

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Національний університет кораблебудування  
імені адмірала Макарова

**М. В. ТУРТИ, Ю. І. КАСЬЯНОВ,  
В. А. ГУСЄВА-БОЖАТКІНА**

## **МОДЕЛЮВАННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ ЗАХИСТУ ІНФОРМАЦІЇ НА ОБ'ЄКТАХ ВОДНО-ТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСУ**

**Методичні вказівки до практичних робіт**

*У п'яти частинах*

*Частина 2*

*Рекомендовано Методичною радою НУК*



ВИДАВНИЦТВО  
НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ  
КОРАБЛЕБУДУВАННЯ  
ІМ. АДМІРАЛА МАКАРОВА

2021

УДК 004.05(076)

T86

*Автори:*

М. В. Турти, кандидат технічних наук, доцент;

Ю. І. Касьянов, старший викладач;

В. А. Гусєва-Божаткіна, старший викладач

*Рецензент* В. С. Блінцов, доктор технічних наук, професор

*Рекомендовано Методичною радою НУК*

### **Турти М. В.**

T86      Моделювання та оптимізація захисту інформації на об'єктах водно-транспортного комплексу : методичні вказівки до практичних робіт : у 5 ч. Ч. 2 / М. В. Турти, Ю. І. Касьянов, В. А. Гусєва-Божаткіна. – Миколаїв : НУК, 2021. – 72 с.

Практичні роботи, що містяться в методичних вказівках, призначені для здобуття практичних навичок використання методів моделювання та оптимізації процесів складних систем при створенні і дослідженні комплексів засобів захисту інформації та прийнятті рішень щодо управління інформаційною безпекою на основі отриманих результатів.

З метою полегшення підготовки і проведення практичних робіт наводяться теоретичні відомості, на яких базується дана робота. Це не виключає підготовки за матеріалами лекцій та використання рекомендованої літератури.

Призначено для студентів вузів.

**УДК 004.05(076)**

© Турти М. В., Касьянов Ю. І.,

Гусєва-Божаткіна В. А., 2021

© Національний університет кораблебудування  
імені адмірала Макарова, 2021

## ЗМІСТ

|                                                                                                                         |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ПРАКТИЧНА РОБОТА № 4. Засоби визначення і дослідження<br>оптимального складу і структури систем захисту інформації..... | 4  |
| КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ.....                                                                                                 | 66 |
| СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....                                                                                                  | 71 |

## Практична робота № 4

### Засоби визначення і дослідження оптимального складу і структури систем захисту інформації

**Мета роботи:** здобуття практичних навичок аналізу систем за допомогою дерев, когнітивних карт та ін.

#### Теоретичні відомості

##### Когнітивні карти

##### Призначення і структура когнітивних карт

**Когнітивна карта (знаковий граф, карта пізнання)** – вид математичної моделі, представленої у вигляді знакового графу, яка відображає суб'єктивне сприйняття особою або групою осіб певної предметної галузі (складного об'єкта, проблеми, функціональної системи), і призначена для виявлення і усвідомлення узагальнених закономірностей причинно-наслідкових (**казуальних**) зв'язків в цій галузі. Це один із простих і зручних способів моделювання і аналізу процесів функціонування систем.

Когнітивна карта містить елементи двох типів – концепти та причинно-наслідкові зв'язки.

**Концепт** – елемент системи, що вивчається. У знаковому графі концепти представляються вершинами і розглядаються як змінні когнітивної карти. В якості концептів можуть виступати можливі альтернативні рішення, зовнішні та внутрішні впливові фактори, цілі та засоби їх досягнення. Умовно концепти можуть бути поділені на причинні концепти та концепти результатів. Причинний концепт, з якого виходить дуга одного причинного відношення (рис. 4.1), одночасно є концептом результату, тобто в нього входить дуга від іншого причинного концепту.

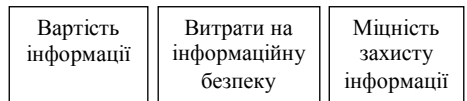


Рисунок 4.1 – Зв'язки між причинними концептами і концептами результату

**Причинно-наслідкові зв'язки** у знаковому графі представляються направленими дугами (від причини до наслідку), що зв'язують концепти і мають розмітку у вигляді знаків, базовими з яких є «+», «-», «0». **Додатнє значення** позначає прямий зв'язок, тобто те, що два концепти змінюються в одному напрямі: якщо одна змінна когнітивної карти зростає, то друга також зростає, а якщо перша змінна спадає, то друга також спадає. **Від'ємне значення** відношення причинності відповідає зворотному зв'язку, тобто зміні концептів в протилежних напрямках, наприклад, якщо одна змінна зростає, то друга – спадає. **Нульове значення** відношення причинності відповідає відсутності зв'язку між концептами.

На основі базових знаків будуються їх додаткові логічні комбінації, які використовуються як значення відношень причинності при побудові когнітивних карт:

- невід’ємне, тобто  $\{0, +\}$  або  $(+)$ ;
- недодатне, тобто  $\{0, -\}$  або  $(-)$ ;
- $m$  – ненульове, тобто  $\{+, -\}$ ;
- $u$  – універсальне, тобто  $\{+, -, 0\}$ ;
- $a$  – амбівалентне.

Таким чином, можливо всього дев’ять значень відношень причинності.

### **Методи побудови когнітивних карт**

Серед методів побудови когнітивних карт виокремлюються:

– **побудова когнітивних карт особою, що приймає рішення**, (ОПР) на основі власних знань, що дозволяє ОПР краще зрозуміти роль окремих концептів та характер відношень між ними. Ефективність цього методу визначається кваліфікацією ОПР;

– **побудова когнітивних карт експертами на основі вивчення документів**, що дозволяє отримати когнітивну карту, яка відповідає суб’єктивним уявленням експертів, на основі таких самих даних, що повинна використовувати ОПР. Недоліком цього методу є відносно велика тривалість процедур отримання знакового графу, особливо при необхідності врахування великої кількості документів, що має місце, наприклад, для більшості задач інформаційної безпеки;

– **побудова когнітивних карт на основі результатів опитування групи експертів**. Перевагою цього методу є можливість врахування в знаковому графі не тільки вимог нормативно-правової бази, а й особистого досвіду експертів;

– **побудова когнітивних карт шляхом відкритих вибіркового опитувань**, що дозволяє досліднику вести активний діалог з джерелом інформації і будувати когнітивні карти за інформацією з різних джерел, а потім – порівнювати їх.

Процес формування когнітивних карт може бути представлений у вигляді схеми, наведеній на рис. 4.2.



Рисунок 4.2 – Побудова і використання когнітивної карти проблеми

Блоки 1, 2, 3 формують когнітивну карту однієї особи, а блоки 4, 5, 6 – когнітивну групи. Блок 7 формує групову карту за картами окремих ОНР або групи експертів, якщо це потрібно (цей блок не задіяний, якщо знаковий граф будується єдиною ОНР).

Якщо побудова когнітивної карти здійснюється на основі знань групи експертів, то проводиться три опитування:

1. Опитування експертів з метою формування списку змінних максимальної потужності. Серед цих змінних потім додатково експертною оцінкою або спеціальними методами класифікації виділяються групи споріднених змінних. Наприклад, відомі дослідження енергоспоживання на

транспорті за когнітивною картою, до списку змінних якої спочатку експерти включили всі логічно обумовлені змінні, в результаті чого був утворений список з 500 змінних. Ці 500 змінних потім були поділені на 8 категорій: описові змінні, що описують транспортні системи; конструктивні змінні, що описують конструкції певних типів транспортних засобів; демографічні змінні; економічні змінні; змінні, що описують енергосистеми; змінні, що описують якість життя; змінні, що описують шкідливі викиди в навколишнє середовище транспортними засобами, зокрема, процеси виділення шкідливих речовин при спалюванні пального; змінні, що характеризують навколишнє середовище та естетичний стан.

2. Опитування експертів з метою визначення рейтингів важливості змінних. Рейтинги змінних можуть визначатися як пріоритети за методом аналізу ієрархій, зваженою бальною експертною оцінкою або іншими методами. Наприклад, при дослідженні енергоспоживання на транспорті всі змінні оцінювалися за двома критеріями: «абсолютна важливість» та «відносна важливість». Абсолютна важливість визначалася за 7-бальною шкалою (1 – «не має значення», 7 – «виключна важливість»), а відносна важливість – за 100-бальною шкалою в межах визначених в результаті опрацювання результатів першого опитування категорій змінних. В кожній категорії обиралися найважливіша з точки зору експерта базова змінна, яка оцінювалася у 100 балів, а інші змінні категорії порівнювалися з нею. Така процедура відповідає порівнянню із стандартами. В результаті змінна, яка отримала 50 балів вважається вдвічі менш важливою, ніж базова змінна категорії. Данні, отримані від усіх експертів повинні узагальнюватися зваженою експертною оцінкою з врахуванням вагових коефіцієнтів експертів. При цьому форма узагальнення може бути різною. Так в наведеному прикладі узагальнені оцінки абсолютної важливості визначалися як медіани, а відносної важливості – як середні геометричні. Якщо серед узагальнених оцінок змінних не має жодної змінної з максимально можливою оцінкою за відповідною шкалою (7 та 100 в наведеному вище прикладі), то це означає, що експерти не дійшли спільної думки щодо того, які змінні є найважливішими.

3. Опитування експертів з метою остаточного формування списку змінних. Остаточний список змінних когнітивної карти може формуватися різними способами, серед яких експерти або ОПР вибирають для реалізації один спосіб:

- в остаточний список включаються з кожної категорії одна або дві (в загальному випадку ця кількість теж визначається зваженою експертною оцінкою) змінні, що мають найбільшу узагальнену абсолютну або відносну оцінку;
- в остаточний список включаються з кожної категорії змінні, що мають узагальнені оцінки більші за задане граничне значення, наприклад, абсолютну оцінку не менше 6 балів і/або відносну оцінку не менше 80 балів;

– в остаточний список включаються з кожної категорії одна або дві (в загальному випадку ця кількість теж визначається зваженою експертною оцінкою) змінні, що мають найбільшу суму узагальненої абсолютної та відносної оцінок;

– в остаточний список включаються всі змінні, що мають узагальнені оцінки більші за задане граничне значення, наприклад, абсолютну оцінку не менше 5 балів або відносну оцінку не менше 70 балів. При цьому категорія змінних не враховується, тому можлива ситуація, коли якась категорія не буде представлена в остаточному списку змінних;

– формування остаточного списку змінних будь-яким з перелічених вище способів із врахуванням важливості категорій змінних і/або критеріїв їх оцінювання. При цьому в залежності від мети дослідження категорії та критерії можуть мати різну важливість і представлятися у списку різною кількістю змінних.

При дослідженні енергоспоживання на транспорті категорії вважалися рівнозначними. В кожній з них обиралася одна змінна з максимальним узагальненим значенням абсолютної важливості, а якщо таких змінних виявлялося декілька, то серед них обиралася одна з максимальною узагальненою відотною важливістю. Оскільки дослідження проводилося з метою підвищення економічної ефективності, то з категорії «економічні» було обрано дві змінні. Таким чином, в остаточному списку змінних когнітивної карти опинилося 9 змінних.

4. Опитування експертів щодо відношень між концептами когнітивної карти, під час якого експерти повинні відповісти на два питання: чи наявна дуга (відношення причинності) між концептами  $x$  та  $y$  і який знак цієї дуги. При цьому комбінації концептів, що надаються на розгляд експерту, є невпорядкованим (щоб мінімізувати ефект від дії порядку комбінацій). Якщо більшість експертів (поняття «більшість» тут визначається методикою роботи з експертами, що не впливає на методику побудови когнітивної карти), наприклад 6 з 7 експертів, вважає, що вершина  $x$  істотно впливає на  $y$ , то дуга  $(x, y)$  проводиться, а в іншому випадку вважається, що відношення причинності між цими концептами відсутнє. Знак дуги проставляється також тільки тоді, коли щодо нього співпадає думка більшості експертів, наприклад 60 %. В іншому випадку дуга помічається знаком питання «?».

Чим складніша структура графу, тим складніші процедури його побудови і наступного аналізу, але тим вищі достовірність, цінність та змістовність отриманих результатів. Існують методи, які дозволяють частково вирішити це протиріччя за рахунок декомпозиції графу.

Когнітивні карти мають досить обмежений спектр засобів опису систем. Так слабкий, сильний та дуже сильний зв'язок позначається на графі єдиним

знаком «+». Крім того, в одному діапазоні значення відношення між двома змінними може бути додатним, а в іншому – від’ємним. Для вирішення цієї проблеми дугам можуть надаватися ваги, які відповідають силі впливу одного концепту на інший, або замість знаків дуги можуть використовуватися лінгвістичні змінні. Це ускладнює аналіз когнітивної карти, але робить її більш змістовною.

На когнітивних картах, в принципі, можуть позначатися можливі часові затримки між концептами і обмеження на значення змінних, але в більшості випадків вони не враховують ці параметри системи. Так на знаковому графі рис.4.1 не показано, що міцність захисту лежить в інтервалі  $[0...1]$  і між витратами на інформаційну безпеку та зміною стану захищеності інформації проходить певний час, необхідний для проектування, виготовлення та впровадження в експлуатацію систем захисту або їх модернізованих складових.

### **Аналіз систем за допомогою когнітивних карт**

Побудований знаковий граф може бути використаний для якісного оцінювання впливу окремих його вершин та зв’язків на стабільність системи. Тобто, метою аналізу є визначення стійкості системи до зміни внаслідок впливу деяких зовнішніх сил значень концептів і/або значень відношень причинності (знаків дуг).

**Система є стійкою**, якщо значення усіх змінних, на які не впливають зовнішні діючі впливові фактори, не змінюються під впливом інших змінних, що потрапляють під дію цих впливових факторів.

**Стабільна початкова змінна** – змінна, різке збільшення значення якої не призводить до збільшення інших змінних системи.

