ЛУЗ Максим Миколайович . Назва дисертаційної роботи: "ОЦІНКИ ФУНКЦІОНАЛІВ ВІД ПРОЦЕСІВ ЗІ СТАЦІОНАРНИМИ ПРИРОСТАМИ "

Мiнiстерство освiти i науки України

Київський нацiональний унiверситет

iменi Тараса Шевченка

На правах рукопису

Луз Максим Миколайович

УДК 519.21

Оцiнки функцiоналiв вiд процесiв зi

стацiонарними приростами

01.01.05 — теорiя ймовiрностей i математична статистика

Дисертацiя на здобуття наукового ступеня

кандидата фiзико-математичних наук

Науковий керiвник

Моклячук Михайло Павлович,

доктор фiзико-математичних наук, професор

Київ — 2015

2

ЗМIСТ

ВСТУП 5

Актуальнiсть теми. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 5

Зв’язок роботи з науковими програмами, планами, темами. . . . 6

Мета i задачi дослiдження. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 7

Методи дослiдження. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 7

Наукова новизна одержаних результатiв. . . . . . . . . . . . . . 7

Практичне значення отриманих результатiв. . . . . . . . . . . . 8

Особистий внесок здобувача. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 8

Апробацiя результатiв дисертацiї. . . . . . . . . . . . . . . . . . 8

Публiкацiї. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 9

Структура та обсяг дисертацiї. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 10

Роздiл 1. ОГЛЯД ЛIТЕРАТУРИ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦIЇ 24

Роздiл 2. ОЦIНКИ ФУНКЦIОНАЛIВ ВIД ПОСЛIДОВНОСТЕЙ

ЗI СТАЦIОНАРНИМИ ПРИРОСТАМИ 32

2.1. Стацiонарнi прирости. Спектральний розклад . . . . . . . . . . 32

2.2. Задача екстраполяцiї стохастичних послiдовностей зi стацiонарними n-ми приростами . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 36

2.2.1. Класичний метод екстраполяцiї . . . . . . . . . . . . . . . 36

2.2.2. Мiнiмаксний (робастний) метод екстраполяцiї . . . . . . 46

2.2.3. Найменш сприятливi спектральнi щiльностi в класi D0

f

. 50

2.2.4. Найменш сприятливi спектральнi щiльностi, що факторизуються в класi D0

f

. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 50

2.2.5. Найменш сприятливi спектральнi щiльностi в класi D =

Du

v

. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 54

3

2.2.6. Найменш сприятлива спектральна щiльнiсть, що факторизується в класi D = Du

v

. . . . . . . . . . . . . . . . . . 55

2.3. Задача iнтерполяцiї стохастичних послiдовностей зi стацiонарними n-ми приростами . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 56

2.3.1. Класичний метод iнтерполяцiї . . . . . . . . . . . . . . . 57

2.3.2. Мiнiмаксний (робастний) метод iнтерполяцiї . . . . . . . 66

2.3.3. Найменш сприятливi щiльностi в класi D = D

−

0,µ × D−

0,µ . 69

2.3.4. Найменш сприятливi щiльностi в класi D = D

−

M,µ × D−

M,µ 72

2.3.5. Найменш сприятливi щiльностi в класi D

−

0,n . . . . . . . . 74

2.3.6. Найменш сприятливi щiльностi в класi D

−

M,n . . . . . . . 77

2.4. Задача фiльтрацiї стохастичних послiдовностей зi стацiонарними n-ми приростами . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 80

