

(ОЗНАКОМИТЕЛЬНЫЙ ФРАГМЕНТ)

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УДК 519.25

ВАСИЛЕНКО ЖАННА ВИТАЛЬЕВНА

**ПОСТРОЕНИЕ И СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ
ОЦЕНОК СПЕКТРАЛЬНЫХ ПЛОТНОСТЕЙ
ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ**

05.13.17 – *теоретические основы информатики*

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации
на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Минск, 2006

(ОЗНАКОМИТЕЛЬНЫЙ ФРАГМЕНТ)

Работа выполнена в Белорусском государственном университете

Научный руководитель: доктор физико-математических наук,
профессор
Труш Николай Николаевич
(Белорусский государственный университет,
факультет прикладной математики и информатики,
кафедра теории вероятностей и математической
статистики)

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор
Тихоненко Олег Михайлович
(Белорусский государственный университет,
факультет радиофизики и электроники, кафедра
интеллектуальных систем)

кандидат физико-математических наук, доцент
Марковская Наталья Вацлавовна
(УО «Гродненский государственный университет
им. Я.Купалы», факультет математики и
информатики, кафедра теории функций,
функционального анализа, теории вероятностей и
прикладной математики)

Оппонирующая организация: Институт математики НАН Беларуси

Защита состоится 10 февраля 2006 г. в 14⁰⁰ на заседании совета по защите диссертаций Д 02.01.02 при Белорусском государственном университете (220050, г. Минск, ул. Ленинградская, 8, ауд. 407, телефон ученого секретаря 209 55 58).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Белорусского государственного университета.

Автореферат разослан «9» января 2006 г.

Ученый секретарь
совета по защите диссертаций,
доктор физико-математических наук

1


В.И. Клименок

(ОЗНАКОМИТЕЛЬНЫЙ ФРАГМЕНТ)

1

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы диссертации. При статистической обработке данных, полученных в результате наблюдений за явлениями, событиями в различных областях человеческой деятельности, приходится иметь дело с анализом временных рядов. Часто при этом используют спектральные методы обработки информации. Основанием для этого служат фундаментальные свойства инвариантности, заключающиеся в предположении стационарности. Эта инвариантность оказывается в некоторых случаях единственной основой для априорных суждений и находит свое проявление в физических понятиях частоты, фазы и амплитуды.

В настоящее время методы статистического спектрального анализа временных рядов широко применяются в различных областях науки и практики, таких как радиоэлектроника, электротехника, экономика, финансы, медицина, биология, геофизика и многих других. Актуальность применения этих методов связана с все возрастающими возможностями вычислительной техники, реализации их в виде алгоритмов и программ, а также эффективностью самих применений. В связи с этим создание программного продукта для обработки реальных данных, основанного на результатах теоретического исследования, является актуальной задачей.

Наиболее разработанными к настоящему времени являются методы, касающиеся исследования оценок характеристик первого и второго порядков временных рядов. Но, в то же время, в этой области есть ряд нерешенных и малоисследованных задач. В частности, это касается построения и исследования оценок спектральных плотностей с использованием окон просмотра данных и спектральных окон, осреднения периодограммных статистик по непересекающимся и пересекающимся интервалам наблюдений временного ряда, а также применения этих оценок к реальным данным в различных областях человеческой деятельности.

Построение оценок спектральных плотностей стационарных случайных процессов является важной задачей в спектральном анализе временных рядов, так как они дают важную информацию о структуре процесса, используя которую можно предложить различные методы исследования, сделать прогноз и, следовательно, принять оптимальные решения.

Впервые оценки типа осредненных периодограмм, построенные по непересекающимся отрезкам временного ряда без использования окон просмотра данных, были предложены М. Бартлеттом. П. Уэлч модифицировал метод Бартлетта за счет применения окон просмотра данных и использования перекрывающихся интервалов для гауссовских процессов. Цель перекрытия

(ОЗНАКОМИТЕЛЬНЫЙ ФРАГМЕНТ)

2

– увеличить число осредняемых отрезков при заданной длине временного ряда и тем самым уменьшить дисперсию итоговой оценки.

