

Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України
Житомирський державний університет імені Івана Франка
Кафедра прикладної математики та інформатики

С. А. Постова

**Основи математичного
моделювання та
системного аналізу
(лабораторний практикум)**

Житомир
Вид-во ЖДУ ім. І. Франка
2011

УДК 519.68:519.711:519.712:519.86:519.87+004.421

ББК 22.18я(75)1+73

П63

*Рекомендовано вченою радою
Житомирського державного університету імені Івана Франка
від 02 вересня 2011 року, протокол № 1*

Рецензенти:

Сікора Я. Б. – кандидат педагогічних наук, старший викладач кафедри прикладної математики та інформатики;

Чорней Р. К. – кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри математики Національного університету «Києво-Могилянська академія»;

Бродський Ю. Б. – кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри комп'ютерних технологій і моделювання систем Житомирського національного агроекологічного університету.

Постова С. А.

П63

Основи математичного моделювання та системного аналізу (лабораторний практикум). – Житомир: Вид-во ЖДУ ім. І. Франка, 2011. – 118 с.

Лабораторний практикум складається з трьох розділів, кожний з яких містить орієнтовний план лекцій, запитання для самостійного опрацювання студентами, приклади розв'язання типових завдань, а також завдання до лабораторних робіт та додаткові завдання для самостійного опрацювання.

Книга призначена для студентів, які навчаються за програмою бакалаврів з напрямів «Комп'ютерні науки» та «Прикладна математика»; крім того, вона може бути використана магістрантами, аспірантами та усіма тими, хто цікавиться проблемами системного аналізу, математичного, імітаційного та комп'ютерного моделювання, а також їхнім застосуванням у практичній діяльності.

УДК 519.68:519.711:519.712:519.86:519.87+004.421

ББК 22.18я(75)1+73

Зміст

Вступ	4
Розділ I. Основи системного аналізу	7
Тема № 1. Основні поняття теорії систем та системного аналізу	7
Тема № 2. Системи	7
Лабораторна робота № 1.	7
Тема № 3. Загальні поняття моделювання	12
Лабораторна робота № 2.	12
Тема № 4. Інформаційні аспекти вивчення систем	16
Лабораторна робота № 3.	17
Тема № 5. Основи прийняття рішень	21
Лабораторна робота № 4.	21
Тема № 6. Основні процедури та етапи системного аналізу	36
Розділ II. Основи математичного моделювання	37
Тема № 7. Математичні схеми моделювання систем: Д, F, P-схеми	37
Лабораторна робота № 5.	37
Тема № 8. Основи мережевого планування	42
Лабораторна робота № 6.	42
Тема № 9. Мережеві моделі (N-схеми): мережі Петрі	47
Тема № 10. Моделі систем масового обслуговування	48
Лабораторна робота № 7.	49
Лабораторна робота № 8.	58
Розділ III. Основи імітаційного моделювання	61
Тема № 11. Імітаційне моделювання систем	61
Лабораторна робота № 9.	61
Тема № 12. Методи визначення характеристик систем, що моделюються	69
Тема № 13. Програмування базових генераторів псевдовипадкових чисел	70
Лабораторна робота № 10.	70
Тема № 14. Моделювання випадкових величин із заданим законом розподілу	79
Лабораторна робота № 11.	80
Тема № 15. Мова імітаційного моделювання GPSS World	88
Лабораторна робота № 12.	89
Лабораторна робота № 13.	95
Додатковий перелік завдань для самостійного роз'язання	99
Словник базових понять та термінів	101
Список використаної та рекомендованої літератури	115

Вступ

Останнім часом важко зустрити статтю або книгу, в якій би не вживався термін «система». На даний час більшість галузей науки знаходяться на етапі осмислення результатів та представлення їх як системи. Основи науки про системи відображаються та використовуються в різних дисциплінах. Моделювання як одну із найважливіших категорій процесу пізнання неможливо відокремити від розвитку людства. Методи комп'ютерного моделювання широко застосовуються в усіх сферах діяльності людини. Моделювання як технологія розв'язання задач усередині специфічного середовища широко застосовується під час аналізу і проектування інформаційних систем для перевірки вимог до їх ефективності.

Дисципліна «Основи математичного моделювання та системного аналізу» охоплює дослідження міждисциплінарного характеру та стику загальної теорії систем, диференціальних рівнянь, методів оптимізації та дослідження операцій, теорії ймовірності та математичної статистики, що орієнтовані на розв'язування задач конструктивної теорії систем та математичного моделювання.

