



ТЕОРІЯ ЙМОВІРНОСТЕЙ В РАДІОТЕХНІЦІ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Перший (бакалаврський)
Галузь знань	17 Електроніка, автоматизація та електронні комунікації
Спеціальність	172 Електронні комунікації та радіотехніка
Освітня програма	Радіотехнічні комп'ютеризовані системи
Статус дисципліни	Нормативна
Форма навчання	заочна
Рік підготовки, семестр	3 курс, осінній семестр
Обсяг дисципліни	3/90 (12 годин – лекції, 4 годин – практичні заняття, 74 годин – СРС)
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Залік, МКР
Розклад занять	http://rozklad.kpi.ua
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: д.т.н., проф. Васильєв Володимир Миколайович, +38(063)958-58-77, vasbelonovskij@gmail.com Практичні заняття: д.т.н., проф. Васильєв Володимир Миколайович
Розміщення курсу	https://do.ipu.kpi.ua/course/view.php?id=6380

Програма навчальної дисципліни

1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Опис навчальної дисципліни. При дослідженні різних фізичних і технічних задач часто доводиться зустрічатися з явищами особливого типу, які прийнято вважати випадковими. Випадкове явище - це таке явище, яке при неодноразовому відтворенні одного і того ж досвіду протікає щораз дещо по-іншому.

На практиці все сигнали, які призначені для передачі інформації, носять випадковий характер. Не торкаючись специфічних особливостей, які є характерними для окремих галузей радіотехніки (радіозв'язок, радіолокація, радіонавігація, телекомунікація та ін.), треба відмітити наявність великої кількості чинників випадкової природи, які дуже сильно впливають на функціонування радіотехнічних систем.

Вивчення теорії ймовірностей дає необхідну базу знань для вирішення таких задач, як задача фільтрація в радіотехніці (розпізнавання корисного сигналу на тлі завад), виявлення і розпізнавання образів (об'єктів) в системах спостереження, підвищення достовірності прийняття рішень в системах керування, задача оцінка характеристик телекомунікаційних мереж, оцінка і підвищення надійності систем і ін.

Мета навчальної дисципліни. Метою навчальної дисципліни є:

– набуття знань про основні теореми теорії ймовірностей, загальні визначення та властивості законів розподілу та числових характеристик випадкових величин, систем випадкових величин, основні задачі математичної статистики;

– набуття знань про методи розрахунку характеристик випадкових величин, систем випадкових величин, визначення законів розподілу при функціональних перетвореннях випадкових величин, оцінки законів розподілу та числових характеристик результатів спостережень.

– застосування набутих знань при виконанні розрахунків надійності та завадостійкості радіоелектронних засобів, основних характеристик випадкових величин;

– набуття навичок практичного використання типових комп'ютерних пакетів прикладних програм при проведенні ймовірнісних розрахунків.

Предмет вивчення. Предметом вивчення навчальної дисципліни є закономірності у випадкових явищах, що відбуваються в процесі функціонування сучасних радіотехнічних систем і можуть бути представлені у вигляді випадкових подій, випадкових величин, систем випадкових величин, а також методи їх дослідження з використанням експериментальних даних.

Компетентності:

– здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях (ЗК 02);

– здатність до виконання аналізу, розрахунку, оптимізації вихідних характеристик математичних та схемних моделей аналогових та цифрових пристроїв радіотехнічних систем в залежності від діапазону частот з урахуванням факторів зовнішнього впливу, використовувати інформаційні ресурси Internet для отримання математичних та конструкторських моделей радіокомпонент від виробників (ФК 18);

– здатність розробляти алгоритми оптимальної обробки сигналів в радіотехнічних комп'ютеризованих системах, що працюють в умовах завад, та досліджувати їх ефективність шляхом статистичного моделювання на ЕОМ з використанням спеціалізованих програмних засобів, та розробляти технічні рішення для підвищення ефективності функціонування (ФК 19).

