

Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича

(повне найменування закладу вищої освіти)

Навчально-науковий інститут фізико-технічних і комп'ютерних наук

(назва інституту/факультету)

Кафедра комп'ютерних систем та мереж

(назва кафедри)

СИЛАБУС

навчальної дисципліни

Моделювання комп'ютерних smart-систем

(вказати назву навчальної дисципліни (іноземною, якщо дисципліна викладається іноземною мовою))

обов'язкова

(обов'язкова чи вибіркова)

Освітньо-наукова програма – *Комп'ютерна інженерія*

технологій Інтернету речей і кіберфізичних систем

Спеціальність 123 – *Комп'ютерна інженерія*

(шифр і назва спеціальності)

Галузь знань 12 – *Інформаційні технології*

(шифр і назва галузі знань)

Рівень вищої освіти – *другий (магістерський)*

(вказати: перший (бакалаврський)/другий (магістерський)/третій (освітньо-науковий))

Навчально-науковий інститут фізико-технічних і комп'ютерних наук

(назва факультету / інституту, на якому здійснюється підготовка фахівців за вказаною освітньо-професійною програмою)

Мова навчання – *українська*

(мова, на якій читається дисципліна)

Розробники: Воробець Георгій Іванович, доцент, завідувач кафедри КСМ, канд. ф.-м. наук

(вказати авторів (викладач (ів)), їхні посади, наукові ступені, вчені звання)

**Профайл викладача (-ів) <https://csn.chnu.edu.ua>,
<https://csn.chnu.edu.ua/employees/vorobets-georgij-ivanovych/>**

Контактний тел. + (38) 0372 50 94 32 (кафедра КСМ) – Воробець Г. І.

E-mail: g.vorobets@chnu.edu.ua

Сторінка курсу в Moodle <https://moodle.chnu.edu.ua/course/view.php?id=2580>

Консультації *on-line/of-line: понеділок з 16.10 до 17.30*

1. Анотація дисципліни

Курс “Моделювання комп’ютерних smart систем” пропонується студентам магістратури спеціальності 123 – комп’ютерна інженерія ОНП “Комп’ютерна інженерія технологій інтернету речей та кіберфізичних систем” як підсумковий і узагальнюючий курс для ознайомлення з сучасними підходами, методами і технологіями, які використовуються на етапі аналізу і синтезу інтелектуальної кіберкомпоненти засобів IoT і КФС. Він демонструє, що для створення інтелектуальних технічних екосистем, які потребують застосування потужних обчислювальних засобів, використовується синергетичний підхід, що охоплює теоретичні знання і практичні методи таких напрямків, як системний аналіз, теорія систем масового обслуговування, теорія мереж Петрі, методи комп’ютерного імітаційного моделювання, тощо. Крім того потрібне глибоке розуміння високотехнологічних фізичних об’єктів, пристроїв, систем і процесів в них, які потрібно інтелектуалізувати використовуючи технології IoT і КФС.

Даний курс розроблено на основі курсу "Моделювання систем на основі IoT" (PC1) запропонованого в рамках Міжнародного Європейського проекту ALIoT “Розробка навчальних програм для магістрів, докторів філософії і тренінгів для промисловців” (2018-2020 рр.) за програмою ERASMUS+ KA2, та курсу створеного В.М.Томашевським «Моделювання систем» (НТУУ «КПІ імені Ігоря Сікорського» для студентів IT-галузі.

2. Мета навчальної дисципліни: формування необхідного рівня теоретичної і практичної підготовки студентів для глибокого розуміння особливостей і технологій моделювання, які доцільно використовувати для реалізації кіберфізичних систем та технологій Інтернету речей, і їх інтелектуалізації, як спеціалізованих комп’ютерних систем та мереж; здобуття нових теоретичних знань та практичних навичок самостійної наукової діяльності та розробки нових ідей у галузі IoT та CPS; оволодіння методами моделювання технічних рішень інтелектуальних комп’ютерних систем.

3. Пререквізити. Для коректного розуміння і засвоєння матеріалу даного курсу слухачі повинні попередньо пройти курси: Основи IoT і IoE, IoT технології для КФС, комп’ютерна електроніка, комп’ютерна схемотехніка, програмування, методи цифрової обробки сигналів, архітектура комп’ютерів, Технології проектування комп’ютерних систем. Результати навчання за цим курсом потрібні при проведенні наукових досліджень та виконанні магістерської роботи.