2.4.1. Класичний метод фiльтрацiї . . . . . . . . . . . . . . . . 81

2.4.2. Фiльтрацiя коiнтегрованих стохастичних послiдовностей 94

2.4.3. Мiнiмаксний (робастний) метод фiльтрацiї . . . . . . . . 99

2.4.4. Найменш сприятливi спектральнi щiльностi в класi D0

f×D0

g

104

2.4.5. Найменш сприятливi спектральнi щiльностi, що факторизуються в класi D0

f × D0

g

. . . . . . . . . . . . . . . . . 106

2.4.6. Найменш сприятливi спектральнi щiльностi в класi D =

Du

v × Dε . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 107

2.4.7. Найменш сприятливi спектральнi щiльностi, що факторизуються в класi D = Du

v × Dε . . . . . . . . . . . . . . . 109

2.5. Висновки до другого роздiлу . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 111

Роздiл 3. ОЦIНКИ ФУНКЦIОНАЛIВ ВIД ПРОЦЕСIВ ЗI СТАЦIОНАРНИМИ ПРИРОСТАМИ 113

3.1. Стацiонарнi прирости. Спектральний розклад . . . . . . . . . . 113

3.2. Задача екстраполяцiї випадкових процесiв зi стацiонарними nми приростами . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 117

3.2.1. Класичний метод екстраполяцiї . . . . . . . . . . . . . . . 117

3.2.2. Мiнiмаксний (робастний) метод екстраполяцiї . . . . . . 128

4

3.2.3. Найменш сприятливi спектральна щiльнiсть в класi D0

f

. 131

3.2.4. Найменш сприятлива спектральна щiльнiсть, що факторизується в класi D0

f

. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 132

3.2.5. Найменш сприятлива щiльнiсть, що факторизується в

класi Dδ . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 134

3.3. Задача iнтерполяцiї випадкових процесiв зi стацiонарними n-ми

приростами . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 137

3.3.1. Класичний метод iнтерполяцiї . . . . . . . . . . . . . . . 137

3.3.2. Мiнiмаксний метод iнтерполяцiї . . . . . . . . . . . . . . 143

3.3.3. Найменш сприятливi щiльностi в класi D0 . . . . . . . . . 144

3.3.4. Найменш сприятлива щiльнiсть в класi Du

v

. . . . . . . . 145

3.3.5. Найменш сприятлива щiльнiсть в класi D2ε . . . . . . . . 146

3.4. Задача фiльтрацiї випадкових процесiв зi стацiонарними n-ми

приростами . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 147

3.4.1. Класичний метод фiльтрацiї . . . . . . . . . . . . . . . . 148

3.4.2. Мiнiмаксний (робастний) метод фiльтрацiї . . . . . . . . 154

3.4.3. Найменш сприятливi спектральнi щiльностi в класi D0

f×D0

g

156

3.4.4. Найменш сприятливi спектральнi щiльностi в класi D =

Du

v × Dε . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 157

3.5. Висновки до третього роздiлу . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 159

ВИСНОВКИ 161

Список використаних джерел 163

5

ВСТУП

Актуальнiсть теми. Задачi оцiнювання невiдомих значень випадкових

процесiв виникають в рiзних сферах людської дiяльностi. Особливе значення вони вiдiграють при прогнозуваннi фiнансових та економiчних показникiв, обробцi цифрових сигналiв та iнформацiї, дослiдженнi фiзичних процесiв навколишнього свiту. Такi процеси успiшно моделюються за допомогою

стацiонарних та пов’язаних з ними випадкових послiдовностей та процесiв.

Узагальненням стацiонарних процесiв є процеси та послiдовностi зi стацiонарнимим приростами.

Випадковi процеси зi стацiонарними приростами були запропонованi та

вперше дослiдженi в роботах А. М. Яглома та М. С. Пiнскера в 1953 – 1955

роках. Авторами було отримано зображення середнього значення та структурної функцiй стацiонарного приросту, а також спектральне зображення

випадкового приросту. У випадку дискретного часу переважну бiльшiсть робiт присвячено вивченню моделей авторегресiї – проiнтегрованого рухомого

середнього та сезонним часовим рядам. Зокрема, Дж. С. Вайт в 1957 роцi опублiкував результати дослiдження нестацiонарної послiдовностi рухомого середнього першого порядку. Огляд згаданих моделей викладено в книзi

Дж. Бокса та Г. М. Дженкiнса. Задачi прогнозування нестацiонарних послiдовностей зi стацiонарним або нестацiонарним шумом розглядалися в роботах

Е. Хеннана, Е. Собела, Г. Тiао та В. Р. Белла.