Аналіз когнітивної карти передбачає виявлення стабільних і нестабільних початкових змінних та якісне оцінювання стійкості знакового графу при різних умовах. При цьому кожному відношенню причинності, позначеному на графі знаком «?», послідовно надаються базові значення з множини  $\{«+»;$  «-»; «0» $\}$ . Чим більше таких дуг, тим складнішим є аналіз, оскільки розглядаються всі  $3^m$  варіанти сполучень знаків різних дуг. Тобто, якщо дуга «?» єдина, то розглядається 3 варіанти  $\{«+»;$  «-»; «0» $\}$ , а якщо їх дві, то 9 варіантів  $\{ («+»;$  «+» $); («+»;$  «-» $); («+»;$  «0» $); («-»;$  «-» $); («-»;$  «+» $); («-»;$  «0» $); («0»;$  «0» $); («0»;$  «+» $); («0»;$  «-» $).$  Крім того, зміна знаку однієї дуги може вести до зміни знаків інших дуг, що додатково збільшує кількість варіантів, які підлягають аналізу. За результатами аналізу усіх варіантів робиться узагальнений висновок щодо стабільності поведінки вершин знакового графу, зокрема визначаються:

- обмежені змінні, що не залежать від початкових умов;
- необмежені змінні, що залежать від нестабільних початкових змінних;

– необмежені змінні, що залежать від нестабільних початкових змінних, які впливають на них при умовах, коли існують і не існують різні сполучення дуг, позначених на когнітивній карті знаком «?».

На стабільність знакового графу та ефективність рішень впливають його структурні особливості, зокрема, наявність в графі циклів, позитивних і негативних зворотних зв'язків. Так знаковий граф, наведений на рис. 4.1 є ациклічним і не містить зворотних зв'язків. Згідно з цим графом збільшення вартості інформації обумовлює збільшення витрат на інформаційну безпеку, в результаті чого міцність захисту інформації підвищується. Таким чином, збільшення першої змінної через два додатні відношення причинності призводить до збільшення останньої змінної графу. Якщо б ці три змінні були з'єднані від'ємними дугами, так само збільшення першої змінної привело б до зростання третьої змінної, бо зростання першої змінної приводить до спадання другої, а спадання другої змінної – до зростання третьої.

На рис.4.3 наведений знаковий граф, що містить цикли. При розвитку інформаційного суспільства виникають нові інформаційні технології і сервіси, нові апаратні і програмні засоби, зростає доля інформаційних технологій у валовому національному продукті. Це приводить до появи нових вразливостей, нових засобів атак, які можуть застосовуватися

зловмисником і нових засобів захисту інформації. В той же час поява нових вразливостей сприяє появі нових засобів атак, що, в свою чергу, як і виявлення нових типів атак, спонукає фахівців з інформаційної безпеки розробляти нові засоби захисту. Поява

нових апаратних і програмних засобів та методів захисту інформації знищує певні вразливості і унеможливорює деякі види атак. Таким чином утворюється цикл, який містить як додатні, так і від'ємні зв'язки.

Наявність в системі від'ємного зворотного зв'язку зазвичай стабілізує систему, але в окремих випадках може привести до виникнення коливальних. Ці коливання, особливо в резонансних чи квазірезонансних режимах можуть привести до нестабільної ситуації. Додатний зворотний зв'язок викликає в системі тривалі лавиноподібні зміни в тому напрямі, в якому діяв перший впливовий фактор, що може бути поодиноким імпульсом.

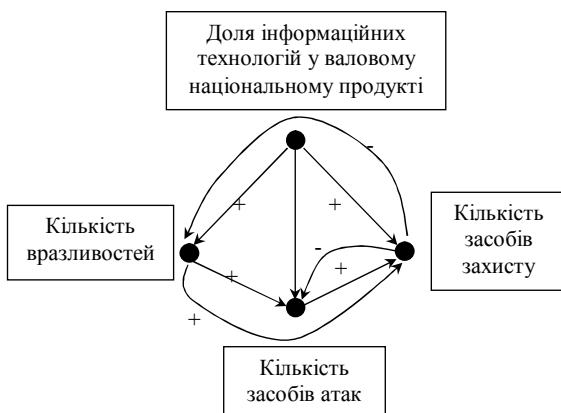


Рисунок 4.3 – Знаковий граф з циклами

При аналізі систем за допомогою когнітивних карт виявляються їх структурні особливості, зокрема цикли, і застосовуються наступні правила:

- зворотний зв'язок в циклі позитивний, якщо в циклі відсутні від'ємні дуги або їх кількість парна;
- шляхи або цикли з непарною кількістю від'ємних дуг протидіють первинній змінній;
- шляхи або цикли з парною кількістю від'ємних дуг, а також шляхи або цикли, що містять тільки додатні дуги, підсилюють дію первинної змінної;
- якщо зворотні зв'язки у всіх циклах позитивні, то сума зворотних зв'язків графу є позитивною;
- якщо зворотні зв'язки у всіх циклах негативні, то сума зворотних зв'язків графу є негативною.

Для визначення стабільності змінної треба дослідити її вплив на інші змінні (вершини, концепти) системи:

- знайти всі шляхи, які з'єднують дану вершину з іншими;
- визначити додатним чи від'ємним є вплив досліджуваної вершини по кожному шляху (вплив на кінцеву вершину шляху);
- визначити силу впливу досліджуваної вершини по кожному шляху, ввівши ваги ребер (зв'язків);
- знайти сумарний вплив даної вершини на кожну з інших.

Отримані результати дозволяють зробити висновок про стабільність чи нестабільність змінної, а множина висновків, отриманих для усіх вершин, – висновок про стабільність системи в цілому.

Когнітивні карти можуть застосовуватися як засіб підтримки прийняття рішень. В цьому випадку виникає три проблеми:

1. Проблема оцінки рішень. Якщо в когнітивній карті є декілька концептів, які визначають різні варіанти рішень, то потрібно визначити ті рішення (тобто вершини, змінні, концепти), які дають кращий позитивний ефект і мають бути прийнятні, та ті, що дають негативний ефект і мають бути відкинута.

2. Проблема передбачення наслідків прийнятих рішень, для вирішення якої необхідно перерахувати граф щоб отримати відповіді на наступні питання:

- якщо наслідки матиме зміна значень деяких змінних;
- які наслідки матиме зміна значень деяких відношень причинності;
- які наслідки матиме вилучення з карти деяких змінних та введення нових концептів.

3. Пояснення результатів і прийняття рішення.

Перевагою методу знакових графів при аналізі систем є можливість визначення результатів (хоча якісних і наближених) різних стратегій, тобто змін, які ми хочемо чи вимушені здійснити в досліджуваній системі. Ці зміни можуть

бути прогнозними або обумовленими факторами, на які ми не можемо впливати, тому дослідники лише намагаються оцінити їх можливі наслідки.

## Таблиці рішень

### Побудова таблиць рішень

**Таблиця рішень** (ТР, англ. *decision table*) – це спосіб компактного представлення моделі функціонування системи із складною логікою. ТР є матричним представленням сукупності правил вигляду IF (умова) THEN (дія), що відображає відповідність між множиною вхідних умов і множиною можливих дій (відображає множину вхідних умов в множину можливих дій). ТР в простій формі можуть представляти зв'язок між великою кількістю умов та дій.

В структурі ТР (рис. 4.4) виокремлюються:

– верхня частина – опис умов, кожна з яких може мати значення TRUE або FALSE (Так/Ні), та можливих комбінацій значень для всієї сукупності умов;

– нижня частина – опис можливих дій, припустимих в системі, і відповідності певної дії кожній можливій комбінації значень умов;

– ліва частина - опис умов і дій;

– права частина – всі можливі комбінації умов та послідовність дій, що відповідає кожній комбінації умов.

Наприклад, для ситуації «неочікувано погасло світло» ТР може мати вигляд, наведений на рис. 4.5. В даному прикладі у тому випадку, коли «Світло в сусідній кімнаті горить»=Так не потрібно перевіряти пробки чи кудись дзвонити, оскільки слід просто поміняти лампочку. Узагальнююча комбінація значень «Світло у сусідів горить»=Ні або «Світло у сусідів горить»=Так позначається в таблиці рішень як «-».

Таким чином, в ТР можуть розглядатися тільки ті умови, що передбачають прийняття певного рішення. Скорочення таблиці рішень, що містить всі можливі комбінації умов, до таблиці, що містить хоча б одну узагальнюючу комбінацію називається **редукцією**. Варіантів виконання умов

також може бути не два (Так чи Ні), а декілька, наприклад світло може мати різний колір (червоне, жовте, зелене тощо). В більш складних таблицях може застосовуватися нечітка логіка.

Наприклад в ТР рис.4.6 щодо можливості реалізації варіантів розвитку фірми в залежності від значення інтегрального показника К0, вказуються

| Умови | Варіанти виконання умов<br>(комбінації значень умов) |
|-------|------------------------------------------------------|
| Дії   | Необхідність дії для<br>комбінацій значень умов      |

Рисунок 4.4 – Структура ТР

|                                  |     |     |    |
|----------------------------------|-----|-----|----|
| Світло в сусідній кімнаті горить | Так | Ні  | Ні |
| Світло у сусідів горить          | -   | Так | Ні |
| Поміняти лампочку                | X   |     |    |
| Перевірити пробки                |     | X   |    |
| Позвонити електрику              |     | X   | X  |
| Подзвонити диспетчеру            |     |     | X  |

Рисунок 4.5 – Приклад ТР

10 можливих варіантів висновків (дій), які відповідають термам лінгвістичної змінної «Остаточний висновок щодо стратегії розвитку». Дії можуть бути елементарними або посилатися на інші таблиці прийняття рішень. Необхідність виконання дій може бути неупорядкованою, як на рис. 4.5, або впорядкованою. В останньому випадку при виконанні певної комбінації умов можливе виконання декількох дій, і в ТР для визначення ймовірності або доцільності певних дій із списку можливих вказуються їх пріоритети.

Побудову ТР рекомендується здійснювати в наступній послідовності:

1. Ідентифікувати всі умови (всі змінні) в специфікації.
2. Ідентифікувати всі значення, що може приймати кожна змінна.
3. Визначити кількість можливих комбінацій умов. Так, якщо всі умови є бінарними, то для  $N$  змінних існує  $2^N$  можливих комбінацій їх значень.
4. Ідентифікувати кожен можливу дію, яка може викликатися у специфікації.
5. Побудувати порожню таблицю, для розташування всіх можливих умов, комбінацій умов, номерів комбінацій умов та дій.
6. Занести в таблицю п.5 всі умови та можливі комбінації їх значень.
7. Провести редукцію комбінацій умов.
8. Занести в таблицю п.6 дії, що можуть виконуватися в системі, і номери комбінацій умов, що відповідають цим діям.
9. Визначити комбінації умов, для яких у специфікації відсутні відповідні дії.
10. Аналіз комбінацій умов п.9 і додавання, в разі потреби, в ТР певних дій для запобігання невизначеності в процесі функціонування системи.

| Значення підсумкового коефіцієнта впевненості | Висновок щодо можливості варіанта стратегічного розвитку |
|-----------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| $K0 = -1,0$                                   | Реалізувати не можна, умови відсутні                     |
| $-1,0 < K0 < -0,8$                            | Умов для реалізації практично немає                      |
| $-0,8 < K0 < -0,6$                            | Умов для реалізації майже немає                          |
| $-0,6 < K0 < -0,3$                            | Більшість свідчить «проти» ніж «за»                      |
| $-0,3 < K0 < +0,3$                            | Ситуація невизначеності                                  |
| $+0,3 < K0 < +0,6$                            | Можливості реалізації незначні                           |
| $+0,6 < K0 < +0,8$                            | Є всі умови для реалізації                               |
| $+0,8 < K0 < +1,0$                            | Практично напевно можна реалізувати                      |
| $K0 = +1,0$                                   | Є всі умови для реалізації, повна впевненість в успіху   |

Рисунок 4.6 – Приклад ТР з лінгвістичною змінною за інтегральним показником

При програмній реалізації ТР представляються сукупністю операторів типу IF-THEN. Наприклад, додаток повинен завантажити файли конфігурацій А та В, перевірити апаратуру користувача (дати йому можливість відрегулювати її) і запропонувати користувачу авторизуватися згідно з налаштуваннями файлу А.

При цьому, якщо користувач неавторизований, то завантаження файлу В і перевірка апаратури користувача є менш важливими, а після авторизації система має впевнитися у завантаженні другого файлу конфігурації В і правильності роботи апаратури. Перевірка конфігураційних файлів здійснюється в модулі ініціалізації додатку. Там же найчастіше проводиться перевірка апаратури, після чого користувачу надається форма реєстрації/авторизації. Умовою повної готовності додатку є сукупність наступних умов:

- файл А завантажено успішно;
- файл В завантажено успішно;
- авторизація успішна;
- налаштування апаратури виконане успішно.

Якщо задачі вирішуються в порядку їх надходження, то при програмуванні це задається оператором

```
if(aLoaded && bLoaded && userAuthorized && deviceAdjusted)
{ //application is ready }
```

Якщо користувач не авторизований при виконанні всіх інших умов, то слід вивести користувачу форму авторизації

```
if(aLoaded && bLoaded && !userAuthorized &&
deviceAdjusted)
{ //show authorization form }
```

Якщо обладнання не налагоджене при виконанні всіх інших умов, то слід вивести користувачу форму налаштування

```
if(aLoaded && bLoaded && userAuthorized &&
!deviceAdjusted)
{ //show settings form }
```

Можлива також ситуація, коли користувач є авторизованим, а обладнання не є налагодженим. Крім того, запит на авторизацію може надходити зразу, як тільки буде завантажений файл А. Таким чином, щоб визначити дії, кожного разу, коли встановлюється якийсь з прапорів умов, необхідно перевіряти всі умови. При додаванні ще однієї умови (наприклад, перегляд користувацької домовленості) доведеться переглядати попередні умови, яких на цей час може бути досить багато. Якщо знадобиться виключити 1-2 параметри з умов, то це буде вимагати змін в 5-6 місцях. При застосуванні ТР всі розглянуті вище умови є входними параметрами, що визначають той чи інший стан системи, тому таблиця рішень одночасно є матрицею станів системи рис. 4.7 і відрізнятися за структурою від рис. 4.4.

