

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

Государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Оренбургский государственный университет»

Т.В. ЛЕБЕДЕВА

# СТАТИСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ В ЭКОНОМИКЕ

Рекомендовано Ученым советом государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования – «Оренбургский государственный университет» в качестве учебного пособия для студентов, обучающихся по программам высшего профессионального образования по специальности «Финансы и кредит»

Оренбург 2007

УДК 311.3:338.27(075.8)  
ББК 65.051я73

Л 33

Рецензент

зав. кафедрой управления и информатики технических систем Оренбургского ГУ д-р экон. наук, профессор В.Н. Шепель

**Лебедева, Т.В.**

Л 33 **Статистические методы прогнозирования в экономике: учеб. пособие для вузов / Т.В. Лебедева – Оренбург: ГОУ ОГУ, 2007.- 174с.**

**ISBN**

В пособии рассмотрены основные категории и определения прогностики, методы предварительного анализа объекта прогнозирования, а также формализованные и экспертные методы прогнозирования. Помимо теоретического материала в пособии содержатся задания для самостоятельной работы и тесты по предложенным темам.

Учебное пособие предназначено для студентов, обучающихся по программам высшего профессионального образования по экономическим специальностям, при изучении дисциплин, «Статистические методы прогнозирования», «Анализ временных рядов и прогнозирование», «Микроэкономическая статистика», «Эконометрика».

0702000000

Л-----

ББК 65.051.03я73

ISBN

© Лебедева Т.В., 2007  
© ГОУ ОГУ, 2007

## Содержание

Введение.....	7
1 Теоретические основы прогнозирования в экономике.....	9
1.1 Понятие, сущность категорий «прогноз» и «прогнозирование».....	9
1.2 Классификация прогнозов .....	12
1.3 Классификация методов экономического прогнозирования.....	14
Тесты и задания для самоконтроля.....	16
2 Предварительный анализ объекта прогнозирования.....	18
2.1 Статистические методы исследования динамики .....	19
2.2 Статистические методы исследования вариации.....	30
Тесты и задания для самоконтроля.....	34
3 Формализованные методы прогнозирования.....	38
3.1 Прогнозирование по одномерному временному ряду.....	39
3.1.1 Качественный прогноз.....	39
3.1.2 Аналитическое выравнивание.....	41
3.1.3 Адаптивные методы прогнозирования.....	44
3.1.4 Модели авторегрессии – проинтегрированного скользящего среднего.....	47
3.2 Многофакторное моделирование и прогнозирование.....	51
3.2.1 Статистические и эконометрические методы анализа факторов.....	51
3.2.2 Множественный корреляционный и регрессионный анализ.....	60
3.2.3 Модели линейной регрессии для панельных данных.....	66
3.3 Оценка качества моделей.....	70
Тесты и задания для самоконтроля.....	72
4 Экспертные методы прогнозирования .....	76
Тесты и задания для самоконтроля.....	88
5 Синтез и верификация прогнозов.....	90
5.1 Верификация прогнозов.....	90
5.2 Объединение частных прогнозов.....	96
Тесты и задания для самоконтроля.....	105
Ответы к тестам .....	108
Список использованных источников .....	109
Приложение А Выбор формы уравнения тренда для временного ряда урожайности зерновых культур Оренбургской области за 1883-2002 г.г.....	111
Приложение Б Агрегирование фаз урожайности зерновых культур в Оренбургской области.....	112
Приложение В Динамика показателей вариации урожайности зерновых культур в Оренбургской области и по выделенным зонам.....	118
Приложение Г Выбор формы уравнения тренда для временного ряда урожайности зерновых культур Оренбургской области за 1958-2002 г.г.....	120

Приложение Д Выбор формы уравнения тренда для временного ряда урожайности зерновых культур по первой зоне Оренбургской области за 1958-2002 г.г.....	121
Приложение Е Выбор формы уравнения тренда для временного ряда урожайности зерновых культур по второй зоне Оренбургской области за 1958 – 2002 г.г.....	122
Приложение Ж Выбор формы уравнения тренда для временного ряда урожайности зерновых культур по третьей зоне Оренбургской области за 1958-2002 г.г.....	123
Приложение И Фактические и выровненные по полиному второй степени уровни урожайности зерновых культур в первой зоне Оренбургской области.....	124
Приложение К Фактические и выровненные по полиному второй степени уровни урожайности зерновых культур во второй зоне Оренбургской области.....	125
Приложение Л Фактические и выровненные по полиному второй степени уровни урожайности зерновых культур в третьей зоне Оренбургской области.....	126
Приложение М Фактические и выровненные по полиному второй степени уровни урожайности зерновых культур в Оренбургской области.....	127
Приложение Н График остатков на нормальной вероятностной бумаге по первой зоне.....	128
Приложение П График остатков на нормальной вероятностной бумаге по второй зоне.....	129
Приложение Р График остатков на нормальной вероятностной бумаге по третьей зоне .....	130
Приложение С График остатков на нормальной вероятностной бумаге по области.....	131
Приложение Т Результаты статистического моделирования урожайности зерновых культур по Оренбургской области.....	132
Приложение У Результаты статистического моделирования урожайности зерновых культур по первой зоне Оренбургской области.....	133
Приложение Ф Результаты статистического моделирования урожайности зерновых культур по второй зоне Оренбургской области .....	134
Приложение Х Результаты статистического моделирования урожайности зерновых культур по третьей зоне Оренбургской области.....	135
Приложение Ц Фактические и выровненные по методу экспоненциального сглаживания уровни урожайности зерновых культур в первой зоне Оренбургской области.....	136
Приложение Ш Фактические и выровненные по методу экспоненциального сглаживания уровни урожайности зерновых культур во второй зоне Оренбургской области.....	137
Приложение Щ Фактические и выровненные по методу экспоненциального сглаживания уровни урожайности зерновых культур в третьей зоне Оренбургской области.....	138

Приложение Э Фактические и выровненные по методу экспоненциального сглаживания уровни зерновых культур в Оренбургской области.....	139
Приложение Ю Значения коэффициентов автокорреляции и частной автокорреляции вторых разностей урожайности зерновых культур по зонам Оренбургской области .....	140
Приложение Я Фактические и выровненные по авторегрессионной модели уровни урожайности зерновых культур в первой зоне Оренбургской области .....	143
Приложение 1 Фактические и выровненные по авторегрессионной модели уровни урожайности зерновых культур во второй зоне Оренбургской области.....	144
Приложение 2 Фактические и выровненные по авторегрессионной модели уровни урожайности зерновых культур в третьей зоне Оренбургской области .....	145
Приложение 3 Фактические и выровненные по авторегрессионной модели уровни урожайности зерновых культур в Оренбургской области...	146
Приложение 4 Матрица парных коэффициентов корреляции.....	147
Приложение 5 Матрица парных коэффициентов корреляции.....	148
Приложение 6 Матрица парных коэффициентов корреляции.....	149
Приложение 7 Матрица парных коэффициентов корреляции.....	150
Приложение 8 Оценка значимости коэффициентов регрессии моделей анализа панельных данных.....	151
Приложение 9 Расчетные значения урожайности зерновых культур по моделям множественной регрессии (МР) и моделям линейной регрессии панельных данных (ПД).....	152
Приложение 10 Динамика урожайности зерновых культур в первой зоне Оренбургской области по десятилетней цикличности.....	153
Приложение 11 Динамика урожайности зерновых культур во второй зоне Оренбургской области по десятилетней цикличности.....	154
Приложение 12 Динамика урожайности зерновых культур в третьей зоне Оренбургской области по десятилетней цикличности.....	155
Приложение 13 Динамика урожайности зерновых культур в Оренбургской области по десятилетней цикличности.....	156
Приложение 14 Динамика урожайности зерновых культур в первой зоне Оренбургской области по двенадцатилетней цикличности.....	157
Приложение 15 Динамика урожайности зерновых культур во второй зоне Оренбургской области по двенадцатилетней цикличности.....	158
Приложение 16 Динамика урожайности зерновых культур в третьей зоне Оренбургской области по двенадцатилетней цикличности.....	159
Приложение 17 Динамика урожайности зерновых культур в Оренбургской области по двенадцатилетней цикличности .....	160
Приложение 18 Динамика урожайности зерновых культур по зонам и в целом по Оренбургской области по трехлетней периодичности.....	161

Приложение 19 Уровень осведомленности эксперта.....	162
Приложение 20 Матрица предпочтительности специализации экспертов.....	163
Приложение 21 Матрица компетентности экспертов.....	164
Приложение 22 Оценка степени влияния социально-экономических факторов на урожайность зерновых культур в Оренбургской области .....	165
Приложение 23 Оценка степени влияния природных факторов на урожайность зерновых культур в Оренбургской области.....	166
Приложение 24 Оценка степени влияния агротехнических факторов на урожайность зерновых культур в Оренбургской области.....	167
Приложение 25 Оценка степени влияния экологических факторов на урожайность зерновых культур в Оренбургской области.....	168
Приложение 26 Анкета экспертного опроса.....	169

## Введение

Необходимость предвидения (прогнозирования) вероятностного исхода событий приобретает особую значимость в условиях высокой неопределенности, вызванных как объективными, так и субъективными причинами, что важно для разработки управленческих решений по регулированию ситуации. Поскольку прогнозирование носит вероятностный характер, то приоритетными при его реализации являются статистические методы прогнозирования.

В системе экономического образования статистические методы прогнозирования занимают важное место, способствуя профессиональному формированию современных экономистов.

Цель настоящего учебного пособия – дать студентам научное представление о методах социально – экономического прогнозирования в экономике и об их практическом применении.

В пяти разделах учебного пособия отражены основные статистические методы анализа и прогнозирования временных рядов, а также рассмотрен класс эвристических методов прогнозирования.

**В первом разделе «Теоретические основы прогнозирования в экономике»** рассмотрена сущность понятий «прогноз» и «прогнозирование», принципы и этапы экономического прогнозирования. Систематизирована и дополнена классификация экономических прогнозов и методов экономического прогнозирования.

**Во втором разделе «Предварительный анализ объекта прогнозирования»** рассмотрены методологические принципы, которые должны соблюдаться при анализе объекта прогнозирования. На примере урожайности зерновых культур в Оренбургской области проведен анализ динамики и вариации объекта прогнозирования (в частности рассмотрены методы спектрального анализа, фазовый и кластерный анализ).

**В третьем разделе «Формализованные методы прогнозирования»** рассмотрено прогнозирование по одномерным временным рядам с использованием моделей авторегрессии проинтегрированного скользящего среднего, экспоненциального сглаживания, аналитического выравнивания временного ряда и многофакторное моделирование на основе корреляционного, регрессионного анализа и регрессионных линейных моделей панельных данных. Предложены основные методы оценки качества построенных моделей. Помимо этого в данном разделе большое внимание уделено методике анализа и отбора факторов влияющих на объект прогнозирования.

**В разделе 4 «Экспертные методы прогнозирования»** рассмотрена классификация методов экспертной оценки, основные требования, предъявляемые эксперту и способы отбора экспертов. На примере прогнозирования урожайности зерновых культур применен один из методов коллективной оценки – метод эвристического прогнозирования.

**Раздел 5 «Синтез и верификация прогнозов»** содержит основные характеристики качества и точности прогнозов, а также методику получения объ-

единенного прогноза на основе частных. Все предлагаемые методы сопровождаются примерами.

В каждом разделе приведены теоретические сведения, примеры с решениями, тесты и задания (ответы на них даны в конце книги), которые могут быть использованы в процессе аудиторных и практических занятий, а также для самостоятельной работы студентов.

Положения данной работы могут быть использованы в высших и средних специальных учебных заведениях при изучении дисциплин, «Статистические методы прогнозирования», «Анализ временных рядов и прогнозирование», «Микроэкономическая статистика», «Эконометрика».



# 1 Теоретические основы прогнозирования в экономике

1.1 Понятие, сущность категорий прогноз и прогнозирование

1.2 Классификация прогнозов

1.3 Классификация методов экономического прогнозирования

## 1.1 Понятие, сущность категорий прогноз и прогнозирование

Остановимся на содержании понятия «прогноз» в экономической литературе, где эта проблема рассматривается на протяжении длительного времени.

В настоящее время существует множество трактовок понятий прогноза и прогнозирования.

Так, согласно Френкелю А.А. «Экономический прогноз – это некоторая гипотеза, некоторая вероятностная оценка протекания экономического процесса в будущем» [1]. По мнению Лопатникова Л.И., «прогноз – это научно обоснованное суждение о возможных состояниях объекта в будущем или об альтернативных путях и сроках достижения этих состояний (либо как о том и другом). Это суждение, хотя и носит вероятностный характер, все же обладает определенной степенью достоверности» [2]. Уткин Е.А. определяет прогноз как результат процесса прогнозирования, выраженный в словесной, математической, графической или другой форме суждения о возможном состоянии экономического объекта и его среды в будущий период времени [2]. Согласно С.К. Бетяеву прогноз – научно обоснованное предвидение. Прогноз только очерчивает горизонт, внутри которого справедлива выбранная модель [2]. По мнению Борисова А.Б. прогноз – научно обоснованная гипотеза о вероятном будущем состоянии системы и объектов и характеризующие это состояние показатели [3]. Четыркин Е.М. дает следующее определение: «Термином прогноз обозначается возможное будущее значение некоторого показателя (условное утверждение)» [4]. Необходимо отметить, что эти определения имеют слишком общий характер и их необходимо уточнить.

На наш взгляд под *прогнозом* следует понимать научное, основанное на эмпирических данных, вероятностное представление о состоянии объекта прогнозирования на определенный момент времени при определенных условиях среды его функционирования.

В свою очередь прогнозирование – это процесс разработки прогноза.

Почему возникла необходимость в понятии прогнозирования, если есть понятие предвидение?

Слово «предвидение» обозначает обычно наиболее общее, родовое понятие суждений о будущем, включающее в себя все прочие разновидности таких суждений [5].

Это абстрактное понятие раскрывается в виде трех последовательных уровней его конкретизации.

Во-первых, предвидение бывает различного рода: научное и ненаучное (интуитивное, обыденное, а также религиозное псевдопредвидение). Научное основано на знании закономерностей развития природы, общества, мышления;

интуитивное – на предчувствиях человека; обыденное – на так называемом житейском опыте, связанных с ним аналогиях, примерах и т.п.; религиозное псевдопредвидение (пророчество) – на вере в сверхъестественные силы, якобы предопределяющие будущее, на суевериях и т.п.

Во-вторых, предвидение затрагивает две различных совокупности форм его конкретизации: одну, относящуюся к собственно категории предвидения, – предсказательную и другую, сопряженную с ней, относящуюся к категории управления, – предуказательную. Предсказание подразумевает описание возможных или желательных перспектив, состояний, решений проблем будущего. Предуказание связано с собственно решением этих проблем, использованием информации о будущем для целенаправленной деятельности личности и общества.

В-третьих, обе совокупности складываются из различных форм конкретизации [5].

Предсказание выливается в формы предчувствия, предвосхищения, предугадывания, прогнозирования. Предчувствие (простое предвосхищение) содержит информацию о будущем на уровне интуиции – подсознания. Иногда это понятие распространяют на всю область простейшего опережающего отражения как имманентного свойства каждого организма. Предугадывание (сложное предвосхищение) несет информацию о будущем на основе жизненного опыта, более или менее верные догадки о будущем, не основанные на специальных научных исследованиях. Иногда это понятие распространяют на всю область сложного опережающего отражения как имманентного свойства высшей формы движения материи – мышления. Наконец, прогнозирование (которое часто употребляют в трех предыдущих значениях) должно означать при таком подходе специальное научное исследование, предметом которого выступают перспективы развития явления [5].

Прогнозирование включает в себя одновременное исследование объекта прогнозирования и среды его функционирования. При этом методология прогнозирования предполагает следующие этапы:

1) *предпрогнозная ориентация*. Данный этап включает определение объекта прогнозирования (т.е. процессов, явлений и событий на которые направлена деятельность субъекта прогнозирования); цели и задач прогнозирования; периода основания и упреждения прогноза;

2) *эмпирический этап* предполагает сбор и обработку фактических данных об объекте прогнозирования и среды его функционирования;

3) *аналитический этап* включает анализ собранной информации и выбор (разработку) методов прогнозирования;

4) *непосредственно прогнозирование* – этап прогнозирования, на котором разрабатывается прогноз;

5) *верификация прогноза* – на этом этапе осуществляется оценка достоверности и точности прогноза;

6) *корректировка прогноза* – производится уточнение прогноза на основании его верификации и (или) дополнительных данных;

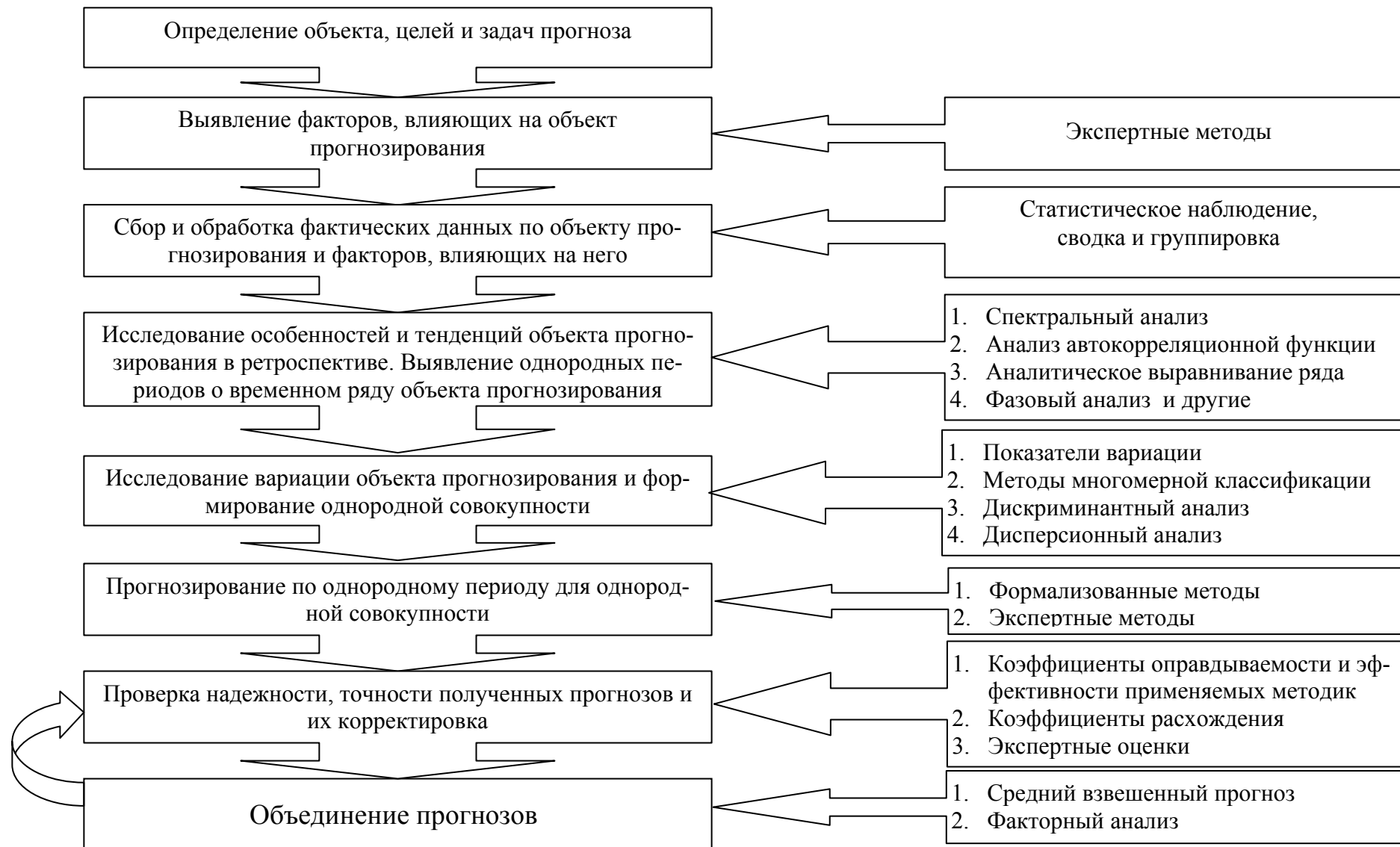


Рисунок 1.1 - Стадии прогнозирования и методы, применяемые на каждой стадии

7) *синтез прогнозов* – заключительный этап прогнозирования, на котором разрабатывается системный прогноз.

Следовательно, прогнозирование должно основываться на следующих принципах:

- 1) *системность* – взаимоувязанность и соподчиненность прогнозов;
- 2) *вариантность* (альтернативность) – разработка вариантов прогноза исходя из особенностей рабочей гипотезы и поставленной цели;
- 3) *непрерывность* – корректировка прогнозов по мере необходимости при поступлении новых данных об объекте прогнозирования и среды его функционирования;
- 4) *верифицируемость* – определение достоверности, точности и обоснованности прогнозов;
- 5) *рентабельность* – превышение экономического эффекта от использования прогноза над затратами на его разработку.

В соответствие с вышеизложенным, нами предложена поэтапная схема прогнозирования и методов, применяемых на каждой стадии (рисунок 1.1).

## 1.2 Классификация прогнозов

Типология экономических прогнозов может строиться по различным критериям в зависимости от целей, задач, масштабности объекта прогнозирования, периода упреждения, назначения прогноза и т.д. Поэтому до настоящего времени в литературе отсутствует единая, четкая классификация экономических прогнозов.

Нами предложена классификация экономических прогнозов по основным признакам (таблица 1.1.).

Каждый из представленных видов прогноза по различным признакам, применяется в конкретной ситуации, в зависимости от особенностей объекта прогнозирования и оптимального решения поставленных задач.

Так, например, от долгосрочных прогнозов урожайности зерновых культур не возможно требовать высокой точности, т.к. их основная задача – предсказать динамику урожайности в связи с прогнозируемым ростом капитальных вложений в сельское хозяйство, производительности труда, достижениями науки и техники. Это необходимо для составления межотраслевого баланса и регулирования межотраслевых связей. Потребителями такой информации являются органы местного самоуправления, а также Правительство РФ.

Среднесрочные прогнозы урожайности зерновых культур применяются для обоснования структуры посевных площадей, оценки сырьевых ресурсов перерабатывающей промышленности, определения вероятных размеров федерального и регионального фондов, а также объемов экспорта-импорта зерна. Потребителями такого рода прогнозов является широкий круг специалистов различных отраслей экономики, производители сельскохозяйственной продукции, а также органы местного самоуправления и правительство страны.

Краткосрочные прогнозы призваны помочь непосредственно производителям зерна подготовиться к уборке урожая: привлечь необходимое количество техники, трудовых и финансово-кредитных ресурсов.

Таблица 1.1 - Классификация экономических прогнозов

Признак	Вид прогноза	Описание прогноза
По продолжительности периода упреждения	<ul style="list-style-type: none"> <li>– оперативный прогноз;</li> <li>– краткосрочный;</li> <li>– среднесрочный;</li> <li>– долгосрочный.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– прогноз с периодом упреждения до одного месяца;</li> <li>– прогноз с периодом упреждения от 1-го месяца до 1-го года;</li> <li>– прогноз с периодом упреждения от 1-го года до 5 лет;</li> <li>– прогноз с периодом упреждения от 5 до 15 лет.</li> </ul>
По масштабности объекта прогнозирования	<ul style="list-style-type: none"> <li>– глобальные;</li> <li>– макропрогнозы;</li> <li>– региональные;</li> <li>– микропрогнозы.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– рассматривают общие тенденции и закономерности, относящиеся к Земле и Человечеству в целом;</li> <li>– служат для прогнозирования на уровне страны;</li> <li>– служат для прогнозирования на уровне региона;</li> <li>– составляются по отраслям народного хозяйства, предприятиям, отдельным видам продукции и т.п.</li> </ul>
По виду представления результатов прогноза	<ul style="list-style-type: none"> <li>– точечный прогноз;</li> <li>– интервальный прогноз.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– результат представлен в виде единственного значения характеристики объекта прогнозирования без указания доверительного интервала;</li> <li>– результат представлен в виде доверительного интервала характеристики объекта прогнозирования.</li> </ul>
По способу представления результатов прогноза	<ul style="list-style-type: none"> <li>– количественные;</li> <li>– качественные.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– имеют четко различимые и исчислимые параметры;</li> <li>– не имеют числового выражения.</li> </ul>
По назначению прогноза	<ul style="list-style-type: none"> <li>– прогнозы общего назначения;</li> <li>– прогнозы специального назначения.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– производятся специализированными службами прогнозов для широкого круга потребителей;</li> <li>– производятся в соответствии с требованиями потребителей прогностической информации.</li> </ul>
По цели проведения прогноза	<ul style="list-style-type: none"> <li>– конфирмативные;</li> <li>– планификационные</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– с помощью прогноза подтверждается либо отвергается гипотетическая информация об объекте прогнозирования;</li> <li>– производятся с целью создания фундамента для планирования.</li> </ul>

Оперативные прогнозы позволяют вносить коррективы в составленные ранее прогнозы, т.е. краткосрочные, среднесрочные и долгосрочные прогнозы урожайности зерновых культур.

Таким образом, человек, принимающий решение должен четко понимать при каких обстоятельствах требуется разработка того, или иного вида прогноза.

### **1.3 Классификация методов экономического прогнозирования**

Экономическое прогнозирование осуществляется с помощью методов прогнозирования. Под методом прогнозирования мы будем понимать способ теоретического и практического действия, направленного на разработку прогнозов [6].

В настоящее время наряду со значительным числом разработанных методов прогнозирования нет их общепринятой четкой классификации. Отсутствует и единое мнение в определении содержания основных методов.

Рассмотрим классификацию современных методов прогнозирования в экономике.

Всю совокупность методов прогнозирования можно разделить на две группы: первая группа включает методы прогнозирования основанные на применении различных моделей описывающих объект прогнозирования с помощью аппарата математических методов (формализованные, фактографические методы). Вторая группа включает экспертные методы (рисунок 1.2).

Экспертные методы применяются в основном в следующих случаях:

- 1) объект, экономическое явление не поддается математическому описанию;
- 2) отсутствует информационная база позволяющая использовать аппарат формализованных методов;
- 3) экстремальные ситуации, требующие принятия быстрых решений;
- 4) отсутствуют финансовые ресурсы, программное обеспечение, квалифицированные кадры для проведения формализованных исследований.

По принципу действия и способу получения информации экспертные методы можно подразделить на индивидуальные и коллективные.

Суть индивидуальных оценок заключается в том, что каждый эксперт дает личную оценку вероятности наступления события. При этом различают следующие экспертные методы: интервью, аналитические записки, построение сценариев.

Метод коллективной экспертной оценки основан на выявлении обобщенной оценки экспертной группы путем обработки индивидуальных независимых оценок, вынесенных экспертами, входящими в группу. При коллективных экспертных оценках используются методы «мозговой атаки», «круглого стола», «Дельфийский метод», матричный и другие.

Классификация группы формализованных методов пока еще не сложилась. Это объясняется бурным развитием в последнее десятилетие экономико-математических методов, а также появлением новых программных продуктов

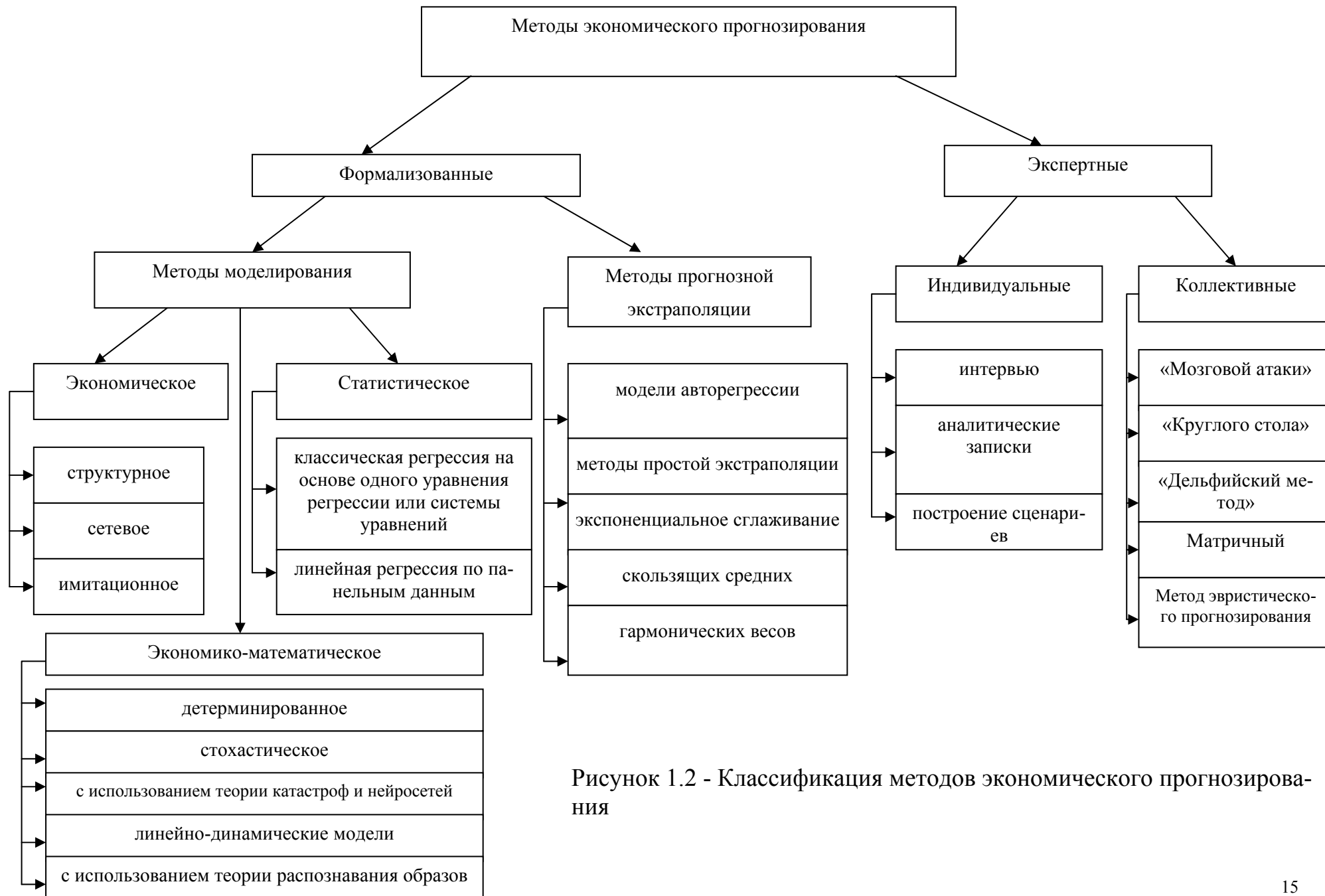


Рисунок 1.2 - Классификация методов экономического прогнозирования

значительно облегчающих применение трудоемких формализованных методов. Однако исследования проведенные по данной проблеме позволяют выделить среди формализованных методов две самостоятельные группы: методы прогнозной экстраполяции и методы моделирования [7].

Внутри первой группы можно выделить методы простой экстраполяции, экспоненциального сглаживания, скользящих средних, гармонических весов и модели авторегрессии.

Среди методов моделирования можно выделить экономическое (структурное, сетевое, имитационное), статистическое (классическая регрессия на основе одного или системы уравнений, линейная регрессия по панельным данным), а также экономико-математическое (с использованием теории распознавания образов, теории катастроф и нейросетей, линейно-динамических моделей, др.).

Прогнозирование формализованными методами, в зависимости от используемой информации, можно разделить на два класса:

- прогнозирование по одномерному временному ряду;
- многофакторное прогнозирование.

Основные методы прогнозирования данных классов рассмотрены в третьем разделе.

### **Тесты и задания для самоконтроля**

1 Что понимается под категорией «прогноз»?

- а) описание, картина, модель намечаемого будущего состояния экономической системы, хозяйства страны, регионов, отраслей, предприятий, компаний;
- б) научное, основанное на эмпирических данных, вероятностное представление о состоянии объекта прогнозирования на определенный момент времени при определенных условиях среды его функционирования;
- в) предвидение, предсказание, основанное на определенных данных.

2 Прогнозирование – это:

- а) специальное научное исследование, предметом которого выступают перспективы развития явления;
- б) совокупность взаимоувязанных мер, план действий, направленных на достижение определенной цели, решение проблемы;
- в) составная часть управления, разработка и практическая реализация планов, определяющих будущее состояние экономической системы, путей способов и средств его достижения.

3 Какие этапы не включаются в прогнозирование:

- а) предпрогнозная ориентация;
- б) верификация прогноза;
- в) идентификация прогноза.



4 Отметьте принципы прогнозирования:

- а) рентабельность;
- б) вариантность;
- в) планомерность.

5 По продолжительности периода упреждения выделяют прогнозы:

- а) долгосрочный;
- б) интервальный;
- в) глобальный.

6 По масштабности объекта прогнозирования выделяют прогнозы:

- а) количественные;
- б) макропрогнозы;
- в) общего назначения.

7 По виду представления результатов прогноза выделяют прогнозы:

- а) точечный;
- б) количественные;
- в) региональные.

8 По способу представления результатов прогноза выделяют прогнозы:

- а) подтверждающие;
- б) точечный;
- в) качественные

9 По назначению выделяют прогнозы:

- а) микропрогнозы;
- б) краткосрочный;
- в) прогнозы специального назначения.

10 По цели проведения выделяют прогнозы:

- а) планификационные;
- б) прогнозы общего назначения;
- в) оперативный прогноз.

11 Какие из перечисленных методов не относятся к формализованным:

- а) линейная регрессия по панельным данным;
- б) построение сценариев;
- в) метод эвристического прогнозирования.

12 Какие из перечисленных методов не относятся к экспертным:

- а) имитационное моделирование;
- б) экспоненциальное сглаживание;
- в) Метод «Мозговой атаки».

## 2 Анализ объекта прогнозирования

### 2.1 Исследование динамики

### 2.2 Исследование вариации

Анализ объекта прогнозирования является обязательным и очень важным этапом процесса прогнозирования. Целью анализа объекта прогнозирования является разработка прогностической модели объекта, на основе которой может быть получена прогнозная информация об объекте. Помимо модели объекта необходимо располагать также набором методов, методик, приемов прогнозирования. Поэтому в процессе анализа должны быть выбраны методы прогнозирования, адекватные объекту и целям прогнозирования.

Выделяют две основные группы методов анализа: системный и математико-статистические методы анализа [6].

Объект прогнозирования, представляющий собой обычно достаточно сложную социально-экономическую систему, должен быть проанализирован, прежде всего, с помощью системного анализа.

Основными этапами системного анализа являются [6]:

- 1) формулировка основных целей и задач исследования;
- 2) определение границ системы, отделение ее от внешней среды;
- 3) составление списка элементов системы (факторов, переменных и т.п.);
- 4) анализ взаимосвязей элементов системы;
- 5) установление функций подсистем;
- 6) построение системной модели.

Математико-статистический анализ проводится после системного анализа объекта исследования. Методы математико-статистического анализа традиционно разделяются на следующие основные группы: методы анализа структуры (группировки, многомерные классификации, балансовые модели); методы анализа взаимосвязи явлений (корреляционный анализ, регрессионный анализ, факторный анализ); методы анализа динамики процессов; методы анализа вариации процессов.

Основные методологические принципы, которые должны соблюдаться при анализе объекта прогнозирования [6]:

1) принцип системности анализа требует рассмотрения объекта прогнозирования как системы взаимосвязанных характеристик объекта и прогностического фона с позиций целей и задач прогностического исследования;

2) принцип природной специфичности требует обязательного учета специфики природы объекта прогнозирования, специфики закономерностей его развития, абсолютных и расчетных значений пределов развития;

3) принцип оптимизации описания сводится к реализации следующих принципов:

а) оптимальное соотношение в использовании формализованных и неформализованных методов;

б) описание объекта минимальным числом переменных и параметров, обеспечивающим заданную точность и достоверность прогноза;

в) при анализе объекта большее значение придавать последней, новой информации об объекте и меньшее – устаревшей во времени.

В соответствие с вышеизложенными принципами рассмотрим пример анализа объекта прогнозирования, в качестве которого выступит урожайность зерновых культур в Оренбургской области.

## 2.1 Статистические методы исследования динамики

Исходным рядом для анализа выступил ряд урожайности зерновых культур в Оренбургской области за 120 лет (1883–2002 г.г.). Нижняя граница анализируемого интервала выбрана в связи с тем, что информация по урожайности зерновых культур по Оренбургской области за более ранний период отсутствует.

Как известно, временной ряд включает четыре составляющие: трендовую, циклическую, сезонную и случайную.

Под *трендом* понимают изменение, определяющее общее направление развития, основную тенденцию ВР. Это систематическая составляющая долговременного действия.

Наряду с долговременными тенденциями во ВР часто возникают более или менее регулярные колебания – периодические составляющие рядов динамики.

Если период колебаний не превышает одного года, то их называют *сезонными* (например, колебания цен на с/х продукцию).

При большем периоде колебания считают, что во временных рядах имеет место *циклическая* составляющая (циклы деловой активности Кондратьева).

Если из ВР удалить тренд и периодические составляющие, то останется *случайная компонента*.

На первом этапе анализа динамики ряда следует выделить циклическую составляющую временного ряда, на основе которой строится качественный прогноз. Для этого может быть применен спектральный анализ, а также рассчитана автокорреляционная функция. Применение спектрального анализа к временным рядам позволяет обнаружить периодические колебания разной длины, которые, на первый взгляд, выглядят как случайный шум. Спектральный анализ применяется для стационарных временных рядов, а применение быстрого преобразования Фурье, для вычисления спектральных характеристик, требует выполнения соотношения:  $N=2^p$ , где  $N$  – длина временного ряда. Поэтому перед применением спектрального анализа, временной ряд урожайности зерновых культур, был преобразован. Для приведения к стационарному виду использовано последовательное дифференцирование (взяты вторые разности, т.к. после взятия первых разностей ряд остался нестационарным), а для того чтобы длина ряда стала степенью 2, ряд был дополнен восьмью нулями (длина исходного ряда – 120 уровней, тогда  $N=2^7=128$ ). Для проверки ряда на стационарность обычно используют ряд тестов, которые разделяются на 3 основные группы [8]:

1) непараметрические (тест Манна-Уитни, тест Сиджела-Тьюки, сериальные критерии стационарности);

- 2) полупараметрические;
- 3) параметрические (тестирование математического ожидания, тестирование дисперсии, тестирование коэффициентов автокорреляции).

**Пример** - Рассмотрим применение сериальных критериев стационарности.

### Критерий серий, основанный на медиане выборки

1 Из исходного временного ряда урожайности зерновых культур ( $y_t$ ), образуем ранжированный ряд ( $y'_t$ ) (таблица 2.1).

Таблица 2.1 – Формирование серий

Годы	$y_t$ , ц/га	$y'_t$	$\delta_t$
1981	6,7	6,7	-
1982	7,3	7,3	-
1983	7,6	7,4	-
1984	7,9	7,6	-
1985	7,4	7,7	-
1986	8,6	7,8	-
1987	7,8	7,9	-
1988	7,7	7,9	-
1989	7,9	8,2	-
1990	8,2	8,3	-
1991	8,4	8,4	-
1992	9,1	8,6	+
1993	8,3	8,7	-
1994	8,7	8,9	
1995	8,9	9,1	+
1996	9,1	9,1	+
1997	9,5	9,1	+
1998	10,4	9,3	+
1999	10,5	9,4	+
2000	10,2	9,5	+
2001	9,3	9,5	+
2002	9,5	10,2	+
2003	9,4	10,4	+
2004	9,1	10,5	+
Итого	207,5	-	

2 Определяем медиану ( $Me$ ) ранжированного временного ряда. Так как значение длины ряда четное, то

$$Me = \frac{y'_m + y'_{m+1}}{2} = \frac{8,6 + 8,7}{2} = 8,7$$

3 Образум последовательность  $\delta_i$  из плюсов и минусов по правилу:

$$\delta_i = \begin{cases} +, \text{ если } y_t > M_e, t = 1, 2, \dots, n \\ -, \text{ если } y_t < M_e, t = 1, 2, \dots, n \end{cases}$$

Если значение уровня исходного ряда  $y_t$  равно медиане, то это значение пропускается (столбец 4 таблицы 2.1).

4 Подсчитывается  $\nu(n)$ - число серий в совокупности  $\delta_i$ , где под серией понимается последовательность подряд идущих плюсов и минусов. Один плюс или один минус тоже будут считаться серией. Определяется  $\tau_{\max}(n)$ - протяженность самой длинной серии.

Получаем:  $\nu(n)=4$ ,  $\tau_{\max}(n)=11$

5 Чтобы не была отвергнута гипотеза о случайности исходного ряда, должны выполняться следующие неравенства:

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

$$\tau_{\max}(n) < [1,43 \ln(n + 1)]$$

где  $n$  - длина ВР .

Рассчитаем правые части неравенств:

$$\frac{1}{2} (24 + 1 - 1,96\sqrt{24-1}) = 6,8.$$

$$1,43 \cdot \ln(24 + 1) = 4,6$$

Так как в правой части неравенства стоят квадратные скобки, означающие целую часть числа, то сравнения будем проводить с целыми числами – соответственно с 6 и 4.

Получим:  $4 > 6$  и  $11 < 4$

Оба неравенства нарушаются, следовательно, гипотеза отвергается с вероятностью ошибки  $\alpha$ , заключенной между 0,05 и 0,0975 (следовательно, подтверждается наличие зависящей от времени неслучайной составляющей).

### Критерий «восходящих и нисходящих» серий

1 На первом шаге образуется последовательность плюсов и минусов, но по другому правилу. Для временного ряда с уровнями  $y_1, y_2, \dots, y_n$  определяется вспомогательная последовательность, исходя из условий:

$$\delta_i = \begin{cases} +, \text{ если } y_{t+1} - y_t > 0, \text{ для } t = 1, 2, \dots, n \\ -, \text{ если } y_{t+1} - y_t < 0, \text{ для } t = 1, 2, \dots, n \end{cases}$$

Таблица 2.2 – Формирование серий

Годы	$y_t$ , ц/га	$\delta_i$
1981	6,7	
1982	7,3	+
1983	7,6	+
1984	7,9	+
1985	7,4	-
1986	8,6	+
1987	7,8	-
1988	7,7	-
1989	7,9	+
1990	8,2	+
1991	8,4	+
1992	9,1	+
1993	8,3	-
1994	8,7	+
1995	8,9	+
1996	9,1	+
1997	9,5	+
1998	10,4	+
1999	10,5	+
2000	10,2	-
2001	9,3	-
2002	9,5	+
2003	9,4	-
2004	9,1	-
Итого	207,5	

В случае, когда последующие наблюдение окажется равным предыдущему, учитывается только одно наблюдение.

2 Подсчитывается общее число серий  $\nu(n)$  и протяженность самой длинной серии  $\tau_{\max}(n)$  аналогично. Серия, состоящая из «+» - «восходящая серия», из «-» - нисходящая.

Получим:  $\nu(n) = 10$ ;  $\tau_{\max}(n) = 6$

3 Для того чтобы не была отвергнута гипотеза о случайности исходного ряда, должны выполняться следующие неравенства:

$$\nu(n) > \left[ \frac{1}{3} \left( 2n - 1 \right) - 1,96 \sqrt{\frac{16n - 29}{90}} \right]$$

$$\tau_{\max}(n) < \tau_0(n)$$

где  $\tau_0(n)$  - табличное значение, зависящее от n

n	$n \leq 26$	$26 \leq n \leq 153$	$153 \leq n \leq 1170$
$\tau_0(n)$	5	6	7

Рассчитаем значения правой части первого неравенства:

$\left[ \frac{1}{3} (2 \cdot 24 - 1) - 1,96 \cdot \sqrt{\frac{16 \cdot 24 - 29}{90}} \right] = 11$ . Табличное значение  $\tau_0(n) = 5$ . Проверка выполнения условий показывает, оба неравенства не выполняются. Следовательно, нулевая гипотеза отвергается, динамика временного ряда характеризуется наличием систематической составляющей – в изменении урожайности присутствует тенденция.

На рисунке 2.1 показан результат спектрального анализа временного ряда урожайности зерновых культур.

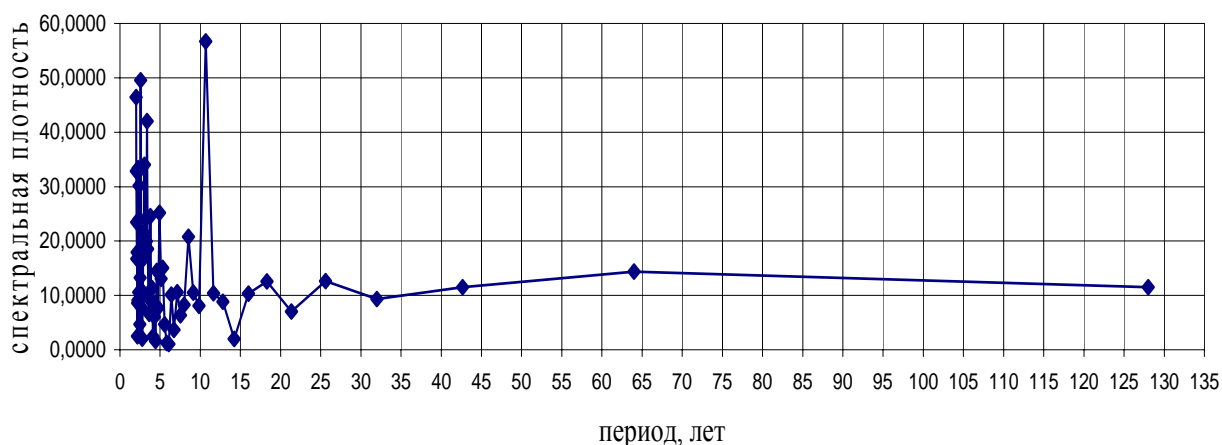


Рисунок 2.1 – Результаты спектрального анализа урожайности зерновых культур в Оренбургской области

Как видно на графике, в динамическом ряду урожайности зерновых культур наблюдаются выбросы спектральной плотности с величиной периода равной 3 и 11. Следовательно, можно сделать предварительный вывод о наличии цикличности в анализируемом ряду с интервалом в 3 года и 11 лет.

Также в качестве оценки периода цикла берется положительное наименьшее число, в котором достигается локальный максимум автокорреляционной функции [1].

В таблице 2.3 представлены значения коэффициентов автокорреляции урожайности зерновых культур до пятнадцатого порядка. По результатам проведенных расчетов можно сделать вывод, что в динамике урожайности зерновых культур в Оренбургской области наблюдаются циклы, продолжительность которых равна в среднем 3 года, 10 лет, 12 лет.

Таблица 2.3 – Значения коэффициентов автокорреляции урожайности зерновых культур в Оренбургской области

Лаг	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Коэффициент автокорреляции	0,36	0,48	0,49	0,42	0,39	0,42	0,42	0,41	0,39	0,51	0,32	0,36	0,31	0,29	0,28

После исследования особенностей временного ряда объекта прогнозирования необходимо выделить однородные периоды исследуемого ряда. Это позволит выбрать период ретроспекции. Для этого может быть применен фазовый анализ временного ряда, либо экспертные оценки. Преимущество применения фазового анализа заключается в более объективном способе вычленения фаз основанном на специальных статистических методах их изучения. Он позволяет выделять локальные колебательные движения временного ряда и исследовать их особенности. Основная идея метода заключается в том, чтобы постепенно (итеративно) очищать ряд от маломощных колебаний, отождествляемых со случайными или второстепенными, конъюнктурными флуктуациями. В ходе такого процесса фильтрации производится сглаживание наименее мощных фаз, в результате чего соседние фазы объединяются в одну более крупную [9]. Для рассмотрения фазового анализа введем следующие определения.

Пусть  $x_t$  – исходный временной ряд, наблюдаемый в моменты  $t=1, 2, \dots, N$ .

*Флуктуация* – величина отклонения  $x_t$  от некоторого установленного исследователем уровня. Это может быть:

- отклонение от среднего уровня  $m_x = \frac{1}{N} \sum_t x_t$ ;
- предшествующего значения  $x_{t-1}$ ;
- нуля;
- тренда;
- какой либо другой величины.

Величина флуктуации в момент  $t$  обозначается через  $Dx_t$ .

*Мощность флуктуации* – абсолютная величина флуктуации  $|Dx_t|$ . *Нерегулярные циклические колебания* – наличие у ряда  $x_t$  разнонаправленных отклонений  $Dx_t$  с различной амплитудой без их детерминированной повторяемости. Принципи-



ально важно для фазового анализа, чтобы в выборке присутствовали отклонения обоого знака. В противном случае выборка представляет собой одну фазу, и тогда задачи разбиения на фазы не существует.