Метою вивчення дисципліни є: ознайомлення з основними поняттями теорії систем та системного аналізу, принципами побудови моделей, етапами системного аналізу, методологією дослідження таких властивостей та відношень на об'єктах комп'ютеризації, які важко спостерігаються шляхом представлення цих об'єктів у вигляді цілеспрямованих систем; набуття практичних навичок застосування системної методології для аналізу, моделювання та проектування складних об'єктів, побудови комп'ютерних інформаційних систем, розв'язування інформаційних проблем в них; розвинути навички використання практичних методологій системного аналізу для логіко-фізичного моделювання та проектування КІС; опанування уміннями та навичками постановки задач на прийняття рішень (формалізацію й алгоритмізацію) для їхнього подальшого розв'язання за допомогою стандартного математичного апарату; отримати знання, сформувати уміння та навички, необхідні для розв'язання задач масового обслуговування; опанування основами імовірнісного та імітаційного моделювання; сформувати у майбутніх спеціалістів системне мислення.

Завдання дисципліни – розвиток умінь і навичок розв'язування практичних задач з теорії систем з використанням математичних методів, моделювання систем з використанням математичних методів оптимізації на ПК; ознайомити студентів з принципами та особливостями сучасних методів розв'язування математичних задач масового обслуговування з використанням комп'ютерних засобів математичного моделювання та числових експериментів.

Навчальна дисципліна «Основи математичного моделювання та системного аналізу» входить до нормативної частини циклу дисциплін підготовки студентів за професійним спрямуванням “Прикладна математика” спеціальності „Інформатика” та доповнює знання з природничо-математичних дисциплін для використання їх на практиці.

Вивчення дисципліни "Основи математичного моделювання та системного аналізу" базується на знаннях студентів, які одержані під час вивчення основ інформатики в середній школі та знанні інших математичних, інженерних дисциплін.

Лабораторний практикум складається з трьох розділів, кожний з яких містить орієнтовний план лекцій, запитання для самостійного опрацювання студентами, приклади розв’язання типових завдань, а також завдання до лабораторних робіт та додаткові завдання для самостійного опрацювання, які можуть бути відправлені та одразу перевірені на сайті www.e-olimp.com.ua (для зареєстрованих користувачів).

В першому розділі розглядаються основні завдання теорії систем та системного аналізу. В другому розділі приділяється увага вивченню базових математичних схем моделювання систем. Третій розділ присвячений проблемам імітаційного моделювання, в тому числі моделюванню за допомогою відомих мов процедурного програмування, а також мови імітаційного моделювання GPSS World.

Пропонований розподіл навчального часу за темами:

	Теми	Кількість годин			
		у тому числі			
		Всього	Лекції	Лабораторні роботи	Самостійна робота
Модуль 1. Основи системного аналізу					
1.	Основні поняття теорії систем та системного аналізу	6	2	0	4
2.	Системи	8	2	2	4
3.	Загальні поняття моделювання	8	2	2	4
4.	Інформаційні аспекти вивчення систем	8	2	2	4
5.	Основи прийняття рішень	8	2	2	4
6.	Основні процедури та етапи системного аналізу	6	2	0	4
Всього за модуль		44	12	8	24
Модуль 2. Основи математичного моделювання					
7.	Математичні схеми моделювання систем: Д, F, P-схеми	8	2	2	4

8.	Основи мережевого планування	7	1	2	4
9.	Мережеві моделі (N-схеми): мережі Петрі	5	1	0	4
10.	Моделі систем масового обслуговування	10	2	4	4
Всього за модуль		30	6	8	16
Модуль 3. Основи імітаційного моделювання					
11.	Імітаційне моделювання систем	8	1	4	3
12.	Методи визначення характеристик систем, що моделюються	6	1	1	4
13.	Програмування базових генераторів псевдовипадкових чисел	6	1	1	4
14.	Моделювання випадкових величин із заданим законом розподілу	6	1	2	3
15.	Мова імітаційного моделювання GPSS World	8	1	6	0
Всього за модуль		34	6	14	14
Разом		108	24	30	54

Даний розподіл годин за темами є орієнтовним і може бути змінений викладачем на власний розсуд.

Книга призначена для студентів, які навчаються за програмою бакалаврів з напрямів «Комп'ютерні науки» та «Прикладна математика»; крім того, вона може бути використана магістрантами, аспірантами та усіма тими, хто цікавиться проблемами системного аналізу, математичного, імітаційного та комп'ютерного моделювання, а також їхнім застосуванням у практичній діяльності.

