



**ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ**

**ФАКУЛЬТЕТ КОМП'ЮТЕРНО-ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ
І ПРОГРАМНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ (ФІС)**

КАФЕДРА КОМП'ЮТЕРНИХ НАУК

До компетентностей аспіранта, загалом, науковця, доцільно долучити слова **присяги**, які звучали після захисту і присудження визначному математикові і класику науки Давиду Гільберту (1862-1943) ступеня **доктора філософії**. Текст присяги, до якої привів Д.Гільберта декан.

«Урочисто запитую Вас, чи обіцяєте Ви, даючи цю присягу, і чи **підтверджуєте** Ви всією переконаністю, що будете **мужньо захищати істинну науку**, будете її **розвивати** і прикрашати не заради вигоди чи облудного блиску слави, а для того, щоб **світло Божої правди** яскраво світило і розповсюджувалося» [Констанс Рид Гильберт. – М.: Наука, 1977. – 368 с. – С.28].

1. Загальна інформація про дисципліну:

Назва дисципліни	Моделі та алгоритми оптимального опрацювання сигналів (МАООС)
Викладач	Приймак Микола Володимирович
Профайл викладача	http://kaf-kn.tntu.edu.ua/node/195
Контактний тел.	Комутатор (0352) 51-97-00. Мобільний телефон: 097-381-74-07
E-mail:	pmw.ukr@ukr.net
Рівень вищої освіти	Третій (освітньо-науковий) рівень.
Галузь знань	12 – інформаційні технології.
Спеціальність	122 – комп'ютерні науки
Вид дисципліни	Обов'язкова
Сторінка дисципліни в A-Tutor	https://dl.tntu.edu.ua/mods/bigbluebutton/cr

2. Коротка анотація до дисципліни

Навчальна дисципліна «**Моделі та алгоритми оптимального опрацювання сигналів**» належить до обов'язкових дисциплін циклу професійної підготовки освітньої програми «Комп'ютерні науки» третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти. Галузь знань: 12 – інформаційні технології, спеціальність: 122 – комп'ютерні науки. Викладається в 4-му семестрі (другий рік навчання в аспірантурі) обсягом 5,0 кредити ECTS. Формою підсумковою контролю є екзамен.

3. Суть, мета та завдання дисципліни

Суть дисципліни. Опрацювання (обробка) сигналів – це невід'ємна складова при вирішенні більшості найрізноманітніших задач, і в першу чергу задач прийняття рішень та

управління. Тема опрацювання сигналів є досить об'ємною. На це є ряд причин. Основними із них, на наш погляд, є дві причини. **По-перше**, це велика кількість різноманітних предметних областей, в яких виникає необхідність обробки сигналів та їх аналізу. Це економіка, акустика з її розгалуженнями – гідроакустика, віброакустика тощо, механіка, електро- та радіотехніка, кібернетика, фізика загальна, ядерна, молекулярна фізика тощо, біологія, хімія, метеорологія з її багатьма метеофакторами для задач прогнозу, астрономія, соціальні науки – політологія, демографія, соціологія та її методи опитування, медична діагностика, криптологія – шифрування (криптографія) та дешифрування (криптоаналіз) інформації, більш сучасні наукові напрямки штучний інтелект, предметні напрямки, назви яких починаються приставкою кібер – кібервійна, кібератака, кіберзахист та інше. Цей перелік можна продовжити. **Друга** причина – це наявність різних за формою сигналів. Розрізняють неперервні та дискретні сигнали, детерміновані та випадкові, однокомпонентні і вектор-сигнали, сигнали, що залежать від одного аргументу чи від багатьох (поля). Звичайно, що методи опрацювання сигналів суттєво залежать від предметної області, де вони були відібрані, їх форми. Можливих інших причин.

Детально розглянути всі відомі методи опрацювання сигналів в одній дисципліні практично неможливо. В цій ситуації ми вибрали один з оптимальних варіантів – із великої сукупності різних сигналів та підходів до їх обробки ми зупинимось на доволі цікавій множині сигналів, що привертає увагу багатьох спеціалістів – на сигналах, характерною особливістю яких є **періодичність**. Наперед звернемо увагу, що періодичність має свої характерні напрямки, вона може бути детермінованою, стохастичною, з постійним або змінним періодами.

В основу навчальної дисципліни «Моделі та алгоритми оптимального опрацювання сигналів» покладено підхід «модель-алгоритм-програма», згідно якого при розгляді певної множини сигналів на першому етапі розглядається їх модель, пізніше на основі моделі розробляються алгоритми опрацювання сигналів, на третьому етапі для реалізації алгоритмів створюється відповідне програмне забезпечення для.

Мета дисципліни – дотримуючись тріади «модель-алгоритм-програма», формування в аспірантів знань та компетентностей про основні детерміновані та стохастичні моделі періодичних сигналів, розроблені на цій основі відповідні методи дослідження та алгоритми опрацювання (обробки) таких сигналів, програмні продукти, що реалізують алгоритми, а також окремі алгоритми, що очікують програмного втілення.

Завданням дисципліни полягає у засвоєнні аспірантами основних розділів дисципліни:

а) Загальні поняття про сигнали.

- Поняття сигналу, різноманітність сигналів та причини різноманітності.
- Поняття моделі сигналу. Класифікація моделей.
- Визначення функції та історія становлення цього визначення.
- Співвідношення між сигналом та його моделлю у вигляді певної функції.
- Суть підходу до опрацювання (дослідження) сигналів, який концентрується в тріаді «модель-алгоритм-програма».
- Поняття періодичності та її основні види.
- Неперервні та дискретні сигнали та функції. Дискретизація та квантування сигналів.
- Теорема Найквіста-Котельникова про зв'язок між кроком дискретизації функції (сигналу) та її спектром.

