МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ І. І. МЕЧНИКОВА
Кафедра оптимального керування і економічної кібернетики

"ЗАТВЕРДЖУЮ"
Проректор з науково-педагогічної роботи
_____ Олександр ЗАПОРОЖЧЕНКО
"12" вересня 2022 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

ВБ «Аналіз систем на часових шкалах»

Рівень вищої освіти	**другий (магістерський)**
Галузь знань	**11 Математика та статистика**
Спеціальність	**113 Прикладна математика**
Освітньо-професійна програма	**Прикладна математика**

ОНУ
2022

Робоча програма навчальної дисципліни «Аналіз систем на часових шкалах». – Одеса: ОНУ, 2022.

Розробники:
Кічмаренко Ольга Дмитрівна, доктор фізико-математичних наук, доцент, завідувач кафедри оптимального керування і економічної кібернетики
Скрипник Наталія Вікторівна, доктор фізико-математичних наук, доцент, доцент кафедри оптимального керування і економічної кібернетики

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри оптимального керування і економічної кібернетики

Протокол № 1 від. “30” серпня 2022 р.

Завідувач кафедри _____ Ольга КІЧМАРЕНКО

Погоджено із гарантом ОПП “Прикладна математика”.

_____ Ольга КІЧМАРЕНКО

Схвалено навчально-методичною комісією (НМК)факультету математики, фізики та інформаційних технологій

Протокол № 1 від. “9” вересня 2022 р.

Голова НМК _____ Євген СТРАХОВ

Переглянуто та затверджено на засіданні кафедри оптимального керування і економічної кібернетики

Протокол № ___ від. “____”_____20__ р.

Завідувач кафедри _____

Переглянуто та затверджено на засіданні кафедри оптимального керування і економічної кібернетики

Протокол № ___ від. “____”_____20__ р.

Завідувач кафедри _____

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, спеціалізація, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни
		очна (денна, вечірня) форма навчання
Загальна кількість: кредитів 4 ECTS годин 120 змістових модулів 2	Галузь знань *11 Математика та статистика* (шифр і назва) Спеціальність *113 Прикладна математика* (код і назва) Рівень вищої освіти: *другий (магістерський)*	Дисципліна вільного вибору
		Рік підготовки:
		1-й
		Семестр
		2-й
		Лекції
		20 год.
		Практичні, семінарські
		20 год.
		Лабораторні
		Самостійна робота
		80 год.
		Форма підсумкового контролю: *залік*

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Метою викладання навчальної дисципліни «Аналіз систем на часових шкалах» є ознайомлення студентів з сучасною теорією динамічних систем на часових шкалах та застосуванням її до розв'язання прикладних задач.

Основними завданнями вивчення дисципліни «Аналіз систем на часових шкалах» є надання основних понять, постановок задач та математичних фактів теорії динамічних систем на часових шкалах, установлення відповідних порівнянь з неперервними системами та з системами на дискретному часі.

Процес вивчення дисципліни спрямований на формування елементів наступних **компетентностей**:

Інтегральна компетентність :

Здатність розв'язувати складні задачі і проблеми прикладної математики у професійної діяльності або у процесі навчання, що передбачає проведення досліджень та/або здійснення інновацій та характеризується невизначеністю умов і вимог.

Загальних компетентностей :

ЗК.03. Здатність ставити та вирішувати задачі на основі абстрактного мислення, аналізу й синтезу

Фахових компетентностей:

ФК.01. Здатність формалізувати та розв'язувати складні задачі й проблеми, які потребують оновлення й інтеграції знань, часто в умовах неповної, неточної чи недостатньої інформації та суперечливих вимог.

ФК.02. Здатність розробляти методи побудови й дослідження моделей складних систем у різних галузях людської діяльності, будувати математичні моделі природних та соціальних явищ та чисельно їх розраховувати.

ФК.04. Здатність до розвитку нових та удосконалення існуючих математичних методів аналізу, моделювання, прогнозування, розв'язування нових проблем у нових галузях знань.

ФК.07. Знання на рівні новітніх досягнень, необхідні для практичної та/або інноваційної діяльності у сфері прикладної математики.

