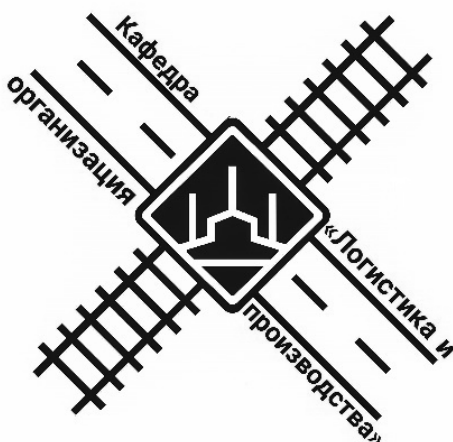


МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Логистика и организация производства»

ТЕХНОЛОГИИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ

*Методические рекомендации к курсовому проектированию
для студентов направления подготовки 27.03.05 «Инноватика»
очной формы обучения*



Могилев 2024

УДК 338
ББК 65
Т38

Рекомендовано к изданию
учебно-методическим отделом
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой «Логистика и организация производства»
«19» апреля 2024 г., протокол № 17

Составитель ст. преподаватель Т. А. Бородич

Рецензент канд. экон. наук, доц. А. В. Александров

В методических рекомендациях представлены материалы к выполнению
курсового проекта для студентов направления подготовки 27.03.05 «Иннова-
тика» очной формы обучения.

Учебное издание

ТЕХНОЛОГИИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ

Ответственный за выпуск

М. Н. Гриневич

Корректор

И. В. Голубцова

Компьютерная верстка

Н. П. Полевничая

Подписано в печать . Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.
Печать трафаретная. Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж 36 экз. Заказ №

Издатель и полиграфическое исполнение:
Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования
«Белорусско-Российский университет».
Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/156 от 07.03.2019.
Пр-т Мира, 43, 212022, г. Могилев.

© Белорусско-Российский
университет, 2024

Содержание

Введение	4
1 Исходные данные и порядок выполнения курсового проекта.....	5
2 Примерная тематика курсовых проектов	7
3 Примерное содержание отдельных курсовых проектов	8
Список литературы	16

Введение

Курсовой проект носит комплексный характер – способствует углублению и закреплению уже полученных теоретических знаний по дисциплине «Технологии интеллектуального анализа данных», а также выработке умения использовать их на практике.

Выполнение курсового проекта по дисциплине «Технологии интеллектуального анализа данных» должно привить студентам навыки по вопросам эконометрического анализа сложных экономических явлений, определения возможных перспектив развития процессов и явлений, а также научить самостоятельно пользоваться нормативами, справочниками, специальной литературой и другими материалами.

В процессе выполнения курсового проекта студент должен провести анализ одной или нескольких моделей динамики показателей соответствующего фрагмента производственно-хозяйственной деятельности предприятия, предложить направления его совершенствования.

Курсовое проектирование по дисциплине «Технологии интеллектуального анализа данных» способствует закреплению теоретических знаний по методам построения математических моделей технико-экономических систем, методам определения их параметров и анализу их функционирования; построению надежного прогноза в результате научно-исследовательских работ и овладению практическими навыками в построении эконометрических моделей при изучении экономических явлений и процессов с использованием компьютерных технологий.

1 Исходные данные и порядок выполнения курсового проекта

Целью курсового проекта является закрепление теоретических знаний, полученных при изучении дисциплины, развитие навыков эконометрическое моделирования в соответствии с выбранной темой на основании отобранных данных.

Задачи проекта:

- изучить материалы по проблеме исследования и раскрыть на их основе основные теоретические подходы по теме;
- рассмотреть общую характеристику работы предприятия по предложенным показателям и направлениям, которые складываются под воздействием объективных и субъективных факторов;
- построить экономико-математическую модель соответствующего фрагмента производственно-хозяйственной деятельности предприятия;
- грамотно и эффективно решить производственно-хозяйственные вопросы с использованием методов моделирования;
- применить методы оптимизации производственно-хозяйственной деятельности предприятия;
- сделать выводы по проведенному исследованию.

Курсовой проект выполняется студентом по индивидуальному заданию в соответствии с выданными преподавателем данными.

Содержание курсового проекта включает три части:

1) первая глава (теоретическая) – обзор по теме курсового проекта, исследование актуальных вопросов в данной области, постановка задачи. Данная глава работы выполняется без привязки к конкретному объекту исследования – выбранному студентом предприятию или организации.

