

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Емельянов Сергей Геннадьевич
Должность: ректор
Дата подписания: 03.02.2021 15:23:18
Уникальный программный ключ:
9ba7d3e34c012eba476ffd2d064cf2781953be730df2374d16f3c0ce536f0fc6

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Юго-Западный государственный университет»
(ЮЗГУ)

Кафедра экономики, управления и политики



ПРОГНОЗИРОВАНИЕ И ПЛАНИРОВАНИЕ НА ПРЕДПРИЯТИИ

Методические указания для самостоятельной работы студентов
направления подготовки 38.03.03 Управление персоналом
профиль Управление персоналом организации

Курск 2018

УДК 338.26

Составители: Ю.Н. Воробьёв, И.А. Козьева

Рецензент

кандидат экономических наук, доцент Железняков С.С.

Прогнозирование и планирование на предприятии: методические указания для самостоятельной работы студентов направления подготовки 38.03.03 Управление персоналом профиль «Управление персоналом организации» / Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: Ю.Н. Воробьёв, И.А. Козьева - Курск, 2018. - 191с.: Библиогр.: с.191

Предназначены студентам направления подготовки 38.03.03 Управление персоналом профиль «Управление персоналом организации» для самостоятельной работы по дисциплине «Прогнозирование и планирование на предприятии».

Методические указания соответствуют требованиям программы, составленной в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования направления подготовки 38.03.03 Управление персоналом профиль «Управление персоналом организации».

Содержат ключевые термины, задачи.

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать . 1.02.18. Формат 60x84 1/16.

Усл. печ. л.11,1. Уч.-изд. Л. 10,0 . Тираж 100 экз. Заказ. 215 Бесплатно.

Юго-Западный государственный университет.

305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94

СОДЕРЖАНИЕ

Общие указания по изучению дисциплины «Прогнозирование и планирование на предприятии»	4
1. Теоретические основы прогнозирования и планирования на предприятии	6
1.1. Основные понятия экономического прогнозирования	6
1.2. Классификация методов экономического прогнозирования	14
1.3. Системные основы прогнозирования и планирования	20
2. Методы прогнозирования динамики экономических процессов	29
2.1. Экстраполяция тенденции временного ряда	29
2.2. Оценка устойчивости тенденции показателей временного ряда	34
2.3. Прогнозирование сезонных колебаний	36
3. Адаптивные методы прогнозирования	62
3.1. Адаптивный подход в прогнозировании	62
3.2. Методы гармонических весов и экспоненциального сглаживания	67
3.3. Адаптивный дискриминантный анализ	72
4. Прогнозирование на основе регрессионных зависимостей	81
4.1. Множественная линейная регрессия	81
4.2. Нелинейные регрессионные модели. Использование в прогнозировании производственных функций	87
4.3. Системы линейных одновременных уравнений	91
5. Методы экспертных оценок	115
5.1. Интуитивное прогнозирование. Метод «Дельфи»	115
5.2. Прогнозирование методом «мозговой атаки»	120
5.3. Метод «ПАТТЕРН»	122
6. Прогнозирование экономических и социальных процессов	137
6.1. Демографическое прогнозирование	137
6.2. Логические методы прогнозирования и цепи Маркова	143
6.3. Прогнозирование социального развития	148
7. Синтез и верификация прогнозов	162
7.1. Синтез формализованных и интуитивных методов	162
7.2. Сущность и виды верификации	165
7.3. Количественные показатели качества прогнозов	167
Итоговое задание	174
Список рекомендуемой литературы	179
Краткий словарь терминов и определений	181

ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ «ПРОГНОЗИРОВАНИЕ И ПЛАНИРОВАНИЕ НА ПРЕДПРИЯТИИ»

В условиях динамичной нестабильной внешней среды очевидна необходимость прогностического обоснования стратегий, планов и программ экономического развития на различных уровнях хозяйственной иерархии. Использование в практической деятельности прогностико-аналитического инструментария позволит экономистам-менеджерам разрабатывать научно обоснованные прогнозы социально-экономических процессов и последствий принимаемых управленческих решений, проводить многовариантные сценарные исследования возможностей экономического роста.

Предлагаемые методические указания составлены в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлениям подготовки 38.03.03. «Управление персоналом».

Целью методических указаний является формирование у студентов представления о месте прогностической фазы в процессе рыночного управления социально-экономическими процессами и системы знаний об использовании в управлении экономическими объектами методов и моделей прогнозирования на основе фактографической и экспертной информации.

Задачи:

- сформировать комплекс знаний в области теоретических основ прогнозирования и планирования;
- научить анализировать, прогнозировать и планировать экономические процессы и явления на различных уровнях хозяйствования;
- дать практические рекомендации по разработке и применению прогностико-аналитических моделей в управлении экономическими объектами;
- ознакомить с современной системой прогнозирования и планирования в рыночной экономике;
- обеспечить формирование навыков реализации теоретических и прикладных знаний в практической деятельности.

В результате изучения учебного пособия специалист должен:

знать:

- основные принципы, методы и модели прогнозирования и особенности их использования в различных отраслях и сферах экономики,
- систему прогнозирования и планирования в условиях рыночных отношений,
- требования к фактографической и экспертной информации,
- основы разработки и верификации генетических и нормативных прогнозов;

уметь:

- обобщать, систематизировать и анализировать фактографическую и экспертную информацию,
 - выявлять проблемы развития экономических объектов и прогнозировать пути их решения,
 - оценивать уровень экономического развития и обосновывать направления совершенствования управления на основе результатов прогнозирования.
- владеть:
- - практическими навыками формулировки целей и задач планирования и прогнозирования в управлении предприятием, разработкой планов и программ достижения целей и решения задач прогнозирования и планирования на предприятии;
 - - навыками анализа исторических этапов формирования парадигмы экономического прогнозирования и планирования и использования исторической информации для совершенствования процесса управления;
 - - навыками реализации процессов самоорганизации и самообразования, применения технологии совершенствования прогнозно-плановой работы в профессиональной деятельности для самоорганизации и самообразования, способами алгоритмизации профессиональной деятельности на основе эффективных прогнозов и планов.

1. Теоретические основы прогнозирования и планирования на предприятии

1.1. Основные понятия экономического прогнозирования

Российская экономическая наука проявила особое внимание к проблемам прогнозирования после некоторого переосмысления новых условий хозяйствования. Пришло понимание того, что только прогноз, как вероятностное представление о перспективах изучаемого объекта в будущем, позволяет менеджерам разных уровней увидеть основные ориентиры происходящих перемен. Это дает им возможность принимать обоснованные решения, поскольку управленческое решение в конечном счете является своеобразной реакцией на прогнозное представление о будущем управляемого объекта. Кроме того, благодаря прогнозам менеджеры получают возможность принимать упреждающие меры.

В настоящее время круг задач прогнозирования существенно расширился. Прогноз стал средством определения основных характеристик, приоритетов и направлений государственной экономической и социальной политики. В Федеральном законе «О государственном прогнозировании и программах социально-экономического развития Российской Федерации» от 20 июля 1995 г конституционно закрепляется необходимость разработки прогнозов.

Современная сложившаяся практика государственного прогнозирования и планирования будет преобразована в комплексную систему, после вступления в силу федерального закона «О государственном стратегическом планировании».

Основу этой системы будут составлять взаимосвязанные документы государственного стратегического планирования - документы государственного прогнозирования и документы программно-целевого, а также территориального планирования, федерального, регионального и местного уровней.

Проект Федерального закона «О государственном стратегическом планировании» содержит перечни этих документов, определяет общие положения процедур и полномочия различных органов власти по их подготовке и утверждению, а также сроки действия некоторых из них.

Закон должен ввести порядок разработки прогнозных и стратегических документов, связать разрозненные прогнозы и планы в единый механизм. Основная задача прогнозирования и планирования - связать его с проводимой бюджетной политикой и задачами социально-экономического развития.

Слово *прогноз* происходит от греческого слова *prognosis* [предвидение, предсказание о развитии чего-либо, основанное на определенных данных].

Прогноз - научно обоснованное вероятностное суждение о возможных состояниях объектов в будущем, об альтернативных путях и сроках достижения этого состояния.

Процесс разработки прогнозов называется прогнозированием.

Прогнозирование – это специфический вид человеческой деятельности, некий процесс, в котором применяются конкретные инструменты. В прогнозном процессе предметом деятельности выступает информация. После ее переработки, систематизации, упорядочения, появляется возможность форматировать суждения о том, как изменится прогнозируемый объект. Прогнозная оценка (числовое значение показателя или качественная характеристика ситуации) также носит информационный характер.

Экономическое прогнозирование следует рассматривать как систему научных исследований количественного и качественного характера, направленных на выяснение тенденций развития экономических отношений и поиск оптимальных решений по достижению целей этого развития.

Прогнозы можно разделять в зависимости от целей, задач, объектов, времени упреждения, методов организации прогнозирования и т.д. Один из вариантов классификации экономических прогнозов на рисунке 1.1.

Прогнозирование может быть направлено на разнообразные объекты. Эти объекты могут относиться и к разным отраслям (сферам) человеческой деятельности. Можно предложить различные варианты связей между экономическими и социальными объектами прогнозирования.

Следует различать два аспекта прогнозной работы, направленной на экономические и социальные объекты. С одной стороны, это исследовательская стадия, предшествующая

составлению внутрифирменных или территориальных программ мероприятий (среднесрочных и долгосрочных планов). С другой стороны, прогнозы помогают познанию объективных закономерностей развития, выявлению тенденций будущего развития. Но следует помнить, что сегодня в нашем арсенале методов исследования будущего нет таких, которые позволяли бы получать абсолютно точные результаты; почти всегда *оценки будущей ситуации являются вероятностными*, содержат некую величину ошибки.

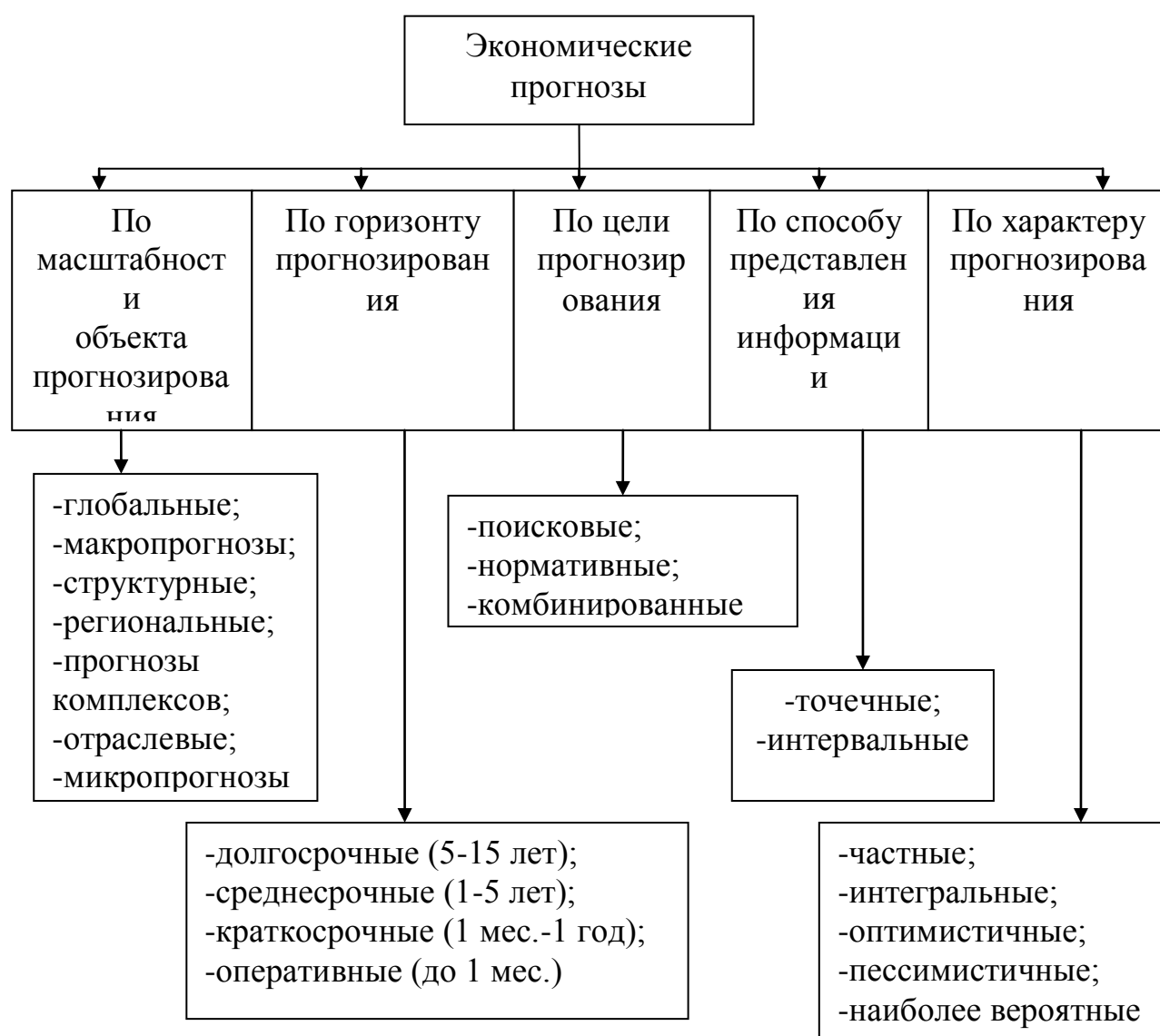


Рис. 1.1. Классификация экономических прогнозов

Чем длиннее интервал прогнозирования, тем значительнее может быть *перепад* ошибок, даже если прогнозист применяет один и

тот же метод. Рассматривая комплекс прогнозов во временном аспекте, необходимо обратить внимание на то, что при удлинении прогнозного периода показатели становятся все более зависимыми от возможных результатов научно-технического прогресса, от освоения природных ресурсов, демографических сдвигов и т.д., то есть, агрегированные показатели теряют свою автономность, превращаются в сложные, многофакторные функции.

Сроки, на которые могут разрабатываться прогнозы, не произвольны. Они зависят от уровня познания прогнозистом изучаемого объекта. Как только он перестанет понимать будущее на основе закономерностей, действующих в настоящее время, ему следует отказаться от дальнейших исследований на основе старого инструментария. Будущее, не связанное с настоящим, не может быть объектом прогнозирования.

В зависимости от степени конкретности и характера воздействия на ход исследуемых процессов и явлений различают три формы предвидения: *гипотезу (общенаучное предвидение), прогноз и план*. Исходное начало этого процесса – *гипотеза* – это научно обоснованное предположение о структуре объекта, характере элементов и связей, образующих этот объект, механизме его функционирования и развития. На уровне гипотезы даётся качественная характеристика объекта, выражающая общие закономерности его поведения.

Прогноз в сравнении с гипотезой имеет большую определенность и достоверность, поскольку основывается не только на качественных, но и на количественных характеристиках, и поэтому позволяет характеризовать будущее состояние объекта также количественно. Прогноз выражает предвидение на уровне конкретно-прикладной теории, так как связан с будущим, которое всегда стохастично.

План представляет собой систему взаимосвязанных, направленных на достижение единой цели, плановых заданий, определяющих порядок, сроки и последовательность осуществления отдельных мероприятий. В нём фиксируются пути и средства развития в соответствии с поставленными задачами, обосновываются принятые управленческие решения. Существенное различие между планом и прогнозом состоит в том, что план – это отражение и

воплощение уже принятого экономического решения, а прогноз - это поиск реалистического, экономически верного пути. Прогнозирование представляет собой исследовательскую базу планирования, имеющую собственную методологическую и методическую основу, которая во многом отличается от планирования.

Прогнозы и долгосрочные *программы* имеют близкие цели, определяют будущее. Но определяют по-разному. Назначение программ: упорядочение развития управляемого объекта (процесса); создание условий для неукоснительного выполнения мероприятий, обеспечивающих достижение цели. Прогнозный результат может и не включаться в программу, так как не является обязательным; это «советующий» показатель, помогающий непрерывно уточнять будущую ситуацию. Благодаря этому появляется возможность корректировать мероприятия, включаемые в программные документы.

В 1924—1928 гг. выдающийся русский экономист В. А. Базаров-Руднев выступил с серией статей, в которых сформулировал принципиально новый подход к будущему. Результатом его размышлений стало предложение заменить прогноз-предсказание двумя качественно новыми типами прогнозов - *генетическим* (впоследствии ставшим известным под названием *экстрополяционного*, или *поискового*) - выявлением назревающих проблем путем логического продолжения в будущее тенденций, закономерности которых в прошлом и настоящем достаточно хорошо известны; а также *телеологическим* (впоследствии - *нормативным*) - выявлением оптимальных путей решения перспективных проблем на основе заранее заданных критериев.

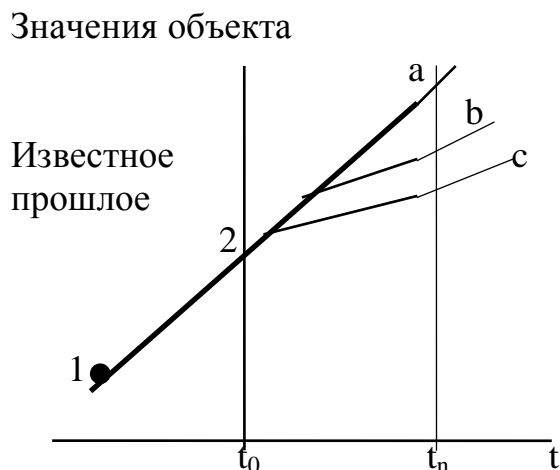


Рис. 1.2. Генетический прогноз

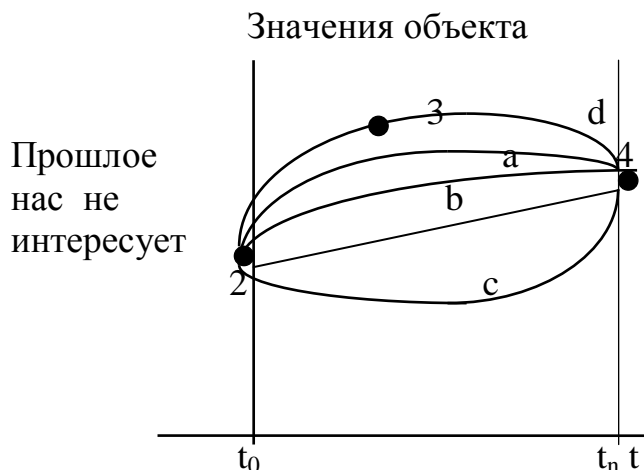


Рис. 1.3. Нормативный прогноз

На рисунках 1.2 и 1.3 представлены примеры графических изображений соответственно генетического и нормативного подходов к прогнозированию.

Генетика развития (см. рис. 1.2) в прошлом представлена линией 1-2. Из точки 2 (настоящее) развитие в будущем может идти как минимум в трех вариантах, с различным распределением темпов экономического роста в прогнозном периоде (линии a, b, c). Поэтому в момент t_n будущее состояние может оказаться в одной из трех разных точек.

В нормативном (целевом) прогнозе (см. рис. 1.3) нам известно прошлое (хотя в прогнозе оно нас может и не интересовать), настоящее (точка 2) и будущее в момент t_n (точка 4). Из точки 2 в точку 4 можно (в нашем примере) попасть разными вариантами событий. Например, вариантами "a, b или c". Расхождения в промежуточных значениях прогнозного объекта при этом могут быть, как видим из рисунка, ощутимыми. Но если нам каким-либо образом будет известно одно или несколько промежуточных состояний прогнозного объекта (в примере показано лишь одно промежуточное состояние - точка 3) или задано, то траектория развития будет описана уже только одной линией "d".

Таким образом, *генетический подход* отражает зависимость будущего от настоящего через некоторые интервалы. Любое предвидимое явление или процесс имеет свои истоки в настоящем и прошлом, свое происхождение (т.е. *генезис*). Как бы будущее состояние ни отличалось от настоящего и прошлого, оно всегда с ними связано, формируется из уже известных элементов, хотя и в

иных соотношениях, в системе новых связей.

Поисковый (генетический) прогноз состоит в определении *возможных* состояний объекта или процесса в будущем. В поисковом прогнозе осуществляется условное продолжение в будущее тенденций развития изучаемого явления в прошлом и настоящем. *Такой прогноз отвечает на вопрос, что вероятнее всего произойдет при условии сохранения существующих тенденций без влияния лица принимающего решение (ЛПР)?*

Нормативно-целевой подход к прогнозированию рассматривает связь явлений в направлении от будущего к настоящему. Он исходит из определения результата, который должен быть достигнут в будущем.

Нормативный (нормативно-целевой) прогноз – определение путей и сроков достижения состояний явления, объекта или процесса, принимаемых в качестве цели. В нормативном прогнозе определяются перспективы достижения *желаемого* состояния на основе заранее заданных норм, идеалов, стимулов, целей. *Такой прогноз отвечает на вопрос: какими путями достичь желаемого?*

Сопоставление результатов поисковых и нормативных прогнозов должно охватывать весь комплекс организационных мероприятий, повышая тем самым общий уровень управления.

В РФ ведутся активные научно-исследовательские работы по формализации, моделированию и прогнозированию регионального развития. Основные работы выполняются в следующих научных учреждениях:

- Институте народнохозяйственного прогнозирования;
- Институте системного анализа;
- Институте прикладной математики им. М.В. Келдыша;
- Институте проблем управления им. В.А. Трапезникова;
- Центральном экономико-математическом институте;
- Министерстве регионального развития РФ;
- Министерстве экономического развития РФ;
- Институте экономики, организации промышленного производства и т.д.

Структурным подразделением Министерства экономического развития Российской Федерации, обеспечивающим деятельность Министерства по мониторингу и анализу социально-экономических

процессов, разработке государственных прогнозов социально-экономического развития Российской Федерации на краткосрочный, среднесрочный и долгосрочный периоды, сводного финансового баланса Российской Федерации является Сводный департамент макроэкономического прогнозирования.

Департамент осуществляет следующие виды деятельности:

- организует и осуществляет мониторинг и анализ социально-экономических процессов российской и мировой экономики;
- осуществляет разработку сводного финансового баланса Российской Федерации;
- организует разработку годовых, ежеквартальных и ежемесячных докладов о состоянии экономики;
- организует, координирует и осуществляет разработку государственных прогнозов социально-экономического развития Российской Федерации на краткосрочный, среднесрочный и долгосрочный периоды;
- организует и осуществляет разработку сценарных условий функционирования экономики Российской Федерации на очередной финансовый год и плановый период, основные параметры прогноза социально-экономического развития Российской Федерации на очередной финансовый год и плановый период, прогноз социально-экономического развития Российской Федерации на очередной финансовый год и плановый период и т.д.

Большую известность имеет Институт Народнохозяйственного Прогнозирования.

Институт народнохозяйственного прогнозирования Российской Академии Наук (ИНП РАН) организован в феврале 1986 г. на базе ряда научных подразделений ЦЭМИ АН СССР для разработки социально-экономических разделов Комплексных программ научно-технического прогресса СССР на 20 лет.

Основными направлениями научной деятельности, проводимой в лабораториях и исследовательских центрах Института, сегодня являются:

- разработка комплексных прогнозов (обоснование альтернатив) развития экономики страны в кратко-, средне- и долгосрочной перспективе;

- разработка стратегий развития регионов в рамках приоритетов общехозяйственного развития;
- прогнозно-аналитические исследования в интересах крупных хозяйствующих субъектов и органов государственного управления РФ;
- совершенствование методологии и методики комплексного социально-экономического прогнозирования.

Развитие социально-экономического прогнозирования является необходимым условием развития теории и практики индикативного управления.

Индикативное управление – механизм координации интересов и деятельности государственных и негосударственных хозяйствующих субъектов, сочетающий государственное регулирование экономики с ее саморегулированием, основанный на формировании системы индикаторов социально-экономического развития предприятий региона и разработке мер государственного воздействия для их достижения; это процесс согласования управленческих решений на макро-, мезо- и микроуровнях путем определения национальных приоритетов, целеполагания, прогнозирования, бюджетирования и других процедур; установление налоговых и иных мер государственной поддержки хозяйствующих субъектов, соглашающихся выполнять индикативные ориентиры.

Итак, индикативное управление — способ регулирования рыночной экономики, имеющий системный характер, предполагающий наличие трех составляющих: разработанную на основе прогноза декларацию о намерениях; систему индикаторов и их пороговых значений, а также государственное управление через регуляторы.

1.2.Классификация методов экономического прогнозирования

Под *методами прогнозирования* подразумевают совокупность приемов мышления, способов, позволяющих на основе анализа информации о прогнозном объекте вынести относительно достоверное суждение о будущем развитии объекта. От типа объекта зависит тип применяемого метода. Практика прогнозной работы

свидетельствует, что определенные типы объектов исследуются чаще всего конкретными методами.

В экономической науке даются различные варианты классификации методов прогнозирования.

Классификация методов прогнозирования по степени формализации, обобщающая различные подходы, приведена на рис. 1.4. Большинство российских прогнозистов совокупность прогнозных методов делят на три группы на основе используемой информации: фактографические (статистические); экспертные (интуитивные); комбинированные.

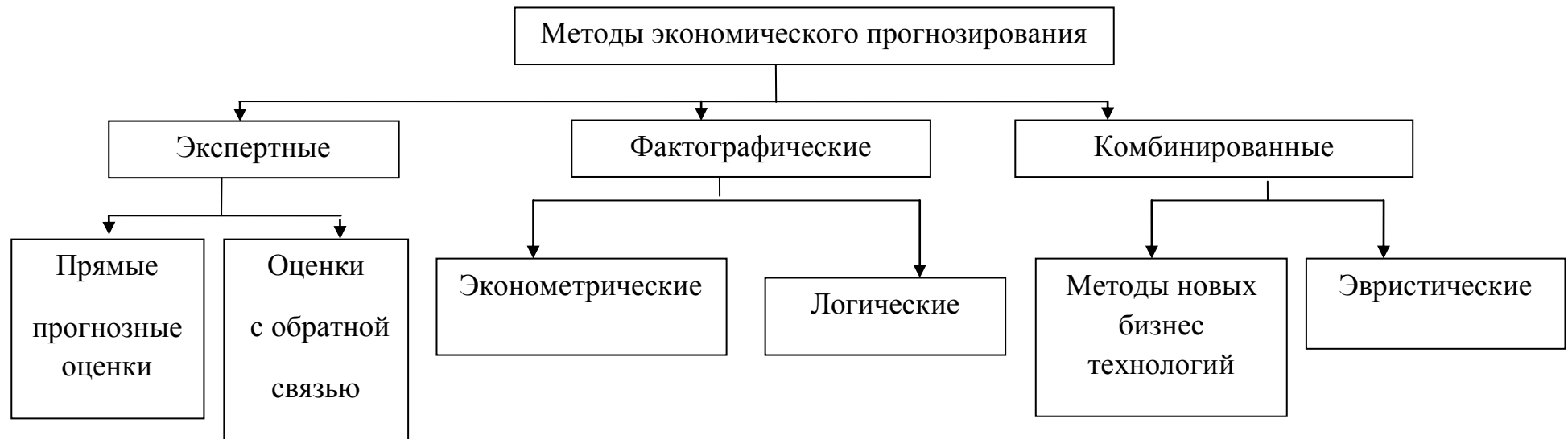


Рис. 1.4. Классификация методов экономического прогнозирования

Экспертные (интуитивные) методы как научный инструмент решения сложных неформализуемых проблем позволяют получить прогнозную оценку состояния развития объекта в будущем независимо от информационной обеспеченности, так как используют информацию, получаемую от специалистов-экспертов; те в свою очередь предварительно обобщают фактографическую или иную информацию. Это определяет основное преимущество экспертных методов – возможность анализа и прогноза развития объекта, не имеющего никакой «предыстории». Другим достоинством этих методов является возможность прогнозировать качественные (скачкообразные) изменения в процессе развития объекта, в то время как подавляющее большинство фактографических методов «распространяет» ретроспективную тенденцию на весь период упреждения прогноза.

Сущность экспертных методов заключается в построении рациональной процедуры интуитивно-логического мышления человека в сочетании с количественными методами оценки и обработки полученных результатов. При этом *обобщенное мнение экспертов принимается как решение проблемы*. В случае применения методов экспертных оценок для предвидения результатов развития экономических объектов преимущественно реализуется качественный подход к прогнозному процессу.

Фактографические методы базируются на первичной информации об объекте, обычно документально зафиксированной на каком-либо носителе.

Основной группой фактографических методов являются эконометрические методы.

Широкому внедрению эконометрических методов способствовало развитие информационных технологий. Компьютерные эконометрические пакеты (Statistika, SPSS, Advanced Grapher, Forecast Expert и др.) сделали эти методы более доступными. Наиболее трудоемкая работа по вычислению параметров, построению таблиц и графиков в основном выполняется компьютером, а исследователю остается работа по постановке задачи, выбору соответствующей модели и метода ее решения, а также интерпретации результатов и получения прогнозов.

В состав фактографических методов, по нашему мнению, входят логические методы прогнозирования, применяющиеся в самых различных сферах и отраслях экономической деятельности.

Наиболее часто используемый практически тип логического прогнозирования - прогнозирование по аналогии. Он может применяться при всех типах менеджмента: традиционном, системном, ситуационном, социально-этическом. Наиболее часто этот тип прогнозирования применяется при традиционном менеджменте. Прогнозирование по аналогии корректно только тогда, когда установлена, доказана аналогия между объектами управления, типами менеджмента, реакциями внешней и внутренней среды в случае, имевшем место на практике, и в конкретном случае прогнозирования. Этот метод нельзя использовать при прогнозировании явлений, не имеющих аналогов, то есть принципиально новых объектов, процессов, ситуаций.

Использование количественного подхода к прогнозному процессу, который реализуется посредством фактографических методов на основе реальной статистической информации, повышает объективность прогнозов.

Комбинированные методы используют смешанные информационные массивы, то есть и фактографическую информацию и экспертную. Эти методы получили развитие в условиях резких изменений внешней среды, когда возникла необходимость корректировки и совершенствования существующих методов управления. В этих условиях традиционные *реактивные* методы (управление происходит лишь после свершившегося отклонения планируемых показателей) стали неэффективны и должны быть заменены. *Упреждающее управление* – проактивно и состоит в том, чтобы и объект, и субъект управления были сориентированы на внешнее окружение и старались уловить возникающие в нем тенденции. На основе анализа этих тенденций проектируется управляющее воздействие с целью внесения изменений в исходные условия функционирования объекта. Центр тяжести в упреждающем управлении перемещается с регулирования возникающих отклонений на прогнозирование возможных ситуаций и тенденций. Именно прогнозирование лежит в основе упреждающего управления. Возможность предсказания влияния внешних и внутренних факторов на объект управления в процессе упреждающего управления становится возможным на

основе комбинированных методов прогнозирования.

Желание осуществлять упреждающее управление существовало давно, но оно не было поддержано соответствующими методами и средствами. В последние годы этап компьютеризации сменяется этапом развития новых информационных технологий (НИТ). На наш взгляд, комплекс НИТ может стать материальной основой упреждающего управления в экономике. В комплекс НИТ могут входить: аппарат нейронных сетей, генетические (эволюционные) алгоритмы, нечеткая логика, визуальная динамика систем, теория хаоса и др.

К комбинированным методам, по нашему мнению, следует отнести группу методов прогнозирования, основанных на совокупности приемов мыслительной деятельности, а также операций по сбору, анализу, обработке, хранению и использованию информации. На рисунке 1.4 эта группа получила название эвристических методов.

Эвристические методы прогнозирования используются при необходимости поиска новых рациональных решений для реализации полезных функций системы, для устранения или ослабления отрицательного эффекта ненужных и излишних функций, для эффективного управления экономическими объектами. Эвристические методы - специальные методы, используемые в процессе открытия нового. Для этих методов характерны синтез фактографической и экспертной информации и возможность использования нестандартных технологий прогнозирования. Среди эвристических методов прогнозирования наиболее распространенным является *метод сценариев*. Он объединяет и качественные, и количественные подходы. *Сценарий* – это модель будущего. В сценарии определяются основные факторы, которые должны быть приняты во внимание, и указывается, каким образом эти факторы могут повлиять на возможные события. Как правило, составляется несколько альтернативных сценариев. Наиболее вероятный или желательный вариант сценария обычно рассматривается в качестве базового и привлекается для принятия решения.

Практическое применение того или иного метода прогнозирования определяется не аспектом проблемы и не возможностью измерения результатов прогноза, а сложностью

объекта, наличием необходимой информации и выбранной методики прогнозирования, квалификации прогнозиста.

Посредством применения методов решаются основные задачи прогнозирования:

- выявление перспектив ближайшего или более отдалённого будущего в исследуемой области на основе реальных процессов действительности;

- выработка оптимальных тенденций и перспективных планов с учётом составленного прогноза и оценки принятого решения с позиций его последствий в прогнозируемом периоде.

Основой технологии применения совокупности методов и моделей в процессе управления является системный подход - общенаучная методологическая концепция, при которой решение проблемы возможно только с использованием комплекса научных методов и знаний, охватывающего своими познавательными возможностями все многообразие сторон и проявлений исследуемого объекта.

1.3. Системные основы прогнозирования и планирования

Необходимость анализа объекта прогнозирования является отражением в прогностике более общей проблемы анализа объекта исследования. Целью анализа объекта прогнозирования является разработка прогностической модели, позволяющей получать прогнозную информацию об объекте. Процесс формирования целенаправленного поведения экономического объекта основывается на вероятностной информации о периоде упреждения, полученной в результате прогнозных исследований. В то же время основной целью прогнозирования является определение направлений перехода от возможных состояний объекта к желательным. Таким образом, очевидна необходимость интеграции процесса прогнозирования в системный и комплексный анализ проблем развития управляемых объектов. В свою очередь, логика прогнозного процесса основывается на системном подходе и результатах системного и комплексного анализа.

Дефиниции «системный» и «комплексный» анализ имеют различные объекты и предметы исследования.

Системный анализ (от греч. systema целое, составленное из частей) -совокупность методов и средств исследования сложных,

многоуровневых и многокомпонентных систем, объектов, процессов, опирающихся на комплексный подход, учет взаимосвязей и взаимодействий между элементами системы. Системный анализ является методологией изучения и решения сложных экономических, социально-технических и экологических проблем, встающих перед современной практикой.

Наиболее строго характеризовал системный анализ отраслевой стандарт министерства промышленности средств связи: «Системный анализ - это процесс, обеспечивающий максимальную типизацию технологии решения задач управления... Одной из его целей является повышение эффективности функционирования объекта на основе применения трех взаимосвязанных процедур: измерения, оценки и принятия решения для всех операций процесса управления».

Последовательность этапов системного анализа представлена несколькими логически взаимосвязанными этапами (рис. 1.5).



Рис. 1.5. Последовательность этапов системного анализа сложной проблемы

Последовательность можно кратко охарактеризовать следующим образом.

1. Вначале ставится цель организации. Если цель известным арсеналом средств достичь нельзя, то констатируется наличие проблемной ситуации. Дается формулировка проблемы.

2. Осуществляется процесс взаимосвязанной совокупности вопросов, подлежащих последующему исследованию - разработка дерева целей.

3. Осуществляется процесс определения связей между объектами системы, разработка статистических или функциональных моделей объекта управления.

4. Разрабатываются прогнозные оценки развития, результаты сравниваются с целевыми показателями.

5. Проводится диагностирование. Именно этот этап и является предметом «исследования систем управления». Выявляются резервы и формулируются альтернативы достижения главной цели. Наименьшее число альтернатив 2 (бинарная ситуация).

В практике решения сложных проблем стремятся к числу сформулированных альтернатив от 3 до 7.

6. Разрабатываются критерии и выбирается одна (максимум две) наиболее выгодная альтернатива. Для любой рациональной альтернативы разрабатывается программа мероприятий. Обычно мероприятия программы делят на три группы: организационные, технические и информационные.

Информационные мероприятия занимают особое место в решении проблем, так как обеспечивают создание информационных технологий для поддержки управленческого решения.

7. Осуществляется процесс совершенствования системы функционирования и развития, а также процесс совершенствования системы управления.

Системный анализ, аккумулируя знания и адаптируя (развивая и наращивая) методы специальных дисциплин, не стремится к выявлению всеобщих закономерностей и установлению общих законов природы. В этом смысле он не обладает общностью научной теории, но зато ему присущ конструктивный прагматизм – строгая ориентация на разрешение практических проблем по заданию заказчика, в интересах потребителя, в установленные сроки и в пределах выделенного объема финансирования. Тем самым не только точно формируется предмет исследования, но и определяется основной объект системного анализа – системы, процессы функционирования которых привели к возникновению проблем, требующих своего разрешения.

К показателям существенных свойств систем можно отнести следующие:

- *общесистемные свойства* – целостность, устойчивость, наблюдаемость, управляемость, детерминированность, открытость, динамичность и др.;
- *структурные свойства* – состав, связность, организация, сложность, масштабность, пространственный размах, централизованность, объем и др.;
- *функциональные (поведенческие) свойства* – результативность, ресурсоемкость, оперативность, активность, мощность, мобильность, производительность, быстрдействие, готовность, работоспособность, точность, экономичность и др.

В совокупности результативность, ресурсоемкость и оперативность порождают комплексное свойство – *эффективность процесса*, то есть степень его адекватности достижению цели.

Системность анализа органически связана с его комплексностью. *Системность* – понятие более емкое, чем комплексность, и поэтому последнюю можно рассматривать как важную составляющую системного анализа. Развитие рыночных отношений и новых методов хозяйствования, основанных на различных формах собственности, вызывает необходимость системного комплексного анализа проблем развития экономики. Акцент на анализе целостных свойств, выявление всесторонних связей и зависимостей между различными сторонами и видами экономической деятельности с точки зрения ее целостности составляют *основную отличительную особенность системного анализа*.

Главное место в *методологии системного анализа* хозяйственной деятельности занимают универсальные принципы иерархического построения аналитических показателей. Система аналитических показателей должна отражать реальные процессы и явления и быть адекватной им. Количество показателей должно быть достаточным, их набор должен быть полным для объективной оценки результатов хозяйственной деятельности и достигнутого уровня использования производственного потенциала, скрытых резервов производства. Система показателей должна включать как результативные, так и факторные параметры хозяйственной деятельности.

Взаимосвязь основных групп показателей хозяйственной деятельности предприятий определяет схему и последовательность

проведения их *комплексного экономического* анализа как совокупности локальных анализов. При этом особое значение имеет объективная основа формирования показателей.

При решении вопроса о последовательности комплексного анализа: идти ли от анализа первичных показателей к обобщающим (синтез) или, наоборот, от обобщающих к первичным (анализ) – нельзя не учитывать задачи и цели анализа (не исключается возможность различной последовательности при соответствующей практической организации анализа).

Основное в комплексном анализе – системность, увязка отдельных разделов (блоков) анализа между собой, анализ взаимосвязи и взаимной обусловленности этих разделов и вывод результатов анализа каждого блока на обобщающие показатели эффективности.

К основным понятиям комплексного анализа относятся полнота или всесторонность анализа, системность анализа, наличие единой цели анализа, согласованность и одновременность анализа. Комплексный анализ предполагает изучение всех сторон экономической деятельности. Полный и всесторонний анализ — только одно из условий достижения его комплексности. Другим необходимым условием комплексности является использование в анализе единой цели, позволяющей объединить отдельные направления анализа, показатели и факторы производства в единую систему.

Сделаем выводы по содержанию системного и комплексного анализа:

1. *Системный* анализ основан на принципах *комплексности*, то есть решение системной проблемы возможно только с использованием комплекса научных методов и знаний, охватывающего своими познавательными возможностями все многообразие сторон и проявлений исследуемого объекта.

2. *Комплексный* анализ основан на принципах *системности*, так как анализ показателей проводится в рамках обоснованной последовательности на базе системного подхода.

3. На основе *результатов системного анализа* определяются направления развития управляемого объекта в периоде упреждения, *результат комплексного анализа* – оценка фактического (наблюдаемого) экономического состояния.

Системный анализ проблем экономического развития повышает научную обоснованность прогнозов и управленческих решений и позволяет определить логическую последовательность использования методов и моделей в процессе исследования, прогнозирования и решения проблемы.

Комплексный анализ экономического состояния управляемого объекта формирует информационную основу прогнозирования, дает возможность спецификации, идентификации и верификации прогнозных моделей, определяет принципы и логику построения комплексных систем прогнозирования.

В концепции прогнозирования можно выделить основные положения:

1. Прогнозирование основывается на определенных принципах:

– *принцип системности* - требующий взаимосвязи и соподчиненности прогнозов объекта прогнозирования и прогнозного фона и их элементов с учетом обратных связей;

– *принцип согласованности* - требующий согласования нормативных и поисковых прогнозов различной природы и различного периода упреждения;

– *принцип вариантности* - требующий разработки вариантов прогноза, исходя из особенностей рабочей гипотезы, постановки цели (в нормативном прогнозировании) и вариантов прогнозного фона;

– *принцип непрерывности* - требующий корректировки прогнозов по мере необходимости при поступлении новых данных об объекте прогнозирования;

– *принцип верифицируемости* - требующий определения достоверности, точности и обоснованности прогнозов;

– *принцип рентабельности* - требующий превышения экономического эффекта от использования прогноза над затратами на его разработку.

2. Прогнозный результат должен объединять генетический и нормативный подходы к прогнозированию.

Генетический подход к прогнозированию отражает зависимость будущего от настоящего через некоторые интервалы. *Нормативно-целевой* подход исходит из определения результата, который должен быть достигнут в будущем.

3. Достоверный прогноз синтезирует качественный и количественный подходы к прогнозному процессу.

Качественный подход реализуется через использование интуитивных (экспертных) методов прогнозирования, количественный посредством фактографических методов.

Сущность *экспертных методов* заключается в построении рациональной процедуры интуитивно-логического мышления человека в сочетании с количественными методами оценки и обработки полученных результатов. При этом *обобщенное мнение экспертов принимается как решение проблемы*. В случае применения методов экспертных оценок для предвидения результатов развития экономических объектов преимущественно реализуется качественный подход к прогнозному процессу.

Фактографические методы базируются на первичной информации об объекте, обычно документально зафиксированной на каком-либо носителе. Большинство современных прогнозов получены на основе эконометрических моделей: моделей временных рядов, регрессионных зависимостей, систем эконометрических уравнений.

Комбинированные методы используют смешанные информационные массивы, т.е. и фактографическую информацию и экспертную. Эти методы получили развитие в условиях резких изменений внешней среды, когда возникла необходимость корректировки и совершенствования существующих методов управления.

В условиях неопределенной внешней среды целесообразно объединять количественный и качественный подходы к прогнозному процессу путем синтеза формализованных и интуитивных методов.

