

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені Ігоря Сікорського»
Радіотехнічний факультет**



**МЕТОДИ ОПТИМАЛЬНОЇ ТА АДАПТИВНОЇ
ФІЛЬТРАЦІЇ СИГНАЛІВ**

(назва навчальної дисципліни)

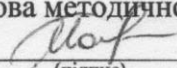
**ПРОГРАМА
навчальної дисципліни**

рівень вищої освіти трегий (освітньо-науковий)
(рівень освіти)

спеціальність 172 Телекомунікації та радіотехніка
(шифр і назва)

освітня програма Телекомунікації та радіотехніка
(назва)

Ухвалено методичною комісією
радіотехнічного факультету
Протокол від 28.08.2020 р. № 08/2020

Голова методичної комісії

(підпис) В.С. Мосійчук
(ініціали, прізвище)
« 28 » 08 2020 р.

Київ – 2020

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ:

Завідувач кафедри, д.т.н., проф., ЖУК Сергій Якович

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ім'я, по батькові)


(підпис)

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ім'я, по батькові)

(підпис)

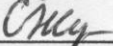
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ім'я, по батькові)

(підпис)

Програму затверджено на засіданні кафедри радіотехнічних пристроїв та систем
(повна назва кафедри)

Протокол від «27» травня 2020 року № 9/2020

Завідувач кафедри


(підпис)

С.Я.Жук
(ініціали, прізвище)

«27» 05 2020 р.

Вступ

Програму навчальної дисципліни «Методи оптимальної та адаптивної фільтрації сигналів» складено відповідно до освітньо-наукової програми Телекомунікації та радіотехніка третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти за спеціальністю 172 Телекомунікації та радіотехніка.

Навчальна дисципліна належить до циклу дисциплін професійної та науково-практичної підготовки.

Предметом навчальної дисципліни є формалізації задач оптимальної та адаптивної обробки сигналів в телекомунікаційних та радіотехнічних системах і оптимальні і квазіоптимальні методів їх розв'язання в тому числі і з використанням сучасних пакетів прикладних програм на ПЕОМ.

Кредитний модуль «Методи оптимальної та адаптивної фільтрації сигналів» ґрунтується на знаннях навчального матеріалу, передбаченого навчальними програмами дисциплін освітньо-кваліфікаційного рівня «Магістр». Кредитний модуль «Методи оптимальної та адаптивної фільтрації сигналів» має зв'язок з наступними дисциплінами: «Інноваційні напрямки розвитку телекомунікацій», «Математичні методи наукових досліджень в телекомунікаціях та радіотехніці», «Імітаційне моделювання в телекомунікаціях та радіотехніці», «Прикладні аспекти системного аналізу в телекомунікаціях та радіотехніці».

1. Мета та завдання навчальної дисципліни

1.1. Мета навчальної дисципліни.

Метою навчальної дисципліни є:

- набуття знань про формалізації задач оптимальної та адаптивної обробки сигналів і інформаційних процесів в телекомунікаційних та радіотехнічних системах
- набуття знань про основні методи оптимальної та адаптивної фільтрації сигналів і інформаційних процесів в телекомунікаційних та радіотехнічних системах;
- застосування набутих знань при розробці алгоритмів оптимальної та адаптивної фільтрації сигналів і інформаційних процесів в телекомунікаційних та радіотехнічних системах;
- набуття навичок дослідження ефективності алгоритмів оптимальної та адаптивної фільтрації сигналів і інформаційних процесів в телекомунікаційних та радіотехнічних системах шляхом статистичного моделювання на ЕОМ з використанням спеціалізованих програмних засобів.

1.2. Основні завдання навчальної дисципліни.

