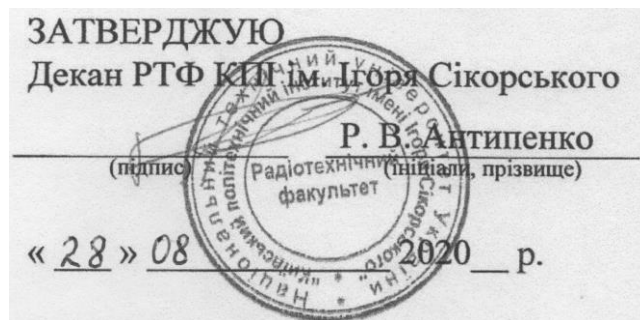


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
РАДІОТЕХНІЧНИЙ ФАКУЛЬТУТ



МЕТОДИ ОПТИМАЛЬНОЇ ТА АДАПТИВНОЇ ФІЛЬТРАЦІЇ
СИГНАЛІВ

РОБОЧА ПРОГРАМА

кредитного модулю

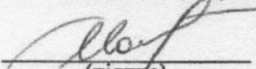
рівень вищої освіти	<u>Третій (освітньо-науковий)</u> (рівень освіти)
спеціальність	<u>172 Телекомунікації та радіотехніка</u> (шифр і назва)
освітня програма	<u>Телекомунікації та радіотехніка</u> (назва)
форма навчання	<u>денна</u> (денна/заочна)

Ухвалено методичною комісією
Радіотехнічного факультету

(назва інституту/факультету)

Протокол від 28.08.2020р. № 08/2020

Голова методичної комісії

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

Київ — 2020

Робоча програма кредитного модуля «Методи оптимальної та адаптивної фільтрації сигналів» для студентів за спеціальністю 172 Телекомунікації та радіотехніка та освітньо-науковою програмою Телекомунікації та радіотехніка за денною формою навчання складена відповідно до програми навчальної дисципліни «Методи оптимальної та адаптивної фільтрації сигналів».

Розробники робочої програми:

<u>Завідувач кафедри, д.т.н., проф., Жук Сергій Якович</u>	
(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)

Робочу програму затверджено на засіданні кафедри
радіотехнічних пристроїв та систем
Протокол від «27» травня 2020 року № 9/2020

Завідувач кафедри	
	С.Я. Жук
(підпис)	(ініціали, прізвище)
«27» 05 2020 р.	

1. Опис кредитного модуля

Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень	Загальні показники	Характеристика кредитного модуля
Галузь знань <u>17 Електроніка та телекомунікації</u> (шифр і назва)	Назва дисципліни, до якої належить кредитний модуль <u>Методи оптимальної та адаптивної фільтрації сигналів</u>	Форма навчання <u>денна</u> (денна / заочна)
Спеціальність <u>172 «Телекомунікації та радіотехніка»</u> (шифр і назва)	Кількість кредитів ECTS <u>5</u>	Цикл <u>професійної підготовки</u> (нормативний або за вибором ВНЗ/студентів))
Освітньо-наукова програма <u>Телекомунікації та радіотехніка</u>	Кількість розділів <u>1</u>	Навчальна дисципліна належить до <u>Професійної та практичної підготовки</u>
Рівень вищої освіти <u>Третій (освітньо-науковий)</u>	Індивідуальне завдання <u>Не передбачено</u>	Рік підготовки 2020/2021 р.
		Семестр <u>2</u>
Ступінь <u>Доктор філософії</u>	Загальна кількість годин <u>150</u>	Лекції <u>36 год.</u>
		Практичні (семінарські) <u>36 год.</u>
		Лабораторні (комп'ютерний практикум) Не передбачені.
	Тижневих годин: аудиторних – <u>4</u> СРС – <u>4</u>	Самостійна робота <u>78 год.</u>
		Вид та форма семестрового контролю екзамен (екзамен / залік / диф. залік; усний / письмовий / тестування тощо)

Дисципліна «Методи оптимальної та адаптивної фільтрації сигналів» належить до дисциплін професійної та практичної підготовки. Вона вивчається в 2 семестрі і складається з одного кредитного модулю.