Очікувані результати навчання. В результаті вивчення дисципліни здобувач повинен

знати: поняття часової шкали, операторів прямого та зворотнього переходу, функції зернистості, дельта-похідної та інтегралу на часовій шкалі, тощо, основи теорії динамічних систем на часових шкалах, мати спеціалізовані концептуальні знання, що включають сучасні наукові здобутки у предметі навчальної дисципліни;

вміти: будувати оператори переходу та функцію зернистості, знаходити дельта-похідну та інтеграл, а також використовувати апарат часових шкал для побудови розв'язків рівнянь на часових шкалах.

Вміти критично осмислювати проблеми у галузі прикладної математики та на межі з іншими галузями знань. Бути здатним до проведення досліджень з метою розвитку нових знань та процедур, бути здатним інтегрувати знання та розв'язувати складні задачі у широких або мультидисциплінарних контекстах, бути здатним розв'язувати проблеми у нових або незнайомих середовищах за наявності неповної або обмеженої інформації з урахуванням аспектів соціальної та етичної відповідальності, бути здатним продовжувати навчання з високим ступенем автономії.

Що забезпечує наступні програмні результати навчання:

ПРН 01. Знати та вміти застосовувати процедури формального опису та моделювання поведінки реальних природних, технічних, соціально-економічних систем, впливів некерованих чинників, потрібних для прийняття раціональних рішень.

ПРН 06. Вміти застосовувати математичний апарат при вирішенні актуальних задач на практиці

ПРН 07. Вміти будувати моделі складних систем, обирати методи їх дослідження, реалізовувати побудовані моделі програмно та перевіряти їх адекватність за допомогою комп'ютера .

ПРН 09. Виявляти здатність до самонавчання та продовження професійного розвитку.

3. Зміст навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1. Неперервні та дискретні системи. Часові шкали: базові поняття. Диференціювання на часовій шкалі.

Тема 1. Неперервні та дискретні системи. Системи та явища, які описуються неперервними та дискретними моделями.

Тема 2. Базові означення: часова шкала, оператор переходу вперед, оператор переходу назад, функція зернистості. Класифікація точок шкали: розсіяні зліва (справа), щільні зліва (справа) та ізольовані точки.

Тема 3. Принцип індукції. Дельта-похідна функції в точці.

Тема 4. Теорема про властивості функцій, що диференціюються на часовій шкалі. Похідна суми, добутку та частки функцій. Похідна функцій (t-a)^m, 1/((t-a)^m).

Тема 5. Друга дельта-похідна. Формула Лейбниця. Похідні вищих порядків.

Змістовий модуль 2. Интегрування на часовій шкалі. Диференційні рівняння з дельта похідною.

Тема 6. Регульовані (впорядковані) та rd- неперервні функції, їх властивості. Пре-диференційовані функції.

Тема 7. Теорема про середнє значення. Наслідок.

Тема 8. Антипохідна. Існування пре-антипохідної. Невизначений інтеграл. Інтеграл Коши. Існування антипохідної. Невласний інтеграл.

Тема 9. Властивості визначених інтегралів.

Тема 10. Інтегрування складної функції.

Тема 11. Лінійні диференціальні рівняння першого порядку з дельта-похідною. Експоненційна функція. Розв'язок лінійного диференціального рівняння першого порядку з дельта-похідною.

4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин					
	Очна (денна, вечірня) форма					
	усього	у тому числі				
		л	п	лаб.	інд.	с. р.
1	2	3	4	5	6	7
Змістовий модуль 1. Основи множиннозначного аналізу						
Тема 1. Неперервні та дискретні системи. Системи та явища, які описуються неперервними та дискретними моделями.	8					8
Тема 2. Базові означення: часова шкала, оператор переходу вперед, оператор переходу назад, функція зернистості. Класифікація точок шкали: розсіяні зліва (справа), щільні зліва (справа) та ізольовані точки.	12	2	2			8
Тема 3. Принцип індукції. Дельта-похідна функції в точці.	10	2	2			6
Тема 4. Теорема про властивості функцій, що диференціюються на часовій шкалі. Похідна суми, добутку та частки функцій. Похідна функцій (t-a)^m, 1/((t-a)^m).	12	2	2			8
Тема 5. Друга дельта-похідна. Формула Лейбниця. Похідні вищих порядків.	10	2	2			6
Разом за змістовим модулем 1	52	8	8			36
Змістовий модуль 2. Лінійні задачі керування						
Тема 6. Регульовані (впорядковані) та rd-неперервні функції, їх властивості. Пре-диференційовані функції.	12	2	2			8

