

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
**«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ  
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**  
( Н И У « Б е л Г У » )

ИНСТИТУТ ИНЖЕНЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК  
КАФЕДРА ОБЩЕЙ МАТЕМАТИКИ

**МНОГОМЕРНЫЙ АНАЛИЗ ДАННЫХ О СОСТОЯНИИ И РАЗВИТИИ  
ГОРОДОВ РОССИИ**

Выпускная квалификационная работа  
обучающегося по направлению подготовки 01.04.01 Математика  
очной формы обучения, группы 07001632  
Потаповой Кристины Сергеевны

Научный руководитель  
доктор технических наук,  
профессор  
Аверин Г.В.

Рецензент  
кандидат технических наук, доцент  
кафедры физики  
ФГБОУВО «Белгородский  
государственный технологический  
университет им. В.Г. Шухова»  
Пузачева Е.И.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1 МЕТОД МНОГОМЕРНОГО ОПИСАНИЯ СТАТИСТИЧЕСКИХ ДАННЫХ О СОСТОЯНИИ И РАЗВИТИИ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ	8
1.1 Статистические данные и их структура	8
1.2 Разработка системы геометрического моделирования состояний и процессов развития схожих объектов	26
1.3 Установление феноменологических особенностей и закономерностей состояния и развития схожих объектов	39
1.4 Выводы по первому разделу	42
2 РАЗРАБОТКА МЕТОДА ЭКСТРАПОЛЯЦИОННОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СОСТОЯНИЯ И РАЗВИТИЯ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ	44
2.1 Принципы построения модели прогнозирования	44
2.2 Математические зависимости для прогноза показателей	49
2.3 Оценка точности и достоверности разработанной модели	56
2.4 Выводы по второму разделу	66
3 АНАЛИЗ ПРОБЛЕМЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СОСТОЯНИЯ И РАЗВИТИЯ ГОРОДОВ РОССИИ	68
3.1 Нормативная база для стратегического планирования и прогнозирования состояния и развития регионов и городов	68
3.2 Существующие методы прогнозирования социально-экономического положения муниципальных образований	73
3.3 Стандартные пакеты для обработки количественной информации и специализированные программные продукты для прогнозирования состояния и развития городов	83
3.4 Выводы по третьему разделу	90

4 АНАЛИЗ И ОЦЕНКА ПРОЦЕССОВ РАЗВИТИЯ ГОРОДОВ РОССИИ НА ПРОГНОЗНЫЙ ПЕРИОД 2020-2025 ГОДОВ	92
4.1 Составление среднесрочного прогноза по основным показателям социально-экономического развития городов до 2020 года	92
4.2 Составление долгосрочного прогноза по основным показателям социально-экономического развития городов до 2025 года	105
4.3 Ранжирование городов России по показателям социально- экономического развития	109
4.4 Выводы по четвертому разделу	114
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	115
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ	117

## ВВЕДЕНИЕ

Результаты данной работы связаны с актуальным научным направлением моделирования и прогнозирования состояния и развития городов России.

Совершенствование методов прогнозной аналитики является актуальной задачей при изучении развития территориальных образований – регионов, городов, населенных пунктов и т.д. Одной из основных задач Федерального Закона «О стратегическом планировании в Российской Федерации», является повышение качества прогнозов и комплексных оценок при планировании развития страны. Это осуществляется как на разных уровнях управления государством (национальном, региональном, муниципальном, отраслевом), так и в различных аспектах развития страны – социально-экономическом, промышленном, ресурсном, экологическом и т.д. Прогнозирование и комплексная оценка состояния и развития территориальных образований являются крайне важными составляющими принятой в Российской Федерации системы стратегического планирования. Сегодня это направление исследований в своей базовой методологии опирается во многом на экспертные и экономико-математические методы.

Социально-экономические прогнозы определяют количественные показатели и качественные характеристики объектов прогнозирования, которые в большинстве случаев окончательно оцениваются на этапе принятия решений экспертным путем. В практике прогнозирования применяются «Методические рекомендации по составлению прогнозов субъектами РФ», разработанные Минэкономразвития России и использующие более чем 600 социально-экономических показателей. Однако, среднесрочное и долгосрочное прогнозирование при составлении программ развития осуществляет небольшая доля субъектов Федерации и муниципальных образований. Основная причина этого связана с недостаточной проработкой вопросов научного и методического обеспечения составления прогнозов на основе многомерных данных. Следует

отметить, что прогнозирование развития территориальных образований по множеству показателей остается пока достаточно сложной и специфической научной работой и поэтому не находит широкого практического применения. При этом именно практика показывает существенную потребность в научном, методическом и информационно-аналитическом обеспечении этого процесса, особенно на региональном и муниципальном уровнях.

Поэтому разработка с ориентацией на практическое применение новых методов и моделей прогнозирования социально-экономического развития объектов по множеству показателей будет способствовать решению проблемы составления достоверных прогнозов на среднесрочный и долгосрочный период.

Из всего вышесказанного следует, что прогнозирование состояния и развитие городов по многомерным данным является актуальной, так как это одна из основных научных проблем в области общественного развития. Она непосредственно связана с совершенствованием методов и методик составления прогнозов на среднесрочный и долгосрочный период при стратегическом планировании.

Целью работы является составление среднесрочного прогноза на 2020 год и долгосрочного прогноза на 2025 год основных социально-экономических показателей городов России на основе применения методов экстраполяции и многомерного анализа статистической информации при стратегическом планировании.

Основными задачами работы являются:

1. Анализ проблем прогнозирования состояния и развития городов России. Рассмотрение нормативной базы для стратегического планирования и прогнозирования состояния и развития городов. Выбор программного инструмента для обработки статистической информации.
2. Анализ существующих баз данных, информационных ресурсов, содержащих статистические данные о состоянии и развитии городов, регионов, стран и т.д. Поиск и обобщение феноменологических

особенностей и закономерностей о состоянии и развитии регионов и городов на основе применения созданных вычислительных средств.

3. Анализ существующих подходов, методов и средств прогнозирования социально-экономического развития территориальных образований (регионов, городов, стран и т.д.). Сбор статистических данных показателей о состоянии и развитии городов Российской Федерации.
4. Разработка гипотез для прогнозирования социально-экономического развития городов на основе метода экстраполяции. Обоснование применения необходимых математических зависимостей. Определение оценки точности и достоверности разработанной модели.
5. Составление среднесрочного и долгосрочного прогноза социально-экономического развития городов России на основе статистических данных 2003 – 2016 годов, оценка достоверности и точности предложенных моделей по ретроспективным данным. Ранжирование городов России по показателям социально-экономического развития.

Работа направлена на составление среднесрочного и долгосрочного прогноза состояния и развития городов России. Прогнозирование таких процессов предлагается основывать на феноменологических подходах обработки, анализа и описания многомерных статистических данных, полученных при статистическом мониторинге процессов развития городов.

Объектом исследования являются массивы статистических показателей социально-экономического развития городов, а также методы и технологии стратегического прогнозирования.

Предметом исследования являются методы и модели прогнозирования состояния и развития городов по множеству социально-экономических показателей.

Магистерская диссертация состоит из введения, четырех разделов, заключения, списка используемых источников.

В первом разделе изучены существующие официальные ресурсы различных организаций, деятельность которых связана со сбором, накоплением

и обработкой статистической информации о состоянии и развитии городов, регионов и стран по различным показателям. Для дальнейших исследований выбрана база данных Федеральной службы государственной статистики. Рассмотрены методы для обработки статистической информации. Описано понятие и особенности феноменологического подхода.

Во втором разделе рассмотрены принципы и подходы к построению систем, объектов, явлений, процессов и их моделей прогнозирования. Проанализированы математические зависимости для осуществления достоверной оценки и прогноза показателей. Рассмотрены оценки точности и достоверности для разработанных моделей.

В третьем разделе проведен анализ нормативной базы для стратегического планирования и прогнозирования состояния и развития регионов и городов. Рассмотрены существующие методы прогнозирования социально-экономического положения муниципальных образований. Проведен обзор стандартных пакетов для обработки количественной информации и специализированных программных продуктов для прогнозирования состояния и развития городов. В качестве инструментария выбран стандартный пакет STATISTICA для построения прогноза развития городов России в качестве инструментария.

В четвертом разделе составлены среднесрочный прогноз на 2020 год и долгосрочный прогноз на 2025 год по основным показателям социально-экономического развития городов России. Проверена адекватность модели на основе ретроспективных данных. Проведено ранжирование городов по основным показателям на основе составленных прогнозов.

Методологическую основу магистерской диссертации составили учебные издания и результаты научных проектов зарубежных и отечественных авторов, источники Internet, публикации в периодической печати, нормативно-правовые документы.

# 1 МЕТОД МНОГОМЕРНОГО ОПИСАНИЯ СТАТИСТИЧЕСКИХ ДАННЫХ О СОСТОЯНИИ И РАЗВИТИИ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

## 1.1 Статистические данные и их структура

Для всесторонней оценки состояния и развития урбанизированных территорий необходимо наличие базы данных статистической информации и инструменты для их обработки. Базы данных могут иметь различные структуры и быть наполненными качественной и количественной информацией. Качественная информация – это информация, которая не выражена или не может быть выражена в количественной форме, т.е. носит описательно словесный характер. Под количественной информацией понимают информацию, полученную путем измерений. Такая информация может быть представлена как в упорядоченном, так и в разрозненных видах. Для всестороннего анализа наибольший интерес представляет количественная информация, предоставленная в систематизированном виде. Для упорядочивания и удобства обработки информации (выполнения запросов данных) создается БД. Качественная информация дополняет количественную информацию и служит для общего представления исследуемого объекта. В данной работе основное внимание уделялось количественной информации, позволяющей полноценно провести всесторонне комплексную оценку объектов исследования.

База данных – это упорядоченное хранение информации. Сегодня существует 3 основных модели баз данных. К ним относят:

- иерархические модели (имеют древовидную структуру, компоненты которой разделяются на «родителей» и «потомков», причем у каждого «потомка» может быть только один «предок»);



- сетевые модели (разновидность иерархической модели с той разницей, что в сетевой БД у любого «потомка» может быть множество «предков»);
- реляционные модели (данные в реляционной базе представлены в виде множества таблиц, каждая из которых состоит из столбцов и записей (строк), каждый столбец имеет название, а каждая строка содержит определенную информацию; взаимодействие с реляционной БД строится на уровне логики).

Базы данных по городам стран мира можно посмотреть на сайтах Всемирного банка [1] и Программы развития ООН [2]. Обе базы на английском языке. Так же они похожи между собой интерфейсом.

База данных, представленная на сайте Всемирного банка, включает информацию по городам 162 стран мира.

Для примера на рисунке 1.1 представлена форма базы данных. При работе с данной формой имеется возможность:

- выбрать страны (Select a Country) – 162;
- выбрать сектор (Select a Sector) – 12;
- выбрать продукт/ услуги (Select a Product/ Service) – 109.

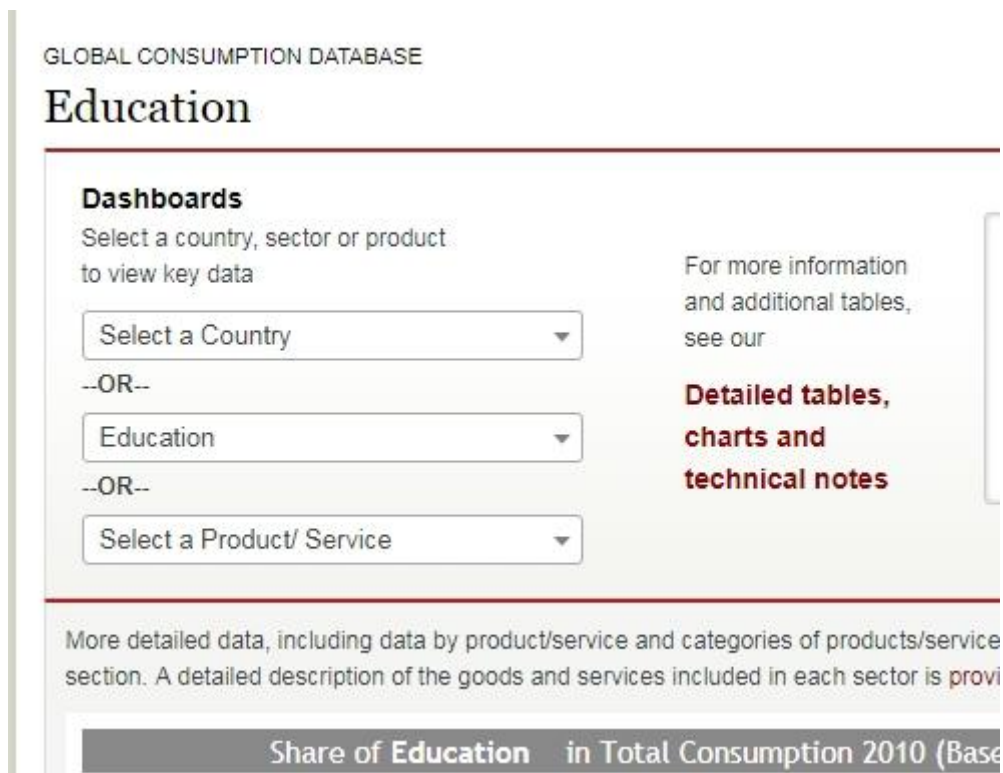


Рисунок 1.1. Форма базы данных

Последние два пункта выбираются на выбор, один из двух. В меню «выбор сектора» имеются следующие группы показателей (рис. 1.2):

- продукты питания и напитки (Food and Beverages);
- одеждаиобувь (Clothing and Footwear);
- жилье (Housing);
- энергетика (Energy);
- транспорт (Transport);
- водоснабжение (Water Utility);
- образование (Education);
- здоровье (Health);
- финансовые услуги (Financial Services);
- другое (Others).

## Education

**Dashboards**  
Select a country, sector or product to view key data

Select a Country

--OR--

Education

Food and Beverages

Clothing and Footwear

Housing

Energy

Transport

Water Utility

**Education**

Health

ICT

Personal Care

Latin America and Caribbean

For more information and additional tables, see our

**Detailed tables, charts and technical notes**

Service and categories of products/services included in each sector is provided

Total Consumption 2010 (Bas)

Sector	All	Lowest
Food and Beverages	High	Low
Clothing and Footwear	High	Low
Housing	High	Low
Energy	High	Low
Transport	High	Low
Water Utility	High	Low
<b>Education</b>	High	Low
Health	High	Low
ICT	High	Low
Personal Care	High	Low

Рисунок 1.2. Внешний вид окна с критериями, представленными на сайте Всемирный банк

При выборе одного из критериев формируется таблица с данными (рис. 1.3).

Section: A detailed description of the goods and services included in each sector is provided here.

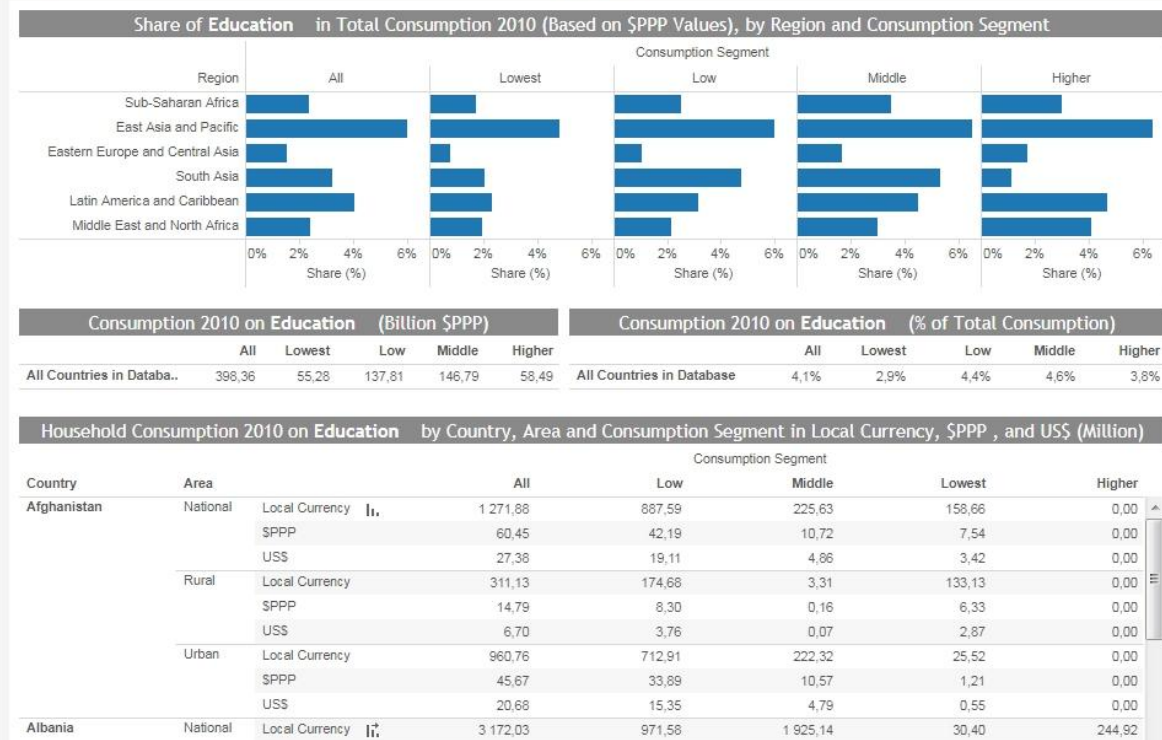


Рисунок 1.3. Сформированная таблица данных

В качестве примера опишем таблицу для показателя «Образование». Соответствующая таблица включает значения по следующим основным показателям:

- доля расходов на образование в общих расходах за 2010 год, по регионам и сегментам расходов (Share of Education in Total Consumption 2010, by Region and Consumption Segment);
- расходы 2010 года на образование, млрд. \$ (Consumption 2010 on Education, Billion dollars);
- расходы 2010 года в образовании, % от общего потребления (Consumption 2010 on Education, % of Total Consumption);
- расходы домашних хозяйств за 2010 год на образование в разбивке по странам, районам и сегментам потребления в местной валюте, млн. \$ (Household Consumption 2010 on Education by Country, Area and Consumption Segment in Local Currency, Million dollars).

Таблица автоматически формируется за 2010 год. Но так же имеется возможность выбора другого периода времени, что позволяет сравнить развитие и состояние стран мира в динамике.

В свою очередь база данных Программы развития ООН включает информацию по 188 странам мира. Так же как и базе данных Всемирного банка, имеется возможность выбора определенных групп показателей, представленных в сплывающем окне (рис. 1.4)

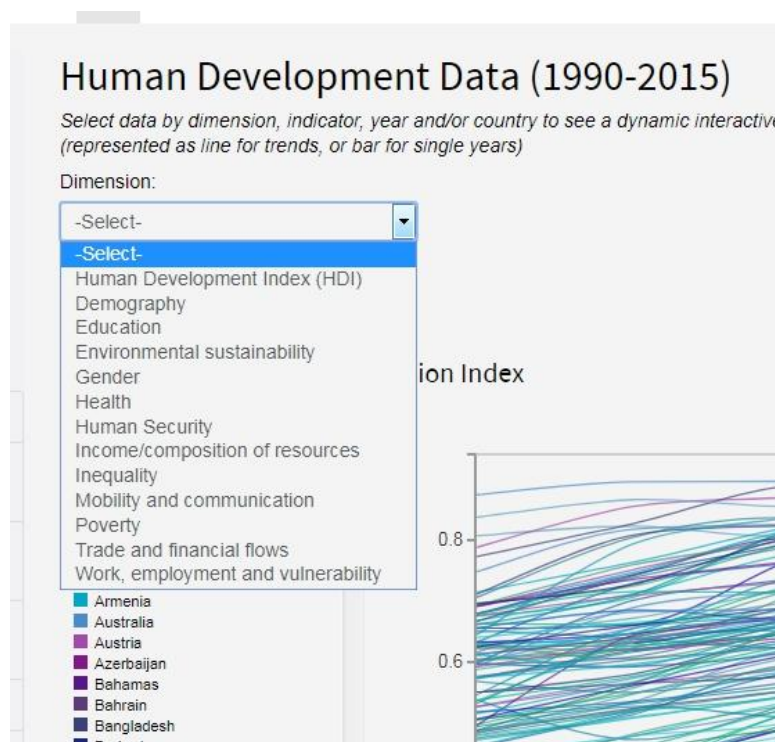


Рисунок 1.4. Экранная форма окна с выбором категории показателей

В данной базе представлены такие группы категории показателей как:

- индекс развития человеческого потенциала (Human Development Index) – 1;
- демография (Demography) – 9;
- образование (Education) – 13;
- экологическая устойчивость (Environmental sustainability) – 6;
- здоровье (Health) – 13 ;
- безопасность человека (Human Security) – 9;

- поступления / структураресурсов (Income/ composition of resources) – 9;
- неравенство (Inequality) – 12;
- телефонысвязь (Mobility and communication) – 5;
- бедность (Poverty) – 8;
- торговые и финансовые потоки (Trade and financial flows) – 7;
- труд, занятостьибезработица (Work, employment and vulnerability) – 11.

Каждая из перечисленных групп, включает определенное количество показателей. Для примера на рисунке 1.5 представлена экранная форма с изображением выбора показателей.

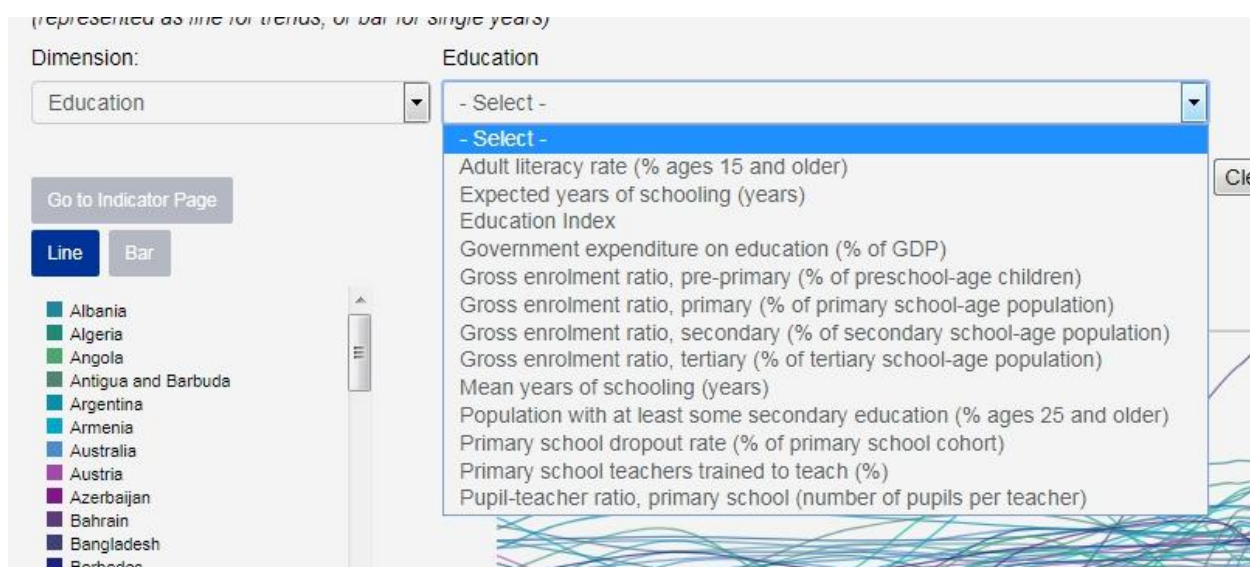


Рисунок 1.5. Внешний вид окна выбора показателей в группе «Образование»

Категория «Образование» включает 13 показателей:

- уровень грамотности взрослого населения, % в возрасте 15 лет и старше (Adult literacy rate , % ages 15 and older);
- ожидаемая продолжительность обучения, лет (Expected years of schooling , years);
- индекс образования (Education index);
- государственные расходы на образование, % от ВВП (Government expenditure on education, % of GDP);

- валовой коэффициент охвата детей дошкольным образованием, % от детей дошкольного возраста (Gross enrolment ratio, pre-primary, % of preschool-age children);
- валовой коэффициент охвата начальным образованием, % от населения младшего школьного возраста (Gross enrolment ratio, primary, % of primary school-age population);
- валовой коэффициент охвата средним образованием, % от населения среднего школьного возраста (Gross enrolment ratio, secondary, % of secondary school-age population);
- валовой коэффициент охвата образованием, третичный, % от населения старшего школьного возраста (Gross enrolment ratio, tertiary, % of tertiary school-age population);
- средние сроки обучения, лет (Mean years of schooling , years);
- население по крайней мере с некоторым средним образованием, % в возрасте 25 лет и старше (Population with at least some secondary education , % ages 25 and older);
- начальные классы школы, % от начальной школы (Primary school dropout rate, % of primary school cohort);
- количество работающих учителей в начальных классах, % (Primary school teacher strained to teach, %);
- соотношение между учениками и учителями, начальная школа, количество учеников на одного учителя (Pupil-teacher ratio, primary school, number of pupils per teacher).

Выбрав один из показателей, формируются графики изменения его значений по всем странам мира за указанный период времени и таблица (рис. 1.6).

Графики автоматически выводятся за период с 1990 по 2015 года по всем странам мира. Возможности выбора данных по одной стране и определенного периода за другие года отсутствуют, что неудобно, и соответственно, тяжело определить какой график принадлежит к определенной строке. Только в онлайн

режиме при выборе графика он выделяется черным цветом и над ним всплывает название страны.

Expected years of schooling (years) [Download Data](#)

HDI Rank (2015)	Country	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015		
169	Afghanistan	2.6	2.9	3.2	3.6	3.9	4.2	4.6	4.9	5.2	5.5	5.9	6.2	6.5	6.8	7.9	8.1	8.4	8.7	8.9	9.2	9.5	9.8	9.9	10.0	10.1	10.1		
75	Albania	11.6	11.8	10.7	10.2	10.1	10.2	10.3	10.6	10.7	10.7	10.6	10.7	10.7	10.9	10.8	11.4	11.6	12.0	12.2	12.5	13.3	14.2	14.2	14.2	14.2	14.2	14.2	
83	Algeria	9.6	9.7	9.8	9.8	9.9	9.8	10.0	10.3	10.5	10.7	10.9	11.1	11.5	11.7	12.0	12.3	12.3	12.6	13.1	13.6	14.0	14.4	14.4	14.4	14.4	14.4	14.4	
32	Andorra	10.8	10.8	10.8	10.8	10.8	10.8	10.8	10.8	10.8	10.8	10.8	10.8	11.0	10.9	10.8	10.8	11.2	11.2	11.7	11.7	11.7	11.7	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	
150	Angola	3.8	3.6	3.5	3.7	3.8	3.9	4.0	4.1	4.2	4.6	5.1	5.5	5.9	6.4	6.8	7.2	7.7	8.1	8.5	9.0	9.4	10.3	11.4	11.4	11.4	11.4		
62	Antigua and Barbuda																14.7	14.5	14.4	14.2	14.1	14.1	13.8	13.9	13.9	13.9	13.9		
45	Argentina	13.2	13.2	13.2	13.1	13.1	13.3	13.5	13.8	14.0	15.0	15.6	16.3	16.4	16.3	16.3	16.1	16.3	16.3	16.5	16.8	17.1	17.2	17.3	17.3	17.3	17.3	17.3	
84	Armenia	10.7	10.7	10.6	10.8	10.4	10.2	10.0	10.4	11.1	11.2	11.1	10.8	10.8	10.9	10.9	11.2	11.7	12.3	11.9	12.3	12.7	12.7	12.7	12.7	12.7	12.7	12.7	
2	Australia	17.4	17.3	17.3	17.3	17.3	18.8	19.4	20.2	20.1	20.4	20.5	20.1	20.6	20.7	20.3	20.3	19.0	19.1	19.1	19.5	19.8	20.1	20.3	20.4	20.4	20.4	20.4	
24	Austria	14.0	14.1	14.4	14.4	14.8	14.9	14.9	15.0	15.7	15.4	15.5	16.1	14.7	14.7	14.9	15.0	15.2	15.1	15.3	15.4	15.7	15.7	15.7	15.9	15.9	15.9	15.9	
78	Azerbaijan	10.7	10.6	10.6	10.4	10.1	10.0	9.8	9.7	9.9	10.1	10.4	10.6	10.8	11.0	11.2	10.7	11.6	11.6	11.6	11.7	11.7	11.8	11.9	12.2	12.7	12.7	12.7	
58	Bahamas	12.1	12.0	12.0	11.9	11.8	11.7	11.8	11.9	11.9	12.0	12.1	12.1	12.2	12.3	12.4	12.4	12.5	12.6	12.6	12.6	12.6	12.6	12.6	12.6	12.6	12.6	12.7	12.7
47	Bahrain	13.4	13.6	13.3	13.5	13.6	13.7	13.6	13.5	13.3	13.2	13.3	13.5	13.7	13.9	14.0	14.2	14.4	14.4	14.4	14.4	14.4	14.4	14.5	14.5	14.5	14.5	14.5	
139	Bangladesh	5.7	5.8	6.0	6.2	6.4	6.6	6.8	7.0	7.1	7.3	7.5	7.7	7.9	8.1	8.2	8.4	8.6	8.6	8.4	8.9	9.4	9.9	10.0	10.0	10.2	10.2	10.2	
54	Barbados	12.8	12.9	13.1	13.2	13.3	13.5	13.6	13.7	13.4	14.0	14.0	14.0	14.2	14.4	14.6	14.8	15.0	15.3	15.5	15.8	15.5	15.3	15.3	15.3	15.3	15.3	15.3	
52	Belarus	12.9	12.7	12.5	12.4	12.4	12.4	12.8	12.9	12.8	13.1	13.3	13.6	13.9	14.1	14.4	14.6	14.9	15.1	15.4	15.5	15.5	15.6	15.7	15.7	15.6	15.7	15.7	
22	Belgium	14.1	14.2	15.4	16.6	16.9	17.3	17.6	17.7	17.9	18.0	18.2	18.8	18.6	18.8	18.8	15.7	15.8	15.8	15.8	15.9	16.1	16.2	16.3	16.3	16.6	16.6	16.6	

Рисунок 1.6. Сформированная таблица значений выбранного показателя по странам мира

На рисунке 1.6 представлены данные по странам за период с 1990 по 2015 года, что позволяет проследить динамику состояния и развития стран мира по заданным показателям.

