

УДК 004.056.53

О. В. Салієва, Ю. Є. Яремчук

Вінницький національний технічний університет
Хмельницьке шосе, 95, 21021 Вінниця, Україна

Визначення допустимої інтенсивності зниження рівня захищеності об'єкта критичної інфраструктури ранжуванням загроз

Здійснено ранжування загроз об'єкта критичної інфраструктури на основі транзитивного замикання нечіткого відношення схожості. Ступені впливу загроз на забезпечення доступності, цілісності, конфіденційності та достовірності інформації розраховані шляхом порівняння з найменшим впливом за шкалою Сааті. На основі визначених рангів здійснено розбиття множини загроз на класи еквівалентні за вагомістю, відповідно до яких побудовано дерево декомпозиції. Визначено λ -характеристики загроз відносно допустимої інтенсивності зниження рівня захищеності об'єкта критичної інфраструктури.

Ключові слова: інформаційна безпека, загрози безпеці, об'єкт критичної інфраструктури, нечітке відношення, нечітке транзитивне замикання.

Вступ

Стрімке впровадження інформаційних технологій в усі сфери суспільної діяльності породжує безліч ризиків, пов'язаних із різними типами загроз інформаційній безпеці. При цьому, особливу увагу варто звернути на забезпечення захищеності від потенційних загроз об'єктів критичної інфраструктури (КІ), що надають населенню, суспільству й державі життєво важливі для їхнього існування послуги та здійснюють необхідні функції. До них можуть бути віднесені підприємства, установи і організації незалежно від форми власності, які [1]:

— провадять діяльність та надають послуги у галузях енергетики, хімічної промисловості, транспорту, інформаційно-комунікаційних технологій, електронних комунікацій, у банківському та фінансовому секторах;

— надають послуги у сферах життєзабезпечення населення, зокрема у сферах централізованого водопостачання, водовідведення, постачання електричної

енергії і газу, виробництва продуктів харчування, сільського господарства, охорони здоров'я;

— є комунальними, аварійними та рятувальними службами, службами екстреної допомоги населенню;

— включені до переліку підприємств, що мають стратегічне значення для економіки і безпеки держави;

— є об'єктами потенційно небезпечних технологій і виробництв.

Зазначимо, що згідно [2] загрозами безпеці КІ визначено:

— критичну зношеність основних фондів об'єктів інфраструктури України та недостатній рівень їхнього фізичного захисту;

— недостатній рівень захищеності критичної інфраструктури від терористичних посягань і диверсій;

— неефективне управління безпекою критичної інфраструктури і систем життєзабезпечення.

Аналізу загроз об'єктів КІ та оцінюванню відповідних ризиків присвячено безліч праць. Зокрема, у роботі [3] розроблено експертну систему для аналізу загроз кібербезпеці в енергетичних системах. Автор праці [4] пропонує підхід до управління ризиками КІ та розглядає фактори вразливості системи. У [5] розглянуто загрози та вразливості в КІ техногенних об'єктів і систем, запропоновано заходи для нейтралізації загроз та розроблено структуру моделі для дослідження впливу загроз.

Таким чином, значна увага науковців зосереджена на вивченні даного питання, адже порушення функціонування об'єктів КІ може призвести до найсерйозніших негативних наслідків для життєдіяльності суспільства, соціально-економічного розвитку країни та забезпечення національної безпеки. Тому доцільно провести дослідження, що пов'язані з визначенням допустимої інтенсивності зниження рівня захищеності об'єкта КІ. Оскільки дана задача має високий ступінь невизначеності та суб'єктивний характер, то для її розв'язання варто скористатися методом ранжування загроз із використанням теорії нечітких відношень [6].

Мета роботи

Визначити допустиму інтенсивність зниження рівня захищеності об'єкта КІ ранжуванням загроз на основі теорії нечітких відношень.

Постановка задачі

Для досягнення поставленої мети необхідно:

— визначити множину загроз об'єкта КІ та критерії, у порушенні яких виражаються відповідні загрози;

— визначити ступінь впливу загроз об'єкта КІ на визначені критерії;

— отримати з нечіткого відношення впливу нечітке відношення схожості;

— розбити множину загроз об'єкта КІ на класи, що не перетинаються та містять елементи, подібні за ступенем впливу;

— пропорційно рангам загроз визначити допустиму інтенсивність зниження рівня захищеності об'єкта КІ.