Програмні результати навчання:

– аналізувати, аргументувати, приймати рішення при розв'язанні спеціалізованих задач та практичних проблем телекомунікацій та радіотехніки, які характеризуються комплексністю та неповною визначеністю умов (ПРН 01);

– застосування фундаментальних і прикладних наук для аналізу та розробки процесів, що відбуваються в телекомунікаційних та радіотехнічних системах (ПРН 13);

– будувати моделі функціонування радіонавігаційних і радіолокаційних систем в умовах завад, розробляти алгоритми оптимального виявлення, розрізнення, оцінки невідомих параметрів і фільтрації сигналів в радіотехнічних системах різного функціонального призначення в умовах завад. Досліджувати ефективність отриманих алгоритмів оптимального виявлення, розрізнення, оцінки невідомих параметрів і фільтрації сигналів шляхом статистичного моделювання (ПРН 26).

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

Знання:

– знати та розуміти, які поняття та ймовірнісні закономірності випадкових явищ використовуються при аналізі сучасних радіотехнічних пристроїв і систем;

– знати основні теореми теорії ймовірності та мати уявлення про методи розрахунку законів розподілу та числових характеристик випадкових величин і систем випадкових величин;

– мати уявлення про випадкові процеси та їх основні ймовірнісні характеристики;

– мати уявлення про задачі і методи аналізу закономірностей випадкових явищ на основі експериментальних даних.

Уміння:

- орієнтуватися в матеріалах дисципліни – основних поняттях теорії ймовірності, ймовірнісних закономірностях випадкових подій, випадкових величин, систем випадкових величин, а також методах їх дослідження;
- грамотно та професійно виконувати розрахункові роботи.

Досвід:

- застосування набутих знань при вирішенні практичних задач з використанням теоретико-ймовірнісних розрахунків;
- статистичної обробки експериментальних даних.

2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)

Пререквізити: навчальна дисципліна «Теорія ймовірностей в радіотехніці» базується на знаннях з таких дисциплін: «Математичний аналіз»

Постреквізити: навчальна дисципліна «Теорія ймовірностей в радіотехніці» є основою для вивчення "Технології оптимального оброблення сигналів", для вивчення всіх наступних спеціальних дисциплін, в яких розглядаються процеси функціонування сучасних телекомунікаційних та радіотехнічних пристроїв і систем різного призначення.

3. Зміст навчальної дисципліни

Лекційні заняття

Лекція 1. Випадкові події, визначення ймовірності події, основні теореми.

Лекція 2. Випадкові величини та їх характеристики.

Лекція 3. Системи випадкових величин та їх функціональні перетворення.

Лекція 4. Основи математичної статистики.

Лекція 5. Регресійний аналіз. Метод найменших квадратів.

Лекція 6. Аналіз похибок вимірювань радіонавігаційних систем.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Література базова:

1. Васильєв В.М. Теорія ймовірностей в радіотехніці: підручник / В.М. Васильєв, С.Я. Жук. – К.: НТУУ «КПІ», 2023. – 362 с. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/56854>
2. Скороход А. В. Елементи теорії ймовірностей та випадкових процесів / А. В.Скороход. – К.: Вища школа, 1975. – 295 с.
3. Дорош А. К. Теорія ймовірностей та математична статистика / А. К. Дорош, О. П. Коханівський. – К. : НТУУ «КПІ», 2006. – 268 с.
4. Горбань І.І. Теорія ймовірностей і математична статистика для наукових працівників та інженерів / Горбань І.І. – Київ, 2003. – 244 с.
5. Турчин В.М. Теорія ймовірностей і математична статистика. Основні поняття, приклади, задачі: підруч. для студ. вищ. навч. закл. / В.М. Турчин. – Дніпропетровськ: ІМА-прес, 2014. – 556 с.
6. Кушлик-Дивульська О. І. Теорія ймовірностей та математична статистика: навч. посіб. / О. І. Кушлик-Дивульська, Н. В. Поліщук, Б. П. Орел, П. І. Штабалюк. – К: НТУУ «КПІ», 2014. – 212 с.

