

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

**до самостійної роботи студентів з дисципліни**

**СПЕКТРАЛЬНО-ЧАСОВИЙ АНАЛІЗ ДАНИХ МОНІТОРИНГУ**

**Одеса – 2018**

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до самостійної роботи студентів з дисципліни

**СПЕКТРАЛЬНО-ЧАСОВИЙ АНАЛІЗ ДАНИХ МОНІТОРИНГУ**

для магістрів 1 курсу Факультету магістерської та аспірантської підготовки

Спеціальність: 103 Науки про Землю  
Освітня програма: Атмосферна геофізика

Узгоджено  
з деканом факультету магістерської  
та аспірантської підготовки

Одеса – 2018

Методичні вказівки до самостійної роботи студентів з дисципліни „Спектрально-часовий аналіз даних моніторингу” для студентів 1 курсу II рівня підготовки за освітньою програмою „Атмосферна геофізика” спеціальності 103 „Науки про Землю”.

Укладач: Перелигін Б.В., к.т.н., доц., ОДЕКУ, 2018 р. – 25 с.

## ЗМІСТ

	стор.
1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА.....	4
1.1 Передмова.....	4
1.2 Зміст дисципліни „Спектрально-часовий аналіз даних моніторингу”.....	5
1.3 Перелік знань та вмінь студентів.....	8
1.4 Організація навчального процесу студентів.....	9
2 ОРГАНІЗАЦІЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТІВ.....	11
2.1 Рекомендації щодо вивчення тем теоретичного модуля дисципліни.....	11
2.2 Рекомендації щодо виконання практичних робіт з дисципліни.....	22
2.3 Запитання для перевірки базової компоненти знань з дисципліни.....	23
ЛІТЕРАТУРА.....	24

# 1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

## 1.1 Передмова

Дисципліна „Спектрально-часовий аналіз даних моніторингу” є дисципліною підготовки магістрів за освітньою програмою Атмосферна геофізика спеціальності 103 Науки про Землю.

Мета дисципліни – підготовка майбутніх фахівців в галузі спектрально-часового аналізу і обробки інформації від геоінформаційно-вимірювальних систем моніторингу навколишнього середовища.

Завдання дисципліни полягає у вивченні математичних основ спектрально-часової обробки та способів і засобів спектрально-часової обробки інформації, що надходить від систем вимірювання параметрів стану навколишнього середовища, штучних супутників Землі, радіолокаційних станцій та інших геоінформаційно-вимірювальних систем моніторингу навколишнього середовища.

Загальний обсяг навчального часу, що припадає на вивчення дисципліни, складає 120 годин, з них: лекцій – 30, практичних робіт – 30, самостійної роботи студентів – 60.

Останнім часом проблема аналізу та обробки інформації здобула особливу актуальність. Існуючі системи метеорологічного, гідрологічного, океанологічного, екологічного моніторингу наземного та космічного базування, радіолокаційні системи дистанційного моніторингу надають багато важливої інформації, яка потребує грамотної, в тому числі і спектрально-часової обробки для одержання її характеристик для подальшого прийняття рішень системами управління різного рівня. Фахівці з подібними знаннями необхідні і у державних структурах, і в наукових установах, і в комерційних фірмах. Дисципліна „Спектрально-часовий аналіз даних моніторингу” є дисципліною, що знайомить майбутніх фахівців з сучасними методами аналізу та обробки інформації.

Дисципліна „Спектрально-часовий аналіз даних моніторингу” базується на вивченні таких дисциплін, як „Вища математика”, „Фізика”.

В свою чергу вона є основою для опанування студентами методами та програмними засобами аналізу та обробки моніторингової інформації.

Вітчизняна та зарубіжна практика вищої школи переконує в тому, що провідною ланкою сучасного навчального процесу являється самостійна робота студентів, яка формує систему знань майбутнього фахівця з глибокими теоретичними знаннями та високими практичними навичками в застосуванні численних сучасних методів обробки інформації, одними з яких є спектрально-часові методи.

Отримані знання будуть використовуватися студентами при виконанні магістерських робіт, а також в практичній діяльності.

Мета даних методичних вказівок полягає в наданні допомоги студентам при самостійному вивченні дисципліни „Спектрально-часовий аналіз даних моніторингу”. В них надається перелік модулів теоретичного і практичного курсу. До кожного модуля надається перелік основних питань до вивчення навчальної літератури і контрольні запитання для перевірки якості засвоєння матеріалу.

## 1.2 Зміст дисципліни „Спектрально-часовий аналіз даних моніторингу”

Загальна структура навчальної дисципліни „Спектрально-часовий аналіз даних моніторингу” в умовах кредитно-модульної системи в Одеському державному екологічному університеті представлена на рис. 1.