Однако эти исследования остались незавершенными: не были достаточно полно исследованы статистические свойства оценок спектральной плотности, полученных путем осреднения расширенных периодограмм по непересекающимся и пересекающимся интервалам наблюдений с использованием полиномиальных окон просмотра данных; не исследована скорость сходимости их моментов и предельное распределение построенных оценок; не проведен их сравнительный анализ, а также отсутствует программное обеспечение для обработки информации с помощью указанных подходов.

В настоящее время компьютерные системы для анализа данных – статистические пакеты, – являются, по сравнению с другими наукоемкими программами, наиболее широко применяемыми в практической и исследовательской работе в разнообразных областях человеческой деятельности. В связи с актуальностью их использования теоретические результаты, полученные в диссертационной работе, были положены в основу разработанного комплекса программ для обработки реальных данных в таких областях человеческой деятельности, как экономика, финансы, медицина, геология, экология и многих других с целью прогнозирования и принятия решений.

В последнее время значительно расширился круг задач, для решения которых необходимы сведения о существующей солнечной радиации. Исследования в этой области требуются для построения теории климата и общей циркуляции атмосферы, оценки колебаний климата, разработки методов прогноза погоды с учетом трансформации воздушных масс.

Разработанный программный комплекс был использован для проведения статистического спектрального анализа временных рядов, построенных по наблюдениям за солнечной радиацией на территории Республики Беларусь.

Актуальность вышеуказанной проблемы, а также насущная потребность ее разработки и предопределили выбор темы диссертационного исследования.

Связь работы с крупными научными программами, темами. Работа над настоящей диссертацией проводилась на кафедре технологии программирования и кафедре теории вероятностей и математической статистики Белорусского государственного университета в рамках научно-исследовательских тем "Построение и анализ вероятностно-статистических моделей, описывающих процессы функционирования технических и финансовых систем, статистический анализ временных рядов" (2001-2005 гг.) № госрегистрации 2002166, «Спектральный анализ временных рядов» (2001-2005 гг.) № госрегистрации 200211, № 748/38.

(ОЗНАКОМИТЕЛЬНЫЙ ФРАГМЕНТ)

3

Цель и задачи исследования. Целью работы является построение статистических оценок спектральных плотностей временных рядов путем осреднения расширенных периодограмм по пересекающимся и непересекающимся интервалам наблюдений с использованием полиномиальных окон просмотра данных, разработка и реализация программного комплекса, созданного на основе предложенных подходов и алгоритмов, для обработки данных, применение построенных оценок к реальным временным рядам. Для достижения поставленной цели в диссертационной работе решаются следующие задачи:

- исследование свойств полиномиальных окон просмотра данных;
- вычисление первых двух моментов расширенной периодограммы, построенных с использованием полиномиальных окон просмотра данных, исследование асимптотических свойств этих моментов;
- нахождение скорости сходимости математического ожидания расширенной периодограммы к спектральной плотности стационарного случайного процесса при условии, что спектральная плотность удовлетворяет условию Гельдера с показателем γ , $0 < \gamma \leq 1$;
- вычисление первых двух моментов оценок спектральной плотности по непересекающимся и пересекающимся интервалам наблюдений с использованием полиномиальных окон просмотра данных, исследование асимптотического поведения этих моментов;
- разработка и создание программного комплекса для обработки реальных данных с целью прогнозирования и принятия решений;
- применение построенных оценок к реальным данным, связанным с анализом солнечной радиации на территории Республики Беларусь.

Объект и предмет исследования. Объектом исследования являются действительные стационарные случайные процессы. Предметом исследования являются статистические методы обработки наблюдений за рассматриваемыми процессами.

Методология и методы проведенных исследований. Для построения оценок спектральных плотностей и исследования их моментов использовалась методика, основанная на применении периодограммных статистик.

Разработаны методы построения и статистического анализа оценок спектральной плотности по непересекающимся и пересекающимся интервалам наблюдений с использованием полиномиальных окон просмотра данных.

При решении поставленных задач в диссертационной работе применяются современные методы теории вероятностей и математической статистики, теории случайных процессов, теории функций, комбинаторики, алгебры, математического анализа.

Проведен сравнительный анализ существующих статистических пакетов, предложена методология разработки программ, на основе которой был

(ОЗНАКОМИТЕЛЬНЫЙ ФРАГМЕНТ)

разработан программный комплекс для обработки статистической информации.