*Фаза* – период положительных или отрицательных флуктуаций ряда  $Dx_t$ . *Положительная и отрицательная фазы* – периоды соответственно положительных и отрицательных флуктуаций ряда. *Длительность фазы – временной отрезок* положительных или отрицательных флуктуаций ряда. *Точка смены фаз* – момент смены знака флуктуаций. *Мощность флуктуаций ряда*, или просто *мощность ряда*, – сумма абсолютных флуктуаций всего ряда, т.е.

$$P = \sum_t |Dx_t| \quad (2.1)$$

*Мощность фазы* – сумма абсолютных флуктуаций ряда внутри фазы, т.е. мощность фазы  $i$

$$p_i = \sum_{t=t_i}^{t_{i+1}} |Dx_t| \quad (2.2)$$

где  $t_i$  – момент начала фазы  $i$ ;

$t_{i+1}$  – момент окончания фазы  $i$  (поворотные точки).

Из (2.1) и (2.2) следует, что мощность ряда равна сумме мощностей составляющих его фаз, т.е.

$$P = \sum_i p_i \quad (2.3)$$

*Уровень агрегирования фаз* – номер итерации в процессе последовательного объединения фаз путем фильтрации маломощной флуктуаций. *Уровень теряемой мощности* – процент мощности ряда, теряемой при элиминировании маломощной флуктуаций. *Фазовая диаграмма* – представление временного ряда в виде сменяющихся друг друга фаз.

Алгоритм фазового анализа включает следующие этапы [9]:

1) задается критерий остановки итерационного процесса. В качестве такового могут выступать:

а) уровень теряемой мощности  $\nu$  – процент совокупной мощности ряда, которым мы решаем пожертвовать в процессе агрегирования фаз путем подавления случайных флуктуаций;

б) наперед заданное число фаз, на которое желательно разбить весь выборочный период;

в) средняя длительность фаз. Если, например, ставится задача изучения приблизительно 4-летних циклов, то процесс целесообразно остановить, когда средняя длительность фаз будет близка 2;

г) экспертное решение, принимаемое на основе анализа графиков и таблиц.

Выбор типа критерия зависит от поставленных целей исследования и от стохастических свойств исследуемого ряда. Вследствие того, что заранее трудно выбрать критерий остановки и задать оптимальную его величину, то рекомендуется выполнять указанную итерационную процедуру до образования нескольких фаз. Затем для каждой итерации слияния фаз следует вычислить значение критериев  $a$ ,  $b$ ,  $c$  и сравнить их изменения при переходе от одной итерации к другой. Процесс образования фаз полезно контролировать на графиках.

В конечном счете, решение о необходимом уровне агрегирования фаз остается за исследователем, а рассмотренные критерии представляют собой вид информации, помогающей квалифицированно принять это решение;

2) Находим наименее мощную фазу, например  $j$ . Возможны два варианта ее расположения в выборке:

а) в начале или в конце;

б) внутри.

Рассмотрим второй вариант. Принимаем решение об устранении соответствующих ей флуктуаций. Для этого заменяем фазы  $j-1$ ,  $j$ ,  $j+1$  одной, мощность которой равна  $p_{j-1} - p_j + p_{j+1}$ . В ходе этой операции число фаз уменьшается на 2, а совокупная мощность временного ряда сокращается на  $2p_j$ . Первый случай отличается от второго лишь тем, что число фаз в результате элиминирования наименее мощной краевой фазы уменьшается на одну, а не на две, так как объединению подлежат только две соседние фазы ( $j$  и  $j+1$ , если  $j$  – первая фаза;  $j-1$  и  $j$  – последняя фаза).

3) этап 2 повторяется до тех пор, пока не достигнем заданного критерия остановки. Полученные фазы подвергаются содержательному или статистическому анализу;

4) графическое представление полученных фаз (построение фазовой диаграммы).

Рассмотрим применение фазового анализа для выделения однородных периодов в урожайности зерновых культур в Оренбургской области.

В качестве флуктуации временного ряда были взяты отклонения урожайности от линейного тренда. Выбор формы тренда основан на применении логического анализа, а также по наименьшему среднему отклонению уровней от тренда и наибольшему коэффициенту аппроксимации (Приложение А). В результате проведенного фазового анализа временного ряда урожайности зерновых культур (Приложение Б), ряд был разбит на четыре фазы (рисунок 2.2):

– 1 фаза продолжительностью 32 года охватывает период 1883 – 1914 г.г.;

– 2 фаза продолжительностью 43 года охватывает период 1915 – 1957 г.г.;

– 3 фаза продолжительностью 36 лет охватывает период 1958 – 1993 г.г.;

– 4 фаза продолжительностью 9 лет охватывает период 1994 – 2002 г.г.

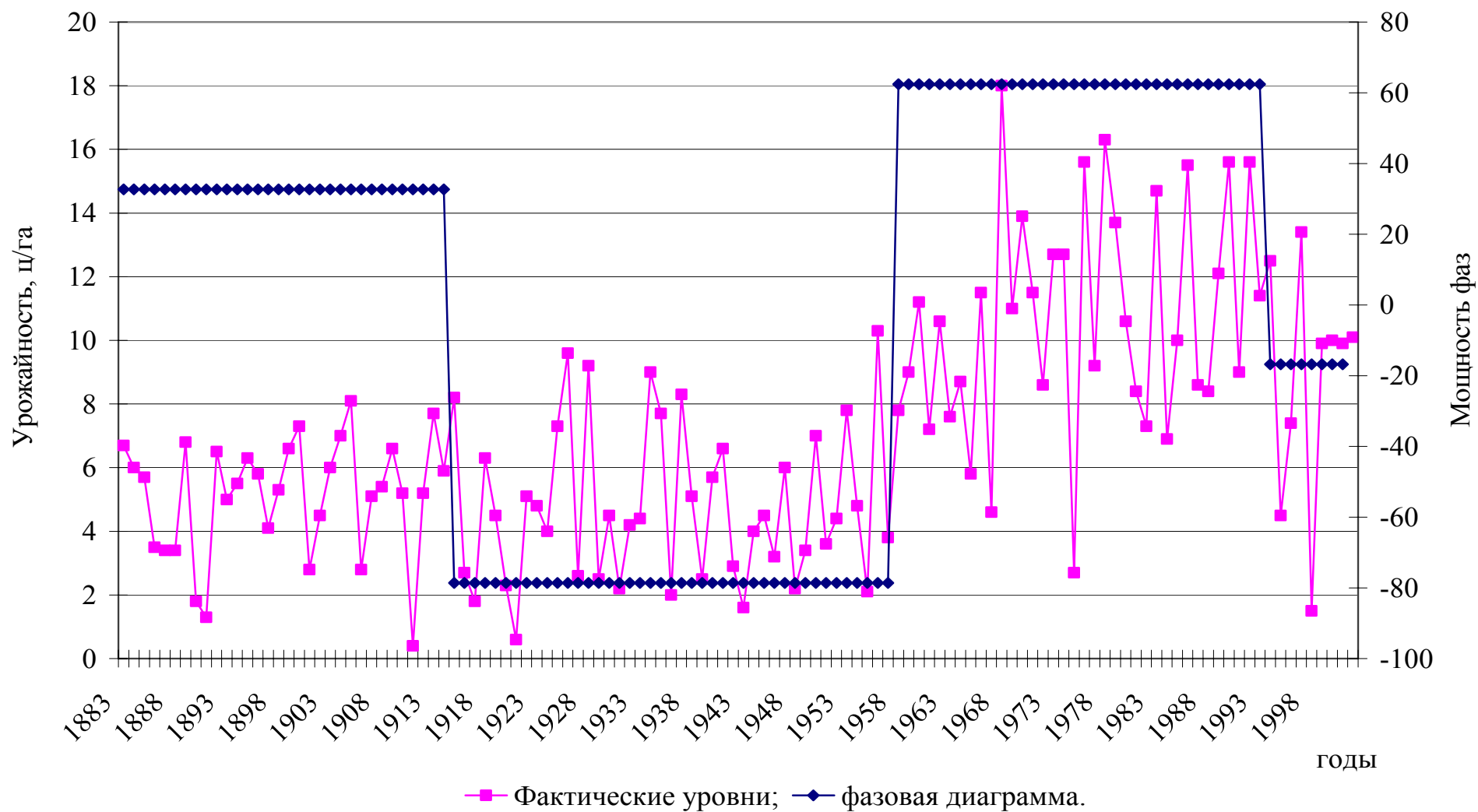


Рисунок 2.2 – Динамика урожайности зерновых культур в Оренбургской области

Такое разбиение ряда объясняется социально-экономическими и политическими изменениями, проходившими в стране в целом и Оренбургской области в частности.

Для характеристики динамики урожайности зерновых культур внутри каждой фазы рассчитаем показатели абсолютной и относительной колеблемости, а также среднюю урожайность (таблица 2.4).

Таблица 2.4. – Показатели колеблемости и устойчивости урожайности зерновых культур по выделенным фазам в Оренбургской области

Фаза	Уравнение тренда	$\bar{Y}$ , ц/га	$(Y - \tilde{Y})$	$n - 2$	$S_y$ , ц/га	$V_{S_y}$ , %	$K_{S_y}$ , %
1	$\tilde{Y} = 3,15 + 0,0229 * t$	5,1	107,3	30	1,89	36,91	63,09
2	$\tilde{Y} = 4,59 + 0,0085 * t$	4,8	254,4	41	2,49	52,20	47,80
3	$\tilde{Y} = 9,04 + 0,0877 * t$	10,7	410,5	34	3,47	32,52	67,48
4	$\tilde{Y} = 8,11 + 0,14 * t$	8,8	112,9	7	4,02	45,68	54,32
Итого и в сред- нем	-	6,9	1195,9	118	3,18	45,85	54,15

где  $\bar{Y}$  – средняя урожайность;

$\tilde{Y}$  – расчетное значение по уравнению тренда;

$n$  – длина фазы;

$S_y$  – среднее квадратическое отклонение уровней от тренда;

$V_{S_y}$  – коэффициент колеблемости;

$K_{S_y}$  – коэффициент устойчивости.

Рассмотрим абсолютные показатели колеблемости.

Размах колеблемости средних уровней за благоприятные и неблагоприятные, в отношении к изучаемому явлению, периоды времени:

$$R_{\phi} = \bar{y}_{\text{благ}} - \bar{y}_{\text{неблаг}} \quad (2.4)$$

Причем к благоприятным периодам времени относятся все периоды с уровнями выше тренда, к неблагоприятным – ниже тренда (например, при изучении динамики производительности труда, если это трудоемкость, то должно быть все наоборот).

Отношение средних уровней за благоприятные периоды времени к средним уровням за неблагоприятные  $\bar{y}_{\text{благ}} / \bar{y}_{\text{неблаг}}$ , также может служить показателем устойчивости уровней. Чем ближе к единице отношение, тем меньше колебле-

мость, а соответственно выше устойчивость. Назовем его индексом устойчивости уровней динамических рядов и обозначим:

$$i_{\bar{y}} = \frac{\bar{y}_{\text{благ}}}{\bar{y}_{\text{неблаг}}} \text{ или } i_{\bar{y}} = \frac{\bar{y}_{\text{в}}}{\bar{y}_{\text{н}}} \quad (2.5.)$$

– отношение средней уровней выше тренда к средней уровней ниже тренда (при тенденции роста).

При измерении колеблемости уровней исчисляются обобщающие показатели отклонений уровней от тренда за исследуемый период.

Основными абсолютными показателями являются среднее линейное и среднее квадратическое отклонения:

$$\text{среднее линейное отклонение } a(t) = \frac{\sum_{i=1}^n |y_i - \tilde{y}_i|}{n - p}, \quad (2.6)$$

$$\text{среднее квадратическое отклонение } S_y(t) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \tilde{y}_i)^2}{n - p}}, \quad (2.7)$$

где  $y_i$  - фактический уровень;

$\tilde{y}_i$  - выравненный уровень;

$n$  – число уровней;

$p$  – число параметров тренда;

$t$  - номера лет (знак отклонения от тренда).

Эти показатели выражаются в единицах измерения анализируемых уровней и не могут служить для сравнения колебаний различных динамических рядов. Сравнение средних линейных и квадратических отклонений по базам скользящего при многократном аналитическом выравнении дает информацию о снижении или повышении устойчивости уровней за период исследования. Аналитическое выравнение  $a(t)$  и  $S_y(t)$  и расчет параметров уравнения их трендов позволяют определить количественные характеристики изменения абсолютной колеблемости во времени: среднегодовое изменение, темп изменения. Снижение колеблемости во времени будет равнозначно повышению устойчивости уровней.

Относительные показатели колеблемости, чаще всего используемые в статистике, вычисляются делением абсолютных показателей на средний уровень за весь изучаемый период:

$$\text{коэффициент линейной колеблемости } V_y^d(t) = \frac{d_y(t)}{\bar{y}}, \quad (2.8)$$

$$\text{коэффициент колеблемости } V_y(t) = \frac{S_y(t)}{\bar{y}}, \quad (2.9)$$

где  $\bar{y}$  - средний уровень ряда.

Эти показатели отражают величину колеблемости в сравнении со средним уровнем ряда. Они необходимы для сравнения колеблемости двух различных явлений и чаще всего выражаются в процентах. Если  $V_y(t)$  – коэффициент колеблемости, то величину

$$(100 - V_y(t)), \quad (2.10)$$

обозначим его  $K_y$ , называют коэффициентом устойчивости. Такое определение коэффициента устойчивости интерпретируется как обеспечение устойчивости уровней ряда относительно тренда лишь в  $100 - V_y(t)$  случаях. Если  $K_y$  составил 0,9, это означает, что среднее колебание составляет 10% среднего уровня. Однако вероятность того, что отдельное колебание (т.е. отклонение от тренда в отдельном периоде времени) не превзойдет средней величины колебаний  $S_y(t)$  составляет лишь 0,68, если распределение колебаний по их величине близко к нормальному. [10]

Как видно из приведенных данных, в динамике урожайности зерновых культур наблюдаются «волны»: средняя урожайность в первой фазе превышает среднюю урожайность второй фазы, коэффициент устойчивости первой фазы превосходит коэффициент устойчивости второй фазы. Аналогичные соотношения наблюдаются у показателей третьей и четвертой фазы. То есть, в нечетных фазах средняя урожайность зерновых культур и коэффициенты устойчивости превосходят среднюю урожайность и коэффициенты устойчивости в четных фазах.

## 2.2 Статистические методы исследования вариации

Помимо соблюдения принципа однородности в динамике, необходимо соблюдать однородность пространственной выборки. Рассмотрим соблюдение данного принципа применительно к выбранному объекту.

Территория Оренбургской области занимает 124 тысячи квадратных километров, при этом она протянулась с запада на восток на 750 километров, это обусловило различные климатические и почвенные характеристики внутри области. Поэтому для проведения дальнейшего анализа необходимо выделить однородные зоны по урожайности зерновых культур.

Для этого проведено исследование вариации рассматриваемого показателя в динамике по районам Оренбургской области. В качестве анализируемого периода, для получения представительных выводов, выбран интервал с 1958 года по 2002 год (3 и 4 выделенные фазы).

Важнейшие показатели вариации:

– размах вариации - абсолютная разность между максимальным и минимальным значениями признака из имеющихся в совокупности (характеризует максимальное различие значений признака):

$$R = x_{\max} - x_{\min}; \quad (2.11)$$

– среднее квадратическое отклонение

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n}}; \quad (2.12)$$

– коэффициент вариации

$$v = \frac{\sigma}{\bar{x}} \cdot 100\%. \quad (2.13)$$

При значении коэффициента менее 33-35 %, можно сделать вывод о типичности, надежности средней величины и однородности совокупности.

Показатели, характеризующие вариацию урожайности зерновых культур по районам области, представлены в приложении В.

Коэффициент вариации урожайности зерновых культур по области колеблется за анализируемый период от 72,3 % до 11,3 %, средний показатель вариации за период составил 28,9 %. Следовательно, можно сделать вывод о неоднородности в изучаемой совокупности и необходимости выделения однородных зон. Для достижения поставленной цели проведем кластерный анализ.

Исследование начинается с построения матрицы содержащей данные по урожайности зерновых культур в разрезе 35 районов области за 1958- 2002 г.г. В результате систематизации теоретических положений кластерного анализа мы пришли к выводу, что для решения поставленной задачи и достижения цели целесообразно использовать в качестве правила объединения метод Уорда (Варда), а в качестве меры расстояния манхеттенское расстояние (расстояние городских кварталов).

Метод Уорда использует методы дисперсионного анализа для оценки расстояния между кластерами. Метод минимизирует сумму квадратов для любых двух (гипотетических) кластеров, которые могут быть сформированы на каждом шаге.

Расстояние городских кварталов является средним разностей по координатам. Для этой меры влияние отдельных больших разностей уменьшается (т.к. они не возводятся в квадрат) [11]

$$d_{ij} = \sum_{k=1}^m |X_{ik} - X_{jk}|, \quad (2.14)$$

где  $X_{ik}$ ,  $X_{jk}$  – значения  $k$ -ой переменной соответственно у  $i$ -го и  $j$ -го объектов

В результате проведенного кластерного анализа было выделено 3 зоны, однородные по уровню урожайности за анализируемый период (рисунок 2.3):

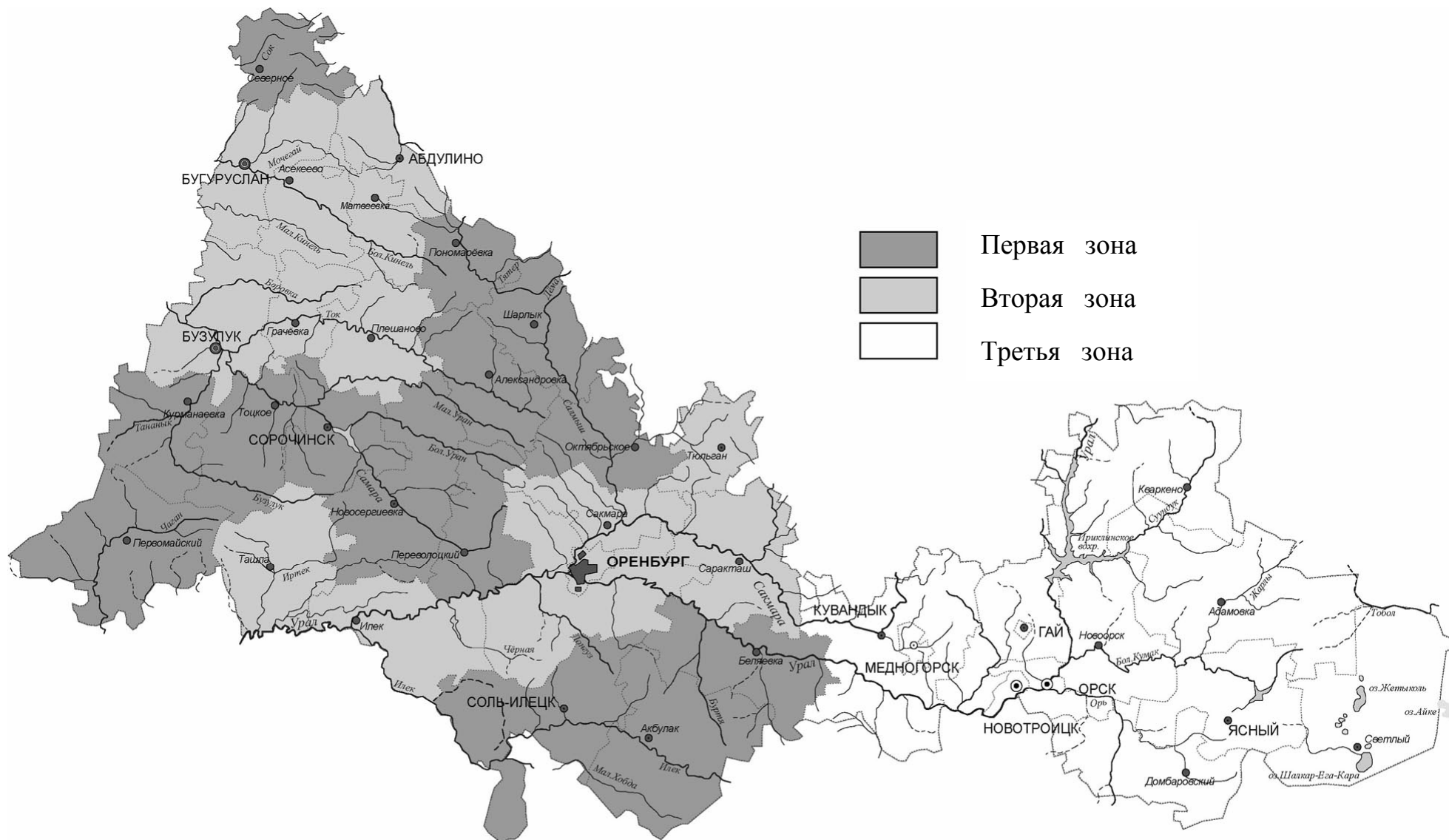


Рисунок 2.3. – Картограмма урожайности зерновых культур по районам Оренбургской области



– первая зона включает 14 районов Оренбургской области : Акбулакский, Александровский, Беляевский, Курманаевский, Новосергеевский, Октябрьский, Первомайский, Переволоцкий, Пономаревский, Северный, Соль-Илецкий, Сорочинский, Тоцкий, Шарлыкский;

– вторая зона включает 13 районов Оренбургской области: Абдулинский, Асекеевский, Бугурусланский, Бузулукский, Грачевский, Илекский, Красногвардейский, Матвеевский, Оренбургский, Сакмарский, Саракташский, Ташлинский, Тюльганский;

– третья зона включает 8 районов расположенных на востоке Оренбургской области: Адамовский, Гайский, Домбаровский, Кваркенский, Кувандыкский, Новоорский, Светлинский, Ясненский.

Рассмотрим основные природно – климатические характеристики выделенных зон.

Первая зона в климатическом отношении характеризуется лучшим увлажнением по сравнению с другими зонами. Среднегодовая сумма атмосферных осадков составляет в пределах зоны от 300 до 460 мм. Запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы весной, составляют от 140 до 160 мм. Достаточное количество тепла и влаги, меньшая вероятность повреждения суховеями создают условия для получения устойчивых урожаев. В почвенном отношении первая зона характеризуется тучными и выщелочными черноземами, темно-серыми лесными почвами, встречаются супесчаные почвы. Средний бонитерочный балл данной зоны равен 66. В целом, почвы первой зоны благоприятны для получения высоких урожаев зерновых культур.

В климатическом отношении вторая зона неоднородна. Количество атмосферных осадков колеблется от 200 до 450 мм. Дней с суховеями бывает от 45 до 70, притом гораздо более сухих и жарких, чем в первой зоне. В почвенном отношении зона также неоднородна: почвы представлены обыкновенными черноземами в сочетании с южными черноземами, имеются темно-серые лесные полосы и темно-каштановые полосы. Средний бонитерочный балл данной зоны равен 73.

Среднегодовое количество осадков в третьей зоне составляет от 220 до 400 мм. Почти ежегодно бывают засушливые и суховеинные периоды. Суховеи сопровождаются юго-восточными ветрами, причем температура воздуха достигает до 40 °С, а относительная влажность воздуха снижается до 8-10 %. Почвенный покров зоны неоднороден: обыкновенные черноземы сочетаются с южными черноземами, встречаются темно-каштановые почвы и супесчаные почвы. В целом по зоне имеют распространение солонцы, солончаки, малоразвитые почвы и выходы камня. Средний бонитерочный балл третьей зоны равен 57.

Сравним динамику урожайности зерновых культур по выделенным зонам (рисунок 2.4). Как видно на графике, урожайность по второй зоне превышает урожайность зерновых культур по другим территориям, в среднем за анализируемый период она составила 15,7 ц/га. Самая низкая урожайность за весь анализируемый период наблюдается в третьей зоне – в анализируемом периоде ее среднее значение составило 11,5 ц/га. В первой зоне средняя урожайность

составила 12,7 ц/га – это наиболее близкое значение к показателю в целом по области– 13,3 ц/га в среднем за анализируемый период.

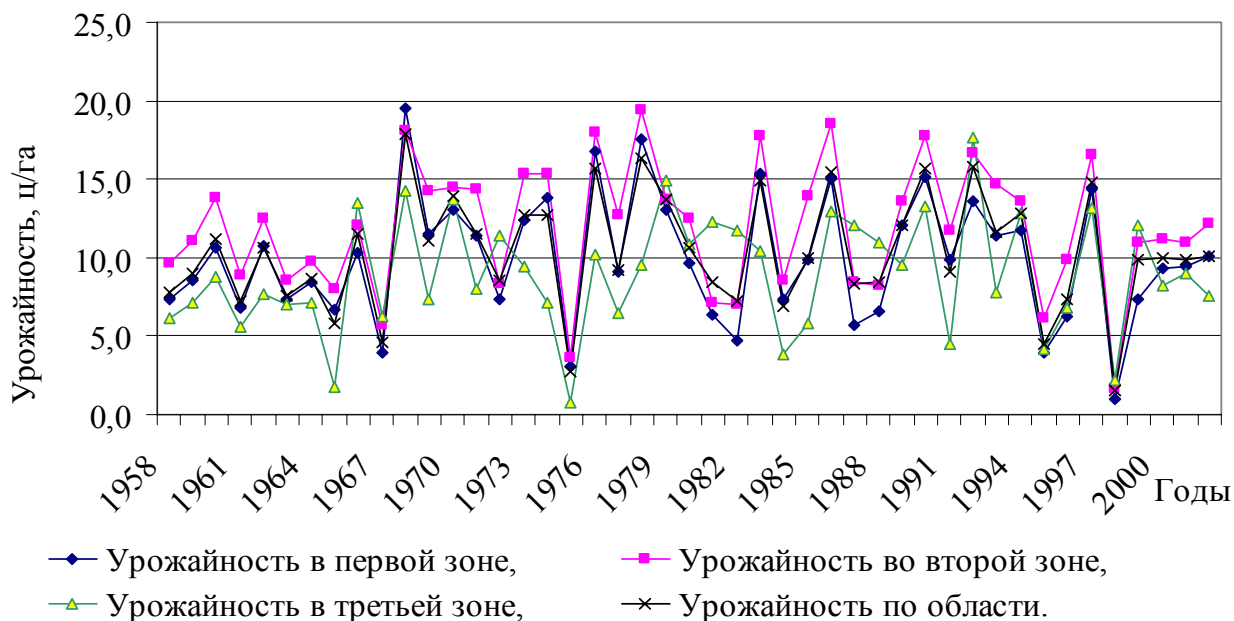


Рисунок 2.4 - Динамика урожайности зерновых культур в Оренбургской области и в выделенных зонах

С учетом выше изложенного, построение прогнозных моделей необходимо осуществлять для выделенных трех зон. Но в зависимости от поставленных целей можно прогнозировать урожайность зерновых культур и для области в целом.

После всестороннего анализа урожайности зерновых культур переходим к стадии построения прогнозных моделей.

### Тесты и задания для самоконтроля

1 Целью анализа объекта прогнозирования является:

- а) разработка прогностической модели объекта, на основе которой может быть получена прогнозная информация об объекте;
- б) выбор статистических методов для прогнозирования;
- в) разработка рекомендаций по прогнозированию данного объекта.

2 Какой временной ряд называется стационарным (в широком смысле):

- а) у которого среднее, дисперсия и ковариация не зависят от момента времени  $t$ ;
- б) у которого среднее, дисперсия и ковариация зависят от момента времени  $t$ ;
- в) имеющий нормальный закон распределения.

3 Какие методы можно применить для выделения однородных периодов в динамике:

- а) фазовый анализ;
- б) метод экспертной оценки;
- в) спектральный анализ;
- г) факторный анализ.

4 Для чего применяется спектральный анализ временного ряда:

- а) для обнаружения периодических колебаний разной длины;
- б) для выделения однородных периодов в динамике;
- в) для обнаружения трендовой составляющей временного ряда.

5 Основная идея фазового анализа заключается:

- а) в том, чтобы постепенно (итеративно) очищать ряд от маломощных колебаний, отождествляемых со случайными или второстепенными, конъюнктурными флуктуациями;
- б) в том, чтобы постепенно (итеративно) очищать ряд от трендовой составляющей;
- в) в том, чтобы очистить ряд от циклических колебаний.

6 При каком значении коэффициента колеблемости, колеблемость во временном ряду считается незначительной:

- а) менее 20 %;
- б) более 20 %;
- в) менее 40 %.

7 Временной ряд – это:

- а) последовательность упорядоченных во времени числовых показателей, характеризующих уровень состояния и изменения изучаемого явления;
- б) последовательность числовых показателей, характеризующих уровень состояния и изменения изучаемого явления;
- в) последовательность упорядоченных временных интервалов, или моментов времени.

8 При каком значении коэффициента вариации, совокупность считается неоднородной:

- а) менее 30 %;
- б) более 35 %;
- в) менее 40 %.

9 Коэффициент вариации характеризует:

- а) степень вариации признака;
- б) пределы колеблемости признака;
- в) тесноту связи между признаками.

## Упражнения

1 Имеются следующие данные о выпуске продукции на предприятии (таблица 2.5).

Таблица 2.5 – Динамика выпуска продукции (Y, тыс. тонн)

Годы	Y	Годы	Y	Годы	Y	Годы	Y
1958	1,65	1970	15,50	1982	27,21	1994	39,34
1959	2,59	1971	15,01	1983	28,22	1995	40,35
1960	6,18	1972	17,83	1984	29,24	1996	41,37
1961	6,26	1973	18,43	1985	30,25	1997	42,38
1962	6,44	1974	17,69	1986	31,26	1998	43,39
1963	7,16	1975	19,80	1987	32,27	1999	44,40
1964	10,56	1976	22,64	1988	33,28	2000	45,41
1965	10,93	1977	22,86	1989	34,29	2001	46,42
1966	9,53	1978	21,56	1990	35,30	2002	47,43
1967	10,64	1979	22,16	1991	36,31	2003	48,44
1968	17,43	1980	25,82	1992	37,32	2004	49,45
1969	14,72	1981	26,50	1993	38,33	2005	50,46

По приведенным данным проведите анализ динамики временного ряда:

– проверьте в ряду наличие циклических колебаний, применив спектральный анализ и анализ автокорреляционной функции;

– определите однородные периоды в динамике с помощью фазового анализа.

11 По имеющимся данным о деятельности крупнейших компаний США в 2005г. (таблица 2.6) рассчитайте коэффициенты вариации и сделайте вывод об однородности изучаемой совокупности. В случае ее неоднородности проведите кластерный анализ по всем показателям. Сделайте экономические выводы.

Таблица 2.6 – Показатели деятельности крупнейших компаний США в 2005г.

Y	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>
0,9	31,3	18,9	43,0	40,9	2,3
1,7	13,4	13,7	64,7	40,5	3,9
0,7	4,5	18,5	24,0	38,9	1,7
1,7	10,0	4,8	50,2	38,5	2,6
2,6	20,0	21,8	106,0	37,3	3,1
1,3	15,0	5,8	96,6	26,5	0,6
4,1	137,1	99,0	347,0	37,0	5,1
1,6	17,9	20,1	85,6	36,8	2,7
6,9	165,4	60,6	745,0	36,3	4,5

Продолжение таблицы 2.6

0,4	2,0	1,4	4,1	35,3	2,0
1,3	6,8	8,0	26,8	35,3	3,0
1,9	27,1	18,9	42,7	35,0	3,6
1,9	13,4	13,2	61,8	26,2	3,7
1,4	9,8	12,6	212,0	33,1	2,5
0,4	19,5	12,2	105,0	32,7	3,1
0,8	6,8	3,2	33,5	32,1	0,3
1,8	27,0	13,0	142,0	30,5	2,3
0,9	12,4	6,9	96,0	29,8	3,5
1,1	17,7	15,0	140,0	25,4	4,1
1,9	12,7	11,9	59,3	29,3	4,3
-0,9	21,4	1,6	131,0	29,2	2,9
1,3	13,5	8,6	70,7	29,2	3,6
2,0	13,4	11,5	65,4	29,1	4,0
0,6	4,2	1,9	23,1	27,9	2,6
0,7	15,5	5,8	80,8	27,2	4,0

где  $Y$  - Чистый доход, млрд. долл. США,

$X_1$  - Оборот капитала, млрд. долл. США,

$X_2$  - Использованный капитал, млрд. долл. США,

$X_3$  - Численность служащих, тыс. чел.,

$X_4$  - Рыночная капитализация компании, млрд. долл. США,

$X_5$  - Заработная плата служащих, тыс.долл.

### **3 Формализованные методы прогнозирования**

#### 3.1 Прогнозирование по одномерному временному ряду

##### 3.1.1 Качественный прогноз

##### 3.1.2 Аналитическое выравнивание

##### 3.1.3 Адаптивные методы

3.1.4 Модели авторегрессии – проинтегрированного скользящего среднего

#### 3.2 Многофакторное моделирование и прогнозирование

##### 3.2.1 Анализ факторов

##### 3.2.2 Множественный корреляционный и регрессионный анализ

##### 3.2.3. Модели линейной регрессии для панельных данных

#### 3.3 Оценка качества моделей

Моделирование формализованными методами, в зависимости от используемой информации, можно разделить на два класса: по одномерному временному ряду и многофакторные модели.

Моделирование по одномерному временному ряду – предполагает построение моделей по ряду урожайности в динамике без привлечения дополнительной информации. Основные методы построения моделей данного класса:

- авторегрессия;
- скользящего среднего;
- объединенная модель авторегрессии – скользящего среднего;
- авторегрессии проинтегрированного скользящего среднего;
- экспоненциальное сглаживание;
- аналитическое выравнивание временного ряда.

Применение данных методов требует проведения анализа по длинным временным рядам (как правило, не менее 35 наблюдений), однако при этом необходимо проводить исследование по качественно однородной совокупности. Таким образом, по нашему мнению, для прогнозирования урожайности зерновых культур в Оренбургской области по одномерному временному ряду, следует в качестве периода ретроспекции принять ряд с 1958 г. по 2002 г., то есть выделенные третью и четвертую фазы.

Многофакторное моделирование основано на включение в модель комплекса факторов, объясняющих колеблемость результативного признака, в данном случае урожайности зерновых культур. Это обстоятельство требует выделения однородных периодов не только по результативному признаку, но и учета изменений происходивших с факторными признаками. Следовательно, наше исследование может быть проведено по временному ряду, охватывающему период с 1994 г. по 2002 г. (четвертая фаза), т.к. к этому периоду произошел коренной социально-экономический перелом в деятельности сельхозпроизводителей: появились новые формы хозяйствования, в результате чего изменилась технология возделывания сельскохозяйственных культур.

Для многофакторного моделирования могут быть применены методы корреляционного, регрессионного и факторного анализа, а также регрессионные линейные модели панельных данных.

### 3.1 Прогнозирование по одномерному временному ряду

По нашему мнению прогнозирование следует осуществлять в два этапа: на первом этапе на основе выявленной цикличности, а также с привлечением экспертных оценок делаем вывод о повышении или снижении уровня анализируемого временного ряда в прогнозном периоде, т.е. проводится качественный прогноз. На втором этапе, на базе формализованных и экспертных методов проводится количественная оценка прогнозного уровня.

Рассмотрим предложенный подход на нашем примере.

Период упреждения прогноза для урожайности зерновых культур в зоне рискованного земледелия, по нашему мнению, не должен превышать двух лет, так как используя современный статистический аппарат методов анализа и прогнозирования не представляется возможным на более длительный период учесть взаимосвязанное влияние факторов, формирующих урожайность.

#### 3.1.1 Качественный прогноз

На первом этапе прогнозирования урожайности, используя результаты фазового анализа, а также выявленной цикличности мы пришли к выводу о снижении урожайности зерновых культур в Оренбургской области в 2003-2004 годах по сравнению с урожайностью 2002 года. В основу данного заключения положены следующие расчеты.

Вследствие того, что период упреждения прогноза относится к четвертой фазе динамического ряда урожайности зерновых культур найдена вероятность события А – урожайность зерновых культур находится ниже линии тренда, в четвертой фазе. Она составила 0,78 (рисунок 3.1):

$$P(A) = \frac{m}{n} = \frac{7}{9} = 0,78, \quad (3.1)$$

где  $m$  – число элементарных исходов испытания, благоприятствующих появлению события А (в данном случае число уровней находящихся ниже линии тренда в четвертой фазе);

$n$  – общее число элементарных исходов события (в данном случае число наблюдений вошедших в четвертую фазу) [12].

Следовательно, если экстраполировать линейный тренд, то урожайность зерновых культур в последующие годы с вероятностью 78 % будет ниже расчетных значений по уравнению тренда (расчетные значения по уравнению тренда в 2003 и 2004 годах составили:  $\tilde{Y}_{2003} = 10,7$ ;  $\tilde{Y}_{2004} = 10,8$ ), значит, в 2003 го-

ду урожайность зерновых культур по области в целом будет ниже 10,7 ц/га, в 2004 году – ниже 10,8 ц/га.

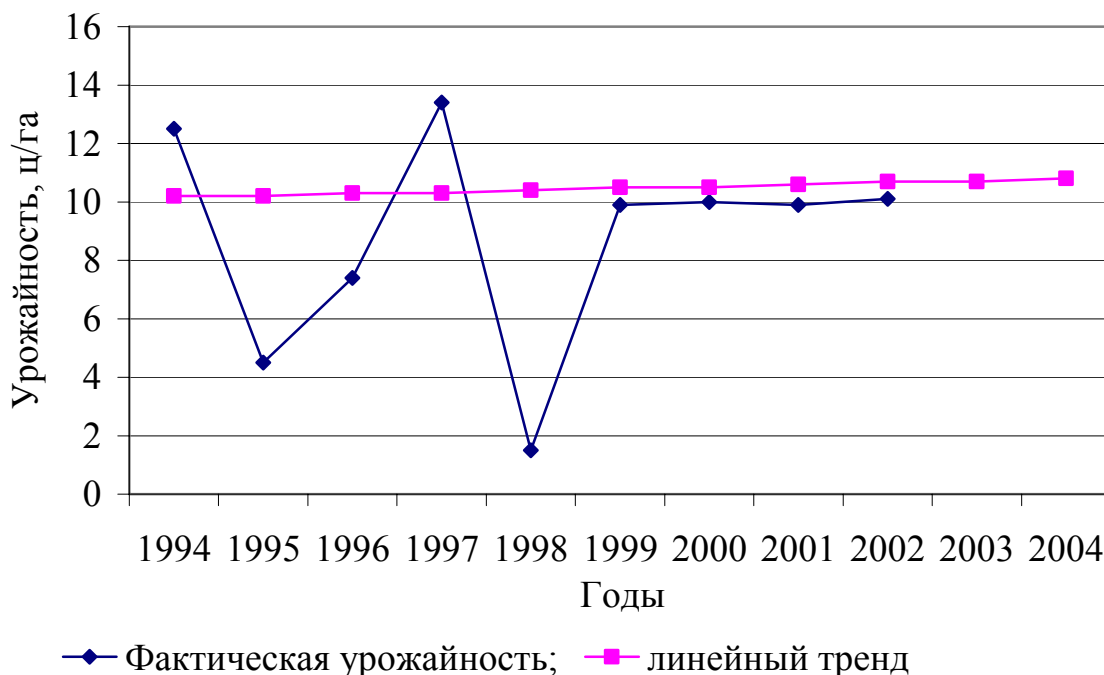


Рисунок 3.1 – Динамика урожайности зерновых культур в четвертой фазе по Оренбургской области

Наложение графиков урожайности зерновых культур десятилетней продолжительности позволило выявить сходство в динамике урожайности по зонам и Оренбургской области в целом за 1988–1997 г.г. и 1998–2002 г.г. (приложения 10–13) – наблюдаемые пять точек указанных временных рядов соответствующие 1988–1992 г.г. и 1998–2002 г.г. имеют идентичную динамику. Следовательно, так как шестая и седьмая точки соответствующие 1993 и 1994 г.г. приняли значение ниже значения 1992 года, то в 2003 и 2004 г.г. можно ожидать снижения урожайности зерновых культур по отношению к уровню 2002 года (таблица 3.1).

Таблица 3.1 – Качественный прогноз урожайности зерновых культур

Территория	Прогноз урожайности по фазовому анализу, ц/га		Прогноз урожайности по выявленной десятилетней цикличности, ц/га	
	2003г.	2004г.	2003г.	2004г.
1 зона	-	-	Менее 10,1	Выше уровня 2003 г.
2 зона	-	-	Менее 12,2	Ниже уровня 2003 г.
3 зона	-	-	Более 7,6	Ниже уровня 2003 г.
Область в целом	Менее 10,7	Менее 10,8	Менее 10,3	Выше уровня 2003 г.



Анализ выявленных двенадцатилетних и трехлетних циклов, не позволил сделать значимых выводов для прогнозирования урожайности (Приложения 14-18).

### 3.1.2 Аналитическое выравнивание

Анализ временного ряда урожайности зерновых культур на выделенном интервале необходимо начинать с проверки гипотезы о наличии тенденции. Для этого можно применить ряд методов, в том числе, критерий серий (применение двух модификаций данного критерия рассмотрено во 2 разделе данного пособия). В результате проведенных расчетов данного критерия, для выделенных зон и области в целом (таблица 3.2), была отвергнута гипотеза об отсутствии систематической составляющей.

Таблица 3.2 - Результаты применения критерия серий, основанного на медиане выборки

Параметр	Значение правой части неравенства	Значение параметра по первой зоне	Значение параметра по второй зоне	Значение параметра по третьей зоне	Значение параметра по области в целом
$M_e$ , ц/га	-	9,9	12,2	8,8	10,1
$\nu(N)$	16	24	21	25	25
$\tau_{\max(N)}$	5	5	5	6	5

Следовательно, необходимо выбрать вид кривой для описания тенденции во временных рядах.

Выбор формы кривой осуществлялся на основе графического и логического анализа временных рядов, а также по наименьшему среднему квадратическому отклонению фактических уровней от расчетных и наибольшему коэффициенту аппроксимации. В результате, для описания тенденции во временных рядах урожайности зерновых культур за 1958-2002 годы, были выбраны полиномы второй степени (Приложения Г-Ж). Уравнения данных моделей представлены в таблице 3.3. Графики расчетных и фактических значений представлены в приложениях И-Л.

Таблица 3.3 – Уравнения трендов урожайности зерновых культур Оренбургской области

Территория	Уравнение тренда
Первая зона	$\tilde{Y} = 7,8018 + 0,2881 \cdot t - 0,0065 \cdot t^2$
Вторая зона	$\tilde{Y} = 9,7264 + 0,3298 \cdot t - 0,0073 \cdot t^2$
Третья зона	$\tilde{Y} = 5,5279 + 0,3641 \cdot t - 0,0061 \cdot t^2$
Область в целом	$\tilde{Y} = 7,9160 + 0,2894 \cdot t - 0,0061 \cdot t^2$

Полученные уравнения трендов показывают, что в анализируемом периоде урожайность зерновых культур снижалась со средним ускорением в год: в первой зоне на 0,013 ц/га, во второй зоне – на 0,0146 ц/га, в третьей зоне и по области в целом – на 0,0122 ц/га. Средний за весь период прирост урожайности зерновых культур в первой зоне и по области в целом составил 0,29 ц/га, во второй зоне – 0,33 ц/га, в третьей зоне – на 0,36 ц/га. В третьей зоне рост урожайности в анализируемом периоде выше, чем в других зонах, а снижение урожайности происходит медленнее.

Для проверки адекватности полученных моделей проведен анализ остаточного компонента (соответствие его распределения нормальному закону распределения и независимости его уровней между собой). При проверке нормальности распределения построены графики остатков на нормальной вероятностной бумаге (приложение М-С). На основе анализа данных графиков можно судить о том, что остатки распределены нормально. Обнаружение автокорреляции остатков проведено с помощью теста Дарбина – Уотсона [13]. Критическая статистика теста определяется по формуле:

$$d = \frac{\sum_{t=2}^n (e_t - e_{t-1})^2}{\sum_{t=1}^n e_t^2} \quad (3.2)$$

где  $e_t$  - отклонение фактических уровней от расчетных,

$n$  – длина временного ряда.

По выделенным зонам и области в целом значение критической статистики Дарбина - Уотсона превышает верхнее граничное значение (таблица 3.4). Следовательно, выбранные модели адекватны изучаемым процессам, т.е. их можно использовать для прогнозирования.

Таблица 3.4 – Расчетные и граничные значения статистики Дарбина-Уотсона

Показатель	Значение показателя по первой зоне	Значение показателя по второй зоне	Значение показателя по третьей зоне	Значение показателя по области в целом
D	2,31	2,29	2,34	2,36
4-D	1,69	1,71	1,66	1,64
$d_u(45;0,05)$	1,62			

Прогноз по уравнению тренда осуществляется путем подстановки соответствующего значения  $t$  (в данном случае  $t = 46$  для 2003 г.  $t = 47$  для 2004г.). Точечный прогноз по уравнению тренда необходимо дополнить расчетом дове-

рительных интервалов. Для полинома второго порядка используются формулы (3.3), (3.4), (3.5):

$$\hat{y}_t \pm S_y \cdot K^*, \quad (3.3)$$

$$S_y \cdot K^* = t_\alpha \cdot S_y \cdot \sqrt{1 + \frac{1}{\sum t^2} \cdot t_l^2 + \frac{\sum t^4 - (2\sum t^2) \cdot t_l^2 + n \cdot t_l^4}{n\sum t^4 - (\sum t^2)^2}} \quad (3.4)$$

$$S_y = \sqrt{\frac{\sum (y_t - \hat{y}_t)^2}{n - p}} \quad (3.5)$$

где  $y_t, \hat{y}_t$  - соответственно фактическое и расчетное значения члена ряда;  
 $n$  - число наблюдений;  
 $p$  - число оцениваемых параметров;  
 $S_y$  - среднее квадратическое отклонение уровней от тренда;  
 $t_\alpha$  - статистика Стьюдента для уровня значимости  $\alpha$ ;  
 $t_l$  - время, для которого делается экстраполяция;  
 $t$  - значение порядкового номера уровня.

Точечные и интервальные прогнозы по полиномам второй степени представлены в таблице 3.5. Границы прогнозов рассчитаны с доверительной вероятностью 95 %. Нижнюю границу прогноза для первой и второй зон мы приняли равной нулю, т.к. при расчете были получены отрицательные нижние границы прогноза, а урожайность зерновых культур не может принимать такие значения.

Таблица 3.5 – Прогноз урожайности зерновых культур по уравнениям трендов

Территория	Точечный прогноз, ц/га		$S_y \cdot K^*$		Нижняя граница прогноза, ц/га		Верхняя граница прогноза, ц/га	
	2003г.	2004г.	2003г.	2004г.	2003г.	2004г.	2003г.	2004г.
1 зона	7,3	7,0	8,8	8,9	0,0	0,0	16,1	16,2
2 зона	9,5	9,1	10,1	10,2	0,0	0,0	19,6	19,7
3 зона	9,4	9,2	8,3	8,4	1,0	1,0	17,8	17,8
По области	8,0	8,3	8,2	8,3	0,0	0,0	16,2	16,3

Как видно из приведенной таблицы, точечный прогноз согласуется с выводами, сделанными на первом этапе прогнозирования, но доверительные границы прогноза слишком велики.

### 3.1.3 Адаптивные методы прогнозирования

В течение анализируемого периода коэффициенты уравнения описывающего тренд, изменяются. Следовательно, необходимо, чтобы модель учитывала (настраивалась) на происходящие изменения. Причем более поздним наблюдениям необходимо придавать больший вес, в тоже время нельзя совсем исключать из анализа остальные уровни, так как они несут информацию о процессе. Таким принципам отвечает метод экспоненциального сглаживания. Экспоненциальное сглаживание необходимо проводить с учетом выявленных тенденций, то есть в данном случае оно будет основано на адаптивных полиномиальных моделях второго порядка. Рассмотрим поэтапную схему построения адаптивных полиномиальных моделей второго порядка.

На первом этапе построения модели задается значение параметра сглаживания  $\alpha$ . Точных рекомендаций для выбора оптимальной величины параметра сглаживания пока нет, его можно определить, например, с помощью программы STATISTICA, перебирая возможные значения на сетке значений либо используя формулу

$$\alpha = \frac{2}{n+1}, \quad (3.6)$$

где  $n$  – длина временного ряда.

