

# ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інформаційних технологій  
Кафедра комп'ютерної інженерії та інформаційних систем

Декан Факультету Інформаційних Технологій  
Тетяна ТОВОРУЩЕНКО  
2024 р.

## СИЛАБУС

Навчальна дисципліна Функційне програмування

### Загальна інформація

Позиція	Зміст інформації
Викладач(і)	Лисенко Сергій Миколайович
Профайл викладача	<a href="http://kiis.khmnu.edu.ua/personnel/lysenko-sergij-mykolajovych/">http://kiis.khmnu.edu.ua/personnel/lysenko-sergij-mykolajovych/</a>
E-mail викладача(ів)	sprlysenko@gmail.com
Контактний телефон	заповнюється за домовленістю
Сторінка дисципліни в ІСУ	<a href="https://msn.khmnu.edu.ua/course/view.php?id=546">https://msn.khmnu.edu.ua/course/view.php?id=546</a>
Навчальний рік	2024-2025
Консультації	Очні: середа, 6-а пара, 1-114; п'ятниця, 6-а пара, 1-114; онлайн: за необхідністю та попередньою домовленістю

### Характеристика дисципліни

Статус дисципліни	Форма навчання	Загальне навантаження		Кількість годин						Форма семестрового контролю			
		Кредити ЕКТС	Години	Аудиторні заняття				Індивідуальна робота студента	Самостійна робота, в т.ч. ІРС	Курсовий проект	Курсова робота	Залік	Іспит
				Разом	Лекції	Лабораторні роботи	Практичні заняття						
В	Д	8	240	102	34	34	34		138	-	-	+	-

### Анотація дисципліни

Дисципліна "Функційне програмування" відноситься до циклу вибіркових дисциплін, забезпечує підготовку студентів з програмування з використанням концепцій та парадигм функційного програмування. При викладанні дисципліни використовуються активні творчі форми проведення занять, зокрема, методи проблемного навчання.

#### Мета і завдання дисципліни

Метою курсу є вивчення основних концепцій функційного програмування на прикладі мови F#, таких як концепція незмінного стану, функцій вищого порядку, чистих функцій, опціональних типів і співставлення зразком, відкладених обчислень і нескінченних структур даних, а також лямбда-обчислень, та застосування цих концепцій при вирішенні прикладних задач із залученням методів штучного інтелекту. Предмет дисципліни. Основи програмування мовою F# з використанням концепцій та парадигм функційного програмування та їх застосування при вирішенні прикладних задач із залученням методів штучного інтелекту.

# ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інформаційних технологій  
Кафедра комп'ютерної інженерії та інформаційних систем

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Декан ФІТ \_\_\_\_\_ Тетяна ГОВОРУЩЕНКО  
\_\_\_\_\_ 2024 р.

## СИЛАБУС

Навчальна дисципліна Функційне програмування

### Загальна інформація

Позиція	Зміст інформації
Викладач(і)	Лисенко Сергій Миколайович
Профайл викладача	<a href="http://kiis.khmnu.edu.ua/personnel/lysenko-sergij-mykolajovych/">http://kiis.khmnu.edu.ua/personnel/lysenko-sergij-mykolajovych/</a>
E-mail викладача(ів)	sprlysenko@gmail.com
Контактний телефон	заповнюється за домовленістю
Сторінка дисципліни в ІСУ	<a href="https://msn.khmnu.edu.ua/course/view.php?id=546">https://msn.khmnu.edu.ua/course/view.php?id=546</a>
Навчальний рік	2024-2025
Консультації	<b>Очні:</b> середа, 6-а пара, 1-114; п'ятниця, 6-а пара, 1-114; <b>онлайн:</b> за необхідністю та попередньою домовленістю

### Характеристика дисципліни

Статус дисципліни	Форма навчання	Загальне навантаження		Кількість годин						Форма семестрового контролю			
		Кредити ЄКТС	Години	Аудиторні заняття				Індивідуальна робота студента	Самостійна робота, в т.ч. РС	Курсовий проект	Курсова робота	Залік	Іспит
				Разом	Лекції	Лабораторні роботи	Практичні заняття						
В	Д	8	240	102	34	34	34		138	-	-	+	-

### Анотація дисципліни

Дисципліна "Функційне програмування" відноситься до циклу вибіркових дисциплін, забезпечує підготовку студентів з програмування з використанням концепцій та парадигм функційного програмування. При викладанні дисципліни використовуються активні творчі форми проведення занять, зокрема, методи проблемного навчання.

