

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА**

**Факультет комп'ютерних наук та кібернетики
Кафедра моделювання складних систем**

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Заступник декана
з навчальної роботи

Кашпур О.Ф.

«_____»_____2017 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

«Дослідження структурно-заданих систем»

для студентів

галузь знань 11 «Математика та статистика»

спеціальність 113 «Прикладна математика»

освітня програма «Прикладна математика»

КИЇВ – 2017

Робоча програма «Дослідження структурно-заданих систем»

для студентів галузі знань « Математика та статистика»,

спеціальність 8.04030101 «Прикладна математика»

« ____ » _____ 20__ року – 14 с.

Розробники: *доцент, д.ф.-м.н., доц. Пічкур В.В.*

Робоча програма дисципліни «Дослідження структурно-заданих систем»

затверджена на засіданні кафедри **моделювання складних систем**

Протокол № _____ від “ ____ ” _____ 20__ року

Завідувач кафедри _____

(Гаращенко Ф.Г.)

« ____ » _____ 20__ року

Схвалено науково - методичною комісією факультету комп'ютерних наук та кібернетики

Протокол №____ від « ____ » _____ 20__ року

Голова науково-методичної комісії _____ (Хусаїнов Д.Я.)

« ____ » _____ 20__ року

© _____, 20__ рік
© _____, 20__ рік
© _____, 20__ рік

ВСТУП

Навчальна дисципліна «Дослідження структурно-заданих систем» є складовою освітньо-професійної програми підготовки фахівців за освітньо-кваліфікаційним рівнем «бакалавр» галузі знань 11 «Математика та статистика», спеціальності 113 «Прикладна математика».

Дана дисципліна «Дослідження структурно-заданих систем» є дисципліною вільного вибору студента галузі знань 11 «Математика та статистика».

Викладається у восьмому семестрі четвертого курсу в обсязі – 72 год. (2 кредити ECTS) зокрема: лекції – 28 год., самостійна робота – 40 год. У курсі передбачено 2 змістових модулі та 2 модульні контрольні роботи). Завершується дисципліна – заліком.

Мета дисципліни – ознайомлення з основами аналізу, оцінки та оптимізації структурно заданих систем. Це стосується динамічних математичних моделей, які описують процеси у формі систем звичайних диференціальних рівнянь з розривною правою частиною, імпульсним впливом та багатозначною правою частиною. У курсі будуть розглядатися властивості розв'язків таких систем, проблема стійкості і оптимізації.

Завдання – в спецкурсі ставляться задачі аналізу розв'язків структурно заданих систем і їх оптимізація. Висвітлюються основи багатозначного аналізу, властивості розв'язків диференціальних включень.

В результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен

знати: на строгому математичному рівні ставити задачі аналізу і оптимізації систем з заданою структурою.

вміти: проводити дослідження якісних і оптимальних характеристик структурно заданих систем. Особлива увага надається вмінню розробці чисельних алгоритмів, отриманню оптимальних параметрів, створенню програмно-алгоритмічних комплексів для розв'язування прикладних задач.

Місце дисципліни. Навчальна дисципліна “ *Дослідження структурно-заданих систем методами нелінійного аналізу* ” є базовою для вивчення таких спеціальних дисциплін як „Основи системного аналізу”, „Теорія оптимального керування”, „Чисельні методи оптимізації”, „Теорія керування системами з розподіленими параметрами”, „Моделювання динамічних систем”.

Зв'язок з іншими дисциплінами: математичний аналіз, лінійна алгебра, диференціальні рівняння, дослідження операцій, теорія прийняття рішень, математичне моделювання.

Контроль знань і розподіл балів, які отримують студенти.

Контроль здійснюється за модульно-рейтинговою системою.

У змістовий модуль ЗМ1 «Методи багатозначного аналізу» входять такі теми: Вступ до багатозначного аналізу; Системи з розривною правою частиною. У змістовий модуль ЗМ2 «Аналіз і оптимізація структурно заданих систем» входять теми: Аналіз систем з заданою структурою; Оптимізація структурно заданих систем.

Обов'язковим для заліку є впродовж семестру набрати 20 балів.