База данных Евростата [3] имеет древовидную структуру. «Ствол» базы состоит из одного элемента под названием «Дерево навигации данных» (Data Navigation Tree). Кликнув по нему, появляются 5 «ветвей», представленных на рисунке 1.7 которые также делятся на свои «ветви»:

- база данных по темам (Database by themes) – 9;
- таблицы по темам (Tables by themes) – 9;
- таблицы по политике Европейского союза (Tables on EU policy) – 7;
- сквозные темы (Cross cutting topics) – 8;
- новые элементы, отсортированные по коду (New Items, sorted by code) – 1;



- недавно обновленные элементы, отсортированные по коду (RecentlyUpdatedItems, sortedbycode) – 8.

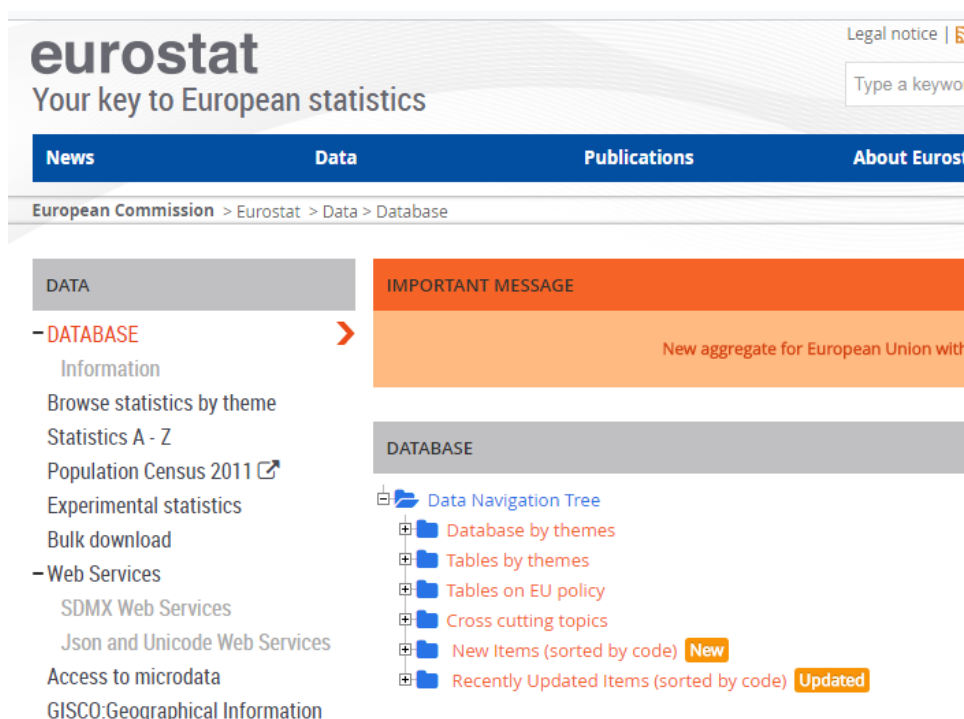


Рисунок 1.7. Экранная форма базы данных Евростата

База данных Евростата включает в себя информацию по 261 показателю 19 стран Европы и 270 городов, включая Россию, за период с 1960 года по март 2018 года. Информация разделена на 9 групп показателей:

- общая и региональная статистика (General and regional statistics) – 58;
- экономика и финансы (Economy and finance) – 25;
- население и социальные условия (Population and social conditions) – 71;
- промышленность, торговля и услуги (Industry, trade and services) – 20;
- сельское, лесное и рыбное хозяйство (Agriculture, forestry and fisheries) – 16;
- международная торговля (International trade) – 3;
- транспорт (Transport) – 43;
- окружающая среда и энергетика (Environment and energy) – 14;
- наука, технологии, цифровое общество (Science, technology, digital society) – 11.

При наведении курсора на любую из «ветвей» всплывает сообщение о кратком описании данной темы. В свою очередь, каждая тема делится на подразделы, в которых находятся таблицы, карты и графики (рис. 1.8).

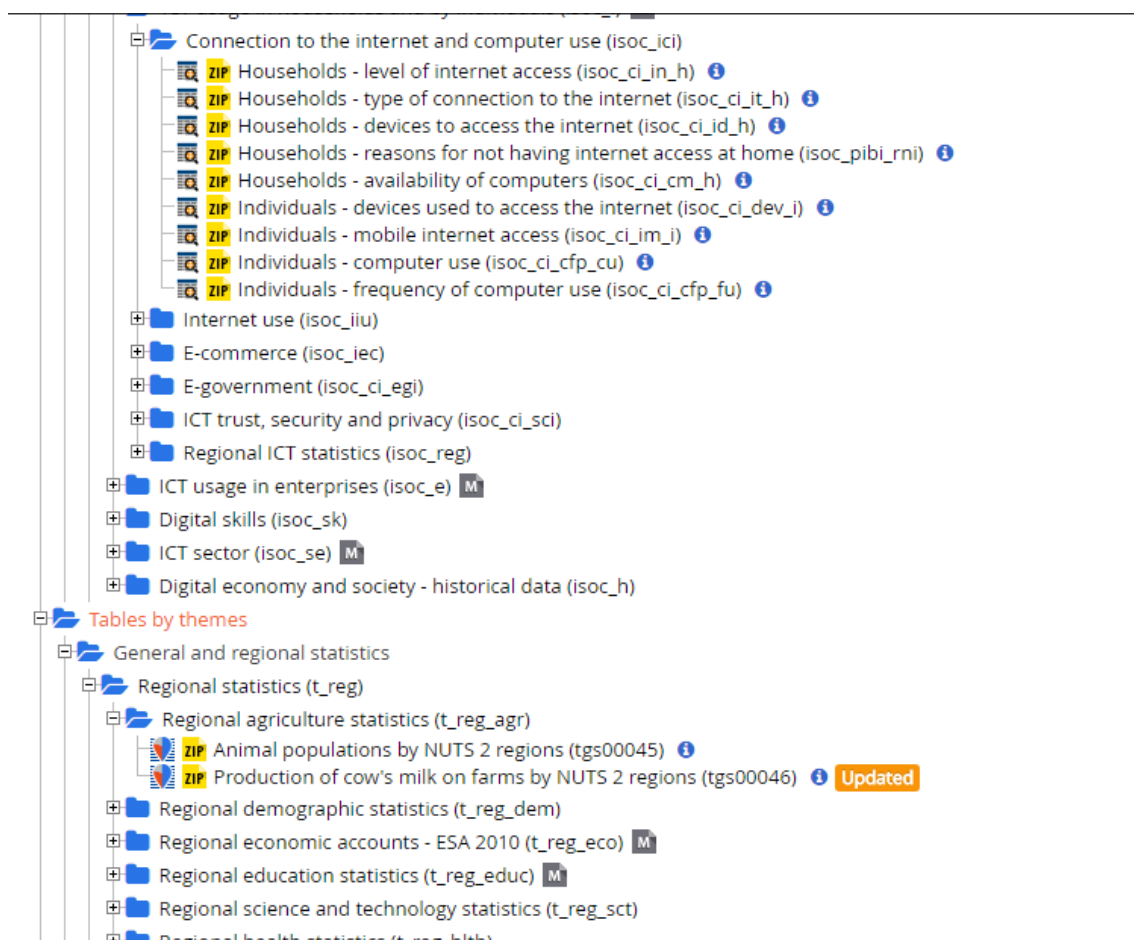


Рисунок 1.8. Фрагмент базы данных Евростата, с раскрытыми темами

С данной базой можно работать как в онлайн режиме, так и в оффлайн, для этого необходимо скачать файлы. При работе в онлайн режиме формируются таблицы либо по странам либо по городам Европы за выбранный период времени (рис. 1.9 – 1.10).

GEO	2013M12	2014M01	2014M02	2014M03	2014M04	2014M05	2014M06	2014M07	2014M08	2014M09	2014M10
European Union (current com	-17.1	-15.4	-16.1	-14.7	-14.3	-13.7	-13.4	-12.8	-12.1	-12.0	-12.3
Euro area (19 countries)	-18.3	-17.1	-17.6	-16.2	-15.8	-15.5	-15.4	-14.1	-14.2	-13.9	-14.6
Belgium	-5.9	-6.2	-5.2	-5.9	-7.9	-7.5	-6.2	-5.8	-7.1	-7.2	-9.8
Bulgaria	-38.4	-37.1	-36.4	-34.7	-28.0	-26.9	-33.3	-29.1	-30.1	-33.4	-33.4
Czech Republic	-23.6	-19.2	-20.4	-16.2	-15.2	-13.3	-14.9	-13.7	-12.8	-10.9	-12.0
Denmark	-0.8	0.0	-0.8	-1.7	0.7	0.9	1.5	3.0	4.8	2.1	4.4
Germany (until 1990 former t	4.8	3.3	2.9	3.4	4.0	3.6	2.4	4.6	2.9	4.0	4.7
Estonia	-7.9	-6.1	-8.5	-6.2	-7.5	-3.7	-3.6	-5.8	-4.2	-2.6	-4.9
Ireland	-31.1	-31.7	-30.3	-33.6	-27.8	-33.9	-31.5	-23.9	-23.4	-21.8	-25.1
Greece	-72.9	-72.5	-70.6	-63.9	-63.9	-60.6	-64.0	-56.3	-58.3	-64.2	-55.1
Spain	-34.3	-33.3	-34.5	-31.3	-31.3	-30.5	-24.7	-25.1	-23.3	-24.5	-27.3
France	-23.5	-22.8	-21.6	-19.8	-21.1	-20.3	-21.7	-19.5	-18.9	-18.2	-20.6
Croatia	-34.5	-30.5	-28.4	-33.4	-34.5	-38.2	-30.8	-32.2	-28.3	-30.1	-27.3
Italy	-33.7	-28.7	-32.4	-30.6	-26.9	-26.1	-26.8	-27.9	-26.9	-26.4	-27.7
Cyprus	-48.2	-46.8	-46.6	-45.7	-49.1	-45.6	-43.4	-40.1	-38.0	-38.9	-42.0
Latvia	-4.8	-5.0	-7.9	-6.8	-4.6	-5.7	-3.7	-4.5	-6.0	-2.4	-4.3
Lithuania	-7.6	-9.0	-10.1	-7.4	-6.2	-7.4	-6.0	-5.1	-4.8	-8.4	-5.9
Luxembourg	-5.7	-5.8	-5.5	-3.8	-6.0	-5.8	-5.9	-7.0	-4.7	-5.3	-5.6
Hungary	-22.5	-20.3	-21.1	-14.1	-14.1	-12.2	-12.3	-11.1	-13.0	-8.8	-9.2
Malta	-13.1	-9.8	-9.5	1.3	-0.5	2.1	7.9	0.1	-1.1	0.1	0.6
Netherlands	-22.8	-12.7	-10.7	-13.4	-13.9	-13.2	-12.2	-10.8	-11.9	-11.6	-10.9
Austria	-10.1	-11.5	-11.3	-8.7	-10.7	-11.2	-8.8	-9.0	-10.2	-10.6	-11.1
Poland	-10.5	-13.5	-13.8	-10.5	-13.1	-9.3	-10.7	-13.5	-8.4	-10.1	-7.0
Portugal	-22.7	-22.0	-22.6	-24.0	-22.6	-22.9	-21.9	-21.6	-21.4	-21.6	-21.4

Рисунок 1.9. Сформированная таблица данных по странам Европы

METROREG	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Bruxelles / Brussel	28,754	31,030	31,801	32,169	31,520	31,887	31,688	31,688
Antwerpen	11,580	12,484	12,603	12,880	12,833	13,078	12,730	12,730
Gent	6,691	7,205	7,239	7,300	7,195	6,979	6,749	6,749
Charleroi	5,062	5,224	5,183	5,238	5,178	5,168	5,144	5,144
Liège	7,372	7,908	7,909	8,149	8,030	8,199	7,807	7,807
Non-metropolitan regions in I	61,204	63,354	62,463	64,364	63,949	62,740	61,488	61,488
Sofia	16,702	17,677	18,831	18,134	16,866	16,648	16,045	16,045
Plovdiv	6,996	7,257	7,674	7,197	6,827	6,694	6,484	6,484
Varna	5,333	5,607	5,900	5,350	4,948	4,732	4,546	4,546
Burgas	4,878	4,908	5,180	4,508	4,281	4,170	4,158	4,158
Non-metropolitan regions in I	41,440	42,263	43,371	40,324	37,924	36,877	35,345	35,345
Praha	27,474	29,585	29,707	30,004	28,499	28,604	28,085	28,085
Brno	12,371	13,196	13,145	13,040	12,404	12,339	12,403	12,403
Ostrava	13,373	13,402	13,238	13,099	11,807	11,787	11,603	11,603
Plzen	6,100	6,385	6,412	6,242	5,566	5,768	5,510	5,510
Liberec	5,045	5,220	5,206	5,120	4,654	4,592	4,535	4,535
Non-metropolitan regions in I	50,269	51,782	50,640	49,648	45,743	45,486	44,615	44,615
Kobenhavn	23,542	23,540	23,236	24,043	22,251	22,321	21,659	21,659
Århus	9,929	9,954	9,915	9,863	9,439	9,198	8,862	8,862

Рисунок 1.10. Сформированная таблица данных по городам Европы

Имеется также возможность выбора определенного периода времени, страны, либо группы стран. Для этого необходимо заполнить форму и сформировать таблицу (рис. 1.11 – 1.13).

GEO	2010	2011	2012	2013	2014
Russia	141,914,509	142,856,536	143,056,383	:	143,666,931

Рисунок 1.11. Сформированная таблица по показателю «Демографический баланс и общие показатели на национальном уровне» для России за период с 2010 по 2014 годы

	1960	1961	1962	1963	1964
Portugal	8,826,040	8,889,392	8,969,240	9,018,730	9,041,980

Рисунок 1.12. Сформированная таблица по показателю «Демографический баланс и общие показатели на национальном уровне» для Португалии за период с 1960 по 1964 годы

	1960	1970	1980	1990	2000
Belgium	9,128,824	9,660,154	9,855,110	9,947,782	10,239,085
Bulgaria	7,829,246	8,464,264	8,846,417	8,767,308	8,190,876
Czech Republic	9,637,840	9,906,474	10,315,669	10,362,102	10,278,098
Denmark	4,565,455	4,906,916	5,122,065	5,135,409	5,330,020
Germany (until 1990 former I	55,257,088	61,194,591	61,439,338	62,679,035	82,163,475
Estonia	1,206,362	1,351,640	1,472,190	1,570,599	1,401,250
Ireland	2,835,500	2,943,300	3,392,800	3,506,970	3,777,565
Greece	8,300,399	8,780,514	9,584,184	10,120,892	10,775,627
Spain	30,327,000	33,587,610	37,346,940	38,853,227	40,470,182
France	:	:	:	:	60,545,022
Croatia	4,127,422	4,403,352	4,598,095	4,772,556 <sup>(e)</sup>	4,497,735 <sup>(e)</sup>
Italy	50,025,500	53,685,300	56,388,480	56,694,360	56,923,524
Cyprus	572,000	612,000	505,800	572,655	690,497
Latvia	2,104,128	2,351,903	2,508,761	2,668,140	2,381,715
Lithuania	2,755,600	3,118,941	3,404,194	3,693,708	3,512,074
Luxembourg	313,050	338,500	363,450	379,300	433,600
Hungary	9,961,044	10,322,099	10,709,463	10,374,823	10,221,644
Malta	327,200	302,500	315,262	352,430	388,759
Netherlands	11,417,254	12,957,621	14,091,014	14,892,574	15,863,950
Poland	29,479,900	32,670,600	35,413,434	38,038,403	38,263,303 <sup>(d)</sup>

Рисунок 1.13. Сформированная таблица по показателю «Демографический баланс и общие показатели на национальном уровне» для стран Евросоюза по десятилетиям, начиная с 1960 по 2000 годы

Так же на сайте Евростата для показателей формируются графики за определенный период времени по всем странам. Во вкладке Data можно выбрать самостоятельно период и страну. Также можно выбрать один из девяти видов графика (горизонтальные линии, вертикальные линии, линейный график, сектора и другие) (рис. 1.14 – 1.15).

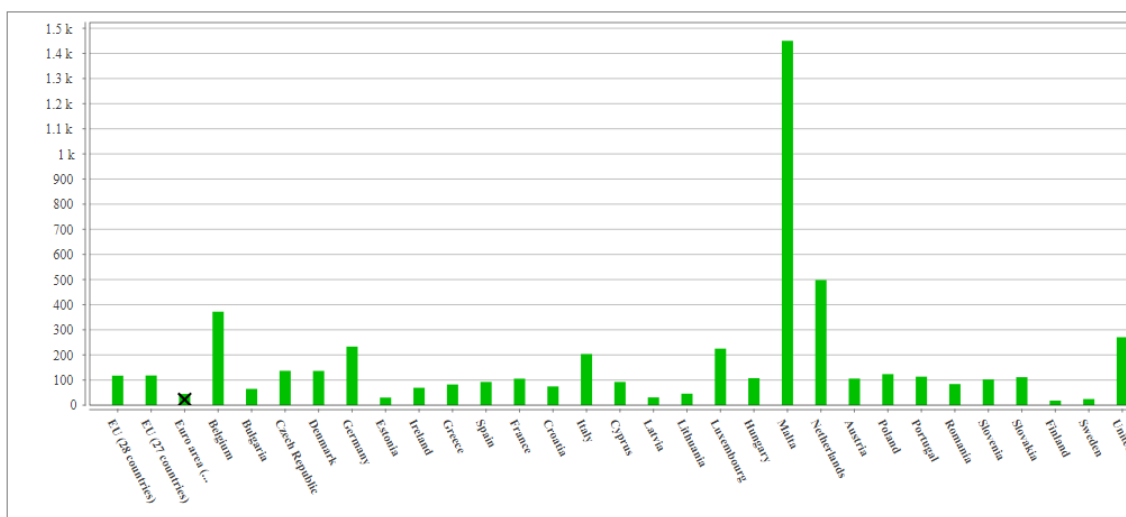


Рисунок 1.14. Сформированный вертикальный график для показателя «Население» за 2016 год

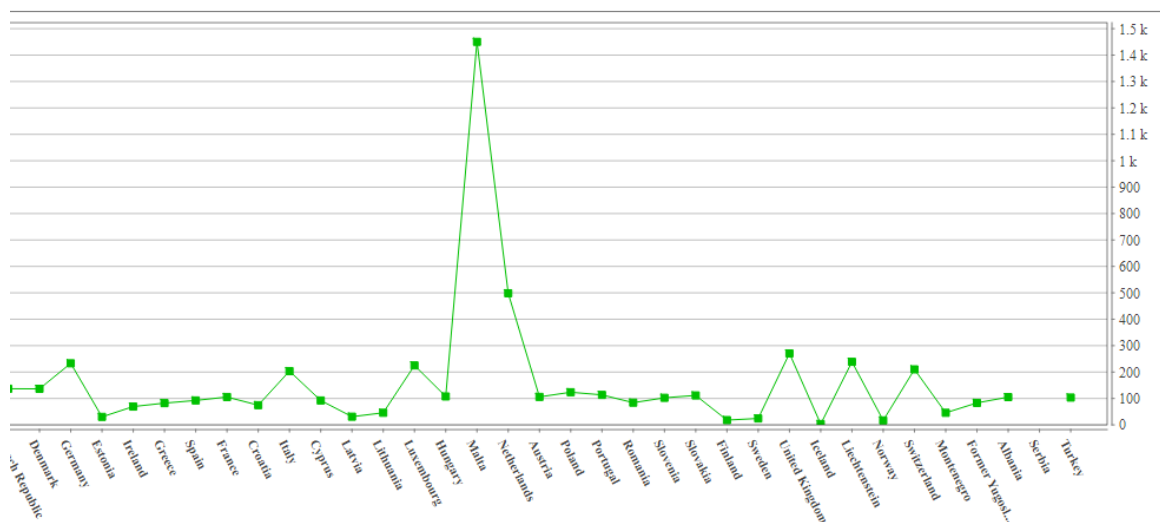


Рисунок 1.15. Сформированный линейный график для показателя «Население» за 2012 год

Имеется возможность сформировать и посмотреть карты, на которых визуально отображается, какая страна к какой группе относится каждая из стран по значениям определенных показателей, для этого страны выделяют одним цветом. Например, к одной группе по показателю «Плотность населения» относятся такие страны как: Исландия, Норвегия, Швеция, Финляндия, Эстония, Латвия, Montenegro (рис. 1.16).

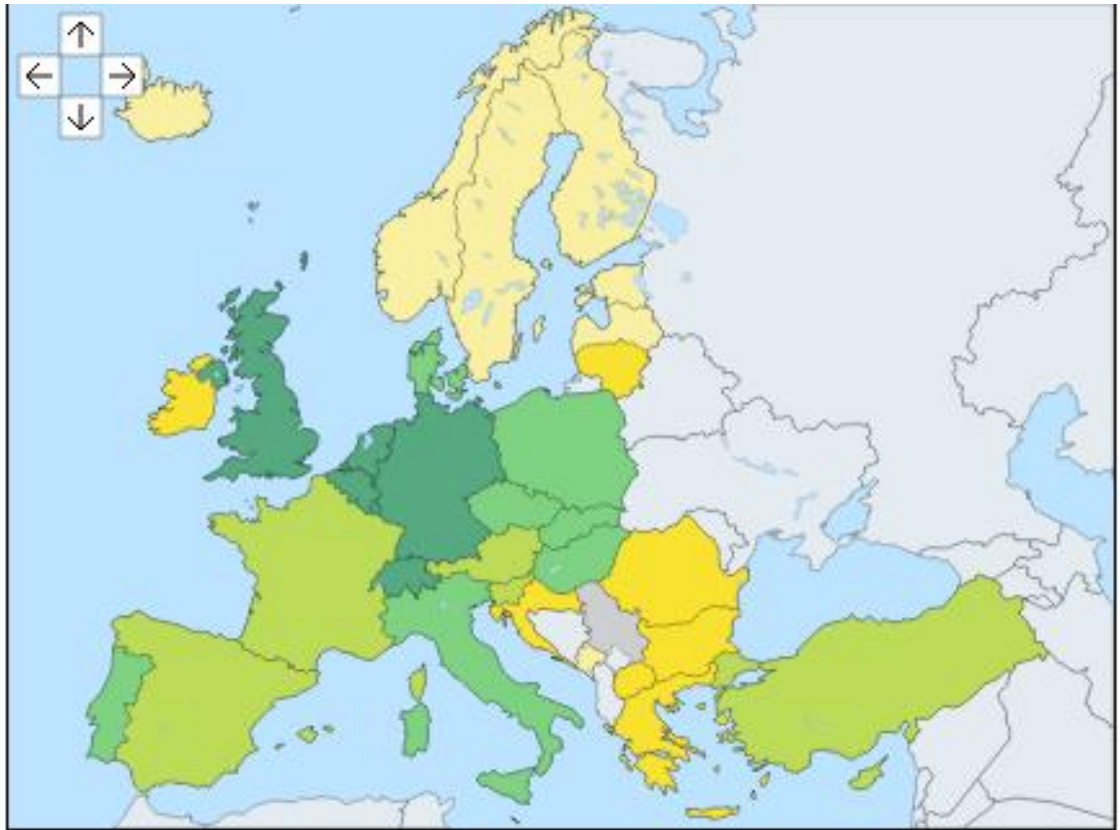


Рисунок 1.16. Сформированная карта для по показателя « Плотность населения»

База данных Евростата содержит большое количество информации, но небольшим ее недостатком является то, что она англоязычная и не поддерживает другие языки.

На основе описанных выше баз данных можно проанализировать состояние и развитие объектов по основным показателям, используемыми во всем мире: население, здоровье, образование, экономика, демография, природные ресурсы, занятость и безработица.

Для сравнения рассмотрим базу данных Федеральной службы государственной статистики Российской Федерации. Статистическая база данных социально-экономических показателей субъектов Федерации [4] разделена на 25 групп показателей. Она включает информацию по 438 показателей за последние 15 лет (с 2002 по 2016 гг.) для каждого из 83 субъектов Федерации. Соответствующая информация разделена на группы показателей (рис. 1.17): основные показатели (36 показателей); население (22); занятость и безработица (16); уровень жизни населения (35); образование (29);

здравоохранение (9); культура отдых и туризм (9); правонарушения (5); окружающая среда (5); валовый национальный продукт (7); национальное богатство (11); предприятия и организации (16); добыча полезных ископаемых, обрабатывающие производства, производство и распределение энергии, газа и воды (64); сельское хозяйство (46); строительство (10), транспорт (7); связь и ИК-технологии (13), торговля и услуги населению (27); наука и инновации (19); финансы (27); инвестиции (8); цены и тарифы (14); ВЭД (3 показателя).

