

Хмельницький національний університет
ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ



ЗАТВЕРДЖУЮ
Декан факультету ІТ
Тетяна ГОВОРУЩЕНКО
5 вересня 2024 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Моделювання процесів інформаційних систем та технологій

Галузь знань – 12 Інформаційні технології
Спеціальність – 126 Інформаційні системи та технології
Рівень вищої освіти – Третій (освітньо-науковий)
Освітньо-наукова програма – Інформаційні системи та технології
Обсяг дисципліни – 4 кредити ЕКТС, Шифр дисципліни – ОСП.03
Мова навчання – українська
Статус дисципліни: обов'язкова (спеціальної підготовки)
Факультет – Інформаційних технологій
Кафедра – Комп'ютерної інженерії та інформаційних систем

Форма здобуття освіти	Курс	Семестр	Загальне навантаження		Кількість годин						Курсовий проєкт	Курсова робота	Форма семестрового контролю	
					Аудиторні заняття				Індивідуальна робота студента	Самостійна робота, в т.ч. ІРС			Залік	Іспит
			Кредити ЄКТС	Години	Разом	Лекції	Лабораторні роботи	Практичні заняття						
ОД	1	1	4	120	51	17	34			69			+	
Разом			4	120	51	17	34			69			1	

Робоча програма складена на основі освітньо-наукової програми та навчального плану

Програма складена _____
Підпис Тетяна КИСІЛЬ
Ініціали, прізвище викладача(ів)

Схвалена на засіданні кафедри комп'ютерної інженерії та інформаційних систем
Протокол № 2 від 30 серпня 2024 р.

Зав. кафедри комп'ютерної інженерії та інформаційних систем _____
Підпис Ірина ЗАСОРНОВА
Ініціали, прізвище

Робоча програма розглянута та схвалена Вченою радою факультету інформаційних технологій
Протокол № 1 від 05 вересня 2024 р.

Голова Вченої ради _____
Підпис Тетяна ГОВОРУЩЕНКО
Ініціали, прізвище

Хмельницький 2024

Моделювання процесів інформаційних систем та технологій

Тип дисципліни	Обов'язкова
Рівень вищої освіти	Третій (освітньо-науковий)
Мова викладання	Українська
Семестр	1
Кількість встановлених кредитів ЄКТС	4
Форми здобуття освіти	Очна денна

Результати навчання Здобувач, який успішно завершив вивчення дисципліни, повинен: мати передові концептуальні та методологічні знання з ІСТ і на межі предметних галузей, а також дослідницькі навички, достатні для проведення наукових і прикладних досліджень на рівні останніх світових досягнень з відповідного напрямку, отримання нових знань та/або здійснення інноваційної діяльності; вільно презентувати та обговорювати з фахівцями і нефахівцями результати досліджень, наукові та прикладні проблеми ІСТ державною та іноземними мовами, оприлюднювати результати досліджень у наукових публікаціях у провідних міжнародних наукових виданнях; формувати і перевіряти гіпотези; використовувати для обґрунтування висновків належні докази, зокрема, результати теоретичного аналізу, експериментальних досліджень, математичного та/або комп'ютерного моделювання, наявні наукові дані; розробляти та досліджувати концептуальні, математичні і комп'ютерні моделі процесів і систем, використовувати їх для отримання нових знань та/або створення інноваційних продуктів у сфері ІСТ та дотичних міждисциплінарних напрямках; планувати і виконувати експериментальні та/або теоретичні дослідження інформаційних систем і технологій з використанням сучасних методів дослідження, технічних, програмних засобів та з дотриманням норм академічної і професійної етики; аналізувати дані та знання для оптимізації інформаційних систем та цифрових сервісів, забезпечення їх надійності та безпеки.

Зміст навчальної дисципліни. Моделювання предметної галузі. Процеси та етапи розроблення програмних систем. Формальна специфікація. Моделювання архітектури інформаційної системи. Моделі якості. Моделі подання знань в інформаційних системах. Постановка експерименту. Перевірка адекватності моделі. Класифікаційні моделі та оцінка їх якості. Застосування мереж Петрі для моделювання паралельних систем. Застосування кольорових мереж Петрі. Інтелектуальні інформаційні системи. Системи нечіткого прийняття рішень. Технології та методів вибору альтернатив при прийнятті рішень. Обробка результатів бінарної та багатокласової класифікації

Запланована навчальна діяльність: лекцій 17 год., лабораторних занять 34 год., самостійної роботи 69 год.; разом 120 год.

Методи навчання: Лекції з використанням словесних, наочних, інтерактивних і проблемних методів навчання; лабораторні роботи з використанням пояснювально-ілюстративних, частково-пошукових, проблемних, дослідницьких методів навчання з використанням інформаційно-комунікаційних технологій.

Форми оцінювання результатів навчання: поточний – захист лабораторних робіт, усне опитування, письмові контрольні роботи.

Форма семестрового контролю: залік

Навчальні ресурси:

1. Ismail Taha Ahmed Binary and Multi-Class Malware Threads Classification *Appl. Sci.* 2022, 12(24), 12528; <https://doi.org/10.3390/app122412528>
2. Tassio Fernandes Costa Coloured Petri Nets-Based Modeling and Validation of Insulin Infusion Pump Systems *Appl. Sci.* 2022, 12(3), 1475; <https://doi.org/10.3390/app12031475>
3. Unal Yildirim Felician Campean Functional modelling of complex multi-disciplinary systems using the enhanced sequence diagram <https://doi.org/10.1007/s00163-020-00343-8>
4. Bálint Molnár, András Benczúr Formal approach to modeling of modern information systems. *International Journal of Information Systems and Project Management*, Vol. 4, No. 4, 2016, 69-89. DOI:10.12821/ijispm040404
5. Модульне середовище для навчання MOODLE. Доступ до ресурсу: <https://msn.khmnua.edu.ua>
6. Електронна бібліотека університету. Доступ до ресурсу: http://lib.khmnua.edu.ua/asp/php_f/p1page_lib.php

Викладач: канд. фіз.-мат. наук, доц. Кисіль Т. М.

ВСТУП

Мета викладання дисципліни. Програма вивчення навчальної дисципліни «**Моделювання процесів інформаційних систем та технологій**» складена відповідно до освітньо-наукової програми підготовки фахівців третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти за спеціальністю «Інформаційні системи та технології». Дисципліна «**Моделювання процесів інформаційних систем та технологій**» забезпечує базову підготовку здобувачів спеціальності «Інформаційні системи та технології» та характеризується широким міждисциплінарним підходом.

Метою є формування компетентностей, необхідних для розробки та оптимізації моделей інформаційних систем довільної природи; розширення та поглиблення знань про принципи та методи побудови моделей процесів інформаційних систем.

Предмет дисципліни. Моделювання процесів інформаційних систем та технологій.

Завдання дисципліни. Розвинути дослідницькі навички та удосконалити професійні навички моделювання процесів інформаційних систем; розробляти та досліджувати концептуальні, математичні і комп'ютерні моделі процесів і систем; створювати моделі інформаційних технологій.

Компетентності, на формування яких спрямовано ОК:

Інтегральна - Здатність продукувати нові ідеї, розв'язувати комплексні наукопоприкладні задачі професійної та/або дослідницько-інноваційної діяльності у сфері інформаційних систем та технологій, застосовувати методологію наукової та педагогічної діяльності, а також проводити власне наукове дослідження, результати якого мають наукову новизну, теоретичне та практичне значення.

