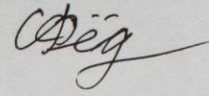


*На правах рукописи*



**ФЕДОРОВ Сергей Викторович**

**Разработка методики социально-экономического прогнозирования с последовательным применением непараметрических и параметрических методов статистики (на примере показателя рождаемости)**

Специальность 08.00.13 — Математические и инструментальные методы  
экономики

Автореферат  
диссертации на соискание учёной степени  
кандидата экономических наук

Москва, 2017г.

Работа выполнена на кафедре экономики государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования Московской области «Университет «Дубна».

<b>Научный руководитель:</b>	<b>Шокин Ян Вячеславович,</b> доктор экономических наук, доцент
<b>Официальные оппоненты:</b>	<b>Давнис Валерий Владимирович,</b> доктор экономических наук, профессор, Экономический факультет федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Воронежский государственный университет», кафедра информационных технологий и математических методов в экономике, заведующий кафедрой, профессор кафедры
	<b>Архангельский Владимир Николаевич,</b> Кандидат экономических наук, Экономический факультет федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», научно-исследовательская лаборатория экономики народонаселения и демографии, заведующий сектором теоретических проблем воспроизводства и политики населения
<b>Ведущая организация:</b>	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Центральный экономико-математический институт Российской академии наук

Защита состоится «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2018 г. в 14:00 на заседании диссертационного совета Д 002.073.06 при федеральном государственном учреждении «Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук» (ФИЦ ИУ РАН) по адресу: 117312, Москва, проспект 60-летия Октября, 9 (конференц-зал, 1-й этаж).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФИЦ ИУ РАН по адресу: Москва, ул. Вавилова, д. 40.

Электронные версии диссертации и автореферата размещены на официальном сайте ФИЦ ИУ РАН по адресу: <http://www.frccsc.ru>.

Отзывы и замечания по автореферату в двух экземплярах, заверенные печатью, просьба высылать по адресу: 117312, Москва, проспект 60-летия Октября, 9, ФИЦ ИУ РАН, диссертационный совет Д 002.073.06.

Автореферат разослан «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2017 г.

Телефон для справок: +7(499) 135-51-64

Ученый секретарь

диссертационного совета Д 002.073.06,

кандидат экономических наук

В.Н. Рысина

## I. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

### **Актуальность темы исследования.**

Успешное принятие управленческих решений на макроуровне, достижение планируемых результатов развития социально-экономических процессов и явлений в любой стране во многом обусловлено разработкой качественных прогнозных моделей, степень аппроксимации которых позволяет успешно использовать их в краткосрочной, а в случаях периодической корректировки прогнозных моделей в течение периода реализации — и в долгосрочной перспективе.

На сегодняшний день проблеме социально-экономического прогнозирования, в том числе прогнозирования уровня рождаемости в Российской Федерации, посвящён целый ряд исследований, в которых используются параметрические корреляционно-регрессионные методы построения прогнозных моделей и реже — непараметрические методы, такие как ядерная регрессия, сглаживание сплайнами, методы ближайших соседей, нейронные сети и др.

Использование только инструментария параметрических методов статистики для социально-экономического прогнозирования имеет значительные ограничения и относительно высокие ошибки прогноза, в первую очередь, ввиду необходимости перед построением модели задавать параметры модели, что зачастую является следствием субъективной оценки исследователем изучаемого процесса или явления, его гипотезой.

При использовании только непараметрических методов статистики следует сначала внимательно изучить достоинства и недостатки новых методов, определить границы их применимости, продолжить использовать сильные стороны традиционных параметрических методов там, где они оказываются эффективнее непараметрических, чтобы избежать получения серьёзных негативных последствий от применения новых, слабо изученных методов прогноза. Только при аккуратном подходе к применению разных методов можно достичь на практике тех результатов, которые показывает прогнозная модель.

Приближение прогнозных значений к тем, которые действительно можно получить на практике при соблюдении рекомендуемых в исследовании значений входных переменных (которыми может в действительности управлять тот, кто реализует план, основанный на таком прогнозе), в социально-экономическом прогнозировании особенно актуально в силу невозможности предварительных испытаний прогнозной модели до

реализации на практике прогноза человеческого капитала. И в любой стране мира государственное планирование любых макроэкономических процессов и явлений, задачи достижения тех или иных значений по каждому макроэкономическому показателю должны преследовать только одну цель — оптимизацию социально-экономических отношений общества для достижения максимально благоприятных для общества и экологии значений социальных показателей.

Если государство стремится увеличивать численность населения своей страны, повышая уровень рождаемости, то оно должно стремиться обеспечить такие социально-экономические условия в обществе, при которых граждане добровольно желали бы расширения своих семей. Стремиться создать необходимый психологический климат в обществе для увеличения рождаемости в стране, которая на протяжении 25 лет переживает системное сокращение численности населения.

Нельзя говорить о системном решении проблемы, используя только средства материального поощрения многодетных семей (в т.ч. материнский капитал), то есть внешние мотиваторы, не связанные с решаемой проблемой. Чтобы достичь поставленной цели, необходимо стимулировать внутренние мотиваторы людей (желание иметь полноценную семью, желание и возможности воспитывать детей, осознанное желание рожать детей ради достойного продолжения своего рода и т.д.), создавать условия для их стимулирования. Именно эту задачу должно решать прогнозирование рождаемости в РФ.

*Актуальность темы исследования*, таким образом, определяется необходимостью разработки такой методики социально-экономического прогнозирования, которая позволит найти модель, наиболее точно отражающую действительные процессы в обществе, их связь с развитием в стране отдельных отраслей экономики, минимизирует вероятность принять за истинные ложные мотиваторы населения страны или отдельного региона. Прогнозирование действительных социально-экономических процессов и явлений поможет обнаружить скрытые внутренние мотиваторы населения для реализации социально-экономической политики государства.

### **Степень разработанности темы исследования.**

Эконометрические методы прогнозирования разрабатывались и получили своё развитие в трудах таких зарубежных исследователей, как Л.Р. Клейн, М.П. Клементс, Т. Андерсон, Э. Берндт, Дж. Бокс, А.М. Гольдберг, К.У. Дж. Грэнджер, Г. Дженкинс, С. Йохансен,

М. Дж. Кендалл, Я.Р. Магнус, Д. Макфадден, К. Симс, А. Стьюарт, Я. Тинберген, Дж. Тобин, И. Фишер, Р. Фриш, Т.М. Ховельмо, Д. Хэкман, Д.Ф. Хендри, Й. Шумпетер, Р.Ф. Энгл и др.

Значительный вклад в разработку эконометрических методов прогнозирования внесли такие отечественные исследователи, как С.А. Айвазян, М.Ю. Афанасьев, Л.Н. Большев, П.К. Катышев, А.А. Пересецкий, В.А. Руденко, Т.В. Рябушкин, Н.В. Смирнов, А.А. Френкель, Ю.В. Яковец и др.

В разработку методов прогнозирования социально-экономических явлений и процессов, альтернативных эконометрическим, внесли большой вклад работы таких отечественных исследователей, как Ю.И. Алимов, Г.А. Гольц, В.М. Резников, В.Н. Тутубалин и др.