Згідно з вимогами освітньо-наукової програми студенти після засвоєння навчальної дисципліни мають продемонструвати такі результати навчання:

знання:

- знати основні підходи, критерії оптимальності та методи оптимальної та адаптивної фільтрації сигналів і інформаційних процесів в телекомунікаційних та радіотехнічних системах;
- знати приклади використання алгоритмів оптимальної та адаптивної фільтрації сигналів і інформаційних процесів в телекомунікаційних та радіотехнічних системах;

-

уміння:

- будувати формальні моделі сигналів і інформаційних процесів в телекомунікаційних та радіотехнічних системах;
- розробляти алгоритми оптимальної та адаптивної фільтрації сигналів і інформаційних процесів в телекомунікаційних та радіотехнічних системах;
- досліджувати ефективність алгоритмів оптимальної та адаптивної фільтрації сигналів і інформаційних процесів в телекомунікаційних та радіотехнічних системах шляхом статистичного моделювання на ЕОМ з використанням спеціалізованих програмних засобів.

-

досвід:

- застосування набутих знань при вирішенні задач синтезу телекомунікаційних та радіотехнічних систем з використанням методів оптимальної та адаптивної фільтрації сигналів;
- обробки експериментальних даних, отриманих шляхом статистичного моделювання на ЕОМ, для оцінки ефективності функціонування оптимальних та адаптивних радіотехнічних пристроїв і систем;
- практичного використання типових комп'ютерних пакетів прикладних програм при вирішенні задач оптимальної та адаптивної фільтрації сигналів і інформаційних процесів в телекомунікаційних та радіотехнічних системах.

2. Структура навчальної дисципліни

На вивчення навчальної дисципліни відводиться 150 годин/5 кредитів ECTS.

Навчальна дисципліна містить один кредитний модуль : «Методи оптимальної та адаптивної фільтрації сигналів».

Рекомендований розподіл навчального часу

Форма навчання	Кредитні модулі	Всього		Розподіл навчального часу за видами занять				Семестрова атестація
		кредитів	годин	Лекції	Практичні (семінарські) заняття	Лабораторні роботи (комп'ютерні практикуми)	СРС	
Денна	Всього	5	150	36	36	-	78	
	1	5	150	36	36	-	78	екзамен

3. Зміст навчальної дисципліни

Тема I. Статистичні моделі сигналів та інформаційних процесів в радіотехнічних системах.

Предмет і зміст дисципліни. Типові використання оптимальних і адаптивних фільтрів в телекомунікаційних та радіотехнічних системах.

Гаусівські процеси в дискретному часі. Багатовимірні щільності ймовірності гаусівського процесу. Умовна щільність ймовірності. Властивості гаусівських процесів.

Марківські випадкові процеси та їх класифікація. Марківські послідовності. Процес авторегресії, як векторна марківська гаусівська послідовність. Ланцюги Маркова.

Тема II. Методи оптимальної і квазіоптимальної фільтрації сигналів.

Постановка задачі оптимальної нелінійної фільтрації сигналів в дискретному часі. Критерії оптимальної фільтрації сигналів. Синтез оптимального алгоритму нелінійної фільтрації в дискретному часі. Властивості алгоритму.

Синтез квазіоптимального алгоритму нелінійної фільтрації сигналів в дискретному часі на основі методу лінеаризації. Структурна схема квазіоптимального пристрою фільтрації. Властивості алгоритму.

Постановка задачі оптимальної лінійної фільтрації сигналів в дискретному часі. Синтез оптимального алгоритму лінійної фільтрації в дискретному часі. Фільтр Калмана та його властивості.

Траєкторна фільтрація параметрів руху цілі за даними РЛС. Поліноміальна модель руху цілі в дискретному часі. Алгоритми траєкторної фільтрації цілі на основі моделей руху другого і третього порядку.

Постановка задачі оптимальної лінійної фільтрації сигналів при наявності корельованих завад в дискретному часі. Обчислення апостеріорної щільності ймовірності розширеного процесу. Синтез алгоритму

оптимальної лінійної фільтрації при наявності корельованих завад в дискретному часі. Структурна схема оптимального фільтру.