б) Періодичні функції та їх ряди Фур'є. Методи та алгоритми дослідження сигналів на основі рядів Фур'є.

- Поняття періодичності. Періодичні функції Приклади.
- Задача заміни періодичного сигналу аналітичною періодичною функцією
- Причина і історія виникнення рядів Фур'є.

- Ряд Фур'є функції, періодичної з періодом $T = 2\pi$. Формули визначення коефіцієнтів ряду Фур'є.
 - Ряд Фур'є для функції, що є послідовностями прямокутних імпульсів довжиною (періодом) $T = 2\pi$, послідовність трикутних імпульсів з періодом $T = 2\pi$.
 - Скінченний ряд Фур'є як наближення функції. Величина похибки між функцією та її наближенням.
 - Ряд Фур'є функції, періодичної з періодом $T = l$. Формула визначення коефіцієнтів ряду Фур'є.
 - Ряд Фур'є для функції у вигляді послідовності прямокутних чи трикутних імпульсів, довжина яких, наприклад, $l = 1, l = 2$.
 - Пакети прикладних програм, наприклад, MATLAB, для Фур'є-аналізу періодичних функцій.
 - Значення рядів Фур'є для реальних періодичних сигналів (безформульних функцій).
 - Оцінка періоду періодичних сигналів у випадку, коли період є невідомим.
 - Використання рядів Фур'є в прикладних дослідженнях, зокрема в кардіології.
- c) **Стохастично періодичні сигнали. Основні моделі стохастичної періодичності:**
- Періодичні та періодично корельовані процеси і послідовності. Методи та алгоритми їх дослідження.
 - Марківські періодичні процеси і ланцюги. Методи та алгоритми дослідження сигналів марківського типу.
 - Періодичні білі шуми та їх використання для побудовані лінійних періодичних процесів. Методи та алгоритми їх дослідження.
 - Дискретні періодичні білі шуми та побудовані на цій основі періодичні послідовності ковзного середнього та авторегресії. Методи та алгоритми їх дослідження.
- d) **Періодичні функції та випадкові процеси із змінним періодом.**
- Приклади періодичних сигналів, період яких не є постійним, а певним чином змінюється. Один із таких прикладів – електрокардіограма, отримана після дії на організм фізичного навантаження, наприклад, присідання.
 - Визначення періодичної функції із змінним періодом $T(x)$ та випадкового процесу із змінним періодом.
 - Період $T^-(x)$. Зв'язок періодів $T(x)$ та $T^-(x)$,
 - Приклади тригонометричних функцій із змінним періодом
 - Аналітичні вирази змінних періодів тригонометричних функцій із змінним періодом.
 - Аналітичне задання тригонометричних функцій із змінним періодом.
 - Аналітичні методи задання періодичних функцій із змінним періодом.
 - Аналітичні методи задання періодичних функцій із змінним періодом.
 - Приклади функцій із змінним періодом в математичній літературі.
 - Диференціальні рівняння тригонометричних функцій із змінним періодом.
 - Ортогональна система тригонометричних функцій із змінним періодом.
 - Ряд Фур'є періодичної функції із змінним періодом. Формули визначення коефіцієнтів ряду Фур'є.
 - Оцінка змінного періоду та її використання в кардіології для задач діагностики.

4. Формат дисципліни:

Дисципліна передбачає проведення лекційних, лабораторних занять та консультацій. Для кращого розуміння та засвоєння викладеного матеріалу дисципліна має супровід у вигляді електронного навчального курсу в системі A-Tutor (<https://dl.tntu.edu.ua>). Електронний навчальний курс має лекційний матеріал, лабораторні роботи, питання модульного контролю (2 модулі), екзаменаційні питання та систему оцінювання.

5. Результати навчання.

В результаті вивчення дисципліни студент повинен знати:

a) Загальні поняття про сигнал:

- Поняття сигналу, різноманітність сигналів та причини різноманітності/
- Визначення функції та історію становлення цього визначення.
- Співвідношення між сигналом та його моделлю.
- Суть підходу до опрацювання (дослідження) сигналів, що концентрується в тріаді «модель-алгоритм-програма».
- Поняття періодичності та її основні види.
- Неперервні та дискретні сигнали.
- Дискретизація та квантування сигналів.
- Теорема Найквіста-Котельникова про зв'язок між кроком дискретизації сигналу та її спектром.

b) Періодичні функції та їх ряди Фур'є. Методи та алгоритми дослідження сигналів на основі рядів Фур'є.

- Причина і історія виникнення рядів Фур'є.
- Ряд Фур'є функції, періодичної з періодом $T = 2\pi$. Формули визначення коефіцієнтів ряду Фур'є.
- Ряд Фур'є для функції, що є послідовностями прямокутних імпульсів довжиною (періодом) $T = 2\pi$, послідовність трикутних імпульсів з періодом $T = 2\pi$.
- Скінченний ряд Фур'є як наближення функції. Величина похибки між функцією та її наближенням.
- Ряд Фур'є функції, періодичної з періодом $T = l$. Формула визначення коефіцієнтів ряду Фур'є.
- Ряд Фур'є для періодичної послідовності прямокутних чи трикутних імпульсів, довжина яких, наприклад, $l = 1, l = 2$.
- Пакети прикладних програм, наприклад, MATLAB, для Фур'є-аналізу періодичних функцій.
- Значення рядів Фур'є при дослідженні реальних періодичних сигналів (безформульних функцій).
- Оцінка періоду періодичних сигналів у випадку, коли період є невідомим.
- Використання рядів Фур'є в прикладних дослідженнях, зокрема в кардіології.

c) Стохастично періодичні сигнали. Моделі та методи дослідження стохастичної:періодичності.