#### Мета і завдання дисципліни

Метою курсу є вивчення основних концепцій функційного програмування на прикладі мови F#, таких як концепція незмінного стану, функцій вищого порядку, чистих функцій, опціональних типів і співставлення зразком, відкладених обчислень і нескінченних структур даних, а також лямбда-обчислень, та застосування цих концепцій при вирішенні прикладних задач із залученням методів штучного інтелекту. Предмет дисципліни. Основи програмування мовою F# з використанням концепцій та парадигм функційного програмування та їх застосування при вирішенні прикладних задач із залученням методів штучного інтелекту.

### **Завдання дисципліни:**

- навчити навичкам програмування мовою F# із застосуванням парадигм функційного програмування;
- навчити здійснювати вибір засобів функційного програмування та використовувати переваги функційного підходу до розробки і реалізації прикладних програмних систем;
- ознайомитися з технікою програмування задач штучного інтелекту з використанням парадигм функційного програмування.

### **Очікувані результати навчання**

В результаті вивчення курсу «Функційне програмування» студент повинен досягти таких результатів навчання (сукупність знань, умінь, навичок, компетентностей):

#### **знати:**

- теоретичні положення, що лежать в основі парадигм функційного програмування; основні концепції функційного програмування, такі як концепція незмінного стану, функцій вищого порядку, чистих функцій, опціональних типів і співставлення зі зразком, відкладених обчислень і нескінченних структур даних, а також лямбда-обчислень; принципи програмування задач штучного інтелекту з використанням парадигм функційного програмування.

#### **вміти:**

- здійснювати пошук, оброблення та аналіз інформації з різних джерел для розв'язання прикладних задач з використанням парадигм функційного програмування;

- застосовувати знання основних концепцій функційного програмування, таких як концепція незмінного стану, функцій вищого порядку, чистих функцій, опціональних типів і співставлення зі зразком, відкладених обчислень і нескінченних структур даних, а також лямбда-обчислень при розв'язуванні задач аналізу та синтезу програмних систем;

- застосовувати знання теоретичних положень, що лежать в основі парадигм функційного програмування, для ідентифікації, формулювання і розв'язування прикладних задач, використовуючи основні концепції функційного програмування, що є найбільш придатними для досягнення поставлених цілей;

- поєднувати теорію і практику функційного програмування, а також приймати оптимальні рішення при виробленні стратегії розв'язку прикладних задач з урахуванням виробничих інтересів;

- виконувати експериментальні дослідження з метою пошуку оптимальних шляхів розв'язку прикладних задач з використанням парадигм функційного програмування;

- системно мислити та застосовувати творчі здібності до формування нових ідей при програмуванні задач штучного інтелекту з використанням парадигм функційного програмування;

- оцінювати отримані результати та аргументовано захищати прийняті рішення при виборі засобів функційного програмування для розв'язку прикладних задач;

#### **бути здатним:**

- до абстрактного мислення, аналізу і синтезу при побудові розв'язків прикладних задач з використанням парадигм функційного програмування;

- до навчання та оволодіння сучасними знаннями з метою вироблення стратегії побудови розв'язків прикладних задач з використанням парадигм функційного програмування та застосовувати одержані знання у практичних ситуаціях;

- до розуміння концепцій та парадигм функційного програмування;

- застосовувати знання концепцій та парадигм функційного програмування у практичних ситуаціях;

- використовувати поняття концепцій функційного програмування, а також принципи програмування задач штучного інтелекту з використанням парадигм функційного програмування при розробленні програмного забезпечення на сучасних мовах програмування, зокрема F#;

- аргументувати вибір методів розв'язування прикладних задач та засобів функційного програмування, критично оцінювати отримані результати, обґрунтувати та захищати прийняті рішення;
- розв'язувати складні задачі під час розробки прикладного програмного забезпечення, що передбачає застосування концепцій та парадигм функційного програмування і характеризується комплексністю та невизначеністю умов.

