

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**ІМЕНІ СЕМЕНА КУЗНЕЦЯ**

**Методичні рекомендації**  
**до виконання лабораторних робіт**  
**з навчальної дисципліни**  
**"МЕТОДИ ОЦІНКИ**  
**ЕКОНОМІЧНОЇ БЕЗПЕКИ"**  
для студентів напряму підготовки  
6.030502 "Економічна кібернетика"  
денної форми навчання

Харків  
ХНЕУ ім. С. Кузнеця  
2016

Затверджено на засіданні кафедри економічної кібернетики.  
Протокол № 7 від 14.01.2016 р.

*Самостійне електронне текстове мережеве видання*

**Укладач** Н. Л. Чернова

**Методичні** рекомендації до виконання лабораторних робіт М 54 з навчальної дисципліни "Методи оцінки економічної безпеки" для студентів напряму підготовки 6.030502 "Економічна кібернетика" денної форми навчання : [Електронне видання] / уклад. Н. Л. Чернова. – Харків : ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 2016. – 31 с.

Подано ряд завдань та методичні рекомендації до їх розв'язання.  
Наведено список рекомендованої літератури.

Рекомендовано для студентів економічних напрямів підготовки.

## Вступ

Проблема економічної безпеки систем різного призначення і рівня ієрархії є однією з життєво важливих як в аспекті існування і розвитку систем, так і в аспекті наукових досліджень нових міждисциплінарних напрямів. Усі сфери життєдіяльності людини тією чи іншою мірою містять свого роду індикатори, які сигналізують про можливі небезпеки, які необхідно враховувати під час визначення висунутих суспільством, корпораціями і особистістю цілей і під час їх здійснення. Значення поняття "безпека" посилюється через зростання багатоваріантності та альтернативності способів здійснення цілей. Не можна віддавати перевагу тим чи іншим варіантам прогнозування розвитку економіки, здійснення інвестицій, формування бюджету країни без оцінювання їх соціально-економічних наслідків у вигляді критеріїв та індикаторів безпеки.

У зв'язку з багатоваріантністю трактування самого поняття безпеки, складністю та невизначеністю системи внутрішніх та зовнішніх факторів, що впливають на її рівень, відповідний процес підтримки прийняття рішень повинен ґрунтуватися на результатах як якісного, так і кількісного аналізу. Тому актуальним є застосування методів моделювання для пізнання властивостей та загроз економічної безпеки систем.

Далі наведено два завдання, що стосуються деяких аспектів використання апарату теорії випадкових процесів у моделюванні економічної безпеки. Завдання сформовано в рамках змістового модуля "Моделювання безпеки систем різного призначення та рівня ієрархії". Перше завдання присвячено формуванню прихованої марківської моделі економічної системи. У рамках другого завдання здійснюється оцінювання прийнятності існуючої моделі для опису випадкового процесу зміни станів економічної безпеки.

### **Завдання 1. Формування прихованої марківської моделі**

В табл. 1 – 28 подано інформацію щодо значень показників економічної безпеки регіону, інтервалів значень показника та класу кожного стану. Необхідно сформувати приховану марківську модель, що визначає процес функціонування регіону.

## Задача 1

Таблиця 1

### Темп зростання середньої номінальної заробітної платні

Порядковий номер стану	Значення показника	Тип стану
1	1,32	благополучний
2	1,31	благополучний
3	1,26	благополучний
4	1,26	благополучний
5	1,28	передкризовий
6	1,31	передкризовий
7	1,33	передкризовий
8	1,27	передкризовий
9	1,27	передкризовий
10	1,18	кризовий
11	1,19	кризовий
12	1,21	кризовий
13	1,40	передкризовий
14	1,44	передкризовий
15	1,35	передкризовий
16	1,34	передкризовий
17	1,07	кризовий
18	1,04	кризовий
19	1,09	кризовий
20	1,08	кризовий
21	1,06	кризовий
22	1,15	передкризовий
23	1,15	передкризовий
24	1,17	передкризовий
25	1,17	благополучний
26	1,17	благополучний
27	1,32	благополучний

Таблиця 2

### Інтервали значень

Інтервали		
1	2	3
$\leq 1,12$	$(1,12-1,27]$	$>1,27$

## Задача 2

Таблиця 3

### Темп зростання грошової маси

Порядковий номер стану	Значення показника	Тип стану
1	1,45	благополучний
2	1,46	благополучний
3	1,51	благополучний
4	1,45	благополучний
5	1,42	благополучний
6	1,32	благополучний
7	1,36	передкризовий
8	1,31	передкризовий
9	1,39	передкризовий
10	1,44	передкризовий
11	1,54	передкризовий
12	0,60	кризовий
13	0,58	кризовий
14	0,54	кризовий
15	0,53	кризовий
16	0,52	кризовий
17	1,27	передкризовий
18	1,21	передкризовий
19	1,28	передкризовий
20	1,28	передкризовий
21	1,45	передкризовий
22	1,41	передкризовий
23	1,46	передкризовий
24	1,20	благополучний
25	1,18	передкризовий
26	1,23	передкризовий
27	2,23	передкризовий

