов и малые значения КК для первого и второго, высокую зависимость наших подобранных степеней расстояний до Тюмени и до дороги для всех четырех периодов, так как парные КК между этими показателями достаточно велики. Показатель  $R^2$  показывает, какую часть дисперсии исходных данных удалось учесть при помощи приведённой модели. Вызывают вопросы зависимости, подобранные в первом и четвертом периодах, поскольку 0,1 — минимальная степень в заданном нами вычислительном процессе, малые подобранные степени расстояний показывают, что исследуемая переменная не зависит от данного расстояния или зависит очень слабо. Кроме того, обращает на себя внимание, что парные КК по степени расстояния до г. Тюмени значительно выше, чем парные КК по степени расстояния до дороги.

Соответствующие карты невязок имеют вид, представленный на рис. 3.

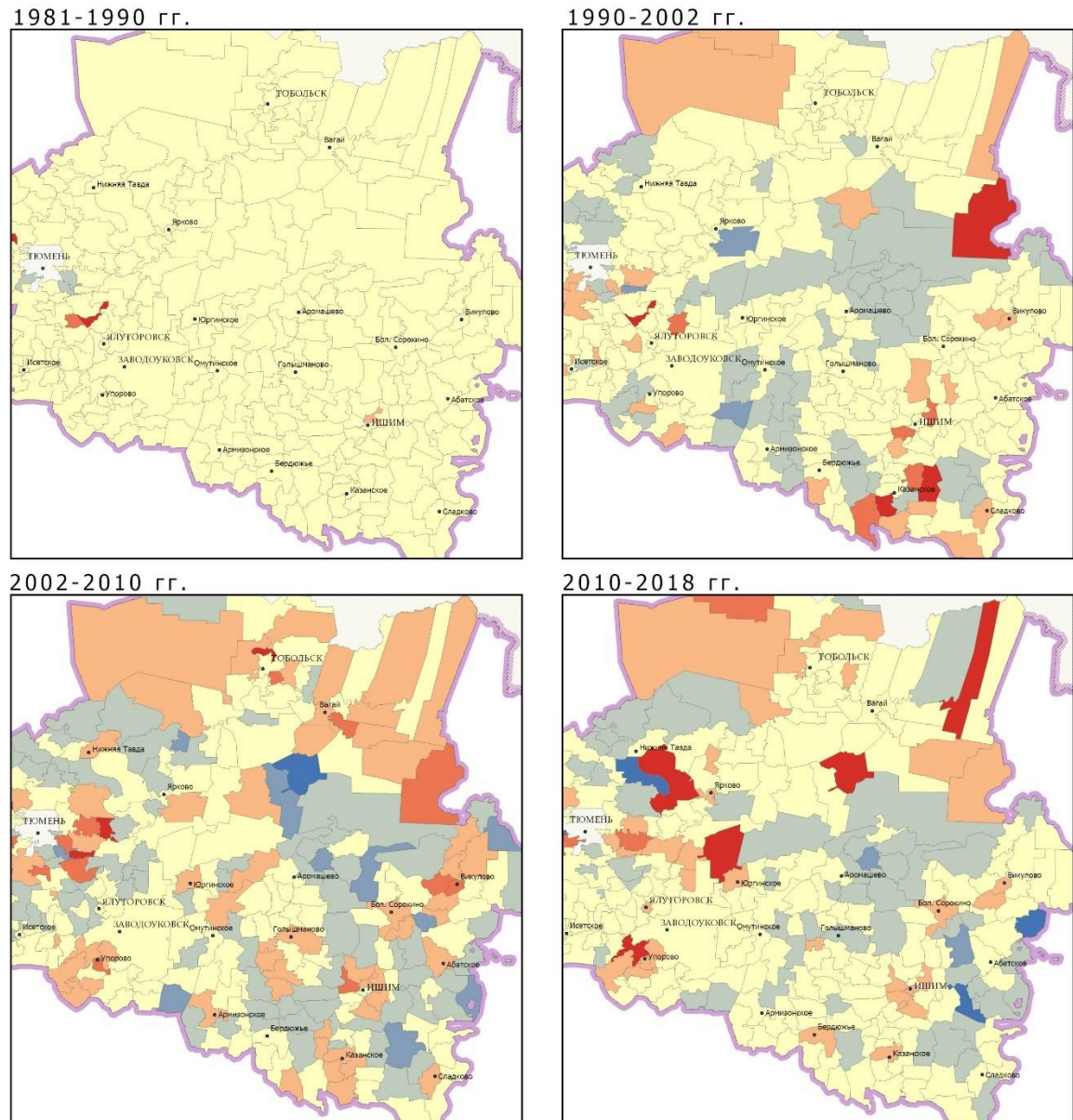
Распределение невязок не является случайным по причине существования значительных областей как высоких, так и низких значений. Действительно, по результатам статистического анализа все модели признаны значимыми, но смещёнными, т.к. остатки не имеют нормального распределения. Считается, что это указывает на наличие неучтённых факторов. По результатам тестов, проведённых в ArcGis Pro, все коэффициенты регрессии признаны значимыми, кроме коэффициента при расстоянии до основной автодороги (RD) в уравнении регрессии за первый период.