- Стаціонарні процеси і послідовності. Методи та алгоритми їх дослідження Оцінка математичного сподівання, дисперсії та середньо квадратичного відхилення стаціонарного процесу та стаціонарної послідовності.
- Періодичні та періодично корельовані процеси і послідовності. Методи та алгоритми їх дослідження. Оцінка математичного сподівання, дисперсії та середньо квадратичного відхилення періодично корельовані процесу та послідовності.
- Марківські періодичні процеси і періодичні ланцюги Маркова. Оцінка матриць переходів періодичного ланцюга Маркова.
- Періодичні білі шуми з неперервним та дискретним аргументами. Розподіли дискретних білих шумів та їх класифікація. Методи та алгоритми їх дослідження.
- Періодичні послідовності ковзного середнього та авторегресії. Методи та алгоритми їх дослідження.
- Лінійні періодичні процесів як моделі реальних сигналів – процесів електроспоживання, газоспоживання, віброакустичних сигналів тощо.

d) **Періодичні функції та випадкові процеси із змінним періодом.**

- Приклади періодичних сигналів, період яких не є постійним, а певним чином змінюється. Один із таких прикладів – електрокардіограма, отримана після дії на організм фізичного навантаження, наприклад, присідання.
- Визначення періодичної функції із змінним періодом $T(x)$ та випадкового процесу із змінним періодом.
- Період $T^-(x)$. Зв'язок періодів $T(x)$ та $T^-(x)$.
- Приклади тригонометричних функцій із змінним періодом $\sin x^\alpha$, $\cos x^\alpha$, $\operatorname{tg} x^\alpha$, $\operatorname{ctg} x^\alpha$, $\alpha > 0$.
- Аналітичні вирази змінних періодів тригонометричних функцій із змінним періодом.
- Аналітичні методи задання періодичних функцій із змінним періодом. Приклади.
- Приклади функцій із змінним періодом в математичній літературі.
- Диференціальні рівняння тригонометричних функцій із змінним періодом.
- Ортогональна система тригонометричних функцій із змінним періодом.
- Ряд Фур'є періодичної функції із змінним періодом. Формули визначення коефіцієнтів ряду Фур'є.
- Оцінка змінного періоду та її використання в кардіології для задач діагностики.

В результаті вивчення дисципліни студент повинен вміти:

Розділ «Періодичні функції та їх ряди Фур'є. Методи та алгоритми дослідження сигналів на основі рядів Фур'є».

- Користуватися літературними та інтернет-джерелами щодо моделей та алгоритмів опрацювання (дослідження) стохастично періодичних сигналів.
- Записати ряд Фур'є функції, періодичної з періодом $T = 2\pi$. Записати формули визначення коефіцієнтів ряду Фур'є.
- Записати ряд Фур'є функції, періодичної з періодом $T = l$. Записати формули визначення коефіцієнтів Фур'є.
- Аналітичним шляхом визначити коефіцієнти Фур'є для періодичної послідовності прямокутних чи трикутних імпульсів, довжина яких, наприклад, $l = 1$, $l = 2$.
- Використовуючи один із пакетів прикладних програм, наприклад, MATLAB, визначити декілька (наприклад, п'ять) перших коефіцієнти Фур'є для періодичної послідовності прямокутних чи трикутних імпульсів, довжина яких, наприклад, $l = 1$, $l = 2$. Побудувати за обчисленими коефіцієнтами скінчений ряд Фур'є та знайти віддаль (різницю, похибку) відхилення між цим рядом та функцією.

Розділ «Стохастично періодичні сигнали. Моделі та методи дослідження стохастичної:періодичності».

- Знайти (обчислити) оцінку математичного сподівання, дисперсії та середньоквадратичного відхилення стаціонарного процесу та стаціонарної послідовності.
- Знайти оцінку математичного сподівання, дисперсії та середньоквадратичного відхилення періодичного (періодично корельованого) процесу та відповідної послідовності.
- Знайти оцінку матриць переходів періодичного ланцюга Маркова.
- Знайти оцінку математичного сподівання, дисперсії та середньоквадратичного відхилення дискретного періодичного білого шуму.

Розділ «Періодичні функції та випадкові процеси із змінним періодом».

- Використовуючи програму для побудови графіків, наприклад, Advanced Grapher, побудувати графіки тригонометричних функцій із змінним періодом та дати їх інтерпретацію.
- Записати змінні періоди тригонометричних функцій із змінним періодом, побудувати графіки періодів та дати їх інтерпретацію.
- Навести приклади відмінних від тригонометричних аналітичного задання функцій із змінним періодом та записати їх змінні періоди.
- Записати ряд Фур'є періодичної функції із змінним періодом та формули визначення коефіцієнтів ряду.
- Використовуючи один із пакетів прикладних програм, наприклад, Mathcad, Matlab, визначити декілька (наприклад, п'ять) перших коефіцієнти Фур'є для аналітично заданої періодичної функції із змінним періодом. Побудувати за обчисленими коефіцієнтами скінчений ряд Фур'є та знайти віддаль (різницю, похибку) відхилення між цим рядом та функцією.
- Аналізуючи характер поведінки послідовності $R - R$ інтервалів електрокардіограми, отриманої після дії на організм фізичного навантаження, вказати, якою найбільш оптимальною є функція апроксимації послідовності $R - R$ інтервалів
- Використовуючи послідовність $R - R$ інтервалів та вибрану функцією апроксимації, знайти коефіцієнти (параметри) функції змінного періоду електрокардіограми.
- Вказати на параметри змінного періоду електрокардіограми, які можуть бути використані як діагностичні ознаки стану пацієнта.

6. Вивчення навчальної дисципліни передбачає формування та розвиток у студентів загальних компетентностей (ЗК) та спеціальних (фахових) компетентностей (СК) згідно освітньої програми. На початку поставлена інтегральна компетентність

Інтегральна компетентність (ІК).