Класична теорiя стацiонарних процесiв та послiдовностей може бути використана для розв’язання задач екстраполяцiї, iнтерполяцiї та фiльтрацiї

процесiв i послiдовностей зi стацiонарними приростами у тому випадку, коли вiдомi їх спектральнi щiльностi. У тому випадку, коли точний вигляд

спектральних щiльностей невiдомий, але задана множина допустимих спектральних щiльностей, доцiльно шукати оцiнку, яка мiнiмiзує величину сере-

6

дньоквадратичної похибки одночасно для всiх щiльностей iз заданого класу.

Такий пiдхiд до задач оцiнювання називають мiнiмаксним (робастним). Вперше вiн був запропонований У. Гренандером у 1957 роцi i стосувався пошуку

оптимальної оцiнки лiнiйного функцiонала вiд невiдомих значень стацiонарного процесу. Разом iз зростанням кiлькостi прикладних задач оцiнювання

невiдомих значень процесiв зростала потреба у розвитку запропонованого

методу оцiнювання. Досить детальний огляд робастних методiв обробки сигналiв, розроблених до 1985 року, мiститься в оглядовiй статтi С. А. Кассама

та Г. В. Пура. Сучаснi результати дослiджень задач мiнiмаксної екстраполяцiї, iнтерполяцiї та фiльтрацiї лiнiйних функцiоналiв вiд невiдомих значень

стацiонарних послiдовностей та процесiв, якi спостерiгаються з шумом або

без нього, належать М. М. Моклячуку. Векторнi стацiонарнi послiдовностi

та процеси були дослiдженi М. П. Моклячуком та його учнем О. Ю. Масюткою. Описанi вище задачi для перiодично корельованих послiдовностей та

процесiв були розв’язанi М. П. Моклячуком та його ученицею I. I. Голiченко.

У дисертацiйнiй роботi дослiджуються задачi оптимального лiнiйного оцiнювання функцiоналiв вiд невiдомих значень випадкових послiдовностей та

процесiв зi стацiонарними приростами. Задачi розв’язано у випадках спектральної визначеностi та спектральної невизначеностi, коли спектральнi

щiльностi послiдовностей та процесiв зi стацiонарними приростами невiдомi, а заданi лише класи допустимих щiльностей.

Зв’язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертацiйна робота виконана в рамках державної бюджетної науково-дослiдної

теми № 11БФ-38-02 “Еволюцiйнi системи: дослiдження аналiтичних перетворень, випадкових флуктуацiй та статистичних закономiрностей” (номер державної реєстрацiї 0111U006561) кафедри теорiї ймовiрностей, статистики та

актуарної математики механiко-математичного факультету Київського Нацiонального унiверситету iменi Тараса Шевченка, що входять до комплексного тематичного плану науково-дослiдних робiт “Сучаснi математичнi пробле-

7

ми природознавства, економiки та фiнансiв”.

Мета i задачi дослiдження. Метою роботи є розв’язання задач оптимального в середньоквадратичному сенсi оцiнювання лiнiйних функцiоналiв

вiд невiдомих значень послiдовностей та процесiв зi стацiонарними приростами. Зокрема, дослiджуються задачi екстраполяцiї, iнтерполяцiї та фiльтрацiї

послiдовностей та процесiв зi стацiонарними приростами. Задачею дослiдження є виведення формул для обчислення середньоквадратичних похибок та

спектральних характеристик оптимальних оцiнок функцiоналiв за умови, що

спектральна структура процесiв вiдома, та встановлено спiввiдношень для

знаходження найменш сприятливих спектральних щiльностей та мiнiмаксних

спектральних характеристик оптимальних оцiнок функцiоналiв в умовах спектральної невизначеностi, коли задано лише класи допустимих щiльностей.