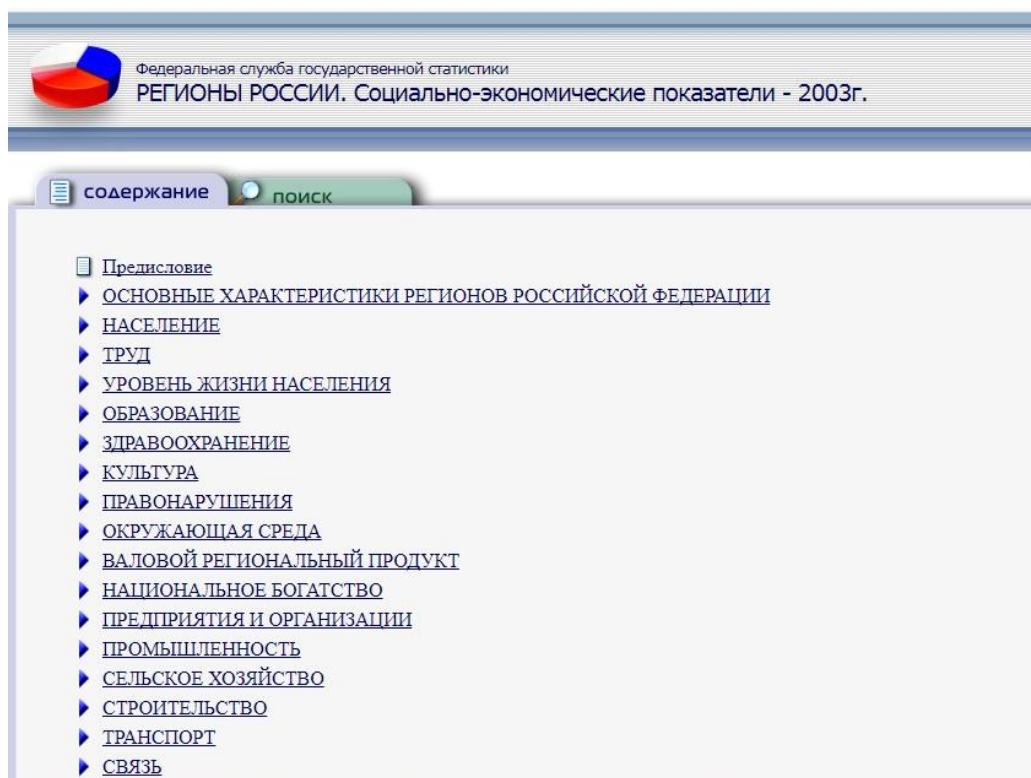


Рисунок 1.17. Фрагмент страницы сайта Федеральной службы государственной статистики (Регионы России. Социально-экономические показатели – 2003 год)

После нажатия на соответствующие ссылки, открываются численные значения показателей, представленные в виде таблиц. Например, возьмем показатель «Население» и его характеристику «Численность населения» (рис. 1.18).

	Все население				Городское население				Сельское население			
	1970	1979	1989	2002	1970	1979	1989	2002	1970	1979	1989	2002
<b>Российская Федерация</b>	<b>129941</b>	<b>137410</b>	<b>147022</b>	<b>145182</b>	<b>80631</b>	<b>94942</b>	<b>107959</b>	<b>106470</b>	<b>49310</b>	<b>42468</b>	<b>39063</b>	<b>38712</b>
<b>Центральный федеральный округ</b>	<b>35609</b>	<b>36656</b>	<b>37920</b>	<b>37991</b>	<b>22810</b>	<b>26593</b>	<b>29530</b>	<b>30359</b>	<b>12799</b>	<b>10063</b>	<b>8390</b>	<b>7632</b>
Белгородская область	1286	1308	1378	1512	440	682	885	986	826	826	513	526
Брянская область	1586	1508	1470	1379	746	884	985	944	840	824	485	435
Владимирская область	1510	1586	1649	1525	1021	1185	1302	1215	489	401	347	310
Воронежская область	2533	2483	2467	2379	1144	1336	1496	1474	1389	1147	971	905
Ивановская область	1320	1303	1294	1149	1008	1047	1064	950	312	256	230	199
Калужская область	996	1008	1064	1041	515	623	731	780	481	385	333	261
Костромская область	867	802	804	738	463	510	552	497	404	292	252	241
Курская область	1477	1395	1335	1236	482	657	769	757	695	738	566	479
Липецкая область	1230	1227	1230	1213	539	685	765	780	691	542	465	433
Московская область	5611	6208	6646	6627	3863	4644	5295	5256	1748	1564	1351	1371
Орловская область	937	895	889	861	359	489	550	547	578	406	339	314
Рязанская область	1418	1366	1348	1228	659	785	876	846	759	581	472	382
Смоленская область	1110	1116	1154	1050	527	665	781	744	583	451	373	306
Тамбовская область	1522	1394	1322	1179	588	674	738	675	634	720	584	504
Тверская область	1719	1659	1663	1473	973	1099	1183	1077	746	560	480	396
Тульская область	1955	1908	1862	1676	1389	1485	1507	1367	566	423	355	309
Ярославская область	1404	1433	1469	1368	982	1112	1196	1107	422	321	273	261
г. Москва	7148	8057	8876	10358	7112	8031	8875	10358	36	26	1	-
<b>Северо-Западный федеральный округ</b>	<b>12850</b>	<b>14059</b>	<b>15237</b>	<b>13986</b>	<b>9406</b>	<b>11126</b>	<b>12505</b>	<b>11514</b>	<b>3444</b>	<b>2933</b>	<b>2732</b>	<b>2472</b>
Республика Карелия	711	732	790	717	487	568	643	538	224	164	147	179
Республика Коми	967	1110	1251	1019	598	786	945	767	369	324	306	252
Архангельская область	1394	1466	1570	1336	917	1058	1152	999	477	408	418	337
в том числе Ненецкий автономный округ	40	47	54	41	22	28	34	26	18	19	20	15
Вологодская область	1294	1310	1349	1270	613	764	875	877	681	546	474	393
Калининградская область	730	808	871	955	533	614	687	742	197	194	184	213
Ленинградская область	1341	1513	1654	1671	788	967	1090	1110	553	546	564	561
Мурманская область	801	978	1165	893	708	870	1071	824	93	108	94	69
Новгородская область	720	722	751	695	384	464	521	485	336	258	230	210
Псковская область	878	851	845	761	370	466	530	503	508	385	315	258

Рисунок 1.18. Таблица «Численность населения» по субъектам Российской Федерации

Аналогично для 169 городов Российской Федерации социально-экономическая информация за период с 2004 по 2016 годы разделена на 21 группу показателей [5]: инфраструктура (7 показателей); население (13); занятость и заработная плата (16); коммунальная сфера и ЖКХ (24); социальная поддержка населения (4); здравоохранение (1); социальное обслуживание населения (14); образование (7); спорт (5); организация отдыха, развлечений и культуры (28); охрана окружающей среды (6); переработка отходов (4); сельское хозяйство (37); строительство жилья (6); деятельность предприятий (4); розничная торговля и общественное питание (14); бытовое обслуживание



населения (6); организация охраны общественного порядка (4); почтовая и телефонная связь (5); фонды и инвестиции (9); финансовая деятельность (58 показателей). Всего 276 показателей (рис. 1.19).

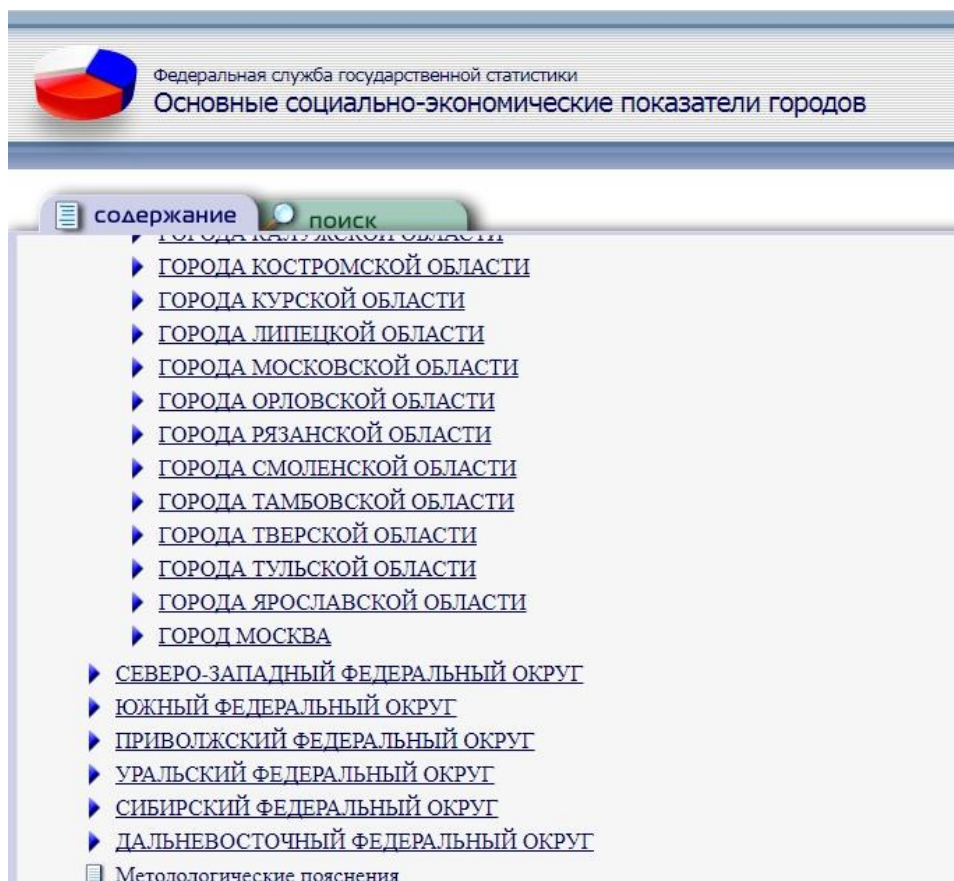


Рисунок 1.19. Фрагмент страницы сайта Федеральной службы государственной статистики (Основные социально-экономические показатели городов)

Все данные находятся в открытом доступе как для скачивания, так и для просмотра в онлайн режиме. Это является более удобным для анализа и обработки информации по сравнению с БД представленной на сайте Всемирного банка и Программы развития ООН (рассмотренных выше).

Кроме выше описанных в работе баз данных, существует не малое количество информации, характеризующей состояние и развитие городов, регионов и стран мира в различных областях деятельности. Среди них можно выделить, например, такие как: Международная ассамблея столиц и крупных городов; Международный индекс счастья; Международный Интернет-ресурс о

развитии стран мира [6]; Российский совет по международным делам [7]; Российский статистический ежегодник; Европейское Сообщество-Окружающая Среда-Воздух; Европейский индекс «зеленых» городов и другие. На данных ресурсах представлены таблицы данных различных показателей по странам и городам всего мира. Присутствует возможность как работы в онлайн режиме, так и в оффлайн. Так же на некоторых ресурсах присутствуют графики, отображающие динамику развития и состояния городов и стран мира. Имеется возможность выбора стран всего мира сразу, либо по частям света (Америка, Европа, Азия, Африка, Австралия) и т.д.

Для дальнейших исследований используется база данных Федеральной службы государственной статистики [4]. Выбор БД обусловлен ее понятностью в использовании, множеством количественной информации за большой период времени в свободном доступе, русскоязычность интерфейса. Все необходимые данные можно скачать и работать с ними без доступа в сети Интернет. Недостатком базы данных является то, что информация находится в формате Word, что неудобно для обработки данных. Поэтому для дальнейшего анализа и обработки данных они переносились в таблицы Excel. Процесс компоновки структурированных БД достаточно трудоемкий и занимает большое количество времени.

## **1.2 Разработка системы геометрического моделирования состояний и процессов развития схожих объектов**

Оценка состояния и процессов развития городов предусматривает разработку соответствующей системы геометрического моделирования. Под геометрическим моделированием понимается множество операций и процедур, включающих формирование геометрической модели объекта или процесса и ее преобразования с целью получения желаемого результата и

определения его геометрических свойств. Данный вид моделирования относится к разделу математического моделирования и позволяет решать разнообразные задачи в двумерном, трехмерном и, в общем случае, в многомерном пространстве. В настоящее время оно успешно используется в управлении и других областях человеческой деятельности. Можно выделить две основные области применения геометрического моделирования: проектирование и научные исследования. Геометрическое моделирование может использоваться при анализе числовых данных. В таких случаях исходным числовым данным ставится в соответствие некая геометрическая интерпретация, которая затем анализируется, а результаты анализа истолковываются в понятиях исходных данных. Для этого необходимо разбиение объектов на группы в связи с выбором анализа и интерпретации данных [8].

Рассмотрим существующие методы анализа данных более детально.

Кластерный анализ – это совокупность методов, позволяющих классифицировать многомерные наблюдения. Термин кластерный анализ, впервые введенный Трионом (Tryon) в 1939 году, включает в себя более 100 различных алгоритмов.

В отличие от задач классификации, кластерный анализ не требует априорных предположений о наборе данных, не накладывает ограничения на представление исследуемых объектов, позволяет анализировать показатели различных типов данных (интервальным данным, частотам, бинарным данным). При этом необходимо помнить, что переменные должны измеряться в сравнимых шкалах.

Кластерный анализ позволяет сокращать размерность данных, делать ее наглядной.

Задачи кластерного анализа можно объединить в следующие группы:

- разработка типологии или классификации;
- исследование полезных концептуальных схем группирования объектов;

- представление гипотез на основе исследования данных;
- проверка гипотез или исследований для определения, действительно ли типы (группы), выделенные тем или иным способом, присутствуют в имеющихся данных.

Как правило, при практическом использовании кластерного анализа одновременно решается несколько из указанных задач.

Критерием для определения схожести и различия кластеров является расстояние между точками на диаграмме рассеивания. Это сходство можно "измерить", оно равно расстоянию между точками на графике. Способов определения меры расстояния между кластерами, называемой еще мерой близости, существует несколько. Наиболее распространенный способ – вычисление евклидова расстояния между двумя точками  $i$  и  $j$  на плоскости, когда известны их координаты  $X$  и  $Y$ :

$$D_{ij} = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2}. \quad (1.1)$$

Таким образом, чтобы узнать расстояние между двумя точками, надо взять разницу их координат по каждой оси, возвести ее в квадрат, сложить полученные значения для всех осей и извлечь квадратный корень из суммы.

Кластер имеет следующие математические характеристики:

Центр кластера – это среднее геометрическое место точек в пространстве переменных.

$$x_{kj} = \frac{\sum_{j=1}^n w_j x_{ij}}{I_k}. \quad (1.2)$$

Дисперсия кластера – это мера рассеяния точек в пространстве относительно центра кластера:

$$D_k = \frac{\sum_{i=1}^{I_1} \sum_{j=1}^n w_j (x_{ij} - \bar{x}_{kj})^2}{I_k - 1}. \quad (1.3)$$

Среднеквадратичное отклонение (СКО) объектов относительно центра кластера:

$$S_k = \sqrt{D_k}. \quad (1.4)$$

Радиус кластера – максимальное расстояние точек от центра кластера:

$$R_k = \max \sqrt{\sum_{j=1}^n w_j (x_{ij} - \bar{x}_{kj})^2}. \quad (1.5)$$

Размер кластера может быть определен либо по радиусу кластера, либо по среднеквадратичному отклонению объектов для этого кластера. Объект относится к кластеру, если расстояние от объекта до центра кластера меньше радиуса кластера. Если это условие выполняется для двух и более кластеров, объект является спорным.

Спорный объект – это объект, который по мере сходства может быть отнесен к нескольким кластерам.

Неоднозначность данной задачи может быть устранена экспертом или аналитиком.

Работа кластерного анализа опирается на два предположения. Первое предположение заключается в том, что рассматриваемые признаки объекта в принципе допускают желательное разбиение совокупности объектов на кластеры. Второе предположение – правильность выбора масштаба или единиц измерения признаков.

Для вычисления расстояния между объектами используются различные меры сходства (меры подобия), называемые также метриками или функциями расстояний. Евклидово расстояние является наиболее популярной мерой сходства.

Для придания больших весов более отдаленным друг от друга объектам можем воспользоваться квадратом евклидова расстояния путем возведения в квадрат стандартного евклидова расстояния:

$$P = \sum_{i=1}^N (A_i - B_i)^2. \quad (1.6)$$

Манхэттенское расстояние (расстояние городских кварталов), также называемое "хэмминговым" или "сити-блок" расстоянием является разностью по координатам. В большинстве случаев эта мера расстояния приводит к таким же результатам, как и для обычного расстояния Евклида. Однако для этой меры влияние отдельных больших разностей (выбросов) уменьшается (так как они не возводятся в квадрат). Хеммингово расстояние вычисляется по формуле:

$$P = \sum_{i=1}^N (|A_i| - |B_i|). \quad (1.7)$$

Расстояние Чебышева стоит использовать, когда необходимо определить два объекта как "различные", если они отличаются по какому-то одному измерению:

$$P = \text{MAX } |A_i - B_i|. \quad (1.8)$$

Процент несогласия. Это расстояние вычисляется, если данные являются категориальными.

$$P = \text{VALUE } |A_i \neq B_i|. \quad (1.9)$$

При этом под категориальными данными понимаются качественные данные исследуемого процесса или объекта, не имеющие количественного выражения.

Иногда желают прогрессивно увеличить или уменьшить вес, относящийся к размерности, для которой соответствующие объекты сильно отличаются. Это

может быть достигнуто с использованием степенного расстояния. Степенное расстояние вычисляется по формуле:

$$P(x, y) = \left( \sum_i |x_i - y_i|^p \right)^{1/r}, \quad (1.10)$$

где  $r$  и  $p$  – параметры, определяемые пользователем. Параметр  $p$  ответственен за постепенное взвешивание разностей по отдельным координатам, параметр  $r$  ответственен за прогрессивное взвешивание больших расстояний между объектами. Если оба параметра –  $r$  и  $p$  равны двум, то это расстояние совпадает с расстоянием Евклида.

Относительное изменение – безразмерная величина, число, показывающее во сколько раз изменилась некоторая величина относительно первоначального её значения. Измеряется в долях (например, «величина изменилась в 2 раза»), процентах («увеличилась на 100%»), при малых значениях изменения часто применяются миллионные доли (части на миллион).

Так же называется метод математического преобразования абсолютных значений временного ряда. Используется при прогнозировании временных рядов. При этом ряду  $c_t$  ставится в соответствие ряд:

$$dC_t = \frac{c_{t+1} - c_t}{c_t}, \quad (1.11)$$

где  $c_t$  – абсолютное значение ряда в точке  $t$ ,  $dC_t$  – относительное изменение в точке  $t$ .

Выбор меры расстояния и весов для классифицирующих свойств является важным этапом, так как от соответствующих процедур зависят состав и количество формируемых классов, а также степень сходства объектов внутри классов.

Рассмотрим методы определения положений по центру тяжести [9].

Центром тяжести твердого тела называется неизменно связанная с этим телом точка  $C$ , через которую проходит линия действия равнодействующей сил тяжести данного тела, при любом положении тела в пространстве.

Центр тяжести применяется при исследовании устойчивости положений равновесия тел и сплошных сред, находящихся под действием сил тяжести и в некоторых других случаях, а именно: в сопротивлении материалов и в строительной механике – при использовании правила Верещагина.

Существуют два способа определения центра тяжести тела: аналитический и экспериментальный. Аналитический способ определения центра тяжести непосредственно вытекает из понятия центра параллельных сил. Координаты центра тяжести, как центра параллельных сил, определяются формулами:

$$X_c = \frac{\sum(p_k \cdot x_k)}{P}, Y_c = \frac{\sum(p_k \cdot y_k)}{P}, Z_c = \frac{\sum(p_k \cdot z_k)}{P}, \quad (1.12)$$

где  $P$  – вес всего тела;  $p_k$  – вес частиц тела;  $x_k, y_k, z_k$  – координаты частиц тела.

Для однородного тела вес всего тела и любой её части пропорциональны объёму  $P=V\gamma$ ,  $p_k=v_k\gamma$ , где  $\gamma$  – вес единицы объёма,  $V$  – объем тела. Подставляя выражения  $P, p_k$  в формулы определения координат центра тяжести и, сокращая на общий множитель  $\gamma$ , получим:

$$X_c = \frac{\sum(v_k \cdot x_k)}{V}, Y_c = \frac{\sum(v_k \cdot y_k)}{V}, Z_c = \frac{\sum(v_k \cdot z_k)}{V}. \quad (1.13)$$

Точка  $C$ , координаты которой определяются полученными формулами, называется центром тяжести объема. Если тело представляет собой тонкую однородную пластину, то центр тяжести определяется формулами:

$$X_c = \frac{\sum(s_k \cdot x_k)}{S}, Y_c = \frac{\sum(s_k \cdot y_k)}{S}, \quad (1.14)$$

где  $S$  – площадь всей пластины;  $s_k$  – площадь её части;  $x_k, y_k$  – координаты центра тяжести частей пластины. Точка  $C$  в данном случае носит название центра тяжести площади. Числители выражений, определяющих координаты центра



тяжести плоских фигур, называются статическими моментами площади относительно осей  $y$  и  $x$ :

$$M_y = \sum s_k \cdot x_k, M_x = \sum s_k \cdot y_k. \quad (1.15)$$

Тогда центр тяжести площади можно определить по формулам:

$$X_c = \frac{M_y}{S}, Y_c = \frac{M_x}{S}. \quad (1.16)$$

Для тел, длина которых во много раз превышает размеры поперечного сечения, определяют центр тяжести линии. Координаты центра тяжести линии определяют формулами:

$$X_c = \frac{\sum(l_k \cdot x_k)}{L}, Y_c = \frac{\sum(l_k \cdot y_k)}{L}, Z_c = \frac{\sum(l_k \cdot z_k)}{L}. \quad (1.17)$$

где  $L$  – длина линии;  $l_k$  – длина ее частей;  $x_k, y_k, z_k$  – координата центра тяжести частей линии.

### **Способы определения координат центров тяжести тел**

Основываясь на полученных формулах, можно предложить практические способы определения центров тяжести тел.

1. Симметрия. Если тело имеет центр симметрии, то центр тяжести находится в центре симметрии. Если тело имеет плоскость симметрии, например, плоскость  $XOY$ , то центр тяжести лежит в этой плоскости.

2. Разбиение. Для тел, состоящих из простых по форме тел, используется способ разбиения. Тело разбивается на части, центр тяжести которых находится методом симметрии. Центр тяжести всего тела определяется по формулам центра тяжести объема (площади).

Например, для определения центра тяжести пластины, изображенной на помещенном ниже рисунке (рис. 1.20), пластину можно разбить на прямоугольники различными способами и определить координаты центра тяжести каждого из прямоугольников, а также их площади.

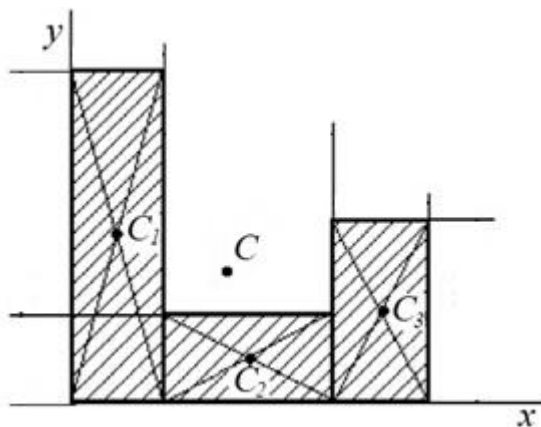


Рисунок 1.20. Пластина, разбитая на прямоугольники

Затем вычисляют координаты центра тяжести всей пластины, определив сначала координаты центра тяжести каждого из прямоугольников, на которые разбита пластина.

3. Дополнение. Этот способ является частным случаем способа разбиения. Он используется, когда тело имеет вырезы, срезы и др., если координаты центра тяжести тела без выреза известны.

Например, определение центра тяжести круглой пластины, имеющей вырез определенного радиуса (рис. 1.21).

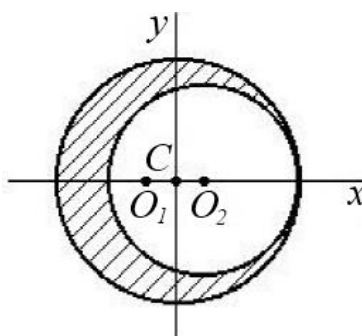


Рисунок 1.21. Круглая пластина, имеющая вырез

Для этого нужно определить центр симметрии круглой пластины. Далее необходимо поместить в начало координат центр пластины. Затем, определить площадь пластины без выреза и площадь самого выреза. Потом вычесть площадь

выреза из общей площади фигуры без выреза и получить площадь пластины с вырезом. И только после этих действий определить центр тяжести пластины.

4. Интегрирование. Если тело нельзя разбить на конечное число частей, положение центров тяжести которых известны, тело разбивают на произвольные малые объемы  $\Delta V_k$ , для которых формула с использованием метода разбиения принимает вид:

$$x_c = \frac{1}{V} \sum \Delta V_k \cdot x_k. \quad (1.18)$$

Далее переходят к пределу, устремляя элементарные объемы к нулю, т.е. стягивая объемы в точки. Суммы заменяют интегралами, распространенными на весь объем тела, тогда формулы определения координат центра тяжести объема принимают вид:

$$x_c = \frac{1}{V} \int_{(V)} x dV, y_c = \frac{1}{V} \int_{(V)} y dV, z_c = \frac{1}{V} \int_{(V)} z dV. \quad (1.19)$$

Формулы для определения координат центра тяжести площади:

$$x_c = \frac{1}{S} \int_{(S)} x dS, y_c = \frac{1}{S} \int_{(S)} y dS. \quad (1.20)$$

Координаты центра тяжести площади необходимо определять при изучении равновесия пластинок, при вычислении интеграла Мора в строительной механике и так далее.

Пример. Определить центр тяжести дуги окружности радиуса  $R$  с центральным углом  $AOB = 2\alpha$  (рис. 1.22).

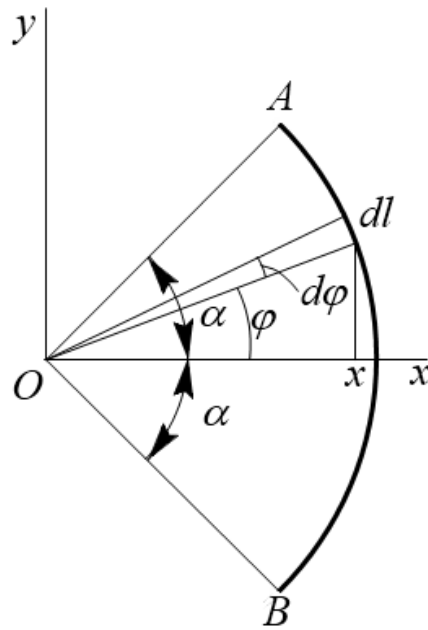


Рисунок 1.22. Дуга окружности

Дуга окружности симметрична оси  $Ox$ , следовательно, центр тяжести дуги лежит на оси  $Ox$ ,  $y_c = 0$ . Согласно формуле для центра тяжести линии:

$$x_c = \frac{1}{L} \int_{(L)} x dl, \quad dl = R d\varphi, \quad x = R \cos \varphi, \quad L = R \cdot 2\alpha,$$

$$x_c = \frac{1}{2R\alpha} \int_{-\alpha}^{\alpha} R^2 \cos \varphi d\varphi = \frac{1}{2R\alpha} R^2 \sin \varphi \Big|_{-\alpha}^{\alpha} = \frac{R^2 (\sin \alpha - \sin(-\alpha))}{2R\alpha} = \frac{R \sin \alpha}{\alpha}.$$

(1.21)

Исходя из описанного выше следует, что оценивать сходство объектов с помощью мер расстояния удобно при использовании числовых признаков. Но часто встречаются признаки, измеренные в других шкалах.

Поэтому для рассмотрения объекта необходимо применение шкал изменения [10].

Под шкалой понимают упорядоченный ряд отметок, соответствующий соотношению последовательных значений измеряемых величин.

Практически используют пять видов шкал: шкалу наименований, шкалу порядка, шкалу интервалов, шкалу отношений и шкалу абсолютных значений.

Шкала наименований числа выполняют роль ярлыков и служат для обнаружения и различия изучаемых объектов. Числа, составляющие шкалу наименований, разрешается менять местами. В этой шкале нет отношений типа «больше-меньше», поэтому некоторые полагают, что применение шкалы наименований не стоит считать измерением. При использовании шкалы наименований могут проводиться только некоторые математические операции. Например, ее числа нельзя складывать и вычитать, но можно подсчитывать, сколько раз встречается то или иное число.

В шкале порядка составляющие ее числа упорядочены по рангам (т.е. занимаемым местам), но интервалы между ними точно измерить нельзя. В отличие от шкалы наименований, шкала порядка позволяет не только установить факт равенства или неравенства измеряемых объектов, но и определить характер неравенства в виде суждений: «больше-меньше», «лучше-хуже» и т.п.