Здатність продукувати нові ідеї, розв'язувати комплексні проблеми у сфері комп'ютерних наук, застосовувати методологію наукової та педагогічної діяльності, а також проводити власне наукове дослідження, результати якого мають наукову новизну, теоретичне та практичне значення.

Загальні компетентності.

ЗК01. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

ЗК02. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

ЗК04. Здатність розв'язувати комплексні проблеми комп'ютерних наук на основі системного наукового світогляду та загального культурного кругозору із дотриманням принципів професійної етики та академічної доброчесності.

Спеціальні (фахові) компетентності.

СК01. Здатність виконувати оригінальні дослідження, досягати наукових результатів, які створюють нові знання у комп'ютерних науках та дотичних до них міждисциплінарних напрямках і можуть бути опубліковані у провідних наукових виданнях з комп'ютерних наук та суміжних галузей.

СК03. Здатність виявляти, ставити та вирішувати дослідницькі науково-прикладні задачі та/або проблеми в сфері комп'ютерних наук, оцінювати та забезпечувати якість виконуваних досліджень.

СК04. Здатність ініціювати, розробляти і реалізовувати комплексні інноваційні проекти у галузі комп'ютерних наук та дотичні до неї міждисциплінарних проектах, демонструвати лідерство під час їх реалізації.

СК06. Здатність аналізувати та оцінювати сучасний стан і тенденції розвитку комп'ютерних наук та інформаційних технологій.

7. Вивчення навчальної дисципліни передбачає формування в аспірантів таких **результатів навчання (РН)** згідно освітньої програми.

РН01. Мати передові концептуальні та методологічні знання з комп'ютерних наук і на межі предметних галузей, а також дослідницькі навички, достатні для проведення наукових і прикладних досліджень на рівні останніх світових досягнень з відповідного напрямку, отримання нових знань та/або здійснення інновацій.

РН03. Формулювати і перевіряти гіпотези; використовувати для обґрунтування висновків належні докази, зокрема, результати теоретичного аналізу, експериментальних досліджень і математичного та/або комп'ютерного моделювання, наявні літературні дані.

РН04. Розробляти та досліджувати концептуальні, математичні і комп'ютерні моделі процесів і систем, ефективно використовувати їх для отримання нових знань та/або створення інноваційних продуктів у комп'ютерних науках та дотичних міждисциплінарних напрямках.

РН05. Планувати і виконувати експериментальні та/або теоретичні дослідження з комп'ютерних наук та дотичних міждисциплінарних напрямів з використанням сучасних інструментів, критично аналізувати результати власних досліджень і результати інших дослідників у контексті усього комплексу сучасних знань щодо досліджуваної проблеми.

РН06. Застосовувати сучасні інструменти і технології пошуку, оброблення та аналізу інформації, зокрема, статистичні методи аналізу даних великого обсягу та/або складної структури, спеціалізовані бази даних та інформаційні системи.

РН07. Розробляти та реалізовувати наукові та/або інноваційні інженерні проєкти, які дають можливість переосмислити наявне та створити нове цілісне знання та/або професійну практику і розв'язувати значущі наукові та технологічні проблеми комп'ютерної науки з дотриманням норм академічної етики і врахуванням соціальних, економічних, екологічних та правових аспектів.

РН09. Вивчати, узагальнювати та впроваджувати в навчальний процес інновації комп'ютерних наук.

8. Ознаки дисципліни

Рік викладання	Семестр	Курс	Спеціальність	Нормативна/вибіркова
2022	4	2	122 – Комп'ютерні науки	Обов'язкова

9. Пререквізити

Студенти повинні володіти базовими знаннями:

- математичного аналізу;
- теорії рядів Фур'є;
- теорії ймовірностей, випадкових процесів та математичної статистики;
- чисельних методів;
- побудови моделей реальних сигналів, розробки алгоритмів їх дослідження, програмування.

10. Технічне й програмне забезпечення / обладнання:

Студент повинен вміти користувача прикладних програм пакету Microsoft Office, пакети MathCAD, STATISTICA, MATLAB.

11. Політика дисципліни

Усі процедури навчального процесу під час викладання дисципліни відповідають

положенню про академічну доброчесність учасників освітнього процесу та недопущення академічного плагіату в Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя.

12. Обсяг дисципліни та організація навчального курсу

Розподіл годин за формами занять	
Загальний розподіл годин	Кількість годин
Кількість кредитів	5.0 / 150 год
Аудиторні заняття	48
Самостійна робота	102
Аудиторні заняття	
Лекції	24
Практичні заняття	24
Всього годин	48
Самостійна робота	
Опрацювання лекційного матеріалу	48
Підготовка до практичних занять	26
Підготовка до модульного контролю та складання екзаменів	24
Екзамен	4
Всього годин	102

13. Опис навчальної дисципліни

13.1. Теми лекцій та модульний контроль

№	Тема заняття та її зміст	Кількість годин	
		ДФН	ЗФН
1.	Тема 01. Загальні поняття про сигнал та функцію. 1. Поняття сигналу.. Різноманітність сигналів та причини різноманітності. 2. Визначення функції та історія становлення цього визначення. 3. Поняття моделі сигналу. Співвідношення між сигналом та його моделлю як деякої функції.	1	
2.	Тема 02. Періодичні сигнали та потреба їх заміни аналітичними виразами. 1. Поняття періодичності. Періодичні сигнали та функції. Приклади. 2. Суть підходу до опрацювання (дослідження) сигналів, що концентрується в тріаді «модель-алгоритм-програма». 3. Задача заміни періодичного сигналу його моделлю –	1	