Для написания теоретической части студенты самостоятельно изучают тему исследования, ее актуальность с привязкой к существующей действительности в экономике страны. Теоретическая часть носит общетеоретический и методологический характер. В ней раскрывается суть проблемы, определяется ее место в современной теории и практике, дается критический анализ имеющихся научных подходов. Глава служит исходной теоретической базой для работы в целом. Подразделы теоретической части необходимо завершать небольшим резюме (обобщением того, что в них содержится). Сама глава должна иметь вывод, обобщающий представленный в ней материал, с четким указанием на актуальность темы работы;

2) вторая глава (аналитическая) – должны быть представлены результаты построения и анализа одной или нескольких моделей динамики показателей соответствующего фрагмента производственно-хозяйственной деятельности предприятия. Раскрытие темы курсового проекта зависит от количества факторов, использованных в модели. Минимальное требование к модели состоит в том, что модели должны содержать не менее двух количественных экзоген-

ных переменных. При включении в модели фиктивных (качественных) переменных такое действие должно быть обосновано (графическим анализом исходных рядов показателей или случайных отклонений моделей). Процесс построения различных моделей может представлять собой этапы совершенствования каждой предшествующей зависимости и поиск наиболее адекватной (оптимальной) модели динамики показателей соответствующего фрагмента производственно-хозяйственной деятельности предприятия;

3) третья глава (проектная) – построение прогнозных показателей соответствующего фрагмента производственно-хозяйственной деятельности предприятия. Проектная часть должна содержать предложения по совершенствованию фрагмента производственно-хозяйственной деятельности предприятия с обязательным применением экономико-математических методов и моделей, методов оптимизации.

В заключении излагаются основные итоги, достигнутые при выполнении проекта.

Приступая к выполнению курсового проекта по дисциплине «Технологии интеллектуального анализа данных», студент должен изучить учебную литературу и издания периодической печати (статистические сборники, материалы средств массовой информации), статьи и монографии отечественных и зарубежных авторов по заданной теме.

В процессе выполнения курсового проекта необходимо осуществить расчеты по всем разделам, определить необходимые показатели экономической эффективности фрагмента производственно-хозяйственной деятельности предприятия, представить схемы изучаемых процессов и явлений и в заключении сделать вывод о целесообразности или нецелесообразности предлагаемых направлений совершенствования фрагмента производственно-хозяйственной деятельности предприятия.

Все расчеты и пояснения излагаются в пояснительной записке. В приложении к ней даются необходимые графики, рисунки и диаграммы, промежуточные вычисления.

Курсовой проект должен быть грамотно написан и правильно оформлен в соответствии с требованиями по оформлению курсовых и дипломных работ.

2 Примерная тематика курсовых проектов

- 1 Прогнозирование грузооборота на основе анализа временных рядов на примере
- 2 Прогнозирование расходов предприятия на основе аддитивной модели временных рядов (на примере ...).
- 3 Прогнозирование денежных потоков предприятия на основе аддитивной модели временных рядов (на примере ...).
- 4 Построение многофакторной корреляционно-регрессионной модели оценки финансового состояния предприятия (на примере ...).
- 5 Построение оптимальной структуры бухгалтерского баланса с целью повышения финансовой устойчивости предприятия (на примере ...).
- 6 Построение оптимальной структуры бухгалтерского баланса с целью повышения его ликвидности (на примере ...).
- 7 Прогнозирование покупательского спроса на основе анализа временных рядов (на примере ...).
- 8 Экономико-математические методы планирования трудовых ресурсов предприятия (на примере ...).
- 9 Корреляционно-регрессионный анализ финансового состояния предприятия (на примере ...).
- 10 Применение линейного программирования для максимизации прибыли (на примере ...).
- 11 Анализ динамики оборотных активов в организациях (на примере ...).
- 12 Разработка модели оптимизации на примере задачи планирования производства (на примере ...).
- 13 Разработка оптимальной производственной программы предприятия на основе прогнозирования спроса (на примере ...).
- 14 Построение оптимальной структуры производственной программы с целью максимизации прибыли (на примере ...).
- 15 Анализ динамики объемов производства по видам деятельности (на примере ...).
- 16 Определение оптимальной структуры денежных средства и их эквивалентов (на примере ...).
- 17 Построение оптимального плана обновления основных средств предприятия (на примере ...).
- 18 Экономико-математические методы планирования ресурсных показателей (на примере ...).
- 19 Прогнозирование доходов и расходов предприятия на основе аддитивной модели временных рядов (на примере ...).
- 20 Экономико-математическое моделирование и прогнозирование покупательского спроса в организации (на примере ...).
- 21 Математические методы в теории принятия решений (на примере ...).