Рис. 1 – Структура навчальної дисципліни „Спектрально-часовий аналіз даних моніторингу”

Програма лекційних модулів дисципліни наступна (теоретична частина):

Змістовні модулі	Розділи програми (назва)	Теми	Кіл-сть аудиторних годин
ЗМ-Л1 – Спектральний аналіз даних	Вступ	1. Предмет, мета, задачі та структура дисципліни 2. Методичне забезпечення дисципліни	1
	Поняття про спектральний аналіз	1. Розкладання довільної функції за заданою системою функцій. Узагальнений ряд Фур'є	1
	Гармонійний аналіз періодичних сигналів	1. Форми представлення ряду Фур'є 2. Спектри простіших періодичних сигналів 3. Умови сходження ряду Фур'є. Явище Гіббса 4. Розподіл потужності в спектрі періодичного сигналу	2
	Гармонійний аналіз неперіодичних сигналів	1. Перетворення Фур'є 2. Спектральні характеристики простіших неперіодичних сигналів 3. Основні властивості перетворення Фур'є 4. Розподіл енергії в спектрі неперіодичного сигналу	2
	Спектральний аналіз дискретних послідовностей	1. Опис, перетворення та представлення дискретних послідовностей 2. Перетворення Фур'є дискретної послідовності. Дискретне перетворення Фур'є 3. Теорема Котельникова 4. Ефект розтікання спектра 5. Двовимірний спектральний аналіз	2
	Фільтрація даних	1. Основні визначення 2. Фільтри зі скінченною імпульсною характеристикою 3. Фільтри з нескінченною імпульсною характеристикою	2

Змістовні модулі	Розділи програми (назва)	Теми	Кіл-сть аудиторних годин
ЗМ-Л12 – Спектрально-часовий аналіз даних	Поняття про спектрально-часовий аналіз. Спектрально-часовий аналіз на основі ковзного віконного перетворення Фур'є	1. Поняття про спектрально-часовий аналіз 2. Спектрально-часовий аналіз ковзним вікном	2
	Спектрально-часовий аналіз на основі вейвлетного перетворення. Загальні відомості про вейвлетне перетворення	1. Ідея вейвлетного перетворення та поняття вейвлета 2. Безперервне вейвлетне перетворення 3. Дискретне вейвлетне перетворення 4. Представлення результатів вейвлетного перетворення	4
	Властивості вейвлетного перетворення, класифікація вейвлетів та можливості вейвлетного аналізу	1. Властивості вейвлетного перетворення 2. Класифікація вейвлетів 3. Можливості вейвлетного аналізу	2
	Одновимірні вейвлетна обробка	1. Частотний підхід до вейвлетних перетворень 2. Одновимірні вейвлетна обробка 3. Швидке вейвлетне перетворення 4. Вейвлетна пакетна обробка 5. Вибір найкращого базису вейвлетного пакетного розкладання	4
	Двовимірні вейвлетна обробка	1. Двовимірні вейвлети 2. Двовимірне вейвлетне перетворення 3. Приклади вейвлетної обробки	4
	Здійснення спектрально-часової обробки даних моніторингу	1. Дані палеокліматичного моніторингу 2. Спектрально-часова обробка даних із застосуванням ковзного віконного перетворення Фур'є 3. Спектрально-часова обробка даних із застосуванням вейвлетного перетворення	4

На самостійну роботу з теоретичних модулів, що включає підготовку до лекційних занять і підготовку до контрольних робіт, навчальною програмою передбачено 30 годин.

Програма практичного модуля дисципліни наступна (практична частина):



Змістовні модулі	Форма занять (назва)	Теми робіт (занять)	Кіл-сть аудиторних годин
ЗМ-П1	практичні	1. Дослідження спектрально-часових методів обробки даних за допомогою модельних сигналів	8
		2. Дослідження застосування засобів спектрально-часового аналізу при обробці даних	8
		3. Дослідження застосування засобів спектрально-часового аналізу при обробці зображень	8
		4. Дослідження застосування засобів спектрально-часового аналізу при обробці кліматичних рядів	6

На самостійну роботу з практичного модуля, що включає підготовку до усного опитування, навчальною програмою передбачено 30 годин.

### 1.3 Перелік знань та вмінь студентів

У результаті вивчення лекційного модуля ЗМ-Л1 студенти повинні надбати наступні базові знання:

- про Фур'є-перетворення,
- про спектральний аналіз даних моніторингу із застосуванням Фур'є-перетворення,

У результаті вивчення лекційного модуля ЗМ-Л2 студенти повинні надбати наступні базові знання:

- про вейвлетне перетворення,
- про спектрально-часовий аналіз даних моніторингу із застосуванням Фур'є- та вейвлетного перетворення,

У результаті вивчення практичного модуля ЗМ-П1 студенти повинні надбати наступні базові уміння:

- проводити спектрально-часовий аналіз даних моніторингу із застосуванням Фур'є- і вейвлетного перетворення і оцінювати його результати.

## 1.4 Організація навчального процесу студентів

Поточна та підсумкова оцінка рівня знань студентів здійснюється за модульною накопичувальною системою.

Поточний модульний контроль з дисципліни передбачений за лекційними змістовними модулями ЗМ-Л1 і ЗМ-Л2 та практичним змістовним модулем ЗМ-П1.