	аналітичною періодичною функцією. Ряд Фур'є періодичної функції – як один із «замінників» періодичного сигналу		
4.	Причини та історія виникнення рядів Фур'є.		
3.	Тема 03 Ряди Фур'є періодичних функцій. - Ряд Фур'є функції, періодичної з періодом $T = 2\pi$. Формули визначення коефіцієнтів ряду Фур'є. - Основні характеристики ряду Фур'є періодичної функції (сигналу) – амплітудний та фазовий спектри функції. - Ряд Фур'є для функції, що є послідовністю прямокутних імпульсів довжиною (періодом) $T = 2\pi$, послідовність трикутних імпульсів. - Ряд Фур'є функції, періодичної з періодом $T = l \neq 2\pi$. Формула визначення коефіцієнтів ряду Фур'є. - Ряд Фур'є для періодичних функцій, що мають форму прямокутних чи трикутних імпульсів, з періодом $l = 1, l = 2$.	4	
4.	Тема 04. Застосування рядів Фур'є в прикладних дослідженнях. - Неперервні та дискретні сигнали та функції. Дискретизація та квантування сигналів. - Теорема Найквіста-Котельникова про зв'язок між кроком дискретизації функції (сигналу) та її спектром. - Значення рядів Фур'є для реальних періодичних сигналів (безформульних функцій). - Скінченний ряд Фур'є як наближення функції. Похибка між функцією та її наближенням. - Використання рядів Фур'є в прикладних дослідженнях, зокрема в кардіології, віброакустиці, - Оцінка періоду періодичних сигналів у випадку, коли період є невідомим. - Пакети прикладних програм, наприклад, MATLAB, MATHCAD для Фур'є-аналізу періодичних функцій.	3	
Модульний контроль № 1		1	
5.	Тема 05. Стаціонарні випадкові процеси та послідовності. Методи алгоритми їх статистичного аналізу. - Визначення випадкової величини. Функція розподілу випадкової величини. Ймовірнісні характеристики випадкової величини – математичне сподівання, дисперсія, середньоквадратичне відхилення. - Стаціонарна послідовність випадкових величин. Класи (види) стаціонарних послідовностей. - Оцінка математичного сподівання, дисперсії, середньоквадратичного відхилення стаціонарної послідовності. - Визначення випадкового процесу. Стаціонарний випадковий	2	

	процес. Ймовірнісні характеристики стаціонарного процесу – математичне сподівання, дисперсія, середньоквадратичне відхилення, кореляційна функція. 5. Оцінка математичного сподівання, дисперсії, середньоквадратичного відхилення, кореляційної функції стаціонарної послідовності. 6. Закон великих чисел у формі Бернуллі, у формі Чебишева. 7. Інтервальна оцінка математичного сподівання.		
6.	Тема 06. Стохастично періодичні сигнали. Періодичні та періодично корельовані процеси. Методи їх статистичного аналізу. 1. Поняття стохастичної періодичності. Приклади стохастично періодичних сигналів та їх аналізу. 2. Періодичні та періодично корельовані процеси і послідовності. Методи та алгоритми їх дослідження. 3. Прикладне використання періодично корельованих процесів і послідовностей в медицині, енергетиці, акустиці.	2	
7.	Тема 07. Марківські періодичні процеси і ланцюги. Методи та алгоритми дослідження сигналів марківського типу. 1. Поняття марковості як одного із видів ймовірнісної залежності. Приклади. 2. Стаціонарні ланцюги Маркова та метод оцінки матриці переходів. 3. Марківські періодичні процеси та періодичні ланцюги Маркова. 4. Оцінка матриць переходів періодичних ланцюгів Маркова. 5. Прикладне використання періодичних ланцюгів Маркова в задачах обробки та прогнозу енергонавантажень.	1	
8.	Тема 08. Періодичні білі шуми та їх використання. 1. Поняття білого шуму. Приклади. 2. Стаціонарні та періодичні дискретні білі шуми. Їх класифікація. 3. Оцінка ймовірнісних характеристик стаціонарних і періодичних білих шумів. 4. Застосування дискретних білих шумів при дослідженні систем масового обслуговування, аналізі електрокардіограм.	1	
9.	Тема 09. Лінійні випадкові процеси та методи їх дослідження. 1. Поняття лінійного процесу. Стаціонарні та періодичні лінійні процеси. 2. Оцінка ймовірнісних характеристик стаціонарних і періодичних лінійних процесів. 3. Застосування лінійних процесів для задач аналізу	1	

	віброакустичних сигналів, аналізу і прогнозу електроспоживання, газоспоживання.		
10.	Тема 10. Періодичні функції із змінним періодом. 1. Приклади періодичних сигналів із змінним періодом. Електрокардіограма, отримана після дії на організм фізичного навантаження, 2. Визначення періодичної функції із змінним періодом $T(x)$ та випадкового процесу із змінним періодом. 3. Період $T^-(x)$. Зв'язок періодів $T(x)$ та $T^-(x)$, 4. Приклади тригонометричних функцій із змінним періодом $\sin x^\alpha$, $\cos x^\alpha$, $\operatorname{tg} x^\alpha$, $\operatorname{ctg} x^\alpha$, $\alpha > 0$. 5. Аналітичні вирази змінних періодів тригонометричних функцій із змінним періодом. 6. Аналітичні методи задання періодичних функцій із змінним періодом. Приклади. 7. Приклади функцій із змінним періодом в математичній літературі.	3	
11.	Тема 11. Ряди Фур'є періодичних функцій із змінним періодом. 1. Ортогональна система тригонометричних функцій із змінним періодом. 2. Ряд Фур'є періодичної функції із змінним періодом. Формули визначення коефіцієнтів ряду Фур'є. 3. Оцінка змінного періоду та її використання в кардіології для задач діагностики.	3	
Модульний контроль № 2		1	
Всього годин за семестр		24	