3 Примерное содержание отдельных курсовых проектов

3.1 Построение многофакторной корреляционно-регрессионной модели

В реферативной части курсового проекта описываются теоретические аспекты фрагмента производственно-хозяйственной деятельности предприятия, приводится методика корреляционно-регрессионного анализа.

В аналитической части проекта даются краткая характеристика предприятия, анализ фрагмента производственно-хозяйственной деятельности предприятия по следующим этапам.

- 1 Априорное исследование экономической проблемы.
- 2 Формирование перечня факторов и их логический анализ.
- 3 Сбор исходных данных и их первичная обработка.
- 4 Спецификация функции регрессии.
- 5 Оценка функции регрессии.
- 6 Отбор главных факторов.
- 7 Проверка адекватности модели.

1 Априорное исследование экономической проблемы. В соответствии с целью работы на основе знаний макро- и микроэкономики конкретизируются явления, процессы, зависимость между которыми подлежит оценке. На этом этапе исследования должны быть сформулированы экономически осмысленные и приемлемые гипотезы о зависимости экономических явлений.

- 2 Формирование перечня факторов и их логический анализ.
- 3 Сбор исходных данных и их первичная обработка.

Объем выборки зависит от числа факторов, включаемых в модель с учетом свободного члена. Для получения статистически значимой модели требуется на один фактор объем выборки, равный $1 = 5 \dots 8$ наблюдений. В общем случае минимальный объем выборки определяется по формуле

$$n_{\min} = 5 \cdot (m + n), \quad (3.1)$$

где m – число факторов, включаемых в модель;

n – число свободных членов в уравнении.

4 Спецификация функции регрессии. На данном этапе исследования дается конкретная формулировка гипотезы о форме связи (линейная или нелинейная, простая или множественная и т. д.). Для этого используются различные критерии для проверки состоятельности гипотетического вида зависимости. На этом этапе проверяются предпосылки корреляционно-регрессионного анализа.

Для определения параметров регрессии используется метод наименьших квадратов.

Для проверки соответствия исходных данных нормальному закону распределения рассчитываются эксцесс E_k (мера скупенности) и асимметрия A_3 (мера скошенности).

$$\sigma(A) = \sqrt{\frac{\sigma_x \cdot (n-1)}{(n+1) \cdot (n+3)}}; \quad (3.2)$$

$$\sigma(E) = \sqrt{\frac{24 \cdot n \cdot (n-2) \cdot (n-3)}{(n+1)^2 \cdot (n+3) \cdot (n+5)}}, \quad (3.3)$$

где n – объем выборки;

$\sigma(A)$, $\sigma(E)$ – погрешности асимметрии и эксцесса соответственно;

σ_x – среднее квадратическое отклонение.

Если $E_k \leq 1,5\sigma(E)$, $(A_3) \leq 1,5\sigma(A)$, то распределение исследуемого признака не противоречит нормальному закону распределения. Если $E_k \geq 2\sigma(E)$, $(A_3) \geq 2\sigma(A)$, то исследуемый признак не соответствует нормальному закону распределения и проводить корреляционно-регрессионный анализ с использованием этого фактора нельзя (фактор исключается из модели).

Также рассчитываются для каждого фактора дисперсия, среднее квадратическое отклонение, коэффициент вариации, которые позволяют оценить степень отклонения исходных данных каждого признака от его среднего значения, т. к. корреляционно-регрессионный анализ оперирует средними величинами.

Дисперсия

$$\sigma_x^2 = \frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}, \quad (3.4)$$

где n – количество наблюдений;

$\bar{x}$ – среднее значение переменной, $\bar{x} = \sum_{i=1}^n x_i / n$.

Среднее квадратическое отклонение

$$\sigma_x = \sqrt{\sigma_x^2}. \quad (3.5)$$

Коэффициент вариации определяется по формуле

$$\nu_x = \frac{\sigma_x}{\bar{x}} \cdot 100, \quad (3.6)$$

где ν_x – коэффициент вариации;

σ_x – среднее квадратическое отклонение;

$\bar{x}$ – среднее значение переменной.