ЗК03. Здатність розробляти проекти та управляти ними.

ФК01. Здатність планувати та виконувати оригінальні дослідження, досягати наукових результатів, які створюють нові знання у ІСТ та дотичних до них міждисциплінарних напрямках з ІТ та суміжних галузей.

ФК02. Здатність усно і письмово презентувати та обговорювати результати наукових досліджень й інноваційних розробок українською та іноземними мовами, глибоке розуміння наукових текстів іноземними мовами за напрямком досліджень.

ФК03. Здатність створювати і застосовувати сучасні інформаційні технології, архітектури і спеціалізоване програмне забезпечення у науковій та освітній діяльності, керувати інформаційними ресурсами, інформаційними системами та цифровими сервісами.

ФК05. Здатність розвивати теоретичні засади, створювати моделі інформаційних технологій, проектувати та створювати інформаційні системи і цифрові сервіси та їх прототипи.

ФК06. Здатність застосовувати сучасні методи дослідження, синтезу, проектування інформаційних систем і технологій у науковій та науково-педагогічній діяльності.

ФК09. Здатність аналізувати дані та оцінювати необхідні знання для розв'язання задач оптимізації життєвого циклу інформаційних систем та цифрових сервісів, забезпечення їх надійності та безпеки з використанням математичних методів і методів комп'ютерного моделювання.

Програмні результати навчання, на забезпечення яких спрямовано ОК:

ПРН01. Мати передові концептуальні та методологічні знання з ІСТ і на межі предметних галузей, а також дослідницькі навички, достатні для проведення наукових і прикладних досліджень на рівні останніх світових досягнень з відповідного напрямку, отримання нових знань та/або здійснення інноваційної діяльності.

ПРН02. Вільно презентувати та обговорювати з фахівцями і нефахівцями результати досліджень, наукові та прикладні проблеми ІСТ державною та іноземними мовами, оприлюднювати результати досліджень у наукових публікаціях у провідних міжнародних наукових виданнях.

ПРН03. Формулювати і перевіряти гіпотези; використовувати для обґрунтування висновків належні докази, зокрема, результати теоретичного аналізу, експериментальних досліджень, математичного та/або комп'ютерного моделювання, наявні наукові дані.

ПРН04. Розробляти та досліджувати концептуальні, математичні і комп'ютерні моделі процесів і систем, використовувати їх для отримання нових знань та/або створення інноваційних продуктів у сфері ІСТ та дотичних міждисциплінарних напрямках.

ПРН05. Планувати і виконувати експериментальні та/або теоретичні дослідження інформаційних систем і технологій з використанням сучасних методів дослідження, технічних, програмних засобів та з дотриманням норм академічної і професійної етики.

ПРН13. Аналізувати дані та знання для оптимізації інформаційних систем та цифрових сервісів, забезпечення їх надійності та безпеки.

1. СТРУКТУРА ЗАЛІКОВИХ КРЕДИТІВ ДИСЦИПЛІНИ

№ з/п	Назва теми	Кількість годин, відведених на		
		Лекції	Лабораторні заняття	Самостійну роботу
Розділ I. Моделювання систем і процесів				
1	Моделювання предметної галузі	2	4	8
2	Процеси та етапи розроблення програмних систем	2	4	8
3	Моделювання архітектури інформаційної системи	2	4	8
4	Мережі Петрі	2	4	8
5	Моделі якості	2	4	8
6	Моделі подання знань в інформаційних системах	2	4	8
Розділ II. Постановка та організація теоретичного експерименту				
7	Постановка експерименту	2	4	8
8	Перевірка адекватності моделі.	2		5
9	Класифікаційні моделі та оцінка їх якості	1	6	8
Години		17	34	69
Разом		120 (4.0 кредити)		

2. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

2.1. Зміст лекційного курсу

Лекція	Перелік тем лекцій	Годин
	Розділ І. Моделювання систем і процесів	
1	Моделювання предметної галузі Методологічні аспекти структурно-функціонального аналізу складних систем у контексті моделювання предметної галузі. (Системний аналіз, Функціонально-структурне моделювання, Метод декомпозиції, Графові методи, Метод функціонального аналізу) [1]. Інтеграція структурно-функціонального аналізу для оптимізації організаційних систем: підходи та методи. (Організаційне моделювання. SWOT-аналіз Business Process Modeling. Метод морфологічного аналізу. Метод системної динаміки). Формалізація бізнес-процесів засобами DFD: порівняльний аналіз методологій Гейна-Сарсона та Йордана-Де Марко. Моделювання функціональної архітектури системи за допомогою нотації IDEF0: методологічні основи та застосування. Функціональне моделювання складних мультидисциплінарних систем з використанням розширеної діаграми послідовності [2]	2
2	Процеси та етапи розроблення програмних систем Аналіз сучасних нормативно-методичних підходів до розробки програмного забезпечення: стандартизація та впровадження.[3] Огляд та критичний аналіз сучасних стандартів життєвого циклу програмного забезпечення: вплив на якість та ефективність розробки.[4] Моделювання основних, допоміжних та організаційних процесів у рамках життєвого циклу програмного забезпечення: сучасні підходи та практики.[5] Застосування каскадної моделі в розробці інформаційних систем: переваги, обмеження та практичні кейси.[6] Стратегії та інструменти управління життєвим циклом програмних продуктів: від концепції до виведення з експлуатації. [7] Формальна специфікація Дослідження методів використання псевдокоду у формалізації вимог до програмного забезпечення: переваги, обмеження та практичні підходи. (Формальний аналіз синтаксису та семантики, Порівняльний аналіз, Метод структурного програмування, Емпіричні дослідження).[8-9] Моделювання процесів ухвалення рішень у програмному забезпеченні: порівняльний аналіз дерев рішень та скінченних автоматів у контексті формалізації вимог. (Метод логічного програмування , побудова моделей скінченних автоматів для формалізації поведінки системи, Графові методи , Моделювання станів) [10-11]. Оцінка ефективності різних методів формалізації вимог: порівняння псевдокоду, дерев рішень та скінченних автоматів за критеріями зрозумілості, точності та масштабованості [12-13]. Обґрунтування вибору методів формалізації вимог до програмного забезпечення[14-15].	2
3	Моделювання архітектури інформаційної системи Класифікація та аналіз типових архітектур інформаційних систем: переваги та обмеження. Аналіз реальних ІС для визначення практичних аспектів використання архітектур [16]. Методологія архітектурного проектування інформаційних систем: моделі, принципи та підходи. Методологія Model-Driven Architecture (MDA), Метод компонентного проектування, Функціонально-орієнтований аналіз, Метод архітектурних шаблонів (Patterns)[17]. Оцінювання та оптимізація характеристик якості програмного забезпечення в інформаційних системах: методи, моделі та стандарти. (Метрика ISO/IEC 25010 – оцінка якості ПЗ за параметрами (функціональність, надійність, продуктивність, безпека тощо, Метод аналізу продуктивності (Performance Testing), Метод оцінки ергономіки (Usability Testing) , Метод тестування надійності (Reliability Testing)[18]. Функціональні складові інформаційних систем: класифікація, взаємодія та принципи розподілу навантаження. Метод структурного моделювання (DFD, IDEF0). Метод моделювання бізнес-процесів (BPMN, UML Use Cases), Метод логічного проектування , Метод об'єктно-орієнтованого аналізу (OOA) [19]. Дослідження платформених архітектур інформаційних систем: Cloud Computing Models, Метод оцінки гетерогенності архітектур, Scalability Testing Метод масштабованості[20]. Аналіз сучасних фреймворків для розробки інформаційних систем: структура, функціональність та сфери застосування. Визначення відмінностей між популярними фреймворками (Spring, Django, Angular тощо). Оцінка швидкодії та ефективності. Оцінка захищеності фреймворків від вразливостей. Тестування можливості взаємодії фреймворку з іншими технологіями [21]. Методи та технології інтеграції інформаційних систем: Метод SOA (Service-Oriented Architecture) , Метод API-інтеграції, Метод інтероперабельності (Interoperability Analysis) , Метод тестування інтеграції (Integration Testing)[22]	2
4	Мережі Петрі Мережі Петрі як математичний апарат для формального моделювання та аналізу	2