13.2. Теми лабораторних робіт

№	Тема лабораторної роботи	Кількість годин	
		ДФН	ЗФН
1.	Лабораторна робота 1. Побудова ряду Фур'є періодичної функції та його аналіз на основі амплітудного і фазового спектрів.	6	
2.	Лабораторна робота 2. Статистичний аналіз стаціонарної послідовності на прикладі $R - R$ інтервалів	6	

	електрокардіограми та інтерпретація отриманих результатів.		
3.	Лабораторна робота 3. Статистичний аналіз періодично корельовано послідовності на прикладі електроспоживання корпусу №2 ТНТУ та інтерпретація отриманих результатів.	6	
4.	Лабораторна робота 4. Оцінка змінного періоду електрокардіограми, отриманої після дії на організм фізичного навантаження (присідання) та інтерпретація параметрів змінного періоду як діагностичних ознак електрокардіограми.	6	
Всього за семестр		24	

14. Самостійна робота

№	Найменування робіт	Кількість годин	
		ДФН	ЗФН
Опрацювання лекційного матеріалу			
1.	Опрацювання лекційного матеріалу теми №01	5	
2.	Опрацювання лекційного матеріалу теми №02	5	
3.	Опрацювання лекційного матеріалу теми №03	5	
4.	Опрацювання лекційного матеріалу теми №04	5	
5.	Опрацювання лекційного матеріалу теми №05	5	
6.	Опрацювання лекційного матеріалу теми №06	5	
7.	Опрацювання лекційного матеріалу теми №07	5	
8.	Опрацювання лекційного матеріалу теми №08	5	
9.	Опрацювання лекційного матеріалу теми №09	5	
10.	Опрацювання лекційного матеріалу теми №10	5	
11.	Опрацювання лекційного матеріалу теми №11	5	
12.	Резервні години	10	
	Всього годин	65	
Підготовка до виконання лабораторних робіт			
1.	Підготовка до лабораторної роботи №1	4	

2.	Підготовка до лабораторної роботи №2	4	
3.	Підготовка до лабораторної роботи №3	4	
4.	Підготовка до лабораторної роботи №4	4	
5.	Резерв	5	
	Всього годин	21	
Підготовка до модульного контролю			
1.	Підготовка до модульного контролю №1	5	5
2.	Підготовка до модульного контролю №2	5	
3.	Підготовка до екзамену	4	
4.	Екзамен	2	
	Всього годин	16	
Разом годин по самостійній роботі		102	

15. Система оцінювання навчального процесу та підсумковий контроль.

Підсумкова семестрова оцінка складається з суми балів, отриманих студентом при виконання лабораторних робіт, проведенні проміжних (модульних) контролів та здачі екзамену.

Вид контролю та кількість балів		
Вид контролю	Кількість балів	Сумарна кількість балів
Лабораторна робота 01	10	30
Лабораторна робота 02	10	
Модульний контроль 01 за темами 01-04	10	
Лабораторна робота 03	15	45
Лабораторна робота 04	15	
Модульний контроль 02 за темами 05-11	15	
За кожних три бали семестрової оцінки студент отримує 1 бал підсумкової	25	25
Разом		100

До підсумкового семестрового контролю (складання семестрового екзамену) допускаються аспіранти, які протягом семестру виконали всі види навчальної роботи,

успішно пройшли проміжні (модульні) контролі і набрали не менше 45 балів семестрової бальної оцінки та за умови отримання не менше 15 балів за результатами кожного проміжного (модульного) контролю рівня знань.

Підсумкова оцінка записується за 100-бальною шкалою із подальшим переведенням її у шкалу Європейської кредитно-трансферної системи (ЄКТС) відповідно А, В, С, D, E, F, FX при цьому чотирибальна шкала оцінок (з записом семестрової оцінки «відмінно» – А, «добре» – В,С, «задовільно» – D, E відповідають підсумковому результату «зараховано», «незадовільно» – F, FX відповідає підсумковому результату «не зараховано»).

Вивід попередньої екзаменаційної оцінки.

Кількість балів семестрового контролю	Додати до балів семестрового контролю
70-75	25
45-69	1/3 балів
<45	перездача

Таблиця оцінювання знань.

100-бальне оцінювання	ECTS	5-бальне оцінювання
90-100	A	5
82-89	B	4
75-81	C	
67-74	D	3
60-66	E	
35-59	F	
0-34	FX	2

Навчально-методичне забезпечення

1. Конспект лекцій з дисципліни «Моделі та алгоритми оптимального опрацювання сигналів» для здобувачів третього (освітнього) рівня, спеціальності: 122 – «Комп'ютерні науки» всіх форм навчання. Автор М.В.Приймак – ТНТУ, 2022 р.
2. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Моделі та алгоритми оптимального опрацювання сигналів» для здобувачів третього (освітнього)

рівня, спеціальності: 122 – «Комп'ютерні науки» всіх форм навчання. Автор М.В.Приймак – ТНТУ, 2022 р.

Рекомендована література

Базова література

1. Клесов О.І. Елементарна теорія чисел та елементи криптографії. К.:ТВиМС, 2016. – 412 с.
2. Болдарєва О.М., Яковлева О. М. Методичні рекомендації до самостійної роботи з дисципліни «Алгебра і теорія чисел». – Одеса: Південноукраїнський національний пед. університет імені К. Д. Ушинського, 2021. – 54 с.
3. Гриньов Б.В., Кириченко І.К. Аналітична геометрія. – Харків: Гімназія, 2008. – 340 с.
4. Ільченко О.В. Посібник з курсу «Математичний аналіз» для студентів ННІ «Інститут геології» – 2021. – 65с.
5. Ваврук Є.Я., Ляшко О.Л., Попович Р.Б. Алгоритми та засоби обробки сигналів. – Львів: СПОЛОМ, 2021. – 240 с.
6. Наконечний А.Й., Стахів Р.і., Наконечний Р.А. Обробка сигналів. – Нац. ун-т «Львівська політехніка». – Львів : Растр-7, 2017. – 217 с.
7. Рибальченко М.О., Єгоров О.П., Зворикін В.Б. Цифрова обробка сигналів. – Дніпро: НМетАУ, 2018. – 79 с.
8. Ивченко Г.И., Медведев Ю.И. Введение в математическую статистику. – М.: Издательство ЛКИ, 2010. – 600 с.
9. Крамер Г. Математические методы статистики. – М.: Мир, 1975. – 648 с.
10. Приймак М.В. Функції із змінним періодом // Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. – Математика, механіка. Випуск 2(36) 2016. – С.14-16.