Оптимальне комплексування вимірювачів. Багатоканальна фільтрація з паралельною, послідовною обробкою вимірювань, а також з попереднім стисненням даних.

Визначення місцеположення джерела радіовипромінювання на основі RSS-вимірювань сенсорної мережі. Принцип роботи RSS-методу. Синтез алгоритму визначення місцеположення джерела радіовипромінювання на основі RSS-вимірювань

Одночасне виявлення і фільтрація сигналів в дискретному часі при наявності білого шуму. Синтез і аналіз оптимального і квазіоптимального алгоритмів одночасного виявлення і фільтрації сигналів при наявності білого шуму.

Тема III. Методи синтезу адаптивних алгоритмів фільтрації при наявності навчаючої вибірки

Узагальнена структура адаптивного фільтру. Поверхня середньквдратичної помилки. Синтез фільтра Вінера в часовій області. Аналіз фільтра Вінера. Лінійно-обмежена вінерівська фільтрація.

Чисельні методи пошуку вінерівського рішення. LMS-алгоритм і його властивості. Перехідні процеси в LMS-алгоритмі. Якість адаптивної фільтрації сигналів за допомогою LMS-алгоритму. Лінійно-обмежений LMS- алгоритм.

Адаптивна фільтрація за критерієм найменших квадратів. Задача найменших квадратів і її рішення. Основні властивості LS-рішення. Геометрична інтерпретація методу найменших квадратів.

Рекурсивна задача найменших квадратів. Рішення рекурсивної задачі найменших квадратів. Якість адаптивної фільтрації за допомогою RLS-алгоритму.

Адаптивні антенні решітки. Діаграма спрямованості антенної решітки. Модель перешкод в антенній решітці. Оптимальний вектор вагових коефіцієнтів на основі вінерівського рішення. Адаптивна компенсація перешкод в антенній решітці на основі LMS- і RLS- алгоритмів.

Тема IV. Методи синтезу адаптивних алгоритмів фільтрації при відсутності навчаючої вибірки

Види апіорної невизначеності. Байєсівський підхід подолання параметричної апіорної невизначеності. Небайєсівський підхід на основі методу максимальної правдоподібності. Рівномірно найкращі вирішальні правила. Поняття про методи подання непараметричної апіорної невизначеності.

Постановка задачі адаптивної фільтрації сигналів. Адаптивна фільтрація сигналів на основі байєсівського підходу. Оптимальний алгоритм на основі обчислення апостеріорної щільності імовірності. Квазіоптимальний адаптивний алгоритм на основі гаусівського наближення.

Оптимальний і квазіоптимальні алгоритм адаптивного оцінювання параметрів руху цілі на основі RSS-вимірювань сенсорної мережі

Адаптивна фільтрація сигналів на основі багатоканального підходу. Сумісний оптимальний алгоритм фільтрації і розрізнення значення невідомого параметру. Адаптивна фільтрація при лінійних рівняннях повідомлення та спостереження з невідомими параметрами. Багатоканальний пристрій адаптивної фільтрації.

4. Рекомендована тематика практичних (семінарських) занять

1. Статистичні моделі сигналів і інформаційних процесів в телекомунікаційних та радіотехнічних системах.
2. Оптимальний і квазіоптимальний алгоритми нелінійної фільтрації в дискретному часі.
3. Оптимальні алгоритми лінійної фільтрації в дискретному часі.
4. Оптимальний і квазіоптимальні алгоритми багатоканальної фільтрації в дискретному часі.
5. Алгоритми вінерівської фільтрації в часовій області.
6. Алгоритми адаптивної фільтрації за критерієм найменших квадратів.
7. Алгоритми адаптивної компенсації завад в цифрових лінійних антенних решітках.
8. Алгоритми адаптивної фільтрації на основі байєсівського підходу.
9. Алгоритми адаптивної фільтрації сигналів на основі багатоальтернативної перевірки гіпотез.