В шкале интервалов числа не только упорядочены по рангам, но и разделены определенными интервалами. Особенность, отличающая ее от описываемой дальше шкалы отношений, состоит в том, что нулевая точка выбирается произвольно. Примерами могут быть календарное время (начало летоисчисления в разных календарях устанавливалось по случайным причинам), температура, потенциальная энергия поднятого груза, потенциал электрического поля и другое.

Шкала отношений отличается от шкалы интервалов только тем, что в ней строго определено положение нулевой точки. Благодаря этому шкала отношений не накладывает никаких ограничений на математический аппарат, используемый для обработки результатов наблюдений.

Шкала абсолютных величин измеряет количество какого-либо показателя. Например, непосредственно подсчитывается число дефектов в изделии, количество единиц произведенной продукции, сколько студентов присутствует на лекции, количество прожитых лет и так далее. Результаты измерений по шкале абсолютных величин имеют наибольшую достоверность, информативность и чувствительность к неточностям измерений.

Следует отметить что, все шкалы измерения делятся на две группы – шкалы качественных признаков и шкалы количественных признаков. Порядковая шкала и шкала наименований – основные шкалы качественных признаков. Поэтому во многих конкретных областях науки и практики результаты качественного анализа можно рассматривать как измерения по этим шкалам. Шкалы количественных признаков – это шкалы интервалов, отношений, разностей, абсолютных значений. По шкале интервалов измеряют величину потенциальной энергии или координату точки на прямой. В этих случаях на шкале нельзя отметить ни естественное начало отсчета, ни естественную единицу измерения. Исследователь должен сам задать точку (начало) отсчета и сам выбрать единицу измерения.

Из количественных шкал наиболее распространенными в науке и практике являются шкалы отношений. В них есть естественное начало отсчета – ноль, то есть отсутствие величины, но нет естественной единицы измерения. По шкале отношений измерено большинство физических единиц: масса тела, длина, заряд, а также различные стоимостные характеристики в экономик, например цены.

Только для абсолютной шкалы результаты измерений представляют собой числа в обычном смысле этого слова.

Из приведенного материала видно, что шкалы, а также «меры» схожести объектов являются неотъемлемой частью для проведения многомерного анализа. Кластерный анализ является одним из наиболее эффективных инструментов обработки больших объемов данных, широко используется и позволяет проводить классификацию измеряемых объектов.

### **1.3 Установление феноменологических особенностей и закономерностей состояния и развития схожих объектов**

Феноменологические методы позволяют получить с необходимой точностью макроскопические описания объектов и процессов без объяснения истинных причин явления. Такие методы включают в себя методы сравнения (измерения) состояний и процессов в многомерных пространствах переменных, методы построения и выбора эмпирических мер для комплексной характеристики состояний объектов, способы создания шкал и принятые системы измерения эмпирических мер, способы и методики построения уравнений состояний для групп объектов, методы получения эмпирических зависимостей и определения значений феноменологических величин и констант и так далее. Для этого необходима феноменологическая модель.

Феноменологическая модель содержит механизм для описания явления. Считается, что сегодня феноменологические модели имеют статус временных решений и требуют подтверждения гипотез и полученных зависимостей путем развития теории и экспериментальных исследований.

Феноменологическая модель берет за основу поведение моделируемых объектов, количественно описываемых функциональной моделью (или несколькими моделями), и описывает эти функции как результат действия некоторого процесса, суть которого в общем примерно понятна, но в деталях пока еще не ясна. При этом в модель вводятся некоторые «постоянные», описывающие специфику поведения объекта, с конкретизацией этого объекта, но без конкретизации точного смысла самих «постоянных».

Феноменологических моделей в науке известно не так уж много (к примеру, модель Птолемея, описывающая движение небесных тел), но именно они очень часто оказываются удивительно удобным прогностическим инструментом, поскольку, с одной стороны, количественно предсказывают развитие событий, а, с другой, не требуют точного знания структуры и прочих

особенностей моделируемых объектов. Однако, ввиду резко возрастающей сложности, грамотное построение таких моделей обычно бывает доступно очень немногим. Тем не менее, если модель построена, ее дальнейшее практическое использование, как правило, не вызывает затруднений – за исключением часто возникающей сложности корректного определения параметров, ибо их физический смысл на этой фазе развития модели еще не вполне понятен.

Новым элементом в этой модели является понятие процесса, то есть закономерного изменения параметров объекта в зависимости от времени или, реже, других характеристик, в конечном итоге все равно являющихся функциями времени. Записывается такая модель обычно в виде системы уравнений, хотя бы одно из которых является дифференциальным.

Примеры феноменологических моделей: модель диффузии (и основанная на ней «диффузионная» модель Басса, описывающая изменение рыночной доли продукта во времени), модель релаксации механических напряжений в вязкоупругих системах.

Сбор данных в феноменологическом исследовании осуществляется через отчеты испытуемых, рефлексивные самоотчеты исследователя, через любые тексты и документы, в которых содержатся описания данных для исследований.

Анализ данных осуществляется поэтапно, когда в полученных в ходе интервью, письменных отчетов, наблюдений, текстов выделяются смысловые единицы, которые объединяются затем в «кластеры смыслов», и на этой основе производится обобщенное описание переживания исследуемого человека.

Существует множество подходов к построению феноменологических моделей. Чуть подробнее остановимся на двух из них.

Первый подход предполагает минимум параметров порядка и разложение в ряд Тейлора вплоть до какой-либо степени: четвертой, шестой, восьмой по этому минимуму параметров. При этом нет строгого научного обоснования, почему ряд обрывается на данной конкретной степени, что иногда приводит к построению структурно неустойчивых моделей, в которых возникают



ошибочные, нефизические результаты. Следует отметить, что имеются в виду многокомпонентные и взаимодействующие параметры порядка [11].

Второй подход, хотя и требует некоторые знания в теории дифференциальных операторов и построения эквивариантных векторных полей в кольце многочленов [11], логически последователен. В этом подходе параметры порядка играют роль независимых переменных, а феноменологические коэффициенты являются управляющими параметрами, то есть параметрами, зависящими от физических величин, варьируемых в эксперименте.

Оба подхода широко используются в физических и математических исследованиях.

Данное направление в науке имеет большое значение, так как дает возможность предложить объективные методы исследования социально-экономических систем многомерной размерности.

Что касается городов, то феноменологические особенности и закономерности позволяют создавать модели различных систем, состояния которых характеризуются множеством параметров, несущими в себе социально-экономическую, промышленную, ресурсную, экологическую, культурную и другую информацию. Также феноменологический метод может быть использован при изучении групповых особенностей развития и поведения объектов социально-экономической и общественной природы. Например, при изучении тенденций развития стран, регионов, городов и других государственных и общественных образований, при оценке особенностей и уровня налоговых поступлений в группах однородных субъектов налогообложения, при изучении поведения социальных групп и различных категорий людей, исходя из анализа однородных значимых событий и среднестатистических особенностей и т.д [12].

## 1.4 Выводы по первому разделу

Изучены существующие официальные ресурсы различных организаций, деятельность которых связана со сбором, накоплением и обработкой статистической информации о состоянии и развитии городов, регионов и стран по различным показателям. Среди таких организаций выделяют органы ведомственной статистики и органы государственной статистики в России, Организации Объединенных Наций (ООН), специализированных учреждений (МОТ, ФАО, ВОЗ и др.) и других международных организаций – Организации экономического сотрудничества и развития (ОЕСД), Европейского сообщества (ЕС) и т.д. У некоторых организаций существуют сайты, на которых представлены данные по различным показателям разных городов, регионов и стран. Рассмотрены базы данных, характеризующие состояние и развитие городов, регионов и стран мира в различных аспектах их деятельности. Присутствует возможность как работы в онлайн режиме, так и в оффлайн , для этого можно скачать данные по каждому показателю отдельно. Так же на некоторых ресурсах присутствуют графики, с помощью которых можно проследить динамику развития и состояния городов, регионов и стран мира.

Для дальнейших исследований выбрана база данных Федеральной службы государственной статистики, потому что она проста и понятна в использовании, много информации за большой период времени в свободном доступе, русскоязычный информационный ресурс. Все необходимые данные можно скачать и работать с ними без доступа в сети Интернет.

Для обработки статистической информации используются методы степенной схожести объектов, группировки объектов. От правильности выбора метода для анализа информации зависит качество полученных результатов. Поэтому должно быть уделено значительное внимание выбора метода. Рассмотрены методы определения степени схожести объектов.

Анализ существующих баз данных показал, что для группировки объектов одного класса, например, городов, регионов и стран мира может существовать

несколько групп. Данные по показателям могут группироваться в отдельные группы близкие по смыслу. С этой целью проанализирован метод кластерного анализа. Его особенностью является то, что он используется для первоначальной обработки данных по группе одного класса. Например, кластерный анализ применяется к совокупностям временных рядов, здесь могут выделяться периоды схожести некоторых показателей и определяться группы временных рядов со схожей динамикой. Применение евклидова расстояния оправдано при одинаковых свойствах (признаках) объекта одинаково важны для классификации и признаковое пространство совпадает с геометрическим пространством. Манхэттенское расстояние можно применять в таких же случаях как и евклидово. Расстояние Чебышева применяют, когда свойства объектов различаются по какому-либо одному параметру. Степенное расстояние используют когда объекты отличаются от размерности. Методы положения центра тяжести объекта подходят для объектов, которые находятся в пространстве.

Также описано понятие и особенности феноменологического подхода. Показано, что феноменологический подход позволяет описывать процессы, объекты, явления с достаточной точностью без учета его особенностей на макроуровне, опираясь на теоретические сведения и экспериментальные данные. Его особенностью является то, что при построении феноменологической модели используются как данные опыта, так и теоретическая основа.

## **2 РАЗРАБОТКА МЕТОДА ЭКСТРАПОЛЯЦИОННОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СОСТОЯНИЯ И РАЗВИТИЯ СОЦИАЛЬНО- ЭКОНОМИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ**

### **2.1 Принципы построения модели прогнозирования**

Прогнозные модели направлены на создание прогнозов. Прогнозирование – это способ научного предвидения, в котором используются как накопленный в прошлом опыт, так и текущие допущения в отношении будущего в целях его определения.

По периоду упреждения прогнозы подразделяются на оперативные, краткосрочные, среднесрочные, долгосрочные и дальнесрочные. Как правило, чем больше прогнозный период, на который составляют прогноз, тем значительнее может быть отклонение фактических данных от прогнозируемых.

1. Оперативные прогнозы основаны на предположении о том, что в прогнозируемом периоде не произойдет существенных изменений в исследуемом объекте как количественных, так и качественных.

2. Краткосрочные прогнозы основаны на предположении, что на протяжении прогнозируемой перспективы не ожидается существенных количественных изменений объекта исследования. Краткосрочные прогнозы в подавляющем большинстве используют в странах с переходной экономикой.

3. Долгосрочные прогнозы ориентированы на перспективу, на протяжении которой ожидаются существенные не только количественные, но и качественные изменения объекта исследования.

4. Среднесрочные прогнозы охватывают перспективу между кратко- и долгосрочными прогнозами с преобладанием количественных изменений над качественными.

5. Дальнесрочные (сверхдолгосрочные) прогнозы охватывают перспективу, в течение которой ожидаются столь значительные качественные изменения, что можно говорить лишь о самых общих перспективах развития исследуемого явления или процесса.

Временная градация прогнозов является в определенной мере условной и зависит от характера и цели конкретного прогноза. В социально-экономических прогнозах, как правило, используют следующую градацию по времени: оперативные прогнозы имеют продолжительность от 1 месяца до 1 года, краткосрочные – от 1 года до 3 лет, среднесрочные рассчитаны от 3 до 5–7 лет, долгосрочные – на период свыше 5–7 и примерно до 15–20 лет, дальнесрочные находятся за пределами долгосрочных [13].

Рассмотрение прогнозной деятельности как исследования будущих событий и явлений в развитии объекта требует определения методологических принципов, составляющих конструктивную основу для разработки и использования прикладных методов прогнозирования.

Важнейшим принципом, позволяющим объединить на общей методологической базе все многообразие методов прогнозирования в исследовании процессов самой разной природы, является принцип системности. Этот принцип требует рассмотрения объекта прогнозирования как системы взаимосвязанных характеристик объекта и прогнозного фона в соответствии с целями и задачами исследования.

В качестве обязательного условия системного представления предполагается наличие следующих свойств: целостность, иерархичность, целенаправленность, управляемость и т.д.

Принцип научной обоснованности должен базироваться на применении научного инструментария, глубоком изучении достижений отечественного и зарубежного опыта формирования прогнозов. Прогнозирование должно строиться на широком использовании методик и моделей как условия научного формирования прогнозов отдельных блоков комплексной системы, их обоснованности, действенности и своевременности.

Принцип адекватности прогноза объективным закономерностям характеризует не только процесс выявления, но и оценку устойчивых тенденций и взаимосвязей в развитии экономики и создание теоретического аналога реальных экономических процессов с их полной и точной имитацией. Реализация принципа адекватности предполагает учет вероятностного, стохастического характера реальных процессов, особенно в условиях неопределенности.

Принцип альтернативности прогнозирования связан с возможностью развития объекта исследования и его отдельных элементов по разным траекториям, при разных взаимосвязях и структурных соотношениях. В случае перехода от имитации сложившихся процессов и тенденций к предвидению их будущего развития возникает необходимость построения альтернатив, т.е. определения возможных путей развития объекта. Вероятностный характер прогнозирования отражает наличие случайных процессов и отклонений при сохранении их качественной однородности, устойчивости прогнозируемых тенденций. Альтернативность исходит из предположения о возможности качественно различных вариантов развития экономики.

Принцип целенаправленности предопределяет активный характер прогнозирования, поскольку содержание прогноза не сводится только к предвидению, а включает и цели, которые предстоит достигнуть в экономике путем активных действий органов государственной власти и управления

Необходимым условием разработки достоверного прогноза является познание объективных законов развития процессов, выявление устойчивых тенденций на их основе. Оно должно базироваться на глубоком изучении достижений прикладных разработок прогнозов, что составляет сущность принципа обоснованности или достоверности. Реализация этого принципа в практических исследованиях обеспечивается соответствующим качеством прогноза и оценкой достоверности и точности полученного результата.

Выбор конкретного метода прогнозирования во многом зависит от наличия и качества информационной базы. В данном случае важен принцип

наблюдаемости, который обеспечивает исследователя по возможности достаточными и достоверными статистическими данными. В некоторых случаях, особенно на уровне микроэкономики, менеджеры принимают решения в условиях избыточной информации. Поэтому при разработке преимущественно оперативных и краткосрочных прогнозов актуальным является мониторинг необходимых и надежных данных. Эта проблема может быть решена с использованием современных информационных технологий.

Основными функциями прогнозирования социально-экономических систем являются:

- анализ процессов и тенденций;
- исследование связей социально-экономических явлений в развитии объекта прогнозирования в конкретных условиях в определенном периоде;
- оценка объекта прогнозирования;
- выявление альтернатив развития;
- оценка последствий принимаемых решений;
- накопление научного материала для обоснованного выбора решений.

Рассмотрим перечисленные функции более подробно.

Анализ экономических, социальных, технологических процессов и тенденций осуществляется по трем стадиям: ретроспекция, диагноз и проспекция.

Под ретроспекцией понимают этап прогнозирования, на котором исследуется история развития объекта прогнозирования для получения его систематизированного описания. На этом этапе осуществляется сбор, хранение и обработка информации из разных источников, необходимых для прогнозирования. Здесь осуществляют оптимизацию как состава источников, так и методов измерения и представления ретроспективной информации, уточняют и окончательно формируют структуру и состав характеристик объекта прогнозирования.

Диагноз представляет собой этап прогнозирования, на котором исследуют систематизированное описание объекта прогнозирования с целью выявления тенденции его развития и выбора методов и моделей прогнозирования. На этапе диагноза анализируют объект прогнозирования, который лежит в основе прогнозной модели.

Перспекция представляет собой этап прогнозирования, на котором по данным диагноза разрабатывают прогнозы развития объекта, оценивают достоверность, точность или обоснованность прогноза (верификация), а также реализации цели прогноза путем объединения конкретных прогнозов на основе принципов прогнозирования (синтез). На стадии перспективы выявляют недостающую информацию об объекте прогнозирования, уточняют ранее полученную, вносят коррективы в модель прогнозируемого объекта в соответствии с вновь поступившей информацией.

Анализ позволяет установить те факторы, активное воздействие на которые приводит к изменению существующих тенденций в сложившейся обстановке.

Важнейшей методологической предпосылкой прогнозирования является учение об объективном характере экономических законов, которые выступают отражением существенных причинно-следственных связей явлений, выражающих их повторяемость в определенных условиях. Но вместе с тем при прогнозировании необходимо учитывать и неопределенность, обусловленную вероятностным действием экономических факторов, неполнотой знаний, существующих законов и закономерностей, наличием субъективного фактора при принятии решений, неполнотой и недостаточной надежностью информации.

Оценка объектов прогнозирования базируется на сочетании аспектов детерминированности и неопределенности (стохастичности). При отсутствии одного из них прогнозирование теряет смысл. При абсолютном детерминизме исчезает возможность альтернативного выбора решений. При абсолютной неопределенности конкретное представление будущего невозможно [14].



На сегодняшний день имеется ряд нормативно-методической документации в области оценки и прогнозирования развития урбанизированных территорий, позволяющей на основе анализа ретроспективных данных, внешних и внутренних связей объекта прогнозирования, а также их измерений в рамках рассматриваемого объекта или процесса вывести суждения определенной достоверности относительно его будущего развития.

Таким образом, при построении моделей прогнозирования необходимы фактические данные, полученные одним и тем же способом со строго заданным шагом, и причины, учитывающие изменения в системе, что позволит получить достоверные результаты прогнозов.

## **2.2 Математические зависимости для прогноза показателей**

Применение математических методов прогнозирования дает высокую достоверность получаемой информации по сравнению с результатами, полученными при использовании причинно-следственных методов. При прогнозировании наибольшее распространение получили методы математической экстраполяции, экономико-статистического и экономико-математического моделирования [15].

Метод математической экстраполяции позволяет количественно охарактеризовать прогнозируемые процессы. Он основан на изучении сложившихся в прошлом закономерностей развития изучаемого явления и распространения их на будущее. Метод исходит из того, что в социально-экономических системах действует принцип инерции, т.е. наблюдаемые закономерности достаточно устойчивы в течение некоторого периода времени.

Экстраполяция осуществляется с помощью выравнивания статистических рядов вне их связи с другими рядами экономической динамики, влияние которых учитывается в усредненном виде лишь на основе опыта прошлого.

Предпосылка о сохранении неизменности условий предшествующего периода при экстраполяции ограничивает возможности применения этого метода сравнительно непродолжительными периодами, в течение которых не происходит существенных качественных изменений. Наиболее достоверны результаты прогнозирования при соотношении продолжительности предшествующего периода (ретроспекции) и периода упреждения (проспекции).

Для применения данного метода необходимо иметь продолжительный ряд показателей за прошедшей период. Данная информация изучается и обрабатывается. Фактический временной ряд выравнивается путем графоаналитического или статистического подбора аппроксимирующей функции. Далее разрабатывают гипотезы изменения объекта в прогнозный период (период упреждения) и формализуют их в виде количественных показателей (тенденций). При этом значения показателей можно прогнозировать не только на конец прогнозного срока, но и на промежуточных этапах.

Методы и приемы математической статистики, теории вероятности дают возможность использовать широкий круг функций для прогнозирования необходимых показателей во времени [16].

Данные методы имеют недостатки, так как не может быть дан достоверный прогноз на длительный срок, если имеются скачкообразные изменения данных; нет возможности определить качественные характеристики прогнозируемых объектов.

Методы математической экстраполяции основаны на прогнозировании событий на основе ретроспективного анализа данных. Их особенностью является условное продолжение в будущее, выявленных в прошлом и в настоящем тенденций и закономерностей развития экономических явлений и процессов. Применяются они для прогнозирования количественных изменений тех объектов, тенденции развития которых можно представить при помощи математической статистики в разных сферах деятельности.

Наиболее часто при прогнозировании применяются экономико-статистические методы. Их особенностью являются конкретность, выяснение

сущности объекта с учетом места и времени его развития, применение системы показателей, позволяющих дать всестороннюю характеристику изучаемых явлений и процессов, закономерностей изменения их размеров и количественных соотношений. На основе данных методов оценивают развитие социально-экономических объектов, рассчитывают урожайность сельскохозяйственных культур, продуктивность животных, прогнозируют облесенность территории, сельскохозяйственную освоенность земель и др., оценивают расходы государственного бюджета, планируют цены и объемы продаж, расход материальных ресурсов, труда, капиталовложений и т.п.

Соответствующий метод позволяет научно обосновать показатели и нормативы, используемые при планировании.

Процесс разработки экономико-статистической модели (моделирование) состоит из следующих этапов:

- определение зависимой переменной (результативный показатель) и выявление факторов, влияющих на неё (факторный показатель);
- сбор статистических данных и их обработка;
- установление математической формы связи (вид уравнения) между результативными и факториальными показателями;
- определение числовых параметров экономико-статистической модели;
- оценка степени соответствия экономико-статистической модели изучаемому процессу;
- интерпретация модели.

Любой анализ состояния и развития объектов заключается в определении цели, задачи и выборе результативного показателя, который отражает эффективность прогнозного решения. Так например, при анализе интенсивности использования земель в сельскохозяйственных организациях в качестве результативного показателя могут быть использованы стоимость валовой продукции в расчёте на 100 га сельхозземель (пахотных земель), урожайность культур, продуктивность земель и другое; при анализе расхода материальных

ресурсов, могут быть использованы их стоимость, количество используемых ресурсов и т.п. В качестве факторных показателей применяют сельскохозяйственную освоенность и распаханность, энерговооруженность, населенность, трудообеспеченность, безработность, количество природных ресурсов и т. д.

При выборе независимых факторов руководствуются определенными правилами:

- точность функций выше при большем числе эмпирических данных (при крупных выборках);
- факторы-аргументы должны оказывать наиболее существенное влияние на изучаемый процесс, количественно измеряться и представляться лишь одним признаком;
- количество отобранных факторов не должно быть большим, так как это усложняет модель и повышает трудоёмкость её использования;
- включаемые в модель факторы не должны находиться между собой в состоянии функциональной связи (автокорреляция), так как они характеризуют одну и ту же сторону изучаемого явления и дублируют друг друга. При использовании их в статистической модели изучаемые зависимости и результаты расчётов могут быть искажены.

Сбор статистических данных и их обработку производят после определения зависимой переменной (результативного показателя) и факторов-аргументов. При сборе информации используют экспериментальный и статистический методы. Первый предполагает изучение данных, получаемых в результате проведения опытов, условия которых можно контролировать. Однако при оценке отдельных видов сложных объектов и групп показателей, характеризующих их состояние и определенные аспекты развития, процесс экспериментирования затруднён, а при решении некоторых вопросов вообще невозможен. Второй метод основан на использовании сплошных или выборочных статистических данных. Статистическая информация является

сплошной, а изучаемая совокупность – генеральной если при анализе используются данные по всем сферам производства. Однако размер генеральных совокупностей бывает слишком большим – несколько сотен единиц и более. Поэтому для сокращения расчётов и экономии времени число наблюдений сокращают, получая выборочные данные (формируя выборочную совокупность) различными методами, позволяющими сохранить достоверность вычислений и распространить результаты исследований на генеральную совокупность [17].

Во всех случаях выборка должна быть однородной. Необходимо исключать аномальные объекты и данные, сильно отличающиеся от всех остальных. Следует включать только факторы, которые измеряются однозначно некоторым числом или системой чисел.

Определение математической формы связи переменных производят, логически анализируя процесс. Анализ позволяет установить вид уравнения (линейное, нелинейное), форму связи (парная или множественная) и т. д.

Определение параметров модели включает расчёт числовых характеристик математической зависимости (уравнения).

Для определения параметров уравнения могут применяться различные методы (например, метод наименьших квадратов, метод средних, метод проб, метод выровненных точек). На практике самые точные результаты даёт метод наименьших квадратов. Данный метод основан на минимизации суммы квадратов остатков регрессии и заключается в нахождении коэффициентов линейной зависимости, при которых функция двух переменных принимает наименьшее значение. Его особенностью является, то что он может применяться также для приближённого представления (аппроксимации) заданной функции другими (более простыми) функциями, при нахождении совокупности величин, удовлетворяющих уравнениям или ограничениям, количество которых превышает количество этих величин и т.д. Оценка степени соответствия статистической модели изучаемому процессу осуществляется с использованием специальных коэффициентов (например, коэффициентов корреляции, детерминации, существенности и др.). Данные коэффициенты показывают

соответствие математического выражения изучаемому процессу, можно ли использовать полученную модель для проведения последующих расчётов и принятия решений, насколько точно определяется результативный показатель и с какой вероятностью можно ему доверять. Модель находит применение при научном обосновании нормативов, экономическом обосновании показателей в прогнозных разработках и т.д. [18].

Для выражения зависимостей при прогнозировании наиболее часто употребляется линейная зависимость, поскольку она проста в применении. Реже применяются степенные, гиперболические, полиномиальные и другие.

Математическое моделирование предполагает создание с помощью знаков и символов математических уравнений и неравенств, матриц, формул и др.

Решение любой математической задачи при планировании и прогнозировании обычно связано с использованием большого количества информации. Поэтому первоочередным этапом моделирования является сбор исходной информации, ее обработка и оценка. Собранная информация должна быть полной, достоверной, своевременной, оперативной, представляться в удобной форме для дальнейшего использования. При этом затраты на сбор, обработку, передачу, хранение информации должны минимизироваться. При планировании и прогнозировании состояния сложных объектов обычно используют статистические и отчетные данные по объекту планирования, плановую и нормативную информацию, а также, в более редких случаях – геоинформационные данные.

Основой математической модели является матрица – специальная таблица, содержащая смысловые или кодовые обозначения функции цели, переменных и ограничений, их числовое выражение в виде коэффициентов или ограничений. Целевая функция представляет собой аналитическую форму выражения критерия оптимальности. При моделировании в зависимости от уровня объекта (процесса) выделяют глобальный, отраслевой, локальный и частные критерии оптимальности. Размер матрицы определяется перечнем переменных величин.

Нахождение при прогнозировании оптимальных решений зависит от правильного определения состава ограничений. Ограничения формулируют в виде системы неравенств и уравнений, выражающей возможности производства и баланс ресурсов. Ограничения могут быть основными, которые накладываются на все или большинство переменных (например, площади земель, рабочих участков, дозы внесения удобрений, численность работников, минимальная заработная плата, численность населения и т.д.), дополнительными – накладываются на отдельные переменные или небольшие группы (объёмы производства отдельных видов продукции, потребление некоторых видов услуг и т.д.) и вспомогательными (не имеют самостоятельного экономического значения, используются для правильной формулировки экономических требований и математической записи).

Для анализа используют различные виды математических моделей: корреляционные модели, балансовые модели, модели оптимизации и т.д. [19]. При этом задачи часто состоят из блоков, каждый из которых имеет свой критерий оптимальности, а, в некоторых случаях, и свои определенные методы решения.

При решении такого рода задач часто накладываются ограничения. Наложение ограничений связано с нахождением оптимального решения при прогнозировании. Ограничения могут быть разработаны на группы: основные, которые накладываются на все или большинство переменных, дополнительные – накладываются на отдельные переменные или небольшие группы и вспомогательные (не имеют самостоятельного экономического значения, используются для правильной формулировки экономических требований и математической записи). Ограничения позволяют сохранять целостность данных, обеспечить достоверность и непротиворечивость информации.

В качестве критерия оптимальности при решении такого рода задач используют, как правило, минимум приведенных затрат на достижение какого-то фиксированного значения целевого показателя.

В результате решения задачи устанавливают состав и соотношение анализируемых показателей и их возможных прогнозных значений.