Таблиця 4

### Інтервали значень

Інтервали		
1	2	3
<1	[1-1,3)	>=1,3

### Задача 3

Таблиця 5

#### Темп зростання обсягів промислової продукції

Порядковий номер стану	Значення показника	Тип стану
1	1,03	передкризовий
2	1,03	передкризовий
3	1,03	передкризовий
4	1,03	передкризовий
5	0,77	кризовий
6	1,03	кризовий
7	1,21	кризовий
8	1,31	передкризовий
9	1,41	передкризовий
10	1,49	передкризовий
11	1,54	передкризовий
12	0,85	кризовий
13	0,85	кризовий
14	0,84	кризовий
15	0,81	кризовий
16	0,78	передкризовий
17	1,29	передкризовий
18	1,29	передкризовий
19	1,30	передкризовий
20	1,30	передкризовий
21	1,28	благополучний
22	1,26	благополучний
23	1,29	благополучний
24	1,32	благополучний
25	1,36	благополучний
26	1,31	благополучний
27	1,41	благополучний

Таблиця 6

#### Інтервали значень

Інтервали		
1	2	3
$\leq 1$	$(1-1,3]$	$>1,3$

## Задача 4

Таблиця 7

### Темп зростання обсягів роздрібного товарообігу

Порядковий номер стану	Значення показника	Тип стану
1	1,08	кризовий
2	1,07	кризовий
3	1,03	кризовий
4	1,00	кризовий
5	0,99	кризовий
6	1,10	кризовий
7	1,10	передкризовий
8	1,09	передкризовий
9	1,12	передкризовий
10	1,17	передкризовий
11	2,43	благополучний
12	2,39	благополучний
13	2,35	благополучний
14	2,35	благополучний
15	2,54	благополучний
16	2,54	передкризовий
17	1,40	передкризовий
18	1,41	передкризовий
19	1,40	передкризовий
20	1,50	передкризовий
21	1,53	передкризовий
22	1,52	благополучний
23	1,53	благополучний
24	1,53	благополучний
25	1,67	благополучний
26	1,89	благополучний
27	2,48	благополучний

Таблиця 8

### Інтервали значень

Інтервали		
1	2	3
$\leq 1,9$	$(1,9; 2,4]$	$> 2,4$

## Задача 5

Таблиця 9

### Темп зростання обсягів будівництва

Порядковий номер стану	Значення показника	Тип стану
1	1,28	передкризовий
2	1,35	благополучний
3	1,47	благополучний
4	1,42	благополучний
5	1,42	благополучний
6	1,43	благополучний
7	1,24	передкризовий
8	1,16	передкризовий
9	1,10	передкризовий
10	1,12	кризовий
11	1,09	кризовий
12	0,90	кризовий
13	0,98	кризовий
14	1,02	кризовий
15	1,04	кризовий
16	1,07	кризовий
17	0,97	кризовий
18	1,00	кризовий
19	1,02	кризовий
20	1,04	кризовий
21	1,63	благополучний
22	1,47	благополучний
23	1,42	благополучний
24	1,39	передкризовий
25	1,36	передкризовий
26	1,37	передкризовий
27	1,37	передкризовий

Таблиця 10

### Інтервали значень

Інтервали		
1	2	3
$\leq 1$	(1-1,4]	$> 1,4$



## Задача 6

Таблиця 11

### Темп зростання експорту

Порядковий номер стану	Значення показника	Тип стану
1	1,24	передкризовий
2	1,40	благополучний
3	1,49	благополучний
4	1,51	благополучний
5	1,44	благополучний
6	1,42	благополучний
7	1,29	благополучний
8	1,17	передкризовий
9	1,12	передкризовий
10	1,10	передкризовий
11	1,11	передкризовий
12	1,06	кризовий
13	1,06	кризовий
14	1,06	кризовий
15	0,94	кризовий
16	0,95	передкризовий
17	1,00	кризовий
18	1,11	кризовий
19	1,13	передкризовий
20	1,37	передкризовий
21	1,36	благополучний
22	1,35	благополучний
23	1,34	благополучний
24	1,29	благополучний
25	1,32	передкризовий
26	1,30	передкризовий
27	1,26	передкризовий

Таблиця 12

### Інтервали значень

Інтервали		
1	2	3
<1	[1-1,3)	>=1,3

## Задача 7

Таблиця 13

### Темп зростання міграції

Порядковий номер стану	Значення показника	Тип стану
1	0,39	передкризовий
2	0,39	передкризовий
3	0,38	благополучний
4	0,35	благополучний
5	0,34	благополучний
6	0,31	благополучний
7	-0,64	передкризовий
8	-1,68	передкризовий
9	-1,46	передкризовий
10	-1,62	передкризовий
11	-1,62	передкризовий
12	2,19	кризовий
13	1,90	кризовий
14	1,88	кризовий
15	1,73	передкризовий
16	1,67	передкризовий
17	1,75	благополучний
18	1,95	кризовий
19	1,29	передкризовий
20	0,97	передкризовий
21	0,78	передкризовий
22	0,87	передкризовий
23	0,99	передкризовий
24	1,04	передкризовий
25	1,90	благополучний
26	1,88	благополучний
27	1,73	благополучний

