

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Одеський державний екологічний університет

ЗАТВЕРДЖЕНО

на засіданні групи забезпечення спеціальності
від « 22 » 05 2020 року
протокол № 5
Голова групи д.т.н., проф. Мещеряков В.І.

УЗГОДЖЕНО

Декан факультету комп'ютерних наук, управління та
адміністрування
к.геогр.н., доцент Коваленко Л.Б.

СИЛЛАБУС

навчальної дисципліни

Моделювання систем

(назва навчальної дисципліни)

122 – «Комп'ютерні науки»

(шифр та назва спеціальності)

«Комп'ютерні науки»

(назва освітньої програми)

РВО «Бакалавр»

(рівень вищої освіти)

денна

(форма навчання)

3 рік н.

(рік навчання)

5 семестр

(семестр навчання)

4 кр./120 год.

(кількість кредитів ЄКТС/годин)

іспит

(форма контролю)

Інформаційних технологій

(кафедра)

Одеса, 2020 р.

Автори: Зайцев Д.А., професор катедри ІТ, д.т.н., професор
(прізвище, ініціали, посада, науковий ступінь, вчена звання)
_____ (прізвище, ініціали, посада, науковий ступінь, вчена звання)

Поточна редакція розглянута на засіданні катедри інформаційних технологій від « » 20__ року, протокол №_____.

Викладачі: лекції: Зайцев Д.А., професор катедри ІТ, д.т.н., професор
(вид навчального заняття: прізвище, ініціали, посада, науковий ступінь, вчена звання)
лабораторні роботи: Зайцев Д.А., професор катедри ІТ, д.т.н., професор
(вид навчального заняття: прізвище, ініціали, посада, науковий ступінь, вчена звання)

Перелік попередніх редакцій

Прізвища та ініціали авторів	Дата, № протоколу	Дата набуття чинності

1. ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Мета	Підготовка фахівців з комп'ютерних наук в галузі сучасних методів, технологій та засобів обробки даних заснованих на використанні методів та комп'ютерних засобів моделювання систем
Компетентність	ЗК 9. Здатність працювати в команді СК4. Здатність використовувати сучасні методи математичного моделювання об'єктів, процесів і явищ, розробляти моделі й алгоритми чисельного розв'язування задач математичного моделювання, враховувати похибки наближеного чисельного розв'язування професійних задач СК15. Здатність до аналізу та функціонального моделювання бізнес-процесів, побудови та практичного застосування функціональних моделей організаційно-економічних і виробничо-технічних систем, методів оцінювання ризиків їх проектування
Результат навчання	ПР6. Використовувати методи чисельного диференціювання та інтегрування функцій, розв'язання звичайних диференціальних та інтегральних рівнянь, особливостей чисельних методів та можливостей їх адаптації до інженерних задач, мати навички програмної реалізації чисельних методів. ПР8. Використовувати методологію системного аналізу об'єктів, процесів і систем для задач аналізу, прогнозування, управління та проектування динамічних процесів в макроекономічних, технічних, технологічних і фінансових об'єктах
Базові знання	<ol style="list-style-type: none"> 1. Про мету моделювання. 2. Про класифікацію моделей. 3. Про загальну організацію моделей дискретних систем подій. 4. Про специфікацію моделей через визначення станів та переходів. 5. Про аналітичні методи дослідження властивостей моделей. 6. Про парадигму імітаційного моделювання. 7. Про технологію побудови імітаційних моделей. 8. Про методи статистичної обробки результатів імітаційного моделювання.
Базові вміння	<ol style="list-style-type: none"> 1. Побудувати модель та визначити її властивості через аналіз простору станів та застосування аналітичних методів. 2. Побудувати модель на мові імітаційного моделювання та виконати її аналіз із застосуванням симулятора та статистичної обробки результатів.

Базові навички	1. Використовувати сучасні методи, технології та засоби моделювання систем
Пов'язані силлабуси	немає
Попередня дисципліна	«Комп'ютерна графіка»
Наступна дисципліна	«Проектування інформаційних систем та управління ІТ-проектами»
Кількість годин	лекції: 15 практичні заняття: - лабораторні заняття: 30 семінарські заняття: - самостійна робота студентів: 75

2. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

2.1. Лекційні модулі

Код	Назва модуля та тем	Кількість годин		
		аудиторні	СРС	
ЗМ-Л1	Аналітичне моделювання в системі дискретних подій			
	Введення до моделювання систем, класифікація моделей [1]	2	2	
	Моделювання в системах дискретних подій — сіті Петрі та моделювання систем [1,2]	2	2	
	Дослідження властивостей моделей за допомогою простору станів та його кінцевих форм подання [2]	2	2	
	Дослідження властивостей моделей за допомогою фундаментального рівняння та лінійних інваріантів [2]	2	2	
ЗМ-Л2	Імітаційне моделювання систем			
	Вивчення на прикладі: Моделювання системи керування роботом-маніпулятором [4]	2	2	
	Імітаційне моделювання за допомогою розфарбованих сітей Петрі [1,3]	2	2	
	Основні засоби подання часових ієрархічних моделей навантажених конструктивами мови ML [3]	2	2	
	Вивчення на прикладі: оцінка продуктивності та якості обслуговування мережі за допомогою імітаційного моделювання [3]	1	1	
Разом:		15	15	

Консультації:

Зайцев Дмитрій Анатольевич, середа, ауд. 329.