Методом перебора по сетке значений и по формуле (3.6) определены оптимальные значения параметра сглаживания  $\alpha$  (таблица 3.6).

Таблица 3.6 – Значения параметра экспоненциального сглаживания  $\alpha$

Территория	Значение $\alpha$ , полученное	
	с использованием ППП STATISTICA	по формуле (3.8) (n=45)
1 зона	0,011	0,044
2 зона	0,010	
3 зона	0,007	
По области	0,009	

Второй этап включает расчет начальных условий по следующим формулам:

$$S_0^{[1]} = a_0 - \frac{1-\alpha}{\alpha} \cdot a_1 + \frac{(1-\alpha)(2-\alpha)}{2\alpha^2} \cdot a_2, \quad (3.7)$$

$$S_0^{[2]} = a_0 - \frac{2(1-\alpha)}{\alpha} \cdot a_1 + \frac{(1-\alpha)(3-2\alpha)}{\alpha^2} \cdot a_2, \quad (3.8)$$

$$S_0^{[3]} = a_0 - \frac{3(1-\alpha)}{\alpha} \cdot a_1 + \frac{3(1-\alpha)(4-3\alpha)}{2\alpha^2} \cdot a_2. \quad (3.9)$$

Значения коэффициентов  $a_0, a_1, a_2$  рекомендуется брать из уравнения тренда [1].

Параметры для рассматриваемой модели представлены в таблице 3.7.

Таблица 3.7 – Оценка коэффициентов

Параметр	Первая зона	Вторая зона	Треть зона	Область
$a_0$	7,7018	9,7264	5,5279	7,916
$a_1$	0,2881	0,3298	0,3641	0,2894
$a_2$	0,0065	0,0073	0,0061	0,0061

Тогда начальные условия для экспоненциального сглаживания урожайности зерновых культур в первой зоне составят:

$$S_0^{[1]} = 7,7018 - \frac{1-0,011}{0,011} \cdot 0,2881 + \frac{(1-0,011)(2-0,011)}{2 \cdot 0,011^2} \cdot 0,0065 = 34,635$$

$$S_0^{[2]} = 7,7018 - \frac{2 \cdot (1-0,011)}{0,011} \cdot 0,2881 + \frac{(1-0,011)(3-2 \cdot 0,011)}{0,011^2} \cdot 0,0065 = 114,111$$

$$S_0^{[3]} = 7,7018 - \frac{3 \cdot (1-0,011)}{0,011} \cdot 0,2881 + \frac{3 \cdot (1-0,011)(4-3 \cdot 0,011)}{2 \cdot 0,011^2} \cdot 0,0065 = 246,132$$

На третьем этапе рассчитываются экспоненциальные средние по следующим формулам:

$$S_t^{[1]} = \alpha \cdot y_t + (1-\alpha) \cdot S_{t-1}^{[1]}, \quad (3.10)$$

$$S_t^{[2]} = \alpha \cdot S_t^{[1]} + (1-\alpha) \cdot S_{t-1}^{[2]}, \quad (3.11)$$

$$S_t^{[3]} = \alpha \cdot S_t^{[2]} + (1-\alpha) \cdot S_{t-1}^{[3]}, \quad (3.12)$$

где  $y_t = \hat{y}_{t-n}$  - расчетное значение по уравнению тренда для последнего периода

В нашем примере экспоненциальные средние для первой зоны составят:

$$S_t^{[1]} = 0,011 \cdot (7,8018 + 0,2881 \cdot 45 - 0,0065 \cdot 45^2) + (1-0,011) \cdot 34,635 = 34,34$$

$$S_t^{[2]} = 0,011 \cdot 34,635 + (1-0,011) \cdot 114,111 = 113,24$$

$$S_t^{[3]} = 0,011 \cdot 114,111 + (1-0,011) \cdot 246,132 = 244,68$$

Модель прогноза по методу экспоненциального сглаживания имеет вид:

$$\hat{Y}_\tau = \mathcal{K}_0 + \tau * \mathcal{K}_1 + \frac{1}{2} * \tau^2 * \mathcal{K}_2 + \dots + \frac{1}{n!} * \mathcal{K}_{n+1} * \tau^n, \quad (3.13)$$

где  $\tau$  - время упреждения,

$\mathcal{K}_0, \mathcal{K}_1, \mathcal{K}_2$ , и т.д. - оценки коэффициентов модели (скорректированные параметры тренда).

В нашем примере модель прогноза примет вид:

$$\hat{Y}_\tau = \mathcal{K}_0 + \tau * \mathcal{K}_1 + \frac{1}{2} * \tau^2 * \mathcal{K}_2 \quad (3.14)$$

Оценки модели рассчитываются по формулам:

$$\mathcal{K}_0 = 3 \cdot (S_i^{[1]} - S_i^{[2]}) + S_i^{[3]} \quad (3.15)$$

$$\mathcal{K}_1 = \frac{\alpha}{2(1-\alpha)^2} \cdot [(6-5\alpha) \cdot S_i^{[1]} - 2(5-4\alpha) \cdot S_i^{[2]} + (4-3\alpha) \cdot S_i^{[3]}] \quad (3.16)$$

$$\mathcal{K}_2 = \frac{\alpha^2}{(1-\alpha)^2} \cdot (S_i^{[1]} - 2S_i^{[2]} + S_i^{[3]}) \quad (3.17)$$

Тогда скорректированные параметры тренда составят:

$$\mathcal{K}_0 = 3 \cdot (S_i^{[1]} - S_i^{[2]}) + S_i^{[3]} = 3 \cdot (34,34 - 113,24) + 244,68 = 7,98$$

$$\mathcal{K}_1 = \frac{0,011}{2(1-0,011)^2} \cdot [(6-5 \cdot 0,011) \cdot 34,34 - 2(5-4 \cdot 0,011) \cdot 113,24 + (4-3 \cdot 0,011) \cdot 244,68] = 0,294$$

$$\mathcal{K}_2 = \frac{0,011^2}{(1-0,011)^2} \cdot (34,34 - 2 \cdot 113,24 + 244,68) = 0,006$$

Прогноз на один шаг вперед, т.е. на 2003 год составит:

$$\hat{Y}_{2003} = 7,98 + 0,294 \cdot 1 + 0,006 \cdot 1^2 = 8,27$$

По рассмотренному алгоритму проведено экспоненциальное сглаживание урожайности зерновых культур. Результаты расчетов представлены в приложениях Т-Х, графики фактических и расчетных значений - в приложениях Ц-Э.

К положительным особенностям данного метода следует отнести то, что при поступлении новой, «свежей» информации расчеты повторять не придется. Достаточно принять в качестве начальных условий последние значения функций сглаживания  $S_t^{(i)}$  и продолжить вычисления. Недостаток данного метода – отсутствие четкой методики выбора оптимальной величины параметра  $\alpha$ . [13]

Для расчета доверительных границ прогноза, основанного на адаптивных моделях, моделях авторегрессии – проинтегрированного скользящего среднего, множественной регрессии и моделей регрессии панельных данных применена следующая формула:

$$\hat{Y}_t \pm S_y \cdot t_{табл} \quad (3.18)$$

где  $\hat{Y}_t$  - точечный прогноз по модели;

$S_y$  - среднее квадратическое отклонение фактических уровней от расчетных;

$t_{табл}$  - табличное значение t-статистики Стьюдента.

Полученные результаты расчетов прогноза по моделям экспоненциального сглаживания и доверительных границ прогноза представлены в таблице 3.8.

Таблица 3.8 – Прогноз урожайности зерновых культур, построенный по моделям экспоненциального сглаживания

Территория	Точечный прогноз, ц/га		$S_y \cdot t_{табл}$	Нижняя граница прогноза, ц/га		Верхняя граница прогноза, ц/га	
	2003г	2004г		2003г.	2004г.	2003г.	2004г.
1 зона	8,3	8,6	8,3	0,0	0,3	16,6	16,9
2 зона	12,1	12,0	9,5	2,6	2,5	21,6	21,5
3 зона	11,2	11,1	7,8	3,4	3,3	19,0	18,9
По области	11,1	11,0	7,7	3,4	3,3	18,8	18,7

Прогноз по моделям экспоненциального сглаживания имеет тот же недостаток, что и полученный путем экстраполяции полиномов – большие доверительные границы прогноза.

### 3.1.4 Модели авторегрессии – проинтегрированного скользящего среднего

Так как временной ряд урожайности имеет тенденцию, то для его описания целесообразно использовать модель авторегрессии – проинтегрированного скользящего среднего – АРПСС (p,d,q) или в англоязычной версии ARIMA – model. Построение АРПСС – модели включает следующие основные этапы:

- проверка ряда на стационарность;
- преобразование ряда при условии его нестационарности;
- идентификация базового набора моделей;
- оценивание параметров моделей;
- проверка на адекватность и окончательный выбор модели;
- использование модели для прогнозирования.

Приведение к стационарному ряду осуществлено путем взятия вторых разностей. Данное преобразование применяется, когда закон изменения изучаемого явления близок к квадратической зависимости (в нашем примере тенденция описывается полиномом второй степени). Следовательно, параметр  $d$  (порядок разности) будет равен двум. Свидетельством стационарности полученного ряда является быстрое затухание автокорреляционной и частной автокорреляционной функций (Приложение Ю). После получения стационарного ряда определяются значения параметров  $p$  (порядок авторегрессии) и  $q$  (порядок скользящего среднего) на основе исследования характера поведения автокорреляционной функции. В результате получены следующие модели авторегрессии (таблица 3.9).

Таблица 3.9 – Модели авторегрессии урожайности зерновых культур

Территория	Модель авторегрессии
1 зона	$y_t = 0,059 - 0,856 \cdot \Delta_{Y_{t-1}}^{[2]} - 0,402 \cdot \Delta_{Y_{t-2}}^{[2]} - y_{t-2} + 2y_{t-1}$
2 зона	$y_t = -0,006 - 1,37\Delta_{Y_{t-1}}^{[2]} - 1,06\Delta_{Y_{t-2}}^{[2]} - 0,40\Delta_{Y_{t-3}}^{[2]} - y_{t-2} + 2 \cdot y_{t-1}$
3 зона	$y_t = -0,082 - 1,43\Delta_{Y_{t-1}}^{[2]} - 0,94\Delta_{Y_{t-2}}^{[2]} - 0,34\Delta_{Y_{t-3}}^{[2]} - y_{t-2} + 2y_{t-1}$
По области	$y_t = -0,028 - 1,64\Delta_{Y_{t-1}}^{[2]} - 1,54\Delta_{Y_{t-2}}^{[2]} - 0,94\Delta_{Y_{t-3}}^{[2]} - 0,32\Delta_{Y_{t-4}}^{[2]} - y_{t-2} + 2y_{t-1}$

где  $\Delta_{Y_t}^{[2]}$  - вторые разности

Если в результате проверки несколько моделей оказываются адекватны исходным данным, то при окончательном выборе следует учесть два требования:

- повышение точности модели;
- уменьшение числа параметров модели.

Воедино эти требования сведены в информационном критерии Акайка (AIC) и Шварца (SIC):

$$AIC = \frac{p+q}{n} + \ln \left( \frac{\sum_{t=1}^n e_t^2}{n} \right) \quad (3.19)$$



$$SIK = \frac{(p+q)\ln n}{n} + \ln \left( \frac{\sum_{t=1}^n e_t^2}{n} \right) \quad (3.20)$$

Выбор следует сделать в пользу модели с меньшим значением критериев.

Расчетные значения по моделям представлены в приложении 16-19, графики расчетных и фактических уровней – в приложении 32-35.

Предсказываемый уровень по АРПСС - моделям на период (t+l) выражается в виде [1]:

$$Y_{t+l}^* = a_1 \cdot Y_{t+l-1} + a_2 \cdot Y_{t+l-2} + \dots + a_p \cdot Y_{t+l-p} + \varepsilon_{t+l} - b_1 \cdot \varepsilon_{t+l-1} - \dots - b_q \cdot \varepsilon_{t+l-q} \quad (3.21)$$

где  $\varepsilon_t$  - белый шум

Точечный и интервальный прогнозы урожайности зерновых культур по моделям авторегрессии – проинтегрированного скользящего среднего представлены в таблице 3.10.

Таблица 3.10 - Прогноз урожайности зерновых культур, построенный по моделям авторегрессии – проинтегрированного скользящего среднего

Территория	Точечный прогноз, ц/га		$S_y \cdot t_{табл}$	Нижняя граница прогноза, ц/га		Верхняя граница прогноза, ц/га	
	2003г.	2004г.		2003г.	2004г.	2003г.	2004г.
1 зона	10,2	8,7	15,2	0	0	25,4	23,9
2 зона	15,6	18,1	7,8	7,8	10,3	23,4	25,9
3 зона	9,5	15,2	9,4	0,1	5,8	18,9	24,6
По области	10,9	15,7	9,0	1,9	6,7	19,9	24,7

Как видно из представленных данных, прогнозы урожайности зерновых культур построенные на основе моделей по одномерному временному ряду: полиномов второго порядка, экспоненциального сглаживания, авторегрессии – проинтегрированного скользящего среднего, в некоторых случаях противоречат качественному прогнозу, а также имеют слишком широкие границы доверительных интервалов. Для наглядной сравнительной характеристики полученных прогнозов представим их в графическом виде (рисунки 3.2, 3.3).

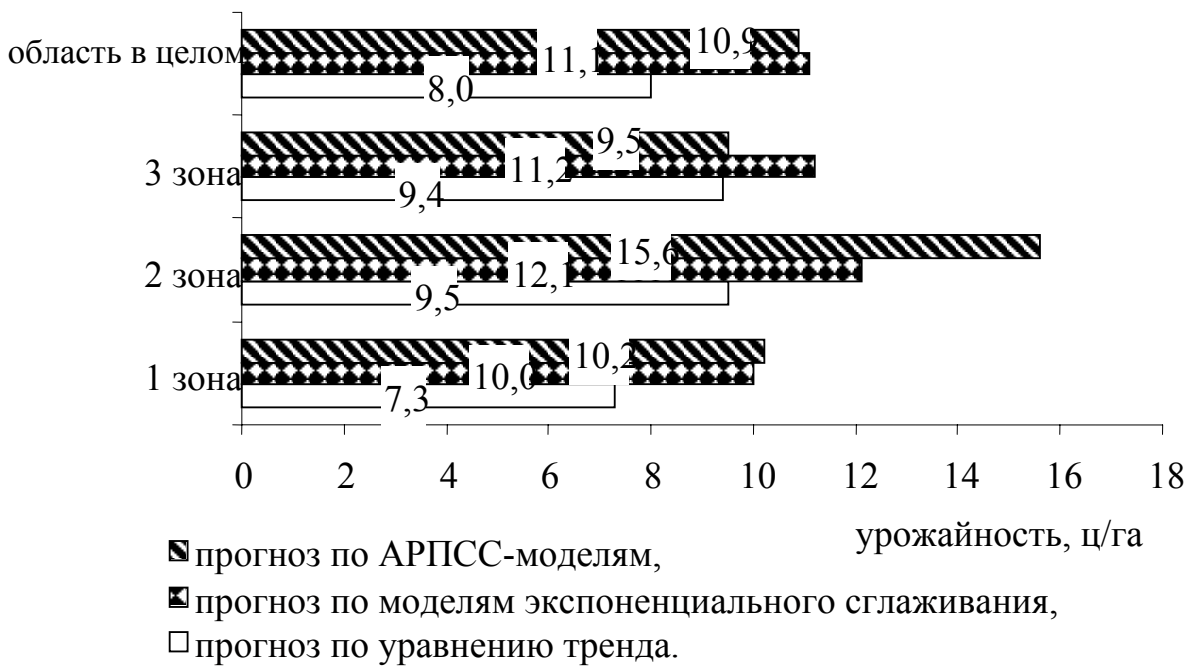


Рисунок 3.2 – Точечный прогноз урожайности зерновых культур на 2003 год по моделям для одномерного временного ряда

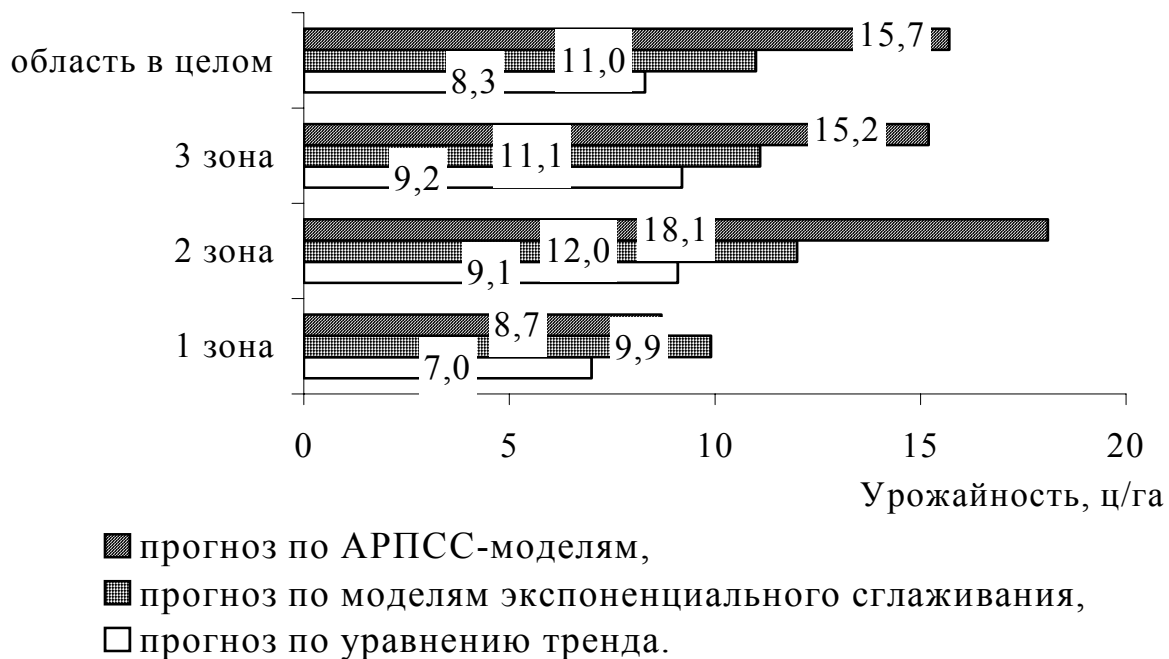


Рисунок 3.3 – Точечный прогноз урожайности зерновых культур на 2004 год по моделям для одномерного временного ряда

На графиках видно, что точечные прогнозы урожайности зерновых культур по рассматриваемым территориям полученные различными методами, имеют значительную вариацию (таблица 3.11).

Таблица 3.11 – Коэффициенты вариации точечных прогнозов урожайности зерновых культур

Территория	Коэффициент вариации, %	
	2003г.	2004г.
1 зона	14,4	13,9
2 зона	20,2	28,7
3 зона	8,0	21,1
Область в целом	14,2	26,2

Значительно варьируют прогнозы для 2004 года, а также во второй зоне. Наименьшее различие точечных прогнозов наблюдается в третьей зоне для 2003г.

Таким образом, рассмотренные методы моделирования по одномерному временному ряду позволяют строить прогнозы урожайности зерновых культур без привлечения дополнительной информации, что является их положительной стороной в условиях дефицита информации и времени.

Однако включение в модель факторов влияющих на урожайность зерновых культур позволит оценить степень их воздействия на формирование урожайности, что в свою очередь будет способствовать обоснованию и принятию оптимальных управленческих решений.

## **3.2 Многофакторное моделирование и прогнозирование**

### **3.2.1 Статистические и эконометрические методы анализа факторов**

Отбор факторов для построения регрессионной модели производится в два этапа. На первом этапе с помощью качественного теоретико-экономического анализа отбираются факторы исходя из сущности проблемы, на втором – на основе матрицы показателей корреляции отбирают факторы, имеющие тесную связь с результативным показателем. При отборе факторов рекомендуется пользоваться следующим правилом: число включаемых факторов обычно в 6-7 раз меньше объема совокупности, по которой строится модель.

Проведем отбор факторов для нашего примера.

На первом этапе в ходе теоретико-экономического анализа факторы, влияющие на урожайность зерновых культур, мы подразделили на 4 блока: природные, агротехнические, социально-экономические, экологические (рисунок 3.4).

Природные факторы состоят из 3 групп: собственно-биологических, почвенных, метеорологических.



Рисунок 3.4 – Система факторов, влияющих на урожайность зерновых культур

К собственно-биологическим факторам урожайности следует отнести генетические свойства сортов сельскохозяйственных культур, определяющие их меньшую зависимость от факторов среды, т.е. устойчивость к недостатку

влаги, высоким или низким температурам, различным видам болезней или вредителей. Но необходимо отметить, что высокопродуктивные сорта острее реагируют на неблагоприятные условия.

В группу почвенных факторов входят такие важнейшие качественные характеристики почв, такие как процент содержания в них гумуса; подвид почвы от которого зависит физико-химические свойства почв; качество почвы.

Разные типы почв отличаются разным плодородием и в разной степени пригодны для возделывания сельскохозяйственных культур.

Следует различать естественное, или потенциальное плодородие почвы, которое зависит от естественных свойств почвы, и эффективное, или экономическое, которое появляется в результате хозяйственного возделывания земли. Для экономического анализа, прогнозирования и планирования сельскохозяйственного производства решающее значение имеет последнее.

По учету на 01.01.2001 года общая площадь земель Оренбургской области составляет 12370,2 тыс.га. Основная часть территории занята землями сельскохозяйственного назначения (88,4%). Большую часть территории занимают почвы черноземного типа (8388,8 тыс.га или 67,8%), почвы каштанового типа и серые лесные почвы – соответственно – 1495,1 (12,1%) и 50,9 (0,4%) тыс.га. Среди всех известных в мире типов почв черноземы выделяются своим исключительно высоким естественным плодородием, а оренбургские черноземы, кроме того, при небольшой общей мощности гумусированных горизонтов еще и больше содержат гумуса в единице объема почвы. В то же время черноземы менее других почв отзывчивы на орошение и высокие дозы удобрений.

Другими словами, именно в этих почвах естественное плодородие в наибольшей степени составляет основу потенциального плодородия и реализуется оно тоже как нигде – очень медленно, постепенно [14].

Среди метеорологических факторов агрометеорологи самыми характерными считают сумму активных температур в вегетационном периоде и гидротермический коэффициент, который показывает отношение получаемой и потребляемой влаги и определяется исходя из суммы осадков и суммы активных температур в вегетационном периоде.

При анализе метеорологических факторов, в первую очередь, исходят из местонахождения исследуемого региона, зоны. В условиях Оренбургской области основными метеорологическими факторами влияющими на урожайность сельскохозяйственных культур являются:

- запас влаги на метровом слое почвы с апреля по июль;
- среднемесячная температура воздуха в июле-августе;
- высота снежного покрова в январе-марте;
- количество осадков в мае-июле.

Ежегодные колебания урожайности сельскохозяйственных культур во многом подчинены климатическим факторам, их значение в среднем в три раза выше, чем применяемых технологий. Однако в долговременном плане воздействие метеорологических факторов на урожайность сельскохозяйственных культур составляет 20 %, но более существенно (на 80 %) она зависит от технологии [15].

Агротехнические факторы можно разделить на две группы: агротехнические работы и вещественные вложения.

Агротехнические работы включают в себя:

- работы по задержанию влаги (снегозадержание, задержание талых вод и т.п.);
- внесение минеральных и органических удобрений;
- предпосевную обработку почвы: вспашка различного вида, культивация, боронование и т.д.;
- мероприятия по подготовке семян к посеву;
- различные способы посева;
- уход за посевами сельскохозяйственных культур: культивация, окучивание, прореживание, прополка, обработка от вредителей, полив и т.д.;
- уборка урожая.

Объемы этих работ необходимо учитывать, важно следить за выполнением агротехнических работ в срок, а также учитывать как отдельные мероприятия и их комплексы влияют на урожайность сельскохозяйственных культур. Так, нарушение агротехнических сроков выполнения основных сельскохозяйственных работ приводит к снижению потенциальной урожайности на 20-25%. При увеличении срока уборки зерновых культур на 20 дней после достижения полной спелости теряется до трети выращенного урожая. Биологически зерновые должны быть убраны в течение 10 дней. Увеличение этого срока приводит к осыпанию зерен из колоса и снижению урожайности на 8 – 10 % [16].

Большое значение в получении устойчивых урожаев имеют севообороты. В степных засушливых районах более высокую урожайность зерна дают зернопашные и зернопаровые севообороты. Хорошо себя зарекомендовали пары – чистые и занятые. Они служат для накопления в почве влаги, питательных веществ, а также борьбы с сорняками [14]. Однако из-за небольшой вариации удельных весов пашни под парами на территории Оренбургской области этот фактор не вошел в число основных.

Вторая группа – вещественные вложения – непосредственно влияют на урожайность сельскохозяйственных культур. Они осуществляются в ходе агротехнических работ, и включают в себя: семена, удобрения, средства борьбы с вредителями и болезнями зерновых культур.

Уровень урожайности при одной и той же агротехнике зависит от метеорологических условий года. В свою очередь, изменение метеорологических условий создает необходимость видоизменения тех или иных агротехнических мероприятий.

Социально-экономические факторы можно разбить на пять блоков:

- 1) специализация производства;
- 2) форма собственности средств производства;
- 3) состояние, наличие и эффективность использования средств труда (основных фондов);
- 4) человеческий фактор;
- 5) финансовый фактор.

Специализация производства позволяет повышать урожайность сельскохозяйственных культур вследствие применения высоких технологий в производстве, высокоурожайных сортов. Она оказывает существенное влияние на рост производительности труда в сельском хозяйстве, что позволяет сократить сроки проведения агротехнических работ.

Немаловажное значение в современных условиях хозяйствования приобретает форма собственности средств производства, от которой зависит эффективность их использования. Арендатор средств производства не заинтересован в долгосрочных капиталовложениях. Собственник же средств производства может повышать урожайность сельскохозяйственных культур увеличивая капиталоемкость.

На урожайность сельскохозяйственных культур оказывает влияние наличие, состояние и эффективность использования средств труда. В настоящее время сельхозтоваропроизводители зачастую не обеспечены в необходимом объеме орудиями труда, или же они находятся в состоянии крайней изношенности (таблица 3.12).

Таблица 3.12 – Динамика обеспеченности, износа и движения основных средств производства в сельскохозяйственных организациях Оренбургской области

Показатели	1995г.	1998г.	1999г.	2000г.	2001г.	2002г.	2002г. по сравнению с 1995г.
Приходится тракторов на 1000 га пашни, шт	5,6	4,5	4,1	4,6	4,5	4,5	-1,1
Приходится зерноуборочных комбайнов на 1000 га посевов, шт	4,3	3,3	3,7	3,1	3,1	3,1	-1,2
Коэффициент износа машин и оборудования, %	50,3	62,7	62,7	59,2	56,2	54,0	3,7
Коэффициент износа транспортных средств, %	45,0	58,9	60,9	61,5	60,9	59,3	14,3
Коэффициент выбытия основных фондов (без скота), %	4,2	3,9	2,6	2,6	2,5	2,4	-1,8
Коэффициент обновления основных фондов (без скота), %	1,5	0,7	1,5	2,3	3,1	3,8	2,3

Как видно из приведенных данных, в Оренбургской области сельскохозяйственные организации в недостаточной мере обеспечены необходимой техникой. Наблюдается высокая степень износа машин и оборудования, а также транспортных средств, причем в анализируемом периоде она возросла. Это приводит к снижению производительности труда, увеличению сроков сева, уборки, проведения агротехнических мероприятий.

Следующий блок включает человеческие факторы, непосредственно характеризующие деятельность человека:

- производительность труда;
- затраты труда;
- управленческие решения и организация производства;
- обеспеченность трудовыми ресурсами.

Особенное значение имеют управленческие решения и организация производства. Эффективные решения и организация позволяют снизить негативное влияние объективных процессов на урожайность сельскохозяйственных культур. Несвоевременные или некомпетентные решения значительно усугубляют это влияние.

Повышение производительности труда способствует сокращению затрат труда и одновременно сокращаются сроки проведения различных агротехнических мероприятий. Что благоприятно отражается на развитии сельскохозяйственных растений.

В настоящее время в сельском хозяйстве наблюдается дефицит высококвалифицированных кадров. Это объясняется, прежде всего, низким уровнем оплаты труда в сельском хозяйстве (таблица 3.13) и ее несвоевременной выплатой. Так, если в 1998 году задолженность по заработной плате в сельском хозяйстве составляла 293,1 млн. р., то в 2002 году она возросла на 187 % и составила 549,2 млн. р.

Таблица 3.13 – Динамика соотношения среднемесячной начисленной заработной платы по отраслям экономики к среднеобластному уровню в Оренбургской области (в % к итогу)

Отрасли	1995г.	1998г.	1999г.	2000г.	2001г.	2002г.
Всего в экономике	100	100	100	100	100	100
Промышленность	122	137	146	140	143	145
Сельское хозяйство	43	41	39	41	42	42
Финансы, кредит, страхование	199	206	177	214	272	271
Строительство	153	126	115	137	114	115

Как видно из приведенной таблицы, оплата труда в сельском хозяйстве значительно ниже оплаты труда по другим секторам экономики.

Высокопрофессиональные кадры обеспечивают улучшение организации труда, тем самым повышается производительность труда, своевременно и в кратчайшие сроки проводятся необходимые агротехнические работы. Рассмотр-



рим уровень образования работников, занимающих должности руководителей и специалистов в сельскохозяйственных организациях (таблица 3.14)

Таблица 3.14 – Распределение работников сельскохозяйственных организаций Оренбургской области по уровню образования в 2002 году

Должности	Количество штатных единиц	Фактически работает, человек	Имеют профессиональное образование, %	
			высшее	среднее
Всего работников занимающих должности руководителей и специалистов Из них:	15579	14887	26	56
Руководители сельскохозяйственных организаций	661	656	75	23
Руководители среднего звена (начальники цехов, участков, управляющие отделениями, др)	3262	3199	11	51

Человеческий фактор оказывает существенную роль в формировании условий развития растений и повышения урожайности сельскохозяйственных культур. Из приведенной таблицы видно, что среди руководителей сельскохозяйственных организаций 75 % имеют высшее образование, а 23 % среднее профессиональное, в тоже время, среди руководителей среднего звена, на которых ложиться основная нагрузка по принятию оперативных управленческих решений, лишь 11 % имеют высшее образование, а 51 % среднее профессиональное.

Финансовый фактор не оказывает прямого влияния на урожайность сельскохозяйственных культур, однако, его опосредованное влияние очень существенно.

Прибыль, полученная сельхозтоваропроизводителем в предыдущий год, а также инвестиции и дотации полученные им позволяют обновлять основные средства производства, увеличивать капиталовложения в пашню, повышать оплату труда работников, создавать страховые фонды. Все это способствует получению стабильных урожаев. Задолженность и убытки лишают возможности проведения этих мероприятий и отрицательно влияют на хозяйственную деятельность. Так, в 2002 году просроченная кредиторская задолженность сельскохозяйственными организациями составила 3615,1 млн. рублей, 38 % от ко-

торой составила задолженность поставщикам, 35 % - по платежам в государственные внебюджетные фонды.

В Оренбургской области за последние годы наблюдается большой процент убыточных сельскохозяйственных предприятий (таблица 3.15).

Таблица 3.15– Динамика числа сельскохозяйственных предприятий

Показатель	1995г.	1998г.	1999г.	2000г.	2001г.	2002г.	2002г в % к 1995г
Число сельскохозяйственных предприятий	609	612	602	610	631	645	105,9
Число убыточных сельскохозяйственных предприятий	364	539	243	225	243	409	112,4
Удельный вес убыточных сельскохозяйственных предприятий в общем количестве сельскохозяйственных предприятий, %	59,8	88,1	40,4	36,9	38,5	63,4	-

Это связано, прежде всего, с диспаритетом цен на промышленные товары и сельскохозяйственную продукцию. Так, если в 1990 году для покупки одного комбайна надо было продать 69 тонн зерна, то в 1997 году – уже в 5,2 раза больше [17]. А также отсутствием цивилизованного рынка зерна. Для зернового рынка страны в настоящее время характерны следующие негативные явления:

- значительные межрегиональные колебания цен на зерно;
- отсутствие инфраструктуры рынка;
- отсутствие единого рынка;
- информационная непрозрачность рынка;
- отсутствие государственного стимулирования экспорта зерна.

Все это приводит к низкой рентабельности производства зерна даже в благоприятные годы.

Экологические факторы подразделяются на:

- природные, вызванные какими-либо естественными явлениями, обычно катастрофическими (наводнения, извержения вулканов, селовые потоки и т.п.);
- антропогенные, возникающие в результате деятельности людей.

Среди антропогенных выделяют следующие загрязнения:

- биологическое - случайное или в результате деятельности человека;
- микробиологическое (микробное) -появление необычно большого количества микробов, связанное с массовым их распространением на антропогенных субстратах или средах, измененных в ходе хозяйственной деятельности человека;

– механическое – засорение среды агентами, оказывающими механическое воздействие без физико-химических последствий;

– химическое – изменение естественных химических свойств среды, в результате которого повышается или понижается среднесуточное колебание количества каких-либо веществ за рассматриваемый период времени, или проникновение в среду веществ, нормально отсутствующих в ней или находящихся в концентрациях, превышающих ПДК;

– физическое – изменение естественного физического состояния среды.

Под воздействием этих факторов значительно ухудшается состояние окружающей среды в целом и земельных ресурсов, в частности, что негативно влияет на урожайность сельскохозяйственных культур.

В процессе экономико-статистического анализа факторов, влияющих на урожайность сельскохозяйственных культур, важной задачей является отбор наиболее существенных факторов, обуславливающих разные условия формирования урожая из года в год.

При отборе факторов, прежде всего, исходят из теоретического положения о роли того или иного фактора в конкретных условиях природно-экономической зоны, каждой сельскохозяйственной культуры.

В первую очередь берутся наиболее значимые факторы, а затем привлекаются и относительно менее значимые. Это позволяет сосредоточиться на главных причинах динамики урожайности, что важно для получения статистически достоверных выводов об их влиянии. Но при возможности следует выделять большее число факторов, подразделять общие синтетические показатели факторов на более частные. По результатам экспертного опроса (п.3.2), выявлено, что наибольшее влияние на формирование урожайности зерновых культур в условиях Оренбургской области имеют природные факторы (оценка степени влияния различных факторов данной группы варьирует от 41 до 87 по сто балльной шкале); на втором месте находятся агротехнические факторы – оценка степени их влияния варьирует от 40 до 69; третье место занимают социально-экономические факторы – оценка степени влияния от 31 до 73; экологические факторы, по мнению экспертов, оказывают наименьшее влияние на формирование урожайности зерновых культур – оценка степени влияния от 18 до 39 (Приложения 22-25). Это объясняется, прежде всего тем, что Оренбургская область расположена в зоне рискованного земледелия, где суммы годовых осадков подвержены резким колебаниям, еще сильнее колеблются месячные суммы осадков. Высокие весенне-летние температуры, сочетающиеся с небольшим количеством атмосферных осадков, являются причиной относительно низкой влажности воздуха. При резком снижении относительной влажности воздуха часто наблюдаются суховеи. В годы, когда в почве накоплено мало влаги, суховеи значительно снижают урожайность зерновых культур.

Учитывая вышеизложенное, для регрессионного моделирования урожайности зерновых культур были отобраны следующие показатели:

$X_1$  - внесено минеральных удобрений в переводе на д.в. на 1 га посева зерновых, кг;

$X_2$  - внесено органических удобрений на 1 га посева зерновых, тонн;

$X_3$  – среднемесячная температура воздуха в июле,  $^{\circ}\text{C}$ ;  
 $X_4$  – среднемесячная температура воздуха в августе,  $^{\circ}\text{C}$ ;  
 $X_5$  – количество осадков в мае, мм;  
 $X_6$  – количество осадков в июне, мм;  
 $X_7$  – количество осадков в июле, мм;  
 $X_8$  – количество осадков в августе, мм;  
 $X_9$  – запас влаги в метровом слое почвы весной, см;  
 $X_{10}$  – высота снежного покрова в марте, м;  
 $X_{11}$  – высота снежного покрова в январе, м;  
 $X_{12}$  – высота снежного покрова в январе – марте, м;  
 $X_{13}$  – энергообеспеченность (энергетических мощностей на 100 га посева зерновых), тыс.л.с.;  
 $X_{14}$  – обеспеченность тракторами (эталонных тракторов на 100 га посева зерновых), шт.;  
 $X_{15}$  – нагрузка на один зерноуборочный комбайн, га;  
 $X_{16}$  – удельный вес зерновых культур в общей площади посевов, %;  
 $X_{17}$  – выбросы загрязняющих атмосферу веществ, отходящих от стационарных источников, тыс.т.

Набор факторов является предварительным, в него входят несколько сходных по существу показателей, из них затем будут отобраны наиболее существенные.

На этом завершается первый этап отбора факторов. В пункте 3.2.2. рассмотрим второй этап отбора факторов и построим по ним регрессионные модели.

### 3.2.2 Множественный корреляционный и регрессионный анализ

Изучение причинно-следственных зависимостей переменных, представленных в форме временных рядов, является одной из самых сложных задач эконометрического моделирования. Применение в этих целях традиционных методов корреляционного и регрессионного анализа может привести к получению абсурдных результатов вызванных так называемой ложной корреляцией (наличие тенденции в каждом ряду), а также периодическими колебаниями. Поэтому при построении регрессионной модели необходимо предварительно проверить временные ряды на наличие данных составляющих, и только после их исключения возможен расчет коэффициентов корреляции и построения регрессионной модели. Существует несколько методов построения регрессионной модели по рядам динамики с наличием тренда [18]:

- регрессия первых разностей;
- регрессия по отклонениям от тренда;
- регрессия по уравнениям ряда с включением в нее фактора времени.

В настоящее время наибольшее распространение получили модели регрессии с включением фактора времени:

$$\tilde{Y} = a + b \cdot x + c \cdot t \quad (3.22)$$

Оценка параметров такого уравнения осуществляется МНК. Фактор времени чаще вводится в виде линейного члена, даже если другие факторы были каким либо образом преобразованы. В п. 3.2.1 рассмотрены факторы, влияющие на урожайность, а также выделены показатели, характеризующие данные факторы. Для оценки степени влияния факторов были построены матрицы парных коэффициентов корреляции для выделенных зон и области в целом, за 1994-2002 годы (приложение 4-7).

Для отбора факторов по матрице парных коэффициентов корреляции нами найдены критические значения парных коэффициентов корреляции на уровне значимости  $\alpha = 0,05$ , исходя из соответствующего числа степеней свободы по таблицам Фишера – Иейтса [19]. В нашем случае  $r_{крит(0,05;7)} = 0,67$ . В модели регрессии включены факторы, парные коэффициенты корреляции которых с урожайностью зерновых культур превысили найденное критическое значение.

Для вычисления парного коэффициента корреляции может быть применена одна из следующих формул:

$$r_{xy} = b \cdot \frac{\sigma_x}{\sigma_y} = \frac{\overline{xy} - \bar{x} \cdot \bar{y}}{\sigma_x \sigma_y} = \frac{n \sum y_i x_i - \sum x_i \sum y_i}{\sqrt{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} \cdot \sqrt{n \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2}}, \quad (3.23)$$

где  $b$  - коэффициент регрессии;

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum x^2}{n} - \bar{x}^2} = \sqrt{x^2 - \bar{x}^2} = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n}} - \text{среднее квадратическое отклонение } x;$$

$$\sigma_y = \sqrt{\frac{\sum y^2}{n} - \bar{y}^2} = \sqrt{y^2 - \bar{y}^2} = \sqrt{\frac{\sum (y - \bar{y})^2}{n}} - \text{среднее квадратическое отклонение } y.$$

На следующем этапе методом пошаговой регрессии построены регрессионные модели урожайности зерновых культур и факторов, влияющих на нее (таблица 3.16).

Значимость уравнения множественной регрессии в целом оценивается с помощью F- критерия Фишера:

$$F = \frac{D_{факт}}{D_{ост}} = \frac{R^2}{1 - R^2} \cdot \frac{n - m - 1}{m}, \quad (3.24)$$

где  $D_{факт}$  - факторная сумма квадратов на одну степень свободы;

$D_{ост}$  - остаточная сумма квадратов на одну степень свободы;

$R^2$  - коэффициент (индекс) множественной детерминации:

$$R^2 = 1 - \frac{\sigma_{ост}^2}{\sigma_y^2} = 1 - \frac{\sum (y - \tilde{y})^2}{\sum (y - \bar{y})^2}; \quad (3.25)$$

где  $\sigma_{ост}^2$  - остаточная дисперсия для регрессионного уравнения;  
 $\sigma_y^2$  - общая дисперсия результативного признака;  
n – число наблюдений;  
m – число параметров при переменных.

Таблица 3.16 – Результаты регрессионного анализа урожайности зерновых культур в Оренбургской области в среднем за 1994 – 2002 г.г. с включением фактора времени

Территория	Уравнение регрессии	R	R <sup>2</sup>	t <sub>табл</sub> (α = 0,05)	F – критерий	
					расчетный	табличный (α = 0,05)
По области	$\tilde{Y} = 32,18 - 1,33 \cdot X_3 + 0,08 \cdot X_5 + 0,37 \cdot t$ (-3,2)* (2,8)* (1,2)*	0,931	0,867	2,36	14,38	4,74
1 зона	$\tilde{Y} = 34,16 - 1,47 \cdot X_3 + 0,07 \cdot X_5 + 0,51 \cdot t$ (-4,0)* (2,0)* (1,7)*	0,945	0,893		15,96	
2 зона	$\tilde{Y} = 2,07 + 0,08 \cdot X_5 + 0,12 \cdot X_6 + 0,001 \cdot t$ (1,7)* (2,5)* (0,003)*	0,875	0,767		9,92	
3 зона	$\tilde{Y} = 42,02 - 1,61 \cdot X_3 + 0,015 \cdot t$ (-6,0)* (0,07)*	0,925	0,856	2,31	41,01	5,59

где \* – расчетные значения t-статистики Стьюдента;

t – фактор времени

X<sub>3</sub> – среднемесячная температура воздуха в июле, °С;

X<sub>5</sub> – количество осадков в мае, мм;

X<sub>6</sub> – количество осадков в июне, мм.

Если  $F_{расч} > F_{крит}(\alpha; m; n - m - 1)$  то принимается гипотеза о значимости уравнения регрессии на уровне значимости  $\alpha$ .

Для оценки статистической значимости коэффициентов регрессии рассчитаны t-критерии Стьюдента:

$$t_{b_j} = \frac{b_j}{m_{b_j}}, \quad (3.26)$$

где  $b_j$  - коэффициент регрессии для j – го фактора;

$m_{b_j}$  - случайная ошибка коэффициента регрессии

Как видно из таблицы 3.16, модели в целом по F- критерию Фишера статистически значимы, однако параметр при факторе времени по критерию Стьюдента не значимы ни в одном из уравнений. Это объясняется отсутствием тенденции в рассматриваемых временных рядах. Поэтому целесообразно при-

менение традиционного корреляционного и регрессионного анализа. Применительно к нашему примеру получены следующие результаты корреляционного и регрессионного анализа (таблица 3.17).

Таблица 3.17 - Результаты регрессионного анализа урожайности зерновых культур в Оренбургской области в среднем за 1994-2002 г.г

Территория	Уравнение регрессии	R	R <sup>2</sup>	t <sub>табл</sub> (α = 0,05)	F – критерий	
					фактический	Табличный (α = 0,05)
По области	$\tilde{Y} = 26,5 - 1,03 \cdot X_3 + 0,11 \cdot X_5$ (2,9)* (2,8)*	0,912	0,837	2,36	14,38	4,74
1 зона	$\tilde{Y} = 26,39 - 1,05 \cdot X_3 + 0,11 \cdot X_5$ (3,4)* (3,5)*	0,925	0,852		15,96	
2 зона	$\tilde{Y} = 2,02 + 0,08 \cdot X_5 + 0,12 \cdot X_6$ (2,4)* (2,7)*	0,881	0,775		9,92	
3 зона	$\tilde{Y} = 42,09 - 1,61 \cdot X_3$ (6,4)*	0,927	0,854	2,31	41,01	5,59

где, \* – расчетные значения t-статистики Стьюдента;  
 $X_3$  – среднемесячная температура воздуха в июле, °С;  
 $X_5$  – количество осадков в мае, мм;  
 $X_6$  – количество осадков в июне, мм.

Уравнения показывают, как в среднем изменится урожайность с изменением факторов включенных в модели, влияющих на ее уровень, при среднем влиянии неучтенных факторов. Расчетные значения урожайности зерновых культур по полученным моделям представлены в приложении 9.

Уравнения регрессии для области в целом, первой и третьей зоны включают в качестве одного из факторов среднемесячную температуру воздуха в июле, причем коэффициент регрессии при данном факторе отрицателен. Это означает, что при изменении среднемесячной температуры в июле на 1 °С, урожайность по области в целом снизится на 1,03 ц/га, в первой зоне – на 1,05 ц/га, в третьей зоне - на 1,61 ц/га. Действительно, высокие температуры в данном месяце отрицательно влияют на налив зерна яровых зерновых культур, т.к. в этот период они находятся в стадии молочной спелости, а озимые зерновые теряют в наливе зерна, т.к. они находятся в стадии восковой или молочно-восковой спелости.

Помимо данного фактора, в уравнения регрессии области в целом и первой зоны вошел фактор  $X_5$  – количество осадков в мае. Коэффициенты регрессии в обоих уравнениях при нем равны и составили 0,11, т.е. с изменением количества осадков в мае на 1 мм, урожайность в данных территориях увеличится на 0,11 ц/га.

Уравнение регрессии для второй зоны включает два фактора:  $X_5$  и  $X_6$ . Они показывают, что с изменением количества осадков в мае на 1 мм урожайность повысится на 0,08 ц/га, а изменение осадков в июне на 1 мм повлечет увеличение урожайности на 0,12 ц/га. Это объясняется тем, что в мае появляются всходы посевов и происходит их кущение, что увеличивает продуктивную кустистость растений. В июне осадки положительно влияют на налив зерна, что способствует повышению урожайности зерновых культур.

Во всех построенных уравнениях регрессии наблюдается тесная зависимость между включенными в модель факторами и урожайностью зерновых культур: коэффициенты корреляции превышают 0,881. Факторы, включенные в модели объясняют более 77,5 % колеблемости результативного признака: коэффициенты детерминации принимают значения от 0,775 до 0,854 (таблица 3.17).

Чтобы сравнивать влияние колеблемости различных факторов на колеблемость исследуемого показателя были рассчитаны  $\beta$ - коэффициенты ( $\beta_j$ ), а также коэффициенты эластичности ( $\varepsilon_j$ ), которые показывают, на сколько процентов изменится результативный признак с изменением факторного на 1 % при фиксированном положении других.

$$\beta_j = b_j \cdot \frac{\sigma_{x_j}}{\sigma_y} \quad (3.27)$$

$$\varepsilon_j = b_j \cdot \frac{\bar{x}_j}{\bar{y}} \quad (3.28)$$

где  $b_j$  - коэффициент регрессии для  $j$ - го фактора;

$\sigma_{x_j}$  - среднеквадратическое отклонение  $j$ - го фактора;

$\sigma_y$  - среднеквадратическое отклонение результативного признака;

$\bar{x}_j$  - среднее значение  $j$ - го фактора;

$\bar{y}$  - среднее значение результативного признака.

Для того чтобы расчленив общую детерминацию на частные, приписываемые влиянию каждого фактора, вычислены коэффициенты отдельной детерминации ( $d_j^2$ ) по формуле:

$$d_j^2 = r_{yx_j} \cdot \beta_j \quad (3.29)$$

где  $r_{yx_j}$  - коэффициент парной корреляции между результативным признаком и  $j$ - м фактором;

$\beta_j$  - стандартизованный коэффициент регрессии  $j$ - го фактора.



Результаты расчетов приведены в таблице 3.18.

По всем показателям наибольшую роль в объяснении колеблемости урожайности в целом по Оренбургской области играет среднемесячная температура в июле, за счет нее объясняется 43 % колеблемости, так ее увеличение на 1 % повлечет снижение урожайности на 2,43 %; количество осадков в мае объясняет 40 % колеблемости урожайности, их изменение на 1 % увеличит урожайность на 0,51 %.