Варіантом таблиці рішень є дерево рішень, що є підтипом дерев цілей. Причому ТР використовується при великій кількості дій і можливих комбінацій умов, а дерево рішень – при їх відносно невеликій кількості. Головним недоліком

таблиць рішень є необхідність в ресурсах пам'яті для збереження всіх значень умов, пріоритетів дій, функцій належності термів лінгвістичних змінних тощо.

| aLoaded | bLoaded | userAuthorized | deviceAdjusted | userAgreedLicence | Action          |
|---------|---------|----------------|----------------|-------------------|-----------------|
| yes     | yes     | yes            | yes            | no                | User agreement  |
| yes     | yes     | yes            | no             | no                | User agreement  |
| yes     | yes     | yes            | no             | yes               | Setting         |
| yes     | yes     | no             | yes            | no                | User agreement  |
| yes     | yes     | no             | yes            | yes               | Login form      |
| yes     | yes     | no             | no             | no                | User agreement  |
| yes     | yes     | no             | no             | yes               | Settings        |
| no      | no      | no             | no             | no                | Loading process |

Рисунок 4.7 – Приклад ТР, що є матрицею станів системи, з лінгвістичною змінною

### Дерева цілей

#### **Види, структура та правила побудови дерева цілей**

Термін «**дерево цілей**» використовується для деревоподібних ієрархічних структур і (в залежності від мети досліджень) має не тільки різне змістовне навантаження вузлів і ребер, а й різні назви:

- **дерево рішень** використовується як засіб прийняття рішень; містить головне рішення, гілки, що відповідають декомпозиції рішення верхнього рівня і листя у вигляді рішення задач найглибшого рівня декомпозиції;

- **дерево цілей і функцій** використовується для виявлення і уточнення функцій керування; містить вузли, що відповідають головній цілі, підцілям і функціям, реалізувати які необхідно для досягнення відповідних цілей і підцілей. Листям таких дерев є функції;

- **дерево проблем** використовується для виявлення і дослідження проблематики предметної галузі, наприклад при плануванні науково-дослідних робіт, і містить головну проблему, підпроблеми і листя у вигляді задач;

- **дерево напрямків розвитку (дерево прогнозування розвитку, прогнозний граф)** використовується при прогнозуванні розвитку систем і містить ієрархічні представлення можливих сценаріїв розвитку досліджуваних систем. Листям таких дерев можуть бути елементарні події або значення кількісних параметрів, що характеризують стан системи;

- **дерево відмов (дерево наслідків)** використовується при аналізі надійності систем і наочно відображає можливу послідовність відмов обладнання або реалізації загроз в інформаційній системі з вказаними ймовірностями відмов. Листям таких дерев є елементи досліджуваної системи. За деревами відмов визначають ймовірності відмов елементів, підсистем і системи в цілому, ймовірність працездатності системи, найбільш критичні вузли з точки зору відмовостійкості підсистем і системи в цілому.

Метод дерева цілей орієнтований на одержання повної і відносно стійкої структури цілей, проблем, функцій тощо, тобто такої структури, яка була б відносно сталою протягом певного періоду, не зважаючи на зміни, які обов'язково відбуваються протягом цього періоду в самій системі або оточуючому середовищі системи, якщо вони є динамічними. Для цього при побудові дерева цілей необхідно враховувати закономірності утворення цілей для певної системи, яка функціонує в конкретному середовищі.

Коренем дерева цілей системи є мета системи, підцілі нижчих рівнів впливають з об'єктивних умов досягнення цілей верхнього рівня, мають ієрархічний характер і конкретизуються при просуванні вниз по ієрархії. Цілі верхнього рівня не можуть бути досягнуті, поки не досягнуті цілі найближчого нижнього рівня. У процесі побудови та використання дерева цілей необхідно передбачувати засоби кількісної чи порядкової оцінки ступеня досягнення цілей всіх рівнів ієрархії. При побудові дерева цілей до вибірки даних створюється ієрархічна структура класифікуючих правил типу IF-THEN, що має вигляд дерева.

Цілі діяльності системи необхідно конкретизувати за часом і виконавцями, тобто мету системи треба піддати декомпозиції на окремі задачі (підцілі), що розв'язуватимуться в коротші терміни різними виконавцями чи групами виконавців і є метою для них.

### **Метод Patteren**

Метод PATTERN (Planning Assistance Through Technical Evaluation Relevance Number), розроблений в RAND Corporation для наукових робіт військового характеру є одним з перших методів системного аналізу, в якому були визначені порядок та етапи роботи (рис. 4.8) зі структурою цілей у процесі прогнозування та планування.

На всіх етапах побудови дерева цілей приймають участь експерти, які в своїй діяльності керуються наступними принципами:

- дерево цілей є структурою, що пов'язує між собою як причину, так і наслідок - головні цілі системи з задачами, завданнями та засобами їх забезпечення;
- змістовна частина дерева цілей будується на ґрунті складеного прогнозу, наприклад, політичної картини світу на планований період;
- не розглядаються розв'язані задачі, а також задачі, розв'язок яких очікується в найближчі роки;
- для елементів дерева обчислюються коефіцієнти відносної важливості (КВВ), коефіцієнти «стан-строк» (КСС) та коефіцієнти взаємної корисності (КВК), які використовуються для планування робіт та розподілу ресурсів.

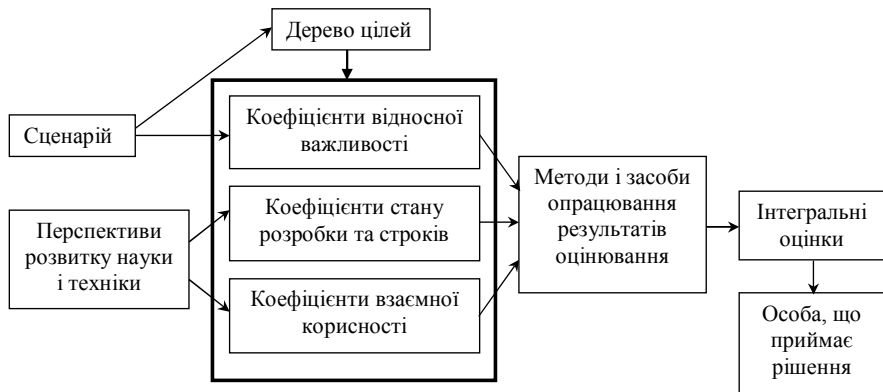


Рисунок 4.8 – Етапи та елементи PATTERN

**Коефіцієнти відносної важливості**  $q_{jv}$  визначаються для кожної дуги, що виходить з кожного  $j$ -го вузла ( $j$ -ої цілі)  $i$ -го рівня і входить у  $v$ -ий вузол ( $i+1$ )-го рівня. Коефіцієнт  $q_{jv}$  відображає значимість  $v$ -ого елемента ( $i+1$ )-го рівня для досягнення  $j$ -ої цілі  $i$ -го рівня. При цьому  $0 \leq q_{jv} \leq 1$  і сума КВВ всіх дуг  $v_{\max}^{ji}$ ,

що виходять з  $j$ -го вузла  $i$ -го рівня дорівнює одиниці  $\sum_{v=1}^{v_{\max}^{ji}} q_{jv}^i = 1$ .

**Коефіцієнт взаємної корисності (КВК)**  $p_j^i$ ,  $\left( 0 \leq p_j^i \leq 1, \sum_{j=1}^{j_{\max}^i} p_j^i \right)$

характеризує відносну значимість  $j$ -ої цілі серед усіх  $j_{\max}^i$  цілей  $i$ -го рівня ієрархії і залежить від кількості та ваги зв'язків цієї цілі з цілями вищих рангів. КВК кореня дерева  $X_0$ , тобто цілі нульового рівня  $p_1^0 = 1$ . КВК цілей першого рівня дорівнюють КВВ дуг, що виходять з кореня дерева  $p_j^1 = q_{0j}^0$ ,  $j = 1, j_{\max}^1$ .

Таким чином, кожна вершина дерева цілей характеризується певним значенням  $p_j^i$  та вектором  $q_{jv}$ . Всі вектори-стовпчики  $q_{jv}$  утворюють матрицю  $Q_{i,i+1}$ , яка називається **матрицею «цілі-засоби»**. Всі значення  $p_j^i$  для певного  $i$ -го рівня ієрархії утворюють стовпчик КВК  $p^i$ . Якщо для  $i$ -го рівня ієрархії відомий вектор-стовпчик КВК  $p^i$  і матриця  $Q_{i,i+1}$ , то вектор КВК  $p^{i+1}$  для цілей наступного  $(i+1)$ -го рівня визначаються за формулою  $p^{i+1} = Q_{i,i+1} \times p^i$ .

**Коефіцієнт «стан-строк»** відображає стан розробки, яка досліджується, та можливий строк її завершення і визначається для двох останніх рівнів дерева цілей.

### **Дерева відмов**

#### **Основні терміни і визначення**

**Дерево відмов** є одним із видів дерева наслідків, що є окремим випадком дерева цілей, і використовується як назва деревоподібних ієрархічних структур при аналізі надійності систем. Воно наочно відображає можливу послідовність відмов обладнання або реалізації загроз в інформаційній системі з вказаними ймовірностями відмов. Листям таких дерев є елементи досліджуваної системи. За деревами відмов визначають ймовірності відмов елементів, підсистем і системи в цілому, ймовірність працездатності системи, найбільш критичні вузли з точки зору відмовостійкості підсистем і системи в цілому.

**Потенційне джерело шкоди** – явища, процеси, об'єкти, властивості, здатні за певних умов негативно вплинути на показники якості функціонування системи. Стан середовища за умови відсутності потенційних джерел шкоди можна вважати безпечним, але лише теоретично і з певною ймовірністю.

**Безпека** – стан системи, при якому рівень небезпеки не перевищує заданих граничних значень. Часто визначення поняття «безпека» формують як відсутність небезпеки, хоча реально завжди існує деяка ймовірність виникнення небезпечних ситуацій.

**Небезпека** – негативна властивість живої та неживої матерії, що здатна спричиняти шкоду системі. Небезпека існує у просторі, реалізується у вигляді потоків енергії. Різні об'єкти на одну і ту ж небезпеку реагують по різному.

**Джерелами (носіями) небезпек є:** природні процеси та явища; елементи техногенного середовища; людські дії, що приховують у собі загрозу безпеки; соціально – політичні дії, процеси, явища; комбіновані дії, процеси та явища.

Кожна система призначена для виконання певних функцій, серед яких виділяють основну функцію, що відповідає меті існування (призначенню) системи.

**Основна функція** – функція або сукупність функцій, виконання яких розглядається як необхідна умова відповідності об'єкта його призначенню. За характером впливу відмов на виконання задачі системи розділяються на прості та складні.

**Відмова** – подія, яка полягає у втраті об'єктом здатності виконувати задані функції із заданими характеристиками в певних умовах експлуатації протягом певного інтервалу часу. Внаслідок складності фізичних процесів, які приводять до відмов, неможливості врахувати всі початкові умови і випадкового характеру навантажень в процесі експлуатації, відмови вважаються випадковими подіями, тобто задана структура об'єкта і умови його експлуатації не визначають

точно моменти настання відмов. Це зумовлює використання в якості основних математичних апаратів теорії надійності математичної статистики, теорії ймовірностей, теорії випадкових функцій. „Відмова” є подією на відміну від „несправності”, яка є станом і причиною відмови.

**Проста система** при відмові елемента або повністю припиняє виконання своїх функцій, або продовжує виконувати їх в повному обсязі при наявності елемента резервування.

**Складна система** в разі наявності функціональної надлишковості при відмові окремих елементів і підсистем продовжує виконувати задачі при деякому зниженні ефективності.

**Системи, які вимагають обслуговування в процесі роботи**, – це системи, для функціонування яких необхідна організація технічного обслуговування.

**Системи, які не вимагають обслуговування в процесі роботи**, – системи, для яких не є обов’язковим проведення ремонтно-профілактичних робіт.

**Надійність об’єкта** – властивість об’єкта зберігати здатність виконувати задані функції із заданими характеристиками в певних умовах експлуатації протягом певного інтервалу часу. Надійність є комплексною властивістю, яка в залежності від призначення об’єкта і умов його застосування може включати безвідмовність, довговічність, ремонтпридатність, збереженість або окремі сполучення цих властивостей.

**Показники надійності** – кількісні характеристики властивостей об’єкта зберігати здатність виконувати задані функції із заданими характеристиками в певних умовах експлуатації протягом певного інтервалу часу.

**Ремонтпридатний об’єкт** – об’єкт, ремонт якого можливий і передбачений нормативно-технічною, ремонтною і (або) конструкторською (проектною) документацією.

**Неремонтпридатний об’єкт** – об’єкт, ремонт якого неможливий або непередбачений нормативно-технічною, ремонтною і (або) конструкторською (проектною) документацією.

**Відновлюваний об’єкт** – ремонтпридатний об’єкт, який після відмови і усунення несправності знову здатен виконувати необхідні функції із заданими кількісними показниками надійності.

**Невідновлюваний об’єкт** – об’єкт, ремонт якого неможливий, об’єкт, який не дозволяє відновити працездатність із заданими кількісними показниками надійності. Тобто невідновлюваний об’єкт може бути ремонтпридатним або неремонтпридатним.

**Безвідмовність** – властивість об’єкта виконувати необхідні функції протягом заданого інтервалу часу або наробики.

**Довговічність** – властивість об’єкта виконувати покладені на нього функції до досягнення граничного стану при певній системі технічного обслуговування і ремонту.

**Збереженість** – властивість об’єкта зберігати в заданих межах значення параметрів, які характеризують здатність об’єкта виконувати покладені на нього функції, протягом і після зберігання і (або) транспортування.

**Ремонтопридатність** – властивість об’єкта підтримувати і відновлювати стани, в яких він здатен виконувати потрібні функції, за допомогою певної системи технічного обслуговування і ремонту.

**Готовність** – властивість об’єкта бути здатним виконувати покладені на нього функції в заданих умовах, в даний момент часу або протягом заданого інтервалу часу при умові забезпечення необхідними зовнішніми ресурсами.

**Працездатний стан об’єкта (працездатність)** – стан об’єкта, в якому він здатен виконувати всі покладені на нього функції.

**Непрацездатний стан об’єкта (непрацездатність)** – стан об’єкта, в якому він не здатен виконувати хоча б одну з покладених на нього функцій.

**Граничний стан** – стан об’єкта, в якому його подальша експлуатація неприпустима чи недоцільна, або відновлення його працездатного стану неможливе або недоцільне.

**Резервування** – спосіб забезпечення надійності об’єкта за рахунок використання додаткових засобів і (або) можливостей, які є надлишковими по відношенню до мінімально необхідних для виконання покладених на об’єкт функцій. Для резервування використовуються:

- резервні елементи структури об’єкта (структурне резервування);
- резервування із застосуванням резервів часу (часове резервування);
- резервування із застосуванням резервів інформації (інформаційне резервування);
- резервування, при якому використовується здатність елементів об’єкта виконувати додаткові функції (функціональне резервування);
- резервування, при якому використовується здатність елементів об’єкта сприймати додаткові навантаження вищі за номінальні (навантажувальне резервування) та ін.