2.2. Лабораторний модуль

Код	Назва модуля та тем	Кількість годин	
		аудиторні	СРС
ЗМ-ЛР1	Лабораторний модуль		
	1. Побудова моделей заданих систем та їх попередній аналіз через спостереження поведінки [4, с.7-11]	4	4
	2. Аналіз властивостей моделей за допомогою дерева покриваючих маркувань [4, с.11-14]	4	4
	3. Аналіз властивостей моделей за допомогою фундаментального рівняння та інваріантів [4, с.14-17]	4	4
	4. Побудова і дослідження моделей систем автоматичного керування [4, с.29-34]	6	6
	5. Побудова і дослідження моделей мережних протоколів [4, с.25-28]	6	6
	6. Побудова і дослідження моделей локальних мереж [4, с.22-25, 3, с.58-67]	6	6
Разом:		30	30

Перелік лабораторій:

1. Лабораторія 329.

Перелік лабораторного обладнання:

1. Комп'ютери.

2. Система моделювання Tina (<http://projects.laas.fr/tina/>).

3. Система (імітаційного) моделювання CPN Tools (<http://cpntools.org/>).

4. Навчальні моделі проф. Зайцева Д.А. які розповсюджуються через зазначені сайти та його персональний сайт (<http://daze.ho.ua/>).

Консультації:

Зайцев Дмитрій Анатольевич, середа, ауд. 329.

2.3. Самостійна робота студента та контрольні заходи

Код модуля	Завдання на СРС та контрольні заходи	Кількість годин	Строк проведення
ЗМ-Л1	• Підготовка до лекційних занять	8	1-7 тижні
	• Підготовка до модульної контрольної роботи № 1	5	1-7 тижні
	• Модульна контрольна робота № 1 (обов'язкова)		7 тиждень
ЗМ-Л2	• Підготовка до лекційних занять	7	8-15 тижні
	• Підготовка до модульної контрольної роботи № 2	5	8-15 тижні
	• Модульна контрольна робота № 2 (обов'язкова)		15 тиждень
ЗМ-П1	• підготовка до усного опитування напередодні відповідної лабораторної роботи (обов'язкове)	6x2=12	1-15 тижні
	• підготовка до захисту звіту з лабораторних робіт (обов'язковий)	6x3=18	1-15 тижні
	Підготовка до іспиту	20	15 тиждень
	Разом:	75	

1. Методика проведення та оцінювання контрольного заходу для ЗМ-Л1.

Контроль проводиться після вивчення лекційного матеріалу модуля ЗМ-Л1 в формі письмової модульної контрольної роботи МКР-1 тестового типу в якій студенти відповідають на 20 запитань. Результати роботи оформлюються на окремому аркуші. Час, що виділяється на виконання МКР-1 визначається при видачі завдання і не перевищує 1 академічної години.

Максимальна оцінка за контрольну роботу складає 25 бали або 1,25 балів за одну правильну відповідь. Критерії оцінювання результатів контрольного заходу: правильна відповідь на 18 і більше запитань – відмінно (22,5...25 бали), правильна відповідь на 15...17 запитань – добре (18,75...21,25 бали), правильна відповідь на 12...14 запитання – задовільно (15...17,5 бали), правильна відповідь менше ніж на 12 запитань – незадовільно (менше 15 балів).

2. Методика проведення та оцінювання контрольного заходу для ЗМ-Л2.

Контроль проводиться після вивчення лекційного матеріалу модуля ЗМ-Л2 в формі письмової модульної контрольної роботи МКР-2 тестового типу в якій

студенти відповідають на 20 запитань. Результати роботи оформлюються на окремому аркуші. Час, що виділяється на виконання МКР-2 визначається при видачі завдання і не перевищує 1 академічної години.

Максимальна оцінка за контрольну роботу складає 25 бали або 1,25 балів за одну правильну відповідь. Критерії оцінювання результатів контрольного заходу: правильна відповідь на 18 і більше запитань – відмінно (22,5...25 бали), правильна відповідь на 15...17 запитань – добре (18,75...21,25 бали), правильна відповідь на 12...14 запитання – задовільно (15...17,5 бали), правильна відповідь менше ніж на 12 запитань – незадовільно (менше 15 балів).

3. Методика підсумкового оцінювання контрольних заходів для всіх лекційних модулів.

Підсумкова оцінка за всі лекційні модулі дорівнює сумі набраних балів за лекційні модулі ЗМ-Л1, ЗМ-Л2, яка не може перевищувати 50 балів.

4. Методика проведення та оцінювання контрольного заходу для ЗМ-П1.

За весь практичний модуль встановлена максимальна оцінка 50 балів. За кожен з перших п'яти лабораторних робіт встановлена максимальна оцінка 8 балів, за останню роботу 10 балів.