Методично модульний контроль з *лекційних модулів* проводиться після вивчення лекційного матеріалу в формі письмової контрольної роботи тестового типу. Результати роботи оформлюються на окремому аркуші. Час, що виділяється на виконання контрольної роботи МКР-1 і МКР-2 визначається при видачі завдання і не перевищує 1 академічної години. Критерії оцінювання в балах контрольних робіт МКР-1 і МКР-2, в залежності від якості відповіді на запитання, наступні:

Визначення	Бали за кожну з МКР
відмінне виконання лише з незначною кількістю помилок	22,5 – 25,0
вище середнього рівня з кількома помилками	20,5 – 22,4
в загальному правильна робота з певною кількістю грубих помилок	18,5 – 20,4
непогано, але зі значною кількістю помилок	16,0 – 18,4
виконання задовольняє мінімальні критерії	8,7 – 15,9
виконання не задовольняє мінімальні критерії	1 – 8,6

Методично модульний контроль з *практичного модуля* проводиться в формі усного опитування по кожній практичній роботі. Всі практичні роботи входять до змістовного модуля ЗМ–П1. При виконанні практичних робіт кожен студент відповідає на запитання викладача щодо практичної роботи. Оцінюється кожна практична робота в рамках виділених на неї балів:

Змістовний модуль	Форма занять	Теми робіт	Максимальна сума балів
ЗМ-П1	Практичні	1. Дослідження спектрально-часових методів обробки даних за допомогою модельних сигналів	12
		2. Дослідження застосування засобів спектрально-часового аналізу при обробці даних	12
		3. Дослідження застосування засобів спектрально-часового аналізу при обробці зображень	12
		4. Дослідження застосування засобів спектрально-часового аналізу при обробці кліматичних рядів	14
Всього			50

При денній формі навчання якщо за практичний і теоретичний модулі студент одержав не менше половини кількості балів ( $\geq 50$  балів), що відведені на них, студент одержує допуск до заліку.

Наприкінці семестру студенти всіх форм навчання пишуть залікову контрольну роботу, яка є тестовою. Результати роботи оформлюються на окремому аркуші. Час, що виділяється на виконання залікової контрольної роботи визначається при видачі завдання і не перевищує 1 академічної години. Загальна оцінка за залік еквівалентна відсотку правильних відповідей на запитання.

Сума балів, яку одержав студент за модульні контрольні роботи, за практичний модуль і за залікову контрольну роботу формують інтегральну оцінку студента з навчальної дисципліни.

Для денної форми навчання інтегральна оцінка (В) за дисципліну розраховується за формулою:

$$B = 0,75 \times O3 + 0,25 \times O3KP,$$

де O3 – кількісна оцінка (у відсотках від максимально можливої) за змістовними модулями, O3KP – кількісна оцінка (у відсотках від максимально можливої) залікової контрольної роботи.

Інтегральна оцінка з дисципліни одержується студентом за всіма системами оцінювання наступним чином: для денної форми навчання студент, який не має на початок заліково-екзаменаційної сесії заборгованості по дисципліні, отримує якісну оцінку (зараховано або не зараховано) згідно з наведеною нижче таблицею за умови: 1) якщо має на останній день семестру інтегральну суму балів поточного контролю достатню ( $O3 \geq 60\%$ ) для отримання позитивної оцінки, 2) має  $O3KP \geq 50\%$  від максимально можливої суми балів за залікову контрольну роботу.

Визначення	За системою університету (у відсотках)	За національною системою		За шкалою ECTS
		для іспиту	для заліку	
відмінне виконання лише з незначною кількістю помилок	90 – 100	5 (відмінно)	зараховано	A
вище середнього рівня з кількома помилками	82 – 89,9	4 (добре)	зараховано	B
в загальному правильна робота з певною кількістю грубих помилок	74 – 81,9	4 (добре)	зараховано	C
непогано, але зі значною кількістю помилок	64 – 73,9	3 (задовільно)	зараховано	D
виконання задовольняє мінімальні критерії	60 – 63,9	3 (задовільно)	зараховано	E
з можливістю перескладання	35 – 59,9	2 (незадовільно)	не зараховано	FX

Визначення	За системою університету (у відсотках)	За національною системою		За шкалою ECTS
		для іспиту	для заліку	
з обов'язковим повторним курсом навчання	1 – 34,9	2 (незадовільно)	не зараховано	F

## 2 ОРГАНІЗАЦІЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТІВ

### 2.1 Рекомендації щодо вивчення тем теоретичного модуля дисципліни

Рекомендується наступний порядок вивчення дисципліни „Спектрально-часовий аналіз даних моніторингу”:

- зміст кожної теми курсу вивчається за допомогою навчальної та методичної літератури, що наведена в списку;
- після засвоєння змісту кожної теми курсу потрібно відповісти на „запитання самоперевірки”, що наведені у даних методичних вказівках і відповідній літературі;
- якщо виникли питання при вивченні теоретичного матеріалу або при виконанні контрольних робіт, то потрібно звернутись до викладача, який читав лекції.

Вступ і всі розділи формують у студентів уявлення про необхідність застосування методів спектрально-часового аналізу інформації для одержання характеристик оброблюваної інформації, про математичні основи проведення Фур'є- і вейвлетного аналізу і фільтрації на базі цих перетворень, про властивості цих методів обробки і їх можливості і межі застосування.

При вивченні цих розділів необхідно звернути увагу на властивості цих методів обробки і їх можливості і межі застосування.