Ранжування загроз і визначення допустимої інтенсивності зниження рівня захищеності об'єкта КІ

На початкових етапах створення дієвої системи захисту об'єктів КІ виникає необхідність визначення кількісної характеристики вагомості потенційних загроз, реалізація яких призведе до порушення функціонування досліджуваних об'єктів та проявлятиметься у вигляді припинення надання життєво необхідних послуг й товарів населенню як окремих міст, так і усієї держави у цілому. Це, у свою чергу, може спричинити соціально-політичну та економічну нестабільність, загострення конфліктів різного характеру. При цьому варто зазначити, що основними джерелами загроз може бути високий рівень зношеності та аварійності основних фондів, вплив небезпечних природних явищ, напружена воєнно-політична та економічна ситуація у країні тощо.

Існують різноманітні загрози на різні типи об'єктів КІ, та усі вони, як правило, розподіляються на три великі групи, що включають аварії і технічні збої, природні лиха та небезпечні природні явища, зловмисні дії (груп або окремих осіб, таких як терористи, злочинці та диверсанти, промислове шпигунство, а також бойові дії) [7].

Визначимо множину найвагоміших з точки зору вивчення даного питання загроз об'єкта КІ:

K_1 — природні явища, техногенний вплив;

K_2 — військове вторгнення;

K_3 — терористичний вплив;

K_4 — промислове шпигунство;

K_5 — хакерський вплив;

K_6 — інсайдерський вплив;

K_7 — безпека каналів зв'язку КІ;

K_8 — надійність, відмовостійкість складових КІ та безпека обслуговуючих систем і обладнання;

K_9 — захищеність сховищ даних і хмарних серверів;

K_{10} — безпека Інтернету та додатків;

K_{11} — шкідливі програми;

K_{12} — DoS-атаки.

Вищезазначені загрози виражаються в порушенні таких критеріїв як [8]:

C_1 — доступність;

C_2 — цілісність;

C_3 — конфіденційність;

C_4 — достовірність.

Здійснимо ранжування загроз інформаційній безпеці об'єктів КІ на основі нечіткого транзитивного замикання та побудови нечітких відношень впливу та схожості [6].

Вплив загрози K_i на порушення критерію C_j задамо нечіткою множиною:

$$I_i = \left\{ \frac{\mu_{i1}}{C_1}, \frac{\mu_{i2}}{C_2}, \dots, \frac{\mu_{im}}{C_m} \right\},$$

де μ_{ij} — число з інтервалу $[0, 1]$, яке характеризує ступінь впливу загроз K_i на виконання критерію C_j , а горизонтальна лінія не є математичним записом дробів, а являється розділовим знаком між компонентами μ_{ij} та C_j .

Число μ_{ij} , яке ставиться у відповідність кожній парі елементів (K_i, C_j) визначимо за допомогою методу найменшого впливу, використовуючи дев'ятибальну шкалу Сааті [9].

Експертні порівняння сил впливу f_{ij} із найменшими силами впливу f_{il} представлено у табл. 1, причому C_l — критерії, на які загрози K_i мають найменший вплив.

Таблиця 1. Початкові дані для методу найменшого впливу

K_i	C_l	f_{ij} / f_{il}			
		C_1	C_2	C_3	C_4
K_1	C_3	$\frac{11}{13} = 8$	$\frac{12}{13} = 5$	$\frac{13}{13} = 1$	$\frac{14}{13} = 1$
K_2	C_4	$\frac{21}{24} = 7$	$\frac{22}{24} = 4$	$\frac{23}{24} = 5$	$\frac{24}{24} = 1$
K_3	C_4	$\frac{31}{34} = 6$	$\frac{32}{34} = 9$	$\frac{33}{34} = 2$	$\frac{34}{34} = 1$
K_4	C_1	$\frac{41}{41} = 1$	$\frac{42}{41} = 3$	$\frac{43}{41} = 9$	$\frac{44}{41} = 5$
K_5	C_4	$\frac{51}{54} = 5$	$\frac{52}{54} = 7$	$\frac{53}{54} = 6$	$\frac{54}{54} = 1$
K_6	C_1	$\frac{61}{61} = 1$	$\frac{62}{61} = 5$	$\frac{63}{61} = 7$	$\frac{64}{61} = 4$
K_7	C_2	$\frac{71}{72} = 8$	$\frac{72}{72} = 1$	$\frac{73}{72} = 5$	$\frac{74}{72} = 3$
K_8	C_3	$\frac{81}{83} = 9$	$\frac{82}{83} = 6$	$\frac{83}{83} = 1$	$\frac{84}{83} = 4$
K_9	C_1	$\frac{91}{91} = 1$	$\frac{92}{91} = 4$	$\frac{93}{91} = 3$	$\frac{94}{91} = 1$
K_{10}	C_4	$\frac{101}{104} = 4$	$\frac{102}{104} = 1$	$\frac{103}{104} = 5$	$\frac{104}{104} = 1$
K_{11}	C_4	$\frac{111}{114} = 5$	$\frac{112}{114} = 8$	$\frac{113}{114} = 6$	$\frac{114}{114} = 1$
K_{12}	C_3	$\frac{121}{123} = 9$	$\frac{122}{123} = 1$	$\frac{123}{123} = 1$	$\frac{124}{123} = 1$