На рис. 4 представлены результаты моделирования относительного изменения населения Тюменской области за разные периоды. Полученные модели показывают большую разницу в процессах, происходящих в каждый период. Действительно, в целом по региону (без Тюмени) в первый период произошёл значительный рост населения, во второй и третий — убыль, в четвертый период население практически не изменилось.

Поскольку построенные модели не могут быть точными ввиду значительной случайной составляющей, нас интересует преимущество наших моделей перед другими, отличающимися значениями степеней расстояний.

Для наглядности таблицы сводных КК преобразуем в графику (рис. 5).

Каждая клеточка — это отдельная модель со своими параметрами. По вертикали отражено изменение степени расстояния до г. Тюмень, по горизонтали — изменение степени расстояния до ближайшей основной автодороги. Степени уменьшаются от 2 в верхнем левом углу до -6 в нижнем правом. Всего в каждой таблице  $80*80=6400$  рассчитанных сводных коэффициентов. «Белый крест» показывает пропущенную 0 степень обоих расстояний. «Чёрный крест» указывает положение найденного в данный период наибольшего значения сводного КК, его величину и степени расстояний, при которых оно было найдено, можно посмотреть в табл. 1. Заливка показывает близость КК к максимальному значению: тёмно-коричневая показывает область меньше максимального на 0,03, коричневая — от 0,03 до 0,06, светло-коричневая — от 0,06 до 0,1.



Условные обозначения

Невязки

StdResid

■ < -2.5 Std. Dev.

■ -2.5 - -1.5 Std. Dev.

■ -1.5 - -0.5 Std. Dev.

■ -0.5 - 0.5 Std. Dev.

■ 0.5 - 1.5 Std. Dev.

■ 1.5 - 2.5 Std. Dev.

■ > 2.5 Std. Dev.