Тема 7. Теорема про середнє значення. Наслідок.	10	2	2			6
Тема 8. Антипохідна. Існування пре-антипохідної. Невизначений інтеграл. Інтеграл Коши. Існування антипохідної. Невласний інтеграл.	12	2	2			8
Тема 9. Властивості визначених інтегралів.	10	2	2			6
Тема 10. Інтегрування складної функції.	12	2	2			8
Тема 11. Лінійні диференціальні рівняння першого порядку з дельта-похідною. Експоненційна функція. Розв'язок лінійного диференціального рівняння першого порядку з дельта-похідною.	12	2	2			8
Разом за змістовим модулем 2	68	12	12			44
Усього годин	**120**	**20**	**20**			**80**

5. Теми семінарських занять

Не передбачено навчальним планом

6. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	**Тема 2.** Базові означення: часова шкала, оператор переходу вперед, оператор переходу назад, функція зернистості. Класифікація точок шкали: розсіяні зліва (справа), щільні зліва (справа) та ізольовані точки.	2
2	**Тема 3.** Принцип індукції. Дельта-похідна функції в точці.	2
3	**Тема 4.** Теорема про властивості функцій, що диференціюються на часовій шкалі. Похідна суми, добутку та частки функцій. Похідна функцій (t-a)^m, 1/((t-a)^m).	2
4	**Тема 5.** Друга дельта-похідна. Формула Лейбниця. Похідні вищих порядків.	2
5	**Тема 6.** Регульовані (впорядковані) та rd- неперервні функції, їх властивості. Пре-диференційовані функції.	2
6	**Тема 7.** Теорема про середнє значення. Наслідок.	2
7	**Тема 8.** Антипохідна. Існування пре-антипохідної. Невизначений інтеграл. Інтеграл Коши. Існування антипохідної. Невласний інтеграл.	2
8	**Тема 9.** Властивості визначених інтегралів.	2
9	**Тема 10.** Інтегрування складної функції.	2
10	**Тема 11.** Лінійні диференціальні рівняння першого порядку з дельта-похідною. Експоненційна функція. Розв'язок лінійного диференціального рівняння першого порядку з дельта-похідною.	2
	Разом	**20**

7. Теми лабораторних занять

Не передбачено навчальним планом

8. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми/ види завдань	Кількість годин
1	**Тема 1.** Неперервні та дискретні системи. Системи та явища, які описуються неперервними та дискретними моделями. Підготувати доповідь.	8
2	**Тема 2.** Базові означення: часова шкала, оператор переходу вперед, оператор переходу назад, функція зернистості. Класифікація точок шкали: розсіяні зліва (справа), щільні зліва (справа) та ізольовані точки. Підготувати доповідь. Виконання індивідуального завдання.	8
3	**Тема 3.** Принцип індукції. Дельта-похідна функції в точці. Підготувати доповідь.	6
4	**Тема 4.** Теорема про властивості функцій, що диференціюються на часовій шкалі. Похідна суми, добутку та частки функцій. Похідна функцій (t-a)^m, 1/((t-a)^m). Підготувати доповідь. Виконання індивідуального завдання.	8
5	**Тема 5.** Друга дельта-похідна. Формула Лейбниця. Похідні вищих порядків. Підготувати доповідь.	6
6	**Тема 6.** Регульовані (впорядковані) та rd- неперервні функції, їх властивості. Пре-диференційовані функції.	8
7	**Тема 7.** Теорема про середнє значення. Наслідок.Підготувати доповідь.	6
8	**Тема 8.** Антипохідна. Існування пре-антипохідної. Невизначений інтеграл. Інтеграл Коши. Існування антипохідної. Невласний інтеграл. Підготувати доповідь.	8
9	**Тема 9.** Властивості визначених інтегралів. Підготувати доповідь.	6
10	**Тема 10.** Інтегрування складної функції. Підготувати доповідь. Виконання індивідуального завдання.	8
11	**Тема 11.** Лінійні диференціальні рівняння першого порядку з дельта-похідною. Експоненційна функція. Розв’язок лінійного диференціального рівняння першого порядку з дельта-похідною. Підготувати доповідь. Виконання індивідуального завдання.	8
	Разом	80

Самостійна робота оформлюється у вигляді доповіді та (або) виконання індивідуального завдання, обговорення та оцінювання яких здійснюється на поточному та підсумковому контролі.

Самостійна робота здобувачів забезпечується засобами Google Workspace for Education.