5 Оценка функции регрессии. Здесь определяются числовые значения параметров регрессии и вычисление ряда показателей, характеризующих точность регрессионного анализа.

Коэффициент парной корреляции

$$r_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^n [(x_{ij} - \bar{x}_j) \cdot (y_i - \bar{y})]}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_{ji} - \bar{x}_j)^2 \cdot \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}}. \quad (3.7)$$

Коэффициент парной корреляции характеризует тесноту или силу связи между переменными y и x_j . Значения, принимаемые r_{xji} , заключены в пределах от -1 до $+1$. При положительном значении r_{xji} имеет место положительная корреляция, т. е. с увеличением (уменьшением) значений одной переменной x_j значение другой y соответственно увеличивается (уменьшается). При отрицательном значении r_{xji} имеет место отрицательная корреляция, т. е. с увеличением (уменьшением) значений x_j значения y соответственно уменьшаются (увеличиваются).

При изучении экономического явления, зависящего от многих факторов, строится множественная регрессионная зависимость. В этом случае для характеристики тесноты связи используется коэффициент множественной корреляции R :

$$R = \sqrt{1 - \frac{\sigma_{ост}^2}{\sigma_{общ}^2}}, \quad (3.8)$$

где $\sigma_{ост}^2$ — остаточная дисперсия зависимой переменной;

$\sigma_{общ}^2$ — общая дисперсия зависимой переменной.

Общая дисперсия определяется по формуле (3.4).

Величина общей дисперсии характеризует разброс наблюдений фактических значений от среднего значения $\bar{y}$.

Остаточная дисперсия определяется по следующей формуле:

$$\sigma_{ост}^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y}_i)^2}{n-1}, \quad (3.9)$$

где $\bar{y}_i$ — теоретические значения переменной y , полученные по уравнению регрессии при подстановке в него наблюдаемых фактических значений x_i .

Остаточная дисперсия характеризует ту часть рассеяния переменной y , которая возникает из-за всякого рода случайностей и влияния неучтенных факторов.

Коэффициент детерминации служит для оценки точности регрессии, т. е. соответствия полученного уравнения регрессии имеющимся эмпирическим данным, и вычисляется по формуле

$$D = 1 - \frac{\sigma_{ост}^2}{\sigma_{общ}^2} = 1 - R^2. \quad (3.10)$$

Изменяется D в пределах от 0 до 1. Модель считается тем точнее, чем ближе D к 1, т. е. чем меньше остаточная дисперсия.

Стандартная ошибка оценки равна $\sqrt{\sigma_{ост}^2}$.

Если $D = 0$, это значит, $\sigma_{ост}^2 = \sigma_{общ}^2$ и, следовательно, $\overline{y_i} = \overline{y}$. В этом случае прямая регрессии будет параллельна оси X , корреляционно-регрессионная связь между X и Y отсутствует. Если $D = 1$, то $\sigma_{ост}^2 = 0$. Отсюда $y_i = \overline{y_i}$, т. е. все наблюдаемые точки лежат на построенной прямой, следовательно, зависимость функциональная.

6 Отбор главных факторов. Выбор факторов – основа для построения многофакторной корреляционно-регрессионной модели.

Процедура отбора главных факторов обязательно включает следующие этапы:

а) анализ факторов на мультиколлинеарность и ее исключение.

Мультиколлинеарность – попарная корреляционная зависимость между факторами. Мультиколлинеарная зависимость присутствует, если коэффициент парной корреляции $r_{ij} = \geq 0,7 \dots 0,8$. Отрицательное воздействие мультиколлинеарности состоит в следующем.

1 Усложняется процедура выбора главных факторов.

2 Искажается смысл коэффициента множественной корреляции (он предполагает независимость факторов).

3 Усложняются вычисления при построении самой модели.

4 Снижается точность оценки параметров регрессии, искажается оценка дисперсии.

Следствием снижения точности является ненадежность коэффициентов регрессии и отчасти неприемлемость их использования для интерпретации как меры воздействия соответствующей объясняющей переменной на зависимую переменную.

Оценки коэффициента становятся очень чувствительными к выборочным наблюдениям. Небольшое увеличение объема выборки может привести к очень сильным сдвигам в значениях оценок. Кроме того, стандартные ошибки оценок входят в формулы критерия значимости, поэтому применение самих критериев становится также ненадежным. Из изложенного видно, что исследователь должен пытаться установить стохастическую мультиколлинеарность и по возможности устранить ее.