Використовуючи дані табл. 1, визначимо ступені впливу μ_{ij} :

$$\mu_{i1} = \mu_{il} \frac{f_{i1}}{f_{il}}, \quad \mu_{i2} = \mu_{il} \frac{f_{i2}}{f_{il}}, \dots, \quad \mu_{im} = \mu_{il} \frac{f_{im}}{f_{il}},$$

де $\mu_{il} = \left(\frac{f_{i1}}{f_{il}} + \frac{f_{i2}}{f_{il}} + \dots + \frac{f_{im}}{f_{il}} \right)^{-1}$.

Обчислені таким чином ступені впливу утворюють нечітке відношення (1):

8/15	5/15	1/15	1/15
7/17	4/17	5/17	1/17
6/18	9/18	2/18	1/18
1/18	3/18	9/18	5/18
5/19	7/19	6/19	1/19
1/17	5/17	7/17	4/17
8/17	1/17	5/17	3/17
9/20	6/20	1/20	4/20
1/9	4/9	3/9	1/9
4/11	1/11	5/11	1/11
5/20	8/20	6/20	1/20
9/12	1/12	1/12	1/12

(1)

Нормалізуємо дане відношення, поділивши елементи кожного рядка на максимальне значення, яке міститься у відповідному рядку (2):

1,0	0,63	0,13	0,13
1,0	0,57	0,71	0,14
0,67	1,0	0,22	0,11
0,11	0,33	1,0	0,56
0,71	1,0	0,86	0,14
0,14	0,71	1,0	0,57
1,0	0,13	0,63	0,38
1,0	0,67	0,11	0,44
0,25	1,0	0,75	0,25
0,8	0,2	1,0	0,2
0,63	1,0	0,75	0,13
1,0	0,11	0,11	0,11

(2)

Сформуємо нечітке відношення схожості, яке складається із сукупності величин мір схожості (r_{ij}):

$$R = [r_{ij} / (K_i, K_j)],$$

Причому, $r_{ij} = 1 - d_{ij}$, де d_{ij} — відстань між нечіткими множинами впливу загроз K_i та K_j :

$$I_i = \left\{ \frac{\mu_{i1}}{K_1}, \frac{\mu_{i2}}{K_2}, \dots, \frac{\mu_{im}}{K_m} \right\},$$

$$I_j = \left\{ \frac{\mu_{j1}}{K_1}, \frac{\mu_{j2}}{K_2}, \dots, \frac{\mu_{jm}}{K_m} \right\}.$$

Зазначимо, що для обчислення d_{ij} можна використовувати відносні відстані Хеммінга ($d_{ij}^{(h)}$) або Евкліда ($d_{ij}^{(e)}$):

$$d_{ij}^{(h)} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n |\mu_{ik} - \mu_{jk}|,$$

$$d_{ij}^{(e)} = \frac{1}{n} \sqrt{\sum_{k=1}^n (\mu_{ik} - \mu_{jk})^2}.$$

Провівши необхідні розрахунки, отримаємо нечітке відношення схожості, яке має властивості рефлексивності та симетричності:

1,0	0,84	0,81	0,38	0,65	0,44	0,69	0,91	0,53	0,61	0,59	0,86
0,84	1,0	0,68	0,54	0,76	0,57	0,81	0,75	0,67	0,76	0,76	0,73
0,81	0,68	1,0	0,38	0,82	0,48	0,53	0,72	0,73	0,55	0,85	0,67
0,38	0,54	0,38	1,0	0,54	0,88	0,59	0,44	0,66	0,7	0,53	0,39
0,65	0,76	0,82	0,54	1,0	0,64	0,59	0,58	0,83	0,73	0,95	0,51
0,44	0,57	0,48	0,88	0,64	1,0	0,5	0,52	0,76	0,61	0,63	0,3
0,69	0,81	0,53	0,59	0,59	0,5	1,0	0,72	0,53	0,76	0,6	0,8
0,91	0,75	0,72	0,44	0,58	0,52	0,72	1,0	0,52	0,55	0,59	0,78
0,53	0,67	0,73	0,66	0,83	0,76	0,53	0,52	1,0	0,59	0,87	0,39
0,61	0,76	0,55	0,7	0,73	0,61	0,76	0,55	0,59	1,0	0,68	0,68
0,59	0,76	0,85	0,53	0,95	0,63	0,6	0,59	0,87	0,68	1,0	0,52
0,86	0,73	0,67	0,39	0,51	0,3	0,8	0,78	0,39	0,68	0,52	1,0