Розділ I. Основи системного аналізу.

Тема № 1.

Основні поняття теорії систем та системного аналізу

План лекції:

1. Загальні завдання та напрямки розвитку теорії систем та системного аналізу.

2. Основні поняття теорії систем та системного аналізу.

Перелік додаткових запитань для самостійного опрацювання:

1. Становлення та розвиток системного аналізу.
2. Етапи розвитку системного аналізу як прикладної наукової методології.
3. Роль глобалізації світових процесів у розвитку системних досліджень.
4. Системність людської практики.
5. Системний аналіз як універсальна наукова методологія.

Тема № 2.

Системи

План лекції:

1. Проблеми та системи.

2. Основні властивості та закономірності систем.

3. Класифікація систем.

Перелік додаткових запитань для самостійного опрацювання:

1. Абстрактні системи.
2. Великі системи.
3. Складні системи. Міра складності систем.

Лабораторна робота № 1 (2 год.).

Тема: Системи.

Мета: ознайомити студентів з основними способами класифікації систем, описом вхідних, вихідних даних та можливих станів системи.

Тема № 3.

Загальні питання моделювання

План лекції:

- 1. Моделювання як метод системного аналізу.**
- 2. Основні поняття моделювання; класифікація моделей, їх властивості та способи реалізації.**
- 3. Комп'ютерне моделювання систем.**

Перелік додаткових запитань для самостійного опрацювання:

- 1. Основи теорії графів.**
- 2. Методологія IDEF0.**

Лабораторна робота № 2 (2 год.)

Тема: Моделі систем. Дерево функцій та цілей системи.

Мета: ознайомити студентів з основними способами реалізації моделей систем: модель складу, структури системи, модель "чорної скриньки" та ін.; ознайомити з побудовою дерева функцій та цілей системи.

Тема № 4.

Інформаційні аспекти вивчення систем

План лекції:

- 1. Сигнали в системах.**
- 2. Поняття інформації, види інформації.**
- 3. Методи отримання, використання інформації і системного аналізу.**
- 4. Кількість інформації в системі.**
- 5. Цінність інформації.**
- 6. Формалізація характеристик і показників інформованості ОПР.**
- 7. Інформація і управління. Інформаційні системи.**

Перелік додаткових запитань для самостійного опрацювання:

1. Термодинамічна міра.
2. Квантово-механічна міра (енергоінформаційна).
3. Макро та мікроінформація, помилковість термодинамічного трактування інформації.
4. Інформація та самоорганізація.
5. Рецепція та керування інформації.
6. Ієрархія інформаційних рівнів.
7. Класифікація і розпізнавання ситуацій за інтегральними і частковими показниками інформованості ОПР.
8. Розпізнавання ситуацій за умов нечіткої інформації.

Лабораторна робота № 3 (2 год.).

Тема: Інформація. Ентропія.

Мета: ознайомити студентів з основними способами вимірювання інформації: мірою Хартлі, мірою Шенона; ознайомити з поняттям ентропії.

Тема № 5.

Основи теорії прийняття рішень

План лекції:

1. Основні визначення теорії прийняття рішень.
2. Теорія прийняття рішень як модель дослідження операцій.
3. Задача на прийняття рішень.
4. Види класифікацій задач на прийняття рішень та їх характерні риси.
5. Формування можливих розв'язків.
6. Етапи обґрунтування прийняття рішень.

Перелік додаткових запитань для самостійного опрацювання:

1. Переваги та недоліки ідеї оптимальності.
2. Елементи теорії ігор.
3. Лінійне та цілочисельне програмування в прийнятті рішень.
4. Людино-машинні системи та вибір.
5. Вибір та відбір.

Лабораторна робота № 4 (2 год.).

Тема: *Основи теорії прийняття рішень*

Мета: *ознайомити студентів з основами теорії прийняття рішень, основними класами задач, що розв'язуються в ТІР, навчити студентів будувати математичні моделі економічних задач та розглянути графічний спосіб їх розв'язання.*

Тема № 6.

Процедури та етапи системного аналізу.

План лекції:

1. Процедури системного аналізу

1.1. Аналітичний підхід до дослідження складних систем.

1.2. Моделі систем як основа декомпозиції.

1.3. Алгоритмізація процесу декомпозиції.

1.4. Агрегування, емерджентність, внутрішня цілісність систем.

2. Етапи системного аналізу.

2.1. Формулювання цілей.

2.2. Виявлення цілей.

2.3. Формування критеріїв.