4. Результати навчання

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен

Знати: основні поняття, принципи і методи системного аналізу, систем масового обслуговування, мереж Петрі, основи математичного ймовірнісного, імітаційного моделювання, сучасні програмні пакети для проведення імітаційного моделювання комп’ютерних засобів, компонент IoT і КФС, моделі взаємодії фізичного і кібер простору в КФС, особливості обміну інформаційними потоками даних між шарами моделі КФС.

Вміти: визначати сутність проєктованих засобів IoT і КФС та їх кіберкомпоненти, як об’єкт моделювання компонент smart-системи, обґрунтовувати постановку експериментів та проведення аналізу їх результатів, аналізувати і синтезувати архітектуру проблемно-орієнтованих технічних рішень типових об’єктів і систем IoT та CPS, проводити експертну оцінку системи для пошуку оптимальних

рішень її архітектури та забезпечення функціоналу, вибирати апаратне та програмне забезпечення для аналізу і синтезу об'єктів і систем IoT та CPS.

Набути компетентностей:

ЗК - загальних

- ЗК1. Здатність до адаптації та дій в новій ситуації.
- ЗК2. Здатність до абстрактного мислення, аналізу і синтезу.
- ЗК3. Здатність проводити дослідження на відповідному рівні.
- ЗК7. Здатність приймати обґрунтовані рішення.

СК – фахових (спеціальних)

- СК2. Здатність розробляти алгоритмічне та програмне забезпечення, компоненти комп'ютерних систем та мереж, Інтернет додатків, кіберфізичних систем з використанням сучасних методів і мов програмування, а також засобів і систем автоматизації проектування.
- СК4. Здатність будувати та досліджувати моделі комп'ютерних систем та мереж.
- СК5. Здатність будувати архітектуру та створювати системне і прикладне програмне забезпечення комп'ютерних систем та мереж.
- СК6. Здатність використовувати та впроваджувати нові технології, включаючи технології розумних, мобільних, зелених і безпечних обчислень, брати участь в модернізації та реконструкції комп'ютерних систем та мереж, різноманітних вбудованих і розподілених додатків, зокрема з метою підвищення їх ефективності.
- СК7. Здатність досліджувати, розробляти та обирати технології створення великих і надвеликих систем.
- СК10. Здатність ідентифікувати, класифікувати та описувати роботу програмно-технічних засобів, комп'ютерних систем, мереж та їхніх компонентів.
- СК11. Здатність обирати ефективні методи розв'язування складних задач комп'ютерної інженерії, критично оцінювати отримані результати та аргументувати прийняті рішення.
- СК12. Здатність використовувати методи аналізу, ідентифікації й синтезу комп'ютерних систем та мереж, кіберфізичних систем, засобів Інтернету речей та IT-інфраструктур.
- СК13. Здатність застосовувати технології IoT, IoE, мобільні і гібридні IoT обчислення для аналізу великих даних, вирішувати завдання комп'ютерної інженерії та науково-прикладного застосування комп'ютерних засобів з використанням штучного інтелекту, хмарних технологій, IoT, комп'ютеризованих інформаційно-вимірювальних систем і комплексів.

ПРН - програмних результатів навчання

- РН1. Застосовувати загальні підходи пізнання, методи математики, природничих та інженерних наук до розв'язання складних задач комп'ютерної інженерії.
- РН2. Знаходити необхідні дані, аналізувати та оцінювати їх.
- РН3. Будувати та досліджувати моделі комп'ютерних систем і мереж, оцінювати їх адекватність, визначати межі застосовності.
- РН4. Застосовувати спеціалізовані концептуальні знання, що включають сучасні наукові здобутки у сфері комп'ютерної інженерії, необхідні для професійної діяльності, оригінального мислення та проведення досліджень, критичного осмислення проблем інформаційних технологій та на межі галузей знань.
- РН7. Вирішувати задачі аналізу та синтезу комп'ютерних систем та мереж.
- РН9. Розробляти програмне забезпечення для вбудованих і розподілених застосувань, мобільних і гібридних систем.
- РН10. Здійснювати пошук інформації в різних джерелах для розв'язання задач комп'ютерної інженерії, аналізувати та оцінювати цю інформацію.
- РН11. Приймати ефективні рішення з питань розроблення, впровадження та експлуатації комп'ютерних систем і мереж, аналізувати альтернативи, оцінювати ризики та імовірні наслідки рішень.
- РН14. Планувати і виконувати наукові дослідження в сфері комп'ютерної інженерії, формулювати і перевіряти гіпотези, обирати методики та інструменти, аналізувати результати, обґрунтовувати висновки.