Контроль по кожній лабораторній роботі проводиться в формі:

- *усного опитування* при підготовці до кожної лабораторної роботи з метою допуску до її виконання (кількість запитань – до 5, максимальна кількість балів – 4 бали за роботи 1-5, 5 балів за роботу 6),

- *захисту результатів* лабораторної роботи наведених у звіті до лабораторної роботи (кількість запитань залежить від ходу виконання студентом роботи і якості звіту, максимальна кількість балів – 4 бали за роботи 1-5, 5 балів за роботу 6).

Для кожної лабораторної роботи, якщо студент за *усне опитування* одержав 1,5 і менше балів він не допускається до виконання роботи, а якщо більше – допускається.

Для кожної лабораторної роботи при *захисті результатів* студент може одержати від 1 до 4 балів за роботи 1-5, 5 балів за роботу 6.

Підсумковою оцінкою за кожен лабораторну роботу буде сума балів за *усне опитування* і *захист результатів*.

Підсумковою оцінкою за весь практичний модуль буде сума балів за всі лабораторні роботи. Критерії оцінювання результатів контрольного заходу для ЗМ-П1: 45 балів і більше – відмінно, 37...44,9 – добре, 30...36,9 балів – задовільно, менше 30 балів – незадовільно.

5. Методика оцінювання за всіма змістовними модулями.

Підсумковою оцінкою за всіма змістовними модулями (ОЗ) буде сума балів за лекційні модулі і за практичний модуль.

6. Методика проведення та оцінювання підсумкового контрольного заходу.

Підсумковий контрольний захід проводиться у формі іспиту у письмовій формі, екзаменаційний білет складається з 20 тестових завдань. Час, що виділяється на підготовку визначається при видачі завдання і не перевищує 1 академічної години. Умова допуску до іспиту – більше 25 балів з практичної частини.

Максимальна оцінка за іспит складає 100 балів. Оцінка еквівалентна відсотку правильних відповідей на запитання. Критерії оцінювання результатів іспиту: 90 балів і більше правильних відповідей – відмінно, 74...89,9 балів – добре, 60...73,9 балів – задовільно, менше 60 балів – незадовільно.

7. Методика підсумкового оцінювання за дисципліну.

Сума балів, яку одержав студент за лекційні модулі, за практичний модуль і за іспит формують інтегральну оцінку студента з навчальної дисципліни. Інтегральна оцінка (В) за дисципліну розраховується за формулою:

$$B = 0,5 \times O3 + 0,5 \times OI,$$

де O3 – кількісна оцінка (у балах від максимально можливої в 100 балів) за всіма змістовними модулями, OI – кількісна оцінка (у балах від максимально можливої в 100 балів) за іспит.

3. РЕКОМЕНДАЦІ ДО САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТІВ

Рекомендується наступний порядок вивчення дисципліни „Моделювання систем”:

–зміст кожної теми курсу вивчається за допомогою навчальної та методичної літератури, що наведена в списку;

–після засвоєння змісту кожної теми курсу потрібно відповісти на „запитання самоперевірки”, що наведені у даних методичних вказівках і відповідній літературі;

–якщо виникли питання при вивченні теоретичного матеріалу або при виконанні контрольних робіт, то потрібно звернутись до викладача, який читав лекції;

–за тематикою лабораторних робіт передбачається самостійна робота у середовищах моделюючих систем Tina та CPN Tool які є відкритим програмним забезпеченням та завантажуються з відповідних сайтів.

3.1. Модуль ЗМ-Л1 „Аналітичне моделювання в системі дискретних подій”

3.1.1. Повчання

Розділи модуля ЗМ-Л1 формують у студентів уявлення про загальну методологію моделювання, модель як образ реального об’єкту, властивості моделі, дискретні та непереривні моделі, аналітичне та імітаційне моделювання та класифікацію моделей.

У якості графічної мови моделювання дискретних систем подій вводиться сіть Петрі та вивчаються методи аналізу їх властивостей через побудови простору станів та розв’язання фундаментального рівняння.

При вивченні цих розділів необхідно звернути увагу на можливість використання як аналітичних так і імітаційних методик в моделюванні сітьями Петрі, які в останні часи використано для подання паралельних процесів в уніфікованій мові моделювання UML. Класична сіть Петрі являє собою приклад формалізму для втілення сучасного підходу перевірки моделі (Model Checking).