Таблиця 14

### Інтервали значень

Інтервали		
1	2	3
<0	0-1	>=1

## Задача 8

Таблиця 15

### Темп зростання середньої номінальної заробітної платні

Порядковий номер стану	Значення показника	Тип стану
1	1,29	благополучний
2	1,28	благополучний
3	1,23	благополучний
4	1,23	благополучний
5	1,25	передкризовий
6	1,28	передкризовий
7	1,30	передкризовий
8	1,24	передкризовий
9	1,24	передкризовий
10	1,15	кризовий
11	1,16	кризовий
12	1,18	кризовий
13	1,37	передкризовий
14	1,41	передкризовий
15	1,32	передкризовий
16	1,31	передкризовий
17	1,04	кризовий
18	1,01	кризовий
19	1,06	кризовий
20	1,05	кризовий
21	1,03	кризовий
22	1,12	передкризовий
23	1,12	передкризовий
24	1,14	передкризовий
25	1,14	благополучний
26	1,14	благополучний
27	1,29	благополучний

Таблиця 16

### Інтервали значень

Інтервали		
1	2	3
$\leq 1,12$	$(1,12-1,27]$	$>1,27$

## Задача 9

Таблиця 17

### Темп зростання грошової маси

Порядковий номер стану	Значення показника	Тип стану
1	1,43	благополучний
2	1,44	благополучний
3	1,49	благополучний
4	1,43	благополучний
5	1,40	благополучний
6	1,30	благополучний
7	1,34	передкризовий
8	1,29	передкризовий
9	1,37	передкризовий
10	1,42	передкризовий
11	1,52	передкризовий
12	0,58	кризовий
13	0,56	кризовий
14	0,52	кризовий
15	0,51	кризовий
16	0,50	кризовий
17	1,25	передкризовий
18	1,19	передкризовий
19	1,26	передкризовий
20	1,26	передкризовий
21	1,43	передкризовий
22	1,39	передкризовий
23	1,44	передкризовий
24	1,18	благополучний
25	1,16	передкризовий
26	1,21	передкризовий
27	2,21	передкризовий

Таблиця 18

### Інтервали значень

Інтервали		
1	2	3
<1	[1-1,3)	>=1,3

## Задача 10

Таблиця 19

### Темп зростання обсягів промислової продукції

Порядковий номер стану	Значення показника	Тип стану
1	1,01	передкризовий
2	1,01	передкризовий
3	1,01	передкризовий
4	1,01	передкризовий
5	0,75	кризовий
6	1,01	кризовий
7	1,19	кризовий
8	1,29	передкризовий
9	1,39	передкризовий
10	1,47	передкризовий
11	1,52	передкризовий
12	0,83	кризовий
13	0,83	кризовий
14	0,82	кризовий
15	0,79	кризовий
16	0,76	передкризовий
17	1,27	передкризовий
18	1,27	передкризовий
19	1,28	передкризовий
20	1,28	передкризовий
21	1,26	благополучний
22	1,24	благополучний
23	1,27	благополучний
24	1,30	благополучний
25	1,34	благополучний
26	1,29	благополучний
27	1,39	благополучний

Таблиця 20

### Інтервали значень

Інтервали		
1	2	3
$\leq 1$	$(1-1,3]$	$>1,3$

## Задача 11

Таблиця 21

### Темп зростання обсягів роздрібногo товарообігу

Порядковий номер стану	Значення показника	Тип стану
1	1,13	кризовий
2	1,12	кризовий
3	1,08	кризовий
4	1,05	кризовий
5	1,04	кризовий
6	1,15	кризовий
7	1,15	передкризовий
8	1,14	передкризовий
9	1,17	передкризовий
10	1,22	передкризовий
11	2,48	благополучний
12	2,44	благополучний
13	2,40	благополучний
14	2,40	благополучний
15	2,59	благополучний
16	2,59	передкризовий
17	1,45	передкризовий
18	1,46	передкризовий
19	1,45	передкризовий
20	1,55	передкризовий
21	1,58	передкризовий
22	1,57	благополучний
23	1,58	благополучний
24	1,58	благополучний
25	1,72	благополучний
26	1,94	благополучний
27	2,53	благополучний

Таблиця 22

### Інтервали значень

Інтервали		
1	2	3
$\leq 1,95$	$(1,95; 2,45]$	$> 2,45$

## Задача 12

Таблиця 23

### Темп зростання обсягів будівництва

Порядковий номер стану	Значення показника	Тип стану
1	1,18	передкризовий
2	1,25	благополучний
3	1,37	благополучний
4	1,32	благополучний
5	1,32	благополучний
6	1,33	благополучний
7	1,14	передкризовий
8	1,06	передкризовий
9	1,00	передкризовий
10	1,02	кризовий
11	0,99	кризовий
12	0,80	кризовий
13	0,88	кризовий
14	0,92	кризовий
15	0,94	кризовий
16	0,97	кризовий
17	0,87	кризовий
18	0,90	кризовий
19	0,92	кризовий
20	0,94	кризовий
21	1,53	благополучний
22	1,37	благополучний
23	1,32	благополучний
24	1,29	передкризовий
25	1,26	передкризовий
26	1,27	передкризовий
27	1,27	передкризовий