Література допоміжна:

1. Жлуктенко В. І. Теорія ймовірностей і математична статистика: навч.-метод. посіб. у 2-х ч. – Ч. I. Теорія ймовірностей / В.І. Жлуктенко, С.І. Наконечний. – К.: КНЕУ, 2000. –304 с.
2. Жлуктенко В. І. Теорія ймовірностей і математична статистика: навч.-метод. посіб. у 2-х ч. – Ч. II. Математична статистика / В.І. Жлуктенко, С.І. Наконечний, С.С. Савіна. – К.: КНЕУ, 2001. – 338 с.
3. Васильєва Л. В. Регресійні моделі та аналіз часових рядів: навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. / Л. В. Васильєва, О. А. Кльованик. – Краматорськ : ДДМА, 2010. – 176 с.
4. Жильцов О.Б. Теорія ймовірностей та математична статистика у прикладах і задачах: навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. / О.Б. Жильцов; за ред. Г.О. Михаліна. — К. : Київ. ун-т ім. Б. Грінченка, 2015. — 336 с.
5. Васильєв, В. М. Теорія ймовірностей в радіотехніці. Практикум / В. М. Васильєв.– Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 128 с. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/56854>
6. Васильєв В.М. Моделювання аеронавігаційних систем. Оброблення інформації та прийняття рішень у системі керування повітряним рухом: навч. посіб./ В.М.Васильєв, В.П.Харченко. – К.: НАУ, 2008. – 108 с.

Інформаційні ресурси

1. Науково-технічна бібліотека НТУУ «КПІ» ім. Г.І.Денисенка. Доступ з мережі університету: <http://servict.library.ntu-kpi.ua/documents/E041/doc>
2. Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут». Каталог інформаційних ресурсів НТУУ «КПІ». Доступ з мережі університету: <http://direktori.kpi.ua/author/3398>

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Лекційні заняття

Лекція 1. Випадкові події, визначення ймовірності події, основні теореми. Визначення випадкової події. Види подій. Відносна частота і ймовірність події. Класичне визначення ймовірності. Елементи комбінаторики і безпосередній підрахунок ймовірності. Геометричне визначення ймовірності. Теоретико-множинний підхід до визначення ймовірності. Операції над подіями та їх властивості. Основні теореми теорії ймовірностей, формула Бернуллі, формула Байєса.

Лекція 2. Випадкові величини та їх характеристики. Дискретні і неперервні випадкові величини. Ряд ймовірностей дискретної випадкової величини. Функція розподілу ймовірностей дискретної і неперервної випадкової величини. Щільність ймовірностей неперервної випадкової величини. Числові характеристики випадкових величин: математичне сподівання, мода, медіана, дисперсія, початкові і центральні моменти. Основні закони розподілу випадкових величин та їх характеристики.

Лекція 3. Системи випадкових величин та їх функціональні перетворення. Функція розподілу ймовірностей системи двох випадкових величин, двомірна сумісна щільність ймовірності системи двох неперервних випадкових величин. Умовні функція розподілу і щільність ймовірності випадкових величин. Числові характеристики системи двох випадкових величин. Безумовні і умовні математичні сподівання і дисперсії. Кореляційний момент та коефіцієнт кореляції. Незалежність і некорельованість випадкових величин.

Лекція 4. Основи математичної статистики. Способи представлення результатів

експериментальних досліджень. Статистичний розподіл вибірки. Емпірична функція розподілу. Визначення та властивості оцінки параметрів законів розподілу випадкових величин. Статистична оцінка: незміщеність; спроможність; ефективність; достатність оцінки. Інтервальна оцінка. Основні поняття з теорії перевірки статистичних гіпотез. Критерії згоди про вигляд розподілу, критерій незалежності.

