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

"ЗАТВЕРДЖУЮ"
Проректор з науково-
педагогічної роботи

_____

"12" вересня 2022 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

СК 2 «ДЕЦЕНТРАЛІЗОВАНІ СИСТЕМИ»

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 «Спецкурс №2 (за вибором) Децентралізовані системи». – Одеса: ОНУ, 2022.

Розробники:
Мазурок Ігор Євгенович, кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри оптимального керування і економічної кібернетики
Платонова Євгенія Вікторівна, старший викладач 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.

1. **Опис навчальної дисципліни**

<table>
<tr><td rowspan="2">Найменування показників</td><td rowspan="2">Галузь знань, спеціальність, спеціалізація, рівень вищої освіти</td><td>Характеристика навчальної дисципліни</td></tr>
<tr><td>очна (денна, вечірня) форма навчання</td></tr>
<tr><td rowspan="17">Загальна кількість:
кредитів: - 4 ECTS
годин - 120
змістових модулів– 2</td><td rowspan="17">Галузь знань
11 математика та статистика
(шифр і назва)

Спеціальність
113
Прикладна математика

Рівень вищої освіти:
<u>Другий (магістерський)</u></td><td>Нормативна</td></tr>
<tr><td>Рік підготовки:</td></tr>
<tr><td>1-й</td></tr>
<tr><td>Семестр</td></tr>
<tr><td>1-й</td></tr>
<tr><td>Лекції</td></tr>
<tr><td>20 год.</td></tr>
<tr><td>Практичні, семінарські</td></tr>
<tr><td>20 год.</td></tr>
<tr><td>Лабораторні</td></tr>
<tr><td></td></tr>
<tr><td>Самостійна робота</td></tr>
<tr><td>80 год.</td></tr>
<tr><td>Індивідуальні завдання: год.</td></tr>
<tr><td>Форма підсумкового контролю:
залік</td></tr>
</table>

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета дисципліни полягає в формуванні у студентів системних базових уявлень, умінь, навичок, компетенцій і знань про методи розробки, протоколи та алгоритми децентралізованих система також підготувати студентів до застосування знань в галузі децентралізованих систем в професійній діяльності.

Завдання полягає у формуванні у здобувачів уявлення про методи, алгоритми та протоколи сучасних криптовалют та базові поняття теорії розподілених систем, про питання побудови сучасних децентралізованих систем, блокчейн та не блокчейн технологій разподіленого реєстру, децентралізовані алгоритми обробки та узгодження та протоколи консенсусу Proof of Work, Propf of stake та інші

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

а) *загальних* (ЗК): ЗК01. Здатність генерувати нові ідеї (креативність) й нестандартні підходи до їх реалізації ЗК02. Здатність виявляти ініціативу, інноваційність та підприємливість. ЗК07. Здатність спілкуватися з представниками інших професійних груп різного рівня

б) *фахових* (КФЗ):ФК05 Здатність самостійно розробляти проекти шляхом творчого застосування існуючих та генерування нових математичних ідей ФК06. Здатність доводити знання та власні висновки до фахівців та нефахівців. ФК.07 Знання на рівні новітніх досягнень, необхідні для практичної та/або інноваційної діяльності у сфері прикладної математики ФК.08 Здатність до використання принципів, методів та організаційних процедур практичної та/або інноваційної діяльності

Очікувані результати навчання

ПРН03. Вміти професійно спілкуватись однією з іноземних мов в усній і письмовій формах, організовувати комунікацію й управляти нею

ПРН05. Вміти виявляти ініціативу, інноваційність та підприємливість

ПРН09. Виявляти здатність до самонавчання та продовження професійного розвитку

ПРН13. Вміти дотримуватися правових та етичних стандартів професійної діяльності в галузі прикладної математики та розробки програмного забезпечення.

У результаті вивчення навчальної дисципліни здобувач вищої освіти повинен

знати: методи розробки, протоколи та алгоритми децентралізованих систем, внутришню побудову блокчейнів Bitcoin, Etherium та інших, методи побудови dApps, NFT, DiFi, DAO та інші напрямки використання смартконтрактів.