Таким образом, при разработке математических зависимостей для осуществления достоверной оценки и прогноза необходимы обоснованный выбор показателей, индикаторов, методов анализа, установления ограничений, критериев, а также теоретическое обоснование принципов, гипотез и подходов к анализу соответствующих объектов и процессов.

### **2.3 Оценка точности и достоверности разработанной модели**

Независимо от вида и способа построения математической модели вопрос о возможности ее применения в целях анализа и прогнозирования, например, социально-экономических явлений может быть решен только после установления адекватности объектов и процессов, т.е. соответствия модели исследуемому процессу или объекту. Так как полного соответствия модели реальному процессу или объекту быть не может, адекватность в какой-то мере является условным понятием. При моделировании имеется в виду адекватность не вообще, а по тем показателям, характеристикам и свойствам модели, которые считаются существенными для исследования.

Трендовая модель  $\hat{y}_t$ , конкретного временного ряда  $y_t$ , считается адекватной, если правильно отражает систематические компоненты временного ряда. Это требование эквивалентно требованию, чтобы остаточная компонента  $\varepsilon_t = y_t - \hat{y}_t (t = 1, 2, \dots, n)$  удовлетворяла свойствам случайной компоненты временного ряда: случайность колебаний уровней остаточной последовательности, соответствие распределения случайной компоненты нормальному закону распределения, равенство математического ожидания случайной компоненты нулю, независимость значений уровней случайной



компоненты. Рассмотрим, каким образом осуществляется проверка этих свойств остаточной последовательности.

Проверка случайности колебаний уровней остаточной последовательности означает проверку гипотезы о правильности выбора вида тренда. Для исследования случайности отклонений от тренда мы располагаем набором разностей  $\varepsilon_t = y_t - \hat{y}_t (t = 1, 2, \dots, n)$ .

Характер этих отклонений изучается с помощью ряда непараметрических критериев. Одним из таких критериев является критерий серий, основанный на медиане выборки. Ряд из величин  $e$ , располагают в порядке возрастания их значений и находят медиану  $\varepsilon_m$  полученного вариационного ряда, т.е. срединное значение при нечетном  $n$ , или среднюю арифметическую из двух срединных значений, при  $n$  четном. Возвращаясь к исходной последовательности  $\varepsilon_t$  и сравнивая значения этой последовательности с  $\varepsilon_m$ , будем ставить знак "плюс", если значение  $\varepsilon_t$  превосходит медиану, и знак "минус", если оно меньше медианы. В случае равенства сравниваемых величин соответствующее значение  $\varepsilon_t$  опускается. Таким образом, получается последовательность, состоящая из плюсов и минусов, общее число которых не превосходит  $n$ . Последовательность подряд идущих плюсов или минусов называется серией. Для того, чтобы последовательность  $e$ , была случайной выборкой, протяженность самой длинной серии не должна быть слишком большой, а общее число серий - слишком малым.

Обозначим протяженность самой длинной серии через  $K_{max}$ , а общее число серий – через  $\nu$ . Выборка признается случайной, если выполняются следующие неравенства для 5%-ного уровня значимости:

$$K_{max} < [3,3(\lg n + 1)], \quad (2.1)$$

$$\nu > \left[ \frac{1}{2} (n + 1 - 1,96\sqrt{n - 1}) \right], \quad (2.2)$$

где квадратные скобки означают целую часть числа.

Если хотя бы одно из этих неравенств нарушается, то гипотеза о случайном характере отклонений уровней временного ряда от тренда отвергается и, следовательно, трендовая модель признается неадекватной.

Другим критерием для данной проверки может служить критерий пиков (поворотных точек). Уровень последовательности  $\varepsilon_t$  считается максимумом, если он больше двух рядом стоящих уровней, т.е.  $\varepsilon_{t-1} < \varepsilon_t > \varepsilon_{t+1}$ , и минимумом, если он меньше обоих соседних уровней, т.е.  $\varepsilon_{t-1} > \varepsilon_t < \varepsilon_{t+1}$ . В обоих случаях  $\varepsilon_t$  считается поворотной точкой. Общее число поворотных точек для остаточной последовательности  $\varepsilon_t$  обозначим через  $p$ . В случайной выборке математическое ожидание числа точек поворота  $p$  и дисперсия  $\sigma_p^2$  выражаются формулами:

$$\bar{p} = \frac{2}{3}(n - 2); \sigma_p^2 = \frac{16n - 29}{90}. \quad (2.3)$$

Критерием случайности с 5%-ным уровнем значимости, т.е. с доверительной вероятностью 95%, является выполнение неравенства

$$p > \left[ \bar{p} - 1,96 \sqrt{\sigma_p^2} \right], \quad (2.4)$$

где квадратные скобки означают целую часть числа.

Если это неравенство не выполняется, то трендовая модель считается неадекватной.

Наряду с характеристиками адекватности модели при оценивании качества модели необходимо учитывать ее точность.

Как правило, о точности модели и прогноза судят по величине погрешности (ошибки). Ошибка прогноза это расхождение между фактическим и прогнозируемым значением исследуемого показателя. Использование данного подхода к оценке точности возможно только в том случае, когда период упреждения закончился, и исследователи имеют фактические значения на период упреждения или когда разрабатывается ретропрогноз.

Ретроспективное прогнозирование разрабатывается для некоторого момента времени в прошлом, для которого имеются фактические данные. В этом случае имеющаяся информация делится на две части. Первая часть, включающая более ранние данные, используется для подбора математической модели. По построенной математической модели дается прогноз на последующий оставшийся период времени. Прогнозные качества модели оцениваются по более поздним данным второй части ряда. Полученные ошибки прогноза в какой-то мере характеризуют точность подобранных моделей и могут использоваться при сопоставлении различных моделей прогнозирования. В то же время при использовании ошибки ретроспективного прогноза в качестве меры точности необходимо учитывать, что она получена при использовании только части имеющихся данных. При использовании полного объема имеющихся данных трансформируется вид подобранной модели, и изменяются значения критериев точности и качества. Если ретроспективное прогнозирование осуществляется по модели, содержащей одну или несколько внешних переменных, точность прогноза будет определяться точностью определения значения этих переменных на период упреждения. В этом случае возможны два способа определения значений экзогенных переменных: либо воспользоваться фактическими известными значениями экзогенных переменных, либо ожидаемыми их значениями. Естественно, что точность прогноза в первом случае будет выше.

Наличие данных о реализации прогнозов дает возможность оценить качество прогнозов величиной:

$$\gamma = \frac{p}{p + q}, \quad (2.5)$$

где  $p$  – число прогнозов, подтвержденных фактическими данными (фактическая реализация охвачена интервальным прогнозом);  $q$  – число прогнозов, не подтвержденных фактическими данными.

Использование коэффициентов  $v$  для разных моделей имеет смысл в том случае, если доверительные вероятности прогнозов приняты одинаковыми.

В том случае, если прогноз дается в виде точечной оценки, в качестве показателей точности прогноза могут использоваться такие статистические характеристики как средняя абсолютная и среднеквадратическая ошибка прогноза.

Г. Тейлом предложен в качестве меры качества прогноза коэффициент расхождения (или коэффициент несоответствия):

$$v = \frac{\sqrt{\sum_{t=1}^n (\hat{y}_t - y_t)^2}}{\sqrt{\sum_{t=1}^n y_t^2}}, \quad (2.6)$$

где  $\hat{y}_t$  и  $y_t$  – соответственно предсказанное и фактическое значение переменной. Коэффициент  $v = 0$ , когда  $\hat{y}_t = y_t$  (случай совершенного прогнозирования). Коэффициент  $v = 1$ , когда экстраполяция строится исходя из неизменности приростов. Коэффициент  $v > 1$ , прогноз дает худшие результаты, чем прогноз методом простой экстраполяции.

Рассмотренные выше показатели точности прогноза можно использовать только в случае наличия истинных значений величин, оцениваемых при разработке прогноза. Согласно этому различают апостериорную точность моделей, которая может быть определена только после практического использования модели, и априорную точность моделей. Под апостериорной точностью модели понимают точность модели при условии, что известны данные, полученные после опыта. Апостериорную точность используют, когда прогнозируемое событие уже произошло. Под априорной, подразумевают точность модели при отсутствии данных, полученных опытным путем. Априорную или предполагаемую точность оценивают в условиях отсутствия информации о результатах эксплуатации модели.

Чаще всего в качестве показателей точности применяются: абсолютная ошибка  $e_t$ , средняя абсолютная ошибка  $\bar{e}$ , средняя квадратическая ошибка  $\sigma_e$ ,

относительная ошибка  $e_{\text{отн}}$ , средняя относительная ошибка  $\bar{e}_{\text{отн}}$ , коэффициент сходимости, коэффициент детерминации.

Абсолютная ошибка прогноза это величина, характеризующая расхождение между фактическим и прогнозным значением показателя, зависящих от времени. Она определяется как разность между фактическим значением и его оценкой:

$$e_t = y_t - \hat{y}_t, \quad (2.7)$$

где  $y_t$  – фактическое значение показателя,  $\hat{y}_t$  – прогнозное значение показателя.

Среднее абсолютное значение ошибки представляет собой количество единиц в среднем отклоняющихся от прогноза и определяется по формуле:

$$\bar{e} = \frac{\sum_{i=1}^n |y_t - \hat{y}_t|}{n}, \quad (2.8)$$

где  $n$  – длина временного ряда.

Средняя квадратическая ошибка прогноза – это сумма квадратов ошибок. Она рассчитывается по формуле:

$$\sigma_e = \sqrt{\frac{\sum (y_t - \hat{y}_t)^2}{n - k}}, \quad (2.9)$$

где  $n$  – период упреждения, на прогнозируемый период времени,  $k$  – число оцениваемых параметров модели.

Средняя квадратическая ошибка используется для оценки точности прогноза.

Недостатком рассмотренных характеристик является их зависимость от масштаба измерения значений исследуемого показателя.

В связи с этим более удобными являются относительные значения этих величин. Относительная ошибка представляет собой отношение абсолютной ошибки к истинному значению прогноза и рассчитывается как:

$$e_{\text{отн}} = \frac{y_t - \hat{y}_t}{y_t} \cdot 100, \quad (2.10)$$

а средняя относительная ошибка определяется следующим образом:

$$\bar{e}_{\text{отн}} = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{y_t - \hat{y}_t}{y_t} \right| \cdot 100, \quad (2.11)$$

где  $n$  – количество наблюдений, где  $\hat{y}_t$  – теоритическое значение модели, где  $y_t$  – фактическое значение модели.

Показатель средней относительной ошибки чаще других используется при сравнении точности прогнозов, осуществляемых по различным методикам. Обычно лучшим признается тот прогноз, который имеет меньшее значение этого показателя. Принято считать, что если значение средней относительной ошибки менее 3-5%, то точность высокая; если значение средней относительной ошибки не превышает 10%, то точность хорошая; от 10% до 15% точность удовлетворительная.

Также для оценки используют коэффициент сходимости. Он представляет собой долю изменения модели, объясняемую с учетом включенных в нее переменных. Определяется по следующей формуле:

$$\varphi^2 = \frac{\sum_{t=1}^n (y_t - \hat{y}_t)^2}{\sum_{t=1}^n (y_t - \hat{y}_t)^2}, \quad (2.12)$$

где  $\hat{y}_t$  – теоритическое значение модели, где  $y_t$  – фактическое значение модели,  $n$  – количество наблюдений.

Чем меньше значение коэффициента сходимости, тем лучше точность модели.

Коэффициент детерминации – это доля дисперсии зависимой переменной, объясняемая рассматриваемой моделью. Для оценки качества подбора уравнения регрессии определяют коэффициент детерминации. Определяется коэффициент детерминации по формуле:

$$R^2 = 1 - \varphi^2, \quad (2.12)$$

где  $\varphi^2$  – коэффициент сходимости.

Чем больше значение коэффициента детерминации, тем лучше точность модели. Оптимальное значение коэффициента детерминации единица.

Наиболее популярными показателями оценки адекватности модели в целом являются: средняя ошибка аппроксимации и критерии Фишера (F-критерий).

Чтобы иметь общее суждение о качестве модели из относительных отклонений по каждому наблюдению, определяют среднюю ошибку аппроксимации как среднюю арифметическую :

$$A = \frac{1}{n} \sum \left| \frac{y_i - y_i^{\text{расчет}}}{y_i} \right| \cdot 100\%, \quad (2.13)$$

где  $y_i^{\text{расчет}}$  – значение результативного показателя (нормализованное).

Желательно, чтобы средняя ошибка аппроксимации не превышала 12%.

Значимость регрессионного уравнения в целом оценивается также с помощью F-критерия Фишера. F-отношение или F-критерий Фишера получают путем сопоставления факторной (объясненной) и остаточной дисперсии в расчете на одну степень свободы. Величина F-критерия Фишера связана с коэффициентом детерминации, поэтому значение критерия можно выразить и другой формулой.

$$F = \frac{\sigma_{об}^2}{\sigma_{ост}^2}, \quad (2.14)$$

где  $\sigma_{об}$  – общая дисперсия,  $\sigma_{ост}$  – остаточная дисперсия.

F-критерий используется для проверки нулевой гипотезы  $H_0$ : равенство между факторной (объясненной) и остаточной дисперсии.

Если нулевая гипотеза справедлива, то факторная и остаточная дисперсии не отличаются друг от друга. Для  $H_0$  необходимо опровержение, чтобы факторная дисперсия превышала остаточную в несколько раз. Если

расчетное значение критерия выше табличного, то в этом случае нулевая гипотеза об отсутствии связи признаков отклоняется и делается вывод о существенности этой связи.

Если же величина окажется меньше табличной, то нулевая гипотеза не может быть отклонена без серьезного риска сделать неправильный вывод о наличии связи. В этом случае уравнение регрессии считается статистически незначимым.

При анализе достоверности регрессионного уравнения оценивается значимость не только уравнения в целом, но и отдельных его параметров. С этой целью по каждому из параметров определяется его стандартная ошибка по формуле:

$$m_b = \sqrt{\frac{\sigma_{\text{ост}}^2}{\sum (y_i - \bar{y})^2}}, \quad (2.15)$$

где  $\sigma_{\text{ост}}$  – остаточная дисперсия.

Оценка значимости каждого коэффициента регрессии проводится по  $t$ -критерию Стьюдента:

$$t_{b_i} = \frac{b_i}{m_{b_i}}, \quad (2.16)$$

где  $b_i$  – коэффициент регрессии при переменной;  $m_{b_i}$  – стандартная ошибка коэффициента регрессии  $b_i$ .

Расчетное значение критерия Стьюдента сравнивается с табличным и делается вывод о значимости коэффициентов регрессии. Также, как и для критерия Фишера, параметр регрессионной модели признается значимым, если табличное значение критерия Стьюдента выше табличного.



На основе показателей адекватности и достоверности уравнения регрессии делается вывод о возможности использования данной функции в анализе, прогнозировании и принятии решения.

Одним из критериев оценки служит прогрессивность модели, означающая, насколько она по целому ряду параметров является лидирующей, вид отражения (интуитивное отражение, качественное описание, наглядная имитация, количественное описание, системное воспроизведение), распространенность (социальная сфера в целом, отрасль, социальная группа и т.д.), уровень разработанности (выдвинута идея, построена схема, разработан алгоритм, формализованная, материализованная система и т.п.), уровень творческого решения с помощью модели. Первый уровень – определение (различение, распознавание), классифицирование известных фактов, предметов, событий, упорядочение их и решение простых задач, усовершенствование простейших модельных представлений. Второй уровень – осуществление научного прогноза качественно новых фактов, событий и их практического использования [20].

Не менее важным является рассмотрение структуры моделей. В структуру модели входят три основных компонента: совокупность направлений развития объекта познания; побудительные силы развития; факторы внешних воздействий.

При исследовании важно зафиксировать степень реализованного воздействия всех основных компонентов на предыдущем этапе познания объекта, что может быть осуществлено при ретроспективном анализе. Подобный подход в значительной мере предопределяет предвидение развития исследуемого объекта, базирующееся на опыте прошлого, на сравнении с ним, опирается на репрезентативные массивы информации.

#### **2.4 Выводы по второму разделу**

В настоящее время получен значительный опыт, дающий основание сформулировать некоторые принципы и подходы к построению систем, объектов, явлений, процессов и их моделей. При рассмотрении поодиночке каждый из них может оказаться довольно простым. Но совокупность взятых вместе принципов и подходов далеко не проста. Многие ошибки и неудачи в практике моделирования являются прямым следствием нарушения методологии. Имеется целый ряд систем, объектов, явлений, процессов, которые допускают проведение непосредственных исследований по выявлению существенных параметров и отношений между ними. Затем либо применяются известные модели, либо они модифицируются, либо предлагается новая модель.

При разработке математических зависимостей для осуществления достоверной оценки и прогноза необходим обоснованный выбор показателей, индикаторов, методов анализа, установления ограничений, критериев, а также теоретическое обоснование принципов, гипотез и подходов к анализу соответствующих объектов и процессов. Математическая зависимость выражается в виде функции, наиболее точно отражающей динамику изменений прогнозируемого показателя во времени.

Прогнозы становятся важными компонентами процесса принятия решений. О точности прогноза принято судить по величине погрешности (ошибки) прогноза – разности между прогнозируемым и фактическим значением (реализацией) исследуемой переменной.

Для обеспечения точности и достоверности результатов прогнозирования необходима проверка адекватности прогнозной модели.

Проверка адекватности модели выполняется с использованием формальных статистических критериев. Однако такая проверка возможна при наличии надежных статистических параметров как оригинала (объекта прогнозирования), так и модели. Если по каким-то причинам такие оценки отсутствуют, то осуществляют сравнение отдельных свойств оригинала и модели. При этом первоначально должна проверяться истинность реализуемых

функций, затем истинность структуры и, наконец, истинность достигаемых при этом значений параметров.

### **3 АНАЛИЗ ПРОБЛЕМЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СОСТОЯНИЯ И РАЗВИТИЯ ГОРОДОВ РОССИИ**

### **3.1 Нормативная база для стратегического планирования и прогнозирования состояния и развития регионов и городов**

Планирование представляет процесс разработки и принятия решения, направленного на достижение целей при максимальной эффективности функционирования объектов. Наиболее значимым в долгосрочной перспективе представляется прогнозирование или стратегическое планирование. Прогнозирование должно обеспечить решение поставленной стратегической задачи, добиться определенной цели с помощью анализа внутренних и внешних показателей.

Стратегическое планирование – это процесс разработки стратегического плана путем формулирования целей и критериев управления, анализа проблем, определения стратегических идей и конкурентных преимуществ, выбора сценариев и базовых стратегий развития, прогнозирования социально-экономического развития.

Цель разработки стратегии развития города заключается в поиске источников эффективности и повышения социально-экономического развития города на основе роста материального благосостояния и человеческого потенциала. Разработка стратегического плана развития города является сложной научно-практической задачей, которая может быть решена совместными усилиями руководства муниципального образования и крупных ученых в области регионального управления. С позиции системного подхода города, как объекта стратегического управления можно рассмотреть, как совокупность шести взаимосвязанных макроподсистем:

- городское хозяйство, включающее всю инфраструктуру, обеспечивающую жизнедеятельность города;

- производственная сфера, в которую входят все отрасли материального производства (кроме агропромышленного комплекса), производящие валовой региональный продукт;
- агропромышленный комплекс, включающий сельское и лесное хозяйство, территорию и природные ресурсы как источник регионального богатства;
- социальная сфера, в состав которой входят все отрасли воспроизводства и духовного развития населения региона;
- финансово-экономическая сфера, обеспечивающая макроэкономические пропорции, финансовые связи отраслей города в виде городского бюджета;
- управленческая сфера.

Научное изучение внешней среды (макросреды) осуществляется на основе комплексного социального, технического, экономического анализа. Процесс стратегического планирования направлен на формирование целей, выбор специфических стратегий для определения и получения необходимых ресурсов и их распределения с целью обеспечения эффективной работы системы в будущем.

Основной документ стратегического планирования закреплен Федеральным законом "О стратегическом планировании в Российской Федерации" от 28.06.2014 [21]. Также существует ряд нормативных документов для стратегического планирования развития городов, регионов, стран, в том числе различным отраслям. Например, Методические рекомендации по согласованной подготовке и реализации документов планирования развития муниципальных образований [22], Методические рекомендации к разработке показателей прогнозов социально-экономического развития субъектов Российской Федерации [23], Правила разработки, корректировки, осуществления мониторинга и контроля реализации прогноза социально-экономического развития Российской Федерации на среднесрочный период [24], Методические

рекомендации по разработке и корректировке стратегии социально-экономического развития субъекта Российской Федерации и плана мероприятий по ее реализации[25], Методические рекомендации по разработке, корректировке, мониторингу среднесрочного прогноза социально-экономического развития российской федерации [26].

Методические рекомендации разработаны с целью стандартизации подготовки документа стратегического планирования. Методические рекомендации определяют принципы разработки стратегии социально-экономического развития, рекомендации по её структуре и содержанию, описание схемы разработки стратегического планирования, рекомендации по порядку ее разработки, корректировки, мониторинга и контроля реализации, рекомендации по разработке и корректировке плана мероприятий.

Также разработаны Стратегии развития округов, регионов и большей части городов России. Имеются стратегии по развитию отдельных отраслей промышленности.. Например, Стратегия социально-экономического развития Центрального федерального округа на период до 2020 года [27], Стратегия социально-экономического развития Северо-Западного федерального округа на период до 2020 года, Стратегии развития геологической отрасли Российской Федерации до 2030 года, Стратегия развития финансового рынка Российской Федерации на период до 2020 года, Стратегия развития жилищно-коммунального хозяйства в Российской Федерации на период до 2020 года, Стратегия социально-экономического развития Курской области на период до 2020 года, Стратегия социально-экономического развития Воронежской области на период до 2020 года, Стратегия социально-экономического развития Белгородской области на период до 2025 года [28] и другие.

В рамках разработки комплексных программ социально-экономического развития многие муниципалитеты областей разрабатывают аналогичные программы социально-экономического развития.

Комплексная программа социально-экономического развития муниципального образования – документ, включающий в себя концепцию,

стратегический план (для городских округов и муниципальных районов), долгосрочный, среднесрочный и годовой планы социально-экономического развития муниципального образования, план основных шагов по реализации плановых решений и алгоритм актуализации планов.

Исходя из изложенного, можно сделать вывод, что комплексная программа социально-экономического развития должна носить развернутый характер.

Принятие комплексной программы социально-экономического развития муниципального образования в качестве основного планово-прогнозного документа решает ряд методологических и практических проблем.

Таким образом, с точки зрения организации функционирования любого муниципального образования, как выделенной административно-территориальной единицы, комплексная программа социально-экономического развития может реализовать следующие функции:

- являться основным документом, определяющим стратегические цели, достижение которых закрепляет конкурентоспособность муниципального образования в развивающихся рыночных условиях, а, значит, и достойные условия жизни людей и благоприятные условия для развития бизнеса на длительный период времени;
- являться основным документом, определяющим для всех субъектов муниципального планирования и управления согласованные приоритеты, этапы, пути достижения стратегических целей и ресурсы, которые необходимо привлечь муниципальным образованиям для этого из всех источников финансирования;
- являться основным документом, определяющим формы и методы деятельности представительных и исполнительно-распорядительных органов власти муниципального образования, бизнес сообщества и населения, обеспечивающие не только согласованное по времени и ресурсам выполнение стратегических, долгосрочных среднесрочных целей и задач, но и реализацию текущей деятельности муниципального

хозяйства, обеспечивающей устойчивое, сбалансированное развитие муниципального образования;

– являться основным документом, обеспечивающим развитие муниципального образования на принципах баланса интересов населения, бизнеса и власти;

– являться базовым документом для формирования критериев оценки эффективности деятельности органов местного самоуправления, хозяйствующих субъектов и населения в рамках реализации плановых задач.

Помимо стратегических целей в любом муниципальном образовании имеются долговременные, среднесрочные и текущие цели и задачи, решение которых закреплено за ним действующим законодательством. Решение этих задач должно быть реализовано за счет собственных и привлекаемых ресурсов муниципального образования. Очевидно, что формы, методы и механизмы формирования данных ресурсов, алгоритм их распределения по задачам и структурам, их реализующим в долгосрочной, среднесрочной и текущей перспективе, должны быть спланированы. Отсюда возникает необходимость формирования долгосрочных, среднесрочных и годовых планов [29].

Таким образом, система планирования может включать разработку прогнозов и планов, в том числе концепций, программ, стратегических планов, бизнес-планов и др. Составной частью планирования являются планы территорий: области, края или республики. В практике планирования имеются свои методологические особенности, отличающие обоснование их плановых документов от методологии. В стране продолжается процесс становления и совершенствования механизма управления, составной частью которого является планирование и прогнозирование.

### **3.2 Существующие методы прогнозирования социально-экономического положения муниципальных образований**



Социально-экономическое прогнозирование основных направлений общественного развития предполагает использование специальных вычислительных и логических приемов, позволяющих определить параметры функционирования отдельных элементов производительных сил в их взаимосвязи и взаимозависимости.

Под методами социально-экономического прогнозирования следует понимать совокупность приемов и способов мышления, позволяющих на основе анализа ретроспективных данных, экзогенных (внешних) и эндогенных (внутренних) связей объекта прогнозирования, а также их изменений в рамках рассматриваемого явления или процесса вывести суждения определенной достоверности относительно будущего развития объекта.

На рисунке 3.1 представлена классификационная схема методов прогнозирования. Как видно из рисунка, по степени формализации (по первому классификационному признаку) методы социально-экономического прогнозирования можно разделить на интуитивные и формализованные. Интуитивные методы прогнозирования используются в тех случаях, когда невозможно учесть влияние многих факторов из-за значительной сложности объекта прогнозирования. В этом случае используются оценки экспертов. При этом различают индивидуальные и коллективные экспертные оценки [30].

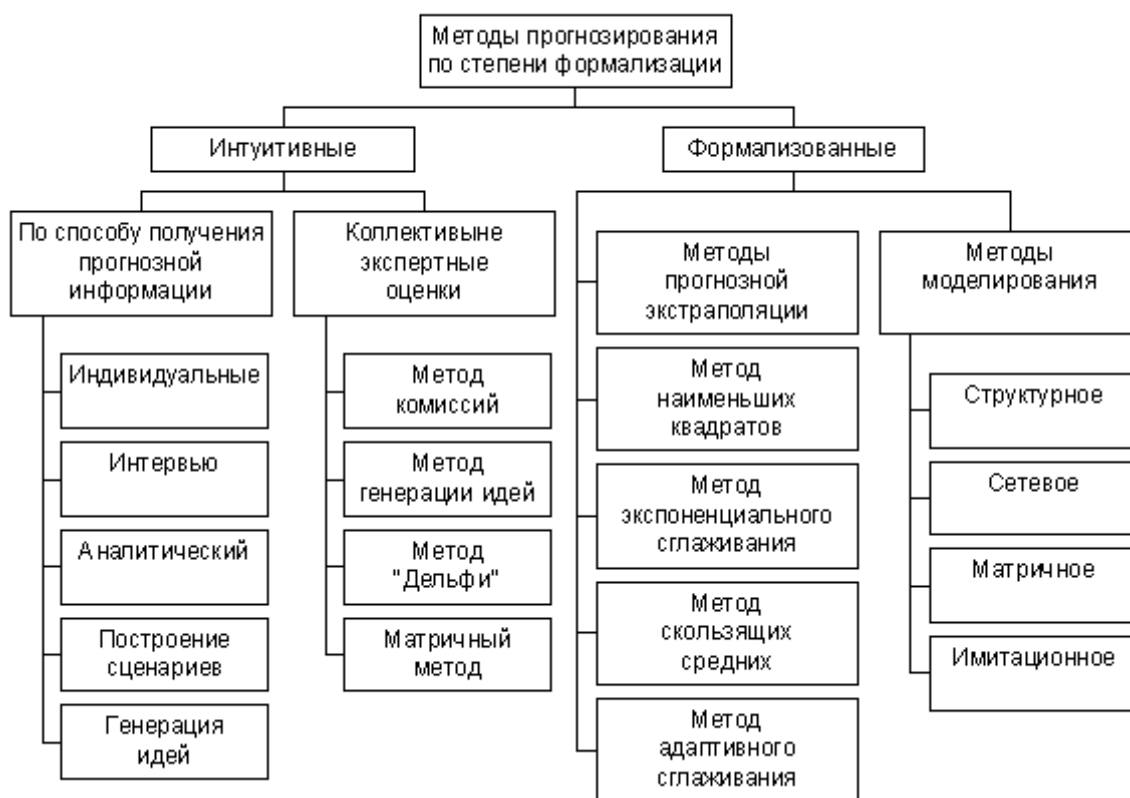


Рисунок 3.1. Квалификационная схема методов прогнозирования

Метод «интервью» позволяет осуществить непосредственный контакт эксперта со специалистом по схеме «вопрос-ответ».