Оцінювання за формами контролю:

	ЗМ1		ЗМ2	
	<i>Min. – _ балів</i>	<i>Max. – __ бали</i>	<i>Min. – _ балів</i>	<i>Max. – __ бали</i>
Усна відповідь	1	2	1	2
Доповнення	1	2	1	2
Модульна контрольна робота	5	15	5	15

Для студентів, які набрали сумарно меншу кількість балів, ніж *критично-розрахунковий мінімум – 20 балів*, для одержання заліку обов'язкове повторне прослуховування курсу.

У випадку відсутності студента з поважних причин відпрацювання та перездачі МКР здійснюються у відповідності до „Положення про порядок оцінювання знань студентів при кредитно-модульній системі організації навчального процесу” від 1 жовтня 2010 року.

При простому розрахунку отримаємо:

	Змістовий модуль1	Змістовий модуль2	залік	Підсумкова оцінка
<i>Мінімум</i>	<i>10</i>	<i>10</i>	<i>10</i>	<i>60</i>
Максимум	30	30	40	100

При цьому, кількість балів:

- **0-34** відповідає оцінці «незадовільно» з обов'язковим повторним вивченням дисципліни;
- **35-59** відповідає оцінці «незадовільно» з можливістю повторного складання;
- **60-64** відповідає оцінці «задовільно» («достатньо»);
- **65-74** відповідає оцінці «задовільно»;
- **75 - 84** відповідає оцінці «добре»;
- **85 - 89** відповідає оцінці «добре» («дуже добре»);
- **90 - 100** відповідає оцінці «відмінно».

Шкала відповідності (за умови заліку)

За 100 – бальною шкалою	За національною шкалою
60 – 100	Зараховано
1 – 59	не зараховано

ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Змістовий модуль 1. Методи багатозначного аналізу.

Тема 1. Вступ до багатозначного аналізу. – (26 год.)

Метрика Хаусдорфа. Напівнеперервні зверху, неперервні і вимірні багатозначні відображення. Інтеграл і похідна багатозначного відображення.

Тема 2. Системи з розривною правою частиною. – (9 год.)

Абсолютно неперервні функції. Системи з розривною правою частиною. Доозначення.

Змістовий модуль 2. Аналіз і оптимізація структурно заданих систем.

Тема 3. Аналіз систем з заданою структурою. – (14 год.)

Диференціальні включення. Існування розв'язку. Системи з імпульсним впливом. Формула Коші.

Тема 4. Оптимізація структурно заданих систем. – (23 год.)

Варіаційний метод. Його застосування до задачі оптимального керування, до задачі оптимального керування системою з імпульсним впливом, до задачі структурно-параметричної оптимізації. Оптимізація на основі матриці чутливості. Застосування методу динамічного програмування до задачі структурно-параметричної оптимізації.

**СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН ЛЕКЦІЙ І СЕМІНАРСЬКИХ ЗАНЯТЬ**

№ лекції	Назва лекції	Кількість годин		
		Лекції	Семінари	Самост. робота
Змістовий модуль 1. Методи багатозначного аналізу.				
1	Проблеми аналізу і оптимізації структурно заданих систем.	2		3
2	Метрика Хаусдорфа.	2		2
3	Способи представлення множин.	2		2
4	Багатозначні відображення. Напівнеперервні зверху багатозначні відображення.	2		3
5	Неперервні і вимірні багатозначні відображення.	2		2
6	Інтеграл і похідна багатозначного відображення.	2		2
7	Абсолютно неперервні функції.	2		3
8	Системи з розривною правою частиною.	1		3
<i>Модульна контрольна робота</i>		1		
Змістовий модуль 2. Аналіз і оптимізація структурно заданих систем.				
9	Диференціальні включення.	2		3
10	Лінійні диференціальні включення.	2		2
11	Системи з імпульсним впливом.	2		2
12	Варіаційний метод в теорії оптимального керування.	2		3
13	Оптимальне керування системою з імпульсним впливом.	2		2
14	Параметрична оптимізація динамічних систем.	2		2
15	Структурно–параметрична оптимізація. Варіаційний підхід.	2		3
16	Структурно–параметрична оптимізація. Метод динамічного програмування.	1		3
<i>Модульна контрольна робота</i>		1		
ВСЬОГО		32		40

Загальний обсяг - 72 год., в тому числі:

Лекцій – 32 год.