Для измерения мультиколлинеарности можно использовать коэффициент множественной детерминации $D = R^2$.

При отсутствии мультиколлинеарности факторов

$$D = \sum_{j=1}^m d_{yj}, \quad (3.11)$$

где d_{yj} – коэффициент парной детерминации.

$$d_{yj} = r_{yj}^2, \quad (3.12)$$

где r_{yj} – коэффициент парной корреляции между j -м фактором и зависимой переменной y .

При наличии мультиколлинеарности соотношение (3.12) не соблюдается. Поэтому в качестве меры мультиколлинеарности используется следующая разность:

$$I = D - \sum_{j=1}^m d_{yj}. \quad (3.13)$$

Чем меньше эта разность, тем меньше мультиколлинеарность. Для устранения мультиколлинеарности используется метод исключения переменных. Этот метод заключается в том, что высоко коррелированные объясняющие переменные (факторы) устраняются из регрессии и она заново оценивается. Отбор переменных, подлежащих исключению, производится с помощью коэффициентов парной корреляции. Опыт показывает, что если $|r_{yj}| \geq 0,7$, то одну из переменных можно исключить, но какую переменную исключить из анализа решают исходя из управляемости факторов на уровне предприятия. Обычно в модели оставляют тот фактор, на который можно разработать мероприятие, обеспечивающее улучшение значения этого фактора в планируемом году? и/или который оказывает наибольшее влияние на результирующий признак;

б) анализ тесноты взаимосвязи факторов x с зависимой переменной y ;

в) анализ коэффициентов β факторов, которые потенциально могут быть исключены;

г) проверка коэффициентов регрессии на статистическую значимость.

Проверка статистической значимости a_k по критерию Стьюдента проводится по следующей формуле:

$$t_k = \frac{a_k}{Sa_k}, \quad (3.14)$$

где Sa_k – стандартное отклонение оценки параметра a_k .

Число степеней свободы статистики t_k равно $f = n - m - 1$, где m – количество факторов, включенных в модель. Значение t_k , вычисляемое по (3.14), сравнивают с критическим значением (табличным) $t_{f\alpha}$ при заданном уровне значимости α и числе степеней свободы f (двухсторонняя критическая область).

Если $t_k \geq t_{f\alpha}$, то a_k существенно больше 0, а фактор x_k оказывает существенное влияние на y . При этом фактор x_k оставляем в модели. Если $t_k < t_{f\alpha}$, то фактор

исключаем из модели;

д) строится новая регрессионная модель без исключенных факторов. Для этой модели определяется коэффициент множественной детерминации R^2 .

7 Проверка адекватности модели. Данный этап анализа включает:

– оценку значимости коэффициента детерминации. Для оценки значимости коэффициента множественной детерминации используется следующая статистика:

$$F = \frac{D \cdot (n - m - 1)}{m \cdot (1 - D)}, \quad (3.15)$$

которая имеет F -распределение с $f_1 = m$ и $f_2 = n - m - 1$ степенями свободы. Здесь $D = R^2$, а m – количество учитываемых объясняющих переменных (факторов).

Значение статистики F , вычисленное по эмпирическим данным, сравнивается с табличным значением $F_{f_1 f_2 \alpha}$. Критическое значение определяется по таблице процентных точек распределения Фишера по заданному α и степеням свободы f_1, f_2 . Если $F > F_{f_1 f_2 \alpha}$, то вычисленный коэффициент детерминации значимо отличается от 0 и, следовательно, включенные в регрессию переменные достаточно объясняют зависимую переменную, что позволяет говорить о значимости самой регрессии (модели);

– проверку качества подбора теоретического уравнения. Она проводится с использованием средней относительной ошибки аппроксимации. Средняя относительная ошибка аппроксимации регрессии определяется по формуле

$$\overline{E_{\text{оми}}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{|e_i|}{y_i} \cdot 100 \% = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{y_i - \overline{y_i}}{y_i} \right| \cdot 100 \% ; \quad (3.16)$$

– вычисление специальных показателей, которые применяются для характеристики воздействия отдельных факторов на результирующий показатель. Это коэффициент эластичности $\mathcal{E}_k$, который показывает, на сколько процентов в среднем изменяется функция с изменением аргумента на 1 % при фиксированных значениях других аргументов:

$$\mathcal{E}_k = a_k \cdot \frac{\overline{x_k}}{\overline{y}}, \quad (3.17)$$

где a_k – коэффициент регрессии при k -м факторе;

$\overline{x_k}$ – среднее значение k -го фактора;

$\overline{y}$ – среднее значение результирующего показателя.