Об’єктом дослiдження є стохастичнi послiдовностi та процеси зi стацiонарними приростами.

Предметом дослiдження є задачi оптимального в середньоквадратичному сенсi оцiнювання лiнiйних функцiоналiв вiд невiдомих значень стохастичних послiдовностей та процесiв зi стацiонарними приростами.

Методи дослiдження. У роботi використовуються положення спектральної теорiї послiдовностей та процесiв зi стацiонарними приростами

для знаходження оптимальних оцiнок та значень середньоквадратичних похибок оцiнок. Спектральнi характеристики оптимальних оцiнок в умовах

спектральної визначеностi знаходяться, використовуючи метод ортогональної проекцiї в гiльбертовому просторi. В умовах спектральної невизначеностi

використовуються методи оптимiзацiї для розв’язання екстремальних задач.

Наукова новизна одержаних результатiв. Усi результати, отриманi

в дисертацiї, є новими. Основнi з них наступнi:

• розв’язано задачi оптимальної в середньоквадратичному сенсi екстраполяцiї, iнтерполяцiї та фiльтрацiї лiнiйних функцiоналiв вiд стоха-

8

стичних послiдовностей та процесiв зi стацiонарними приростами;

• виведено формули для обчислення спектральних характеристик та середньоквадратичних похибок оптимальних оцiнок лiнiйних функцiоналiв у випадку, коли заданi спектральнi щiльностi стохастичних послiдовностей та процесiв зi стацiонарними приростами;

• встановлено формули та спiввiдношення для обчислення мiнiмаксних

спектральних характеристик та найменш сприятливих спектральних

щiльностей для оптимального оцiнювання лiнiйних функцiоналiв у

випадку спектральної невизначеностi для заданих класiв допустимих

спектральних щiльностей, застосовуючи мiнiмакснi методи екстраполяцiї, iнтерполяцiї та фiльтрацiї.

Практичне значення отриманих результатiв. Отриманi в роботi

результати мають теоретичне значення при вивченнi теорiї випадкових процесiв, зокрема послiдовностей та процесiв зi стацiонарними приростами, та

практичне застосування у задачах оцiнювання фiнансових часових рядiв та

економiчних показникiв, обробки нестацiонарних сигналiв та процесiв. Результати дослiдження можуть застосовуватися для прогнозування значень

процесiв i послiдовностей зi стацiонарними приростами, вiдновлення сигналiв

за їх спостереженнями з шумом, оцiнювання невiдомих значень коiнтегрованих послiдовностей тощо.

Особистий внесок здобувача. Усi результати дисертацiйної роботи

отриманi здобувачем самостiйно. За результатами дисертацiї опублiкувано

сiм робiт у фахових виданнях. Всi роботи пiдготованi у спiвавторствi з науковим керiвником, професором Моклячуком М.П. В роботах спiвавтору належать постановка задач, загальне керiвництво роботою та обговорення результатiв.

Апробацiя результатiв дисертацiї. Результати дисертацiї доповiдались та обговорювались на:

9

• International Conference “Modern Stochastics: Theory and Applications

III” (Kyiv, Ukraine, 2012);

• 3-iй мiжунiверситетськiй науковiй конференцiї молодих вчених з математики та фiзики (м. Київ, 2013);

• 21st, 23rd, 24th and 25th International Conferences “Problems of Decisions

Making under Uncertainties” (Skhidnytsya, Ukraine, 2013; Mukachevo,

Ukraine, 2014; Cesky Rudolec, Czech Republic, 2014 and Skhidnytsya,

Ukraine, 2015);

• 15th International Conference “Applied Stochastic Models and Data Analysis” (Matarо (Barcelona), Spain, 2013);

• 10th International Conference “Computer Data Analysis and Modeling:

Theoretical and Applied Stochastic” (Minsk, Belarus, 2013);

• 15-iй та 16-iй мiжнародних наукових конференцiях iменi академiка

Михайла Кравчука (м. Київ, 2014 та 2015 роки);

• 4-iй мiжнароднiй Ганськiй конференцiї, присвяченiй 135 рiчницi вiд

дня народження Ганса Гана (м. Чернiвцi, 2014)

• Summer School "EMS School on Stochastic Analysis with applications in

biology, finance and physics"(Bedlewo, Poland, 2014);

• 4-iй всеукраїнськiй науковiй конференцiї молодих вчених з математики та фiзики (м. Київ, 2015);

• International Conference “Probability, Reliability and Stochastic Optimization” (Kyiv, Ukraine, 2015);

• засiданнi наукового семiнару кафедри теорiї ймовiрностей, статистики та актуарної математики механiко-математичного факультету Київського нацiонального унiверситету iменi Тараса Шевченка (м. Київ,

2015);

• засiданнi наукового семiнару Iнституту кiбернетики iменi В. М. Глушкова НАН України пiд керiвництвом Кнопова П. С. (м. Київ, 2015).

Публiкацiї. За результатами дисертацiйної роботи опублiковано

10

• 7 статей [19], [83] - [87], [99] у фахових виданнях, серед яких 3 статтi

[19], [83] - [84] у наукових фахових виданнях України, з яких 2 статтi

[83] - [84] надруковано у журналi, який включено до наукометричної

бази Scopus, i 4 статтi [85] - [87], [99] у фахових iноземних виданнях;

• 3 статтi [27], [88] - [89] у збiрниках праць наукових конференцiй;

• 11 тез доповiдей на наукових конференцiях [20] - [26], [90] - [93].

Структура та обсяг дисертацiї. Дисертацiя складається зi вступу,

трьох роздiлiв, розбитих на параграфи, висновкiв та списку використаних

джерел. Повний обсяг роботи становить 174 сторiнки, список використаних

джерел займає 12 сторiнок та мiстить 120 найменувань.

У вступi обґрунтовано актуальнiсть теми, вказано зв’язок роботи з науковими програмами, темами, планами, встановлено мету, задачi, предмет,

об’єкт та методи дослiдження, вказано наукову новизну, практичне значення отриманих в роботi результатiв та особистий внесок здобувача, наведено

список публiкацiй здобувача та основний змiст дисертацiйної роботи.

У першому роздiлi наводиться огляд лiтератури, пов’язаної з темою

дисертацiйної роботи, та коротко аналiзується змiст основних робiт, в яких

вивчаються проблеми, що дослiджуються в дисертацiї.

У першому пiдроздiлi другого роздiлу наведено означення стохастичної

послiдовностi зi стацiонарними приростами та викладено основнi положення

спектральної теорiї таких послiдовностей.

У другому пiдроздiлi другого роздiлу розв’язано задачу оптимального

в середньоквадратичному сенсi лiнiйного оцiнювання функцiоналiв

AN ξ =

X

N

k=0

a(k)ξ(k), Aξ =

X

∞

k=0

a(k)ξ(k),

за результатами спостережень послiдовностi ξ(m) в моменти часу m = −1,

−2, . . .. Наведено формули для обчислення спектральних характеристик та

значень середньоквадратичних похибок оптимальних оцiнок функцiоналiв

Aξ, AN ξ.