3.1.2. Питання для самоперевірки

Запитання, що входять до тестів до модуля ЗМ-Л1 і являють собою необхідний мінімум знань, який потрібний для засвоєння дисципліни „Моделювання систем”, наведені нижче:

1. Що називається моделлю системи? [1, с.19]
2. Які існують класифікації моделей? [1, с.23-25]
3. Які моделі називають фізичними? [1, с.25-29]
4. Що розуміють під терміном аналітичне моделювання? Імітаційне моделювання? математичне моделювання? [1, с.25-29]

5. Сформулюйте постановку задачі моделювання; задачі оптимізації; задачі ідентифікації; задачі управління; задачі прогнозування. [1, с.41-43]
6. Які основні положення системного підходу? [1, с.21-22]
7. З чого складається концептуальна модель системи? [1, с.41-43]
8. Перелічіть основні елементи сітки Петрі. [2, с.11]
9. Сформулюйте умову збудження переходу сітки Петрі. [2, с.11-12]
10. Опишіть коротко процес функціонування сітки Петрі. [2, с.12-13]
11. Що являє собою граф досяжних маркувань сітки Петрі? [2, с.13]
12. Які матриці дозволяють подавати сітку Петрі? [2, с.11-12]
13. Перелічіть основні властивості сіток Петрі. [2, с.19-20]
14. У чому полягає властивість консервативності сітки Петрі? [2, с.19-20]
15. Яке маркування сітки Петрі називають тупиковим? [2, с.19-20]
16. Що являє собою інваріант позицій сітки Петрі? [2, с.21]
17. Схарактеризуйте властивості інваріантних сіток Петрі. [2, с.22]
18. Сформулюйте основні кроки алгоритму побудови дерева покривних маркувань сітки Петрі. [2, с.26]
19. Назвіть переваги використання сіток Петрі для моделювання паралельних систем та процесів. [2, с.28]

3.2. Модуль ЗМ-Л2 „Імітаційне моделювання систем”

3.2.1. Повчання

Розділи модуля ЗМ-Л2 формують у студентів уявлення про основи теорії імітаційного моделювання систем з дискретним часом, ведення списків майбутніх та поточних подій, використання випадкових функцій, статистичної обробки результатів імітаційного моделювання для розрахунку функціональних характеристик систем та масштабування часових та інших параметрів моделі.

У якості графічної мови імітаційного моделювання використано розфарбовані сіті Петрі, які подають описи елементів графу мовою функціонального програмування ML та дозволяють розраховувати статистичні характеристики моделі безпосередньо в процесі імітаційного моделювання.

При вивченні цих розділів необхідно звернути увагу на практичні аспекти які акцентовано на розгорнутих прикладах моделювання системи керування роботом-маніпулятором та локальної комп'ютерної мережі.

3.2.2. Питання для самоперевірки

Запитання, що входять до тестів до модуля ЗМ-Л2 і являють собою необхідний мінімум знань, який потрібний для засвоєння дисципліни „Моделювання систем”, наведені нижче:

1. Що значить імітувати? [1, с.160-162]
2. Що таке сітлова імітаційна модель? [1, с.167-167]
3. Які елементи складають імітаційну модель? Опишіть їх. [1, с.167-169]

4. Які є способи просування модельного часу? [1, с.169-172]
5. Які є способи просування стану моделі в часі? [1, с.176-179]
6. Який із способів просування стану моделі в часі є найприйнятнішим на Вашу думку при імітації дискретних систем? [1, с.180-185]
7. Які елементи складають імітаційну модель розфарбованої сіті Петрі? Опишіть їх. [3, с.5-7]
8. Як описується стан розфарбованої сіті Петрі? [3, с.5-7]
9. Які є прості множини кольорів розфарбованої сіті Петрі? [3, с.25-27]
10. Які є складні множини кольорів розфарбованої сіті Петрі? [3, с.27-29]
11. Як подається опис змінних та констант розфарбованої сіті Петрі? [3, с.29]
12. Як скомпонувати опис функції розфарбованої сіті Петрі? [3, с.29-30]
13. Як подається опис множин та мультимножин в розфарбованої сіті Петрі? [3, с.32-33]
14. Як подаються атрибути позицій, переходи та дуг розфарбованої сіті Петрі? [3, с.34-36]
15. З яких дій складається побудова та аналіз простору станів розфарбованої сіті Петрі? [3, с.49-52]
16. Як застосувати розфарбовану сіть Петрі як мову імітаційного моделювання? [3, с.10-12]
17. З яких дій складається масштабування часу та інших параметрів моделі? [3, с.66-68]
18. Як використовувати вимірювальні компоненти розфарбованої сіті Петрі для розрахунку характеристик моделі в процесі імітації? [3, с.54-55]

3.3. Модуль ЗМ-П1 „Практичний модуль”

3.3.1. Повчання

При вивченні практичного модуля студенти набувають уміння побудови моделей в системі моделювання дискретних подій та дослідження властивостей моделей за допомогою аналітичних та імітаційних методів моделювання. Концептуальна єдність засобів моделювання у вигляді класів сітей Петрі дозволяє зосередитися на методах розв'язання завдань аналізу та частково синтезу систем в різних областях застосування.

При вивченні цього модуля необхідно звернути увагу на практичне застосування одержаних теоретичних знань про методи і засоби моделювання з метою аналізу властивостей моделі. Практичний модуль ґрунтується на лекційних прикладах застосування методів моделювання в верифікації телекомунікаційних (мережних) протоколів, розробці автоматизованої системи керування роботизованим виробництвом, проектуванні мереж для використання в системах реального часу, зокрема для керування рухом потягів.