2.4. Генерування альтернатив.

2.5. Алгоритми проведення системного аналізу.

Перелік додаткових запитань для самостійного опрацювання:

1. Види агрегування.

2. Утілення в життя системного аналізу.

Розділ II. Основи математичного моделювання.

Тема № 7. Математичні схеми моделювання систем.

Д, F, P-схеми.

План лекції:

- 1. Основні підходи до побудови математичних моделей систем.**
- 2. Неперервно детерміновані моделі (Д-схеми).**
- 3. Дискретно-детерміновані моделі (F-схеми).**
- 4. Дискретно-стохастичні моделі (P-схеми).**

Додаткові запитання для самостійного опрацювання:

- 1. Аналіз мереж нечітких елементів.**
- 2. Відображення нечітких підмножин.**

Лабораторна робота № 5 (2 год.).

Тема: Побудова автоматів Мілі та Мура.

Мета: ознайомити студентів з основами теорії автоматів, основними способами опису автоматів Мілі та Мура: матричний, табличний та за допомогою графів, відмінностями між автоматами Мілі та Мура та способами переходу від одного до іншого.

Тема № 8.

Основи мережевого планування.

План лекції:

- 1. Поняття про мережевий графік.**
- 2. Критичний шлях та інші параметри мережевого графіку.**
- 3. Лінійна діаграма проекту.**
- 4. Мінімізація вартості проекту при заданій тривалості.**
- 5. Проблеми застосування систем мережевого планування.**

Перелік додаткових запитань для самостійного опрацювання:

- 1. Правила побудови мережевого графіку.**
- 2. Аналіз мережевої моделі.**
- 3. Формування тимчасових оцінок робіт.**

Лабораторна робота № 6 (2 год.).

Тема: *Мережеве планування.*

Мета: *ознайомити студентів з основними поняттями мереженого моделювання; навчити їх будувати мережений графік та лінійну діаграму проекту, визначати критичний шлях та інші параметри мереженого графіку.*

Тема № 9.

Мережеві моделі (N-схеми): мережі Петрі

План лекції:

- 1. Теоретичні основи мереж Петрі: принципи побудови, алгоритми поведінки.**
- 2. Мережі Петрі для моделювання систем: способи реалізації.**

Перелік додаткових запитань для самостійного опрацювання:

- 1. Розширення можливостей переходів під час моделювання систем за допомогою мереж Петрі.**

Завдання для самостійної контрольної роботи

Тема № 10.

Моделі систем масового обслуговування

План лекції:

- 1. Основні параметри систем масового обслуговування.**
 - a. Основні визначення СМО.**
 - b. Процес потрапляння заявок.**
 - c. Процес обслуговування.**
 - d. Дисципліна обслуговування.**
 - e. СМО з неоднорідним навантаженням.**
 - f. Мнемонічне позначення СМО.**
 - g. Класифікація СМО.**

2. Характеристики функціонування СМО.

а. Характеристики одноканальної СМО з однорідним навантаженням.

б. Характеристики одноканальної СМО з неоднорідним навантаженням.

с. Опис та характеристики СМО з відмовами.

3. Алгоритм моделювання роботи СМО.

Перелік додаткових запитань для самостійного опрацювання:

1. Типи моделей систем масового обслуговування.
2. Мережі систем масового обслуговування.

Лабораторна робота № 7 (2 год.).

Тема: Одноканальні системи масового обслуговування.

Мета: ознайомити студентів з основами систем масового обслуговування, типами моделей систем масового обслуговування, основними характеристиками систем масового обслуговування, основами дискретно-подійного моделювання СМО: навчити будувати діаграму роботи (простір станів) одноканальної системи масового обслуговування з нескінченною чергою, з N позиціями черги та з відмовами.

Лабораторна робота № 8 (2 год.).

Тема: Багатоканальні системи масового обслуговування.

Мета: ознайомити студентів з основами систем масового обслуговування, типами моделей систем масового обслуговування, основними характеристиками систем масового обслуговування, основами дискретно-подійного моделювання СМО: навчити будувати діаграму роботи (простір станів) багатоканальної системи масового обслуговування з нескінченною чергою, з N позиціями черги та з відмовами, з ДО FIFO, LIFO; з заявками різних класів пріоритетів.

Розділ III. Основи імітаційного моделювання.

Тема № 11.

Імітаційне моделювання систем.