вміти: формалізувати реальні задачі, застосовувати алгоритмічні методи спецкурсу, проводити після оптимізаційний аналіз та розробляти

практичні рекомендації з прийняття рішень, здійснювати розробку та дослідження у галузі децентралізованих систем та блокчейну у рамках діяльності відповідних організацій

набути навички: застосування криптографічних методів у блокчейн технологіях

.

3. Зміст навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1.

Тема 1. Базові поняття теорії розподілених систем
Тема 2. Побудова сучасних децентралізованих систем
Тема 3. Блокчейн та не блокчейн технологій разподіленого реєстру
Тема 4.Децентралізовані алгоритми обробки та узгодження
Тема 5. Протоколи консенсусу Proof of Work
Тема 6. Протоколи консенсусу Proof-of-stake
Тема 7. Інші протоколи консенсусу.
Тема 8. Внутрішня побудова та архітектура блокчейна Bitcoin
Тема 9. Внутрішня побудова та архітектура блокчейна Etherium
Тема 10. Внутрішня побудова та архітектура DAGblock та DAGchain систем

Змістовий модуль 2.

Тема 11. Мова програмування Solidity та розробка смартконтрактів
Тема 12.Приклади та методи побудови dApps
Тема 13. NFT невзаємозамінні токени
Тема 14. DiFi. Хадачі децентралізованих фінісів
Тема 15. DAO. Децентралізовані автономні організації.

4. Структура навчальної дисципліни

Назви тем	Кількість годин				
	Денна форма				
	Усього	у тому числі			
		Л	п/с	лаб	ср
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
Змістовий модуль 1					
Тема 1. Базові поняття теорії розподілених систем	7	1	1		5
Тема 2.Побудова сучасних децентралізованих систем	7	1	1		5
Тема 3. Блокчейн та не блокчейн технологій разподіленого реєстру	7	1	1		5
Тема 4. Децентралізовані алгоритми обробки та узгодження	7	1	1		5
Тема 5. Протоколи консенсусу Proof of Work	7	1	1		5
Тема 6. Протоколи консенсусу Propf of stake	7	1	1		5
Тема 7. Інші протоколи консенсусу.	7	1	1		5
Тема 8. Внутрішня побудова та архітектура блокчейна Bitcoin	7	1	1		5
Тема 9. Внутрішня побудова та архітектура блокчейна Etherium	7	1	1		5
Тема 10. Внутрішня побудова та архітектура DAGblock та DAGchain систем	7	1	1		5
Разом за змістовим модулем 1	70	10	10		50
Змістовий модуль 2					
Тема 11. Мова програмування Solidity та розробка смартконтрактів	10	2	2		6
Тема 12. Приклади та методи побудови dApps	10	2	2		6
Тема 13. NFT невзаємозамінні токени	10	2	2		6
Тема 14. DiFi. Хадачі децентралізованих фінісів	10	2	2		6
Тема 15. DAO. Децентралізовані автономні організації.	10	2	2		6
Разом за змістовим модулем 2	50	10	10		30
Всього 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 1. Базові поняття теорії розподілених систем	2
2	Тема 2. Побудова сучасних децентралізованих систем	2
3	Тема 3. Блокчейн та не блокчейн технологій разподіленого реєстру	2
4	Тема 4. Децентралізовані алгоритми обробки та узгодження	2
5	Тема 5. Протоколи консенсусу Proof of Work	1
6	Тема 6. Протоколи консенсусу Propf of stake	1
7	Тема 7. Інші протоколи консенсусу.	2
8	Тема 8. Внутрішня побудова та архітектура блокчейна Bitcoin	2
9	Тема 9. Внутрішня побудова та архітектура блокчейна Etherium	1
10	Тема 10. Внутрішня побудова та архітектура DAGblock та DAGchain систем	1
11	Тема 11. Мова програмування Solidity та розробка смартконтрактів	1
12	Тема 12. Приклади та методи побудови dApps	1
13	Тема 13. NFT, DiFi, DAO	2
Всього		20