Резервування може бути двох видів:

–**постійне резервування**, при якому основний і всі резервні (надлишкові) елементи знаходяться в однакових умовах (в робочому режимі) і одночасно виконують одні й ті ж самі задані функції;

–**резервування із заміщенням**, при якому резервний елемент починає виконувати функції головного тільки після того, як головний елемент відмовив і був виключений з роботи за допомогою перемикача.

**Надзвичайна ситуація (НС)** – будь-яка подія, при якій відбувається порушення нормальних умов функціонування системи, і яка може призвести або призводить до загибелі людей та/або до значних матеріальних втрат. НС може бути спричинена катастрофою, аварією, пожежею, стихійним лихом, епідемією, атаками

зловмисників на об'єкти критичної інфраструктури тощо. НС мають різні масштаби за кількістю жертв, за кількістю людей, яким завдано моральної шкоди, за розмірами економічних збитків, площею території, на якій вони розвивались, тощо. Постановою Кабінету Міністрів України №1099 від 15.07.98 затверджено «Положення про класифікацію надзвичайних ситуацій», згідно з яким залежно від територіального поширення, обсягів заподіяних або очікуваних економічних збитків, кількості людей, які загинули, розрізняють чотири рівні НС:

–**надзвичайна ситуація загальнодержавного рівня** – НС, яка розвивається на території двох та більше областей або загрожує транскордонним перенесенням, а також у разі, коли для її ліквідації необхідні матеріальні і технічні ресурси в обсягах, що перевищують власні можливості окремої області, але не менше одного відсотка обсягу видатків відповідного бюджету;

–**надзвичайна ситуація регіонального рівня** – НС, яка розвивається на території двох або більше адміністративних районів областей, міст обласного значення або загрожує перенесенням на територію суміжної області України, а також у разі, коли для її ліквідації необхідні матеріальні і технічні ресурси в обсягах, що перевищують власні можливості окремого району, але не менше одного відсотка обсягу видатків відповідного бюджету;

–**надзвичайна ситуація місцевого рівня** – НС, яка виходить за межі потенційно небезпечного об'єкта, загрожує поширенням самої ситуації або її вторинних наслідків на довкілля, сусідні населені пункти, інженерні споруди, а також у разі, коли для її ліквідації необхідні матеріальні і технічні ресурси в обсягах, що перевищують власні можливості потенційно небезпечного об'єкта, але не менше одного відсотка обсягу видатків відповідного бюджету. До місцевого рівня також належать всі надзвичайні ситуації, які виникають на об'єктах житлово-комунальної сфери та інших, що не входять до затверджених переліків потенційно небезпечних об'єктів;

–**надзвичайна ситуація об'єктового рівня** – це НС, яка не підпадає під зазначені вище визначення, тобто така, що розгортається на території об'єкта або на самому об'єкті і наслідки якої не виходять за межі об'єкта або його санітарно-захисної зони.

Крім того часто виділяють:

- індивідуальні НС, коли виникає загроза лише для однієї особи;
- надзвичайні ситуації рівня мікроколективу, тобто коли загроза їх виникнення чи розповсюдження наслідків стосується сім'ї, виробничої бригади, пасажирів одного купе тощо;
- надзвичайні ситуації рівня колективу;
- надзвичайні ситуації рівня макроколективу;
- надзвичайні ситуації для жителів континенту;
- надзвичайні ситуації для всього людства.

Як правило, чим більша кількість людей потрапляє під негативний вплив надзвичайної ситуації, тим більшу територію вона охоплює. І навпаки, при більшій площі поширення НС від неї страждає більша кількість людей. Через це існуючі класифікації надзвичайних ситуацій за масштабом найчастіше базуються на територіальному принципі.

Положення про класифікацію НС за характером походження подій, котрі зумовлюють виникнення надзвичайних ситуацій на території України, розрізняє чотири класи надзвичайних ситуацій – надзвичайні ситуації техногенного, природного, соціально-політичного, військового характеру. Кожен клас надзвичайних ситуацій поділяється на групи, які містять конкретні їх види. Кожен вид надзвичайної ситуації має певний спектр вражаючих факторів, які мають різноманітні наслідки для оточуючого середовища, соціуму, об'єктів живої та неживої природи, технічних споруд тощо.

**Надзвичайні ситуації природного характеру** – це небезпечні геологічні, метеорологічні, гідрологічні морські та прісноводні явища, деградація ґрунтів чи надр, природні пожежі, зміна стану повітряного басейну, інфекційна захворюваність людей, сільськогосподарських тварин, масове ураження сільськогосподарських рослин хворобами чи шкідниками, зміна стану водних ресурсів та біосфери тощо.

**Стихійні лиха** – це природні явища, які мають надзвичайний характер та призводять до порушення нормальної діяльності населення, загибелі людей, руйнування і нищення матеріальних цінностей (повені, цунамі, тропічні циклони, землетруси, посухи урагани тощо). За місцем локалізації стихійні лиха поділяють на: геологічні процеси та явища, метеорологічні, гідрологічні, біологічні, пожежі. Найбільш небезпечними важкопрогнозованими природними явищами є землетруси. Вражаючі фактори землетрусів поділяються на первинні (зміщення, викривлення, вібрація, ущільнення, просідання, тріщини ґрунтів; викид природних підземних газів) і вторинні (обвали, зсуви; обвалення споруд; обрив ліній електропередач, газопровідних та каналізаційних мереж; вибухи, пожежі; аварії на небезпечних об'єктах, транспорті). Найчастіше зустрічається таке небезпечне природне явище як блискавка, вражаючі фактори котрої також поділяються на первинні (прямий удар струмом до тисяч ампер, світлове випромінювання, ударна хвиля) і вторинні (руйнування об'єктів, розщеплення дерев, пожежі, вибухи за рахунок швидкого випаровування матеріалу; обрив ліній електропередач; електричний розряд з проводів і електроапаратури; різниця потенціалів між окремими предметами усередині будинків; руйнування ізоляції електроустановок, пробій на корпус). Удар блискавки завдає непоправної шкоди всьому електричному обладнанню, яке знаходиться на об'єкті, і небезпечний для живих істот.

**Надзвичайні ситуації техногенного характеру** — це транспортні аварії (катастрофи), пожежі, неспровоковані вибухи чи їх загроза, аварії з викидом (загрозою викиду) небезпечних хімічних, радіоактивних, біологічних речовин, раптове руйнування споруд та будівель, аварії на інженерних мережах і спорудах життєзабезпечення, гідродинамічні аварії на греблях, дамбах тощо. В процесі технічної революції виникли процеси, не властиві біосфері: отримання нових речовин (в тому числі органічних), виробництво енергії на атомних електростанціях, синтез генетично модифікованих організмів. Відбувається просторова концентрація синтетичних хімічних сполук, більша частина котрих отруйна, а також концентрація енергії (найчастіше в межах населених пунктів), зумовлена зростанням споживаних у виробництві і побуті енергетичних потужностей. Внаслідок цього різко зросло забруднення навколишнього середовища, зникають певні види рослин і тварин. Все більше людей гине внаслідок НС техногенного походження, аварій на виробництві і транспорті, в тому числі — НС, зумовлених порушеннями інформаційної безпеки в автоматичних і автоматизованих системах.

**Аварія** — це небезпечна подія техногенного характеру, що створює на об'єкті, території або акваторії загрозу для життя і здоров'я людей і призводить до руйнування будівель, споруд, обладнання і транспортних засобів, порушення виробничого процесу чи завдає шкоди довкіллю. Вплив аварій подеколи переходить кордони держав і може тривати багатьох років. Ліквідація наслідків таких аварій потребує великих коштів та залучення багатьох спеціалістів.

**Катастрофа** - особливо важка аварія, тобто аварія, що призводить до важких наслідків системи, змінює умови середовища існування. Для організації ефективної роботи із запобігання НС, ліквідації їхніх наслідків важливо знати причини їх виникнення та володіти теорією виникнення катастроф.

**Пожежа** — позарегламентний процес знищення або пошкодження вогнем майна, під час якого виникають чинники, небезпечні для живих істот і довкілля. Основними вражаючими факторами пожежі є відкритий вогонь та іскри; теплове випромінювання, підвищена температура навколишнього середовища і предметів; дим; знижена концентрація кисню в повітрі зони пожежі; загазованість приміщень і території токсичними продуктами горіння, такими як: синильна кислота, окис вуглецю, фосген; потенційна можливість вибуху. Щорічно в Україні відбуваються десятки тисяч пожеж, що супроводжуються загибеллю тисяч людей, тобто ймовірність виникнення пожежі на об'єкті інформаційної діяльності є досить великою.

**Вибух** — це подія, що відбувається раптово (стрімко, миттєво), при якій виникає короткочасний процес перетворення речовини з виділенням великої кількості енергії в обмеженому об'ємі. До вражаючих факторів вибуху відносяться повітряна ударна хвиля; осколкові поля, створювані летючими

уламками; металний вплив навколишніх предметів, їх уламків; висока температура полум'я; вплив токсичних продуктів вибуху і горіння; світлове випромінювання; різкий звук.

Транспортні засоби, зокрема, мореплавство, пов'язані з можливістю аварій, катастроф та ризиком для життя людини. Можливий ризик для людського життя на морських транспортних засобах значно вищий, ніж на авіаційних та залізничних видах, але нижчий, ніж на автомобільних. У світі щорічно зазнають аварій понад 8000 кораблів, з них гине понад 200 одиниць. Безпосередня небезпека для життя під час аварії виникає для 6000 людей, з яких біля 2000 гине. Особливістю сучасних суден є наявність великої кількості систем, функціонування яких базується на різноманітній інформації, що передається по як по провідниковим так і по безпроводним каналам. Порушення конфіденційності, цілісності або доступності інформації в таких взаємопов'язаних системах може не тільки привести до значних економічних втрат, а й до поламак обладнання, що безпосередньо впливає на життєздатність судна. Тому для суднових інформаційних технологій захищеність інформації є особливо актуальною.

Інформаційні технології в інформаційному суспільстві впроваджені в усі сфери людської діяльності, у зв'язку з чим ефективність побудови і використання інформаційних систем, їх захищеність, безвідмовність є надзвичайно важливими. Виявлення комп'ютерних атак на інформаційні телекомунікаційні системи (ІТКС) є одним із завдань, вирішення якого дозволяє підвищити захищеність ІТКС в процесі їх функціонування і розвитку.

**Об'єкт інформаційної діяльності** – інженерно-технічна споруда, приміщення з визначеною контрольованою зоною, де здійснюється адміністративна, фінансово-економічна, виробнича, науково-технологічна та інша діяльність, пов'язана з інформацією, що підлягає захисту від витоку технічними каналами та спеціальних впливів.

**Атака** – спроба реалізації загрози. Комп'ютерної атакою на ІТКС вважаються дії, спрямовані на реалізацію загроз несанкціонованого доступу до інформації, впливу на неї або на ресурси ІТКС із застосуванням програмних або технічних засобів. Здійснення комп'ютерної атаки відбувається при наявності вразливостей в системі (точок несанкціонованого доступу до інформаційних ресурсів та комунікаційного обладнання ІТКС або при наявності потенційного внутрішнього порушника з повноваженнями штатного оператора в територіально-розподіленій обчислювальній мережі). Наслідками впливів комп'ютерних атак можуть стати блокування керуючої інформації та впровадження неправдивої інформації, порушення встановлених правил збору, обробки і передачі інформації в комплексах засобів автоматизації, відмови і збої в роботі ІТКС, а також компрометація одержуваної споживачами інформації.

Міждержавні стосунки і політичне протистояння часто знаходить продовження в Інтернеті у вигляді кібервійни: вандалізму, пропаганді, шпигунстві, та безпосередніх атаках на комп'ютерні системи та сервери. Відповідно спеціалісти виділяють такі види атак в Інтернеті:

- вандалізм – використання хакерами Інтернету для паплюження web-сторінок, заміни змісту образливими чи пропагандистськими зображеннями.
- пропаганда – розсилка звернень пропагандистського характеру, або вставка пропаганди в зміст інших інтернет сторінок.
- збір інформації – зламування приватних сторінок чи серверів для збору секретної інформації чи її заміни на фальшиву, корисну іншій державі.
- відмова сервісу – атаки з різних комп'ютерів для унеможливлення функціонування сайтів чи комп'ютерних систем.
- втручання в роботу обладнання – атаки на комп'ютери, які займаються контролем над роботою цивільного чи військового обладнання, що призводить до його відключення чи поламки.
- атаки на об'єкти, які забезпечують життєдіяльність населених пунктів – атаки на автоматизовані телефонні системи, системи водопостачання, електроенергетичні мережі, пожежну охорону, транспорт тощо.

**Мережна війна** (англ. *Net-warfare*) – форма ведення конфліктів, що ведеться з використанням мережних технологій (не тільки Інтернет: маються на увазі технології властиві нетократії), коли її учасники застосовують мережеві форми організації, стратегії та технології, пристосовані до сучасної інформаційної доби. Звичайними учасниками таких мереж можуть бути терористи, кримінальні угруповання, громадські організації та соціальні рухи, які використовують децентралізацію та є гнучкими мережевими соціальними структурами. Мережна війна спрямована передусім на дестабілізацію комп'ютерних систем і доступу до Інтернету державних установ, фінансових та ділових центрів і створення хаосу в житті країн, які покладаються на Інтернет у повсякденному житті.

**Нетократія** (англ. *Netocracy*) – це нова форма управління суспільством, в рамках якої основною цінністю є не матеріальні предмети (гроші, нерухомість тощо), а інформація. Повноцінний доступ до достовірної інформації і маніпуляції з нею забезпечують владу над рештою учасників того чи іншого соціуму (суспільства, країни, держави). Вперше термін використаний в книзі «Нетократія» (А.Зодерквіст), де також описується нова організація суспільства: в інформаційному суспільстві найважливішим мемом буде те, що можна уявити як вузол в рибальській сітці, певний портал влади (на зразок інтернет-порталу), сполучна ланка у всеохоплюючій мережі. Навколо цього феномену формується найважливіший кластер інформаційної парадигми – Нетократична мережа.

**Надзвичайні ситуації соціально-політичного характеру** — це ситуації, пов'язані з протиправними діями терористичного та антиконституційного спрямування: здійснення або реальна загроза терористичного акту (збройний напад, захоплення і затримання важливих об'єктів, ядерних установок і матеріалів, систем зв'язку та телекомунікацій, напад чи замах на екіпаж повітряного чи морського судна), викрадення (спроба викрадення) чи знищення суден, встановлення вибухових пристроїв у громадських місцях, викрадення або захоплення зброї, виявлення застарілих боєприпасів тощо.