5. Рекомендований перелік лабораторних робіт (комп'ютерних практикумів)

Лабораторні заняття не заплановані.

6. Рекомендовані індивідуальні завдання

Індивідуальні завдання не заплановані.

7. Рекомендована література

1. Тихонов В.И. Харисов В.Н. Статистический анализ и синтез радиотехнических устройств и систем. М.: Радио и связь, 1991. -608 с.

2. Тихонов В.И. Оптимальный прием сигналов. М.: Радио и связь, 1983. - 320 с.
3. Сосулин Ю.Г. Теория обнаружения и оценивания стохастических сигналов. - М.: Сов. радио, 1978. -320 с.
4. Коуэн К.Ф. Адаптивные фильтры. Пер. с англ./Под ред. К. Ф. Н. Коуэна и П. М. Гранта. – М.: Мир, 1988. – 392 с.
5. Джиган В. И. Адаптивная фильтрация сигналов: теория и алгоритмы – М.: Техносфера, 2013. – 528 с.
6. Сергиенко А. Б. Цифровая обработка сигналов: учеб. пособие. — 3-е изд. — СПб.: БХВ-Петербург, 2011. — 768 с.
7. Монзинго Р.А., Адаптивные антенные решетки: Введение в теорию/ Р.А. Монзинго, Т.У Миллер // Пер. с англ. —М.Радио и Связь,1986.— 448 с.
8. Уидроу Б.А., Адаптивная обработка сигналов / Б.А. Уидроу, С.У. Стирнс // Пер. с англ. —М.Радио и Связь,1989.— 440 с.
9. Радиоэлектронные системы: Основы построения и теория. Справочник. Издание второе, переработанное и дополненное. / Под редакцией Я.Д. Ширмана. М.: Радиотехника, 2007. – 828 с.
10. Саломатин, С. Б. Цифровые адаптивные методы защиты от помех: учеб.-метод. пособие по курсам «Цифровая обработка сигналов», «Методы и средства радиоэлектронной защиты» для студ. спец. «Радиоэлектронные системы», «Радиоэлектронная защита информации» днев. формы обуч. / С. Б. Саломатин, Д. Л. Ходыко. - Минск: БГУИР, 2007. - 84 с
11. S. Haykin, Adaptive Filter Theory, 5th Edition, Prentice Hall, 2013. -912p.
12. Адаптивные радиотехнические системы с антенными решетками/ Журавлев А.К., Хлебников В.А, Родимов А.П. и др. — Л.: Издательство Ленинградского университета, 1991— 544 с.
13. Адаптивная компенсация помех в каналах связи / Под. ред. Ю.И.Лосева. М.:Радио и связь.1988.
14. Ратынский М.В. Адаптация и сверхразрешение в антенных решетках – М.: Радио и связь, 2003. – 200 с.
15. Джиган В.И. Адаптивные фильтры. Современные средства моделирования и примеры реализации. – Электроника: НТБ, 2012, №7, с.106–125

8. Засоби діагностики успішності навчання

Студенти виконують модульну контрольну роботу за темами 2-4 та здають екзамен. Мета модульного контролю – контроль виконання завдань самостійного вивчення тем лекційного курсу (перевірка конспектів) та контроль поточних знань студентів у формі письмових опитів (аудиторна контрольна робота).

Засобами діагностики успішності є білети з теоретичними та практичними завданнями для проведення модульного контролю та екзамену. Питання, які виносяться на контроль попередньо доводяться до студентів перед проведенням запланованого заходу.

9. Методичні рекомендації

В робочій навчальній програмі дисципліни «Методи оптимальної та адаптивної фільтрації сигналів» для денної форми навчання вказується, яка частина тем навчальної програми даної дисципліни відноситься для самостійного опрацювання, на яке виділено для кожної теми певна кількість годин СРС.