Навчально-методичне забезпечення: робоча програма навчальної дисципліни; навчально-методичні матеріали для лекцій, конспекти (тексти, схеми)

лекцій; мультимедійні презентації; плани практичних занять; методичні вказівки (рекомендації) щодо самостійного вивчення дисципліни.

Критерії оцінювання виконання самостійної роботи**:**

– своєчасність виконання;

– доброчесність та коректність у представлені текстів, презентацій та посилань (у разі доведеного плагіату бали за роботу анулюються);

– повнота, грамотність і коректність розкриття основних положень;

– творчий підхід до постановки і реалізації завдання;

– відповідність формальним критеріям (структура, послідовність, логічність, мовна грамотність, якість оформлення тощо).

– вміння застосовувати теоретичні знання для рішення практичних завдань.

9. Методи навчання

Метод проблемного викладення (наукового пошуку).

Пояснювально-ілюстративні методи: лекція, пояснення, самостійне опрацювання літературних джерел, робота з електронними конспектами лекцій та презентаціями, опрацювання наукових публікацій.

Наочні методи (презентації, ілюстрації, презентації результатів власних досліджень).

Репродуктивні методи та практичні методи: розв’язування задач за алгоритмами конкретних методів, практичні роботи, виконання індивідуальних завдань.

Дослідницький метод.

Методи формування і стимулювання пізнавальної діяльності: навчальні дискусії

10. Форми контролю і методи оцінювання

Методи поточного періодичного контролю: індивідуальне усне поточне опитування, оцінювання доповідей, оцінювання виконання та захисту індивідуальних завдань, письмові поточні самостійні роботи.

Підсумковий контроль - залік. Підсумкова оцінка визначається як сума балів за поточний і періодичний контроль за 100-бальною системою, виставляється за результатами роботи здобувача вищої освіти впродовж всього семестру.

При оцінюванні в балах рівня засвоєння матеріалу використовуються загальні критерії оцінювання навчальних досягнень здобувачів вищої освіти:

Оцінка за національною шкалою та відсоток від максимальної кількості балів	Теоретична підготовка	Практична підготовка
	Здобувач освіти	
Відмінно (90-100% від	у повному обсязі володіє навчальним матеріалом, вільно, самостійно та	глибоко та всебічно розкриває сутність практичних/

максимальної кількості балів)	аргументовано його викладає під час усних виступів та письмових відповідей; глибоко та всебічно розкриває зміст теоретичних питань, використовуючи при цьому нормативну, обов'язкову та додаткову літературу; робить самостійні висновки, виявляє причинно-наслідкові зв'язки; самостійно знаходить додаткову інформацію та використовує її для реалізації поставлених перед ним завдань. Здобувач здатен виділяти суттєві ознаки вивченого за допомогою операцій синтезу, аналізу, виявляти причинно-наслідкові зв'язки, формувати висновки і узагальнення, вільно оперувати фактами та відомостями.	розрахункових завдань, використовуючи при цьому нормативну, обов'язкову та додаткову літературу; може аргументовано обрати раціональний спосіб виконання завдання й оцінити результати власної практичної діяльності; виконує творчі завдання та ініціює нові шляхи їх виконання; вільно використовує набуті теоретичні знання при аналізі практичного матеріалу; проявляє творчий підхід до виконання індивідуальних та колективних завдань при самостійній роботі.
Добре (75-89% від максимальної кількості балів)	достатньо повно володіє навчальним матеріалом, обґрунтовано його викладає під час усних виступів та письмових відповідей, використовуючи при цьому нормативну та обов'язкову літературу; при представленні деяких питань не вистачає достатньої глибини та аргументації, застосовує знання для розв'язання стандартних ситуацій; самостійно аналізує, узагальнює і систематизує навчальну інформацію, але допускаються при цьому окремі несуттєві неточності та незначні помилки.	правильно вирішив більшість розрахункових /тестових завдань за зразком; має стійкі навички виконання завдання
Задовільно (60-74% від максимальної кількості балів)	володіє навчальним матеріалом на репродуктивному рівні або відтворює певну частину навчального матеріалу з елементами логічних зв'язків, знає основні поняття навчального матеріалу; має ускладнення під час виділення суттєвих ознак вивченого; під час виявлення причинно-наслідкових зв'язків і формулювання висновків.	може використовувати знання в стандартних ситуаціях, має елементарні, нестійкі навички виконання завдання. Правильно вирішив половину розрахункових/тестових завдань. Здобувач має ускладнення під час виділення суттєвих ознак вивченого; під час виявлення причинно-наслідкових зв'язків і формулювання висновків.
Незадовільно з можливістю повторного складання (35-59% від максимальної кількості балів)	володіє навчальним матеріалом поверхово й фрагментарно (без аргументації та обґрунтування); безсистемно виокремлює випадкові ознаки вивченого; не вміє робити найпростіші операції аналізу і синтезу; робити узагальнення, висновки; під час відповіді допускаються суттєві помилки	недостатньо розкриває сутність практичних завдань, допускаючи при цьому суттєві неточності, правильно вирішив окремі розрахункові/тестові завдання за допомогою викладача, відсутні сформовані уміння та навички.
Незадовільно з обов'язковим повторним вивченням	не володіє навчальним матеріалом	виконує лише елементи завдання, потребує постійної допомоги викладача