Методы прогнозирования социально-экономических процессов в их пространственном (региональном) контексте нашли развитие в трудах таких отечественных ученых, как В.Н. Лексин, А.И. Трейвиш, А.Н. Швецов, В.В. Чекмарёв и др.

Над развитием моделей искусственных нейронных сетей (ИНС) работали такие зарубежные исследователи, как У.С. Маккалок и У. Питтс, П.Д. Вербос, Ф. Розенблат, Д. Румельхарт, Д.О. Хебб и др.

Из отечественных учёных вопросами ИНС занимались М.М. Бонгард, А.И. Галушкин, А.П. Петров и др.

Основы методов адаптивного прогнозирования заложены в работах В.С. Пугачева, Я.З. Ципкина, Р.Е. Калмана, Р.С. Бьюси, П.Д. Джозефа, В.Г. Сарговича, Д.Н. Саридиса, К.М. Бишопа, В.Н. Фомина, А.Л. Фрадкова, В.А. Якубовича и других.

Основы адаптивного прогнозирования социально-экономических процессов и явлений были заложены в работах Р.Г. Брауна, Р.Ф. Майера, И.И. Перельмана, и значительно развиты в работах Н.С. Райбмана, В.М. Чадеева, В.П. Бородюка, Э.К. Лецкого, А.С. Корхина и других.

Развитию адаптивного прогнозирования экономических процессов, связанного с проблемой расширения сферы применения принципов адаптации при решении современных задач перспективного анализа процессов экономики переходного периода, посвящены работы В.В. Давниса, Ю.П. Лукашина, Е.М. Левицкого, В.И. Тиняковой и других.

Вопросам моделирования демографических процессов посвящены многие работы зарубежных и отечественных исследователей. Среди зарубежных учёных, внёсших существенный вклад в изучение этого вопроса,

можно выделить В. Лексиса, А.Д. Лотки, Т.Р. Мальтуса, Д.Л. Медоуза, П.К. Уэлптона, П.Ф. Ферхюльста, Д.Р. Форрестера и др.

Из отечественных учёных большой вклад в решение демографических проблем внесли В.А. Борисов, А.Я. Боярский, Д.И. Валентей, А.Г. Вишневский, В.Н. Архангельский, В.В. Елизаров, С.П. Капица, А.Я. Кваша, А.В. Коротаев, Д.И. Менделеев, Н.В. Мкртчян, А.И. Орлов, А.В. Подлазов, М.В. Птуха, С.Г. Струмилин, С.А. Тимофеев, Д.М. Эдиев и др.

Таким образом, отечественные и зарубежные исследователи внесли значительный вклад в прогнозирование социально-экономических процессов и явлений. И, тем не менее, в данной области пока не существует комплексной методики, объединяющей положительные стороны каждого из разработанных методов прогнозирования с целью максимизации точности прогноза.

**Цель и задачи исследования.** Целью исследования является разработка и апробация на примере прогнозирования показателя рождаемости в РФ методики, сочетающей последовательное использование параметрических и непараметрических методов социально-экономического прогнозирования, а также совместное использование ряда критериев оценки качества прогнозных моделей для их всестороннего анализа, в том числе новых критериев, позволяющих оценить качество построенной модели с новой, редко исследованной ранее стороны.

Достижение поставленной цели обуславливает необходимость решения ряда задач:

В теоретическом аспекте:

1. Осуществить сравнительный анализ существующих на сегодняшний день научных разработок в области прогнозирования социально-экономических процессов и явлений.

2. Выявить существенные достоинства и недостатки анализируемых методов прогнозирования социально-экономических явлений и критериев оценки построенных моделей.

В методическом аспекте:

3. На основе выявленных достоинств и недостатков каждого метода прогнозирования социально-экономических явлений определить границы их использования при решении задачи социально-экономического прогнозирования, а также дать практические рекомендации по их использованию.

4. На основе анализа основных достоинств и недостатков существующих критериев оценки прогнозных моделей разработать модифицированный критерий относительных ошибок с более жёсткими требованиями к качеству модели, определить границы его применения.

5. На основе выявленных достоинств и недостатков рассмотренных критериев оценки прогнозных моделей (в том числе модифицированного критерия относительных ошибок) отобрать те из них, которые позволяют всесторонне оценить качество построенной модели, преодолев основные недостатки каждого отдельного критерия.

В прикладном аспекте:

6. Из ряда макроэкономических факторов, теоретически способных оказывать влияние на показатель рождаемости, математическими методами отобрать наиболее существенные и построить для них искусственную нейронную сеть (далее — ИНС) как непараметрический метод анализа, дающую наиболее высокое качество аппроксимации показателя рождаемости.

7. По отобранным при решении предыдущей задачи факторам построить функцию регрессии (как параметрический метод анализа), наиболее близко приближающую каждое прогнозное значение модели к соответствующим прогнозным значениям отобранной ИНС.

8. Дать практические рекомендации по изменению значений для каждого отобранного социально-экономического показателя отдельно по каждому федеральному округу РФ с целью создания наиболее благоприятных социально-экономических условий для стимулирования воспроизводственного процесса в РФ (в рамках прогнозной модели).

**Объектом исследования** является прогнозирование социально-экономических процессов и явлений.

**Предметом исследования** выступают параметрические и непараметрические методы прогнозирования социально-экономических процессов и явлений, а также различные критерии оценки построенных моделей (в том числе модифицированный критерий относительных ошибок), объединённые для всесторонней оценки качества построенной модели.

**Область исследования.** Работа выполнена в соответствии со следующими пунктами паспорта специальности 08.00.13 — «Математические и инструментальные методы экономики»:

**1. Математические методы.**

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.

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.

## **2. Инструментальные средства.**

2.8. Развитие методов и средств аккумуляции знаний о развитии экономической системы и использование искусственного интеллекта при выработке управленческих решений.

**Теоретическая и методологическая основа исследования.** Для прогнозирования социально-экономических процессов на начальных этапах диссертационной работы применялись методы построения ИНС, а затем методы построения функций регрессии различного вида, методы факторного анализа, алгоритм Гаусса-Ньютона, алгоритм Левенберга-Марквардта. В ходе анализа использовались теоретические и методологические положения экономического анализа, теории планирования и прогнозирования социально-экономических показателей, методологические положения статистической науки и, в частности, теории вероятностей и математической статистики, методологическая база эконометрической науки, современные достижения в области проектирования ИНС. В процессе исследования использовались программные средства *Excel 2007*, *Statistica 6.0* и *Statistica 10* с нейросетевыми надстройками *Statistica Neural Networks*.

**Информационная база исследования.** В работе были использованы официальные данные Федеральной службы государственной статистики России (Росстата), материалы периодической печати, связанные с темой диссертации, базы данных *POPLINE* по демографическим исследованиям в мире.

**Научная новизна исследования** заключается в разработке методики социально-экономического прогнозирования, сочетающей последовательное использование параметрических и непараметрических методов, а также совместное использование ряда критериев оценки качества прогнозных моделей для их всестороннего анализа, и применимой для построения прогнозной модели показателя рождаемости в РФ.

Наиболее существенные результаты, полученные автором работы, состоят в следующем:

1. Определены границы использования проанализированных методов социально-экономического прогнозирования, даны практические рекомендации по использованию каждого метода.

2. Разработан и обоснован в применении модифицированный критерий относительных ошибок.

