

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»  
Факультет інформатики та обчислювальної техніки**

ЗАТВЕРДЖУЮ

Декан  
факультету інформатики та  
обчислювальної техніки

(назва інституту/факультету)

О.А.Павлов

(підпис)

(ініціали, прізвище)

« 15 » травня 20 15 р.

---

**МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМ**

(назва навчальної дисципліни)

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ  
до виконання графічно-розрахункової роботи**

підготовки

бакалавра

(назва освітньо-кваліфікаційного рівня)

напряму

6.050103 Програмна інженерія

(шифр і назва)

програми  
професійного  
спрямування

Програмне забезпечення систем

(шифр і назва)

(шифр за ОПП 3.1.2)

Ухвалено методичною комісією

ФІОТ

(назва інституту/факультету)

Протокол від 14.05. 20 15 р. № 4

Голова методичної комісії

І.П. Муха

(підпис)

(ініціали, прізвище)

« 14 » травня 20 15 р.

Київ – 2015

УКЛАДАЧ МЕТОДИЧНИХ ВКАЗІВОК:

доцент, канд. техн. наук Баклан Ігор Всеволодович

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ім'я, по батькові)

\_\_\_\_\_ (підпис)

\_\_\_\_\_ (посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ім'я, по батькові)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Програму затверджено на засіданні кафедри \_\_\_\_\_

автоматизованих систем обробки інформації і управління

(повна назва кафедри)

Протокол від « 22 » квітня 2 15 року № 8  
\_\_\_\_\_ 0 \_\_\_\_\_

В.о. зав. кафедри

О.Г. Жданова

\_\_\_\_\_ (підпис)

(ініціали, прізвище)

« 23 » квітня 2 1 р.  
\_\_\_\_\_ 0 5 \_\_\_\_\_

## 1. ВВЕДЕННЯ

Дисципліна "Моделювання систем" входить до циклу дисциплін професійної та практичної підготовки в учбовому процесі за напрямом 6.050103 „Програмна інженерія”.

Моделювання систем це єдина дисципліна системотехнічного циклу, яка розглядає весь процес системного аналізу від формулювання проблеми, створення моделі, проведення експериментів до прийняття рішень за результатами моделювання. Для успішного освоєння дисципліни необхідно мати базові знання зі забезпечуючих дисциплін: “Теорія ймовірностей, імовірнісні процеси та математична статистика”, “Основи дискретної математики”, “Комп’ютерні технології статистичної обробки інформації”.

Під час вивчення дисципліни студент отримує відповідну теоретичну та практичну підготовку, яка сприяє розширенню наукового кругозору майбутнього спеціаліста, забезпечує підвищення продуктивності праці за рахунок ефективного використання сучасних технічних та технологічних засобів, дозволяє йому успішно опанувати суміжні спеціальності.

Дана дисципліна складається з одного кредитного модуля 3.1.2 «Моделювання систем». Обсяг дисципліни – 3 кредити ECTS.

Для успішного освоєння дисципліни студентам необхідно мати базові знання із таких дисциплін:

- “Математичний аналіз”
- “Лінійна алгебра та аналітична геометрія”
- “Теорія ймовірностей, імовірнісні процеси та математична статистика”,
- “Основи дискретної математики”,
- “Комп’ютерні технології статистичної обробки

інформації”

Питання для повторення з різних дисциплін:

– “Теорія ймовірностей, ймовірнісні процеси та математична статистика”. Незалежні та залежні, дискретні та безперервні випадкові величини. Функції розподілу для дискретних і безперервних випадкових величин. Види розподілів випадкових величин: рівномірний, показовий, нормальний, Пуассона, Ерланга та їх основні характеристики. Граничні теореми теорії ймовірності: закон великих чисел, центральна гранична теорема, теорема Бернуллі. Випадкові процеси, властивості стаціонарності та ергодичності. Марківські процеси та їх властивості. Системи масового обслуговування та їх різновидності. Простіший потік заявок і його властивості. Статистичне оцінювання параметрів. Статистичні оцінки та їх основні властивості: незміщеність, ефективність і спроможність. Побудова довірчих інтервалів, перевірка статистичних гіпотез.

– “Основи дискретної математики”. Множини, графи та їх різновидності. Відношення на множинах.