**Тематичний і календарний план вивчення дисципліни**

№ тижня	Тема лекції*	Тема практичного заняття*	Тема лабораторної роботи*	Самостійна робота студентів		
				Зміст	Год.	Література
1-2.	<b>Загальний огляд мови F#.</b> Будова програми на мові F#. Значення пробільних символів. Функції. Узагальнені функції. Рекурсивні функції. Каррінг. Лямбда-вирази. Композиція функцій. Конвеєризація. Типи мови F#. Синтаксис типів. Функції перетворення типів. Арифметика F#. Бітові операції. Символи. Рядки. Умовні вирази. Вираз while ... do. Прості цикли for. Вираз for ... to. Цикли-перерахування for. Вираз for ... in.	Основи F#. Створення функцій. Композиція і конвеєризація. Каррінг.	Створення консольного проекту в F#. Створення функцій. Композиція функцій і конвеєризація. Каррінг. Типи даних F#.	Опрацювання лекційного матеріалу. Підготовка до ЛР1.	16	[1, 5, 7, 14]
3-4.	<b>Функційний підхід до програмування. Алгебраїчні типи і зіставлення зі зразком.</b> Реалізація обчислення коренів квадратного рівняння: приклад на мові C# з використанням списку коренів; приклад на мові C# з використанням перерахування; приклад на мові F# з використанням алгебраїчного типу; приклад на мові C# з використанням інтерфейсу і успадкованих класів;	Циклічні конструкції та розгалуження в F#.	Цикли та розгалуження в F#.	Опрацювання лекційного матеріалу. Підготовка до ЛР2.	16	[1, 5, 7, 11, 12]

	приклад на мові F# з використанням інтерфейсу і успадкованих класів.					
5-6.	<b>Кортежі. Колекції F#. Списки.</b> Кортежі. Списки. Діапазони списків. Генератори списків. Функції модуля List. Агрегатні оператори модуля List. Згортки.	Колекції F#. Функції модуля List. Функції модуля Seq. Функції модуля Array.	Кортежі. Колекції F#: списки, послідовності, масиви.	Опрацювання лекційного матеріалу. Підготовка до ЛР3.	16	[1, 5, 11, 12]
7-8.	<b>Колекції F#. Послідовності. Масиви.</b> Тип option. Послідовності. Вирази послідовності. Функції модуля Seq. Агрегатні оператори модуля Seq. Масиви. Зрізи масивів. Способи створення масивів. Функції модуля Array. Агрегатні оператори модуля Array. Багатовимірні масиви. Прямокутні масиви. Невирівняні масиви.	Алгебраїчні типи і зіставлення зі зразком.	Засоби функційного програмування.	Опрацювання лекційного матеріалу. Підготовка до ЛР4.	16	[1, 7, 11, 12]
9-10.	<b>Засоби функційного програмування.</b> Функції, які повертають функції. Взаємна рекурсія. Символьні оператори. Іменовані зразки. Зіставлення з літералами. Обмеження when. Групування зразків. Зіставлення структур даних. Необов'язкові значення. Зіставлення з груповими символами. Альтернативний синтаксис лямбда-виразів.	Задачі на розстановку фігур на шаховій дошці. Задача про вісім ферзів.	Застосування методів машинного навчання в задачах розпізнавання образів. Формування вибірки.	Опрацювання лекційного матеріалу. Підготовка до ЛР5.	16	[1-7]
11-12.	<b>Засоби функційного програмування.</b> Розмічені об'єднання. Використання розмічених об'єднань для створення	Застосування методів машинного навчання в задачах розпізнавання	Застосування методів машинного навчання в задачах розпізнавання	Опрацювання лекційного матеріалу. Підготовка до ЛР6.	16	[13]

	деревовидних структур. Методи і властивості розмічених об'єднань. Записи. Типи Lazy.	образів. Формування вибірки.	образів. Аргументація методів формування залежностей.			
13-14.	<b>Прикладне функційне програмування.</b> Одиниці виміру. Активні шаблони. Використання модулів. Перетворення модулів в класи. Робота зі списками. Хвостова рекурсія. Програмування з застосуванням функцій. Функційні шаблони проектування.	Створення програмного додатку розпізнавання рукописних цифр. Реалізація методу.	Застосування методів машинного навчання в задачах розпізнавання образів. Реалізація методу.	Опрацювання лекційного матеріалу. Підготовка до ЛР7.	16	[8-10]
15-16.	<b>Задачі теорії розпізнавання образів.</b> Підходи до розпізнавання образів. Процедура розпізнавання. Розроблення системи розпізнавання. Методи розпізнавання. Перетворення зорових образів у цифровий код.	Бінарна класифікація за допомогою методу k-NN. Розпізнавання зображень.	Застосування методів машинного навчання в задачах розпізнавання образів. Тестування і модифікація.	Опрацювання лекційного матеріалу. Підготовка до ЛР8.	16	[8-10]
17.	Підсумкове заняття.	Підсумкове заняття.	Підсумкове заняття.	Опрацювання лекційного матеріалу. Підготовка до підсумкового лабораторного заняття. Підготовка до тестування.	10	[8-10]