В проектной части курсового проекта проводится экономическая интерпретация построенной модели и рассчитанных статистических характеристик, прогнозирование неизвестных значений зависимой переменной, разрабатываются мероприятия по достижению прогнозных значений.

3.2 Прогнозирование временных рядов

В реферативной части курсового проекта описываются теоретические аспекты фрагмента производственно-хозяйственной деятельности предприятия, приводится методика исследования динамических рядов.

В аналитической части проекта дается краткая характеристика предприятия, проводится исследование динамических рядов по следующим этапам.

1 Графический и аналитический анализ динамики.

2 Построение автокорреляционной функции и кореллограммы для выявления структуры ряда.

3 Выявление наличия тенденций в развитии исследуемого показателя.

4 Оценка сезонности, построение сезонной волны.

5 Оценка качества построенных моделей.

6 Оценка точности моделей.

Ряды динамики – статистические данные, отображающие развитие во времени изучаемого явления. Их также называют динамическими рядами, временными рядами.

В каждом ряду динамики имеется два основных элемента:

1) показатель времени t ;

2) соответствующие им уровни развития изучаемого явления y .

Все методы прогнозирования используют аппарат математической статистики, который требует от исходных данных, чтобы они были *сопоставимы*, достаточно *представительны* для проявления закономерности, *однородны* и *устойчивы*. Невыполнение одного из этих требований делает бессмысленным применение математического аппарата.

Сопоставимость достигается в результате одинакового подхода к наблюдениям на разных этапах формирования временного ряда. Уровни во временных рядах должны выражаться в одних и тех же единицах измерения, иметь одинаковый шаг наблюдений, рассчитываться для одного и того же интервала времени, по одной и той же методике, охватывать одни и те же элементы, принадлежащие одной территории, относящейся к неизменной совокупности.

Представительность данных характеризуется прежде всего их полнотой. Достаточное число наблюдений определяется в зависимости от цели проводимого исследования.

Однородность, т. е. отсутствие нетипичных, аномальных наблюдений, а также изломов тенденций, – третье требование к исходному временному ряду.

Для диагностики аномальных наблюдений разработаны различные критерии. Например, для всех или только подозреваемых в аномальности наблюдений вычисляем среднее значение и среднеквадратическое отклонение двух (или четырех) соседних с ними значений:

$$Y_{cp(t)} = (Y_{(t-1)} + Y_{(t+1)}) / 2, t = 2, 3 \dots N - 1; \quad (3.18)$$

$$Sy_{(t)} = \sqrt{(Y_{(t-1)} - Y_{cp})^2 + (Y_{(t+1)} - Y_{cp})^2} / 2. \quad (3.19)$$

Вычисляем величину $h(t)$:

$$h(t) = (Y_{(t)} - Y_{(t-1)}) / Sy_{(t)}. \quad (3.20)$$

Если рассчитанная величина превышает табличный уровень (для трех наблюдений он равен 2,1), уровень $Y_{(t)}$ считается аномальным. Аномальные наблюдения необходимо исключить из временного ряда и заменить их расчетными значениями (самый простой способ замены – в качестве нового значения принять среднее из двух соседних значений).

Устойчивость – четвертое требование, предъявляемое к исходному временному ряду. Свойство устойчивости временного ряда отражает преобладание закономерности над случайностью в изменении уровней ряда.

Для характеристики динамики изменения уровней временного ряда используются следующие показатели, формулы расчета которых приведены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Показатели динамики уровней ряда

Показатель	Формула
Абсолютный прирост базисный	$АПБ_{(t)} = Y_{(t)} - Y_{(1)}$
Абсолютный прирост цепной	$АПЦ_{(t)} = Y_{(t)} - Y_{(t-1)}$
Базисный темп роста	$ТРб_{(t)} = Y_{(t)} / Y_{(1)} \cdot 100$
Цепной коэффициент роста	$ТРц_{(t)} = Y_{(t)} / Y_{(t-1)} \cdot 100$
Базисный коэффициент прироста	$БКП_{(t)} = (Y_{(t)} - Y_{(1)}) / Y_{(1)}$
Темп прироста	$ТП_{(t)} = ТР_{(t)} - 100 \%$

Далее проводится проверка гипотезы о наличии тренда следующими методами:

- метод проверки разностей средних уровней;
- метод Фостера – Стюарта;
- критерий серий, основанный на медиане выборки.