Самоперевірка якості засвоєння знань при вивченні теоретичного модуля **ЗМ-Л1** і перевірка знань під час модульної контрольної роботи **МКР-1** здійснюється шляхом відповіді на наведені нижче тести:

#### 1. Умовою ортогональності функції є:

- А) їхній скалярний добуток дорівнює 0
- Б) їхня алгебраїчна сума дорівнює 0
- В) їхня різниця дорівнює 0

#### 2. Математична функція – це:

- А) те, що виконує людина
- Б) те, що властиве технічним системам
- В) залежність однієї величини від другої, називаною незалежною змінною

#### 3. Апроксимація функції – це:

- А) наближення до функції
- Б) представлення складної функції більш простою функцією або набором простих функцій

В) збіг більше, ніж трьох функцій

**4. Параметри синусоїди – це:**

- А) амплітуда
- Б) фаза і частота
- В) обидва варіанти

**5. Які форми запису ряду Фур'є використовуються:**

- А) тригонометрична
- Б) комплексна
- В) обидві форми

**6. Екстраполяція функції – це:**

- А) обчислення функції за межами вузлових точок
- Б) застосування екстра методів для обчислення значень функції
- В) обчислення двох кінцевих значень функції

**7. Основна відміна спектрів періодичних і неперіодичних сигналів:**

- А) спектр періодичного сигналу має меншу енергію
- Б) спектр періодичного сигналу дискретний, а неперіодичного суцільний
- В) спектри цих сигналів порівнювати некоректно

**8. Гармоніка – це:**

- А) музичний інструмент
- Б) одне з гармонічних коливань з частотою, кратною основній частоті
- В) сума частот досліджуваного процесу

**9. Спектральна діаграма – це:**

- А) графічне відображення амплітудно-частотного спектра
- Б) графічне відображення фазо-частотного спектра
- В) обидва варіанти

**10. Часовий ряд – це:**

- А) випадкова послідовність чисел
- Б) функції або сигнали, що задані у визначені моменти часу
- В) послідовність годин

**11. Інтерполяція функції – це:**

- А) обчислення значень функції у проміжках між її вузлів
- Б) залучення Інтерполу для обчислення функції
- В) обчислення двох сусідніх значень функції

**12. Ряд Фур'є являє собою набір:**

- А) баянів
- Б) гармонік
- В) флейт

**13. Спектральний аналіз – це:**

- А) розкладання функції на гармонічні складові
- Б) обчислення коефіцієнтів Фур'є

В) обидва варіанти є одне і теж

**14. Базисною функцією ряду Фур'є є:**

А) функція Котельникова

Б) синусоїда

В) функція Кронекера

**15. Спектральні вимірювання, які проводяться на скінчених часових інтервалах:**

А) дозволяють збільшити точність вимірювання частоти

Б) визивають складності в спектральному оцінюванні

В) ніяк не впливають на точність вимірювання частоти

**16. Математичною основою спектрального аналізу є:**

А) можливість розкладання функції по заданій системі функцій

Б) обмеження області припустимих значень функції

В) обмеження області припустимих значень аргументу

**17. Задана системи функцій для розкладання довільної функції повинна бути:**

А) нескінченою

Б) ортогональною

В) обидва варіанти

**18. Умовою ортогональності двох поліномів заданих на сегменті  $[a, b]$  є:**

А)  $\int_a^b p(x)q(x)w(x)dx = 0$ ;

Б)  $\int_a^b p(x)q(x)r(x)w(x)dx = 0$ ;

В)  $\int_a^b p(x)q(x)r(x)s(x)w(x)dx = 0$ .

**19. Для побудови узагальненого ряду Фур'є можуть використовуватися функції:**

А) Ерміта, Лагерра, Лежандра, Чебишева, Ейлера

Б) тригонометричні

В) обидва варіанти

**20. Найбільш поширений базис при розкладанні функції заснований:**

А) на експоненціальних функціях

Б) на тригонометричних функціях

В) обидва варіанти

**21. Рівність Бесселя полягає в тому що:**

А) енергія сигналу складається з енергії його спектральних компонентів

Б) скалярний добуток двох сигналів дорівнює скалярному добутку їхніх спектрів

В) векторна сума сигналів є скалярним добутком спектрів

**22. Рівність Парсеваля полягає в тому, що:**

А) енергія сигналу складається з енергії його спектральних компонентів

Б) скалярний добуток двох сигналів дорівнює скалярному добутку їхніх

спектрів

В) векторна сума сигналів є скалярним добутком спектрів

**23. Гармонійна функція є єдиною функцією, яка:**

А) зберігає свою форму при проходженні через лінійні системи

Б) є основою для формування дискретних функцій

В) без викривлень передається по лініях передачі даних

**24. Якщо функція, яка описує сигнал, не є парною, тоді в розкладанні залишаються лише:**

А) синусоїди

Б) косинусоїди

В) обидва варіанти

**25. Якщо функція, яка описує сигнал, є парною, тоді в розкладанні залишаються лише:**

А) синусоїди

Б) косинусоїди

В) обидва варіанти

**26. Синонімом гармонійного аналізу є:**

А) спектральне розкладання функції

Б) гармонійний розбір музикального твору

В) дослідження звукових властивостей баяна

**27. Взаємна однозначна відповідність між сигналами та їхніми спектрами існує для:**

А) періодичних сигналів

Б) неперіодичних сигналів

В) обидва варіанти

**28. Поняття від'ємної частоти виникає при:**

А) комплексній формі записки спектра

Б) тригонометричної форми запису спектра

В) алгебраїчної форми запису спектра

**29. Які застосовуються форми запису гармонійних функцій ?**

А) тригонометрична

Б) комплексна

В) обидва варіанти

**30. Як відіб'ється на амплітудному частотному спектрі зміна положення початку відліку часу ?**

А) спектр зсунеться ліворуч на величину, обернену зсуву в часі

Б) спектр зсунеться праворуч на величину, обернену зсуву в часі

В) ніяк

**31. Як відіб'ється на фазовому частотному спектрі зміна положення початку відліку часу ?**

А) не зміниться

Б) зміниться

В) стане дорівнюватиме нулю

**32. Відмінність спектральних діаграм, побудованих на основі тригонометричної та комплексної форм запису, полягає в тому, що:**