**Примітка:** \*Лекції, практичні заняття проводяться по дві години; послідовність проведення занять визначається розкладом (може не відповідати нумерованим тижням)

### **Політика дисципліни**

Організація освітнього процесу з дисципліни відповідає вимогам положень про організаційне і навчально-методичне забезпечення освітнього процесу, освітній програмі та навчальному плану. Студент зобов'язаний відвідувати лекції, практичні та лабораторні заняття згідно з розкладом, не запізнюватися на заняття, завдання виконувати відповідно до графіка. Пропущене практичне та лабораторне заняття студент зобов'язаний опрацювати самостійно у повному обсязі і відзвітувати перед викладачем не пізніше, ніж за тиждень до чергової атестації. До практичних та лабораторних занять студент має підготуватися за відповідною темою і проявляти активність. Набуті особою знання з дисципліни або її окремих розділів у

неформальній освіті зараховуються відповідно до Положення про порядок перезарахування результатів навчання у ХНУ.

### Критерії оцінювання результатів навчання

Кожний вид роботи з дисципліни оцінюється за **чотирибальною шкалою**. Семестрова підсумкова оцінка визначається як середньозважена з усіх видів навчальної роботи, виконаних і зданих позитивно з врахуванням коефіцієнта вагомості. Вагові коефіцієнти змінюються залежно від структури дисципліни і важливості окремих її видів робіт. При оцінюванні знань студентів використовуються різні засоби контролю, зокрема: усне опитування перед допуском до виконання лабораторної та практичної робіт – здійснюється на їх початку; засвоєння теоретичного матеріалу з тем перевіряється тестовим контролем; якість виконання, набуття теоретичних знань і практичних навичок перевіряється шляхом захисту кожної лабораторної та практичної роботи та індивідуального завдання згідно з робочою програмою дисципліни і робочим навчальним планом.

### Структурування дисципліни за видами робіт і оцінювання результатів навчання студентів денної форми навчання у семестрі за ваговими коефіцієнтами

Аудиторна робота		Самостійна, індивідуальна робота	Семестровий контроль (залік)
Лабораторні роботи №:	Практичні роботи №:	Тестовий контроль	
1-8	1-8	Т 1-4	за рейтингом
ВК: 0,7	0,1	0,2	0

Умовні позначення: Т – тема дисципліни; ВК – ваговий коефіцієнт.

*Оцінювання тестових завдань.* Тематичний тест для кожного студента складається з двадцяти тестових завдань, кожне з яких оцінюється одним балом. Максимальна сума балів, яку може набрати студент, складає 20. На тестування відводиться 20 хвилин. Тестування проводиться з використанням модульного середовища для навчання MOODLE.

Оцінювання здійснюється за чотирибальною шкалою. Відповідність набраних балів за тестове завдання оцінці, що виставляється студенту, представлена у нижченаведеній таблиці.

Сума балів за тестове завдання	1–11	12–14	15–18	19-20
Оцінка	2	3	4	5

### Співвідношення інституційної шкали оцінювання і шкали оцінювання ЕКТС

Оцінка ECTS	Інституційна шкала балів	Інституційна оцінка	Критерії оцінювання	
A	4,75-5,00	5	Зараховано	<b>Відмінно</b> – глибоке і повне опанування навчального матеріалу і виявлення відповідних умінь та навичок.
B	4,25-4,74	4		<b>Добре</b> – повне знання навчального матеріалу з кількома незначними помилками.
C	3,75-4,24	4		<b>Добре</b> – в загальному правильна відповідь з двома-трьома суттєвими помилками.
D	3,25-3,74	3		<b>Задовільно</b> – неповне опанування програмного матеріалу, але достатнє для практичної діяльності за професією.
E	3.00-3,24	3		<b>Задовільно</b> – неповне опанування програмного матеріалу, що задовольняє мінімальні критерії оцінювання
FX	2,00-2,99	2	Незараховано	<b>Незадовільно</b> – безсистемність одержаних знань і неможливість продовжити навчання без додаткових знань з дисципліни