	паралельних та розподілених систем. Класичні дискретні мережі Петрі (Classical Petri Nets) Ієрархічні мережі Петрі (Hierarchical Petri Nets). Часові мережі Петрі (Timed Petri Nets). Стохастичні мережі Петрі (Stochastic Petri Nets, SPN)[23-24]. Методи оцінки продуктивності та коректності паралельних систем на основі мереж Петрі. Перевірка можливості досягнення певних станів у системі. Визначення можливості нескінченного виконання процесу без блокувань. Оцінка використання ресурсів у системі. Аналіз збереження властивостей системи на основі інваріантів [25-27]. Кольорові мережі Петрі як засіб для представлення складних структур даних у розподілених та інформаційних системах. Розширення класичних мереж Петрі, що дозволяє враховувати різні типи об'єктів у моделі. Побудова моделей великих систем із взаємопов'язаних підсистем. Виявлення можливих конфігурацій та перевірка коректності системи. Автоматизована верифікація властивостей системи [28-29]. Методи оптимізації моделей на основі мереж Петрі для підвищення ефективності обчислень та зменшення обчислювальної складності: State Space Reduction Techniques) – оптимізація моделі для прискорення аналізу, Stochastic and Probabilistic Petri Nets, Efficient Verification Algorithms., Parallel Computation of Petri Nets)[30-31]	
5	Моделі якості Систематизація та аналіз моделей якості програмного забезпечення. Порівняльного аналізу моделей якості (ISO/IEC 25010, McCall, Boehm, Dromey тощо)[32]. Методологія вимірювання та оцінки характеристик моделей якості програмного забезпечення: кількісні та якісні підходи.[33]. Теоретичні та прикладні аспекти забезпечення надійності програмного забезпечення: моделювання надійності (Reliability Modeling) , тестування надійності (Reliability Testing) , Метод FMEA (Failure Mode and Effects Analysis), стохастичного аналізу збоїв у програмних системах, прогнозування надійності[34].	2
6	Моделі подання знань в інформаційних системах Формальні та практичні аспекти використання логічних моделей для подання знань в інформаційних системах: Формальні логічні методи, Метод онтологічного моделювання , Метод автоматичного виведення , Метод описової логіки (Description Logic, DL) [35-36]. Продукційні системи як засіб подання знань в експертних системах: структура, алгоритми та застосування. Метод аналізу продукційних правил , Метод автоматичного виведення (Inference Engine) , Метод багатокрокового логічного виведення, аналіз швидкодії експертних систем, побудованих на базі продукційних моделей [37]. Мережні методи подання знань в інформаційних системах: семантичні мережі, когнітивні карти та нейронні мережі [38-39]. Фреймові підходи до моделювання знань в інформаційних системах: структура, механізми спадкування та реалізація [40]	2
	Розділ II. Постановка та організація експерименту	
7	Постановка експерименту Методологічні засади визначення мети наукового дослідження: критерії, підходи та методи обґрунтування.(виявлення основних проблем та їхньої взаємозалежності, декомпозиція загальної мети на конкретні дослідницькі завдання, оцінка сильних та слабких сторін обраного напрямку дослідження (SWOT-аналіз), . визначення можливих результатів та перспектив дослідження)[41]. Методологія формулювання гіпотез у наукових дослідженнях: критерії обґрунтованості та перевірюваності: Метод дедукції та індукції, Метод аналогії, Метод статистичного прогнозування, Метод формальної логіки [42-43]. Оптимізація параметрів експериментального дослідження: методи ідентифікації змінних та умов проведення експерименту. Факторний аналіз як метод визначення основних змінних, що впливають на експеримент. Метод контрольованого експерименту для виявлення впливу незалежних змінних на досліджувані параметри. Визначення граничних умов[44-45]. Методологія вибору підходів до аналізу експериментальних даних: порівняльний аналіз методів та їх застосування у дослідженнях. Методи статистичного аналізу, Кореляційний та регресійний аналіз. Застосування нечіткої логіки та нейромереж для аналіз складних нелінійних залежностей[46-47]. Методологічні підходи до математичного моделювання дослідницьких процесів: принципи побудови, верифікація та перевірка коректності. Особливості опису процесів у динамічних системах. Методологія аналізу процесів і систем із невизначеністю. Агентне моделювання. Застосування машинного навчання в розрізі побудови прогнозних моделей на основі емпіричних даних[48]. Методологія аналізу та інтерпретації експериментальних даних: Метод статистичного тестування гіпотез (t-тест, ANOVA, χ^2 -тест тощо), Застосування факторного аналізу для виявлення прихованих залежностей у даних. Методи візуалізації даних (графіки, heatmaps, PCA-аналіз)[49-51]. Підходи до узагальнення наукових результатів та визначення перспектив подальших досліджень. Synthesis Method як інтеграція основних висновків	2