4. Прогнозные результаты должны быть верифицированы. Целью верификации прогнозных результатов является оценка качества прогнозов. Качество прогноза – это совокупность характеристик, которые в комплексе позволяют сделать прогноз эффективным и полезным в управлении, обеспечивают получение достоверного описания объекта на некоторую перспективу.

5. Основными *задачами прогнозирования* являются:

– выявление перспектив ближайшего и ли более отдалённого будущего в исследуемой области на основе реальных процессов действительности;

– выработка оптимальных тенденций и перспективных планов с учётом составленного прогноза и оценки принятого решения с позиций его последствий в прогнозируемом периоде.

Основой технологии применения совокупности методов и моделей в процессе управления является системный подход - общенаучная методологическая концепция, при которой решение проблемы возможно только с использованием комплекса научных методов и знаний, охватывающего своими познавательными возможностями все многообразие сторон и проявлений исследуемого объекта.

Тренировочные задания

1. Используя рекомендуемые источники литературы и интернет-ресурсы, охарактеризуйте особенности развития теории и практики прогнозирования в российских экономических условиях.

2. Назовите выдающихся ученых в области прогнозных исследований. В чем заключался их вклад в развитие прогнозных наук? Сравните исторические условия формирования парадигмы экономического прогнозирования в России и других странах.

3. Проанализируйте генетический и нормативно-целевой подходы к прогнозному процессу. Изучите историю формирования подходов и докажете необходимость их синтеза в разработке прогнозов на различных уровнях развивающейся экономики.

4. Используя справочную правовую систему «Консультант», прочтите Федеральные законы «О государственном прогнозировании и программах социально-экономического развития Российской Федерации» от 20 июля 1995 г. и «О государственном стратегическом планировании». Выразите свою точку зрения по поводу их содержания и предложите возможные дополнения к статьям законов. Уточните, разработаны ли аналогичные нормативно-законодательные документы в региональном законодательстве субъекта Федерации.

5. По материалам официального сайта Института народнохозяйственного прогнозирования Российской академии наук (ИНП РАН) (www.ecfor.ru) охарактеризуйте основные направления деятельности этой организации в текущем году. Изучите рынок консалтинговых услуг в области прогнозно-

аналитических исследований по материалам периодической печати и информации в сети Интернет.

6. Осуществите обзор дефиниции «прогнозирование», а также приведите различные варианты классификации методов прогнозирования.

2. Методы прогнозирования динамики экономических процессов

2.1. Экстраполяция тенденции временного ряда

Временным рядом (динамическим рядом) называется набор значений какого-либо показателя за несколько последовательных моментов или периодов времени. Отдельные наблюдения называются уровнями ряда.

Целесообразно выделить следующие 4 типа факторов, под воздействием которых формируются значения элементов временного ряда.

1. Долговременные факторы, формируют общую (в длительной перспективе) тенденцию в изменении анализируемого показателя. Обычно эта тенденция описывается с помощью той или иной функции зависимости от времени. Эту функцию называют функцией тренда (трендом).

Обычно под термином «*тренд*» подразумевают длительную тенденцию изменения показателей временного ряда, на которую могут накладываться другие составляющие.

2. Сезонные факторы, формируют периодически повторяющиеся в определенное время года колебания анализируемого показателя. Поскольку эта функция должна быть периодической (с периодами, кратными «сезонам»), в ее аналитическом выражении участвуют гармоники, периодичность которых, как правило, обусловлена содержательной сущностью задачи.

3. Циклические факторы, формируют изменения анализируемого показателя, обусловленные действием долговременных циклов экономической, демографической или астрофизической природы (волны Кондратьева, демографические «ямы», циклы солнечной активности и т.п.).

4. Случайные - факторы, не поддающиеся учету и регистрации. Их воздействие на формирование значений временного ряда как раз и обуславливает стохастическую природу элементов временного ряда, а следовательно, и необходимость их интерпретации как наблюдений, произведенных над случайными величинами.

Конечно, вовсе не обязательно, чтобы в процессе формирования значений всякого временного ряда участвовали одновременно факторы всех четырех типов. Однако во всех случаях предполагается неперенное участие случайных факторов.

Выводы о том, участвуют или нет факторы данного типа в формировании значений показателя, могут базироваться как на анализе содержательной сущности задачи (т.е. быть априорно-экспертными по своей природе), так и на специальном статистическом анализе исследуемого временного ряда.

Самая распространенная группа фактографических (формализованных) статистических методов, используемая для прогнозирования экономической динамики – методы прогнозной экстраполяции.

Методы экстраполяции динамических рядов делятся на два основных блока методов: *аналитические* (нередко исследователи называют его методом прогнозирования с помощью тренда) и *адаптивные*. Первые, в свою очередь, могут быть *простой экстраполяцией* и *экстраполяцией тренда*.

Прогнозирование на основе экстраполяции тренда включает ряд последовательных этапов:

- 1) анализ и обработка исходной информации, проверка ряда динамики на наличие тренда;
- 2) выбор вида функции, описывающей временной ряд;
- 3) определение параметров прогнозной функции;
- 4) расчёт точечных и интервальных прогнозов.

Временной ряд содержит результаты наблюдения за процессом на некотором участке времени. Этот участок называется участком наблюдения (рис. 2.1).

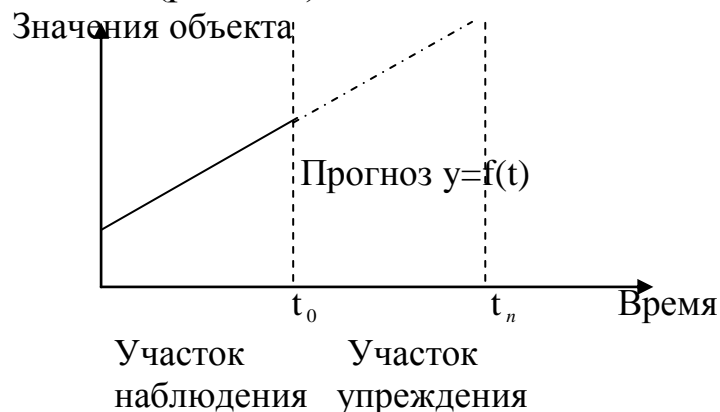


Рис. 2.1. Экстраполяция тренда

Отрезок времени от последнего наблюдения до того момента, для которого нам необходимо получить прогноз, называется участком упреждения.

Сплошная линия (см. рис.2.1) изображает тренд. Математическая модель тренда – аппроксимирующая функция - построена на основе ретроспективных данных временного ряда. Пунктирная линия характеризует прогнозные значения экстраполированной линии тренда.

Прежде чем подбирать тренд под динамический ряд, статистически проверяют гипотезу о его существовании. Существует несколько подходов к решению этой задачи: проверка разности средних, использование поворотных точек, корреляция рангов, применение критерия Кокса и Стюарта, Валлиса и Мура, метод серий и др.

Выбор вида функции несёт в себе большую долю субъективизма, так как проводится на основании визуального анализа ряда данных и логико-математического анализа свойств функций.

При прогнозировании динамических рядов аппроксимируют временные ряды наблюдаемых показателей следующими элементарными функциями:

- 1) $y = a + b_1 \cdot t$ (уравнение прямой линии);
- 2) $y = a + b_1 \cdot t + b_2 \cdot t^2$ (парабола 2-го порядка);
- 3) $y = a + b_1 \cdot t + b_2 \cdot t^2 + b_3 \cdot t^3$ (парабола 3-го порядка);
- 4) $y = a + b \cdot \ln(t)$ (логарифмическая);
- 5) $y = a \cdot t^b$ (степенная);
- 6) $y = a \cdot b^t$ (показательная);
- 7) $y = a + \frac{b}{t}$ (гиперболическая);
- 8) $y = \frac{1}{a + b \cdot e^{-t}}$ (логистическая);
- 9) $y = \sin t, y = \cos t$ (тригонометрическая).

Иногда встречаются случаи, когда более или менее обоснованно для экстраполяции можно применить несколько типов кривых (комбинированные функции).

Выделение тренда может быть произведено тремя методами: скользящей средней, укрупнения интервала или аналитического выравнивания.

При прогнозировании предполагается либо полностью исключать полиномиальные функции, либо ограничить их максимальный порядок величиной 2-3 по причине того, что полином с высокой степенью может достаточно хорошо быть подогнан под временной ряд, но давать совершенно не интерпретируемые и неправильные прогнозы.

При подборе аппроксимирующей функции, обеспечивающей минимальное значение стандартного отклонения, можно использовать рекомендации практиков. Они, в частности, для прогнозирования спроса рекомендуют применять следующие элементарные функции:

- 1) $y_t = a$ (функция спроса не зависит от времени);
- 2) $y_t = a + b \cdot t$ (функция спроса линейно зависит от времени);
- 3) $y_t = a + u \cdot \cos \frac{2\pi}{n} t + v \cdot \sin \frac{2\pi}{n} t$ (функция спроса циклично зависит от времени);
- 4) $y_t = a + b \cdot t + u \cdot \cos \frac{2\pi}{n} t + v \cdot \sin \frac{2\pi}{n} t$ (функция спроса линейно-циклично меняется во времени).

Параметры прогнозной функции обычно оцениваются методом наименьших квадратов, и данный этап является самым лёгким, так как существует огромное множество пакетов, позволяющих проводить данную оценку (Statistica, SPSS, CurveExpert, Table Curve и др.). При простой экстраполяции динамического ряда прогнозная оценка (точечный прогноз) на период упреждения рассчитывается как средняя арифметическая значений интервала оценивания.

Практически вид тренда можно подобрать следующими способами:

- графический, используя автоматический подбор функций в Excel;
- применением метода наименьших квадратов (МНК) и использованием Excel только для заполнения технологических таблиц;
- использованием функции Excel «Поиск решения».

Вероятность того, что точечный прогноз совпадает с реальными данными, крайне мала, поэтому рассчитывается доверительный интервал с учётом уровня значимости и стандартного отклонения средней (S_{y_f}) – интервальный прогноз.

Интервальный прогноз рассчитывается на основе стандартной ошибки прогноза.

$$S_{Y_f} = S_r \sqrt{1 + \frac{1}{n} + \frac{(T - \bar{t})^2}{\sum (t - \bar{t})^2}}, \quad (2.1)$$

где \bar{t} - середина временного интервала наблюдений;

T – момент прогноза;

n – общая величина временного интервала;

S_r – стандартная ошибка уравнения;

$$S_r = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - Y_f)^2}{n - p}}, \quad (2.2)$$

Y_i – фактическое значение ряда в момент времени i ;

Y_f – прогнозное значение;

p – число степеней свободы.

Приведенные формулы позволяют рассчитать расширяющийся доверительный интервал, указывающий на рост неопределенности с повышением горизонта прогноза.

При применении экстраполяции точное совпадение фактических данных и прогностических оценок маловероятно. Причина погрешностей заключается в следующем:

- выбор формы кривой, характеризующей тренд, содержит элемент субъективизма. Во всяком случае, часто нет твердой основы для того, чтобы утверждать, что выбранная форма кривой является единственно возможной или тем более наилучшей для экстраполяции данных в конкретных условиях;
- оценивание параметров кривых (иначе говоря, оценивание тренда) производится на основе ограниченной совокупности наблюдений, каждое из которых содержит случайную компоненту;
- возможны случаи, когда форма кривой, описывающей тенденцию, выбрана неправильно или когда тенденция развития в будущем может существенно измениться и не следовать тому типу кривой, который был принят при выравнивании.

Прогнозирование на основе экстраполяции тенденции временного ряда достаточно часто используется в практике разработки прогнозов различных показателей. Преимуществом

этого метода является простота применения, но прогнозные результаты могут быть неточными, оценивают развитие объекта только при условии сохранения сложившихся тенденций, что во многих случаях существенно ограничивает область использования.

2.2. Оценка устойчивости тенденции показателей временного ряда

В основе экстраполяционных методов прогнозирования лежит предположение о том, что основные факторы и тенденции, имевшие место в прошлом, сохраняются в будущем. Сохранение этих тенденций - неперенное условие успешного прогнозирования. При этом необходимо, чтобы учитывались лишь те тенденции, которые еще не устарели и до сих пор оказывают влияние на изучаемый процесс. Следовательно, целесообразно оценить устойчивость тенденции и учитывать результаты этой оценки в прогнозировании.

Устойчивость характеризуется преобладанием закономерности над случайностью в изменении уровней ряда. Существует несколько подходов для ее измерения.

Для характеристики динамики изменения экономических показателей используется понятие *автокорреляции*, которое характеризует не только взаимозависимость уровней одного и того же ряда, относящихся к разным моментам наблюдения, но и степень устойчивости развития процесса во времени, величину оптимального периода прогнозирования и т. п. Например, коэффициент автокорреляции процентных ставок депозитов, межбанковского кредита и кредитования предприятий, вычисленный для временных рядов, уровни которых представлены месячными данными, при лаге (сдвиге), равном единице, равняется 0,7-0,85, при лаге в два шага его значения колеблются в пределах 0,30-0,55, а при больших сдвигах значения быстро приближаются к нулю. Следовательно, прогноз этих показателей в настоящее время следует ограничить лишь одним-двумя месяцами, поскольку на более длительный период взаимосвязь не прослеживается.

Устойчивость экономических процессов можно рассматривать: 1) как категорию, противоположную колеблемости, и 2) как устойчивость направленности изменений.

В первом случае показатель устойчивости можно измерять как разность между единицей и относительным показателем колеблемости. В свою очередь, показатель колеблемости вычисляется как отношение среднеквадратического отклонения от тренда к среднему значению показателя.

$$V_y = \frac{S_y}{\bar{y}}, \quad (2.3)$$

где V_y - показатель колеблемости уровней временного ряда;

S_y - среднеквадратическое отклонение уровней временного ряда от рассчитанных по уравнению тренда (стандартное отклонение);

$$S_y = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n (y - y_t)^2}{n - p}} \quad (2.4)$$

\bar{y} - среднее значение уровней временного ряда;

y - фактические значения уровней временного ряда;

y_t - значения уровней временного ряда, рассчитанные по уравнению тренда.

p - количество параметров уравнения тренда.

Следовательно, показатель устойчивости определим по формуле:

$$W_y = (1 - V_y) \cdot 100\% \quad (2.5)$$

Показатель устойчивости характеризует близость фактических уровней к тренду. Изменения показателей считаются устойчивыми, если показатель устойчивости не менее 67% (т.е. показатель колеблемости не превышает 33%).

Во втором случае устойчивость характеризует уровни временного ряда как процесс их направленного изменения. С этих позиций полной устойчивостью направленного изменения уровней временного ряда следует считать такое их изменение, в процессе которого каждый следующий уровень либо выше всех предшествующих (устойчивый рост), либо ниже всех предшествующих (устойчивое снижение). Всякое нарушение

строго ранжированной последовательности уровней свидетельствует о неполной устойчивости их развития.

При такой интерпретации в качестве показателя устойчивости тенденции можно использовать коэффициент корреляции рангов Ч. Спирмена

$$r = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n \Delta_i^2}{n^3 - n}, \quad (2.6.)$$

где n – число уровней временного ряда;

Δ_i - разность рангов уровней и номеров периодов времени.

Коэффициент корреляции рангов Спирмена изменяется от -1 до 1. При хаотическом чередовании подъемов и падений исследуемого процесса его значение будет близко к нулю.

2.3. Прогнозирование сезонных колебаний

Влияние сезонности на экономику вполне однозначно - это аритмия производственных процессов. Для того, чтобы можно было целенаправленно влиять на сезонность, необходимо уметь ее измерять и анализировать, уметь предвидеть развитие процессов, подверженных сезонным колебаниям. Решение поставленных задач сводится к выполнению следующих этапов:

1) определение наличия во временном ряду тренда и определение его гладкости;

2) выявление наличия во временном ряду сезонных колебаний. Анализ значений автокорреляционной функции изучаемого временного ряда;

3) фильтрация компонент ряда;

4) анализ динамики сезонной волны;

5) исследование факторов, определяющих сезонные колебания;

6) прогнозирование тренд-сезонных процессов.

Моделирование и прогнозирование сезонных колебаний особенно актуально для хозяйственных субъектов, так как многие показатели экономической деятельности предприятий и организаций имеют сезонные колебания. Прогнозы сезонных колебаний обеспечивают совершенствование управления и обеспечивают экономическую безопасность предприятия.

Существует несколько подходов к анализу структуры временных рядов, содержащих сезонные или циклические колебания. Простейший подход - расчет значений сезонной компоненты методом скользящей средней и построение аддитивной или мультипликативной модели временного ряда. Общий вид аддитивной модели

$$Y = T + S + E \quad (2.7)$$

Эта модель предполагает, что каждый уровень временного ряда может быть представлен как сумма трендовой (T), сезонной (S) и случайной (E) компонент. Общий вид мультипликативной модели выглядит так:

$$Y = T \cdot S \cdot E \quad (2.8)$$

Эта модель предполагает, что каждый уровень временного ряда может быть представлен как произведение трендовой (T), сезонной (S) и случайной (E) компонент. Выбор одной из двух моделей осуществляется на основе анализа структуры сезонных колебаний. Если амплитуда колебаний приблизительно постоянна, строят аддитивную модель временного ряда, в которой значения сезонной компоненты предполагаются постоянными для различных циклов. Если амплитуда сезонных колебаний возрастает или уменьшается, строят мультипликативную модель временного ряда, которая ставит уровни ряда в зависимость от значений сезонной компоненты.

Выявление и устранение сезонного эффекта (в некоторых источниках применяется термин «десезонализация уровней ряда») необходимо по двум причинам.

Во-первых, воздействие сезонных колебаний следует устранять на этапе предварительной обработки исходных данных при изучении взаимосвязи нескольких временных рядов. Поэтому в российских и международных статистических сборниках публикуются данные, в которых устранено влияние сезонной компоненты (если это ежемесячная или поквартальная статистика): например, показатели объемов производства в отдельных отраслях промышленности, уровня безработицы и т.д.

Во-вторых, это анализ структуры одномерных временных рядов с целью прогнозирования уровней ряда в будущие моменты времени.

Построение аддитивной и мультипликативной моделей сводится к расчету значений T , S и E для каждого уровня ряда.

Процесс построения модели включает следующие этапы.

- 1) выравнивание исходного ряда методом скользящей средней;
- 2) расчет значений сезонной компоненты S ;
- 3) устранение сезонной компоненты из исходных уровней ряда и получение выровненных данных $(T + E)$ в аддитивной или $(T \cdot E)$ в мультипликативной модели;
- 4) аналитическое выравнивание уровней $(T + E)$ или $(T \cdot E)$ и расчет значений T с использованием полученного уравнения тренда;
- 5) расчет полученных по модели значений $(T + S)$ или $(T \cdot S)$;
- 6) расчет абсолютных и(или) относительных ошибок.

Если полученные значения ошибок не содержат автокорреляции, ими можно заменить исходные уровни ряда и в дальнейшем использовать временной ряд ошибок E для анализа взаимосвязи исходного ряда и других временных рядов.

Процесс прогнозирования по аддитивной и мультипликативной модели имеет отличия, обусловленные спецификой моделей.

Прогнозное значение уровня временного ряда в *аддитивной модели* - это сумма трендовой и сезонной компонент. Для определения прогнозной трендовой компоненты используют уравнение тренда T , полученное на четвертом этапе, и значения показателей времени для периода упреждения. Полученные прогнозные трендовые значения суммируются с соответствующими значениями сезонной компоненты, рассчитанными на втором этапе.

Прогнозное значение уровня временного ряда в *мультипликативной модели* - это произведение трендовой и сезонной компонент. Для определения прогнозной трендовой компоненты используют уравнение тренда T , полученное на четвертом этапе, и значения показателей времени для периода упреждения. Полученные прогнозные трендовые значения умножаются на соответствующие значения сезонной компоненты, рассчитанные на втором этапе.

Аддитивная и мультипликативная модели могут быть использованы для прогнозирования показателей развития сельскохозяйственного производства, имеющего сезонный характер; прогноза сезонного спроса на некоторые продукты

питания, лекарственные средства, строительные материалы и т.д.

Тренировочные задания

1. Имеются данные о спросе в течение года (табл. 2.1).
Рассчитать прогноз спроса на первый квартал следующего года.

Таблица 2.1

Постоянный уровень спроса со случайными отклонениями

Месяц	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Итого
Спрос, усл. ед.	90	111	99	89	87	84	104	102	95	114	103	113	1191

Пример выполнения задания

Используем способы нахождения параметров тренда, описанные в параграфе 2.1.

Графический способ решения

Для аппроксимации показателя спроса во времени наложим элементарные функции в Excel (рис. 2.2-2.6).

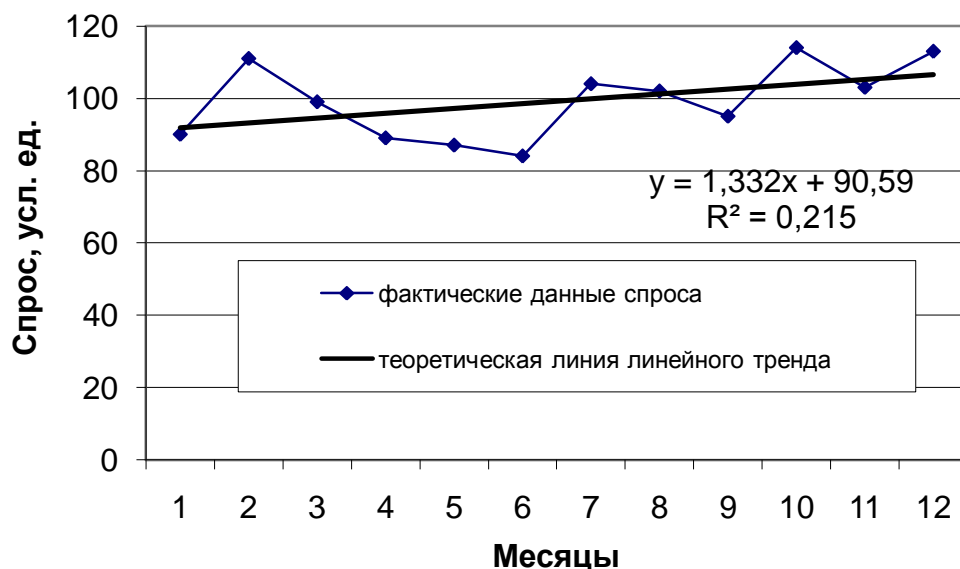


Рис. 2.2. Аппроксимация зависимости показателя спроса от времени линейной функцией

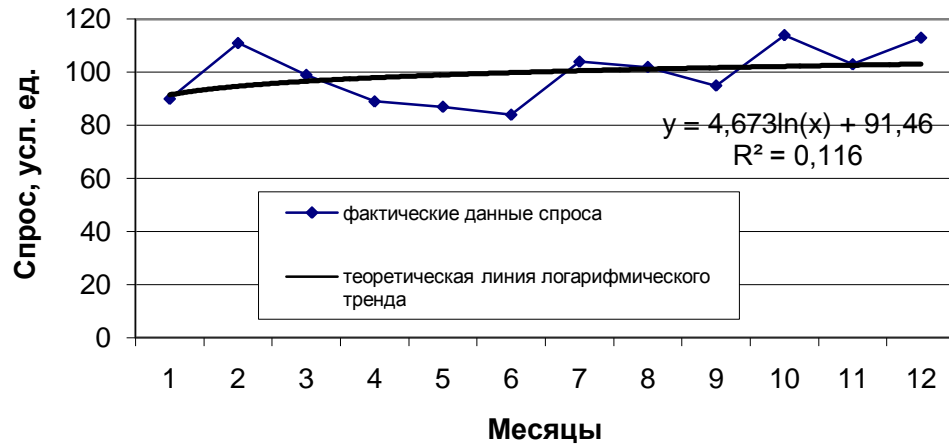


Рис. 2.3. Аппроксимация зависимости показателя спроса от времени логарифмической функцией

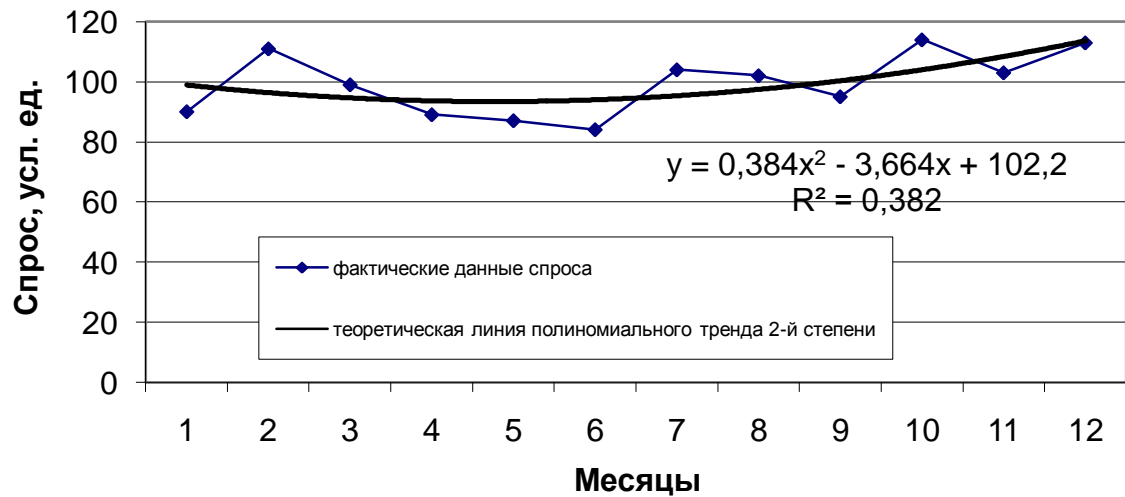


Рис. 2.4. Аппроксимация зависимости показателя спроса от времени полиномиальной функцией 2-й степени

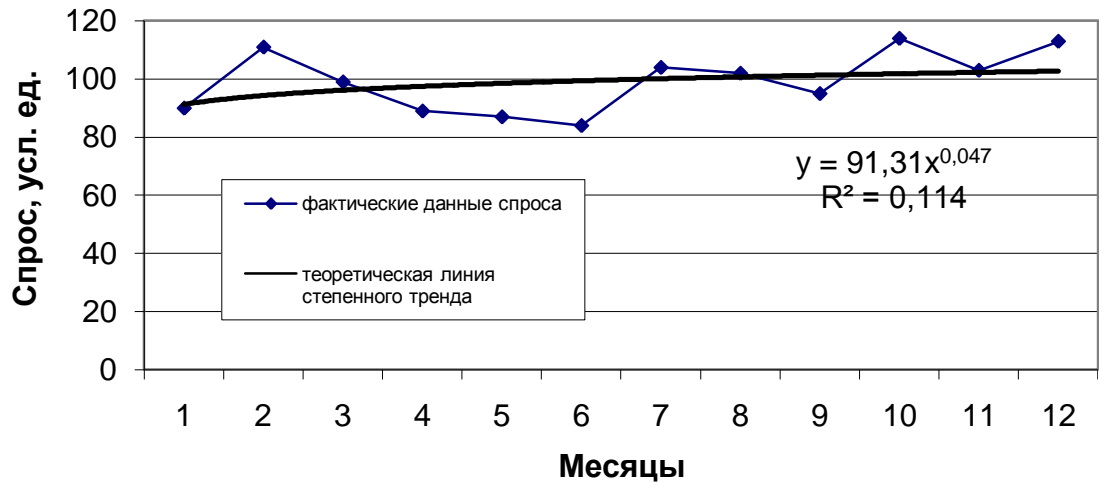


Рис. 2.5. Аппроксимация зависимости показателя спроса от времени степенной функцией

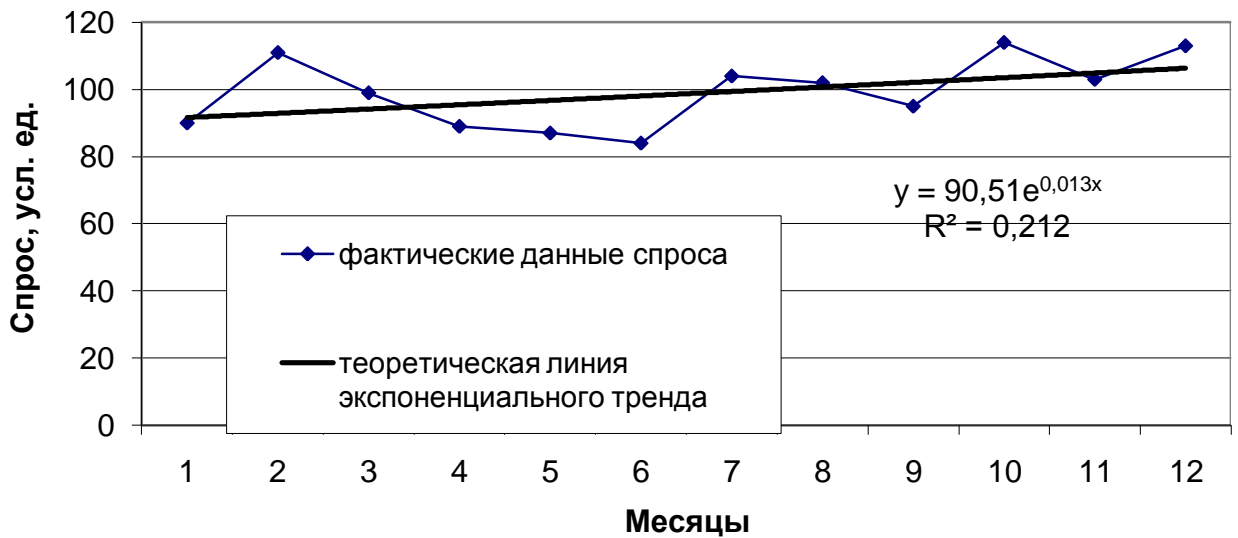


Рис. 2.6. Аппроксимация зависимости показателя спроса от времени экспоненциальной функцией

Полученные функции сравниваются по показателям адекватности и выбирается наиболее предпочтительная для осуществления прогноза.

Применение МНК

1. Пусть уровень спроса постоянный и испытывает случайные отклонения относительно некоторого фиксированного значения $a = \text{const}$. В таком случае допустимо задать прогнозную функцию $y_t = a$.

Применим МНК:

$$E = \sum_{i=1}^n (y - y_t)^2 \rightarrow \min; E = \sum_{i=1}^n (y - a)^2 \rightarrow \min; \frac{\partial E}{\partial a} = -2 \sum_{i=1}^n (y - a) = 0; - \sum_{i=1}^n y + \sum_{i=1}^n a = 0;$$

$$n \cdot a = \sum y; a = \frac{\sum y}{n} - \text{среднее значение фактического спроса.}$$

$$a = \frac{\sum y}{n} = \frac{1191}{12} = 99,25.$$

Таким образом, в прогнозном периоде средний уровень спроса составит 99,25 усл. ед. (точный прогноз). Для расчёта интервального прогноза спроса составим технологическую таблицу 2.2.

Таблица 2.2

Технологическая таблица расчета показателей
аппроксимации функции $y_t = a$

t	y	y_t	$ y - y_t $	$\frac{ y - y_t }{y}$	$(y - y_t)^2$
1	90	99,25	9,25	0,10	85,56
2	111	99,25	11,75	0,11	138,06
3	99	99,25	0,25	0,00	0,06
4	89	99,25	10,25	0,12	105,06
5	87	99,25	12,25	0,14	150,06
6	84	99,25	15,25	0,18	232,56
7	104	99,25	4,75	0,05	22,56
8	102	99,25	2,75	0,03	7,56
9	95	99,25	4,25	0,04	18,06
10	114	99,25	14,75	0,13	217,56
11	103	99,25	3,75	0,04	14,06
12	113	99,25	13,75	0,12	189,06
78	1191	1191	103	1,05	1180,25

Рассчитаем стандартное отклонение:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Y - Y_t)^2}{n - p}} = \sqrt{\frac{1180,25}{12 - 1}} = 10,4.$$

Таким образом, в прогнозном периоде средний уровень спроса будет находиться в интервале $[99,25-S; 99,25+S]$, т.е. в интервале $[88,85; 109,65]$.

Рассчитаем среднюю ошибку аппроксимации:

$$\bar{A} = \frac{1}{n} \sum \left| \frac{y_t - y}{y} \right| \cdot 100\% = \frac{1}{12} \cdot 1,05 \cdot 100\% = 8,8\% .$$

Так как ошибка прогноза $A=8,8\% < 12\%$, то полученный прогноз адекватен реальным условиям.

2. Пусть уровень спроса линейно зависит от времени. В таком случае допустимо задать прогнозную функцию $y_t = a + b \cdot t$.

Для нахождения параметров заданной функции применим МНК: $E = \sum (y - a - b \cdot t)^2 \rightarrow \min$

$$\begin{cases} \frac{\partial E}{\partial a} = -2 \sum (y - a - b \cdot t) = 0 \\ \frac{\partial E}{\partial b} = -2 \sum (y - a - b \cdot t) \cdot t = 0 \end{cases} \begin{cases} \sum a + \sum bt = \sum y \\ \sum at + \sum bt^2 = \sum yt \end{cases} \begin{cases} na + b \sum t = \sum y \\ a \sum t + b \sum t^2 = \sum yt \end{cases}$$

Для расчета параметров системы построим технологическую таблицу 2.3.

Таблица 2.3.

Технологическая таблица расчета параметров системы

t	Y	t ²	y·t
1	90	1	90
2	111	4	222
3	99	9	297
4	89	16	356
5	87	25	435
6	84	36	504
7	104	49	728
8	102	64	816
9	95	81	855
10	114	100	1140
11	103	121	1133
12	113	144	1356
78	1191	650	7932

$$\begin{cases} 12a + 78b = 1191 \\ 78a + 650b = 7932 \end{cases}$$

Используя формулы Крамера для решения системы уравнений, получим $a=90,5$; $b=1,33$.

Таким образом, уравнение примет вид $y = 1,33 \cdot t + 90,5$.

Рассчитаем точечные оценки прогноза:

$$y(13)=1,33 \cdot 13+90,5=107,79;$$

$$y(14)=1,33 \cdot 14+90,5=109,12;$$

$$y(15)=1,33 \cdot 15+90,5=110,45.$$

Интервальный прогноз рассчитывается на основе стандартной ошибки прогноза по формуле 2.1:

- верхняя граница – $\bar{Y}_p (N + k) + s_{y_f}$;
- нижняя граница – $\bar{Y}_p (N + k) - s_{y_f}$.

Рассчитаем стандартную ошибку уравнения. Для этого построим технологическую таблицу 2.4.

Таблица 2.4

Технологическая таблица расчёта стандартной ошибки уравнения линейной функции

t	Y	Y _p	E(t)	E(t) ²	t- \bar{t}	(t- \bar{t}) ²
1	90	91,83	-1,83	3,35	-5,5	30,25
2	111	93,16	17,84	318,27	-4,5	20,25
3	99	94,49	4,51	20,34	-3,5	12,25
4	89	95,82	-6,82	46,51	-2,5	6,25
5	87	97,15	-10,15	103,02	-1,5	2,25
6	84	98,48	-14,48	209,67	-0,5	0,25
7	104	99,81	4,19	17,56	0,5	0,25
8	102	101,14	0,86	0,74	1,5	2,25
9	95	102,47	-7,47	55,80	2,5	6,25
10	114	103,8	10,2	104,04	3,5	12,25
11	103	105,13	-2,13	4,54	4,5	20,25
12	113	106,46	6,54	42,77	5,5	30,25
6,5		1189,74		926,61		143

По данным таблицы рассчитаем верхнюю и нижнюю границы интервальных прогнозов.

$$s_r = \sqrt{\frac{926,61}{12-2}} = 9,63 \text{ - стандартная ошибка}$$

Используя формулу 2.1. получаем величины интервалов для t=13, t=14, t=15.

$$S_{y_f} = 9,63 \times \sqrt{1 + \frac{1}{12} + \frac{(13-6,5)^2}{143}} = 9,63 \times 1,17 = 11,27$$

$$\text{Нижняя граница}(t=13) = 107,79 - 11,27 = 96,52;$$

$$\text{Верхняя граница}(t=13) = 107,79 + 11,27 = 119,06.$$

$$S_{y,t} = 9,63 \times \sqrt{1 + \frac{1}{12} + \frac{(14 - 6,5)^2}{143}} = 9,63 \times 1,21 = 11,65$$

Нижняя граница(t=14) = 109,12-11,65 = 97,47;

Верхняя граница(t=14) = 109,12+11,65 = 120,77.

$$S_{y,t} = 9,63 \times \sqrt{1 + \frac{1}{12} + \frac{(15 - 6,5)^2}{143}} = 9,63 \times 1,26 = 12,13$$

Нижняя граница(t=15) = 110,45-12,13 = 98,32;

Верхняя граница(t=15) = 110,45+12,13 = 122,58.

Построим сводную таблицу 2.5.

Таблица 2.5

Точечные и интервальные прогнозные оценки

t	k	Y _{p(t)}	Нижняя граница	Верхняя граница
13	1	107,79	96,52	119,06
14	2	109,12	97,47	120,77
15	3	110,45	98,32	122,58

Рассчитав коэффициент аппроксимации, проведем оценку качества прогноза (табл. 2.6).

Таблица 2.6

Технологическая таблица расчёта ошибки аппроксимации

t	y	y _t	y - y _t	y - y _t	$\frac{ y - y_t }{y}$
1	90	91,83	-1,83	1,83	0,0203
2	111	93,16	17,84	17,84	0,1607
3	99	94,49	4,51	4,51	0,0456
4	89	95,82	-6,82	6,82	0,0766
5	87	97,15	-10,15	10,15	0,1167
6	84	98,48	-14,48	14,48	0,1724
7	104	99,81	4,19	4,19	0,0403
8	102	101,14	0,86	0,86	0,0084
9	95	102,47	-7,47	7,47	0,0786
10	114	103,8	10,2	10,2	0,0895
11	103	105,13	-2,13	2,13	0,0207
12	113	106,46	6,54	6,54	0,0579
Сумма					0,8877

$$A = \frac{1}{12} \cdot 0,8877 \cdot 100\% = 7,4\%.$$

Вывод: полученная средняя ошибка аппроксимации не превышает 12%, что говорит об адекватности функции реальным условиям.

3. Пусть уровень спроса циклично зависит от времени. В таком случае допустимо задать прогнозную функцию $y_t = a + u \cdot \cos \frac{2\pi}{n}t + v \cdot \sin \frac{2\pi}{n}t$.

Для нахождения параметров заданной функции применим МНК:

$$E = \sum (y - a - u \cdot \cos \frac{2\pi}{n}t - v \cdot \sin \frac{2\pi}{n}t)^2 \rightarrow \min$$

$$\begin{cases} \frac{\partial E}{\partial a} = -2(\sum y - \sum a - \sum u \cos \frac{2\pi}{n}t - \sum v \sin \frac{2\pi}{n}t) = 0 \\ \frac{\partial E}{\partial u} = -2(\sum y - \sum a - \sum u \cos \frac{2\pi}{n}t - \sum v \sin \frac{2\pi}{n}t) \cdot \cos \frac{2\pi}{n}t = 0 \\ \frac{\partial E}{\partial v} = -2(\sum y - \sum a - \sum u \cos \frac{2\pi}{n}t - \sum v \sin \frac{2\pi}{n}t) \cdot \sin \frac{2\pi}{n}t = 0 \\ na + u \sum \cos \frac{2\pi}{n}t + v \sum \sin \frac{2\pi}{n}t = \sum y \\ a \sum \cos \frac{2\pi}{n}t + u \sum \cos^2 \frac{2\pi}{n}t + v \sum \sin \frac{2\pi}{n}t \cdot \cos \frac{2\pi}{n}t = \sum y \cdot \cos \frac{2\pi}{n}t \\ a \sum \sin \frac{2\pi}{n}t + u \sum \cos \frac{2\pi}{n}t \cdot \sin \frac{2\pi}{n}t + v \sum \sin^2 \frac{2\pi}{n}t = \sum y \cdot \sin \frac{2\pi}{n}t \end{cases}$$

Для упрощения системы используем:

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^n \cos \frac{2\pi}{n}t = 0 & \quad \sum_{i=1}^n \cos^2 \frac{2\pi}{n}t = \frac{n}{2} \\ \sum_{i=1}^n \sin \frac{2\pi}{n}t = 0 & \quad \sum_{i=1}^n \sin^2 \frac{2\pi}{n}t = \frac{n}{2} \\ \sum_{i=1}^n \sin \frac{2\pi}{n}t \cos \frac{2\pi}{n}t = 0 & \end{aligned}$$

После упрощения получаем систему:

$$\begin{cases} na = \sum y \\ \frac{n}{2}u = \sum y \cos \frac{2\pi}{n}t \\ \frac{n}{2}v = \sum y \sin \frac{2\pi}{n}t \end{cases}$$

Для расчёта параметров системы построим технологическую таблицу 2.7.

Таблица 2.7

Технологическая таблица расчёта параметров системы

t	Y	$\cos \frac{2\pi}{n}t$	$\sin \frac{2\pi}{n}t$	$y \cdot \cos \frac{2\pi}{n}t$	$y \cdot \sin \frac{2\pi}{n}t$
1	90	0,87	0,50	78,10	44,72
2	111	0,51	0,86	56,19	95,73
3	99	0,01	1,00	1,07	98,99
4	89	-0,49	0,87	-43,39	77,71
5	87	-0,86	0,52	-74,55	44,85
6	84	-1,00	0,02	-83,98	1,81
7	104	-0,88	-0,48	-91,35	-49,71
8	102	-0,52	-0,85	-53,52	-86,83
9	95	-0,03	-1,00	-3,08	-94,95
10	114	0,47	-0,88	53,41	-100,71
11	103	0,85	-0,53	87,09	-54,99
12	113	1,00	-0,04	112,89	-4,88
$\Sigma = 78$	$\Sigma = 1191$			$\Sigma = 38,90$	$\Sigma = -28,27$

Итоговые суммы таблицы 2.7 используем для нахождения параметров путем решения системы.

$$\begin{cases} 12a = 1191 \\ 6u = 38,9 \\ 6v = -28,7 \end{cases}$$

Таким образом, уравнение примет вид

$$y = 99,3 + 7,85 \cos \frac{2\pi}{n}t - 4,33 \sin \frac{2\pi}{n}t.$$

Рассчитаем точечные оценки прогноза:

$$y(13) = 99,3 + 7,85 \cos \frac{2\pi}{n} \cdot 13 - 4,33 \sin \frac{2\pi}{n} \cdot 13 = 102,44$$

$$y(14) = 99,3 + 7,85 \cos \frac{2\pi}{n} \cdot 14 - 4,33 \sin \frac{2\pi}{n} \cdot 14 = 99,9$$

$$y(15) = 99,3 + 7,85 \cos \frac{2\pi}{n} \cdot 15 - 4,33 \sin \frac{2\pi}{n} \cdot 15 = 95,36$$

Рассчитаем интервальный прогноз на основе стандартной ошибки прогноза s_{y^f} . Рассчитаем стандартную ошибку уравнения. Для этого построим технологическую таблицу 2.8.