Научная новизна и значимость полученных результатов. Основные результаты диссертационной работы являются новыми и впервые были получены и опубликованы в работах диссертанта, а также в совместных работах с научным руководителем.

Дано дальнейшее развитие результатов Д. Бриллинджера, А.Г. Журбенко, М. Бартлетта, А.Н. Колмогорова, П. Уэлча и Н.Н. Труша, касающихся построения и исследования периодограммных оценок спектральных плотностей стационарных случайных процессов.

Впервые применен метод осреднения периодограмм по непересекающимся и пересекающимся интервалам наблюдений с использованием полиномиальных окон просмотра данных к построению оценок спектральных плотностей стационарных случайных процессов.

Получены оценки скорости сходимости математического ожидания расширенной периодограммы к спектральной плотности при ограничениях на гладкость спектральных плотностей.

Разработан и реализован комплекс программ для обработки данных, с помощью которого проведен анализ солнечной радиации на территории Республики Беларусь.

Практическая (экономическая, социальная) значимость полученных результатов. Результаты, полученные в диссертационной работе, могут быть использованы для обработки реальных данных в таких областях человеческой деятельности, как экономика, финансы, медицина, геология, экология и многих других, при прогнозировании и принятии решений.

Полученные теоретические и практические результаты могут быть использованы при разработке модулей пакетов прикладных программ по анализу временных рядов, а также в учебном процессе при чтении общих и специальных курсов, проведении семинарских и лабораторных занятий по статистическому анализу временных рядов, цифровой обработке сигналов, в частности на факультете прикладной математики и информатики Белорусского государственного университета и математического факультета Брестского государственного университета им. А.С.Пушкина, что подтверждено актами внедрения результатов диссертационной работы в учебный процесс указанных факультетов.

Основные положения диссертации, выносимые на защиту.

1. Теоремы о первых двух моментах расширенной периодограммы, построенной с использованием полиномиальных окон просмотра данных и асимптотическом поведении этих моментов.

(ОЗНАКОМИТЕЛЬНЫЙ ФРАГМЕНТ)

5

2. Оценки скорости сходимости математического ожидания расширенной периодограммы с полиномиальными окнами просмотра данных к спектральной плотности стационарного случайного процесса при условии, что спектральная плотность удовлетворяет условию Гельдера с показателем γ , $0 < \gamma \leq 1$.
3. Оценки спектральных плотностей, а также асимптотическое поведение вторых моментов рассматриваемых оценок, построенных путем осреднения расширенных периодограмм по непересекающимся и пересекающимся интервалам наблюдений временного ряда с использованием полиномиальных окон просмотра данных, результатом применения которых является уменьшение асимптотической дисперсии оценок.
4. Программный комплекс для обработки реальных данных в таких областях деятельности человека, как экономика, финансы, медицина, геология, экология и многих других с целью прогнозирования и принятия решений.
5. Статистический спектральный анализ временных рядов, поостроенных по наблюдениям за солнечной радиацией на территории Республики Беларусь.

Личный вклад соискателя. Диссертационная работа подготовлена самостоятельно автором и содержит его личный вклад в проведенных исследованиях.

Апробация результатов диссертации. Основные результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на научных семинарах кафедры технологии программирования, научном семинаре «Статистический анализ временных рядов» (г. Минск, 2002-2005 гг.) кафедры теории вероятностей и математической статистики Белорусского государственного университета, межгосударственной научной конференции "Актуальные проблемы информатики: математическое, программное и информационное обеспечение" (г. Минск, 1994 г.), III республиканской научной конференции молодых ученых и студентов "Современные проблемы математики и вычислительной техники" (СДАМ) (г. Брест, 2003 г.), VII международной конференции "Компьютерный анализ данных и моделирование" (г. Минск, 2004 г.), международной конференции по моделированию "Приложения и системы. Интеллектуальные технологии" (AMSE) (г. Минск, 2004 г.), международной конференции "Теория вероятностей, математическая статистика и их приложения" (г. Минск, 2004 г.), региональной научно-практической конференции "Информационные технологии и математическое моделирование 2004" (г. Брест, 2004 г.), международной конференции "Современные прикладные задачи и технологии обучения в математике и информатике" (MoAPMI-2004) (г. Брест, 2004 г.), IX Белорусской математической конференции (г. Гродно, 2004 г.), 61 научной конференции студентов и аспирантов (г. Минск, 2004 г.),