3. Отобран и обоснован в применении ряд критериев оценки построенных моделей (в том числе модифицированный критерий относительных ошибок), который позволяет всесторонне оценить качество построенной модели, преодолев основные недостатки каждого отдельного критерия.

4. Предложен и апробирован подход совместного последовательного применения непараметрических и параметрических методов прогнозирования социально-экономических процессов для преодоления принципиальных недостатков при отдельном использовании каждого из них.

5. Отобраны математическими методами 5 наиболее сильно влияющих на показатель рождаемости в РФ макроэкономических и социальных факторов (в том числе агрегированных), построена для них ИНС (как непараметрический метод анализа), лучшим образом аппроксимирующая показатель рождаемости, оценена степень её аппроксимации.

6. Построена функция регрессии (как параметрический метод анализа) по тем же факторам, по которым получена лучшая нейронная сеть, оценена степень её аппроксимации.

7. Определено, что на общий коэффициент рождаемости в расчёте на 1000 человек населения оказывают существенное влияние следующие показатели:

- *годовое потребление хлебных продуктов на душу населения;*
- *доля крупного рогатого скота в общем поголовье в хозяйствах населения;*
- *показатели, связанные с оказанием медицинской помощи населению;*
- *показатели, характеризующие удовлетворение социальных потребностей населения;*
- *число преступлений, совершённых несовершеннолетними и при их соучастии.*

**Теоретическая значимость исследования** заключается в разработке методического подхода к построению прогнозных моделей социально-

экономических процессов и явлений. В частности, в работе предложены:

- модифицированный, обобщённый для всей выборки критерий относительных ошибок с обоснованием для данного исследования абсолютного значения границы максимальной ошибки прогноза;
- последовательность применения используемых в социально-экономическом прогнозировании методов построения прогнозных моделей и оценок их качества для обхода основных недостатков отдельных методов и оценок качества построенных связей;
- полученная наилучшая связь общего коэффициента рождаемости (число родившихся на 1000 человек населения) с 26 социально-экономическими показателями в РФ, сгруппированными в 5 агрегированных факторов.

Предложенный подход применен для разработки комбинированной методики прогнозирования социально-экономических процессов, сочетающей в себе последовательное использование непараметрических и параметрических методов прогнозирования.

### **Практическая значимость исследования**

Полученные автором результаты теоретического и эмпирического анализа влияния макроэкономических факторов на демографические показатели по федеральным округам Российской Федерации непосредственно ориентированы на решение конкретной задачи по поиску и реализации практических реальных решений проблемы низкого уровня рождаемости в РФ за достаточно длительный период существования современной России.

Результаты исследования могут быть использованы при формировании государственной демографической политики РФ. В частности, в исследовании выработаны рекомендации по изменению значений 26 отобранных социально-экономических показателей отдельно по каждому федеральному округу РФ для создания наиболее благоприятных социально-экономических условий, стимулирующих воспроизводственный процесс в РФ (в рамках прогнозной модели).

Результаты исследования можно также использовать при разработке нормативно-правовых документов по формированию политики социально-экономического развития по отдельным регионам РФ.

**Апробация и внедрение результатов исследования.** Основные положения и результаты диссертационного исследования докладывались и обсуждались на международной научно-практической конференции «Наука и

образование в жизни современного общества» (Министерство образования и науки РФ, г. Тамбов, 29.10.2012г.), международной научной заочной конференции «Актуальные вопросы современной экономической науки» (г. Липецк, 20.02.2010г.), I и II межвузовской студенческой научно-технической школе «Кадры будущего» (ОЭЗ) (г. Дубна, 07.07.2009г. и 04.07.2010г.).

**Публикации по теме диссертации.** По теме диссертации автором опубликовано 7 работ, включая 5 работ в научных журналах и изданиях, которые включены в перечень российских рецензируемых научных журналов и изданий для опубликования основных научных результатов диссертаций. Объём принадлежащих соискателю опубликованных результатов по теме диссертации составляет ~2,02 п.л.

**Структура и объем работы.** Защищаемая диссертация состоит из введения, трёх глав, заключения, библиографического списка, включающего 216 наименований и перечень опубликованных работ, и одного приложения. Содержание работы изложено на 208 страницах машинописного текста, включая 61 формулу, 74 рисунка и 44 таблицы.

Работа имеет следующую структуру:

## ВВЕДЕНИЕ

## ГЛАВА 1. Теоретические аспекты методов прогнозирования социально-экономических процессов и явлений

- 1.1. Обзор наиболее значимых работ по прогнозированию социально-экономических процессов и явлений.*
- 1.2. Основные математические требования к выбору объекта, инструментария и объёма выборки для корректного прогноза социально-экономических процессов и явлений.*
- 1.3. Описание метода наименьших квадратов при исследовании связей между различными показателями.*
- 1.4. Описание метода нейросетевого анализа при исследовании связей между различными показателями.*
- 1.5. Описание основных оценочных показателей силы связи в регрессионном анализе.*
- 1.6. Описание методики устранения явления автокорреляции и гетероскедастичности остатков.*
- 1.7. Анализ оценки силы влияния на результат коэффициентов полученных функций регрессии.*
- 1.8. Анализ явления мультиколлинеарности.*

## ГЛАВА 2. Построение комбинированной методики анализа взаимосвязей социально-экономических явлений

- 2.1. Анализ сильных и слабых сторон методов ИНС и МНК в регрессионном анализе.*
- 2.2. Описание последовательности использования методов ИНС и МНК в регрессионном анализе для задач прогнозирования.*
- 2.3. Анализ сильных и слабых сторон основных оценочных показателей в регрессионном анализе и их отбор для построения комбинированной методики прогнозирования социально-экономических явлений.*
- 2.4. Вывод границ и максимального количества единиц относительных ошибок внутри граничного интервала в модифицированном обобщённом критерии.*
- 2.5. Разработка модифицированного обобщённого для всей выборки критерия относительных ошибок.*
- 2.6. Основные этапы комбинированной методики прогнозирования социально-экономических явлений.*

## ГЛАВА 3. Анализ влияния макроэкономических факторов на рождаемость по федеральным округам РФ

- 3.1. Этап 1: отбор переменных для дальнейшего исследования.*
- 3.2. Этап 2: отбор показателей с помощью анализа данных на явление линейной мультиколлинеарности.*
- 3.3. Этап 3: отбор значимых показателей методами нейросетевого понижения размерности.*
- 3.4. Этап 4: отбор значимых показателей методом глобального анализа чувствительности входных переменных к построенной сети.*
- 3.5. Этап 5: дальнейший отбор значимых показателей методами нейросетевого понижения размерности и анализа чувствительности до прекращения улучшения качества модели.*
- 3.6. Этап 6: проведение понижения размерности методами анализа главных компонент.*
- 3.7. Этап 7: дальнейший отбор значимых показателей методами нейросетевого понижения размерности и анализа чувствительности.*
- 3.8. Этап 8: отбор лучших нейронных сетей по разным критериям с 4-мя входными переменными.*
- 3.9. Этап 9: отбор лучшей нейронной сети по всем критериям с 5-тью входными переменными.*
- 3.10. Этап 10: анализ отобранных факторов на явление нелинейной мультиколлинеарности.*

3.11. *Этап 11: построение нелинейной функции регрессии для отобранных факторов.*

3.12. *Этап 12: прогнозирование рождаемости по функции регрессии по данным 2011 и 2012 годов и выделение направлений изменения входных переменных.*

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

ПЕРЕЧЕНЬ ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ АВТОРА

ПРИЛОЖЕНИЕ № 1. Акт о внедрении результатов исследования и их апробации

## II. ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во **введении** обоснована актуальность темы диссертационной работы, определены объект и предмет, цель и задачи исследования, отражена теоретическая и методологическая базы и методы исследования, сформулированы положения, выносимые на защиту, теоретическая и практическая значимость исследования, а также приведены данные по апробации полученных результатов диссертационной работы и публикациях автора по теме исследования.