Таблица 2.8

Технологическая таблица расчёта стандартной ошибки уравнения
комбинированной функции

t	Y	Y _p	E(t)	E(t) ²	t - \bar{t}	(t - \bar{t}) ²
1	90	103,96	-13,96	194,91	-5,5	30,25
2	111	99,54	11,46	131,34	-4,5	20,25
3	99	95,06	3,94	15,56	-3,5	12,25
4	89	91,69	-2,69	7,25	-2,5	6,25
5	87	90,34	-3,34	11,16	-1,5	2,25
6	84	91,36	-7,36	54,15	-0,5	0,25
7	104	94,47	9,53	90,73	0,5	0,25
8	102	98,87	3,13	9,82	1,5	2,25
9	95	103,37	-8,37	70,12	2,5	6,25
10	114	106,80	7,20	51,79	3,5	12,25
11	103	108,25	-5,25	27,56	4,5	20,25
12	113	107,33	5,67	32,15	5,5	30,25
6,5		1191,05		696,53		143

По данным таблицы рассчитаем верхнюю и нижнюю границы интервальных прогнозов.

$$s_r = \sqrt{\frac{696,53}{12-3}} = 8,8 \text{ - стандартная ошибка}$$

Используя формулу 2.1. получаем величины интервалов для $t=13$, $t=14$, $t=15$.

$$S_{y^f} = 8,8 \times \sqrt{1 + \frac{1}{12} + \frac{(13-6,5)^2}{143}} = 8,8 \times 1,17 = 10,3$$

$$\text{Нижняя граница}(t=13) = 102,44 - 10,3 = 92,14;$$

$$\text{Верхняя граница}(t=13) = 102,44 + 10,3 = 112,74.$$

$$S_{y^f} = 8,8 \times \sqrt{1 + \frac{1}{12} + \frac{(14-6,5)^2}{143}} = 8,8 \times 1,21 = 10,7$$

$$\text{Нижняя граница}(t=14) = 99,9 - 10,7 = 89,2;$$

$$\text{Верхняя граница}(t=14) = 99,9 + 10,7 = 110,6.$$

$$S_{y,t} = 8,8 \times \sqrt{1 + \frac{1}{12} + \frac{(15-6,5)^2}{143}} = 8,8 \times 1,26 = 11,09$$

Нижняя граница(t=15) = 95,36-11,09 = 84,27;

Верхняя граница(t=15) = 95,36+11,09= 106,45.

Построим сводную таблицу 2.9.

Таблица 2.9

Точечные и интервальные прогнозные оценки

t	k	Y _{p(t)}	Нижняя граница	Верхняя граница
13	1	102,44	92,14	112,74
14	2	99,9	89,2	110,6
15	3	95,36	84,27	106,45

Рассчитав коэффициент аппроксимации, проведем оценку качества прогноза (табл. 2.10).

Таблица 2.10

Технологическая таблица расчёта ошибки аппроксимации

t	y	y _t	y- y _t	y-y _t	$\frac{ y-y_t }{y}$
1	90	103,96	-13,96	13,96	0,16
2	111	99,54	11,46	11,46	0,10
3	99	95,06	3,94	3,94	0,04
4	89	91,69	-2,69	2,69	0,03
5	87	90,34	-3,34	3,34	0,04
6	84	91,36	-7,36	7,36	0,09
7	104	94,47	9,53	9,53	0,09
8	102	98,87	3,13	3,13	0,03
9	95	103,37	-8,37	8,37	0,09
10	114	106,80	7,20	7,20	0,06
11	103	108,25	-5,25	5,25	0,05
12	113	107,33	5,67	5,67	0,05
Сумма					0,83

$$A = \frac{1}{12} * 0,83 * 100\% = 6,92\%.$$

Вывод: полученная средняя ошибка аппроксимации не превышает 12%, что говорит об адекватности функции реальным условиям.

Использование функции Excel «Поиск решения»

Пусть уровень спроса линейно-циклично зависит от времени. В таком случае допустимо задать прогнозную функцию в виде

$$y_t = a + b \cdot t + u \cdot \cos \frac{2\pi}{n} t + v \cdot \sin \frac{2\pi}{n} t.$$

Найдем параметры данного уравнения с помощью функции «Поиск решения» (путь: Сервис/Поиск решения/Установить целевую ячейку/Изменяя ячейки/Выполнить). В результате получим следующие данные (табл. 2.11).

Таблица 2.11

Технологическая таблица расчета параметров комбинированной функции

t	Y	a	b	u	v	Y _p	Остатки	Кв. остатков
1	90	93,26	0,93	7,02	-0,82	99,87	-9,87	97,38
2	111					97,96	13,04	170,02
3	99					95,30	3,70	13,68
4	89					92,84	-3,84	14,73
5	87					91,47	-4,47	19,96
6	84					91,80	-7,80	60,82
7	104					93,99	10,01	100,22
8	102					97,71	4,29	18,44
9	95					102,21	-7,21	51,99
10	114					106,56	7,44	55,36
11	103					109,85	-6,85	46,90
12	113					111,45	1,55	2,39
							Сумма	651,90

Следовательно, комбинированная функция примет вид:

$$y = 93,26 + 0,93t + 7,02 \cos \frac{2\pi}{n} t - 0,82 \sin \frac{2\pi}{n} t.$$

Графически комбинированная функция, описывающая зависимость спроса от времени, представлена на рисунке 2.7.

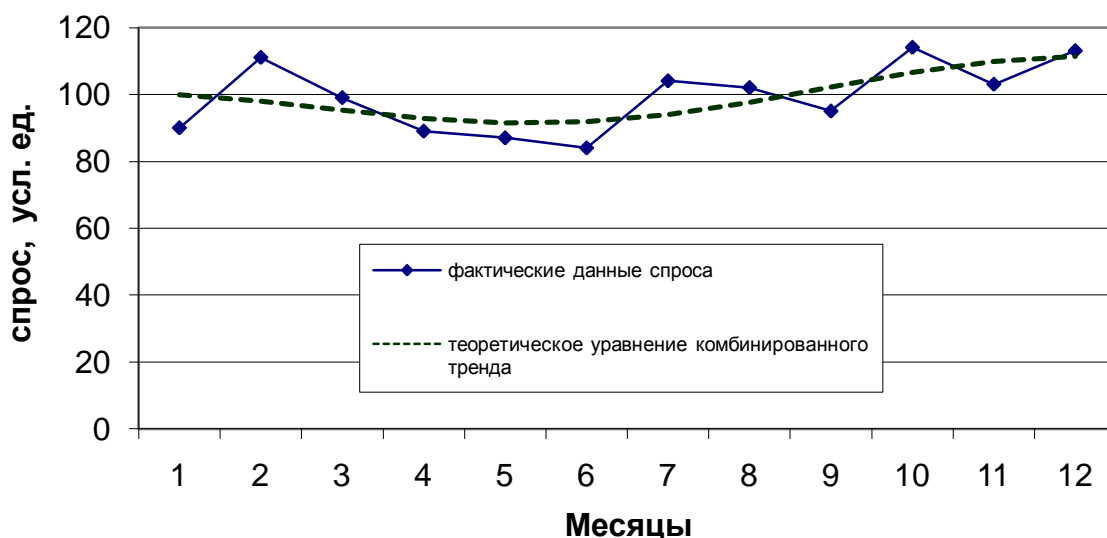


Рис. 2.7 Аппроксимация зависимости показателя спроса от времени с помощью комбинированной функции

Рассчитаем точечные оценки прогноза:

$$y(13)=93,26+0,93 \cdot 13+7,02 \cdot \cos(2 \pi / n \cdot 13)-0,82 \cdot \sin(2 \pi / n \cdot 13)=111,22;$$

$$y(14)=93,26+0,93 \cdot 14+7,02 \cdot \cos(2 \pi / n \cdot 14)-0,82 \cdot \sin(2 \pi / n \cdot 14)=109,38;$$

$$y(15)=93,26+0,93 \cdot 15+7,02 \cdot \cos(2 \pi / n \cdot 15)-0,82 \cdot \sin(2 \pi / n \cdot 15)=106,75.$$

Рассчитаем интервальный прогноз и стандартную ошибку уравнения. Для этого построим технологическую таблицу 2.12.

Таблица 2.12

Технологическая таблица расчёта стандартной ошибки уравнения комбинированной функции

t	Y	Y _p	E(t)	E(t) ²	t-t̄	(t-t̄) ²
1	90	99,87	-9,87	97,38	-5,5	30,25
2	111	97,96	13,04	170,02	-4,5	20,25
3	99	95,30	3,70	13,68	-3,5	12,25
4	89	92,84	-3,84	14,73	-2,5	6,25
5	87	91,47	-4,47	19,96	-1,5	2,25
6	84	91,80	-7,80	60,82	-0,5	0,25
7	104	93,99	10,01	100,22	0,5	0,25
8	102	97,71	4,29	18,44	1,5	2,25
9	95	102,21	-7,21	51,99	2,5	6,25
10	114	106,56	7,44	55,36	3,5	12,25
11	103	109,85	-6,85	46,90	4,5	20,25
12	113	111,45	1,55	2,39	5,5	30,25
6,5		1191,00		651,90		143

$$S_r = \sqrt{\frac{651,9}{12-4}} = 9,03$$

$$S_{y^f} = 9,03 \times \sqrt{1 + \frac{1}{12} + \frac{(13-6,5)^2}{143}} = 9,03 \times 1,17 = 10,57$$

Нижняя граница(t=13) = 111,22-10,57 = 100,65;

Верхняя граница(t=13) = 111,22+10,57= 121,79.

$$S_{y^f} = 9,03 \times \sqrt{1 + \frac{1}{12} + \frac{(14-6,5)^2}{143}} = 9,03 \times 1,21 = 10,93$$

Нижняя граница(t=14) = 109,38-10,93 = 98,45;

Верхняя граница(t=14) = 109,38+10,93 = 120,31.

$$S_{y^f} = 9,03 \times \sqrt{1 + \frac{1}{12} + \frac{(15-6,5)^2}{143}} = 9,03 \times 1,26 = 11,38$$

Нижняя граница(t=15) = 106,75-11,38 = 95,37;

Верхняя граница(t=15) = 106,75+11,38= 118,13.

Построим сводную таблицу 2.13.

Таблица 2.13

Точечные и интервальные прогнозные оценки

t	k	$Y_{p(t)}$	Нижняя граница	Верхняя граница
13	1	111,22	100,65	121,79
14	2	109,38	98,45	120,31
15	3	106,75	95,37	118,13

Рассчитав среднюю ошибку аппроксимации, проведем оценку качества прогноза (табл. 2.14).

Таблица 2.14

Технологическая таблица расчёта ошибки аппроксимации

t	y	y_t	$y - y_t$	$ y - y_t $	$\frac{ y - y_t }{y}$
1	90	99,87	-9,87	9,87	0,11
2	111	97,96	13,04	13,04	0,12
3	99	95,30	3,70	3,70	0,04
4	89	92,84	-3,84	3,84	0,04
5	87	91,47	-4,47	4,47	0,05
6	84	91,80	-7,80	7,80	0,09
7	104	93,99	10,01	10,01	0,10

8	102	97,71	4,29	4,29	0,04
9	95	102,21	-7,21	7,21	0,08
10	114	106,56	7,44	7,44	0,07
11	103	109,85	-6,85	6,85	0,07
12	113	111,45	1,55	1,55	0,01
Сумма					0,81

$$A = \frac{1}{12} * 0,81 * 100\% = 6,75\%.$$

Средняя ошибка аппроксимации не превышает 12%, что говорит об адекватности функции реальным условиям.

Вывод: применив методику экстраполяции динамических рядов, был получен прогноз спроса на первый квартал следующего года различными способами. Наиболее вероятный прогноз спроса дала функция $y = 93,26 + 0,93t + 7,02 \cos \frac{2\pi}{n}t - 0,82 \sin \frac{2\pi}{n}t$, линейно-циклично зависящая от времени, так как средняя ошибка аппроксимации наименьшая. На отрезке упреждения наблюдается тенденция снижения спроса, что подтверждают точечные и интервальные прогнозы, полученные с помощью выбранной аппроксимирующей функции.

2. В таблице 2.15 представлена среднесписочная численность промышленно-производственного персонала промышленности Курской области. Оцените устойчивость тенденции временного ряда показателей.

Таблица 2.15

Среднесписочная численность
промышленно-производственного персонала
промышленности Курской области, тыс. чел.

Годы	у	Годы	у
1	194,8	11	146,8
2	194,5	12	133,4
3	192,9	13	131,2
4	189,8	14	124,5
5	189,2	15	122,3
6	185,6	16	122,8
7	180,4	17	121,5

8	180,5	18	114,5
9	166,8	19	104,1
10	155,5	-	-

Пример выполнения задания

Параметры уравнения тренда найдены добавлением линии тренда в диаграмме Excel (рис. 2.8). По показателю R^2 (коэффициент детерминации), расчет которого входит в функцию инструмента «диаграмма», выбрано уравнение прямой.

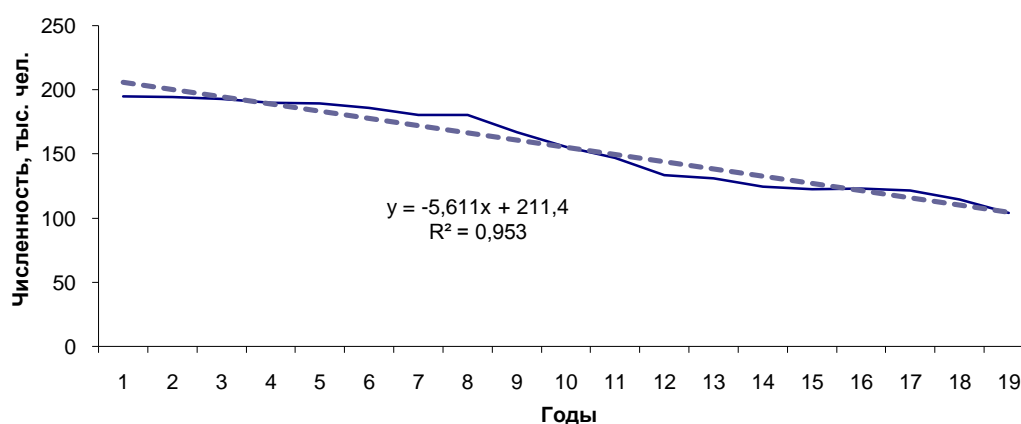


Рис.2.8. Аппроксимация линейной функцией

Для расчета показателей адекватности составлена технологическая таблица 2.16.

Таблица 2.16

Технологическая таблица расчета показателей адекватности функции $y_t = a+bt$

t	y	y_t	$y - y_t$	$ y - y_t $	$\frac{ y - y_t }{y}$	$(y - y_t)^2$
1	194,8	205,828	11,028	11,028	0,057	121,619
2	194,5	200,216	5,716	5,716	0,029	32,675
3	192,9	194,604	1,704	1,704	0,009	2,905
4	189,8	188,992	-0,808	0,808	0,004	0,652
5	189,2	183,381	-5,820	5,820	0,031	33,867
6	185,6	177,769	-7,831	7,831	0,042	61,331
7	180,4	172,157	-8,243	8,243	0,046	67,952
8	180,5	166,545	-13,955	13,955	0,077	194,748
9	166,8	160,933	-5,867	5,867	0,035	34,423
10	155,5	155,321	-0,179	0,179	0,001	0,032

11	146,8	149,709	2,909	2,909	0,020	8,463
12	133,4	144,097	10,697	10,697	0,080	114,430
13	131,2	138,485	7,285	7,285	0,056	53,076
14	124,5	132,873	8,373	8,373	0,067	70,114
15	122,3	127,262	4,962	4,962	0,041	24,616
16	122,8	121,650	-1,150	1,150	0,009	1,323
17	121,5	116,038	-5,462	5,462	0,045	29,837
18	114,5	110,426	-4,074	4,074	0,036	16,599
19	104,1	104,814	0,714	0,714	0,007	0,510
Сумма					0,692	869,170

Средняя ошибка аппроксимации

$$A = \frac{1}{n} \sum \left| \frac{y_t - y}{y} \right| \cdot 100\% = \frac{1}{24} \cdot 0,692 \cdot 100\% = 3,64\%$$

Стандартное отклонение

$$S = \sqrt{\frac{869,17}{19-2}} = 7,15.$$

Запишем показатели адекватности уравнения тренда в таблицу 2.17.

Таблица 2.17

Показатели адекватности уравнения тренда

Уравнение тренда	$R^2 = 1 - \frac{\sum_{t=1}^n (y - y_t)^2}{\sum_{t=1}^n (y - \bar{y})^2}$	$A = \frac{1}{n} \sum \left \frac{y_t - y}{y} \right \cdot 100\%$	$S_y = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n (y - y_t)^2}{n - p}}$
$y_t = -5,6119t + 211,44$	0,954	3,64%	7,15

Первый подход. Функцию $y_t = -5,6119t + 211,44$ будем использовать для расчета показателей колеблемости и устойчивости:

$$V_y = \frac{S_y}{\bar{y}} = \frac{7,15}{155,321} = 0,046;$$

$$W_y = (1 - V_y) \cdot 100\% = (1 - 0,046) \cdot 100\% = 95,4\%.$$

Показатель устойчивости характеризует близость фактических уровней к тренду на 95,4%.

Второй подход. Для оценки устойчивости уровней временного ряда как процесса их направленного изменения рассчитаем коэффициент корреляции рангов Ч. Спирмена по формуле (2.6).

Промежуточные расчеты коэффициента представлены в таблице 2.18.

Таблица 2.18

Расчет коэффициента корреляции рангов Ч. Спирмена

t	y	Ранг (y)	Δ_i	Δ_i^2
1	194,8	19	18	324
2	194,5	18	16	256
3	192,9	17	14	196
4	189,8	16	12	144
5	189,2	15	10	100
6	185,6	14	8	64
7	180,4	12	5	25
8	180,5	13	5	25
9	166,8	11	2	4
10	155,5	10	0	0
11	146,8	9	-2	4
12	133,4	8	-4	16
13	131,2	7	-6	36
14	124,5	6	-8	64
15	122,3	4	-11	121
16	122,8	5	-11	121
17	121,5	3	-14	196
18	114,5	2	-16	256
19	104,1	1	-18	324
Сумма				2276

Итак, коэффициент Спирмена

$$r = 1 - \frac{6 \sum_{t=1}^n \Delta_t^2}{n^3 - n} = 1 - \frac{13656}{19^3 - 19} = -0,9965$$

достаточно близок к -1, что доказывает устойчивость снижения показателей ряда.

3. Используя данные о динамике сбыта продукции за четыре года (табл. 2.19), дать прогноз сбыта на первое полугодие следующего года с учетом сезонности.

Таблица 2.19

Динамика сбыта продукции

t	y_t	y_{t-1}	y_{t-2}	y_{t-3}	y_{t-4}
1	6,0				
2	4,4	6,0			
3	5,0	4,4	6,0		
4	9,0	5,0	4,4	6,0	
5	7,2	9,0	5,0	4,4	6,0
6	4,8	7,2	9,0	5,0	4,4
7	6,0	4,8	7,2	9,0	5,0
8	10,0	6,0	4,8	7,2	9,0
9	8,0	10,0	6,0	4,8	7,2
10	5,6	8,0	10,0	6,0	4,8
11	6,4	5,6	8,0	10,0	6,0
12	11,0	6,4	5,6	8,0	10,0
13	9,0	11,0	6,4	5,6	8,0
14	6,6	9,0	11,0	6,4	5,6
15	7,0	6,6	9,0	11,0	6,4
16	10,8	7,0	6,6	9,0	11,0

Пример выполнения задания

Анализ значений автокорреляционной функции изучаемого временного ряда позволяет сделать вывод о наличии в изучаемом временном ряде, во-первых, линейной тенденции, во-вторых, сезонных колебаний периодичностью в четыре квартала. Данный вывод подтверждается и графическим анализом структуры ряда (рис. 2.9).

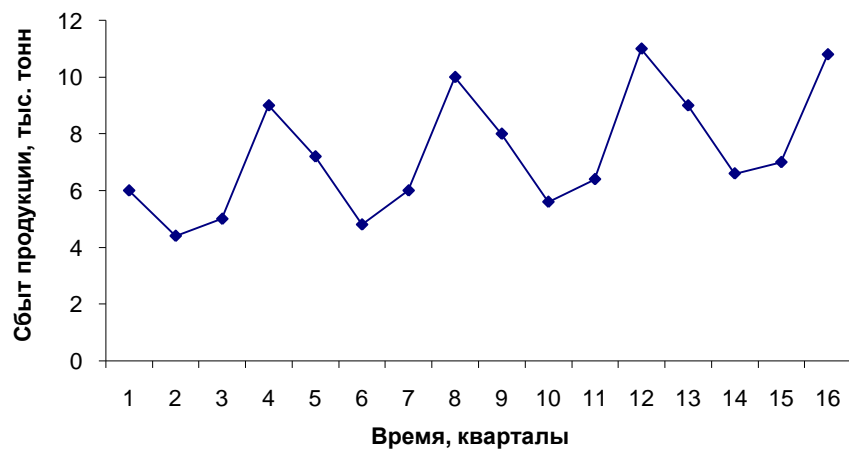


Рис. 2.9. Динамика сбыта продукции предприятия

Последовательность коэффициентов автокорреляции уровней первого, второго и последующих порядков называют автокорреляционной функцией временного лага. Значения коэффициентов автокорреляции представлены в таблице 2.20.

Таблица 2.20

Оценка автокорреляции уровней ряда

Лаг	Коэффициент автокорреляции уровней
1	0,165154
2	0,566873
3	0,113558
4	0,983025
5	0,118711
6	0,722046
7	0,003367
8	0,973848

По графику исходного ряда (рис. 2.9) и значениям коэффициента автокорреляции (табл. 2.20) можно установить наличие приблизительно равной амплитуды колебаний. Это свидетельствует о возможном существовании в ряде аддитивной модели. Рассчитаем ее компоненты.

Шаг 1. Проведем выравнивание исходных уровней ряда методом скользящей средней:

- просуммируем уровни ряда последовательно за каждые четыре квартала со сдвигом на один момент времени и определим условные годовые объемы потребления электроэнергии;
- разделив полученные суммы на 4, найдем скользящие средние. Отметим, что полученные таким образом выровненные значения уже не содержат сезонной компоненты;
- приведем эти значения в соответствие с фактическими моментами времени, для чего найдем средние значения из двух последовательных скользящих средних – центрированные скользящие средние.

Шаг 2. Найдем оценки сезонной компоненты как разность между фактическими уровнями ряда и центрированными скользящими средними. Используем эти оценки для расчета

значений сезонной компоненты S . Для этого найдем средние за каждый квартал (по всем годам) оценки сезонной компоненты S_i . В моделях с сезонной компонентой обычно предполагается, что сезонные воздействия за период взаимопогашаются. В аддитивной модели это выражается в том, что сумма значений сезонной компоненты по всем кварталам должна быть равна нулю.

Для данной модели имеем:

$$\sum s_i = 0,6 - 1,958 - 1,275 + 2,708 = 0,075.$$

Определим корректирующий коэффициент:

$$k = 0,075/4 = 0,01875.$$

Рассчитаем скорректированные значения сезонной компоненты как разность между ее средней оценкой и корректирующим коэффициентом k :

$$S_i = \bar{S}_i - k$$

$$s_1 = 0,6 - 0,01875 = 0,581; s_2 = -1,958 - 0,01875 = -1,977;$$

$$s_3 = -1,275 - 0,01875 = -1,294; s_4 = 2,708 - 0,01875 = 2,690$$

Проверим условие равенства нулю суммы значений сезонной компоненты:

$$\sum s_i = 0,581 - 1,977 - 1,294 + 2,690 = 0.$$

Занесем полученные значения в таблицу 2.21 для соответствующих кварталов каждого года (гр. 3).

Таблица 2.21

Расчет выровненных значений T и ошибок E в аддитивной модели

t	Y_t	S_i	$T+E= Y_t - S_i$	T	$T+S$	$E= Y_t - (T+S)$	E^2
1	2	3	4	5	6	7	8
1	6,0	0,581	5,419	5,902	6,483	-0,483	0,2333
2	4,4	-1,977	6,337	6,088	4,111	0,289	0,0835
3	5,0	1,294	6,294	6,275	4,981	0,019	0,0004
4	9,0	2,690	6,310	6,461	9,151	-0,151	0,0228
5	7,2	0,581	6,619	6,648	7,229	-0,029	0,0008
6	4,8	-1,977	6,777	6,834	4,857	-0,057	0,0032
7	6,0	1,294	7,294	7,020	5,727	0,273	0,0745
8	10,0	2,690	7,310	7,207	9,896	0,104	0,0108
9	8,0	0,581	7,419	7,393	7,974	0,026	0,0007
19	5,6	-1,977	7,577	7,580	5,603	-0,030	0,0009
11	6,4	1,294	7,694	7,766	6,472	-0,072	0,0052
12	11,0	2,690	8,310	7,952	10,642	0,358	0,1282
13	9,0	0,581	8,419	8,139	8,720	0,280	0,0784
14	6,6	-1,977	8,577	8,325	6,348	0,252	0,0635
15	7,0	1,294	8,294	8,519	7,218	-0,218	0,0475

16	10,8	2,690	8,110	8,698	11,388	0,588	0,3457
----	------	-------	-------	-------	--------	-------	--------

Шаг 3. Элиминируем влияние сезонной компоненты, вычитая ее значение из каждого уровня исходного временного ряда. Получим величины $T + E = Y - S$ (табл. 2.21, гр. 4). Эти значения рассчитываются за каждый момент времени и содержат только тенденцию и случайную компоненту.

Шаг 4. Определим компоненту T данной модели. Для этого проведем аналитическое выравнивание ряда $(T+E)$ с помощью линейного тренда. Результаты аналитического выравнивания:

$$T=5,715+0,186t.$$

Подставляя в это уравнение значения $t = 1, \dots, 16$, найдем уровни T для каждого момента времени (см. табл. 2.21, гр. 5).

Шаг 5. Найдем значения уровней ряда, полученные по аддитивной модели. Для этого прибавим к уровням T значения сезонной компоненты для соответствующих кварталов.

Шаг 6. В соответствии с методикой построения аддитивной модели расчет ошибки производится по формуле $E = Y - (T + S)$.

Численные значения абсолютных ошибок приведены в графе 7 таблицы 2.21.

По аналогии с моделью регрессии для оценки качества построения модели или для выбора наилучшей модели можно применять сумму квадратов полученных абсолютных ошибок. Для данной аддитивной модели сумма квадратов абсолютных ошибок равна 1,10. По отношению к общей сумме квадратов отклонений уровней ряда от его среднего уровня, равной 71,59, эта величина составляет чуть более 1,5%: $(1-1,10/71,59) \cdot 100=1,536$.

Следовательно, можно сказать, что аддитивная модель объясняет 98,5% общей вариации уровней временного ряда потребления электроэнергии за 16 кварталов.

Прогнозирование по аддитивной модели

По условию задания требуется дать прогноз сбыта продукции в течение первого полугодия ближайшего следующего года.

Прогнозное значение уровня временного ряда в аддитивной модели - это сумма трендовой и сезонной компонент.

Объем электроэнергии, потребленной в течение первого полугодия ближайшего следующего, (т. е. пятого, года), рассчитывается как сумма объемов потребления электроэнергии в I и во II кварталах пятого года. Для определения трендовой

компоненты воспользуемся уравнением тренда $T = 5,715 + 0,186 \cdot t$.

Получим: $T_{17} = 5,715 + 0,186 \cdot 17 = 8,877$;

$T_{18} = 5,715 + 0,186 \cdot 18 = 9,063$.

Значения сезонной компоненты равны: $S_1 = 0,581$ (I квартал);
 $S_2 = 1,977$ (II квартал).

Таким образом, прогнозные значения составят:

$Y_{17} = T_{17} + S_1 = 8,877 + 0,581 = 9,458$; $Y_{18} = T_{18} + S_2 = 9,063 - 1,917 = 7,086$.

Прогноз объема потребления электроэнергии на первое полугодие следующего (пятого) года составит:

$(9,458 + 7,086) = 16,544$ млн кВт · ч.

3. Адаптивные методы прогнозирования

3.1. Адаптивный подход в прогнозировании

При использовании традиционных подходов и методов для прогнозирования важнейших экономических показателей на макро-, мезо- и микроуровнях часто выдвигается гипотеза о том, что новые тенденции и факторы, выявленные на предыстории, хранятся и для периода упреждения (на прогнозируемом периоде). Таким образом, процесс экстраполяции выявленных закономерностей, тенденций базируется на предположении об инерционности анализируемых экономических систем.

В последнее время в процессе коренных социально-экономических преобразований подвижность этих систем возрастает. Наблюдаются существенные изменения в развитии промышленного комплекса РФ, возрастает быстрота реакции на конъюнктуру внешнего и внутреннего рынков, на правительственные решения, на новые социально-экономические условия.

Очевидны структурные сдвиги по многим важнейшим показателям экономического развития. Даже наиболее инерционные макроэкономические характеристики становятся более подвижными. В связи с этим для прогнозирования таких сложных процессов требуется гибкий и современный статистический инструментарий.

В настоящее время одним из наиболее перспективных направлений исследования и прогнозирования одномерных временных рядов считаются адаптивные методы.

Адаптивные методы прогнозирования представляют собой подбор и адаптацию на основании вновь поступившей информации моделей прогнозирования. Основное свойство этих методов: при поступлении новых данных значение прогноза меняется, адаптируясь к вновь поступившей информации, и становится, таким образом, более чувствительным к ней. Важнейшим достоинством адаптивных методов является построение самокорректирующихся моделей, способных учитывать результат прогноза, сделанного на предыдущем шаге.

Адаптивный подход в ситуации, когда в экономике страны качественные изменения преобладают над количественными,

является одним из важнейших направлений совершенствования методов перспективного анализа. Его идеи хорошо согласуются с практикой функционирования экономики в условиях изменения самого механизма функционирования, гарантируя тем самым высокую адекватность адаптивных моделей реальным процессам. Однако методы построения адаптивных моделей получили свое развитие в технических науках, и потому их применение в экономических исследованиях требует определенной обоснованности и приведения в соответствие с экономической спецификой исследований. Вместе с тем новые возможности этих методов проявляются как потенциальный стимул к постановке и решению задач, не имевших ранее аналогов или не решаемых в практике перспективного анализа из-за отсутствия необходимого математического аппарата. Поэтому возникает естественная необходимость в более детальном изучении особенностей и условий применения этих методов в исследованиях динамики процессов, происходящих в современной экономике.

При построении адаптивных моделей прогнозирования основополагающую роль играет понятие «адаптация». Первоначально возникшее в биологии, это понятие охватывало любые свойства, обеспечивающие приспособляемость живых организмов к изменяющимся в довольно широких пределах условиям их обитания. В настоящее время в связи с постоянным усложнением объекта исследований к принципам адаптации обратились во многих областях знаний. Это привело к уточнению самого понятия и поиску такого определения, общность которого, обеспечивая его обоснованное применение при моделировании объектов любой природы, в то же время опиралось бы на четкую систему понятий.

Наибольшей завершенностью, допускающей последующую формализацию необходимой строгости, отличаются формулировки, предлагаемые в теории автоматического управления. Под *адаптацией* там понимается процесс изменения параметров и структуры системы, а возможно, и управляющих воздействий на основе текущей информации с целью достижения определенного, обычно оптимального, состояния системы при начальной неопределенности и изменяющихся условиях работы.

Рамки этого определения позволяют рассматривать вопросы применения идей адаптации для решения практически любых задач теории управления при неполной априорной информации, в том

числе и задач прогнозирования в условиях неопределенности. Однако конкретные варианты реализации принципов адаптации при разработке моделей управления и прогнозирования в значительной степени зависят от специфики объектов и поставленных целей. Не случайно В.В. Давнис подчеркивает мысль о том, что модель может рассматриваться как адаптивная только для заданного класса объектов, относительно желаемых свойств которых сформулирована цель управления.

При обработке временных рядов, как правило, наиболее ценной бывает информация последнего периода, так как необходимо знать, как будет развиваться тенденция, существующая в данный момент, а не тенденция, сложившаяся в среднем на всем рассматриваемом периоде. Адаптивные методы позволяют учесть различную информационную ценность уровней временного ряда, степень «устаревания» данных.

Прогнозирование методом экстраполяции на основе кривых роста в какой-то мере тоже содержит элемент адаптации, поскольку с получением «свежих» фактических данных параметры кривых пересчитываются заново. Поступление новых данных может привести и к замене выбранной ранее кривой на другую модель. Однако степень адаптации в данном случае весьма незначительна, кроме того, она падает с ростом длины временного ряда, так как при этом уменьшается «весомость» каждой новой точки. В адаптивных методах различную ценность уровней в зависимости от их «возраста» можно учесть с помощью системы весов, придаваемых этим уровням.

Оценивание коэффициентов адаптивной модели обычно осуществляется на основе рекуррентного метода, который формально отличается от МНК, метода максимального правдоподобия и других методов тем, что не требует повторения всего объема вычислений при появлении новых данных.

Важнейшее достоинство адаптивных методов — построение самокорректирующихся моделей, способных учитывать результат прогноза, сделанного на предыдущем шаге. Пусть модель находится в некотором состоянии, для которого определены текущие значения ее коэффициентов. На основе этой модели делается прогноз. При поступлении фактического значения оценивается ошибка прогнозного значения (разница между этим значением и полученным по модели). Ошибка

прогнозирования через обратную связь поступает в модель и учитывается в ней в соответствии с принятой процедурой перехода от одного состояния в другое. В результате вырабатываются «компенсирующие» изменения, состоящие в корректировании параметров в целях большего согласования поведения модели с динамикой ряда. Затем рассчитывается прогнозная оценка на следующий момент времени, и весь процесс повторяется вновь.

Адаптивными называются методы прогнозирования, позволяющие строить самокорректирующиеся (самонастраивающиеся) экономико-математические модели, которые способны оперативно реагировать на изменение условий путем учета результата прогноза, сделанного на предыдущем шаге, и учета различной информационной ценности уровней ряда. Благодаря отмеченным свойствам адаптивные методы особенно удачно используются при оперативном, краткосрочном прогнозировании. Указанное определение отражает основные характерные черты, присущие рассматриваемому подходу. Они позволяют строить самокорректирующиеся модели, которые, учитывая результат прогноза, сделанного на предыдущем шаге, и различную информационную ценность членов динамического ряда, способны оперативно реагировать на изменяющиеся условия и на этой основе дать на ближайшую перспективу более точные прогнозы.

К адаптивным методам относятся методы скользящего среднего, экспоненциального сглаживания, метод гармонических весов, авторегрессия и метод Бокса-Дженкинса, адаптивный дискриминантный анализ. Параметры адаптивных моделей чаще всего рассчитываются с использованием пакетов прикладных программ (например, Statistica, SPSS, Forecast Expert).

При анализе рядов динамики возникает важная задача - определение тенденции в развитии исследуемого явления. В некоторых ситуациях общая тенденция ясно прослеживается в динамике показателя, в других - она может не просматриваться из-за ощутимых колебаний. На практике для обнаружения при выявлении тенденции развития используется распространенный прием — сглаживание временного ряда. Суть различных сглаживаний сводится к замене фактических уровней этого ряда

расчетными, которые в меньшей степени подвержены колебаниям. Это способствует более четкому проявлению тенденции развития.

Скользящие средние позволяют сгладить как случайные, так и периодические колебания, выявить имеющуюся тенденцию в развитии процесса и поэтому служат важным инструментом при фильтрации компонент временного ряда.

Алгоритм сглаживания по простой скользящей средней может быть представлен в виде следующей последовательности шагов.

1. Определяют длину интервала сглаживания L , включающего в себя L_i последовательных уровней ряда (обычно $L < n/4$). При этом надо иметь в виду, что чем шире интервал сглаживания, тем в большей степени поглощаются колебания, и тенденция развития носит более плавный, сглаженный характер. Чем сильнее колебания, тем шире должен быть интервал сглаживания.

2. Разбивают весь период наблюдений на участки, при этом интервал сглаживания «скользит» по ряду с шагом, равным 1.

3. Рассчитывают средние арифметические из уровней ряда, образующих каждый участок.

4. Заменяют фактические значения ряда, стоящие в центре каждого участка, на соответствующие средние значения.

Метод простой скользящей средней применим, если изображение динамического ряда напоминает прямую. Если для процесса характерно нелинейное развитие, то простая скользящая средняя может привести к существенным искажениям. Когда тренд имеет изгибы, то целесообразно использовать взвешенную скользящую среднюю.

Простая скользящая средняя учитывает все уровни ряда, входящие в активный участок сглаживания, с равными весами, а взвешенная средняя приписывает каждому уровню вес, зависящий от удаления данного уровня от уровня, стоящего в середине активного участка.

Прогнозное значение при применении скользящего среднего определяется по формуле скользящей средней:

$$Y_{t+1}^f = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=t}^{t-n+1} Y_i, \quad (3.1)$$

где n – период сглаживания.

Главный недостаток данного метода заключается в том, что все включенные в расчет данные имеют общий вес $1/n$. С другой стороны, новые данные, которым по логике должны придаваться

большие веса, могут иметь случайные возмущения, влияющие на качество прогноза.

Одним из методов прогнозирования случайной компоненты является метод *авторегрессии*. В основе этого метода лежит гипотеза стационарности изучаемого явления, то есть сохранения статистических характеристик явления без изменения. В качестве информации, привлекаемой для прогноза, используется ряд динамики случайной прогнозируемой величины (компоненты). Относительно случайной компоненты выдвигается гипотеза о том, что она представляет собой стационарный процесс.

Авторегрессионные модели можно применять при прогнозировании изучаемых экономических показателей динамического ряда только при выполнении следующих предпосылок:

- отклонения от тренда представляют собой стационарный (в широком смысле) случайный процесс;
- отклонения от тренда являются случайной величиной, не зависящей от времени;
- отклонения от расчетных значений, полученных по авторегрессионной модели, имеют нормальный закон распределения с математическим ожиданием, равным 0;
- в ряду отклонений от расчетных значений, полученных по авторегрессионной модели, отсутствует автокорреляция.

Адаптивные методы целесообразно использовать в условиях нестабильной внешней среды. Технология адаптивных методов позволяет учитывать более поздние тенденции в прогнозных результатах.

3.2. Методы гармонических весов и экспоненциального сглаживания

Рассмотрим два адаптивных метода, различающихся по технологии расчетов и условиям применения: метод гармонических весов и экспоненциального сглаживания.

Метод гармонических весов был разработан польским статистиком З.Хелвигом. Он близок к методу простого экспоненциального сглаживания, использует тот же принцип. В его основе лежит взвешивание скользящего показателя, но вместо скользящей средней используется идея скользящего тренда.

Экстраполяция проводится по скользящему тренду, отдельные отрезки ломаной линии взвешиваются с помощью гармонических весов, что позволяет более поздним наблюдениям придавать больший вес.

Метод гармонических весов базируется на следующих предпосылках:

- период времени, за который изучается экономический процесс, должен быть достаточно длительным, чтобы можно было определить его закономерности;

- исходный ряд динамики не должен иметь скачкообразных изменений;

- социально-экономическое явление должно обладать инерционностью, то есть для наступления большого изменения в характеристиках процесса необходимо, чтобы прошло значительное время;

- отклонения от скользящего тренда имеют случайный характер;

- функция, рассчитанная на основе последовательных разностей, должна уменьшаться с ростом t , то есть влияние более поздней информации должно сильнее отражаться на прогнозируемой величине, чем на ранней информации. Для получения точного прогноза метод гармонических весов необходимо выполнение всех вышеуказанных предпосылок для исходного ряда динамики.

Для осуществления прогноза данным методом исходный ряд разбивается на фазы k . Число фаз должно быть меньше числа членов ряда n , то есть $k < n$. Обычно фаза равна 3-5 уровням. Для каждой фазы рассчитывается линейный тренд.

$$y_{i(t)} = a_i + b_{ik}t \quad (i=1,2,\dots,n-k+1)$$

при этом

$$\begin{aligned} &\text{для } i=1, t=1,2, \dots, k \\ &\text{для } i=2, t=2,3,\dots, k+1; \\ &\text{для } i=n-k+1, t=n-k+1, n-k+2, \dots, n. \end{aligned}$$

Для оценки параметров используется метод наименьших квадратов.

С помощью полученных $(n-k+1)$ уравнений определяются значения скользящего тренда. С этой целью выделяются те значения $y_{i(t)}$, для которых $t=i$, их обозначают $y_{j(t)}$. Пусть их будет n_j .

Затем находится среднее значение $\bar{y}_{j(t)}$ по формуле

$$\bar{y}_{j(t)} = \frac{1}{n_j} \sum_{j=1}^{n_j} y_{j(t)}, \quad (3.2)$$

где $j=1, 2, \dots, n_j$.

После этого необходимо проверить гипотезу о том, что отклонения от скользящего тренда представляют собой стационарный процесс. С этой целью рассчитывается автокорреляционная функция. Если значения автокорреляционной функции уменьшаются от периода к периоду, то пятая предпосылка данного метода выполняется.

Далее рассчитываются приросты по формуле

$$\omega_{t+1} = f_{(t+1)} - f_{(t)} = \bar{y}_{t+1} - \bar{y}_t \quad (3.3)$$

Средняя приростов вычисляется по формуле

$$\bar{\omega} = \sum_{t=1}^{n-1} C_{t+1}^n \cdot \omega_{t+1}, \quad (3.4)$$

где C_{t+1}^n – гармонические коэффициенты, удовлетворяющие следующим условиям:

$$\begin{aligned} C_{t+1}^n > 0 \quad (t=1, 2, \dots, n-1), \\ \sum_{t=1}^{n-1} C_{t+1}^n = 1 \end{aligned} \quad (3.5)$$

Данное выражение (3.4) позволяет более поздней информации придавать большие веса, так как приросты обратно пропорциональны времени, которое отделяет раннюю информацию от поздней для момента $t=n$.