Лекція 5. Регресійний аналіз. Метод найменших квадратів. Задачі регресійного аналізу. Регресійна залежність. Припущення. Процедура регресійного аналізу: підбір моделі, види регресійної моделі, оцінка параметрів моделі, аналіз адекватності моделі. Однофакторна лінійна та нелінійна регресія. Багатофакторна лінійна регресія. Розв'язання задачі регресії з використанням методу найменших квадратів. Формулювання МНК. Застосування МНК для оцінки вимірів в радіотехнічних системах спостереження.

Лекція 6. Аналіз похибок вимірювань радіонавігаційних систем. Види та математичні моделі похибок радіовимірювальних систем. Характеристики статистичних оцінок похибок. Похибки радіонавігаційних систем як система випадкових величин. Випадкові похибки вимірів кутомірно-далекомірних радіонавігаційних систем. Вплив похибок вимірів на точність визначення місцеположення об'єкту. Позиціонування об'єктів. Точність визначення місцеположення. Розрахунок зон визначення місцеположення об'єктів з заданою точністю.

Практичні заняття

Практичне заняття 1. Визначення ймовірностей подій. Моделювання випадкових подій та оцінка їх ймовірностей.

Практичне заняття 2. Похибки вимірювань радіонавігаційних систем, робочі зони.

6. Самостійна робота студента

№ з/п	Назва теми, що виноситься на самостійне опрацювання	Кількість годин СРС
1.	Застосування теорем ймовірностей для розрахунку надійності радіотехнічних пристроїв.	4
2.	Використання формули Байєса для аналізу.	4
3.	Властивості математичного сподівання і дисперсії.	4
4.	Інтеграл ймовірності.	4
5.	Граничні теореми.	4
6.	Функція розподілу ймовірностей багатовимірної випадкової величини.	4
7.	Числові характеристики системи двох випадкових величин.	4
8.	Доведення властивостей статистичних оцінок.	4
9.	Критерії згоди.	4
10.	Завдання апріорних даних в ймовірнісних методах.	4
11.	Оцінка параметрів регресійної моделі.	4
12.	Погрішність оцінки за МНК.	4
13.	Проблема лінеаризації при визначенні характеристик похибок радіонавігаційних систем.	4
14.	Підготовка до практичних занять.	6
15.	Підготовка до МКР.	6
16.	Підготовка до заліку.	10
	Всього:	74

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Рекомендовані методи навчання: вивчення основної та допоміжної літератури за тематикою лекцій, розв'язування задач на практичних заняттях та при виконанні завдань. Студенту рекомендується вести докладний конспект лекцій. Важливим аспектом якісного засвоєння матеріалу, відпрацювання методів та алгоритмів вирішення основних завдань дисципліни є самостійна робота. Вона містить читання літератури, огляд літератури за темою, підготовку до занять, контрольних заходів, заліку та іспиту.

Правила відвідування занять. Відвідування лекцій, практичних занять, а також відсутність на них, не оцінюється. Однак, студентам рекомендується відвідувати заняття, оскільки на них викладається теоретичний матеріал та розвиваються навички, необхідні для виконання семестрових контрольних заходів. Система оцінювання орієнтована на отримання балів за своєчасність виконання практичних робіт, а також виконання завдань, які здатні розвинути практичні уміння та навички.

На лекції заборонено відволікати викладача від викладання матеріалу, усі питання, уточнення та ін. студенти задають в кінці лекції у відведений для цього час.

Призначення заохочувальних та штрафних балів. Заохочувальні бали виставляються за: активну участь на практичних заняттях, участь у конкурсах робіт, підготовку та публікацію наукових статей і тезисів доповідей на наукових конференціях, участь в науково-дослідній роботі на тему, що відповідає темам дисципліни. Кількість заохочуваних балів не більше 10.

Академічна доброчесність Політика та принципи академічної доброчесності визначені у розділі 3 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: <https://kpi.ua/code>.