Перевірка якості засвоєних знань і одержаних навичок при вивченні цього модуля здійснюється викладачем під час проведення лабораторних занять шляхом усного опитування з наведених для теоретичних модулів питань і перевіркою якості виконання лабораторної роботи із застосуванням

інструментальних моделюючих систем Tina — для аналітичного та CPN Tools — для імітаційного дослідження властивостей моделей.

3.3.2. Питання для самоперевірки

1. Сформулюйте умову збудження переходу сіті Петрі. [2, с.11-12]
2. У чому полягає спрацьовування переходу сіті Петрі? [2, с.11-12]
3. Опишіть коротко процес функціонування сіті Петрі. [2, с.12-13]
4. Вкажіть способи наочного представлення динаміки сіті Петрі. [2, с.13]
5. Що являє собою граф досяжних маркувань сіті Петрі? [2, с.13]
6. Перелічіть основні функції моделюючої системи. [4, с.40-42]
7. Які режими імітації динаміки сіті забезпечує моделююча система? [4, с.40-42]
8. Перелічіть основні властивості сітей Петрі? [2, с.19-20]
9. Які сіті називають обмеженими і безпечними? [2, с.19-20]
10. У чому полягає властивість консервативності сіті Петрі? [2, с.19-20]
11. У чому полягає властивість живості сіті Петрі? [2, с.19-20]
12. Яку розмітку сіті називають тупиковою? [2, с.19-20]
13. Вкажіть особливості побудови псевдомаркувань сіті Петрі. [2, с.26-27]
14. Сформулюйте основні кроки алгоритму побудови дерева покриваючих маркувань сіті Петрі. [2, с.26-27]
15. Які властивості сітей Петрі дозволяють визначити дерево покриваючих маркувань? [2, с.27-28]
16. Що являє собою інваріант позицій сіті Петрі? [2, с.21]
17. Що являє собою інваріант переходів сіті Петрі? [2, с.21]
18. Схарактеризуйте властивості інваріантних сітей Петрі. [2, с.22-23]
19. Яким чином можна використовувати інваріанти сіті Петрі для пошуку тупиків? [4, с.17]
20. З яких елементів складається типова система автоматичного керування? [4, с.30-31]
21. Яким чином здійснюється взаємодія контролера з об'єктом керування? [4, с.30-31]
22. У чому полягають переваги використання сітей Петрі для реалізації систем керування? [4, с.31-33]
23. Якими властивостями повинен володіти коректний алгоритм керування? [4, с.31-33]
24. Що таке мережний протокол? [4, с.26-27]
25. Які мережні протоколи ви знаєте? [4, с.26-27]
26. Для чого необхідно досліджувати мережні протоколи? [4, с.26-28]
27. Що таке верифікація протоколу? [4, с.26-28]
28. Якими властивостями повинна володіти сіть Петрі, що моделює коректний протокол? [4, с.26-28]
29. Які основні методи застосовують для забезпечення надійної передачі інформації через ненадійні канали? [4, с.26-28]
30. З яких елементів складається комутована мережа? [4, с.22-24]
31. Коротко опишіть структуру фрейму мережі Ethernet. [4, с.22-24]

32. У чому полягає функція комутатора локальної мережі? [4, с.22-24]
33. У чому полягають особливості формування трафіка робочими станціями і серверами? [4, с.22-24]
34. Сформулюйте відмінні риси розфарбованих сітей Петрі. [3, с.5-7]
35. Яким чином описується тип даних фішок у розфарбованих сітях? [3, с.25-27]
36. Які додаткові характеристики мають позиції і переходи розфарбованої сіті Петрі? [3, с.34,36]
37. Які додаткові характеристики мають дуги розфарбованої сіті Петрі? [3, с.35]

4. ПИТАННЯ ДО ЗАХОДІВ ПОТОЧНОГО ТА ПІДСУМКОВОГО КОНТРОЛЮ

4.1. Тестові завдання до модульної контрольної роботи модуля ЗМ-Л1.