PH15. Проводити науково-дослідну і дослідно-конструкторську роботу у сфері спеціалізованих, проблемно-орієнтованих високоефективних комп'ютерних системи з використанням сучасних технологій IoT і КФС, мобільних і гібридних обчислень, Dig Data аналізу, новітніх апаратно-програмних рішень на сучасній елементній базі, зокрема, програмованих логічних інтегральних схем, мікроконтролерів, мікрокомп'ютерів, багатоядерних процесорів

5. Опис навчальної дисципліни

5.1. Загальна інформація

Назва навчальної дисципліни <i>Моделювання комп'ютерних smart систем</i>												
Форма навчання	Рік підготовки	Семестр	Кількість			Кількість годин						Вид підсумкового контролю
			кредитів	годин	змістових модулів	лекції	практичні	семінарські	лабораторні	самостійна робота	індивідуальні завдання	
Денна	2(6)	3(11)	3	90	2	15	-	-	30	45	-	Іспит

5.2. Дидактична карта навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин					
	усього	у тому числі				
		л	п	лаб	інд	с.р.
1	2	3	4	5	6	7
Теми лекційних занять	Змістовий модуль 1. Сучасні технології моделювання компонент КФС і IoT та smart систем					
Тема 1. Екосистеми IoT та КФС як об'єкт моделювання. Системний підхід.	12	2	-	4	-	6
Тема 2. Технологія СМО для моделювання smart кіберкомпоненти структур IoT та КФС	12	2	-	4	-	6
Тема 3. Мережі Петрі в моделювання процесів та інформаційних потоків в IoT і КФС	11	2	-	4	-	5
Тема 4. Марківські та імовірнісні моделі засобів IoT та КФС	12	2	-	4	-	6
Разом за змістовим модулем 1	47	8	-	16	-	23
Теми лекційних занять	Змістовий модуль 2. Технології комп'ютерного моделювання smart систем і сучасне програмне забезпечення					
Тема 5. Імітаційне моделювання smart систем. Комп'ютерний підхід. Трирівневе моделювання в IoT.	12	2	-	4	-	6
Тема 6. Сучасні пакети прикладних програм комп'ютерного моделювання smart об'єктів і систем	11	2	-	4	-	5
Тема 7. Модельні експерименти. Оптимізація моделей	10	2	-	2	-	6
Тема 8. Практика моделювання виробничих та комп'ютерних систем IoT та КФС	10	1	-	4	-	5
Разом за змістовим модулем 2	43	7	-	14	-	22
Усього годин	90	15	-	30	-	45

5.3. Тематика лабораторного практикуму

№	Назва теми (завдання)	Кількість годин
1	Лабораторне завдання 1. Тема: Дослідження кіберфізичної системи функціонування якої можна описати за моделлю роботи багатопотокової системи масового обслуговування.	4
2	Лабораторне завдання 2 Тема: Часова і ресурсна оптимізація функціонування кіберфізичної системи за допомогою методів розширених мереж Петрі з переходами, які спрацьовують у модельному часі.	4
3	Лабораторне завдання 3 Тема: Імітаційне моделювання кіберфізичної системи. Розробка моделей для автоматизації програмування.	4
4	Застосування моделей Маркова для дослідження IoT і КФС smart систем (Практикум 2)	2
5	Аналіз переваг і недоліків сучасного програмного забезпечення комп'ютерного моделювання smart систем (Практикум 1)	4
6	Лабораторне завдання 4 Імітаційне моделювання багатопотокових КФС у пакеті GPSS	4
7	Лабораторне завдання 5 Імітаційне моделювання критичних станів smart систем IoT/КФС у пакеті GPSS	4
8	Лабораторне завдання 6 Імітаційне моделювання масивів даних (матриць) smart систем IoT/КФС у пакеті GPSS	4
	Разом	30

Примітка. Методичні рекомендації та завдання до лабораторних робіт доступні на інтернет-ресурсах: https://ns2000.com.ua/wp-content/uploads/2019/11/Modeliuvannia_system-GPSS_Komp_iutynh.pdf https://kdrpm.pnu.edu.ua/wp-content/uploads/sites/55/2018/03/lab_GPSS_el.pdf <https://studylib.ru/doc/6334300/konspekt-lekc%D1%96j-moks> .