В **первой главе** (*Теоретические аспекты методов прогнозирования социально-экономических процессов и явлений*) проведён обзор существующих в экономической науке исследований по заявленной в работе проблематике. Описана структура знаний предметной области, послужившая фундаментальным теоретическим базисом проведённого исследования. Приведены основные математические требования к выбору объекта, инструментария и объёма выборки для корректного прогноза социально-экономических процессов.

Во **второй главе** (*Построение комбинированной методики анализа взаимосвязей социально-экономических явлений*) показаны сильные и слабые стороны различных вариантов метода наименьших квадратов (МНК) и моделирования на основе искусственных нейронных сетей (ИНС), приводится алгоритм последовательного использования этих методов регрессионного анализа для устранения их слабых сторон.

Здесь также показаны сильные и слабые стороны основных существующих оценочных показателей, обоснован отбор для дальнейшего анализа некоторых из них.

С помощью этих показателей можно обойти следующие слабые стороны описанных критериев:

1. *Коэффициент корреляции* характеризует только линейную связь, показывая тесноту связи в среднем по выборке.

2. *Коэффициент детерминации (простой и скорректированный на число степеней свободы)* рассматривает абсолютные отклонения фактических значений исследуемого показателя от их прогнозного уровня в среднем по выборке, игнорируя возможные существенные отклонения по некоторым значениям при несущественности отклонений в среднем по выборке.

3. Из вышесказанного возникает потребность в *коэффициенте детерминации, основанном на средней квадратичной относительной ошибке*, но при этом коэффициент сохраняет слабость предыдущего (игнорируются возможные существенные отклонения по некоторым значениям при несущественности отклонений в среднем по выборке):

$$R_{\text{отн.}}^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n \frac{(y_i - \hat{y}_i)^2}{y_i}}{\sum_{i=1}^n \frac{(y_i - \bar{y})^2}{y_i}}. \quad (1)$$

Аналогично вводится *относительный коэффициент детерминации, скорректированный на потерю степеней свободы* ( $\hat{R}_{\text{скорр.}}^2(\text{отн.})$ ). Однако для больших значений  $y_i$  появляется возможность большего отклонения от его теоретических значений, чем при стандартном коэффициенте детерминации.

4. *Среднее квадратичное (стандартное) отклонение (простое и несмещённое)* занижает суммарную среднюю ошибку.

Зачастую недостаточно использовать в качестве оценки среднюю ошибку прогноза, т.к. могут быть большими отклонения в отдельных точках исследования, что в социально-экономическом прогнозировании ведёт к существенному риску получить неверный результат прогнозируемого явления.

5. *Критерий относительных ошибок прогноза* преодолевает основной недостаток всех предыдущих критериев и рассчитывается отдельно для каждой отдельной единицы наблюдения, однако, по этой причине напрямую его использование затруднительно для сравнения разных моделей (при использовании в исследованиях репрезентативных выборок необходимо вводить обобщающие правила для сравнения  $n$  различных значений отклонений по каждой модели и отбора таким образом лучшей прогнозной модели):

$$\varepsilon_i = \frac{y_i - \hat{y}_i}{y_i} \cdot 100\% . \quad (2)$$

Предлагается на основе указанного критерия и требования Гаусса-Маркова о нормальном законе распределения ошибок прогноза ввести модифицированный обобщённый критерий, выделив помимо допустимого интервала относительных ошибок субинтервалы внутри него таким образом, чтобы можно было данный критерий использовать для сравнения различных моделей:

Таблица 1.

**Интервалы для модифицированного критерия относительных ошибок**

Интервалы	$(-\sigma, +\sigma)$	$[+\sigma, +2\sigma)$	$[-\sigma, -2\sigma)$	$[+2\sigma, +3\sigma)$	$[-2\sigma, -3\sigma)$	$[+3\sigma, +\infty)$	$[-3\sigma, -\infty)$
	$(-5\%; +5\%)$	$[+5\%; +10\%)$	$[-5\%; -10\%)$	$[+10\%; +15\%)$	$[-10\%; -15\%)$	$[+15\%; +\infty\%)$	$[-15\%; -\infty\%)$
Доля выборки, %	68,26%	13,59%	13,59%	2,15%	2,15%	0,13%	0,13%
$K_i^{max} (n = 147)$	100,34	19,98	19,98	3,16	3,16	0,19	0,19
$[K_i^{max}] (n = 147)$	101	19	19	3	3	0	0

Чтобы получить модифицированный критерий относительных ошибок, необходимо для каждого интервала ввести понижающие коэффициенты: для усиления разницы в качестве ошибок, попадающих в разные интервалы, используется понижающий коэффициент  $\alpha_i$ , а для учёта разницы у одинаковых в абсолютном выражении, но с разными знаками интервалов используется понижающий коэффициент  $\beta_i$ :

Таблица 2.

**Интервалы ошибок для модифицированного критерия относительных ошибок с вычисленными значениями  $\alpha_i$  и  $\beta_i$**

Интервалы	$-5\%-+5\%$	$+5\%-+10\%$	$-5\%--10\%$	$+10\%-+15\%$	$-10\%--15\%$	$+15\%-+\infty\%$	$-15\%--\infty\%$
$K_i$	$K_1$	$K_2$	$K_3$	$K_4$	$K_5$	$K_6$	$K_7$
$\alpha_i$	0	0,0815	0,0815	0,139685	0,139685	1	1
$\beta_i$	1	0,63	1	0,7937	1	1	1
$\beta_i \cdot \alpha_i$	0	0,0513	0,0815	0,110868	0,139685	1	1

Таким образом, формула модифицированного критерия относительных ошибок следующая (G):

$$G = 1 - \frac{\sum_{i=1}^7 (K_i \cdot \alpha_i \cdot \beta_i)}{n}. \quad (3)$$

Тогда модифицированный обобщённый для всей выборки критерий относительных ошибок примет следующий вид:

$$G^{\text{обобщ.}} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^7 \left( \sum_{j=1}^m |\varepsilon_{ij}| \cdot \alpha_i \cdot \beta_i \right)}{n}, \text{ где:} \quad (4)$$

$j$  — коэффициент, отражающий конкретное значение ошибки  $\varepsilon_i$ , попавшей в интервал  $i$ ;

$m$  — количество ошибок  $\varepsilon_i$ , попавших в интервал  $i$ .

При этом  $\alpha_i = 0,01$ .

В конце главы приводится пошаговая комбинированная методика проведения анализа взаимосвязей различных социально-экономических явлений.

В третьей главе (*Анализ влияния макроэкономических факторов на рождаемость по федеральным округам РФ*) проведён поэтапный анализ влияния макроэкономических факторов на рождаемость по федеральным округам РФ.