Робоча навчальна програма дисципліни складена згідно з освітньо-науковою програмою «Телекомунікації та радіотехніка» зі спеціальності 172 Телекомунікації та радіотехніка і навчальної програми дисципліни.

Кредитний модуль «Методи оптимальної та адаптивної фільтрації сигналів» ґрунтується на знаннях навчального матеріалу, передбаченого навчальними програмами дисциплін освітньо-кваліфікаційного рівня «Доктора філософії».

2. Мета та завдання кредитного модуля

2.1. Метою кредитного модуля 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.

2.2. 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.

3. Структура кредитного модуля

Назви розділів і тем	Кількість годин				
	Всього	у тому числі			
		Лекції	Практичні (семінарські)	Лабораторні (комп'ютерний практикум)	СРС
1	2	3	4	5	6
Розділ (змістовий модуль) 1. Методи оптимального оброблення сигналів.					
<i>Тема 1. Статистичні моделі сигналів та інформаційних процесів в телекомунікаційних та радіотехнічних системах..</i>	18	4	4	-	10
<i>Тема 2. Методи оптимальної і квазіоптимальної фільтрації сигналів.</i>	50	14	12	-	24
<i>Тема 3. Методи синтезу адаптивних алгоритмів фільтрації при наявності навчаючої вибірки.</i>	42	10	12	-	20
<i>Тема 4. Методи синтезу адаптивних алгоритмів фільтрації при відсутності навчаючої вибірки</i>	32	8	8	-	16
<i>Модульна контрольна робота за темами 2-4</i>	4	-	-	-	4
<i>Екзамен</i>	4	-	-	-	4
Всього годин	150	36	36	-	78

4. Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)
1	Предмет і зміст дисципліни. Типові використання оптимальних і адаптивних фільтрів в телекомунікаційних та радіотехнічних системах. Гаусівські процеси в дискретному часі.
2	Марківські випадкові процеси та їх класифікація. Марковські послідовності. Ланцюги Маркова.
3	Оптимальна нелінійна фільтрація в дискретному часі. Синтез квазіоптимального алгоритму нелінійної фільтрації сигналів в дискретному часі на основі методу лінеаризації.
4	Синтез оптимального алгоритму лінійної фільтрації в дискретному часі. Фільтр Калмана та його властивості.
5	Траскторна фільтрація параметрів руху цілі за даними РЛС.
6	Синтез оптимального алгоритму лінійної фільтрації при наявності корельованих завад в дискретному часі.
7	Оптимальне комплексуювання вимірювачів. Багатоканальна фільтрація з паралельною, послідовною обробкою вимірювань, а також з попереднім стисненням даних.

8	Синтез алгоритму визначення місцеположення джерела радіовипромінювання на основі RSS-вимірювань сенсерної мережі.
9	Одночасне виявлення і фільтрація сигналів при наявності білого шуму в дискретному часі.
10	Узагальнена структура адаптивного фільтру. Поверхня середньквдратичної помилки. Синтез фільтра Вінера в часовій області. Аналіз фільтра Вінера. <i>Завдання на CPC</i> . Лінійно-обмежена вінерівська фільтрація. /4/, с. 102-109.
11	Чисельні методи пошуку вінерівського рішення. LMS-алгоритм і його властивості. Перехідні процеси в LMS-алгоритмі. Якість адаптивної фільтрації сигналів за допомогою LMS-алгоритму. <i>Завдання на CPC</i> . Лінійно-обмежені LMS-алгоритми /4/, с. 172-181..
12	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.
13	Адаптивні антенні решітки. Діаграма спрямованості антенної решітки. Модель перешкод в антенній решітці. Оптимальний вектор вагових коефіцієнтів на основі вінерівського рішення.
14	Адаптивна компенсація перешкод в антенній решітці на основі LMS- і RLS- алгоритмів.
15	Види апіорної невизначеності. Байєсівський підхід подолання параметричної апіорної невизначеності. Небайєсівський підхід на основі методу максимальної правдоподібності. Рівномірно найкращі вирішальні правила. Поняття про методи подолання непараметричної апіорної невизначеності.
16	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.
17	Оптимальний і квазіоптимальні алгоритм адаптивного оцінювання параметрів руху джерела випромінювання на основі RSS-вимірювань сенсорної мережі при невідомій потужності передавача.
18	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.