Если самая ранняя информация имеет вес $m_2 = \frac{1}{n-1}$, то вес информации, относящейся к следующему моменту времени, определяется как

$$m_3 = m_2 + \frac{1}{n-2} = \frac{1}{n-1} + \frac{1}{n-2}.$$

В общем виде ряд гармонических весов определяют по формуле

$$m_{t+1} = m_t + \frac{1}{n-t} \quad (t=2, 3, \dots, n-1), \quad (3.5)$$

или
$$m_{t+1} = \sum_{i=1}^t \frac{1}{n-i}, \quad (3.6)$$

отсюда
$$\sum_{t=1}^{n-1} m_{t+1} = n-1. \quad (3.7)$$

Чтобы получить гармонические коэффициенты C_{t+1}^n , удовлетворяющие условиям (3.5) и (3.6) нужно гармонические веса m_{t+1} разделить на $(n-1)$.

$$C_{t+1}^n = \frac{m_{t+1}}{n-1} \quad (3.10)$$

Далее прогнозирование производится так же, как и при простых методах прогноза, то есть путем прибавления к последнему значению ряда динамики среднего прироста:

$$\bar{y}_t = \bar{y}_t^* + \bar{\omega} \quad (3.11)$$

при начальном условии $\bar{y}_t^* = \bar{y}_{j(t)}$.

Данный метод прогнозирования применяется, когда есть уверенность, что тенденция в будущем описывается плавной кривой, то есть в ряду отсутствуют сезонные и циклические колебания.

Метод экспоненциального сглаживания. В настоящее время у специалистов наибольшей популярностью пользуются модели, адаптивный механизм которых построен на использовании процедуры экспоненциального сглаживания.

Основная идея экспоненциального сглаживания состоит в том, чтобы придать более поздним данным больший вес, чем ранним данным. Особенность его заключается в том, что в процедуре выравнивания каждого наблюдения используются только значения предыдущих уровней ряда динамики, взятых с определенным весом. Вес каждого наблюдения уменьшается по мере его удаления от момента, для которого определяется сглаженное значение.

Сглаженное значение уровня ряда S_t на момент t определяется по формуле:

$$S_t = \alpha y_t + (1 - \alpha) S_{t-1} \quad (3.12)$$

где S_t – значение экспоненциальной средней в момент t ;

S_{t-1} – значение экспоненциальной средней в момент $(t-1)$;

Y_t – значение экономического процесса в момент времени t ;

α - вес t -го значения ряда динамики (или параметр сглаживания $[0 < \alpha < 1]$).

Последовательное применение формулы (3.12) дает возможность вычислить экспоненциальную среднюю через значения всех уровней данного ряда динамики. Кроме того, она определяет экспоненциальные средние первого порядка, то есть средние, полученные непосредственно при сглаживании исходных

данных ряда динамики. В тех случаях, когда тенденция после сглаживания исходного ряда определена недостаточно ясно, процедуру сглаживания повторяют, то есть вычисляют экспоненциальные средние 2-го, 3-го и т.д. порядков, пользуясь следующими выражениями:

$$\begin{aligned} S_t^{[2]} &= \alpha S_t^{[1]} + (1-\alpha)S_{t-1}^{[2]} \\ S_t^{[3]} &= \alpha S_t^{[2]} + (1-\alpha)S_{t-1}^{[3]} \\ S_t^k &= \alpha S_t^{[k-1]} + (1-\alpha)S_{t-1}^{[k]}, \text{ где} \end{aligned}$$

где $S_t^{[k]}$ - экспоненциальная средняя k-го порядка в точке t (k=1, 2, 3 n).

Основными трудностями применения метода являются нахождения параметра сглаживания α и начального условия y_0 . От численного значения α зависит, насколько быстро будет уменьшаться вес предшествующих наблюдений и, соответственно, степень их влияния на сглаживаемый уровень. Возможны два варианта расчета параметра сглаживания α :

- 1) расчет по методу наименьших квадратов с использованием итерационных алгоритмов;
- 2) по методу Р.Г. Брауна (модификация метода экспоненциального сглаживания)

Английский ученый Р.Г. Браун предложил следующую формулу расчета параметра сглаживания:

$$\alpha = \frac{2}{m+1}, \quad (3.13)$$

где m - число уровней, входящих в интервал сглаживания.

В качестве удовлетворительного практического компромисса рекомендуются значения α в пределах от 0,1 до 0,3.

Для линейной модели $y_t = a_0 + a_1 t$:

– начальные условия $S_{0(y)}^{[1]} = a_0 - \frac{1-\alpha}{\alpha} a_1$; $S_{0(y)}^{[2]} = a_0 - \frac{2(1-\alpha)}{\alpha} a_1$;

– экспоненциальные средние первого и второго порядка

Прогноз осуществляется по формуле

$$y_t^* = a_0 + a_1 t, \quad (3.14)$$

где $a_0 = 2S_t^{[1]} - S_t^{[2]}$,

$$a_1 = \frac{\alpha}{1-\alpha} [S_t^{[1]} - S_t^{[2]}]$$

Ошибка прогноза определяется по формуле:

$$\sigma_{y_t} = \sigma_y \cdot \sqrt{\frac{\alpha}{(2-\alpha)} [1 - 4(1-\alpha) + 5(1-\alpha)^2 + 2\alpha(4-3\alpha)t + 2\alpha^2 t^2]}, \quad (3.15)$$

где $\sigma_y = \sqrt{\frac{\sum (y_t - y_t^*)^2}{n-m}}$ - средняя квадратическая ошибка отклонения от линейного тренда;

$n-m$ - число степеней свободы, определяемое в зависимости от числа членов ряда (n) и числа оцениваемых параметров выравнивающей кривой (m).

Применение методов гармонических весов и экспоненциального сглаживания требует предварительного анализа внешней и внутренней среды прогнозируемого объекта. Результаты анализа являются основанием для выбора адаптивного метода.

3.3. Адаптивный дискриминантный анализ

Учитывая, что в социально-экономических исследованиях приходится строить многофакторные модели, иногда в качестве метода адаптивного прогнозирования используют метод дискриминантного анализа. Данный метод, по мнению проф. В.В. Давниса, является удобным методом оценки нечисловых показателей. Он применяется в том случае, когда зависимая переменная состоит из двух или больше взаимноисключающих и взаимноисчерпывающих категорий, а независимые переменные – интервальные. Если зависимая переменная изменена с помощью интервальной или относительной шкалы, то ее следует перевести в статус категориальной.

Дискриминантный анализ предполагает наличие обучающих выборок, под которыми понимаются наблюдения, относительно которых известно, к какому классу они принадлежат, а точнее – из каких генеральных совокупностей они извлечены. *Класс* – это генеральная совокупность, описываемая одномодальной функцией плотности $f(x)$ или одномодальным полигоном вероятностей в случае дискретных признаков.

В основу дискриминантного анализа положен принцип, в соответствии с которым наблюдение относится к тому классу, в рамках которого оно выглядит более правдоподобным. Для практической реализации этого принципа необходимо располагать описанием гипотетических классов, то есть знанием функций $f_1(x)$, $f_2(x), \dots, f_m(x)$, задающих закон распределения вероятностей,

соответственно, для 1-го, 2-го, ..., m -го классов. Затруднения, связанные с отсутствием такого описания, обходят с помощью обучающих выборок.

Основное требование к этому методу заключается в том, чтобы его применение минимизировало потери от неправильной классификации объектов. Для этого вводится величина $c(j|i)$ потерь, которые будут иметь место при отнесении одного объекта i -го класса к j -му классу (при $i=j$ $c(j|i) = 0$).

Задачу построения оптимальной процедуры классификации многомерных наблюдений сводят к построению *дискриминантной функции*- решающего правила, с помощью которого объект неизвестной принадлежности относится к одному из классов, описываемых соответствующим законом распределения вероятностей.

Набор дискриминирующих функций d_l , обеспечивающих классификацию объектов на заданное число классов выглядит следующим образом:

$$d_l = b_{l0} + b_{l1} X_1 + \dots + b_{lm} X_m, \quad l = 1, \dots, k. \quad (3.16)$$

Так как частые изменения в экономической жизни ограничивают возможности применения дискриминантного моделирования, экономисты наделяют дискриминантные функции адаптивным механизмом, позволяющим автоматически корректировать параметры дискриминантной функции.

На основе объединения рекуррентных формул можно записать многофакторную модель с многошаговым адаптивным механизмом в следующем виде:

$$y'_{nt} = X_{nt} b'(t-1, \alpha, n); \quad (3.17)$$

$$b'(t, \alpha, n) = b'(t-1, \alpha, n) + \sum_{t-1}^{-1} X'_{nt} (X_{nt} \sum_{t-1}^{-1} X'_{nt} + \alpha I_n)^{-1} [y_{nt} - \hat{y}_{nt}] \quad (3.18)$$

$$\sum_t^{-1} = 1/\alpha [\sum_{t-1}^{-1} - \sum_{t-1}^{-1} X'_{nt} (X_{nt} \sum_{t-1}^{-1} X'_{nt} + \alpha I_n)^{-1} X_{nt} \sum_{t-1}^{-1}], \quad (3.19)$$

где y'_{nt} – прогнозное значение для момента t ;

$b'(t, \alpha, n)$ - вектор оценок коэффициентов модели;

\sum_{t-1}^{-1} – обратная матрица системы нормальных уравнений $(X_t L_t X'_t)$;

α – параметр экспоненциального сглаживания;

n – размер группы наблюдений;

α^* - параметр адаптации по критерию минимальной суммарной ошибки; I_n – единичная матрица порядка n .

Дискриминантный анализ может быть осуществлен с применением ППП Statistica 6.0, включающего модуль «Дискриминантный анализ», с полной реализацией методов пошагового дискриминантного анализа с помощью дискриминантных функций. Адаптивный дискриминантный анализ в ППП Statistica 6.0 не предусмотрен, но может быть реализован в MS Excel.

Адаптивные методы прогнозирования позволяют прогнозировать развитие экономических объектов и процессов в условиях быстро меняющейся внешней среды. Эта группа методов относится к методам экстраполяции на основе временных рядов, что обусловлено спецификой исходной информации. Однако технология различных адаптивных методов существенно отличается от традиционного исследования временных рядов. Изучение и применение на практике адаптивных методов позволяет разрабатывать точные и качественные прогнозы.

Тренировочные задания

1. Имеются данные о результатах финансово-хозяйственной деятельности предприятия за 9 лет (табл. 3.1). Спрогнозировать прибыль от продаж на два периода вперед.

Таблица 3.1

Результаты финансово-хозяйственной деятельности предприятия

Год	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Прибыль от продаж, млн руб.	17,6	17,8	18,1	18,4	18,5	18,8	19,1	19,5	19,8

Пример выполнения задания

По исходным данным с помощью метода гармонических весов построим прогноз величины прибыли от продаж некоторого предприятия. Для этого разобьем исходную выборку на фазы, каждая из которых равна 3-м уровням. Для каждой фазы рассчитаем линейный тренд:

$$\begin{aligned}
 Y_1 &= 17,33 + 0,25t & (t=1, 2, 3) \\
 Y_2 &= 17,2 + 0,3t & (t=2, 3, 4) \\
 Y_3 &= 17,53 + 0,2t & (t=3, 4, 5) \\
 Y_4 &= 17,57 + 0,2t & (t=4, 5, 6) \\
 Y_5 &= 17,00 + 0,3t & (t=5, 6, 7) \\
 Y_6 &= 16,68 + 0,35t & (t=6, 7, 8) \\
 Y_7 &= 16,67 + 0,35t & (t=7, 8, 9).
 \end{aligned}$$

С помощью полученных уравнений определяем значение скользящего тренда (табл. 3.2).

Таблица 3.2

Технологическая таблица расчета значений скользящего тренда, приростов, весов информации и гармонических весов

t	Y(t)	Y*(t)	Приросты	Вес информации m_i	Гармонические веса C_i
1	17,6	17,58	-	-	-
2	17,8	17,82	0,24	0,125	0,016
3	18,1	18,1	0,28	0,268	0,033
4	18,4	18,37	0,27	0,435	0,054
5	18,5	18,53	0,16	0,635	0,079
6	18,8	18,78	0,25	0,885	0,111
7	19,1	19,12	0,34	1,218	0,152
8	19,5	19,475	0,355	1,718	0,215
9	19,8	19,82	0,345	2,718	0,340

Полученные гармонические коэффициенты удовлетворяют условиям (3.5) и (3.6).

Найдем средний абсолютный прирост по формуле (3.4) :

$$\bar{\omega} = \sum_{t=1}^{n-1} C_{t+1}^n \cdot \omega_{t+1} = 0,31.$$

Рассчитаем прогнозные значения прибыли от продаж на 2008 и 2009 гг. по формуле: $\bar{y}_t = \bar{y}_t^* + \bar{\omega}$. Результаты прогноза:

$$Y_p(t=10) = 20,13;$$

$$Y_p(t=11) = 20,44.$$

На графике (рис. 3.1.) показаны линии фактических и прогнозных значений, полученных методом гармонических весов.

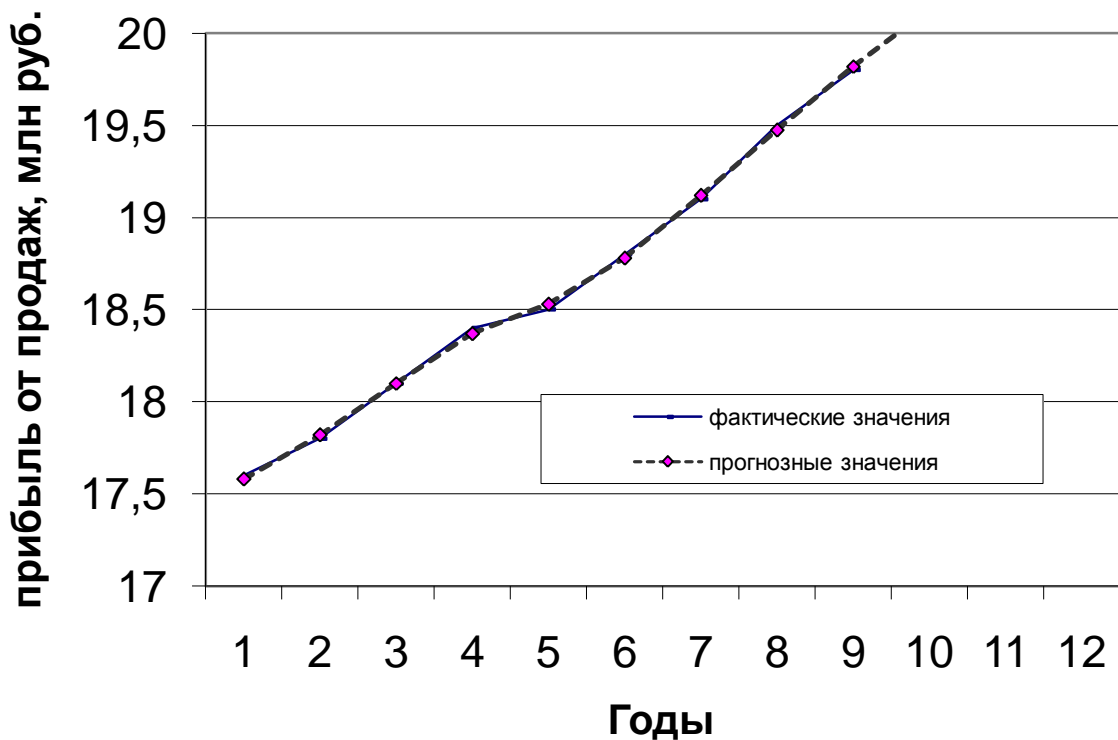


Рис. 3.1. Прогноз величины прибыли от продаж методом гармонических весов

Таким образом, методом гармонических весов была спрогнозирована величина прибыли от продаж предприятия на 2008 и 2009 гг., которая согласно прогнозу в 2008 году увеличится с 19,8 млн. руб. до 20,13 млн. руб., а в 2009 году – увеличится еще до 20,44 млн. руб.

2. Провести прогнозное исследование на основе дискриминантного анализа с целью выбора наиболее перспективных регионов ЦФО РФ для организации в них деятельности предприятия.

В стратегические планы предприятия входит расширение доли рынка за счет освоения других регионов. Были выбраны четыре показателя, необходимые для обоснования решения, связанного с выбором наиболее привлекательных регионов для организации в них деятельности предприятия (табл. 3.3). Регионы – зоны сбыта продукции предприятия - были разделены на две группы: регионы, в которых деятельность предприятий была успешной и не была

успешной.

Таблица 3.3
Показатели, характеризующие уровень развития регионов

Регион	Производство мяса, включая субпродукты, тыс. т.	Уровень потребления одним человеком мяса птицы, кг/год	Потребление мяса и мясопродуктов, включая субпродукты II категории и жир-сырец на душу населения, кг/год	Финансовая обеспеченность региона (с учетом уровня покупательной способности) на душу населения, тыс. руб.
	X_1	X_2	X_3	X_4
Группа регионов, в которых деятельность предприятия была успешной				
1. Смоленская область	7,1	4,3	49	5,5
2. Тамбовская область	6,9	3,8	40	4,8
3. Тульская область	17,3	12,1	51	6,2
4. Ярославская область	15,1	4,9	41	7,7
5. Курская область	2,0	30,1	71	18,4
6. Рязанская область	12,1	6,9	51	5,5
Группа регионов, в которых деятельность предприятия не была успешной				
1. Брянская область	8,3	3,5	57	5,4
2. Воронежская область	22,3	7,1	45	6,3
3. Калужская область	15,7	15,3	46	7,2
4. Тверская область	11,2	3,9	37	5,4

Была поставлена задача получения прогнозных оценок, которые позволили бы предсказать успешность деятельности компании в регионах, перспективных для сбыта продукции (табл. 3.4).

Пример выполнения задания

Решение этой задачи было проведено с использованием классической дискриминантной функции

Классический дискриминантный анализ потребовал выполнения следующих шагов.

1. Ввод исходных данных и оформление их в виде матриц X_1 и X_2 .

$$X_1 = \begin{pmatrix} 7,1 & 4,3 & 49 & 5,5 \\ 6,9 & 3,8 & 40 & 4,8 \\ 17,3 & 12,1 & 51 & 6,2 \\ 15,1 & 4,9 & 41 & 7,7 \\ 2,0 & 30,1 & 71 & 18,4 \\ 12,1 & 6,9 & 51 & 5,5 \end{pmatrix}; \quad X_2 = \begin{pmatrix} 8,3 & 3,5 & 57 & 5,4 \\ 22,3 & 7,1 & 45 & 6,3 \\ 15,7 & 15,3 & 46 & 7,2 \\ 11,2 & 3,9 & 37 & 5,4 \end{pmatrix}$$

2. Расчет векторов средних по каждой группе и преобразование полученных вектор-строк в вектор-столбцы.

Таблица 3.4

Показатели, характеризующие уровень развития регионов, относительно которых необходимо принять решение

Регион	Производство мяса, включая субпродукты, тыс. тонн	Уровень потребления одним человеком мяса птицы, кг в год	Потребление мяса и мясопродуктов, включая субпродукты II категории и жир-сырец на душу населения, кг в год	Финансовая обеспеченность региона (с учетом уровня покупательной способности) на душу населения, тыс. руб.
	X_1	X_2	X_3	X_4
1. Белгородская область	60	29,1	50	8,2
2. Владимирская область	24,1	3,5	30	5,5
3. г. Москва	2,1	30,1	71	18,4
4. Липецкая область	41,2	17,3	40	8,1
5. Орловская область	10,1	14,1	53	8,1

12,171

14,375

$$\begin{array}{r} \text{---} \\ X_1 = \end{array} \begin{array}{r} 7,300 \\ 40,714 \\ 4,886 \end{array} \quad \begin{array}{r} \text{---} \\ X_2 = \end{array} \begin{array}{r} 7,450 \\ 46,250 \\ 6,075 \end{array}$$

3. Определение оценок ковариационных матриц.

$$S_{x1} = \begin{pmatrix} 45,797 & -23,736 & -28,475 & -14,326 \\ -23,736 & 30,095 & 88,942 & 41,433 \\ -28,475 & 88,942 & 25,917 & 41,875 \\ -14,326 & 41,433 & 41,875 & 1,097 \end{pmatrix}$$

$$S_{x2} = \begin{pmatrix} 27,887 & 10,724 & -11,544 & 2,379 \\ 10,724 & 22,488 & -2,788 & 3,454 \\ -11,544 & -2,788 & 50,688 & -0,394 \\ 2,379 & 3,454 & -0,394 & 0,557 \end{pmatrix}$$

4. Расчет несмещенных оценок суммарной ковариационной матрицы.

$$S' = 1/(6+4-2) \cdot (6S_{x1} + 4S_{x2}) = \begin{pmatrix} 48,291 & -12,440 & -27,128 & -9,555 \\ -12,440 & 33,815 & 65,313 & 32,801 \\ -27,128 & 65,313 & 44,781 & 31,209 \\ -9,555 & 32,801 & 31,209 & 1,101 \end{pmatrix}$$

5. Нахождение матрицы, обратной суммарной ковариационной матрице.

$$S'^{-1} = \begin{pmatrix} 0,022 & 0,009 & -0,003 & 0,005 \\ 0,009 & -0,015 & 0,018 & 0,013 \\ -0,003 & 0,018 & -0,021 & 0,021 \\ 0,005 & 0,013 & 0,021 & -0,055 \end{pmatrix}$$

6. Определение векторов оценок коэффициентов дискриминации.

$$a = S'^{-1} (\overline{X_1} - \overline{X_2}) = \begin{pmatrix} -0,041 \\ -0,134 \\ 0,092 \\ -0,066 \end{pmatrix}$$

7. Вычисление значений дискриминантных функций для каждого наблюдения выборочных совокупностей.

$$u'_1 = X_1 a = \begin{pmatrix} 3,278 \\ 2,571 \\ 1,952 \\ 1,987 \end{pmatrix} \quad \text{и} \quad u'_2 = X_2 a = \begin{pmatrix} 4,078 \\ 1,855 \\ 1,065 \\ 2,065 \end{pmatrix}$$

0,923
2,908

8. Нахождение средних для полученных значений дискриминантных функций.

$$u'_1 = 1,946 \quad \text{и} \quad -u'_2 = 1,812$$

9. Получение константы $c = (1,946 + 1,812)/2 = 1,879$

10. Проведение идентификации регионов, относительно которых необходимо принять решение (табл. 3.5).

$$u'_3 = \begin{pmatrix} -2,310 \\ 0,934 \\ 1,214 \\ -0,869 \\ 2,042 \end{pmatrix}$$

Если $u_3 < c$, то регион относится ко второй группе (не успешной).

Результаты идентификации (см. табл. 3.5) показали, что в первую группу входит регион, на территории которого деятельность компании ожидается успешной, а именно Орловская область; ко второй группе относятся менее привлекательные регионы: Белгородская, Владимирская, Липецкая области и г. Москва.

Таблица 3.6

Результаты классического дискриминантного анализа регионов

Регион	$u'_3 = X_{3a}$	Принадлежность к группе
1. Белгородская область	-2,310	2
2. Владимирская область	0,934	2
3. г. Москва	1,214	2
4. Липецкая область	-0,869	2
5. Орловская область	2,042	1

Вывод. На основании проведенного исследования можно предложить предприятию освоить рынок Орловской области, на котором на основе дискриминантного анализа прогнозируется успешная деятельность предприятия.

4. Прогнозирование на основе регрессионных зависимостей

4.1. Множественная линейная регрессия

В экономических исследованиях часто изучаются связи между случайными и неслучайными величинами. Такие связи называют *регрессионными*, а метод их изучения - *регрессионным анализом*.

Экономические явления определяются, как правило, большим числом совокупно действующих факторов. В связи с этим часто возникает задача исследования зависимости одной переменной Y от нескольких объясняющих переменных X_1, X_2, \dots, X_n . Эта задача решается с помощью множественного регрессионного анализа.

Математически задача формулируется следующим образом. Требуется найти аналитическое выражение зависимости экономического явления (например, производительности труда) от определяющих его факторов, то есть ищется функция $Y = f(X_1, X_2, \dots, X_n)$, отражающая в среднем зависимость, по которой, зная значения независимых факторов X_i , можно найти приближенное значение зависимого от них показателя Y . В качестве функции в регрессионном анализе принимается случайная переменная, а аргументами являются неслучайные переменные.

Построение уравнения множественной регрессии начинается с решения вопроса о спецификации модели, включающего *отбор факторов* и *выбор вида уравнения* регрессии. Факторы, включаемые во множественную регрессию, должны отвечать следующим требованиям:

- они должны быть количественно измеримы (качественным факторам необходимо придать количественную определенность);
- между факторами не должно быть высокой корреляционной, а тем более функциональной зависимости, то есть наличия мультиколлинеарности.

Для нахождения уравнения регрессии необходимо определить общий вид функциональной зависимости и рассчитать параметры уравнения. При выборе вида зависимости руководствуются следующим: он должен согласовываться с профессионально-логическими соображениями относительно природы и характера исследуемых связей; по возможности используют простые зависимости, не требующие сложных расчетов, легко поддающиеся

интерпретации и практическому применению.

Относительно формы зависимости регрессии могут быть *линейными* и *нелинейными*. Практика регрессионного анализа говорит о том, что уравнение *линейной регрессии* часто достаточно хорошо выражает зависимость между показателями даже тогда, когда на самом деле они оказываются более сложными. Это объясняется тем, что в пределах исследуемых величин самые сложные зависимости могут носить приближенно линейный характер.

В общей форме прямолинейное уравнение регрессии имеет вид:

$$y = a_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_mx_m, \quad (4.1)$$

где y - результирующий признак, исследуемая переменная;

x_i - обозначение фактора (независимая переменная);

m - общее число факторов;

a_0 - постоянный (свободный) член уравнения;

b_i - коэффициент регрессии при факторе.

Увеличение результирующего признака y при изменении фактора x_i на единицу равно коэффициенту регрессии b_i (с положительным знаком); уменьшение - (с отрицательным знаком).

В матричной форме модель множественной линейной регрессии запишется следующим образом:

$$Y = Xb + \varepsilon, \quad (4.2.)$$

где $Y = (y_1, y_2, \dots, y_n)^T$ - матрица–столбец значений зависимой переменной размера n (знак « T » означает транспонирование);

$X = \begin{bmatrix} 1 & x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1m} \\ 1 & x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 1 & x_{n1} & x_{n2} & \dots & x_{nm} \end{bmatrix}$ - матрица значений, объясняющих переменных;

$b = (b_0, b_1, \dots, b_m)^T$ - матрица–столбец (вектор) параметров размера $m+1$;

$\varepsilon = (\varepsilon_1, \dots, \varepsilon_n)^T$ - матрица–столбец (вектор) остатков размера n .

В зависимости от числа факторов, влияющих на результирующий показатель, различают парную и множественную регрессии.

Частным случаем регрессионной функции является тренд (зависимость y от времени t). Поэтому рассмотренные приемы экстраполяции вполне применимы к трендовым регрессиям.

Уравнение парной линейной регрессии $y=a_0+bx$ можно изобразить графически (рис. 4.1). Отрезок b показывает приращение y при увеличении значения x на единицу.

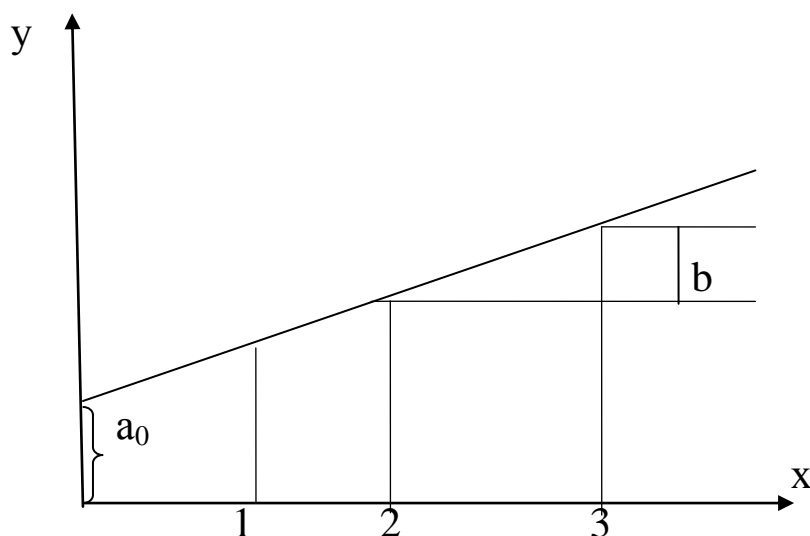


Рис. 4.1. График простой парной линейной регрессии $y=a_0+bx$

При оценке параметров уравнения регрессии (вектора b) применяется метод наименьших квадратов: неизвестные параметры выбираются таким образом, чтобы сумма квадратов отклонений фактических значений от значений, найденных по уравнению регрессии, была минимальной:

$$E = \sum_{i=1}^n (y_i - y_{xi})^2 = (Y - Xb)(Y - Xb)^T \rightarrow \min \quad (4.3)$$

Решением этой задачи является вектор $b = (X^T X)^{-1} X^T Y$.

Оценка качества регрессионного уравнения осуществляется по совокупности критериев адекватности модели фактическим условиям и статистической достоверности регрессии:

- *средняя относительная ошибка аппроксимации* (не должна превышать 12%):

$$\bar{A} = \frac{1}{n} \cdot \sum \left| \frac{y_i - \hat{y}_{xi}}{y_i} \right| \cdot 100\% ; \quad (4.4)$$

- *коэффициент детерминации R^2* характеризует долю вариации зависимой переменной, обусловленной регрессией или изменчивостью объясняющих переменных:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - y_{xi})^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}. \quad (4.5)$$

Чем ближе R^2 к единице, тем лучше построенная регрессионная модель описывает зависимость между объясняющими и зависимой переменной;

- в процессе оценки качества регрессии проверяется *значимость уравнения регрессии и его коэффициентов*. На основе дисперсионного анализа сравниваются объясненная и остаточная дисперсии на одну степень свободы для расчета значения F – *критерия Фишера*, используемого для оценки значимости уравнения регрессии. Значимость коэффициентов регрессии проверяется на основе *t-критерия Стьюдента*.

В линейной модели множественной регрессии $\hat{y}_x = b_0 + b_1 x_1 + \dots + b_m x_m$ коэффициенты регрессии b_i характеризуют среднее изменение результата с изменением соответствующего фактора на единицу при неизменном значении других факторов, закрепленных на среднем уровне.

На практике часто бывает необходимо сравнить влияние на зависимую переменную различных объясняющих переменных, когда последние выражаются разными единицами измерения. В этом случае используют стандартизованные коэффициенты регрессии β_i и коэффициенты эластичности \mathcal{E}_i ($i=1, 2, \dots, m$).

Уравнение регрессии в стандартизованной форме обычно представляют в виде (4.6):

$$t_y = \beta \cdot t_{x1} + \beta_2 \cdot t_{x2} + \dots + \beta_m \cdot t_{xm} + \varepsilon, \quad (4.6)$$

где $t_y = \frac{y - \bar{y}}{\sigma_y}$, $t_x = \frac{x_1 - \bar{x}_1}{\sigma_{x1}}$ - стандартизованные переменные.

Заменив значения y на t_y , а значения x на t_x получаем нормированные или стандартизованные переменные.

В результате такого нормирования средние значения всех стандартизованных переменных равны нулю, а дисперсии равны единице, то есть $\bar{t}_y = \bar{t}_{x1} = \dots = \bar{t}_{xm} = 0$, $\sigma_1 = \sigma_{x1} = \dots = \sigma_{xm} = 1$.

Коэффициенты обычной («чистой») регрессии связаны со стандартизованными коэффициентами следующим

$$\text{соотношением: } b_i = \beta_i \frac{\sigma_y}{\sigma_{x_i}}.$$

(4.7)

Стандартизованные коэффициенты показывают, на сколько стандартных отклонений (сигм) изменится в среднем результат, если соответствующий фактор x_1 изменится на одно стандартное отклонение (одну сигму) при неизменном среднем уровне других факторов. Сравнивая стандартизованные коэффициенты друг с другом, можно ранжировать факторы по силе их воздействия на результат.

Коэффициент эластичности рассчитывается по формуле:

$$\bar{\varepsilon} = f'(x) \frac{x}{y}, \quad (4.8)$$

где $f'(x)$ - производная, характеризующая соотношение приростов результата и фактора для соответствующей формы связи.

Средние коэффициенты эластичности для линейной регрессии вычисляются по формуле (4.8):

$$\bar{\varepsilon}_{yx_i} = b_i \cdot \frac{\bar{x}_i}{\bar{y}_{xi}}. \quad (4.9)$$

Коэффициент эластичности показывает, на сколько процентов (от средней) изменится в среднем Y при увеличении только фактора X_i на 1%.

При эконометрическом моделировании реальных экономических процессов предпосылки КЛММР нередко оказываются нарушенными: дисперсии остатков модели не одинаковы (гетероскедастичность остатков) или наблюдается корреляция между остатками в разные моменты времени (автокоррелированные остатки).

Проверить модель на гетероскедастичность можно с помощью следующих тестов: ранговой корреляции Спирмена; Голдфельда-Квандта, Уайта, Глейзера. В случае выявления гетероскедастичности остатков для оценки параметров регрессии используется обобщенный метод наименьших квадратов (ОМНК).

Влияние результатов предыдущих наблюдений на результаты последующих приводит к тому, что случайные величины (ошибки) ε_i в регрессионной модели становятся зависимыми. Такие модели называются моделями с наличием *автокорреляции*.

Как правило, если автокорреляция присутствует, то наибольшее влияние на последующее наблюдение оказывает результат предыдущего наблюдения. Наличие автокорреляции между соседними уровнями ряда можно определить с помощью теста Дарбина-Уотсона. Расчетное значение критерия Дарбина-Уотсона определяется по формуле

$$d = \frac{\sum_{i=2}^n (\varepsilon_i - \varepsilon_{i-1})^2}{\sum_{i=1}^n \varepsilon_i^2} \quad (4.10)$$

и находится в интервале от 0 до 4. По таблицам критических точек распределения Дарбина-Уотсона для заданного уровня значимости $\alpha = 0,05$, числа наблюдений (n) и количества объясняющих переменных (m) находят пороговые значения d_n (нижняя граница) и d_g (верхняя граница).

Если расчетное значение:

$d_g < d < 4 - d_g$, то гипотеза об отсутствии автокорреляции не отвергается (принимается);

$d_n < d < d_g$ или $4 - d_g < d < 4 - d_n$, то вопрос об отвержении или принятии гипотезы остается открытым (расчетное значение попадает в зону неопределенности);

$0 < d < d_n$, то принимается альтернативная гипотеза о наличии положительной автокорреляции;

$4 - d_n < d < 4$, то принимается альтернативная гипотеза о наличии отрицательной автокорреляции.

Недостаток теста Дарбина-Уотсона заключается в том, что он, во-первых, содержит зоны неопределенности; во-вторых, он позволяет выявить наличие автокорреляции только между соседними уровнями, тогда как автокорреляция может существовать и между более отдаленными наблюдениями. Поэтому, наряду с тестом Дарбина-Уотсона для проверки наличия автокорреляции используются тест серий (Бреуша-Годфри), Q -тест Льюинга-Бокса и др. Наиболее распространенным приемом устранения автокорреляции во временных рядах является построение авторегрессионных моделей.

Адекватную и достоверную модель регрессии можно использовать для разработки генетических и нормативных прогнозов. В генетических прогнозах целесообразно определить

значения объясняющих переменных в прогнозном периоде, а затем по модели определить прогнозируемый результат y . В нормативном прогнозе определяется целевой результат – значение y , с использованием регрессионной модели могут быть рассчитаны требуемые для достижения цели условия или значения факторов x .

Регрессионные функции исключительно широко распространены в экономических исследованиях. Примером возможного применения регрессионного анализа в экономике является исследование влияния на производительность труда и себестоимость таких факторов, как величина основных производственных фондов, заработная плата, накладные расходы и пр. Но особое место в составе нелинейных регрессий занимает группа «производственных функций».

Построение только уравнений регрессии для описания взаимосвязей в сложных социально-экономических системах во многих случаях недостаточно, чтобы объяснить механизм их функционирования и обосновать направления совершенствования. Поэтому все более широкое распространение в моделировании и прогнозировании получили системы регрессионных уравнений и тождеств.

4.2. Нелинейные регрессионные модели.

Использование в прогнозировании производственных функций

Соотношения между социально-экономическими явлениями и процессами описывают и *нелинейными функциями*. Следует различать модели, нелинейные по параметрам, и модели, нелинейные по переменным.

Для оценки параметров нелинейных моделей существует два основных подхода. Первый подход основан на линеаризации модели: преобразованием исходных переменных и введением новых, нелинейную модель можно свести к линейной, для оценки параметров которой используется метод наименьших квадратов.

Второй заключается в том, что если подобрать соответствующее линеаризующее преобразование не удастся, то применяются методы нелинейной оптимизации на основе исходных переменных.

Если модель нелинейна по переменным, то используется первый подход, то есть вводятся новые переменные и модель сводится к линейной $y = b_0 + b_1 \ln x_1 + b_2 \sqrt{x_2} + b_3 x_3 + \varepsilon$.

Переходят к новым переменным; $x'_1 = \ln x_1, x'_2 = \sqrt{x_2}$ и получают линейное уравнение: $y = b_0 + b_1 x'_1 + b_2 x'_2 + b_3 x_3 + \varepsilon$

Более сложной проблемой является нелинейность по оцениваемым параметрам. В ряде случаев путем подходящих преобразований эти модели удастся привести к линейному виду.

При выборе формы уравнения регрессии важно помнить, что чем сложнее функция, тем менее интерпретируемы ее параметры.

Производственная функция (ПФ) - это функциональная модель сферы производства, определяющая «выход» валового продукта (Y) по данным о «входе» – производственным факторам (X).

Различают два основных типа производственных функций: с взаимозаменяемыми ресурсами и с взаимодополняемыми ресурсами.

Предположение о взаимозаменяемости ресурсов в производственной функции $Y_i = f(X_i)$ означает, что один и тот же объем выпуска продукции может быть получен при разных комбинациях ресурсов, отличающихся тем, что затраты одних ресурсов больше, а других меньше. Если $y=0$ при положительных затратах некоторых ресурсов, но при $X_i=0$, то это означает, что ресурс i абсолютно необходим для производства хотя бы в малых количествах (например, труд, электроэнергия).

Производственные функции могут задаваться не только в *аналитической форме*, но и в *виде таблиц*.

По своему содержанию производственные функции охватывают всевозможные зависимости в сфере производства на различных уровнях - предприятие, объединение, ТПК, отрасль, региональная, национальная экономика. Чаще всего производственные функции применяются для анализа и прогнозирования параметров тех предприятий, где условия производства и переработки продукции характеризуются технологической взаимозаменяемостью факторов и нелинейной зависимостью их расхода от масштабов производства.

Наибольшее применение в прикладном экономическом прогнозировании имеют два типа ПФ: *мультипликативная*, чаще

именуемая функцией Кобба-Дугласа (ПФКД) и функция с постоянной *эластичностью* заменяемых ресурсов (ПЭЗ).

Производственные функции могут быть *статическими* и *динамическими*. В первых не учитывается время как фактор, изменяющий основные характеристики изучаемой зависимости.

Самая распространенная статическая функции – функция Кобба-Дугласа, рассчитывается по формуле

$$Y = a \cdot L^{\alpha} \cdot K^{\beta}, \quad (4.11)$$

где Y - величина общественного продукта;

L - затраты труда;

K - объем производственных фондов

a, α, β - параметры производственной функции.

Первоначально авторы представляли функцию в виде $Y = AK^{\alpha}L^{1-\alpha}$, то есть предполагали постоянную отдачу от масштаба производства.

Если в модели $\alpha + \beta = 1$, то функцию Кобба-Дугласа представляют в виде

$$Y = AK^{\alpha}L^{1-\alpha} \quad \text{или} \quad \frac{Y}{L} = A \left(\frac{K}{L} \right)^{\alpha}. \quad (4.12)$$

Таким образом, переходят к зависимости производительности труда (Y/L) от его капиталовооруженности (K/L). Логарифмируя обе части уравнения, приводим его к линейному виду:

$$\ln(Y/L) = \ln A + \alpha \cdot \ln(k/L).$$

Параметры a, α, β можно рассчитывать многими методами. Чаще всего используют метод наименьших квадратов. После определения параметров устанавливают степень соответствия типа функции реальным условиям по совокупности показателей.

Динамическая функция Кобба-Дугласа имеет вид

$$Y(t) = A(t) \cdot L^{\alpha}(t) \cdot K^{\beta}(t). \quad (4.13)$$

Она отличается от её статического варианта множителем $A(t)$. Чаще всего $A(t) = a_0 \cdot e^{\gamma t}$, где t — время, параметр γ — темп прироста объема производства благодаря техническому прогрессу.

В статической модели $\alpha + \beta = 1$. Для динамической модели $\alpha + \beta > 1$ и в этом случае осуществляют нормировку коэффициентов.

Логарифмируя, а затем дифференцируя по t функцию $y(t)$ получим соотношение между *темпами прироста* конечного продукта Y и производственных факторов:

$$\ln y(t) = \ln a_0 + \gamma t + \alpha \ln L(t) + \beta \ln K(t) \quad . \quad (4.14)$$

$$P_y = \gamma + \alpha P_L + \beta P_K.$$

Таким образом, темп прироста конечного продукта есть сумма автономного темпа и взвешенной суммы темпов прироста производственных факторов.

Если $P_y > P_L$ и $P_y > P_K$, то это означает увеличение эффективности обоих производственных факторов (рост производительности труда и фондоотдачи).

Функция Кобба-Дугласа с автономным темпом технического прогресса, устраняет многие недостатки ранних модификаций ПФ, но не учитывает развития производительных сил и средств коммуникаций, без которых состав факторов экономического роста в современных условиях является неполным. Поэтому известны подходы к модификации производственной функции Кобба-Дугласа с автономным темпом технического прогресса, в которых этот параметр дифференцируется на составные компоненты.

С помощью модели ПФ можно рассчитать следующие показатели развития производственной сферы:

1. *Показатель производительности труда* - отношение величины общественного продукта к совокупным затратам труда;

$$P_T = \frac{Y}{L} = aL^{\alpha-1}K^\beta \quad (4.15)$$

Это выражение характеризует среднюю производительность труда, то есть показывает среднее количество продукции, приходящееся на единицу затрат труда.

Наряду со средней производительностью труда используют и предельную производительность. Она показывает, сколько дополнительных единиц продукции приносит дополнительная единица затраченного труда. Её уравнение имеет вид:

$$\frac{\partial Y}{\partial L} = a * \alpha * L^{\alpha-1} * K^\beta. \quad (4.16)$$

Так как $0 < \alpha < 1$, предельная производительность труда в абсолютном выражении всегда ниже средней производительности.

Другой важной характеристикой производственной функции является показатель эластичности выпуска продукции по затратам труда:

$$E_L = \frac{\partial Y}{\partial L} * \frac{L}{Y}. \quad (4.17)$$

Для функции вида $Y = aL^\alpha K^\beta$ величина $E_L = \alpha$. Этот показатель

указывает, на сколько процентов увеличится выпуск при увеличении затрат труда на 1 процент.