Розіб'ємо множину загроз на класи, які не перетинаються та містять елементи подібні за ступенем впливу. Для цього надамо початковому нетранзитивному відношенню схожості R властивість транзитивності, використовуючи операцію транзитивного замикання нечіткого відношення:

$$\bar{R} = R \cup R^2 \cup \dots \cup R^e \cup \dots,$$

де відношення R^k знаходиться рекурсивно: $R^k = R^{k-1} \circ R$, $k = 2, 3, \dots, n$; \cup — операція об'єднання нечітких відношень; \circ — операція нечіткої композиції.

Визначимо композицію відношень як максимінний добуток відповідних матриць:

1,0	0,84	0,81	0,61	0,81	0,64	0,81	0,91	0,73	0,76	0,81	0,86
0,84	1,0	0,81	0,7	0,76	0,67	0,81	0,84	0,76	0,76	0,76	0,84
0,81	0,81	1,0	0,66	0,85	0,73	0,72	0,81	0,85	0,73	0,85	0,81
0,61	0,7	0,66	1,0	0,7	0,88	0,7	0,59	0,76	0,7	0,68	0,68
0,81	0,76	0,85	0,7	1,0	0,76	0,76	0,75	0,87	0,76	0,95	0,73
0,64	0,67	0,73	0,88	0,76	1,0	0,61	0,59	0,76	0,7	0,76	0,61
0,81	0,81	0,72	0,7	0,76	0,61	1,0	0,78	0,67	0,76	0,76	0,8
0,91	0,84	0,81	0,59	0,75	0,59	0,78	1,0	0,72	0,75	0,75	0,86
0,73	0,76	0,85	0,76	0,87	0,76	0,67	0,72	1,0	0,73	0,87	0,67
0,76	0,76	0,73	0,7	0,76	0,7	0,76	0,75	0,73	1,0	0,76	0,76
0,81	0,76	0,85	0,68	0,95	0,76	0,76	0,75	0,87	0,76	1,0	0,73
0,86	0,84	0,81	0,68	0,73	0,61	0,8	0,86	0,67	0,76	0,73	1,0

Подальші обчислення показують, що $R^6 = R^7 = \dots = R^\infty$, тому транзитивне замикання відношення R матиме вигляд: $\bar{R} = R \cup R^2 \cup R^3 \cup \dots \cup R^k \cup \dots = R^6$.

Просумовуючи значення рядків матриці (2), знайдемо ранги загроз інформаційній безпеці об'єктів КІ:

$$\rho_1 = 1,89, \quad \rho_2 = \rho_6 = 2,42, \quad \rho_3 = \rho_4 = 2, \quad \rho_5 = 2,71, \quad \rho_7 = 2,14, \\ \rho_8 = 2,22, \quad \rho_9 = 2,25, \quad \rho_{10} = 2,2, \quad \rho_{11} = 2,51, \quad \rho_{12} = 1,33.$$

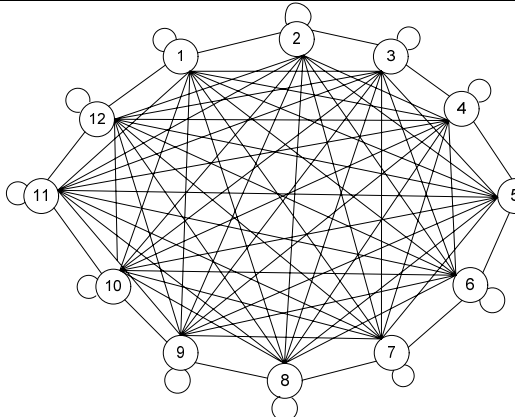
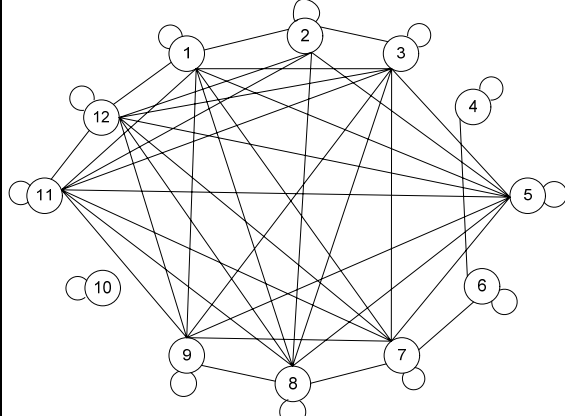
Нечітке відношення R розкладемо за α -рівнями наступним чином:

$$\bar{R} = \bigcup_{\alpha} \alpha R_{\alpha} = 0,76R_{0,76} \cup 0,81R_{0,81} \cup 0,84R_{0,84} \cup 0,85R_{0,85} \cup 0,86R_{0,86} \cup \\ \cup 0,87R_{0,87} \cup 0,88R_{0,88} \cup 0,91R_{0,91} \cup 0,95R_{0,95} \cup R_{1,0},$$

де R_{α} — чіткі відношення α -рівня.

Дані відношення та відповідні їм графи відображено у табл. 2.

Таблиця 2. Відношення α -рівня та їхні графи

R_{α}	Граф																																																																																																																																																																																																																																																																																														
<table border="1"> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> </table> <p style="text-align: center;">$\alpha = 0,76$</p>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1																																																																																																																																																																																																																																																																																			
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1																																																																																																																																																																																																																																																																																			
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1																																																																																																																																																																																																																																																																																			
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1																																																																																																																																																																																																																																																																																			
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1																																																																																																																																																																																																																																																																																			
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1																																																																																																																																																																																																																																																																																			
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1																																																																																																																																																																																																																																																																																			
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1																																																																																																																																																																																																																																																																																			
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1																																																																																																																																																																																																																																																																																			
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1																																																																																																																																																																																																																																																																																			
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1																																																																																																																																																																																																																																																																																			
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1																																																																																																																																																																																																																																																																																			
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1																																																																																																																																																																																																																																																																																			
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1																																																																																																																																																																																																																																																																																			
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1																																																																																																																																																																																																																																																																																			
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1																																																																																																																																																																																																																																																																																			
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1																																																																																																																																																																																																																																																																																			
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1																																																																																																																																																																																																																																																																																			
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1																																																																																																																																																																																																																																																																																			
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1																																																																																																																																																																																																																																																																																			
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1																																																																																																																																																																																																																																																																																			
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1																																																																																																																																																																																																																																																																																			
<table border="1"> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> </table> <p style="text-align: center;">$\alpha = 0,81$</p>	1	1	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1																																																																																																																																			
1	1	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1																																																																																																																																																																																																																																																																																			
1	1	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1																																																																																																																																																																																																																																																																																			
1	1	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1																																																																																																																																																																																																																																																																																			
0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																			
1	1	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1																																																																																																																																																																																																																																																																																			
0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																			
1	1	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1																																																																																																																																																																																																																																																																																			
1	1	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1																																																																																																																																																																																																																																																																																			
1	1	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1																																																																																																																																																																																																																																																																																			
0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																			
1	1	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1																																																																																																																																																																																																																																																																																			
1	1	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1																																																																																																																																																																																																																																																																																			

Продовження табл. 2

<table border="1"> <tbody> <tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr> </tbody> </table> <p>$\alpha = 0,84$</p>	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	<p>A network diagram with 12 nodes. Nodes 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 11, and 12 are interconnected with various edges. Node 7 is isolated.</p>
1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1																																																																																																																																						
1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1																																																																																																																																						
0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0																																																																																																																																						
0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0																																																																																																																																						
0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0																																																																																																																																						
0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0																																																																																																																																						
0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0																																																																																																																																						
1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1																																																																																																																																						
0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0																																																																																																																																						
0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0																																																																																																																																						
0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0																																																																																																																																						
1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1																																																																																																																																						
<table border="1"> <tbody> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr> </tbody> </table> <p>$\alpha = 0,85$</p>	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	<p>A network diagram with 12 nodes. Nodes 1, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 11, and 12 are interconnected. Node 2 is isolated.</p>
1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1																																																																																																																																						
0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																																																																																																																																						
0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0																																																																																																																																						
0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0																																																																																																																																						
0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0																																																																																																																																						
0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0																																																																																																																																						
0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0																																																																																																																																						
1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1																																																																																																																																						
0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0																																																																																																																																						
0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0																																																																																																																																						
0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0																																																																																																																																						
1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1																																																																																																																																						
<table border="1"> <tbody> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr> </tbody> </table> <p>$\alpha = 0,86$</p>	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	<p>A network diagram with 12 nodes. Nodes 1, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 11, and 12 are interconnected. Nodes 2 and 3 are isolated.</p>
1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1																																																																																																																																						
0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																																																																																																																																						
0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0																																																																																																																																						
0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0																																																																																																																																						
0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0																																																																																																																																						
0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0																																																																																																																																						
0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0																																																																																																																																						
1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1																																																																																																																																						
0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0																																																																																																																																						
0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0																																																																																																																																						
0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0																																																																																																																																						
1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1																																																																																																																																						