Для измерения сезонных колебаний статистикой предложены различные методы. Наиболее простые и часто употребляемые из них:

- метод абсолютных разностей;
- метод относительных разностей;
- построение индексов сезонности с помощью ряда Фурье.

Проверка адекватности модели реальному явлению является важным этапом прогнозирования социально-экономических процессов. Для этого исследуют ряд остатков ε , т. е. отклонения расчетных значений от фактических данных. Для оценки адекватности построенных моделей исследуются свойства остаточной компоненты, т. е. расхождения уровней, рассчитанных по модели, и фактических наблюдений. Наиболее важными свойствами остаточной компоненты являются независимость уровней ряда остатков, их случайность и соответствие нормальному закону распределения.

В статистическом анализе известно большое число характеристик точности.

Наиболее часто в практической работе, кроме среднеквадратического отклонения, используется средняя относительная по модулю ошибка (формула (3.16)).

В проектной части курсового проекта проводится экономическая интерпретация построенной модели и рассчитанных статистических характеристик, прогнозирование по выбранной модели, строится доверительный интервал прогноза, разрабатываются мероприятия по достижению прогнозных значений.

На основе построенной модели рассчитываются точечные и интервальные прогнозы. Точечный прогноз на основе временных моделей получается подстановкой в модель (уравнение тренда) соответствующего значения фактора времени, т. е. $t = n + 1, n + 2, \dots, n + k$.

Интервальные прогнозы строятся на основе точечных прогнозов. Доверительным интервалом называется такой интервал, относительно которого можно с заранее выбранной вероятностью утверждать, что он содержит значение прогнозируемого показателя. Ширина интервала зависит от качества модели, т. е. степени ее близости к фактическим данным, числа наблюдений, горизонта прогнозирования и выбранного пользователем уровня вероятности.

Список литературы

- 1 **Абдрахманов, В. Г.** Элементы вариационного исчисления и оптимального управления. Теория, задачи, индивидуальные задания: учебное пособие / В. Г. Абдрахманов, А. В. Рабчук. – 2-е изд., испр. – Санкт-Петербург; Москва; Краснодар: Лань, 2021. – 112 с.
- 2 **Бродецкий, Г. Л.** Экономико-математические методы и модели в логистике: процедуры оптимизации: учебник / Г. Л. Бродецкий, Д. А. Гусев. – 2-е изд., стер. – Москва : Академия, 2014. – 288 с.
- 3 **Горелов, Н. А.** Методология научных исследований : учебник и практикум для бакалавриата и магистратуры / Н. А. Горелов, Д. В. Круглов, О. Н. Кораблева. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: Юрайт, 2017. – 365 с.
- 4 **Емельянов, Г. В.** Задачник по теории вероятностей и математической статистике: учебное пособие / Г. В. Емельянов, В. П. Скитович. – 4-е изд., стер. – Санкт-Петербург ; Москва ; Краснодар : Лань, 2021. – 332 с.
- 5 **Ефимова, М. Р.** Общая теория статистики : учебник / М. Р. Ефимова, Е. В. Петрова, В. Н. Румянцев. – Москва : ИНФРА-М, 2013. – 416 с.
- 6 **Иода, Е. В.** Статистика: учебное пособие / Е. В. Иода. – Москва: Вузовский учебник; ИНФРА-М, 2012. – 303 с.
- 7 **Катаргин, Н. В.** Экономико-математическое моделирование: учебное пособие / Н. В. Катаргин. – Санкт-Петербург; Москва; Краснодар: Лань, 2018. – 256 с.
- 8 **Колесникова, И. В.** Статистика. Практикум: учебное пособие для вузов / И. В. Колесникова, Г. В. Круглякова. – Минск: Вышэйшая школа, 2011. – 285 с.
- 9 **Мхитарян, В. С.** Анализ данных в MS Excel: учебное пособие / В. С. Мхитарян, В. Ф. Шишов, А. Ю. Козлов. – Москва : КУРС, 2019. – 368 с.