Аналогично можно определить эластичность выпуска продукции по объему производственных фондов:

$$E_k = \frac{\partial Y}{\partial L} * \frac{K}{Y} \quad (4.18)$$

2. Фондовооруженность труда- характеризует обеспеченность промышленно-производственного персонала основными производственными фондами:

$$\frac{K}{L} = a^{-1/\beta} * Y^{1/\beta} * L^{-1-\alpha/\beta} . \quad (4.19)$$

3. Потребность в одном из ресурсов при заданном объеме производства и величине другого ресурса.

$$L = \left(\frac{Y}{a \cdot K^\beta} \right)^{\frac{1}{\alpha}} \quad (4.20)$$

$$K = \left(\frac{Y}{a \cdot L^\alpha} \right)^{\frac{1}{\beta}} . \quad (4.21)$$

4. Предельная норма замещения ресурса, в частности предельная норма замещения затрат труда производственными фондами определяется по формуле

$$\frac{\partial K}{\partial L} = -\frac{\alpha}{\beta} * \frac{K}{L} . \quad (4.22)$$

На основе модели производственной функции можно охарактеризовать уровень развития изучаемой сферы производства и степень использования основных факторов производства, разработать генетические и нормативно-целевые прогнозы.

4.3. Системы линейных одновременных уравнений

При использовании отдельных уравнений регрессии (например для экономических расчетов) в большинстве случаев предполагается, что аргументы (факторы) можно изменять независимо друг от друга. Однако это предположение является очень грубым: практически изменение одной переменной, как правило, не может происходить при абсолютной неизменности других. Ее изменение повлечет за собой изменения во всей системе взаимосвязанных признаков. Следовательно, отдельно взятое

Набор факторов x_i , в каждом уравнении может варьировать. Так, модель вида

$$\begin{aligned} y_1 &= f(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5) \\ y_2 &= f(x_1, x_3, x_4, x_5) \\ y_3 &= f(x_2, x_3, x_5) \\ y_4 &= f(x_3, x_4, x_5) \end{aligned} \quad (4.24)$$

также является системой независимых уравнений, но в ней набор факторов видоизменяется в уравнениях, входящих в систему. Отсутствие того или иного фактора может быть следствием как экономической нецелесообразности его включения в модель, так и несущественности его воздействия на результативный признак (незначимо значение t-критерия или частного F-критерия для данного фактора).

Примером такой модели может служить *модель экономической эффективности сельскохозяйственного производства*, где в качестве зависимых переменных выступают показатели, характеризующие эффективность сельскохозяйственного производства: продуктивность коров, себестоимость 1 ц молока, а в качестве факторов - специализация хозяйства, количество голов на 100 га пашни, затраты труда и т. п.

Каждое уравнение системы независимых уравнений может рассматриваться самостоятельно. Для нахождения его параметров используется метод наименьших квадратов. По существу, каждое уравнение этой системы является уравнением регрессии. Поскольку никогда нет уверенности, что факторы полностью объясняют зависимые переменные, то в уравнениях присутствует свободный член a_0 . Так как фактические значения зависимой переменной отличаются от теоретических на величину случайной ошибки, то в каждом уравнении присутствует величина случайной ошибки.

В итоге система независимых уравнений при трех зависимых переменных и четырех факторах примет вид

$$\begin{cases} y_1 = a_{01}x_1 + a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + a_{13}x_3 + a_{14}x_4 + \varepsilon_1, \\ y_2 = a_{02}x_2 + a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + a_{23}x_3 + a_{24}x_4 + \varepsilon_2, \\ y_3 = a_{03}x_3 + a_{31}x_1 + a_{32}x_2 + a_{33}x_3 + a_{34}x_4 + \varepsilon_3. \end{cases} \quad (4.25)$$

Однако если зависимая переменная y одного уравнения выступает в виде фактора x в другом уравнении, то исследователь может строить модель в виде *системы рекурсивных уравнений*:

$$\left\{ \begin{array}{l} y_1 = a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1m}x_m + \varepsilon_1, \\ y_2 = b_{21}y_1 + a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2m}x_m + \varepsilon_2, \\ y_3 = b_{31}y_1 + b_{32}y_2 + a_{31}x_1 + a_{32}x_2 + \dots + a_{3m}x_m + \varepsilon_3, \\ \dots \\ y_n = b_{n1}y_1 + b_{n2}y_2 + \dots + b_{nn-1}y_{n-1} + a_{n1}x_1 + a_{n2}x_2 + \dots + a_{nm}x_m + \varepsilon_n. \end{array} \right. \quad (4.26)$$

В данной системе зависимая переменная y включает в каждое последующее уравнение в качестве факторов все зависимые переменные предшествующих уравнений наряду с набором собственно факторов x . Примером такой системы может служить *модель производительности труда и фондоотдачи вида*:

$$\left\{ \begin{array}{l} y_1 = a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + a_{13}x_3 + \varepsilon_1, \\ y_2 = b_{21}y_1 + a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + a_{23}x_3 + \varepsilon_2, \end{array} \right. \quad (4.27)$$

где y_1 – производительность труда;

y_2 – фондоотдача;

x_1 – фондовооруженность труда;

x_2 – энерговооруженность труда;

x_3 – квалификация рабочих.

Как и в системах независимых уравнений, каждое рекурсивное уравнение может рассматриваться самостоятельно, и его параметры определяются методом наименьших квадратов (МНК).

Наибольшее распространение в эконометрических исследованиях получила *система взаимозависимых уравнений*. В ней одни и те же зависимые переменные в одних уравнениях входят в левую часть, а в других уравнениях – в правую часть системы:

$$\left\{ \begin{array}{l} y_1 = b_{12} \cdot y_2 + b_{13} \cdot y_3 + \dots + b_{1n} \cdot y_n + a_{11} \cdot x_1 + a_{12} \cdot x_2 + \dots + a_{1m} \cdot x_m + \varepsilon_1, \\ y_2 = b_{21} \cdot y_1 + b_{23} \cdot y_3 + \dots + b_{2n} \cdot y_n + a_{21} \cdot x_1 + a_{22} \cdot x_2 + \dots + a_{2m} \cdot x_m + \varepsilon_2, \\ \dots \\ y_n = b_{n1} \cdot y_1 + b_{n2} \cdot y_2 + \dots + b_{nn-1} \cdot y_{n-1} + a_{n1} \cdot x_1 + a_{n2} \cdot x_2 + \dots + a_{nm} \cdot x_m + \varepsilon_n \end{array} \right.$$

Система взаимосвязанных уравнений получила название *системы совместных одновременных уравнений*. Тем самым подчеркивается, что в системе одни и те же переменные (y) одновременно рассматриваются как зависимые в одних уравнениях и как независимые в других. В эконометрике эта система уравнений называется также *структурной формой модели*. В отличие от предыдущих систем каждое уравнение системы одновременных уравнений не может рассматриваться самостоятельно, и для нахождения его параметров традиционный МНК неприменим. С этой целью используются специальные приемы оценивания.

Примером системы одновременных уравнений может служить *модель динамики цены и заработной платы вида*

$$\begin{cases} y_1 = b_{12}y_2 + a_{11}x_1 + \varepsilon_1, \\ y_2 = b_{21}y_1 + a_{22}x_2 + a_{23}x_3 + \varepsilon_2, \end{cases} \quad (4.29)$$

где y_1 - темп изменения месячной заработной платы;

y_2 - темп изменения цен;

x_1 - процент безработных;

x_2 - темп изменения постоянного капитала;

x_3 - темп изменения цен на импорт сырья.

Система совместных, одновременных уравнений (или структурная форма модели) обычно содержит эндогенные и экзогенные переменные.

Эндогенные переменные обозначены в приведенной ранее системе одновременных уравнений как y . Это зависимые переменные, число которых равно числу уравнений в системе.

Экзогенные переменные обозначаются обычно как x . Это predetermined переменные, влияющие на эндогенные переменные, но не зависящие от них.

Классификация переменных на эндогенные и экзогенные зависит от теоретической концепции принятой модели. Экономические переменные могут выступать в одних моделях как эндогенные, а в других - как экзогенные. Внеэкономические переменные (например, климатические условия) входят в систему как экзогенные переменные. В качестве экзогенных переменных могут рассматриваться значения эндогенных переменных за предшествующий период времени (лаговые переменные). Так,

так как в ней отсутствуют оценки взаимосвязи между эндогенными переменными.

С позиции идентифицируемости структурные модели можно подразделить на три вида:

- идентифицируемые;
- неидентифицируемые;
- сверхидентифицируемые.

Модель идентифицируема, если все ее структурные коэффициенты определяются однозначно, единственным образом по коэффициентам приведенной формы модели, то есть если число параметров структурной модели равно числу параметров приведенной формы модели. В этом случае структурные коэффициенты модели оцениваются через параметры приведенной формы модели и модель идентифицируема. Рассмотренная выше структурная модель с двумя эндогенными и тремя экзогенными (предопределенными) переменными, содержащая шесть структурных коэффициентов, представляет собой идентифицируемую модель.

Модель неидентифицируема, если число приведенных коэффициентов меньше числа структурных коэффициентов, и в результате структурные коэффициенты не могут быть оценены через коэффициенты приведенной формы модели. Структурная модель в полном виде (4.1), содержащая n эндогенных и m предопределенных переменных в каждом уравнении системы, всегда неидентифицируема.

Модель сверхидентифицируема, если число приведенных коэффициентов больше числа структурных коэффициентов. В этом случае на основе коэффициентов приведенной формы можно получить два или более значений одного структурного коэффициента. В этой модели число структурных коэффициентов меньше числа коэффициентов приведенной формы.

Структурная модель всегда представляет собой систему совиных уравнений, каждое из которых требуется проверять на идентификацию. *Модель считается идентифицируемой если каждое уравнение системы идентифицируемо*. Если хотя бы одно из уравнений системы неидентифицируемо, то и вся модель считается неидентифицируемой. Сверхидентифицируемая модель содержит хотя бы одно сверхидентифицируемое уравнение.

Выполнение условия идентифицируемости модели проверяется для каждого уравнения системы. Уравнение идентифицируемо, если число predetermined переменных, отсутствующих в данном уравнении, но присутствующих в системе, равно числу endogenous переменных в данном уравнении без одного.

Если обозначить число endogenous переменных в j -м уравнении системы через H , а число exogenous (predetermined) переменных, которые содержатся в системе, но не входят в данное уравнение, через D , то условие идентифицируемости модели может быть записано в виде следующего *счетного правила*:

$D+1=H$ - уравнение идентифицируемо;

$D+1 < H$ - уравнение неидентифицируемо;

$D+1 > H$ - уравнение сверхидентифицируемо.

Для оценки параметров структурной модели система должна быть идентифицируема или сверхидентифицируема.

Рассмотренное счетное правило отражает необходимое, но недостаточное условие идентификации. Более точно условия идентификации определяются, если накладывать ограничения на коэффициенты матриц параметров структурной модели.

Уравнение идентифицируемо, если по отсутствующим в нем переменным (endogenous и exogenous) можно из коэффициентов при них в других уравнениях системы получить матрицу, определитель которой не равен нулю, а ранг матрицы не меньше, чем число endogenous переменных в системе без одного.

Целесообразность проверки условия идентификации модели через определитель матрицы коэффициентов, отсутствующих в данном уравнении, но присутствующих в других, объясняется тем, что возможна ситуация, когда для каждого уравнения системы выполнено счетное правило, а определитель матрицы названных коэффициентов равен нулю. В этом случае соблюдается лишь необходимое, но недостаточное условие идентификации.

В эконометрических моделях часто наряду с уравнениями параметры, которых должны быть статистически оценены, используются балансовые тождества переменных, коэффициенты при которых равны ± 1 . В этом случае, хотя само тождество и не требует проверки на идентификацию, ибо коэффициенты при переменных в тождестве известны, в проверке на идентификацию собственно структурных уравнений системы тождества участвуют.

Коэффициенты структурной модели могут быть оценены разными способами в зависимости от вида системы одновременных уравнений. Наибольшее распространение в литературе получили следующие *методы оценивания коэффициентов структурной модели*:

- косвенный метод наименьших квадратов (КМНК);
- двухшаговый метод наименьших квадратов (ДМНК);
- трехшаговый метод наименьших квадратов;
- метод максимального правдоподобия с полной информацией;
- метод максимального правдоподобия при ограниченной информации.

Косвенный и двухшаговый методы наименьших квадратов подробно описаны в учебной литературе по эконометрике [1, 23, 43 и др.] и рассматриваются как традиционные методы оценки коэффициентов структурной модели. Эти методы достаточно легкорезализуемы. Косвенный метод наименьших квадратов (КМНК) применяется для идентифицируемой системы одновременных уравнений, а двухшаговый метод наименьших квадратов (ДМНК) используется для оценки коэффициентов сверхидентифицируемой модели. Перечисленные методы оценивания также используются для сверхидентифицируемых систем уравнений.

Тренировочные задания

1. По данным таблицы 4.1, изучается зависимость балансовой прибыли предприятия торговли Y (тыс. руб.) от следующих факторов:

- X_1 - объем товарных запасов, тыс. руб.;
- X_2 - фонд оплаты труда, тыс. руб.;
- X_3 - издержки обращения, тыс. руб.;
- X_4 - объем продаж по безналичному расчету, тыс. руб.

Таблица 4.1

Информация для построения модели регрессии

Месяц	У	X1	X2	X3	X4
1	41321,57	300284,10	19321,80	42344,92	100340,02
2	40404,27	49107,21	20577,92	49000,43	90001,35
3	37222,12	928388,75	24824,91	50314,52	29301,98
4	37000,80	724949,11	28324,87	48216,41	11577,42
5	29424,84	730855,33	21984,07	3301,30	34209,84
6	20348,19	2799881,13	11000,02	21284,21	29300,00
7	11847,11	1824351,20	4328,94	28407,82	19531,92
8	14320,64	1624500,80	7779,41	40116,00	17343,20
9	18239,46	1115200,93	18344,11	32204,98	4391,00
10	22901,52	1200947,52	20937,31	30105,29	14993,25
11	27391,92	1117850,93	27344,30	40294,40	104300,00
12	44808,37	1379590,02	31939,52	42239,79	119804,33
13	40629,28	588365,77	29428,60	55584,35	155515,15
14	31324,80	434281,91	30375,82	49888,17	60763,19
15	34847,92	1428243,59	33000,94	59866,55	8763,25
16	33241,32	1412181,59	31322,60	49975,79	4345,42
17	29971,34	1448274,10	20971,82	3669,92	48382,15
18	17114,90	4074616,71	11324,93	26032,95	10168,00
19	8944,94	1874298,99	8341,52	29327,21	22874,40
20	17499,58	1525436,47	10481,14	40510,01	29603,05
21	19244,80	1212238,89	18329,90	37444,69	16605,16
22	34958,32	1154327,22	29881,52	36427,22	32124,63
23	44900,83	1173125,03	34928,60	51485,62	200485,00
24	57300,25	1435664,93	41824,92	49959,92	88558,62

1. Для заданного набора данных постройте линейную модель множественной регрессии.

2. Оцените точность и адекватность построенного уравнения регрессии. Выделите значимые и незначимые факторы в модели.

3. Постройте уравнение регрессии со статистически значимыми факторами. Дайте экономическую интерпретацию параметров модели. Определите коэффициенты эластичности.

4. Получите прогнозные значения прибыли в зависимости от изменения факторов.

Пример выполнения задания

Для получения отчета по построению модели в среде EXCEL необходимо выполнить следующие действия:

1. В меню Сервис выбираем строку Анализ данных. На экране появится окно, в котором выбираем пункт *Регрессия*. Появляется диалоговое окно, в котором задаем необходимые параметры.

Входной интервал Y - диапазон (столбец), содержащий данные со знаменами объясняемой переменной;

Входной интервал X - диапазон (столбцы), содержащий данные со значениями объясняющих переменных.

Метки - флажок, который указывает, содержат ли первые элементы отмеченных диапазонов названия переменных (столбцов) или нет;

Константа-ноль - флажок, указывающий на наличие или отсутствие свободного члена в уравнении регрессии (β_0);

Выходной интервал - достаточно указать левую верхнюю ячейку будущего диапазона, в котором будет сохранен отчет;

Новый рабочий лист - можно задать произвольное имя нового листа, в котором будет сохранен отчет.

Если необходимо получить значения и графики остатков (e_i), установите соответствующие флажки в диалоговом окне. Нажмите на кнопку ОК.

В отчете о результатах регрессионного анализа («вывод итогов») содержатся три таблицы.

Рассмотрим таблицу «Регрессионная статистика» (табл. 4.2).

Таблица 4.2.

Регрессионная статистика

Множественный R	0,905710331
R-квадрат	0,820311203
Нормированный R-квадрат	0,782481983
Стандартная ошибка	5705,632761
Наблюдения	24

Множественный R - это $\sqrt{R^2}$, где R^2 - коэффициент детерминации.

R-квадрат — это R^2 . В нашем примере значение $R^2 = 0,8203$ свидетельствует о том, что изменения зависимой переменной Y (балансовой прибыли) в основном (на 82,03%) можно объяснить изменениями включенных в модель объясняющих переменных — X_1, X_2, X_3, X_4 . Такое значение свидетельствует об адекватности модели.

Нормированный R -квадрат - поправленный (скорректированный по числу степеней свободы) коэффициент детерминации.

Стандартная ошибка регрессии $S = \sqrt{S^2}$, где $S^2 = \sum \frac{e_i^2}{n-m}$ - необъясненная дисперсия (мера разброса зависимой переменной вокруг линии регрессии); n — число наблюдений (в нашем примере равно 24), m - число объясняющих переменных (в нашем примере равно 4).

Наблюдения - число наблюдений n .

Рассмотрим таблицу дисперсионного анализа (табл.4.3).

Таблица 4.3.

Дисперсионный анализ

	df	SS	MS	F	Значимость F
Регрессия	4	2823702083	705925520,7	21,68459187	7,27921E-07
Остаток	19	618530658,8	32554245,2		
Итого	23	3442232742			

df - *degrees of freedom* - число степеней свободы связано с числом единиц совокупности n и с числом определяемых по ней констант $(m+1)$.

SS - *sum of squares* - сумма квадратов (регрессионная (RSS -*regression sum of squares*), остаточная (ESS — *error sum of squares*) и общая (TSS — *total sum of squares*), соответственно). $TSS = RSS + ESS$

MS -*mean sum* - сумма квадратов на одну степень свободы.

F - расчетное значение F -критерия Фишера. Если нет табличного значения, то для проверки значимости уравнения регрессии в целом можно посмотреть *Значимость F*. На уровне значимости $\alpha = 0,05$ уравнение регрессии признается значимым в целом, если *Значимость F* < 0.05 , и незначимым, если *Значимость F* ≥ 0.05 .

Результаты дисперсионного анализа запишем в таблицу 4.4.

Таблица 4.4

Результаты дисперсионного анализа

	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Значимость F</i>
Регрессия	$m = 4$	RSS=2,82E+09	RSS/df=7,06E+08	$\frac{RSS}{ESS} * \frac{n-m-1}{m} = 21,68$	7,28E-07
Остаток	$n-m-1=19$	ESS=6,19E+08	ESS/df=3,26E+07		
Итого	$n-1 = 23$	TSS=3,44E+09			

Имеем следующие значения.

Расчетное значение F-критерия Фишера составляет 21,68.

Значимость F = 7,28E-07, что меньше 0,05. Таким образом, полученное уравнение в целом значимо.

Третья таблица отчета в «выводе итогов» содержит коэффициенты регрессии, оценку их значимости (табл. 4.5 и 4.6.).

Таблица 4.5.

Оценка параметров регрессии

	Коэффициенты	Стандартная ошибка	t-статистика	P-Значение
Y-пересечение	8497,953555	5214,993986	1,629523175	0,119669485
Переменная X 1	-0,001272691	0,001652255	-0,770274896	0,450608943
Переменная X 2	0,876317896	0,1565088	5,599160531	2,12344E-05
Переменная X 3	0,005426577	0,097124486	0,05587239	0,956026832
Переменная X 4	0,060582276	0,026352261	2,298940308	0,033024214

Таблица 4.6.

Доверительные интервалы для значений коэффициентов

Нижние 95%	Верхние 95%
-2417,157692	19413,0648
-0,004730902	0,002185521
0,548741111	1,20389468
-0,197857372	0,208710526
0,005426342	0,115738209

В таблице 4.5 приведены значения параметров (коэффициентов) модели, их стандартные ошибки и расчетные значения t-критерия Стьюдента для оценки значимости отдельных параметров модели.

Анализ таблицы 4.5 позволяет сделать вывод о том, что на уровне значимости $\alpha = 0.05$ значимыми оказываются лишь коэффициенты при факторах X2 и X4, так как только для них *P-значение* меньше 0,05. Таким образом, факторы X1 и X3 не существенны, и их включение в модель нецелесообразно.

Поскольку коэффициент регрессии в эконометрических исследованиях имеют четкую экономическую интерпретацию, то границы доверительного интервала для коэффициента регрессии (см. табл. 4.6) не должны содержать противоречивых результатов, как, например $-0,0047 \leq b_1 \leq 0,0022$. Такого рода запись указывает, что истинное значение коэффициента регрессии одновременно содержит положительные и отрицательные величины и даже ноль, чего не может быть. Это также подтверждает вывод о статистической незначимости коэффициентов регрессии при факторах X1 и X3.

Исключим несущественные факторы X1 и X3 и построим уравнение зависимости Y (балансовой прибыли) от объясняющих переменных X2 и X4. Результаты регрессионного анализа приведены в таблицах 4.7 – 4.9

Таблица 4.7.

Регрессионная статистика

Множественный R	0,9024465
R-квадрат	0,8144098
Нормированный R-квадрат	0,7967345
Стандартная ошибка	5515,53984
Наблюдения	24

Таблица 4.8

Дисперсионный анализ

	df	SS	MS	F	Значимость F
Регрессия	2	2803387968	1401693984	46,076253	2,08847E-08
Остаток	21	638844774,1	30421179,72		
Итого	23	3442232742			

Таблица 4.9

Оценка коэффициентов регрессии

	Коэффициенты	Стандартная ошибка	t-статистика	P-Значение
Y-пересечение	5933,1025	2844,611998	2,085733487	0,0493883
Переменная X 2	0,9162546	0,132496978	6,915286693	7,834E-07
Переменная X 4	0,0645183	0,024940789	2,58686011	0,0172036

Таблица 4.10

Доверительные интервалы для значений коэффициентов

	Нижние 95%	Верхние 95%
Y-пересечение	17,40698	11848,798
Переменная X 2	0,640712	1,1917972
Переменная X 4	0,012651	0,1163856

Оценим точность и адекватность полученной модели.

По данным таблицы 4.7 делаем вывод, что значение $R^2 = 0,8144$ свидетельствует о том, что вариация зависимой переменной Y (балансовой прибыли) по-прежнему в основном (на 81,44%) можно объяснить вариацией включенных в модель переменных X₂ и X₄. Это свидетельствует об адекватности модели.

Значение поправленного (с учетом степеней свободы) коэффициента детерминации (0,7967) возросло по сравнению с первой моделью, в которую были включены все объясняющие переменные (0,7825).

Стандартная ошибка регрессии во втором случае меньше, чем в первом ($5515 < 5706$).

В таблице 4.8 расчетное значение F-критерия Фишера составляет 46,08 (для первоначальной модели расчетное значение F-критерия Фишера составляло 21,68). Значимость $F = 2,08847E-08$, что меньше 0,05. Таким образом, полученное уравнение в целом значимо.

Далее оценим значимость отдельных параметров построенной модели.

Из таблицы 4.9 видно, что теперь на уровне значимости $\alpha = 0,05$ все включенные в модель факторы являются значимыми:

P-значение $< 0,05$.

Границы доверительного интервала для коэффициентов регрессии не содержат противоречивых результатов:

–с надежностью 0.95 (с вероятностью 95%) коэффициент b_1 лежит в интервале $0.64 \leq b_1 \leq 1,19$;

–с надежностью 0.95 (с вероятностью 95%) коэффициент b_2 лежит в интервале $0,01 \leq b_2 \leq 0,12$.

Таким образом, модель балансовой прибыли предприятия торговли запишется в следующем виде:

$$Y = 5933,1 + 0,916X_2 + 0,065X_4$$

Параметры модели имеют следующую экономическую интерпретацию. Коэффициент $b_1 = 0,916$, означает, что при увеличении только фонда оплаты труда (X_2) на 1 тыс. руб. балансовая прибыль в среднем возрастает на 0,916 тыс. руб., а то, что коэффициент $b_2 = 0,065$, означает, что увеличение только объема продаж по безналичному расчету (X_4) на 1 тыс. руб. приводит в среднем к увеличению балансовой прибыли на 0,065 тыс. руб. Как было отмечено выше, анализ Р-значений показывает, что оба коэффициента значимы.

Средние коэффициенты эластичности рассчитываются по формуле (4.9).

$$\varepsilon_{x_2} = 0,916 \cdot 22371,65 / 29800,38 = 0,688$$

Согласно коэффициенту эластичности по второму фактору - рост фонда оплаты труда на 1% приводит к увеличению балансовой прибыли на 0,688%.

$$\varepsilon_{x_4} = 0,065 \cdot 52220,1 / 29800,38 = 0,114$$

Согласно коэффициенту эластичности по четвертому фактору - рост объема продаж по безналичному расчету на 1% приводит к увеличению балансовой прибыли на 0,114%.

Сделаем предположение, что в периоде упреждения размер фонда оплаты труда и объема продаж по безналичному расчету будут равны максимальным значениям за отчетный период: $X_2 = 41824,92$; $X_4 = 200485$. Тогда по уравнению регрессии получаем возможное значение $Y = 57276,25$.

2.Разработайте нормативный прогноз на основе производственной функции по данным таблицы 4.11.

Таблица 4.11.

Показатели экономического состояния ЗАО «Курскрезинотехника»

Годы	t	Валовый выпуск, млн руб., $X(t)$	Стоимость основных производственных фондов, млн руб., $F(t)$	Численность работников, тыс. чел., $L(t)$
2002	1	165,48	47,4	6,4
2003	2	194,56	54,2	5,8
2004	3	189,72	56	5,3
2005	4	198,39	59,5	4,9
2006	5	247,22	62,7	4,5
2007	6	251,64	66,3	4,6

1. На основе графиков, построенных для аргументов функции, сформулировать гипотезу о возможных значениях α, β, γ .
2. Рассчитать параметры производственной функции и сравнить гипотетические значения с расчётными.
3. Верифицировать $X_{\text{факт}}$ с $X_{\text{расч}}$; проверить адекватность регрессионной модели.
4. Используя полученное регрессионное уравнение составить уравнение производительности труда, фондовооружённости, предельной производительности труда, выразить значение одного ресурса через другой ресурс.
5. Осуществить целевой прогноз: на основе заданной траектории численности работников и эволюционного значения валового продукта в периоде упреждения определить значение стоимости основных фондов $t=7,8,9$.

Пример выполнения задания

Рекомендуемая модель производственной функции с автономным темпом технического прогресса имеет вид:

$$X(t) = A_0 \cdot e^{\gamma t} \cdot F^{\alpha}(t) \cdot L^{\beta}(t)$$

где $X(t)$ – объём производства;

$L(t)$ – численность работников;

$F(t)$ – стоимость основных производственных фондов;

γ – автономный темп технического прогресса;

α, β – коэффициенты эластичности;

A_0 – свободный член производственной функции.

Согласно заданию 1 сформулируем гипотезу о значениях α, β, γ

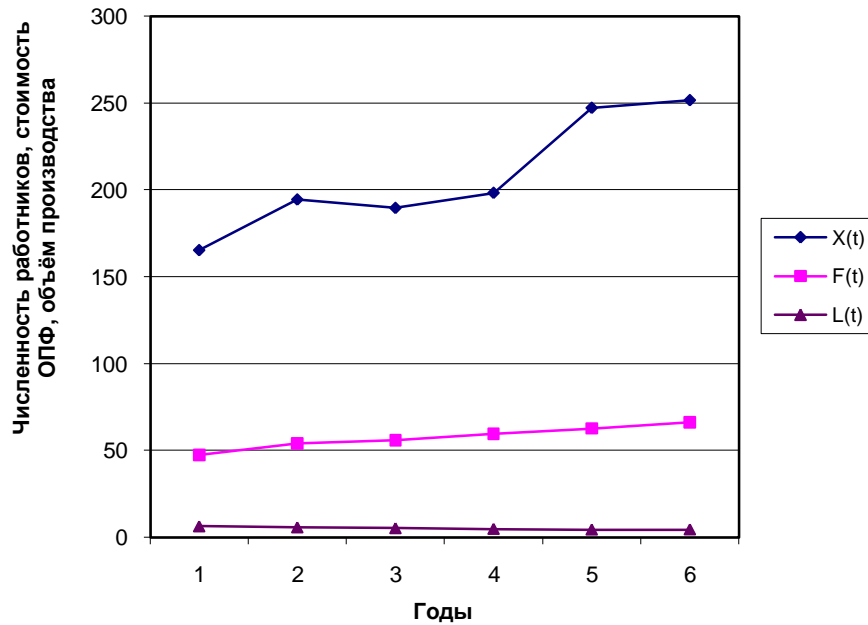


Рис. 4.2. График численности работников предприятия, стоимости основных производственных фондов и объёма производства

Построим график функций $X(t)$, $F(t)$, $L(t)$ в одной системе координат (рис. 4.2.), при этом по оси абсцисс отложим время, а по оси ординат условные единицы (для $X(t)$ – выпуска продукции, для $L(t)$ – численности работников, для $F(t)$ – стоимости основных производственных фондов (ОПФ)).

Рассмотрев данный график, можно сделать выводы, что на большем ретроспективном отрезке (после третьего года) определяющим фактором является стоимость основных производственных фондов, и в связи с этим объём производства растёт. В таком случае можно выдвинуть гипотезу о том, что α положительное. Учитывая, что объём выпуска растёт, $L(t)$ снижается, а $F(t)$ увеличивается, можно предположить, что γ является положительным числом и при этом не больше 1. $\alpha \in (0;1)$

$$\beta \in (0;0,6)$$

$$\gamma \in (0;1)$$

Оценка параметров производственной функции

Рассчитаем параметры функции $X(t) = A_0 e^{\gamma} F^\alpha(t) L^\beta(t)$ МНК.

Прологарифмируем обе части производственной функции (обозначим $\ln A_0 = a$):

$$\ln x(t) = \ln A_0 + \gamma + \alpha \ln F(t) + (1 - \alpha) \ln L(t) = a + \gamma + \ln L(t) + \alpha \ln \frac{F(t)}{L(t)}$$

$$E = \sum_1^n (\ln x - a - \gamma * t - \ln L(t) - \alpha * \ln \frac{F(t)}{L(t)})^2 \rightarrow \min$$

$$\left\{ \begin{array}{l} n * a + \gamma \sum_1^n t + \sum_1^n \ln L + \alpha \sum_1^n \ln \frac{F}{L} = \sum_1^n \ln x \\ a * \sum_1^n t + \gamma \sum_1^n t^2 + \sum_1^n t \ln L + \alpha \sum_1^n t \ln \frac{F}{L} = \sum_1^n t \ln x \\ a \sum_1^n \ln \frac{F}{L} + \gamma \sum_1^n t \ln \frac{F}{L} + \sum_1^n \ln L \ln \frac{F}{L} + \alpha \sum_1^n \ln^2 \frac{F}{L} = \sum_1^n \ln x \ln \frac{F}{L} \\ \sum_1^n a + \sum_1^n \gamma + \sum_1^n \ln L + \sum_1^n \alpha \ln \frac{F}{L} = \sum_1^n \ln x \\ \sum_1^n at + \sum_1^n \gamma t^2 + \sum_1^n t \ln L + \sum_1^n \alpha t \ln \frac{F}{L} = \sum_1^n t \ln x \\ \sum_1^n a \ln \frac{F}{L} + \sum_1^n \gamma \ln \frac{F}{L} + \sum_1^n \ln L \ln \frac{F}{L} + \sum_1^n \alpha \ln^2 \frac{F}{L} = \sum_1^n \ln x \ln \frac{F}{L} \end{array} \right.$$

Составим технологическую таблицу для расчёта параметров производственной функции (табл. 4.12.).

Таблица 4.12.

Технологическая таблица для расчёта параметров производственной функции

t	t^2	$\ln L$	$t \ln L$	$\ln x$	$t \ln x$
1	1	1,8563	1,8563	5,1089	5,1089
2	4	1,7579	3,5157	5,2707	10,5415
3	9	1,6677	5,0031	5,2455	15,7366
4	16	1,5892	6,3569	5,2902	21,1609
5	25	1,5041	7,5204	5,5103	27,5514
6	36	1,5261	9,1563	5,5280	33,1680
\sum	91	9,9012	33,4088	31,9537	113,2673
t	$\ln(F/L)$	$t \ln(F/L)$	$\ln L \ln(F/L)$	$\ln^2(F/L)$	$\ln x \ln(F/L)$
1	2,0023	2,0023	3,7169	4,0093	10,2296
2	2,2348	4,4696	3,9285	4,9944	11,7792
3	2,3576	7,0729	3,9319	5,5585	12,3671
4	2,4967	9,9870	3,9679	6,2337	13,2083
5	2,6343	13,1714	3,9622	6,9395	14,5156
6	2,6681	16,0088	4,0717	7,1189	14,7494

Σ	14,3940	52,7121	23,5791	34,8543	76,8493
----------	---------	---------	---------	---------	---------

Подставим значения в систему:

$$\begin{cases} 6a + 21\gamma + 9,9012 + 14,3940\alpha = 31,9537, \\ 21a + 91\gamma + 33,4088 + 52,7121\alpha = 113,2673, \\ 14,3940a + 52,7121\gamma + 23,5791 + 34,8543\alpha = 76,8493; \end{cases}$$

$$\begin{cases} 6a + 21\gamma + 14,3940\alpha = 22,0525, \\ 21a + 91\gamma + 52,7121\alpha = 79,8585, \\ 14,3940a + 52,7121\gamma + 34,8543\alpha = 53,2702. \end{cases}$$

Решим систему с помощью формул Крамера. Найдём определители следующих матриц:

$$\Delta = \begin{vmatrix} 6 & 21 & 14,3940 \\ 21 & 91 & 52,7121 \\ 14,3940 & 52,7121 & 34,8543 \end{vmatrix} = 1,264736;$$

$$\Delta_a = \begin{vmatrix} 22,0525 & 21 & 14,3940 \\ 79,8585 & 91 & 52,7121 \\ 53,2702 & 52,7121 & 34,8543 \end{vmatrix} = 2,012898;$$

$$\Delta_\gamma = \begin{vmatrix} 6 & 22,0525 & 14,3940 \\ 21 & 79,8585 & 52,7121 \\ 14,3940 & 53,2702 & 34,8543 \end{vmatrix} = 0,058152;$$

$$\Delta_\alpha = \begin{vmatrix} 6 & 21 & 22,0525 \\ 21 & 91 & 79,8585 \\ 14,3940 & 52,7121 & 53,2702 \end{vmatrix} = 1,013757;$$

$$a = \frac{\Delta_a}{\Delta} = \frac{2,012898}{1,264736} = 1,592$$

$$\gamma = \frac{\Delta_\gamma}{\Delta} = \frac{0,058152}{1,264736} = 0,046$$

$$\alpha = \frac{\Delta_\alpha}{\Delta} = \frac{1,013757}{1,264736} = 0,802$$

$$\beta = 1 - \alpha = 1 - 0,802 = 0,198$$

$$A_0 = e^a = e^{1,592} = 4,919$$

После расчета коэффициентов производственная функция примет вид:

$$X(t) = 4,919 e^{0,046t} F^{0,802} L^{0,198} \quad (4.34)$$

Расчётные значения параметров производственной функции находятся в интервалах предварительно сформулированной гипотезы относительно A_0 , α, γ , что говорит о верном гипотетическом предположении.

Верифицируем расчетные и фактические значения валового выпуска X .

Таблица 4.12

Верификация $X_{\text{расч}}$ и $X_{\text{факт}}$

t	$X_{\text{факт}}$	$X_{\text{расч}}$	$\frac{ X_{\text{факт}} - X_{\text{расч}} }{X_{\text{факт}}}$
1	165,48	164,23	0,00753
2	194,56	187,79	0,03477
3	189,72	198,29	0,04517
4	198,39	214,61	0,08178
5	247,22	230,45	0,06784
6	251,64	253,45	0,00721
21	1247,01	1248,83	0,24430

Проверим адекватность регрессионной модели:

$$E = \frac{1}{n} \sum \frac{|X_{\text{факт}} - X_{\text{расч}}|}{X_{\text{факт}}} * 100\% = \frac{1}{6} * 0,24430 * 100\% = 4,072\%$$

Так как $E = 4,072\% < 12\%$, то регрессионная модель адекватна реальным условиям.

Расчет показателей развития сферы производства

Используя полученное уравнение (4.34), составим:

1) уравнение производительности труда

$$\frac{X(t)}{L(t)} = A_0 * e^{\gamma * t} * F^{\alpha} * L^{\beta-1}(t)$$

$$\frac{X(t)}{L(t)} = 4,919 * e^{0,046t} * F^{0,802}(t) * L^{-0,802}(t)$$

2) уравнение предельной производительности труда

$$\frac{\partial X(t)}{\partial L(t)} = A_0 * e^{\gamma * t} * F^\alpha(t) * \beta * L^{\beta-1}$$

$$\frac{\partial X(t)}{\partial L(t)} = 0,974 * e^{0,046 * t} * F^{0,802}(t) * L^{-0,802}(t)$$

3) уравнение фондовооружённости

$$\frac{F(t)}{L(t)} = (A_0 * e^{\gamma * t})^{\frac{-1}{\alpha}} * X^{\frac{1}{\alpha}}(t) * L^{\frac{-1-\beta}{\alpha}}(t)$$

$$\frac{F(t)}{L(t)} = (4,919 * e^{0,046 * t})^{-1,25} * X^{1,25}(t) * L^{-1,49}(t)$$

Выразим значение F(t) через L(t):

$$F(t) = \left(\frac{X(t)}{A_0 * e^{\gamma * t} * L^\beta(t)} \right)^{\frac{1}{\alpha}}$$

Выразим значение L(t) через F(t):

$$L(t) = \left(\frac{X(t)}{A_0 * e^{\gamma * t} * F^\alpha(t)} \right)^{\frac{1}{\beta}}$$

Разработка прогноза

Определим значения стоимости основных производственных фондов для t=7, 8, 9. Определим прогнозные значения валового выпуска X(t) для t=7, 8, 9 с помощью экстраполяции трендов (рис.4.3). Возможны и другие способы определения перспективных значений этих показателей)

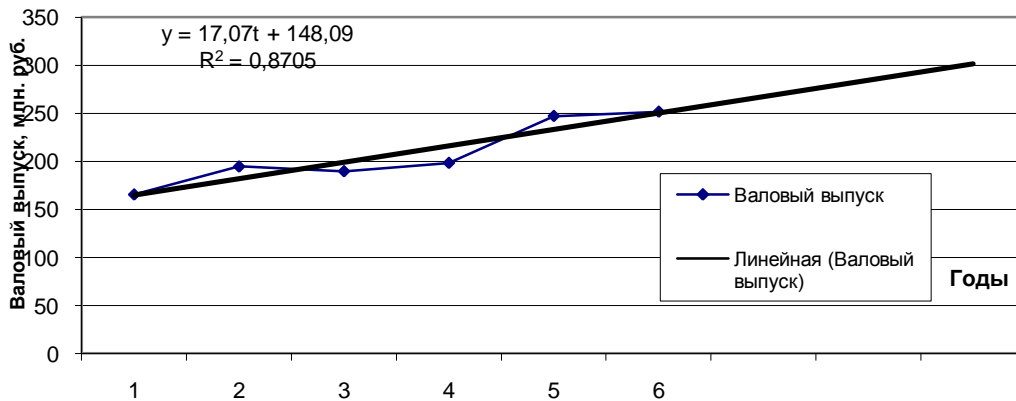


Рис. 4.3. Аппроксимация тенденции показателя валового выпуска

Используя полученное уравнение тренда $y=17,07t+148,09$, рассчитаем:

$$X(7)=17,07 \cdot 7+148,09=267,18;$$

$$X(8)=17,07 \cdot 8+148,09=284,65;$$

$$X(9)=17,07 \cdot 9+148,09=301,72.$$

Определим прогнозные значения численности работников $L(t)$ для $t=7, 8, 9$ с помощью экстраполяции трендов (рис.4.4).

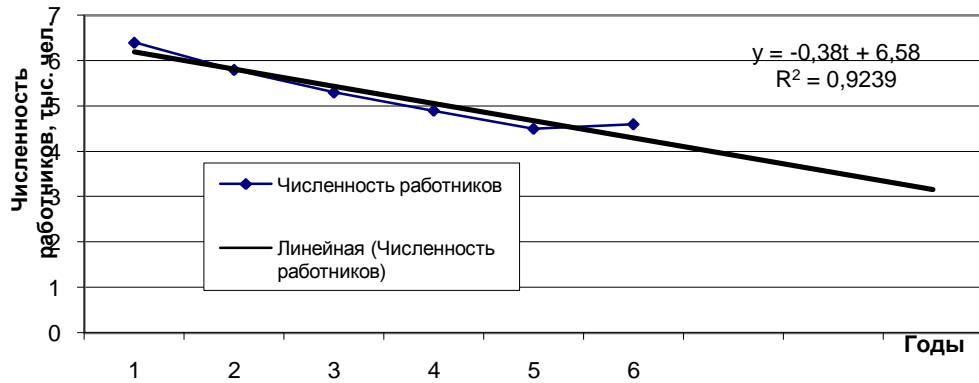


Рис. 4.4. Аппроксимация тенденции численности работников

Используя полученное уравнение тренда $y=-0,38t+6,58$, рассчитаем:

$$L(7)=-0,38 \cdot 7+6,58=3,92; L(8)=-0,38 \cdot 8+6,58=3,54;$$

$$L(9)=-0,38 \cdot 9+6,58=3,16.$$

Определим прогнозные значения стоимости ОПФ по формуле (4.36):

$$F(t) = \left(\frac{X(t)}{A_0 * e^{\gamma * t} * L^{\beta}(t)} \right)^{\frac{1}{\alpha}} \quad (4.36)$$

$$F(7) = \left(\frac{267,18}{4,919 * e^{0,046 * 7} * 3,92^{0,198}} \right)^{\frac{1}{0,802}} = 69,55 \quad F(8) = \left(\frac{284,65}{4,919 * e^{0,046 * 8} * 3,54^{0,198}} \right)^{\frac{1}{0,802}} = 72,88$$

$$F(9) = \left(\frac{301,72}{4,919 * e^{0,046 * 9} * 3,16^{0,198}} \right)^{\frac{1}{0,802}} = 76,10$$

Результаты расчётов представлены в таблице 4.13.