А) при тригонометричній формі запису спектральна діаграма будується в області додатних частот, при комплексній формі запису спектральна діаграма будується в області додатних та від'ємних частот

Б) при тригонометричній формі запису спектральна діаграма будується в області додатних та від'ємних частот, при комплексній формі запису спектральна діаграма будується в області додатних та від'ємних частот

В) при тригонометричній формі запису спектральна діаграма будується в області від'ємних частот, при комплексній формі запису спектральна діаграма будується в області додатних частот

**33. Як зміниться спектр послідовності прямокутних імпульсів, якщо зменшити тривалість імпульсу в 2 рази ?**

А) збільшиться кількість спектральних компонент в 2 рази, оригінална стане в 2 рази ширше

Б) зменшиться кількість спектральних компонент в 2 рази, оригінална стане в 2 рази вужче

В) кількість спектральних компонент не зміниться, оригінална стане в 2 рази ширше

**34. Як зміниться спектр послідовності прямокутних імпульсів, якщо збільшити частоту слідування імпульсів в 2 рази ?**

А) кількість спектральних компонент не зміниться, оригінална стане в 2 рази ширше

Б) кількість спектральних компонент збільшиться в 2 рази, оригінална не зміниться

В) кількість спектральних компонент зменшиться в 2 рази, оригінална не зміниться

**35. В чому полягає основна відмінність спектрів періодичного та неперіодичного сигналів ?**

А) спектр періодичного сигналу – лінійчатий, неперіодичного – суцільний

Б) спектр періодичного сигналу – суцільний, неперіодичного – лінійчатий

В) ні в чому

**36. Фізичний сенс амплітудно-частотного спектра полягає в тому, що:**

А) він виділяє часову структуру сигналу

Б) він відбиває поведінку оригінальної сигналу

В) він характеризує розподіл енергії сигналу по його гармонійних складових

**37. Фізичний сенс фазо-частотного спектра полягає в тому, що:**

А) він характеризує початкову фазу сигналу

Б) він характеризує розподіл фаз гармонійних складових спектра

В) він характеризує внутрішню структуру сигналу

**38. Як зміниться спектральна характеристика сигналу при його диференціюванні ?**



А) не зміниться  
Б) диференціювання сигналу еквівалентне множенню його спектральної характеристики на множник  $j\omega$

В) диференціювання сигналу еквівалентне діленню його спектральної характеристики на множник  $j\omega$

**39. Як зміниться спектральна характеристика сигналу при його інтегруванні ?**

А) не зміниться

Б) інтегрування сигналу еквівалентне множенню його спектральної характеристики на множник  $j\omega$

В) інтегрування сигналу еквівалентно діленню його спектральної характеристики на множник  $j\omega$

**40. Як зміниться спектральна характеристика сигналу при його затримці на час  $\tau$  ?**

А) початкова спектральна характеристика сигналу поділиться на  $e^{j\omega\tau}$

Б) початкова спектральна характеристика сигналу помножиться на  $e^{j\omega\tau}$

В) не зміниться

**41. Як зміниться спектральна характеристика сигналу при його випередженні на час  $\tau$  ?**

А) початкова спектральна характеристика сигналу поділиться на  $e^{j\omega\tau}$

Б) початкова спектральна характеристика сигналу помножиться на  $e^{j\omega\tau}$

В) не зміниться

**42. Фізичний сенс рівності Парсеваля полягає в тому, що:**

А) воно показує яким чином розподілена енергія сигналу за різними частотними складовими

Б) воно відображає потужність сигналу

В) фізичного сенсу не має

**43. Чим пов'язані між собою спектри поодинокого імпульсу та послідовності таких самих імпульсів ?**

А) однаковою спектральною огинальною

Б) однаковою енергією спектрів

В) однаковою кількістю спектральних компонентів

**44. В чому принципова відмінність між прямою та оберненою різницею дискретної послідовності ?**

А) принципової відмінності немає

Б) пряма різниця обчислюється в заданий момент часу по минулому значенню дискретної послідовності, обернена різниця обчислюється по наступному значенню дискретної послідовності

В) пряма різниця обчислюється в заданий момент часу по наступному значенню дискретної послідовності, обернена різниця обчислюється по минулому значенню дискретної послідовності

**45. Цифрова дискретна послідовність це:**

А) дискретна послідовність чисел з рівномірним розподілом їх значень

Б) дискретна послідовність цифр

В) дискретна послідовність, яка була піддана процедурі квантування за рівнем

**46. Масштабування дискретної послідовності – це:**

А) помноження кожного елемента послідовності на постійний множник

Б) розтягування та стягування дискретної послідовності

В) обидва варіанти

**47. Розтікання спектру – це:**

А) ефект розподілу енергії сигналу між спектральними компонентами при розриві сигналу

Б) ефект розподілу енергії сигналу між декількома спектральними компонентами у випадку, коли час аналізу не вміщує цілого числа періодів сигналу