Допоміжна література

1. Вагін П.П., Остудін Б.А., Шинкаренко Г.А. Основи функціонального аналізу. – Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2005 – 140 с.
2. Гриценко В., Скурихін В., Цепков Г. Інформаційні технології цифрової обробки сигналів: нові підходи і перспективи впровадження / Вісн. НАН України, 2005, № 12. – С.33-41.
3. Дороговцев А. Я. Математический анализ. Краткий курс в современном изложении. – К.: Факт, 2004. – 560 с.
4. Рябенський В.С. Введение в вычислительную математику. – 2-е изд. – М.: Физматлит, 2000. – 296 с.
5. Марпл.-мл. С.Л. Цифровой спектральный анализ и его приложения. – М.: Мир, 1990. – 584 с.
6. Приймак М.В., Боднарчук І.О., Лупенко С.А. Умовно періодичні випадкові процеси із змінним періодом // Вісник Тернопільського державного технічного університету. – 2005. – Т.10, №2 – С. 132-141.

Інформаційні ресурси

1. <http://dl.tntu.edu.ua> Електронні навчальні курси ТНТУ імені І. Пулюя

Глосарій (словник).

Академічна доброчесність – це сукупність етичних принципів та визначених законом правил (чесність, довіра, справедливість, повага, відповідальність, мужність за будь-яких обставин та у будь-яких умовах), якими мають керуватися учасники освітнього процесу під час навчання, викладання та провадження наукової (творчої) діяльності з метою

забезпечення довіри до результатів навчання та/або наукових (творчих) досягнень (ст.42 ЗУ «Про освіту»).

Атестація – встановлення відповідності засвоєних здобувачами вищої освіти рівня та обсягу знань, умінь, інших компетентностей вимогам стандартів

Акредитація освітньої програми – оцінювання якості освітньої програми й освітньої діяльності закладу вищої освіти за цією програмою на предмет відповідності стандарту вищої освіти, спроможності виконання вимог стандарту.

Болонський процес – структурна й парадигмальна реформа вищої освіти в Європі, початок якій покладено підписанням Болонської декларації в 1999 р. у Болоньї (Італія).

Гарант освітньої програми – це науково-педагогічний або науковий працівник, який працює за основним місцем роботи, несе відповідальність за якість освітньої програми, має науковий ступінь та/або вчене звання за відповідною чи спорідненою до освітньої програми спеціальністю або належний досвід роботи в галузі.

Доктор наук Науковий ступінь, що здобувається особою на науковому рівні вищої освіти, який відповідає 9-му кваліфікаційному рівню Національної рамки кваліфікацій України

Доктор філософії – освітній і водночас перший науковий ступінь, що здобувається на третьому рівні вищої освіти, який відповідає 8-му кваліфікаційному рівню. Національної рамки кваліфікацій України, на основі ступеня магістра.

Європейська кредитна трансферно-накопичувальна система (ЄКТС) – система трансферу і накопичення кредитів, що використовується в Європейському просторі вищої освіти з метою надання, визнання, підтвердження кваліфікацій та освітніх компонентів і сприяє академічній мобільності здобувачів вищої освіти.

Загальні компетентності. Компетентності, які формуються у здобувача вищої освіти в процесі навчання за даною освітньою програмою, але мають універсальний характер і можуть бути перенесені із контексту однієї освітньої програми в іншу.

Кваліфікація – офіційний результат оцінювання і визнання, який отримано, коли уповноважена установа встановила, що особа досягла компетентностей (результатів навчання) відповідно до стандартів вищої освіти.

За концепцією Міжнародної стандартної класифікації професій **кваліфікація** – **здатність** особи виконувати завдання і обов'язки певного виду діяльності, визначається рівнем і спеціалізацією освіти (формальної, неформальної, інформальної). ... **кваліфікації описуються в термінах результатів навчання**, останні, у свою чергу, формулюються в термінах компетентностей (реалізаційні здатності особи).

Компетентність – Динамічна комбінація знань, вмінь і практичних навичок, способів мислення, професійних, світоглядних і громадянських якостей, морально-етичних цінностей, яка визначає здатність особи успішно здійснювати професійну та подальшу навчальну діяльність. Компетентності лежать в основі кваліфікації випускника. Компетентність (компетентості) як набуті реалізаційні здатності особи до ефективної діяльності не слід плутати з компетенцією (компетенціями) як наданими особі повноваженнями.

Контроль якості – процес оцінювання якості, який сфокусований на **вимірюванні** якості вищого навчального закладу / закладу вищої освіти або освітньої програми. Включає певний набір методів, процедур, інструментів, що розроблені та використовуються для визначення відповідності реальної якості встановленим стандартам. Ключовим елементом контролю якості є система доказів правильності оцінки якості.

Кредит ЄКТС – одиниця вимірювання обсягу навчального навантаження здобувача вищої освіти. Обсяг одного кредиту ЄКТС становить 30 годин за Законом України «Про вищу освіту».

Критерії оцінювання – стосовно оцінювання виконання вимог освітніх програм – описи того, що і на якому рівні має зробити здобувач вищої освіти для демонстрації досягнення результатів навчання.