Таблица 4.13

Результаты прогноза параметров производственной функции

t	X(t)	L(t)	F(t)
7	267,18	3,92	69,55
8	284,65	3,54	72,88
9	301,72	3,16	76,10

В результате проведённых расчётов получена модель производственной функции - $X(t) = 4,919e^{0,046t} F^{0,802} L^{0,198}$. Ошибка аппроксимации $4,072\% < 12\%$, полученная нелинейная регрессия

адекватна реальным условиям, и её можно использовать для прогнозирования (в таблице 4.13. представлен один из возможных вариантов прогноза).

5. Методы экспертных оценок

5.1. Интуитивное прогнозирование. Метод «Дельфи»

Сущность методов экспертных оценок заключается в сборе, обработке, анализе и использовании для различных целей сведений от достаточно представительного числа экспертов. *Эксперты* (от латинского слова *expertus* - опытный) - это лица, обладающие знаниями и способные высказать аргументированное мнение по изучаемому явлению. Процедура получения оценок от экспертов называется экспертизой. Отвечая на поставленный вопрос, каждый эксперт исходит из собственного опыта, знаний, условий реальной жизни. С этой точки зрения его ответ представляет собой субъективное мнение. Если мнений много и они достаточно квалифицированы, то обобщение и усреднение приводит к их объективизации, позволяет получить надежную объективную оценку состояния или развития изучаемого явления.

Принято различать два вида экспертных оценок: *прямые* и *с обратной связью*.

В первом виде наиболее простой считается экспертиза, осуществляемая посредством *индивидуального интервьюирования*. Более сложна коллективная экспертиза, проводимая с привлечением *проблемных* (специальных) комиссий.

Во втором виде экспертиз различают *групповые* и *мозговые атаки* (штурмы). Наличие обратной связи позволяет концентрировать внимание участников лишь на вариантах, полезных по тем или иным критериям для решения проблемной ситуации. В состав методов мозговых атак включают такой распространенный метод, как ДОО (деструктивная отнесенная оценка). В процессе ДОО вначале актуализируется творческий потенциал специалистов в форме генерации идей, затем эти идеи деструктируются (критикуются, разрушаются) и формулируются контридеи.

Рассмотрим наиболее популярные методы экспертиз.

Метод комиссий – это открытая дискуссия по обсуждаемой проблеме для выработки единого мнения экспертов. Коллективное мнение определяется в результате открытого или тайного голосования. В некоторых случаях к голосованию не прибегают, выявляя результирующее мнение в процессе дискуссии.

Преимущества метода комиссий: возможен рост информированности экспертов за счет обсуждения обоснования экспертных оценок, и обратная связь (под воздействием полученной информации эксперт может изменить первоначальную точку зрения). Однако метод комиссий обладает и недостатками. В частности, отсутствует анонимность, что может приводить к появлению конформизма; дискуссия нередко принимает вид полемики наиболее авторитетных экспертов; различная активность экспертов, часто не совпадающая с их компетентностью; публичность высказываний сочетается порой с нежеланием некоторых экспертов отступить от ранее высказанного мнения, хотя оно в ходе дискуссии может претерпеть изменения.

Экспертиза по методу суда характеризуется некоторой аналогией с судебным процессом. Состав экспертов делится на две группы. Одна объявляется сторонниками рассматриваемой альтернативы и выступает в качестве защиты. Другая объявляется ее противниками и пытается выявить отрицательные стороны. Возможно и третья «сила», которая регулирует ход экспертизы и выносит окончательное решение.

В составе экспертных методов, наиболее активно используемых в настоящее время при прогнозировании социально-экономического развития, наиболее известны *метод «Дельфи»* и *«Мозговой штурм»* («*мозговая атака*»).

Метод «Дельфи» разработан для повышения эффективности использования экспертов по сравнению с традиционными методами открытых обсуждений. От всех других методов групповой экспертизы он отличается тремя особенностями: а) анонимностью; б) использованием результатов предыдущих туров опросов; в) статистической характеристикой группового ответа.

При использовании дельфийской процедуры осуществляется взаимодействие нескольких экспертов по определенной теме прогноза, что дает возможность включить в процесс принятия решения несколько различных уровней профессиональной подготовки. Метод «Дельфи» наиболее целесообразно применять в таких ситуациях, когда: имеющиеся в распоряжении или доступные данные не пригодны для решения существующей проблемы; в распоряжении нет нужных данных; нет достаточного времени для сбора необходимых данных; процесс получения и анализа необходимых данных слишком дорогостоящий

(многообразные проблемы являются переменными по своей сущности и взаимодействие между ними неизвестно).

«Дельфи» является многошаговым процессом прогнозирования, при котором несколько экспертов объединяет свои специальные знания для получения приемлемого прогноза. Основным отличием метода «Дельфи» от традиционного подхода к достижению согласованных мнений экспертов путем открытой дискуссии является полный отказ от коллективных обсуждений. Это делается с целью уменьшить влияние таких психологических факторов, как присоединение к мнению наиболее авторитетного специалиста, нежелание отказаться от публично выраженного мнения, следование за мнением большинства.

В «Дельфи» прямые дебаты заменены тщательно разработанной программой последовательных опросов, проводимых обычно в форме анкетирования. Ответы экспертов обобщаются и вместе с новой дополнительной информацией поступают в распоряжение экспертов, после чего они уточняют первоначальные ответы. Такая процедура повторяется несколько раз до достижения приемлемой сходимости всей совокупности высказанных мнений.

Перед рассылкой анкеты эксперту объясняется существо проблемы. Вопросы в анкете разрабатываются таким образом, чтобы выявить аргументацию эксперта в процессе оценки. По запросам каждого эксперта могут предоставляться дополнительные данные. В ходе повторения процесса каждый участник заполняет вопросник, получает дополнительную информацию по запросам и оценивает переменные в вопроснике. Кроме того, в процессе повторения каждый эксперт, работающий анонимно, должен пересмотреть собственную предыдущую оценку в свете своей позиции по отношению к другим экспертам и дополнительно полученных данных. Если новая оценка эксперта выходит за пределы границ всех других оценок, то он должен аргументировать и подтвердить такую оценку.

Результаты второго тура позволяют построить новое распределение оценок и более точно определить интервал их разброса. На третьем туре эта информация вместе с анонимными аргументациями прежних оценок снова направляется каждому участнику. На основе полученной информации эксперты пересматривают предыдущие оценки. Если же оценка какого-либо

эксперта значительно выходит за рамки общего интервала, то он должен подтвердить достаточной аргументацией свою позицию и объяснить, почему предыдущая информация и аргументация противоположных оценок не заставили его изменить свое мнение.

На четвертом туре каждому эксперту предоставляется распределение оценок третьего тура, и он должен снова представить на рассмотрение пересмотренную оценку в свете полученной информации. Как показывает практика, желаемое согласие наступает к четвертому туру.

Основное достоинство процесса взаимодействия состоит в том, что он позволяет каждому эксперту достичь лучшей оценки, чем в случае индивидуальной работы, за счет доступа к информации, которую запрашивали другие эксперты. Единодушные экспертные оценки должны располагаться в середине интервала первоначального распределения оценок. Степень согласованности мнений экспертов определяют коэффициентом вариации (v), который должен быть менее 33%:

$$v = \frac{\sigma}{\bar{y}} * 100\%, \quad (5.1)$$

где σ - среднее квадратическое отклонение оценок

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n}}; \quad (5.2)$$

где y_i - оценка каждого эксперта;

\bar{y} - среднее значение оценки;

n - число экспертов, участвующих в экспертизе.

Во многих методиках проведения экспертных оценок предлагается устанавливать *степень компетентности экспертов*. Её показателем может быть следующий коэффициент:

$$K_k = (K_3 + K_a) / 2, \quad (5.3)$$

где K_k - коэффициент компетентности эксперта; K_3 - коэффициент степени знакомства эксперта с обсуждаемой проблемой; K_a - коэффициент аргументированности.

Коэффициент степени знакомства определяется путем самооценки эксперта по десятибалльной шкале. Значения баллов для самооценки таковы:

0 - эксперт не знаком с вопросом;

1,2,3 - эксперт плохо знаком с вопросом, но вопрос входит в

сферу его интересов;

4,5,6 - эксперт удовлетворительно знаком с вопросом, но не принимает непосредственного участия в практическом решении вопроса;

7,8,9 - эксперт хорошо знаком с вопросом, участвует в практическом решении вопроса;

10 - вопрос входит в круг узкой специализации эксперта.

Эксперту предлагается самому оценить степень своего знакомства с вопросом и подчеркнуть соответствующий балл. Затем этот балл умножается на 0,1 и получается коэффициент K_3 .

Коэффициент аргументированности K_a учитывает структуру аргументов, послуживших эксперту основанием для определенной оценки. K_a не должен превышать значение 1,0. Значение $K_a=1$ соответствует высокой степени влияния на мнение эксперта всех источников аргументации. Значение $K_a=0,8$ соответствует средней степени влияния; $K_a=0,5$ - низкой степени влияния.

Для расчета K_a можно привлекать следующую таблицу.

Таблица 5.1.

Степень влияния источника аргументации на мнение эксперта

Источники аргументации	Аргументация		
	высокая	средняя	низкая
Проведенный вами теоретический анализ	0,3	0,2	0,1
Ваш производственный опыт	0,5	0,4	0,2
Обобщение работ отечественных авторов	0,05	0,05	0,05
Обобщение работ зарубежных авторов	0,05	0,05	0,05
Ваше личное знакомство с состоянием дел за рубежом	0,05	0,05	0,05
Ваша интуиция	0,05	0,05	0,05

Метод «Дельфи» обычно используют для оценки времени свершения события, прогноза показателей объема производства, прогнозирования вероятности.

Разработаны различные модификации метода «Дельфи», отличающиеся способами подбора экспертов и регулированием их количества, оценкой компетентности экспертов, количеством и

содержанием проводимых туров экспертизы. К основным задачам менеджера, разрабатывающего прогноз по методу «Дельфи» относятся: подбор экспертов, формулировка вопросов, разработка анкет адекватных каждому этапу экспертизы, выбор модификации метода, соответствующей целям прогноза.

5.2. Прогнозирование методом «мозговой атаки»

Применение этого метода устраняет эффект конформизма, т.е. приспособленчества, позволяет получить продуктивные результаты за короткое время, вовлечь всех экспертов в активный творческий процесс. Работу по этому методу можно разделить на шесть этапов.

1. *Формируется группа экспертов.* Обычно её численность составляет 10-15 человек. Состав группы предполагает их целенаправленный подбор: а) из лиц примерно одного ранга, если участники знают друг друга; б) из лиц разного ранга, если участники незнакомы друг с другом (в этом случае каждому участнику присваивают номер и в последующем обращаются по номеру); в) в группу могут включаться специалисты из других областей знаний, обладающие высоким уровнем эрудиции и понимающие смысл проблемной ситуации.

2. *Составляется проблемная записка.* Для подготовки записки предварительно формируется группа анализа проблемной ситуации. Записка может содержать следующие сведения: состав причин возникновения проблемной ситуации; анализ причин и возможные последствия из проблемной ситуации; анализ мирового опыта разрешения подобных проблем (если он имеется); классификация (систематизация) существующих путей разрешения проблемной ситуации; формулировка проблемной ситуации в виде центрального вопроса с иерархией подвопросов.

3. *Генерация идей.* Ведущий раскрывает содержание проблемной записки. Большое внимание он уделяет при этом сути метода ДОО (деструктивной отнесенной оценки). В частности, полезно напоминать участникам «мозговой атаки» о следующем: а) высказывания участников должны быть четкими и сжатыми; б) скептические замечания и критика предыдущих выступлений запрещается; в) каждый участник может выступать неоднократно, но не подряд; г) не разрешается зачитывать подряд список идей, подготовленных участником заблаговременно.

Одна из главных задач ведущего - пробудить психическую восприимчивость участников, их волю к целеустремленному мышлению. Активная работа ведущего предполагается лишь в начале "штурма". Достаточно скоро возбуждение участников достигает критической точки и выдвижение новых идей приобретает спонтанный характер. После этого роль ведущего сводится к следующему: а) концентрировать внимание участников на проблемной ситуации; б) не объявлять, не осуждать и не прекращать исследование ни одной идеи; в) поддерживать и поощрять участников, кто в этом нуждается; г) создавать непринужденную обстановку, способствуя этим активной работе экспертов.

Продолжительность "штурма" может находиться в пределах 20-60 минут (в зависимости от активности участников). Высказываемые идеи желательно записывать на магнитофон, чтобы не "забыть" и иметь возможность их затем систематизировать.

4. *Систематизация идей*, высказанных на этапе 3 (генерации). Эта работа возлагается на группу анализа проблемной ситуации. На данном этапе: а) составляется номенклатурный перечень всех высказанных идей; б) выявляются дублирующие и дополнительные идеи, затем они объединяются с основной идеей; в) выделяются признаки, по которым могут объединяться идеи; г) идеи объединяются в группы согласно выделенным признакам; д) составляется перечень идей по группам; в каждой группе идеи записываются по правилу - от общих к частным.

5. *Деструктурирование* (разрушение) систематизированных идей. Каждая из систематизированных идей изучается на возможность её осуществления. Участники "штурма" выдвигают доводы, опровергающие систематизированную идею. В процессе разрушения может объявиться контридея. Процесс разрушения ведется до тех пор, пока каждая систематизированная идея не подвергнется критике.

6. *Оценка критических замечаний и составление списка практически применимых идей*. На данном этапе составляется сводная таблица. Первая графа таблицы - этапы систематизации идей; вторая - критические замечания, опровергающие идеи; третья - показатели практической применимости идей; четвертая - контридеи.

Затем оценивается каждое критическое замечание и

контридея:

а) вычеркивается из таблицы, если опровергается хотя бы одним показателем практической применимости; б) не вычеркивается, если не опровергается ни одним показателем.

Составляется окончательный список идей. В список переносятся только те идеи, которые не опровергнуты критическими замечаниями или контридеями.

5.3. Метод «ПАТТЕРН»

Английский термин PATTERN означает «шаблон», «модель», «схема» и составлено по первым буквам слов Planning Assistance Through Technical Evaluation Number (помощь планированию посредством относительных показателей технической оценки).

Метод ПАТТЕРН создан фирмой «Хондуелл Инкорпорейтид» в конце 60-х годов. Апробация метода прошла на заданиях Министерства обороны США для решения военно-политических задач.

В ПАТТЕРНе сочетаются несколько методов политического анализа, которые могут быть использованы и сами по себе — речь идет о написании сценария и построении «дерева целей». Написание сценария — первый этап ПАТТЕРНа — представляет собой сочетание ситуационного анализа и нормативного прогноза. Сценарий предполагает подробное описание проблемной ситуации, после чего устанавливается логическая последовательность событий с целью показать, как, исходя из существующего положения вещей, будет постепенно разворачиваться будущее состояние объекта исследования.

Метод Паттерн, являясь разновидностью экспертных методов, позволяет анализировать и ранжировать по степени важности сведения в любой области деятельности таким образом, чтобы можно было представить сложное и взаимное соотношение постоянных и переменных факторов, на которых основываются принимаемые решения.

Иерархическая модель метода «Паттерн» строится исходя из принципов дедуктивной логики путем деления проблем на подпроблемы. Ее разработчики ввели «информационный принцип» для оценки всех элементов дерева целей, то есть учитывали только

те факторы и данные, которые требовали внимания руководителей, принимающих решения.

Разработка иерархического дерева целей по методу «Паттерн» начинается с составления сценария. Сценарий устанавливает соотношение целей в общем их наборе путем группового экспертного анализа науки и техники.

Дерево целей для оценки относительной важности всех входящих в метод «Паттерн» элементов строится сверху вниз исходя из сценария, поэтапно, уровень за уровнем, так, чтобы мероприятия последующего уровня обеспечивали задачи предыдущего. В методе «Паттерн» дерево целей состоит из восьми уровней (О — национальные цели, А — мероприятия, В — задачи, С — задания, D — принципы систем, E — функциональные подсистемы, F — конструкции функциональных подсистем, G — технические проблемы). Каждый уровень имеет определенное количество элементов, например, уровень О имеет 1 элемент, уровень А — 3, уровень В — 6, С — 46 и т.д. Основной принцип составления «дерева целей» состоит в преобразовании любой цели более высокого иерархического уровня в совокупность подцелей более низкого уровня. Таким образом, все цели выстраиваются в строгой логической последовательности, причем каждая большая цель разбивается на более мелкие подцели. Процесс вычленения подцелей продолжается до тех пор, пока все они не совпадут с названиями средств своей реализации.

Главным преимуществом информационного обеспечения метода «Паттерн» является возможность количественной оценки всех элементов, входящих в дерево целей, в виде «весов», т.е. коэффициентов их относительной важности (r_i). В общем виде значения тех или иных мероприятий, заданий и задач присутствуют в сценарии.

Большое внимание уделяется разработке системы критериев значимости и веса каждого из них. С помощью экспертной оценки определяются веса критериев и коэффициенты значимости, характеризующие важность вклада целей в обеспечение результата с точки зрения принятых критериев. Конечной целью метода является определение приоритетной цели.

Процедура присвоения коэффициентов относительной важности заключается в следующем. Специалистам выдается сценарий для его основательного изучения и бланк для

установления коэффициентов. Эксперты должны определить относительную важность указанных на бланке мероприятий и выразить ее в долях единицы. Участники имеют право коллективно обсуждать сценарий и критерии, но коэффициенты проставляют самостоятельно. Они также могут менять бланк, если его форма не учитывает все важные, по их мнению, критерии.

Присвоение коэффициентов проводится в несколько туров. После получения результатов первого тура подсчитывают средние значения коэффициентов и оставляют мнения тех специалистов, коэффициенты которых значительно отличаются от средних.

Затем проводится второй тур. Он начинается с сообщения о полученных результатах и дисперсии коэффициентов. Затем слово предоставляется Специалистам, проставившим коэффициенты, значительно отличающиеся от средних. Специалист должен объяснить причину, по которой данный коэффициент, по его мнению, должен иметь такое значение. Цель объяснения не в том, чтобы «перетянуть» на свою сторону других, а в том, чтобы обеспечить глубину понимания задачи всеми участниками.

Количество туров в значительной мере зависит от квалификации специалистов и их опыта; считается, что в среднем достаточно трех туров голосования для групп, состоящих из 10—12 экспертов.

Для каждого из уровней (от А до G) составляется матрица соответствия элементов данного уровня критериям. Практически для уровней G и ниже используется одна матрица для всего семейства элементов на данном уровне, т.е. одна матрица для каждого семейства из 6—7 задач.

Заполнение матрицы (таблица) является главной целью экспертной оценки. Такой способ заполнения матрицы является существенным улучшением методики интуитивной оценки, используемой в других методах (например, в методе «Дельфи»).

Таблица 5.2

Общая форма матрицы соответствия

Критерий (i)	Вес критерия Kb_i	Элементы уровня (j)				
		1	2	3	...	n
1	Kb_1	S_{11}	S_{12}	S_{13}	...	S_{1n}
2	Kb_2	S_{21}	S_{22}	S_{23}	...	S_{2n}
3	Kb_3	S_{31}	S_{32}	S_{33}	...	S_{3n}
....
m	Kb_m	S_{m1}	S_{m2}	S_{m3}	...	S_{mn}

Для достижения однородности результата вводятся два нормализующих логических условия:

$$\sum_{x=a}^y q_x = 1 \qquad \sum_{j=a}^n s_j^x = 1$$

Тогда коэффициент относительной важности определяется так:

$$r_i^j = \sum_{x=a}^y q_x s_j^x \quad (5.4)$$

Условия нормализации также требуют, чтобы сумма коэффициентов

относительной важности равнялась единице: $\sum_{j=a}^n r_i^j = 1$ т.е.

коэффициент относительной важности r_i , учитывает суммарное значение основных средств, применяемых для реализации главных мероприятий. После расчета коэффициентов относительной важности следует перемножить оценки, стоящие возле элементов «дерева целей» и относящиеся к каждой ветви.

Система ПАТТЕРН выступает как средство помощи руководству компаний в принятии решений по важнейшим вопросам определения стратегических перспектив. Используется для обоснования прогнозов и планов посредством научно-технической оценки количественных данных. Принципы, заложенные в эту систему, позволяют осуществить прогноз и

провести анализ данных в любой области деятельности. Рассматриваемая система позволяет:

- выбрать объект прогноза;
- выявить внутренние закономерности его развития;
- разработать сценарий;
- сформулировать задачи и генеральную цель прогноза;
- провести анализ иерархии и декомпозицию целей;
- принять внутреннюю и внешнюю структуры объекта прогнозирования;
- провести анкетирование;
- выполнить математическую обработку данных анкетного опроса;
- количественно оценить структуры;
- верифицировать результат;
- разработать алгоритм распределения ресурсов;
- провести распределение ресурсов;
- оценить распределение ресурсов.

Основное преимущество метода ПАТТЕРН состоит в наличии механизма реализации прогноза. По сути, метод ПАТТЕРН представляется возможным назвать комбинацией методов прогнозирования и стратегического планирования.

Методика ПАТТЕРНа отражает обширный опыт американских ученых по введению меры значимости и основана на принципе деления сложной проблемы на более мелкие до тех пор, пока каждая подпроблема не сможет быть разносторонне (на основе различных критериев) и надежно количественно оценена экспертами.

Методика ПАТТЕРНа стала первой попыткой системного подхода к определению сложнейших планов научно-исследовательских работ в масштабе целой страны. В СССР информация по ПАТТЕРНу стала доступной с 1966 г. благодаря материалам крупнейшей аналитической корпорации RAND (в настоящее время имеет несколько филиалов в разных странах и три, так называемых, полевых бюро, одно из которых находится в Москве). Разработчики использовали следующие опыт и возможности: опыт планирования отдельных разработок по методикам сетевого планирования типа PERT/время, PERT/стоимость, СРМ и др., в частности, опыт привлечения

исполнителей к определению вероятных сроков выполнения работ с учетом обеспеченности персоналом, материалами и оборудованием; методологию системного анализа (system analysis), достаточно развитую к тому времени, так называемыми, «думающими» корпорациями RAND и MITRE, а также «думающими» подразделениями типа WSEG в составе военных министерств и крупных монополий. Методика вызвала большой интерес у руководителей американских министерств, ведомств, институтов и лабораторий, так как позволила связать в единую цепь политические, военные, научные и технические задачи государства, давая возможность определить качество вооружения страны на планируемый период. ПАТТЕРН позволяет также ставить перспективные задачи перед научными организациями и учеными страны в целях мобилизации их усилий на обеспечение государственных военно-политических планов, определять приоритет научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ и отказываться от научно или материально не обеспеченных и второстепенных тем.

Метод ПАТТЕРН был разработан как метод прогнозирования и планирования научных работ, но технология метода позволяет его применять для прогнозно-аналитической работы в процессе управления многими социально-экономическими объектами.

Экспертное прогнозирование – это одно из развивающихся современных направлений научного предвидения. Интуитивные предсказания экспертов, наряду с количественной обработкой полученных результатов, дают возможность достоверно оценить будущую ситуацию. Эксперты могут предвидеть направления развития экономических объектов и процессов, используя опыт и интуицию, что особенно актуально в условиях неопределенной внешней среды. Технологии обработки и обобщения экспертной информации позволяют повысить объективность прогнозных результатов.

Методы экспертного оценивания и прогнозирования в современной экономике используются практически во всех сферах, но наибольшее применение они нашли в маркетинге, экономической социологии, управлении персоналом.

Тренировочные задания

1. Изучите экономическую ситуацию и разработайте прогноз развития предприятия экспертными оценками.

ОАО «Курский холодильник» является многопрофильным предприятием, выпускающим более 50 наименований востребованных на продовольственном рынке продуктов питания - плавленых сыров, майонеза, сметаны, горчицы, кондитерских изделий, масла сливочного.

Основные направления развития предприятия:

1. Значительное увеличение собственной доли продаж на рынке Курска, формирование имиджа доминирующего производителя;
2. Разработка и вывод на рынок новых видов продукции с низкой себестоимостью для улучшения финансового положения;
3. Оптимизация транспортных расходов по доставке продукции и получению сырья и материалов.

Основными проблемами предприятия являются:

- Риск недостаточности сырья. Основное сырье для производства плавленых сыров (сыр жирный и нежирный, творог) подвержено сезонным колебаниям, в результате чего предприятие вынуждено производить заготовку сырья в летний период в объеме, достаточном для выполнения всей производственной программы. Таким образом, объемы заготавливаемого сырья оказывают определяющее влияние на объемы денежных потоков предприятия. Факторы, снижающие указанный риск - банковские кредиты, позволяющие обеспечить своевременную заготовку сырья.
- Риск конкуренции. В виду достаточно благоприятных тенденций развития рынка плавленых сыров на нем существует достаточно много конкурентов. В случае значительной экспансии ведущих производителей на курский рынок и регионы Сибири предприятие может потерять часть рынка, что приведет к снижению денежных потоков. Факторы, снижающие указанный риск - широкий ассортимент и высокое качество выпускаемой продукции.

Пример выполнения задания

Методом мозгового штурма разработано «дерево целей» развития предприятия (рис. 5.1).

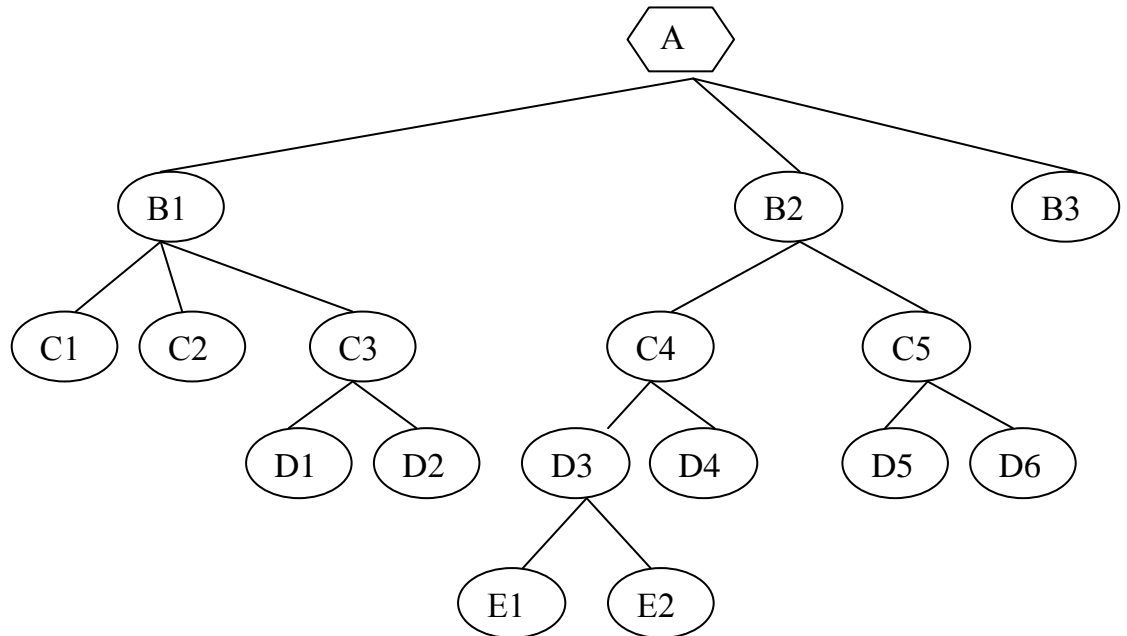


Рис.5.1. Дерево целей предприятия ОАО «Курский холодильник»

Описание дерева целей предприятия

А - Увеличить объем спроса на продукцию ОАО «Курский холодильник»;

В1 - Провести рекламные мероприятия;

В2 - Увеличить конкурентоспособность продукции;

В3 - Увеличить объем производства;

С1 – Реклама на телевидении;

С2 – Реклама на радио;

С3 – Реклама в публицистике;

С4 – Увеличить качество продукции;

С5 – Модернизация продукции;

Д1 – Реклама в журналах;

Д2 – Реклама в газетах;

Д3 – Увеличить качество сырья и материалов;

Д4 – Усилить контроль за работой персонала;

Д5 – Модернизация упаковки;

Д6 – Увеличение ассортимента вкусовых качеств продукции;

Е1 – Поиск новых поставщиков;

Е2 – Усилить контроль за качеством сырья и материалов.

Оценка целей проводится на основе оценочных критериев. При определении весовых коэффициентов определяется метод парных сравнений. Эксперты последовательно оценивают 2 цели и указывают более предпочтительную, относительно вышестоящей цели. При этом используется специальная шкала отношений (табл. 5.3.).

Таблица 5.3.

Шкала отношений

Степень важности в баллах	Определение	Пояснение
1	Одинаковая значимость	Два действия вносят одинаковый вклад в достижение цели
3	Некоторое преобладание значимости одного действия (показателя фактора) перед другим, слабая зависимость	Опыт и суждения дают легкое предпочтение одному действию перед другим
5	Существенная или сильная значимость	Опыт и суждения дают сильное предпочтение одному действию перед другим
7	Очень сильная или очевидная значимость	Предпочтение одного действия над другим очень сильно, его превосходство практически явно
9	Абсолютная значимость	Свидетельство в пользу предпочтения одного действия другому в высшей степени убедительно
2,4,6,8	Промежуточные значения между соседними значениями шкалы	Ситуация, когда необходимо компромиссное решение

Сравнение осуществляется в рамках одного семейства целей. Для каждого семейства составляются матрицы парных сравнений.

Таблица 5.4.

Матрица А-го семейства

A	B1	B2	B3	Σ	$W_i, \%$
B1	1	0,3	4	5,3	31,7
B2	3	1	6	10	59,8
B3	0,25	0,17	1	1,42	8,5
Σ	4,25	1,47	11	16,72	100

Таблица 5.5.

Матрица В1-го семейства

B1	C1	C2	C3	Σ	$W_i, \%$
C1	1	4	7	12	21,5
C2	0,25	1	3	4,25	7,6
C3	0,14	0,3	1	1,44	2,6
Σ	1,39	5,3	11	17,69	31,7

Таблица 5.6.

Матрица В2-го семейства

B2	C4	C5	Σ	$W_i, \%$
C4	1	7	8	52,3
C5	0,14	1	1,14	7,5
Σ	1,14	8	9,14	59,8

Таблица 5.7.

Матрица С3-го семейства

C3	D1	D2	Σ	$W_i, \%$
D1	1	3	4	2
D2	0,3	1	1,3	0,6
Σ	1,3	4	5,3	2,6

Таблица 5.8.

Матрица С4-го семейства

C4	D3	D4	Σ	$W_i, \%$
D3	1	2	3	34,9
D4	0,5	1	1,5	17,4
Σ	1,5	3	4,5	52,3

Таблица 5.9.

Матрица С5го семейства

C5	D5	D6	Σ	$W_i, \%$
D5	1	1	2	3,75
D6	1	1	2	3,75
Σ	2	2	4	7,5

Таблица 5.10.

Матрица D3-го семейства

D3	E1	E2	Σ	$W_i, \%$
E1	1	0,14	1,14	4,4
E2	7	1	8	30,5
Σ	8	1,14	9,14	34,9

В нижнем уровне иерархии весовой коэффициент показывает, относительную важность каждой цели к достижению генеральной. Наиболее приоритетной целью является E2 (усилить контроль за качеством сырья и материалов), а наименее – D1 (реклама в журналах) и D2(реклама в газетах).

По построенному дереву целей менеджеры и рабочий персонал предприятия ОАО «Курский холодильник» могут определить первостепенную цель для достижения основной и определить порядок выполнения своей работы.

По определенным весовым коэффициентам ранжируются ветви «дерева целей» (рис. 5.2).

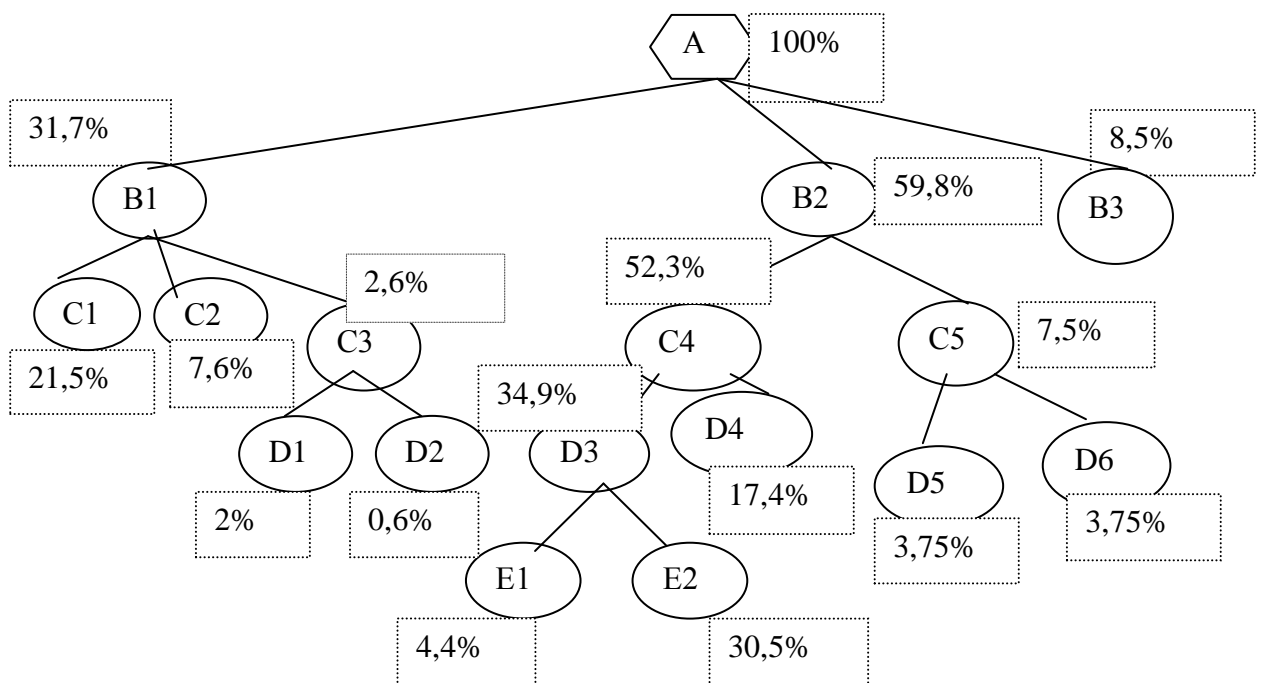


Рис.5.2. Оценка дерева целей предприятия
ОАО «Курский холодильник»

Результаты метода могут быть использованы для разработки маркетинговой стратегии развития предприятия.

2. В целях изучения спроса на новом сегменте рынка целесообразно использовать экспертную оценку. Для прогнозирования объемов сбыта на сегменте рынка продукции в третьем квартале 2014 года была проведена экспертная оценка по методу Дельфи. В качестве экспертов выступили работники

управления сбытом продукции, в том числе: начальник управления сбытом, заместитель начальника по финансам, отдел планирования сбыта (4 человека), отдел ассортимента продукции (5 человек), отдел реализации продукции (5 человек), отдел доставки грузов (3 человека). Всего число экспертов составило 19 человек. Оцените результаты экспертизы и определите прогнозное значение объема сбыта продукции.

Пример выполнения задания

Экспертная оценка включала 2 тура. Образцы анкет представлены в таблицах 5.11. и 5.12.

Таблица 5.11

Анкета первого тура экспертизы по методу Дельфи

Вопрос	Ответ
1. Назовите объем реализации продукции на выделенном сегменте рынка в третьем квартале 2014 года в тыс. руб.	

Таблица 5.12

Анкета второго тура экспертизы по методу Дельфи

Вопросы	M_e	$Q_{0,25}$	$Q_{0,75}$	Ваш старый ответ	Ваш новый ответ	Причина того, почему Ваш новый ответ выше или ниже $Q_{0,25} - Q_{0,75}$
1. Назовите объем реализации продукции на выделенном сегменте рынка в третьем квартале 2014 года в тыс. руб.				<i>Заполняется координатором экспертизы</i>		

Согласно условиям экспертизы эксперты работали автономно и анонимно. Результаты опросов двух туров в таблицах 5.13 и 5.14.

Таблица 5.13
Результаты первого тура опросов по методу Дельфи

Номер эксперта	Ответ эксперта	Номер эксперта	Ответ эксперта
1	500	11	240
2	700	12	550
3	400	13	270
4	350	14	330
5	240	15	350
6	250	16	390
7	370	17	400
8	300	18	120
9	320	19	200
10	350		

Ранжированный ряд ответов экспертов: 120; 200; 240; 240; 250; 270; 300; 320; 330; 350; 350; 350; 370; 390; 400; 400; 500; 550; 700.

$$M_e = 330; Q_{0,25} = 240; ; Q_{0,75} = 400.$$

Коэффициент вариации, характеризующий степень согласованности мнений экспертов рассчитаем по формулам (5.1) и (5.2):

Коэффициент вариации по первому туру ответов экспертов – 36,71%.

Следовательно, необходимо провести следующий тур, так как мнения экспертов недостаточно согласованны (для достижения согласованности мнений экспертов необходимо получить коэффициент вариации менее 33%).

Таблица 5.14

Результаты второго тура опросов по методу Дельфи

Номер эксперта	Ответ эксперта	Номер эксперта	Ответ эксперта
1	500	11	550
2	540	12	270
3	400	13	330
4	340	14	350
5	250	15	390
6	270	16	400
7	370	17	420
8	420	18	330
9	320	19	550
10	350		

Ранжированный ряд ответов экспертов: 240; 250; 270; 270; 320; 330; 330; 340; 350; 350; 350; 370; 390; 400; 400; 420; 500; 540; 550.

$$M_e = 3500; Q_{0,25} = 2700; ; Q_{0,75} = 4200.$$

Коэффициент вариации по второму туру ответов экспертов – 23,55 %.

Значение коэффициента вариации свидетельствует о том, что мнения экспертов согласованы и экспертизу можно считать завершенной.

Прогнозом объемов сбыта является медиана ранжированного ряда ответов экспертов – 350 тыс. руб.

Результаты прогнозов целесообразно использовать при разработке планов реализации продукции и маркетинговой политики предприятия.

6. Прогнозирование Экономических и социальных процессов

6.1. Демографическое прогнозирование

Демографическое предвидение может иметь разный диапазон: от общей оценки будущей численности населения страны или региона до детального расчета предполагаемой возрастно-половой структуры или состава населения по другим признакам. Общую оценку часто называют демографическим прогнозом; детальный расчет - проекцией населения.

Предвидение будущего режима воспроизводства населения прямо зависит от того, насколько полно и всесторонне изучены факторы, под воздействием которых этот режим изменяется. На практике, к сожалению, чаще всего будущие тенденции рождаемости и смертности либо предполагаются неизменными, либо экстраполируются на основании прошлых тенденций.

Трудность однозначной оценки будущего изменения режима воспроизводства приводит к необходимости составления перспективного расчета в нескольких вариантах и выбора затем наиболее вероятного из них.

Серьезную проблему при перспективных исчислениях населения для отдельных городов, районов с интенсивной внешней миграцией представляет оценка будущих перемещений населения.

При неизменном режиме воспроизводства население, независимо от его исходной возрастной структуры, через определенное время становится стабильным, т.е. начинает расти неизменным темпом, сохраняя неизменную возрастную структуру. Однако в фактическом населении, прежде чем оно станет стабильным, возрастная структура, а соответственно и числа рождений и смертей вследствие неправильностей исходной возрастной структуры, обусловленных прошлой историей демографического развития, будут некоторое время меняться, даже если режим воспроизводства останется неизменным. Сравнение перспектив развития населения с моделью стабильного населения, предусматривающей структуру, отвечающую данному режиму воспроизводства, может служить критерием того, благоприятны или нет существующие уровни рождаемости и смертности для будущего развития населения.

Различают прогнозы трех видов: реалистические; предостерегающие; аналитические. В реалистических прогнозах говорится о том, что будет, а не о том, что может быть. Предостерегающие прогнозы позволяют обнаружить такие перспективы, которые обязательно следует избегать. Аналитические прогнозы используют для изучения влияний изменений в уровне плодovitости и смертности на возрастную структуру населения.

Демографические прогнозы составляются в одном, в нескольких и даже более чем в десяти вариантах. Демографы ООН прогнозируют в трех вариантах (высокий, средний, низкий) на период до 30 лет.

С технической стороны целесообразно различать три основных вида прогнозов в зависимости от характера применяемого метода расчета:

1. Демографические прогнозы путем экстраполяции;
2. Регрессионные модели динамики населения;
3. Перспективные расчеты населения.

Демографические прогнозы, путем экстраполяции, применяют как для оценки будущего изменения численности населения или домохозяйств, так и для оценки изменения определенных компонентов населения (повозрастной смертности, средней величины домохозяйств, доли работающих в семье и т.п.). Характеру ожидаемого развития должна соответствовать выбранная для экстраполяции аналитическая функция.

Демографические прогнозы на основе регрессионных моделей. Этот вид прогнозов населения основывается на предварительно полученных многофакторных регрессиях. Множественность учитываемых факторов позволяет наряду с влиянием временного фактора учитывать также влияние экономических и социальных факторов.

Перспективные расчеты населения. С методической стороны перспективным расчетом населения (или его "проекцией") является возрастная структура начального периода, продвинутая на ряд лет вперед с учетом сокращения численности отдельных возрастных групп, которое будет вызвано предполагаемым порядком вымирания. С другой стороны, низкие возрастные группы постепенно пополняются предполагаемым числом родившихся.

Наиболее известные и вместе с тем простые модели,

характеризующие изменение численности населения в целом: модели экспоненциального и логистического роста численности населения.

Экспоненциальный рост

Рост численности населения в демографических исследованиях определяется по формуле:

$$L_t = L_0 \cdot e^{Pt}, \quad (6.1)$$

где L_t – численность населения через t лет;

L_0 – численность населения в базисном году;

p – коэффициент естественного прироста;

$e = 2,72$.

В модифицированном виде это выражение имеет вид:

$$L_t = L_0 \cdot \left(1 + \frac{P}{C}\right)^t, \quad (6.2)$$

где C – постоянная величина (1000 или 10000) в зависимости от того, как исчислен естественный прирост.