Таблиця 24

### Інтервали значень

Інтервали		
1	2	3
$\leq 0,9$	$(0,9-1,3]$	$>1,3$

### Задача 13

Таблиця 25

#### Темп зростання експорту

Порядковий номер стану	Значення показника	Тип стану
1	1,25	передкризовий
2	1,41	благополучний
3	1,50	благополучний
4	1,52	благополучний
5	1,45	благополучний
6	1,43	благополучний
7	1,30	благополучний
8	1,18	передкризовий
9	1,13	передкризовий
10	1,11	передкризовий
11	1,12	передкризовий
12	1,07	кризовий
13	1,07	кризовий
14	1,07	кризовий
15	0,95	кризовий
16	0,96	передкризовий
17	1,01	кризовий
18	1,12	кризовий
19	1,14	передкризовий
20	1,38	передкризовий
21	1,37	благополучний
22	1,36	благополучний
23	1,35	благополучний
24	1,30	благополучний
25	1,33	передкризовий
26	1,31	передкризовий
27	1,27	передкризовий

Таблиця 26

#### Інтервали значень

Інтервали		
1	2	3
<1	[1-1,3)	>=1,3



## Задача 14

Таблиця 27

### Темп зростання міграції

Порядковий номер стану	Значення показника	Тип стану
1	0,36	передкризовий
2	0,36	передкризовий
3	0,35	благополучний
4	0,32	благополучний
5	0,31	благополучний
6	0,28	благополучний
7	-0,67	передкризовий
8	-1,71	передкризовий
9	-1,49	передкризовий
10	-1,65	передкризовий
11	-1,65	передкризовий
12	2,16	кризовий
13	1,87	кризовий
14	1,85	кризовий
15	1,70	передкризовий
16	1,64	передкризовий
17	1,72	благополучний
18	1,92	кризовий
19	1,26	передкризовий
20	0,94	передкризовий
21	0,75	передкризовий
22	0,84	передкризовий
23	0,96	передкризовий
24	1,01	передкризовий
25	1,87	благополучний
26	1,85	благополучний
27	1,70	благополучний

Таблиця 28

### Інтервали значень

Інтервали		
1	2	3
<0	0-1	>=1

## Методичні рекомендації

### Формування матриці перехідних ймовірностей станів

На вхід надходить інформація щодо приналежності кожного аналізованого стану  $X_t = (x_{t1}, x_{t2}, \dots, x_{tp})$  деякому класу з множини  $S = \{S_1, S_2, \dots, S_l\}$ . Необхідно сформувати матрицю:

$$P = \begin{pmatrix} p_{11} & p_{12} & \dots & p_{1l} \\ p_{21} & p_{22} & \dots & p_{2l} \\ \vdots & & & \\ p_{l1} & p_{l2} & \dots & p_{ll} \end{pmatrix},$$

де  $p_{ij}$  – ймовірність переходу за один крок з  $i$ -го класу в  $j$ -й,  $i, j = [1, l]$ .

Вихідний масив даних має вигляд, поданий в табл. 29.

Таблиця 29

#### Вихідний масив даних

Стани	Класи	Переходи
$X_1$	$k_1 = S_i, i = [1, l]$	-
$X_2$	$k_2 = S_i, i = [1, l]$	$h_2(k_1, k_2) = 1$
...	...	$h_3(k_2, k_3) = 1$
...	...	...
$X_T$	$k_T = S_i, i = [1, l]$	$h_T(k_{T-1}, k_T) = 1$

Матриця частот переходів із класу у клас має вигляд:

$$G = \begin{pmatrix} g_{11} & g_{12} & \dots & g_{1l} \\ g_{21} & g_{22} & \dots & g_{2l} \\ \vdots & & & \\ g_{l1} & g_{l2} & \dots & g_{ll} \end{pmatrix},$$

де  $g_{ij}$  – частота переходу за один крок з  $i$ -го класу до  $j$ -го,  $i, j = [1, l]$ , що розраховується за формулою:

$$g_{ij} = \sum_r h_r(S_i, S_j).$$

Ймовірність переходу за один крок з  $i$ -го класу до  $j$ -го,  $i, j = [1, l]$  знайдемо так:

$$p_{ij} = \frac{g_{ij}}{\sum_{j=1}^l g_{ij}}$$

**Формування матриці ймовірностей спостереження значення показника рівня економічної безпеки з певного діапазону у кожному стані**

Формується розподіл ймовірностей появи значення фактора з певного інтервалу у кожному класі:

$$B = \begin{pmatrix} b_i(1) & b_i(2) & \dots & b_i(M) \\ b_2(1) & b_2(2) & \dots & b_2(M) \\ \vdots & & & \\ b_l(1) & b_l(2) & \dots & b_l(M) \end{pmatrix},$$

де  $b_i(j)$  – ймовірностей появи значення фактора з  $j$ -го інтервалу за умови, що система знаходилася в  $i$ -му класі.

Вихідна сукупність значень фактора  $\hat{X}^c = (X^{c_1}, X^{c_2}, \dots, X^{c_T})$  розбивається на  $M$  інтервалів  $V = \{V_1, V_2, \dots, V_M\}$ .