На первом этапе были отобраны по 7 федеральным округам РФ за 1990–2010 гг. 350 макроэкономических и демографических факторов, способных влиять на рождаемость в РФ.

На втором этапе был проведён дополнительный корреляционный анализ входных переменных на явление мультиколлинеарности и линейные связи с показателем рождаемости. В результате был отброшен 1 показатель — *удельный вес сельского населения в общей численности населения*.

На третьем этапе с помощью 3-х алгоритмов понижения размерности были построены 18 различных наборов из оставшихся 349 переменных, которые далее были проанализированы между собой по оценочным критериям и в итоге отобраны для дальнейшего анализа понижения размерности две сети.

На четвёртом этапе выявленные 2 набора переменных по своим нейронным сетям ранжировались на основании анализа чувствительности. В итоге этого анализа были построены новые нейронные сети для новых наборов данных, в результате чего были отобраны 2 новые сети, полученные от начальной 5-й сети.

На пятом этапе в результате дальнейших трёхкратных повторов 3-го и 4-го этапов был выявлен лучший набор факторов:

Таблица 3.

## Оценки лучшей нейронной сети на 5-м этапе

Оценки	5.1.11	5.1.11.1	5.1.11.2	5.1.11.3	5.1.11.4	5.1.11.5	5.1.11.6	5.1.11.7	5.1.11.8	5.1.11.9	5.1.11.10	5.1.11.11	5.1.11.12	5.1.11.13	5.1.11.14	5.1.11.15	5.1.11.16	5.1.11.17	5.1.11.18	Best result	Best №
R <sup>2</sup>	0,997412	0,993719	0,993454	0,99257	0,996608	0,994477	0,996114	0,996157	0,994518	0,995571	0,99698	0,992726	0,995325	0,994097	0,993092	0,99577	0,992752	0,993874	0,987148	0,997412	5.1.11
Adjusted R <sup>2</sup>	0,993252	0,985892	0,984332	0,980968	0,991462	0,986994	0,989869	0,990051	0,988054	0,990051	0,99265	0,983662	0,989335	0,98674	0,984946	0,994722	0,990955	0,98665	0,971132	0,994722	5.1.11.15
R	0,998705	0,996855	0,996721	0,996278	0,998303	0,997235	0,998055	0,998077	0,997255	0,997783	0,998489	0,996356	0,99766	0,997044	0,99654	0,997883	0,996369	0,996932	0,993553	0,998705	5.1.11
Cv. number	0,216545	0,337322	0,344376	0,366894	0,247881	0,316315	0,265317	0,263843	0,315139	0,283268	0,233916	0,363005	0,291016	0,327029	0,35377	0,276807	0,362373	0,333147	0,482526	0,216545	5.1.11
Adjusted cv. number	0,350843	0,507279	0,534597	0,589198	0,394628	0,48706	0,429862	0,406263	0,466793	0,42599	0,366137	0,545902	0,441048	0,491799	0,524013	0,310272	0,406182	0,493465	0,725643	0,310272	5.1.11.15
k	86	81	85	85	84	83	86	83	79	81	86	81	82	81	79	29	29	79	81	29	5.1.11.15
R <sup>2</sup> (total)	0,995641	0,993555	0,989473	0,993167	0,994678	0,989404	0,992212	0,993334	0,991733	0,991824	0,995179	0,992091	0,992029	0,990428	0,990501	0,993573	0,990054	0,992818	0,978107	0,995641	5.1.11
Adj. R <sup>2</sup> (total)	0,988637	0,985524	0,974805	0,982498	0,986604	0,975049	0,979695	0,984302	0,981985	0,981635	0,98827	0,982236	0,981817	0,9785	0,979301	0,99198	0,987589	0,984349	0,950826	0,99198	5.1.11.15
R(overall)	0,997818	0,996772	0,994723	0,996578	0,997336	0,994688	0,996098	0,996661	0,995858	0,995904	0,997587	0,996038	0,996007	0,995203	0,995239	0,996781	0,995015	0,996402	0,988993	0,997818	5.1.11
G(x)	0,995967	0,993253	0,986758	0,992187	0,991179	0,985634	0,98765	0,988911	0,988155	0,989667	0,995211	0,988911	0,990733	0,987902	0,987146	0,992245	0,98513	0,991179	0,96377	0,995967	5.1.11
G(x <sub>0</sub> )	0,998655	0,997748	0,996173	0,997917	0,997971	0,996408	0,996961	0,997529	0,997071	0,997361	0,998503	0,997194	0,997297	0,996806	0,996725	0,997733	0,99638	0,997619	0,982971	0,998655	5.1.11
Qu. no G(x)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
F-статистика	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1		
DW, 0,001	2	2	0	2	+	0	0	0	0	0	2	+	+	+	0	2	0	+	+		

На шестом этапе с оставшимися 86 факторами проводился сначала нелинейный анализ главных компонент с помощью построения автоассоциативных сетей, который результатов не дал. Затем с помощью линейного анализа главных компонент (стохастический факторный анализ) было выделено 7 факторов:

Таблица 4.

## Группировка переменных в 7 факторов

	b (F1)	b (F2)	b (F3)	b (F4)	b (F5)	b (F6)	b (F7)
Intercept	-0,717336	Intercept -1,363610	Intercept 2,729203	Intercept 5,784738	Intercept -7,83025	Intercept -0,747502	Intercept -2,50534
X1	-0,045919	X1 0,001900	X1 -0,007212	X25 -0,009007	X99 0,02341	X149 0,002691	X10 -0,00003
X71	0,000001	X71 0,005150	X71 -0,028257	X28 -0,004929	X338 0,06796	X158 0,000666	X40 0,01818
X72	0,000010	X72 0,002000	X72 0,007897	X30 -0,021516			X139 0,02343
X73	0,000031	X73 0,000300	X73 -0,009974	X33 -0,012024			X253 -0,00021
X74	-0,013703	X74 0,000001	X74 -0,001529	X37 0,000702			X256 -0,00241
X81	-0,086325	X81 0,000010	X81 -0,002223	X142 0,017004			X275 -0,00004
X83	-0,160906	X83 0,001700	X83 0,025686				X343 0,00706
X92	0,012031	X92 0,000040	X92 -0,076986				
X114	0,002044	X114 0,000120	X114 -0,000050				
X115	0,002147		X115 -0,000092				
X116	-0,001594		X116 -0,000096				
X117	-0,003342		X117 -0,000201				
X210	0,000963		X142 0,007414				
X211	0,002326		X210 -0,060317				
X227	-0,011993		X211 -0,006664				
X229	0,003419						
X230	-0,003824						

В результате факторного анализа с учётом 7-ми построенных факторов выборка сократилась до 35 показателей.

На седьмом этапе с помощью алгоритмов понижения размерности 3-го и 4-го этапов было отобрано 22 фактора.

На восьмом этапе из 22 отобранных факторов было построено 7 315 переборок по 4 фактора в каждом. В итоге на данном этапе были отобраны следующие нейронные сети:

Таблица 5.