**Надзвичайні ситуації військового характеру** — це ситуації, пов'язані з наслідками застосування зброї масового ураження або звичайних засобів ураження, під час яких виникають вторинні фактори ураження населення внаслідок руйнування атомних і гідроелектричних станцій, складів і сховищ радіоактивних і токсичних речовин та відходів, нафтопродуктів, вибухівки, сильнодіючих отруйних речовин, токсичних відходів, нафтопродуктів, транспортних та інженерних комунікацій тощо.

Аналіз причин виходу з ладу систем і можливих помилкових дій людини сприяє підвищенню безпеки (зниженню ризику реалізації небезпеки) за рахунок упровадження захисних заходів і підвищення вимог до професійної підготовки працівників. З цією метою використовують аналіз ризику виникнення небезпек на основі наступних документів:

Кодекс цивільного захисту України, який регулює відносини, пов'язані із захистом населення, територій, навколишнього природного середовища та майна від надзвичайних ситуацій, реагуванням на них, функціонуванням єдиної державної системи цивільного захисту, та визначає повноваження органів державної влади, органів місцевого самоврядування, права та обов'язки громадян України, іноземців та осіб без громадянства, підприємств, установ та організацій незалежно від форми власності;

- Закон України «Про основи національної безпеки України», який визначає особливості захисту населення, території, навколишнього природного середовища і майна у мирний час, а також в особливий період;

- Закон України «Про об'єкти підвищеної безпеки», який визначає правові, економічні, соціальні та організаційні основи діяльності, пов'язаної з об'єктами підвищеної безпеки, і спрямований на захист життя і здоров'я людей та довкілля від шкідливого впливу аварій на цих об'єктах шляхом запобігання їх виникненню, обмеження (локалізації) розвитку і ліквідації наслідків;

- Постанова Кабінету міністрів України від 29 лютого 2012 р. № 306;
- методи і методики визначення надійності апаратних і програмних засобів (ймовірностей збоїв, відмов) та надійності персоналу (ймовірність належності працівника до внутрішніх зловмисників, ймовірність зумисної шкідливої дії, ймовірність певної випадкової помилки тощо) для системи

певного функціонального призначення;

- сукупність документів НД ТЗІ, що містять критерії і методики оцінювання ефективності захисту інформації.

### **Концепція припустимого ризику**

Дослідження стійкості роботи систем за допомогою дерева відмов проводиться з метою виявлення та подальшого усунення або зменшення вірогідності виникнення відмов та аварій, що можуть привести до виходу з ладу окремих або одночасно декількох елементів системи. Для комплексних систем захисту інформації як наслідок відмови елемента системи технічного або криптографічного захисту інформації може розглядатися порушення конфіденційності, цілісності або доступності інформації на певному носії із заданим рівнем секретності. Аналогічні наслідки мають успішно реалізовані атаки злоумисника, що використовують існуючі вразливості системи захисту. Успіх атаки може бути обумовлений як відмовою засобу чи ланцюга засобів захисту, так і їх нездатністю успішно протидіяти певному виду атаки, наприклад, нездатністю системи антивірусного захисту розпізнати новий вид вірусу. Таким чином, при аналізі систем захисту інформації слід приймати до уваги ймовірність виникнення певної загрози інформаційній безпеці і ймовірність успішної реалізації загрози внаслідок відмов та недоліків елементів системи захисту, що в сукупності можуть розглядатися як відмова системи захисту протидіяти певній загрозі, яка характеризується ймовірністю виникнення і можливими збитками.

**Ризик** – комплексна оцінка небезпеки, що в кількісному вираженні в загальному випадку визначається як добуток величини небезпеки на частоту її виникнення. За ступенем припустимості ризик буває:

- **знехтуваний ризик**, який має настільки малий рівень, що він перебуває в межах допустимих відхилень природного (фонового) рівня;

- **прийнятний ризик** – ризик такого рівня, який суспільство може прийняти (дозволити), враховуючи техніко-економічні та соціальні можливості на даному етапі свого розвитку;

- **гранично допустимий ризик** – максимальний ризик, який не повинен перевищуватись, незважаючи на очікуваний результат;

- **надмірний ризик**, який характеризується виключно високим рівнем і у переважній більшості випадків призводить до негативних наслідків.

На практиці досягти нульового рівня ризику, тобто абсолютної безпеки, неможливо, і величини знехтуваного ризику в загальному випадку не регламентуються. Тому прийнятність певного рішення базується на **концепції прийнятного (допустимого) ризику**, сутність якої полягає у прагненні досягти такої малої безпеки, яку сприймає суспільство у даний час, виходячи з рівня життя, соціально-політичного та економічного становища, розвитку науки та техніки.

Прийнятний ризик поєднує технічні, економічні, соціальні та політичні аспекти проблеми і є певним компромісом між рівнем безпеки й можливостями її досягнення. Розмір прийнятного ризику можна визначити, використовуючи витратний механізм, який дозволяє розподілити витрати на досягнення заданого рівня безпеки між природною, техногенною та соціальною сферами. З графіка рис.4.9, який ілюструє спрощений приклад, видно, що зі збільшенням витрат на забезпечення безпеки технічних систем в умовах обмеженості коштів технічний ризик зменшується, але зростає соціально-економічний, оскільки кількість коштів, що йдуть у цю сферу, зменшується. Витрачаючи надмірні кошти на підвищення безпеки технічних систем, можна завдати збитків соціальній сфері. Як видно з рис.4.9, існує оптимальна величина коштів, які мають вкладатися в технічну систему безпеки, щоб забезпечити мінімальний коефіцієнт індивідуального ризику. Ділянка «Зона прийнятного ризику» (рис. 4.9) є оптимальною щодо забезпечення мінімального ризику. Ліворуч від цієї ділянки високий коефіцієнт індивідуального ризику зумовлений недосконалістю технічної системи, а праворуч – низьким рівнем соціально-економічної безпеки. Сумарний ризик має мінімум при певному співвідношенні інвестицій у технічну та соціальну сфери, що слід потрібно враховувати при виборі прийнятного ризику. Так малим вважається індивідуальний ризик загибелі людини, що дорівнює  $10^{-8}$  на рік, а максимально прийнятним рівнем індивідуального ризику загибелі людини звичайно вважається  $10^{-6}$  на рік. На рис. 4.9 зона прийнятного ризику визначена, виходячи із цих значень.

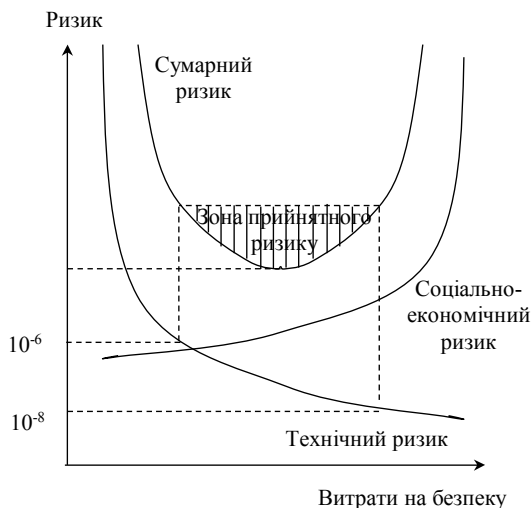


Рисунок 4.9 – Визначення зони прийнятного ризику

Концепція прийнятного ризику може бути ефективно застосована для будь-якої сфери діяльності, оскільки завжди існує деякий рівень залишкового ризику, що є неминучим. Рішення щодо того, чи є ризик прийнятним, приймає відповідне керівництво, виходячи найчастіше із вартості ризику, оскільки головним завданням управління є і завжди буде визначення потенційних втрат.

Постанова Кабінету міністрів України від 29 лютого 2012 р. №306 затверджує критерії, за якими оцінюється ступінь ризику від провадження господарської діяльності та визначається періодичність здійснення планових заходів державного нагляду (контролю) у сфері техногенної та пожежної безпеки.

Ризик-орієнтований підхід в питаннях управління безпекою полягає у порівнянні поточного ризику з припустимим (прийнятним) ризиком і розробці на підставі цього порівняння рішень до виконання. Існує два шляхи встановлення гранично прийнятного ризику:

- декларативний підхід, при якому значення прийнятного ризику встановлюється відповідно до нормативно-правових актів – законів, стандартів, правил, норм, якими визначені гранично допустимі (максимальні чи мінімальні) параметри певних чинників;

- обґрунтований підхід, при якому прийнятний ризик визначається шляхом зіставлення окремих видів ризику з рівнями природного ризику.

Кінцеве значення оптимального гранично прийнятного ризику встановлюється балансовими розрахунками між витратами, необхідними для підтримання зазначеного рівня безпеки, і величинами відвернутих збитків.

Порядок пріоритетів при розробці будь-якого проекту вимагає, щоб вже на перших стадіях його розробки були враховані, наскільки це можливо, елементи, що виключають небезпеку. Якщо виявлену небезпеку неможливо виключити повністю, то слід знизити ймовірність ризику до припустимого рівня, що, як правило, можна здійснити кількома шляхами, наприклад:

- повною або частковою відмовою від робіт, операцій та систем, які мають високий ступінь небезпеки;
- заміною небезпечних операцій іншими – менш небезпечними;
- удосконаленням технічних систем та об'єктів;
- розробкою та використанням спеціальних засобів захисту;
- заходами організаційно-управлінського характеру, в тому числі контролем за рівнем безпеки, навчанням людей з питань безпеки, стимулюванням безпечної роботи та поведінки.

Кожен із зазначених напрямів має свої переваги і недоліки, і тому часто заздалегідь важко сказати, який з них кращий. Як правило, для підвищення рівня безпеки завжди використовується комплекс цих заходів та засобів. Для того щоб

надати перевагу конкретним заходам та засобам або певному їх комплексу, порівнюють витрати на ці заходи та засоби і рівень зменшення шкоди, який очікується в результаті їх запровадження. Такий підхід до зменшення ризику небезпеки називається **управлінням ризиком**.

Рис. 4.10 графічно ілюструє модель індексу очікуваних втрат, яка базується на вартості втрат у системі порівняно з вірогідністю цих втрат. Прийнятна вартість небезпечної ситуації визначена індексом п'ять (насправді можна використовувати будь-який індекс, це призведе лише до зміни нахилу лінії). Приклад на рис.4.10 стосується тільки матеріальних втрат. Можлива шкода персоналу (смерть, травми, захворювання) в даному прикладі не розглядається. В разі шкоди персоналу значення втрат у системі та пов'язані з цим витрати повинні бути переглянуті. Ілюстрація рис.4.10. відповідає системі, в якій допускається прийнятним індекс очікуваних втрат (ризик) 5: прийнятною є небезпечна ситуація з ймовірністю 1 з 1000 ( $10^{-3}$ ), якщо витрати менші або дорівнюють 5000 доларів. Так само прийнятною вважається втрата 5000000 доларів, якщо можливість такої ситуації – 1 з  $10^6$  (ймовірність  $10^{-6}$ ). Для рис. 4.10 справедливо  $5000 \cdot 10^{-3} = 5000000 \cdot 10^{-6} = 5$ . Використовуючи цю концепцію як базову лінію, можна визначити якісні та кількісні межі для будь-яких інших ситуацій. Проте, оскільки залежність вартості витрат від ризику встановлюється на фазі розробки проекту, в процесі його реалізації іноді стає очевидним, що деякі обставини змушують збільшити ризик порівняно з програмованим. Іншим аспектом того, як встановлюється співвідношення витрат з розміром прийнятного ризику, є можливість контролювання чи ліквідації ризику. Деякі небезпеки, що мають відносно низький рівень ризику, вважаються неприпустимими, тому що їх досить легко контролювати та ліквідувати. З плином часу різні заходи та методи, які використовуються для вирішення відповідних задач, удосконалюються, розширюючи можливості дослідження систем, визначення небезпек, контролю за цими небезпеками, зниження ризику до прийнятного рівня при роботі з цими системами.

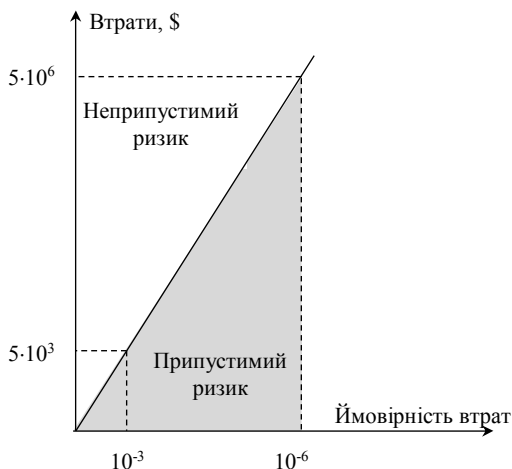


Рисунок 4.10– Індекс очікуваних втрат

## **Якісний аналіз небезпек**

Аналіз небезпек починають з попереднього дослідження, яке дозволяє в основному ідентифікувати джерела небезпек. Потім, при необхідності, дослідження можуть бути поглиблені, і може бути виконаний детальний якісний аналіз. Методи цих аналізів та прийоми, які використовуються при їх виконанні, відомі під різними назвами. Нижче наведені основні з цих загальних інструментів.

Типи аналізу:

- попередній аналіз небезпек (ПАН);
- системний аналіз небезпек (САН);
- підсистемний аналіз небезпек (ПСАН);
- аналіз небезпеки робіт та обслуговування (АНРО).

Методи та прийоми, що використовуються при аналізах:

- аналіз пошкоджень та викликаного ними ефекту (АПВЕ);
- аналіз дерева відмов (АДВ);
- аналіз ризику помилок (АРП);
- прорахунки менеджменту та дерево ризику (ПМДР);
- аналіз потоків та перешкод енергії (АППЕ);
- аналіз поетапного наближення (АПН);
- програмний аналіз небезпек (ПрАН);
- аналіз загальних причин поломки (АЗПП);
- причинно-наслідковий аналіз (ПНА);
- аналіз дерева подій (АДП).

Найбільш поширеними з наведених вище методик є попередній аналіз небезпек (ПАН) та аналіз дерева відмов (АДВ).

**Попередній якісний аналіз небезпек (ПАН)** – якісний аналіз груп небезпек, присутніх в системі, їх розвитку та рекомендацій щодо контролю. ПАН передбачає складання списків можливих НС, визначення небезпечних чинників, їх ймовірностей та можливих наслідків. В результаті ПАН визначають пікову подію – подію, якій відповідає максимальний ризик.