Время необходимое для удвоения численности населения находим по формуле:

$$t = \frac{\ln 2}{\ln\left(1 + \frac{P}{C}\right)}. \quad (6.3)$$

Логистический рост

Логистическая кривая имеет вид:

$$L_t = \frac{L_n}{1 + e^{at+b}}. \quad (6.4)$$

В демографической науке разработаны приемы, позволяющие найти для такой функции все необходимые параметры. В частности, можно применить следующую систему уравнений для расчета L_n , параметров a и b :

$$L_n = \frac{2 \cdot L_0 \cdot L_1 \cdot L_2 - L_1^2 \cdot (L_0 + L_2)}{L_0 \cdot L_2 - L_1^2}; \quad (6.5)$$

$$a = \frac{1}{t_1 - t_0} \cdot \ln \frac{(L_n - L_1) \cdot L_0}{(L_n - L_0) \cdot L_1}; \quad (6.6)$$

$$b = \ln \frac{L_n - L_0}{L_0} - a t_0. \quad (6.7)$$

Метод компонент открывает перед разработчиками демографического прогноза более широкие возможности. В

отличие от экстраполяционного и аналитического, он позволяет получать не только общую численность населения, но и его распределение по полу и возрасту. Расчет численности населения широко применяемым методом передвижки возрастов заключается в прогнозировании возрастной структуры численности населения в зависимости от возрастных показателей рождаемости, смертности и миграции, а также административно-территориальных преобразований сельских населенных пунктов в городские, и наоборот. Возрастной структурой населения называется распределение населения по возрастным группам и возрастным контингентам.

Двойное название данного метода демографического прогнозирования (метод компонент, или метод передвижки возрастов) связано, во-первых, с тем, что его применение основано на использовании уравнения демографического баланса:

$$P_1 = P_0 + B - D + M_i + M_0 \quad (6.8)$$

где P_0 и P_1 — численность населения соответственно в начале и конце периода (года); B — число рождений за период; D — число смертей за период; M_i — миграционный приток за период; M_0 — миграционный отток за период. При этом B , D , M_i и M_0 называются компонентами изменения численности населения за период (год).

Во-вторых, с тем, что данные о численности отдельных возрастно-половых групп передвигаются каждый год в следующий возраст, а численность нулевой возрастной группы определяется на основании прогноза годового числа рождений, младенческой смертности и повозрастного сальдо миграции.

Суть метода компонент заключается в «отслеживании» движения отдельных когорт во времени в соответствии с заданными (прогнозными) параметрами рождаемости, смертности и миграции. Если эти параметры зафиксированы в некоторый начальный момент времени t_0 , оставаясь затем неизменными на протяжении периода D_t , то это однозначно определяет численность и структуру населения в момент времени $(t_0 + D_t)$.

Начиная с момента времени t_0 численность населения каждого отдельного возраста уменьшается в соответствии с прогнозными повозрастными вероятностями смерти. Из исходной численности населения каждого возраста вычитается число умерших, а оставшиеся в живых становятся на год старше. Прогнозные повозрастные уровни рождаемости используются для определения

числа рождений на каждый год прогнозного периода. Родившиеся также начинают испытывать риск смерти в соответствии с принятыми ее уровнями.

Процедура повторяется для каждого года прогнозного периода. Тем самым определяется численность населения каждого возраста и пола, общая численность населения, общие коэффициенты рождаемости, смертности, а также коэффициенты общего и естественного прироста. При этом прогнозные расчеты могут производиться как для однолетних возрастных интервалов, так и для различных возрастных групп (5- или 10-летних). Техника перспективных расчетов в обоих случаях совершенно одинакова. Перспективные расчеты обычно делаются отдельно для женского и мужского населения. Численность населения обоих полов и его возрастная структура получают простым суммированием численностей женского и мужского населения. При этом все прогнозные параметры рождаемости, смертности и миграции могут меняться для каждого года или интервала лет прогнозного периода.

На практике прогноз населения осуществляется на основе повозрастных данных для каждого пола в отдельности. Рождаемость выражается в ее повозрастных коэффициентах. Сила смертности выражается в повозрастных вероятностях дожить до следующего возраста отдельно для мужчин и женщин. Миграцию принято измерять в терминах ожидаемой ежегодной нетто-миграции, классифицированной по полу и возрасту. Более современной тенденцией является стремление уточнить миграцию, выделив, где возможно, приток и отток.

Расчеты производятся в терминах «цикла прогнозирования», каждый из которых обычно равен 1 году или 5 годам. Стартуя с переписных или других исходных данных, демограф последовательно применяет данные о рождаемости, смертности и миграции на протяжении одного цикла прогнозирования, суммируя затем результаты, чтобы получить оценку населения на дату, маркирующую конец цикла. Население в конце цикла, рассчитанное с помощью этой операции, в свою очередь становится исходным для следующего цикла. Цикл прогнозирования повторяется, чтобы получить оценку населения для следующей даты в будущем. Так повторяется до тех пор, пока не будет достигнута дата, для которой и строится прогноз. Особенностью этой процедуры является то, что прогнозист может использовать

для каждого прогнозного цикла различные величины рождаемости, смертности и миграции. Коль скоро для каждого цикла выбраны наборы величин каждого из компонентов, вычислительный процесс сводится просто к подстановке полученных значений в уравнение демографического баланса.

Покажем для простоты, как делается перспективный расчет на примере одногодичных возрастных интервалов для женского населения.

Пусть в некоторый исходный момент времени t_0 (базовый год прогноза) численность женского населения в возрасте x лет равна P_x . В течение года исходная численность изменится: часть населения умрет, другая часть населения покинет данную территорию, кто-то, наоборот, прибудет на нее на жительство. В итоге численность населения возраста $(x + 1)$ в момент времени t_1 будет равна:

$$P_{x+1}^1 = P_x^0 * S_x + M_x^s \quad (6.9)$$

где $S_x = L_{x+1}/L_x$ — коэффициент передвижки в следующий возраст (L_x и L_{x+1} — числа живущих в возрастах x и $(x + 1)$ из таблицы смертности); M_x^s — сальдо повозрастной миграции.

Аналогичная процедура применяется ко всем возрастам за исключением возраста 0 лет.

Численность возрастной группы 0 лет в момент времени t_1 рассчитывается с учетом как рождаемости, так и младенческой смертности и миграции, поскольку не все родившиеся в течение года доживут до начала следующего года и поскольку существует, хоть и небольшая, миграция и в этом возрасте тоже. Прежде всего рассчитывается число родившихся в течение года. Это число, как известно, равно сумме произведений повозрастных коэффициентов рождаемости на среднегодовую численность женщин соответствующих возрастов:

$$B = \sum_{15}^{49} ASFR_x \times \bar{F}_x, \quad (6.10)$$

где B — годовое число рождений; $ASFR_x$ — повозрастные коэффициенты рождаемости; \bar{F}_x — среднегодовая численность женщин в возрасте x лет.

Чтобы получить отдельно численность родившихся девочек, B умножают на Δ , где Δ — доля девочек среди родившихся, которая колеблется между 0,493 и 0,483, но обычно принимается равной 0,488 (это соответствует вторичному соотношению полов, равному

105 мальчиков на 100 девочек). Затем полученное таким образом число рождений корректируют с помощью принятой для прогноза функции дожития, а также с помощью данных о нетто-миграции для этого возраста, получая численность населения возраста 0 лет к началу следующего года.

Описанная выше процедура итеративно повторяется столько раз, сколько лет охватывает прогнозный период. Численность населения каждого возраста как бы передвигается в следующий, более старший возраст. Именно поэтому метод компонент также называют методом передвижки возрастов.

В итоге на каждый год прогнозного периода получают как общую численность населения, так и его возрастную-половую структуру, а также общие коэффициенты рождаемости и смертности. Особенностью прогнозирования отдельных демографических процессов является то, что их параметры определяются не на каждый год прогнозного периода, а лишь на некоторые его точки. После чего полученные значения интерполируются на промежуточные даты. При этом очень часто интерполяция сводится просто к предположению о неизменности параметров демографических процессов между опорными точками.

6.2. Логические методы прогнозирования и цепи Маркова

Прогнозирование по аналогии - это наиболее часто используемый практически тип прогнозирования. Он может применяться при всех типах менеджмента: традиционном, системном, ситуационном, социально-этическом.

Прогнозирование по аналогии корректно только тогда, когда установлена, доказана аналогия между: объектами управления, типами менеджмента, реакциями внешней и внутренней среды в случае, имевшем место на практике, и конкретном случае прогнозирования. Этот метод нельзя использовать при прогнозировании явлений, не имеющих аналогов, то есть принципиально новых объектов, процессов, ситуаций.

Понятие аналогии связано с понятием адекватности в той мере, в которой один объект (объект прогнозирования) может рассматриваться как физически полномасштабная модель другого объекта - аналога, а цели и задачи его прогнозирования и управления соответствуют таким же целям и задачам объекта

аналога. То есть понятие аналогии более широкое и включает не только схожесть объектов прогнозирования, но и целей, а также последствий прогноза. Последние определяются не только характеристиками объекта прогнозирования, но и реакцией среды. Следовательно, должны рассматриваться не менее четырех направлений аналогии:

- объекта прогнозирования и объекта, выбранного в качестве аналога;
- типов менеджмента и целей управления;
- реакции организационно-производственной системы (ОПС) на управляющее воздействие;
- реакция внешней среды ОПС на изменение объекта прогнозирования.

Суть метода состоит в построении прогнозных состояний объекта по закономерностям, изученным на примере известных, если последние имеют аналогию процесса с изучаемыми, причем данная пространственно-временная ситуация сравнивается с некоторой прошлой исторической ситуацией. Используя метод аналогий, надо последовательно пройти следующие этапы:

- поиск и выбор аналога;
- построение модели и ее исследование;
- экстраполяцию данных с аналога на познаваемый объект;
- проверку экстраполяционных выводов по аналогии.

При использовании метода аналогий известные в прошлом приемы и методы привлекаются для анализа исходных ситуаций, встречающихся в настоящее время.

Различают два типа аналогий: *межобъектные* (их также называют математическими); *исторические*.

Первый метод основан на установлении аналогий математических описаний процессов, протекающих в различных по природе объектах с последующим использованием более изученного или более точного математического описания одного из них для разработки прогнозов другого. Например, известна модель роста шага изобретений, основанная на аналогии с процессом биологического размножения.

Историческая аналогия - метод, основанный на установлении и использовании аналогии объекта прогнозирования с одинаковым по природе объектом, опережающим первый в своем развитии.

Одним из примеров такого рода является прогноз развития транспортных самолетов на основе сравнения с боевыми самолетами ВВС США. Было установлено, что рост основных технических характеристик транспортных самолетов, в частности, скорости полета, следует с некоторым отставанием за их ростом у боевых машин, причем величина этого отставания во времени возрастает. Анализ взаимосвязи этих двух процессов позволяет с учетом ряда ограничений прогнозировать перспективы наращивания скорости транспортных самолетов по современному состоянию боевых машин (прогноз техники по «опережающей отрасли»).

В группе опережающих методов прогнозирования используется свойство научно-технической информации опережать реализацию научно-технических достижений в общественном производстве. Если в статистических методах использовалась информация о ретроспективном периоде, то в опережающих методах - информация о периоде упреждения.

Патентный метод - наиболее часто применяемый опережающий метод, основан на оценке изобретений и исследований, на динамике их патентования.

В соответствии с методом составляется генеральная определительная таблица, согласно которой путем сопоставления патентной информации определяются коэффициенты полноты изобретений. Данные коэффициенты представляют собой обобщенные критерии, позволяющие оценить инженерно-техническую значимость новых решений, представленных в патентах, что дает возможность выделить ценные патенты, на основе которых разрабатывается прогноз.

Цитатно-индексный метод - основан на анализе динамики цитирования авторов публикаций по проблемам, связанным с развитием объекта прогнозирования.

Данный метод предполагает оценку перспективности различных научных направлений. При этом научное исследование рассматривается как процесс выработки новой информации и ее распространения. Усилия, затрачиваемые той или иной страной на развитие мировой науки, оцениваются числом публикаций (носителей информации). Эффективность этих усилий определяется уровнем цитируемости публикаций каждой страны в

отдельности. При этом выявляются научные направления, свойственные различным странам.

Количественную оценку уровня цитируемости авторов, проводящих исследования в какой-либо области науки и техники, проводят с помощью коэффициента SC1 - индекса научного цитирования. Численная величина данного показателя косвенным образом характеризует эффективность рассматриваемого направления исследований в анализируемой отрасли науки и техники.

Публикационный метод - базируется на оценке публикаций об объекте прогнозирования и исследования динамики их опубликования.

В основу этих трех методов положены следующие предпосылки:

а) существует неразрывная связь между динамикой объема научно-технической информации (НТИ) и научно-техническим прогрессом (НТП);

б) НТИ опережает внедрение результатов в общественную практику на некоторый отрезок времени, постоянный в среднем на каждом этапе развития НТП;

в) результаты, полученные опережающими методами, тем достовернее, чем полнее исходная информация.

Основные источники информации: патенты, свидетельства, лицензии, каталоги, проспекты, рекламные сообщения.

Ретроспективная обработка названных источников информации позволяет анализировать динамику патентования с последующим выявлением точек перегиба, пиков, спадов, зон насыщения и т.д.. Результаты такого анализа используются: для прогноза периодов внедрения технических решений в производство; для оценки перспективности различных направлений науки и техники.

В теории вероятностного моделирования к наиболее изучаемым и исследованным относятся модели, у которых случайный процесс функционирования относится к классу марковских процессов, т. е. марковские модели.

Случайный процесс, протекающий в системе, называется марковским, если для любого момента времени вероятностные характеристики процесса в будущем зависят от его состояния в

данный момент и не зависят от того, когда и как система пришла в это состояние.

При исследовании экономических и, в частности, производственных систем наибольшее применение имеют марковские случайные процессы с дискретными состояниями и непрерывным временем. В процессе с дискретными состояниями все его возможные состояния можно заранее перечислить, т. е. состояния системы принадлежат к конечному множеству $Z = \{z_j\}$.

В процессе с непрерывным временем смена состояний может произойти в любой случайный момент; при этом считается, что переход системы из одного состояния в другое происходит мгновенно.

Метод прогнозирования на основе теории цепей Маркова может быть использован для прогноза множества показателей, которые меняются из года в год одновременно, но непосредственно функциональные связи между ними не установлены ввиду отсутствия информации или сложности этих связей.

В основе прогноза, построенного на основе простых цепей Маркова, лежит вычисление матрицы перехода, элементами которой являются вероятности перехода прогнозируемых параметров из одного состояния в другое, от одного значения к другому.

Матрица переходных вероятностей для момента t_1 (т.е. через два интервала τ) есть не что иное, как результат произведения двух исходных матриц, т.е. $\Gamma(\tau)^2$; для момента t_2 — $\Gamma(\tau)^3$ и т.д.

Вектор вероятностей состояний в любой i -тый момент времени ($P(t_i)$) есть произведение вектора состояний в начальный момент ($P(t_0)$) и матрицы перехода $\Gamma(\tau)^i$:

$$P(t_i) = P(t_0) \cdot \Gamma(\tau)^i. \quad (6.11)$$

Примером использования равенства Маркова в прогнозировании может служить оценка вероятности исполнения прогноза численности занятых в определенной сфере производства.

Логические методы применяются для прогнозирования, когда требуется описать будущее развитие объекта, используя информацию об объектах-аналогах или научно-техническую информацию. В условиях деформирования ретроспективной информации об объекте прогнозирования кризисными социально-экономическими явлениями это существенно расширяет возможности научного предвидения.

Равенство Маркова применяется в прогнозировании демографических показателей, конъюнктуры рынков продукции и рынков труда. Логические методы и марковские процессы являются важной составной частью прогнозно-аналитического инструментария, могут быть использованы в комплексных системах прогнозирования в сочетании с другими методами.

6.3. Прогнозирование социального развития

Проблема измерения и сопоставления уровней социального развития является частью более масштабной проблемы – возможности прогнозировать изменения уровня жизни, учитывая специфические особенности каждого региона, его развитость, планировать и программировать мероприятия, необходимые для его прогрессивного изменения. Успешность планирования во многом зависит от обоснованности государственных планов, но не полностью. Объектами планирования в основном пока являются показатели уровня жизни (рост реальных доходов трудящихся, доля государственной, колхозно-кооперативной и личной собственности в удовлетворении личных потребностей, занятость населения, распределение общественных фондов потребления по социальным группам, между городским и сельским населением и т.д.). Перспективно применять единый, синтетический показатель. Искомый показатель должен удовлетворять следующим требованиям: отражать конечные результаты социального развития; характеризовать обе его стороны – изменение и процесса, и результата; количественно измерять развитие, достигаемое в результате внедрения социальных достижений. Таким показателем является уровень социального развития (УСР).

Общественный интерес к этому показателю неуклонно растет. Предложено немало способов его измерения. При построении УСР необходимо учитывать два основных момента: первый – теоретического характера – заключается в определении его составляющих и отборе первичных (измеримых) признаков, второй – методического плана – в нахождении методов сведения различных признаков (по характеру, единицам измерения, социальной значимости) в единый показатель.

В качестве обобщающих показателей, посредством которых можно оценить уровни развития регионов в целом, экономистами

предлагаются: размеры национального дохода или совокупный общественный продукт на душу населения; национальный доход в расчете на одного работающего; сводный районный индекс производительности труда; степень занятости населения и обеспеченность трудовыми ресурсами для создания эффективного хозяйственного комплекса; уровень производства материальных благ (оценивается показателем валового общественного продукта в расчете на душу населения), жизненный уровень трудящихся (уровень реальных доходов, обеспеченность населения продуктами питания и предметами широкого потребления, жильем и бытовым обслуживанием, торговой сетью) и другие индексы.

Одним из первых стал использовать специальную исследовательскую методику агрегирования признаков З.Хельвиг. Им предложен так называемый таксономический показатель, который представляет собой синтетическую величину, образованную из всех признаков, характеризующих изучаемое экономическое явление. Опираясь на идеи З.Хельвига, экономисты разных стран успешно применяют в исследовательской работе собственно методику измерения уровня развития экономических районов с помощью таксонометрических групп показателей. Уровень развития определяется близостью реального таксона к условному с максимальными значениями показателей развития региона, стимулирующих развитие (минимальными значениями показателей, сдерживающих развитие).

Управление формированием образа жизни населения в необходимом для общества направлении будем считать эффективным, если от одного периода социального планирования к другому уровень его развития возрастет, приближаясь к объективно-необходимой величине – целевому показателю. Если в качестве последнего принять уровень социального развития “идеальной” (или эталонной) группы, принимаемой за предел, то можно ожидать, что реальный уровень развития населения любого региона будет ниже.

Недостатка, связанного с использованием пороговых констант, лишен таксономический показатель, рассчитываемый по методу В.Плюты. В нем применяется матрица данных, составленная из стандартизованных значений признаков. Стандартизация позволяет избавиться от единиц измерения (стоимостных и натуральных). Все признаки исходной

совокупности преобразовываются в стимуляторы. В.Плюта предложил рассчитывать таксономический показатель по следующей методике.

Уровень социального развития (УСР) – интегральный показатель, состоящий из частных показателей.

Например, в их число можно включить:

- ВЖД – ввод в действие жилых домов тыс. кв. метров общей площади на 1000 человек;
- РТО - розничный товароборот, включая общественное питание, руб. на одного жителя;
- ОБС – объем бытовых услуг, руб. на одного жителя;
- ОНВ – обеспеченность населения врачами на 10 тыс. человек;
- ЧБК – число больничных коек на 10 тыс. человек.

Частные показатели имеют разную размерность и направленность, поэтому обычно расчету УСР предшествует процедура их нормирования.

Последовательность расчета показателя «уровень социального развития» следующая:

$$Y_{cp} = 1 - \frac{d_{i0}}{c_0}, \quad (6.12)$$

где

$$d_{i0} = \sqrt{\sum_{j=1}^n (x_{ij} - x_{0j})^2} \quad (6.13)$$

$$c_0 = \bar{x} + 2 \cdot S_d \quad (6.14)$$

$$\bar{x} = \frac{1}{t} \cdot \sum_{i=1}^t d_{i0} \quad (6.15)$$

$$S_d = \sqrt{\frac{1}{t} \cdot \sum_{i=1}^t (d_{i0} - \bar{x})^2} \quad (6.16)$$

где x_{ij} – реализация j -того свойства на i -ом объекте;

x_{0j} – реализация j -того свойства в эталонном объекте.

Показатели d_{i0} , c_0 , \bar{x} , S_d являются промежуточными расчетными показателями. При этом d_{i0} определяется для каждого региона, а показатель c_0 рассчитывается на основе всей матрицы первичных показателей.

Чтобы спрогнозировать интегральный показатель УСР, необходимо спрогнозировать каждый частный показатель в отдельности. Прогноз таких показателей, как РТО и ОБС осуществляется методом экстраполяции временного ряда или на

основе авторегрессионной модели. Для прогнозирования ОНВ, ЧБК и ВЖД можно использовать нормативно-целевые методы. Рекомендуемая схема распределения валового общественного продукта (ВОП) (рис. 6.1), где:

- ФВ – фонд возмещения;
- НД – национальный доход;
- ФП – фонд потребления;
- ФН – фонд накопления;
- ФПН – фонд производственного накопления;
- ФНН – фонд непроизводственного накопления;
- ЧБК – число больничных коек;
- ВЖД – ввод в действие жилых домов.

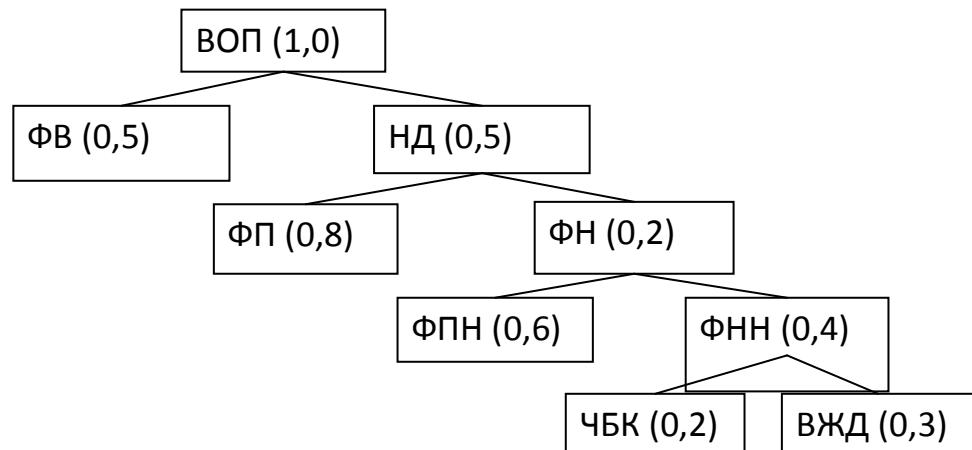


Рис. 6.1. Схема распределения валового общественного продукта

Используя схему распределения и предсказывая тенденции изменения ВОП (генетически или нормативно), можно определить темпы роста социальных показателей. На рис. 6.1. – это ЧБК и ВЖД, возможно включение в схему распределения и других показателей, в соответствии с программами социального развития региона.

На основе прогнозных значений частных показателей определяется интегральный показатель и делаются соответствующие выводы о перспективном изменении социального развития региона.

В главе 6 изложены методы прогнозирования экономических и социальных процессов, в том числе методы прогнозирования демографических показателей, логические методы прогнозирования и цепи Маркова, метод прогнозирования

социального развития региона. Они занимают особое место в структуре прогнозных методов, так как сфера их применения определена достаточно конкретно. В демографическом прогнозировании используются методы определения общей численности населения и его структуры, в прогнозировании научно-технического развития опережающие методы, в прогнозировании социального развития применяются интегральные показатели.

По используемой информации эти методы относятся к фактографическим, но процесс их применения требует использования опыта и интуиции лица, разрабатывающего прогноз.

Тренировочные задания

1. Проанализировать демографические тенденции в Дмитриевском районе Курской области (табл. 6.1-6.2) и разработать соответствующие прогнозы.

Таблица 6.1

Динамика численности населения Дмитриевского района Курской области (на начало года, человек)

Годы	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Население	25215	24129	23118	22182	21451	20646	19943	19293
В том числе:								
городского	11714	11268	10879	10455	10234	8303	8149	7773
сельского	13501	12861	12239	11727	11217	12343	11794	11520

Таблица 6.2

Общие коэффициенты рождаемости, смертности и естественного прироста населения Дмитриевского района Курской области (на 1000 человек населения)

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Родившихся	6,2	6,6	5,5	6,3	6,2	6,7	6,9	7,4

Умерших	26,1	26,6	27,1	27,3	30,0	29,2	29,4	29,7
Естественный прирост	-19,9	-20,0	-21,6	-21,0	-23,8	-22,5	-22,5	-22,3

Пример выполнения задания

На материалах Дмитриевского района Курской области проанализируем демографические тенденции и разработаем соответствующие прогнозы.

На основе данных таблицы 6.2 можно сделать вывод, что общий коэффициент рождаемости в районе за последние 8 лет был самым низким в 2002 году и составил 5,5%. При общем увеличении коэффициентов рождаемости и смертности снижается коэффициент естественного прироста.

Составим прогнозные расчёты численности населения, чтобы иметь представление о её изменении и предотвратить нежелательные тенденции снижения.

Спрогнозировать численность населения Дмитриевского района Курской области на 2012 год (краткосрочный прогноз) можно с помощью показательной функции. При этом возможны 2 варианта: принять коэффициент естественного прироста либо неизменным, либо переменным.

Имеется численность населения Дмитриевского района на 2007 год: $L_0=19293$ чел. Коэффициент естественной убыли на 2007 год равен $p = -22,3$. Предполагаем, что он останется неизменным в течение последующих 5 лет. Тогда численность населения района на 2012 год будет равна:

$$L = L_0 e^{pt} = 19293 \cdot 2,718281^{-0,02235} = 19293 \cdot 0,894491 = 17257 \text{ (чел.)}$$

Но по данным таблицы 6.2 можно проследить, что естественная убыль меняется из года в год (сначала растёт, затем снижается), поэтому к 2012 году она будет иной, т.е. существенно отличаться от данных 2007 года.

Найдем среднее арифметическое значение темпа прироста естественной убыли за 8 лет:

$$(-20,0+19,9)+(-21,6+20,0)+(-21,0+21,6)+(-23,8+21,0)+(-22,5+23,8)+(-22,5+22,5)+(-22,3+22,5)/7 = -0,343$$

Предполагая, что сложившиеся тенденции увеличения естественной убыли сохранятся, последовательно увеличим

коэффициент естественной убыли на 0,343 до конца периода упреждения 2012г. Следовательно, прогнозируемый коэффициент естественной убыли по годам будет иметь следующее приближенное значение:

к 2008 г. $p = -22,6$;

к 2009 г. $p = -22,9$;

к 2010 г. $p = -23,2$;

к 2011 г. $p = -23,5$;

к 2012 г. $p = -23,8$.

Принимаем $p = -23,8$.

Тогда численность населения Дмитриевского района к 2012 году составит:

$$L = 19293 * 2,718281^{0,0238*5} = 17128(\text{чел.})$$

Численность населения, вычисленная вторым способом, меньше и, безусловно, точнее, т.к. второй метод учитывает изменения коэффициента естественной убыли.

Численность населения Дмитриевского района можно рассчитать и по статистическим характеристикам динамики (средний абсолютный прирост, средний темп роста, средний темп прироста).

Численность населения Дмитриевского района в 2002 году составляла 23118 чел., а в 2007 году – $L_0 = 19293$ чел. Тогда общий абсолютный прирост за 5 лет был равен: $19293 - 23118 = -3825$. Следовательно,

$$\bar{\Delta} = \frac{-3825}{5} = -765 \text{ - средний абсолютный прирост}$$

$$\bar{T}_p = \sqrt[5]{\frac{19293}{23118}} = \sqrt[5]{0,8345} = 0,9645 = 96,45\% \text{ - средний темп роста}$$

$$\bar{T}_{np} = -3,55\% \text{ - средний темп прироста}$$

Согласно этим расчётам, через 5 лет, т.е. к 2012 году, население Дмитриевского района составит:

1) по среднему абсолютному приросту:

$$L = L_0 + t\bar{\Delta} = 19293 + 5 \cdot (-765) = 15468 (\text{чел.})$$

2) по среднему темпу роста:

$$L = L_0 \cdot \bar{T}_p^t = 19293 \cdot (0,9645)^5 = 19293 \cdot 0,8347 = 16103 (\text{чел.})$$

3) по среднему темпу прироста:

$$L = L_0(1 + \bar{T}_{np})^t = 19293 \cdot (1 - 0,0355)^5 = 16103 (\text{чел.})$$

По среднему темпу роста и темпу прироста получаем один и тот же результат, который отклоняется от значения, полученного

по среднему абсолютному приросту, на 635 чел.

Вывод: Численность населения, полученная по показательной функции с постоянным коэффициентом естественной убыли, значительно больше численности населения, полученной при применении статистических характеристик динамики. Это объясняется тем, что хотя в обоих методах характеристики и остаются постоянными (в первом – коэффициент естественного прироста, во втором – статистические характеристики динамики), в показательной функции коэффициент берётся за последний год, а во втором методе характеристики принимаются средними за предыдущие 5 лет.

6.4.2. Спрогнозировать риск на основе Марковских цепей (на примере численности персонала предприятия).

Данные о динамике прогнозной и фактической численности персонала представлены в таблице 6.4. Определить вероятность того, что прогнозная на данном предприятии будет не меньше фактической на конец 17-го года.

Пример выполнения задания

Рассмотрим задачу относительно трёх возможных состояний, в которых может находиться анализируемая экономическая категория – численность работающих.

1 состояние: численность фактическая равна численности прогнозной $Ч_{\phi} = Ч_{п}$;

2 состояние: численность фактическая больше численности прогнозной $Ч_{\phi} > Ч_{п}$;

3 состояние: численность фактическая меньше численности прогнозной $Ч_{\phi} < Ч_{п}$.

Таблица 6.3

Отчётные данные о численности работающих
на предприятии

Год	Квартал	Прогнозная численность	Фактическая численность
I	1	420	358
	2	468	396
	3	582	431
	4	450	458
II	1	480	480
	2	479	484
	3	480	527
	4	524	580
III	1	569	577
	2	646	577
	3	614	619
	4	638	664
IV	1	624	638
	2	624	628
	3	641	641
	4	556	642
V	1	586	637
	2	647	686
	3	675	747
	4	704	766
VI	1	739	739
	2	739	763
	3	739	754
	4	768	758
VII	1	806	758
	2	750	770
	3	738	763
	4	752	782
VIII	1	756	736
	2	755	707
	3	754	718
	4	757	717
IX	1	693	724
	2	703	711
	3	703	697
	4	703	708
X	1	703	708
	2	710	715

	3	710	718
	4	710	715
XI	1	708	723
	2	708	712
	3	708	708
	4	708	697

Для расчёта вектора начальных состояний в момент времени t_0 составим технологическую таблицу 6.4.

Таблица 6.4

Технологическая таблица для расчёта $P(t_0)$

Год	Квартал	1 сост.	2 сост.	3 сост.
I	1			+
	2			+
	3			+
	4		+	
II	1	+		
	2		+	
	3		+	
	4		+	
III	1		+	
	2			+
	3		+	
	4		+	
IV	1		+	
	2		+	
	3	+		
	4		+	
V	1		+	
	2		+	
	3		+	
	4		+	
VI	1	+		
	2		+	
	3		+	
	4			+
VII	1			+
	2		+	
	3		+	
	4		+	

VIII	1			+
	2			+
	3			+
	4			+
IX	1		+	
	2		+	
	3			+
	4		+	
X	1		+	
	2		+	
	3		+	
	4		+	
XI	1		+	
	2		+	
	3	+		
	4			+
Σ		4	28	12

Следовательно, $P(t_0) = \left(\frac{4}{44}; \frac{28}{44}; \frac{12}{44}\right) = (0,09; 0,64; 0,27)$.

Для расчёта матрицы переходных вероятностей за интервал времени τ составим технологическую таблицу 6.5.

Таблица 6.5
Технологическая таблица для расчёта матрицы $\Gamma(\tau)$

Год	Квартал	1 сост.			2 сост.			3 сост.		
		1 сост.	2 сост.	3 сост.	1 сост.	2 сост.	3 сост.	1 сост.	2 сост.	3 сост.
I	1									
	2									+
	3									+
	4								+	
II	1				+					
	2		+							
	3					+				
	4					+				
III	1					+				
	2						+			
	3								+	
	4					+				
IV	1					+				
	2					+				
	3				+					

	4		+							
V	1					+				
	2					+				
	3					+				
	4					+				
VI	1				+					
	2		+							
	3					+				
	4						+			
VII	1								+	+
	2								+	
	3					+				
	4					+				
VIII	1						+			
	2									+
	3									+
	4									+
IX	1								+	
	2					+				
	3						+			
	4								+	
X	1					+				
	2					+				
	3					+				
	4					+				
XI	1					+				
	2					+				
	3				+					
	4			+						
Σ		0	3	1	4	20	4	0	5	6

Следовательно, $\Gamma(\tau) = \begin{vmatrix} 0 & 0,75 & 0,25 \\ 0,14 & 0,72 & 0,14 \\ 0 & 0,45 & 0,55 \end{vmatrix}$.

Вектор вероятностей состояний на конец 17-го года ($P(t_{17})$) есть произведение вектора состояний в начальный момент ($P(t_0)$) и матрицы перехода $\Gamma(\tau)^7$:

$$P(t_{17}) = P(t_0) \cdot \Gamma(\tau)^7.$$

Найдём матрицу переходных вероятностей $\Gamma(\tau)^7$:

$$\Gamma(\tau)^2 = \begin{vmatrix} 0 & 0,75 & 0,25 \\ 0,14 & 0,72 & 0,14 \\ 0 & 0,45 & 0,55 \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} 0 & 0,75 & 0,25 \\ 0,14 & 0,72 & 0,14 \\ 0 & 0,45 & 0,55 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 0,11 & 0,65 & 0,24 \\ 0,1 & 0,69 & 0,21 \\ 0,06 & 0,57 & 0,37 \end{vmatrix};$$

$$\Gamma(\tau)^4 = \begin{vmatrix} 0,11 & 0,65 & 0,24 \\ 0,1 & 0,69 & 0,21 \\ 0,06 & 0,57 & 0,37 \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} 0,11 & 0,65 & 0,24 \\ 0,1 & 0,69 & 0,21 \\ 0,06 & 0,57 & 0,37 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 0,09 & 0,66 & 0,25 \\ 0,09 & 0,66 & 0,25 \\ 0,09 & 0,64 & 0,27 \end{vmatrix};$$

$$\Gamma(\tau)^6 = \begin{vmatrix} 0,09 & 0,66 & 0,25 \\ 0,09 & 0,66 & 0,25 \\ 0,09 & 0,64 & 0,27 \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} 0,11 & 0,65 & 0,24 \\ 0,1 & 0,69 & 0,21 \\ 0,06 & 0,57 & 0,37 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 0,09 & 0,66 & 0,25 \\ 0,09 & 0,66 & 0,25 \\ 0,09 & 0,65 & 0,26 \end{vmatrix};$$

$$\Gamma(\tau)^7 = \begin{vmatrix} 0,09 & 0,66 & 0,25 \\ 0,09 & 0,66 & 0,25 \\ 0,09 & 0,65 & 0,26 \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} 0 & 0,75 & 0,25 \\ 0,14 & 0,72 & 0,14 \\ 0 & 0,45 & 0,55 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 0,09 & 0,66 & 0,25 \\ 0,09 & 0,66 & 0,25 \\ 0,09 & 0,65 & 0,26 \end{vmatrix}.$$

Таким образом,

$$P(t_{17}) = P(t_0) \cdot \Gamma(\tau)^7 = \begin{vmatrix} 0,09 & 0,64 & 0,27 \\ 0,09 & 0,66 & 0,25 \\ 0,09 & 0,65 & 0,26 \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} 0,09 & 0,66 & 0,25 \\ 0,09 & 0,66 & 0,25 \\ 0,09 & 0,65 & 0,26 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 0,09 & 0,66 & 0,25 \\ 0,09 & 0,66 & 0,25 \\ 0,09 & 0,65 & 0,26 \end{vmatrix}.$$

Вывод: вероятность того, что на конец 17-го года $Ч_{\phi} = Ч_{\pi}$ составляет 0,09; вероятность того, что на конец 17-го года $Ч_{\phi} > Ч_{\pi}$ составляет 0,66; вероятность того, что на конец 17-го года $Ч_{\phi} < Ч_{\pi}$ составляет 0,25.

Таким образом, с вероятностью $p=0,34$ ($0,09+0,25$) можно утверждать, что прогнозная численность на данном предприятии будет не меньше фактической на конец 17-го года.

2. Определить фактические и прогнозные значения уровня социального развития региона, используя данные таблицы 6.6 и схему распределения ВОП (рис. 6.1).

Таблица 6.6

Эталонные и фактические значения показателей социального развития

Показатели	ВЖД	РТО	ОБС	ОНВ	ЧБК
Фактическое значение	53	10	7	3	18
Эталонное значение	59	11	6	5	17

Пример выполнения задания

Для совокупности регионов, для которых определены эталонные значения показателей и рассчитаны по той же методике

УСР, определен сводный показатель $C_0 = 16,5$. Известно, что в периоде упреждения ВОП увеличится на 5%. Объем бытовых услуг и розничный товарооборот имеют тенденцию к росту, предполагаемое увеличение - 2%. Обеспеченность населения врачами сохранится на прежнем уровне.

Для определения фактического УСР региона воспользуемся формулами 6.12-6.13.

$$d_{i0} = \sqrt{(53-59)^2 + (10-11)^2 + (7-6)^2 + (3-5)^2 + (18-17)^2} = 6,56$$

$$Y_{cp} = 1 - \frac{6,56}{16,5} = 0,6 - \text{фактическое значение УСР региона.}$$

Определим прогнозное значение УСР региона. Для этого спрогнозируем каждый из частных показателей в отдельности.

РТО и ОБС увеличиваются в периоде упреждения на 2%:

$$\text{РТО: } 10 + 10 * 0,02 = 10,2;$$

$$\text{ОБС: } 7 + 7 * 0,02 = 7,14;$$

ОБС сохраняется на прежнем уровне:

$$\text{ОНВ} = 3;$$

Изменение ВЖД и ЧБК рассчитываем на основе заданных темпов роста ВОП и схемы распределения (рис. 6.1):

$$\text{ВЖД: } 1,05 * 0,5 * 0,2 * 0,4 * 0,3 = 0,0126 - \text{темп прироста;}$$

$$53 + 53 * 0,0126 = 53,67;$$

$$\text{ЧБК: } 1,05 * 0,5 * 0,2 * 0,4 * 0,2 = 0,0084 - \text{темп прироста;}$$

$$18 + 18 * 0,0084 = 18,15.$$

$$d_{i0} = \sqrt{(53,67-59)^2 + (10,2-11)^2 + (7,14-6)^2 + (3-5)^2 + (18,15-17)^2} = 5,97$$

$$Y_{cp} = 1 - \frac{5,97}{16,5} = 0,64 - \text{прогнозное значение УСР региона.}$$

7.Синтез и верификация прогнозов

7.1.Синтез формализованных и интуитивных методов

В процессе прогнозирования развития исследуемого объекта могут быть использованы фактографические, экспертные и комбинированные методы. Каждый метод имеет свои преимущества и недостатки.

Использование методов экстраполяции дает возможность оценить динамику определенных показателей объекта на перспективу при условии неизменности действия на объект внешних условий.

Использование эвристических методов позволяет получить оценки динамики в условиях возможного качественного изменения процессов. Но оцениваемая достоверность результатов в данном случае заведомо ниже.

Может быть ситуация, когда в перспективной динамике процесса различные модели, имеющие приблизительно одинаковую достоверность, дают различающиеся прогнозные результаты. Как в первом, так и во втором случае возможно определенное объединение прогнозных результатов, так называемый синтез прогнозных оценок в целях построения комбинированного прогноза.

При этом возникают две основные задачи. Первая – установление области, внутри которой прогнозные результаты, полученные с помощью различных методов, могут считаться согласованными, и вторая – установление такого соотношения между прогнозными результатами, которое наиболее адекватно отражало бы их связь с наиболее вероятным результатом прогнозирования.

При реализации процедуры получения комбинированного прогноза необходимо проводить логический анализ прогнозов с точки зрения их непротиворечивости, возможности совместного использования.

Сущность процедуры синтеза состоит в том, что определяется средневзвешенный результат прогнозов, полученных различными методами с учетом их достоверности (чем менее достоверен результат, тем меньше его вес, вклад в окончательный прогноз).

Рассмотрим процедуру синтеза прогнозных оценок. По результатам прогнозирования, полученным с помощью различных методов, определены значения прогноза A_1, A_2, \dots, A_n с ошибками, характеризующимися дисперсиями $\sigma_1^2, \sigma_2^2, \dots, \sigma_n^2$. Необходимо построить некоторую средневзвешенную оценку A^* с такими весами $\mu_i (i = \overline{1, n})$, чтобы она была наиболее эффективной в определенном смысле.

Построим такую синтезированную оценку прогноза A^* , которая была бы линейной комбинацией частных прогнозов, то есть

$$A^* = \sum_{i=1}^N \mu_i A_i, \quad (7.1)$$

где A_i - значения частных i -х прогнозов; μ_i - вес i -го прогноза. Веса μ_i выбираются по критерию минимума ошибок (дисперсии) прогноза A^* . Дисперсия синтезированного прогноза $\sigma_{A^*}^2$ определяется по формуле

$$\sigma_{A^*}^2 = D\left(\sum_{i=1}^N \mu_i A_i\right) = \sum_{i=1}^N \sum_{k=1}^N \mu_i \mu_k \text{cov}(A_i, A_k) = \sum_{i=1}^N \sum_{k=1}^N \mu_i \mu_k p(A_i, A_k) \sigma_{k_i} \sigma_{k_k}, \quad (7.2)$$

где $\text{cov}(A_i, A_k), p(A_i, A_k)$ - соответственно ковариация и коэффициент корреляции i -й и k -й прогнозных оценок. Относительно весов $\mu_i (i = \overline{1, N})$ с точки зрения минимизации дисперсии $\sigma_{A^*}^2$ сводится к решению задачи Лагранжа. Речь идет о минимизации функции Лагранжа, которая записывается как

$$F = \sigma_{A^*}^2 + \lambda \left(1 - \sum_{i=1}^N \mu_i\right), \quad (7.3)$$

где λ = множитель Лагранжа.

Условия минимума F запишутся в виде

$$\begin{cases} \frac{\partial F}{\partial \mu_i} = 0, i = \overline{1, N} \\ \frac{\partial F}{\partial \lambda} = 0 \end{cases},$$

что приводит к системе уравнений:

$$\begin{aligned} \mu_1 \sigma_{A_1}^2 + \mu_2 p_{12} \sigma_{A_1} \sigma_{A_2} + \dots + \mu_N p_{1N} \sigma_{A_1} \sigma_{A_N} + \lambda &= 0; \\ \mu_1 p_{21} \sigma_{A_1} \sigma_{A_2} + \mu_2 \sigma_{A_2}^2 + \dots + \mu_N p_{2N} \sigma_{A_2} \sigma_{A_N} + \lambda &= 0; \\ \dots & \\ \mu_1 p_{N1} \sigma_{A_1} \sigma_{A_N} + \mu_2 p_{N2} \sigma_{A_2} \sigma_{A_N} + \dots + \mu_N \sigma_{A_N}^2 + \lambda &= 0; \\ \mu_1 + \mu_2 + \dots + \mu_N &= 1. \end{aligned} \quad (7.4)$$

Решение данной системы уравнений и дает такие значения весов $\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_N$, которые реализуют минимум дисперсии оценки A^* .