• Районные центры

— Граница области

— Граница МО

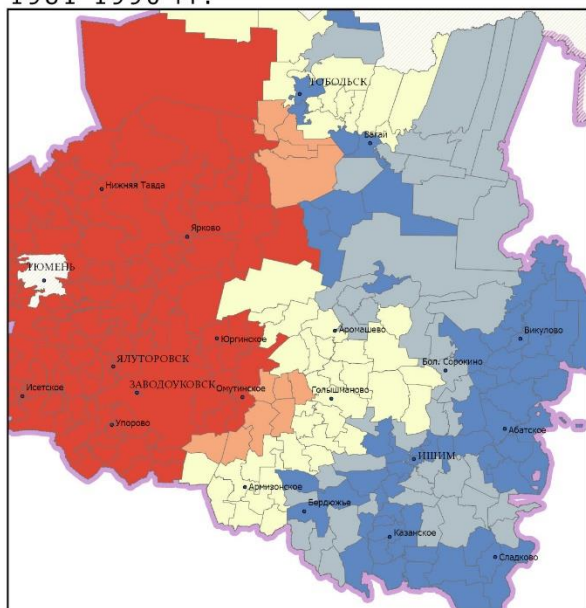
M1: 7 000 000

70 0 70 140 KM

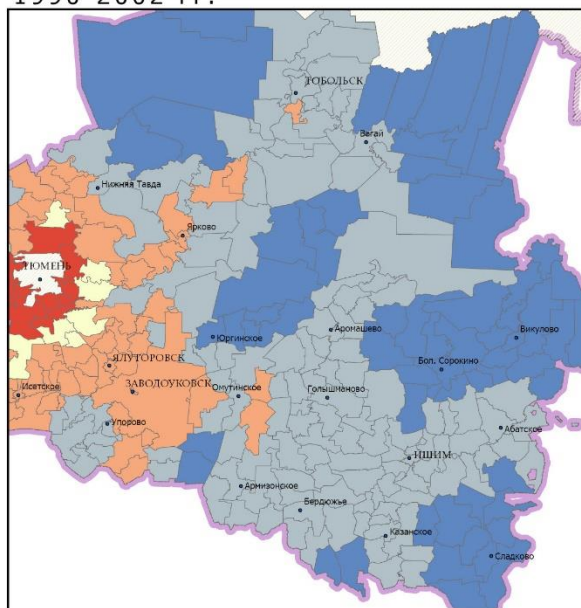
Рис. 3. Результаты МНК: карты невязок относительного изменения населения по МО с подобранными моделями по периодам  
 Fig 3. Results of OLS: maps of distinctions of the relative temporal development of population in the CM with selected models for periods



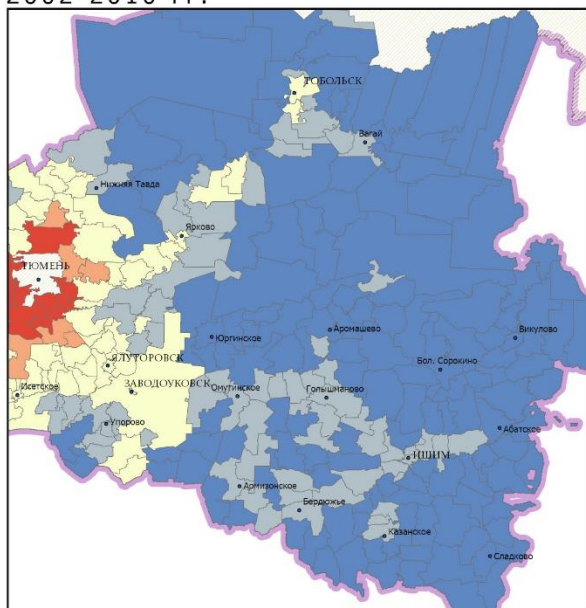
1981-1990 гг.



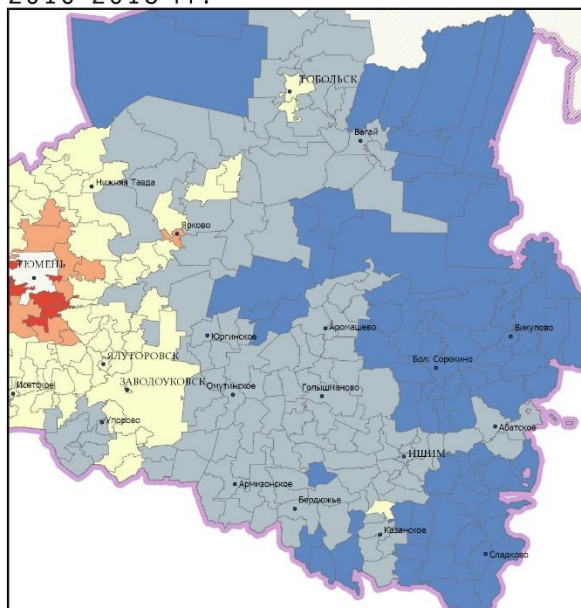
1990-2002 гг.



2002-2010 гг.

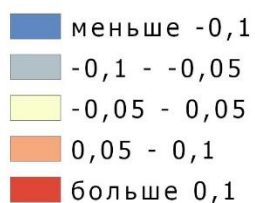


2010-2018 гг.