Міжнародна стандартна класифікація освіти (МСКО) – класифікація освіти на основі системної характеристики освітніх програм і відповідних кваліфікацій, слугує

інструментом збору, узагальнення та представлення статистичних даних про освіту. МСКО запроваджена ЮНЕСКО у 1976 р., переглядалась у 1997 і 2011 рр. Нині є основною міжнародною класифікаційною системою освіти.

Міжнародна стандартна класифікація професій (МСКП) – одна з основних міжнародних класифікацій, яка є інструментом систематизації робіт (занять, професій) відповідно до притаманних їм завдань та обов'язків.

Модуль – навчальний компонент освітньої програми, у якій кожний такий компонент містить однакову або кратну кількість кредитів ЄКТС (наприклад, 5, 10, 15).

Придатність (здатність) до працевлаштування – наявність у випускників компетентностей (знань, умінь, інших особистісних характеристик), що необхідні для успішного працевлаштування.

Програмні компетентності: Найбільш важливі компетентності, що визначають специфіку та включаються в Профіль програми. Очікується, що програмні компетентності однакових програм в різних університетах є подібними чи порівнюваними між собою.

Програмні результати навчання – угоджений набір 15-20 тверджень, які виражають, що здобувач вищої освіти повинен знати, розуміти та бути здатним виконувати після успішного завершення освітньої програми.

Профайл. Англійське слово Profile означає не тільки «профіль», а й «особисту справу», тобто набір даних про людину або, говорячи по-старому, дос'є. Поняття «профайл» і «обліковий запис» практично тотожні: «завести обліковий запис» і «створити профайл» це приблизно той самий набір дій.

Професійні кар'єрні кваліфікації – професійні кваліфікації, що присуджуються роботодавцями в сфері праці на основі професійних стандартів. Професійні кар'єрні кваліфікації слід відрізняти від професійних освітніх кваліфікацій, які надаються в освітній сфері.

Професійні кваліфікації. Кваліфікації, які надаються з урахуванням професійних стандартів, що діють у сфері праці, і відображають здатність особи виконувати завдання і обов'язки певного виду професійної діяльності.

Професійні освітні кваліфікації – освітні кваліфікації, які орієнтовані на вихід випускника на ринок праці, здійснення професійної діяльності та надаються в освітній сфері з урахуванням професійних стандартів за результатами виконання професійних освітніх програм.

Професійні стандарти. – мінімально необхідні вимоги до змісту та умов праці, кваліфікації працівників, їх компетентностей, що визначаються роботодавцями і слугують основою для присудження професійних кваліфікацій. Професійні стандарти співвідносяться з рівнями Національної рамки кваліфікацій і групуються за галузевими ознаками.

Результати навчання – знання, уміння, навички, способи мислення, погляди, цінності, інші особисті якості, що набуваються у процесі навчання, виховання та розвитку, які можна ідентифікувати, спланувати, оцінити і виміряти.

Рівень освіти – завершений етап освіти, характерний рівнем складності освітньої програми, сукупністю компетентностей, які визначені, як правило, стандартом освіти та відповідають певному рівню Національної рамки кваліфікацій.

Робоча навчальна програма (робоча програма початкової дисципліни) – нормативний документ, що розробляється для кожної навчальної дисципліни (освітнього компоненту), враховує ключові компетентності, визначені освітньою програмою, деталізує загальний зміст навчальної дисципліни на основі навчальної програми та конкретизує засади й підходи до організації освітнього процесу.

Силабус – це документ, в якому роз'яснюється взаємна відповідальність викладача та студента. У ньому представлено процедури (у т.ч. стосовно принципів оцінювання), політики (включно з політикою академічної доброчесності) і зміст курсу, а також календар його виконання. У силабусі мають бути озвучені вимірювані цілі, які викладач ставить перед своєю дисципліною. Студент має зрозуміти, чого він зможе навчитися, чим саме може бути

корисним цей курс. Силабус окреслює концептуальний перехід **від «здобування знань» і «одержання практичних навичок» до компетентностей**, що їх може засвоїти студент, вивчаючи цей курс. Силабус містить анотацію курсу, мету (компетентності), перелік тем, матеріали для читання, правила стосовно зарахування пропущених занять. На відміну від робочого тематичного плану та навчально-методичного комплексу дисципліни, **силабус створюється для студента**.

Стандарт вищої освіти – сукупність вимог до змісту та результатів освітньої діяльності вищих навчальних закладів і наукових установ за кожним рівнем вищої освіти в межах кожної спеціальності.

Стандарт освітньої діяльності – сукупність мінімальних вимог до кадрового, навчально-методичного, матеріально-технічного та інформаційного забезпечення освітнього процесу вищого навчального закладу / закладу вищої освіти і наукової установи.

Стандарти – положення (норми), що визначають певний рівень вимог до змісту, якості та умов її оцінювання. Стосовно закладів вищої освіти / вищих навчальних закладів стандарти містять визначення того, що має бути досягнуто цими закладами для акредитації чи сертифікації їх або їхніх освітніх / навчальних програм. Щодо освітніх / навчальних програм, то стандарти включають опис результатів навчання, необхідних для присудження кваліфікації.

Стейкхолдери – зацікавлені сторони, фізичні та юридичні особи, які мають легітимний інтерес у діяльності організації, тобто певною мірою залежать від неї або можуть впливати на її діяльність. Іноді їх називають групами інтересів або групами впливу. Діяльність стейкхолдерів поширюється на спеціальність, кафедри та факультет, де безпосередньо відбувається формування освітньої діяльності й освітнього процесу через надання пропозицій та участь у роботі методичної комісії щодо освітніх програм.

Уміння – здатність застосовувати знання та розуміння для виконання завдань і розв'язання задач і проблем.

Якість освіти – відповідність результатів навчання вимогам, встановленим законодавством, відповідним стандартом освіти та/або договором про надання освітніх послуг.