	експерименту. Співставлення отриманих результатів із гіпотезою. Визначення перспектив подальших досліджень. Методологія експертного оцінювання для оцінки результатів дослідження[52].	
8	Перевірка адекватності моделі. Методи оцінки чутливості моделей: підходи до аналізу впливу параметрів на результати моделювання. Метод глобального та локального аналізу чутливості . Monte Carlo Sensitivity Analysis. Метод регресійного аналізу для визначення впливу змінних на результати моделі. Метод латинського гіперкуба (Latin Hypercube Sampling, LHS)[53]. Крос-валідація як метод оцінки узагальнюючої здатності моделей: алгоритми та їх ефективність. Метод k-fold крос-валідації та його різновиди. Метод leave-one-out cross-validation (LOO-CV) Метод time-series cross-validation – застосування послідовної валідації для часових рядів [54-55]. Методи експертного оцінювання у верифікації та валідації моделей: якісні та кількісні підходи. Delphi Method. Метод парних порівнянь – визначення переваг альтернативних моделей шляхом безпосереднього зіставлення. Fuzzy Logic Expert Evaluation для оцінки рішень у ситуаціях із високою невизначеністю. Метод бальної оцінки[56-57]. Оцінка чутливості моделей до змін параметрів та граничних умов: методи виявлення та мінімізації похибок. Scenario Analysis для перевірки моделі на реалістичних та екстремальних сценаріях. Метод аналізу граничних умов (Boundary Condition Analysis) для тестування моделі на максимальних і мінімальних значеннях параметрів. Метод розкладу за головними компонентами для визначення впливу окремих факторів на результат. Stochastic Modeling для дослідження варіативності результатів при зміні початкових умов[58-59].	2
9	Класифікаційні моделі та оцінка їх якості Аналіз помилок першого та другого роду у класифікаційних моделях: методи оцінки та мінімізації. Оцінка ймовірності хибнопозитивних та хибнонегативних результатів. Усунення дисбалансу класів для зменшення похибок. Запобігання перенавчанню, що може впливати на точність класифікації. Використання ймовірнісних моделей для оптимізації розмежувальних критеріїв[60]. Матриця помилок як метод оцінки продуктивності класифікаційних моделей: підходи до інтерпретації та використання в оптимізації алгоритмів. Multiclass Confusion Matrix Analysis.) Метод балансування класів (Class Weight Adjustment) . Перетворення матриці помилок у відносні значення для кращої інтерпретації [61]. Оцінка точності (Accuracy) класифікаційних моделей: обмеження, застосування та альтернативні метрики[62]. Точність і повнота як основні характеристики класифікаційних моделей: методи оцінки та їх взаємозв'язок[63]. F-міра як узагальнена метрика продуктивності класифікаційних моделей: варіації, обмеження та методи оптимізації. F1-score . Метод β-F-score (Weighted F-measure). Метод багатокласового розрахунку (Multiclass F1-score Calculation) – розширення класичної F1-міри для завдань із кількома класами[64]. Аналіз ROC-кривих у машинному навчанні: методи побудови, інтерпретації та оптимізації продуктивності класифікаційних моделей. Метод обчислення AUC-ROC (Area Under Curve - ROC Analysis). Метод порогового аналізу (Threshold Optimization). Precision-Recall Curve[65]	1
	Загалом:	17

2.2 Зміст лабораторних занять

Номер	Тема лабораторного заняття	Годин
1	Структурно-функціональний аналіз систем	4
2	Моделювання життєвого циклу інформаційної системи	4
3	Застосування мереж Петрі для паралельних систем	4
4	Застосування кольорових мереж Петрі	4
5	Інтелектуальні інформаційні системи	4
6	Системи нечіткого прийняття рішень	4
7	Технології та методи вибору альтернатив при прийнятті рішень	4
8	Обробка результатів бінарної та багатокласової класифікації	4
9	Підсумкове заняття	2
	Разом	34

2.3. Зміст самостійної роботи

Обсяг самостійної роботи з дисципліни – **Моделювання процесів інформаційних систем та технологій** становить 69 години. Він включає опрацювання лекційного матеріалу, підготовку до виконання лабораторних робіт і їх захисту, підготовку до контрольної роботи.

Номер тижня	Зміст самостійної роботи	Кількість годин
1	Опрацювання лекційного матеріалу. Підготовка до лабораторної роботи №1.	4
2	Самостійне опрацювання теоретичного матеріалу. Захист лабораторної роботи №1	4
3	Опрацювання лекційного матеріалу. Підготовка до лабораторної роботи №2.	4
4	Самостійне опрацювання теоретичного матеріалу. Захист лабораторної роботи №2	4
5	Опрацювання лекційного матеріалу. Підготовка до лабораторної роботи №3.	4
6	Самостійне опрацювання теоретичного матеріалу. Захист лабораторної роботи №3	4
7	Опрацювання лекційного матеріалу. Підготовка до лабораторної роботи №4.	4
8	Самостійне опрацювання теоретичного матеріалу. Захист лабораторної роботи №3	4
9	Опрацювання лекційного матеріалу. Підготовка до лабораторної роботи №5.	4
10	Самостійне опрацювання теоретичного матеріалу. Захист лабораторної роботи №5.	4
11	Опрацювання лекційного матеріалу. Підготовка до лабораторної роботи №6.	4
12	Самостійне опрацювання теоретичного матеріалу. Захист лабораторної роботи №6	4
13	Опрацювання лекційного матеріалу. Підготовка до лабораторної роботи №7.	4
14	Самостійне опрацювання теоретичного матеріалу. Захист лабораторної роботи №7	4
15	Самостійне опрацювання теоретичного матеріалу. Підготовка до контрольної роботи	5
16	Опрацювання лекційного матеріалу. Підготовка до лабораторної роботи №8.	4
17	Самостійне опрацювання теоретичного матеріалу. Захист лабораторної роботи №8.	4
Разом		69

3. МЕТОДИ НАВЧАННЯ

Лекції з використанням словесних, наочних, інтерактивних і проблемних методів навчання; лабораторні роботи з використанням пояснювально-ілюстративних, частково-пошукових, проблемних, дослідницьких методів навчання з використанням інформаційно-комунікаційних технологій.

4. ФОРМИ І МЕТОДИ ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ

Поточний контроль здійснюється під час лабораторних занять, а також у дні проведення контрольних заходів, встановлених робочим планом дисципліни. Семестровий контроль проводиться у формі заліку. При цьому при виведенні остаточної оцінки враховуються результати поточного контролю. При цьому використовуються такі методи поточного контролю:

- усне опитування перед допуском до лабораторного заняття;
- захист лабораторних робіт;
- оцінювання контрольної роботи.

Контрольна робота виконується наприкінці семестру (15-17 тижень).

При оцінюванні знань студентів викладач керується такими критеріями.

Оцінку „відмінно” за вітчизняною шкалою та «А» за шкалою ЄКТС (див. Шкалу оцінок), отримує студент за глибоке і повне опанування змісту навчального матеріалу, в якому він легко орієнтується, понятійного апарату, за уміння зв'язувати теорію з практикою, вирішувати практичні завдання, висловлювати і

обґрунтовувати свої судження. Відмінна оцінка передбачає грамотний, логічний виклад відповіді (як в усній, так і в письмовій формі), якісне зовнішнє оформлення.

Оцінку „добре”, за шкалою ЄКТС – «В», отримує студент за повне засвоєння навчального матеріалу, володіння понятійним апаратом, орієнтування в вивченому матеріалі, свідоме використання знань для вирішення практичних завдань, грамотний виклад відповіді, але у змісті і формі відповіді мали місце окремі неточності (похибки), нечіткі формулювання закономірностей тощо. Відповідь студента повинна будуватись на основі самостійного мислення. Оцінку „добре”, за шкалою ЄКТС – «С», отримує студент за правильну відповідь з двома-трьома суттєвими помилками.

Оцінки "задовільно", за шкалою ЄКТС – «D», заслуговує студент, який виявив знання основного навчально-програмного матеріалу в обсязі, необхідному для подальшого навчання та практичної діяльності за професією, що справляється з виконанням практичних завдань, передбачених програмою. Як правило, відповідь студента будується на рівні репродуктивного мислення, студент слабо знає структуру курсу, допускає помилки у відповіді, засвоїв і набув практичних навичок, але допустив неточності. Вагається при відповіді на видозмінене запитання, разом з тим студент володіє знаннями, що дозволяють йому під керівництвом викладача усунути неточності у відповіді. Оцінки "задовільно", за шкалою ЄКТС – «E», заслуговує студент за неповне опанування програмного матеріалу, але отримані знання і набуті практичні навички відповідають мінімальним критеріям оцінювання.