– «Комп'ютерні технології статистичної обробки інформації». Статистичне оцінювання параметрів і законів розподілу випадкових величин. Достовірність оцінок і критерії достовірності. Планування експериментів, дисперсійний та регресійний аналізи.

## 2. ДАНІ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ

Вхідними даними для моделювання є часовий ряд довжиною  $M$ :

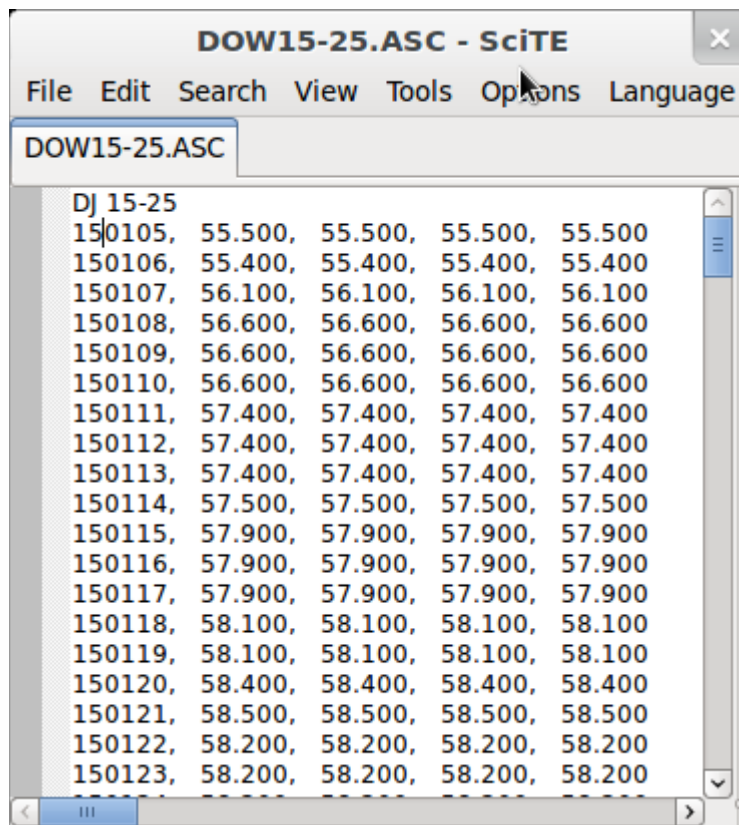
$$X = \{x_i\}_{i=1}^M = \{x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_M\},$$

який описує деякий динамічний процес.

Для розрахунково-графічної роботи пропонується для моделювання використання часових рядів економічно-фінансової природи — біржеві індекси, котирування акцій, курси валют тощо.

Конкретні дані у файлі студент бере у викладача при отриманні завдання на розрахунково-графічну роботу.

Так, наприклад, студент отримує файл щоденних змін біржового індексу Доу-Джонс с 1915 по 1925 рік.



DJ 15-25				
150105	55.500	55.500	55.500	55.500
150106	55.400	55.400	55.400	55.400
150107	56.100	56.100	56.100	56.100
150108	56.600	56.600	56.600	56.600
150109	56.600	56.600	56.600	56.600
150110	56.600	56.600	56.600	56.600
150111	57.400	57.400	57.400	57.400
150112	57.400	57.400	57.400	57.400
150113	57.400	57.400	57.400	57.400
150114	57.500	57.500	57.500	57.500
150115	57.900	57.900	57.900	57.900
150116	57.900	57.900	57.900	57.900
150117	57.900	57.900	57.900	57.900
150118	58.100	58.100	58.100	58.100
150119	58.100	58.100	58.100	58.100
150120	58.400	58.400	58.400	58.400
150121	58.500	58.500	58.500	58.500
150122	58.200	58.200	58.200	58.200
150123	58.200	58.200	58.200	58.200

Перший стовпчик це дата - “150105” - 5 січня 1915 року.

Для моделювання береться другий стовпчик — значення індексу — 55.500.

### 3. ОСНОВНІ КРОКИ ВИКОНАННЯ РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНОЇ РОБОТИ

1. Побудова на основі часового ряду  $X = \{x_i\}_{i=1}^M$  (який видається викладачем) різницевих рядів  $X^1, X^2, \dots$  :

$$x_i^1 = x_{i+1} - x_i$$

$$x_i^2 = x_{i+1}^1 - x_i^1$$

...