Продовження табл. 2

<table border="1"> <tbody> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr> </tbody> </table> <p>$\alpha = 0,87$</p>	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0																																																																																																																																						
0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																																																																																																																																						
0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0																																																																																																																																						
0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0																																																																																																																																						
0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0																																																																																																																																						
0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0																																																																																																																																						
0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0																																																																																																																																						
1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0																																																																																																																																						
0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0																																																																																																																																						
0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0																																																																																																																																						
0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0																																																																																																																																						
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1																																																																																																																																						
<table border="1"> <tbody> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr> </tbody> </table> <p>$\alpha = 0,88$</p>	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0																																																																																																																																						
0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																																																																																																																																						
0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0																																																																																																																																						
0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0																																																																																																																																						
0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0																																																																																																																																						
0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0																																																																																																																																						
0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0																																																																																																																																						
1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0																																																																																																																																						
0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0																																																																																																																																						
0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0																																																																																																																																						
0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0																																																																																																																																						
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1																																																																																																																																						
<table border="1"> <tbody> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr> </tbody> </table> <p>$\alpha = 0,91$</p>	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0																																																																																																																																						
0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																																																																																																																																						
0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0																																																																																																																																						
0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0																																																																																																																																						
0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0																																																																																																																																						
0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0																																																																																																																																						
0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0																																																																																																																																						
1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0																																																																																																																																						
0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0																																																																																																																																						
0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0																																																																																																																																						
0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0																																																																																																																																						
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1																																																																																																																																						

Продовження табл. 2

1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	
0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
$\alpha = 0,95$													
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
$\alpha = 1,0$													

Таким чином, чіткі відношення α -рівня утворюють класи елементів еквівалентних за вагомістю (табл. 3).

Таблиця 3. Класи загроз еквівалентних за вагомістю

Рівень	Число класів	Класи загроз
$\alpha = 0,76$	1	$\{K_1, K_2, K_3, K_4, K_5, K_6, K_7, K_8, K_9, K_{10}, K_{11}, K_{12}\}$
$\alpha = 0,81$	2	$\{K_1, K_2, K_3, K_4, K_5, K_6, K_7, K_8, K_9, K_{11}, K_{12}\}, \{K_{10}\}$
$\alpha = 0,84$	3	$\{K_1, K_2, K_3, K_4, K_5, K_6, K_8, K_9, K_{11}, K_{12}\}, \{K_7\}, \{K_{10}\}$
$\alpha = 0,85$	4	$\{K_1, K_3, K_4, K_5, K_6, K_8, K_9, K_{11}, K_{12}\}, \{K_2\}, \{K_7\}, \{K_{10}\}$
$\alpha = 0,86$	5	$\{K_1, K_4, K_5, K_6, K_8, K_9, K_{11}, K_{12}\}, \{K_2\}, \{K_3\}, \{K_7\}, \{K_{10}\}$
$\alpha = 0,87$	6	$\{K_1, K_4, K_5, K_6, K_8, K_9, K_{11}\}, \{K_2\}, \{K_3\}, \{K_7\}, \{K_{10}\}, \{K_{12}\}$
$\alpha = 0,88$	7	$\{K_1, K_4, K_5, K_6, K_8, K_{11}\}, \{K_2\}, \{K_3\}, \{K_7\}, \{K_9\}, \{K_{10}\}, \{K_{12}\}$
$\alpha = 0,91$	9	$\{K_1, K_5, K_8, K_{11}\}, \{K_2\}, \{K_3\}, \{K_4\}, \{K_6\}, \{K_7\}, \{K_9\}, \{K_{10}\}, \{K_{12}\}$
$\alpha = 0,95$	11	$\{K_5, K_{11}\}, \{K_1\}, \{K_2\}, \{K_3\}, \{K_4\}, \{K_6\}, \{K_7\}, \{K_8\}, \{K_9\}, \{K_{10}\}, \{K_{12}\}$
$\alpha = 1$	12	$\{K_1\}, \{K_2\}, \{K_3\}, \{K_4\}, \{K_5\}, \{K_6\}, \{K_7\}, \{K_8\}, \{K_9\}, \{K_{10}\}, \{K_{11}\}, \{K_{12}\}$

На рис. 1 відобразимо дерево декомпозиції множини загроз на класи еквівалентності, які не перетинаються.