Оцінка „незадовільно”, за шкалою ЄКТС – «FX», виставляється, коли студент має розрізнені, безсистемні знання, не вміє виділяти головне і другорядне, допускається помилок у визначенні понять, перекучує їх зміст, хаотично і невпевнено викладає матеріал, не може використовувати знання при вирішенні практичних завдань. Як правило, оцінка "незадовільно" виставляється студенту, який не може продовжити навчання без додаткових знань з курсу. Оцінка „незадовільно”, за шкалою ЄКТС – «F», виставляється студенту за повне незнання і нерозуміння навчального матеріалу або відмову від відповіді і передбачає повторне навчання студента з дисципліни.

Набуття теоретичних знань і практичних навичок студентом перевіряється шляхом захисту кожної лабораторної роботи. Оцінка, яка виставляється за лабораторне заняття, складається з таких елементів: знання теоретичного матеріалу з теми, якість виконання лабораторної роботи, захист лабораторної роботи. Пропущене з поважних причин лабораторне заняття студент повинен відпрацювати самостійно в установленний викладачем термін.

Кожний вид роботи оцінюється за чотирибальною шкалою: 5, 4, 3, 2. Семестрова підсумкова оцінка визначається як середньозважена з усіх видів робіт з урахуванням нижче наведених вагових коефіцієнтів.

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

Лабораторні роботи (ЛР) 1 - 8	Контрольна робота	Форма семестрового контролю
ЗЛР	КР	залік
ВК=0,8	ВК=0,2	

де ВК – ваговий коефіцієнт, ЗЛР –середньоарифметична оцінка захистів усіх лабораторних робіт, КР – оцінка з контрольної роботи.

Підсумкова семестрова оцінка за національною шкалою і шкалою ЄКТС встановлюється в автоматизованому режимі після внесення усіх оцінок до електронного журналу.

Співвідношення вітчизняної шкали оцінювання і шкали оцінювання ЄКТС

Оцінка ЄКТС	Інституційна шкала балів	Інституційна оцінка	Критерії оцінювання	
A	4,75–5,00	5	Зараховано	Відмінно – глибоке і повне опанування навчального матеріалу і виявлення відповідних умінь та навичок
B	4,25–4,74	4		Добре – повне знання навчального матеріалу з кількома незначними помилками
C	3,75–4,24	4		Добре – в загальному правильна відповідь з двома-трьома суттєвими помилками
D	3,25–3,74	3		Задовільно – неповне опанування програмного матеріалу, але достатнє для практичної діяльності за професією
E	3,00–3,24	3		Задовільно – неповне опанування програмного матеріалу, що задовольняє мінімальні критерії оцінювання
FX	2,00–2,99	2	Незараховано	Незадовільно – безсистемність одержаних знань і неможливість продовжити навчання без додаткових знань з дисципліни
F	0,00–1,99	2		Незадовільно – необхідна серйозна подальша робота і повторне вивчення дисципліни

6. МЕТОДИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Навчальний процес з дисципліни «**Моделювання процесів інформаційних систем та технологій**» повністю і в достатній кількості забезпечений необхідною навчально-методичною літературою. В модульному середовищі для навчання розміщені конспекти лекцій, завдання для лабораторних робіт.

1. Кисіль Т. М. Моделювання процесів інформаційних систем та технологій : методичні рекомендації до лабораторних робіт з дисципліни для здобувачів третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти спеціальності 126 «Інформаційні системи та технології» / Т. М. Кисіль. Хмельницький : ХНУ, 2024. 26 с.

7. ПЕРЕЛІК ПИТАНЬ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Структурно-функціональний аналіз системи
2. Структурно-функціональний аналіз організації системи
3. Представлення процесів з використанням нотацій DFD
4. Нотації Гейна-Сарсона
5. Нотації Йордана-Де Марко
6. Представлення процесів з використанням нотацій IDEF0
7. Нормативно-методичне забезпечення процесу створення програмного забезпечення
8. Деякі стандарти, які регламентують життєвий цикл програмного забезпечення
9. Моделі життєвого циклу програмного забезпечення
10. Моделювання основних процесів,
11. Моделювання допоміжних процесів,
12. Моделювання організаційних процесів)
13. Моделі інформаційної системи на основі каскадної моделі
14. Управління життєвим циклом програмних продуктів
15. Концепція псевдокоду та його ролі у формалізації вимог
16. Концепція дерев рішень у формалізації вимог
17. Концепція скінченних автоматів у формалізації вимог
18. Порівняння ефективності та застосування псевдокоду, скінченних автоматів та дерев рішень.
19. Типові архітектури інформаційних систем
20. Архітектурний підхід до проектування ІС
21. Характеристики якості програмного забезпечення в інформаційних системах
22. Функціональні компоненти інформаційної системи
23. Платформена архітектура інформаційних систем
24. Фреймворки
25. Інтеграція інформаційних систем
26. Класифікація моделей якості.
27. Методи оцінки значень показників моделей якості.
28. Основні поняття в проблематиці надійності програмних систем
29. Логічні моделі подання знань в інформаційних системах
30. Продукційні моделі подання знань в інформаційних системах.
31. Мережні моделі подання знань в інформаційних системах.
32. Фреймові моделі подання знань в інформаційних системах.
33. Визначення мети дослідження
34. Формулювання гіпотези
35. Визначення параметрів та умов експерименту
36. Вибір методів аналізу результатів
37. Розробка математичної моделі
38. Аналіз та інтерпретація результатів
39. Формулювання висновків та подальших напрямків дослідження
40. Перевірка чутливості моделі
41. Використання крос-валідації
42. Експертна оцінка:
43. Сенситивність до умов моделювання
44. Помилки першого та другого роду Матриця помилок
45. Accuracy
46. Precision and Recall (точність і повнота), F-mіra
47. ROC крива
48. Застосування мереж Петрі для паралельних систем
49. Застосування кольорових мереж Петрі
50. Інтелектуальні інформаційні системи
51. Системи нечіткого прийняття рішень
52. Технології та методів вибору альтернатив при прийнятті рішень
53. Обробка результатів бінарної та багатокласової класифікації
54. Метрики якості бінарного класифікатора
55. Метрики якості багато класового класифікатора

8. РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Ouali-Alami, C., El Bdouri, A., Elmarzouki, N., Korchi, A. and Lakhrissi, Y. Approaches to Design Complex Software Systems. In Proceedings of the 2nd International Conference on Big Data, Modelling and Machine Learning (BML 2021), pages 533-537 DOI: 10.5220/0010740200003101.
2. Unal Yildirim Felician Campean Functional modelling of complex multi-disciplinary systems using the enhanced sequence diagram <https://doi.org/10.1007/s00163-020-00343-8>
3. Maksim Nikitashin, Marin Kaluža, Borut Werber. Analysis of Methodologies and Tools for Software Development in Different Architectures. 2024 47th MIPRO ICT and Electronics Convention (MIPRO). DOI: [10.1109/MIPRO60963.2024.10569545](https://doi.org/10.1109/MIPRO60963.2024.10569545)
4. Qahtan Yas, Bahbib Rahmatullah. A Comprehensive Review of Software Development Life Cycle methodologies: Pros, Cons, and Future Directions. Iraqi Journal for Computer Science and Mathematics, 2023. DOI: [10.52866/ijcsm.2023.04.04.014](https://doi.org/10.52866/ijcsm.2023.04.04.014)
5. Qahtan M. Yas, Abdulbasit ALazzawi, Bahbib Rahmatullah. A Comprehensive Review of Software Development Life Cycle methodologies: Pros, Cons, and Future Directions. 2023 Iraqi Journal for Computer Science and Mathematics. DOI: <https://doi.org/10.52866/ijcsm.2023.04.04.014>
6. Fan Zhou, Xovee Xu, Goce Trajcevski. A Survey of Information Cascade Analysis: Models, Predictions, and Recent Advances. ACM Computing Surveys, 2021. DOI: [10.1145/3433000](https://doi.org/10.1145/3433000)
7. Seth Swanlund, Vishal Kapoor, Veronique Wilson, Marsha Gabbard. Software Development Life Cycle. Journal of the Society for Clinical Data Management, 2024. DOI: [10.47912/jscdm.343](https://doi.org/10.47912/jscdm.343)
8. Process and progress of requirement formalization in Software Engineering. Ingeniare Revista chilena de ingeniería. September 2020. 28(3):411-423 DOI: [10.4067/S0718-33052020000300411](https://doi.org/10.4067/S0718-33052020000300411)
9. Anas Alokla, Walaa Gad, Waleed Nazih, Mustafa Aref and Abdel-badeeh Salem Pseudocode Generation from Source Code Using the BART Model. Mathematics 2022, 10(21), 3967; <https://doi.org/10.3390/math10213967>
10. IOANA RUS, MICHAEL HALLING, and STEFAN BIFFL SUPPORTING DECISION-MAKING IN SOFTWARE ENGINEERING WITH PROCESS SIMULATION AND EMPIRICAL STUDIES <https://doi.org/10.1142/S0218194003001391>
11. Frank Neven, Thomas Schwentick. Query automata over finite trees. Theoretical Computer Science 275(1-2):633-674
12. Carlo Alberto Furia, Elisabeth A. Nguyen, Matteo Rossi, Dino Mandrioli Raising Formal Methods To The Requirements Level.. https://www.researchgate.net/publication/247328674_Raising_Formal_Methods_To_The_Requirements_Level
13. Faiza Allah Bukhsh, Zaharah Allah Bukhsh, Maya Daneva A systematic literature review on requirement prioritization techniques and their empirical evaluation. <https://doi.org/10.1016/j.csi.2019.103389>
14. Domor I Mienye, Nobert Rangarirai Jere A Survey of Decision Trees: Concepts, Algorithms, and Applications. January 2024.. DOI: [10.1109/ACCESS.2024.3416838](https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3416838)
15. Ignacio Garcia-Vargas and Raouf Senhadji-Navarro A New Approach for Implementing Finite State Machines with Input Multiplexing. Electronics 2023, 12(18), 3763; <https://doi.org/10.3390/electronics12183763>
16. Leila Zemmouchi-Ghomari. The basic concepts of information systems. 2021 In book: Contemporary Issues in Information Systems - a Global Perspective Publisher: IntechOpen. DOI: [10.5772/intechopen.97644](https://doi.org/10.5772/intechopen.97644)
17. Afrah Umran Alrubae, Deniz Cetinkaya, Gernot Liebchen, Huseyin Dogan. A Process Model for Component-Based Model-Driven Software Development. 2020 Software Engineering Department, Atılım University, Ankara 06836, Turkey. DOI: <https://doi.org/10.3390/info11060302>
18. Devaldi Akbar Suryadi, Endang Sulistiyani. Evaluation of Information Quality Using ISO/IEC 25010:2011 (Case Research: Menu Harianku Application). 2022 INTERNATIONAL JOURNAL OF INNOVATION IN ENTERPRISE SYSTEM. DOI: <https://doi.org/10.25124/ijies.v6i01.165>
19. Andrii Kopp, Dmytro Orlovskyi, M. D. Godlevskyi. STRUCTURAL ANALYSIS AND OPTIMIZATION OF IDEF0 FUNCTIONAL BUSINESS PROCESS MODELS. 2018 Radio Electronics Computer Science Control. DOI: [10.15588/1607-3274-2018-3-6](https://doi.org/10.15588/1607-3274-2018-3-6)
20. Simon Eismann, Diego Elias Costa, Lizhi Liao, Cor-Paul Bezemer, Weiyi Shang, André van Hoorn, Samuel Kounev. A case study on the stability of performance tests for serverless applications. 2022 Journal of Systems and Software. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jss.2022.111294>
21. Yuliia Romanivna Selivorstova, Iryna Victorivna Liutenko, Sergey Valerievich Orekhov. FRAMEWORKS ANALYSIS AND EVALUATION USED IN THE WEB-APPLICATION DEVELOPMENT. 2020 Bulletin of National Technical University "KhPI". DOI: <https://doi.org/10.20998/2079-0023.2020.02.08>
22. Supriya Pulparambil, Youcef Baghdadi, Camille Salinesi. A methodical framework for service oriented architecture adoption: Guidelines, building blocks, and method fragments. 2020 Information and Software Technology. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2020.106487>
23. Miryam Barad Petri Nets - A versatile modeling structure. Applied Mathematics 7(09):829-839. DOI: [10.4236/am.2016.79074](https://doi.org/10.4236/am.2016.79074)
24. Iwona Grobelna, Andrei Karatkevich Challenges in Application of Petri Nets in Manufacturing Systems Electronics 2021, 10(18), 2305; <https://doi.org/10.3390/electronics10182305>