Аналитический метод позволяет осуществить логический анализ какой-либо прогнозируемой ситуации и представить его в виде аналитической записки. Он предполагает самостоятельную работу эксперта над анализом тенденций, оценкой состояния и путей развития прогнозируемого объекта.

Метод написания сценария основан на определении логики развития процесса или явления во времени при различных условиях. Основное назначение сценария – определение генеральной цели развития прогнозируемого объекта, явления и формулирование критериев для оценки верхних уровней «дерева целей».

Метод «дерева целей» используется при анализе систем, объектов, процессов, в которых можно выделить несколько структурных или иерархических уровней. «Дерево целей» строится путем последовательного

выделения все более мелких компонентов на понижающихся уровнях. Каждая ветвь на каждом уровне разделяется на два ответвления следующего, более низкого уровня.

Метод «комиссий» состоит в определении согласованности мнений экспертов по перспективным направлениям развития объекта прогнозирования, сформулированным ранее отдельными специалистами.

Метод «Дельфи» состоит в организации систематического сбора экспертных оценок, их математико-статистической обработки и последовательной корректировки экспертами своих оценок на основе результатов каждого цикла обработки.

Метод «коллективной генерации идей» («мозговой атаки») целесообразен для определения возможных вариантов развития объекта прогнозирования и получения продуктивных результатов за короткий срок путем вовлечения всех экспертов в активный творческий процесс.

Формализованные методы прогнозирования базируются на математической теории, которая обеспечивает повышение достоверности и точности прогнозов, значительно сокращает сроки их выполнения, позволяет обеспечить деятельность по обработке информации и оценке результатов.

Группу формализованных методов входят две подгруппы:

- экстраполяции (методы наименьших квадратов, экспоненциального сглаживания, скользящих средних и др.);
- моделирования (методы математического моделирования, регрессионного и корреляционного анализа и др.).

Метод экстраполяции основывается на сохранении в будущем сложившихся условий развития процесса. Метод экстраполяции применим, если используются следующие допущения: а) период времени, для которого построена функция, должен быть достаточным для выявления тенденции развития; б) анализируемый процесс является устойчиво динамическим и обладает инерционностью, т.е. для значительных изменений характеристик процесса требуется время; в) не ожидается сильных внешних воздействий на

изучаемый процесс, которые могут серьезно повлиять на тенденцию развития. Прогнозирование с помощью метода экстраполяции – один из простейших методов статистического прогнозирования. Его использование оправдано при недостаточном знании о природе изучаемого явления или отсутствии данных, необходимых для применения более совершенных методов прогнозирования.

Экстраполяцию разделяют на два вида:

- простую экстраполяцию, которая предполагает, что все действовавшие в прошлом и настоящем тенденции сохранятся в полном объеме, так как все действовавшие факторы останутся неизменными;
- прогнозную экстраполяцию, которая базируется на предположении об изменении факторов, определяющих динамику изучаемого процесса или явления.

Основу экстраполяции составляет изучение динамических рядов, представляющих собой упорядоченные во времени наборы измерений тех или иных показателей исследуемого объекта. В основе динамического анализа лежит понятие траектории, которая описывает состояние изучаемого процесса как функцию от времени:

$$Q = Q(t), \tag{3.1}$$

где  $t \in [0, T], [0, T]$  – отрезок времени.

При этом время может учитываться как по интервалам, так и непрерывно. В первом случае функция называется динамическим рядом.

Использование экстраполяции имеет в своей основе предположение о том, что рассматриваемый процесс представляет собой сочетание двух составляющих: регулярной составляющей ( $X_t$ ) и случайной переменной ( $\varepsilon_t$ ). Временной ряд может условно представлен в виде:

$$Y_t = X_t + \varepsilon_t. \tag{3.2}$$

Регулярная составляющая называется трендом, тенденцией и характеризует существующую динамику развития процесса в целом. Случайная составляющая отражает случайные колебания (шумы процесса).

При экстраполивании используются методы: наименьших квадратов и его модификации; экспоненциального сглаживания, скользящей средней и др.

В прогнозировании по методу скользящей средней используются различные средние показатели за последние периоды. Можно рассчитать средние величины за любое число периодов, но обычно берут средние за один, три, четыре или двенадцать периодов. Когда используют скользящую среднюю за один период, то именно ее значение и служит прогнозной оценкой объема продаж на будущий период. Если нужна скользящая средняя за двенадцать периодов, например, месяцев, – то ее вычисляют на основе средних каждого из двенадцати последних месяцев. Когда оканчивается очередной месяц, мы берем среднюю за этот месяц и отбрасываем среднюю за первый. Таким образом, данные все время обновляются, а количество учитываемых периодов остается постоянным.

Скользящую среднюю легко вычислить, но у этого показателя есть некоторые ограничения. Прежде всего он нечувствителен к изменениям, к тому же для составления прогнозов на его основе нужно хранить и постоянно обновлять крупные массивы данных. Если, например, в прошлом объем продаж испытывал значительные колебания, средняя величина не может служить надежной основой для прогноза. Скользящая средняя учитывает только базовый элемент прогноза (базовый спрос) и оставляет в стороне остальные элементы.

Для преодоления этих недостатков был разработан модифицированный метод скользящей средневзвешенной, в котором больший вес присваивается данным за более поздние периоды. Одна из разновидностей метода скользящей средневзвешенной – экспоненциальное сглаживание.

При использовании метода экспоненциального сглаживания оценка будущего значения показателя основывается на средневзвешенной величине показателя за предыдущий период и на прогнозных значениях показателя.

Новый прогноз равен старому прогнозу, измененному на некую долю разности между значением старого прогноза и фактическим значениям показателя за последний прошедший период. Главное преимущество метода экспоненциального сглаживания заключается в том, что он позволяет быстро рассчитывать новые значения прогнозов, не требуя для этого больших массивов данных за прошлые периоды и обновления информации. Благодаря этому свойству метод экспоненциального сглаживания хорошо подходит для программирования с применением компьютерных средств. Изменяя значение коэффициента сглаживания, можно изучать и изменять чувствительность метода к изменениям.

Метод адаптивного сглаживания предполагает постоянный пересмотр выбранных значений альфа-фактора. Коэффициент пересматривают по завершении каждого прогнозного периода и определяют то его значение, при котором прогноз был бы безошибочным. Таким образом, субъективная оценка менеджеров отчасти заменяется систематической и последовательной корректировкой альфа-фактора.

Более изощренные разновидности адаптивного сглаживания построены на автоматическом отслеживании сигналов, предупреждающих о погрешностях и ошибках. Когда обнаруживается сигнал, вызванный слишком большой ошибкой, значение константы автоматически увеличивается, что делает прогноз более чувствительным к сглаживанию в предыдущие периоды. Если в последнем периоде объем продаж претерпевал значительные изменения, такая повышенная чувствительность уменьшит погрешность прогноза. Когда погрешность прогноза уменьшается, сигнал автоматически возвращает константу к ее первоначальному значению.

Метод адаптивного сглаживания обладает свойством самокоррекции, т.е. подстраивания собственной чувствительности под текущую ситуацию. Хотя этот метод был специально разработан для систематического преодоления ошибок, его недостаток заключается – в склонности к чрезмерным реакциям, когда случайная погрешность воспринимается как проявление тенденции или

сезонного фактора. Такое ошибочное истолкование может стать причиной роста величины погрешностей в будущем.

Методы моделирования представляют собой изучение объекта путем создания и исследования его модели. Метод моделирования включает в себя следующие этапы:

- конструирование модели на основе предварительного изучения объекта;
- выделение существенных характеристик объекта;
- экспериментальный и теоретический анализ модели;
- сопоставление результатов моделирования с фактическими данными объекта;
- корректировка или уточнение модели.

В свою очередь моделирование представляет собой исследование объектов познания на их моделях; построение и изучение моделей реально существующих объектов, процессов или явлений с целью получения объяснений этих явлений, а также для предсказания явлений. Выделяют структурное, матричное, сетевое и имитационное моделирование [31].

Метод структурного моделирования представляет собой свободную компоновку первичных модульных элементов в разнообразные по конфигурации и связям системы и структурные комплексы. Данный метод используется при поисках и разработке гибких, открытых для развития систем, обладающих композиционной способностью «присоединяемости». Метод гармонично увязывает требования унификации при индустриальном производстве с возможностью индивидуализации отдельных композиционных решений и является гибким средством организации разнообразных предметно-пространственных образований.

Одним из важных преимуществ сетевого моделирования является возможность построения сетевых моделей, наглядно отображающие процессы коммерческой деятельности. Значительное место в сетевом моделировании

занимают задачи, связанные с планированием и составлением расписания выполнения работ или операций в коммерческой деятельности. В таких моделях множество работ всей совокупности задается отношениями предшествования между ними.

Матричная информационная модель представляет собой таблицу, отражающую соответствующие взаимосвязи показателей, а также формирование новых данных в процессе функционирования системы управления. Это – модель выявления потоков информации системы или любого ее подразделения, выражающая количественно и качественно все их внешние и внутренние характеристики. Матричный метод анализа ориентирован прежде всего на оценку финансового результата (прибыли) и является достаточно универсальным инструментом для оперативного проведения в компьютерном режиме укрупненных расчетов по оценке эффективности деятельности предприятия и его структурных подразделений. Конечная цель анализа деятельности предприятия состоит в оценке его экономического положения, которое определяется путем сопоставления ресурсов с затратами.

Имитационное моделирование представляет собой мощный инструмент исследования поведения реальных систем. Методы имитационного моделирования позволяют собрать необходимую информацию о поведении системы путем создания ее компьютерной модели. Эта информация используется затем для проектирования системы. Целью имитационного моделирования является воспроизведение поведения исследуемой системы на основе результатов анализа наиболее существенных взаимосвязей между ее элементами в предметной области для проведения различных экспериментов. Имитационное моделирование позволяет имитировать поведение системы во времени. Преимуществом является то, что временем в модели можно управлять: замедлять в случае с быстропротекающими процессами и ускорять для моделирования систем с медленной изменчивостью. Можно имитировать поведение тех объектов, реальные эксперименты с которыми дороги, невозможны или опасны. Метод имитационного моделирования используется в



IT-инфраструктуре, математическом моделировании исторических процессов, управления проектами, экосистеме и информационной безопасности.

Также немалую роль при обработке статистических данных играют корреляционный и регрессионный анализ.

Корреляционный анализ, как и другие статистические методы, основан на использовании вероятностных моделей, описывающих поведение исследуемых признаков в некоторой генеральной совокупности, из которой получены экспериментальные значения. Регрессионный анализ заключается в определении аналитического выражения связи, в котором изменение результативного признака обуславливается влиянием одного или нескольких факторных признаков, а множество всех прочих факторов применяется за постоянные (или усредненные) величины.

Основная задача корреляционного анализа - выявление связи между случайными переменными путем точечной и интервальных оценок. Метод корреляционного анализа применяется для того, чтобы при сложном взаимодействии посторонних влияний выяснить какой должна была быть зависимость между величинами, если бы посторонние факторы не изменялись и своим изменением не искажали основную зависимость.

Основные задачи регрессионного анализа состоят в том, чтобы по имеющимся статистическим данным переменных установить форму зависимости между переменными; оценить функцию регрессии (т.е. получить наилучшие оценки неизвестных параметров, проверить статистические гипотезы о параметрах модели); проверить, достаточно ли хорошо модель согласуется со статистическими данными (адекватность модели данным наблюдений); оценить неизвестные значения зависимой переменной (сделать прогноз значений).

Кроме того, широко используются в процессе социально – экономического прогнозирования нормативный и балансовый методы.

Нормативный метод – это один из способов разработки прогнозных и плановых документов, обоснования плановых решений. Нормативный метод применяется на основе расчета прогнозных показателей. Нормы и нормативы

разрабатываются заранее на законодательной или ведомственной основе. Норма – это максимально допустимая величина. Норматив – соотношение элементов производственного процесса (составляющая нормы).

Нормы и нормативы подразделяются на ресурсные, экономические и социальные. При необходимости они конкретизируются и дифференцируются по отдельным направлениям, объектам, регионам.

Например, используются нормативы: социального развития – потребление на душу населения, прожиточный минимум, площадь жилья и др.

Балансовый метод – это метод взаимного сопоставления имеющихся материальных, трудовых и финансовых ресурсов и потребностей в них. Балансовый метод применяется для взаимосвязи объема и структуры общественных потребностей с материальными, трудовыми и финансовыми ресурсами, а также взаимного согласования всех разделов и показателей планов. Он используется, прежде всего, как инструмент обеспечения планомерности, пропорциональности, научной обоснованности пропорций воспроизводства, отраслевой и территориальной структуры общественного производства. Сущность балансового метода состоит в разработке системы балансов, соответствующих многообразию планируемых пропорций: народнохозяйственных, межотраслевых, внутриотраслевых, территориальных и др.

В процессе систематизированного научно обоснованного прогнозирования развития социально-экономических процессов происходило развитие методологии прогнозирования, как совокупности методов, приемов и способов мышления, позволяющих на основе анализа ретроспективных данных, экзогенных и эндогенных связей объекта прогнозирования, а также их измерений в рамках рассматриваемого явления или процесса вывести суждения определенной достоверности относительно его будущего развития.

Исследование различных классификационных схем методов прогнозирования позволяет выделить в качестве основных классов

фактографические, экспертные и комбинированные методы, специализация которых обусловлена спецификой целей и задач, количеством и качеством исходной информации, периодом упреждения прогнозов.

Формализованные методы прогнозирования базируются на построении прогнозов формальными средствами математической теории, которые позволяют повысить достоверность и точность прогнозов, значительно сократить сроки их выполнения, облегчить обработку информации и оценки результатов. В состав формализованных методов прогнозирования входят: методы интерполяции и экстраполяции, метод математического моделирования, методы теории вероятностей и математической статистики. Создание формализованных описаний имеет не только собственно познавательную ценность, но является условием для использования на теоретическом уровне математического моделирования. А всякая прогнозная оценка подразумевает экстраполяцию и мысленное моделирование.

### **3.3 Стандартные пакеты для обработки количественной информации и специализированные программные продукты для прогнозирования состояния и развития городов**

На сегодняшний день известно множество программ для обработки количественной информации и прогнозирования состояния и развития городов. Их разделяют на две группы стандартные программные пакеты и специализированные программные продукты [32].

К наиболее известным стандартным пакетам для обработки информации относятся: AUTOBOX [33], DecisionPro 4.0 [34], Decision Time/What If, Eviews 4.1 [35], Forecast Pro, Forecast Pro Unlimited, Forecast Pro XE [36], GAUSS Mathematical & Statistical System [37], Logility Voyager Solutions v6.5 [38], MINITAB Statistical Software [39], NCSS [40], OpenForecast [41], Peerforecaster [42], PEER Planner [43],

PSI Planner for Windows [44], SAS/ETS and SAS High-Performance Forecasting [45], Spreadsheet Operations Manager, STATISTICA [46] и другие.

Обзор программных пакетов представлен в виде таблиц, каждая из которых посвящена отдельному аспекту их работы при обработке информации.

Все программные пакеты имеют возможность импорта данных, основным форматом файлов является Excel, а также другие дополнительные форматы (dbf, xml, Access, Dbase, Paradox, SAS, SPSS, ASCII и другие).

В таблице 3.1 представлен перечень программных пакетов, которые имеют возможность экспорта данных, также в таблице представлены форматы экспорта графиков.

Основным форматом экспорта данных во всех программных пакетах, за исключением AUTOBOX, является Excel. Почти все программы имеют импорт в систему управления базами данных (СУБД), за исключением Logility Voyager Solutions v6.5 и PSI Planner for Windows. Так же импорт графиков отсутствует в таких пакетах, как AUTOBOX, Logility Voyager Solutions v6.5, Openforecast, Peerforecaster, и PSI Planner for Windows. Для остальных пакетов основным форматом импорта графиков является bmp-формат (формат хранения растровых изображений).

Название программного пакета	Экспорт		
	Экспорт результатов в MS Excel	Экспорт в СУБД	Формат экспорта графиков
AUTOBOX		ДА	
Decisionpro 4.0	ДА	ДА	OLE, WMF, BMP, HTML, буфер обмена копировать/вставить
Decision Time/What If	ДА	ДА	ДА
Eviews 4.1	ДА	ДА	Метафайл Windows, буфер обмена Windows
Forecast Pro	ДА	ДА	ДА
Forecast Pro Безлимитный	ДА	ДА	ДА
Forecast Pro XE	ДА	ДА	ДА
GAUSS Mathematical & Statistical System	ДА	ДА	Eps, emf, hpg, bmp, dib
Logility Voyager Solutions v6.5	ДА		
MINITAB Statistical Software	ДА	ДА	MGF (MINITABформат), JPG, PNG, TIF, BMP
NCSS	ДА	ДА	ДА
Openforecast		ДА	
Peerforecaster	ДА	ДА	
PEER Planner	ДА	ДА	ДА
PSI Planner for Windows	ДА		
SAS/ETS and SAS High-Performance Forecasting	ДА	ДА	Формат графиков такой же, как формат изображения в HTML, pdf, gif, jpeg, другие.
Smartforecasts	ДА	ДА	ДА
STATISTICA	ДА	ДА	Bitmap, GIF, PNG, JPG

Возможность построения графиков является важным аспектом при обработке информации. При рассмотрении программных пакетов были определены основные типы графиков, которые представлены в таблице 3.2: отображение временных рядов, диаграммы рассеяния, график прогноза, график остатков, диаграммы «в столбцах», «в долях» и другие.

Таблица 3.2. Типы графиков

Название программного пакета	Типы графиков				
	График временного ряда	Диаграмма рассеяния	График прогноза	График остатков	Диаграммы «столбцы» «доли» и др.
AUTOBOX	ДА	ДА	ДА	ДА	
Decisionpro 4.0	ДА	ДА	ДА	ДА	ДА
Decision Time/What If	ДА	ДА	ДА	ДА	ДА
Eviews 4.1	ДА	ДА	ДА	ДА	ДА
Forecast Pro	ДА		ДА	ДА	
Forecast Pro Безлимитный	ДА		ДА	ДА	
Forecast Pro XE	ДА		ДА	ДА	
GAUSS Mathematical & Statistical System	ДА	ДА			ДА
Logility Voyager Solutions v6.5	ДА		ДА		ДА
MINITAB Statistical Software, Release 13	ДА	ДА	ДА	ДА	ДА
NCSS	ДА	ДА	ДА	ДА	ДА
Openforecast					
Peerforecaster					
PEER Planner	ДА	ДА	ДА		ДА
PSI Planner for Windows	ДА		ДА		ДА
SAS/ETS and SAS High-Performance Forecasting	ДА	ДА	ДА	ДА	ДА
Smartforecasts	ДА	ДА	ДА	ДА	ДА
STATISTICA	ДА	ДА	ДА	ДА	ДА

Основным методом прогнозирования рассматриваемых пакетов является регрессионный метод, который подразделяется на максимальное количество независимых переменных, максимальное количество наблюдений, нелинейные регрессионные модели, динамические регрессионные модели, и другие методы одномерного анализа: анализ тренда, типы подгонки кривых (таблица 3.3).

Таблица 3.3. Методы анализа: Регрессия и одномерные методы

Название программно-го пакета	Методы анализа					
	Регрессия				Другие одномерные методы	
	Максимальное количество регрессоров	Максимальное количество наблюдений	Нелинейные регрессионные модели	Динамическая регрессия	Анализ тренда	Если есть, типы аппроксимации
AUTOBOX	149	10,000	ДА	ДА	ДА	Фиксирует смену линейного тренда (breakpoint)
Decisionpro 4.0	Безлимитный	Безлимитный			ДА	
Decision Time/What If	Безлимитный	Безлимитный	ДА			
Eviews 4.1	2,000	4,000,000	ДА	ДА	ДА	Пользователь задает вид тренда
Forecast Pro					ДА	Прямая, парабола, экспонента, кривая роста
Forecast Pro Безлимитный					ДА	Прямая, парабола, экспонента, кривая роста
Forecast Pro XE	40	Безлимитный		ДА	ДА	Прямая, парабола, экспонента, кривая роста
GAUSS Mathematical & Statistical System	Безлимитный	Безлимитный	ДА			
Logility Voyager Solutions v6.5					ДА	Экспонента
MINITAB Statistical Software, Release 13	999	Безлимитный			ДА	
NCSS	500+	200,000	ДА		ДА	Широкий набор функций
Openforecast	Безлимитный	Безлимитный	ДА			
Peerforecaster					ДА	Пространственно-временной тип
PEER Planner					ДА	Нелинейные
PSI Planner for Windows	2	60				
SAS/ETS and SAS High-Performance Forecasting	Безлимитный	Безлимитный	ДА	ДА	ДА	Допускает оценивание всех основных видов трендов, есть возможность анализа динамики тренда
Smartforecasts	Безлимитный	Безлимитный			ДА	
STATISTICA	Безлимитный	Безлимитный	ДА	ДА	ДА	

Также существуют методы многомерного анализа, подразделяющиеся на спектральный анализ, фильтр Кальмана, анализ Фурье, пространственно-временные модели, анализ фазовых колебаний, анализ интервенций, нейросети и т.д. (таблица 3.4)

Таблица 3.4. Методы анализа: методы многомерного анализа

Название программного пакета	Методы анализа						
	Многомерный анализ						
	Спектральный анализ	Фильтр Калмана	Анализ Фурье	Пространственные модели	Модели с transfer function	Анализ интервенций	Нейросети
AUTOBOX					ДА	ДА	
Decisionpro 4.0	ДА		ДА				
Decision Time/What If		ДА		ДА		ДА	
Eviews 4.1							
Forecast Pro							
Forecast Pro Безлимитный							
Forecast Pro XE							
GAUSS Mathematical & Statistical System	ДА	ДА	ДА	ДА			ДА
Logility Voyager Solutions v6.5							ДА
MINITAB Statistical Software, Release 13							
NCSS	ДА		ДА				
Openforecast							
Peerforecaster				ДА			
PEER Planner							
PSI Planner for Windows							
SAS/ETS and SAS High-Performance Forecasting	ДА	ДА	ДА	ДА	ДА	ДА	ДА
Smartforecasts							
STATISTICA	ДА		ДА		ДА		ДА

Анализ и обработку данных можно выполнять не только стандартизированных программных пакетах, но и специально созданными программными продуктами. Однако следует отметить, что такие продукты созданы для конкретной цели является очень «узкими» и направлены на обработку определенного вида информации и предоставления результатов в



строго заданном виде. В качестве примера, можно выделить такие программные продукты, как Vortex, IP Sociologist, ИНЭК-Аналитик, Audit Expert и другие.

Программа Vortex предназначена для разработки инструментария сбора данных, ввода, обработки и анализа информации, представления полученных результатов в виде таблиц, текстов и диаграмм. Области применения: любые исследования связанные с опросами населения, сотрудников или экспертов, анализ данных наблюдений, статистики.

Программа IP Sociologist предназначена для статистической обработки данных и их анализа, представления полученных результатов в виде таблиц и графиков. Области применения в социологических и маркетинговых исследованиях городов.

Программа ИНЭК-Аналитик предназначена для анализа экономических показателей в динамике, представления полученных результатов в виде таблиц, диаграмм и графиков. Анализ проводится не только по исходным значениям показателей, но также по базисным и цепным темпам их роста и прироста. Применяется в области экономического развития и состояния городов.

Audit Expert» – аналитическая система для диагностики, оценки и мониторинга финансового состояния предприятия, представления полученных результатов в виде таблиц, различных графиков и диаграмм. Областью применения является финансовое состояние в городах.

Исходя из приведенного анализа видно, что для всесторонней оценки состояния и развития городов лучше использовать стандартные пакеты обработки статистической информации, т.к. обработка в таких пакетах не накладывает серьезные ограничения на объем используемой информации.

Что касается выбора программного пакета, то в работе выбрана «STATISTICA», так как программа в свободном доступе для скачивания и много методического материала для работы с ней.

Система «STATISTICA», разработанная компанией StatSoft, является одной из наиболее популярных статистических программ для поиска закономерностей, прогнозирования, классификации, визуализации данных.

Может применяться в экономике, промышленности, медицине, научных исследованиях и других сферах человеческой деятельности. Клиентами StatSoft являются крупнейшие компании с мировым именем.

В системе существует возможность проводить классические и новейшие методы проведения анализа данных: кластерный, факторный, корреляционный, дисперсионный анализ, линейную и нелинейную регрессии, нейронные сети и др. Визуализация исходных, промежуточных, выходных данных может быть осуществлена выбором из большого числа различных графиков и диаграмм.

Применение программы «STATISTICA» позволяет эффективно решать сложные проблемы и осуществлять аналитическую поддержку принятия решений.

«STATISTICA» получает наивысшие оценки во всех сравнительных обзорах статистического программного обеспечения.

### **3.4 Выводы по третьему разделу**

Стратегическое планирование является важнейшим элементом системы государственного управления развитием страны и её регионов. С принятием в 2014 г. Федерального закона «О стратегическом планировании в Российской Федерации», определяющего правовые основы, принципы и механизмы разработки перспектив развития пространственных социально-экономических систем, началось формирование комплексной системы государственного стратегического планирования.

В настоящее время стратегическое планирование осуществляется на федеральном, региональном и муниципальном уровнях. Стратегическое планирование на уровне регионов позволяет обеспечивать им успешное развитие в долгосрочной перспективе на основе эффективного использования ресурсов территории, повышения её инвестиционной привлекательности, реализации

имеющегося потенциала. Стратегия экономического развития регионов меняется в зависимости от социально-экономического и политического развития городов.

Сложность выбора наиболее эффективного метода прогнозирования заключается в определении относительно классификации методов прогнозирования характеристик каждого метода, перечня требований к ретроспективной информации и прогнозному фону. В главе проанализированы существующие методы прогнозирования социально-экономического развития и выявлены их особенности использования.

Исследование различных классификационных схем методов прогнозирования позволяет выделить в качестве основных классов фактографические, экспертные и комбинированные методы, специализация которых обусловлена спецификой целей и задач, количеством и качеством исходной информации, периодом упреждения прогнозов.

Показано, что для обработки статистической информации можно использовать стандартные программные пакеты и специализированные программные продукты. Для построения прогноза развития городов России в качестве инструментария обоснован выбор стандартного пакета STATISTICA. Данная программа, разработанная компанией StatSoft, является одной из наиболее популярных статистических программ для поиска закономерностей, прогнозирования, классификации, визуализации данных. Может применяться в экономике, промышленности, медицине, научных исследованиях и других сферах человеческой деятельности.

## 4 АНАЛИЗ И ОЦЕНКА ПРОЦЕССОВ РАЗВИТИЯ ГОРОДОВ РОССИИ НА ПРОГНОЗНЫЙ ПЕРИОД 2020-2025 ГОДОВ

### 4.1 Составление среднесрочного прогноза по основным показателям социально-экономического развития городов до 2020 года

Информационной основой разработки среднесрочного прогноза, как было отмечено в первом разделе пункт 1.1, послужила база данных Федеральной государственной статистики Российской Федерации[4]. Используемые данные для анализа охватывают период с 2003 по 2015 годы по 178 городам России с численностью населения больше 100 тыс. человек. В эту базу входит информация по 438 показателей. Анализ соответствующей базы позволил сгруппировать имеющуюся информацию как по группам показателей, так по численности населения. В свою очередь это дало возможность сократить для анализа объем информации.