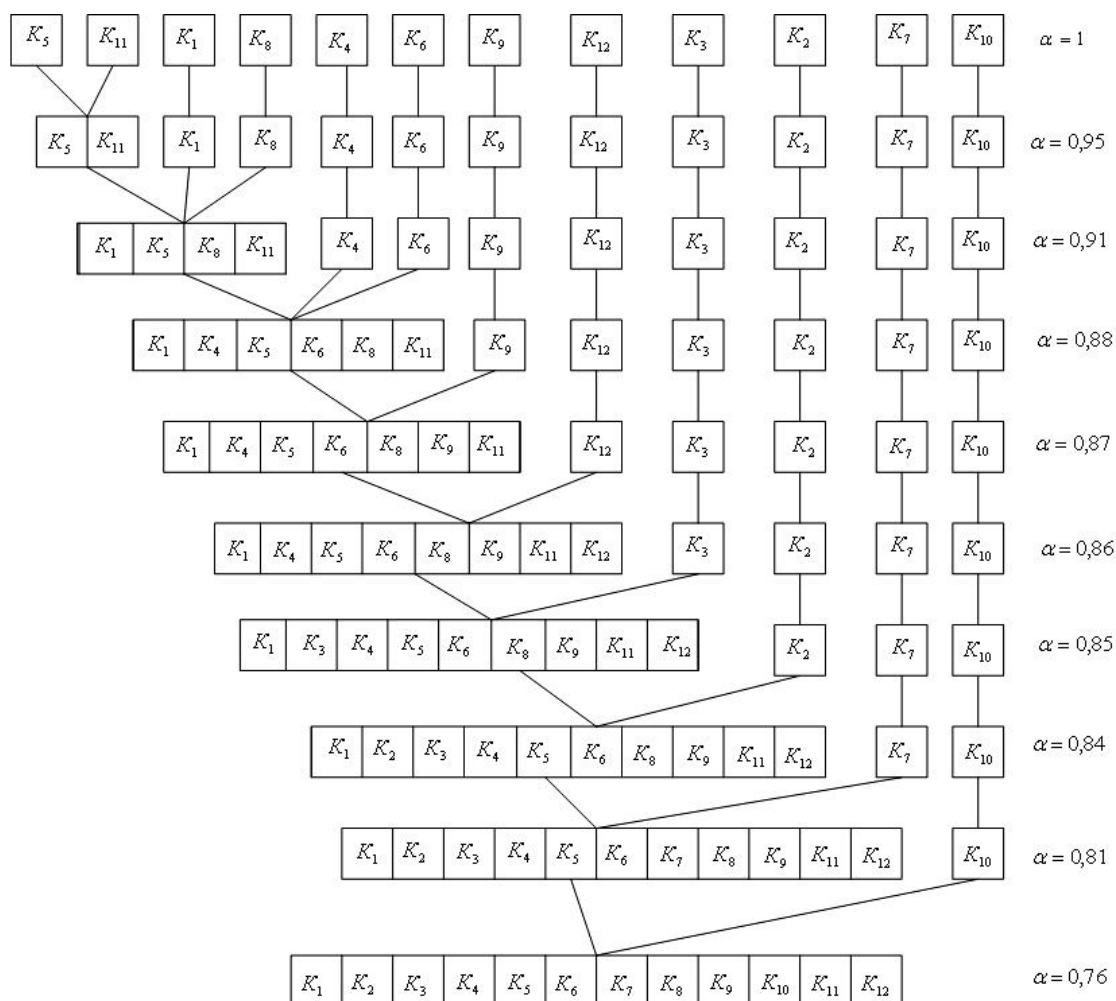


Рис.1. Дерево декомпозиції множини загроз на класи еквівалентності

Враховуючи кількісні оцінки вагомості загроз, виберемо рівень невизначеності $\alpha = 0,95$. На даному рівні отримаємо:

$$\rho_1 = 1,89, \quad \rho_2 = \rho_6 = 2,42, \quad \rho_3 = \rho_4 = 2, \quad \rho_7 = 2,14, \\ \rho_8 = 2,22, \quad \rho_9 = 2,25, \quad \rho_{10} = 2,2, \quad \rho_{12} = 1,33, \quad \rho_5 = \rho_{11} = 2,61.$$