План лекції:

- 1. Процедура імітаційного моделювання.**
- 2. Імітація функціонування системи.**
- 3. Узагальнені алгоритми імітаційного моделювання.**
 - **Алгоритм моделювання за принципом особливих станів.**
- 4. Моделювання систем з використанням типових математичних схем**
 - **Блочні ієрархічні моделі процесів функціонування систем.**
 - **Особливості реалізації процесів з використанням Q-схем.**
- 5. Моделювання систем та мови програмування**

Перелік додаткових запитань для самостійного опрацювання:

1. Побудова та реалізація моделюючих алгоритмів Q-схем.
2. Алгоритм моделювання за принципом Δt .

Лабораторна робота № 9 (4 год.).

Тема: *Імітаційне моделювання роботи систем масового обслуговування.*

Мета: *ознайомити студентів з основами систем імітаційного моделювання масового обслуговування: навчити імітувати роботу одноканальної та багатоканальної системи масового обслуговування з нескінченною чергою, з N позиціями черги та з відмовами; з ДО FIFO, LIFO, із заявками різних пріоритетів.*

Тема № 12.

Методи визначення характеристик систем, що моделюються

План лекції:

- 1. Вимірювані характеристики систем, що моделюються.**
- 2. Розрахунок математичного очікування та дисперсії вихідної характеристики.**
- 3. Розрахунок середнього по часу значення вихідної характеристики.**
- 4. Побудова гістограми для стаціонарної системи.**
- 5. Гістограма частот рівномірного розподілу.**
- 6. Статистична функція розподілу.**
- 7. Статистичні оцінки параметрів рівномірного розподілу.**

Перелік додаткових запитань для самостійного опрацювання:

- 1. Побудова гістограми для стаціонарної системи.**
- 2. Перетворення випадкових подій.**

Тема № 13.

Програмування базових генераторів псевдовипадкових чисел

План лекції:

- 1. Загальні відомості**
- 2. Методи генерування випадкових чисел**
 - 2.1. Конгруентний (лінійний) метод**
 - 2.2. Комбінації генераторів випадкових чисел**
 - 2.3. Арифметичні процедури**

Перелік додаткових запитань для самостійного опрацювання:

- 1. Алгоритми на основі нелінійних формул.**

Лабораторна робота № 10 (2 год.).

Тема: Програмування базових генераторів псевдовипадкових чисел. Визначення основних характеристик системи, що моделюється.

Мета: ознайомити студентами з базовими генераторами псевдо випадкових чисел; навчити генерувати датчики мовами процедурного програмування; навчити студентів за допомогою мов процедурного програмування визначати основні характеристики систем, що моделюються.

Тема № 14.

Моделювання випадкових величин

із заданим законом розподілу

План лекції:

- 1. Метод обернених функцій.**
- 2. Метод кусково-лінійної апроксимації.**
- 3. Моделювання випадкової величини за емпіричними даними.**
- 4. Метод відбору.**

Перелік додаткових запитань для самостійного опрацювання:

1. Критерій χ^2 Пірсона перевірки випадкових чисел.
2. Критерій Колмогорова перевірки випадкових чисел.

Лабораторна робота № 11 (2 год.).

Тема: Методи моделювання випадкових величин із заданим законом розподілу.

Мета: Навчити студентів за допомогою мов процедурного програмування моделювати випадкові величини із заданим законом розподілу.

Тема № 15.

Мова імітаційного моделювання GPSS World

План лекції:

- 1. Загальні відомості.**
- 2. Апаратно-орієнтовані блоки.**
- 3. Динамічно – орієнтовані блоки.**
- 4. Обчислювальна, статистична та групуєча категорії.**
- 5. Спеціальні типи блоків.**

Перелік додаткових запитань для самостійного опрацювання:

- 1. Імовірнісне моделювання за допомогою GPSS World.*
- 2. Моделювання СМО за допомогою GPSS World.*

Лабораторна робота № 12 (2 год.).

Тема: *Ознайомлення з роботою GPSS World.*

Мета: *навчити студентів працювати у середовищі GPSS World; ознайомити їх з основними блоками та командами мови GPSS World; розглянути приклади розв'язання певних завдань.*

Лабораторна робота № 13 (4 год.).

Тема: *Імітаційне моделювання. Мова GPSS.*

Мета: *закріпити навички роботи з основними блоками та командами мови GPSS World; навчитися самостійно розв'язувати деякі види завдань.*

Додатковий перелік завдань для самостійного розв'язання¹

(матеріали сайту www.e-olimp.com.ua)

Словник базових термінів та понять

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ТА РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

¹ Нумерація завдань відповідає нумерації сайту www.e-olimp.com.ua/