2. Сортуємо ряд за зростанням  $X^1 \rightarrow X^{s1}$ .
3. Знаходимо  $\max(X^{s1})$  та  $\min(X^{s1})$ .
4. Розбиваємо відрізки  $[\min(X^{s1}), 0]$  та  $[0, \max(X^{s1})]$  на  $N$  відрізків за правилами інтервалізації, відповідно до свого варіанту.  $N$  змінюється від 10 до 33 (в залежності від алфавіту, який буде обраний на етапі лінгвістизації).

Варіант	Правило інтервалізації 1	Правило інтервалізації 2
1	Рівнозначні інтервали	Розподіл Гауса
2	Рівноймовірний розподіл	Розподіл Лапласа
3	Біномальний розподіл	Розподіл Пуасона
4	Логарифмічний розподіл	Бета-розподіл
5	Рівнозначні інтервали	Розподіл Дирихле
6	Рівноймовірний розподіл	Розподіл Стюдента
7	Біномальний розподіл	Розподіл Гауса
8	Логарифмічний розподіл	Розподіл Лапласа
9	Рівнозначні інтервали	Розподіл Пуасона
10	Рівноймовірний розподіл	Бета-розподіл
11	Біномальний розподіл	Розподіл Дирихле
12	Логарифмічний розподіл	Розподіл Стюдента
13	Рівнозначні інтервали	Розподіл Стюдента

14	Рівномірний розподіл	Розподіл Дирихле
15	Біномальний розподіл	Бета-розподіл
16	Логарифмічний розподіл	Розподіл Пуассона

Розбиття на інтервали відбувається таким чином, щоб кількість елементів різницевого (1-ї або 2-ї різниці) ряду в кожний інтервал потрапляла у відповідності до певного розподілу. Тобто частота попадання елементів до інтервалу  $[a, b]$  дорівнювала теоретичній ймовірності

$$P\{x \in [a, b]\} = F(b) - F(a) ,$$

де  $F$  — функція відповідного розподілу.

В результаті отримуємо дві множини інтервалів:

1)  $I_{0,1}=[a_0, a_1], I_{1,2}=[a_1, a_2], \dots, I_{N-2, N-1}=[a_{N-2}, a_{N-1}], I_{N-1, N}=[a_{N-1}, a_N]$ , де  $a_0 = \min(X^{s1}), a_N = 0$ ;

2)  $J_{0,1}=[b_0, b_1], J_{1,2}=[b_1, b_2], \dots, J_{N-2, N-1}=[b_{N-2}, b_{N-1}], J_{N-1, N}=[b_{N-1}, b_N]$ , де  $b_0 = 0, b_N = \max(X^{s1})$

Обираємо алфавіт потужності  $2N$  відповідно до обраного  $N$ . Якщо, наприклад  $N=26$ , то можна за основу взяти алфавіт  $A = \{a, b, \dots, z, A, B, C, \dots, Z\}$ ,

$$\dim(A) = 26 \times 2 = 52, A = \{\alpha_i\}_{i=1}^{2N} .$$

Відсортуємо символи алфавіту у наступному порядку:  $\alpha_1 = z, \alpha_2 = y, \dots, \alpha_{N-1} = b, \alpha_N = z, \alpha_{N+1} = A, \alpha_{N+2} = B, \dots, \alpha_{2N-1} = Y, \alpha_{2N} = Z$  .

5. Побудувати відображення  $L: X^1 \rightarrow Y$  за такими правилами:

$$L(x_i) = \begin{cases} \alpha_j & \text{якщо } x_i \in I_{j-1, j} \\ \alpha_{N+j} & \text{якщо } x_i \in J_{j-1, j} \end{cases}$$

Застосувати відображення  $L$  до елементів ряду  $X^1$ . В результаті отримуємо ряд:

$L(x^1_1), \dots, L(x^1_M)$ .

6. Будуємо матрицю передування для прихованої марковської моделі.

Множина станів - це обраний нами алфавіт.

	z	...	a	A	...	Z
z						
...						
a						
A						
...						
Z						

Рис.1. Матриця передування

Для кожної пари станів, наприклад  $\langle d, S \rangle$  підраховуємо  $v_{d,S}$  скільки разів вона зустрічається в лінгвістичному ланцюжку  $L(x^1_1), \dots, L(x^1_M)$ .