25. Viktor Mashkov, Volodymyr Lytvynenko, Irina Lurie Modeling and Simulating Mutual Testing in Complex Systems by Using Petri Nets. I.J. Image, Graphics and Signal Processing, 2023, 6, 81-93 Published Online on December 8, 2023 by MECS Press. DOI: [10.5815/ijgsp.2023.06.07](https://doi.org/10.5815/ijgsp.2023.06.07)
26. Tanuja Shailesh, Ashalatha Nayak and Devi Prasad An UML Based Performance Evaluation of Real-Time Systems Using Timed Petri Net. Computers 2020, 9(4), 94; <https://doi.org/10.3390/computers9040094>
27. M. Ajmone Marsan, S. Donatelli, Andrea Bobbio Petri nets in performance analysis: An introduction. Lecture Notes in Computer Science 1491:211-256.. DOI:10.1007/3-540-65306-6_17
28. Datasets Stavros Souravlas, Sofia Anastasiadou and Irene Kostoglou A Novel Method for General Hierarchical System Modeling via Colored Petri Nets Based on Transition Extractions from Real. Appl. Sci. 2023, 13(1), 339; <https://doi.org/10.3390/app13010339>
29. Juan Ignacio Latorre-Biel, Mercedes Pérez de la Parte, Emilio Jiménez Coloured Petri nets as a formalism to represent alternative models for a discrete event system.. https://www.researchgate.net/publication/274386854_Coloured_Petri_nets
30. Weijie Shi, Zhou He, Chan Gu, Ning Ran and Ziyue Ma Performance Optimization for a Class of Petri Nets. Sensors 2023, 23(3), 1447; <https://doi.org/10.3390/s23031447>
31. Manuel Chiachío, Ali Saleh, Susannah Naybour, Juan Chiachío, John Andrews Reduction of Petri net maintenance modeling complexity via Approximate Bayesian Computation.. <https://doi.org/10.1016/j.res.2022.108365>
32. Ashwin Tomar, Dr M Vilas, V. M. Thakare. A Systematic Study Of Software Quality Models. 2011 International Journal of Software Engineering & Applications. DOI:10.5121/ijsea.2011.2406
33. Yu. I. Hrytsiuk, T. O. Mukha. METHODS OF DETERMINATION OF QUALITY OF SOFTWARE. 2020 Scientific Bulletin of the NLTU of Ukraine. DOI: <https://doi.org/10.36930/40300127>
34. Xiang Jia, Ying-Ming Wang, Luis Martínez. Enhancing reliability of failure modes and effects analysis dealing with linguistic distribution assessments: A consistency based approach. 2024 Engineering Applications of Artificial Intelligence. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2024.108333>
35. Bálint Molnár, András Benczúr Formal approach to modeling of modern information systems. International Journal of Information Systems and Project Management, Vol. 4, No. 4, 2016, 69-89. DOI:10.12821/ijispm040404
36. Martina Husáková and Vladimír Bureš Formal Ontologies in Information Systems Development: A Systematic Review. Information 2020, 11(2), 66; <https://doi.org/10.3390/info11020066>
37. Ali Sabzaliyev Knowledge Representation in Expert Systems: Structure, Classification, and Applications. December 2024.. DOI:10.69760/lumin.202400005
38. Gonzalo Nápoles, Agnieszka Jastrzębska, Carlos Mosquera, Koen Vanhoof , Władysław HomendDeterministic learning of hybrid Fuzzy Cognitive Maps and network reduction approaches. a.<https://doi.org/10.1016/j.neunet.2020.01.019>
39. Paul Stöwer, Achim Schilling, Patrick Krauss, Andreas Maier Neural network based formation of cognitive maps of semantic spaces and the putative emergence of abstract concepts. March 2023..DOI:10.1038/s41598-023-30307-6
40. Lytvynov O. A., Lytvynov M. O. ON APPLICATION OF FRAME-BASED APPROACH FOR INFORMATION SYSTEMS DEVELOPMENT. 1 (144) 2023 “Системні технології”. https://www.researchgate.net/profile/Oleksandr-Lytvynov-2/publication/370472315_.pdf
41. Dejan Logarušić Methodological principles as elements of scientific research work. January 2021. DOI:10.5937/ptp2102043L
42. Formulating Hypotheses for Different Study Designs. Journal of Korean Medical Science 2021; 36(50): e338. Published online: 24 November 2021. DOI: <https://doi.org/10.3346/jkms.2021.36.e338>
43. Bhagyamma G EXPLORING HYPOTHESES IN SCIENTIFIC INQUIRY: CHALLENGES, FORMULATION, AND TESTING. November 2023.. DOI:10.1007/978-1-4757-5609-8_6>
44. Eva Knekt, Christopher Runyon, and Sarah Eddy. Peggy Brickman One Size Doesn't Fit All: Using Factor Analysis to Gather Validity Evidence When Using Surveys in Your Research. Monitoring Editor.<https://doi.org/10.1187/cbe.18-04-0064>
45. Christian Busse, Andrew Kach, Stephan M. Wagner Boundary Conditions: What They Are, How to Explore Them, Why We Need Them, and When to Consider Them. Organizational Research Methods 20(4):574-609. DOI:10.1177/1094428116641191
46. Roman Gennadievich Bolbakov, Anatoliy Sinitsyn, V Ya Tsvetkov Methods of comparative analysis. November 2020. Journal of Physics Conference Series 1679(5):052047. Authors:.. DOI:10.1088/1742-6596/1679/5/052047
47. Nataliya Chukhrova, Arne Johannssen Fuzzy regression analysis: Systematic review and bibliography <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2019.105708>
48. Andrei Shatyrko Some methodological aspects of mathematical modeling in dynamic systems. February 2024. International Science Journal of Engineering & Agriculture 3(1):8-14.. DOI:10.46299/j.isjea.20240301.02
49. Catherine A. Peters Statistics for Analysis of Experimental Data.. https://www.researchgate.net/publication/280580217_Statistics_for_Analysis_of_Experimental_Data
50. Diptarka Ghosal Analyzing and Interpreting the Data in Research Methodology. August 2023..DOI:10.13140/RG.2.2.12038.75848
51. Frank Emmert-Streib, Matthias Dehmer Understanding Statistical Hypothesis Testing: The Logic of Statistical Inference. Machine Learning and Knowledge Extraction 1(3):945-961.. DOI:10.3390/make1030054

52. Kara Schick-Makaroff, Marjorie Anne MacDonald What Synthesis Methodology Should I Use? A Review and Analysis of Approaches to Research Synthesis. *AIMS Public Health* 3(1):172-215.. DOI:10.3934/publichealth.2016.1.172
53. Drahomír Novák, David Lehký and Ondřej Slowik Simulation-based sensitivity analysis: Methods and software tools, 2021. doi: 10.46354/i3m.2021.emss.022
54. Performance of Machine Learning Algorithms with Different K Values in K-fold CrossValidation. Isaac Kofi Nti, Owusu Nyarko-Boateng, Justice Aning. I.J. Information Technology and Computer Science, 2021, 6, 61-71. Published Online December 2021 in MECS. DOI: 10.5815/ijitcs.2021.06.05
55. Victor Wandera Lumumba, Dennis Kiprotich, Mary Lemasulani Mpaine, Njoka Grace Makena, Musyimi Daniel Kavita Comparative Analysis of Cross-Validation Techniques: LOOCV, K-folds Cross-Validation, and Repeated K-folds Cross-Validation in Machine Learning Models. <https://doi.org/10.11648/j.ajtas.20241305.13>
56. MICHAEL DINGES, ANNA WANG AND KLAUS SCHUCH USING THE DELPHI METHOD IN EVALUATIONS – INCORPORATING A FUTUREORIENTED PERSPECTIVE IN EVALUATIONS.. DOI: 10.22163/fteval.2020.469
57. Dmitry Nazarov Fuzzy Model for the Expert Evaluation of Projects. Conference: 2019 IEEE 13th International Conference on Application of Information and Communication Technologies (AICT). DOI:10.1109/AICT47866.2019.8981751
58. Saman Razavi, Anthony Jakeman, Andrea Saltelli, Clémentine Prieur, Bertrand Iooss, Emanuele Borgonovo, Elmar Plischke, Samuele Lo Piano, Takuya Iwanaga, William Becker, Stefano Tarantola, Joseph H.A. Guillaume, John Jakeman, Hoshin Gupta, Nicola Melillo, Giovanni Rabitti, Vincent Chabridon, Qingyun Duan, Xifu Sun, Stefán Smith...Holger R. MaierThe Future of Sensitivity Analysis: An essential discipline for systems modeling and policy support.. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2020.104954>
59. Peter Janssen, Jan Barkmeije, Tom Aldenberg, Hans Visser Methods for sensitivity and uncertainty analysis of computer intensive simulation models. https://www.researchgate.net/publication/263249502_Methods_for_sensitivity_and_uncertainty
60. Philipp Thölke, Yorguin-Jose Mantilla-Ramos, Hamza Abdelhedi, Charlotte Maschke, Arthur Dehgan, Yann Harel, Anirudha Kementur, Loubna Mekki Berrada, Myriam Sahraoui, Tammy Young, Antoine Bellemare Pépin, Clara El Khantour, Mathieu Landry, Annalisa Pascarella, Vanessa Hadid, Etienne Combrisson, Jordan O'Byrne, Karim Jerbi. Class imbalance should not throw you off balance: Choosing the right classifiers and performance metrics for brain decoding with imbalanced data. 2023 NeuroImage. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2023.120253>
61. John G. Markoulidakis, Ioannis Rallis, Ioannis Georgoulas, George Kopsiaftis. Multiclass Confusion Matrix Reduction Method and Its Application on Net Promoter Score Classification Problem. 2021 Technologies. DOI: 10.3390/technologies9040081
62. Andrea Campagner, Luca Maria Sconfienza, Federico Cabitza. H-Accuracy, an Alternative Metric to Assess Classification Models in Medicine. 2020. DOI:10.3233/SHTI200159
63. Lichung Jen. Brief Overview of the Accuracy of Classification Algorithms for Data Prediction in Machine Learning Applications. 2021 Journal of Applied Data Sciences. DOI:10.47738/jads.v2i3.38
64. David Martin Ward Powers, Ailab. Evaluation: From precision, recall and F-measure to ROC, informedness, markedness & correlation. 2011 Journal of Machine Learning Technologies. DOI:10.9735/2229-3981
65. Eve Richardson, Raphael Trevizani, Jason A. Greenbaum, Hannah Carter, Morten Nielsen, Bjoern Peters. The receiver operating characteristic curve accurately assesses imbalanced datasets. 2024 Patterns. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.patter.2024.100994>