Решая систему (7.3), находим

$$\lambda = \frac{1}{\sum_{i=1}^N \frac{1}{\sigma_{A_i}}}, \quad (7.5)$$

откуда

$$\mu_i = \frac{1}{\sigma_{A_i} \sum_{j=1}^N \frac{1}{\sigma_{A_j}}}. \quad (7.6)$$

Таким образом, по формуле (7.6) находят веса, определяющие величину оценку синтеза прогнозных результатов.

Для нахождения A^* и дисперсии $\sigma_{A^*}^2$ используем формулы:

$$A^* = \frac{1}{\sum_{j=1}^N \frac{1}{\sigma_{A_j}^2}} \sum_{j=1}^N \frac{A_j}{\sigma_{A_j}^2} \quad (7.7),$$

$$\sigma_{A^*}^2 = \sum_{i=1}^N \mu_i^2 \sigma_{A_i}^2 = \left(\frac{1}{\sum_{j=1}^N \frac{1}{\sigma_{A_j}^2}} \right)^2 \sum_{i=1}^N \frac{1}{\sigma_{A_i}^2} \cdot \sigma_{A_i}^2 = \frac{1}{\sum_{i=1}^N \frac{1}{\sigma_{A_i}^2}} \quad (7.8)$$

Для случая двух прогнозных результатов, то есть для случая $N=2$, можно записать:

- коэффициенты величины оценки синтеза прогнозных результатов

$$\mu_1 = \frac{1}{\sigma_{A_1}^2 \left(\frac{1}{\sigma_{A_1}^2} + \frac{1}{\sigma_{A_2}^2} \right)} = \frac{\sigma_{A_2}^2}{\sigma_{A_1}^2 + \sigma_{A_2}^2}; \mu_2 = \frac{1}{\sigma_{A_2}^2 \left(\frac{1}{\sigma_{A_1}^2} + \frac{1}{\sigma_{A_2}^2} \right)} = \frac{\sigma_{A_1}^2}{\sigma_{A_1}^2 + \sigma_{A_2}^2} \quad (7.9)$$

- среднюю величину синтеза прогнозных результатов

$$A^* = \frac{1}{\sigma_{A_1}^2 + \sigma_{A_2}^2} (\sigma_{A_2}^2 A_1 + \sigma_{A_1}^2 A_2); \quad (7.10)$$

- дисперсию величины синтеза прогнозных результатов

$$\sigma_{A^*}^2 = \frac{\sigma_{A_1}^2 \sigma_{A_2}^2}{\sigma_{A_1}^2 + \sigma_{A_2}^2}.$$

(7.11)

Использование одного метода для разработки прогноза развития экономического объекта или процесса недостаточно, так как достоверность прогнозного результата в социально-экономической сфере обеспечивается интеграцией количественного и качественного подходов. В этом заключается один из принципов прогнозирования и практически он может быть реализован на основе синтеза прогнозных результатов.

7.2. Сущность и виды верификации

В современной прогностике понятие верификации трактуется как оценка достоверности и точности (или обоснованности) прогноза. Известные в литературе методы верификации направлены в большей степени на оценку метода прогнозирования, с использованием которого был получен тот или иной прогнозный результат, чем на оценку качества самого прогнозного результата. Однако и эта проблема в методах верификации не решается в полной мере, так как качество работы метода можно оценить только применительно к качеству используемой информации. Причина в том, что один и тот же метод может выдать равновероятно достоверный и недостоверный результат в зависимости от качества информации, используемой при прогнозировании. Что же касается оценки достоверности и надежности самого прогноза, то совпадение прогнозных результатов, полученных разными методами, из различных источников и т.д., еще не доказывает, что прогноз был выполнен качественно. Последнее зависит от того, какое решение было принято на основе разработанного прогноза.

Перед исследователями встают две проблемы: как оценить качество прогноза до его реализации; можно ли считать достоверным прогноз, который не оправдался.

На первый вопрос теория прогностики ответа пока не дала. И на второй вопрос нельзя ответить однозначно. Но очевидно, что прогноз должен помогать принимать рациональные решения. В реальной практике лицо, принимающее решения (ЛПР), в

значительной мере контролирует процесс; в этом случае существует взаимосвязь между достоверностью прогноза и его полезностью, которая зависит от степени управляемости процессом.

Качество прогноза – это совокупность характеристик, которые в комплексе позволяют сделать прогноз эффективным и полезным в управлении, обеспечивают получение достоверного описания объекта на некоторую перспективу.

Понятие качества прогноза можно рассматривать двояко: а) в рамках и представлениях самого прогноза; б) по результату использования этого прогноза для целей управления.

Характеризовать качество прогноза можно исходя из учета действия переменных внешних сил, в связи с этим в прогнозную методологию вводят понятия: устойчивость, инерционность, связность, сложность, облик и функциональная целостность объекта, точность и полнота описания, риск принятия решения.

Помимо рассмотренной точки зрения о проблеме верификации прогноза в литературе встречается (причем достаточно часто) и более упрощенная трактовка этой проблемы. В частности, о точности прогноза судят по величине погрешности – разности между прогнозируемым и фактическим значением исследуемого объекта. Такой подход возможен в двух случаях. Во-первых, когда период упреждения уже окончился и исследователь имеет фактические знания переменной. При краткосрочном прогнозировании это доступно. Во-вторых, когда прогноз разрабатывается ретроспективно, т.е. прогнозирование осуществляется для некоторого, уже прошедшего, момента времени, для которого уже имеются фактические данные. Так поступают в тех случаях, когда проверяется разработанная методика прогноза.

Следует обратить внимание и на то обстоятельство, что проверка точности единичного прогноза не дает исчерпывающей уверенности в пригодности метода. В самом деле, на формирование исследуемого процесса влияет множество разнообразных факторов, поэтому полное совпадение или значительное расхождение прогноза и его реализации может быть следствием особо благоприятных (или неблагоприятных) стечений обстоятельств. Единичный хороший прогноз может быть получен и по плохой модели, и наоборот. Отсюда следует, что о качестве прогнозов

можно судить лишь по совокупности сопоставлений прогнозов и их реализаций.

На начальном этапе оценки эффективности прогноза можно проводить сравнение различных методов на основе разных подходов к верификации.

1.*Прямая верификация.* Верификация прогноза путем его повторной разработки другим методом.

2.*Косвенная верификация.* Верификация прогноза путем его сопоставления с прогнозами, полученными из других источников информации.

3.*Инверсная верификация.* Верификация прогноза путем проверки адекватности прогностической модели на материалах ретроспективного периода. Полученная относительная ошибка может быть критерием эффективности прогноза и одновременно величиной для расчета доверительных интервалов прогноза.

4.*Консеквентная (дублирующая) верификация.* Верификация прогноза путем аналитического или логического выведения прогноза из ранее полученных прогнозов.

5.*Верификация повторным опросом.* Верификация прогноза путем использования дополнительного обоснования или изменения экспертом его мнения, отличающегося от мнения большинства.

6.*Верификация оппонентом.* Верификация прогноза путем опровержения критических замечаний оппонента по прогнозу.

7.*Верификация учетом ошибок.* Верификация прогноза путем выявления и учета источников регулярных ошибок прогноза.

8.*Верификация компетентным экспертом.* Верификация прогноза путем сравнения с оценкой наиболее компетентного эксперта.

Результат верификации характеризует отдельные преимущества и недостатки метода прогнозирования и прогнозного результата. Между тем необходимо иметь комплексную характеристику качества метода прогнозирования или оценку его эффективности.

7.3. Количественные показатели качества прогнозов

В процессе верификации прогнозных результатов важное значение имеет количественная оценка качества прогнозов.

Все показатели, используемые для анализа качества прогноза, Гранберг А.Г. рекомендует разделить на три группы: абсолютные, сравнительные и качественные.

Абсолютные показатели точности прогнозов

К ним относятся такие показатели, которые позволяют количественно определить величину ошибки прогноза в единицах измерения прогнозируемого объекта или в процентах. Это среднеквадратическая ошибка, абсолютная ошибка, средняя абсолютная ошибка, относительная ошибка и средняя относительная ошибка.

$$\text{Абсолютная ошибка} - \Delta_{np} = y_t - y_t^* \quad (7.12)$$

$$\text{Средняя абсолютная ошибка} - \bar{\Delta}_{np} = \frac{\sum_{i=1}^n |y_i - y_i^*|}{n} \quad (7.13)$$

$$\text{Среднеквадратическая ошибка прогноза} \quad \sigma_t = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - y_i^*)^2}{n}} \quad (7.14)$$

Следует отметить, что существует связь среднего абсолютного отклонения со стандартным отклонением. Для большого класса статистических распределений значение стандартного отклонения несколько больше значения среднего абсолютного отклонения и строго пропорционально ему. Константа пропорциональности для различных распределений колеблется между 1,2 и 1,3. Чаще всего на практике берется 1,25, поэтому:

$$\sigma_t = 1,25 \cdot \bar{\Delta}_{np} \quad (7.15)$$

Недостатком рассматриваемых показателей является то, что значение этих характеристик существенно зависит от масштаба измерения уровней исследуемых явлений.

Абсолютная ошибка может быть выражена в процентах относительно фактических значений показателя следующим образом.

$$\text{Относительная ошибка} - \varepsilon_{np} = \frac{|y_t - y_t^*|}{y_t} \cdot 100\% \quad (7.16)$$

$$\text{Средняя относительная ошибка} - \bar{\varepsilon}_{np} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{|y_i - y_i^*|}{y_i} \cdot 100\% \quad (7.17)$$

Данный показатель используется при сравнении точности прогнозов разнородных объектов прогнозирования, поскольку этот показатель характеризует относительную точность прогноза.

Типичные значения показателя для среднесрочных прогнозов и их интерпретация даны в следующей таблице:

Таблица 7.1

Значения показателя адекватности

Средняя относительная ошибка, %	Интерпретация
<10	высокая точность
10-20	хорошая точность
20-50	удовлетворительная точность
>50	неудовлетворительная точность

Подобный подход к оценке точности прогноза возможен только при условии, когда период упреждения уже окончился и имеются фактические данные о прогнозируемом показателе, а также при ретроспективном прогнозировании. В последнем случае имеющаяся информация делится на две части, одна из которых охватывает более ранние данные, а другая - более поздние. С помощью данных первой группы оцениваются параметры модели прогноза, а данные второй группы рассматриваются как фактические данные прогнозируемого показателя. Полученная ретроспективно ошибка прогноза в какой-то мере характеризует точность применяемой методики прогнозирования.

Сравнительные показатели точности прогнозов

Эти показатели основаны на сравнении ошибки рассматриваемого прогноза с эталонными прогнозами определенного вида.

Один из таких показателей (K) может быть в общем виде представлен следующим образом:

$$K = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n (p_t - y_t)^2}{\sum_{t=1}^n (p_t^* - y_t)^2}} \quad (7.18)$$

где p_t^* - прогнозируемое значение величины эталонного прогноза.

Например, в качестве эталонного прогноза можно взять среднее ретроспективное значение прогнозируемого показателя. Обычно этот показатель называют коэффициентом несоответствия.

Коэффициент несоответствия K_H :

$$K_n = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i^* - y_i)^2}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (\bar{y} - y_i)^2}} \quad (7.19)$$

Если $K_H > 1$, то прогноз на уровне среднего значения дал бы лучшие результаты, чем имеющийся прогноз.

К сравнительным показателям следует отнести и коэффициент корреляции между прогнозируемыми и фактическими значениями переменной R :

$$R = \frac{\frac{1}{n} * \sum_{i=1}^n (y_i^* - \bar{y}^*)(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\frac{1}{n} * \sum_{i=1}^n (\bar{y}^* - \bar{y})^2} * \sqrt{\frac{1}{n} * \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad (7.20)$$

Качественные показатели точности прогноза

К качественным показателям точности прогноза относятся такие показатели, которые позволяют провести анализ видов ошибок прогнозов, разложить их на какие-либо составляющие. Тейл Г. разложил ошибку прогноза на следующие доли несоответствия:

$$\text{доля смещения } V^n = \frac{\left(\frac{\bar{y}^* - \bar{y}}{y^* - y} \right)^2}{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i^* - y_i)^2}, \quad (7.21)$$

которая показывает наличие ошибки в оценке центральной тенденции, т.е. $V^n > 0$, когда среднее арифметическое значение прогнозов отличается от среднего арифметического значения фактических данных. Отсутствие данной ошибки означает, что центр тяжести точечных прогнозов лежит на линии совершенных прогнозов;

$$\text{доля дисперсии } V^s = \frac{(s_{y^*} - s_y)^2}{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i^* - y_i)^2}, \quad (7.22)$$

которая отражает степень совпадения стандартных отклонений прогноза и фактических значений.

Причем дисперсии прогнозных и фактических значений переменных рассчитываются следующим образом:

$$S_{y^*} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i^* - \bar{y}^*)^2} ; \quad (7.23)$$

$$S_y = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} . \quad (7.24)$$

$$\text{доля ковариации } v^L = \frac{2(1-R)S_{y^*} * S_y}{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i^* - y_i)^2} \quad (7.25)$$

равна нулю, когда коэффициент корреляции равен 1 между прогнозными и фактическими значениями.

Сравнительная оценка прогнозов возможна только на основе измерения их эффективности. Эффективность прогноза – оценка достоверности, являющаяся основанием для принятия рационального решения.

Тренировочное задание

1. Выполнить анализ качества прогноза, полученного методом гармонических весов.

Пример выполнения задания

Рассчитаем абсолютные показатели точности прогноза величины прибыли от продаж, составленного по методу гармонических весов. Для этого воспользуемся формулами 7.12 – 7.17. Значения Δ_{np} и ε_{np} представлены в таблице 7.2.

Таблица 7.2

Технологическая таблица для расчета абсолютной ошибки прогноза

t	Y(t)	Y*(t)	Δ_{np}	ε_{np} , в %
1	17,6	17,58	0,020	0,113636
2	17,8	17,82	-0,020	-0,11236
3	18,1	18,1	0,000	0
4	18,4	18,37	0,030	0,163043
5	18,5	18,53	-0,030	-0,16216

6	18,8	18,78	0,020	0,106383
7	19,1	19,12	-0,020	-0,10471
8	19,5	19,475	0,025	0,128205
9	19,8	19,82	-0,020	-0,10101

Следовательно,

$$\bar{\Delta}_{np} = 0,185/9 = 0,02;$$

$$\sigma = 0,14;$$

$$\bar{\varepsilon}_{np} = 0,0099/9 * 100 = 0,11.$$

Так как средняя ошибка прогноза равна $0,11\% < 10\%$, следовательно, среднесрочный прогноз имеет высокую точность.

Вывод: Рассчитав абсолютные показатели точности прогноза, составленного методом гармонических весов, можно сделать вывод о том, что результаты метода являются точными.

Рассчитаем *сравнительные показатели* точности прогноза величины прибыли от продаж некоторого предприятия, составленного по методу гармонических весов. Для этого воспользуемся формулами 7.19 – 7.20:

$$K_H = \sqrt{\frac{0,0044}{4,4756}} = 0,0314;$$

$$R = \frac{0,4989}{\sqrt{0,5010 * 0,4973}} = 0,9995;$$

Вывод: Рассчитав сравнительные показатели точности прогноза, составленного методом гармонических весов, можно сделать вывод о том, что результаты, полученные данным методом, являются точными. Коэффициент несоответствия K_H значительно меньше единицы (0,0314), что говорит о том, что имеющийся прогноз дает лучший результат, нежели прогноз на уровне среднего значения; коэффициент корреляции R близок к единице (0,9995). А чем ближе к единице данный коэффициент, тем сильнее зависимость между рядами прогнозных и фактических величин.

Рассчитаем *качественные показатели* точности прогноза величины прибыли от продаж некоторого предприятия, составленного по методу гармонических весов. Для этого воспользуемся формулами 7.21 – 7.25:

$$S_{y^*} = \sqrt{0,5010} = 0,7078;$$

$$S_y = \sqrt{0,4973} = 0,7052;$$

$$V^n = \frac{(18,6217 - 18,6222)^2}{0,0005} = 0,0004;$$

$$V^s = \frac{(0,7078 - 0,7052)^2}{0,0005} = 0,0134;$$

$$V^L = \frac{2(1 - 0,9995) * 0,7078 * 0,7052}{0,0005} = 0,9982.$$

Вывод: Рассчитав качественные показатели точности прогноза, составленного методом гармонических весов, можно сделать вывод о том, что результаты являются точными, так как доля смещения практически отсутствует (0,0004), а это означает, что центр тяжести точечных прогнозов лежит на линии совершенных прогнозов. Доля дисперсии мала, это означает, что степень совпадения стандартных отклонений прогноза и фактических значений наибольшая.

Итоговое задание

1. Рассчитайте точечный и интервальный прогноз урожайности сельскохозяйственной культуры на 9 год. Сделайте вывод об устойчивости тенденции изменения показателей временного ряда.

Таблица 8.1.

Динамика урожайности сельскохозяйственной культуры

Годы	1	2	3	4	5	6	7	8
Урожайность	16,7	15,3	20,2	17,1	15,3	14,4	13,5	12,1

2. Получены данные о динамике спроса в течение 12 месяцев (усл. ед.).

Таблица 8.2.

Динамика спроса

Месяц	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Спрос	25	26	25	24	25	27	25	23	25	24	25	26

Определить вид прогнозной функции, рассчитать параметры методом наименьших квадратов. Дать прогноз уровня спроса на I месяц следующего года, определив возможность его случайного отклонения. Оценить степень устойчивости тенденции.

3. Имеются поквартальные данные о прибыли компании за четыре года (табл. 8.3).

Таблица 8.3

Прибыль компании, тыс. долл.

Квартал	I	II	III	IV
Год				
1	72	100	90	64
2	70	92	80	58
3	62	80	68	48
4	52	60	50	30

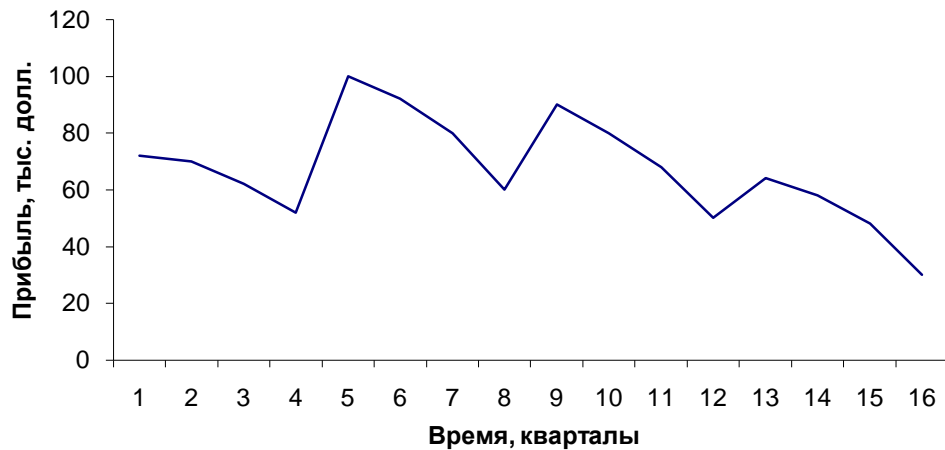


Рис. И.1. Динамика прибыли предприятия

График временного ряда (рис. И.1.) свидетельствует о наличии сезонных колебаний (период колебаний равен 4) и общей убывающей тенденции уровней ряда. Прибыль компании в весенне-летний период выше, чем в осенне-зимний период. Поскольку амплитуда сезонных колебаний уменьшается, можно предположить существование мультипликативной модели. Определите ее компоненты и получите прогнозные значения прибыли на первое полугодие пятого года.

4. Рассчитайте точечный и интервальный прогноз производства продукции на 12 год методом гармонических весов.

Таблица 8.4.

Производство продукции предприятия

Годы	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Производство продукции, млн.руб.	63,5	62,1	61,6	61,3	61,5	61,3	62,4	65,5	64,8	64,3	64,7

5. По семи территориям Уральского района известны значения двух признаков. Для характеристики зависимости y от x рассчитайте параметры линейной функции. Оцените качество модели. Какой процент составит покупка продовольственных

товаров в общих расходах если среднедневная заработная плата одного работающего достигнет 60 руб?

Таблица 8.5.

Показатели уровня жизни

Регион	Расходы на покупку продовольственных товаров в общих расходах, %, у	Среднедневная заработная плата одного работающего, руб., х
Удмуртская респ.	68,8	45,1
Свердловская обл.	61,2	59,0
Башкортостан	59,9	57,2
Челябинская обл.	56,7	61,8
Пермская обл.	55,0	58,8
Курганская область	54,3	47,2
Оренбургская область	49,3	55,2

6. По данным таблицы 8.6 изучите зависимость объема валового национального продукта Y (млрд. долл.) от следующих переменных: X_1 – потребление, млрд.долл. X_2 – инвестиции, млрд. долл.

Таблица 8.6.

Показатели развития национальной экономики

Годы	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Y	8	9,5	11	12	13	14	15	16,5	17	18
X_1	1,65	1,8	2,0	2,1	2,2	2,4	2,65	2,85	3,2	3,55
X_2	14	16	18	20	23	23,5	25	26,5	28,5	30,5

Для заданного набора данных постройте линейную модель множественной регрессии. Оцените точность и адекватность построенного уравнения регрессии. Дайте экономическую интерпретацию параметров модели. Получите прогнозные значения показателей на 11 год.

7. Для пищевой промышленности Курской области рассчитаны параметры уравнения производственной функции:

$X(t) = 69,686 \cdot e^{-0,036t} \cdot L(t)^{0,805} \cdot F(t)^{0,195}$. Охарактеризуйте состояние пищевой промышленности на основе коэффициентов уравнения. Предложите три варианта развития отрасли.

Используя исходное уравнение производственной функции, получите линейное уравнение, связывающее темпы прироста. Рассчитайте необходимый прирост основных производственных фондов для прироста валовой продукции на 1% при условии, что прироста занятости в пищевой промышленности не будет.

8. Для трех видов продукции А, В, С модели зависимости удельных постоянных расходов от объема выпускаемой продукции выглядят следующим образом: $y_A = 600$; $y_B = 80 + 0,7x$; $y_C = 40x^{0,5}$

Определите коэффициенты эластичности по каждому виду продукции и поясните их смысл. Сравните при $x=1000$ эластичность затрат для продукции В и С. Определите каким должен быть объем выпускаемой продукции, чтобы коэффициенты эластичности для продукции В и С были равны.

9. Проводится экспертная оценка по прогнозированию валового сбора зерновых культур в Курской области. В таблице 8.7. приведены результаты третьего тура опроса по методу Дельфи. На основе статистической характеристики ответов экспертов сделайте вывод о степени согласованности мнений и возможности завершения экспертизы. В случае положительного результата приведите прогнозное значение валового сбора зерновых культур.

Таблица 8.7.

Результаты опроса экспертов

Ответы экспертов (тыс. тонн)	900	950	1000	1100	1200	1200	1300	1400	1500	1900	2000
------------------------------------	-----	-----	------	------	------	------	------	------	------	------	------

10. Согласно предложенным данным о динамике численности работающих на предприятии за 11 лет указанная экономическая категория может находиться в одном из трех состояний: I- численность плановая равна численности фактической; II- численность плановая меньше численности фактической; III-

численность плановая больше численности фактической. Какова вероятность выполнения плана на начало 12-го года?

Таблица 8.8.

Плановая и фактическая численность работников

Год	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Ч _{пл}	420	480	569	624	586	739	756	693	703	723	586
Ч _{факт}	358	480	577	638	637	739	736	724	708	708	637

11. Численность населения области в 2013 г. составила 1327 тыс. чел. Коэффициент естественной убыли (- 9,9 ‰). Рассчитайте численность населения области на 2015 г, учитывая, что коэффициент естественной убыли рассчитан на 1000 чел.

12. Выполните анализ качества прогноза, рассчитав абсолютные, сравнительные и качественные показатели.

Таблица 8.9.

Фактические и прогнозные результаты

t	Y(t)	Y*(t)
1	16,6	16,58
2	16,8	16,82
3	17,1	17,1
4	17,4	17,37
5	17,5	17,53
6	17,8	17,78
7	18,1	18,12
8	18,5	18,475
9	18,8	18,82

Список рекомендуемой литературы

1. Вертакова, Юлия Владимировна. Социально-экономическое прогнозирование [Текст] : учебное пособие / Ю. В. Вертакова, И. А. Козьева, Ю. С. Положенцева ; ЮЗГУ. - Курск : ЮЗГУ, 2013. - 196 с. - Библиогр.: с. 186-187. - Имеется электрон. аналог. – ISBN 978-5-7681-08 93-9: 200.00 р. (65 экз.)
2. Вертакова, Юлия Владимировна. Социально-экономическое прогнозирование [Электронный ресурс]: учебное пособие / ЮЗГУ; Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Юго-Западный государственный университет». - Курск: ЮЗГУ, 2013. - 197 с. - Библиогр.: с. 186-187. - Имеется печ. аналог. – ISBN 978-5-7681-08 93-9 : Б. ц.
3. Прогнозирование и планирование в условиях рынка [Текст]: учебное пособие / Т. Н. Бабич [и др.]. - Москва: ИНФРА-М, 2013. - 336 с. - (Высшее образование. Бакалавриат). – ISBN 978-5-16-0045 77-1: 341.00 р. (25 экз.)
4. Бабич, Т. Н. Планирование на предприятии [Текст]: учебное пособие для студентов вузов / Т. Н. Бабич, Э. Н. Кузьбожев. - М.: КноРус, 2005. - 336 с. – ISBN 5-85971-034-8: 88.00 р. (8 экз.)
5. Горемыкин, Виктор Андреевич. Планирование на предприятии [Текст]: учебник / В. А. Горемыкин. - 6-изд., перераб. и доп. - М. : Юрайт, 2010. - 699 с. - (Основы наук). – ISBN 978-5-9916-05 06-9: 288.97 р. (1 экз.)
6. Дуброва, Т. А. Прогнозирование социально-экономических процессов [Текст]: учебное пособие / Т. А. Дуброва. - 2-е изд., испр. и доп. - М.: Маркет ДС, 2010. - 192 с. - (Университетская серия). – ISBN 978-5-94416-0 66-9: 48.00 р. (20 экз.)
7. Дуброва, Т. А. Статистические методы прогнозирования [Текст]: учебное пособие / Т. А. Дуброва. - М.: Юнити, 2003. - 206 с. – ISBN 5-238-00497-4: 69.30 р. – ISBN 5-238-00497-4: 69.30 р. (24 экз.)
8. Ерохина, Л. И. Прогнозирование и планирование в сфере сервиса [Текст]: учебное пособие / Л. И. Ерохина, Е. В. Башмачникова. - М.: Кнорус, 2009. - 216 с. - ISBN 978-5-85971-9 79-2: 80.00 р. (1 экз.)
9. Кузык, Борис Николаевич. Прогнозирование, стратегическое планирование и национальное программирование [Текст] : учебник / Б. Н. Кузык, Ю. В. Яковец, В. И. Кушлин. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Экономика, 2009. - 591 с. - (Высшее образование). - ISBN 978-5-282-028 85-0: 341.00 р. (19 экз.)
10. Полянин, Андрей Витальевич. Прогнозирование перспектив развития региональных социально-экономических систем [Текст] : монография / А. В. Полянин; Орловский государственный аграрный университет. - Орел : Картуш, 2010. - 240 с. - 110.00 р. (1 экз.)
11. Прогнозирование и планирование в условиях рынка [Текст]: учебное пособие / под ред. Т. Г. Морозовой, А. В. Пикулькина. - 2-е изд.,

перераб. и доп. - М. : ЮНИТИ, 2003. - 279 с. - (Профессиональный учебник: Экономика). – ISBN 5-238-00480-X: 52.00 р. (3 экз.)

12. Цыгичко, В. Н. Прогнозирование социально-экономических процессов [Текст] / В. Н. Цыгичко ; предисл. Д. М. Гвишиани. - 3-е изд. - М. : Либроком, 2009. - 238 с. – ISBN 978-5-397-000 21-5: 230.67 р. (1 экз.)

13. Эконометрика [Текст]: учебник / под ред. И. И. Елисеевой. - М.: Проспект, 2010. - 288 с. – ISBN 978-5-392-009 22-0: 292 р. (1 экз.)

Краткий словарь терминов и определений

Авторегрессионный метод прогнозирования - метод прогнозирования стационарных случайных процессов, основанный на анализе и использовании корреляций значений динамического ряда с фиксированными временными интервалами между ними.

Анализ адекватности прогнозной модели - исследование степени соответствия прогнозной модели объекту прогнозирования по достоверности и точности.

Анализ прогнозного горизонта объекта прогнозирования - определение предельных значений периода упреждения прогнозов объекта для заданной достоверности и точности прогнозов.

Анализ прогнозного фона объекта прогнозирования - анализ совокупности внешних объектов и воздействий, влияющих на развитие объекта прогнозирования и условия осуществления прогнозов.

Вариант прогноза (прогнозный вариант) - один из прогнозов, составляющих группу возможных прогнозов объекта прогнозирования.

Верификация прогноза - этап прогнозирования, на котором осуществляется оценка достоверности и точности или проверка обоснованности прогноза.

Глобальный прогноз - прогноз, относящийся к Земле и Человечеству в целом.

Дельфийский метод - метод экспертной оценки, основанный на выявлении согласованной оценки экспертной группы путем независимого анонимного опроса экспертов в несколько туров, предусматривающего сообщение экспертам результатов предыдущего тура.

Дисконтирование информации об объекте прогнозирования - уменьшение информативности ретроспективных значений

переменных объекта прогнозирования по мере удаления моментов их измерения в прошлое.

Достоверность прогноза - оценка вероятности осуществления прогноза для заданного доверительного интервала.

Задание на прогноз - документ, определяющий цели и задачи прогноза и регламентирующий порядок его разработки.

Интервальный прогноз - прогноз, результат которого представлен в виде доверительного интервала характеристики объекта прогнозирования для заданной вероятности осуществления прогноза.

Информационный массив прогнозирования - совокупность данных об объекте прогнозирования, организованных в систему в соответствии с целью и методами прогнозирования.

Источник ошибки прогноза - фактор, обуславливающий появление ошибки прогноза.

Источник фактографической информации - источник информации об объекте прогнозирования, содержащий фактические данные, необходимые для решения задачи прогноза.

Источник экспертной информации - источник информации об объекте прогнозирования, содержащий экспертные оценки.

Компетентность эксперта - способность эксперта создавать на базе профессиональных знаний, интуиции и опыта достоверные оценки относительно объекта прогнозирования (количественная мера компетентности эксперта называется коэффициентом компетентности).

Комплексный прогноз - прогноз, содержащий элементы поискового и нормативного прогнозов (нормативные, поисковые и комплексные прогнозы могут быть по характеру отражаемых свойств или качественными, или количественными прогнозами;

если прогноз использует системное представление объекта прогнозирования, он именуется системным прогнозом).

Корректировка прогноза - этап прогнозирования, на котором осуществляется уточнение прогноза на основании его верификации и (или) дополнительных данных.

Матричный метод прогнозирования - метод прогнозирования, основанный на матричной интерпретации экспертных оценок связей отдельных аспектов.

Метод анализа публикаций - метод прогнозирования, основанный на оценке публикаций об объекте прогнозирования (по принятой системе критериев) и исследовании динамики их опубликования.

Метод гармонических весов - метод прогнозирования, основанный на экстраполяции скользящего тренда, аппроксимируемого отрезками линии с взвешиванием точек этой линии при помощи гармонических весов.

Метод индивидуальной экспертной оценки - метод прогнозирования, основанный на использовании в качестве источника информации оценки одного эксперта.

Метод интервью - метод индивидуальной экспертной оценки, основанный на беседе прогнозиста с экспертом по схеме «вопрос-ответ».

Метод исторической аналогии - метод прогнозирования, основанный на установлении и использовании аналогии объекта прогнозирования с одинаковым по природе объектом, опережающим первый в своем развитии.

Метод коллективной генерации идей (метод «мозговой атаки») - метод экспертной оценки, основанный на стимулировании творческой деятельности экспертов путем совместного обсуждения конкретной проблемы, регламентированного определенными правилами.

Метод коллективной экспертной оценки - метод прогнозирования, основанный на выявлении обобщенной оценки экспертной группы путем обработки индивидуальных независимых оценок, вынесенных экспертами, входящими в группу.

Метод математической аналогии - метод прогнозирования, основанный на установлении аналогии математических описаний процессов развития различных по природе объектов с последующим использованием более изученного математического описания одного из них для разработки прогнозов другого.

Метод построения прогнозного сценария - метод прогнозирования, основанный на установлении последовательностей состояний объекта прогнозирования при различных прогнозах фона.

Метод прогнозирования - способ исследования объекта прогнозирования, направленный на разработку прогноза.

Метод прогнозирования по опережающей информации (метод опережающей информации) - метод прогнозирования, основанный на использовании свойства научно-технической информации опережать реализацию научно-технических достижений в общественной практике.

Метод цепей Маркова - метод прогнозирования, основанный на анализе и использовании вероятностей перехода объекта прогнозирования из одного состояния в другое.

Метод эвристического прогнозирования - метод прогнозирования, основанный на построении и последующем усечении дерева поиска экспертной оценки с использованием эвристических приемов и логического анализа прогнозной модели.

Метод экспертных комиссий - метод экспертной оценки, основанный на объединении в единый документ экспертных оценок прогнозов отдельных аспектов объекта, разработанных соответствующими экспертными группами.

Метод экспоненциального сглаживания - метод прогнозирования, основанный на построении экстраполирующей функции с использованием экспоненциального убывания весов ее коэффициентов.

Методика прогнозирования - совокупность методов и правил разработки прогнозов конкретных объектов.

Многомерный прогноз - прогноз, содержащий несколько качественных или количественных характеристик объекта прогнозирования.

Морфологическая матрица - матричный метод прогнозирования, использующий морфологический метод.

Морфологический метод прогнозирования (морфологический анализ) - метод прогнозирования, основанный на выявлении структуры объекта прогнозирования и оценке возможных значений ее элементов с последующим перебором и оценкой вариантов сочетаний этих значений.

Нормативный прогноз - прогноз, содержанием которого является определение путей и сроков достижений (принимаемых в качестве заданных) объекта прогнозирования в будущем.

Обоснованность прогноза - степень соответствия методов и исходной информации объекту, целям и задачам прогнозирования.

Общегосударственный прогноз - прогноз, относящийся к государству в целом (в зависимости от того, к нескольким ли государствам или к части государства относятся прогнозы, различают: межгосударственные, региональные, межрегиональные, локальные прогнозы; в зависимости от характера структуры народного хозяйства различают также: отраслевые, межотраслевые, территориально-производственные и тому подобные прогнозы).

Объект прогнозирования - процессы, явления и события, на которые направлена познавательная и практическая деятельность субъекта прогнозирования (в зависимости от природы объекта

различают: социальные, научно-технические, экономические, экологические и другие объекты прогнозирования; в зависимости от возможности воздействия на него субъекта прогнозирования – управляемые и неуправляемые объекты).

Одномерный прогноз (сингулярный прогноз) - прогноз, содержащий одну качественную или количественную характеристику объекта прогнозирования.

Опережающая информация - научная и техническая информация, опережающая реализацию новшеств в вещественной практике (в прогнозировании под опережающей информацией понимаются заявки на изобретения и открытия, авторские свидетельства, патенты и т.д.).

Ошибка прогноза - апостериорная величина отклонения прогноза от действительного состояния объекта или путей и сроков его осуществления.

Патентный метод прогнозирования - метод прогнозирования, основанный на оценке (по принятой системе критериев) изобретений и открытий и исследовании их динамики.

Период основания прогноза (время основания, период наблюдения) - промежуток времени, на базе которого строится ретроспекция.

Период упреждения прогноза (время упреждения; время прогнозирования; срок прогнозирования; дальность прогнозирования) - промежуток времени от настоящего в будущее, на который разрабатывается прогноз.

Поисковый прогноз - прогноз, содержанием которого является определение возможных состояний объекта прогнозирования в будущем.

Полнота исходной информации - степень обеспеченности задач прогноза достоверной исходной информацией.

Постпрогнозный анализ объекта прогнозирования - сопоставление прогнозных значений объекта прогнозирования с его фактическим состоянием по истечении периода упреждения.

Потребитель прогноза - организация, предприятие, учреждение или отдельное лицо, использующее результаты прогнозов, а также в ряде случаев формулирующее задание на прогноз.

Предпрогнозная ориентация - совокупность работ, предшествующих разработке задания на прогноз и включающих определение объекта, цели и задач прогнозирования, а также периода основания и периода упреждения прогноза.

Предпрогнозный анализ объекта прогнозирования - анализ объекта прогнозирования, осуществляемый в процессе разработки задания на прогноз.

Прием прогнозирования - одна или несколько математических или логических и других операций, направленных на получение конкретного результата в процессе разработки прогноза (в качестве примера могут выступать: вычисление средневзвешенного значения оценок экспертов, определение компетентности эксперта, сглаживание и выравнивание динамического ряда и т.д.).

Принцип вариантности прогнозирования - принцип прогнозирования, требующий разработки вариантов прогноза исходя из особенностей рабочей гипотезы, постановки цели (в нормативном прогнозировании) и вариантов прогнозного фона.

Принцип верифицируемости прогнозирования - принцип прогнозирования, требующий определения достоверности, точности и обоснованности прогнозов.

Принцип непрерывности прогнозирования - принцип прогнозирования, требующий корректировки прогнозов по мере необходимости при поступлении новых данных об объекте прогнозирования.

Принцип рентабельности прогнозирования - принцип прогнозирования, требующий превышения экономического эффекта от использования прогноза над затратами на его разработку.

Принцип системности прогнозирования - принцип прогнозирования, требующий взаимосвязи и соподчиненности прогнозов объекта прогнозирования и прогнозного фона и их элементов с учетом обратных связей.

Принцип согласованности прогнозирования - принцип прогнозирования, требующий согласования нормативных и поисковых прогнозов различной природы и различного периода упреждения.

Прогноз - научно обоснованное суждение о возможных состояниях объекта в будущем и (или) об альтернативных путях и сроках их достижения.

Прогнозирование - процесс разработки прогнозов (в зависимости от вида прогноза различают нормативное и поисковое прогнозирование, оперативное прогнозирование и т.п.).

Прогнозная интерполяция - метод прогнозирования, основанный на математической интерполяции, при котором выбор интерполирующей функции осуществляется с учетом условий и ограничений развития объекта прогнозирования.

Прогнозная модель - модель объекта прогнозирования, исследование которой позволяет получить информацию о возможных состояниях объекта в будущем и (или) путях и сроках их осуществления.

Прогнозная проспекция - этап прогнозирования, на котором прогноз разрабатывается по результатам прогнозного диагноза.

Прогнозная ретроспекция - этап прогнозирования, на котором исследуется история развития объекта прогнозирования и

прогнозного фона с целью получения их систематизированного описания.

Прогнозная экстраполяция - метод прогнозирования, основанный на математической экстраполяции, при котором выбор аппроксимирующей функции осуществляется с учетом условий и ограничений развития объекта прогнозирования.

Прогнозный горизонт - максимально возможный период упреждения прогноза.

Прогнозный диагноз - этап прогнозирования, на котором исследуется систематизированное описание объекта прогнозирования и прогнозного фона с целью выявления тенденции их развития и выбора (разработки) моделей и методов прогнозирования.

Прогнозный фон - совокупность внешних по отношению к объекту прогнозирования условий (факторов), существенных для решения задачи прогноза.

Прогностика (футурология, прогнозология) - научная дисциплина о закономерностях разработки прогнозов.

Регрессионный метод прогнозирования - метод прогнозирования, основанный на анализе и использовании устойчивых статистических связей между экономическими показателями.

Синтез прогнозов - этап прогнозирования, на котором осуществляется разработка системного прогноза.

Система прогнозирования (прогнозирующая система) - система методов прогнозирования и средств их реализации, функционирующая в соответствии с основными принципами прогнозирования. Средствами реализации являются: экспертная группа, организационные мероприятия, технические средства и т.д. Системы прогнозирования могут быть автоматизированными и

неавтоматизированными и разрабатываться на различных уровнях управления.

Статистические методы прогнозирования - методы прогнозирования, основанные на построении и анализе динамических рядов характеристик объекта прогнозирования и их статистических взаимосвязей.

Структура объекта прогнозирования - способ внутренней организации и связей элементов объекта прогнозирования.

Субъект прогнозирования - организация, предприятие, учреждение или отдельное лицо, осуществляющее разработку прогноза.

Точечный прогноз - прогноз, результат которого представлен в виде единственного значения характеристики объекта прогнозирования без указания доверительного интервала.

Точность прогноза - оценка доверительного интервала прогноза для заданной вероятности его осуществления.

Фактографический метод прогнозирования - метод прогнозирования, базирующийся на фактографической информации.

Цитатно-индексный метод прогнозирования - метод прогнозирования, основанный на оценке (по принятой системе критериев) и анализе динамики цитирования авторов публикаций об объекте прогнозирования.

Экзогенная переменная объекта прогнозирования - значащая переменная объекта прогнозирования, обусловленная влиянием некоторой совокупности внешних переменных.

Эксперт - квалифицированный специалист, привлекаемый для формирования оценок относительно объекта прогнозирования.

Экспертная группа - коллектив экспертов, сформированный по определенным правилам.

Экспертная оценка - суждение эксперта или экспертной группы относительно поставленной задачи прогноза (в первом случае используется термин «индивидуальная экспертная оценка», во втором – «коллективная экспертная оценка»; иногда термин «экспертная оценка» заменяют на термин «прогнозная оценка»).

Экспертный метод прогнозирования - метод прогнозирования, базирующийся на экспертной информации.

Эндогенная переменная объекта прогнозирования - значащая переменная объекта прогнозирования, отражающая его собственные свойства.

Этап прогнозирования - часть процесса разработки прогнозов, характеризующаяся своими задачами, методами и результатами. Деление на этапы связано со спецификой построения систематизированного описания объекта прогнозирования, сбором данных прогнозного фона, с построением поисковой и нормативной моделей, верификацией прогноза. Особое место занимает предпрогнозная ориентация, предшествующая операциям собственно прогнозирования, а также разработка рекомендаций для целеполагания, планирования, программирования, проектирования, то есть для управления на основе данных, полученных в результате прогнозирования.