### Условные обозначения

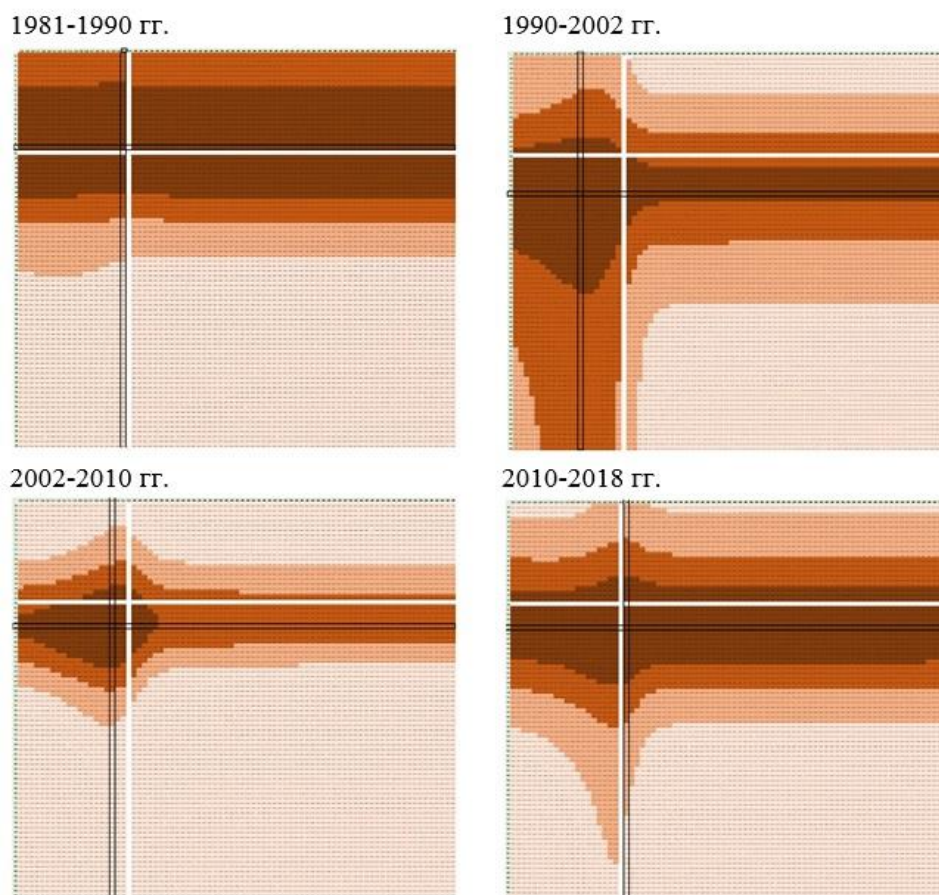
Рассчитанное изменение населения (%)



M1: 7 000 000



Рис. 4. Рассчитанное по модели относительное изменение населения по МО  
 Fig 4. Relative population change in the CM calculated by the model



*Рис. 5. Сводные коэффициенты корреляции в зависимости от степени расстояния до г. Тюмень (по вертикали) и до ближайшей основной автодороги (по горизонтали)*  
*Fig 5. Consolidated correlation coefficients depending from the degree of distance to Tyumen (vertical) and to the nearest main road (horizontal)*

Этот рисунок наглядно показывает устойчивость или неустойчивость найденных значений и хорошо иллюстрирует данные статистических тестов.

По рис. 5 видим слабую чувствительность КК к степени расстояния до дороги во все периоды, что указывает на значительную неопределённость найденных максимумов по степени расстояния до дороги.

Наблюдаем принципиальное отличие уравнения регрессии, подобранного в первый период от уравнений в другие периоды.

## **ВЫВОДЫ**

1. Предложенные модели хорошо согласуются с данными в четвёртом (0,19 общей дисперсии изменения людности) и особенно в третьем периодах (0,43 общей дисперсии), но плохо во втором (0,07) и ещё хуже в первом (0,03).

2. Коэффициенты, связанные с расстоянием до Тюмени во все периоды, кроме первого, положительные, значит, расстояние до регионального центра связано именно с ростом населения, но т.к. степень данного расстояния отрицательная, то чем дальше МО от Тюмени, тем население в нём растёт медленней. Исключение — первый период, здесь и коэффициент отрицательный, и степень положительная, значит, увеличение расстояния от Тюмени связано с убылью населения, но т.к. степень мала, то зависимость очень слабая.

3. Уменьшение населения во втором, третьем и четвертом периодах связано с расстоянием от дороги, причём чем МО дальше от дороги, тем сильнее теряет население; только в первый период, чем дальше поселения от дороги, тем больше они росли. Заметим, что в первом и четвертом периодах степень расстояния до дороги очень мала, поэтому зависимостью от этого расстояния можно пренебречь.