Таблица 3.18 – Стандартизованные коэффициенты регрессии, коэффициенты эластичности и раздельной детерминации

Территория	$\beta$ – коэффициенты	$\mathcal{E}_j$	$d_j^2$
Область в целом	$\beta_3 = -0,55$	$\mathcal{E}_3 = -2,43$	$d_3^2 = 0,43$
	$\beta_5 = 0,52$	$\mathcal{E}_5 = 0,51$	$d_5^2 = 0,40$
1 зона	$\beta_3 = -0,57$	$\mathcal{E}_3 = -2,76$	$d_3^2 = 0,41$
	$\beta_5 = 0,61$	$\mathcal{E}_5 = 0,55$	$d_5^2 = 0,45$
2 зона	$\beta_5 = 0,43$	$\mathcal{E}_5 = 0,32$	$d_5^2 = 0,30$
	$\beta_6 = 0,57$	$\mathcal{E}_6 = 0,44$	$d_6^2 = 0,44$
3 зона	$\beta_3 = -0,93$	$\mathcal{E}_3 = -4,00$	-

В первой же зоне, напротив, наибольшую роль в объяснении колеблемости урожайности играет количество осадков в мае, которое объясняет 45 % колеблемости урожайности, их изменение на 1 % увеличит урожайность на 0,55 % . Среднемесячная температура в июле объясняет 41 % колеблемости урожайности, ее увеличение на 1% повлечет снижение урожайности на 2,76 %.

Во второй зоне количество осадков в июне объясняет 44 % колеблемости урожайности, их увеличение на 1 % будет способствовать увеличению резульативного показателя на 0,44 %. За счет увеличения осадков в мае на 1 %, урожайность может увеличиться на 0,33 %; они объясняют 30 % колеблемости урожайности.

В третьей зоне 93 % колеблемости урожайности объясняется колеблемостью среднемесячной температуры воздуха в июле. Ее увеличение на 1% повлечет снижение урожайности зерновых культур на 4 %.

F-критерий расчетные по всем моделям превышают табличные значения на заданном уровне значимости (таблица 3.15). Следовательно, полученные уравнения статистически значимы.

По всем факторам, включенным в модели расчетные значение t-статистики Стьюдента больше табличного (таблица 3.15). Следовательно, коэффициенты регрессии при всех включенных в модель факторах статистически значимы.

Таким образом, проведенные корреляционный и регрессионный анализ урожайности зерновых культур и факторов, влияющих на нее, показал, что в

анализируемом периоде в Оренбургской области на колеблемость урожайности зерновых культур наибольшее влияние оказывали метеорологические факторы, причем отражающие особенности выделенных зон. Это обусловлено, прежде всего, сложившейся социально-экономической ситуацией в сельском хозяйстве области.

Так, в последнее десятилетие более 1 млн.га пашни не обрабатывалось, а потому, даже в относительно благоприятном по климатическим условиям 1999 году валовой сбор зерна в целом по области составил 2,6 млн.т, а в 1989 году при практически равной урожайности было собрано на 1,8 млн.т больше.

Не применяются в необходимых объемах органические и минеральные удобрения, а также средства защиты растений. Фактически ежегодно в почву вносится не более 500 тыс. т органических и 4 тыс. т минеральных удобрений при норме соответственно 10 млн.т и 225 тыс.т. Все это приводит к ускоренному истощению почвы, ухудшению роста культурных растений, их способности противостоять засухе, отсюда усиливается нестабильность в урожайности.

Следовательно, построенные регрессионные модели адекватны происходившим процессам в сельском хозяйстве в 1994-2002 г.г. в Оренбургской области и применимы для прогнозирования урожайности зерновых культур на краткосрочную перспективу.

Помимо традиционного корреляционно-регрессионного анализа для моделирования урожайности зерновых культур применим модели линейной регрессии для панельных данных.

### **3.2.3. Модели линейной регрессии для панельных данных**

Панельными называют данные, содержащие сведения об одном и том же множестве объектов за ряд последовательных периодов времени. Панельные данные можно представить в виде таблицы, в которой признаки располагаются по столбцам, по строкам – данные о первом объекте за  $T$  периодов (строки 1,2,3,..., $T$ ), затем о втором объекте (строки  $T+1, T+2, T+3, \dots, 2T$ ) и т.д. Всего  $NT$  строк (таблица 3.19) [20].

Преимущества панельных данных следующие:

- 1) большее число наблюдений обеспечивает большую эффективность оценивания параметров эконометрической модели;
- 2) появляется возможность контроля над однородностью объектов;
- 3) возможность идентифицировать эффекты, недоступные в анализе кросс-данных (пространственных данных).

Особенностью эконометрического моделирования панельных данных является специфическая структура моделей регрессии и отличия в методах получения оценок коэффициентов регрессии. Так, для получения несмещенных, состоятельных и эффективных оценок коэффициентов модели со случайными эффектами используется обобщенный метод наименьших квадратов.

Таблица 3.19 – Схема представления панельных данных

Объекты	Признаки				
	Объект 1	t = 1	X <sub>11</sub>	Y <sub>11</sub>	Z <sub>11</sub>
t = 2		X <sub>12</sub>	Y <sub>12</sub>	Z <sub>12</sub>	...
...		...	...	...	...
t = T		X <sub>1T</sub>	Y <sub>1T</sub>	Z <sub>1T</sub>	...
Объект 2	t = 1	X <sub>21</sub>	Y <sub>21</sub>	Z <sub>21</sub>	...
	t = 2	X <sub>22</sub>	Y <sub>22</sub>	Z <sub>22</sub>	...
	...	...	...	...	...
	t = T	X <sub>2T</sub>	Y <sub>2T</sub>	Z <sub>2T</sub>	...
...	...	...	...	...	...
Объект N	t = 1	X <sub>N1</sub>	Y <sub>N1</sub>	Z <sub>N1</sub>	...
	t = 2	X <sub>N2</sub>	Y <sub>N2</sub>	Z <sub>N2</sub>	...
	...	...	...	...	...
	t = T	X <sub>NT</sub>	Y <sub>NT</sub>	Z <sub>NT</sub>	...

Анализ панельных данных позволяет учитывать индивидуальные различия между изучаемыми единицами с помощью модели:

$$Y_{it} = \alpha_i + X'_{it} \cdot \beta + \varepsilon_{it} \quad (3.30)$$

где  $\alpha_i$  - выражает индивидуальный эффект объекта  $i$ , не зависящий от времени  $t$ , при этом регрессоры  $X'_{it}$  не содержат константу;

$\varepsilon_{it}$  - ошибка ( $i = 1, \dots, n; t = 1, \dots, T$ );

$\beta$  - коэффициент регрессии.

В зависимости от предположений относительно характера величины  $\alpha_i$  рассматривают 2 модели:

1) модель с фиксированным эффектом: предполагается, что в уравнении (3.30) величины  $\alpha_i$  являются неизвестными параметрами;

2) модель со случайным эффектом: предполагается, что в уравнении (3.30)  $\alpha_i = \mu + u_i$ , где  $\mu$  - параметр общий для всех единиц во все моменты времени,  $u_i$  - ошибки, некоррелированные с  $\varepsilon_{it}$  и некоррелированные при разных  $i$ .

Для проверки гипотезы о значимости случайных эффектов используем тест множителей Лагранжа. Проверка гипотезы  $H_0 : \sigma_u^2 = 0$ ;  $H_1 : \sigma_u^2 \neq 0$ , осуществляется с помощью тестовой статистики:

$$LM = \frac{N \cdot T}{2 \cdot (T - 1)} \cdot \left( \frac{\sum_{i=1}^N \left( \sum_{t=1}^T e_{it} \right)^2}{\sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T e_{it}^2} \right), \quad (3.31)$$

где  $e_{it}$  - остатки в обычной регрессии;  
N – число объектов;  
T – число периодов времени.

При гипотезе  $H_0$  величина LM имеет  $\chi^2$ -распределение с одной степенью свободы. Если  $LM > \chi^2(1)$ , то гипотеза  $H_0$  отвергается при заданном уровне значимости (т.е. следует предпочесть модель со случайными эффектами простой регрессии) [20].

Для сравнения моделей с фиксированными и случайными эффектами существует способ статистической проверки гипотезы, ортогональны ли случайные эффекты и регрессоры – тест Хаусмана. При выполнении нулевой гипотезы об отсутствии корреляции, статистика

$$W = [b_{FE} - b_{RE}]' [\text{cov}(b_{FE}) - \text{cov}(b_{RE})]^{-1} [b_{FE} - b_{RE}],$$

асимптотически подчиняется закону распределения  $\chi^2$ -распределение с K степенями свободы, где  $\text{cov}(b_{FE})$  и  $\text{cov}(b_{RE})$  - оценки ковариационных матриц для параметров моделей с фиксированными и случайными эффектами;  $b_{FE}$  и  $b_{RE}$  - матрицы оценок параметров моделей с фиксированными и случайными эффектами.

Если  $W_{набл} < \chi^2_{крит}$ , то различия между оценками не являются систематическими, следовательно, можно выбрать модель со случайными эффектами. В противном случае, следует выбрать модель с фиксированными эффектами.

Расчеты моделей панельных данных для рассматриваемого примера проведены с помощью ППП Stataб.

Проведенный анализ и отбор возможных переменных с учетом их мультиколлинеарности позволил предложить спецификации регрессионных моделей анализа панельных данных для урожайности зерновых культур в Оренбургской области (таблица 3.21). Для всех рассматриваемых территорий отобраны модели с фиксированными эффектами (в таблице 3.21 приведены расчетные значения статистик теста множителей Лагранжа и теста Хаусмана, а также критические значения  $\chi^2$  на уровне значимости 0,95). Расчетные значения по полученным моделям представлены в приложении 9.

Специфика эконометрического моделирования панельных данных позволила получить оценки коэффициентов регрессии, которые отражают влияние переменных на урожайность зерновых культур по всем рассматриваемым территориям за 1994 – 2002 годы (т.е. выявлены взаимосвязи не только между колеблемостью урожайности зерновых культур и факторов, влияющих на нее, но и вариацией рассматриваемых показателей). В результате чего были получены модели, учитывающие помимо метеорологических факторов (как мы получили при использовании регрессионном анализе) экономические и агротехнические, что позволит воздействовать на увеличение урожайности зерновых культур.

Таблица 3.21 – Результаты анализа панельных данных урожайности зерновых культур

Территория	Модель	LM	$W_{набл}$	$\chi^2_{крит}$	
				LM	$W$
Оренбургская область	$\hat{X} = 28,18 - 1,22 \cdot Ч_3 + 0,06 \cdot Ч_5 - 0,04 \cdot Ч_8 + 0,01 \cdot Ч_9 + 0,06 \cdot X_{14} + 0,005 X_{15}$	90,34	57,56	3,84	12,59
1 зона	$\hat{X} = 31,32 - 1,31 \cdot Ч_3 + 0,06 \cdot Ч_5 + 0,007 \cdot Ч_{15}$	24,64	39,73		7,82
2 зона	$\hat{X} = 30,81 - 1,32 \cdot Ч_3 + 0,06 \cdot Ч_5 - 0,04 \cdot Ч_8 + 0,06 X_{14} + 0,01 X_{15}$	4,02	23,33		11,07
3 зона	$\hat{X} = 29,12 + 0,0004 \cdot Ч_1 - 1,04 \cdot Ч_3 + 0,06 \cdot Ч_5 - 0,05 \cdot Ч_6 + 1,72 \cdot X_{10} + 1,80 \cdot X_{11} - 3,49 \cdot X_{12}$	33,10	17,92		14,07

где  $X_1$  - внесено минеральных удобрений в переводе на д.в. на 1 га посева зерновых, кг;

$X_3$  – среднемесячная температура воздуха в июле,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$X_5$  – количество осадков в мае, мм;

$X_6$  – количество осадков в июне, мм;

$X_8$  – количество осадков в августе, мм;

$X_9$  – запас влаги в метровом слое почвы весной, см;

$X_{10}$  – высота снежного покрова в марте, м;

$X_{11}$  – высота снежного покрова в январе, м;

$X_{12}$  – высота снежного покрова в январе – марте, м;

$X_{14}$  – обеспеченность тракторами (эталонных тракторов на 100 га посева зерновых), шт.;

$X_{15}$  – нагрузка на один зерноуборочный комбайн, га.

Проверка статистической значимости полученных моделей регрессии панельных данных и коэффициентов регрессии позволила сделать вывод о возможности их применения для прогнозирования (приложение 8).

Прогнозирование по уравнениям множественной регрессии и уравнениям регрессии для панельных данных осуществлено путем подстановки в уравнение максимальных, минимальных и средних значений факторов ( $X_p$ ). В соответствии с чем, получены максимальный, минимальный и средний прогнозы урожайности зерновых культур (таблица 3.22).

Таблица 3.22 - Прогноз урожайности зерновых культур, построенный по моделям множественной регрессии (МР) и моделям линейной регрессии панельных данных (ПД)

Территория	Точечный прогноз урожайности зерновых культур, ц/га					
	минимальный		максимальный		средний	
	МР	ПД	МР	ПД	МР	ПД
1	2	3	4	5	6	7

Продолжение таблицы 3.22

1	2	3	4	5	6	7
1 зона	0,1	0,0	21,3	27,9	8,3	8,2
2 зона	2,6	0,0	27,9	30,7	10,4	10,4
3 зона	1,8	0,0	16,3	38,7	8,2	8,7
Область в целом	0,8	0,0	24,5	33,6	9	9

Однако если в распоряжении прогнозиста имеется информация об ожидаемых значениях факторов, включенных в модель, то в прогностическую модель целесообразнее подставить именно эти значения факторов.

Из приведенной таблицы видно, что средний прогноз урожайности зерновых культур полученный путем подстановки в уравнение регрессии средних значений факторов за анализируемый период, дает наилучшие с точки зрения полученного качественного прогноза результаты. Доверительные границы для оптимального прогноза представлены в таблице 3.23.

Таблица 3.23 – Доверительные границы среднего прогноза урожайности зерновых культур в Оренбургской области по моделям множественной регрессии (МР) и моделям линейной регрессии панельных данных (ПД)

Территория	$S_y \cdot t_{табл}$		Нижняя граница, ц/га		Верхняя граница, ц/га	
	МР	ПД	МР	ПД	МР	ПД
1 зона	7,94	5,03	0,36	3,17	16,24	13,23
2 зона	6,75	5,64	3,65	4,76	17,15	16,04
3 зона	5,43	4,73	2,77	3,97	13,63	13,43
Область в целом	8,80	5,61	0,20	3,39	17,80	14,61

Полученные доверительные границы позволяют сделать вывод о том, что если в Оренбургской области в целом и выделенных зонах в частности, величина факторов, включенных в модель, в периоде упреждения будет в среднем такой же, как и за анализируемый период, то урожайность зерновых культур будет варьировать от 0,2 ц/га до 17,8 ц/га.

### 3.3 Оценка качества моделей

При проведении сравнительной оценки качества полученных моделей рассчитаны следующие показатели [13]:

– Средняя ошибка аппроксимации:

$$|\bar{\delta}| = \frac{1}{n} \cdot \sum \left| \frac{Y - \hat{Y}}{Y} \right| \cdot 100. \quad (3.32)$$

При  $|\bar{\delta}| < 10\%$  - точность модели высокая;

$10\% < |\bar{\delta}| < 20\%$  - хорошая точность модели;

$20\% < |\bar{\delta}| < 50\%$  - удовлетворительная точность модели.

– Средняя квадратическая ошибка:

$$S = \sqrt{\frac{\sum (Y - \hat{Y})^2}{n}}, \quad (3.33)$$

где  $n$  – длина временного ряда;

$Y$  – фактическое значение уровня ряда;

$\hat{Y}$  - расчетное значение уровня, полученное по модели.

Результаты расчетов представлены в таблице 3.24.

Наименьшие значения рассчитанных ошибок имеют модели множественной регрессии и модели анализа панельных данных. Качество данных моделей для третьей зоны характеризуется как хорошее, для других рассматриваемых территорий – как удовлетворительное.

Таблица 3.24 – Сравнительная оценка моделей урожайности зерновых культур

Модели	По 1 зоне		По 2 зоне		По 3 зоне		По области	
	$ \bar{\delta} , \%$	$S, \text{ц/га}$	$ \bar{\delta} , \%$	$S, \text{ц/га}$	$ \bar{\delta} , \%$	$S, \text{ц/га}$	$ \bar{\delta} , \%$	$S, \text{ц/га}$
Аналитическое выравнивание по полиному второго порядка	57	3,9	49	4,4	72	3,7	45	3,5
Экспоненциальное сглаживание	59	4,2	47	4,8	67	3,9	48	3,9
АРПСС	100	7,6	50	4,9	70	4,9	48	4,5
Множественная регрессия	21	3,6	30	3,1	17	2,3	20	4,4
Множественная линейная регрессия панельных данных	44	2,6	46	2,9	13	2,4	34	2,9

Также удовлетворительную точность имеют модели аналитического выравнивания, экспоненциального сглаживания и АРПСС – модели, рассчитанные по второй зоне и области в целом; а по первой и третьей зоне данные модели имеют неудовлетворительную точность. Следовательно, можно ожидать и лучших прогнозных результатов по моделям, имеющим более высокую точ-

ность, а именно, моделям множественной регрессии и моделям анализа панельных данных

Таким образом, в данном разделе рассмотрены факторы, влияющие на урожайность зерновых культур, а также проведено моделирование урожайности зерновых культур по одномерному временному ряду и многомерным временным рядам. Оценена статистическая значимость и точность полученных моделей, на основе чего сделано заключение о возможности прогнозирования по построенным моделям.

### Тесты и задания для самоконтроля

1 Для каких целей применяется критерий серий:

- а) для проверки гипотезы о случайности ряда;
- б) для проверки адекватности модели.
- в) для проверки гипотезы о постоянстве дисперсии

2 Получена кривая роста урожайности зерновых культур  $y = 4,5 + 0,5t + 0,02t^2$ . Это означает, что:

- а) урожайность возрастала со среднегодовым ускорением  $2 \cdot 0,02$  ц/га;
- б) урожайность возрастала со среднегодовым ускорением  $0,02$  ц/га;
- в) урожайность возрастала со среднегодовым ускорением  $0,5 + 0,02$  ц/га.

3 Можно ли применить метод последовательных разностей для выбора кривых роста:

- а) да;
- б) нет.

4 При каком значении средней относительной ошибки по модулю модель имеет высокую точность:

- а) менее 10 %;
- б) выше 10 %;
- в) от 10 % до 20 %.

5 Получена кривая роста урожайности зерновых культур  $y = 4,5 + 0,5t$ . Это означает, что:

- а) среднегодовой прирост урожайности составит  $0,5$  ц/га;
- б) среднегодовой прирост урожайности составит  $2 \cdot 0,5$  ц/га;
- в) среднегодовой прирост урожайности составит  $4,5$  ц/га.

6 Для оценки параметров модифицированной экспоненты применяется:

- а) МНК с предварительным логарифмированием;
- б) МНК;
- в) ОМНК.



7 Для чего применяется критерий Дарбина - Уотсона:

- а) обнаружения автокорреляции в остатках;
- б) обнаружения циклической составляющей;
- в) для проверки подчинения случайного компонента нормальному закону распределения.

8 Как называется модель вида:  $y_t = 0,3 \cdot y_{t-1} + \varepsilon_t$  ?

- а) авторегрессионной;
- б) моделью скользящего среднего;
- в) авторегрессии – проинтегрированного скользящего среднего.

9 Как называется модель вида:  $y_t = \varepsilon_t - 0,3 \cdot \varepsilon_{t-1}$  ?

- а) авторегрессионной;
- б) моделью скользящего среднего;
- в) авторегрессии – проинтегрированного скользящего среднего.

10 Какое требование накладывается на коэффициент  $\alpha$  авторегрессионной модели для выполнения условия стационарности ряда:

- а)  $|\alpha| < 1$ ;
- б)  $|\alpha| > 1$ ;
- в)  $0 < \alpha < 1$ .

11 При каком значении коэффициента адаптации  $\alpha$  модель будет иметь более гладкий характер:

- а)  $\alpha = 0,1$ ;
- б)  $\alpha = 0,5$ .

12 Какое требование накладывается на коэффициент адаптации  $\alpha$  :

- а)  $|\alpha| < 1$ ;
- б)  $|\alpha| > 1$ ;
- в)  $0 < \alpha < 1$ .

13 Какой метод используется для количественной оценки силы воздействия одних признаков на другие:

- а) корреляционный анализ;
- б) регрессионный анализ;
- в) метод средних величин.

14 Какой критерий используется для проверки статистической значимости уравнения регрессии:

- а) F – критерий Фишера;
- б) t – критерий Стьюдента;
- в)  $\chi^2$ .

15 С помощью какого критерия проверяется статистическая значимость коэффициентов регрессии:

- а) F – критерий Фишера;
- б) t – критерий Стьюдента;
- в)  $\chi^2$ .

### Упражнения

1 По данным упражнения 8 к разделу 2:

1.1 Проверти утверждение об отсутствии тенденции во временном ряду используя две модификации критерия серий.

1.2 Оцените параметры кривых роста:

- линейный тренд;
- полином второй степени  $y = a + bt + ct^2$ ;
- показательная функция  $y = ab^t$ ;
- модифицированная экспонента вида  $y = c - ab^t$ ;
- логистическая кривая вида  $y = \frac{c}{1 + be^{-at}}$ ;
- кривая Гомперца  $y = ca^{b^t}$ .

1.3 Дайте интерпретацию параметров выбранной кривой роста.

1.4 Оцените точность моделей с помощью критерия Дарбина – Уотсона, средней относительной ошибки аппроксимации.

1.5 По наиболее точной и адекватной модели дайте прогноз на 2006-2007г.г.

2 По данным упражнения 8 к разделу 2 дайте прогноз выпуска продукции на 2006-2007г.г. по адаптивной модели. В качестве начального значения экспоненциальной средней  $S_0$  возьмите среднее значение из всех уровней ряда.

3 Значение параметра адаптации  $\alpha$  определите методом перебора по сетке значений.

4 По данным упражнения 8 к разделу 2 постройте модели AR(p), MA(q), ARIMA (p,d,q). Выберите наилучшую модель, используя критерии Шварца и Акайка. Дайте прогноз выпуска продукции на 2006-2007г.г.

5 Имеются следующие данные об урожайности зерновых культур (Y) в одной из зон Оренбургской области (таблица 3.25):

Таблица 3.25 – Динамика урожайности зерновых культур и факторов, влияющих на нее

Годы	Y	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>	X <sub>6</sub>	X <sub>7</sub>	X <sub>8</sub>
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1994	11,7	0,36	0,73	16,6	18,4	26	87	70	46

Продолжение таблицы 3.25

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1995	3,9	0,79	0,24	22	19,5	35	32	22	27
1996	6,2	1,18	0,27	22,7	17,8	27	31	22	33
1997	14,4	1,35	0,13	19,4	17,6	71	46	56	33
1998	1	1,29	0,13	24,2	20,4	3	14	32	40
1999	7,3	0,28	0,18	22,1	20,7	32	22	16	42
2000	9,3	1,04	0,15	21,8	19,9	71	64	53	37
2001	9,4	0,26	0,16	21,6	18,2	56	46	7	31
2002	10,1	2,4	0,52	22,6	16,9	45	63	6	15

где  $Y$  – урожайность зерновых культур, ц/га;

$X_1$  - внесено минеральных удобрений в переводе на д.в. на 1 га посева зерновых, кг;

$X_2$  - внесено органических удобрений на 1 га посева зерновых, тонн;

$X_3$  – среднемесячная температура воздуха в июле,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$X_4$  – среднемесячная температура воздуха в августе,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$X_5$  – количество осадков в мае, мм;

$X_6$  – количество осадков в июне, мм;

$X_7$  – количество осадков в июле, мм;

$X_8$  – высота снежного покрова в марте, м.

Проведите корреляционный и регрессионный анализ урожайности. По полученной модели дайте прогноз урожайности зерновых культур на следующий период. Оцените качество полученной модели и точность прогноза.

## 4 Экспертные методы прогнозирования

Методы экспертных оценок в прогнозировании применяются в основном в следующих случаях:

- 1) объект прогнозирования не поддается формализации;
- 2) в условиях отсутствия достоверной и представительной выборки характеристики объекта;
- 3) в условиях большой неопределенности среды функционирования объекта;
- 4) в условиях дефицита времени или экстремальных ситуациях;
- 5) при отсутствии необходимых средств для проведения формализованных исследований.

Классификация экспертных методов представлена на рисунке 1.2.

Качество прогноза, полученного методами экспертной оценки, определяется квалификацией экспертов, его составляющих. «Эксперт» в переводе с латинского языка означает «опытный». В настоящее время к эксперту предъявляют следующие основные требования:

- 1) эксперт должен быть признанным специалистом в данной области;
- 2) эксперт должен обладать некоторым опытом успешных прогнозов в данной области знаний;
- 3) у эксперта должен быть высокий уровень эрудиции;
- 4) эксперт не должен быть заинтересован в конкретных результатах прогноза.

При индивидуальной оценке, по сравнению с коллективной, к эксперту предъявляются повышенные требования. Данное обстоятельство связано с условиями проведения оценки. Проблема выбора экспертов имеет два аспекта – выбор отдельного эксперта и выбор группы экспертов. При выборе отдельного эксперта прежде всего должны приниматься во внимание соответствие сферы его компетентности задачам экспертизы, а также уровень квалификации эксперта в рассматриваемой области. Определение сферы компетентности и уровня квалификации специалиста возможно путем разработки и совершенствования приемов взаимной оценки и самооценки этих свойств специалистов.

На выбор группы экспертов оказывают влияние такие факторы, как соответствие суммарной сферы компетентности группы экспертов оцениваемой области, возможности прогнозистов по организации экспертизы с учетом затрат времени и средств на проведение опроса.

При решении задач формирования экспертной группы необходимо выявить и стабилизировать работоспособную сеть экспертов. Способ стабилизации экспертной сети заключается в следующем. На основе анализа литературы по прогнозируемой проблеме выбирается любой специалист, имеющий несколько публикаций в данной области. К нему обращаются с просьбой назвать 10 наиболее компетентных, по его мнению, специалистов по данной проблеме. Затем обращаются одновременно к каждому из 10 названных специалистов с просьбой указать 10 наиболее крупных их коллег-ученых. Из полученного списка специалистов вычеркиваются 10 первоначальных, а остальным рассылают-

ся письма, содержащие указанную выше просьбу. Данную процедуру повторяют до тех пор, пока ни один из вновь названных специалистов не добавит новых фамилий к списку экспертов, т.е. пока не стабилизируется сеть экспертов. Полученную сеть экспертов можно считать генеральной совокупностью специалистов, компетентных в области прогнозируемой проблемы. Однако в силу ряда практических ограничений оказывается нецелесообразным привлекать всех специалистов к экспертизе. Поэтому необходимо сформировать репрезентативную выборку из генеральной совокупности экспертов [6].

Индивидуальные оценки предполагают, что каждый эксперт дает свою оценку вероятности события. Такие оценки используются, как правило, при решении узких научных или практических проблем. Их дают эксперты независимо друг от друга.

Различают следующие экспертные методы:

– *интервью* предполагает частную беседу организатора прогнозной деятельности с экспертом. Организатор заранее разрабатывает программу в виде вопросов по перспективному развитию прогнозируемого объекта. Эксперт экспертом должен дать заключение по самым разным вопросам. С одной стороны, на эксперта оказывается невольное психологическое давление, с другой – эксперт не обсуждая проблемы с другим специалистом, не может генерировать принципиально новую идею. При использовании этого метода в разработке прогноза участвуют корреспондент и респондент.

– *аналитические записки*, или аналитические экспертные оценки. При использовании этого метода эксперт индивидуально проводит все необходимые на его взгляд разработки по анализу и прогнозированию объекта. Он может иметь доступ к необходимой информации, справочной литературе, результатами различных исследований и т.д. В этом случае психологическое давление на эксперта минимально. Свои результаты в виде основных доказательных выводов эксперт направляет организатору разработки прогнозов.

– *построение сценариев*. В экономическом прогнозировании под сценарием понимают описание возможной последовательности событий, которые связывают настоящее и будущее. Подготовка сценария обычно поручается высококвалифицированному эксперту, который в свою очередь использует метод объединения независимых прогнозов и метод согласования мнения экспертов. Если понимать сценарий как описание картин будущего с учетом правдоподобных предположений, то для объективного прогноза необходимо иметь несколько сценариев развития событий (оптимистический, пессимистический, средний). Цель сценария – определить генеральное или стратегическое направление развития события. На рисунке 4.1 представлена модель сценария в виде многовариантных событий.

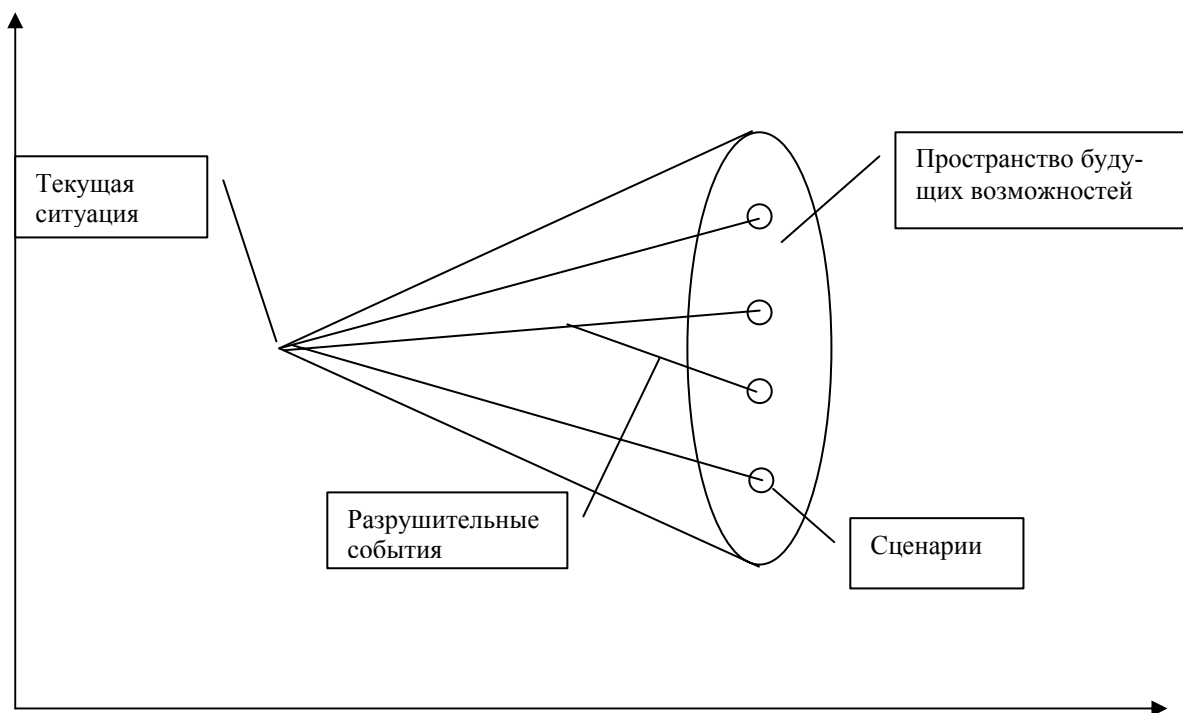


Рисунок 4.1 – Модель сценария по Х. Гешка

Рассмотрим основные процедуры класса методов ПЭО.

–*Ранжирование*. Исходные ранги преобразуются сначала так, что ранг 1 становится  $n$  - рангом и т.д., а ранг  $n$  становится рангом 1. По этим преобразованным рангам вычисляются суммы:

$$R_j = \sum_{i=1}^m R_{ij}, \quad (4.1)$$

где  $R_j$  - сумма преобразованных рангов по всем экспертам для  $j$ -го фактора;

$R_{ij}$  - преобразованный ранг, присвоенный  $i$ -ым экспертом  $j$ -му фактору;

$m$  – число экспертов;

$n$  – число факторов.

Далее вычисляются веса факторов:

$$W_j = \frac{R_j}{\sum_{j=1}^n R_j}, \quad (4.2)$$

где  $W_j$  - средний вес фактора  $j$  по всем экспертам;

$n$ - число факторов.

–*Нормирование*. Исходные оценки, приписанные экспертами каждому фактору, выписываются с двумя значащими цифрами и преобразуются следующим образом:

$$W_{ij} = \frac{\rho_{ij}}{\sum_{i=1}^m \rho_{ij}}, \quad (4.3)$$

где  $W_{ij}$  - вес, вычисленный для  $j$  –го фактора на основании данных эксперта  $i$ ;  
 $\rho_{ij}$  - оценка данная  $i$  –ым экспертом  $j$ -му фактору;

$$W_j = \frac{\sum_{i=1}^m W_{ij}}{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n W_{ij}}, \quad (4.4)$$

–*Попарное сравнение.* Определяется число выборов фактора по всей матрице  $\|f_{ij}\|$  и вес  $j$  – го фактора для  $i$  – го эксперта:

$$W_{ij} = \frac{f_{ij}}{n_1(n-1)}, \quad (4.5)$$

Средний вес  $j$  – го фактора по всем экспертам  $W_j$  подсчитывается так же, как при нормировании.

–*Последовательное сравнение.* Все подсчеты выполняются также как при нормировании.

После получения  $W_j$  и  $W_{ij}$  проводится статистический анализ полученных данных. Он заключается в том, что определяется степень согласованности мнений всей группы экспертов по относительной важности рассматриваемых факторов. Мерой согласованности является *коэффициент конкордации*. Он подсчитывается следующим образом. Пусть результаты опроса экспертов представлены матрицей рангов для  $m$  экспертов и  $n$  факторов. Подсчитываются суммы для каждого фактора  $\sum_{i=1}^m \rho_{ij} = S_j$  и среднее значение этих сумм по всем

факторам  $\bar{S} = \frac{\sum_{j=1}^n S_j}{n}$ . Далее вычисляется сумма квадратов отклонений

$S = \sum_{j=1}^n \left( \sum_{i=1}^m \rho_{ij} - \bar{S} \right)^2$ . Коэффициент конкордации равен

$$K_k = \frac{12S}{m^2(n^3 - n)}. \quad (4.6)$$

Коэффициент конкордации меняется в пределах от 0 до 1, причем значение  $K_k = 1$  получается в случае полного совпадения мнений экспертов.

Коэффициент конкордации можно подсчитать для оценки степени согласованности мнений экспертов не только по каждому методу, но и между методами; кроме того, можно оценить степень согласованности мнений экспертов при использовании нескольких методов одновременно.

При коллективных экспертных оценках используются методы «мозговой атаки», «комиссий» («метод круглого стола»), «Дельфи», матричные, метод эвристического прогнозирования и т.д.

Одним из наиболее перспективных методов формирования групповой оценки экспертов является *метод Дельфи*, получивший название от греческого города Дельфи и мудрецов, славившихся в древности предсказаниями будущего. Метод представляет собой ряд последовательно осуществляемых процедур, направленных на формирование группового мнения по проблемам, по которым ощущается недостаток информации. Он был разработан и применен впервые в США в 1964 г. сотрудниками научно-исследовательской корпорации РЭНД О. Хелмером и Т. Гордоном.

Для разработки прогноза необходимо сформировать репрезентативную группу экспертов, провести экспертизу (опрос), статистически обработать результаты.

Опрос проводится по заранее разработанным анкетам в несколько туров. Целью первого тура является уточнение перечня событий для прогноза в определенной области. После того, как события идентифицированы: одинаковые события объединены, второстепенные исключены, - перечень событий становится основой второй анкеты.

Во втором туре опроса эксперты непосредственно работают над вопросами в анкетах. Их просят также привести соображения, по которым они считают свои оценки правильными, т.е. указать причины выбора. После второго тура опроса производят обработку полученных оценок. При статистической обработке результатов опросов экспертов рассчитываются средние значения, дисперсии и доверительные интервалы, коэффициенты вариации оценок по каждому из направлений. Полученные таким образом показатели принимаются за характеристики распределения оценок. Каждому эксперту сообщаются значения этих характеристик. Экспертов, чьи оценки оказались в крайних квартилях, просят их мотивировать, т.е. обосновывать причины расхождения с групповым мнением. Эксперты могут приводить любые аргументы или возражения. Они могут пересмотреть свои мнения и при желании исправить оценки. С полученными обоснованиями знакомят остальных экспертов, не указывая при этом, чьи они. Такая процедура позволяет всем экспертам принять в расчет обстоятельства, которые они могли случайно пропустить или которыми пренебрегли во время первого и второго туров опроса.

Третья анкета состоит из перечня событий, групповой медианы событий и верхнего и нижнего квартилей для каждого события, а также сводных данных (аргументов) о причинах оценок. Участников экспертизы просят рассмотреть аргументы и сформулировать новые оценки событий. Если их новая оценка не попала в интервалы между квартилями, полученными во втором туре опроса, то



их просят обосновать свою точку зрения и прокомментировать точку зрения тех, кто придерживается противоположных взглядов.

При необходимости могут быть проведены еще несколько туров опроса. Практика показывает, что мнения экспертов достаточно быстро сходятся к единому.

При использовании данного метода следует учитывать следующее:

1) группы экспертов должны быть стабильными и численность их должна удерживаться в благоразумных рамках;

2) время между турами опросов должно быть не более месяца;

3) вопросы в анкетах должны быть тщательно продуманы и четко сформулированы;

4) число туров должно быть достаточным, чтобы обеспечить всех участников возможностью ознакомиться с причиной той или иной оценки, а также критики этих причин;

5) должен проводиться систематический отбор экспертов;

6) необходимо иметь самооценку компетенции экспертов по рассматриваемым проблемам;

7) нужна формула согласованности оценок, основанная на данных самооценок;

8) следует установить влияние различных видов передачи информации экспертам по каналам обратной связи;

9) необходимо установить влияние общественного мнения на экспертные оценки и на сходимость этих оценок.

В узких областях науки, техники, технологии, организации производства может быть применен **метод эвристического прогнозирования**.

Методом эвристического прогнозирования называется метод получения и специализированной обработки прогнозных оценок объекта путем систематизированного опроса высококвалифицированных специалистов (экспертов) в области сельского хозяйства: экономистов, статистиков, агрономов, экологов, энтомологов. Прогнозные экспертные оценки отражают индивидуальное суждение специалиста относительно перспектив развития его области и основаны на мобилизации профессионального опыта и интуиции [6].

Эвристическим метод назван в связи с однородностью форм мыслительной деятельности эксперта при решении научной проблемы и при оценке перспектив развития объекта прогнозирования, а также в связи с использованием экспертами специфических приемов, приводящих к правдоподобным умозаключениям. В основе метода лежат три допущения [6]:

1) существование у эксперта психологической установки на будущее, сформулированной на основе профессионального опыта и интуиции;

2) тождественности процесса эвристического прогнозирования с однотипностью получаемого знания в форме эвристических правдоподобных умозаключений, требующих верификации;

3) возможности адекватного отображения тенденции развития объекта прогнозирования в виде системы прогнозных моделей синтезируемых из прогнозных экспертных оценок.

Эти допущения реализуются в методе эвристического прогнозирования путем системы приемов работы с экспертами, способами оценок и синтеза прогнозных моделей.

Информационным массивом для разработки прогнозов методом эвристического прогнозирования является набор заполненных экспертами таблиц и анкет. Таблицы содержат перечень строго сформулированных вопросов. К вопросам предъявляются следующие требования [6]:

- 1) они должны быть сформулированы в общепринятых терминах;
- 2) их формулировка должна исключать всякую смысловую неоднозначность;
- 3) все вопросы должны логически соответствовать структуре объекта прогноза;
- 4) они должны быть отнесены к одному из трех перечисленных видов.

К первому виду относятся вопросы, ответы на которые содержат количественную оценку. Ко второму виду относятся содержательные вопросы, требующие свернутого ответа не в количественной форме. К третьему виду относятся вопросы, требующие ответа в развернутой форме.

После того как все вопросы уточнены и сведены по тематическим признакам в соответствующие разделы анкет или таблиц, переходят к работе с экспертами, анализу и обработке экспертных оценок.

Анализ обработка экспертных оценок проводится в следующем порядке.

По результатам опроса экспертов формируем матрицу (таблица 4.1), в которой: первая строка соответствует ответам первого эксперта на все вопросы по обследуемому объекту (вопросы, на которые эксперт не отвечал, также записаны в этой строке); вторая строка соответствует ответам второго эксперта на вопросы и т.д. Внутри каждого вопроса могут быть несколько подвопросов или альтернатив, которые должен оценить эксперт. Столбец матрицы обозначает совокупность ответов всех экспертов по данному конкретному подвопросу или альтернативе.

Таблица 4.1 – Матрица ответов экспертов

Номер эксперта	Номер вопроса											
	1		2		3					m		
	1	2	3	4	5	6	7		j		N-1	N
1	$a_{11}$	$a_{12}$	$a_{13}$	$a_{14}$	$a_{15}$	$a_{16}$	$a_{17}$		$a_{1j}$		$a_{1,N-1}$	$a_{1,N}$
2												
3												
...												
n	$a_{n1}$	$a_{n2}$	$a_{n3}$	$a_{n4}$	$a_{n5}$	$a_{n6}$	$a_{n7}$		$a_{nj}$		$a_{n,N-1}$	$a_{n,N}$

Специфической особенностью такого опроса является то, что практически ни один эксперт не является компетентным во всех вопросах и поэтому «Матрица ответов экспертов» содержит либо пустые места, не имеющие никакого ответа эксперта, либо ответы эксперта на вопросы, в которых данный эксперт недостаточно компетентен. Поэтому, кроме «Матрицы ответов экспертов» необходима еще «Матрица компетентности экспертов», характеризующая уровень осведомленности каждого из экспертов по каждому из  $m$  вопросов. Для построения «Матрицы компетентности экспертов» каждому эксперту кроме основных анкет предлагается еще заполнить таблицу, характеризующую его уровень осведомленности и специализацию. При прогнозировании урожайности сельскохозяйственных культур мы предлагаем использовать следующую анкету экспертного опроса (Приложение 26). Такую самооценку компетентности экспертов можно допустить, поскольку опрос анонимный.

Затем исследователь, на основе таблицы «Уровень осведомленности эксперта» составляет матрицу специализации эксперта (таблица 4.2). Обозначим:  $n$  – число экспертов,  $S$  – число рассматриваемых специализаций,  $Q_{av}$  ( $a=1,2,\dots, S$ ;  $v=1,2,\dots, n$ ) – условное число (балл), характеризующий уровень осведомленности эксперта с номером в специальности  $a$ .

Таблица 4.2 – Матрица специализации экспертов

	1	2	3	...	n
1	$Q_{11}$	$Q_{12}$	$Q_{13}$	...	$Q_{1n}$
2	$Q_{21}$	$Q_{22}$	$Q_{23}$	...	$Q_{2n}$
...	...	...	...	...	...
S	$Q_{s1}$	$Q_{s2}$	$Q_{s3}$	...	$Q_{sn}$

Для того, чтобы установить наибольшую компетентность в конкретных вопросах строится матрица характеризующая предпочтительность специализации эксперта (таблица 4.3).

Таблица 4.3 – Матрица предпочтительности специализации экспертов

	$O_1$	$O_2$	$O_3$	...	$O_m$
1					$\alpha_{1m}$
2					$\alpha_{2m}$
...					
S	$\alpha_{s1}$	$\alpha_{s2}$	$\alpha_{s3}$	...	$\alpha_{sm}$

где  $m$  – число вопросов;

$S$  – число рассматриваемых специализаций;

$\alpha_{kl}$  ( $k = 1, 2, \dots, S$ ;  $l = 1, 2, \dots, m$ ) – степень предпочтительности специализации номера  $k$  для вопроса с номером  $l$ .

Для оценки степени предпочтительности  $\alpha_{kl}$  каждого вопроса можно воспользоваться шкалой (таблица 4.4)

Таблица 4.4 – Шкала оценки предпочтительности

Для данного вопроса эта специализация эксперта весьма существенна	$\alpha_{kl}=2$
Для данного вопроса эта специализация эксперта полезна	$\alpha_{kl}=1$
Для данного вопроса эта специализация эксперта незначительна	$\alpha_{kl}=0$

На основе «Матрицы специализации экспертов» и «Матрицы предпочтительности специализации экспертов» строится матрица компетентности экспертов. При этом коэффициенты компетентности экспертов  $P_{\lambda b}$  вычисляются по формуле:

$$P_{\lambda b} = \frac{Q_{1\lambda} * \alpha_{1b} + Q_{2\lambda} * \alpha_{2b} + \dots + Q_{s\lambda} * \alpha_{sb}}{\alpha_{1b} + \alpha_{2b} + \dots + \alpha_{sb}} \quad (4.7)$$

где  $Q_{s\lambda}$  - условное число (балл), характеризующее уровень осведомленности эксперта с номером  $\lambda$  в специализации с номером  $\alpha$  ( $\lambda = 1, 2, 3, \dots, n$ );

$\alpha_{kb}$  - степень предпочтительности специализации с номером  $k$  для вопроса с номером  $b$  ( $b=1, 2, \dots, m$ ).

Таблица 4.5 – Матрица компетентности экспертов

	$O_1$	$O_2$	$O_3$	...	$O_m$
1	$P_{11}$	$P_{12}$	$P_{13}$	...	$P_{1m}$
2	$P_{21}$	$P_{22}$	$P_{23}$	...	$P_{2m}$
3	$P_{31}$	$P_{32}$	$P_{33}$	...	$P_{3m}$
...	...	...	...	...	
$n$	$P_{n1}$	$P_{n2}$	$P_{n3}$	...	$P_{nm}$

где  $m$ -число вопросов;  
 $n$ -число экспертов;

$P_{\lambda i}$  -коэффициент компетентности (вес эксперта с номером  $\lambda$  в вопросе с номером  $i$ ).

Следовательно, если эксперт не отвечал на данный вопрос, то его вес по нему считается равным нулю. Использование «Матрицы компетентности экспертов» при сделанной оговорке позволяет, таким образом, провести всю обработку результатов опроса.

Для анализа объекта в целом рассчитывают вектор ответов экспертов по  $i$ -му подвопросу  $(\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k)$ , который участвует в дальнейшей обработке.

$$\beta_i = \frac{\beta_{1i} * P_{1i} + \beta_{2i} * P_{2i} + \dots + \beta_{ni} * P_{ni}}{P_{1i} + P_{2i} + \dots + P_{ni}} \quad (4.8)$$

Кроме среднего взвешенного по каждому подвопросу желательно знать распределение мнений экспертов. Это распределение можно характеризовать различными величинами: дисперсией, коэффициентом асимметрии, эксцессом и т.д. Вместо вычисления указанных величин целесообразно привести полную гистограмму по каждому из вопросов.

В качестве меры точности экспертных методов принимается среднее значение относительной погрешности:  $\bar{v} = \sigma / \bar{X}$ . Это связано с тем, что математическое ожидание  $\bar{X}$  и дисперсия  $\sigma^2$  прогнозируемой характеристики часто дают несопоставимые результаты для различных типов вопросов в таблицах экспертных оценок. Среднее значение относительной погрешности  $\bar{v}$  показывает как эффективность прогнозных расчетов, так и их точность и надежность: чем ниже его значение, тем ближе подходят расчетные значения к эмпирическим.

При этом в качестве эмпирических точек используются усредненные экспертные оценки прогнозируемых характеристик по годам времени упреждения. Увеличение вариации дисперсий экспертных оценок по годам времени упреждения характеризует закономерность уменьшения точности прогнозов во времени в абсолютном выражении. Однако дисперсии оценок весьма чувствительны к типам вопросов для экспертов. Поэтому среднее значение относительной ошибки  $\bar{v}$  может служить основным показателем меры точности прогнозов.

Для применения метода эвристического прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур и оценки влияния факторов, нами было отобрано 21 эксперт, 16 из которых приняли участие. Для проведения исследования была разработана анкета опроса (Приложение 26). В которой экспертам предложено дать прогноз урожайности зерновых культур по Оренбургской области в целом на 2004 – 2014 г.г. (экспертный прогноз урожайности на 2003 год был не целесообразен, так как ко времени проведения опроса уже была известна фактическая урожайность). Выбранный период упреждения на столь длитель-

ный срок, при экспертном прогнозировании, по нашему мнению считается оправданным, так как прогноз в данном случае основан, прежде всего, на накопленном опыте специалиста по данной проблеме. Экспертами выступили специалисты со стажем работы более 10 лет в следующих специализациях: экономика, статистика, растениеводство, земледелие, агрохимия, энтомология, экология. Это работники экономического и агрономического факультетов Оренбургского ГАУ, сотрудники Департамента АПК Оренбургской области, Оренбургского научно-исследовательского института сельского хозяйства (ОНИИСХ), ФГУФГТ станции защиты растений по Оренбургской области. Выбор специализаций объясняется широким спектром факторов влияющих на формирование урожайности.