ПАН звичайно виконується у такому порядку:

- вивчають технічні характеристики об'єкта, системи чи процесу, а також джерела енергії, що використовуються, робоче середовище, матеріали, встановлюють їхні небезпечні та шкідливі властивості;
- визначають закони, стандарти, правила, дія яких поширюється на даний об'єкт, систему чи процес;
- перевіряють технічну документацію на відповідність її законам, правилам, принципам і нормам безпеки;
- складають перелік небезпек, в якому зазначають ідентифіковані джерела небезпек (системи, підсистеми, компоненти), чинники, що викликають шкоду, потенційні небезпечні ситуації, виявлені недоліки.

До переліків критичних елементів включають:

- елементи, можлива вагомість наслідків відмов перевищує припустимий для розглянутого об'єкта рівень;
- елементи, відмови яких спричиняють повну відмову об'єкта;
- елементи з обмеженим терміном служби, що не забезпечують необхідного довготривалого функціонування об'єкта;
- елементи, для яких на момент проведення аналізу, відсутні достовірні дані про їх якість і надійність у розглянутих умовах застосування і можливі наслідки їх відмов.

Вважається, що кожна множина відмов створює повну групу рівно можливих несумісних випадкових подій, оскільки бракує статистичних даних щодо кореляції між цими групами подій. Після того, як виявлені крупні системи об'єкта, які є джерелами небезпеки, їх можна розглядати окремо і досліджувати більш детально за допомогою інших методів аналізу, перелік яких наведено вище.

При виявленні небезпек використовують номенклатуру небезпек, яка багато в чому визначається метою дослідження системи. Так при розв'язку задач цивільного захисту або безпеки життєдіяльності перелік реально діючих небезпек нараховує більш ніж 100 їх видів, серед яких: аномальні параметри мікроклімату; аномальна освітленість; підвищений рівень шуму; підвищений рівень вібрації; пожежа; вибух; ураження електричним струмом; підвищений рівень електромагнітного випромінювання; механічна травма; опік; отруєння тощо. Очевидно, що при вирішенні задач інформаційної безпеки, аномальні параметри мікроклімату повинні розглядатися тільки в тому випадку, якщо вони є критичними для носіїв і засобів обробки інформації або сприяють суттєвому підвищенню ймовірностей помилок персоналу.

Існують базові запитання, на які обов'язково необхідно відповісти, коли проводять ПАН, незважаючи на те, що деякі з них можуть здаватися занадто простими. Якщо ці запитання не розглянути, то існує ризик неповного аналізу безпеки системи. Вся простота чи очевидність має схильність приховувати деякий рівень прихованої небезпеки. Базові запитання, які мають бути вирішені, включають наступні:

- який процес/система аналізуються?
- чи залучені до цієї системи люди?
- що система повинна зазвичай робити?
- чого система не повинна робити ніколи?
- чи існують стандарти, правила, норми, які мають відношення до системи?
- чи використовувалась система раніше?
- що система виробляє?
- які елементи включено в систему?

- які елементи вилучено із системи?
- що може спричинити появу небезпеки?
- як оцінюється ця поява?
- що і де є джерелами та перешкодами енергії?
- чи існує критичний час для безпечності операцій?
- які загальні небезпеки притаманні системі?
- як може бути покращений контроль?
- чи сприйме керівництво цей контроль?

Проведення ПАН може бути спрощено і формалізовано завдяки використанню матриці попереднього аналізу небезпеки, спеціальних анкет, списків і таблиць.

**Якісними характеристиками небезпеки є категорія небезпеки за величиною наслідків (табл.4.1) та якісна оцінка частоти реалізації небезпеки (табл..4.2).** Як ризик при виконанні якісного аналізу використовується ранг небезпеки. Ранг може приймати п'ять значень, що визначаються за табл. 4.3 у варіанті 1 або 2.

При вирішенні задач захисту інформації ранги небезпек можуть встановлюватися в залежності від критичності та ступеня секретності інформації.

Таблиця 4.1 – Шкала для встановлення категорії тяжкості наслідків відмов

| Категорія тяжкості наслідків відмов | Характеристика тяжкості наслідків відмов                                                                                                                                                                                          |
|-------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| IV                                  | Катастрофічна відмова, яка швидко і з високою вірогідністю може спричинити за собою значний збиток для самого об'єкту та/або навколишнього середовища, загибель або важкі травми людей, зрив виконання поставленого завдання      |
| III                                 | Критична відмова, яка швидко і з високою вірогідністю може спричинити за собою значний збиток для самого об'єкту та/або для навколишнього середовища, зрив виконуваного завдання, але створює малу загрозу життю і здоров'ю людей |
| II                                  | Гранична відмова, котра може викликати затримку у виконанні завдання, зниження готовності та ефективності об'єкта, але не створює загрозу для навколишнього середовища, самого об'єкта та здоров'я людей                          |
| I                                   | Незначна відмова, яка може спричинити зниження якості функціонування об'єкту, але не представляє небезпеки для навколишнього середовища, самого об'єкту і здоров'я людей                                                          |

Таблиця 4.2 – Якісні оцінки частоти реалізації небезпеки

| Частота реалізації небезпеки   | Якісний опис                                              |
|--------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| Часта реалізація               | Небезпека спостерігається постійно                        |
| Ймовірна реалізація            | Ймовірно часте виникнення небезпеки                       |
| Можлива реалізація             | Небезпека спостерігається кілька разів за період роботи   |
| Рідка реалізація               | Цілком можливе виникнення небезпеки хоча б раз            |
| Практично неможлива реалізація | Виникнення небезпеки малоімовірне, але можливе хоча б раз |

Таблиця 4.3 – Матриця визначення рангу небезпеки

| Частота виникнення небезпеки    | Варіант 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |     |    |   | Варіант 2                                                                                                                                                                                      |     |    |    |
|---------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|----|---|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|----|----|
|                                 | Категорія небезпеки                                                                                                                                                                                                                                                                                                |     |    |   | Категорія небезпеки                                                                                                                                                                            |     |    |    |
|                                 | IV                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | III | II | I | IV                                                                                                                                                                                             | III | II | I  |
| Часта реалізація                | AA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | AA  | C  | C | 4A                                                                                                                                                                                             | 3A  | 2A | 1A |
| Ймовірна реалізація             | AA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | A   | C  | C | 4B                                                                                                                                                                                             | 3B  | 2B | 1B |
| Можлива реалізація              | A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | A   | C  | D | 4C                                                                                                                                                                                             | 3C  | 2C | 1C |
| Рідка реалізація                | A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | B   | D  | D | 4D                                                                                                                                                                                             | 3D  | 2D | 1D |
| Практично неймовірна реалізація | B                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | B   | D  | D | 4E                                                                                                                                                                                             | 3E  | 2E | 1E |
| Ранги небезпек                  | AA – обов’язкові заходи для зниження рангу шляхом внесення змін у проект;<br>A – обов’язковий кількісний аналіз безпеки і проведення всього комплексу заходів для забезпечення безпеки;                                                                                                                            |     |    |   | 4A, 4B, 4C, 3A, 3B, 2A – неприпустимий (надмірний) ризик<br>4D, 3C, 3D, 2B, 2C – небажаний (гранично допустимий) ризик<br>4E, 3E, 2D, 2E, 1A, 1B – припустимий з перевіркою (прийнятний) ризик |     |    |    |
|                                 | B – бажане проведення кількісного аналізу, обов’язкове застосування заходів для забезпечення безпеки;<br>C – рекомендується проведення якісного аналізу, при необхідності – використання систем життєзабезпечення і проведення захисних заходів;<br>D – застосування заходів для забезпечення безпеки не потрібно. |     |    |   | 1C, 1D, 1E – припустимий без перевірки (знехтуваний) ризик                                                                                                                                     |     |    |    |

**Критична інформація** (англ. *sensitive information*) – інформація, що вимагає захисту; будь-яка інформація, втрата або неправильне використання якої (модифікація, ознайомлення) може нанести шкоду власникові інформації або автоматизованій системі (АС), або будь-якій іншій фізичній (юридичній) особі чи групі осіб.

**Ступінь секретності** - категорія, яка характеризує важливість секретної інформації, ступінь обмеження доступу до неї та рівень її охорони державою.

**Гриф секретності** - реквізит матеріального носія секретної інформації, що засвідчує ступінь секретності даної інформації.

**Державна таємниця** (далі також - секретна інформація) - вид таємної інформації, що охоплює відомості у сфері оборони, економіки, науки і техніки, зовнішніх відносин, державної безпеки та охорони правопорядку, розголошення яких може завдати шкоди національній безпеці України та які визнані у порядку, встановленому Законом «Про державну таємницю», державною таємницею і підлягають охороні державою.

**Категорія режиму секретності** - категорія, яка характеризує важливість та обсяги відомостей, що становлять державну таємницю, які зосереджені в державних органах, органах місцевого самоврядування, в організаціях тощо.

**Службова таємниця** – це вид інформації, що не становить державну таємницю, але має характер окремих даних, що можуть бути складовою державної таємниці, розголошення якої може призвести до негативних наслідків та перешкод у сфері внутрішньої та зовнішньої політики держави, оборони, охорони правопорядку, державного управління, економіки, науки і техніки. Для несекретної інформації, яка містить службову таємницю, вводять гриф «для службового користування».

**Конфіденційна інформація**, відповідно до статті 30 Закону України «Про інформацію», – це відомості, які знаходяться у володінні, користуванні або розпорядженні окремих фізичних чи юридичних осіб і поширюються за їх бажанням відповідно до передбачених ними умов.

**Комерційна таємниця** – відомості, пов'язані із виробництвом, технологією управлінням, фінансами та іншою діяльністю організації, що не є державною таємницею, але їх розголошення може негативно вплинути на інтереси організації.

Склад і обсяг відомостей, що становлять комерційну таємницю, визначаються керівництвом організації. Для позначення ступеня конфіденційності комерційної інформації застосовують різні шкали ранжування. Поширена шкала : «комерційна таємниця - строго конфіденційно», «комерційна таємниця - конфіденційно», «комерційна таємниця». Відома шкала: «строго конфіденційно - особливий контроль», «строго конфіденційно», «конфіденційно». Застосовується також дворівнева шкала ранжирування комерційної інформації: «комерційна таємниця» і «для службового користування». Як критерій для визначення грифу конфіденційності інформації можуть служити результати прогнозу наслідків потрапляння інформації до конкурента або зловмисника, в тому числі: величина економічного та морального збитку, що наноситься організації; реальність створення передумов для катастрофічних наслідків у діяльності організації, наприклад, банкрутства.

Таким чином, кожний вид відмов ранжується з урахуванням двох складових критичності – ймовірності й вагомості наслідків відмов. Обчислення параметрів критичності необхідне для розробки рекомендацій та визначення пріоритетності заходів безпеки. Наприклад, якщо досліджується система тестування відеокамер, то спочатку складають опис системи (материнська плата; оперативна пам'ять; відео карта; блок живлення; блок безперебійного живлення; програмне забезпечення; монітор). Потім аналізують усі небезпечні чинники для досліджуваної системи і визначають пікову подію, припустимо, що такою подією є техногенний вплив – пожежа, яка є найбільш вірогідною і небезпечною.

### **Кількісний аналіз видів, наслідків і критичність відмов**

**Кількісний аналіз видів, наслідків і критичність відмов** (АВНKB) – аналіз ризиків з метою вибору найбільш ефективної системи захисту від небезпеки. Проведення АВНВ обов'язкове й у разі відсутності початкових даних для застосування інших методів аналізу надійності об'єкту або їх об'єм та/або достовірність на даному етапі життєвого циклу об'єкту є недостатніми. Результати АВНВ подаються у вигляді таблиць з переліком складових системи, видів і причин можливих відмов обладнання, наслідками, критичністю, засобами виявлення несправності та рекомендаціями зі зменшення безпеки.

Рішення про проведення кількісного аналізу тієї чи іншої небезпеки приймають на етапі якісного аналізу. Для обраної небезпеки визначають такі кількісні характеристики:

- імовірність  $P$  виникнення небезпеки;
- очікувані втрати при реалізації небезпеки  $E$  (найчастіше цю величину вимірюють у грошах);
- ступінь ризику  $R = P \cdot E$ .

Після цього обирають кілька варіантів захисних заходів (альтернатив). Для кожної альтернативи визначають нові значення ймовірності й міри критичності. Аналізуючи величину зниження міри критичності з урахуванням витрат на впровадження захисного заходу, роблять висновок про ефективність тієї чи іншої альтернативи.

### **Структура та правила побудови дерева відмов**

Для визначення ймовірності виникнення небезпеки, а також вибору більш дієвих методів захисту від неї, при виконанні кількісного аналізу використовують методику побудови «дерева відмов», яке відображає зв'язок головної небезпечної події з подіями, які спричинили її появу. Аналіз дерева відмов (АДВ) вважається одним з найбільш корисних аналітичних інструментів у процесі системної безпеки, особливо при оцінці надзвичайно складних або деталізованих систем. Завдяки тому що він використовує дедуктивний логічний метод (тобто поступово рухається від загального до часткового), він дуже корисний при дослідженні можливих умов, які можуть призвести до небажаних наслідків або яким-небудь чином вплинути на ці наслідки. Як відомо, небажані події рідко відбуваються під впливом тільки одного чинника. Через це при аналізі дерева відмов в процесі системної безпеки небажану подію відносять до кінцевої події. Оскільки аналітик починає ідентифікувати окремі події, які сприяли кінцевій події, може бути побудовано дерево відмов. Розташовуючи кожний фактор у відповідному місці дерева, дослідник може точно визначити, де відбулись будь-які пошкодження в системі, який зв'язок існує між подіями і яка взаємодія відбулась (чи не відбулась, але може відбутись).

Дерево подій – модель, що застосовується для побудови логічної структури сценаріїв та оцінки ймовірностей критичних подій. Модель типу «дерево подій» використовує початкову подію в якості вихідної позиції розвитку сценарію критичної події. Наприклад, якщо найбільш вірогідною піковою подією для нашого об’єкту дослідження є виникнення пожежі, то для того, щоб знайти оптимальне рішення, яке знижує ймовірність виникнення цієї небезпечної події, побудуємо «дерево подій», яке зображено на рис .4.3.

Для визначення загальної величини ризику відмови від пікової події приймаються наступні припущення:

$P_{\Pi}=0,001$ – виникнення пожежі;

$P_1=0,8$  – спрацювання системи ідентифікації пожежі;

$P_2=0,99$  – спрацювання системи оповіщення про пожежу;

$P_3=0,999$  – спрацювання системи пожежогасіння;

$P_4=0,9999$  – спрацювання системи усунення загрози.