Поділивши  $v_{d,S}$  на загальну кількість входжень літери “d”  $w_d$  отримуємо частоту переходів зі стану “d” в стан “S”:

$$v(d \rightarrow S) = \frac{v_{d,S}}{w_d} .$$

7. Знайти в лінгвістичному ланцюгу повтори переходу від двох, трьох та більше станів.
8. Побудувати розширену матрицю, додавши до станів варіанти двох, трьох та більше станів, що зустрічаються в нашому лінгвістичному ланцюгу.
9. Побудувати візуальне відображення матриці, замінивши частоти пофарбуванням клітинки таблиці матриці у кольори від білого до чорного в залежності від значення частоти.

	1	2	
	1	3	
	4	5	6
	6	7	8



Рис.2. Кольорове відображення елементів матриці передування

10. Побудувати по розширеній матриці передування правила ймовірнісної граматики:

	...	Z	...
...	...	...	...
SaX	...	0,5	...
...	...	...	...
...	...	...	...

Рис.3. Розширена матриця передування

Тобто для кожної ненульової клітинки (див. приклад на рис.3) будується правило наступного вигляду:

$$SaX \xrightarrow{0.5} Z$$

Алфавіт та правила передування утворюють лінгвістичну модель ряду  $X^1$ .

11. Ту саму процедуру побудови лінгвістичної моделі повторюємо для інших різниць ряду  $X - X^2, X^3, X^4, X^5, X^6$ .
12. Будуємо лінгвістичну модель за п.1-11 для алфавіту потужності — 10, 15, 20, 26.
13. Зробити аналіз відмінностей результатів лінгвістичного моделювання одного й того ж самого чисельного ряду, які виникають при двох різних правилах інтервалізації (при незмінному алфавіті та його потужності).

Програмна реалізація повинна давати можливість зміни вхідного числового ряду, зміни алфавіту та його потужності, а також результатів лінгвістичного моделювання на друк (екран, файл) лінгвістичного ланцюга, розширеної матриці передування та правил передування.

Програмна реалізація здійснюється в системі MathCAD та на мові програмування, обраній студентом особисто.

#### 4. ЗМІСТ ЗВІТУ

Звіт повинен мати наступні розділи:

1. Завдання на графічно розрахункову роботу.
2. Опис вхідних даних, природи їх, стислий опис предметної області, особливості їх отримання.
3. Теоретичні відомості про розподіл ймовірностей з відповідного варіанту завдання на РГР, а також алгоритми, функції та особливості реалізації цих розподілів ймовірностей. Повинні бути приведені попередні розрахунки для формування розподілів ймовірностей.
4. Хід виконання розрахункової роботи з виведенням відповідних проміжних та кінцевих результатів у вигляді таблиць, графіки тощо.
5. Аналіз результатів моделювання.

Додаток 1. Програма на MathCAD.

- 1) Лістінг
- 2) Скріншоти виконання

Додаток 2. Програма на обраній студентом мові програмування

- 1) Лістінг
- 2) Скріншоти виконання

Звіт роздруковується, а електронна його версія та відповідні програми надсилаються за 3 дні до захисту РГР на e-mail викладача.

Під час захисту РГР студент демонструє розроблені ним програмні засоби та робить відповідні пояснення.

## 5. ЛІТЕРАТУРА

1. Дьяконов В.П. Энциклопедия MathCAD 2001i и MathCAD 11. - СОЛОН-Пресс, 2004. - 832 с.
2. Архів програм до книги [1] - <http://www.ex.ua/588807798707>
3. Баклан І.В. Лінгвістичне моделювання: основи, методи, деякі прикладні аспекти — У збірці <http://st.nmetau.edu.ua/uk/journal/26>
4. Баклан І.В. Класифікація моделей марковського типу [Текст] Наукова монографія/ Баклан І.В., Степанкова Г. А. – К.: НАУ, 2012. - 84 с.
5. Баклан І.В. ПОБУДОВА ГІБРИДНИХ МОДЕЛЕЙ НА ОСНОВІ ПРИХОВАНИХ МАРКІВСЬКИХ МОДЕЛЕЙ ТА НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ / Степанкова Г.А., Баклан І.В. // ААЭКС, №1(21), 2008, Моделирование объектов и систем управления - <http://aaecs.org/stepankova-ga-baklan-v-pobudova-gbridnih-modelei-na-osnov-prihovanih-markvskih-modelei-ta-neironnih-merej.html>