F	0,00-1,99	2		<b>Незадовільно</b> – необхідна серйозна подальша робота і повторне вивчення дисципліни.
---	-----------	---	--	--

***Питання для підсумкового контролю з дисципліни***

1. Побудова програми на мові F#.
2. Модулі. Вкладені модулі.
3. Простори імен.
4. Управління файлами з вихідними кодами F#.
5. Значення пробільних символів.
6. Взаємодія з бібліотеками .NET.
7. Прив'язка let.
8. Функції.
9. Параметри функцій. Виведення типів.
10. Узагальнені функції.
11. Область видимості.
12. Каррінг.
13. Рекурсивні функції.
14. Функційні значення.
15. Лямбда-вирази.
16. Композиція функцій. Прямий оператор композиції. Зворотний оператор композиції.
17. Конвеєризація. Прямий конвеєрний оператор. Зворотний конвеєрний оператор.
18. Типи мови F#. Синтаксис типів.
19. Функції перетворення типів.
20. Арифметика F#.
21. Бітові операції.
22. Символи.
23. Рядки.
24. Порівняння і рівність.
25. Булеві значення.
26. Умовні вирази.
27. Вираз while ... do.
28. Прості цикли for. Вираз for ... to.
29. Цикли-перерахування for. Вираз for ... in.
30. Зіставлення зі зразком.
31. Кортежі.
32. Списки.
33. Діапазони списків.
34. Генератори списків.
35. Функції модуля List.
36. Агрегатні оператори модуля List.
37. Згортки.
38. Тип option.
39. Послідовності.
40. Вирази послідовності.
41. Функції модуля Seq.
42. Агрегатні оператори модуля Seq.
43. Масиви.
44. Зрізи масивів.
45. Способи створення масивів.
46. Функції модуля Array.



47. Агрегатні оператори модуля Aggаy.
48. Багатовимірні масиви. Прямокутні масиви. Невирівняні масиви.
49. Функції, які повертають функції.
50. Взаємна рекурсія.
51. Символьні оператори.
52. Іменовані зразки.
53. Зіставлення з літералами.
54. Обмеження when.
55. Групування зразків.
56. Зіставлення структур даних.
57. Необов'язкові значення.
58. Зіставлення з груповими символами.
59. Альтернативний синтаксис лямбда-виразів.
60. Розмічені об'єднання.
61. Використання розмічених об'єднань для створення деревовидних структур.
62. Методи і властивості розмічених об'єднань.
63. Записи.
64. Типи Lazy.
65. Методи штучного інтелекту.
66. Машинне навчання.

### **МЕТОДИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ**

Навчальний процес з дисципліни «Функційне програмування» повністю і в достатній кількості забезпечений необхідною навчально-методичною літературою, зокрема в модульному середовищі для навчання.

### **РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА**

1. Abraham, Isaac. Get Programming with F#: A guide for .NET developers. Simon and Schuster, 2022.
2. Bishop, C. M. Pattern Recognition and Machine Learning / C. M. Bishop. – Springer, 2018. 738 p.
3. Brink, H., Richards, J., Fetherolf, M. Real-World Machine Learning / H. Brink, J. Richards, M. Fetherolf. Manning Publications, 2019. – 264 p.
4. Dixon, J. Mastering .NET Machine Learning / J. Dixon. – Packt Publishing Ltd, 2021. 358 p.
5. Liu, T. F# for C# Developers / T. Liu. – Pearson Education, 2018. – 640 p.
6. Marsland S. Machine Learning: An Algorithmic Perspective / S. Marsland. – Chapman and Hall/CRC, 2020. 457 p.
7. Masood, A. Learning F# Functional Data Structures and Algorithms. / A. Masood. – Packt Publishing Ltd, 2020. – 206 p.
8. Mohri, M., Rostamizadeh, A., Talwalkar A. Foundations of Machine Learning / M. Mohri, A. Rostamizadeh, A. Talwalkar. – The MIT Press, 2020. – 432 p.
9. Mukherjee, S. F# for Machine Learning Essentials / S. Mukherjee. – Packt Publishing Ltd, 2018. – 194 p.
10. Murphy, K. P., Bach, F. Machine Learning: A Probabilistic Perspective / K. P. Murphy, F. Bach. – The MIT Press, 2019. – 1104 p.
11. Sestoft, P. Programming language concepts. Springer, 2017.
12. Shalev-Shwartz, S., Ben-David, S. Understanding Machine Learning: From Theory to Algorithms / S. Shalev-Shwartz, S. Ben-David. – Cambridge University Press, 2020. – 449 p.
13. F# Language Reference [© Microsoft, 2024]. Доступ до ресурсу: <https://docs.microsoft.com/en-us/dotnet/fsharp/language-reference/>
14. Модульне середовище для навчання MOODLE. Доступ до ресурсу: <https://msn.khnu.km.ua>.
15. Електронна бібліотека університету. Доступ до ресурсу: [http://lib.khnu.km.ua/asp/php\\_f/p1age\\_lib.php](http://lib.khnu.km.ua/asp/php_f/p1age_lib.php).