1. Що називається моделлю системи? [1, с.19]
2. Які моделі Ви знаєте? [1, с.23]
3. Які існують класифікації моделей? [1, с.23-25]
4. Які існують способи побудови моделей? [1, с.25-29]
5. Які моделі називають фізичними? [1, с.25-29]
6. Які існують методи моделювання? [1, с.32-33]
7. Що розуміють під терміном аналітичне моделювання? Імітаційне моделювання? математичне моделювання? [1, с.25-29]
8. Які переваги імітаційного моделювання систем? [1, с.25-29]
9. Сформулюйте постановку задачі моделювання; задачі оптимізації; задачі ідентифікації; задачі управління; задачі прогнозування. [1, с.41-43]
10. У чому полягає системний підхід до побудови моделі? [1, с.25-29]
11. Які основні положення системного підходу? [1, с.21-22]
12. Що розуміють під терміном «системна модель»? [1, с.21-22]
13. З чого складається концептуальна модель системи? [1, с.41-43]
14. Як створюється концептуальна модель системи? [1, с.41-43]
15. Перелічіть основні елементи сітки Петрі. [2, с.11]
16. Назвіть основні області застосування сіток Петрі. [2, с.12-15]
17. Сформулюйте умову збудження переходу сітки Петрі. [2, с.11-12]
18. У чому полягає спрацьовування переходу сітки Петрі? [2, с.11-12]
19. Опишіть коротко процес функціонування сітки Петрі. [2, с.12-13]
20. Зазначте способи наочного подання динаміки сітки Петрі. [2, с.13-14]
21. Що являє собою граф досяжних маркувань сітки Петрі? [2, с.13]
22. Які сітки Петрі називають ординарними? [2, с.15-16]
23. Які матриці дозволяють подавати сітку Петрі? [2, с.11-12]
24. Що являє собою рівняння станів сітки Петрі? [2, с.18]
25. Перелічіть основні властивості сіток Петрі. [2, с.19-20]
26. Які сітки називають обмеженими й безпечними? [2, с.19-20]
27. У чому полягає властивість консервативності сітки Петрі? [2, с.19-20]
28. У чому полягає властивість живості сітки Петрі? [2, с.19-20]
29. Яке маркування сітки Петрі називають тупиковим? [2, с.19-20]
30. Схарактеризуйте структуру фундаментального рівняння сітки Петрі. [2, с.21]
31. Що являє собою інваріант позицій сітки Петрі? [2, с.21]
32. Що являє собою інваріант переходів сітки Петрі? [2, с.21]
33. Схарактеризуйте властивості інваріантних сіток Петрі. [2, с.22]
34. Назвіть особливості побудови псевдомаркувань сітки Петрі. [2, с.26]
35. Сформулюйте основні кроки алгоритму побудови дерева покривних маркувань сітки Петрі. [2, с.26]
36. Які властивості сіток Петрі дозволяє визначити дерево покривних маркувань? [2, с.27]

37. Назвіть переваги використання сіток Петрі для моделювання паралельних систем та процесів. [2, с.28]
38. В чому полягає підстановка позиції у редукції сіток Петрі? [2, с.23]
39. В чому полягає вилучення надлишкової позиції у редукції сіток Петрі? [2, с.24]
40. В чому полягає вилучення надлишкового переходу у редукції сіток Петрі? [2, с.24]

4.2. Тестові завдання до модульної контрольної роботи модуля ЗМ-Л2.

1. За яких умов не можуть бути застосовані аналітичні методи моделювання? [1, с.160-162]
2. За яких умов виникає необхідність в імітаційних методах моделювання? [1, с.162-165]
3. Що значить імітувати? [1, с.160-162]
4. Що таке сітьова імітаційна модель? [1, с.167-167]
5. Які елементи складають імітаційну модель? Опишіть їх. [1, с.167-169]
6. Які є способи просування модельного часу? [1, с.169-172]
7. Який із способів просування модельного часу є найприйнятнішим при імітації дискретних систем? Поясніть чому. [1, с.172-175]
8. Які є способи просування стану моделі в часі? [1, с.176-179]
9. Який із способів просування стану моделі в часі є найприйнятнішим на Вашу думку при імітації дискретних систем? [1, с.180-185]
10. Які елементи складають імітаційну модель розфарбованої сіті Петрі? Опишіть їх. [3, с.5-7]
11. Як описується стан розфарбованої сіті Петрі? [3, с.5-7]
12. З яких дій складається реалізація переходу сіті Петрі з часовою затримкою? [3, с.10-11]
13. Які є прості множини кольорів розфарбованої сіті Петрі? [3, с.25-27]
14. В чому полягає особливість використання перелічувального типу даних? [3, с.25-27]
15. Які є складні множини кольорів розфарбованої сіті Петрі? [3, с.27-29]
16. В чому полягають відмінності кортежу та запису розфарбованої сіті Петрі? [3, с.27-29]
17. Які є стандартні функції для генерації початкового маркування розфарбованої сіті Петрі? [3, с.27-29]
18. Як подається опис змінних та констант розфарбованої сіті Петрі? [3, с.29]
19. Як скомпонувати опис функції розфарбованої сіті Петрі? [3, с.29-30]
20. У який спосіб може бути реалізований цикл в мові функціонального програмування CPN ML? [3, с.29-30]
21. Як випадкові функції може бути використано в розфарбованої сіті Петрі? [3, с.31]
22. Як реалізувати періодичне генерування фішок із часовим інтервалом заданим випадковою функцією? [3, с.31]
23. Як подається опис множин та мультимножин в розфарбованої сіті Петрі? [3, с.32-33]
24. Які є стандартні функції для маніпулювання мультимножинами? [3, с.32-33]
25. Як подаються атрибути позицій, переході та дуг розфарбованої сіті Петрі? [3, с.34-36]
26. В чому полягають особливості використання надписів вхідних та вихідних дуг переходу розфарбованої сіті Петрі? [3, с.34-36]