5.4. Зміст завдань для самостійної роботи

№	Назва теми	Кількість годин
1	Вимоги до моделей. Формальні методи побудови моделей. Ідентифікація параметрів математичної моделі. Адекватність, чутливість, несуперечливість моделі.	6
2	Імовірнісне моделювання. Моделювання випадкових процесів.	6
3	Принципи побудови моделей. Технологія моделювання. Моделі теорії черг.	6
4	Поняття імітаційного моделювання. Моделі систем масового обслуговування.	6
5	Сучасний стан імітаційного моделювання. Основні сфери використання імітаційних моделей.	6
6	Застосування моделей і технологій (системи масового обслуговування (СМО), мережі Петрі (МП), тощо) для опису задачі аналізу і синтезу CPhS системи для відповідної області застосування	6
7	Методи дослідження та вибору цільової функції для задачі моделювання і синтезу CPhS.	6
8	Особливості визначення та вивчення базових вимог до математичних моделей та функціональних алгоритмів CPhS та IoT відповідно до їх сфери застосування.	6

9	Методи оцінювання інформаційного потоку даних і команд у системі CPhS – IoT.	6
10	Визначення доцільності та можливостей етапів моделювання обробки інформації на різних рівнях багаторівневих моделей CPhS та IoT.	6
11	Використання таблиць у GPSS World. Списки користувача та блоки для їх формування. Групи і сімейства транзактів	6
12	Збережені величини і матриці у GPSS World. Змінні та вирази. Зміна маршрутів транзактів.	6
13	Стандартні числові й логічні атрибути та їх використання в моделях. Функції в GPSS World. Їх використання в моделях.	6
14	Блоки, що забезпечують побудову моделі типу "СМО з одним пристроєм".	5
15	Забезпечення пріоритетного обслуговування. Блоки, що забезпечують побудову моделі типу "багатоканальні СМО".	5
16	Засоби GPSS World, що використовуються для забезпечення точності результатів імітаційного моделювання.	5
17	Принципи роботи GPSS World. Елементи логіки роботи інтерпретатора.	6
18	Моделі розрахункових процесів і управління. Динамічні моделі, P-, Q-, F-, A-схеми. Мережні моделі.	6
	Разом	105

6. Методи навчання

Для викладання матеріалів з навчальної дисципліни «IoT технології для кіберфізичних систем» використовуються наступні методи навчання.

6.1. Словесні методи навчання. Навчальна лекція

За допомогою даного методу забезпечується усне викладення матеріалу великими ємністю й складністю логічних побудов, доказів і узагальнень. В ході лекції використовуються прийоми усного викладення інформації, підтримання уваги протягом тривалого часу, активізації мислення студентів, прийоми забезпечення логічного запам'ятовування, переконання, аргументації, доказів, класифікації, систематизації і узагальнення. В залежності від специфіки лекційного матеріалу іноді використовується лекція-діалог.

6.2. Індуктивний метод навчання

Даний метод навчання використовується в рамках лекційних занять, коли матеріал носить, здебільшого, фактичний характер. В рамках лабораторних занять метод застосовується при виконанні технічних задач, коли студенти використовують раніше здобуті теоретичні знання при роботі з конкретними пристроями (комп'ютерами) та програмними продуктами.

6.3. Репродуктивний метод навчання

Даний метод навчання використовується в рамках лекційних і лабораторних занять, а також під час самостійної роботи студентів. Метод передбачає роботу студентів за визначеним алгоритмом. Згідно з методом для виконання завдань студентам надаються методичні вказівки, правила і навчальні приклади.

6.4. Проблемно-пошукові методи навчання

Проблемно-пошукові методи застосовуються в ході проблемного навчання, а саме в процесі виконання лабораторних робіт та індивідуальних науково-дослідних завдань. Слід зауважити, що під проблемною ситуацією треба вважати невідповідність між тим, що вивчається і вже вивченим. При використанні

проблемно-пошукових методів навчання викладач використовує такі прийоми: створює проблемну ситуацію (ставить питання, пропонує задачу, експериментальне завдання), організує колективне обговорення можливих підходів до рішення проблемної ситуації, стимулює висування гіпотез, тощо. Студенти роблять припущення про шляхи вирішення проблемної ситуації, узагальнюють раніше набуті знання, виявляють причини явищ, пояснюють їхнє походження, вибирають найбільш раціональний варіант вирішення проблемної ситуації. Викладач обов'язково керує цим процесом на всіх етапах, а також за допомогою запитань-підказок. Також даний метод використовується при опрацюванні матеріалів в системі дистанційної освіти «Moodle».