дисципліни (0-34% від максимальної кількості балів)		

Примітка: максимальна кількість балів за кожною темою вказана в п.12.

11. Питання для поточного, періодичного та підсумкового контролю

1. Неперервні та дискретні системи. Системи та явища, які описуються неперервними та дискретними моделями.
2. Базові означення: часова шкала, оператор переходу вперед, оператор переходу назад, функція зернистості.
3. Класифікація точок шкали: розсіяні зліва (справа), щільні зліва (справа) та ізольовані точки.
4. Дельта-похідна функції в точці.
5. Теорема про властивості функцій, що диференціюються на часовій шкалі.
6. Дельта-похідна суми, добутку та частки функцій. Похідна функцій (t-a)^m, 1/((t-a)^m).
7. Друга дельта-похідна. Формула Лейбниця.
8. Регульовані (впорядковані) та rd- неперервні функції, їх властивості.
9. Пре-диференційовані функції.
10. Теорема про середнє значення. Наслідок.
11. Антипохідна. Існування пре-антипохідної.
12. Невизначений дельта-інтеграл. Інтеграл Коші.
13. Існування антипохідної. Невласний дельта-інтеграл.
14. Властивості визначених дельта-інтегралів.
15. Інтегрування складної функції.
16. Експоненційна функція на шкалі.

17. Розв’язок лінійного диференціального рівняння першого порядку з дельта-похідною.

12. Розподіл балів, які отримують здобувачі

Змістовний модуль 1					**Змістовний модуль 2**						Всього
Т1	Т2	Т3	Т4	Т5	Т6	Т7	Т8	Т9	Т10	Т11	
6	10	8	10	8	10	8	10	8	10	12	100

Розподіл балів за видами навчальної роботи

Види навчальної роботи	Бали за одне заняття (завдання)	Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів
Змістовий модуль 1			
Поточний контроль на лекціях	2	5	10
Виконання практичних робіт	16	2	32
Усього за змістовим модулем 1			**0 – 42**
Змістовий модуль 2			
Поточний контроль на лекціях	3	6	18
Виконання практичних робіт	20	2	40
Усього за змістовим модулем 2			**0 – 58**
Підсумкова сума балів			**0 – 100**

Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену, курсового проекту (роботи), практики	для заліку
90 – 100	**A**	відмінно	зараховано
85-89	**B**	добре	
75-84	**C**		
70-74	**D**	задовільно	
60-69	**E**		
35-59	**FX**	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання
0-34	**F**	незадовільно з обов’язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов’язковим повторним вивченням дисципліни

13. Навчально-методичне забезпечення

Робоча програма навчальної дисципліни; силабус; навчально-методичні матеріали для лекцій, конспекти лекцій; мультимедійні презентації; плани практичних занять.