Самостійна робота – 40 год.

Змістовий модуль 1. Методи багатозначного аналізу.

Тема 1. Вступ до багатозначного аналізу. – (26 год.)

Лекція 1. Проблеми аналізу і оптимізації структурно заданих систем. – (2 год.)

Математичні моделі, які приводять до структурно заданих систем, систем з імпульсним впливом. Керування системами в структурних формах. Оцінка стану в структурних формах [1,5,6,7,11].

Завдання для самостійної роботи. – (3 год.)

Ознайомлення з історією досліджень структурно заданих систем на кафедрі моделювання складних систем. [1,6,9].

Лекція 2. Метрика Хаусдорфа. – (2 год.)

Відстань від точки до множини. Відхилення. Метрика Хаусдорфа. Їхні властивості Приклади. [3,4,8,12].

Завдання для самостійної роботи. – (2 год.)

Приклади знаходження метрики Хаусдорфа [1-4].

Лекція 3. Способи представлення множин. – (2 год.)

Опорна функція. Функція деформації. Функція Мінковського. Визначальна функція. Їхні властивості [3, 8].

Завдання для самостійної роботи. – (2 год.)

Основні алгебраїчні операції над множинами. Проблема різниці [3, 4].

Лекція 4. Багатозначні відображення. Напівнеперервні зверху багатозначні відображення. – (2 год.)

Багатозначні відображення. Образ, графік. Напівнеперервні зверху багатозначні відображення. Їхні властивості. Теорема про замкнений графік [3, 4].

Завдання для самостійної роботи. – (3 год.)

Основні властивості опуклих множин і функцій [3, 14].

Лекція 5. Неперервні і вимірні багатозначні відображення. – (2 год.)

Неперервні багатозначні відображення. Критерій неперервності. Вимірні багатозначні відображення. Їхні властивості [3, 4].

Завдання для самостійної роботи. – (2 год.)

Субдиференціал як приклад напівнеперервного зверху багатозначного відображення [4, 13].

Лекція 6. Інтеграл і похідна багатозначного відображення. – (2 год.)

Вимірний селектор. Проблема існування вимірного селектору.

Представлення Кастена. Інтеграл від багатозначного відображення. [3, 4, 12].

Завдання для самостійної роботи. – (2 год.)

Неперервні селектори. Теорема Майкла [4].

Тема 2. Системи з розривною правою частиною. – (9 год.)

Лекція 7. Абсолютно неперервні функції. – (2 год.)

Означення. Основні властивості. Теорема Лебега. Зв'язок з просторами Соболева [5].

Завдання для самостійної роботи. – (2 год.)

Функції з обмеженою варіацією [5].

Лекція 8. Системи з розривною правою частиною. – (2 год.)

Системи з розривною правою частиною. Доозначення розв'язку. Метод еквівалентного керування [5, 7, 8, 11].

Завдання для самостійної роботи. – (3 год.)

Підготовка до модульної контрольної роботи.

Контрольні запитання до змістового модуля 1.

1. Відстань від точки до множини. Відхилення.
2. Метрика Хаусдорфа. Їхні властивості.
3. Означення опорної функції.
4. Функція деформації. Властивості.
5. Функція Мінковського. Властивості.
6. Визначальна функція. Властивості.
7. Багатозначні відображення. Образ, графік.
8. Напівнеперервні зверху багатозначні відображення. Властивості.
9. Теорема про замкнений графік.
10. Неперервні багатозначні відображення. Критерій неперервності.
11. Вимірні багатозначні відображення. Їхні властивості.
12. Вимірний селектор. Проблема існування вимірного селектору. Представлення Кастена.
13. Інтеграл від багатозначного відображення.
14. Абсолютно неперервні функції. Основні властивості. Теорема Лебега.
15. Системи з розривною правою частиною. Доозначення розв'язку. Метод еквівалентного керування.

Контрольні завдання до змістового модуля 1

1. Дати означення метрики Хаусдорфа.
2. Обчислити інтеграл від багатозначного відображення.
3. Навести формулювання теореми Лебега.
4. Дати означення абсолютно неперервної функції.

Змістовий модуль 2. Аналіз і оптимізація структурно заданих систем.