Города можно классифицировать следующим образом, согласно своду правил «Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений»[47]:

- крупнейшие — с населением свыше 1 млн чел., входит 15 городов;
- крупные — от 250 тыс. чел. до 1 млн чел. (в том числе подкатегории от 250 до 500 тыс. и от 500 тыс. до 1 млн чел.), входит 63 города;
- большие — от 100 до 250 тыс. чел., входит 92 города;
- средние — от 50 до 100 тыс. чел., входит 154 города;
- малые — до 50 тыс. чел. (в том числе подкатегории до 10 тыс., от 10 до 20 тыс. и от 20 до 50 тыс. чел.), входит 788 городов.

Для построения прогноза на 2020 год было выбрано 17 городов: Белгород, Воронеж, Курск, Липецк, Орел, Тула, Старый Оскол, Архангельск, Краснодар, Волгоград, Ростов на Дону, Уфа, Казань, Пермь, Самара, Екатеринбург, Новосибирск. Выбор городов основывался на близлежащих городах к Белгороду и подобных к ним городам по численности населения,

поэтому по приведенной классификации разделены на три группы большие города (Белгород, Курск, Орел, Тула, Старый Оскол, Архангельск), крупные (Липецк, Краснодар) и крупнейшие (Воронеж, Волгоград, Ростов на Дону, Уфа, Казань, Пермь, Самара, Екатеринбург, Новосибирск).

Среднесрочный прогноз для указанных городов осуществлялся по следующим 7 показателям:

- численность населения (оценка на конец года), тыс. чел.;
- объем промышленной продукции (в фактически действовавших ценах), млн. руб.;
- объем работ, выполненных по виду деятельности «Строительство», млн.руб.;
- оборот розничной торговли, млн.руб.;
- среднегодовая численность работников, тыс. чел.;
- среднемесячная номинальная начисленная заработная плата, руб.;
- инвестиции в основной капитал, млн.руб.

Для всех выше перечисленных городов имеется информация по всем 7 показателям, приведенным выше, за период с 2003 по 2015 года.

Численность населения основной показатель, по которому выбраны города. Также выбор данного показателя обоснован тем, что он является важной характеристикой при определении степени привлекательности города.

Объем промышленной продукции показывает на какую общую стоимость товара, произведено в промышленной сфере, промышленных услуг и работ, выполненных на территории города.

Объем работ выполненных по виду деятельности «Строительство» показывает работы, выполненные организациями собственными силами в городе на основании договоров и контрактов, заключаемых с заказчиками. В стоимость этих работ включаются работы по строительству новых объектов, капитальному и текущему ремонту, реконструкции, модернизации жилых и нежилых зданий и инженерных сооружений.

Оборот розничной торговли представляет собой выручку от продажи товаров населению для личного потребления или использования в домашнем хозяйстве, что показывает уровень жизни населения города.

Среднегодовая численность работников показывает работоспособность населения и количество рабочих мест в городе.

Среднемесячная номинальная начисленная заработная плата показывает уровень жизни населения.

Инвестиции в основной капитал – совокупность затрат, направленных на воспроизводство основных фондов (новое строительство, расширение, а также реконструкцию и модернизацию объектов, которые приводят к увеличению их первоначальной стоимости, приобретение машин, оборудования, транспортных средств, формирование основного стада, насаждение и выращивание многолетних культур и т.д.) в городе.

Выбранные показатели позволяют определить социально-экономическое развитие городов.

Прогнозирование проводилось методом экстраполяции с использованием программного пакета STATISTICA [48].

Для дальнейшего составления среднесрочного прогноза на 2020 год в программе STATISTICA создавалась таблица с исходными данными.

Заполнение таблицы посредством экспортирования массива численной информации из файла Excel, сформированного на основе данных Федеральной службы государственной статистики. Внешний вид полученной таблицы представлен на рисунке 4.1.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	
	Города	Nas_0_3	Prom_03	Stroit_03	Torg_0_3	N_rab_0_3	Zarpl_0_3	Inves_0_3	ХофПлеп	Nas_0_5	Prom_05	Stroit_05	Torg_0_5	N_rab_0_5	Zarpl_0_5	Inves_0_5	NewVar	Nas_1_3	Prom_13	Stroit_13	Torg_13	N_rab_13	Zarpl_13	
1	Белгород	338,6	14107,0	3284,3	14261,5	138,4	5240	5665,8		344,2	21299,7	6306,1	132525,6	132,9	8233	9258,1		379,5	39065,8	9373,6	33234,5	119,0	26423,1	
2	Воронеж	849,8	35113,1	2624,2	33340,3	327,6	4570	12027,5		846,3	42409,9	4403,2	52109,7	316,2	7265	16005,4		1014,6	16639,5	16626,6	38171,0	296,9	26977,7	
3	Курск	408,4	18267,6	2181,9	17685,6	153,6	4133	2388,5		405,5	19367,6	3628,4	28167,7	149,8	6440	6682,7		431,2	37989,9	9698,0	34037,4	121,5	33790,1	
4	Липецк	504,4	101512,0	575,8	20021,0	184,5	5627	7450,0		502,8	150686,1	10091,6	31965,0	175,2	8869	13515,9		509,7	34139,5	6773,8	14537,5	154,2	27941,1	
5	Орел	331,3	13203,0	2418,0	10486,0	137,5	4462	2322,0		329,4	21359,0	2931,0	15096,0	131,5	6708	3702,0		317,1	31750,2	3957,1	27280,1	93,1	24173,1	
6	Тула	521,6	31971,2	2641,1	16016,0	225,6	4998	4998,5		509,0	61848,0	2096,7	31754,9	215,7	7328	4897,6		490,5	19817,4	3879,4	16446,4	164,2	29061,1	
7	Старый Оскол	217,3	28280,3	1565,6	6638,0	70,4	7826	1415,9		218,2	44141,1	3820,7	10765,3	72,7	9564	6095,3		220,6	14247,3	3551,2	16178,6	71,1	25489,1	
8	Архангельск	359,4	15783,3	2138,5	14766,5	154,4	6783	4279,4		349,8	10649,2	5473,1	13503,4	138,1	11019	5526,1		357,4	12401,6	9550,6	17398,2	104,5	35754,1	
9	Краснодар	787,6	40290,0	10872,0	55670,0	339,6	5237	18867,0		710,4	27204,2	12477,0	39314,0	351,5	8215	34858,8		893,3	35680,5	54002,7	21849,0	277,9	34400,1	
10	Волгоград	1004,2	47079,0	10908,5	39448,4	383,1	4795	6622,5		991,7	102050,5	14210,5	70523,7	362,4	7834	12126,8		1018,0	36860,9	15805,7	39601,0	279,8	26351,1	
11	Ростов-на-Дону	1062,1	38057,0	8061,0	39238,0	370,7	4978	16780,3		1054,8	68255,9	15987,4	9921,1	383,4	7709	24473,2		1109,8	32352,5	51247,1	11183,8	297,2	31609,1	
12	Уфа	1040,6	58417,0	15908,8	32654,2	379,5	6632	15167,9		1029,6	183829,4	25579,6	35295,7	376,8	9836	26339,6		1096,7	31912,9	91429,4	14328,5	325,4	32293,1	
13	Казань	1106,9	47003,0	12632,0	17224,9	435,0	4886	28645,0		1112,7	54468,4	32526,7	33161,2	461,6	7672	32268,0		1190,9	38822,4	34229,7	34587,3	351,7	29555,1	
14	Пермь	1003,8	110484,7	5350,9	39683,3	368,8	6595	18831,7		993,3	148520,9	11143,4	35634,2	326,6	9989	24937,6		1026,5	34432,9	19255,0	31157,7	303,3	32801,1	
15	Самара	1162,7	85477,9	3692,5	38634,1	607,4	6025	12421,3		1143,3	88130,6	6746,5	36036,0	613,6	9088	20660,1		1172,4	35945,2	24120,8	20714,0	381,9	29460,1	
16	Сктеринбург	1334,4	53498,0	2748,4	32296,0	584,9	6494	13680,0		1308,4	73517,2	13340,9	34814,7	581,4	9887	33809,1		1445,7	70285,9	28792,9	31062,3	453,1	37266,1	
17	Новосибирск	1413,0	49389,6	3629,3	36069,1	444,1	6046	11355,3		1397,0	56363,4	5577,7	32381,1	448,0	9404	21684,3		1547,9	36776,7	18540,6	52333,1	425,8	33040,1	

Рисунок 4.1 – Таблицы с исходными данными по городам России

Для дальнейшего анализа определены описательные статистики для всех показателей таблицы (рис. 4.2, 4.3).

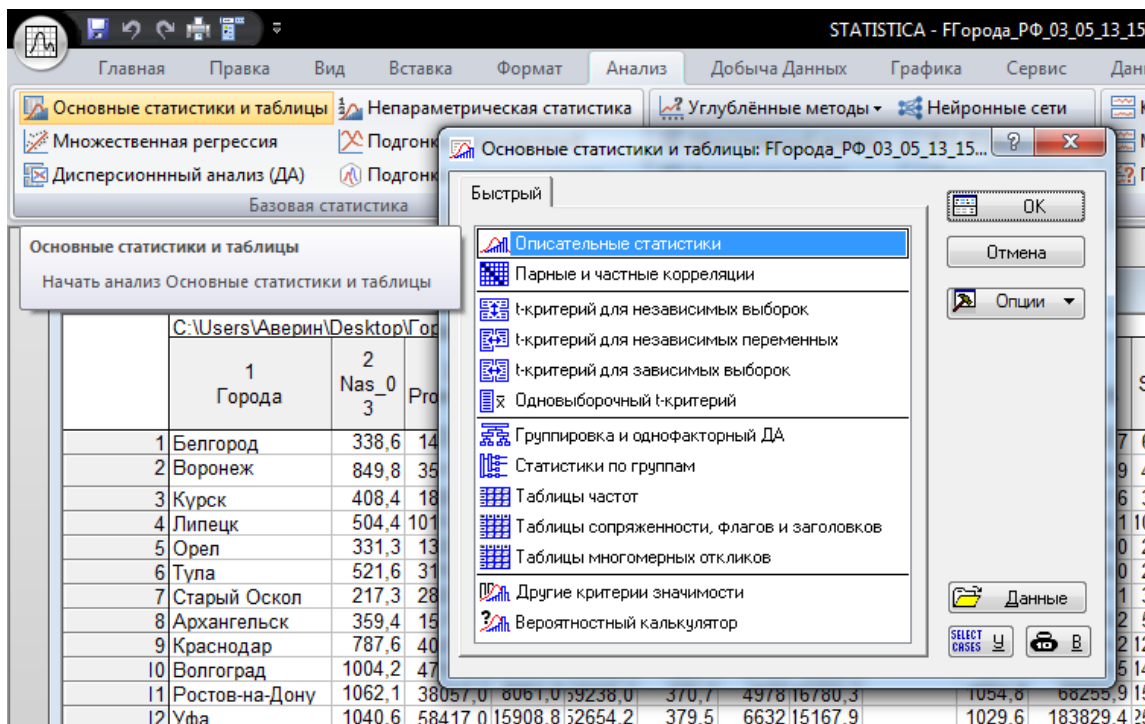


Рисунок 4.2 – Экранная форма выбора модуля Основные статистики и таблицы

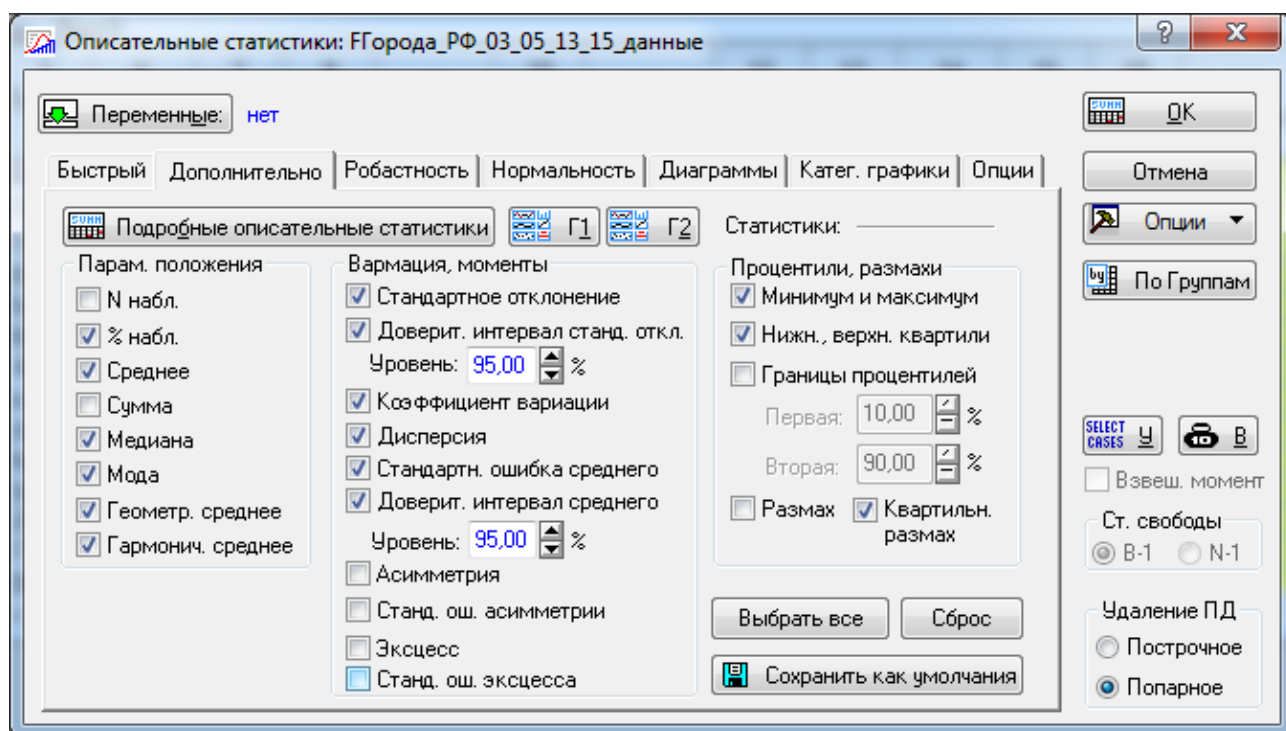


Рисунок 4.3 – Внешний вид вкладки Дополнительно для описательных статистик

Результаты обработки исходных данных для выбранных 17 городов по 7 основным показателям за период 2003 – 2015 представлены в таблицах 4.1 – 4.4.





Таблица 4.2. – Описательные статистики для показателей 2005 года

Инвестиции в капитал	18049,4	13879,0	10574,50	16005,4	нет моды	3702,00	62268,0	6682,7	24473,2	17790,5	197321417,9	14047,1
Начисленная заработная плата	8532,9	8439,7	8346,67	8232,5	нет моды	6439,80	11018,6	7671,7	9564,0	1892,3	1684045,7	1297,7
Численность работников	308,7	263,6	218,21	326,6	нет моды	72,70	613,6	149,8	383,4	233,6	26575,3	163,0
Оборот розничной торговли	61410,0	47714,7	35678,49	52109,7	нет моды	10765,30	154814,7	28167,7	95295,7	67128,0	1684908567,7	41047,6
Объем работ по «Строительство»	10373,0	7875,3	6075,65	6746,5	нет моды	2096,70	32526,7	4403,2	13340,9	8937,7	69176208,2	8317,2
Объем промышленной продукции	70135,9	52893,0	38522,53	56363,4	нет моды	10648,20	183829,4	27204,2	88130,6	60926,4	2692612971,1	51890,4
Численность населения	779,2	677,7	574,72	846,3	нет моды	218,20	1397,0	405,5	1054,8	649,3	145257,1	381,1
	Среднее	геометрическое среднее	гармоническое среднее	Медиана	Мода	Минимум	Максимум	Нижняя квартиль	Верхняя квартиль	Квартиль размах	Дисперсия	Ст. отклонение



Таблица 4.4. – Описательные статистики для показателей 2015 года

	Среднее	геометрическое среднее	гармоническое среднее	Медиана	Мода	Минимум	Максимум	Нижняя квартиль	Верхняя квартиль	Квартиль размах	Дисперсия	Ст. отклонение
Инвестиции в капитал	64292,6	47109,0	30969,40	77557,5	нет моды	9000,00	117093,3	19420,0	101042,1	81622,1	1698798942,7	41216,5
Начисленная заработная плата	33710,9	33432,4	33151,21	34234,1	нет моды	26409,30	41477,7	30011,1	36756,3	6745,2	19690091,9	4437,4
Численность работников	243,9	210,7	176,85	277,1	нет моды	68,30	443,7	119,2	322,4	203,2	14700,7	121,2
Оборот розничной торговли	96646,1	77445,6	59028,07	98747,7	нет моды	19544,50	211796,4	40534,8	142944,1	102409,3	3423640045,3	58511,9
Объем работ по «Строительство»	18751,4	13938,5	10053,78	19116,5	нет моды	3692,70	63567,8	7303,1	25474,4	18171,3	217555348,1	14749,8
Объем промышленной продукции	229298,4	170496,3	98831,39	230685,2	нет моды	15384,80	476683,5	134504,0	335187,3	200683,3	20816402093,4	144278,9
Численность населения	853,3	734,4	611,87	1016,1	нет моды	222,10	1584,1	443,2	1119,9	676,7	182471,9	427,2

На примере города Белгород и показателя Население опишем алгоритм, с помощью которого получим результат для 2020 года.

В качестве примера на рисунке 4.4 приведен график изменения численности населения с 2003 по 2015 годы. Как видно из графика численность населения линейно растет и описывается уравнением

$$\text{Население} = -7986,5904 + 4,1558x, \quad (4.1)$$

где  $x$  – год.

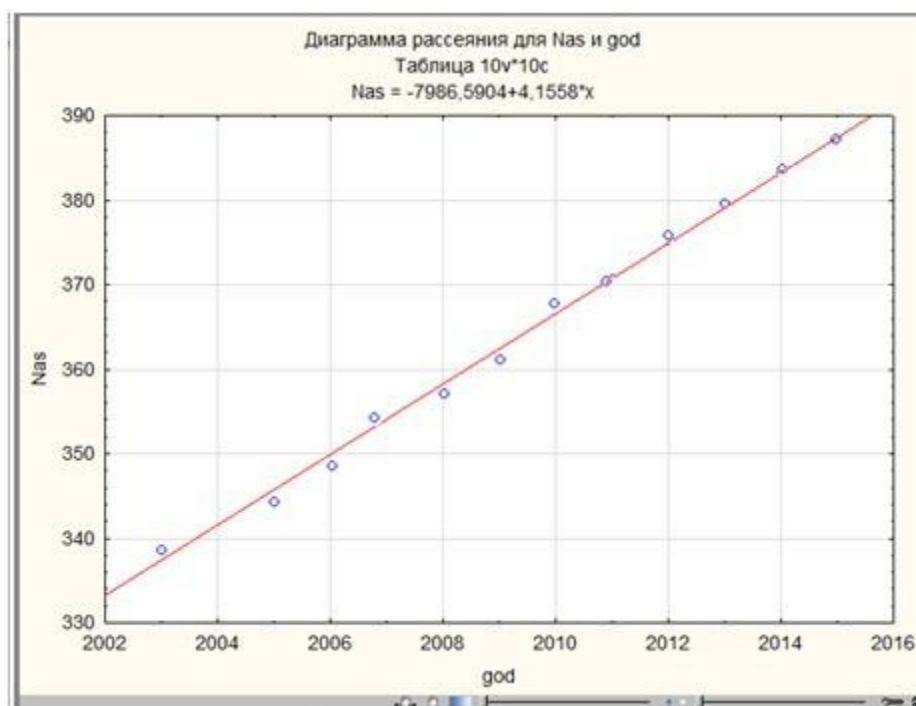


Рисунок 4.4 – График изменения численности населения во времени

Методом экстраполяции определяем количество населения для 2025 года. Затем с помощью Диаграммы рассеивания находим численность населения для 2020 года (рис. 4.5). Для примера на графике 4.5 представлена экстраполяция численности населения для города Белгород.

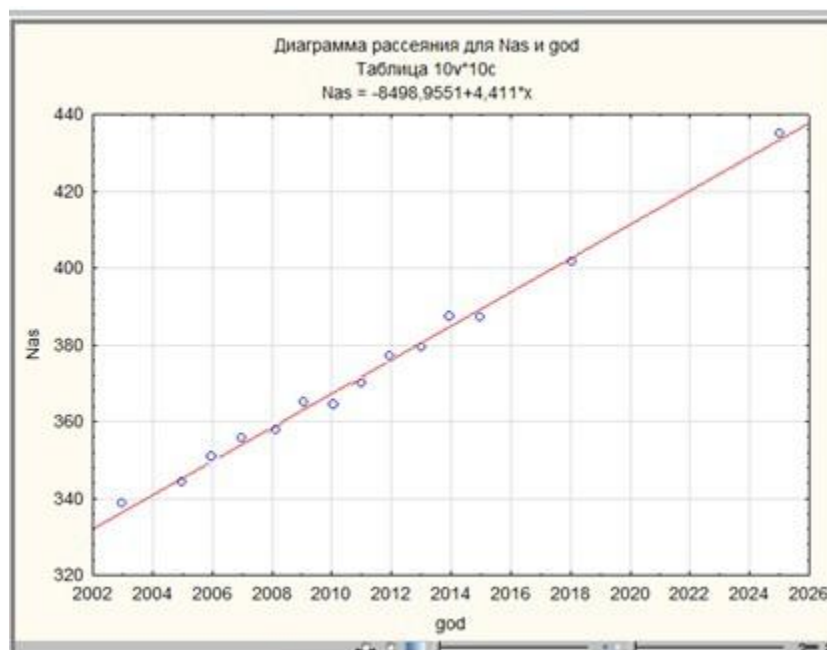


Рисунок 4.5 – График экстраполяции численности населения для города Белгород

Из графика видно, что численность на 2020 год примерно равняется 410.

Аналогично, определены значения численности населения для оставшихся 16 городов (табл.4.5).

По аналогии определены оставшиеся 6 показателей указанных выше по 17 городам (табл. 4.5).

Таблица 4.5. Спрогнозированные значения состояния и развития городов России до 2020 года

	Численность населения (оценка на конец года), тыс. человек	Среднегодовая численность работников организаций, тыс. человек	Среднемес. номинальная начисленная заработная плата, руб.	Объем работ, выполненных по виду деятельности «Строитель-ство», млн.руб	Оборот розничной торговли, млн.руб.	Инвестиции в основной капитал, млн.руб.	Объем промышленной продукции (в фактически действовавших ценах), млн. руб.
Белгород	410	107	41000	10000,2	79000	31500	80000
Воронеж	1120	271	43000	22000	180000	180000	175000
Курск	460	110	37500	13000,5	85000	23900	88000
Липецк	513,6	136	42000	10000,8	450000	27500	460000
Орел	311,5	83	36000	4800	50000	37000	48000
Тула	528	152	46000	6250	270000	34000	265000
Старый Оскол	224,3	68,8	38000	4400	165000	11900	167000
Архангельск	358,9	82	53000	7900	22500	14000	14300
Краснодар	1000	270	52500	50000	275000	200000	290000
Волгоград	1024	255	38000	24000,5	460000	122000	450500
Ростов-на-Дону	1142	270	46000	80000	260000	140000	270000
Уфа	1138	310	46000	68000	650000	115000	685000
Казань	1251	323	45000	37000	360000	130000	310000
Пермь	1156	277	46000	30000	625000	160000	640000
Самара	1182	325	43000	29000	255000	120000	250000
Екатеринбург	1530	400	53000	40000	415000	151000	450000
Новосибирск	1670	410	52000	26000	240000	117000	241000

При составлении прогноза на 2020 год наблюдалась стабильная системная динамика развития городов, тенденции развития сохранились на среднесрочный период.

Как показал анализ и прогноз все уравнения описываются линейной зависимостью вида

$$y = a + bx, \quad (4.2)$$

где  $y$  – значение показателя,  $x$  – год,  $a$ ,  $b$  – коэффициенты.

В таблице 4.6 представлены коэффициенты уравнений, вид линейной функции и угол наклона прямой.

Таблица 4.6. Анализ уравнений для основных показателей развития городов России

Показатели	Коэффициенты уравнения во времени	Линейная функция	Угол наклона прямой, в градусах
Численность населения	$a = -7986,5904;$ $b=4,1558$	Возрастающая	40
Объем промышленной продукции	$a = -8,3769;$ $b=4189,0904$	Возрастающая	30
Объем работ, выполненных по виду деятельности «Строительство»	$a = -6,9625;$ $b=349,8346$	Возрастающая	50
Оборот розничной торговли	$a = -3,6777;$ $b= 1844,3885$	Возрастающая	45
Среднегодовая численность работников	$a = 4074,4327;$ $b= -1,9654$	Убывающая	148
Среднемесячная номинальная начисленная заработная плата	$a = -4,2593;$ $b=2128,8$	Возрастающая	26
Инвестиции в основной капитал	$a = -3,1405;$ $b= 1571,1788$	Возрастающая	31

Из таблиц 4.5 и 4.6 видно, что все показатели растут, за исключением среднегодовой численности работников. Таким образом, в прогнозном периоде сохранится умеренная динамика роста населения. Согласно составленному прогнозу на 2020 год положительные темпы роста экономики будут поддерживаться за счет динамики оборота розничной торговли и уровня жизни населения, за счет среднемесячной номинальной заработной платы. Объем работ, выполненных по виду деятельности «Строительство» в перспективе будут способствовать приросту объема промышленной продукции. Увеличение бюджетных расходов инвестиционного характера, направленных на развитие экономики также повлияют на ее рост.



## 4.2 Составление долгосрочного прогноза по основным показателям социально-экономического развития городов до 2025 года

При составлении долгосрочного прогноза социально-экономического развития городов на 2025 год использовались данные 2003 – 2015 года, а также учитывались спрогнозированные данные на 2020 год. Работа проводилась аналогичным путем, как при выполнении прогноза на 2020 год. Были выбраны те же 7 основных показателей и 17 городов.

Результаты полученных спрогнозированных значений показателей по 17 городам представлены в таблице 4.7.

Таблица 4.7. Спрогнозированные значения состояния и развития городов России до 2025 года

	Численность населения (оценка на конец года), тыс. человек	Среднегодовая численность работников организаций, тыс. человек	Среднемес. номинальная начисленная заработная плата, руб.	Объем работ, выполненных по виду деятельности «Строительство», млн.руб	Оборот розничной торговли, млн.руб.	Инвестиции в основной капитал, млн.руб.	Объем промышленной продукции (в фактически действовавших ценах), млн. руб.
Белгород	439	99	52500	13000	105000	45000	120000
Воронеж	1245	255	56000	28000	220000	140000	210500
Курск	480	93	48000	18000	110000	37000	110500
Липецк	520,7	118	56000	12000	600000	46000	655000
Орел	303	69	48000	5600	65000	28000	66000
Тула	535	130	60000	8000,3	370000	47500	325000
Старый Оскол	228	67,7	49000	5200	220000	15900	219000
Архангельск	362,3	60	70000	10000	23500	19000	15200
Краснодар	1260	280	70000	65000	400000	280000	400000
Волгоград	1036	220	51000	32000	620000	175000	650000
Ростов-на-Дону	1167	230	61000	105000	360000	200000	410000
Уфа	1190	286	61000	90000	850000	161000	900000
Казань	1301	287	60000	43000	410000	202000	450000
Пермь	1205	258	62000	39000	810000	212000	820000
Самара	1193	250	58000	40000	330000	162000	325000
Екатеринбург	1640	350	70000	50000	575000	211000	600000
Новосибирск	1800	395	68000	35000	325000	170000	320000

При составлении прогноза на 2025 год наблюдалась стабильная системная динамика развития городов, тенденции развития сохранились на долгосрочный период, и осталась возможность их проецирования на будущие прогнозы. Данный метод позволил использовать его для всех показателей социально экономического развития [49].