11

Теорема 0.1. Нехай {ξ(m), m ∈ Z} – стохастична послiдовнiсть, яка

визначає стацiонарний n-й прирiст ξ

(n)

(m, µ). Припустимо, що спектральна щiльнiсть f(λ) стохастичної послiдовностi ξ(m) задовольняє умову мiнiмальностi

Zπ

−π

λ

2n

|1 − e

iλµ|

2nf(λ)

dλ < ∞, (0.1)

а коефiцiєнти {a(k) : k > 0} задовольняють умови

X

∞

k=0

|a(k)| < ∞,

X

∞

k=0

(k + 1)|a(k)|

2 < ∞, (0.2)

X

∞

k=0

|(D

µ

a)k| < ∞,

X

∞

k=0

(k + 1)|(D

µ

a)k|

2 < ∞, (0.3)

де Dµ – лiнiйне перетворення, що визначається матрицею з елементами

D

µ

k,j = dµ(j − k), якщо 0 6 k 6 j , та D

µ

k,j = 0, якщо j < k; вектор

a = (a(0), a(1), a(2), . . .)

0

, коефiцiєнти {dµ(k) : k > 0} визначаються зi спiввiдношення P∞

k=0 dµ(k)x

k =

P∞

j=0 x

µjn

, a = (a(0), a(1), a(2), . . .)

0

. Тодi спектральна характеристика hµ(λ) та середньоквадратична похибка ∆(f; Aξb )

оптимальної оцiнки Aξb за спостереженнями послiдовностi ξ(m) в моменти часу m = −1, −2, . . . обчислюються за формулами

hµ(λ) = Bµ(e

iλ)

(1 − e

−iλµ)

n

(iλ)

n

−

(−iλ)

n P∞

k=0(F

−1

µ Dµa)ke

iλk

(1 − e

iλµ)

nf(λ)

(0.4)

та

∆(f; Aξb ) = hD

µ

a, F

−1

µ D

µ

ai, (0.5)

де Bµ

(e

iλ) = P∞

k=0(Dµa)ke

iλk

, Fµ – лiнiйний оператор у просторi `2, що

визначається матрицею з елементами (Fµ)l,k = F

µ

l,k, l, k > 0;

F

µ

k,j =

1

2π

Zπ

−π

e

iλ(j−k) λ

2n

|1 − e

iλµ|

2nf(λ)

dλ, k, j > 0.

Якщо ж спектральна щiльнiсть f(λ) допускає канонiчну факторизацiю

f(λ) = |Φ(e

−iλ)|

2

,

|1 − e

−iλµ|

2n

λ

2n

f(λ) =

Φµ(e

−iλ)

2

, (0.6)

12

то спектральну характеристику та середньоквадратичну похибку оптимальної оцiнки Aξb можна обчислити за формулами

hµ(λ) = (1 − e

−iλµ)

n

(iλ)

n

B

µ

(e

iλ) − rµ(e

iλ)Φ−1

µ

(e

−iλ)

, (0.7)

rµ(e

iλ) = X

∞

k=0

(D

µAϕµ)ke

iλk

, (D

µAϕµ)k =

X

∞

m=0

X

∞

l=k

ϕµ(m)a(m + l)dµ(l − k)

та

∆(f; Aξb ) = ||D

µAϕµ||2

, (0.8)

де A – лiнiйний симетричний оператор, що задається матрицею з елементами Ak,j = a(k + j), k, j > 0; ϕµ = (ϕµ(0), ϕµ(1), ϕµ(2), . . .)

0

.

Формули (0.4) – (0.8) можна використовувати для побудови прогнозiв

послiдовностей зi стацiонарнимим приростами, коли спектральна щiльнiсть

f(λ) вiдома. Якщо ж вiдомо лише клас допустимих спектральних щiльностей,

доцiльно використовати мiнiмаксний (робастний) метод оцiнювання функцiоналiв.

Означення 0.1. Для заданого класу спектральних щiльностей D спектральна щiльнiсть f

0

(λ) ∈ D називається найменш сприятливою серед щiльностей класу D для оптимальної лiнiйної екстраполяцiї функцiонала Aξ,

якщо

∆(f

0

) = ∆(h(f

0

); f

0

) = max

f∈D

∆(h(f); f).