Тема 3. Аналіз систем з заданою структурою. – (14 год.)

Лекція 9. Диференціальні включення. – (2 год.)

Означення. Приклади. Основні умови. Існування розв'язку задачі Коші.[4, 5, 11].

Завдання для самостійної роботи. – (3 год.)

Умови Каратеодорі. Теорема Філіппова [4, 11, 12].

Лекція 10. Лінійні диференціальні включення. - (2 год.)

Поняття множини досяжності диференціального включення. Її властивості. Лінійні диференціальні включення. Представлення множини досяжності. Приклади [5, 11].

Завдання для самостійної роботи. – (2 год.)

Множина досяжності системи керування [16].

Лекція 11. Системи з імпульсним впливом. - (2 год.)

Означення. Існування розв'язку. Лінійні системи з імпульсним впливом. Формула Коші. Приклади [8].

Завдання для самостійної роботи. – (2 год.)

Властивості фундаментальної матриці [17].

Тема 4. Оптимізація структурно заданих систем. – (23 год.)

Лекція 12. Варіаційний метод в теорії оптимального керування. – (2 год.)

Перша варіація функціоналу. Похідна Фреше. Керування лінійною системою з квадратичним критерієм якості [8].

Завдання для самостійної роботи. – (3 год.)

Необхідні умови екстремуму [15].

Лекція 13. Оптимальне керування системою з імпульсним впливом. – (2 год.)

Варіаційний метод. Похідна Фреше. Спряжена система. Оптимальне керування лінійною системою з імпульсним впливом. [8].

Завдання для самостійної роботи. – (2 год.)

Розробка алгоритму оптимального керування лінійною системою з імпульсним впливом [8].

Лекція 14. Параметрична оптимізація динамічних систем. – (2 год.)

Побудова градієнту функціоналу від параметрів динамічної системи. Матриця чутливості. Оптимізація на основі матриці чутливості [8].

Завдання для самостійної роботи. – (2 год.)

Застосування матриці чутливості до аналізу параметричних систем [9].

Лекція 15. Структурно–параметрична оптимізація. Варіаційний підхід. – (2 год.)

Застосування варіаційного методу до задачі структурно-параметричної оптимізації [6].

Завдання для самостійної роботи. – (3 год.)

Релейні системи в теорії керування [6, 10, 16].

Лекція 16. Структурно–параметрична оптимізація. Метод динамічного програмування. – (2 год.)

Принцип оптимальності Белмана. Достатні умови екстремуму. Алгоритми. Приклади [2].

Завдання для самостійної роботи. – (3 год.)

Підготовка до модульної контрольної роботи.

Контрольні запитання до змістового модуля 2.

1. Диференціальні включення. Означення. Приклади. Основні умови. Існування розв'язку задачі Коші.
2. Поняття множини досяжності диференціального включення. Її властивості.
3. Лінійні диференціальні включення. Представлення множини досяжності.
4. Системи з імпульсним впливом. Означення. Існування розв'язку. Лінійні системи з імпульсним впливом. Формула Коші.
5. Варіаційний метод в теорії оптимального керування. Перша варіація функціоналу. Похідна Фреше.
6. Керування лінійною системою з квадратичним критерієм якості на основі варіаційного методу.
7. Оптимальне керування системою з імпульсним впливом на основі варіаційного методу.
8. Параметрична оптимізація динамічних систем. Знаходження похідних за параметрами від критеріїв якості.
9. Параметрична оптимізація динамічних систем на основі матриці чутливості.
10. Застосування варіаційного методу до задачі структурно-параметричної оптимізації
11. Структурно-параметрична оптимізація і метод динамічного програмування. Принцип оптимальності Белмана. Достатні умови екстремуму.

Контрольні завдання до змістового модуля 2

1. Сформулювати постановку задачі структурно-параметричної оптимізації.
2. Знайти загальний розв'язок рівняння з імпульсним впливом.
3. Дати означення диференціального включення.
4. Навести приклад структурно-заданої системи.