В таблице 4.6 представлены коэффициенты уравнений, вид линейной функции и угол наклона прямой.

Таблица 4.8. Анализ уравнений для основных показателей развития городов России

Показатели	Коэффициенты уравнения	Линейная функция	Угол наклона прямой, в градусах
Численность населения	$a = -8156,89;$ $b=4,2406$	Возрастающая	35
Объем промышленной продукции	$a = -7,9299;$ $b= 3966,3187$	Возрастающая	34
Объем работ, выполненных по виду деятельности «Строительство»	$a = -6,5978;$ $b=331,6581$	Возрастающая	50
Оборот розничной торговли	$a = -6,4053;$ $b= 3203,6883$	Возрастающая	25
Среднегодовая численность работников	$a = 3841,8984;$ $b= -1,8495$	Убывающая	159
Среднемесячная номинальная начисленная заработная плата	$a = -4,2686;$ $b=2133,4651$	Возрастающая	40
Инвестиции в основной капитал	$a = -2,9862;$ $b=1494,2504$	Возрастающая	38

Из таблиц 4.7 и 4.8 видно, что все показатели растут, за исключением среднегодовой численности работников. Таким образом, в прогнозном периоде сохраняется умеренная динамика роста населения. Темпы роста экономики поддерживаются за счет динамики оборота розничной торговли и среднемесячной номинальной заработной платы. Объем работ, выполненных по виду деятельности «Строительство» в перспективе способствуют росту объема промышленной продукции. Увеличение объема инвестиций, направленных на развитие экономики также влияют на ее рост.

Для проверки адекватности прогноза брались ретроспективные данные, и составлялся прогноз на 2015 год (табл. 4.9).

Таблица 4.10 Спрогнозированные значения состояния и развития городов России на 2015 год

	Численность населения (оценка на конец года), тыс. человек	Среднегодовая численность работников организаций, тыс. человек	Среднемес. номинальная начисленная заработная плата, руб.	Объем работ, выполненных по виду деятельности «Строитель ство», млн.руб	Оборот розничной торговли, млн.руб.	Инвестиции в основной капитал, млн.руб.	Объем промышленной продукции (в фактически действовавших ценах), млн. руб.
Белгород	387	114	30000	7300	39700	18700	61500
Воронеж	1032	277	30800	15900	104800	63200	145000
Курск	443	119	26400	10500	40500	19400	69000
Липецк	510	147	31700	8500	52000	30700	397000
Орел	320	94	26700	4300	32000	16000	43000
Тула	552	175	33800	6000	60000	28000	233000
Старый Оскол	222	68	29500	3700	19500	9000	134500
Архангельск	358	98	40300	3800	24000	10500	15500
Краснодар	944	287	38500	25500	15500	96000	247000
Волгоград	1016	269	30000	24500	98500	101000	375000
Ростов на Дону	1120	290	35500	64000	114000	106500	231000
Уфа	1111	322	36000	23000	123000	97500	477000
Казань	1217	352	35000	29000	156000	109000	258000
Пермь	1042	296	37000	26500	95000	117000	470000
Самара	1171	374	34000	20500	143000	87000	212000
Екатеринбург	1478	444	42000	28000	212000	105600	335000
Новосибирск	1584	419	37000	19000	176000	77500	193000

Составленный прогноз сравнивался с уже имеющимися данными за 2015 год из базы данных Федеральной службы государственной статистики [4], на основе этих данных были рассчитаны абсолютная и относительная погрешности, представленные в таблицах 4.11, 4.12.

Таблица 4.11. Значения абсолютной погрешности

	Численность населения (оценка на конец года), тыс. человек	Среднегодовая численность работников организаций, тыс. человек	Среднемес. номинальная начисленная заработная плата, руб.	Объем работ, выполненных по виду деятельности «Строительство», млн.руб	Оборот розничной торговли, млн.руб.	Инвестиции в основной капитал, млн.руб.	Объем промышленной продукции (в фактически действовавших ценах), млн. руб.
Белгород	0,1	0,4	11,1	3,1	58,3	83,5	40,5
Воронеж	0,4	0,1	19,6	10	24	60,8	436,5
Курск	0,2	0,2	9,3	45	34,8	20	128
Липецк	0	0,3	64,7	75,4	63,6	82,6	155,1
Орел	0,3	0,3	38,8	64,2	279,6	19,5	281,3
Тула	0,4	0,4	4	22,4	367,8	307,6	287,6
Старый Оскол	0,1	0,3	2,4	7,3	44,5	0	4
Архангельск	0,3	0,1	2,6	25,1	225,5	26,5	115,2
Краснодар	0,2	0	40,8	25,6	251,9	127,1	166,8
Волгоград	0,1	0,2	97,6	68,3	247,7	42,1	37,2
Ростов на Дону	0,1	0,2	105,3	432,2	102,6	56,4	314,8
Уфа	0	0,4	325,9	416,2	99,4	213,2	316,5
Казань	0	0,3	259	233,5	284,7	277,5	333
Пермь	0,1	0,3	243,7	143,9	232	93,3	556,9
Самара	0	0,2	234,1	290,2	55,9	9,8	77,4
Екатеринбург	0,3	0,3	522,3	163,7	203,6	44,1	187,3
Новосибирск	0,1	0,3	93	116,5	277,6	57,5	113,3

Таблица 4.12. Значения абсолютной погрешности

	Численность населения (оценка на конец года), тыс. человек	Среднегодовая численность работников организаций, тыс. человек	Среднемес. номинальная начисленная заработная плата, руб.	Объем работ, выполненных по виду деятельности «Строительство», млн.руб	Оборот розничной торговли, млн.руб.	Инвестиции в основной капитал, млн.руб.	Объем промышленной продукции (в фактически действовавших ценах), млн. руб.
Белгород	0,03	0,35	0,04	0,04	0,15	0,44	0,07
Воронеж	0,04	0,04	0,06	0,06	0,02	0,10	0,30
Курск	0,05	0,17	0,04	0,43	0,09	0,10	0,19
Липецк	0,00	0,20	0,20	0,88	0,12	0,27	0,04
Орел	0,09	0,32	0,15	1,47	0,88	0,12	0,65
Тула	0,07	0,23	0,01	0,37	0,62	1,09	0,12
Старый Оскол	0,05	0,44	0,01	0,20	0,23	0,00	0,00
Архангельск	0,08	0,10	0,01	0,66	0,95	0,25	0,75
Краснодар	0,02	0,00	0,11	0,10	0,16	0,13	0,07
Волгоград	0,01	0,07	0,33	0,28	0,25	0,04	0,01
Ростов на Дону	0,01	0,07	0,30	0,68	0,09	0,05	0,14
Уфа	0,00	0,12	0,91	1,84	0,08	0,22	0,07
Казань	0,00	0,09	0,75	0,81	0,18	0,26	0,13
Пермь	0,01	0,10	0,66	0,55	0,24	0,08	0,12
Самара	0,00	0,05	0,68	1,44	0,04	0,01	0,04
Екатеринбург	0,02	0,07	1,26	0,58	0,10	0,04	0,06
Новосибирск	0,01	0,07	0,25	0,61	0,16	0,07	0,06

### 4.3 Ранжирование городов России по показателям социально-экономического развития

Ранжирование представляет собой процедуру упорядочения объектов.

Суть метода ранжирования заключается в том, что при сравнении заданных объектов располагают их в порядке возрастания или убывания значений какого-либо показателя, характерного для данных объектов и имеющего ценность при принятии решений.

При этом применяются следующие методы ранжирования:

- парное сравнение – это метод ранжирования, при котором сравнение происходит попарно по всем имеющимся объектам, отдавая в каждой паре приоритет одному из сравниваемых объектов;
- альтернативное (чередующееся) сравнение – это ранжирование, при котором из имеющихся объектов сравнения выбирается самый лучший вариант и ставится во главе, затем – самый худший и ставится на последнее место, затем выбирается лучший вариант из оставшихся и ставится на 2-ое место, а худший вариант из оставшихся ставится на предпоследнее место и так до тех пор, пока не распределятся все объекты сравнения.

Оба метода ранжирования помогают решить многие задачи, связанные с расстановкой приоритетов.

Данные методы можно усовершенствовать, используя сразу несколько критериев для ранжирования в каждом из методов, что позволит добиться более точных результатов.

Введение нескольких критериев оценки позволяет снизить субъективность, которая может быть присуща ранжированию, и дает возможность более всесторонне оценить подлежащие оценке объекты. В результате можно принимать более взвешенные и правильные решения [50].

Ранжирование городов проводилось по семи показателям: численность населения, среднегодовая численность работников, среднемесячная заработная плата, объем работ выполненных в строительстве, оборот розничной торговли, инвестиции в основной капитал, объем промышленной продукции. При ранжировании использован альтернативный метод. Города расположили в порядке убывания. В итоге получили таблицы по каждому из показателей для составленных прогнозов на 2020 и 2025 года (табл. 4.9, 4.10).

Таблица 4.9 Ранги, установленные на основе спрогнозированных значений показателей состояния и развития городов России на 2020 год

	Численность населения		Среднегодовая численность работников организаций		Среднемес. номинальная начисленная		Объем работ, выполненных по виду деятельности «Строительство»		Оборот розничной торговли		Инвестиции в основной капитал		Объем промышленной продукции	
	Значение показателя	Ранг	Значение показателя	Ранг	Значение показателя	Ранг	Значение показателя	Ранг	Значение показателя	Ранг	Значение показателя	Ранг	Значение показателя	Ранг
Белгород	410	14	107	14	41000	13	10000,2	13	79000	15	31500	13	80000	15
Воронеж	1120	8	271	7	43000	10	22000	10	180000	12	180000	2	175000	12
Курск	460	13	110	13	37500	16	13000,5	11	85000	14	23900	15	88000	14
Липецк	513,6	12	136	12	42000	12	10000,8	12	450000	4	27500	14	460000	3
Орел	311,5	16	83	15	36000	17	4800	16	50000	16	37000	11	48000	16
Тула	528	11	152	11	46000	7	6250	15	270000	8	34000	12	265000	9
Старый Оскол	224,3	17	68,8	17	38000	15	4400	17	165000	13	11900	17	167000	13
Архангельск	358,9	15	82	16	53000	1	7900	14	22500	17	14000	16	14300	17
Краснодар	1000	10	270	8	52500	3	50000	3	275000	7	200000	1	290000	7
Волгоград	1024	9	255	10	38000	14	24000,5	9	460000	3	122000	7	450500	4
Ростов-на-Дону	1142	6	270	9	46000	6	80000	1	260000	9	140000	5	270000	8
Уфа	1138	7	310	5	46000	8	68000	2	650000	1	115000	10	685000	1
Казань	1251	3	323	4	45000	9	37000	5	360000	6	130000	6	310000	6
Пермь	1156	5	277	6	46000	5	30000	6	625000	2	160000	3	640000	2
Самара	1182	4	325	3	43000	11	29000	7	255000	10	120000	8	250000	10
Екатеринбург	1530	2	400	2	53000	2	40000	4	415000	5	151000	4	450000	5
Новосибирск	1670	1	410	1	52000	4	26000	8	240000	11	117000	9	241000	11

Таблица 4.10. Ранги, установленные на основе спрогнозированных значений показателей состояния и развития городов России на 2025 год

	Численность населения		Среднегодовая численность работников организаций		Среднемес. номинальная начисленная заработная плата.		Объем работ, выполненных по виду деятельности «Строитель-ство»		Оборот розничной торговли		Инвестиции в основной капитал		Объем промышленной продукции	
	Значение показателя	Ранг	Значение показателя	Ранг	Значение показателя	Ранг	Значение показателя	Ранг	Значение показателя	Ранг	Значение показателя	Ранг	Значение показателя	Ранг
Белгород	439	14	99	13	52500	13	13000	12	105000	15	45000	13	120000	14
Воронеж	1245	5	255	7	56000	11	28000	10	220000	12	140000	10	210500	13
Курск	480	13	93	14	48000	16	18000	11	110000	14	37000	141	110500	15
Липецк	520,7	12	118	12	56000	12	12000	13	600000	4	46000	12	655000	3
Орел	303	16	69	15	48000	17	5600	16	65000	16	28000	15	66000	16
Тула	535	11	130	11	60000	9	8000,3	15	370000	8	47500	11	325000	10
Старый Оскол	228	17	67,7	16	49000	15	5200	17	220000	13	15900	17	219000	12
Архангельск	362,3	15	60	17	70000	1	10000	14	23500	17	19000	16	15200	17
Краснодар	1260	4	280	5	70000	3	65000	3	400000	7	280000	1	400000	8
Волгоград	1036	10	220	10	51000	14	32000	9	620000	3	175000	6	650000	4
Ростов-на-Дону	1167	9	230	9	61000	6	105000	1	360000	9	200000	5	410000	7
Уфа	1190	8	286	4	61000	7	90000	2	850000	1	161000	9	900000	1
Казань	1301	3	287	3	60000	8	43000	5	410000	6	202000	4	450000	6
Пермь	1205	6	258	6	62000	5	39000	7	810000	2	212000	2	820000	2
Самара	1193	7	250	8	58000	10	40000	6	330000	10	162000	8	325000	9
Екатеринбург	1640	2	350	2	70000	2	50000	4	575000	5	211000	3	600000	5
Новосибирск	1800	1	395	1	68000	4	35000	8	325000	11	170000	7	320000	11

Из таблиц видно, что по численности населения первые места занимают



Новосибирск, Екатеринбург, Казань, на последних находятся Старый Оскол, Орел, Архангельск, в середине – Уфа, Ростов на Дону, Волгоград. Отклонение между последними и первыми местами достаточно высокое, т.к. последние места занимают города, относящиеся к группе больших городов. В целом города, относящиеся к одной группе, развиваются одновременно.

Аналогичные тройки и по показателю «Среднегодовая численность работников организации». Отклонения

По показателю «Среднемесячная номинальная начисленная заработная плата» первые места занимают Архангельск, Екатеринбург и Краснодар, в конце расположены Орел, Курс, Старый Оскол, середину занимают Казань, Тула, Самара. Тройки составили города из разных групп по классификатору городов, это говорит о том, что уровень жизни населения не зависит большой город или маленький.

По объему работ выполненных по виду деятельности «Строительство» первые места занимают Ростов на Дону, Уфа, Краснодар, последние места занимают Старый Оскол, Орел и Тула, в середине – Новосибирск, Волгоград и Воронеж. Отсюда видно, что крупные города развиваются быстрее больших городов.

По показателю «Оборот розничной торговли» на первых местах – Уфа, Пермь и Волгоград, в середине – Тула, Ростов на Дону и Самара, на последних местах находятся Архангельск, Орел и Белгород.

По инвестициям в основной капитал первые места занимают Краснодар, Пермь и Екатеринбург, на последних местах расположены Старый Оскол, Архангельск и Орел, в середине – Самара, Уфа и Воронеж.

На первых местах по объему промышленной продукции занимают Уфа, Пермь и Липецк, на последних местах – Архангельск, Орел и Курск, в середине – Краснодар, Самара и Тула.

Отсюда видно, что крупные города развиваются быстрее, уровень жизни населения выше, чем в больших городах. Но в то же время города одной группы развивается одновременно.

#### **4. 4 Выводы по четвертому разделу**

Составлены среднесрочный и долгосрочный прогнозы состояния и развития 17 городов России. При разработке прогнозов первостепенное внимание уделялось социально-экономическим показателям, таким как численность населения, среднегодовая численность работников, среднемесячная заработная плата, объем работ выполненных в строительстве, оборот розничной торговли, инвестиции и объем промышленной продукции. Использовались данные за период с 2003 по 2015 годы.

Модель работает нормально проверено с помощью ретроспективных данных. Для этого был составлен прогноз на 2015 год и сверен с имеющимися данными, рассчитаны абсолютная и относительная погрешности.

Произведено ранжирование городов по 7 показателям, откуда видно, что группа крупнейших городов развивается быстрее, нежели группа больших городов.

Наблюдались положительные тенденции по основным социально-экономическим показателям. На фоне роста инвестиционной активности наблюдался рост объемов промышленной продукции, строительных работ, оборота розничной торговли и т.п. Положительные тенденции наблюдались и в социальной сфере. Возросла среднемесячная заработная плата, на высоком уровне сохранялся прирост населения, но падает численность работников организаций.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Изучены существующие официальные ресурсы различных организаций, деятельность которых связана со сбором, накоплением и обработкой статистической информации о состоянии и развитии городов, регионов и стран по различным показателям. Рассмотрены существующие сайты, на которых представлены данные по различным показателям разных городов, регионов и стран.

Рассмотрены базы данных, характеризующие состояние и развитие городов, регионов и стран мира в различных аспектах их деятельности. Для дальнейших исследований выбрана база данных Федеральной службы государственной статистики. Собраны статистические данные о состоянии и развитии городов России.

Проанализированы существующие меры схожести объектов, в качестве них рассмотрены кластерный анализ, Евклидово расстояние, манхэттенское расстояние, расстояние Чебышева, степенное расстояние, методы положения центра тяжести.

Например, метод кластерного анализа применяют с целью объединения показателей на группы близкие по смыслу. Евклидово расстояние и манхэттенское расстояние применяют при одинаковых свойствах (признаках) объекта, одинаково важных для классификации и в пространстве, которое совпадает с геометрическим пространством. Расстояние Чебышева применяют, когда свойства объектов различаются по какому-либо одному параметру. Степенное расстояние используют, когда объекты отличаются от необходимой размерности. Методы положения центра тяжести объекта подходят для объектов, которые находятся в пространстве.

Описано понятие и особенности феноменологического подхода. Показано, что феноменологический подход позволяет описывать процессы, объекты, явления с помощью математических опытных данных и теоретической зависимости, уравнения объектов в пространстве и их состояния.

Рассмотрены методы прогнозирования, такие как методы моделирования (структурное, сетевое, матричное, имитационное), методы экстраполяции (метод наименьших квадратов, метод скользящих средних, методы экспоненциального и адаптивного сглаживания) и другие.

Рассмотрены критерии и оценка точности, достоверности и качества модели.

Проанализирована нормативно-методическая база стратегического планирования и прогнозирования состояния и развития регионов и городов.

Проведен анализ продуктов и пакетов для обработки статистических данных. В качестве инструментария выбран стандартный пакет STATISTICA.

Осуществлено среднесрочное и долгосрочное прогнозирование 17 городов России по основным 7 социально-экономическим показателям. Проверена адекватность модели на основе ретроспективных данных.

На основе полученных прогнозных значений развития городов проведено ранжирования их состояния по 7 показателям.

## **СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1. Доклады о мировом развитии. Пер. с англ. публикации Всемирного банка: 2000 – 2017. М.: Весь мир. – Электр.рес.: офиц. сайт.URL: [www.worldbank.org](http://www.worldbank.org) (20.03.18).
2. База данных Программы развития ООН. – Электр. рес.: офиц. сайт.URL: <http://hdr.undp.org/en/data>(19.03.18).
3. Eurostat. Your key European statistics. Available at: <http://ec.europa.eu/eurostat/data/database>(accessed March 30, 2018).
4. База данных Федеральной службы государственной статистики. Регионы России. Основные социально-экономические показатели городов. Стат. сб. / Росстат. – Электр.рес.: офиц. сайт. URL: [http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_main/rosstat/ru/statistics/publication/s/catalog/doc\\_1138631758656](http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/publication/s/catalog/doc_1138631758656) (21.03.18).
5. База данных Федеральной службы государственной статистики. Показатели муниципальных образований. – Электр. рес.: офиц. сайт. URL: [http://www.gks.ru/free\\_doc/new\\_site/bd\\_munst/munst.htm](http://www.gks.ru/free_doc/new_site/bd_munst/munst.htm) (21.03.18).
6. Международный Интернет-ресурс о развитии стран мира. – Электр. рес. URL: <http://www.tradingeconomics.com/>(22.03.18).
7. Российский совет по международным делам. Статистика. – Электр.рес. URL: [http://russiancouncil.ru/spec/stat/index.php?active\\_id\\_10=33#top](http://russiancouncil.ru/spec/stat/index.php?active_id_10=33#top) (22.03.18).
8. Геометрическое моделирование/ Н. Н. Голованов. – М.: Издательский центр «Академия», 2011. – 272 с.
9. Горяинова Е.Р. Прикладные методы анализа статистических данных / Е.Р. Горяинова, А.Р. Панков, Е.Н. Платонов, 2012. – 310с
10. Моделирование систем и процессов/ В. Н. Волкова, Г. В. Горелова, В. Н. Козлов [и др.] ; под ред. В. Н. Волковой, В. Н. Козлова. – М. : Издательство Юрайт, 2015. – 449 с.
11. Арнольд В.И., Варченко А.Н., Гусейн-Заде С.М. Особенности дифференцируемых отображений. Т. 1. Классификация критических точек, каустик и волновых фронтов. М., 1982.

12. Мир прогнозов. Новые модели развития городов. Точка зрения McKinsey&Company. – Электр. рес.: сайт.URL: [http://www.mirprognozov.ru/prognosis/society/novyie-modeli-razvitiya-gorodov-tochka-zreniya-mckinsey-company/\(24.03.18\)](http://www.mirprognozov.ru/prognosis/society/novyie-modeli-razvitiya-gorodov-tochka-zreniya-mckinsey-company/(24.03.18)).
13. Звягинцева А.В. Вероятностные методы комплексной оценки природно-антропогенных систем / Под науч. ред. д.т.н., проф. Г.В. Аверина. – М.: Спектр, 2016. – 257 с.
14. Айвазян С.А. Прикладная статистика и основы эконометрики. М.: Юнити. 2001
15. Литвинчук С.Ю. Информационные технологии в экономике. Анализ и прогнозирование временных рядов с помощью Excel: уч. пос. / С.Ю. Литвинчук; Нижегород. гос. архит.-строит. ун-т. Н.Новгород:– ННГАСУ, 2010. – 78 с.
16. Матвеев В.А. СТАТИСТИКА: Уч. пос. – Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2015. – 84 с.
17. Многомерный статистический анализ и вероятностное моделирование реальных процессов: / С.Е. Кузнецов; Отв. ред. С.А. Айвазян. – М.: Наука, Т.54. 1990. – 295 с.
18. Лысяк А.С. Разработка и исследование теоретико-информационных методов прогнозирования: дис. канд. техн. наук: 05.13.18 / Лысяк Александр Сергеевич. – Новосибирск, 2015. – 144 с.
19. Звягинцева А.В. Комплексная оценка состояния и развития городов на основе определения вероятностей характерных событий / А.В. Звягинцева, Г.В. Аверин, А.С. Хоруженко // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии, №3(15), 2016. – С. 18 – 29.
20. Звягинцева А.В. Событийная оценка состояния городов России по комплексу социально-экономических показателей // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Сер. Экономика. Информатика, №9(258).Вып. 42, 2017. – С. 122 – 132.

21. Федеральный закон "О стратегическом планировании в Российской Федерации" от 28.06.2014 N 172-ФЗ. – Электр. рес.: офиц. сайт.URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_164841/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_164841/) (29.03.18).
22. Методические рекомендации по согласованной подготовке и реализации документов планирования развития муниципальных образований / Л.Ю. Падиляя Сароса, Л.В. Перцов, В.Ю. Прокофьев, Э.К. Трутнев, К.В. Холопик, С.А. Крымов. – М.: Институт экономики города, 2010. – 112 с.
23. Методические рекомендации к разработке показателей прогнозов социально-экономического развития субъектов Российской Федерации. –М.: Мин-во экономразвития РФ, 2009. – 188 с. – Электр.рес. URL: <https://refdb.ru/look/2451543-pall.html>(29.03.18).
24. Правила разработки, корректировки, осуществления мониторинга и контроля реализации прогноза социально-экономического развития Российской Федерации на среднесрочный период. Утв. постановлением Правительством РФ от 14.11.2015 №1234 – Электр.рес. URL:<http://docs.cntd.ru/document/420315902>. (08.04.2018)
25. Методические рекомендации по разработке и корректировке стратегии социально-экономического развития субъекта Российской Федерации и плана мероприятий по ее реализации. Утв. Приказом Минэкономразвития России от 23.03.2017 N 132. – Электр.рес. URL:[http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_214725/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_214725/)(09.04.2018)
26. Методические рекомендации по разработке, корректировке, мониторингу среднесрочного прогноза социально-экономического развития Российской Федерации. Утв. приказом Минэкономразвития России от 30.06.2016 N 423 – Электр.рес. URL:<https://minek.rk.gov.ru/file/File/minek/2017/strategy/prikaz%20423.pdf>(09.04.2018)
27. Стратегия социально-экономического развития Центрального Федерального округа на период до 2020 года от 06.09.2011 № 1540-р – Электр.рес. URL: <http://gasu.gov.ru/stratdocuments>(09.04.2018)

28. Стратегия социально-экономического развития Белгородской области на период до 2025 года от 25.04.2016 № 122-пп– Электр.рес. URL: [http://gasu.gov.ru/stratdocuments\(10.04.2018\)](http://gasu.gov.ru/stratdocuments(10.04.2018))
29. Моделирование и управление процессами регионального развития / Под ред. Васильевой С.Н. – М.: Физматлит, 2001. – 432 с.
30. Цыгичко В. Основы прогнозирования систем. - М.: Финансы и статистика, 1986.
31. Введение в математическое моделирование. Уч. пос. - М.: Логос, 2015. – 440 с.
32. Математико-статистические методы обработки информации с применением программы SPSS. – СПб.: Изд-во СПбГУЭФ, 2010. – 96 с.
33. AUTOBOX. Available at: <http://autobox.com/cms/>(accessed April 19, 2018)
34. DecisionPro 4.0. Available at: <http://www.decisionpro.biz>(accessed April 19, 2018)
35. EVIEWS 4.1. Available at: <http://softrare.ru/windows/eviews>(accessed April 19, 2018)
36. Forecast Pro XE. Available at: <http://www.forecastpro.com/products> (accessed April 19, 2018)
37. GAUSS Mathematical & Statistical System. Available at: <https://www.aptech.com/gauss-mathematical-and-statistical-system-2/>(accessed April 19, 2018)
38. Logility Voyager Solutions v6.5. Available at: <https://www.logility.com>(accessed April 19, 2018)
39. MINITAB Statistical Software. Available at: <http://www.minitab.com/en-us/products/>(accessed April 19, 2018)
40. NCSS. Available at: <https://www.ncss.com>(accessed April 19, 2018)
41. OpenForecast. Available at: <https://openforecast.soft112.com>(accessed April 20, 2018)
42. PEERForecaster. Available at: <http://peerforecaster.com>(accessed April 20, 2018)



43. PEER Planner. Available at: <http://peer-planner.software.informer.com>(accessed April 20, 2018)
44. PSI Planner for Windows. Available at: <http://psi-planner-for-windows.software.informer.com>(accessed April 20, 2018)
45. SmartForecast. Available at: <https://smartcorp.com/smartforecasts/>(accessed April 20, 2018)
46. STATISTICA. Available at: <http://statsoft.ru/resources/support/download.php>(accessed April 20, 2018)
47. Свод правил. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. Утв. Приказом Минрегиона РФ от 28.12.2010 N 820 - Электр.рес. URL: <http://base.garant.ru/6180772/>. (30.04.2018)
48. Боровиков В.П. Популярное введение в современный анализ данных в системе STATISTICA М.: Горячая линия-Телеком, 2013. – 288 с.
49. Компаниец В.С. Социально-экономическое состояние «типичных» муниципальных образований. Методика комплексной оценки / В.С. Компаниец, М.А. Боровская А.Ю. Казанская. – Saarbrucken, Germany: LAPLambertAcademicPublishing, 2011. – 280 с.
50. Звягинцева А.В. Методика событийной оценки и результаты ранжирования регионов и городов по комплексу показателей // Системный анализ и информационные технологии в науках о природе и обществе, № 1(10)–2(11), 2016. – С. 157 – 186.

Выпускная квалификационная работа выполнена мной совершенно самостоятельно. Все использованные в работе материалы и концепции из опубликованной научной литературы и других источников имеют ссылки на них.

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ Г.

---

*(подпись)*

---

*(Ф.И.О.)*