(ОЗНАКОМИТЕЛЬНЫЙ ФРАГМЕНТ)

6

Международной математической конференции «Дифференциальные уравнения и системы компьютерной алгебры» (DE&CAS'2005) (г. Брест, 2005), республиканской научно-практической конференции "Информационные технологии управления в экономике' 2005" (г. Брест, 2005 г.).

Опубликованность результатов. Основные результаты диссертации опубликованы в 20 работах, из них: 5 статей в научных журналах, 2 статьи в сборниках научных статей, 7 статей в сборниках материалов конференций, 6 тезисов докладов на международных конференциях. 9 работ опубликовано без соавторов.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, общей характеристики работы, пяти глав, заключения, списка использованных источников, включающего 90 наименований и приложения. Полный объем диссертационной работы составляет 124 страницы, в том числе 12 рисунков на 4 страницах, список использованных источников на 7 страницах, приложение на 19 страницах.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ

В **первой главе** диссертационной работы определяется и обосновывается выбранное направление исследований, дается анализ современного состояния проблемы, приводится обзор литературы по рассматриваемой тематике.

Во **второй главе** излагаются общая концепция и основные методы исследования. Приводятся необходимые определения и утверждения из теории функций, математического анализа, алгебры, теории вероятностей, математической статистики.

Рассмотрим действительный стационарный случайный процесс $X(t)$, $t \in Z$, с математическим ожиданием $m = MX(t) = 0$, $t \in Z$, ковариационной функцией $R(\tau) = MX(t + \tau)X(t)$, $\tau \in Z$, и неизвестной спектральной плотностью

$$f(\lambda) = \frac{1}{2\pi} \sum_{\tau=-\infty}^{+\infty} R(\tau) e^{-i\lambda\tau},$$

$\lambda \in \Pi = [-\pi, \pi]$.

Пусть $X(0), X(1), \dots, X(T-1)$ – T последовательных, полученных через равные промежутки времени наблюдений за процессом $X(t)$, $t \in Z$. Требуется построить «хорошую» в статистическом смысле оценку спектральной плотности $f(\lambda)$, $\lambda \in \Pi$. Для этого используют вспомогательные статистики. Первая – конечное преобразование Фурье определяется соотношением

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

Статьи в научных журналах

1. Василенко Ж.В., Труш Н.Н. Исследование скорости сходимости первого момента оценки спектральной плотности с полиномиальным окном данных. // Информатизация образования. – 2003. – № 4. – С. 88-91.
2. Василенко Ж.В., Труш Н.Н. Некоторые свойства полиномиальных оценок спектральной плотности // Вестник БГУ. Сер.1: Физ. Мат. Мех. – 2004. – № 3. – С. 108-110.
3. Василенко Ж.В. Программное обеспечение по статистическому анализу данных. Методология сравнительного анализа // Информатизация образования. 2004. – № 3. – С. 60-64.
4. Василенко Ж. В., Труш Н. Н. Оценивание спектральных плотностей по пересекающимся интервалам наблюдений // Вестні НАН Беларусі. Сер. фіз.-мат. навук. 2004. – № 4. – С. 51–54.
5. Василенко Ж.В. Асимптотические свойства оценки спектральной плотности, построенной по непересекающимся интервалам наблюдений // Вестник БГУ. Сер.1: Физ. Мат. Мех. – 2005. – № 2. – С. 62-65.

Статьи в сборниках научных статей

6. Василенко Ж.В. Статистические свойства оценок спектральных плотностей по пересекающимся интервалам наблюдений // «Современные прикладные задачи и технологии обучения в математике и информатике (МоАРМІ-2004)»: Сборник научных статей международной научной конференции, Брест, 20-23 сентября 2004 года. – Брест, 2004. – С. 52-58.
7. Мирская Е.И., Василенко Ж.В. Исследование первых двух моментов сглаженной оценки спектральной плотности // Современные прикладные задачи и технологии обучения в математике и информатике (МоАРМІ-2004): Сборник научных статей международной научной конференции, Брест, 20-23 сентября 2004. – Брест, 2004. – С. 170-173.