Означення 0.2. Для заданого класу спектральних щiльностей D спектральна характеристика h

0

(λ) оптимальної оцiнки функцiонала Aξ називається мiнiмаксною (робастною), якщо

h

0

(λ) ∈ HD =

\

f∈D

L

0−

2

(f), min

h∈HD

max

f∈D

∆(h; f) = max

f∈D

∆(h

0

; f).

Лема 0.1. Спектральна щiльнiсть f

0 ∈ D, що задовольняє умову мiнiмальностi (0.1), найменш сприятлива серед щiльностей класу D для оптимальної лiнiйної екстраполяцiї функцiонала Aξ за спостереженнями послiдовностi ξ(m) в моменти часу m = −1, −2, . . ., якщо матриця F

0

µ

, утворен

ВИСНОВКИ

УдисертацйнйроботдослджуєтьсязадачаоптимальноговсередньоквадратичномусенсоцнюваннялнйнихфункцоналввдневдомихзначеньпослдовностейтапроцесвзстацонарнимиприростамиНаведено

розв’язкизадачекстраполяцїнтерполяцїтафльтрацївумовахспектральноївизначеносттаспектральноїневизначеностУтомувипадкуколивдомформулищозадаютьспектральнщльностпроцесвтапослдовностей

знайденоспектральнхарактеристикитазначеннясередньоквадратичнихпохибокоптимальнихоцноклнйнихфункцоналвУвипадкуспектральної

невизначеностколищльностстохастичнихпослдовностейпроцесвз

стацонарнимимприростаминевдомалезаданмножиниїхдопустимих

значеньзастосованомнмакснийробастнийметодоцнюваннялнйних

функцоналвтавстановленоспввдношеннящовизначаютьнайменшсприятливспектральнщльносттамнмакснспектральнхарактеристики

Удисертацїотриманонаступнновнауковрезультати

•запропонованоформулищодозволяютьобчислитиспектральнхарактеристикитасередньоквадратичнпохибкиоптимальнихоцнок

лнйнихфункцоналввдневдомихзначеньстохастичнихпослдовностейзстацонарнимиприростамивумовахвизначеностспектральниххарактеристиктакихпослдовностей

•знайденоспввдношеннядляобчисленняспектральниххарактеристиктасередньоквадратичнихпохибокоптимальнихоцноклнйних

функцоналвдлякласуконтегрованихстохастичнихпослдовностей

длязадачфльтрацї

•сформульованотанаведенорозв’язкизадачмнмакноїробастної

нтерполяцїекстраполяцїтафльтрацїлнйнихфункцоналввд

невдомихзначеньстохастичнихпослдовностейзстацонарнимипри



ростамивстановленоформулитаспввдношеннядлявизначення

найменшсприятливихспектральнихщльностейтамнмакснихспектральниххарактеристик

•отриманоформулищодозволяютьобчислитиспектральнхарактеристикитасередньоквадратичнпохибкиоптимальнихоцнокфункцоналввдневдомихзначеньвипадковихпроцесвзстацонарними

приростамивумовахвизначеностспектральниххарактеристиктаких

процесв

•сформульованотанаведенорозв’язкизадачмнмакноїробастної

нтерполяцїекстраполяцїтафльтрацїлнйнихфункцоналввд

невдомихзначеньвипадковихпроцесвзстацонарнимиприростамивстановленоформулитаспввдношеннядлявизначеннянайменш

сприятливихспектральнихщльностейтамнмакснихспектральних

характеристик

Наведенвроботрезультатидослдженьмаютьтеоретичнезначеннядля

розвиткутеорївипадковихпроцесватакожширокепрактичнезастосуванняприрозв’язаннзадачеконометрикитеорїчасовихрядвобробцнестацонарнихсигналвтапроцесвПрикладивикористаннярозробленихметодв

оцнюванняпролюстрованонаконкретнихмоделяхчасовихрядвасамена

послдовностяхавторегресїпронтегрованогорухомогосередньоготанаконтегрованихпослдовностях