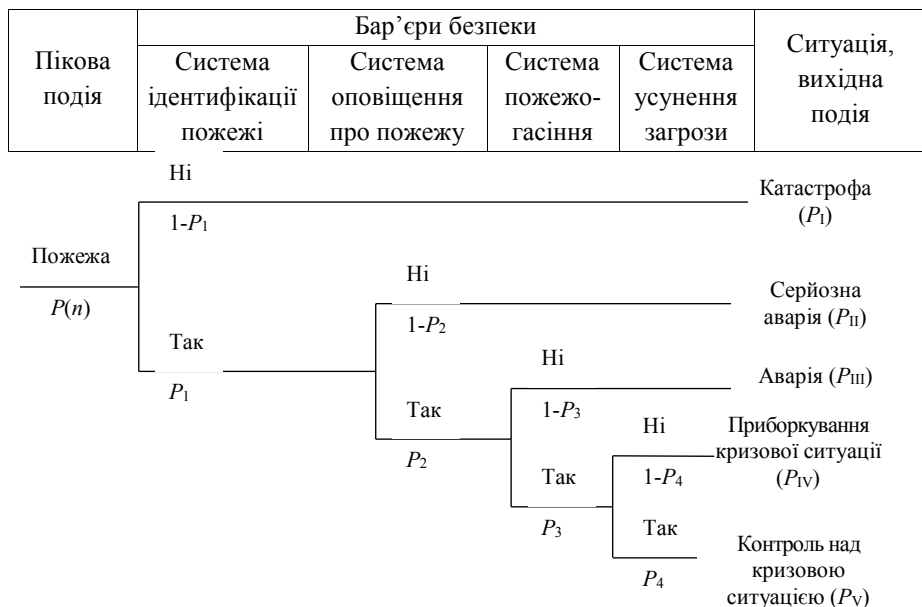


Рисунок 4.3 – Дерево подій

В результаті визначаються ймовірності виникнення наступних станів:

- катастрофа:  $P_I = P(n) \cdot (1 - P_1) = 2 \cdot 10^{-4}$ ;
- серйозна аварія:  $P_{II} = P(n) \cdot P_1 (1 - P_2) = 8 \cdot 10^{-6}$ ;
- аварія:  $P_{III} = P(n) \cdot P_1 P_2 (1 - P_3) = 7,92 \cdot 10^{-7}$ ;

- приборкання кризової ситуації:  $P_{IV} = P(n) \cdot P_1 P_2 P_3 (1 - P_4) = 7,912 \cdot 10^{-8}$ ;
- контроль над кризовою ситуацією:  $P_V = P(n) \cdot P_1 P_2 P_3 P_4 = 7,911 \cdot 10^{-4}$ ;
- сумарний ризик виникнення аварійної ситуації становить:  $P_{BTP} = 2 \cdot 10^{-4}$ .

Створення дерева відмов починається з визначення кінцевої події. Ця подія може мати широкий та загальний характер – відмова чи пошкодження системи, або вузький та специфічний, коли порушується функціонування компонента  $X$ . Ця кінцева подія буде розташовуватись в корені дерева відмов, а всі наступні події, які ведуть до головної, будуть розташовуватись як гілки на дереві. При побудові дерева відмов застосовують два види символів (табл.4.4): логічні символи і символи подій.

Таблиця 4.4 – Символи дерева відмов

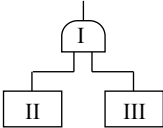
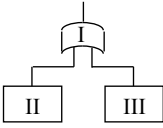
| Вид символу     | Графічне зображення                                                                | Опис                                                                                          |
|-----------------|------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| Логічні символи |   | «І» – вихідна подія відбувається, якщо усі вхідні події трапляються одночасно                 |
|                 |   | «АБО» – вихідна подія відбувається, якщо трапляється будь-яка з вхідних подій                 |
| Символи подій   |   | Найбільш розповсюджений тип подій, на який накладені додаткові характеристики (головна подія) |
|                 |   | Основна (вихідна) подія, забезпечена достатніми даними                                        |
|                 |  | Нерозвинута подія                                                                             |

Дерево відмов будують, застосовуючи «зворотну» логіку, тобто відповідають на питання: в результаті чого відбулася подія? Як тільки причини події ідентифіковані, вони розміщуються у відповідній позиції на дереві відмов. Так спочатку розташовують кінцеву подію, потім - ті події, які впливають на те, що подія верхнього рівня ієрархії відбудеться, та нерозвинуті події і далі аж до первісних (основних) подій. Основні події знаходяться в основі дерева відмов і ймовірності їхньої появи відомі.

Після побудови дерева відмов визначають ймовірність реалізації головної події. Для цього складають логічний вираз за залежностями, наведеними в табл. 4.5, що пов'язує ймовірність головної події з ймовірностями основних подій. Виконання аналізу дерева відмов можливе лише після детального вивчення робочих функцій усіх компонентів системи, що розглядається. При цьому слід

враховувати, що на роботу системи впливає людський фактор, тому всі можливі «відмови оператора» теж необхідно вводити у склад дерева. Оскільки дерево відмов показує статичний характер подій, розвиток подій у часі можна розглянути, побудувавши кілька дерев відмов.

Таблиця 4.5 – Розрахункові логічні вирази

| Символ | Сукупність елементів дерева відмов                                                | Вираз                                        |
|--------|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|
| I      |  | $P_I = P_{II} \cdot P_{III}$                 |
| АБО    |  | $P_I = 1 - (1 - P_{II}) \cdot (1 - P_{III})$ |

Для наведеного прикладу дерево відмов наведене на рис. 4.11, а результати аналізу наслідків відмов зведені в табл. 4.6.

Після цього обирають кілька варіантів захисних заходів (альтернатив). Для кожної альтернативи визначають нові значення імовірності й міри критичності. Аналізуючи величину зниження міри критичності з урахуванням витрат на впровадження захисного заходу, роблять висновок про ефективність тієї чи іншої альтернативи.

Так в результаті проведеного дослідження стійкості роботи комп'ютера в умовах надзвичайних ситуацій було проаналізовано основні техногенні та природні НС, що можуть вплинути на роботу системи, визначено категорії критичності методом оцінки ризику відмов, побудовано дерево подій і дерево відмов та розраховано величину ризику виникнення аварійної ситуації. Найбільш вірогідною піковою подією для нашого об'єкту дослідження є виникнення пожежі. Тому для підвищення стійкості та надійності роботи комп'ютера необхідно забезпечити оптимальний рівень пожежної безпеки, який досягається за допомогою виконання організаційно-технічних заходів.

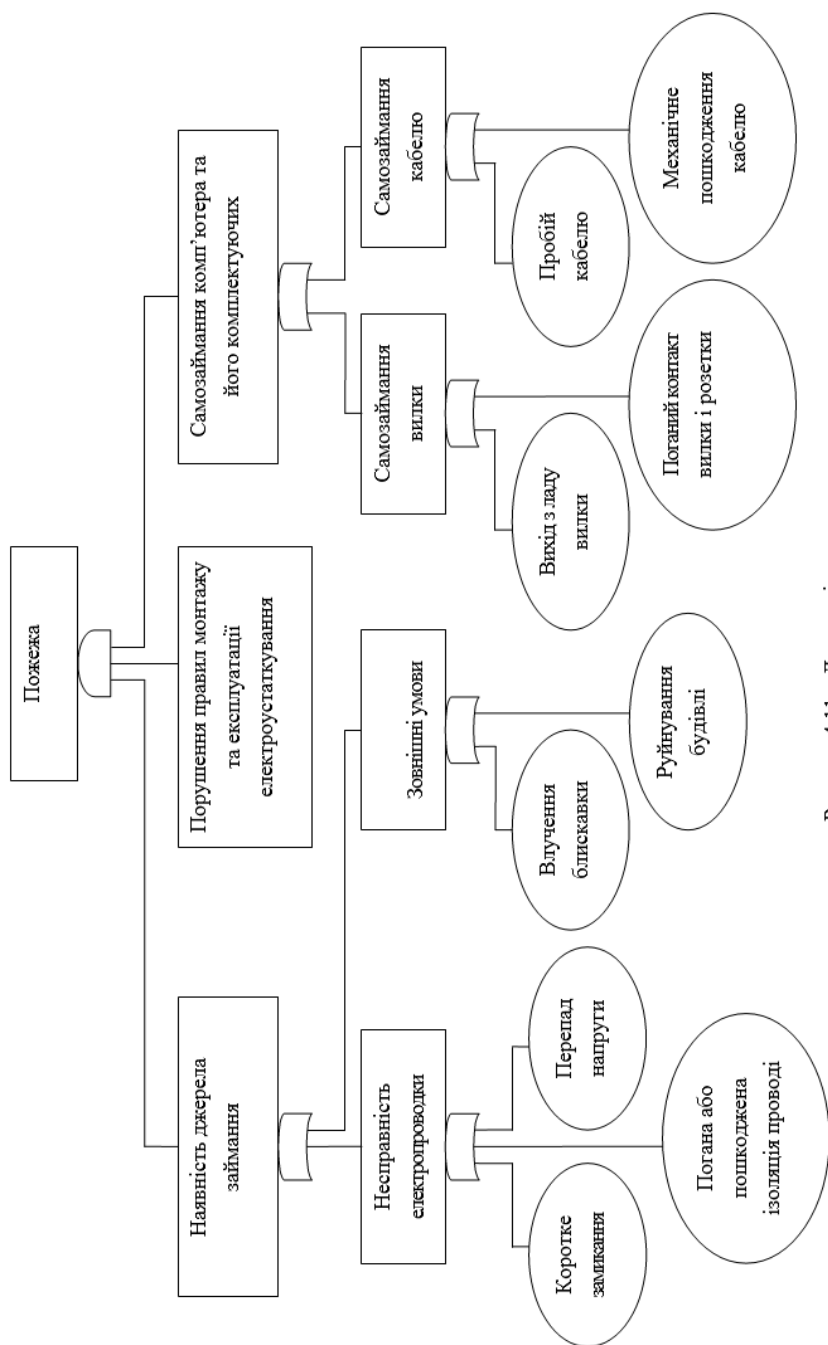


Рисунок 4.11 – Дерево відмов

Таблиця 4.6– Робочий акруш для проведення АВНВ

| № | Найменування елементу       | Вид (опис) відмови                   | Можливі причини відмови         | Наслідки відмови                         |                                 |                                                                    | Способи і засоби виявлення і локалізації відмови            | Рекомендації із попередження (зниження) тяжкості наслідків відмови | Категорія тяжкості наслідків відмови |
|---|-----------------------------|--------------------------------------|---------------------------------|------------------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
|   |                             |                                      |                                 | На даному рівні                          | На вищому рівні                 | На рівні виробу                                                    |                                                             |                                                                    |                                      |
| 1 | материнська плата           | Некоректна робота                    | Перепад напруги                 | Неможливість запуску комп'ютера          | Неможливість запуску комп'ютера | Неможливість роботи системи                                        | Відсутність зображення на екрані                            | Періодична перевірка стану                                         | III                                  |
| 2 | оперативна пам'ять          | Відмова роботи                       | Перепад напруги                 | Неможливість запуску комп'ютера          | –                               | Неможливість роботи системи                                        | Некоректна робота системи                                   | Періодична перевірка стану                                         | I                                    |
| 3 | блок живлення               | Згорання блоку живлення              | Перепад напруги                 | Неможливість запуску комп'ютера          | Неможливість запуску комп'ютера | Зупинка подачі живлення                                            | Перевірка працездатності                                    | Встановлення стабілізатору напруги                                 | III                                  |
| 4 | відеокарта                  | Втрата ємності акумуляторної батареї | Перепад напруги                 | Неможливість запуску комп'ютера          | –                               | Неможливість роботи системи                                        | Відсутність зображення на екрані                            | Періодична перевірка стану                                         | II                                   |
| 5 | блок безперебійно і напруги | Втрата ємності акумуляторної батареї | Вихід строку служби акумулятора | Неможливість резервного живлення системи | –                               | Неможливість роботи у разі виникнення проблем з основним живленням | Перевірка роботи при відсутності основного джерела живлення | Періодичний технічний огляд акумуляторної батареї                  | I                                    |
| 6 | програмне забезпечення      | Збій програмного забезпечення        | Комп'ютерні віруси,             | Неможливість обробки даних               | Неможливість запуску комп'ютера | Неможливість роботи системи                                        | Системні                                                    | Дотримання техніки безпеки, встановлення антивірусного ПЗ          | III                                  |
| 7 | монітор                     | Відмова роботи                       | Вихід з ладу конденсаторів      | Відсутність зображення на екрані         | Неможливість запуску комп'ютера | Відсутність зображення на екрані                                   | Відсутність зображення на екрані                            | Періодична перевірка стану                                         | III                                  |

Для попередження та зменшення ризику виникнення пожежі слід проводити такі організаційні заходи, як:

- розробка, впровадження та контроль за дотриманням пожежних норм;
- проведення протипожежного інструктажу, навчання діям з відключення електрообладнання від мережі, евакуації в разі пожежі та перевірка знань з питань пожежної безпеки;
- проведення інструктажу щодо експлуатації та обслуговування наявних технічних засобів протипожежного захисту (установок пожежної сигналізації, автоматичного пожежогасіння, димовидалення, вогнегасників тощо);
- перевірка рознять апаратури і підключень відповідних дротів комп'ютера перед роботою.

До технічних заходів щодо забезпечення пожежного захисту належать:

- установка автоматичної системи пожежної сигналізації, тобто системи технічних засобів, призначених для виявлення пожежі (система ідентифікації – теплові, димові, світлові або комбіновані датчики), обробки, передачі в заданому вигляді повідомлення про пожежу (система оповіщення – звукова і світлова сигналізація), спеціальної інформації та/або видачі команд на включення автоматичних установок пожежогасіння (система пожежогасіння – газова, водяна, пінна або порошкова установка) та включення установок систем протидимного захисту, технологічного та інженерного обладнання (система усунення загрози);

- наявність підручних засобів пожежогасіння – вогнегасників;
- наявність тривожної кнопки, вентиляції в приміщенні.