По результатам опроса экспертов были сформированы матрицы:

- 1) уровня осведомленности экспертов (Приложение 19);
- 2) предпочтительности специализации экспертов (Приложение 20);
- 3) компетентности экспертов (Приложение 21);

Затем были рассчитаны средние взвешенные по каждому вопросу с учетом компетентности экспертов (Приложения 22-25), а также средние значения относительной погрешности по каждому вопросу.

Расчет средних взвешенных значений по таблице 2 «Прогноз урожайности зерновых культур в Оренбургской области» анкеты, проводился следующим образом. Так как ответы экспертов представляют собой информацию нечисловой природы, то при обработке использовались не сами ответы, а середина интервала, на который указывал ответ эксперта: то есть, если эксперт ответил «Н» (прогноз урожайности на данный год 0-5,9 ц/га), то при обработке в формулу (4.8) подставлялось значение 2,95; если эксперт ответил «С», то бралось значение 7,95 и т.д. Таким образом были рассчитаны средние взвешенные для каждого периода упреждения. Затем полученные значения были отнесены к соответствующим интервалам, тем самым был осуществлен переход к заданной шкале. Результаты анализа представлены в таблице 4.6.

Таблица 4.6 – Прогноз урожайности зерновых культур для Оренбургской области

Показатель	2004г	2005г	2006г	2007г	2008г	2009г	В среднем за 2010-2014 г.г.
Средняя ожидаемая урожайность зерновых культур, ц/га	6,0 – 9,9	10,0-13,9	10,0-13,9	10,0-13,9	10,0-13,9	10,0-13,9	10,0-13,9
Коэффициент относительной погрешности, %	24,2	20,3	24,2	26,3	30,5	28,6	28,2

По оценкам экспертов в Оренбургской области в 2004 году ожидается урожайность зерновых культур 6-9,9 ц/га, в последующие пять лет (2005-2009 г.г.) прогнозируемая урожайность зерновых культур будет колебаться в пределах 10,0-13,9 ц/га, такой же уровень урожайности прогнозируется в среднем на 2010-2014 г.г. То есть в регионе в последующие годы урожайность зерновых культур будет средней (2004г.) и выше средней (2005-2014 г.г). Значения коэффициента относительной погрешности менее 33 %, свидетельствует об однородности в ответах экспертов.

Анализ прогнозных оценок степени влияния факторов на урожайность зерновых культур в Оренбургской области, данной экспертами, позволил выделить факторы, влияние которых на протяжении периода упреждения будет значительным и исключить факторы, влияние которых, по оценкам специалистов, будет не существенным. Этот отбор основан на следующем принципе. Система оценивания влияния факторов построена по аналогии с коэффициентом корреляции, с той разницей, что в системе оценивания баллы изменяются от -100 до 100. Следовательно, если среднее взвешенное значение оценки степени влияния фактора больше или равно 50, то это свидетельствует о значительном влиянии фактора на урожайность, менее 50 – влияние не существенно (Приложение 22-25).

Так, были исключены следующие факторы: специализация производства, форма собственности средств производства, задолженность сельхозтоваропроизводителя, способы посева, а также экологические факторы природного и антропогенного происхождения.

По мнению экспертов, наибольшее влияние на формирование урожайности оказывают такие факторы, как:

- запас влаги в метровом слое почвы с апреля по июль;
- количество осадков в мае-июле;
- процент содержания гумуса;
- качество семян;
- инвестиции в сельскохозяйственное производство;
- наличие и эффективность использования средств труда .

Однако, значения коэффициента относительной погрешности по каждому вопросу за редким исключением, более 33 %. Это свидетельствует о сильном разбросе мнений экспертов. Но так как при расчете средних взвешенных оценок степени влияния факторов была учтена компетентность экспертов по каждому вопросу, можно говорить об адекватности полученных результатов.

Помимо оценки степени влияния факторов, экспертам было предложено внести в анкеты факторы, по их мнению, влияющие на урожайность зерновых культур, не учтенные разработчиком анкеты. Так были включены следующие факторы:

- способы уборки;
- экономическая политика региональной и федеральной власти и, в частности, ценовая политика;
- наличие высококвалифицированных кадров;
- социальные и экономические условия жизни и работы на селе;

– сроки подготовки почвы к посеву и сроки посева.

Таким образом, применение эвристического метода прогнозирования способствует не только получению прогнозов урожайности, но и выделению наиболее значимых факторов влияющих на формирование урожайности зерновых культур. Это достигается путем привлечения экспертов имеющих различную специализацию и применением статистических методов обработки полученной информации.

### **Тесты и задания для самоконтроля**

1 В каких случаях целесообразно применять экспертные методы прогнозирования:

- а) объект, экономическое явление не поддается математическому описанию;
- б) отсутствует достаточно представительная статистическая выборка;
- в) отсутствует программное обеспечение.

2 Какие требования предъявляются эксперту:

- а) определенный практический и исследовательский опыт;
- б) отсутствие заинтересованности в конкретных результатах;
- в) высокий уровень владения современными методами прогнозирования.

3 Что понимается под методом эвристического прогнозирования:

- а) метод получения и специализированной обработки прогнозных оценок объекта путем систематизированного опроса высококвалифицированных специалистов;
- б) метод получения и специализированной обработки прогнозных оценок объекта путем формирования группы экспертов во главе с ведущим;
- в) метод получения и специализированной обработки прогнозных оценок объекта путем организации «круглого стола», в рамках которого будут согласовываться мнения экспертов с целью выработки единого мнения.

4 Что принимается в качестве меры точности экспертных методов:

- а) среднее значение относительной погрешности;
- б) среднюю ошибку аппроксимации;
- в) среднее квадратическое отклонение.

5 Эффективный прогноз обладает:

- а) меньшим значением средней относительной погрешности;
- б) большим значением средней относительной погрешности.

6 «Матрица компетентности экспертов»:

- а) характеризует уровень осведомленности каждого из экспертов по каждому из  $m$  вопросов;
- б) содержит ответы экспертов;
- в) характеризует предпочтительную специализацию эксперта.



7 Матрица компетентности экспертов строится на основе:

- а) «Матрицы специализации экспертов» и «Матрицы предпочтительности специализации экспертов»;
- б) «Матрицы компетентности» и «Матрицы предпочтительности специализации экспертов»;
- в) «Матрицы специализации экспертов» и «Матрицы компетентности».

8 Среднее значение относительной погрешности определяется по формуле:

а)  $\bar{v} = \sigma / \bar{X}$

б)  $\bar{v} = \bar{X} / \sigma$

в)  $\bar{v} = \frac{\sigma^2}{\sum X_i}$

## 5 Верификация и объединение частных прогнозов

### 5.1 Верификация прогнозов

### 5.2 Объединение частных прогнозов

#### 5.1 Верификация прогнозов

*Под верификацией прогноза* понимается оценка его достоверности и точности.

Ценность прогноза в большей степени определяется его точностью, которая зависит от степени совпадения будущего значения процесса с оценкой этого значения, сделанной заранее. Так как наблюдение за реальным процессом, как правило, всегда проводится в условиях различных помех, а протекание самих процессов подвержено влиянию разных случайных факторов, то мы не можем рассчитывать на то, что прогноз будущего значения процесса будет абсолютно точен [21].

О точности прогноза принято судить по величине погрешности (ошибки) прогноза – разности между прогнозируемым и фактическим значением исследуемого признака. Такой подход возможен в двух случаях:

- период упреждения закончился и исследователь имеет фактические значения признака;
- при разработке ретроспективного прогноза.

Во втором случае, величину ошибки прогноза нельзя рассматривать как доказательство пригодности или непригодности применяемых методов прогнозирования, так как следует учитывать, что она получена при использовании лишь части имеющихся данных.

На формирование исследуемого явления влияет множество разнообразных факторов, поэтому полное совпадение или значительное расхождение прогнозируемого уровня с фактическим может быть следствием благоприятных или неблагоприятных стечением обстоятельств. Единичный хороший прогноз может быть получен и по плохой модели и наоборот. Следовательно, о качестве прогнозов применяемых методик и моделей можно судить лишь по совокупности сопоставлений прогнозов и их реализаций.

Наиболее простой мерой качества прогнозов при условии, что имеются данные об их реализации, может стать относительное число случаев, когда фактическая реализация охватывалась интервальным прогнозом, к общему числу прогнозов, т.е.

$$\eta = \frac{p}{p + q}, \quad (5.1)$$

где  $p$  – число прогнозов, подтвержденных фактическими данными;

$q$  – число прогнозов не подтвержденных фактическими данными.

Когда все прогнозы подтверждаются,  $q=0$  и  $\eta=1$ , если же все прогнозы не подтвердились, то  $p$ , а следовательно, и  $\eta$  равны нулю [6].

Если прогнозы получены в виде точечных оценок, то при проверке качества прогнозирования можно использовать целый ряд статистических характеристик: среднюю абсолютную и среднюю квадратическую ошибку прогноза.

Одним из исследователей проблем экономического прогнозирования, Г. Тейлом, предложен в качестве меры качества прогнозов коэффициент расхождения (коэффициент несоответствия), числителем которого является среднеквадратическая ошибка прогноза, а знаменатель равен квадратному корню из среднего квадрата реализации [4]:

$$\nu = \frac{\sqrt{\sum (P_t - A_t)^2}}{\sqrt{\sum A_t^2}}, \quad (5.2)$$

где  $P_t$  и  $A_t$  - соответственно предсказанное и фактическое изменения переменной.

Коэффициент  $\nu=0$  в случае совершенного прогнозирования,  $\nu=1$ , когда процесс прогнозирования приводит к той же среднеквадратической ошибке что и наивная экстраполяция;  $\nu>1$ , когда прогноз дает худшие результаты, чем предположение о неизменности исследуемого явления. Верхней границы коэффициент не имеет.

Коэффициент расхождения может быть использован при сопоставлении качества прогнозов, получаемых на основе различных методов и моделей.

На практике широко используется относительная ошибка прогноза, выраженная в процентах относительно фактического значения показателя [13]:

$$\delta_t = \frac{\hat{Y}_t - Y_t}{Y_t} \cdot 100\% \quad (5.3)$$

где  $\hat{Y}_t, Y_t$  - соответственно прогнозное и фактическое значение показателя,  $n$  - число уровней временного ряда, для которых определялось прогнозное значение.

Если относительная ошибка больше 0, то это свидетельствует о завышенной прогнозной оценке, если меньше 0, то прогнозное значение было занижено.

Также используется средняя абсолютная (5.4) и относительная ошибка (3.32) по модулю:

$$|\bar{\Delta}| = \frac{\sum_{t=1}^n |\hat{Y}_t - Y_t|}{n}, \quad (5.4)$$

Рассмотренные коэффициенты могут быть использованы при условии, что исследователь располагает информацией об истинных значениях величин, которые он оценивал в ходе разработки прогнозов. Однако на практике как правило значение прогнозируемой величины еще неизвестно. В этом случае проблема точности может рассматриваться в плане сопоставления априорных качеств присущих альтернативным моделям. Так, если прогнозирование осуществляется статистическими методами, то априорную точность прогноза можно связать с размером доверительного интервала. Модель, дающая более узкий доверительный интервал при одной и той же доверительной вероятности, и является более точной. При этом теоретическая обоснованность сравниваемых моделей является примерно равной [4].

Оценка точности и надежности прогнозов урожайности зерновых культур для 2003 – 2004 г.г. (таблица 5.1 и 5.2), показала, что наиболее точные прогнозы получены по модели линейной регрессии для панельных данных и множественной регрессии при средних значениях факторов. В 2004 г. Прогнозы по полиномам второго порядка имеют высокую точность - отклонения от фактической урожайности не превышает 1,5 ц/га. Критерий Тейла и средняя относительная ошибка, рассчитанные для 2003-2004 г.г. также подтверждают высокую точность прогнозов, полученных по моделям множественной регрессии, регрессии для панельных данных и трендов (таблица 5.3).

Для краткосрочного и среднесрочного прогнозирования урожайности зерновых культур допустимо расхождение с фактической урожайностью в пределах  $\pm 10-15\%$  [7].

Анализ рассмотренных показателей для характеристики точности прогнозов необходимо дополнить сравнительной оценкой доверительных интервалов прогнозов.

Как показано в 3 разделе (таблицы 3.5, 3.8, 3.10, 3.22), наименьший доверительный интервал имеют прогнозы по моделям множественной регрессии и линейной регрессии панельных данных, а как было показано в таблице 3.23, эти модели имеют лучшее качество и в периоде ретроспекции.

Следовательно, модели множественной регрессии, линейной регрессии панельных данных и комбинированный прогноз по формализованным и экспертным методам рекомендуются для краткосрочного прогнозирования урожайности зерновых культур в зоне рискованного земледелия, а для среднесрочного и долгосрочного прогнозирования – методы эвристического прогнозирования.

В ряде случаев сопоставление моделей, используемых для прогнозирования, по их априорной точности можно связать со степенью смещенности параметров, получаемых при альтернативных методах их оценивания. Чем более смещена оценка параметра, тем менее точной (при всех прочих равных условиях), является экстраполяция базирующая на соответствующей модели.

Надежность прогноза определяется вероятностью реализации соответствующей прогностической оценки. Чем она выше, тем выше и надежность. Вероятность реализации может быть оценена с помощью экспертного прогнозирования или может быть связана с доверительными интервалами прогноза, при

Таблица 5.1 – Ошибки прогноза урожайности зерновых культур на 2003 год

Метод прогнозирования	$Y - \hat{Y}_p$ , ц/га				$\delta_i$ , %			
	1 зона	2 зона	3 зона	область	1 зона	2 зона	3 зона	область
Аналитическое выравнивание по полиному второго порядка	1,2	0,3	1,2	1,8	2,82	-1,04	22,08	-18,37
Экспоненциальное сглаживание	-1,5	-2,3	-0,6	-1,3	40,85	26,04	45,45	13,27
АРПСС-модель	-1,7	-5,8	1,1	-1,1	20,0	59,18	-10,38	11,22
Множественная регрессия:								
– минимальный;	8,4	5,9	6,7	7,7	-98,82	-69,41	-78,82	-90,59
– средний;	0,2	-1,9	0,2	-0,5	-2,35	22,35	-2,35	5,88
– максимальный.	-12,8	-19,4	-7,8	-16,0	150,59	228,24	91,76	188,24
Линейная регрессия для панельных данных:								
– минимальный;	8,5	9,8	10,6	9,8	-100,0	-100,0	-100,0	-100,0
– средний;	0,3	-0,6	1,9	0,8	-3,53	6,12	-17,92	-8,16
– максимальный.	-19,4	-20,9	-38,1	-23,8	228,24	213,17	359,43	242,86

Таблица 5.2 – Ошибки прогноза урожайности зерновых культур на 2004 год

Метод прогнозирования	$Y - \hat{Y}_p$ , ц/га				$\delta_i$ , %			
	1 зона	2 зона	3 зона	область	1 зона	2 зона	3 зона	область
Аналитическое выравнивание по полиному второго порядка	0,1	0,5	-1,5	-0,2	-1,41	-5,21	19,48	2,47
Экспоненциальное сглаживание	-2,8	-2,4	-3,4	-2,9	39,44	25,00	44,16	35,80
АРСС-модель	-1,6	-8,5	-7,5	-7,6	22,54	88,54	97,40	93,83
Множественная регрессия:								
– минимальный;	7,0	4,5	5,3	6,3	-98,59	-63,38	-74,65	-88,73
– средний;	-1,2	-3,3	-1,2	-1,9	16,9	46,48	16,90	26,76
– максимальный.	-14,2	-20,8	-9,2	-17,4	200,0	292,96	129,58	245,07
Линейная регрессия для панельных данных:								
– минимальный;	7,1	9,6	7,7	8,1	-100,00	-100,00	-100,00	-100,00
– средний;	-1,1	-0,8	-1,0	-0,9	15,49	8,33	12,99	11,11
– максимальный.	-20,8	-21,1	-41,0	-25,5	292,96	219,79	532,47	314,81

Таблица 5.3 – Ошибки прогноза урожайности зерновых культур на 2003-2004 г.г.

Метод прогнозирования	$\nu$				$ \bar{\delta}_i , \%$			
	1 зона	2 зона	3 зона	область	1 зона	2 зона	3 зона	область
Аналитическое выравнивание по полиному второго порядка	0,11	0,04	0,15	0,14	7,76	4,13	15,40	10,42
Экспоненциальное сглаживание	0,29	0,24	0,26	0,25	28,54	24,23	24,91	24,53
АРСС-модель	0,21	0,75	0,58	0,60	21,27	73,86	53,89	52,53
Множественная регрессия:								
– минимальный;	0,99	0,67	0,77	0,90	98,71	73,19	79,82	90,98
– средний;	0,11	0,34	0,11	0,18	9,63	7,23	14,75	9,64
– максимальный.	1,73	2,57	1,09	2,13	175,29	187,66	82,73	176,23
Линейная регрессия для панельных данных:								
– минимальный;	1,00	1,00	1,00	1,00	100,00	100,00	100,00	100,00
– средний;	0,10	0,07	0,16	0,09	9,51	7,23	15,46	9,64
– максимальный.	2,57	2,16	4,27	2,74	260,60	216,53	445,95	278,84

использовании статистических методов прогнозирования. Следовательно, чем выше надежность прогноза, тем ниже его точность, и наоборот.

В данной работе доверительные границы прогнозов рассчитаны для уровня значимости  $\alpha = 0,05$ , следовательно, в 95 случаев из 100, урожайность зерновых культур будет находиться в найденном прогнозном интервале.

Рассмотренные понятия точности и надежности прогнозов, связанные с доверительными интервалами, являются в значительной мере условными показателями. Они могут использоваться в практической работе при условии серьезного теоретического обоснования применяемой прогнозной модели.

Практика разработки прогнозов опирается на систему методов, среди которых статистические методы прогнозирования занимают важное место. Решающую роль при статистическом подходе к прогнозированию играет выбор соответствующей модели. Располагая различными моделями, можно получить варианты прогноза, отвечающие определенным условиям и гипотезам, учтенным при ее построении. Вместе с тем, наряду с формализованным прогнозированием необходимо применять методы экспертного прогнозирования, т.к. цель построения статистической модели не заменить суждение и опыт специалиста, а дать ему в руки специфическим образом обобщенную и приведенную в систему разнообразную статистическую информацию.

## **5.2 Объединение частных прогнозов**

Применение разнообразных формализованных методов прогнозирования урожайности зерновых культур, привело к получению точечных прогнозов со значительной вариацией, обусловленной спецификой использованной модели прогнозирования. Помимо этого мы получили широкие доверительные границы прогнозов, что объясняется значительной колеблемостью изучаемого признака. Поэтому, для получения прогнозов приемлемых для принятия управленческих решений необходимо разработать объединенный прогноз, основанный на совокупности прогнозов, полученных формализованными и экспертными методами прогнозирования.

Почти все работы в этой области базируются на исследовании Дж. Бэйтса, К. Гренджера, П. Ньюболда. Идея этих авторов состоит в том, что любой отброшенный из-за его неоптимальности прогноз почти всегда содержит некоторую полезную независимую информацию. Такая информация может быть двоякого рода: во-первых, каждый прогноз основан на информации, специальной для данного подхода, и потому не учитывается в других методах; во-вторых, каждый прогноз основан на определенной форме взаимосвязи между переменными, отличной от связей, исследуемой в других моделях [1].

Выбор комбинированного метода в значительной степени зависит от срока, на который производится прогноз, т.е. от величины участка упреждения. Если прогноз производится на короткий срок (один - два года), то при наличии достаточной статистической информации лучшим методом будет статистический. В случае более длительных прогнозов возникает опасность появления



скачков на участке упреждения, и использование только статистических методов является опасным. Их следует подкреплять либо логическим анализом, либо моделированием процессов развития, либо эвристическими прогнозами [21].

Для получения комбинированного прогноза урожайности зерновых культур используем метод объединения прогнозов на основе факторного анализа. Данный подход применяется для объединения частных прогнозов, полученных с помощью некоторых трендовых моделей [1].

Идея применения факторного анализа для построения обобщенного прогноза основана на том, что частные результаты прогноза, полученные по  $i$ -ому методу прогнозирования  $X_i$  ( $i=1,2,\dots,n$ ), являются внешним выражением некоторой реально существующей, но непосредственно неизмеримой прогнозной величины. Она и принимается в качестве обобщенного прогноза. В этом случае колеблемость результатов прогноза обусловлена в основном вариацией обобщенного прогноза. Поэтому между частными прогнозами будет сильная корреляция.

Математически это можно записать так:

$$X_i = l_i \cdot f + e_i, \quad (5.5)$$

где  $X_i$  - частные прогнозы;

$f$  - обобщенный прогноз, обуславливающий систематическую колеблемость частных прогнозов и корреляционную связь между ними;

$l_i$  - нагрузка обобщенного прогноза на частный прогноз;

$e_i$  - остаток, определяющий ту часть прогноза  $X_i$ , изменение которой вызвано действием случайных причин.

Статистический смысл нагрузок заключается в том, что они являются коэффициентами корреляции между  $x_i$  и  $f_i$ .

Выражение (5.5) является моделью факторного анализа с одним генеральным фактором. При этом можно выразить общий фактор (обобщенный прогноз) через линейную комбинацию частных показателей (прогнозов) с весами  $a_i$ :

$$f = a_1 \cdot X_1 + a_2 \cdot X_2 + \dots + a_n \cdot X_n. \quad (5.6)$$

Мерой качества оценки фактора  $f$  с помощью приведенного уравнения может служить коэффициент множественной корреляции  $R$ . Его определяют по формуле:

$$R^2 = a_1 l_1 + a_2 l_2 + \dots + a_n l_n \quad (5.7)$$

Коэффициенты  $a_i$  являются весами частных показателей в обобщенном показателе  $f$ .

Рассмотрим алгоритм построения обобщенного прогноза [1].

Чтобы получить обобщенный прогноз через частные прогнозы, выраженные в их естественных единицах измерения, следует провести стандартизацию показателей  $x_i$ :

$$z_i = \frac{x_i - \bar{x}}{\sigma_i}, \quad (5.8)$$

где  $\sigma_i$  - среднее квадратическое отклонение переменной  $x_i$ . Тогда

$$f = \mathfrak{f}_1(x_1 - \bar{x}_1) + \mathfrak{f}_2(x_2 - \bar{x}_2) + \dots + \mathfrak{f}_n(x_n - \bar{x}_n), \quad (5.9)$$

$$\text{где } \mathfrak{f}_i = \frac{a_i}{\sigma_i}. \quad (5.10)$$

Однако оценки полученные таким образом могут оказаться как положительными, так и отрицательными. Преобразуем  $f$  следующим образом:

$$\bar{f} = c + \sigma \cdot f, \quad (5.11)$$

$$\text{где } c = \sum \frac{\mathfrak{f}_i}{\sum \mathfrak{f}_i} \cdot \mathfrak{f}_i; \quad (5.12)$$

$$\sigma = \frac{\mathfrak{f}_i}{\sum \mathfrak{f}_i}. \quad (5.13)$$

Обобщенный прогноз примет вид

$$\bar{f} = \sum \gamma_i \cdot \bar{x}_i + \sum \mathfrak{f}_i(x_i - \bar{x}_i), \quad (5.14)$$

$$\text{где } \gamma = \frac{|\mathfrak{f}_i|}{\sum |\mathfrak{f}_i|}; \quad (5.15)$$

$$\mathfrak{f}_i = \frac{\mathfrak{f}_i^2}{\sum \mathfrak{f}_i^2}. \quad (5.16)$$

Первое слагаемое в выражении переносит среднее значение в точку  $\sum \gamma_i \bar{x}_i$ , являющуюся взвешенной суммой средних частных прогнозов ( $\sum \gamma_i = 1$ ). Второе слагаемое является нормированной линейной комбинацией центрированных переменных  $(x_i - \bar{x}_i)$ .

Таким образом, обобщенный прогноз получается путем ортогонального преобразования центрированных переменных  $x_1, x_2, \dots, x_n$ . При этом угол поворота выбирается таким образом, чтобы минимизировать норму внедиагональной части остаточной корреляционной матрицы частных прогнозов.

В качестве частных прогнозов мы взяли прогнозы урожайности зерновых культур, полученные по методам: аналитического выравнивания по полиномам второго порядка, экспоненциального сглаживания, авторегрессии - проинтегрированного скользящего среднего.

При составлении прогнозной матрицы учитывались расчетные значения урожайности зерновых по соответствующим моделям для первой и третьей зоны – за 1960-2002 г.г., второй зоны и области в целом – за 1963-2002 г.г. и на период упреждения - 2003-2004 г.г. Расчетные значения за более ранние годы не учитывались в связи с тем, что было необходимо иметь одинаковое количество наблюдений для всех моделей прогноза.

В таблице 5.4 представлены парные коэффициенты корреляции между частными прогнозами урожайности зерновых культур.

Таблица 5.4 – Парные коэффициенты корреляции между частными прогнозами урожайности зерновых культур

Парный коэффициент корреляции	1 зона	2 зона	3 зона	Оренбургская область в целом
$r_{12}$	0,18	-0,19	0,68	-0,11
$r_{13}$	0,14	0,11	0,17	0,19
$r_{23}$	0,04	0,04	0,14	0,02

где  $r_{12}$  – коэффициент парной корреляции между прогнозом, полученным по полиному второго порядка и экспоненциальным сглаживанием;

$r_{13}$  - коэффициент парной корреляции между прогнозом, полученным по полиному второго порядка и АРПСС-моделям;

$r_{23}$  - коэффициент парной корреляции между прогнозом, полученным по методу экспоненциального сглаживания и АРПСС-моделям.

Определим параметры модели объединенного прогноза (таблица 5.5.).

Таблица 5.5 – Модели объединенного прогноза на основе факторного анализа

Территория	Модель	$R^2$
1 зона	$\tilde{f} = 0,639 \cdot Z_{t1} + 0,592 \cdot Z_{t2} + 0,317 \cdot Z_{t3}$	0,999
2 зона	$\tilde{f} = 0,69 \cdot Z_{t1} + 0,36 \cdot Z_{t2} + 0,56 \cdot Z_{t3}$	0,983
3 зона	$\tilde{f} = 0,547 \cdot Z_{t1} + 0,502 \cdot Z_{t2} + 0,187 \cdot Z_{t3}$	0,995
Область в целом	$\tilde{f} = 0,573 \cdot Z_{t1} + 0,093 \cdot Z_{t2} + 0,509 \cdot Z_{t3}$	0,699

где  $Z_{ti}$  – нормированные значения частных прогнозов

Коэффициенты множественной детерминации, вычисленные по формуле (3.25), указывают на высокую точность полученных оценок.

После проведения соответствующих вычислений был получен объединенный прогноз урожайности зерновых культур (таблица 5.6).

Таблица 5.6 – Объединенный прогноз урожайности зерновых культур

Годы	Урожайность зерновых культур, ц/га			
	1 зона	2 зона	3 зона	Область в целом
2003	13,8	18,0	12,5	11,2
2004	13,1	18,9	13,4	13,8

Однако рассчитанные коэффициенты, характеризующие качество модели в целом, показывают, что объединенные модели хуже описывают изучаемый процесс, чем частные модели (таблица 5.7).

Таблица 5.7 – Оценка качества моделей объединенного прогноза

Показатель	1 зона	2 зона	3 зона	Область в целом
$S_y$ , ц/га	7,2	7,7	4,5	4,2
$ \bar{\delta} $ , %	117,7	93,3	91,4	53,7

Это объясняется, прежде всего тем, что частные модели положенные в основу объединенного прогноза, имеют удовлетворительное качество (таблица 3.21). В объединенном прогнозе ошибки частных прогнозов еще более усилились.

Помимо формализованных методов для прогнозирования урожайности зерновых культур по области в целом на 2004 год был применен экспертный метод прогнозирования.

Для получения комбинированного прогноза на основе формализованного и экспертного метода, прежде всего, необходимо сравнить полученные на их основе результаты. Если эти данные «не противоречат» друг другу, их следует совместно обработать, в результате чего должен быть получен комбинированный прогноз. В противном случае необходимо ввести соответствующие обратные связи в системах формализованного и экспертного прогнозирования, заключающиеся в анализе причин, вызвавших противоречивые результаты, изменении некоторых элементов в системе прогнозирования (переосмысливание экспертами некоторых исходных предпосылок при ознакомлении с результатами формализованного прогноза, видоизменении моделей формализованного прогнозирования, повторный анализ и проверка исходных данных и т.п.), и провести повторное прогнозирование (рисунок 5.1) [21].

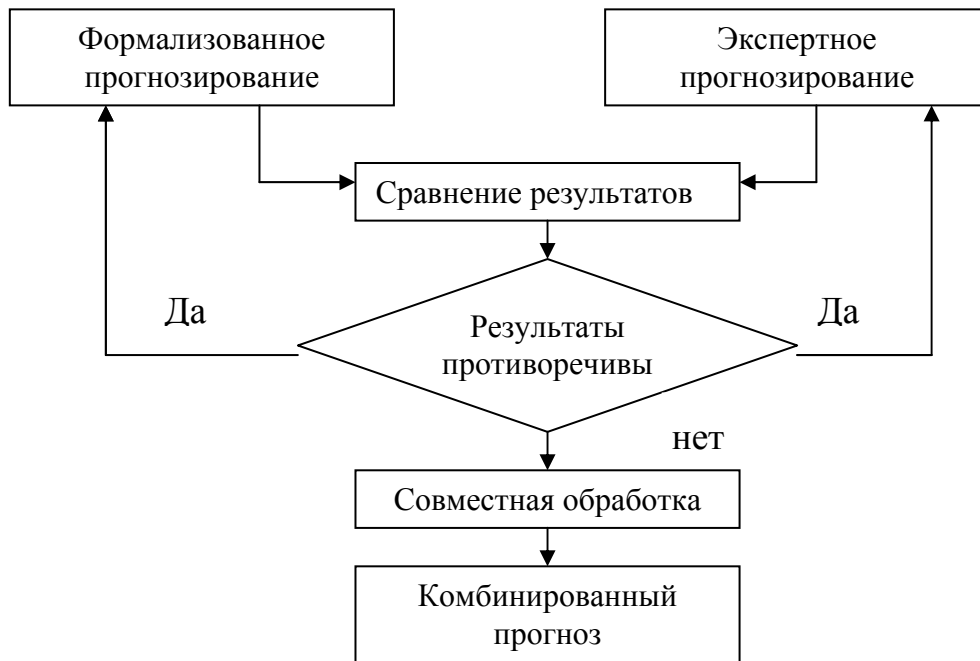


Рисунок 5.1 – Схема получения комбинированного прогноза

Так как в результате применения формализованных методов мы получили точечные и интервальные прогнозы, а экспертными методами только интервальные прогнозы урожайности зерновых культур, то для их сравнения необходимо дополнить результаты экспертных оценок точечными прогнозами.

Для этого необходимо априорное принятие вида закона распределения прогнозируемой величины между крайними оценками, даваемыми экспертами. В качестве таких законов могут быть, например, приняты следующие [21]. Частный случай  $\beta$ -распределения:

$$f(\hat{\Psi}_i) = \frac{12}{(b_i - a_i)^4} \cdot (\hat{\Psi}_i - a_i) \cdot (\hat{\Psi}_i - b_i)^2 \quad (5.16)$$

$$\text{для } a_i \leq \hat{\Psi}_i \leq b_i, \quad (5.17)$$

$$f(\hat{\Psi}_i) = 0 \text{ - во всех остальных случаях,} \quad (5.18)$$

где  $a_i$  и  $b_i$  - соответственно нижняя и верхняя граница прогнозного интервала данного  $i$ -м экспертом. Для этого закона точечный прогноз ( $\hat{\Psi}_i$ ) и дисперсия ( $D(\hat{\Psi}_i)$ ) находятся по формулам:

$$\hat{\Psi}_i = (2b_i + 3a_i) / 5, \quad (5.19)$$

$$D(\hat{\Psi}_i) = 0,04 \cdot (b_i - a_i)^2 \quad (5.20)$$

Можно использовать равновероятное распределение [21]:

$$f(\bar{Y}_i) = \frac{1}{(b_i - a_i)} \quad (5.21)$$

$$\text{для } a_i \leq \bar{Y}_i \leq b_i, \quad (5.22)$$

$$f(\bar{Y}_i) = 0 \text{ - во всех остальных случаях,} \quad (5.23)$$

для которого

$$\bar{Y}_i = (b_i + a_i) / 2, \quad (5.24)$$

$$D(\bar{Y}_i) = (b_i - a_i)^2 / 12 \quad (5.25)$$

Различные авторы рекомендуют кроме указанных еще и другие виды распределений (гамма-распределение, распределение Вейбулла, логарифмически нормальное распределение и др.).

Так как в нашем случае распределение экспертных оценок близко к равновероятностному (таблица 5.8), то для нахождения точечного прогноза мы использовали формулу (5.24).

Таблица 5.8 – Интервальный и точечный прогнозы урожайности зерновых культур на 2004 г.

Номер эксперта	Прогнозный интервал, ц/га	Точечный прогноз, ц/га
1	6,0-9,9	8,0
2	6,0-9,9	8,0
3	10,0-13,9	12,0
4	10,0-13,9	12,0
5	10,0-13,9	12,0
6	6,0-9,9	8,0
7	6,0-9,9	8,0
8	10,0-13,9	12,0
9	6,0-9,9	8,0
10	10,0-13,9	12,0
11	6,0-9,9	8,0
12	6,0-9,9	8,0
13	6,0-9,9	8,0
14	6,0-9,9	8,0
15	6,0-9,9	8,0
16	10,0-13,9	12,0
в среднем	-	9,5

Среднее значение точечного прогноза найдено по формуле средней арифметической простой [21].

На следующем этапе проведен анализ «противоречивости» и «непротиворечивости» результатов экспертного и формализованного прогнозирования.

На практике могут встретиться следующие три случая взаимного расположения доверительных интервалов прогнозов [21].

1 Доверительные интервалы одного прогноза  $\Delta_1$  охватывают доверительные интервалы другого  $\Delta_2$ . При этом общая область равна области, определяемой доверительными интервалами «охватываемого» прогноза:

$$\Delta_0 = \Delta_2. \quad (5.26)$$

2 Доверительные интервалы частично перекрываются.

3 Доверительные интервалы не имеют общей области:

$$\Delta_0 = 0 \quad (5.27)$$

В качестве решающего правила, определяющего «противоречивость» и «непротиворечивость» результатов эвристического и формализованного прогнозирования, может быть принято следующее: результаты эвристического и формализованного прогнозирования не противоречат друг другу, если точечные прогнозы принадлежат области  $\Delta_0$  [21]:

$$\hat{Y}_э, \hat{Y}_ф \in \Delta_0, \quad (5.28)$$

где  $\hat{Y}_э, \hat{Y}_ф$  - точечные прогнозы, полученные соответственно эвристическими и формализованными методами.

Для анализа противоречивости и непротиворечивости результатов прогнозирования, определено  $\Delta_0$  на основе наложения доверительных интервалов прогнозов (таблица 5.9).

Таблица 5.9 – Анализ противоречивости (непротиворечивости) интервальных прогнозов урожайности зерновых культур для 2004г.

Метод прогнозирования	Нижняя граница, ц/га	Верхняя граница, ц/га
1	2	3
Аналитическое выравнивание	0,1	16,3
Экспоненциальное сглаживание	3,3	18,7
АРПСС - модель	<b>6,7</b>	24,7
Множественная регрессия	5,3	12,9

Продолжение таблицы 5.9

1	2	3
Линейная регрессия панельных данных	4,0	12,5
Эвристическое прогнозирование	6,0	<b>9,9</b>

Как видно из таблицы доверительные интервалы частично перекрываются. Общая область для них принадлежит интервалу 6,7-9,9 ц/га, что соответствует и полученному качественному прогнозу (таблица 3.1). В данный интервал попадают точечные прогнозы по оптимальным моделям множественной регрессии и моделей регрессии панельных данных, а также точечный прогноз, полученный в результате экспертных оценок. Они равны соответственно 9,1 ц/га; 8,4 ц/га и 9,5 ц/га. На их основе рассчитан комбинированный прогноз урожайности зерновых культур на 2004 год для Оренбургской области в целом.

Комбинированный прогноз по формализованным и экспертным методам находим по формуле [21]:

$$\hat{Y}_k = \omega_s \cdot \hat{Y}_s + \omega_\phi \cdot \hat{Y}_\phi, \quad (5.29)$$

где  $\omega_s$  и  $\omega_\phi$  - соответственно веса экспертного и формализованного прогнозирования, равные соответственно:

$$\omega_s = D(\hat{Y}_\phi) / (D(\hat{Y}_s) + D(\hat{Y}_\phi)), \quad (5.30)$$

$$\omega_\phi = D(\hat{Y}_s) / (D(\hat{Y}_s) + D(\hat{Y}_\phi)), \quad (5.31)$$

где  $D(\hat{Y}_s)$  и  $D(\hat{Y}_\phi)$  - соответственно дисперсии экспертного и формализованного прогноза.

Такое принятие веса прогноза позволяет ослабить влияние на конечный результат (комбинированный прогноз) прогноза, имеющего слишком большую дисперсию [21].

Расчет комбинированного прогноза урожайности зерновых культур представлен в таблице 5.10.

Таблица 5.10 – Комбинированный прогноз урожайности зерновых культур по формализованным и экспертным методам на 2004 г. для Оренбургской области в целом

Показатель	Регрессия по панельным данным	Множественная регрессия
$\omega_\phi$	0,59	0,27
$\omega_s$	0,41	0,73
$\hat{Y}_k$	9,1	9,4



Полученные прогнозы незначительно отличаются друг от друга. Это обусловлено спецификой нахождения весов. Как видно из таблицы 5.10, для модели множественной регрессии, вес формализованного прогноза значительно ниже веса экспертного прогноза. В тоже время, для регрессии по панельным данным, они имеют незначительное различие.

### Тесты и задания для самоконтроля

1 Верификация прогноза – это:

- а) оценка его достоверности и точности;
- б) оценка его значимости;
- в) оценка его объективности.

2 Коэффициент расхождения (коэффициент несоответствия) Г. Тейла определяется по формуле:

а) 
$$\nu = \frac{\sqrt{\sum (P_t - A_t)^2}}{\sqrt{\sum A_t^2}};$$

б) 
$$\nu = (\sum P_t - A_t)^2;$$

в) 
$$\nu = \sqrt{\frac{\sum (P_t - A_t)^2}{\sum A_t^2}}.$$

3 Коэффициент расхождения (коэффициент несоответствия) Г. Тейла  $\nu = 0$

- а) в случае совершенного прогнозирования;
- б) когда процесс прогнозирования приводит к той же среднеквадратической ошибке что и наивная экстраполяция;
- в) когда прогноз дает худшие результаты, чем предположение о неизменности исследуемого явления.

4 Модель, дающая более узкий доверительный интервал при одной и той же доверительной вероятности:

- а) является более точной;
- б) является менее точной.

5 Можно ли априорную точность прогноза можно связать с размером доверительного интервала?

- а) Да
- б) Нет

6 При наличии достаточной статистической информации прогнозирование на короткий срок целесообразнее использовать:

- а) статистические методы прогнозирования;
- б) эвристические методы прогнозирования.

7 Формула для расчета обобщенного прогноза имеет вид:

$$а) \bar{f} = \sum \gamma_i \cdot \bar{x}_i + \sum \xi_i (x_i - \bar{x}_i)$$

$$б) \bar{f} = \sum \gamma_i \cdot x_i + \sum \xi_i$$

$$в) \bar{f} = \sum \gamma_i \cdot \bar{x}_i + \sum (x_i - \bar{x}_i)$$

8 Комбинированный прогноз по формализованным и экспертным методам находим по формуле

$$а) \bar{F}_k = \sigma_s \cdot \bar{F}_s + \sigma_\phi \cdot \bar{F}_\phi$$

$$б) \bar{F}_k = \omega_s \cdot \bar{F}_s + \omega_\phi \cdot \bar{F}_\phi$$

$$в) \bar{F}_k = \omega_s \cdot \bar{F}_s^2 + \omega_\phi \cdot \bar{F}_\phi^2$$

### Упражнения

1 По приведенным в таблице результатам прогноза выпуска продукции (тыс. тонн) оцените их точность и рассчитайте объединенный прогноз.

Метод прогнозирования	2001 г.	2002 г.	2003 г.	2004 г.
Аналитическое выравнивание по полиному второго порядка	46,31	47,30	48,29	49,29
Экспоненциальное сглаживание	45,98	46,96	48,05	49,14
АРСС - модель	44,98	45,78	46,89	48,23
Множественная регрессия				
– минимальный	35,89	36,67	40,77	43,90
– средний	44,23	47,34	45,11	47,18
– максимальный	46,07	52,57	51,09	52,13
Линейная регрессия для панельных данных				
– минимальный	41,00	41,00	41,00	41,00
– средний	45,10	46,07	46,16	46,09
– максимальный	52,57	52,16	54,27	54,74
Фактический выпуск	46,42	47,43	48,44	49,45

2 Организовать проведение экспертного опроса, разработать программу исследования, проанализировать результаты, а также оценить:

– компетентность экспертной группы на основе статистических и эвристических методов;

– согласованность мнений членов экспертной группы различными методами.

3 После двух туров метода Дельфи получены следующие ранги для факторов влияющих на чистый доход, (млрд. долл. США):

### Тип 1

Эксперт	Компетентность эксперта	Факторы				
		X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>
1	7	1	5	3	2	4
2	8	1	2	5	4	3
3	9	2	1	5	3	4
4	7	1	3	5	4	2
5	7	3	2	1	5	4
6	9	2	1	4	5	3
7	9	2	1	4	3	5
8	9	1	3	4	2	5
9	10	1	3	5	2	4
10	7	1	3	2	4	5

где X<sub>1</sub> - Оборот капитала, млрд. долл. США,

X<sub>2</sub> - Использованный капитал, млрд. долл. США,

X<sub>3</sub> - Численность служащих, тыс. чел,

X<sub>4</sub> - Рыночная капитализация компании, млрд. долл. США,

X<sub>5</sub> - Зарботная плата служащих, тыс.долл.

### Тип 2

Эксперт	Компетентность эксперта	Факторы				
		X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>
1	7	1	2	4	5	3
2	8	1	2	3	4	5
3	9	2	1	5	3	4
4	7	1	3	5	4	2
5	7	2	3	1	5	4
6	9	2	1	4	5	3
7	9	2	1	4	3	5
8	9	1	3	4	2	5
9	10	1	3	4	2	5
10	7	1	3	2	4	5

Проведите статистическую обработку результатов опроса:

- оцените согласованность мнений экспертов. Необходимо ли еще несколько туров опроса?
- определите средний ранг каждого фактора с учетом компетентности экспертов;
- рассчитайте коэффициент погрешности.

## **ОТВЕТЫ К ТЕСТАМ**

### **Раздел 1**

**1 б; 2 а; 3 в; 4 в; 5 а; 6 б; 7 а; 8 в; 9 в; 10 а; 11 б, в; 12 а, б.**

### **Раздел 2**

**1 а; 2 а; 3 а, б; 4 а; 5 а; 6 а; 7 а; 8 б; 9 а.**

### **Раздел 3**

**1 а; 2 а; 3 а; 4 а; 5 а; 6 а; 7 а; 8 а; 9 б; 10 а; 11 б; 12 в; 13 а; 14 а; 15 б.**

### **Раздел 4**

**1 а, б; 2 а, б; 3 а; 4 а; 5 а; 6а; 7 а; 8 а.**

### **Раздел 5**

**1 а; 2 а; 3 а; 4 а; 5 а; 6 а; 7 а; 8 б.**

## Список использованных источников

- 1 **Френкель, А.А.** Прогнозирование производительности труда: методы и модели / А.А. Френкель. – М.: Экономика, 1989. – 214 с. - ISBN 5-282-00459-3
- 2 О методах экономического прогнозирования // Внешнеэкономический бюллетень. – 2001. - №3. – С.30-37.
- 3 **Борисов, А.Б.** Большой экономический словарь / А.Б. Борисов. – М.: Книжный мир, 2003. – 895 с. - ISBN 5-8041-0049-1
- 4 **Четыркин, Е.М.** Статистические методы прогнозирования / Е.М. Четыркин. – М.: Статистика, 1977. – 200 с.
- 5 **Бестужев – Лада, И.В.** Окно в будущее. Современные проблемы социального прогнозирования / И.В. Бестужев – Лада - М.: Мысль, 1970. – 269 с.
- 6 Теория прогнозирования и принятия решений: учеб. пособие / под ред. С.А. Саркисяна. – М.: Высшая школа, 1977 – 353с.
- 7 **Полевой, А.Н.** Прикладное моделирование и прогнозирование продуктивности посевов / А.Н. Полевой. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1988 – 319с.
- 8 **Тихомиров, Н.П.** Эконометрика: Учебник / Н.П. Тихомиров, Е.Ю. Дорохина. – М.: Экзамен, 2003. – 512 с. - ISBN 5-94692-438-9
- 9 **Лукашин, Ю.П.** Адаптивные методы прогнозирования: учеб. пособие / Ю.П.Лукашин. – М.: Финансы и статистика, 2003. - 416 с.:ил. - . ISBN 5-279-02740-5
- 10 **Афанасьев, В.Н.** Анализ временных рядов и прогнозирование: учебник / **В.Н. Афанасьев, М.М. Юзбашев.** – М.: Финансы и статистика, 2001. – 228с.: ил. ISBN 5-279-02419-8
- 11 Многомерный статистический анализ в экономике: Учеб. пособие для вузов / Л.А. Сошникова, В.Н. Тамашевич, Г. Уебе, М. Шедор – М.: ЮНИТИ - ДАНА, 1999. – 598с. – ISBN 5-238-00099-5
- 12 **Гмурман, В.Е.** Теория вероятностей и математическая статистика: учеб. пособие для студентов вузов / В.Е. Гмурман – М.: Высшая школа, 2001.–479с.: ил. – ISBN 5-06-003464-X
- 13 **Дуброва, Т.А.** Статистические методы прогнозирования: учеб. пособие для вузов / Т.А. Дуброва - М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2003. –206 с. - ISBN 5-238-00497-4
- 14 Сохранение и повышение плодородия почв в адаптивно-ландшафтном земледелии Оренбургской области (департамент администрации Оренбургской области по вопросам агропромышленного комплекса) / В.К.Еременко, В.А. Айрих, Р.М. Скрыпников. - Оренбург, 2002. – 219 с.
- 15 **Айзенштадт, А.Л.** Погода и урожай / А. Л. Айзенштадт // Зерновые культуры. - 1990. - №2. - С.43-44.
- 16 **Прудников, А.Г.** Краткосрочный прогноз производства зерна / А.Г. Прудников. – М.: Госагропромиздат, 1989. – 120 с.
- 17 **Романенко, Г.** Залог продовольственной безопасности страны / Г. Романенко // Экономика сельского хозяйства России. - 2000. – №3.– С.3-4.
- 18 Эконометрика: учебник / И.И. Елисеева, [и др. ]; – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Финансы и статистика, 2006. – 576 с. - ISBN 5-279-02786-3

19 **Дубров, А.М.** Компонентный анализ и эффективность в экономике: учеб. пособие / А.М. Дубров. – М.: Финансы и статистика, 2002. – 352с.: ил. – ISBN5-279-02430-9

20 **Балаш, В.А.** Модели линейной регрессии для панельных данных: учеб. пособие / В.А. Балаш., О.С. Балаш – М.:2002. – 65с.

21 **Чуев, Ю.В.** Прогнозирование количественных характеристик процессов / Ю.В.Чуев, Ю.Б.Михайлов, В.И.Кузьмин – М.: Советское радио, 1975. – 323с.