Статьи в сборниках материалов конференций

8. Василенко Ж.В. Исследование скорости сходимости первого момента оценки спектральной плотности // Современные проблемы математики и вычислительной техники: Материалы III республиканской научной конференции молодых ученых и студентов, Брест, 26-28 ноября 2003 г. – Брест: УО "БГТУ". – 2003. – С. 146-148.
9. Василенко Ж.В. Построение оценок спектральных плотностей по непересекающимся интервалам наблюдений // Теория вероятностей, матема-

- тическая статистика и их приложения: Материалы научной конференции, Минск, 22 апреля 2004 г. – Минск: БГУ, 2004. – С. 11-16.
10. Trough N.N., Vasilenko J.V. Statistical properties of estimates of mutual spectral densities with polynomial window of data viewing // MS'2004 International Conference on Modeling and Simulation (AMSE): Proceedings of International Conference, Minsk, April 27-29, 2004. – P. 262-265.
 11. Василенко Ж.В. Оценивание спектральной плотности по перекрывающимся интервалам наблюдений // Информационные технологии и математическое моделирование 2004: Материалы региональной научно-практической конференции, 18 – 19 мая 2004 года / Брестский государственный университет им. А.С. Пушкина. – Брест, 2004. – С. 36.
 12. Мирская Е.И., Василенко Ж.В. О предельном распределении сглаженной оценки спектральной плотности // Информационные технологии и математическое моделирование 2004: Материалы региональной научно-практической конференции, 18 – 19 мая 2004 года / Брестский государственный университет им. А.С. Пушкина. – Брест: Изд-во УО "БрГУ им. А.С. Пушкина". – 2004. – С. 45.
 13. Vasilenko J.V., Trough N.N. Asymptotic properties of the modified periodogram's moments with polynomial window of data viewing // Seventh International Conference Computer data analysis and modeling (CDAM): Proceedings of the Seventh International Conference Computer data analysis and modeling, Minsk, September 6-10, 2004. – Volume 1. – P. 243-246.
 14. Василенко Ж.В. Применение методов спектрального анализа для анализа солнечной радиации // Международная математическая конференция «Дифференциальные уравнения и системы компьютерной алгебры» (DE&CAS'2005). / Брестский государственный университет им. А.С. Пушкина, Брест, 5-8 октября, 2005. – Брест, 2005. – С. 23-27.

Тезисы докладов на конференциях

15. Мирская Е.И., Василенко Ж.В. Статистические свойства осредненной оценки спектральной плотности // Актуальные проблемы информатики: математическое, программное и информационное обеспечение. Тез. докл. конф. – Минск, 1994. – С. 167-168.
16. Василенко Ж.В. Построение оценки спектральной плотности по пересекающимся интервалам наблюдений // Современные прикладные задачи и технологии обучения в математике и информатике (MoAPMI-2004): Материалы международной конференции, Брест, 20-23 сентября 2004 года. – Брест, 2004. – С. 15.
17. Мирская Е.И., Василенко Ж.В. Исследование моментов сглаженной оценки спектральной плотности // Современные прикладные задачи и технологии обучения в математике и информатике (MoAPMI-2004): Ма-

(ОЗНАКОМИТЕЛЬНЫЙ ФРАГМЕНТ)

19

- териалы международной конференции, Брест, 20-23 сентября 2004. – Брест, 2004. – С. 56.
18. Василенко Ж.В. Оценки спектральных плотностей с использованием полиномиальных окон просмотра данных // IX Белорусская математическая конференция. Тезисы докладов международной конференции. 3-6 ноября 2004 года. / ГрГУ им.Я.Купалы. Гродно. Республика Беларусь. В 3-х частях. – Часть 2. – Гродно, 2004. – С. 100-101.
 19. Мирская Е.И., Василенко Ж.В. Исследование оценки спектральной плотности по пересекающимся интервалам наблюдений // IX Белорусская математическая конференция. Тезисы докладов международной конференции. 3-6 ноября 2004 года. / ГрГУ им.Я.Купалы. Гродно. Республика Беларусь. В 3-х частях. – Часть 2. – Гродно, 2004. – С. 122-123.
 20. Василенко Ж.В. О скорости сходимости первого момента некоторой оценки спектральной плотности // Информационные технологии управления в экономике' 2005: Материалы республиканской научно-практической конференции, 22-24 мая 2005 года / Брестский государственный университет им. А.С. Пушкина. – Брест: Изд-во УО "БрГУ им. А.С. Пушкина". – 2005. – С. 66.