Для кожного  $i$ -го класу вихідні дані групуються так, як показано у табл.30:

Таблиця 30

**Вихідний масив даних**

№ п/п	Значення фактора, що відповідають $i$ -му класу	Інтервал значень
1	$X_1^{ci}$	$d_i(V_j) = 1, j = [1, M]$
2	$X_2^{ci}$	$d_2(V_j) = 1, j = [1, M]$
...	...	...
s	$X_s^{ci}$	$d_s(V_j) = 1, j = [1, M]$

Ймовірність появи значення фактора з  $j$ -го інтервалу за умови, що система знаходилася в  $i$ -му класі, знайдемо так:

$$b(j) = \frac{\sum_k d_k(V_j)}{s}$$

Таким чином, у загальному вигляді модель можна подати так:

$$\lambda = (P, B, w),$$

де P – розподіл ймовірностей переходів з класу в клас;

B – розподіл ймовірностей появи певного значення фактора для певного класу;

w – початковий розподіл ймовірностей класів.

*Приклад.* Деяка умовна економічна система може перебувати у двох ймовірних станах: "підйом" або "рецесія". Відома інформація щодо типу стану системи та відповідного значення показника її економічної безпеки за 21 період, яку наведено в табл. 31.

Таблиця 31

### Вихідні дані

№ п/п	Стан	Значення
1	Р	-
2	П	0,29
3	П	0,41
4	Р	0,63
5	П	0,72
6	Р	0,29
7	Р	0,51
8	Р	0,55
9	Р	0,65
10	Р	0,69
11	П	0,43
12	П	0,28
13	Р	0,2
14	П	0,62
15	П	0,65
16	Р	0,4
17	Р	0,61
18	П	0,64
19	П	0,73
20	П	0,74
21	П	0,8

Необхідно побудувати приховану марківську модель системи.

## Рішення

На рис. 1 наведено зразок подання вихідних даних задачі на аркуші *MS Excel*. Для вирішення сформульованого завдання необхідно сформулювати додатковий стовпець, який названо "перехід".

Спочатку знайдемо матрицю ймовірностей переходів у вигляді:

$$P = \begin{pmatrix} p_{11} & p_{12} \\ p_{21} & p_{22} \end{pmatrix}.$$

Для цього у діапазоні комірок G3:H4 знайдемо матрицю частот.

	A	B	C	D
1		стан	перехід	значення
2	1	Р		
3	2	П	РП	0,29
4	3	П	ПП	0,41
5	4	Р	ПР	0,63
6	5	П	РП	0,72
7	6	Р	ПР	0,29
8	7	Р	РР	0,51
9	8	Р	РР	0,55
10	9	Р	РР	0,65
11	10	Р	РР	0,69
12	11	П	РП	0,43
13	12	П	ПП	0,28
14	13	Р	ПР	0,2
15	14	П	РП	0,62
16	15	П	ПП	0,65
17	16	Р	ПР	0,4
18	17	Р	РР	0,61
19	18	П	РП	0,64
20	19	П	ПП	0,73
21	20	П	ПП	0,74
22	21	П	ПП	0,8
23				

Рис. 1. Вихідні дані

На рис. 2 наведено формули, які необхідно розмістити у відповідних комірках.

K11			fx
	F	G	H
1		МАТРИЦЯ ЧАСТОТ	
2		Р	П
3	Р	=СЧЁТЕСЛИ(С3:С22;"РР")	=СЧЁТЕСЛИ(С3:С22;"РП")
4	П	=СЧЁТЕСЛИ(С3:С22;"ПР")	=СЧЁТЕСЛИ(С3:С22;"ПП")
5			

Рис. 2. Формування матриці частот

На рис. 3 подано отримані результати.

W15			
	F	G	H
1		МАТРИЦЯ ЧАСТОТ	
2		Р	П
3	Р	5	5
4	П	4	6
5			

Рис. 3. Результат розрахунку матриці частот

Для того, щоб отримати перехідні ймовірності, у діапазон K3:L4 необхідно внести формули згідно з рис. 4.

K11					fx
	I	J	K	L	
1			МАТРИЦЯ ЙМОВІРНОСТЕЙ		
2			Р	П	
3		Р	=G3/СУММ(\$G\$3:\$H\$3)	=H3/СУММ(\$G\$3:\$H\$3)	
4		П	=G4/СУММ(\$G\$4:\$H\$4)	=H4/СУММ(\$G\$4:\$H\$4)	
5					
6					

Рис. 4. Формування матриці ймовірностей

На рис. 5 подано результати розрахунків.

	J	K	L
1		МАТРИЦЯ ЙМОВІРНОСТЕЙ	
2		Р	П
3	Р	0,5	0,5
4	П	0,4	0,6
5			

Рис. 5. Результат розрахунку матриці ймовірностей

Для пошуку елементів матриці В необхідно сформувати дві додаткові таблиці, що містять інформацію окремо за станом підйому та станом рецесії та про відповідні значення показника економічної безпеки (рис. 6).