6.5. Наочний метод навчання

Наочний метод достатньо важливий для студентів, оскільки забезпечує візуальне подання навчального матеріалу, зокрема, з використанням інформаційно-комунікаційних технологій. При викладанні дисципліни наочний метод навчання поєднується зі словесними методами для представлення інформації у вигляді таблиць, рисунків, схем та діаграм.

7. Система контролю та оцінювання

Засобами оцінювання та демонстрування результатів навчання є

- контрольні роботи;
- усне опитування;
- презентації результатів виконаних завдань та досліджень;
- завдання на лабораторному обладнанні.

Формами поточного контролю рівня знань є усна та письмова відповідь студента при захисті виконаних лабораторних робіт, кількість отриманих балів при захисті практикумів, а також письмова відповідь при написанні модульних контрольних робіт.

7.1. Критерії оцінювання результатів навчання з навчальної дисципліни

Критерієм успішного проходження здобувачем освіти підсумкового оцінювання є досягнення ним мінімальних порогових рівнів оцінок за кожним запланованим результатом навчання навчальної дисципліни.

Шкала та критерії оцінювання: національна та ЄКТС (Європейська кредитна трансферно-накопичувальна система, ECTS)

Оцінка за шкалою ЄКТС	Критерії	Пояснення	Оцінка за 100-бальною шкалою	Оцінка за національною шкалою
A	Відмінний рівень компетентностей у межах обов'язкового матеріалу, з можливими незначними недоліками	відмінно	90 – 100	відмінно
B	Достатньо високий рівень компетентностей у межах обов'язкового матеріалу без суттєвих (грубих) помилок	дуже добре	80-89	добре
C	В цілому добрий рівень компетентностей із незначною кількістю помилок	добре	70-79	

D	Посередній рівень компетентностей із значною кількістю недоліків, достатній для подальшого навчання або професійної діяльності	задовільно	60-69	задовільно
E	Мінімально можливий допустимий рівень компетентностей	достатньо	50-59	
FX	Незадовільний рівень компетентностей, з можливістю повторного перескладання за умови належного самостійного доопрацювання	(незадовільно) з можливістю повторного складання	35-49	незадовільно
F	Дуже поганий рівень компетентностей, що вимагає повторного вивчення дисципліни	(незадовільно) з обов'язковим повторним курсом	1-34	

Розподіл балів, які отримують студенти

Поточне оцінювання (аудиторна та самостійна робота)										Підсумковий контроль (іспит)	Сумарна кількість балів
Змістовий модуль 1					Змістовий модуль 2						
T1	T2	T3	T4	M1	T5	T6	T7	T8	M2		
5	5	5	5	10	5	5	5	5	10	40	100

T1, T2 ... T8 – теми змістових модулів; M1, M2 – модульні контрольні роботи

7.2. Перелік тем і розподіл максимально можливої кількості балів, які отримують студенти за виконання всіх видів навчальної діяльності

Змістовий модуль 1. Сучасні технології моделювання компонент КФС і IoT та smart систем

T1. Екосистеми IoT та КФС як об'єкт моделювання. Системний підхід. (виконання лабораторної роботи №1 – 5 балів).

T2. Технологія СМО для моделювання smart кіберкомпоненти структур IoT та КФС. (виконання лабораторної роботи №2 – 5 балів).

T3. Мережі Петрі в моделювання процесів та інформаційних потоків в IoT і КФС. (виконання лабораторної роботи №3 – 5 балів).

T4. Марківські та імовірнісні моделі засобів IoT та КФС. (семінар – 5 балів).

M1. Модульна контрольна робота №1 – 10 балів.

Змістовий модуль 2. Технології комп'ютерного моделювання smart систем і сучасне програмне забезпечення.

T5. Імітаційне моделювання smart систем. Комп'ютерний підхід. Трирівневе моделювання в IoT. (практикум – 5 балів)

T6. Сучасні пакети прикладних програм комп'ютерного моделювання smart об'єктів і систем (виконання лабораторної роботи №4 – 5 балів)

T7. Модельні експерименти. Оптимізація моделей (виконання лабораторної роботи №5 – 5 балів).

T8. Практика моделювання виробничих та комп'ютерних систем IoT та КФС (виконання лабораторної роботи №6 – 5 балів)

M2. Модульна контрольна робота №2 – 10 балів).