РЕЗЮМЕ

Василенко Жанна Витальевна

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ОЦЕНОК СПЕКТРАЛЬНЫХ ПЛОТНОСТЕЙ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ

Ключевые слова: временной ряд, стационарный случайный процесс, спектральная плотность, оценка, конечное преобразование Фурье, периодограмма.

Объектом исследования являются действительные стационарные случайные процессы. Предметом исследования являются статистические методы обработки наблюдений за рассматриваемым процессом.

Целью работы является построение состоятельных оценок спектральных плотностей второго порядка временных рядов.

В диссертационной работе впервые разработаны и исследованы периодограммные методы построения и анализа статистических оценок спектральных плотностей второго порядка путем осреднения расширенных периодограмм по пересекающимся и непересекающимся интервалам наблюдений с использованием полиномиального окна просмотра данных, имеющие существенное значение при решении практических задач.

Построена расширенная периодограмма с использованием полиномиальных окон просмотра данных, вычислены ее первые два момента и исследовано их асимптотическое поведение. Доказано, что рассматриваемая статистика является асимптотически несмещенной оценкой спектральной плотности, но не является состоятельной оценкой.

Получены оценки скорости сходимости математического ожидания построенной статистики к спектральной плотности при условии, что спектральная плотность удовлетворяет условию Гельдера с показателем γ , $0 < \gamma \leq 1$.

Построены оценки спектральных плотностей путем осреднения расширенных периодограмм по непересекающимся и пересекающимся интервалам наблюдений временного ряда, вычислены математическое ожидание, ковариация и дисперсия рассматриваемых оценок и исследовано их асимптотическое поведение. Доказано, что рассматриваемые статистики являются асимптотически несмещенными оценками спектральной плотности, дисперсия оценки в асимптотике уменьшается в число раз, равное числу интервалов разбиения наблюдений по сравнению с предельным значением дисперсии расширенной периодограммы.

Полученные оценки применены к реальным данным, связанным с анализом солнечной радиации на территории Республики Беларусь. Приведен сравнительный анализ оценок спектральной плотности. Даны рекомендации по эффективному использованию этих оценок в зависимости от вида разбиения исходных данных (непересекающиеся, пересекающиеся интервалы разбиения), количества интервалов разбиения.

Таким образом, в диссертационной работе содержатся новые научно обоснованные результаты в области статистического спектрального анализа временных рядов.

SUMMARY

Janna V. Vasilenko

THE COMPARATIVE ANALYSIS OF ESTIMATIONS OF SPECTRAL DENSITY OF TIME SERIES

Key words: time series, stationary stochastic process, spectral density, estimate, the finite Fourier transform periodogram.

The object of the research is to study real stationary random processes. The subject of the research is to develop statistical methods of processing the considered process observations.

The purpose of the work is to construct consistent estimates of spectral densities of the second order of the time series.

In dissertation the periodogram methods of construction and the analysis of statistical estimates of spectral densities of the second order are constructed and studied using the method of averaging the modified periodograms over the overlapping and non overlapping intervals of the observations with the use of polynomial windows of viewing the data, being of great importance when solving practical problems.

The modified periodogram with the use of polynomial windows of viewing the data is constructed, its first two moments are calculated, and their asymptotic behaviour is investigated. The considered statistics is proved to be asymptotically not displaced estimate of the spectral density, but is not a consistent estimate.

The estimates of the rate of convergence of the mean of the constructed statistics to spectral density are received provided that the spectral density satisfies the Holder condition with γ parameter, $0 < \gamma \leq 1$.