27. Як подавати складні перетворення даних переходами розфарбованої сіті Петрі за допомогою акцій? [3, с.34-36]
28. Що таке часова мультимножина розфарбованої сіті Петрі? [3, с.34-36]
29. У який спосіб виконується часова затримка фішок розфарбованої сіті Петрі? [3, с.34-36]
30. З яких дій складається побудова ієрархічної моделі з використанням розфарбованої сіті Петрі? [3, с.45-47]
31. Яка типова послідовність дій висхідної розробки ієрархічної моделі розфарбованої сіті Петрі? [3, с.45-47]
32. Яка типова послідовність дій нисхідної розробки ієрархічної моделі розфарбованої сіті Петрі? [3, с.45-47]
33. Які методи можна використати для аналізу властивостей розфарбованої сіті Петрі? [3, с.48-52]
34. З яких дій складається побудова та аналіз простору станів розфарбованої сіті Петрі? [3, с.49-52]
35. Які є особливості використання списків розфарбованої сіті Петрі для моделювання черг? [3, с.56-58-36]
36. У який спосіб можна виконати перевірку чи є позиція пустою у розфарбованій сіті Петрі? [3, с.56-58-36]
37. Як можна використати об'єднання для збереження фішок різних типів в позиції розфарбованої сіті Петрі? [3, с.55-56]
38. Як застосувати розфарбовану сіть Петрі як мову імітаційного моделювання? [3, с.10-12]
39. З яких дій складається масштабування часу та інших параметрів моделі? [3, с.66-68]
40. Як використовувати вимірювальні компоненти розфарбованої сіті Петрі для розрахунку характеристик моделі в процесі імітації? [3, с.54-55]

4.3. Запитання до іспиту.

1. Що називається моделлю системи? [1, с.19]
2. Які моделі Ви знаєте? [1, с.23]
3. Які існують класифікації моделей? [1, с.23-25]
4. Які існують способи побудови моделей? [1, с.25-29]
5. Які моделі називають фізичними? [1, с.25-29]
6. Які існують методи моделювання? [1, с.32-33]
7. Що розуміють під терміном аналітичне моделювання? Імітаційне моделювання? математичне моделювання? [1, с.25-29]
8. Які переваги імітаційного моделювання систем? [1, с.25-29]
9. Сформулюйте постановку задачі моделювання; задачі оптимізації; задачі ідентифікації; задачі управління; задачі прогнозування. [1, с.41-43]
10. У чому полягає системний підхід до побудови моделі? [1, с.25-29]
11. Які основні положення системного підходу? [1, с.21-22]
12. Що розуміють під терміном «системна модель»? [1, с.21-22]
13. З чого складається концептуальна модель системи? [1, с.41-43]

14. Як створюється концептуальна модель системи? [1, с.41-43]
15. За яких умов не можуть бути застосовані аналітичні методи моделювання? [1, с.160-162]
16. За яких умов виникає необхідність в імітаційних методах моделювання? [1, с.162-165]
17. Що значить імітувати? [1, с.160-162]
18. Що таке сітьова імітаційна модель? [1, с.167-167]
19. Які елементи складають імітаційну модель? Опишіть їх. [1, с.167-169]
20. Які є способи просування модельного часу? [1, с.169-172]
21. Який із способів просування модельного часу є найприйнятнішим при імітації дискретних систем? Поясніть чому. [1, с.172-175]
22. Які є способи просування стану моделі в часі? [1, с.176-179]
23. Який із способів просування стану моделі в часі є найприйнятнішим на Вашу думку при імітації дискретних систем? [1, с.180-185]
24. Перелічіть основні елементи сітки Петрі. [2, с.11]
25. Назвіть основні області застосування сіток Петрі. [2, с.12-15]
26. Сформулюйте умову збудження переходу сітки Петрі. [2, с.11-12]
27. У чому полягає спрацьовування переходу сітки Петрі? [2, с.11-12]
28. Опишіть коротко процес функціонування сітки Петрі. [2, с.12-13]
29. Зазначте способи наочного подання динаміки сітки Петрі. [2, с.13-14]
30. Що являє собою граф досяжних маркувань сітки Петрі? [2, с.13]
31. Які сітки Петрі називають ординарними? [2, с.15-16]
32. Які матриці дозволяють подавати сітку Петрі? [2, с.11-12]
33. Що являє собою рівняння станів сітки Петрі? [2, с.18]
34. Перелічіть основні властивості сіток Петрі. [2, с.19-20]
35. Які сітки називають обмеженими й безпечними? [2, с.19-20]
36. У чому полягає властивість консервативності сітки Петрі? [2, с.19-20]
37. У чому полягає властивість живості сітки Петрі? [2, с.19-20]
38. Яке маркування сітки Петрі називають тупиковим? [2, с.19-20]
39. Схарактеризуйте структуру фундаментального рівняння сітки Петрі. [2, с.21]
40. Що являє собою інваріант позицій сітки Петрі? [2, с.21]
41. Що являє собою інваріант переходів сітки Петрі? [2, с.21]
42. Схарактеризуйте властивості інваріантних сіток Петрі. [2, с.22]
43. Назвіть особливості побудови псевдомаркувань сітки Петрі. [2, с.26]
44. Сформулюйте основні кроки алгоритму побудови дерева покривних маркувань сітки Петрі. [2, с.26]
45. Які властивості сіток Петрі дозволяє визначити дерево покривних маркувань? [2, с.27]
46. Назвіть переваги використання сіток Петрі для моделювання паралельних систем та процесів. [2, с.28]
47. Які елементи складають імітаційну модель розфарбованої сіти Петрі? Опишіть їх. [3, с.5-7]
48. Як описується стан розфарбованої сіти Петрі? [3, с.5-7]
49. З яких дій складається реалізація переходу сіти Петрі з часовою затримкою? [3, с.10-11]