## Лучшие 4 четырёхфакторные нейронные сети

Оценки	9	11	33	86	Best result	Best №
$R^2$	0,99202	0,99365	0,99008	0,99267	<b>0,993653</b>	<b>11</b>
Adjusted $R^2$	0,99179	0,99347	0,9898	0,99246	<b>0,993474</b>	<b>11</b>
R	0,996	0,99682	0,99503	0,99633	<b>0,996821</b>	<b>11</b>
Ст. ошибка	0,38032	0,33909	0,42385	0,36441	<b>0,339093</b>	<b>11</b>
Adjusted ст. Ошибка	0,38695	0,34501	0,43125	0,37077	<b>0,345011</b>	<b>11</b>
k	4	4	4	4		
$R^2(\text{мой})$	0,98897	0,98667	0,98644	0,98739	<b>0,988975</b>	<b>9</b>
Adj. $R^2(\text{мой})$	0,98866	0,9863	0,98606	0,98704	<b>0,988664</b>	<b>9</b>
$R(\text{мой})$	0,99447	0,99331	0,9932	0,99368	<b>0,994472</b>	<b>9</b>
$G(K_i)$	0,98311	0,98135	0,98513	0,98051	<b>0,98513</b>	<b>33</b>
$G(\epsilon_{ij})$	0,99601	0,99531	0,99595	0,99197	<b>0,996008</b>	<b>9</b>
Оц. по $G(K_i)$	+	+	+	+		
F-статистика	H1	H1	H1	H1		
DW, 0,001	0	0	+?	2		

На девятом этапе были построены 5-ти факторные нейронные сети со всеми возможными сочетаниями переменных, включённых в 4 четырёхфакторные сети, и отобрана лучшая сеть:

Таблица 6.

## Оценки лучшей пятифакторной нейронной сети

Оценки	Best result 2	Best result 1			Best №2	Best №1	Best result	Best №
$R^2$	0,99335	0,9952			289	62	0,9952	62
Adjusted $R^2$	0,99311	0,99503			289	62	0,99503	62
R	0,99667	0,9976			289	62	0,9976	62
Ст. ошибка	0,3472	0,29501			289	62	0,29501	62
Adjusted ст. ошибка	0,35451	0,30122			289	62	0,30122	62
$R^2(\text{мой})$	0,98758	0,98943			289	62	0,98943	62
Adj. $R^2(\text{мой})$	0,98714	0,98906			289	62	0,98906	62
$R(\text{мой})$	0,99377	0,9947			289	62	0,9947	62
$G(K_i)$	0,98513	0,98513			273	62	0,98513	62
$G(\epsilon_{ij})$	0,99549	0,99633			289	62	0,99633	62

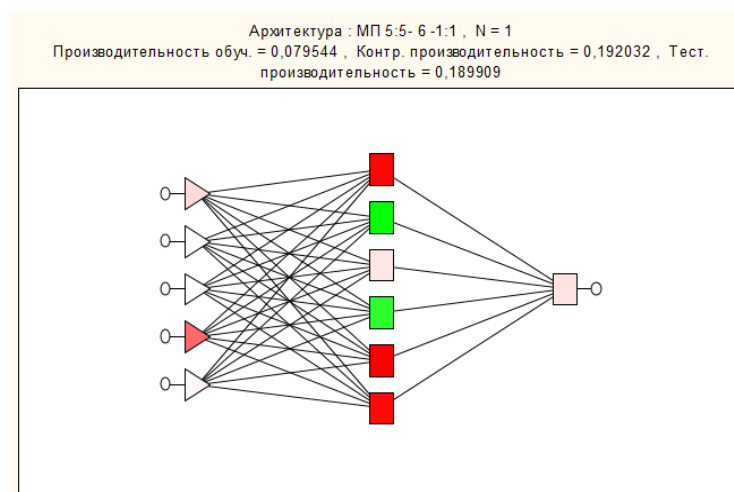


Рис. 1. Архитектура лучшей пятифакторной нейронной сети.

## Анализ чувствительности лучшей нейросети

Sensitivity analysis (!Spreadsheet (Var23) for 0,7 - 1-1-13) Samples: Train, Test, Validation					
	Factor 4	Factor 1	X15	X341	X101
<b>62.MLP 5-6-1</b>	155,4878	66,72267	198,9378	279,5235	9,3375

На десятом этапе анализ отобранных пяти факторов не выявил между ними мультиколлинеарности никакого вида.

На одиннадцатом этапе была выявлена наиболее близкая лучшей нейронной сети функция регрессии:

$$\begin{aligned}
 Y = & -82021,2 - 1087,055 \cdot x_{341} + 14,77 \cdot x_{341}^2 - 0,14 \cdot x_{341}^3 + 1,1047E-05 \cdot x_{341}^5 - \\
 & - 9,23275E-10 \cdot x_{341}^7 + 4,4622E-16 \cdot x_{341}^{10} + 37833,34 \cdot x_{341}^{1/4} + \frac{56248,84}{x_{341}^{1/3}} - \\
 & - \frac{38266592,562}{x_{341}^6} + 0,01383 \cdot x_{15} - 5,43343E-08 \cdot x_{15}^2 - 3,884 \cdot x_{15}^{1/2} - \frac{575934,836}{x_{15}} - \\
 & - 0,0027 \cdot x_{101} - 1,22099E-09 \cdot x_{101}^5 - \frac{92759731,08183}{x_{101}^3} - 0,76177 \cdot F_4 + 0,7294 \cdot F_4^2 - \\
 & - 2,8283E-07 \cdot F_4^{10} + \frac{0,00076}{F_4} + 1,015 \cdot F_1 + 0,9 \cdot F_1^2 - 0,879 \cdot F_1^3 + 1,27 \cdot F_1^4 - \\
 & - 1,443 \cdot F_1^6 + 0,6734 \cdot F_1^8 - 0,0987 \cdot F_1^{10} - \frac{0,47546}{(F_1^2)^{1/12}};
 \end{aligned}$$

$X_{341}$  — доля крупного рогатого скота в общем поголовье в хозяйствах населения (% от поголовья скота в хозяйствах всех категорий);

$X_{15}$  — число преступлений, совершённых несовершеннолетними и при их соучастии (единиц);

$X_{101}$  — потребление хлебных продуктов на душу населения в год (кг);

*показатели, связанные с оказанием медицинской помощи населению ( $F_4$ ):*

$X_{25}$  — число больничных коек на 10 тысяч человек населения (койко-дней);

$X_{28}$  — мощность врачебных амбулаторно-поликлинических учреждений на 10 тысяч человек населения (посещений в смену);

$X_{30}$  — численность врачей на 10 тысяч человек населения;

$X_{33}$  — численность среднего медицинского персонала на 10 тысяч человек населения;

$X_{37}$  — заболеваемость на тысячу человек населения (зарегистрировано больных с установленным 1-й раз в жизни диагнозом);

$X_{142}$  — коэффициенты младенческой смертности (число детей, умерших в возрасте до 1 года, на тысячу родившихся живыми);

*показатели, характеризующие удовлетворение социальных потребностей населения ( $F_1$ ):*

$X_1$  — общая площадь жилых помещений, приходящаяся в среднем на одного жителя ( $m^2$ );

$X_{71}$  — среднедушевые денежные доходы населения в месяц ((до 1998 года — тысяч) рублей);

$X_{72}$  — среднемесячная номинальная начисленная заработная плата работников организаций ((до 1998 года — тысяч) рублей);

$X_{73}$  — средний размер назначенных месячных пенсий ((до 1998 года — тысяч) рублей);