Норми етичної поведінки Норми етичної поведінки студентів і працівників визначені у розділі 2 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: <https://kpi.ua/code>.

Навчання іноземною мовою Навчальна дисципліна «Теорія ймовірностей в радіотехніці» передбачає її вивчення українською мові. У процесі викладання навчальної дисципліни використовуються матеріали та джерела англійською мовою.

Студенти мають можливість отримати знання з окремих тем та розділів навчальної дисципліни на навчальних курсах платформи Coursera (<https://www.coursera.org>), Prometheus (<https://prometheus.org.ua>) та ін., у якості змішаного чи додаткового навчання згідно Положення про визнання в КПІ ім. Ігоря Сікорського результатів навчання, набутих у неформальній/інформальній освіті (<https://osvita.kpi.ua/node/179>).

8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

8.1. Види контролю

Поточний контроль: здійснюється шляхом опитування на практичних заняттях та при виконанні контрольних робіт.

Календарний контроль: провадиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.

Календарний контроль студентів проводиться за значенням поточного рейтингу студента на час атестації. Якщо значення цього рейтингу не менше 50 % від максимально можливого на час проведення такого контролю, студент вважається атестованим.

Семестровий контроль: в 5 семестрі – залік.

8.2. Рейтингова система оцінювання результатів навчання

1. Оцінювання результатів навчання здійснюється за 100-бальною шкалою з подальшим переведенням до оцінок за університетською шкалою.

2. Рейтингова оцінка здобувача складається з балів, отриманих здобувачем за результатами заходів поточного контролю, заохочувальних балів.

3. Рейтингова оцінка доводиться до здобувачів на передостанньому занятті з дисципліни в семестрі.

4. Здобувачі, які виконали всі умови допуску до заліку та мають рейтингову оцінку 60 і більше балів, отримують відповідну до набраного рейтингу оцінку без додаткових випробувань.

5. Зі здобувачами, які виконали всі умови допуску до заліку та мають рейтингову оцінку менше 60 балів, а також з тими здобувачами, хто бажає підвищити свою рейтингову оцінку, на останньому за розкладом занятті з дисципліни в семестрі викладач проводить семестровий контроль у вигляді залікової контрольної роботи.

6. Положення про рейтингову систему оцінки успішності доводиться на першому занятті з дисципліни.

8.3. Критерії нарахування балів

1. Виконання завдань з практичних занять (2 заняття). Завдання оцінюється із 20 балів:

- повна відповідь – 20 балів;
- достатньо повна відповідь або повна відповідь з незначними помилками – 18 балів;
- неповна відповідь та незначні помилки – 15 балів;
- неповна відповідь з істотними помилками – 12 балів;
- зміст відповіді не відноситься до суті завдання, або результати під час виконання завдання не отримані – 0 балів.

2. Контрольна робота оцінюється із 60 балів:

- правильно і повністю виконані всі завдання (не менше 95 % потрібної інформації) – 60 балів;
- частково виконані завдання (не менше 85% потрібної інформації) – 51 балів;
- завдання контрольної роботи виконані із помилками (не менше 65 % потрібної інформації) – 40 балів;
- завдання контрольної роботи виконані з істотними помилками (не менше 60 % потрібної інформації) – 36 балів;
- завдання не виконані або містять грубі помилки – 0 балів.

3. Сума максимально можливих балів контрольних заходів (пункти 1-2) протягом семестру (R_c) складає:

$$R_c = 40 + 60 = 100 \text{ балів.}$$

4. Умовою допуску до заліку є рейтингова оцінка не менша 40 балів і відсутність заборгованостей з виконання завдань.