7. Теми лабораторних занять

Не передбачено навчальним планом

8. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Тема 1. Базові поняття теорії розподілених систем	5
2	Тема 2. Побудова сучасних децентралізованих систем	5

3	Тема 3. Блокчейн та не блокчейн технологій разподіленого реєстру	5
4	Тема 4. Децентралізовані алгоритми обробки та узгодження	5
5	Тема 5. Протоколи консенсусу Proof of Work	5
6	Тема 6. Протоколи консенсусу Propf of stake	5
7	Тема 7. Інші протоколи консенсусу.	5
8	Тема 8. Внутрішня побудова та архітектура блокчейна Bitcoin	5
9	Тема 9. Внутрішня побудова та архітектура блокчейна Etherium	5
10	Тема 10. Внутрішня побудова та архітектура DAGblock та DAGchain систем	5
11	Тема 11. Мова програмування Solidity та розробка смартконтрактів	10
12	Тема 12. Приклади та методи побудови dApps	10
13	Тема 13. NFT, DiFi, DAO	10
	Разом	80

Самостійна робота оформлюється у вигляді доповіді та (або) виконання трьох індивідуальних завдань з публікацією на сайті, обговорення та оцінювання яких здійснюється на поточному 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 максимальної кількості балів)	у повному обсязі володіє навчальним матеріалом, вільно, самостійно та 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	глибоко та всебічно розкриває сутність практичних/ розрахункових завдань, використовуючи при цьому нормативну, обов'язкову та додаткову літературу; може аргументовано обрати раціональний спосіб виконання завдання й оцінити

	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.	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	може використовувати знання в стандартних ситуаціях, має елементарні, нестійкі навички виконання завдання. Правильно вирішив половину

	навчального матеріалу; має ускладнення під час виділення суттєвих ознак вивченого; під час виявлення причинно-наслідкових зв'язків і формулювання висновків.	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 дисципліни (0-34% від максимальної кількості балів)	не володіє навчальним матеріалом	виконує лише елементи завдання, потребує постійної допомоги викладача

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

11. Питання для поточного та періодичного контролю

1. Блокчейн як мережа
2. Найперший блокчейн проект
3. Онлайн-банкінг

4. Генезис-блок першого блокчейну проекту
5. Структура реєстру типового блокчейна
6. Інтеграція блокчейнів
7. Користувачі блокчейну
8. Як працює типовий блокчейн?
9. Алгоритм прийняття узгоджених рішень
10. Що містить кожен блок типового блокчейну?
11. Тип структури даних, що використовується в блокчейні
12. Транзакції в блокчейні. Визначення
13. Властивості, якими володіє блокчейн
14. Властивості, якими не володіє блокчейн
15. Що таке Токен в блокчейні
16. Централізована мережа
17. Однорангова мережа
18. Мережа Napster
19. Мережа Мережа
20. Мережа FIDO
21. Мережа Torrent
22. Мережа eDonkey
23. Мережа BitTorrent
24. Мережа Bitcoin
25. Розподілена архітектура мережі
26. Децентралізована архітектура мережі
27. Централізована архітектура мережі
28. Засоби анонімізації роботи в мережі
29. Зберігання віртуальних монет блокчейну
30. Особливість блокчейн-мереж
31. Одноранговий вузол мережі
32. Нода, повна нода. Пул мережі
33. Концепція «Інтернет цінності»
34. Концепція "Інтернет інформації"
35. Концепція "Інтернет взаємодії"
36. Впровадження технологій блокчейн
37. Відмінність децентралізованих мереж від розподілених
38. Відмінність розподілених мереж від децентралізованих
39. Відмінність централізованих мереж від розподілених
40. Хеш, хешування та результат хешування в блокчейні
41. Властивості простого та криптографічного хешування
42. Суть колізії
43. Відмінності простого хешування від криптографічного
44. Хеш-функції CRC-32, CRC-16, MD5, SHA-1, SHA-256, Keccak-256
45. Склад блоку в блокчейні
46. Незмінність блокчейну