В) ефект розподілу енергії сигналу між спектральними компонентами при об'єднанні декількох сигналів

**48. Спектральний синтез – це:**

А) відновлення функції, що представлена рядом Фур'є

Б) перемноження відліків функції

В) обидва варіанти

**49. Фільтри реалізуються способами:**

А) апаратним

Б) програмним

В) обидва варіанти

**50. Цифровий фільтр реалізує:**

А) алгоритм згортки в дискретному просторі

Б) алгоритм згортки дискретно в часі

В) обидва варіанти

Самоперевірка якості засвоєння знань при вивченні теоретичного модуля **ЗМ-Л2** і перевірка знань під час модульної контрольної роботи **МКР-2** здійснюється шляхом відповіді на наведені нижче тести:

**1. Віконне перетворення Фур'є – це:**

А) обчислення перетворення Фур'є у ряді часових проміжків

Б) обчислення перетворення Фур'є за допомогою операційної системи Windows

В) обчислення перетворення Фур'є на підвіконні

**2. Вейвлетна пакетна обробка – це:**

А) застосування процедури розкладання до апроксимуючих коефіцієнтів

Б) застосування процедури відновлення до детальних коефіцієнтів

В) застосування процедури розкладання і відновлення до всіх коефіцієнтів

**3. Детальні коефіцієнти прямого вейвлетного перетворення – це:**

А) коефіцієнти одержані за рахунок застосування низькочастотного фільтру розкладання

Б) коефіцієнти одержані за рахунок застосування високочастотного

фільтру розкладання

В) коефіцієнти одержані за рахунок застосування режекторного фільтру розкладання

**4. Апроксимуючі коефіцієнти прямого вейвлетного перетворення – це:**

А) коефіцієнти одержані за рахунок застосування низькочастотного фільтру розкладання

Б) коефіцієнти одержані за рахунок застосування високочастотного фільтру розкладання

В) коефіцієнти одержані за рахунок застосування режекторного фільтру розкладання

**5. Базисною функцією ряду Шеннона є:**

А) функція Котельникова

Б) синусоїда

В) функція Кронекера

**6. Вейвлетне розкладання функції – це:**

А) знаходження спектру її вейвлетних коефіцієнтів

Б) розкладання функції за довільним базисом

В) знаходження найменших елементів у функції

**7. Рівень декомпозиції сигналу завдає:**

А) середнє значення функції

Б) кількість використовуваних вейвлетів при розкладанні сигналу

В) зсув по фазі синусоїди

**8. Алгоритм Малла – це:**

А) дискретне синусне перетворення

Б) швидке вейвлетне перетворення

В) дискретне косинусне перетворення

**9. Носій функції – це:**

А) технічний засіб, що виконує визначену функцію

Б) людина, що виконує визначену функцію

В) область визначення функції

**10. Базисною функцією вейвлетного ряду є:**

А) коротка хвилеподібна функція

Б) синусоїда

В) функція Котельникова

**11. Частото-часова локалізація властива:**

А) перетворенню Фур'є

Б) перетворенню Уолша

В) вейвлетному перетворенню

**12. Ознака локалізації вейвлету – це:**

А) вейвлет локалізований в часовому просторі

Б) вейвлет локалізований в частотному просторі

В) обидва варіанти

**13. Можливість реконструкції гарантують:**

- А) ортогональні вейвлети з компактним носієм
- Б) комплексні вейвлети
- В) передвейвлети

**14. Спектр вейвлетного перетворення одновимірного сигналу являє собою:**

- А) лінії одного рівня
- Б) двовимірний графік
- В) тривимірну поверхню

**15. Вейвлетне відтворення функції – це:**

- А) синтез функції по її вейвлетних компонентах
- Б) відтворення функції із декількох інших функцій
- В) синтез функції із нескінченно малих величин

**16. У чому полягає спектрально-часовий аналіз ?**

- А) в аналізі спектральних компонент всіх досліджуваних даних у часі
- Б) в оцінці «потокowego» спектру частині даних, які містяться в часовому вікні деякої малої довжини
- В) у сумісному аналізі спектральних і часових даних

**17. У чому полягає ідея вейвлетного перетворення ?**

- А) створити клас функцій, які будуть локалізовані в часовій і частотній області
- Б) розробка класу функцій, які дуже добре локалізовані в часовій області
- В) розробка класу функцій, які дуже добре локалізовані в частотній області

**18. Вейвлет – це:**

- А) солітоноподібна функція
- Б) коротко хвильова функція
- В) обидва варіанти

**19. Ознакою вейвлета є:**

- А) нульове середнє
- Б) не нульове середнє
- В) нульове середнє квадратичне

**20. Однією з ознак вейвлету є:**

- А) автономність базису
- Б) самоподібність
- В) обидва варіанти

**21. Пряме безперервне вейвлетне перетворення означає:**

- А) розкладання вейвлетів за гармонійними функціями
- Б) декомпозицію вхідних даних за базисом у вигляді сукупності вейвлетів
- В) обчислення кореляції вхідних даних з вейвлетами, які мають найменшу ентропію

**22. Зворотне безперервне вейвлетне перетворення означає:**

- А) кореляцію вхідних даних з вейвлетами
- Б) декомпозицію вхідних даних у вигляді сукупності вейвлетів
- В) відновлення вхідних даних за сукупністю вейвлетів