4. Построим усреднённое уравнение регрессии. Первый период исключаем из итогового расчёта. Используя в качестве весов квадраты соответствующих КК, получим для степени расстояния до Тюмени:  $-0,53$  и для степени расстояния до дороги  $0,32$ . Итоговое уравнение регрессии, рассчитанное за три последних периода, имеет вид:

$$\text{ИЗМ}_L(n, RT, RD) = 1,8 * RT^{-0,53} - 0,05 * RD^{0,32} - 0,163 + \text{ОСТ}(n)$$

Все выводы сделаны в рамках приведённых моделей и для других моделей могут не выполняться. Интерпретацию полученной зависимости с точки зрения каких-то известных моделей дать затруднительно, и это понятно ввиду сложности рассматриваемого явления. Изменение населения — это на самом деле целый комплекс процессов, связанных с рождаемостью, смертностью и различными видами миграции. Для понимания механизмов необходимо рассматривать причины, вызывающие изменение каждой из компонент.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Алексеев А.И., Софронов С.Г.* Изменение сельского расселения в России в конце XX – начале XXI века. Вестник Московского университета. Серия 5. География, 2015. № 2. С. 66–76.
2. *Баширов В.Р.* Совершенствование методики картографирования системы расселения населения России. Автореферат дисс. ... канд. геогр. н. М.: Московский государственный университет геодезии и картографии, 2017. 24 с.
3. *Бородина Т.Л.* Региональные особенности динамики населения России в постсоветский период. Известия российской академии наук. Серия географическая, 2017. № 1. С. 46–61.
4. *Воробьёв А.Н.* Геоинформационное картографирование динамики населения региона. Автореферат дисс. ... канд. геогр. н. Иркутск.: Институт географии имени В.Б. Сочавы СО РАН, 2019. 24 с.
5. *Гуныко М.С., Глезер О.Б.* Малые районные центры и окружающие территории в Центральной России в 1970–2010 гг.: динамика и распределение населения. Известия Российской академии наук. Серия географическая, 2015. № 1. С. 64–76.
6. *Добрякова В.А.* Изучение динамики людности поселений картографическими методами. Вестник Тюменского государственного университета, 2012. № 7. С. 6–10.
7. *Медведев А.А., Гуныко М.С., Глезер О.Б.* Геоинформационное картографирование размещения населения для анализа его пространственной динамики. Известия Высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъёмка, 2015. № 6. С. 57–61.
8. *Мкртчян Н.В., Карачурина Л.Б.* Региональные столицы и глубинка. Демоскоп Weekly, 2013. № 575–576. С. 1–20.
9. *Нефёдова Т.Г., Мкртчян Н.В.* Миграция сельского населения и динамика сельскохозяйственной занятости в регионах России. Вестник Московского государственного университета. Серия 5. География, 2018. № 5. С. 58–67.
10. *Панасюк М.В., Руденко А.В.* Анализ развития «Центр–Периферия» региона (на примере Республики Татарстан). Известия Российской академии наук. Серия географическая, 2008. № 1. С. 60–72.

11. Черкасов А.А., Чернова И.В., Соннев Н.В. Геоинформационно-картографическое моделирование расселения народов в России. Известия Российской академии наук. Серия географическая, 2019. Т. 25. № 1. С. 298–307.
12. Шелудков А.В., Орлов М.А. Топология сети населённых пунктов как фактор динамики сельского расселения (на примере Тюменской области). Известия Российской академии наук. Серия географическая, 2019. № 4. С. 46–62.
13. Dajun D., Yingzhi Z., Lynch C.A., Miller T., Malaika S. Childhood drowning in Georgia: A geographic information system analysis. *Applied Geography*, 2013. V. 37. P. 11–22. DOI: 10.1016/j.apgeog.2012.10.006.
14. Henke J.M., Petropoulos G.P. A GIS-based exploration of the relationships between human health, social deprivation and ecosystem services: The case of Wales, UK. *Applied Geography*, 2013. V. 45. P. 77–88. DOI: 10.1016/j.apgeog.2013.07.022.
15. Lampoltshammer T.J., Kounadi O., Sitko I., Hawelka B. Sensing the public's reaction to crime news using the («Links Correspondence Method»). *Applied Geography*, 2014. V. 52. P. 57–66. DOI: 10.1016/j.apgeog.2014.04.016.
16. Liu Y., Deng W., Song X. Influence factor analysis of migrants' settlement intention: Considering the characteristic of city. *Applied Geography*, 2018. V. 96. P. 130–140. DOI: 10.1016/j.apgeog.2018.05.014.