47.Хеш генезис-блоку найпершого блокчейну
48.Хеш-гра майнерів
49.Хешчейн та хешрейт
50.Проблема "візантійських генералів"
51.Алгоритм консенсусу Proof of Work
52.Алгоритм консенсусу Proof of Stake
53.Алгоритм консенсусу Proof of Stake Time.
54.Алгоритм консенсусу Proof of Elapsed Time
55.Алгоритм консенсусу Delegated Proof of Stake
56.Алгоритм консенсусу Leased Proof of Stake
57.Алгоритм консенсусу Proof of Activity
58.Алгоритм консенсусу Proof of Validatory
59.Алгоритм консенсусу Proof Of Burn
60.Алгоритм консенсусу Proof of Weight
61.Алгоритм консенсусу Proof of Capacity
62.Алгоритм консенсусу Proof of Checkpoint
63.Алгоритм консенсусу Proof of Importance
64.Майнер та Валідатор в блокчейн-індустрії
65.Пропускна здатність блокчейн-мережі
66.Затримка розповсюдження блоку
67.TPS в блокчейнах Біткойн та Ефіріум
68.Протокол розповсюджується нового блоку в мережі
69.Орфанні (сиротні) блоки
70.Час розповсюдження блоку до половини нод мережі Біткойну
71.Пропускна здатність транзакцій в мережі Біткойн
72.Трилема масштабованості блокчейну
73.Шардінг в блокчейні Ефіріум
74.Сайдчейни
75.Приватність згідно "Маніфесту шифропанків"
76.Чому біткойн псевдо-анонімний?
77.Анонімність блокчейнів
78.Суть такої вразливість блокчейну як Форк
79.Суть такої вразливість блокчейну як DDoS?
80. Коригування складності мережі в Біткойні

12. Розподіл балів, які отримують здобувачі

Змістовий модуль 1										**Змістовий модуль 2**					Всього
Т1	Т2	Т3	Т4	Т5	Т6	Т7	Т8	Т9	Т10	Т11	Т12	Т13	Т14	Т15	

5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	10	10	10	10	10	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	5	1	5
Виконання самостійних (індивідуальних) робіт	15	3	45
Усього за змістовим модулем 1			50
Змістовий модуль 2			
Поточний контроль на лекціях	5	1	5
Виконання самостійних (індивідуальних) робіт	15	3	45
Усього за змістовим модулем 2			50
Підсумкова сума балів			**0 – 100**

14. 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. Методичне забезпечення

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

14. Рекомендована література

Основна

1. Рекомендована література Основна 1. Кравченко П. Блокчейн і децентралізовані системи. Ч. 1 Харків : ПРОМАРТ, 2019. 452 с.
2. Кравченко П. Блокчейн і децентралізовані системи. Ч. 3 Харків: ПРОМАРТ, 2020. 306 с.
3. Andreas M. Antonopoulos, Gavin Wood. Mastering Ethereum: Building Smart Contracts and Dapps.- O'Reilly Media, 2021
4. Owen Rebel. Blockchain Technology: What Is Blockchain Technology And How Does It Work: Blockchain Tutorial W3Schools.- Kindle Edition, 2021

Допоміжна

1. Unreliable Failure Detectors for Reliable Distributed System. Journal of the ACM, Vol. 43, No 2, March 1996/ URL:https://www.cs.utexas.edu/~lorenzo/corsi/cs380d/papers/p225-chandra.pdf
2. Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System URL: https://bitcoin.org/bitcoin.pdf
3. Diego Ongaro and John Ousterhout In Search of an Understandable Consensus Algorithm 18 p.URL: https://raft.github.io/raft.pdf
4. Notes on Theory of Distributed Systems James Aspnes 2022. URL: http://www.cs.yale.edu/homes/aspnes/classes/465/notes.pdf
5. Ittay Eyal and Emin G¨un Sirer. Majority is not Enough: Bitcoin Mining is Vulnerable URL: https://www.cs.cornell.edu/~ie53/publications/btcProcFC.pdf

15. 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.