**Приложение А**  
**(обязательное)**

**Выбор формы уравнения тренда для временного ряда урожайности зерновых культур Оренбургской области за 1883-2002 г.г.**

Таблица А.1

Вид функции описывающей тренд	Уравнение тренда	Среднее квадратическое отклонение уровней от тренда	Коэффициент аппроксимации
Линейная	$\tilde{Y} = 3,15 + 0,06 \cdot t$	3,16	0,32
Логарифмическая	$\tilde{Y} = 0,38 + 1,72 \cdot \ln t$	3,19	0,18
Степенная	$\tilde{Y} = 2,36 \cdot t^{0,24}$	3,60	0,11
Экспонента	$\tilde{Y} = 3,36 \cdot e^{0,0089 \cdot t}$	3,70	0,22
Парабола	$\tilde{Y} = 4,81 - 0,02 \cdot t + 0,0007 \cdot t^2$	3,17	0,30

**Приложение Б**  
**(обязательное)**  
**Агрегирование фаз урожайности зерновых культур в**  
**Оренбургской области**

Таблица Б.1

Годы	Флуктуации	Номер фазы	1 итерация		2 итерация		3 итерация	
			Мощность фазы	Длина фазы	Мощность фазы	Длина фазы	Мощность фазы	Длина фазы
1883	3,5	1	8,7	4	11,7	7	11,7	7
1884	2,7	2	<u>-0,2*</u>	2	-4,3	2	-4,3	2
1885	2,4	3	3,2	1	16,1	9	16,1	9
1886	0,1	4	-4,3	2	-1,5	1	-1,5	1
1887	-0,1	5	16,1	9	7,6	4	7,6	4
1888	-0,1	6	-1,5	1	-1,9	1	-1,9	1
1889	3,2	7	7,6	4	3,1	4	3,1	4
1890	-1,9	8	-1,9	1	-4,6	1	-4,6	1
1891	-2,4	9	3,1	4	6,5	4	6,5	4
1892	2,7	10	-4,6	1	-6,1	2	-6,1	2
1893	1,2	11	6,5	4	0,9	1	0,9	1
1894	1,6	12	-6,1	2	-12,5	6	-12,5	6
1895	2,3	13	0,9	1	5,2	2	5,2	2
1896	1,8	14	-12,5	6	-3,4	1	-3,4	1
1897	0,0	15	5,2	2	3,2	1	3,2	1
1898	1,1	16	-3,4	1	-13,3	5	-13,3	5
1899	2,4	17	3,2	1	3,8	2	3,8	2
1900	3,0	18	-13,3	5	-4,5	1	-4,5	1
1901	<u>-1,5</u>	19	3,8	2	1,7	1	1,7	1
1902	0,1	20	-4,5	1	-43,7	15	-52,0	18
1903	1,5	21	1,7	1	<u>0,2</u>	1	2,5	1
1904	2,5	22	-43,7	15	-8,5	2	-4,1	2
1905	3,5	23	0,2	1	2,5	1	4,2	2
1906	<u>-1,9</u>	24	-8,5	2	-4,1	2	-0,9	1
1907	0,4	25	2,5	1	4,2	2	2,4	1
1908	0,6	26	-4,1	2	-0,9	1	-0,6	1
1909	1,8	27	4,2	2	2,4	1	0,4	1
1910	0,3	28	-0,9	1	-0,6	1	-2,5	1
1911	<u>-4,6</u>	29	2,4	1	0,4	1	3,1	1
1912	0,2	30	-0,6	1	-2,5	1	-3,9	1
1913	2,6	31	0,4	1	3,1	1	19,9	4
1914	0,7	32	-2,5	1	-3,9	1	<u>-0,2</u>	1
1915	3,0	33	3,1	1	19,9	4	7,7	2
1916	-2,6	34	-3,9	1	-0,2	1	-6,3	1
1917	-3,5	35	19,9	4	7,7	2	19,6	5
1918	0,9	36	-0,2	1	-6,3	1	-3,0	2
1919	-1,0	37	7,7	2	19,6	5	5,2	1
1920	-3,2	38	-6,3	1	-3,0	2	-2,6	1
1921	-5,0	39	19,6	5	5,2	1	6,2	2
1922	-0,6	40	-3,0	2	-2,6	1	-2,5	2
1923	-0,9	41	5,2	1	6,2	2	8,0	2



Продолжение таблицы Б.1

Годы	Флуктуации	Номер фазы	1 итерация		2 итерация		3 итерация	
			Мощность фазы	Длина фазы	Мощность фазы	Длина фазы	Мощность фазы	Длина фазы
1924	-1,8	42	-2,6	1	-2,5	2	-1	1
1925	1,5	43	6,2	2	8,0	2	9,2	3
1926	3,7	44	-2,5	2	-1	1	-8,6	2
1927	<u>-3,4</u>	45	8,0	2	9,2	3	3,1	1
1928	3,2	46	-1	1	-8,6	2	-11,3	5
1929	-3,6	47	9,2	3	3,1	1	X	X
1930	-1,7	48	-8,6	2	-11,3	5	X	X
1931	-4,0	49	3,1	1	X	X	X	X
1932	-2,1	50	-11,3	5	X	X	X	X
1933	-1,9	X	X	X	X	X	X	X
1934	2,6	X	X	X	X	X	X	X
1935	<u>1,2</u>	X	X	X	X	X	X	X
1936	-4,5	X	X	X	X	X	X	X
1937	1,7	X	X	X	X	X	X	X
1938	-1,6	X	X	X	X	X	X	X
1939	-4,2	X	X	X	X	X	X	X
1940	-1,1	X	X	X	X	X	X	X
1941	-0,2	X	X	X	X	X	X	X
1942	-4,0	X	X	X	X	X	X	X
1943	-5,4	X	X	X	X	X	X	X
1944	-3,0	X	X	X	X	X	X	X
1945	-2,6	X	X	X	X	X	X	X
1946	-4,0	X	X	X	X	X	X	X
1947	-1,2	X	X	X	X	X	X	X
1948	-5,1	X	X	X	X	X	X	X
1949	-3,9	X	X	X	X	X	X	X
1950	-0,4	X	X	X	X	X	X	X
1951	-3,9	X	X	X	X	X	X	X
1952	-3,1	X	X	X	X	X	X	X
1953	<u>0,2</u>	X	X	X	X	X	X	X
1954	-2,9	X	X	X	X	X	X	X
1955	-5,6	X	X	X	X	X	X	X
1956	2,5	X	X	X	X	X	X	X
1957	-4,0	X	X	X	X	X	X	X
1958	-0,1	X	X	X	X	X	X	X
1959	1,0	X	X	X	X	X	X	X
1960	3,2	X	X	X	X	X	X	X
1961	-0,9	X	X	X	X	X	X	X
1962	<u>2,4</u>	X	X	X	X	X	X	X
1963	-0,6	X	X	X	X	X	X	X
1964	0,4	X	X	X	X	X	X	X
1965	-2,5	X	X	X	X	X	X	X
1966	3,1	X	X	X	X	X	X	X
1967	-3,9	X	X	X	X	X	X	X
1968	9,5	X	X	X	X	X	X	X
1969	2,4	X	X	X	X	X	X	X

Продолжение таблицы Б.1

Годы	Флуктуации	Номер фазы	1 итерация		2 итерация		3 итерация	
			Мощность фазы	Длина фазы	Мощность фазы	Длина фазы	Мощность фазы	Длина фазы
1970	5,2	X	X	X	X	X	X	X
1971	2,8	X	X	X	X	X	X	X
1972	-0,2	X	X	X	X	X	X	X
1973	3,9	X	X	X	X	X	X	X
1974	3,8	X	X	X	X	X	X	X
1975	-6,3	X	X	X	X	X	X	X
1976	6,6	X	X	X	X	X	X	X
1977	0,1	X	X	X	X	X	X	X
1978	7,1	X	X	X	X	X	X	X
1979	4,5	X	X	X	X	X	X	X
1980	1,3	X	X	X	X	X	X	X
1981	-0,9	X	X	X	X	X	X	X
1982	-2,1	X	X	X	X	X	X	X
1983	<u>5,2</u>	X	X	X	X	X	X	X
1984	-2,6	X	X	X	X	X	X	X
1985	0,4	X	X	X	X	X	X	X
1986	5,8	X	X	X	X	X	X	X
1987	-1,1	X	X	X	X	X	X	X
1988	-1,4	X	X	X	X	X	X	X
1989	2,3	X	X	X	X	X	X	X
1990	5,7	X	X	X	X	X	X	X
1991	<u>-1,0</u>	X	X	X	X	X	X	X
1992	5,6	X	X	X	X	X	X	X
1993	1,3	X	X	X	X	X	X	X
1994	2,3	X	X	X	X	X	X	X
1995	-5,7	X	X	X	X	X	X	X
1996	-2,9	X	X	X	X	X	X	X
1997	3,1	X	X	X	X	X	X	X
1998	-8,9	X	X	X	X	X	X	X
1999	-0,6	X	X	X	X	X	X	X
2000	-0,5	X	X	X	X	X	X	X
2001	-0,7	X	X	X	X	X	X	X
2002	-0,6	X	X	X	X	X	X	X

Продолжение таблицы Б.1

4 итерация		5 итерация		6 итерация		7 итерация		8 итерация	
Мощность фазы	Длина фазы	Мощность фазы	Длина фазы	Мощность фазы	Длина фазы	Мощность фазы	Длина фазы	Мощность фазы	Длина фазы
11,7	7	11,7	7	11,7	7	11,7	7	11,7	7
-4,3	2	-4,3	2	-4,3	2	-4,3	2	-4,3	2
16,1	9	16,1	9	16,1	9	16,1	9	16,1	9
-1,5	1	-1,5	1	-1,5	1	-1,5	1	<u>-1,5</u>	1
7,6	4	7,6	4	7,6	4	7,6	4	7,6	4
-1,9	1	-1,9	1	-1,9	1	-1,9	1	-1,9	1
3,1	4	3,1	4	3,1	4	3,1	4	3,1	4
-4,6	1	-4,6	1	-4,6	1	-4,6	1	-4,6	1
6,5	4	6,5	4	6,5	4	6,5	4	6,5	4
-6,1	2	-6,1	2	-17,7	9	-17,7	9	-17,7	9
0,9	1	<u>0,9</u>	1	5,2	2	5,2	2	5,2	2
-12,5	6	-12,5	6	-3,4	1	-3,4	1	-3,4	1
5,2	2	5,2	2	3,2	1	3,2	1	3,2	1
-3,4	1	-3,4	1	-13,3	5	-13,3	5	-13,3	5
3,2	1	3,2	1	3,8	2	3,8	2	3,8	2
-13,3	5	-13,3	5	-4,5	1	-4,5	1	-4,5	1
3,8	2	3,8	2	1,7	1	1,7	1	1,7	1
-4,5	1	-4,5	1	-52,0	18	-52,0	18	-52,0	18
1,7	1	1,7	1	2,5	1	2,5	1	2,5	1
-52,0	18	-52,0	18	-4,1	2	-4,1	2	-4,1	2
2,5	1	2,5	1	4,2	2	5,7	4	5,7	4
-4,1	2	-4,1	2	<u>-0,9</u>	1	-2,7	3	-2,7	3
4,2	2	4,2	2	2,4	1	3,1	1	3,1	1
-0,9	1	-0,9	1	-2,7	3	-3,9	1	-3,9	1
2,4	1	2,4	1	3,1	1	27,4	7	27,4	7
-0,6	1	-2,7	3	-3,9	1	-6,3	1	-6,3	1
<u>0,4</u>	1	3,1	1	27,4	7	19,6	5	19,6	5
-2,5	1	-3,9	1	-6,3	1	-3,0	2	-3,0	2
3,1	1	27,4	7	19,6	5	5,2	1	5,2	1
-3,9	1	-6,3	1	-3,0	2	-2,6	1	-2,6	1
27,4	7	19,6	5	5,2	1	6,2	2	6,2	2
-6,3	1	-3,0	2	-2,6	1	-2,5	2	-2,5	2
19,6	5	5,2	1	6,2	2	8,0	2	16,2	6
-3,0	2	-2,6	1	-2,5	2	<u>-1</u>	1	-8,6	2
5,2	1	6,2	2	8,0	2	9,2	3	3,1	1
-2,6	1	-2,5	2	-1	1	-8,6	2	-11,3	5
6,2	2	8,0	2	9,2	3	3,1	1	X	X
-2,5	2	-1	1	-8,6	2	-11,3	5	X	X
8,0	2	9,2	3	3,1	1	X	X	X	X
-1,0	1	-8,6	2	-11,3	5	X	X	X	X
9,2	3	3,1	1	X	X	X	X	X	X
-8,6	2	-11,3	5	X	X	X	X	X	X
3,1	1	X	X	X	X	X	X	X	X
-11,3	5	X	X	X	X	X	X	X	X

Продолжение таблицы Б.1

9 итерация		10 итерация		11 итерация		12 итерация		13 итерация	
Мощность фазы	Длина фазы	Мощность фазы	Длина фазы	Мощность фазы	Длина фазы	Мощность фазы	Длина фазы	Мощность фазы	Длина фазы
11,7	7	11,7	7	11,7	7	11,7	7	11,7	7
-4,3	2	-4,3	2	-4,3	2	-4,3	2	-4,3	2
22,2	14	22,2	14	23,4	19	23,4	19	23,4	19
-1,9	1	<u>-1,9</u>	1	-4,6	1	-4,6	1	-4,6	1
3,1	4	3,1	4	6,5	4	6,5	4	6,5	4
-4,6	1	-4,6	1	-17,7	9	-17,7	9	-17,7	9
6,5	4	6,5	4	5,2	2	5,2	2	5,2	2
-17,7	9	-17,7	9	-3,4	1	-3,4	1	-3,4	1
5,2	2	5,2	2	3,2	1	3,2	1	3,2	1
-3,4	1	-3,4	1	-13,3	5	-13,3	5	-13,3	5
3,2	1	3,2	1	3,8	2	3,8	2	3,8	2
-13,3	5	-13,3	5	-54,8	20	-56,4	23	-56,4	23
3,8	2	3,8	2	<u>2,5</u>	1	5,7	4	5,7	4
-4,5	1	-54,8	20	-4,1	2	-2,7	3	-2,7	3
<u>1,7</u>	1	2,5	1	5,7	4	3,1	1	3,1	1
-52,0	18	-4,1	2	-2,7	3	-3,9	1	-3,9	1
2,5	1	5,7	4	3,1	1	27,4	7	27,4	7
-4,1	2	-2,7	3	-3,9	1	-6,3	1	-6,3	1
5,7	4	3,1	1	27,4	7	19,6	5	19,6	5
-2,7	3	-3,9	1	-6,3	1	-3,0	2	-3,0	2
3,1	1	27,4	7	19,6	5	5,2	1	5,2	1
-3,9	1	-6,3	1	-3,0	2	-2,6	1	<u>-2,6</u>	1
27,4	7	19,6	5	5,2	1	6,2	2	19,9	10
-6,3	1	-3,0	2	-2,6	1	<u>-2,5</u>	2	-8,6	2
19,6	5	5,2	1	6,2	2	16,2	6	3,1	1
-3,0	2	-2,6	1	<u>-2,5</u>	2	-8,6	2	-11,3	5
5,2	1	6,2	2	16,2	6	3,1	1	X	X
-2,6	1	-2,5	2	-8,6	2	-11,3	5	X	X
6,2	2	16,2	6	3,1	1	X	X	X	X
-2,5	2	-8,6	2	-11,3	5	X	X	X	X
16,2	6	3,1	1	X	X	X	X	X	X
-8,6	2	-11,3	5	X	X	X	X	X	X
3,1	1	X	X	X	X	X	X	X	X
-11,3	5	X	X	X	X	X	X	X	X

Продолжение таблицы Б.1

14 итерация		15 итерация		16 итерация		17 итерация		18 итерация	
Мощность фазы	Длина фазы	Мощность фазы	Длина фазы	Мощность фазы	Длина фазы	Мощность фазы	Длина фазы	Мощность фазы	Длина фазы
11,7	7	11,7	7	11,7	7	11,7	7	11,7	7
-4,3	2	-4,3	2	-4,3	2	-4,3	2	-4,3	2
23,4	19	23,4	19	23,4	19	23,4	19	23,4	19
-4,6	1	-4,6	1	-4,6	1	-4,6	1	-4,6	1
6,5	4	6,5	4	6,5	4	6,5	4	6,5	4
-17,7	9	-17,7	9	-17,7	9	-17,7	9	-17,7	9
5,2	2	5,2	2	5,2	2	5,2	2	5,2	2
-3,4	1	-3,4	1	-3,4	1	-3,4	1	-13,5	7
3,2	1	3,2	1	3,2	1	<u>3,2</u>	1	<u>3,8</u>	2
-13,3	5	-13,3	5	-13,3	5	-13,3	5	-56,4	23
3,8	2	3,8	2	3,8	2	3,8	2	6,1	8
-56,4	23	-56,4	23	-56,4	23	-56,4	23	-3,9	1
5,7	4	6,1	8	6,1	8	6,1	8	27,4	7
<u>-2,7</u>	3	-3,9	1	-3,9	1	-3,9	1	-6,3	1
3,1	1	27,4	7	27,4	7	27,4	7	39,1	19
-3,9	1	-6,3	1	-6,3	1	-6,3	1	-16,8	8
27,4	7	19,6	5	39,1	19	39,1	19	X	X
-6,3	1	<u>-3,0</u>	2	-8,6	2	-16,8	8	X	X
19,6	5	22,5	12	<u>3,1</u>	1	X	X	X	X
-3,0	2	-8,6	2	-11,3	5	X	X	X	X
22,5	12	3,1	1	X	X	X	X	X	X
-8,6	2	-11,3	5	X	X	X	X	X	X
3,1	1	X	X	X	X	X	X	X	X
-11,3	5	X	X	X	X	X	X	X	X

Продолжение таблицы Б.1

19 итерация		20 итерация		21 итерация		22 итерация		23 итерация		24 итерация	
Мощность фазы	Длина фазы	Мощность фазы	Длина фазы	Мощность фазы	Длина фазы	Мощность фазы	Длина фазы	Мощность фазы	Длина фазы	Мощность фазы	Длина фазы
11,7	7	11,7	7	30,8	28	32,7	33	32,7	33	32,7	33
-4,3	2	<u>-4,3</u>	2	<u>-4,6</u>	1	-17,7	9	-78,6	43	-78,6	43
23,4	19	23,4	19	6,5	4	<u>5,2</u>	2	29,6	16	62,4	36
-4,6	1	-4,6	1	-17,7	9	-66,1	32	<u>-6,3</u>	1	-16,8	8
6,5	4	6,5	4	5,2	2	29,6	16	39,1	19	X	X
-17,7	9	-17,7	9	-66,1	32	-6,3	1	-16,8	8	X	X
5,2	2	5,2	2	29,6	16	39,1	19	X	X	X	X
-66,1	32	-66,1	32	-6,3	1	-16,8	8	X	X	X	X
6,1	8	29,6	16	39,1	19	X	X	X	X	X	X
<u>-3,9</u>	1	-6,3	1	-16,8	8	X	X	X	X	X	X
27,4	7	39,1	19	X	X	X	X	X	X	X	X
-6,3	1	-16,8	8	X	X	X	X	X	X	X	X
39,1	19	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
-16,8	8	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Подчеркнуты фазы с минимальной мощностью

## Приложение В

(обязательное)

### Динамика показателей вариации урожайности зерновых культур в Оренбургской области и по выделенным зонам

Таблица В.1

Годы	Средняя урожайность, ц/га				Среднее квадратическое отклонение, ц/га				Размах вариации, ц/га				Коэффициент вариации, %			
	1 зона	2 зона	3 зона	область	1 зона	2 зона	3 зона	область	1 зона	2 зона	3 зона	область	1 зона	2 зона	3 зона	Область
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1958	7,4	9,6	6,1	8,0	1,4	0,8	1,1	1,8	4,6	2,8	3,1	6,4	18,6	8,7	18,6	22,4
1959	8,5	11,1	7,1	9,2	1,6	1	1,3	2,0	5,3	3,2	3,7	7,4	18,7	8,8	18,9	22,4
1960	10,6	13,8	8,8	11,5	2	1,2	1,6	2,6	6,6	4,1	4,5	9,2	18,5	8,9	18,6	22,4
1961	6,8	8,9	5,6	7,4	1,3	0,8	1,1	1,7	4,3	2,6	2,9	5,9	18,7	8,9	18,7	22,5
1962	10,7	12,5	7,7	10,8	1,5	1,6	1,0	2,3	5	6,5	2,9	7,7	13,8	12,9	13,0	21,3
1963	7,4	8,5	7,0	7,8	1,2	1,2	1,9	1,5	4	4,1	4,7	5,3	15,5	14,6	27,3	18,9
1964	8,4	9,8	7,1	8,7	1,3	1,1	1,5	1,6	4,8	3,8	4,3	6,0	15,4	10,9	21,7	18,4
1965	6,7	7,9	1,7	6,1	1,3	1,1	0,8	2,6	4,8	3,3	1,7	8,5	20,0	13,5	45,1	42,7
1966	10,3	12,1	13,5	11,6	1,5	1,1	3,5	2,3	4,3	3,5	9,7	9,7	14,4	9,1	26,2	19,5
1967	4,0	5,7	6,3	5,1	3,9	4	2,3	3,7	12,4	11,7	6,0	12,6	98	69,6	36,5	72,3
1968	19,5	20,5	14,2	18,2	5,2	3,2	6,0	4,3	22,7	10,2	15,1	20,7	26,9	15,5	42,0	23,8
1969	11,5	14,3	7,4	11,7	3,7	2,1	3,3	3,9	11,6	6,3	9,1	13,7	31,8	14,7	43,9	33,3
1970	13,1	14,5	13,7	13,8	1,6	1,5	1,2	1,6	6,5	4,8	3,1	6,5	12,3	10,1	8,5	11,3
1971	11,4	14,4	8,0	11,8	1,5	1,5	2,0	2,8	5,6	4,9	5,5	9,9	12,8	10,4	25,1	23,9
1972	7,4	8,4	11,4	8,6	1,2	1,7	2,8	2,3	4,3	5,8	7	9,9	16,7	19,8	24,7	27,2
1973	12,4	15,3	11,4	12,9	2,1	3,6	3,3	3,0	7,4	8,2	8,4	11,6	16,9	20,3	20,8	23,2
1974	13,8	15,4	7,1	13,0	1,2	1,3	1,7	3,4	3,7	4,7	4,4	12,5	8,4	8,3	23,6	26,2
1975	3,1	3,6	1,8	2,8	1,3	0,9	0,7	1,5	5,4	3	1,6	6,4	41,8	25,0	37,8	51,7
1976	16,8	17,9	10,2	15,9	1,5	1,5	1,7	3,5	4,6	5,5	7,8	14,6	9,2	8,4	16,5	21,9
1977	9,1	12,7	6,5	9,9	3,3	3,3	1,4	3,8	9,5	8,8	3,7	12,3	36,1	26,3	20,8	38,2
1978	17,5	19,4	9,5	16,6	2,5	2	4,2	4,6	7,7	6,4	10,5	18,1	14,3	10,3	43,9	27,8
1979	13,0	13,7	14,9	13,7	0,8	1,1	2,8	1,6	3	3,8	7,2	7,2	6,1	7,8	18,4	11,6
1980	9,6	12,5	10,9	11,0	1,9	3,2	1,0	2,6	7,3	10,7	3,0	10,7	19,4	25,3	9,6	23,6
1981	6,4	7,2	12,3	8,0	1,9	1,0	2,3	2,9	6,1	3,5	5,7	11,9	30,4	14,1	18,3	36,4
1982	4,7	7,1	11,7	7,2	2,2	1,7	1,0	3,2	7,7	6,4	2,9	11,0	46,7	24,5	8,4	44,7
1983	15,3	17,7	10,4	15,1	1,6	1,5	3,1	3,6	10,9	4,5	8,0	12,7	17,3	8,3	29,9	24,1
1984	7,4	8,6	3,8	7,0	1,7	1,1	2,6	2,5	6,3	4	6,2	9,0	22	12,2	67,6	35,6
1985	9,9	13,9	5,8	10,4	2,8	1,9	2,2	3,6	5,1	6	5,5	13,5	16,9	13,6	37,0	34,5

Продолжение таблицы В.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1986	15,1	18,5	12,9	15,8	1,7	2,2	4,2	3,6	10,8	5,7	12,1	15,1	18,3	11,8	32,2	22,9
1987	5,7	8,4	12,1	8,2	1,1	1,7	1,3	2,9	5,9	5,4	3,8	10,2	29,5	19,7	10,6	35,7
1988	6,6	8,2	11,0	8,2	1,4	1,2	1,6	2,1	4,1	4,3	5,2	9,6	17,2	14,2	14,8	25,5
1989	12,1	13,6	9,5	12,0	1,9	1,4	3,4	2,5	6,1	5,2	10,9	12,2	11,9	10,2	35,9	20,9
1990	15,1	17,7	13,3	15,7	1,6	2,1	1,6	2,6	6,8	5,9	3,9	9,4	12,8	11,8	12,2	16,4
1991	9,9	11,8	4,5	9,3	1,9	1,6	2,1	3,2	4,8	5,7	6,7	13,4	16,2	13,4	46,6	34,7
1992	13,6	16,7	17,6	15,7	2,2	1,9	1,8	2,7	5,3	6,7	7,7	10,1	14	11,3	16,1	17,2
1993	11,4	14,7	7,8	11,8	2,0	2,1	1,1	3,3	7,8	7,6	3,9	13,1	19,3	14,0	14,3	27,6
1994	11,7	13,6	12,8	12,6	1,39	2,2	1,3	2,3	6,5	7,1	6,7	8,4	17,2	16,3	17,9	17,9
1995	3,9	6,1	4,2	4,8	2,15	1,7	1,6	1,8	5,5	5,2	5,2	7,5	35,3	27,9	37,2	37,9
1996	6,2	9,8	6,8	7,7	1,9	2,5	3,1	3,0	6,9	8,7	8,7	12,8	35	25,6	45,3	38,9
1997	14,4	16,6	13,2	14,9	0,7	2,5	3,4	2,8	6,9	10,2	9,5	14,3	13,2	15,1	25,4	18,6
1998	1,0	1,6	2,2	1,5	2,1	1,1	1,3	1,1	2,5	2,9	3,9	4,5	74,3	66,1	60,2	73,2
1999	7,3	10,9	12,1	9,7	1,7	3,5	2,7	3,5	8,9	11,4	9,2	13,5	28,7	32,1	22,6	35,4
2000	9,3	11,2	8,2	9,8	1,7	1,9	2,7	2,3	5,6	6,8	7,8	8,4	18,7	16,6	33,1	23,6
2001	9,4	11	9	9,9	1,7	2,0	2,5	2,1	5,9	5,8	9,0	9,0	17,6	18,4	28,3	21,6
2002	10,1	12,2	7,6	10,3	1,0	1,7	2,4	2,4	3,2	5,7	6,3	10,4	10,3	14,0	31,5	23,3

**Приложение Г**  
**(обязательное)**

**Выбор формы уравнения тренда для временного ряда урожайности  
зерновых культур Оренбургской области за 1958-2002 г.г.**

Таблица Г.1

Вид функции описывающей тренд	Уравнение тренда	Среднее квадратическое отклонение уровней от тренда	Коэффициент аппроксимации
Линейная	$\tilde{Y} = 10,15 + 0,006 \cdot t$	3,64	0,0005
Логарифмическая	$\tilde{Y} = 8,99 + 0,45 \cdot \ln t$	3,62	0,0122
Степенная	$\tilde{Y} = 9,00 \cdot t^{0,02}$	3,73	0,0011
Экспонента	$\tilde{Y} = 9,73 \cdot e^{-0,0012 \cdot t}$	3,74	0,0011
Парабола	$\tilde{Y} = 7,91 + 0,29 \cdot t - 0,0062 \cdot t^2$	3,53	0,1



**Приложение Д**  
**(обязательное)**

**Выбор формы уравнения тренда для временного ряда урожайности  
зерновых культур по первой зоне Оренбургской области за 1958-2002 г.г.**

Таблица Д.1

Вид функции описывающей тренд	Уравнение тренда	Среднее квадратическое отклонение уровней от тренда	Коэффициент аппроксимации
Линейная	$\tilde{Y} = 12,37 - 0,007 \cdot t$	4,56	0,0004
Логарифмическая	$\tilde{Y} = 11,21 + 0,35 \cdot \ln t$	4,48	0,0044
Степенная	$\tilde{Y} = 11,21 \cdot t^{-0,0022}$	22,53	0,00002
Экспонента	$\tilde{Y} = 11,79 \cdot e^{-0,025 \cdot t}$	4,65	0,0045
Парабола	$\tilde{Y} = 9,73 + 0,33 \cdot t - 0,0073 \cdot t^2$	4,42	0,06

## Приложение Е (обязательное)

**Выбор формы уравнения тренда для временного ряда урожайности зерновых культур по второй зоне Оренбургской области за 1958 – 2002 г.г.**

Таблица Е.1

Вид функции описывающей тренд	Уравнение тренда	Среднее квадратическое отклонение уровней от тренда	Коэффициент аппроксимации
Линейная	$\tilde{Y} = 10,14 - 0,01 \cdot t$	3,96	0,0012
Логарифмическая	$\tilde{Y} = 9,08 + 0,29 \cdot \ln t$	3,96	0,0039
Степенная	$\tilde{Y} = 9,23 \cdot t^{-0,013}$	4,1	0,0005
Экспонента	$\tilde{Y} = 9,74 \cdot e^{-0,004 \cdot t}$	3,97	0,0096
Парабола	$\tilde{Y} = 7,79 + 0,29 \cdot t - 0,0065 \cdot t^2$	3,84	0,06

## Приложение Ж (обязательное)

**Выбор формы уравнения тренда для временного ряда урожайности зерновых культур по третьей зоне Оренбургской области за 1958-2002 г.г.**

Таблица Ж.1

Вид функции описывающей тренд	Уравнение тренда	Среднее квадратическое отклонение уровней от тренда	Коэффициент аппроксимации
Линейная	$\tilde{Y} = 8,02 + 0,042 \cdot t$	3,64	0,02
Логарифмическая	$\tilde{Y} = 6,44 + 0,88 \cdot \ln t$	3,59	0,04
Степенная	$\tilde{Y} = 6,15 \cdot t^{0,09}$	3,75	0,02
Экспонента	$\tilde{Y} = 7,07 \cdot e^{0,0049 \cdot t}$	3,86	0,01
Парабола	$\tilde{Y} = 6,00 + 0,30 \cdot t - 0,0056 \cdot t^2$	3,53	0,07

## Приложение И (обязательное)

Фактические и выровненные по полиному второй степени уровни урожайности зерновых культур в первой зоне Оренбургской области

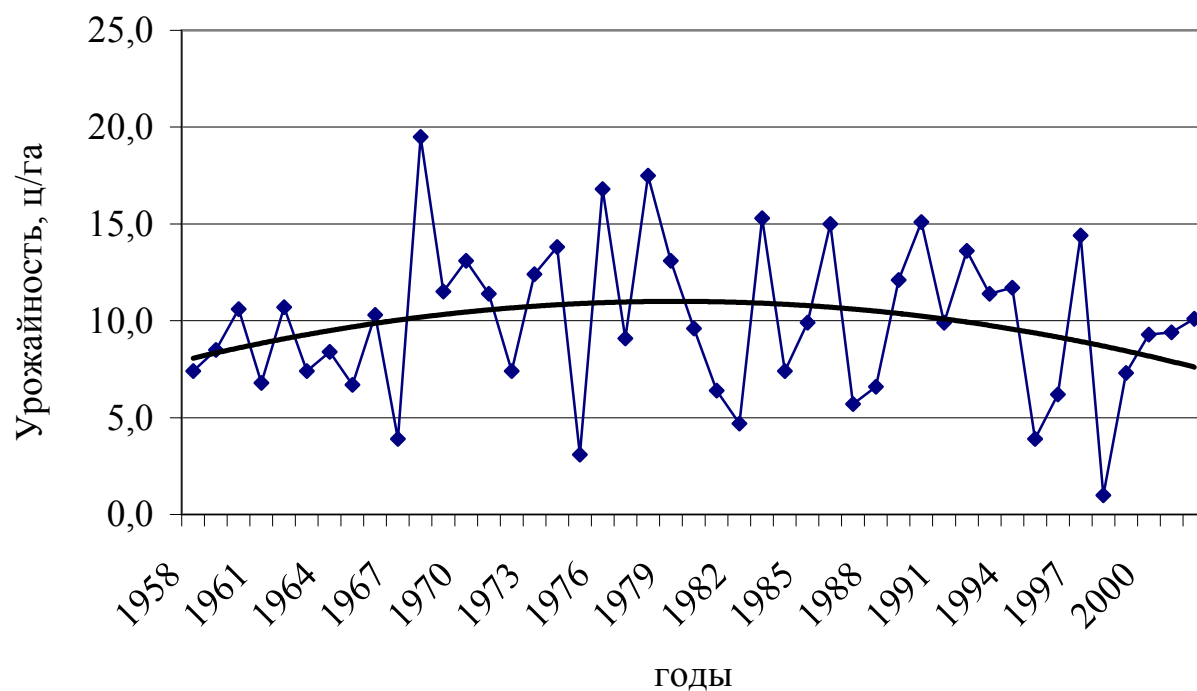


Рисунок И.1

## Приложение К (обязательное)

**Фактические и выровненные по полиному второй степени уровни урожайности зерновых культур во второй зоне Оренбургской области**

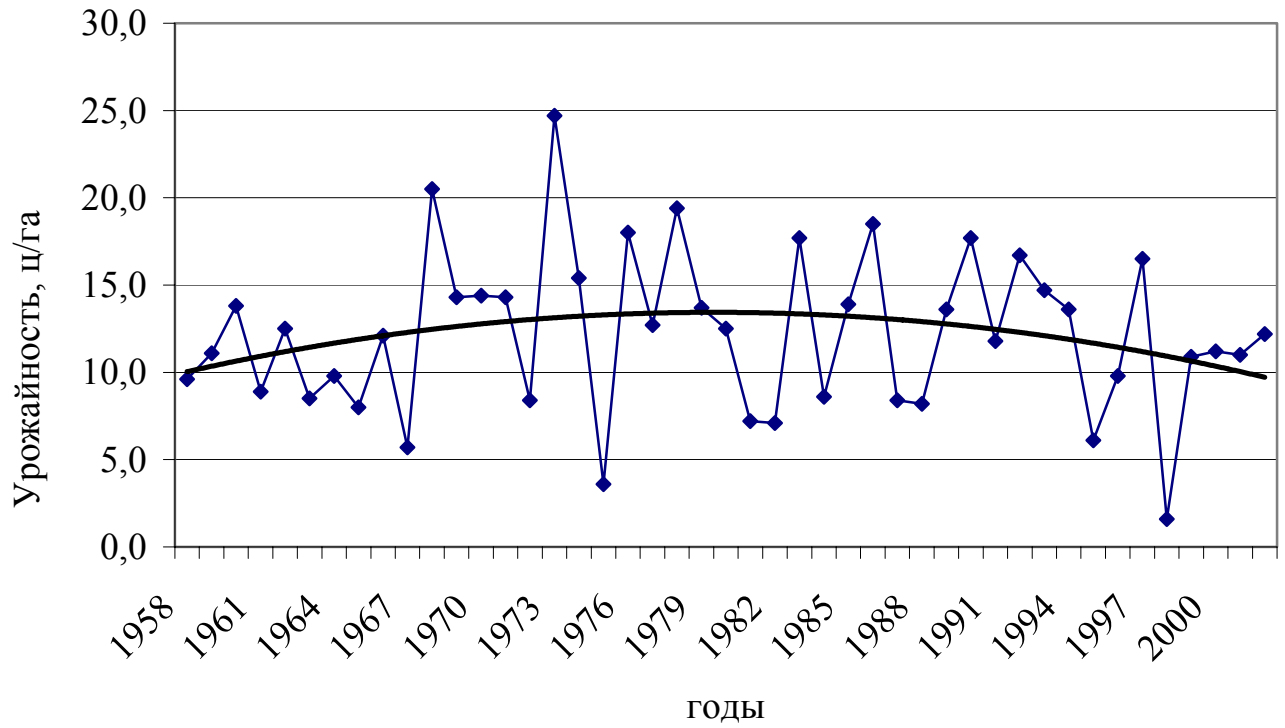


Рисунок К.1

## Приложение Л (обязательное)

**Фактические и выровненные по полиному второй степени уровни урожайности зерновых культур в третьей зоне Оренбургской области**