	B	C	D
26			
27	ЗНАЧЕННЯ стану "Р"		
28	стан	перехід	значення
29	Р	ПР	0,63
30	Р	ПР	0,29
31	Р	РР	0,51
32	Р	РР	0,55
33	Р	РР	0,65
34	Р	РР	0,69
35	Р	ПР	0,2
36	Р	ПР	0,4
37	Р	РР	0,61
38			
39	ЗНАЧЕННЯ стану "П"		
40	стан	перехід	значення
41	П	РП	0,29
42	П	ПП	0,41
43	П	РП	0,72
44	П	РП	0,43
45	П	ПП	0,28
46	П	РП	0,62
47	П	ПП	0,65
48	П	РП	0,64
49	П	ПП	0,73
50	П	ПП	0,74
51	П	ПП	0,8
52			

Рис. 6. Додаткові таблиці даних

На рис. 7 подано результати розрахунків елементів матриці В.

	Н	І	Ј	К	Л	М	Н	О	Р	Q
22		МАТРИЦЯ ЧАСТОТ для В						МАТРИЦЯ В		
23		[0;0,3]	[0,3;0,6]	[0,6;1]				[0;0,3]	[0,3;0,6]	[0,6;1]
24	Р	2	3	4	9		Р	0,22	0,33	0,44
25	П	2	2	7	11		П	0,18	0,18	0,64
26										

Рис. 7. Результат розрахунку матриці В

Для отримання зазначених результатів, по-перше, необхідно отримати матрицю частот у діапазоні комірок І24:К25. На рис. 8 – 10 подано відповідні формули.

	Н	І
22		
23		[0;0,3]
24	Р	=СЧЁТЕСЛИ(D29:D37;"<0,3")
25	П	=СЧЁТЕСЛИ(D41:D51;"<0,3")
26		

Рис. 8. Формули для розрахунку першого стовпця матриці частот

	Ј
22	МАТРИЦЯ ЧАСТОТ для В
23	[0,3;0,6]
24	=СЧЁТЕСЛИ(D29:D37;"<0,6")-СЧЁТЕСЛИ(D29:D37;"<0,3")
25	=СЧЁТЕСЛИ(D41:D51;"<0,6")-СЧЁТЕСЛИ(D41:D51;"<0,3")
26	
27	

Рис. 9. Формули для розрахунку другого стовпця матриці частот

	К	Л
22		
23	[0,6;1]	
24	=СЧЁТЕСЛИ(D29:D37;"<=1")-СЧЁТЕСЛИ(D29:D37;"<0,6")	=СУММ(I24:K24)
25	=СЧЁТЕСЛИ(D41:D51;"<=1")-СЧЁТЕСЛИ(D41:D51;"<0,6")	=СУММ(I25:K25)
26		

Рис. 10. Формули для розрахунку третього стовпця матриці частот



У діапазоні O24:Q25 сформуємо матрицю В згідно з формулами, що подані на рис. 11.

S23		fx		
	N	O	P	Q
22			МАТРИЦЯ В	
23		[0;0,3)	[0,3;0,6)	[0,6;1]
24	P	=I24/\$L\$24	=J24/\$L\$24	=K24/\$L\$24
25	П	=I25/\$L\$25	=J25/\$L\$25	=K25/\$L\$25
26				

Рис. 11. Формули для розрахунку матриці В

Таким чином, модель має вигляд:

$$P = \begin{Bmatrix} 0,5 & 0,5 \\ 0,4 & 0,6 \end{Bmatrix}, \quad B = \begin{Bmatrix} 0,22 & 0,33 & 0,44 \\ 0,18 & 0,18 & 0,64 \end{Bmatrix}, \quad w = (1;0).$$

## Завдання 2. Пошук ймовірності послідовності станів системи

Деяка умовна економічна система може перебувати у двох ймовірних станах: "підйом" або "рецесія". Показник рівня економічної безпеки може приймати значення з трьох можливих діапазонів ("високий", "середній", "низький"). Відомо, що випадковий процес зміни станів може бути описаний за допомогою марківської прихованої моделі. Визначити ймовірність того, що наведена послідовність станів системи згенеровано наведеною моделлю.

### Задача 1

$$P = \begin{pmatrix} 0,5 & 0,5 \\ 0,1 & 0,9 \end{pmatrix}, \quad B = \begin{pmatrix} 0,1 & 0,2 & 0,7 \\ 0,4 & 0,3 & 0,3 \end{pmatrix}, \quad w = (0,1;0,9),$$

O = (Високий, Середній, Середній)

### Задача 2

$$P = \begin{pmatrix} 0,2 & 0,8 \\ 0,1 & 0,9 \end{pmatrix}, B = \begin{pmatrix} 0,2 & 0,2 & 0,6 \\ 0,3 & 0,3 & 0,4 \end{pmatrix}, w = (0,5; 0,5),$$

O = (Середній, Середній, Низький)

### Задача 3

$$P = \begin{pmatrix} 0,5 & 0,5 \\ 0,7 & 0,3 \end{pmatrix}, B = \begin{pmatrix} 0,3 & 0,2 & 0,5 \\ 0,2 & 0,3 & 0,5 \end{pmatrix}, w = (0,6; 0,4),$$

O = (Високий, Середній, Середній)

### Задача 4

$$P = \begin{pmatrix} 0,6 & 0,4 \\ 0,2 & 0,8 \end{pmatrix}, B = \begin{pmatrix} 0,8 & 0,1 & 0,1 \\ 0,6 & 0,3 & 0,1 \end{pmatrix}, w = (0,1; 0,9),$$

O = (Середній, Середній, Низький)