5. Практичні заняття

Мета практичних занять полягає в тому, щоб: практично закріпити та поглибити матеріал теоретичного лекційного курсу, набути навиків використання обчислювальної техніки при проведенні розрахунків.

1. *Практичне заняття 1.* Статистичні моделі сигналів і інформаційних процесів в телекомунікаційних та радіотехнічних системах.

2. *Практичне заняття 2.* Оптимальний і квазіоптимальний алгоритми нелінійної фільтрації в дискретному часі.

3. *Практичне заняття 3.* Оптимальні алгоритми лінійної фільтрації в дискретному часі.

Практичне заняття 4. Оптимальний і квазіоптимальні алгоритми багатоканальної фільтрації в дискретному часі.

Практичне заняття 5. Алгоритми вінерівської фільтрації в часовій області.

Практичне заняття 6. Алгоритми адаптивної фільтрації за критерієм найме-

нших квадратів.

Практичне заняття 7. Алгоритми адаптивної компенсації завад в цифрових лінійних антенних решітках.

Практичне заняття 8. Алгоритми адаптивної фільтрації на основі байєсівського підходу.

Практичне заняття 9. Алгоритми адаптивної фільтрації сигналів на основі багатоальтернативної перевірки гіпотез.

6. Лабораторні заняття (комп'ютерний практикум)

Лабораторні заняття не заплановані.

7. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми, що виноситься на самостійне опрацювання	Кількість годин СРС
1	Лінійно-обмежена вінерівська фільтрація. /4/, с. 102-109.	2
2	Лінійно-обмежені LMS- і NLMS-алгоритми /4/, с. 173-181.	2

8. Індивідуальні завдання

Індивідуальні завдання не заплановані.

9. Контрольні роботи

Студенти виконують модульну контрольну роботу за темами 2-4. 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).

Перелік теоретичних питань модульної контрольної роботи:

1. Оптимальний алгоритм нелінійної фільтрації в дискретному часі.
2. Квазіоптимальний алгоритм нелінійної фільтрації в дискретному часі.
3. Багатовимірний фільтр Калмана в дискретному часі.
4. Оптимальна лінійна фільтрація при наявності корельованих завад
5. Оптимальне комплексовання вимірювачів.
6. Вінерівська фільтрація. Поверхня середньквдратичної помилки.
7. Лінійно-обмежена вінерівська фільтрація.
8. LMS-алгоритм і його властивості.
9. Лінійно-обмежений LMS-алгоритм.
10. Адаптивна фільтрація за критерієм найменших квадратів. Основні властивості LS-рішення.
11. Рішення рекурсивної задачі найменших квадратів. Основні властивості RLS-алгоритму.

12. Адаптивні антенні решітки. Оптимальний вектор вагових коефіцієнтів на основі вінерівського рішення.
13. Адаптивна компенсація перешкод в антенній решітці на основі LMS- і RLS-алгоритмів.
14. Методи подолання апіорної невизначеності.
15. Адаптивна фільтрація сигналів на основі байєсівського підходу.
16. Адаптивна фільтрація сигналів на основі сумісних алгоритмів багатоальтернативної перевірки гіпотез і фільтрації.

10. Рейтингова система оцінювання результатів навчання

Надається студентам на першому занятті.

Положення

про рейтингову систему оцінки успішності студентів
з кредитного модуля „Методи адаптивного оброблення сигналів”.

Рейтингова оцінка з дисципліни RD (тобто екзаменаційна оцінка за семестр) формується як сума балів поточної успішності навчання (стартовий рейтинг R_C) та екзаменаційних балів (екзаменаційний рейтинг R_E). RD розраховується за 100 бальною шкалою, як $RD = R_C + R_E$

Рейтинг студента з дисципліни складається з балів, які він отримує за:

1. Стовідсоткове відвідування.
2. Експрес-контроль з практичних занять.
3. Модульний контроль. Виконується одна контрольна робота.
4. Відповіді на екзамені.