14. Рекомендована література

Основна

1. Adivar M. A new periodicity concept for time scales. *Mathematica Slovaca.* 2013. No. 63(4). P. 817–828.
2. Bohner M. Calculus of variations on time scales. *Dynamic Systems and APlications*. 2004. V. 13. P. 339–349..
3. Bohner M., Peterson A. Dynamic equations on time scales. Birkhauser Boston, 2001. 358 p.
4. Bohner M., Peterson A. Advances in dynamic equations on time scales. Birkhauser Boston, 2003. 361 p.
5. Bourdin L., Trelat E. Pontryagin maximum principle for finite dimensional nonlinear optimal control problems on time scales. *SIAM J. Control Optim*. 2013. V. 51, No. 5. P. 3781–3813.
6. Hilger S. Ein maßkettenkalku¨l mit anwendung auf zentrumsmannigfaltigkeiten: Ph.D. dissertation, Universität Würzburg, 1988.
7. Ogulenko A. Asymptotical properties of social network dynamics on time scales. *Journal of Computational and APlied Mathematics.* 2017. V. 319. P. 413–422.
8. Zhan Z. , Wei W. On existence of optimal control governed by a class of the first-order linear dynamic systems on time scales. *APl. Math. Comput*. 2009. V. 215, No. 6. P. 2070–2081.
9. Zhan Z. , Wei W., Xu H. Hamilton—Jacobi—Bellman equations on time scales. *Math. and Computer Modelling.* 2009. V. 49. P. 2019–2028.
10. Бохнер М., Мартынюк А. А. Элементы теории устойчивости А.М.Ляпунова для динамических уравнений на временной шкале. *Прикл. механика.* 2007. Т. 43, №2. С. 3–26.
11. Лаврова О. Є. Умови існування оптимального керування для деяких класів диференціальних рівнянь на часових шкалах. *Нелінійні коливання.* 2016. Т. 19, №1. С. 67–84.
12. Мартынюк А.А. Теория устойчивости решений динамических уравнений на временной шкале. Киев: Феникс, 2012.

Додаткова

1. Bohner M., Kenzhebaev K., Stanzhytskyi O., Lavrova O. Pontryagin’s maximum principle for dynamic systems on time scales. *Journal of Difference Equations and APlications*. 2017. V. 23, No. 7. P. 1161–1189.

2. Kichmarenko O. D., Ogulenko A. P. Averaging of multicriteria control problems of systems on time scales. *Journal of Computer and Systems Sciences International.* 2017. V. 56, №. 1. P. 33–43.
3. Martynyuk-Chernienko Y. A. On the stability of dynamical systems on a time scale. *Dokl. Acad. Nauk.* 2007. V. 413. P. 1–5.
4. Ogulenko A. P. , Kichmarenko O. D. Averaging of the problem of optimal control on time scales. *Journal of Mathematical Sciences.* 2016. V. 212, No. 3. P. 290–304.
5. Mesquit J. G., Slav´ık A. Periodic averaging theorems for various types of equations. *Journal of Mathematical Analysis and APlications.* V. 387, No. 2. P. 862–877.
6. Slav´ık A. Averaging dynamic equations on time scales. *Journal of Mathematical Analysis and APlications.* V. 388, No. 2. P. 996–1012.
7. Огуленко А. П. Частичное усреднение систем на временных шкалах. *Дослідження в математиці і механіці.* 2017. Т. 22, №1(29). С. 32–45.

15. Електронні інформаційні ресурси

1. http://nbuv.gov.ua/ – Сайт Національної бібліотеки України імені В. І. Вернадського;
2. http://www.dnpb.gov.ua/ – Сайт Державної науково-педагогічної бібліотеки України імені В.О. Сухомлинського;
3. http://onu.edu.ua/ – Сайт бібліотеки ОНУ імені І. І. Мечникова;
4. http://odnb.odessa.ua/ – Сайт Одеської національної наукової бібліотеки;
5. http://korolenko.kharkov.com/ – Сайт Харківської державної наукової бібліотеки імені В.Г. Короленка;
6. https://www.imath.kiev.ua/ – Сайт Інституту математики НАН України;
7. https://umj.imath.kiev.ua/ – Український математичний журнал;
8. https://imath.kiev.ua/~nosc/web/?lang=ua/ – журнал Нелінійні коливання.
9. http://www.ams.org/publications/math-reviews/math-reviews - реферативний математичний журнал, що видається AMS
10. https://zbmath.org/ - реферативний математичний журнал видавництва «Шпрингер» та електронна база даних «ZBMATH — The database Zentralblatt MATH»
11. https://scholar.google.com/ - Google Scholar, пошукова система, яка індексує повний текст наукових публікацій всіх форматів і дисциплін.
12. https://indexcopernicus.com/ - Index Copernicus (IC) — онлайнова наукометрична база даних
13. https://www.scopus.com/home.uri - Scopus, бібліографічна і реферативна база даних
14. https://clarivate.com/products/web-of-science/ - Web of Science, бази наукової літератури і патентів

15. https://en.wikipedia.org/wiki/Time-scale_calculus -Time scale - Wikipedia.