### Задача 5

$$P = \begin{pmatrix} 0,4 & 0,6 \\ 0,7 & 0,3 \end{pmatrix}, B = \begin{pmatrix} 0,1 & 0,2 & 0,7 \\ 0,5 & 0,1 & 0,4 \end{pmatrix}, w = (0,5; 0,5),$$

O = (Високий, Середній, Середній)

### Задача 6

$$P = \begin{pmatrix} 0,6 & 0,4 \\ 0,5 & 0,5 \end{pmatrix}, B = \begin{pmatrix} 0,1 & 0,2 & 0,7 \\ 0,4 & 0,1 & 0,5 \end{pmatrix}, w = (0,6; 0,4),$$

O = (Середній, Середній, Низький)

### Задача 7

$$P = \begin{pmatrix} 0,1 & 0,9 \\ 0,7 & 0,3 \end{pmatrix}, B = \begin{pmatrix} 0,6 & 0,2 & 0,2 \\ 0,3 & 0,4 & 0,3 \end{pmatrix}, w = (0,1; 0,9),$$

O = (Високий, Середній, Середній)

### Задача 8

$$P = \begin{pmatrix} 0,8 & 0,2 \\ 0,1 & 0,9 \end{pmatrix}, B = \begin{pmatrix} 0,1 & 0,4 & 0,5 \\ 0,2 & 0,3 & 0,5 \end{pmatrix}, w = (0,5; 0,5),$$

O = (Середній, Середній, Низький)

### Задача 9

$$P = \begin{pmatrix} 0,2 & 0,8 \\ 0,5 & 0,5 \end{pmatrix}, B = \begin{pmatrix} 0,3 & 0,2 & 0,5 \\ 0,8 & 0,1 & 0,1 \end{pmatrix}, w = (0,6; 0,4),$$

O = (Високий, Середній, Середній)

### Задача 10

$$P = \begin{pmatrix} 0,8 & 0,2 \\ 0,7 & 0,3 \end{pmatrix}, B = \begin{pmatrix} 0,4 & 0,2 & 0,4 \\ 0,7 & 0,1 & 0,2 \end{pmatrix}, w = (0,6; 0,4),$$

O = (Середній, Середній, Низький)

## Методичні рекомендації

Уведемо такі умовні позначення.

Нехай  $\alpha(i) = P(O_1, O_2, \dots, O_t, q_t = S_i | \lambda)$  – ймовірність появи часткової послідовності спостережень  $O_1, O_2, \dots, O_t$  та класу  $S_i$  в момент часу  $t$ .

Алгоритм пошуку ймовірності того, що послідовність, яка спостерігається, згенеровано за значеною моделлю, подано на рис. 12.

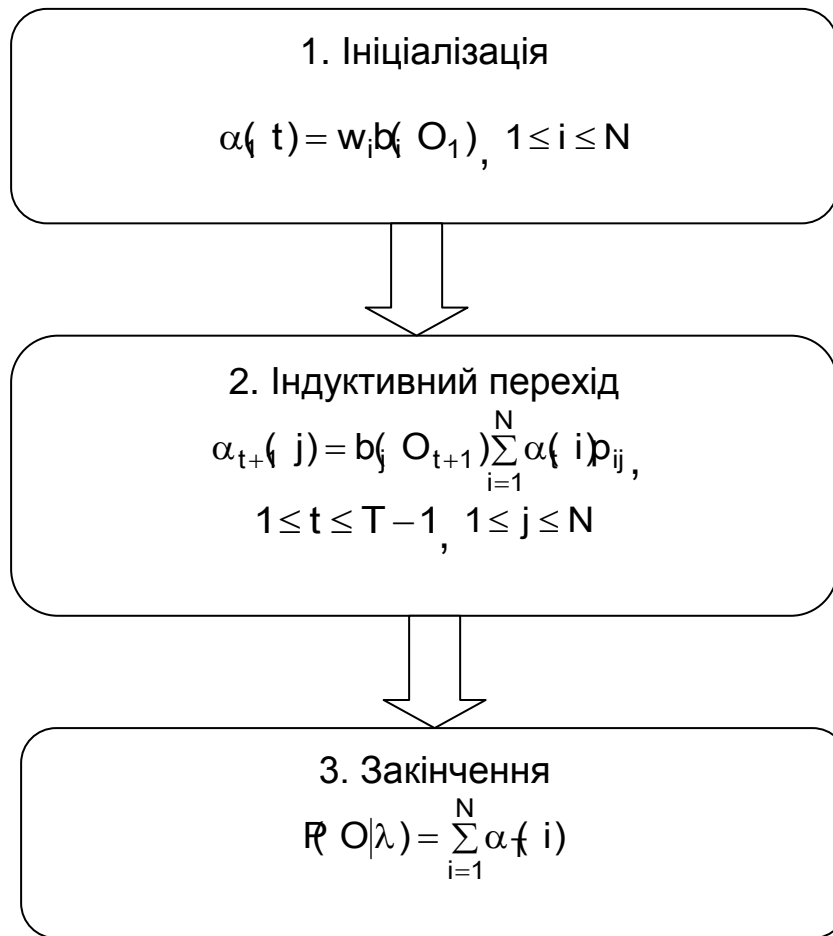


Рис. 12. Алгоритм розрахунку ймовірності

*Приклад.*

У потаємній кімнаті є дві вази, що містять кулі коричневого, синього та білого кольорів. Експериментатор 1, що знаходиться в потаємній кімнаті, випадковим чином вибирає вазу, виймає кулю, повідомляє її колір експериментатору 2, що знаходиться в іншій кімнаті, і кладе кулю назад у вазу.