Розробник: д.т.н., проф. Сергій ЛИСЕНКО

*Погоджено:*

Зав. каф. КІС: к.т.н., доц. Ірина ЗАСОРНОВА

47. Агрегатні оператори модуля Array.
48. Багатовимірні масиви. Прямокутні масиви. Невирівняні масиви.
49. Функції, які повертають функції.
50. Взаємна рекурсія.
51. Символьні оператори.
52. Іменовані зразки.
53. Зіставлення з літералами.
54. Обмеження when.
55. Групування зразків.
56. Зіставлення структур даних.
57. Необов'язкові значення.
58. Зіставлення з груповими символами.
59. Альтернативний синтаксис лямбда-виразів.
60. Розмічені об'єднання.
61. Використання розмічених об'єднань для створення деревовидних структур.
62. Методи і властивості розмічених об'єднань.
63. Записи.
64. Типи Lazy.
65. Методи штучного інтелекту.
66. Машинне навчання.

#### МЕТОДИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Навчальний процес з дисципліни «Функційне програмування» повністю і в достатній кількості забезпечений необхідною навчально-методичною літературою, зокрема в модульному середовищі для навчання.

#### РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Abraham, Isaac. Get Programming with F#: A guide for .NET developers. Simon and Schuster, 2022.
2. Bishop, C. M. Pattern Recognition and Machine Learning / C. M. Bishop. – Springer, 2018. 738 p.
3. Brink, H., Richards, J., Fetherolf, M. Real-World Machine Learning / H. Brink, J. Richards, M. Fetherolf. Manning Publications, 2019. – 264 p.
4. Dixon, J. Mastering .NET Machine Learning / J. Dixon. – Packt Publishing Ltd, 2021. 358 p.
5. Liu, T. F# for C# Developers / T. Liu. – Pearson Education, 2018. – 640 p.
6. Marsland S. Machine Learning: An Algorithmic Perspective / S. Marsland. – Chapman and Hall/CRC, 2020. 457 p.
7. Masood, A. Learning F# Functional Data Structures and Algorithms. / A. Masood. – Packt Publishing Ltd, 2020. – 206 p.
8. Mohri, M., Rostamizadeh, A., Talwalkar A. Foundations of Machine Learning / M. Mohri, A. Rostamizadeh, A. Talwalkar. – The MIT Press, 2020. – 432 p.
9. Mukherjee, S. F# for Machine Learning Essentials / S. Mukherjee. – Packt Publishing Ltd, 2018. – 194 p.
10. Murphy, K. P., Bach, F. Machine Learning: A Probabilistic Perspective / K. P. Murphy, F. Bach. – The MIT Press, 2019. – 1104 p.
11. Sestoft, P. Programming language concepts. Springer, 2017.
12. Shalev-Shwartz, S., Ben-David, S. Understanding Machine Learning: From Theory to Algorithms / S. Shalev-Shwartz, S. Ben-David. – Cambridge University Press, 2020. – 449 p.
13. F# Language Reference [© Microsoft, 2024]. Доступ до ресурсу: <https://docs.microsoft.com/en-us/dotnet/fsharp/language-reference/>
14. Модульне середовище для навчання MOODLE. Доступ до ресурсу: <https://msn.khnu.km.ua>.
15. Електронна бібліотека університету. Доступ до ресурсу: [http://lib.khnu.km.ua/asp/php\\_f/plage\\_lib.php](http://lib.khnu.km.ua/asp/php_f/plage_lib.php).

Розробник:

д.т.н., проф. Сергій ЛИСЕНКО

Погоджено:

Зав. каф. КІС:

к.т.н., доц. Ірина ЗАСОРНОВА