50. Які є прості множини кольорів розфарбованої сіті Петрі? [3, с.25-27]
51. Які є складні множини кольорів розфарбованої сіті Петрі? [3, с.27-29]
52. Як подається опис змінних та констант розфарбованої сіті Петрі? [3, с.29]
53. Як скомпонувати опис функції розфарбованої сіті Петрі? [3, с.29-30]
54. Як випадкові функції може бути використано в розфарбованої сіті Петрі? [3, с.31]
55. Як подається опис множин та мультимножин в розфарбованої сіті Петрі? [3, с.32-33]
56. Як подаються атрибути позицій, переході та дуг розфарбованої сіті Петрі? [3, с.34-36]
57. З яких дій складається побудова ієрархічної моделі з використанням розфарбованої сіті Петрі? [3, с.45-47]
58. Які методи можна використати для аналізу властивостей розфарбованої сіті Петрі? [3, с.48-52]
59. Як подавати складні перетворення даних переходами розфарбованої сіті Петрі за допомогою акцій? [3, с.34-36]
60. З яких дій складається побудова та аналіз простору станів розфарбованої сіті Петрі? [3, с.49-52]
61. Які є особливості використання списків розфарбованої сіті Петрі для моделювання черг? [3, с.56-58-36]
62. У який спосіб можна виконати перевірку чи є позиція пустою у розфарбованій сіті Петрі? [3, с.56-58-36]
63. Як можна використати об'єднання для збереження фішок різних типів в позиції розфарбованої сіті Петрі? [3, с.55-56]
64. Як застосувати розфарбовану сіть Петрі як мову імітаційного моделювання? [3, с.10-12]
65. З яких дій складається масштабування часу та інших параметрів моделі? [3, с.66-68]
66. Як використовувати вимірювальні компоненти розфарбованої сіті Петрі для розрахунку характеристик моделі в процесі імітації? [3, с.54-55]

5. ЛІТЕРАТУРА ДЛЯ ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ

Основна література.

1. Томашевський В.М. Моделювання систем. - К: Видавнича група ВНУ, 2005. 352 с.
2. Зайцев Д.А. Математичні моделі дискретних систем: Навч. посібник, Одеса: ОНАС ім. О.С.Попова, 2004, 40 с. (<http://daze.ho.ua/mpmmds04.pdf>)
3. Зайцев Д.А., Шмелёва Т.Р. Моделирование телекоммуникационных систем в CPN Tools: Учебное пособие, Одесса: ОНАС, 2009, 60 с. (<http://daze.ho.ua/cpnmp-ru.pdf>)
4. Зайцев Д.А. Сіті Петрі і моделювання систем: Методичні вказівки до практичних занять і лабораторних робіт, ОНАС ім. О.С.Попова, 2007. (<http://daze.ho.ua/pnmsua.pdf>)

Додаткова література.

5. Відеолекция "Основы моделирование систем", Зарубин Михаил Юрьевич (<https://www.youtube.com/watch?v=NqEWU7CD-5Q>)
6. Моделирование систем / С.И.Дворецкий и др. М.: Академия, 2009, 320с.
7. Стеценко, І.В. Моделювання систем: навч. посіб. М-во освіти і науки України, Черкас. держ. технол. ун-т. – Черкаси : ЧДТУ, 2010. – 399 с.
8. Рад Б.Я. Моделювання систем, 2017 (https://stud.com.ua/86666/informatika/modelyuvannya_sistem)
9. Бахрушин В.Є. Математичні основи моделювання систем: Навчальний посібник для студентів. - Запоріжжя: Класичний приватний університет, 2009. - 224 с.
10. Математичні основи теорії телекомунікаційних систем : підручник для студ. вищих навч. закладів, які навч. за напрямом "Телекомунікації" / В.В. Поповський та ін. ; за ред. В.В. Поповського. Харків : Компанія СМІТ, 2006. 564 с. (глава 12: Д.А. Зайцев).
11. Імітаційне моделювання систем та процесів: Електронне навчальне видання. Конспект лекцій / В. Б. Неруш, В. В. Курдеча. – К.: НН ІТС НТУУ «КПІ», 2012. – 115 с.
12. Буч Г., Рамбо Д., Якобсон И. Введение в UML от создателей языка. 2-е изд.: Пер. с англ. Мухин Н. – М.: ДМК Пресс, 2010. – 496 с.
13. Труб И.И. Объектно-ориентированное моделирование на С++ СПб.: Питер, 2006. — 417 с.
14. Моделирование систем и процессов : учебник для академического бакалавриата / В. Н. Волкова, Г. В. Горелова, В. Н. Козлов [и др.] ; под ред. В. Н. Волковой, В. Н. Козлова. — М. : Издательство Юрайт, 2015. — 449 с.