Якщо λ_0 — допустима інтенсивність зниження рівня захищеності об'єкта КІ, то отримаємо необхідні λ -характеристики загроз:

$$\sum_{s=1}^{12} \lambda_s = \lambda_0, \quad \lambda_1 = 0,072\lambda_0, \quad \lambda_2 = \lambda_6 = 0,093\lambda_0, \quad \lambda_3 = \lambda_4 = 0,077\lambda_0, \quad \lambda_5 = \lambda_{11} = 0,1\lambda_0, \\ \lambda_7 = 0,082\lambda_0, \quad \lambda_8 = 0,085\lambda_0, \quad \lambda_9 = 0,086\lambda_0, \quad \lambda_{10} = 0,084\lambda_0, \quad \lambda_{12} = 0,051\lambda_0.$$

Аналогічно можна визначити розподіл витрат на забезпечення захищеності об'єкта КІ.

Таким чином, ранжування загроз об'єкта КІ дозволяє визначити їхні λ -характеристики відносно допустимої інтенсивності зниження рівня захищеності даного об'єкта, що, у свою чергу, сприятиме вчасному впровадженню ефективних механізмів протидії загрозам, раціональному перерозподілу сил і засобів для їхньої нейтралізації.

Висновки

На основі проведеного ранжування загроз об'єкта КІ було визначено пропорційно рангам допустимі інтенсивності зниження рівня захищеності досліджуваного об'єкта. Для досягнення поставленої мети було визначено множину загроз об'єкта КІ та критерії, у порушенні яких виражаються відповідні загрози. Крім того, встановлено ступінь впливу даних загроз на визначені критерії. Дану інформацію було формалізовано у вигляді нечіткого відношення впливу, яке перетворюється у нечітке відношення схожості та його транзитивне замикання. У результаті отримано розбиття множини загроз об'єкта КІ на класи, які не перетинаються та містять елементи еквівалентні за вагомістю. Побудовано дерево декомпозиції, яке наглядно представляє на кожному α -рівні число класів та перелік загроз, які належать даному класу. Визначивши ранги загроз, було встановлено їхні λ -характеристики відносно допустимої інтенсивності зниження рівня захищеності об'єкта КІ.

Результати даного дослідження надають можливість сформулювати вимоги до захищеності об'єкта КІ при ймовірній реалізації загроз з певними характеристиками, що, у свою чергу, сприятиме впровадженню необхідних механізмів захисту досліджуваних об'єктів із достатньою забезпеченістю інфраструктури резервними потужностями й ресурсами, які здатні в разі реалізації загроз швидко відновити втрачені функції.

1. Про основні засади забезпечення кібербезпеки України: Закон України від 21.06.2018 р. № 2469-VIII. URL: <https://ips.ligazakon.net/document/T172163?an=1> (Дата звернення: 15.06.2020).

2. Про рішення Ради національної безпеки і оборони України від 6 травня 2015 року «Про Стратегію національної безпеки України»: Указ Президента України від 26 травня 2015 року № 287/2015. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/287/2015/paran7#n7> (Дата звернення: 20.06.2020).

3. Гаськова Д.А., Массель А.Г. Разработка экспертной системы для анализа угроз кибербезопасности в энергетических системах. *Информационные и математические технологии в науке и управлении* 2016. № 1(27). С. 113–122.

4. Комендантова Н.П. Управление рисками и факторы уязвимости критической инфраструктуры. *Электронные библиотеки*. 2017. Т. 20. № 1. С. 88–108.

5. Федорович О.Е., Еременко Н.В., Пуйденко В.А. Исследование угроз и уязвимостей в критической инфраструктуре техногенных объектов и систем. *Авиационно-космическая техника и технология*. 2017. № 2 (137). С. 84–88.

6. Ротштейн А.П. Ранжирование элементов системы на основе нечеткого отношения влияния и транзитивного замыкания. *Кибернетика и системный анализ*. 2017. Т. 53. № 1. С. 68–78.

7. Бірюков Д.С., Кондратов С.І. Суходоля О.М. *Зелена книга з питань захисту критичної інфраструктури в Україні*. Київ, 2016. 176 с. URL: http://www.niss.gov.ua/public/File/2016_book/Sykhodolya_ost.pdf

8. Ярочкин В.И. Информационная безопасность. Москва: Академический Проект; Гаудеамус, 2004. 544 с.

9. Saaty T.L. *Mathematical models of arms control and disarmament*. New York: John Willey & Sons, 1968. 304 p.

Надійшла до редакції 20.07.2020