5. Складання заліку оцінюється із 100 балів. На заліку студенти відповідають на питання білету. Відповіді на запитання (завдання) оцінюються за такими критеріями:

- «відмінно», повна відповідь (не менше 95 % потрібної інформації) – 95 -100 балів;

- «дуже добре», достатньо повна відповідь (не менше 85 % потрібної інформації, або незначні неточності) – 94 - 85 балів;
- «добре», достатньо повна відповідь (не менше 75 % потрібної інформації, або незначні неточності) – 84 - 75 балів;
- «задовільно», неповна відповідь (не менше 65 % потрібної інформації та деякі помилки – 65 - 74 балів;
- «достатньо» (менше 60 % потрібної інформації, помилки – 60 - 64 балів;
- «незадовільно», незадовільна відповідь – 0 - 59 балів, залік вважається не зданий.

6. Після виконання залікової контрольної роботи здобувач отримує рейтингову оцінку з дисципліни R_D , що є більшою з оцінок, що отримані за результатами залікової контрольної роботи або за рейтингом R_C (п.3.14 ПОЛОЖЕННЯ про систему оцінювання результатів навчання в КПІ ім. Ігоря Сікорського).

7. Рейтингова оцінка з дисципліни R_D переводиться до семестрової оцінки згідно з таблицею:

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою

<i>Кількість балів</i>	<i>Оцінка</i>
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Перелік питань для контролю якості засвоєння курсу дисципліни:

1. Що означає випадкова подія, класичне визначення ймовірності події?
2. Покажіть операції над випадковими подіями.
3. Чим відрізняється перестановка елементів множини від їх розміщення?
4. Як комбінація елементів множини пов'язана з біномом Ньютона?
5. Як статистично визначити ймовірність події?
6. Як змоделювати просту випадкову подію?
7. Як змоделювати повну групу випадкових подій?
8. Надати характеристику сумісних, несумісних, статистично залежних і незалежних випадкових подій.
9. Чим відрізняється операція додавання ймовірностей несумісних і сумісних подій?
10. Чим відрізняється операція множення ймовірностей залежних і незалежних подій?
11. Коли необхідно розрахувати повну ймовірність?
12. Пояснить формулу Байєса, де вона застосовується в радіотехніці.
13. Коли застосовується теорема о повторенні дослідів?
14. Зобразить графік ряду ймовірностей дискретної випадкової величини.
15. Зобразить графічно функцію розподілу для дискретної випадкової величини.
16. Покажіть математичний зв'язок функції розподілу з щільністю ймовірності.
17. Як визначити імовірність попадання неперервної випадкової величини в заданий інтервал?
18. Що характеризує дисперсія випадкової величини?
19. Які показники є узагальненими числовими характеристиками випадкових величин?

20. Як з випадкової величини з рівномірним розподілом отримати величину з нормальним розподілом?
21. Як показниковий закон розподілу використовується в розрахунках показників надійності радіотехнічних систем?
22. Як розподіл Пуассона використовується в системах зв'язку?
23. Де розподіл χ^2 використовується в статистиці?
24. Яким показником характеризується статистична залежність випадкових величин?
25. Як математично описуються похибки вимірів радіотехнічних систем?
26. Наведіть характеристики точності вимірів кутомірно-далекомірної радіотехнічної системи.
27. Вкажіть основні задачі математичної статистики та її застосування для оцінки параметрів функціонування радіотехнічних систем.
28. Сформулюйте метод найменших квадратів для оцінки результатів вимірів.
29. Сформулюйте задачу регресійного аналізу та поясніть використання методу найменших квадратів.
30. Визначте функцію правдоподібності та її застосування у методі методу максимальної правдоподібності для рішення задачі виявлення сигналу.
31. Поясніть застосування формули Байєса для вирішення задачі виявлення сигналу за методом максимуму апостеріорної ймовірності.

Дистанційний курс навчальної дисципліни розміщений на сайті:

<https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=6380>

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено професор кафедри РТС, д.т.н., проф. Васильєв Володимир Миколайович

Ухвалено кафедрою РТС (протокол № 06/2025 від 26.06.2025 р.)

Погоджено Методичною комісією радіотехнічного факультету (протокол № 06/2025 від 26.06.2025 р.)