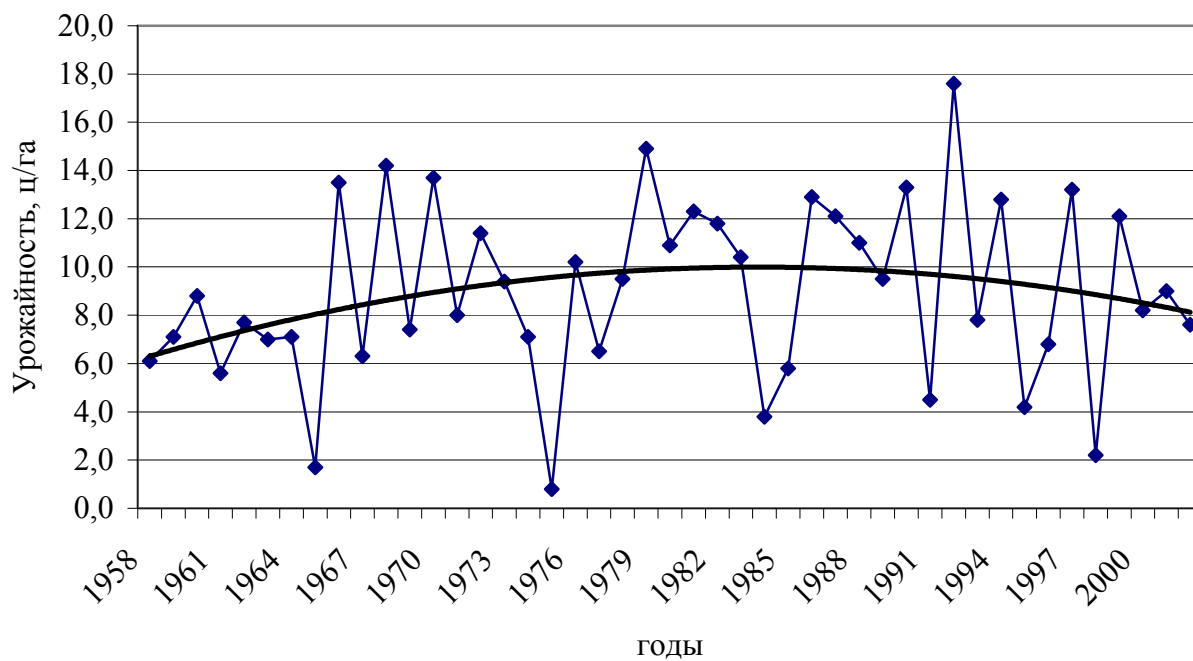


Рисунок Л.1

## Приложение М (обязательное)

### Фактические и выровненные по полиному второй степени уровни урожайности зерновых культур в Оренбургской области

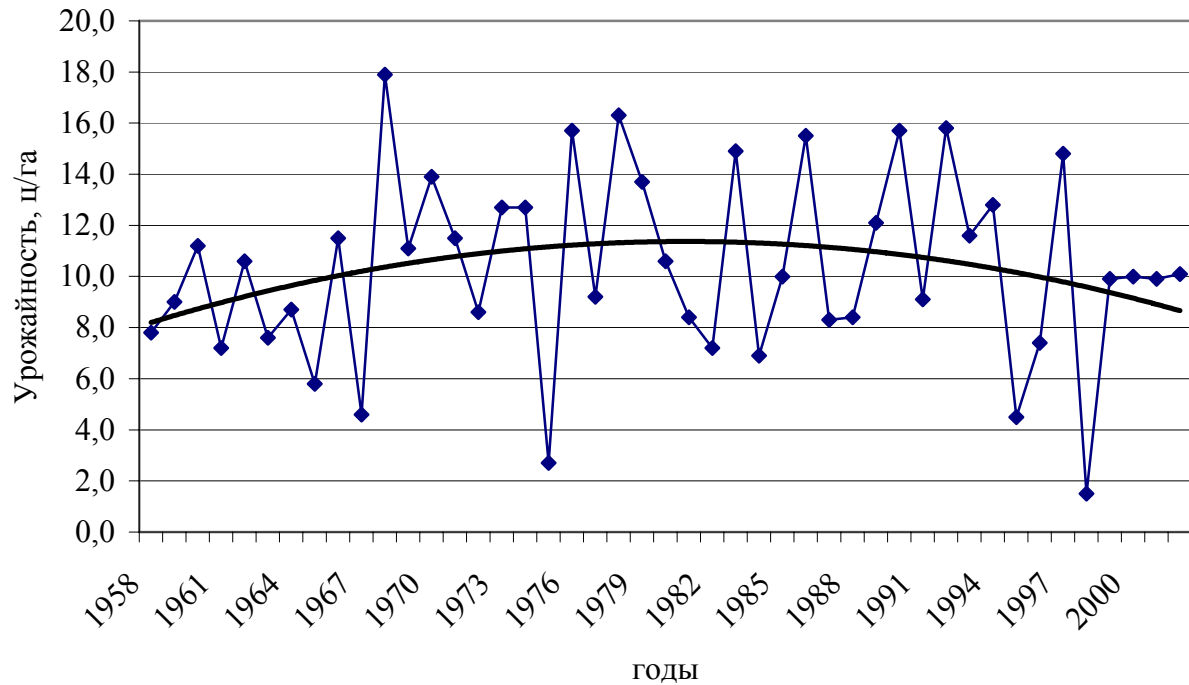


Рисунок М.1

## Приложение Н (обязательное)

График остатков на нормальной вероятностной бумаге по первой зоне

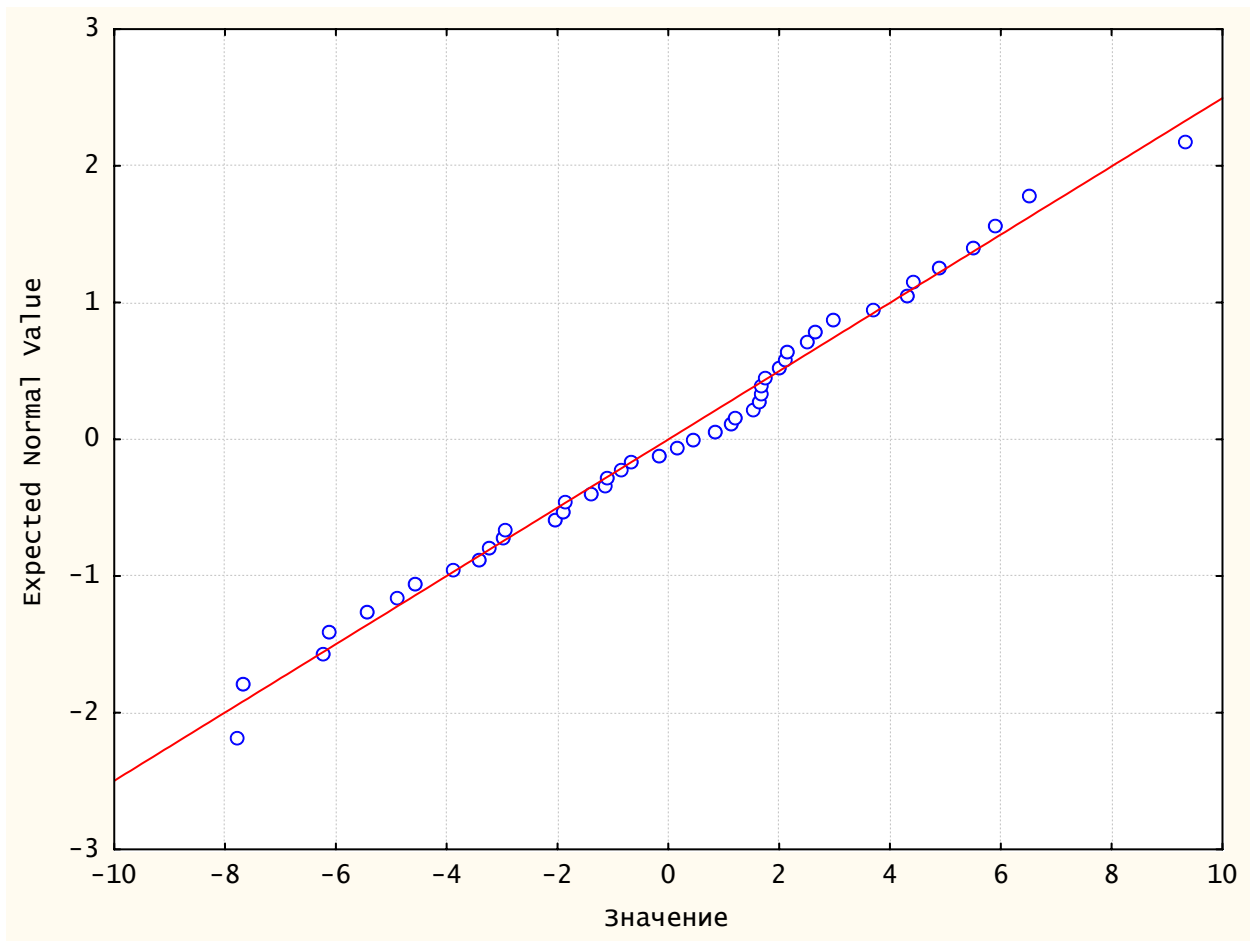


Рисунок Н.1



## Приложение П (обязательное)

График остатков на нормальной вероятностной бумаге по второй зоне

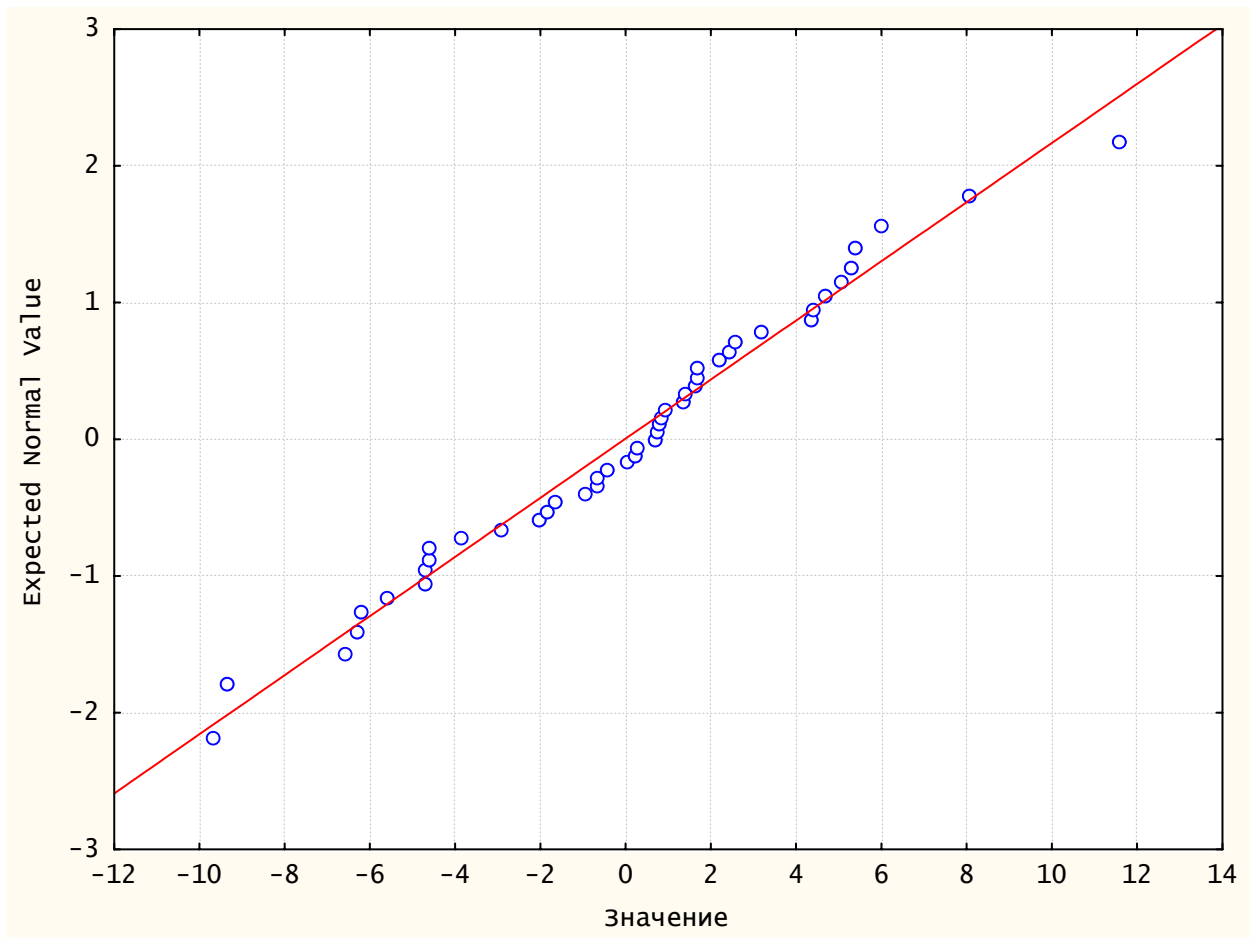


Рисунок П.1

## Приложение Р (обязательное)

График остатков на нормальной вероятностной бумаге по третьей зоне

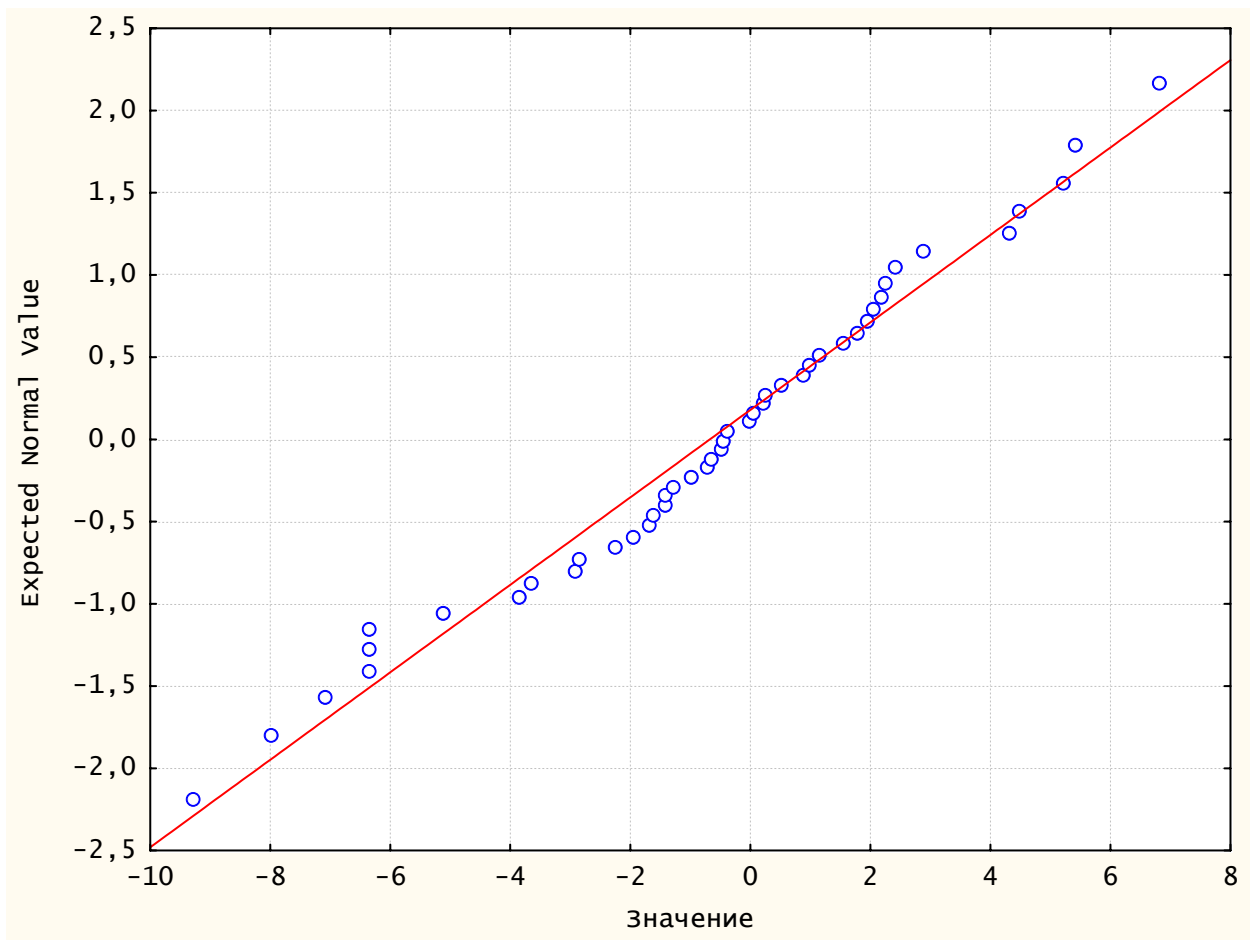


Рисунок Р.1

## Приложение С (обязательное)

### График остатков на нормальной вероятностной бумаге по области

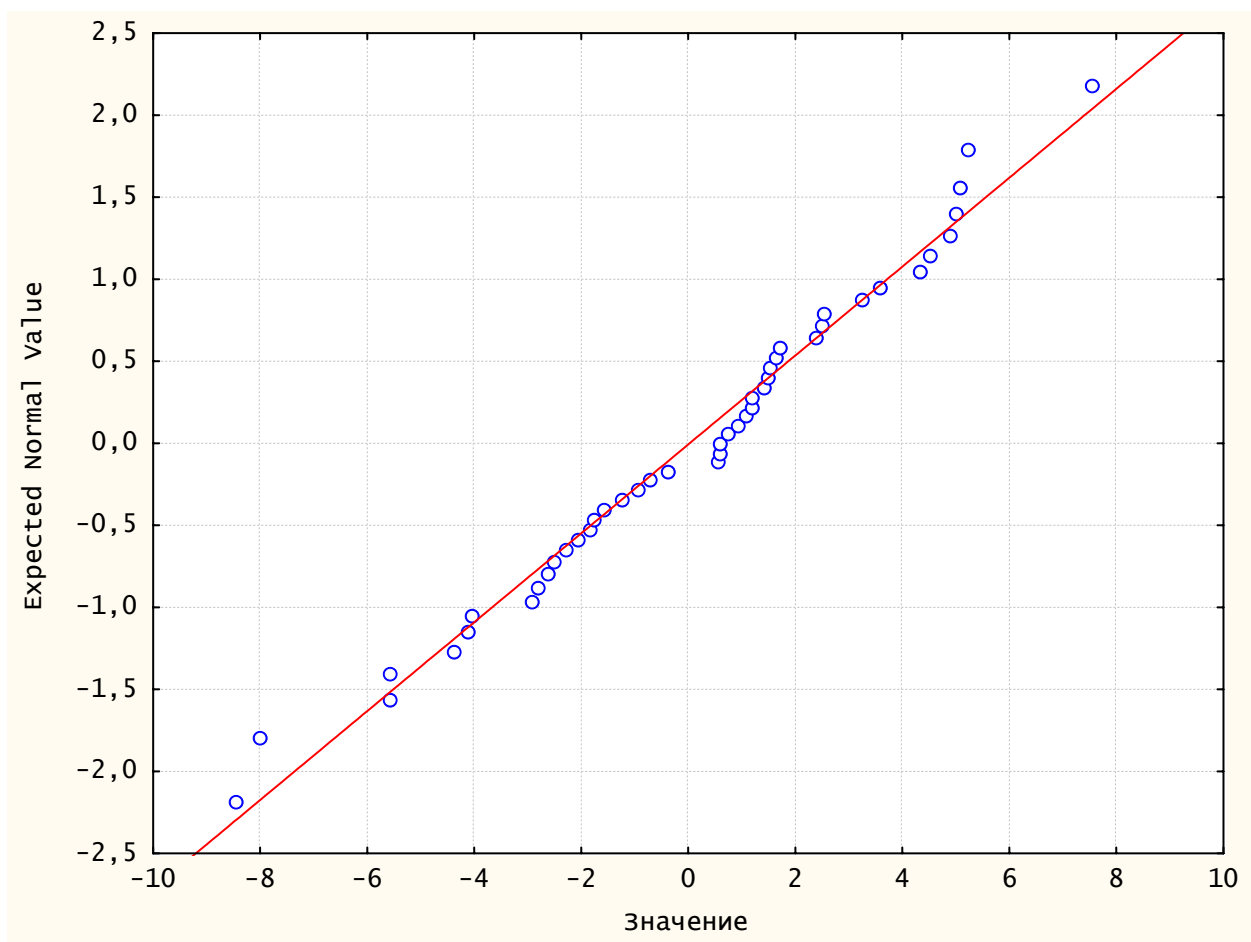


Рисунок С.1

## Приложение Т (обязательное)

### Результаты статистического моделирования урожайности зерновых культур по Оренбургской области

Таблица Т.1

Годы	Аналитическое выравнивание по полиному второго порядка	Экспоненциальное сглаживание	Авторегрессионное моделирование
1958	8,2	7,8	X
1959	8,5	7,9	X
1960	8,7	7,9	X
1961	9,0	8,0	X
1962	9,2	8,1	X
1963	9,4	8,2	10,4
1964	9,6	8,3	9,2
1965	9,8	8,3	7,9
1966	10,0	8,4	6,8
1967	10,2	8,4	7,4
1968	10,4	8,4	7,5
1969	10,5	8,6	10,6
1970	10,6	8,8	15,2
1971	10,8	9,0	16,9
1972	10,9	9,1	15,2
1973	11,0	9,3	11,9
1974	11,1	9,5	7,9
1975	11,1	9,7	10,8
1976	11,2	9,7	9,0
1977	11,3	9,9	8,0
1978	11,3	10,0	9,9
1979	11,3	10,3	12,7
1980	11,3	10,5	17,0
1981	11,3	10,7	16,7
1982	11,3	10,8	10,2
1983	11,3	10,8	6,5
1984	11,3	11,0	5,8
1985	11,2	11,1	9,7
1986	11,2	11,1	10,4
1987	11,1	11,2	11,9
1988	11,0	11,3	12,8
1989	10,9	11,3	10,3
1990	10,8	11,3	9,8
1991	10,7	11,5	11,1
1992	10,6	11,5	13,6
1993	10,4	11,6	15,3
1994	10,3	11,7	14,4
1995	10,1	11,8	12,7
1996	9,9	11,7	9,4
1997	9,7	11,6	4,9
1998	9,5	11,7	4,7
1999	9,3	11,5	7,7
2000	9,1	11,4	6,7
2001	8,8	11,3	8,3
2002	8,6	11,2	9,1

## Приложение У (обязательное)

### Результаты статистического моделирования урожайности зерновых культур по первой зоне Оренбургской области

Таблица У.1

Годы	Аналитическое выравнивание по полиному второго порядка	Экспоненциальное сглаживание	Авторегрессионное моделирование
1958	8,1	7,4	X
1959	8,4	7,5	X
1960	8,6	7,5	9,6
1961	8,9	7,7	11,0
1962	9,1	7,7	5,4
1963	9,3	7,8	12,8
1964	9,5	7,9	5,4
1965	9,7	8,0	9,9
1966	9,9	8,0	6,1
1967	10,1	8,1	11,6
1968	10,2	8,0	1,5
1969	10,4	8,3	24,5
1970	10,5	8,5	4,2
1971	10,6	8,7	16,5
1972	10,7	8,9	10,5
1973	10,8	9,0	7,5
1974	10,9	9,2	14,8
1975	11,0	9,4	12,1
1976	11,0	9,5	0,9
1977	11,1	9,7	23,2
1978	11,1	9,8	2,6
1979	11,1	10,1	21,9
1980	11,1	10,3	9,2
1981	11,1	10,5	10,8
1982	11,1	10,5	7,3
1983	11,1	10,5	5,7
1984	11,1	10,6	17,7
1985	11,0	10,6	2,1
1986	10,9	10,6	13,4
1987	10,9	10,8	14,9
1988	10,8	10,7	2,3
1989	10,7	10,6	10,4
1990	10,6	10,6	12,7
1991	10,4	10,7	13,5
1992	10,3	10,7	7,9
1993	10,1	10,8	16,2
1994	10,0	10,8	9,7
1995	9,8	10,9	12,6
1996	9,6	10,8	2,6
1997	9,4	10,7	9,6
1998	9,2	10,7	14,9
1999	9,0	10,5	0,0
2000	8,7	10,3	13,5
2001	8,5	10,2	7,2
2002	8,2	10,1	8,7

**Приложение Ф**  
**(обязательное)**

**Результаты статистического моделирования урожайности  
зерновых культур по второй зоне Оренбургской области**

Таблица Ф.1

Годы	Аналитическое выравнивание по полиному второго порядка	Экспоненциальное сглаживание	Авторегрессионное моделирование
1958	10,0	9,6	X
1959	10,4	9,7	X
1960	10,7	9,7	X
1961	10,9	9,8	X
1962	11,2	9,9	X
1963	11,4	10,0	12,0
1964	11,7	10,0	8,9
1965	11,9	10,0	8,5
1966	12,1	10,0	7,9
1967	12,3	10,1	9,3
1968	12,5	10,0	8,7
1969	12,6	10,2	15,0
1970	12,8	10,3	18,6
1971	12,9	10,5	19,6
1972	13,0	10,6	16,2
1973	13,1	10,7	8,1
1974	13,2	11,0	10,9
1975	13,3	11,2	13,6
1976	13,4	11,2	10,2
1977	13,4	11,4	11,8
1978	13,4	11,5	11,4
1979	13,4	11,8	20,1
1980	13,5	11,9	20,1
1981	13,4	12,1	13,5
1982	13,4	12,1	7,7
1983	13,4	12,0	2,4
1984	13,3	12,1	9,8
1985	13,2	12,1	13,1
1986	13,2	12,2	16,1
1987	13,1	12,3	16,7
1988	12,9	12,3	13,4
1989	12,8	12,2	10,3
1990	12,7	12,2	6,7
1991	12,5	12,3	13,7
1992	12,3	12,4	18,7
1993	12,1	12,5	17,9
1994	11,9	12,6	14,7
1995	11,7	12,6	14,3
1996	11,5	12,6	9,2
1997	11,2	12,5	4,6
1998	11,0	12,6	9,8
1999	10,7	12,4	8,6
2000	10,4	12,3	8,7
2001	10,1	12,2	6,8
2002	9,8	12,1	11,3

## Приложение X (обязательное)

### Результаты статистического моделирования урожайности зерновых культур по третьей зоне Оренбургской области

Таблица X.1

Годы	Аналитическое выравнивание по полиному второго порядка	Экспоненциальное сглаживание	Авторегрессионное моделирование
1958	5,9	6,1	X
1959	6,2	6,1	X
1960	6,6	6,2	8,1
1961	6,9	6,3	9,9
1962	7,2	6,3	6,4
1963	7,5	6,4	6,5
1964	7,8	6,4	6,9
1965	8,1	6,5	6,8
1966	8,3	6,5	4,3
1967	8,6	6,6	5,5
1968	8,8	6,7	11,9
1969	9,0	6,9	12,4
1970	9,2	7,0	13,8
1971	9,4	7,2	9,9
1972	9,6	7,4	12,1
1973	9,8	7,6	8,5
1974	10,0	7,8	10,6
1975	10,1	8,0	7,1
1976	10,2	8,0	2,3
1977	10,4	8,2	0,9
1978	10,5	8,3	8,1
1979	10,6	8,4	9,8
1980	10,7	8,6	14,9
1981	10,8	8,8	15,7
1982	10,8	9,1	13,9
1983	10,9	9,3	12,1
1984	10,9	9,5	10,2
1985	10,9	9,6	6,0
1986	11,0	9,7	0,6
1987	11,0	9,9	6,3
1988	11,0	10,1	14,8
1989	10,9	10,2	15,9
1990	10,9	10,4	11,5
1991	10,9	10,6	9,9
1992	10,8	10,7	8,8
1993	10,7	10,9	9,3
1994	10,6	11,0	14,4
1995	10,6	11,2	10,6
1996	10,4	11,2	8,8
1997	10,3	11,2	1,1
1998	10,2	11,3	8,2
1999	10,1	11,3	8,6
2000	9,9	11,3	7,1
2001	9,7	11,3	10,2
2002	9,6	11,2	8,9

## Приложение Ц (обязательное)

**Фактические и выровненные по методу экспоненциального сглаживания  
уровни урожайности зерновых культур в первой зоне  
Оренбургской области**

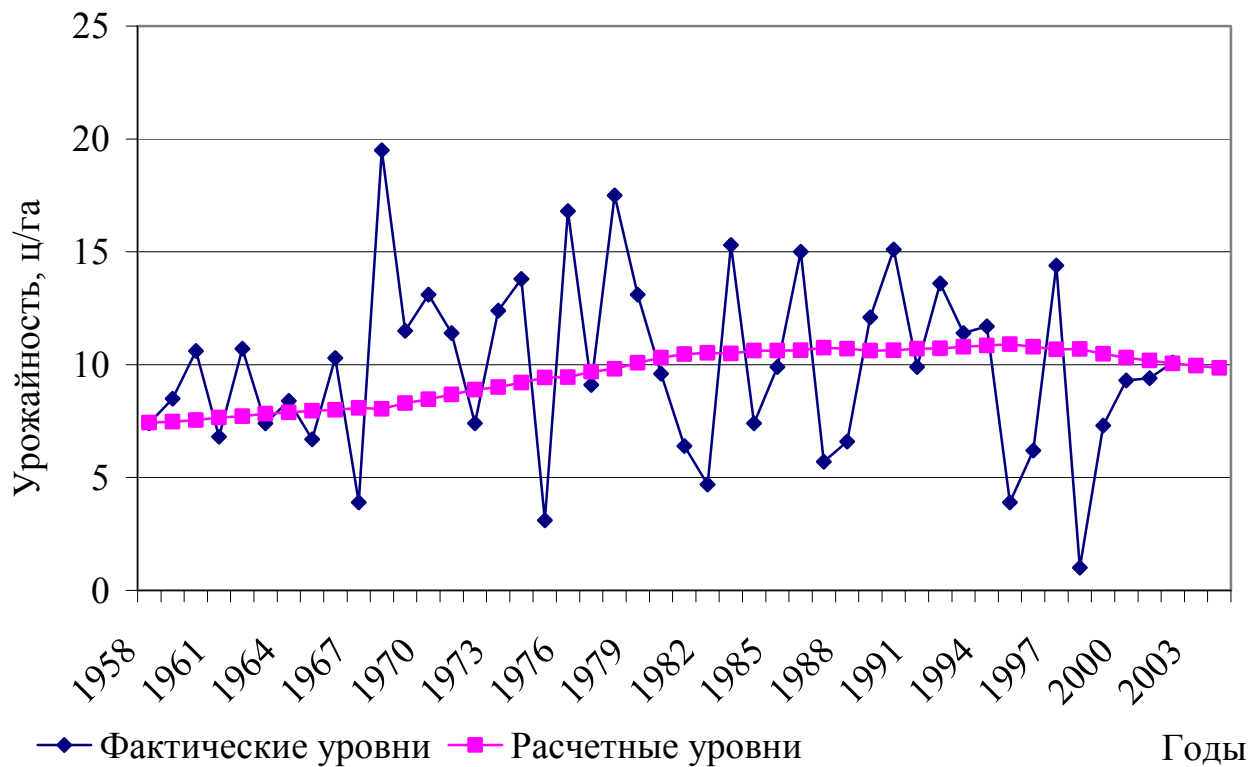


Рисунок Ц.1



### Приложение Ш (обязательное)

**Фактические и выровненные по методу экспоненциального сглаживания  
уровни урожайности зерновых культур во второй зоне  
Оренбургской области**

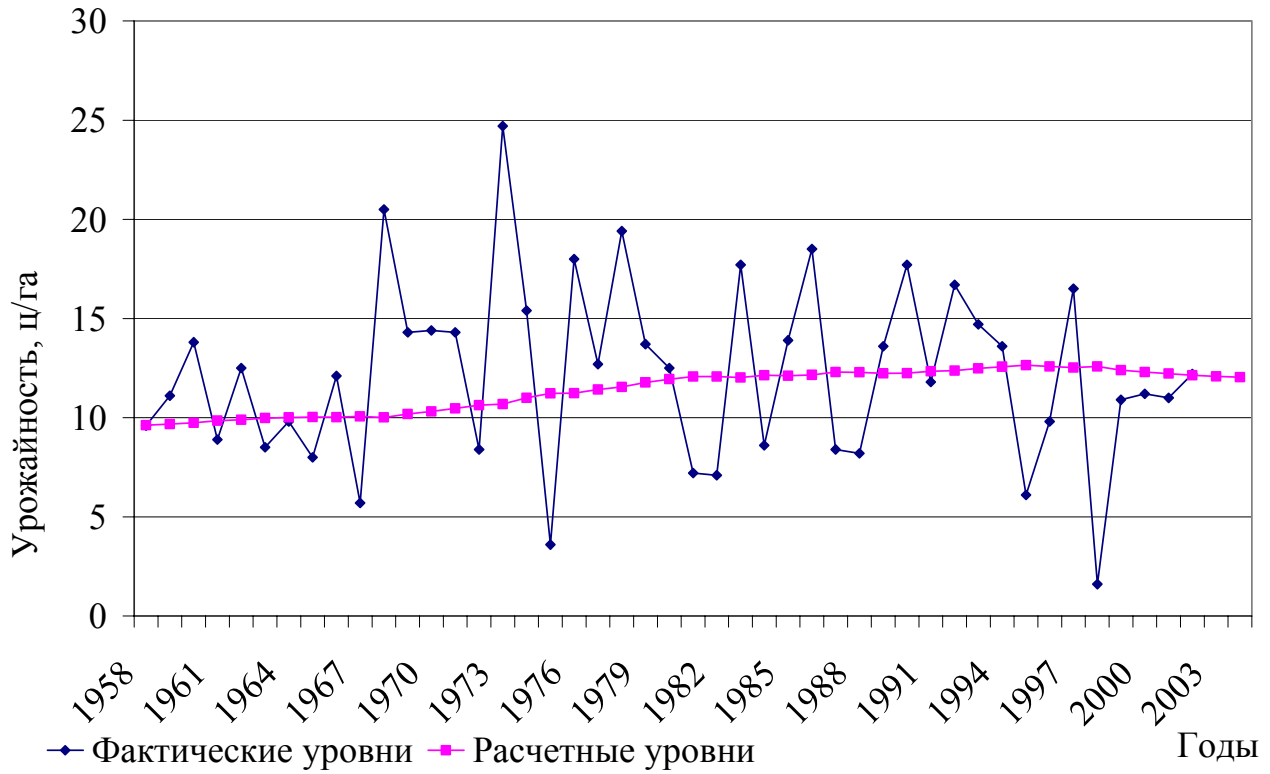


Рисунок Ш.1

### Приложение Щ (обязательное)

**Фактические и выровненные по методу экспоненциального сглаживания уровни урожайности зерновых культур в третьей зоне Оренбургской области**

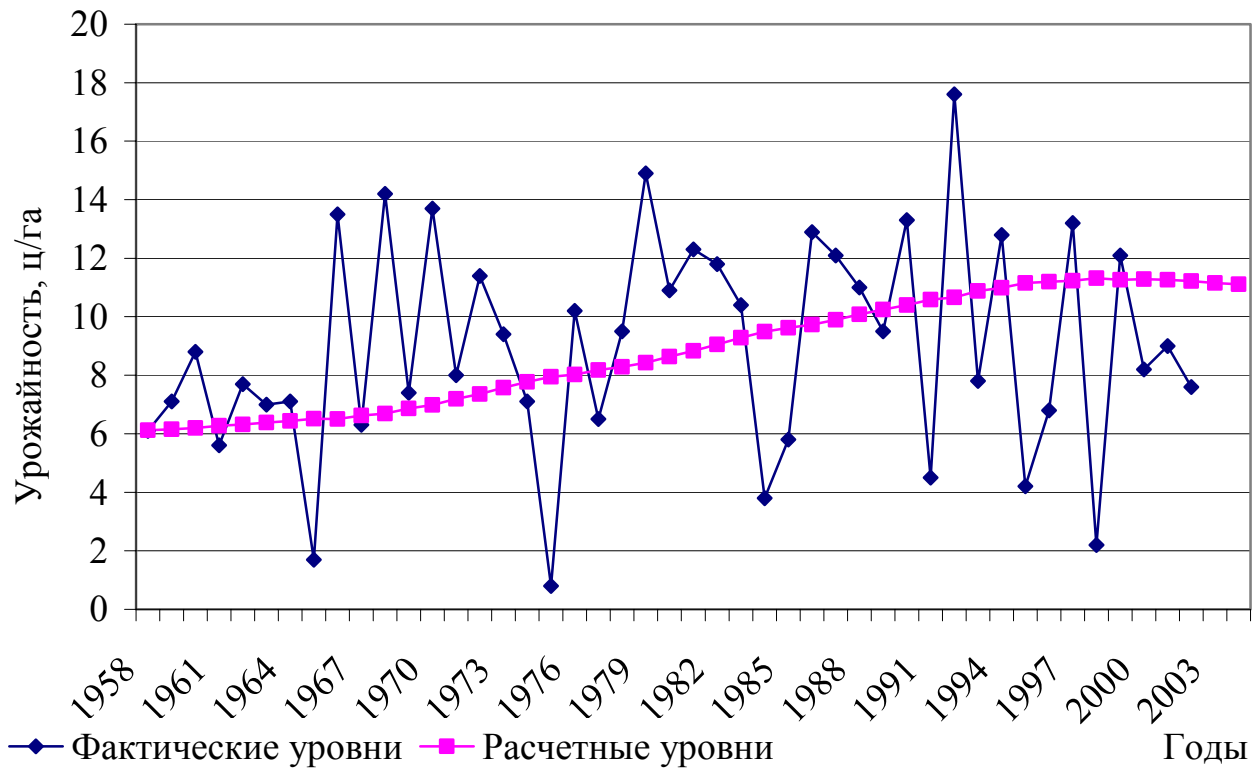


Рисунок Щ.1

Приложение Э  
(обязательное)

Фактические и выровненные по методу экспоненциального сглаживания  
уровни зерновых культур в Оренбургской области

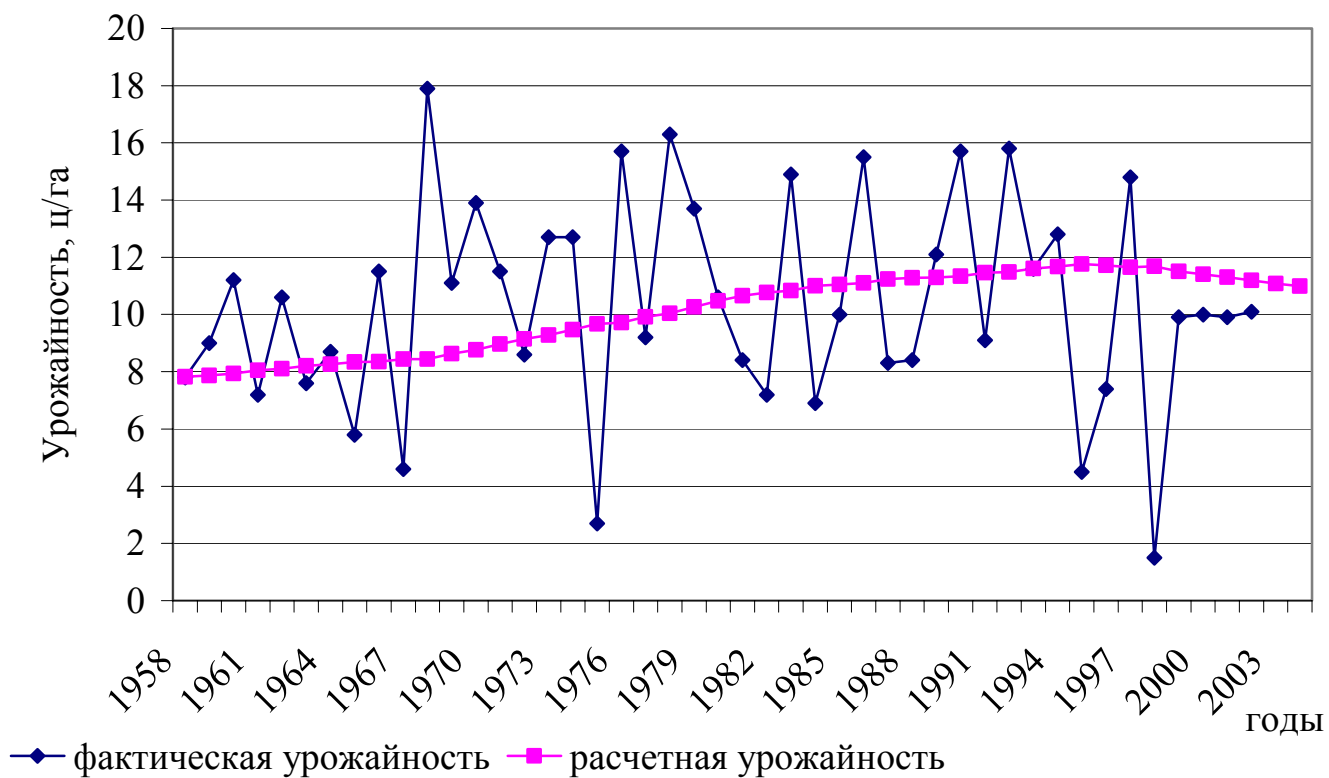


Рисунок Э.1

## Приложение Ю (обязательное)

### Значения коэффициентов автокорреляции вторых разностей урожайности зерновых культур по зонам Оренбургской области

Таблица Ю.1 - Значения коэффициентов автокорреляции вторых разностей урожайности зерновых культур по первой зоне Оренбургской области

Лаг	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Коэффициент автокорреляции	-0,61	0,12	0,06	-0,09	0,02	-0,03	0,02	0,01	-0,02	0,02	-0,06	0,00	-0,09	0,14	-0,12

Таблица Ю.2 - Значения коэффициентов частной автокорреляции вторых разностей урожайности зерновых культур по первой зоне Оренбургской области

Лаг	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Коэффициент частной автокорреляции	-0,61	-0,40	-0,16	-0,13	-0,15	-0,2	-0,19	0,08	-0,14	-0,11	-0,06	0,04	-0,19	-0,07	-0,09

Таблица Ю.3 - Значения коэффициентов автокорреляции вторых разностей урожайности зерновых культур по второй зоне Оренбургской области

Лаг	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Коэффициент автокорреляции	-0,70	0,17	0,92	-0,1	0,06	-0,08	0,08	-0,05	-0,04	0,03	-0,04	0,05	-0,02	0,01	-0,01

Таблица Ю.4 - Значения коэффициентов частной автокорреляции вторых разностей урожайности зерновых культур по второй зоне Оренбургской области

Лаг	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Коэффициент частной автокорреляции	-0,70	-0,61	-0,40	-0,30	-0,13	-0,20	-0,3	-0,2	-0,2	-0,11	-0,16	0,08	-0,14	0,01	-0,07

Таблица Ю.5 - Значения коэффициентов автокорреляции вторых разностей урожайности зерновых культур по третьей зоне Оренбургской области

Лаг	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Коэффициент автокорреляции	-0,83	0,52	-0,30	0,17	-0,08	-0,02	0,08	-0,08	-0,01	0,05	0,04	-0,02	0,1	0,01	-0,01

Таблица Ю.6 - Значения коэффициентов частной автокорреляции вторых разностей урожайности зерновых культур по третьей зоне Оренбургской области

Лаг	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Коэффициент частной автокорреляции	-0,83	-0,51	-0,32	-0,22	-0,06	-0,23	-0,02	0,02	-0,02	-0,03	-0,05	0,15	-0,15	0,05	0,02

Таблица Ю.7 - Значения коэффициентов автокорреляции вторых разностей урожайности зерновых культур по Оренбургской области

Лаг	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Коэффициент автокорреляции	-0,76	0,32	-0,05	-0,02	0,02	-0,06	0,04	0,07	-0,02	0,02	-0,09	0,03	-0,09	0,02	-0,02

Таблица Ю.8 - Значения коэффициентов частной автокорреляции вторых разностей урожайности зерновых культур по Оренбургской области

Лаг	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Коэффициент частной автокорреляции	-0,76	-0,61	-0,46	-0,32	-0,11	-0,13	-0,34	-0,14	-0,18	-0,15	-0,21	0,02	0,02	-0,08	-0,05

## Приложение Я (обязательное)

**Фактические и выровненные по авторегрессионной модели уровни урожайности зерновых культур в первой зоне Оренбургской области**



Рисунок Я.1

## Приложение 1 (обязательное)

**Фактические и выровненные по авторегрессионной модели уровни урожайности зерновых культур во второй зоне Оренбургской области**

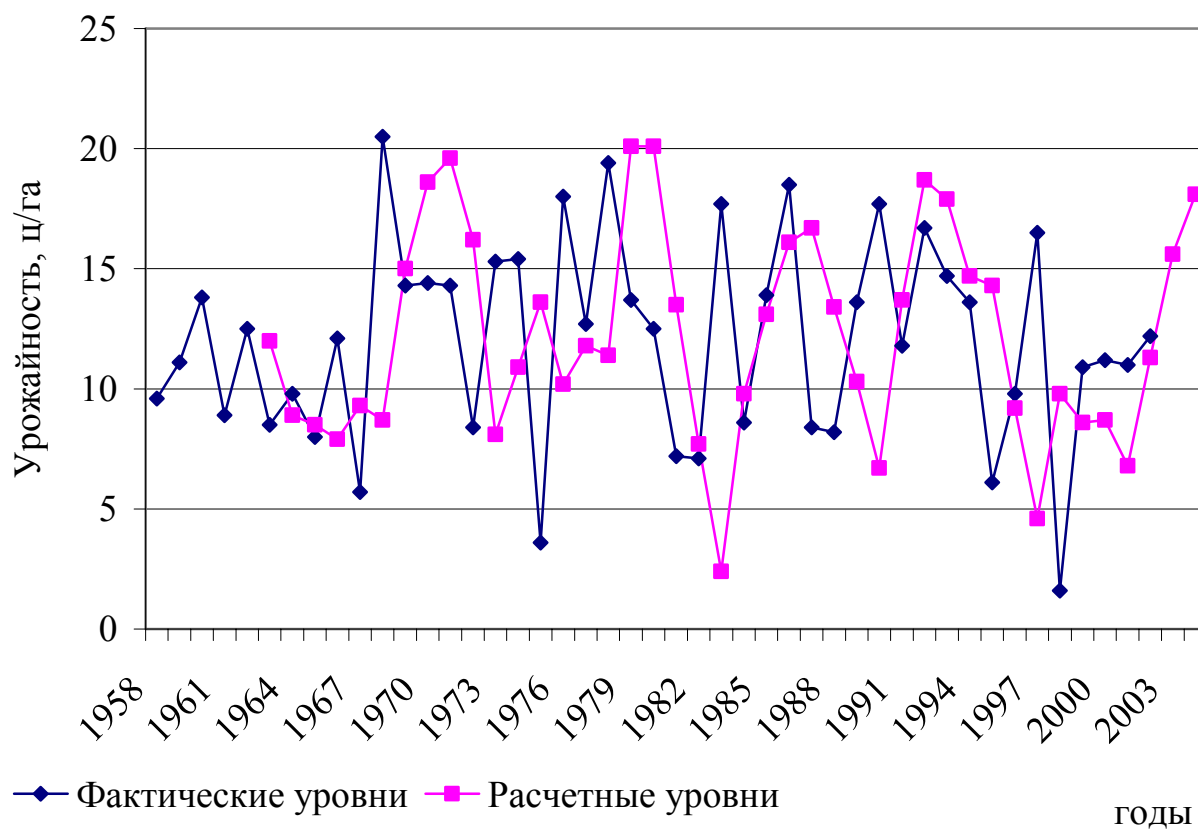


Рисунок 1.1



## Приложение 2 (обязательное)

### Фактические и выровненные по авторегрессионной модели уровни урожайности зерновых культур в третьей зоне Оренбургской области

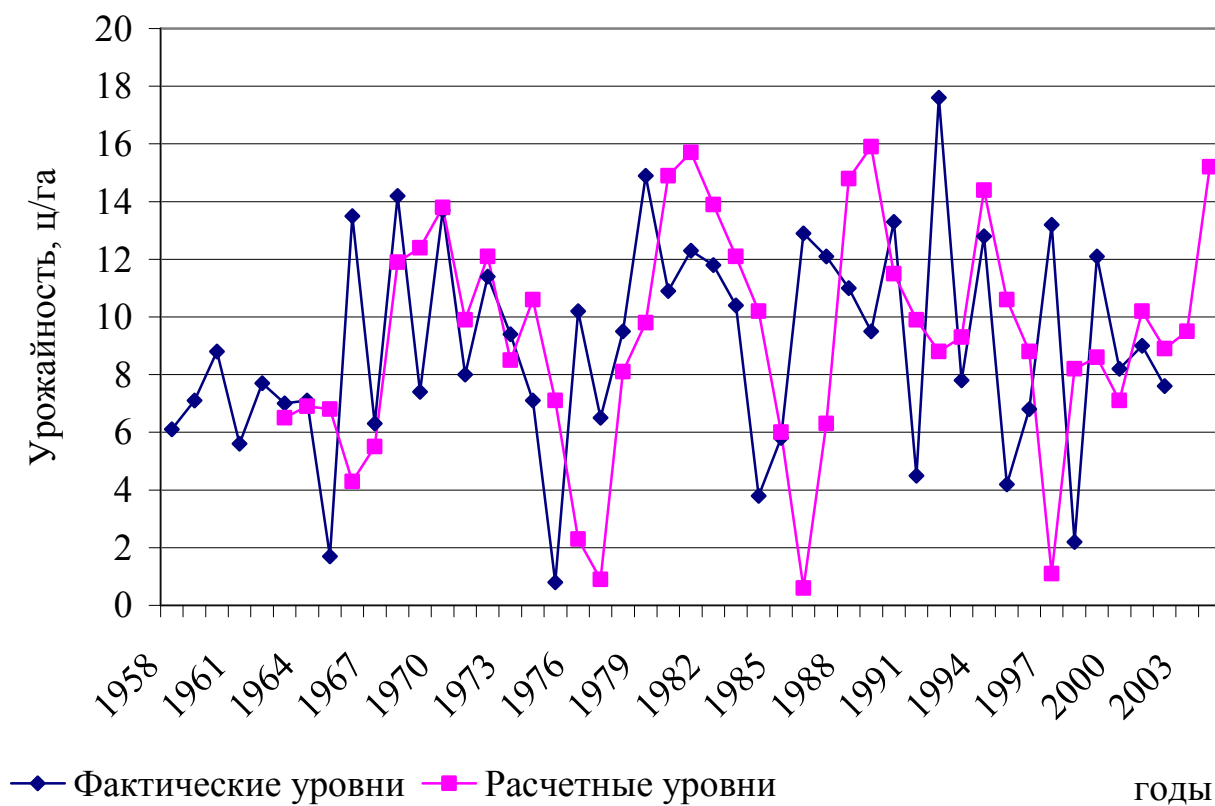


Рисунок 2.1

### Приложение 3 (обязательное)

#### Фактические и выровненные по авторегрессионной модели уровни урожайности зерновых культур в Оренбургской области

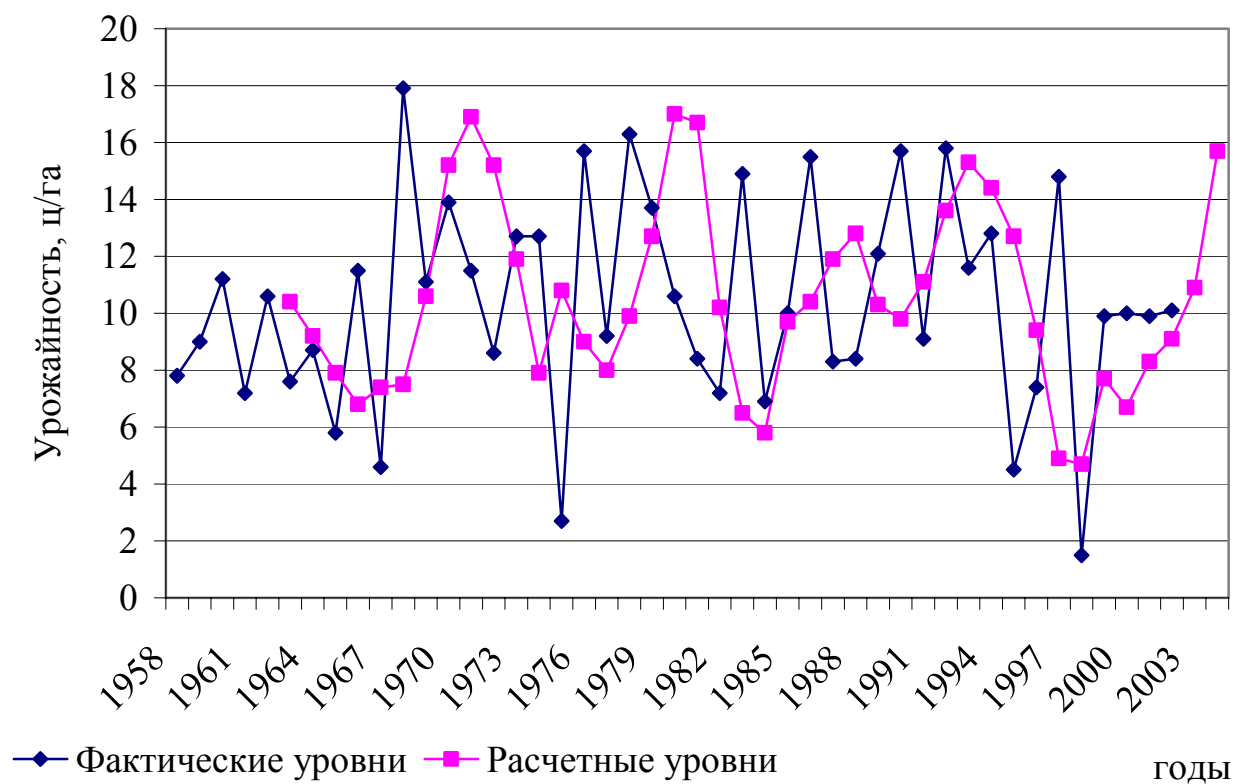


Рисунок 3.1

**Приложение 4**  
**(обязательное)**

**Матрица парных коэффициентов корреляции**

Таблица 4.1

	Y	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12	X13	X14	X15	X16	X17	t
Y	1,00																		
X1	0,04	1,00																	
X2	0,31	0,10	1,00																
X3	-0,73	0,35	-0,59	1,00															
X4	-0,59	-0,49	-0,42	0,30	1,00														
X5	0,73	0,07	-0,25	-0,26	-0,33	1,00													
X6	0,71	0,05	0,72	-0,74	-0,47	0,42	1,00												
X7	0,41	-0,16	0,25	-0,71	0,07	0,17	0,51	1,00											
X8	-0,17	-0,01	0,80	-0,16	-0,23	-0,47	0,40	-0,19	1,00										
X9	0,67	0,12	0,00	-0,24	-0,17	0,59	0,44	0,18	-0,35	1,00									
X10	-0,06	-0,69	-0,01	-0,38	0,58	-0,29	-0,02	0,60	-0,17	0,05	1,00								
X11	0,39	0,13	-0,05	-0,17	-0,23	0,24	0,27	0,28	-0,33	0,76	0,19	1,00							
X12	0,12	-0,52	-0,03	-0,39	0,39	-0,14	0,10	0,61	-0,28	0,36	0,91	0,58	1,00						
X13	-0,09	-0,46	0,35	-0,47	0,11	-0,36	0,04	0,38	0,32	-0,67	0,43	-0,60	0,10	1,00					
X14	0,17	0,63	0,71	-0,07	-0,59	-0,12	0,38	-0,25	0,64	-0,07	-0,64	-0,25	-0,63	0,00	1,00				
X15	0,03	0,53	-0,30	0,57	-0,25	0,31	-0,06	-0,50	-0,18	0,54	-0,52	0,50	-0,22	-0,93	0,10	1,00			
X16	0,02	-0,01	-0,25	0,18	0,10	0,32	0,18	-0,12	-0,12	0,56	-0,11	0,62	0,17	-0,76	-0,29	0,62	1,00		
X17	0,15	-0,22	0,00	-0,53	0,17	0,07	0,07	0,73	-0,28	-0,31	0,37	-0,25	0,21	0,64	-0,23	-0,80	-0,44	1,00	
t	0,06	0,00	-0,15	-0,32	0,13	0,18	0,04	0,59	-0,34	-0,24	0,11	-0,12	0,01	0,32	-0,22	-0,52	0,06	0,00	1,00

**Приложение 5**  
**(обязательное)**

**Матрица парных коэффициентов корреляции**

Таблица 5.1

	Y	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12	X13	X14	X15	X16	X17	t
Y	1,00																		
X1	-0,09	1,00																	
X2	0,26	0,28	1,00																
X3	-0,68	-0,12	-0,74	1,00															
X4	-0,61	-0,41	-0,13	0,31	1,00														
X5	0,69	-0,31	-0,15	-0,33	-0,22	1,00													
X6	0,78	0,09	0,50	-0,77	-0,64	0,43	1,00												
X7	0,38	0,03	0,42	-0,77	0,06	0,22	0,59	1,00											
X8	-0,23	0,02	0,75	-0,20	0,11	-0,41	0,10	-0,08	1,00										
X9	0,34	-0,87	-0,13	-0,06	0,02	0,34	0,29	0,05	0,05	1,00									
X10	-0,16	0,02	0,27	-0,39	0,51	-0,27	-0,08	0,67	-0,01	-0,14	1,00								
X11	0,14	-0,29	-0,19	-0,22	-0,18	0,05	0,39	0,47	-0,24	0,50	0,28	1,00							
X12	-0,08	-0,09	0,15	-0,40	0,36	-0,21	0,08	0,73	-0,09	0,07	0,93	0,61	1,00						
X13	0,01	0,59	0,61	-0,48	0,16	-0,19	-0,01	0,38	0,19	-0,70	0,57	-0,45	0,31	1,00					
X14	0,18	0,29	0,29	0,01	-0,57	-0,24	0,30	-0,31	0,33	-0,10	-0,63	-0,29	-0,63	-0,14	1,00				
X15	-0,03	-0,62	-0,60	0,49	-0,11	0,16	0,00	-0,37	-0,17	0,72	-0,54	0,44	-0,28	-1,00	0,13	1,00			
X16	-0,18	-0,61	-0,25	0,24	0,12	0,12	0,04	-0,15	0,22	0,72	-0,20	0,54	0,04	-0,74	-0,23	0,75	1,00		
X17	-0,15	-0,87	-0,36	0,45	0,53	0,05	-0,32	-0,28	0,04	0,74	-0,10	0,05	-0,06	-0,58	-0,19	0,63	0,55	1,00	
t	-0,26	-0,76	-0,41	0,56	0,29	-0,10	-0,28	-0,44	0,14	0,75	-0,27	0,25	-0,13	-0,78	0,00	0,83	0	-0,26	1,00

**Приложение 6**  
**(обязательное)**

**Матрица парных коэффициентов корреляции**

Таблица 6.1

	Y	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12	X13	X14	X15	X16	X17	t
Y	1,00																		
X1	-0,26	1,00																	
X2	0,12	-0,32	1,00																
X3	-0,92	0,42	-0,14	1,00															
X4	-0,45	-0,48	0,34	0,42	1,00														
X5	0,75	-0,59	0,44	-0,70	0,00	1,00													
X6	-0,09	-0,23	-0,31	-0,12	-0,13	-0,15	1,00												
X7	0,52	-0,51	0,22	-0,45	0,44	0,58	0,00	1,00											
X8	0,09	0,16	0,30	-0,20	-0,40	0,18	0,39	-0,19	1,00										
X9	0,50	-0,53	-0,04	-0,45	0,35	0,64	-0,12	0,85	-0,27	1,00									
X10	0,03	-0,20	0,51	0,02	0,61	0,24	-0,15	0,68	0,10	0,47	1,00								
X11	0,23	0,29	-0,62	-0,30	-0,45	-0,35	0,43	0,09	0,01	0,06	-0,09	1,00							
X12	0,15	-0,03	0,13	-0,14	0,31	0,03	0,09	0,66	0,10	0,45	0,85	0,45	1,00						
X13	0,21	0,03	0,73	-0,18	-0,10	0,33	-0,49	-0,12	0,41	-0,16	0,34	-0,38	0,11	1,00					
X14	0,08	0,12	0,31	-0,16	-0,52	0,07	0,04	-0,58	0,42	-0,66	-0,60	-0,31	-0,70	0,29	1,00				
X15	-0,23	0,01	-0,74	0,20	0,04	-0,33	0,57	0,06	-0,28	0,10	-0,36	0,38	-0,12	-0,99	-0,24	1,00			
X16	-0,09	-0,32	-0,59	0,02	0,30	-0,01	0,49	0,41	-0,26	0,55	-0,01	0,30	0,15	-0,85	-0,55	0,85	1,00		
X17	0,17	0,17	0,48	0,13	0,31	0,23	-0,63	0,42	-0,22	0,20	0,61	-0,31	0,38	0,41	-0,27	-0,46	-0,40	1,00	
t	-0,06	-0,02	-0,75	0,07	-0,07	-0,10	0,46	0,10	-0,26	0,24	-0,42	0,30	-0,24	-0,94	-0,20	0,95	-0,52	-0,06	1,00