Додаткова література

1. Ismail Taha Ahmed Binary and Multi-Class Malware Threads Classification *Appl. Sci.* 2022, 12(24), 12528; <https://doi.org/10.3390/app122412528>
2. Yi Zeng A Multi-Classification Hybrid Quantum Neural Network Using an All-Qubit Multi-Observable Measurement Strategy *Entropy* 2022, 24(3), 394 <https://doi.org/10.3390/e24030394>
3. Maximo Eduardo Sanchez-Gutierrez Multi-Class Classification of Medical Data Based on Neural Network Pruning and Information-Entropy Measures *Entropy* 2022, 24(2), 196; <https://doi.org/10.3390/e24020196>
4. Thi-Thu-Huong Le XGBoost for Imbalanced Multiclass Classification-Based Industrial Internet of Things Intrusion Detection Systems *Sustainability* 2022, 14(14), 8707; <https://doi.org/10.3390/su14148707>
5. Ranjit Pnigrahi A Consolidated Decision Tree-Based Intrusion Detection System for Binary and Multiclass Imbalanced Datasets *Mathematics* 2021, 9(7), 751; <https://doi.org/10.3390/math9070751>
6. Stavros Souravlas A Novel Method for General Hierarchical System Modeling via Colored Petri Nets Based on Transition Extractions from Real Datasets *Appl. Sci.* 2023, 13(1), 339; <https://doi.org/10.3390/app13010339>
7. Husam Kaid Intelligent Colored Token Petri Nets for Modeling, Control, and Validation of Dynamic Changes in Reconfigurable Manufacturing Systems *Processes* 2020, 8(3), 358; <https://doi.org/10.3390/pr8030358>
8. Tassio Fernandes Costa Coloured Petri Nets-Based Modeling and Validation of Insulin Infusion Pump Systems *Appl. Sci.* 2022, 12(3), 1475; <https://doi.org/10.3390/app12031475>
9. Yisheng An Hierarchical Colored Petri Nets for Modeling and Analysis of Transit Signal Priority Control Systems *Appl. Sci.* 2018, 8(1), 141; <https://doi.org/10.3390/app8010141>
10. Паулін Олег Метод побудови моделі обчислювального процесу на основі мережі Петри Том 2 № 4 (2019): Прикладні аспекти інформаційних технологій <https://doi.org/10.15276/aait.04.2019.1>

11. Ioannis Markoulidakis Multiclass Confusion Matrix Reduction Method and Its Application on Net Promoter Score Classification Problem https://www.researchgate.net/publication/355845580_Multiclass_Confusion_Matrix_Reduction_Method_and_Its_Application_on_Net_Promoter_Score_Classification_Problem?enrichId=rgreq-dee373447cd25a84ec18a98aa55b3bf4-XXX&enrichSource=Y292ZXJQYWdlOz M1NTg0NTU4M DtB UzoxMDg1NjY1MzU3OTAxODI2QDE2MzU4NTQyMDA5MDA= &el=1 x 3& esc= publicationCoverPdf

12. Baidaa M Alsafy Multiclass Classification Methods: A Review *International Journal of Advanced Engineering Technology and Innovative Science (IJAETIS)* Volume 5, Issue 3, Page No: 01-10 https://www.researchgate.net/publication/347327472_Multiclass_Classification_Methods_A_Review?enrichId=rgreq-6cd8bf773c82b56c5b572d8078b84a2f-XXX&enrichSource=Y292ZXJQYWdlOzM0NzMyNzQ3MjtBUzo5NjkzMDI1ODkwNzU0NTdAMTYwODExMTE1NDk1Nw==&el=1 x 3& esc=publicationCoverPdf

13. Krzysztof Gajowniczek ESTIMATING THE ROC CURVE AND ITS SIGNIFICANCE FOR CLASSIFICATION MODELS' ASSESSMENT *QUANTITATIVE METHODS IN ECONOMICS* Vol. XV, No. 2, 2014, pp. 382 – 39

14. Кисіль Т. М. Розпізнавання кінцевих пристроїв корпоративної мережі за принципом свій/чужий. Вчені записки Таврійського університету 2020, №6, С.83-89

15. T. Kysil, I. Izonin, O. Hovorushchenko. Information Technology for Choosing the Trademark Considering the Attitude of Consumer. *CEUR-WS*. 2020. Vol. 2623. Pp. 133-140

16. Hnatchuk Ye., Hovorushchenko T., Shteinbrekher D., Boyarchuk A., Kysil T. Medical Information Technology for Decision-Making Taking Into Account the Norms of Civil Law. *International Journal on Information Technologies and Security*. 2023. Vol. 15. No. 1. Pp. 77-88.

17. Kashtalian A., Lysenko S., Savenko B., Sochor T., Kysil T. Principle and method of deception systems synthesizing for malware and computer attacks detection. *Radioelectronic and computer systems*. 2023. Vol.4. pp. 1-40.

18. Гришук І.І. Кисіль Т.М., Рей К.С. Метод моніторингу стану здоров'я пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями. Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. 2023. №1. С.13-16.

19. Засорнова, І., Федула, М., Павлова, О., Кисіль, Т. (2023). АВТОМАТИЗОВАНЕ ТЕСТУВАННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОСТІ ВЕБ-ПРОЄКТУ З ВИКОРИСТАННЯМ АНАЛІЗУ ПОШИРЕННЯ ПОМИЛОК. *Computer Systems and Information Technologies*, (3), 92–96.

9. ІНФОРМАЦІЙНІ РЕСУРСИ

1. Модульне середовище навчання MOODLE. Доступ до ресурсу: <https://msn.khmnmu.edu.ua/>
2. Електронна бібліотека університету. Доступ до ресурсу: http://lib.khmnmu.edu.ua/asp/php_f/p1age_lib.php
3. Репозитарій ХНУ. Доступ до ресурсу: <https://elar.khmnmu.edu.ua/>