**23. Діадне вейвлетне перетворення – це:**

- А) двократне вейвлетне перетворення
- Б) вейвлетне перетворення на сітці дискретизації параметрів вейвлетів, яка являє собою ступені двійки
- В) пряме і зворотне вейвлетне перетворення з внесенням змін у коефіцієнти проміж перетвореннями

**24. Дерево розкладання утворюють:**

- А) рівні розкладання
- Б) елементи вхідних даних
- В) конкретний вейвлет

**25. Перевагою діадного вейвлетного перетворення є:**

- А) істотне підвищення точності обчислень
- Б) уникнення надмірності у вейвлетних коефіцієнтах
- В) обидва варіанти

**26. Особливістю вейвлетних фреймів є:**

- А) використання зсувів кратних двійці та безперервного масштабування
- Б) використання масштабування кратного двійці та безперервних зсувів
- В) використання масштабування і зсувів кратних двійці

**27. Коефіцієнти вейвлетного перетворення відображаються в координатах:**

- А) час, частота
- Б) часовий масштаб, частота
- В) часова локалізація, часовий масштаб

**28. Скелетон це:**

- А) вейвлетний спектр
- Б) зображення вейвлетних коефіцієнтів накладених на мірну сітку
- В) зображення ліній локальних екстремумів вейвлетних коефіцієнтів

**29. Властивістю вейвлетного перетворення є:**

- А) лінійність
- Б) розтягуваність
- В) ділімість

**30. Однією з властивостей вейвлетного перетворення є:**

- А) масштабування
- Б) інваріантність до розтягуваності та стискання вейвлетів
- В) можливість стискання

**31. Частотно-часова локалізація це:**

- А) вимога до вхідних даних мати задану частоту і час надходження при вейвлетному перетворенні
- Б) операція вейвлетного перетворення
- В) властивість вейвлетного перетворення мати добре відрізнення в часі та за масштабом

**32. Кут впливу це:**

- А) кут достовірності

Б) кут розкриву

В) кут зору

**33. Кут впливу виникає за рахунок:**

А) скінченності аналізованого ряду

Б) обчислення вейвлетних коефіцієнтів по відрізках, що виходять за межі ряду

В) обидва варіанти

**34. До можливостей вейвлетного аналізу відносяться:**

А) можливість високого відрізнення двох процесів

Б) можливість виявлення локальної регулярності

В) можливість декореляції двох процесів

**35. Міра локальної перемежаємості це:**

А) міра локальних відхилень від середнього поля спектрів на кожному масштабі

Б) чисельна міра кількості переставлених даних на даному масштабі

В) міра поміняних даних на крайніх масштабах

**36. Частотний підхід до вейвлетного аналізу полягає в тому, що:**

А) обчислення детальних і апроксимуючих коефіцієнтів замінюється фільтрацією вхідних даних відповідно високочастотним і низькочастотним фільтрами

Б) масштабування вейвлетів при аналізі ототожнюється зі зміною частоти

В) обчислюється Фур'є-спектр вхідних даних і потім здійснюється вейвлетне розкладання

**37. Процедура вейвлетного розкладання полягає в тому, що:**

А) вхідні дані розкладаються на апроксимуючі коефіцієнти і в подальшому розкладанню піддаються тільки апроксимуючі коефіцієнти

Б) вхідні дані розкладаються на детальні та апроксимуючі коефіцієнти і в подальшому розкладанню піддаються тільки детальні коефіцієнти

В) вхідні дані розкладаються на детальні та апроксимуючі коефіцієнти і в подальшому розкладанню піддаються тільки апроксимуючі коефіцієнти

**38. Вейвлетна реконструкція це:**

А) застосування зворотного вейвлетного перетворення до суми деякої кількості вхідних даних

Б) операція, зворотна розкладанню

В) реконструювання вейвлетного спектру за вхідними даними

**39. Вейвлетний аналіз полягає в:**

А) розгляданні одержаного вейвлетного спектру

Б) розкладанні, зміні коефіцієнтів, відновленні

В) перетворенні вхідних даних на основі частотного підходу до вейвлетного аналізу

**40. Алгоритм Малла це:**

А) алгоритм вейвлетного розкладання

Б) алгоритм пакетного вейвлетного розкладання

В) алгоритм двовимірної вейвлетної обробки

**41. Швидке вейвлетне перетворення означає:**

А) обчислювання коефіцієнтів вейвлетного розкладання без інтегрування, тільки на основі алгебраїчних операцій згортки

Б) що при кожному перетворенні кількість нових коефіцієнтів не збільшується

В) обидва варіанти

**42. Вейвлетний пакет одержується при:**

А) розкладанні детальних і апроксимуючих коефіцієнтів

Б) розкладанні детальних коефіцієнтів не менше, ніж 2 рази

В) розкладанні апроксимуючих коефіцієнтів не менше, ніж 2 рази

**43. Критерієм вибору найкращого базису для визначених вхідних даних є:**

А) ентропія

Б) середньоквадратична помилка

В) мінімум енергії

**44. Найкращим базисом вейвлетного розкладання є такий базис, при якому:**

А) забезпечений мінімум середньоквадратичної помилки між вхідними даними і вейвлетним спектром

Б) великі коефіцієнти розкладання присутні у невеликій кількості, а інші близькі до нуля

В) обидва варіанти

**45. При двовимірному пакетному вейвлетному розкладанні проводяться операції:**

А) розкладання тільки апроксимуючих коефіцієнтів

Б) розкладання всіх трьох видів деталізуючих коефіцієнтів

В) розкладання апроксимуючих та деталізуючих коефіцієнтів всіх трьох видів

Критерії оцінювання результатів поточного контролю за цими тестами: 90% і більше правильних відповідей – відмінно, 74...89,9% – добре, 60...73,9% – задовільно, менше 60% – незадовільно.