**Приложение 7**  
**(обязательное)**

**Матрица парных коэффициентов корреляции**

Таблица 7.1

	Y	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12	X13	X14	X15	X16	X17	t
Y	1,00																		
X1	-0,14	1,00																	
X2	0,19	0,08	1,00																
X3	-0,78	0,15	-0,70	1,00															
X4	-0,58	-0,48	-0,05	0,33	1,00														
X5	0,76	-0,38	-0,19	-0,44	-0,24	1,00													
X6	0,66	-0,10	0,49	-0,69	-0,52	0,43	1,00												
X7	0,42	-0,24	0,42	-0,65	0,23	0,30	0,42	1,00											
X8	-0,12	0,11	0,73	-0,21	-0,13	-0,34	0,40	-0,19	1,00										
X9	0,49	-0,76	-0,20	-0,26	0,09	0,53	0,31	0,34	-0,28	1,00									
X10	-0,07	-0,12	0,44	-0,33	0,58	-0,16	-0,12	0,75	-0,09	0,10	1,00								
X11	0,32	-0,19	-0,09	-0,27	-0,26	0,11	0,43	0,41	-0,27	0,58	0,14	1,00							
X12	0,04	-0,19	0,29	-0,35	0,41	-0,10	0,04	0,78	-0,22	0,34	0,90	0,54	1,00						
X13	0,04	0,43	0,67	-0,41	0,07	-0,13	-0,07	0,26	0,31	-0,59	0,49	-0,53	0,17	1,00					
X14	0,14	0,28	0,24	-0,05	-0,55	-0,18	0,34	-0,41	0,53	-0,29	-0,64	-0,27	-0,69	-0,02	1,00				
X15	-0,05	-0,31	-0,67	0,48	-0,13	0,11	0,07	-0,35	-0,23	0,54	-0,54	0,46	-0,24	-0,98	0,08	1,00			
X16	-0,12	0,14	0,11	0,09	0,28	-0,15	0,02	0,35	-0,07	-0,25	0,18	-0,28	0,01	0,17	0,27	-0,18	1,00		
X17	0,07	0,09	0,04	-0,19	0,40	0,16	-0,27	0,62	-0,53	-0,17	0,61	-0,20	0,43	0,51	-0,43	-0,58	0,56	1,00	
t	0,06	-0,45	-0,63	0,41	-0,10	0,24	0,06	-0,41	-0,17	0,63	-0,56	0,31	-0,33	-0,92	0,11	0,95	-0,63	0,06	1,00

**Приложение 8**  
**(обязательное)**  
**Оценка значимости коэффициентов регрессии моделей анализа**  
**панельных данных**

Таблица 8.1

Показатель	Коэффициент регрессии	t- критерий Стьюдента	Уровень значимости
<b>Область в целом</b>			
X <sub>3</sub>	-1,21464	-16,639	0,000
X <sub>5</sub>	0,0561693	9,740	0,000
X <sub>8</sub>	-0,0351809	-4,802	0,000
X <sub>9</sub>	0,0128935	2,691	0,008
X <sub>14</sub>	0,0602889	6,282	0,000
X <sub>15</sub>	0,0052471	3,478	0,001
<b>Первая зона</b>			
X <sub>3</sub>	-1,30541	-12,358	0,000
X <sub>5</sub>	0,064523	8,041	0,000
X <sub>15</sub>	0,0070231	3,899	0,000
<b>Вторая зона</b>			
X <sub>3</sub>	-1,321326	-8,890	0,000
X <sub>5</sub>	0,0614952	5,967	0,000
X <sub>8</sub>	-0,0353666	-2,565	0,012
X <sub>14</sub>	0,0644244	4,116	0,000
X <sub>15</sub>	0,0123967	2,675	0,009
<b>Третья зона</b>			
X <sub>1</sub>	0,0003712	2,620	0,011
X <sub>3</sub>	-1,041279	-6,958	0,000
X <sub>5</sub>	0,055475	4,433	0,000
X <sub>6</sub>	-0,0469484	-4,278	0,000
X <sub>10</sub>	1,717416	3,584	0,001
X <sub>11</sub>	1,800255	3,744	0,000
X <sub>12</sub>	-3,485725	-3,648	0,001

**Приложение 9**  
**(обязательное)**

**Расчетные значения урожайности зерновых культур по моделям множественной регрессии (МР) и моделям линейной регрессии панельных данных (ПД)**

Таблица 9.1

Годы	Урожайность в первой зоне, ц/га		Урожайность во второй зоне, ц/га		Урожайность в третьей зоне, ц/га		Урожайность по области в целом, ц/га	
	МР	ПД	МР	ПД	МР	ПД	МР	ПД
1994	11,9	12,7	12,8	14,1	14,4	13,3	13,0	13,5
1995	7,1	6,3	8,1	8,9	5,2	6,2	7,8	7,1
1996	5,6	5,9	8,2	7,8	5,1	7,0	6,2	6,1
1997	13,9	12,8	16,0	15,9	11,1	11,4	13,9	13,5
1998	1,4	2,3	3,9	4,5	3,0	2,6	2,1	3,4
1999	6,7	6,4	7,3	8,8	10,2	12,0	9,5	9,1
2000	11,3	10,0	14,0	11,2	8,3	7,3	11,3	10,0
2001	9,9	9,4	11,0	10,1	10,0	9,3	10,2	9,5
2002	7,6	7,9	11,4	11,9	8,0	8,0	7,7	10,0



## Приложение 10 (обязательное)

Динамика урожайности зерновых культур в первой зоне Оренбургской области по десятилетней цикличности

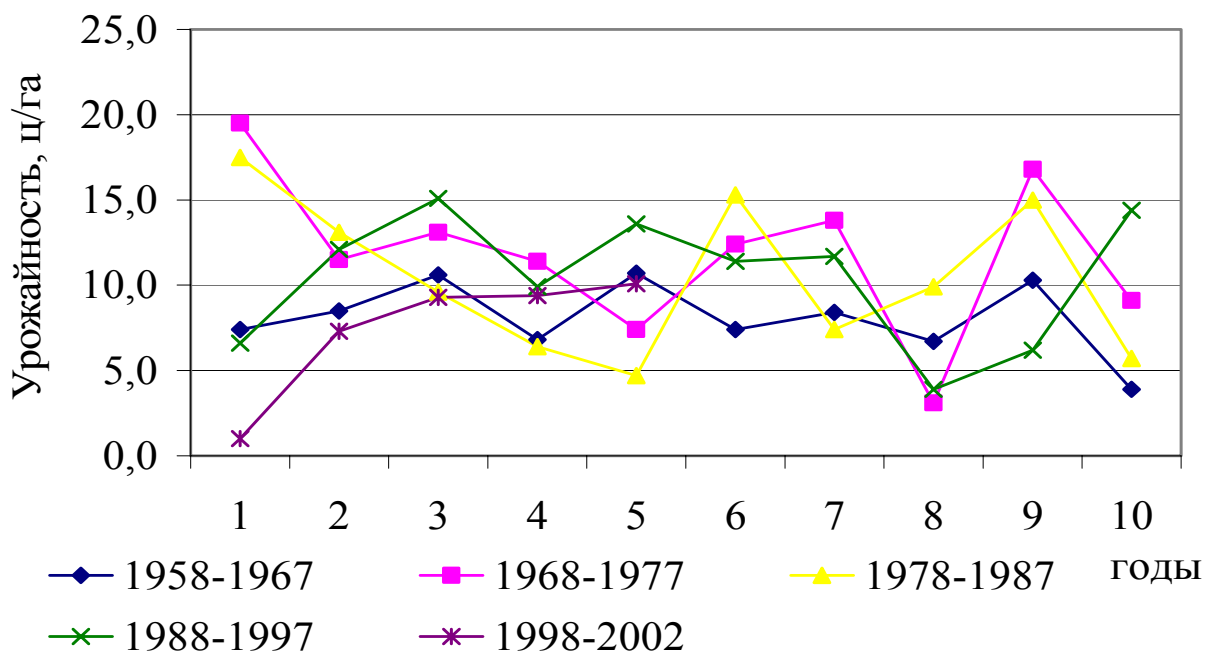


Рисунок 10.1

## Приложение 11 (обязательное)

Динамика урожайности зерновых культур во второй зоне Оренбургской области по десятилетней цикличности

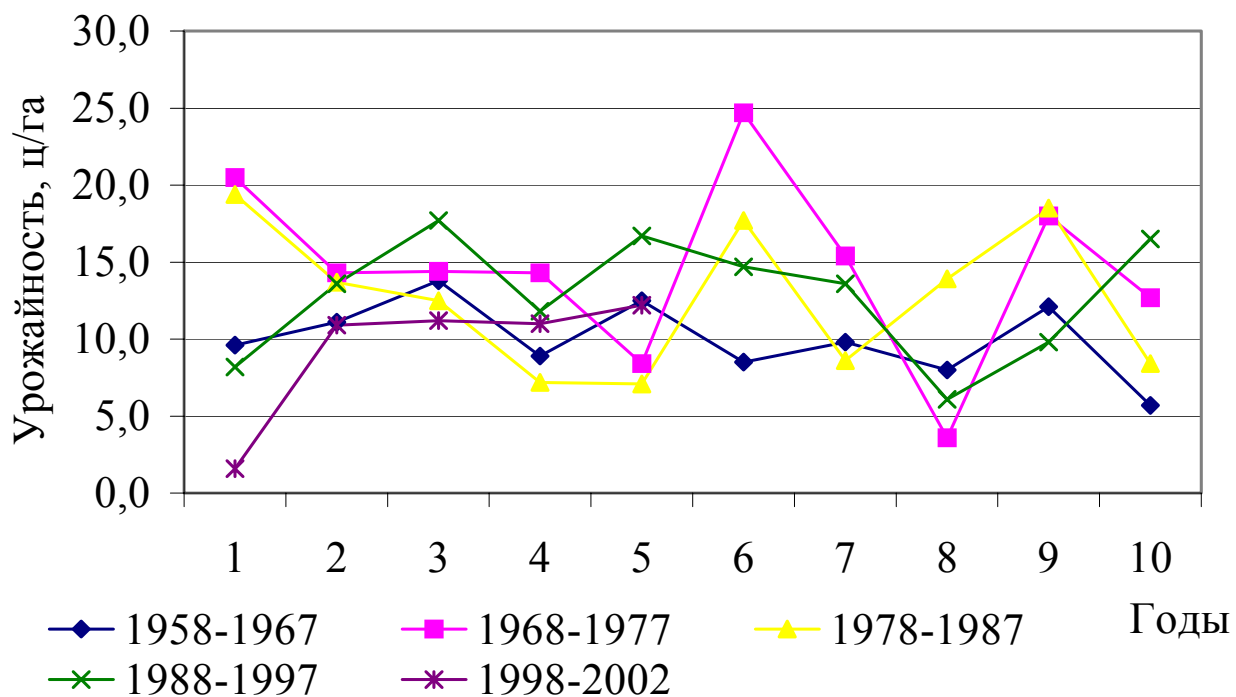


Рисунок 11.1

## Приложение 12 (обязательное)

Динамика урожайности зерновых культур в третьей зоне Оренбургской области по десятилетней цикличности

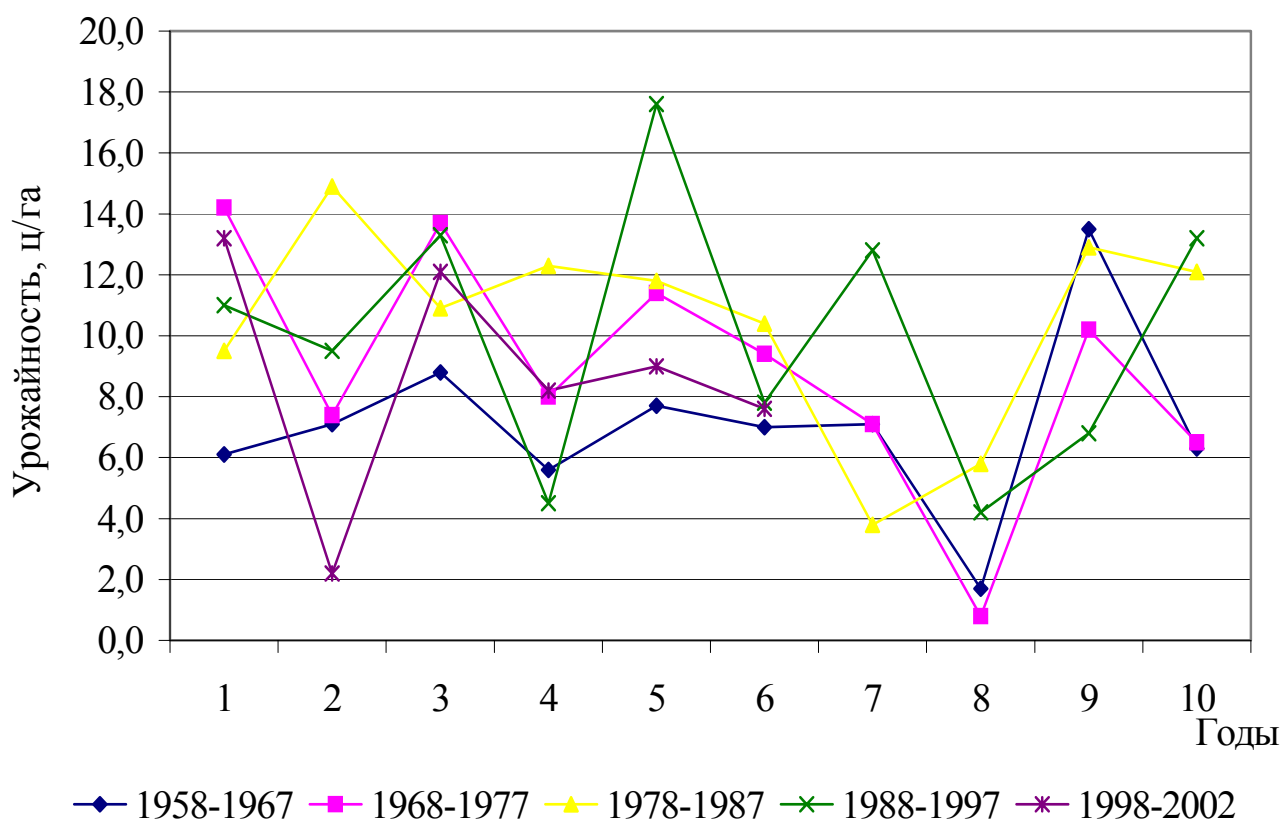


Рисунок 12.1

### Приложение 13 (обязательное)

#### Динамика урожайности зерновых культур в Оренбургской области по десятилетней цикличности

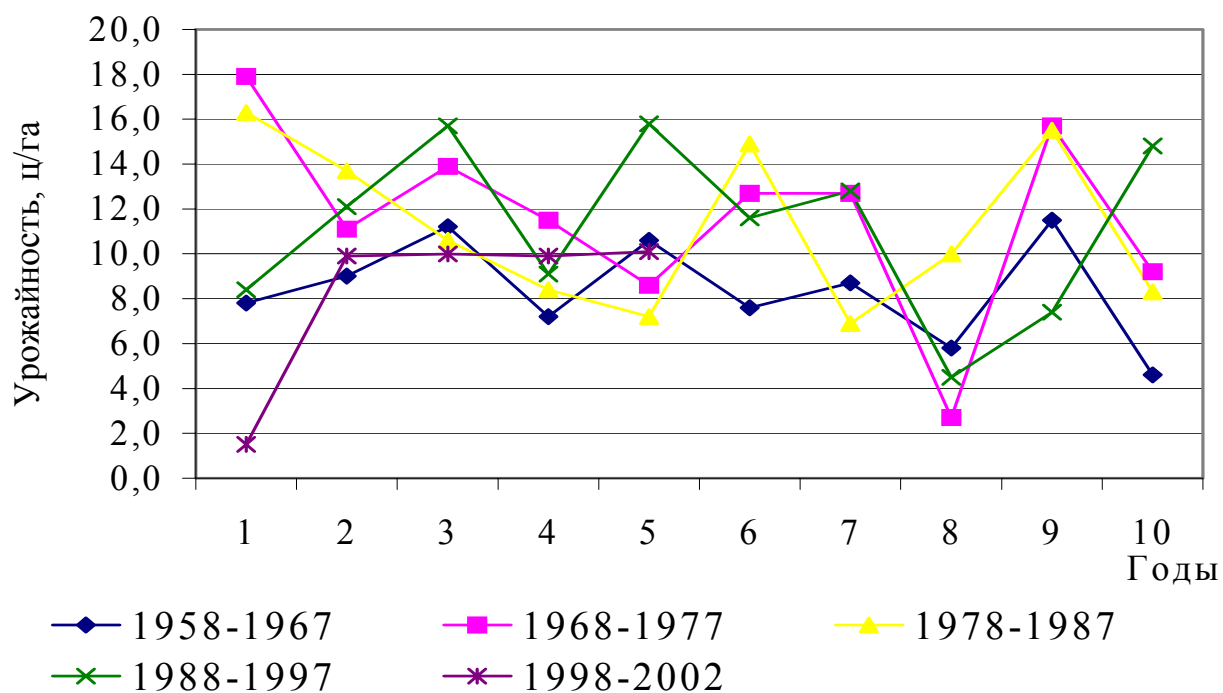


Рисунок 13.1

## Приложение 14 (обязательное)

Динамика урожайности зерновых культур в первой зоне  
Оренбургской области по двенадцатилетней цикличности

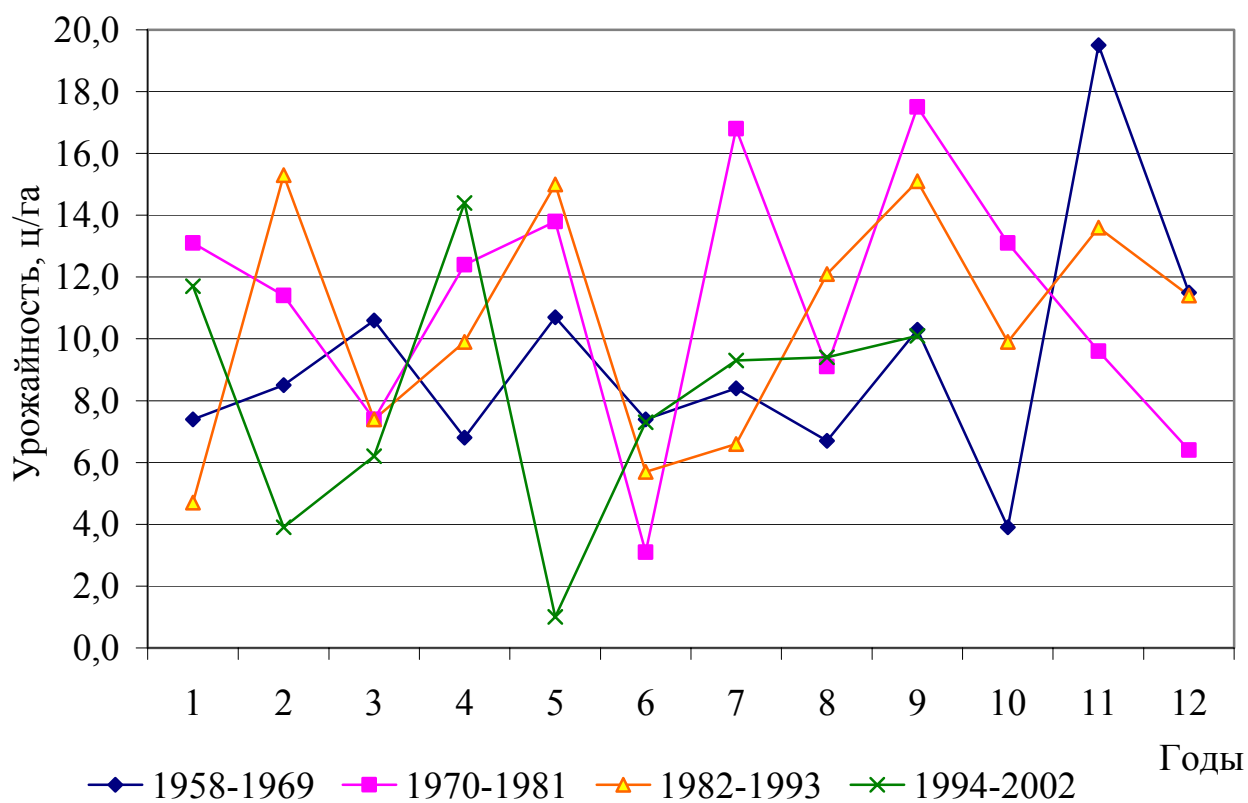


Рисунок 14.1

## Приложение 15 (обязательное)

Динамика урожайности зерновых культур во второй зоне Оренбургской области по двенадцатилетней цикличности

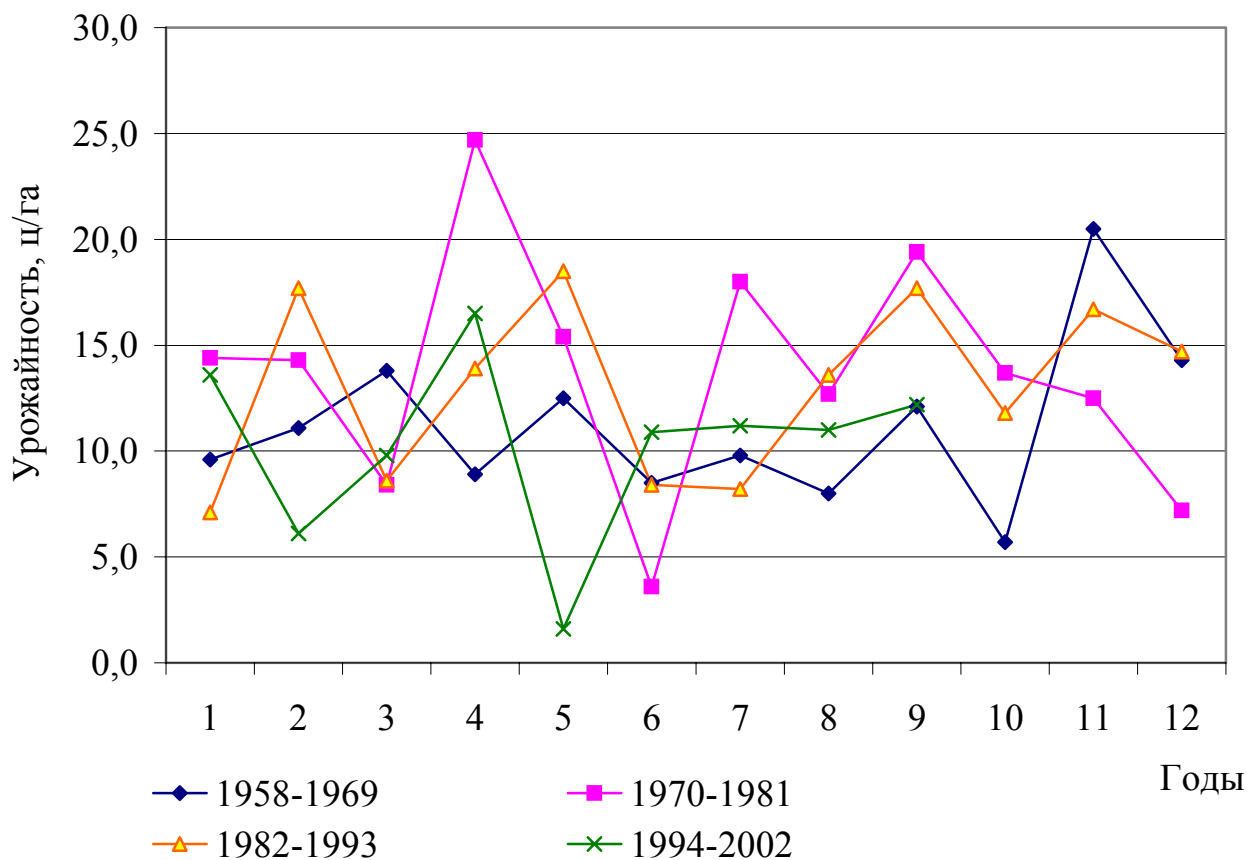


Рисунок 15.1

## Приложение 16 (обязательное)

Динамика урожайности зерновых культур в третьей зоне  
Оренбургской области по двенадцатилетней цикличности

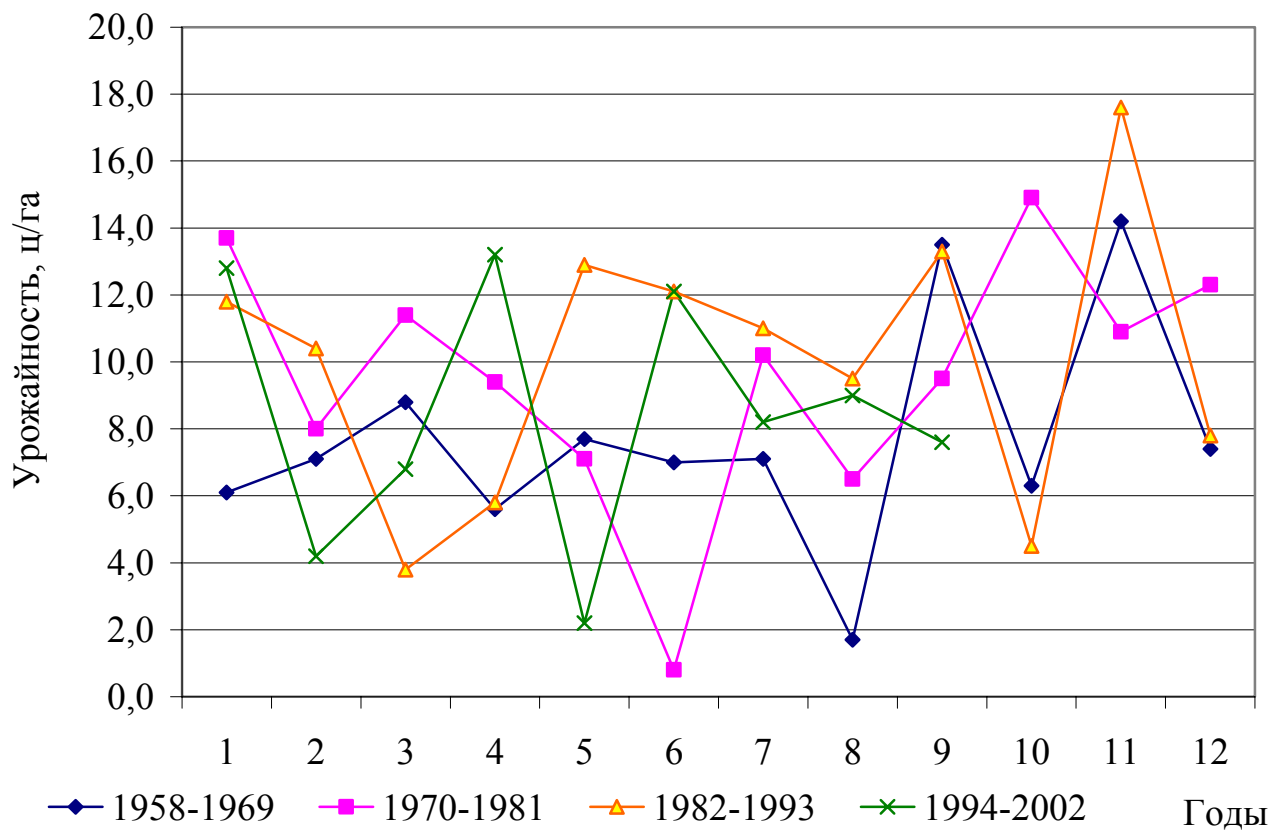


Рисунок 16.1

## Приложение 17 (обязательное)

Динамика урожайности зерновых культур в Оренбургской области по  
двенадцатилетней цикличности

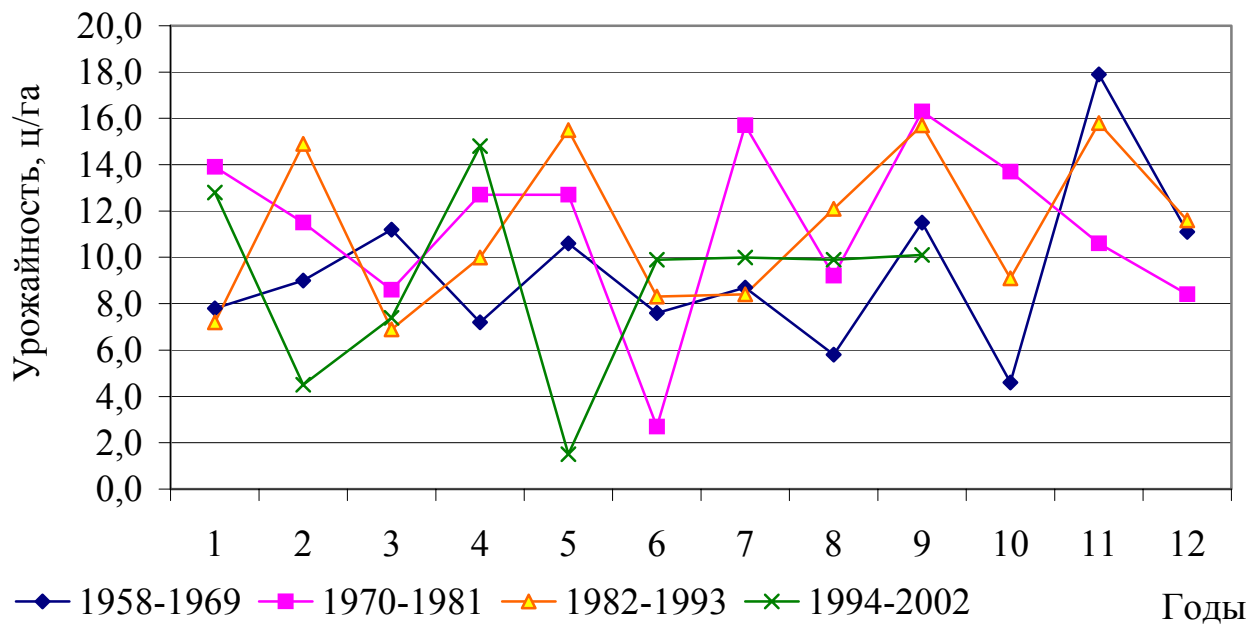


Рисунок 17.1



**Приложение 18**  
**(обязательное)**

**Динамика урожайности зерновых культур по зонам и в целом по Оренбургской области**  
**по трехлетней периодичности**

Таблица 18.1

Годы	1958-1960	1961-1963	1964-1966	1967-1969	1970-1972	1973-1975	1976-1978	1979-1981	1982-1984	1985-1987	1988-1990	1991-1993	1994-1996	1997-1999	2000-2002
Период цикла	1 зона														
	1	7,4	6,8	8,4	3,9	13,1	12,4	16,8	13,1	4,7	9,9	6,6	9,9	11,7	14,4
2	8,5	10,7	6,7	19,5	11,4	13,8	9,1	9,6	15,3	15,0	12,1	13,6	3,9	1,0	9,4
3	10,6	7,4	10,3	11,5	7,4	3,1	17,5	6,4	7,4	5,7	15,1	11,4	6,2	7,3	10,1
Период цикла	2 зона														
	1	9,6	8,9	9,8	5,7	14,4	24,7	18,0	13,7	7,1	13,9	8,2	11,8	13,6	16,5
2	11,1	12,5	8,0	20,5	14,3	15,4	12,7	12,5	17,7	18,5	13,6	16,7	6,1	1,6	11,0
3	13,8	8,5	12,1	14,3	8,4	3,6	19,4	7,2	8,6	8,4	17,7	14,7	9,8	10,9	12,2
Период цикла	3 зона														
	1	6,1	5,6	7,1	6,3	13,7	9,4	10,2	14,9	11,8	5,8	11,0	4,5	12,8	13,2
2	7,1	7,7	1,7	14,2	8,0	7,1	6,5	10,9	10,4	12,9	9,5	17,6	4,2	2,2	9,0
3	8,8	7,0	13,5	7,4	11,4	0,8	9,5	12,3	3,8	12,1	13,3	7,8	6,8	12,1	7,6
Период цикла	область														
	1	7,8	7,2	8,7	4,6	13,9	12,7	15,7	13,7	7,2	10,0	8,4	9,1	12,8	14,8
2	9,0	10,6	5,8	17,9	11,5	12,7	9,2	10,6	14,9	15,5	12,1	15,8	4,5	1,5	9,9
3	11,2	7,6	11,5	11,1	8,6	2,7	16,3	8,4	6,9	8,3	15,7	11,6	7,4	9,9	10,1

**Приложение 19**  
**(обязательное)**  
**Уровень осведомленности эксперта**

Таблица 19.1

Специализация	Номер эксперта																Итого	В среднем
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16		
Экономика	2	9	8	3	4	4	8	8	4	5	3	5	5	5	8	10	91	6
Статистика	5	6	8	1	5	1	9	5	2	4	4	4	5	4	5	8	76	5
Растениеводство	8	8	9	5	8	9	5	9	9	9	8	4	4	3	4	10	112	7
Земледелие	8	8	10	4	7	7	5	9	9	9	7	4	4	2	4	10	107	7
Агрохимия	7	0	9	5	7	8	5	7	9	9	6	3	3	2	2	8	90	5
Энтомология	5	0	5	2	6	4	4	9	8	10	4	2	3	0	2	5	69	4
Экология	2	6	8	4	6	9	5	6	9	9	4	4	6	2	2	5	87	5

**Приложение 20**  
**(обязательное)**

**Матрица предпочтительности специализации экспертов**

Таблица 20.1

Специализация	Номер вопроса																																						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	
Экономика	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Статистика	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
Растениеводство	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	2	2	2	1	1	2	1	1	1	2	1	1	1	1	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1
Земледелие	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	2	1	1	1	1	1	1	0	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	
Агрохимия	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	1	1	1	1	0	1	2	2	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	
Энтомология	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	0	0	0	0	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	
Экология	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	
Итого	10	4	4	6	4	4	4	4	4	4	4	4	6	6	7	6	6	6	5	7	7	7	6	5	5	5	5	5	10	10	10	10	8	8	8	8	8	8	

**Приложение 21**  
**(обязательное)**  
**Матрица компетентности экспертов**

Таблица 21.1

Номер эксперта	Номер вопроса																																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38		
1	5	4	4	5	4	4	4	4	4	4	4	4	7	6	7	6	6	5	5	6	6	6	5	6	7	7	7	7	6	6	6	6	5	5	5	5	5	5	5	
2	6	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	7	5	6	6	6	5	6	6	4	4	4	5	7	7	7	7	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
3	8	8	8	9	8	8	8	8	8	8	8	8	9	9	9	8	8	8	8	8	8	8	7	8	9	9	9	9	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
4	3	2	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	4	4	4	4	4	4	8	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
5	6	5	5	6	5	5	5	5	5	5	5	5	7	7	7	7	7	6	6	7	6	6	6	7	7	7	7	7	7	7	7	7	6	6	6	6	6	6	6	6
6	6	3	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	7	8	7	7	7	7	7	7	7	6	7	7	7	7	7	7	7	7	7	6	6	6	6	6	6	6	6	6
7	6	9	9	7	9	9	9	9	9	9	9	9	6	6	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	6	6	6	6	5	5	5	5	5	6	6	6	6	6	6
8	8	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	9	8	9	9	9	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	7	7	7	7	7	7	7
9	7	3	3	5	3	3	3	3	3	3	3	3	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
10	7	5	5	6	5	5	5	5	5	5	5	5	8	8	9	9	9	9	8	9	9	9	9	8	8	8	8	8	9	9	9	9	8	8	8	8	8	8	8	8
11	5	4	4	5	4	4	4	4	4	4	4	4	7	6	6	6	6	5	5	6	5	5	5	6	6	6	6	6	6	6	6	5	5	5	5	5	5	5	5	5
12	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
13	4	4	4	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	
14	3	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	3	2	2	3	3	2	2	3	2	2	2	3	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3
15	4	7	7	6	7	7	7	7	7	7	7	7	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4
16	8	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	10	9	9	9	9	8	9	8	7	7	6	9	10	10	10	10	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8

## Приложение 22 (обязательное)

### Оценка степени влияния социально-экономических факторов на урожайность зерновых культур в Оренбургской области

Таблица 22.1

Факторы	2004г	2005г	2006г	2007г	2008г	2009г	В среднем за 2010-2014 г.г.
Специализация производства	40 (39,9) <sup>8</sup>	40 (41,3)	40 (40,2)	40 (41,3)	40 (41,3)	40 (38,6)	40 (39,6)
Форма собственности средств производства	31 (34,6)	31 (36,3)	31 (37,4)	32 (34,6)	32 (37,7)	32 (38,8)	32 (47,8)
Состояние, наличие и эффективность использования средств труда (основных фондов)	67 (31,1)	67 (32,0)	67 (32,0)	63 (30,3)	63 (31,4)	63 (31,4)	63 (30,3)
<b>Человеческий фактор</b>							
Производительность труда	64 (33,5)	64 (33,7)	66 (28,9)	66 (29,9)	66 (29,9)	66 (29,1)	66 (32,7)
Затраты труда	48 (48,4)	48 (47,4)	50 (44,7)	50 (45,0)	50 (43,6)	48 (45,4)	48 (45,1)
Трудообеспеченность	57 (41,5)	57 (43,1)	57 (43,1)	57 (41,8)	57 (43,1)	53 (44,9)	53 (41,3)
Управленческие решения	62 (53,6)	62 (53,6)	62 (52,0)	62 (53,6)	62 (53,6)	62 (52,0)	63 (50,5)
<b>Финансовый фактор</b>							
Прибыль сельхозтоваропроизводителя в предыдущий год	61 (43,5)	61 (42,3)	61 (43,5)	61 (43,7)	61 (42,5)	61 (43,7)	63 (44,0)
Задолженность сельхозтоваропроизводителя	51 (35,2)	48 (43,7)	46 (44,8)	44 (44,0)	44 (45,3)	42 (46,7)	39 (48,3)
Инвестиции в сельскохозяйственное производство	73 (29,2)	73 (29,2)	73 (28,4)	73 (29,2)	73 (29,2)	73 (28,4)	73 (29,2)
Дотации на приобретение удобрений и пестицидов	66 (42,5)	66 (41,3)	66 (42,5)	66 (44,0)	66 (39,5)	64 (44,6)	62 (44,7)
*- коэффициент относительной погрешности							

## Приложение 23

(обязательное)

### Оценка степени влияния природных факторов на урожайность зерновых культур в Оренбургской области

Таблица АФ.1

Факторы	2004г	2005г	2006г	2007г	2008г	2009г	В среднем за 2010-2014 г.г.
Генетические свойства сортов зерновых культур	61 (24,8)*	61 (24,8)	61 (24,8)	63 (24,5)	63 (24,5)	63 (24,5)	63 (24,5)
<b>Почвенный фактор</b>							
Тип почвы	51 (21,0)	51 (21,0)	52 (23,3)	52 (23,3)	52 (23,3)	52 (23,3)	52 (21,0)
Подвид почвы	41 (42,6)	41 (42,6)	41 (42,6)	41 (42,6)	41 (42,6)	41 (42,6)	41 (42,6)
Процент содержания гумуса	72 (18,3)	72 (18,3)	72 (18,3)	72 (18,3)	72 (16,6)	72 (14,3)	72 (16,6)
Бонитеровочный балл	68 (40,8)	68 (40,8)	69 (39,9)	69 (39,9)	69 (39,9)	69 (39,9)	69 (39,9)
<b>Метеорологические факторы</b>							
Запас влаги в метровом слое почвы с апреля по июль	87 (22,4)	87 (22,4)	87 (22,4)	87 (22,4)	87 (22,4)	87 (22,4)	87 (22,4)
Среднемесячная температура воздуха в июле-августе	65 (23,6)	65 (23,6)	65 (23,6)	65 (23,6)	65 (23,6)	65 (23,6)	65 (23,6)
Высота снежного покрова в январе-марте	59 (38,6)	59 (38,6)	59 (38,6)	59 (38,6)	59 (38,6)	59 (38,6)	59 (38,6)
Количество осадков в мае-июле	84 (20,4)	84 (20,4)	84 (20,4)	84 (20,4)	84 (20,4)	84 (20,4)	84 (20,4)
*- коэффициент относительной погрешности							

## Приложение 24

(обязательное)

### Оценка степени влияния агротехнических факторов на урожайность зерновых культур в Оренбургской области

Таблица АХ.1

Факторы	2004г	2005г	2006г	2007г	2008г	2009г	В среднем за 2010-2014 г.г.
<b>Агротехнические работы</b>							
Работы по задержанию влаги	63 (37,1)*	63 (37,1)	63 (39,6)	63 (39,6)	63 (39,6)	63 (39,6)	63 (37,1)
Внесение удобрений	55 (37,0)	55 (37,0)	56 (29,5)	56 (33,4)	58 (29,6)	58 (29,6)	62 (31,8)
Предпосевная обработка почвы	62 (24,8)	62 (24,8)	63 (24,5)	64 (23,9)	64 (23,9)	63 (28,2)	63 (28,2)
Мероприятия по подготовке семян к посеву	51 (29,9)	51 (29,9)	53 (26,4)	53 (26,4)	54 (27,8)	54 (27,8)	54 (27,8)
Способы посева	40 (38,5)	40 (38,5)	39 (39,0)	39 (39,0)	40 (38,5)	40 (38,5)	41 (37,1)
Уход за посевами	61 (31,5)	61 (31,5)	61 (31,5)	61 (31,5)	61 (31,5)	61 (31,5)	61 (31,5)
Сроки уборки урожая	66 (29,9)	66 (29,9)	66 (32,7)	66 (32,7)	66 (32,7)	67 (34,5)	68 (33,6)
<b>Вещественные вложения</b>							
Качество семян	69 (24,9)	69 (24,9)	69 (24,9)	69 (24,9)	69 (24,9)	68 (25,1)	68 (25,1)
Дозы внесения органических удобрений	53 (33,3)	53 (33,3)	53 (33,3)	53 (33,3)	53 (33,3)	53 (33,3)	52 (31,9)
Дозы внесения минеральных удобрений	52 (38,0)	52 (38,0)	53 (35,2)	53 (30,9)	53 (30,9)	55 (27,4)	56 (28,3)
Применение средств борьбы с вредителями и болезнями зерновых культур	54 (33,0)	54 (33,0)	54 (30,3)	54 (30,3)	54 (30,3)	54 (30,3)	56 (31,3)
*- коэффициент относительной погрешности							

## Приложение 25

(обязательное)

### Оценка степени влияния экологических факторов на урожайность зерновых культур в Оренбургской области

Таблица АЦ.1

Факторы	2004г	2005г	2006г	2007г	2008г	2009г	В среднем за 2010-2014 г.г.
Природные	39 (104,8)*	39 (104,8)	39 (104,8)	39 (104,8)	39 (104,8)	39 (97,9)	39 (99,9)
Антропогенные							
Биологическое загрязнение	18 (104,5)	18 (104,5)	18 (104,5)	18 (104,5)	18 (104,5)	18 (106,2)	18 (105,0)
Микробиологическое загрязнение	29 (85,8)	29 (85,8)	29 (85,8)	29 (85,8)	29 (82,7)	29 (82,7)	29 (82,7)
Механическое загрязнение	27 (84,8)	27 (84,8)	27 (84,8)	27 (84,8)	27 (84,8)	27 (84,8)	27 (84,8)
Химическое загрязнение	38 (87,8)	38 (70,1)	38 (70,1)	38 (70,1)	38 (70,1)	38 (70,1)	38 (70,1)
Физическое загрязнение	33 (47,4)	33 (47,4)	33 (47,4)	33 (47,4)	33 (47,4)	33 (47,4)	33 (47,4)
*- коэффициент относительной погрешности							



**Приложение 26**  
*(обязательное)*  
**Анкета экспертного опроса**

Анкетные данные эксперта

Год рождения \_\_\_\_\_  
Образование \_\_\_\_\_  
Специальность \_\_\_\_\_  
Занимаемая должность \_\_\_\_\_  
Стаж работы в занимаемой должности \_\_\_\_\_  
Общий стаж работы \_\_\_\_\_

Пожалуйста, оцените свой уровень осведомленности по представленным дисциплинам (поставьте крестик в нужной графе в таблице 1).

Таблица 1 - Уровень осведомленности эксперта

Специализация	Уровень осведомленности										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Экономика											
Статистика											
Растениеводство											
Земледелие											
Агрохимия											
Энтомология											
Экология											

Пожалуйста, дайте прогноз урожайности зерновых культур в Оренбургской области используя следующую шкалу (см. таблицу 2):

Если ожидаемая урожайность 0 - 5,9 ц/га - «Н»

Если ожидаемая урожайность 6,0 - 9,9 ц/га - «С»

Если ожидаемая урожайность 10,0 - 13,9 ц/га - «ВС»

Если ожидаемая урожайность 14,0 ц/га и выше - «В»

Таблица 2 – Прогноз урожайности зерновых культур в Оренбургской области

Показатель	2004г.	2005г.	2006г.	2007г.	2008г.	2009г.	В среднем за 2010-2014 г.г.
Средняя ожидаемая урожайность зерновых культур, ц/га							

Пожалуйста, дайте прогнозную оценку степени влияния факторов на урожайность зерновых культур в Оренбургской области (таблицы 3-6), используя следующую систему оценивания:

- 0** – влияние отсутствует;
- 25** – влияние не существенное;
- 50** – влияние значительное;
- 75** – сильное влияние;
- 100** – функциональная зависимость

Причем, если влияние данного фактора влечет **снижение** урожайности, то присваивается балл со знаком « - ».

Таблица 3 – Оценка степени влияния социально-экономических факторов

Факторы	2004г.	2005г.	2006г.	2007г.	2008г.	2009г.	В среднем за 2010-2014 г.г.
Специализация производства							
Форма собственности средств производства							
Состояние, наличие и эффективность использования средств труда (основных фондов)							
<b>Человеческий фактор</b>							
Производительность труда							
Затраты труда							
Трудообеспеченность							
Управленческие решения							
<b>Финансовый фактор</b>							
Прибыль сельхозтоваропроизводителя в предыдущий год							
Задолженность сельхозтоваропроизводителя							
Инвестиции в сельскохозяйственное производство							
Дотации на приобретение удобрений и пестицидов							
Кроме того, впишите социально-экономические факторы, по вашему мнению, влияющие на урожайность зерновых культур							

Таблица 4 - Оценка степени влияния агротехнических факторов

Факторы	2004г.	2005г.	2006г.	2007г.	2008г.	2009г.	В среднем за 2010-2014 г.г.
<b>Агротехнические работы</b>							
Работы по задержанию влаги							
Внесение удобрений							
Предпосевная обработка почвы							
Мероприятия по подготовке семян к посеву							
Способы посева							
Уход за посевами							
Сроки уборки урожая							
<b>Вещественные вложения</b>							
Качество семян							
Дозы внесения органических удобрений							
Дозы внесения минеральных удобрений							
Применение средств борьбы с вредителями и болезнями зерновых культур							
Кроме того, впишите агротехнические факторы, по вашему мнению, влияющие на урожайность							

Таблица 5 - Оценка степени влияния природных факторов

Факторы	2004г.	2005г.	2006г.	2007г.	2008г.	2009г.	В среднем за 2010-2014 г.г.
Генетические свойства сортов зерновых культур							
Почвенный фактор							
Тип почвы							
Подвид почвы							
Процент содержания гумуса							
Бонитеровочный балл							
Метеорологические факторы							
Запас влаги в метровом слое почвы с апреля по июль							
Среднемесячная температура воздуха в июле-августе							
Высота снежного покрова в январе-марте							
Количество осадков в мае-июле							
Кроме того, впишите природные факторы, по вашему мнению, влияющие на урожайность							

Таблица 6 - Оценка степени влияния экологических факторов

Факторы	2004г.	2005г.	2006г.	2007г.	2008г.	2009г.	В среднем за 2010-2014 г.г.
Природные (засуха, наводнения, зем- лятресения и т.п.)							
Антропогенные							
Биологическое загрязнение (случайное или в результате деятельности челове- ка)							
Микробиологическое загрязнение (микробное) (появление необычно большого количества микробов, свя- занное с массовым их распростране- нием на антропогенных субстратах или средах, измененных в ходе хозяй- ственной деятельности человека)							
Механическое загрязнение (засорение среды агентами, оказывающими меха- ническое воздействие без физико- химических последствий)							
Химическое загрязнение (изменение естественных химических свойств среды, в результате которого повыша- ется или понижается среднесуточное колебание количества каких-либо веществ за рассматриваемый период времени, или проникновение в среду веществ, нормально отсутствующих в ней или находящихся в концентраци- ях, превышающих ПДК)							
Физическое загрязнение (изменение естественного физического состояния среды)							
Кроме того, впишите экологические факторы, по вашему мнению, влияющие на урожайность							