Пункти 1-3 складають суму балів поточної успішності навчання є стартовим рейтингом з дисципліни R_C .

Система рейтингових балів та критерії оцінювання:

1. Стовідсоткове відвідування лекцій – 10 балів.
2. Експрес-контроль з практичних занять. Нараховуються бали:
 - повна відповідь на питання - 10 балів;
 - повна відповідь з неістотними помилками - 8 бали;
 - відповідь не повністю розкриває питання, є істотні помилки - 4 бали;
 - немає відповіді, неправильна відповідь - 0 балів.

Максимальна сума балів – 30 бал.

3. Модульний контроль МКР має 2 питання.
 - повна відповідь на питання - 10 балів;
 - повна відповідь з неістотними помилками - 8 бали;
 - відповідь не повністю розкриває питання, є істотні помилки - 4 бали;
 - немає відповіді, неправильна відповідь - 0 балів.

Максимальна сума балів за одну МКР – 20.

Сума максимально можливих балів контрольних заходів (п.1-3) протягом семестру складає:

$$R_{\text{СЕМ}} = 10 + 30 + 20 = 60 \text{ балів.}$$

Умовою допуску до екзамену є сума не менша 0,5 R_C тобто 30 балів.

- студентам, які мають R_C менше 30 балів, до початку сесії та в період після сесії в терміни, визначені деканатом, надається можливість підвищити рейтинг та скласти залік.

- студенти, які набрали 54-60 балів, не складають залік і можуть отримати оцінку за згодою студента «добре».

- студенти, які за рейтинговим оцінюванням набрали менше 54 балів, складають залік і можуть отримати на екзамені оцінки A, B, C, D, E, F, FX.

5. Відповідь на екзамені.

На екзамені білет складається з двох теоретичних питань і задачі. Перелік теоретичних питань наведений в методичних вказівках до засвоєння кредитного модуля. Кожне теоретичне питання оцінюється в 15 балів. Система оцінювання відповіді на питання:

- «відмінно», повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 15-14 балів;
- «добре», достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації, або незначні неточності) – 13-11 балів;
- «задовільно», неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації та деякі помилки) – 11-9 балів;
- «незадовільно», незадовільна відповідь – 0 балів.

Задача оцінюється в 10 балів. Система оцінювання вирішення задачі:

- «відмінно», правильне вирішення – 10 балів;
- «добре», незначні неточності – 9-8 балів;
- «задовільно», деякі помилки, але ж в цілому спосіб вирішення вірний – 7-6 балів;
- «незадовільно», невірне вирішення – 0 балів.

Рейтингові оцінки з дисципліни RD виставляються до екзаменаційної відомості та книжки у відповідності до таблиці:

Значення рейтингу RD з дисципліни за семестр	Традиційна екзаменаційна оцінка
95 - 100	Відмінно
85 – 94	Дуже добре
75 – 84	Добре
65 - 74	Задовільно
60 – 64	Достатньо
Менше 60	Незадовільно

11. Методичні рекомендації.

Студентам на початку семестру надається диск зі всією необхідною для вивчення дисципліни інформацією.

12. Рекомендована література

12.1. Базова

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

12.2. Допоміжна

1. S. Haykin, Adaptive Filter Theory, 5th Edition, Prentice Hall, 2013. -912p.
2. Адаптивные радиотехнические системы с антенными решетками/ Журавлев А.К., Хлебников В.А, Родимов А.П. и др. — Л.: Издательство Ленинградского университета, 1991— 544 с.
3. Адаптивная компенсация помех в каналах связи / Под. ред. Ю.И. Лосева. М.: Радио и связь. 1988.
4. Ратынский М.В. Адаптация и сверхразрешение в антенных решетках – М.: Радио и связь, 2003. – 200 с.
5. Джиган В.И. Адаптивные фильтры. Современные средства моделирования и примеры реализации. – Электроника: НТБ, 2012, №7, с.106–125

13. Інформаційні ресурси

1. Сервер кафедри РТПС (електронні версії літератури, методичні вказівки, завдання).
2. «Кампус» НТУУ «КПІ» (програми, методичні вказівки, завдання).