The estimates of the spectral densities by averaging the modified periodograms over the overlapping and non overlapping intervals of the observations of the time series are constructed, the mean, covariance and a dispersion of the considered estimates are calculated and their asymptotic behaviour is investigated. The considered statistics are asymptotically not displaced estimates of spectral density, the dispersion of the estimates asymptotically decreases by the number of times, equal to the number of intervals of splitting the observations in contrast to the limiting importance of the dispersion of the modified periodogram is proved.

The received estimates are applied to the real data connected with the analysis of solar radiation on the territory of Belarus. The comparative analysis of the estimates of spectral density is given. Recommendations on the effective utilization of these estimates depending on the kind of splitting the initial data (overlapping and non overlapping intervals of the observations), the quantity of the intervals of splitting are given.

Thus, in the dissertation new scientifically proved results in the field of the statistical spectral analysis of the time series have been presented.

Васіленка Жанна Вітальеўна

ПАРАЎНАЎЧЫ АНАЛІЗ АЦЭНАК СПЕКТРАЛЬНЫХ ШЧЫЛЬНАСЦЫЯЙ ЧАСАВЫХ РАДОЎ

Ключавыя словы: часавы рад, стацыянарны выпадковы працэс, спектральная шчыльнасць, ацэнка, канчатковае пераўтварэнне Фур'е, перыядаграма.

Аб'ектам даследавання з'яўляюцца сапраўдныя стацыянарныя выпадковыя працэсы. Прадметам даследавання з'яўляюцца статыстычныя металы апрацоўкі назіранняў за разглядаемым працэсам.

Мэтай працы з'яўляецца пабудова слухных ацэнак спектральных шчыльнасцяў другога парадка часавых радоў.

У дысэртацыйнай працы ўсершыню разбірацаны і даследаваны перыядаграмныя метады пабудовы і аналіза статыстычных ацэнак спектральных шчыльнасцяў другога парадка шляхам асярэднення пашырынных перыядаграм паводле перасякальных і неперасякальных інтэрвалаў назіранняў з выкарыстаннем полінаміяльнага вакна прагляду дадзеных, якія маюць істотнае значэнне пры рэальнай практычных задач.

Пабудавана пашыраная перыядаграма з выкарыстаннем полінаміяльнага вакна прагляду дадзеных, вылічаны яе першыя два моманты даследаваны іх асімптатычныя паводзіны. Даказана, што разглядаемая статыстыка з'яўляецца асімптатычна нязрупанай ацэнкай спектральнай шчыльнасці, але не з'яўляецца слуханай ацэнкай.

Атрыманы ацэнкі хуткасці збежнасці матэматычнага чакання пабудаванай статыстыкі да спектральнай шчыльнасці пры ўмове, што спектральная шчыльнасць задавальняе ўмову Гельдэра з паказальнікам, $0 < \gamma < 1$.

Пабудаваны ацэнкі спектральных шчыльнасцяў шляхам асярэднення пашырынных перыядаграм паводле перасякальных і неперасякальных інтэрвалаў назіранняў часовага рада, вылічаны матэматычнае чаканне, каварыяцыя і дысперсія разглядаемых ацэнак і даследаваны іх асімптатычныя паводзіны. Даказана, што разглядаемая статыстыка з'яўляецца асімптатычна нязрупанай ацэнкай спектральнай шчыльнасці, дысперсія ацэнкі ў асімптатыцы змяншаецца ў колькасць разоў, роўную колькасці інтэрвалаў разбіцця назіранняў у параўнанні з гранічным значэннем дысперсіі пашыранай перыядаграмы.

Атрыманыя ацэнкі ўжываюцца да рэальных дадзеных, звязаных з аналізам сонечнай радыяцыі па тэрыторыі Беларусі. Пераведзены параўнаўчы аналіз ацэнак спектральнай шчыльнасці. Дададзены рэкамендацыі паводле эфектыўнага выкарыстання гэтых ацэнак у залежнасці ад віду разбіцця зыходных дадзеных (перасякальныя, неперасякальныя інтэрвалы разбіцця), колькасці інтэрвалаў разбіцця.

Такім чынам, у дысэртацыйнай працы ўтрымліваюцца новыя навукова-абгрунтаваныя вынікі ў галіне статыстычнага спектральнага аналіза часавых радоў.