Підсумковий контроль (**іспит**) – 40 балів: кожен заліковий білет складається з двох теоретичних питань та одного практичного, за теоретичні питання студент може отримати максимально по 12 балів, за практичне завдання 16 балів. **Сумарна кількість балів – 100.**

7.3. Умови зарахування результатів неформальної освіти

Студент, згідно Положення ЧНУ «Про неформальну освіту» може отримати додаткові бали, або бути звільненим від окремих видів роботи з окремих тем, якщо у нього наявні сертифікати про неформальну освіту з проблем, які вивчаються на дисципліні «Моделювання комп'ютерних smart систем».

Також, як виконані види роботи з відповідних тем зараховуються студенту бали за наукові публікації у матеріалах науково-практичних конференцій та фахових чи апробаційних виданнях.

8. Рекомендована література

8.1. Фахова (основна)

1. Internet of Things for Industry and Human Application. In Volumes 1-3. Volume 2. Modelling and Development / V . S . Kharchenko (ed.) -Ministry of Education and Science of Ukraine, National Aerospace UniversityKhAI, 2019. - 547p.ISBN 978-617-7361-80-9
2. Drozd O.V., Maevsky D.A., Maevskaya O.J., Martynyuk O.M.,Tabunshchuk G.V., Kolisnyk M.O., Stepova H.S., Kharchenko V.S., Chopyk Y.O.,Nagachevsky N.O., Savelev A.A., Goroshko V.V. Simulation of Internet of Thingsbased Systems. Practicum / Maevsky D.A. (Eds.) – Ministry of Education and Science ofUkraine, Odessa National Polytechnic University, National Aerospace University“KhAI”, Zaporizhzhia National Technical University, 2019. – 130p.ISBN 978-617-7361-95-3.
3. Internet of Things for Industry and Human Application. In Volumes 1-3. Volume 1. Fundamentals and Technologies / V. S. Kharchenko (ed.) – Ministry of Education and Science of Ukraine, National Aerospace University KhAI, 2019. - 605p.
4. Аналіз та моделювання проблемно-орієнтованих програмних систем: Навчальний посібник для студентів спеціальності 121 – Інженерія програмного забезпечення, спеціальності 122 – Комп'ютерні науки / І. П. Гамаюн, О. Ю. Чередніченко, С. І. Єршова та ін.. – Харків : ФОП Черняк Л. О., 2019. – 179 с.
5. Моделювання систем в середовищі GPSS World : навч. посіб. / Я. І. Соко-ловський, Ю. В. Шабатура, Я. І. Виклюк [та ін.]; за ред. В. В. Пасічника. – Львів : «Новий Світ – 2000», 2020. – 288 с.
6. Моделювання комп'ютерних smart – систем: навчальний посібник-практикум. / уклад.: Воробець Г.І. – Чернівці: ЧНУ, 2022. – 65 с. – (електронне видання)
7. Воробець Г.І., Воробець О.І., Гордіца В.Е., Пшеничний О.О., Хамула І.С., Бучакчійський В.С. Сучасні технології інтернету речей та кіберфізичних систем в комп'ютерній інженерії: навчальний посібник-практикум / За заг. Ред. доц. Г. І. Воробця) – МОН України, Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича, 2022 р. – 108 с.

8.2. Допоміжна

1. Томашевский В. Н. Решение практических задач методами компьютерного моделирования / В. Н. Томашевский, Е. Г. Жданова, А. А. Жолдаков. – К. : Изд-в "Корнійчук", 2001. – 268 с.
2. Томашевський В. М. Моделювання систем / В. М. Томашевський. – К. : Видавнича група ВНУ, 2005. – 349 с.
3. Томашевский В. Н. Имитационное моделирование в среде GPSS / В. Н. Томашевский, Е. Г. Жданова. – М. : Бестселлер, 2003. – 416 с.

9. Інформаційні ресурси

1. <https://csn.chnu.edu.ua/about-us/ok-rivni/>
2. <https://csn.chnu.edu.ua/spetsialnist-123-komp-yuterna-inzheneriya-onp-komp-yuterna-inzheneriya-tehnologij-internetu-rechej-ta-kiberfizychnyh-system-magistratura-2-r/>
3. https://stud.com.ua/145145/informatika/imitatsiyne_modelyuvannya_sistemi_gpss_world
4. <https://lib.chmnu.edu.ua/pdf/posibnuku/281/9.pdf>
5. https://web.posibnyky.vntu.edu.ua/fksa/2kvetnyj_komp%27yuterne_modelyuvannya_system_procesiv/t1/172..htm
6. <https://gpss-world-student-version.software.informer.com/5.2/>