Підсумковий контроль знань під час залікової контрольної роботи проводиться за частиною тестів, що наведені для поточного контролю знань.

Критерії оцінювання результатів підсумкового контролю за тестами: 90% і більше правильних відповідей – відмінно, 74...89,9% – добре, 60...73,9% – задовільно, менше 60% – незадовільно.

## **2.2 Рекомендації щодо виконання практичних робіт з дисципліни**

При вивченні практичного модуля студенти одержують знання про склад і принцип функціонування існуючого програмного забезпечення, за

допомогою якого здійснюють спектрально-часову обробку різних видів даних: часових рядів і зображень.

При вивченні цих розділів необхідно звернути увагу на практичне застосування одержаних теоретичних знань про методи і засоби спектрально-часового аналізу.

Перевірка якості засвоєних знань і одержаних навичок при вивченні цього модуля здійснюється викладачем під час проведення практичних занять шляхом усного опитування з наведених для теоретичних модулів питань і перевіркою порядку дій з засобами спектрально-часового аналізу даних.

### **2.3 Запитання для перевірки базової компоненти знань з дисципліни**

У випадку неодержання заліку з дисципліни у студента може скластися потреба у проходженні тестування з базової компоненти знань. Тести містять 3 варіанти по 20 запитань у кожному, студент проходить тестування по одному з варіантів.

Запитання, що входять до тестів і являють собою необхідний мінімум знань, який потрібний для засвоєння дисципліни „Спектрально-часовий аналіз даних моніторингу”, наведені нижче:

1. Що таке математична функція?
2. Що таке часовий ряд?
3. Що таке носій функції?
4. Що являє собою апроксимація функції?
5. Що являє собою інтерполяція функції?
6. Що являє собою екстраполяція функції?
7. Набір яких елементів являє собою ряд Фур'є?
8. Назвіть параметри синусоїди
9. Що являє собою спектральний аналіз?
10. Що являє собою спектральний синтез?
11. Що являє собою віконне перетворення Фур'є?
12. Які алгоритми реалізують цифрові фільтри?
13. Яка функція є базисною для ряду Фур'є?
14. Яка функція є базисною для ряду Шеннона?
15. Яка функція є базисною для вейвлетного ряду?
16. Який параметр завдає рівень декомпозиції сигналу?
17. Якому виду перетворення властива частотно-часова локалізація?
18. Які ознаки локалізації вейвлету?
19. Які види вейвлетів гарантують можливість реконструкції сигналу?
20. Що являє собою спектр вейвлетного перетворення одновимірною сигналу?
21. Якому виду перетворення відповідає алгоритм Малла?



22. В чому полягає вейвлетне розкладання функції?
23. В чому полягає вейвлетне відтворення функції?
24. В чому полягає вейвлетна пакетна обробка?
25. Яким чином одержуються детальні коефіцієнти прямого вейвлетного перетворення?
26. Яким чином одержуються апроксимуючі коефіцієнти прямого вейвлетного перетворення?

## **ЛІТЕРАТУРА**

### **Основна**

1. Перелигін Б.В., Ткач Т.Б., Гор'єв С.А. Спектрально-часовий аналіз даних моніторингу: навчальний посібник / Одеса: ОДЕКУ, 2018. 122 с.
2. Дьяконов В.П. Вейвлеты. От теории к практике. Изд. 2-е, перераб. и доп. / М.: Солон-Пресс, 2004. 400 с.
3. Смоленцев Н.К. Основы теории вейвлетов. Вейвлеты в MATLAB / М.: ДМК Пресс, 2005. 304 с.
4. Залманзон Л.А. Преобразования Фурье, Уолша, Хаара и их применение в управлении, связи и других областях / М.: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1989. 496 с.
5. Перелигін Б.В. Спектральні методи обробки інформації: Конспект лекцій. – Одеса: ОДЕКУ, 2011. – 111 с.

### **Додаткова**

6. Быков Р.Е., Фраер Р., Иванов К.В., Манцетов А.А. Цифровое преобразование изображений: учеб. пособие для вузов / Под. ред. проф. Р.Е. Быкова / М.: Горячая линия–Телеком, 2003. 228 с.

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ  
до самостійної роботи студентів з дисципліни  
СПЕКТРАЛЬНО-ЧАСОВИЙ АНАЛІЗ ДАНИХ МОНІТОРИНГУ  
для студентів 1 курсу II рівня підготовки за освітньою програмою  
„Атмосферна геофізика” спеціальності 103 „Науки про Землю”

Укладач: Перелигін Б.В., к.т.н., доц.

Підп. до друку  
Умовн. друк. арк.

Формат  
Тираж

Папір  
Зам. №

Надруковано з готового оригінал-макета

---

Одеський державний екологічний університет  
65016 Одеса, вул. Львівська, 15

---