Відомі матриці  $P$  і  $B$ , а також вектор  $w$ , що характеризують описаний прихований марківський процес.

Визначити ймовірність того, що послідовність виду "коричнева куля", "синя куля", "біла куля" згенеровано зазначеною моделлю.

*Рішення*

На рис. 13 показано спосіб подання вихідних даних задачі в *MS Excel*.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
2		урна 1	урна 2			К	С	Б	
3	P=	0,5	0,5	урна 1	V=	0,3	0,3	0,4	урна 1
4		0,4	0,6	урна 2		0,2	0,2	0,6	урна 2
5									
6	w=	0,8	0,2						
7									

Рис. 13. Вихідні дані

Далі розглянемо етап ініціалізації. Необхідно знайти значення двох змінних  $\alpha(i)$ , що визначають ймовірність того, що спостерігається коричнева куля, і її вийнято з  $i$ -ї вази. Необхідно ввести у комірки формули так, як це показано на рис. 14.

	A	B
9	t=1	
10	АЛЬФА1(1)	=B6*F3
11	АЛЬФА1(2)	=C6*F4
12		
13	t=2	
14	АЛЬФА2(1)	=СУММПРОИЗВ(B3:B4;\$B\$10:\$B\$11)*G3
15	АЛЬФА2(2)	=СУММПРОИЗВ(C3:C4;\$B\$10:\$B\$11)*G4
16		
17	t=3	
18	АЛЬФА3(1)	=СУММПРОИЗВ(B3:B4;\$B\$14:\$B\$15)*H3
19	АЛЬФА3(2)	=СУММПРОИЗВ(C3:C4;\$B\$14:\$B\$15)*H4
20		

Рис. 14. Формули для розрахунків

Результати розрахунків наведено на рис. 15.

Таким чином з рис. 15 бачимо, що отримано такі результати:

0,24 – ймовірність того, що спостерігалася коричнева куля, та її було вийнято з першої вази;

0,04 – ймовірність того, що спостерігалася коричнева куля, та її було вийнято з другої вази;

0,0408 – ймовірність того, що спостерігалася послідовність "К","С", та синю кулю було вийнято з першої вази;

0,0288 – ймовірність того, що спостерігалася послідовність "К","С", та синю кулю було вийнято з другої вази;

0,012768 – ймовірність того, що спостерігалася послідовність "К", "С", "Б" та білу кулю було вийнято з першої вази;

0,022608 – ймовірність того, що спостерігалася послідовність "К", "С", "Б" та білу кулю було вийнято з другої вази;

0,035376 – ймовірність того, що спостерігалася послідовність "К", "С", "Б".

	А	В	С
7			
8			
9	t=1		
10	АЛЬФА1(1)	0,24	
11	АЛЬФА1(2)	0,04	
12			
13	t=2		
14	АЛЬФА2(1)	0,0408	
15	АЛЬФА2(2)	0,0288	
16			
17	t=3		
18	АЛЬФА3(1)	0,012768	
19	АЛЬФА3(2)	0,022608	
20			
21			
22	вероятность	0,035376	

Рис. 15. Результати розрахунків

## Рекомендована література

1. Чернова Н. Особенности использования скрытых марковских моделей для моделирования цикличности развития экономической системы / Н. Л. Чернова // Бизнес-Информ. – 2011. – № 10. – С. 101–103.

2. Mamon R. S. Hidden Markov Models in Finance. International Series in Operations Research & Management Science / edited by R. S. Mamon, R. J. Elliott. – New-York : Springer-Verlag, 2007.

3. Rabiner L. Fundamentals of Speech Recognition / L. Rabiner, B. Juang. – Prentice-Hall : Englewood Cliffs, NJ, 1993.

4. Rabiner L. A Tutorial on HMM and Selected Applications in Speech Recognition / L. Rabiner // [WL], proceedings of the IEEE. – 1993. – Vol. 77 (2). – P. 267–296.

НАВЧАЛЬНЕ ВИДАННЯ

**Методичні рекомендації  
до виконання лабораторних робіт  
з навчальної дисципліни  
"МЕТОДИ ОЦІНКИ  
ЕКОНОМІЧНОЇ БЕЗПЕКИ"**

**для студентів напряму підготовки  
6.030502 "Економічна кібернетика"  
денної форми навчання**

*Самостійне електронне текстове мережеве видання*

Укладач **Чернова** Наталя Леонідівна

Відповідальний за видання *Т. С. Клебанова*

Редактор *В. О. Бутенко*

Коректор *Т. А. Маркова*

План 2016 р. Поз. № 137 ЕВ. Обсяг 31 с.

---

Видавець і виготовлювач – ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 61166, м. Харків, просп. Науки, 9-А

*Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до Державного реєстру  
ДК № 4853 від 20.02.2015 р.*