Рекомендована література

Основна

1. Башняков О.М., Гаращенко Ф.Г., Пічкур В.В. Практична стійкість, оцінки та оптимізація. Монографія: –К.: ВПЦ "Київський університет" , 2008. – 373 с.
2. Башняков О.М., Пічкур В.В. Задача синтезу в теорії керування: Навчальний посібник. – К.: Видавництво “Сталь”, 2012. – 116 с.
3. Благодатских В.И. Введение в оптимальное управление. - М.: Высшая школа, 2001. – 239 с.
4. Aubin J.-P., Frankowska H. Set-valued analysis. – Birkhauser, Boston, 1990. – 460

- с.
5. Филиппов А.Ф. Дифференциальные уравнения с разрывной правой частью. -- М.: Наука, 1985. -224 с.
 6. Бублик Б.Н., Гаращенко Ф.Г., Кириченко Н.Ф. Структурно-параметрическая оптимизация и устойчивость динамики пучков. –К.: Наукова думка, 1985. –304 с.
 7. Уткин В.И. Скользящие режимы и их применение в системах с переменной структурой. -М.: Наука, 1974. -272 с.
 8. Гаращенко Ф.Г., Пічкур В.В. Вступ до аналізу та оптимізації структурно заданих систем: Навчальний посібник. - К.: Київський університет, 2003. - 113 с.

Додаткова

9. Розвиток методів і технологій моделювання та оптимізації складних систем/ Гаращенко Ф.Г., Волошин О.Ф., Кириченко М.Ф. та ін. - К.: Сталь, 2009. - 668 с.
- 10.Флеминг У., Ришел Р. Оптимальное управление детерминированными и стохастическими системами. -М.: Мир, 1978. -316 с.
- 11.Филиппов А.Ф. Дифференциальные уравнения с разрывными правыми частями и дифференциальные включения // Нелинейный анализ и нелинейные дифференциальные уравнения. - М.: Физматлит, 2003. – С. 265-288.
- 12.Борисович Ю.Г., Гельман Б.Д., Мышкис А.Д., Обуховский Б.В. Введение в теорию многозначных отображений. – Воронеж: Изд-во Воронежского ун-та, 1986. – 104 с.
- 13.Обен Ж.-П., Экланд И. Прикладной нелинейный анализ. – М.: Мир, 1988. – 512 с.
- 14.Пшеничный Б.Н. Выпуклый анализ и экстремальные задачи. –М.: Наука, 1980. – 319 с
- 15.Моклярчук М.П. Варіаційне числення. Екстремальні задачі. - К.: Либідь, 2003. - 380 с.
- 16.Ли Э.Б., Маркус Л. Основы теории оптимального управления. – М.: Наука, 1972. – 576 с.
- 17.Гаращенко Ф.Г., Матвієнко В.Т., Харченко І.І. Диференціальні рівняння для інформатиків. Підручник [з грифом МОН України]. –ВПЦ „Київський університет”, К., 2009. – 352 с.

Перелік запитань на залік

1. Відстань від точки до множини. Відхилення.
2. Метрика Хаусдорфа. Їхні властивості.
3. Означення опорної функції.

4. Функція деформації. Властивості.
5. Функція Мінковського. Властивості.
6. Визначальна функція. Властивості.
7. Багатозначні відображення. Образ, графік.
8. Напівнеперервні зверху багатозначні відображення. Властивості.
9. Теорема про замкнений графік.
10. Неперервні багатозначні відображення. Критерій неперервності.
11. Вимірні багатозначні відображення. Їхні властивості.
12. Вимірний селектор. Проблема існування вимірного селектору.

Представлення Кастена.

13. Інтеграл від багатозначного відображення.
14. Абсолютно неперервні функції. Основні властивості. Теорема Лебега.
15. Системи з розривною правою частиною. Доозначення розв'язку. Метод еквівалентного керування.
16. Диференціальні включення. Означення. Приклади. Основні умови. Існування розв'язку задачі Коші.
17. Поняття множини досяжності диференціального включення. Її властивості.
18. Лінійні диференціальні включення. Представлення множини досяжності.
19. Системи з імпульсним впливом. Означення. Існування розв'язку. Лінійні системи з імпульсним впливом. Формула Коші.
20. Варіаційний метод в теорії оптимального керування. Перша варіація функціоналу. Похідна Фреше.
21. Керування лінійною системою з квадратичним критерієм якості на основі варіаційного методу.
22. Оптимальне керування системою з імпульсним впливом на основі варіаційного методу.
23. Параметрична оптимізація динамічних систем. Знаходження похідних за параметрами від критеріїв якості.
24. Параметрична оптимізація динамічних систем на основі матриці чутливості.
25. Застосування варіаційного методу до задачі структурно-параметричної оптимізації
26. Структурно-параметрична оптимізація і метод динамічного програмування. Принцип оптимальності Белмана. Достатні умови екстремуму.