$X_{74}$  — доход от предпринимательской деятельности (% от общего объёма денежных доходов);

$X_{81}$  — стипендии в структуре социальных трансфертов (выплат) (% от общего объёма социальных выплат);

$X_{83}$  — прочие социальные выплаты в структуре социальных трансфертов (выплат) (% от общего объёма социальных выплат);

$X_{92}$  — оплата услуг в структуре потребительских расходов домашних хозяйств (% от общего объёма расходов домохозяйств);

$X_{114}$  — доля фонда частной формы собственности в структуре жилищного фонда (% ко всему жилищному фонду);

$X_{115}$  — доля фонда частной формы собственности, находящегося в собственности граждан, в структуре жилищного фонда (% ко всему жилищному фонду);

$X_{116}$  — доля фонда государственной формы собственности в структуре жилищного фонда (% ко всему жилищному фонду);

$X_{117}$  — доля фонда муниципальной формы собственности в структуре жилищного фонда (% ко всему жилищному фонду);

$X_{210}$  — наличие квартирных телефонных аппаратов сети общего пользования на 1000 человек городского населения (шт.);

$X_{211}$  — наличие квартирных телефонных аппаратов сети общего пользования на 1000 человек сельского населения (шт.);

$X_{227}$  — объём работ, выполненных по договорам строительного подряда, ГОСУДАРСТВЕННОЙ формы собственности (% ко всему объёму работ);

$X_{229}$  — объём работ, выполненных по договорам строительного подряда, ЧАСТНОЙ формы собственности (% ко всему объёму работ);

$X_{230}$  — объём работ, выполненных по договорам строительного подряда, **СМЕШАННОЙ РОССИЙСКОЙ** формы собственности (% ко всему объёму работ).

На двенадцатом этапе на основе данных за 2011–2012 годы по построенной на предыдущем этапе функции регрессии были получены перспективные прогнозные значения показателя рождаемости, которые с необходимой точностью моделируют фактические данные за тот же временной интервал:

Таблица 8.

**Оценки качества прогнозных значений коэффициента рождаемости на 2011–2012 г.г.**

Годы	Фед. округа	$Y_i$	$\hat{Y}_i$	$\epsilon_i$	$ \epsilon_i $	-5% - +5%	+5% - +10%	-5% - +10%	+10% - +15%	-10% - -15%	+15% - +∞%	-15% - -∞%	Оценки	
2010	С.-З.	11,40	11,42	-0,18%	0,18%	1	0	0	0	0	0	0	0,998241	$R^2$
	Ю. и С.-К.	29,00	27,05	6,73%	6,73%	0	1	0	0	0	0	0	0,998178	Adjusted $R^2$
	П.	12,40	12,84	-3,53%	3,53%	1	0	0	0	0	0	0	0,99912	R
	У.	14,10	13,70	2,84%	2,84%	1	0	0	0	0	0	0	0,196617	Ст. ошибка
	С.	14,10	13,76	2,40%	2,40%	1	0	0	0	0	0	0	0,200757	Adjusted ст. ошибка
	Д.	13,20	13,56	-2,73%	2,73%	1	0	0	0	0	0	0	5	k
2011	Ц.	10,70	10,22	4,49%	4,49%	1	0	0	0	0	0	0	0,998699	$R^2$ (мой)
	С.-З.	11,40	11,71	-2,73%	2,73%	1	0	0	0	0	0	0	0,998653	Adj. $R^2$ (мой)
	Ю. и С.-К.	29,30	28,12	4,02%	4,02%	1	0	0	0	0	0	0	0,999349	R(мой)
	П.	12,40	12,71	-2,48%	2,48%	1	0	0	0	0	0	0	0,999748	G(K <sub>i</sub> )
	У.	14,20	13,69	3,57%	3,57%	1	0	0	0	0	0	0	0,999567	G(ε <sub>i</sub> )
	С.	14,10	13,70	2,84%	2,84%	1	0	0	0	0	0	0	+	"+" - принимается / "-." - отклоняется
2012	Д.	13,20	13,29	-0,68%	0,68%	1	0	0	0	0	0	0		
	Ц.	11,40	11,33	0,61%	0,61%	1	0	0	0	0	0	0		
	С.-З.	12,20	11,63	4,65%	4,65%	1	0	0	0	0	0	0	H1	F-статистика 0,001: H <sub>0</sub> - отклоняется / H <sub>1</sub> - принимается
	Ю. и С.-К.	30,00	28,38	5,41%	5,41%	0	1	0	0	0	0	0	2	DW, 0,001
	П.	13,30	12,88	3,15%	3,15%	1	0	0	0	0	0	0		
	У.	15,10	15,64	-3,55%	3,55%	1	0	0	0	0	0	0		
	С.	15,00	14,91	0,61%	0,61%	1	0	0	0	0	0	0		
	Д.	14,00	14,12	-0,88%	0,88%	1	0	0	0	0	0	0		
		1,47	1,44	0,00	0,40	13	1	0	0	0	0	0		
					Норма:	10	1	1	0	0	0	0		

В результате математического анализа построенной функции регрессии значение коэффициента рождаемости может, как минимум, принять значение до 28,75 родившихся детей на 1000 человек населения ( $33,02 \cdot (1 - 0,1292)$ ), если включённые в регрессию факторы примут следующие значения:  $X_{341} = 10,52$ ,  $X_{15} = 6428,22$ ,  $X_{101} = 120,899$ ,  $X_{25} = 189,6$ ,  $X_{28} = 401,8$ ,  $X_{30} = 84,7$ ,  $X_{33} = 183,4$ ,  $X_{37} = 509,9$ ,  $X_{142} = 5,4$ ,  $X_1 = 17,46$ ,  $X_{71} = 297\,210$ ,  $X_{72} = 33\,584$ ,  $X_{73} = 10\,770,6$ ,  $X_{74} = 17,10781$ ,  $X_{81} = 0,3$ ,  $X_{83} = 0$ ,  $X_{92} = 29,4$ ,  $X_{114} = 94,7$ ,  $X_{115} = 91,35$ ,  $X_{116} = 1,1$ ,  $X_{117} = 3,4$ ,  $X_{210} = 206,25$ ,  $X_{211} = 94,3$ ,  $X_{227} = 1,3$ ,  $X_{229} = 94,7$ ,  $X_{230} = 1,2$ .

### III. ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

В работе предложен методический подход к построению прогнозных моделей в виде комбинированной методики прогнозирования социально-экономических процессов и явлений, сочетающей в себе последовательное

использование непараметрических и параметрических методов статистики. Методика включает в себя ряд критериев оценки качества построенных моделей, совместное использование которых позволяет всесторонне оценить степень аппроксимации построенных моделей.

В работе построена пятифакторная прогнозная модель общего коэффициента рождаемости с 26 социально-экономическими показателями (23 из них линейно объединены в 2 агрегированных фактора).

Проведенное исследование позволяет прийти к следующим основным выводам:

1. Главное достоинство непараметрических методов статистики (в частности, искусственных нейронных сетей (ИНС)) заключается в способности моделировать связи различной степени сложности без определения вида связи до построения модели. Поэтому степень аппроксимации исследуемого показателя выше, чем в параметрических моделях.