#### REFERENCES

1. Alekseev A.I., Sofronov S.G. The transformation of rural resettlement in Russia at the end of the 20<sup>th</sup> to the beginning of the 21<sup>st</sup> centuries. *Herald of Moscow University. Series 5. Geography*, 2015. No 2. P. 66–76 (in Russian).
2. Bashirov V.R. Improvement the of the resettlement system of the Russian population. PhD diss. thesis. Moscow: Moscow State University of Geodesy and Cartography, 2019. 24 p. (in Russian).
3. Borodina T.L. Regional features of the population dynamics in Russia throughout the post-Soviet period. *Regional Research of Russia. Geographical series*, 2017. No 1. P. 46–61 (in Russian).
4. Cherkasov A.A., Chernova I.V., Sopnev N.V. Geoinformation-cartographic modeling of the folks' resettlement in Russia. *Regional Research of Russia. Geographical series*, 2019. V. 55. No 1. P. 298–307 (in Russian).
5. Dajun D., Yingzhi Z., Lynch C.A., Miller T., Malaika S. Childhood drowning in Georgia: A geographic information system analysis. *Applied Geography*, 2013. V. 37. P. 11–22. DOI: 10.1016/j.apgeog.2012.10.006.
6. Dobryakova V.A. Exploration of the settlements' population dynamics by various cartographic methods. *Tyumen State University Herald*, 2012. No 7. P. 6–10 (in Russian).
7. Gun'ko M.S., Glezer O.B. Small district centers and their surroundings in Central Russia in 1970–2010: population dynamics and distribution. *Regional Research of Russia. Geographical series*, 2015. No 1. P. 64–76 (in Russian).
8. Henke J.M., Petropoulos G.P. A GIS-based exploration of the relationships between human health, social deprivation and ecosystem services: The case of Wales, UK. *Applied Geography*, 2013. V. 45. P. 77–88. DOI: 10.1016/j.apgeog.2013.07.022.
9. Lampoltshammer T.J., Kounadi O., Sitko I., Hawelka B. Sensing the public's reaction to crime news using the «Links Correspondence Method». *Applied Geography*, 2014. V. 52. P. 57–66. DOI: 10.1016/j.apgeog.2014.04.016.
10. Liu Y., Deng W., Song X. Influence factor analysis of migrants' settlement intention: Considering the characteristic of city. *Applied Geography*, 2018. V. 96. P. 130–140. DOI: 10.1016/j.apgeog.2018.05.014.
11. Medvedev A.A., Gun'ko M.S., Glezer O.B. Geoinformation mapping of population distribution for analysis of its spatial dynamics. *Proceedings of the Higher Educational*

Institutions. University News. Geodesy and Aerophotosurveying, 2015. No 6. P. 57–61 (in Russian).

12. *Mkrtchyan N.V., Karachurina L.B.* Regional centers and countryside. Demoscope Weekly, 2013. No 575–576. P. 1–20 (in Russian).

13. *Nefedova T.G., Mkrtchan N.V.* Migration of the rural population and the dynamics of agricultural employment in the regions of Russia. Herald of Moscow University. Series 5. Geography, 2018. No 5. P. 58–67 (in Russian).

14. *Panasyuk M.V., Rudenko A.V.* Analysis of the “Center – Periphery” development of the of the specific region (according to the example of the Republic of Tatarstan). Regional Research of Russia. Geographical series, 2008. No 1. P. 60–72 (in Russian).

15. *Sheludkov A.V., Orlov M.A.* Topology of the settlements’ network as a factor in the dynamics of rural resettlement (according to the example the Tyumen region). Regional Research of Russia. Geographical series, 2019. No 4. P. 46–62 (in Russian).

16. *Vorob’ev A.N.* Geoinformation mapping of regional population dynamics. PhD dissertation thesis. Irkutsk: Institute of Geography named after V.B. Sochava SB RAS, 2017. 24 p. (in Russian).

---