Завдання
для самостійної роботи з
елементами дистанційного навчання
з дисципліни «Дослідження структурно-заданих систем»
на період з 24 січня до 28 лютого 2018 р.
для студентів 1 курсу магістратури,
галузі знань « Математика та статистика»,
спеціальність 8.04030101 «Прикладна математика»

викладач-лектор: д.ф.-м.н., доц. Пічкур В. В. (електронна пошта –
vpichkur@gmail.com)

Для самостійного опанування студентами у період з 24.01 до 28.02.18 р. виносяться наступні теми, передбачені робочою програмою навчальної дисципліни за такою тематикою: **Системи з імпульсним впливом.**

Тема 1. Системи з імпульсним впливом. Загальні постановки задач. Системи з імпульсним впливом у фіксовані моменти імпульсного впливу.

Тема 2. Лінійні системи з імпульсним впливом. Основні властивості розв'язку. Формула Коші.

Тема 3. Лінійні системи з імпульсним впливом з постійними коефіцієнтами.

Тема 4. Системи з імпульсним впливом у нефіксовані моменти імпульсного впливу.

Опанування тем відбувається шляхом вивчення студентами **наступних питань**, винесених на самостійну роботу:

Тема 1. *Постановка задачі. Математичні моделі, які приводять до систем з імпульсним впливом. Властивості розв'язків систем з імпульсним впливом у фіксовані моменти імпульсного впливу. .*

Тема 2. *Однорідні системи. Поняття фундаментальної матриці. Фундаментальна система. Формула Коші. Неоднорідні системи з імпульсним впливом. Метод варіації довільної сталої. Формула Коші.*

Тема 3. *Лінійні системи з постійними коефіцієнтами. Формула Коші.*

Тема 4. *Стійкість розв'язків лінійних систем з імпульсним впливом.*

Завдання: підготувати реферативну роботу в електронній формі, в якій висвітлити питання згідно з зазначеними темами. Протягом підготовки реферативної роботи викладачу на електронну скриньку vpichkur@gmail.com вислати відповіді на такі тестові запитання:

1. Математичний опис систем з імпульсним впливом. .
2. Системи з імпульсним впливом і фіксованими моментами імпульсного впливу. Існування розв'язку.

3. Системи з імпульсним впливом і фіксованими моментами імпульсного впливу. Продовжуваність розв'язку.
4. Системи з імпульсним впливом і фіксованими моментами імпульсного впливу. Неперервна залежність розв'язку.
5. Лінійні системи з імпульсним впливом.
6. Структура розв'язків лінійної системи з імпульсним впливом.
7. Фундаментальна матриця.
8. Метод варіації. Формула Коші.
9. Лінійні системи с постійними коефіцієнтами. Фундаментальна матриця.
10. Умови стійкості лінійних систем з імпульсним впливом.

Підготовлену реферативну роботу необхідно надіслати на електронну пошту vrichkur@gmail.com не пізніше 20 лютого 2018 р.

**Список основної рекомендованої літератури для виконання
самостійної роботи:**

1. Гаращенко Ф.Г., Пічкур В.В. Вступ до аналізу та оптимізації структурно заданих систем -- Київ: Видавничо-поліграфічний центр „Київський університет”, 2003. - 133 с.
2. Самойленко А.М., Перестюк Н.А. Дифференциальные уравнения с импульсным воздействием. - Киев: Вища школа, 1987. – 288 с.
3. Гаращенко Ф.Г., Пічкур В.В. Прикладні задачі теорії стійкості. – К.: Видавничо-поліграфічний центр "Київський університет", 2014. – 142 с.
4. Башняков О.М., Гаращенко Ф.Г., Пічкур В.В. Практична стійкість, оцінки та оптимізація. Монографія: –К.: ВПЦ "Київський університет" , 2008. – 373 с.