2. Главным достоинством параметрических методов статистики (в частности, применение метода наименьших квадратов (МНК)) является точное определение параметров заданной функции. Это позволяет в общем случае определить степень и вид влияния каждого входящего в модель фактора на исследуемый показатель, провести математический анализ полученной функции на интервалы её возрастания и убывания и определить точки её экстремума. Функции регрессии имеют больше возможностей для экстраполяции данных, чем ИНС.

3. Большинство оценочных средств прогнозных моделей определяют ошибки прогноза в среднем по выборке, игнорируя возможные существенные отклонения по отдельным значениям.

4. Для преодоления проблемы учёта при оценке качества построенной модели высоких отклонений прогнозных значений по некоторым единицам наблюдений при высоком показателе уровня аппроксимации в среднем по выборке разработан *модифицированный критерий относительных ошибок* ( $G$ ), определяемый по формуле (3). При этом проблемой данного критерия является игнорирование самих значений относительных ошибок, поскольку в этом случае для определения степени аппроксимации используется только количество единиц наблюдений, которое попало в тот или иной интервал.

5. Для преодоления проблемы критерия  $G$  в исследование введён *модифицированный обобщённый критерий относительных ошибок* ( $G^{\text{обобщ.}}$ ), определяемый по формуле (4), в основе которого заложены абсолютные значения относительных ошибок прогноза.

6. Каждое из оценочных средств прогнозных моделей со своей стороны определяет степень аппроксимации исследуемого показателя. Только если все оценочные критерии показали существенную степень аппроксимации исследуемого показателя, можно принимать гипотезу о значимости связей в построенной модели.

7. Для преодоления недостатков каждого изученного метода, в *комбинированной методике прогнозирования социально-экономических процессов и явлений* необходимо сначала из общего перечня социально-экономических показателей непараметрическими методами отобрать наиболее значимые и построить наиболее подходящую ИНС, затем для тех же показателей подобрать наиболее подходящую функцию регрессии, провести по ней математический анализ, оценить достижимость полученных результатов, дать практические рекомендации для отобранных факторов.

8. По результатам практического применения разработанной комбинированной методики выявлено, что общий коэффициент рождаемости в расчёте на 1000 человек населения будет стремиться к своему естественному максимуму (без учёта миграционного эффекта, в среднем по Российской Федерации увеличится до 28,75 детей на 1000 человек населения), если влияющие на него 5 социально-экономических факторов (2 из которых агрегированы из 23 социально-экономических показателей, описывающих схожие области) будут изменяться в России в следующих направлениях:

- *годовое потребление хлебных продуктов на душу населения* — всем федеральным округам РФ следует придерживаться уровня, близкого к 120,899 кг потребления хлебных продуктов на душу населения в год, особенное внимание следует уделить росту значения этого показателя в Северо-Западном федеральном округе РФ, где на сегодняшний момент его значение ниже на 17,899 кг относительно рекомендуемого значения;
- *доля крупного рогатого скота в общем поголовье в хозяйствах населения* — по всем регионам РФ значения должны находиться в интервале 10 %–20 %; где хозяйства населения основываются на разведении крупного рогатого скота, какие-либо действия по изменению значения изучаемого фактора недопустимы;
- *показатели, связанные с оказанием медицинской помощи населению, такие как численность врачей на 10 тысяч человек населения, мощность врачебных амбулаторно-поликлинических учреждений на 10 тысяч человек населения и т.д.* — при значительном уменьшении значений будет осуществлён переход качества жизни

населения на стадию выживания, при значительном увеличении значений, характеризующих обеспечение населения медицинской помощью, будет осуществлён переход качества жизни населения на новый уровень, где главной целью становится высокое качество жизни каждого отдельного человека;

- *показатели, характеризующие удовлетворение социальных потребностей населения, такие как общая площадь жилых помещений, приходящаяся в среднем на одного жителя, среднедушевые денежные доходы населения и т.д.* — при значительном уменьшении значений будет осуществлён переход к государственной форме собственности и к построению социалистического общества, при этом уровень рождаемости может вырасти на 6,99 рождённых детей на 1000 человек населения относительно максимума, которого можно достичь при наращивании частной формы собственности, рыночных отношений и перехода к информационному обществу;

- *число преступлений, совершённых несовершеннолетними и при их соучастии* — по всем федеральным округам РФ следует уменьшать до уровня, близкого к 6,3–6,8 тысяч преступлений в год;

- в информационном обществе уровень рождаемости без учёта фактора миграции при достижении рекомендованных значений по каждому выделенному в работе показателю может быть достигнут как минимум значения 28,75 рождённых детей на 1000 человек населения.

## ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

**Научные статьи в изданиях, включённых в перечень российских рецензируемых научных журналов и изданий для опубликования основных научных результатов диссертаций:**

1. Федоров С.В., Шокин Я.В. Концепция экономического интереса и ее применимость к решению макроэкономических задач // РИСК: Ресурсы. Информация. Снабжение. Конкуренция. — 2011г. — №1. — с. 246–250. — 0,63 п.л. (личный вклад автора — 0,23 п.л.).
2. Федоров С.В., Шокин Я.В. Методика прогнозирования взаимовлияния макроэкономических и демографических показателей в динамике по регионам РФ (с применением методов сценарного анализа) // European Social Science Journal. — 2012г. — №9(2) — с. 382–390. — 0,56 п.л. (личный вклад автора — 0,3 п.л.).

3. Колесникова Н.А., Федоров С.В., Шокин Я.В. К вопросу об актуальности разработки поведенческой концепции стоимости благ и финансовых активов // Труды Института системного анализа РАН. — 2013г. — №1(63) — с. 85–90. — 0,7 п.л. (личный вклад автора — 0,15 п.л.).
4. Ступнева И.М., Федоров С.В., Шокин Я.В. Анализ влияния неденежных факторов на субъективное восприятие ценности общественных благ // РИСК: Ресурсы. Информация. Снабжение. Конкуренция. — 2014г. — №1. — с. 162–166. — 0,63 п.л. (личный вклад автора — 0,15 п.л.).
5. Федоров С.В. Разработка наиболее жёсткого оценочного критерия качества построенной модели в прогнозировании социально-экономических процессов и явлений // European Social Science Journal. — 2014г. — №10(1). — с. 123–130. (0,52 п.л.)

**Научные статьи в других научных изданиях:**

6. Федоров С.В., Шокин Я.В. Методика исследования зависимости рождаемости от макроэкономических и прочих демографических показателей в РФ // Сборник докладов международной научной заочной конференции «Актуальные вопросы современной экономической науки». Том 1 / Отв. ред. А.В. Горбенко. — г. Липецк: издательский центр «Де-факто». — 20 февраля 2010г. — с. 297–301. — 0,51 п.л. (личный вклад автора — 0,3 п.л.).
7. Федоров С.В., Шокин Я.В. Актуальность использования некоторых оценочных критериев силы связи в методике прогнозирования взаимовлияния макроэкономических и демографических показателей // Сборник научных трудов «Наука и образование в жизни современного общества»: по материалам Международной научно-практической конференции 29 октября 2012г. В 12 частях (часть 3). — Министерство образования и науки РФ, г. Тамбов: изд-во «Бизнес-Наука-Общество». — 29 октября 2012г. — с. 121–129. — 0,53 п.л. (личный вклад автора — 0,37 п.л.).