Недоліки дерева відмов полягають у наступному:

- реалізація методу вимагає значних витрат коштів і часу.
- дерево відмов являє собою схему мулевої логіки, на якій відображено тільки два стани: робочий та стан відмови;
- важко врахувати стан часткової відмови елементів, оскільки при використанні методу, як правило, вважають, що система знаходиться або в справному стані, або в стані відмови;
- труднощі аналітичного рішення в загальному випадку для дерев, що містять резервні вузли та відновлювані вузли з пріоритетами, та складність охоплення всіх видів множинних відмов;
- вимагає від фахівців з надійності глибокого розуміння системи і конкретного розгляду кожного разу тільки однієї певної відмови;
- дерево відмов описує систему в певний момент часу (зазвичай в сталому режимі), і послідовності подій можуть бути показані з великими труднощами, іноді це виявляється неможливим. Це справедливо для систем, що мають складні контури регулювання, в таких випадках, як правило, беруть до уваги методи, засновані на стохастичних (випадкових) процесах.

## Комбінаторно-морфологічний аналіз і синтез

**Морфологія** – це структурна форма системи, організована відповідно до її функцій.

Основна ідея морфологічного підходу полягає в тому, щоб знаходити найбільшу кількість, а гранично й всі можливі шляхи розв'язання поставленої проблеми шляхом комбінування основних структурних елементів систем або ознак рішень. У цьому випадку система або проблема може бути піддана декомпозиції різними способами і розглядатися в різних аспектах.

Метод морфологічного дослідження реалізується в два якісно різних етапи. Перший етап (морфологічний аналіз) полягає в одержанні описів всіх систем, що належать до досліджуваного класу, тобто є класифікацією множини систем. Однією з основних проблем морфологічного аналізу є проблема скорочення перебору при зростанні числа змінних, що вирішується формуванням різних обмежень, які дозволяють відкинути неперспективні підмножини варіантів вже на ранніх стадіях розгляду.

На другому етапі (морфологічний синтез) оцінюються описи різних систем класу, що досліджується, і обираються ті, що наближено відповідають умовам задачі. В результаті отримується цілісний опис усієї досліджуваної системи на рівні описів окремих підсистем і відношень між ними. Таке системне дослідження всіх можливих варіантів розв'язання задачі, що випливають із закономірностей побудови (морфології) об'єкта, дозволяє врахувати, крім відомих, незвичайні варіанти, що при простому переборі могли би бути упущені дослідником з розгляду. Формування первісної мети синтезу може здійснюватися з різним ступенем повноти і визначеності.

Варіант системи є вибіркою альтернатив по одній з кожного рядка морфологічної таблиці й у загальному вигляді записується як  $B_g = \left\{ p_1^{j_{1g}}, \dots, p_i^{j_{ig}}, \dots, p_n^{j_{ng}} \right\}$ ,  $j_{ig} \in \overline{1, k_i}$ ,  $i \in \overline{1, n}$  де  $g \in \overline{1, R}$  – номер варіанту,  $R$  – загальна кількість варіантів,  $n$  – загальна кількість ознак,  $i$  – номер ознаки,  $k_i$  – кількість значень  $i$ -ої класифікаційної ознаки,  $p_i^{j_{ig}}$  – значення  $i$ -ої ознаки у варіанті  $g$ ,  $j_{ig}$  – номер значення  $i$ -ої ознаки у варіанті  $g$ . Варіанти згенерованих систем відрізняються один від одного хоча б одним значенням  $p_i^{j_{ig}}$ . Пошук у морфологічній множині варіантів систем (рішення задачі синтезу) здійснюється за різними функціями мети та алгоритмами.

Метод морфологічного аналізу та синтезу є одним з найзагальніших і включає до свого складу наступні кроки:

- формування первинної мети або проблеми, що відображає основні вимоги до об'єкта, який синтезується; побудова морфологічної таблиці.

Морфологічні таблиці дозволяють систематизувати великий обсяг знань про морфологію систем у компактному вигляді, розробляються на етапі морфологічного аналізу і формуються шляхом функціонально-елементного аналізу системи або ж з використанням класифікаційних ознак;

- опис властивостей альтернатив морфологічної таблиці. Ці властивості можуть бути висловлені в якісній шкалі найменувань класифікаційними, функціональними та структурними ознаками або в числовій шкалі, що відображає якість альтернатив за різними критеріями;

- формування функції мети синтезу, яке може здійснюватися з різним ступенем повноти і визначеності у формалізованому і неформалізованому вигляді. При вирішенні задачі пошуку принципово нової технічної, економічної або організаційної системи мета початково буде досить загальною, розпливчастою, наприклад, створити ефективну інформаційну систему підприємства; покращити логістичну систему порту; спроектувати ефективну комплексну систему захисту інформації. У той же час, якщо процес синтезу пов'язаний з удосконаленням конкретних технічних, соціально-економічних та інших систем-прототипів, то первісна мета конкретизується економічними, соціальними і технологічними вимогами, що можуть бути якісними або кількісними. Цей спосіб формування мети синтезу краще формалізується, і на його ґрунті реалізований ряд підходів з синтезу раціональних варіантів систем. З метою визначення критеріїв оцінювання якості окремих альтернативних функцій, що відповідають рядкам морфологічної таблиці, може бути використаний метод дерева цілей. Мета синтезу значною мірою визначає підходи з формування пошукових завдань і морфологічних таблиць;

- формування пошукового завдання в формалізованому вигляді, для чого існують різні способи;

- пошук варіантів розв'язання завдання шляхом послідовного вибору з морфологічної множини варіантів системи, оцінювання їх ефективності та сумісності підсистем, визначенням відповідності варіанта вимогам до потрібної остаточної функціональної системи (найчастіше за якісною шкалою: припустиме, непогане, якісне чи дуже добре рішення).

При пошуку раціональних варіантів у морфологічній множині вирішується одна з двох задач:

- знаходження у морфологічній множині одного чи декількох цілісних варіантів систем з використанням визначеної функції мети;

- пошук у морфологічній множині підмножини варіантів систем, що найподібніші до пошукових завдань.

У багатьох випадках розмірності задач є надзвичайно великими, а тому з метою зменшення кількості обчислень зазвичай прагнуть класифікувати певним чином альтернативи, застосовуючи методи кластерного аналізу.

Синтез цілісних раціональних систем може здійснюватися з врахуванням визначеної функції мети, подібності варіантів систем до пошукового завдання чи їх оригінальності на морфологічній множині, різного внеску функціональних підсистем у ефективність цілісної системи, на основі якісних класифікаційних ознак, подібності до прототипу. Окрім того, методи деревовидного, лабіринтного та блочно-лабіринтного синтезу раціональних варіантів систем дозволяють здійснити оцінювання міри відповідності синтезованого варіанту початковій меті синтезу безпосередньо під час процедури побудови варіанту, що шукається, у процесі нарощування функціональних підсистем.

### **Методи морфологічного аналізу**

Методи морфологічного аналізу складних проблем в систематизованому вигляді були розроблені швейцарським астрономом Ф.Цвікі. Відправними точками морфологічного дослідження Цвікі вважає наступне:

- однакова увага до всіх об'єктів морфологічного дослідження;
- ліквідація всіх обмежень та оцінок до моменту отримання повної структури досліджуваної області;
- максимально точне формулювання поставленої проблеми.

Метою морфологічного аналізу є класифікація об'єкта або множини об'єктів, що досліджуються. Морфологічна класифікація в загальному випадку полягає в поділі родового поняття таким чином, що останньому можуть відповідати як множини відомих систем, так і множини потенційних варіантів, поява яких можлива в майбутньому.

В **методі систематичного покриття поля** (МСПП) вважається, що існує деяка кількість так званих «опорних пунктів» знання в довільній області, що досліджується. Цими пунктами можуть бути теоретичні положення, емпіричні факти або відкриті закони, у відповідності до яких виконуються різноманітні процеси та ін. Виходячи з обмеженої кількості опорних пунктів знання та достатньої кількості принципів мислення, за допомогою морфологічного методу покриття поля шукаються всі розв'язки існуючої проблеми.

**Метод заперечення та конструювання** (МЗК) включає наступні етапи:

- формування множини висловлювань (положень, тверджень, аксіом), що відповідають сучасному рівню розвитку області знань, яка досліджується;
- заміна одного, декількох або всіх тверджень на протилежні і побудова можливих наслідків, що витікають з такого заперечення;
- перевірка несуперечливості отриманих висловлювань та тих висловлювань, що залишилися.

**Метод морфологічної скрині.** Запропоновані Ф. Цвікі методи знайшли широке розповсюдження у якості засобів активізації винахідницької діяльності, а метод морфологічної скрині (ММС) виявився зручним засобом моделювання задач планування — розподілу за плановими періодами, виробництвами та ін. Морфологічна скриня будується та досліджується в такій послідовності:

1. Точне формулювання проблеми, що виникла.

Визначення параметрів (класифікаційних ознак)  $P_i$ , від яких залежить розв'язання проблеми (процедура аналізу може бути ітеративною з уточненням або зміною набору параметрів згідно до уточнення уявлень про об'єкт дослідження та процес прийняття рішень).

2. Поділ параметрів на їх значення (побудова множини значень кожного з параметрів) і представлення їх у вигляді множини рядків:  $R \left[ p_1^1, p_1^2, \dots, p_1^{k_1} \right], \dots, P_i \left[ p_i^1, p_i^2, \dots, p_i^{k_i} \right], \dots, P_n \left[ p_n^1, p_n^2, \dots, p_n^{k_n} \right]$ .

3. Оцінювання наявних варіантів. Набір значень (по одному з кожного рядка) різних параметрів є можливим варіантом розв'язання проблеми. Загальна кількість варіантів (якщо вважати всі припустимими) дорівнює  $R = \prod_{i=1}^n k_i$ .

4. Вибір з морфологічної скрині найкращого варіанту.

Відомі варіанти ММС з одним критерієм та пошуком одного розв'язку; із послідовним застосуванням декількох критеріїв з поступовим виключенням всіх варіантів, крім одного; із розбиттям проблеми на підпроблеми (або задачі на підзадачі) з послідовним застосуванням декількох критеріїв для обрання по одному варіанту для кожної з підпроблем, які разом і складатимуть розв'язок проблеми.

Отже, **аналіз структури даних – необхідний етап проведених досліджень.** При вирішенні задач великої розмірності зазвичай прагнуть класифікувати альтернативи певним чином з метою зменшення кількості обчислень. Особливу актуальність класифікаційні побудови набувають при розробці складних систем. Класифікації дозволяють, з одного боку, зіставити об'єкти одного класу, а з іншого – формувати самі класи, число яких заздалегідь може бути невідомим.

**Системи-класифікації** – це результат класифікаційних побудов на множинах об'єктів. Прикладами таких систем можуть бути множина описів об'єктів із заданим відношенням еквівалентності, тобто належності до одного й того ж самого класу; множина класів із заданим відношенням ієрархії; множина класифікацій із заданим відношенням домінування тощо. Системи – класифікації поєднують суб'єктивні й об'єктивні аспекти, тому що людина при класифікаційних побудовах враховує лише обмежену кількість ознак із безлічі

можливих. Процес побудови і дослідження систем-класифікацій складається з шести етапів.

Етап 1. Глибоке проникнення в сутність явищ, що розглядаються, і вибір відповідного принципу класифікації.

Етап 2. Визначення списку ознак і їх значень, що підлягають розгляду відносно окремих об'єктів. До списку включаються ознаки, що найповніше характеризують досліджувані об'єкти з точки зору поставленої мети. З розгляду виключаються ознаки, що мають слабкі роздільчі властивості.

Етап 3. Добір репрезентативної вибірки об'єктів і виконання вимірювань.

Етап 4. Вибір відношень на множині описів об'єктів; мір, що породжують відношення; вирішуючих правил і критеріїв ефективності; реалізація обчислень.

Етап 5. Побудова й аналіз структурної схеми системи, у якій зв'язки між елементами відповідають відношенням між ними. Способом представлення структурних схем є граfi і дендрограми.

Етап 6. Інтерпретація отриманих результатів, тобто перенесення отриманих тверджень із системи-моделі на систему-прототип.

Перші три етапи побудови систем-класифікацій утворюють творчу частину процедури класифікації, що цілком залежить від дослідника і не може бути формалізована. На четвертому і п'ятому етапах класифікації потрібно переробляти великий обсяг інформації за визначеними логічними правилами. Тому актуальною є задача формалізації процедур на цих етапах і їх програмної реалізації.

**Мірою подібності (близькості)** називається величина  $L(B_j, B_k)$ , що має межу і зростає зі зростанням близькості об'єктів. Міра подібності є дійсною функцією, що має наступні властивості:

$$0 \leq L(B_j, B_k) \leq 1, \quad k \neq j;$$

$$L(B_j, B_k) = 1, \quad j = k;$$

$$L(B_j, B_k) = L(B_k, B_j),$$

де  $B_j, B_k$  – множини значень ознак, що описують об'єкти, які порівнюються між собою,  $B_j = (x_{ij})^T$ .

Властивості міри подібності має множина еквівалентних мір, що представляються формулою

$$L^{(u)}(B_j, B_k) = \frac{2 * \text{card}(B_j \cap B_k)}{(1+u) * (\text{card}(B_j) + \text{card}(B_k) - 2 * u * \text{card}(B_j \cap B_k))},$$

де  $\text{card}(A)$  — кардинальне число множини  $A$ , яке для скінченних множин дорівнює кількості елементів множини.

Міра відмінності  $D(B_j, B_k)$  має наступні властивості:

$$1 \geq D(B_j, B_k) \geq 0, k \neq j;$$

$$D(B_j, B_k) = 0, j = k;$$

$$D(B_j, B_k) = D(B_k, B_j);$$

$$D(B_j, B_k) \leq D(B_j, B_s) + D(B_k, B_s).$$

Міри подібності і відмінності синтезуються за спеціальними параметрами, а вибір конкретних мір залежить, у першу чергу, від основної задачі – мети конкретного дослідження, а також від шкали вимірів. У табл. 4.7 наведені деякі з розповсюджених мір подібності і відмінності, призначені для опрацювання якісних і кількісних ознак.

Таблиця 4.7 – Міри подібності та відмінності

| № | Назва міри                                          | Формула для обчислення                                                                                        |
|---|-----------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | Міра подібності Чекановського – Серенсена ( $u=0$ ) | $L^{(0)}(B_j, B_k) = \frac{2card(B_j \cap B_k)}{card(B_j) + card(B_k)}$                                       |
| 2 | Міра подібності Жаккара ( $u=1$ )                   | $L^{(1)}(B_j, B_k) = \frac{card(B_j \cap B_k)}{card(B_j \cup B_k)}$                                           |
| 3 | Міра подібності Сокала-Сніта ( $u=3$ )              | $L^{(3)}(B_j, B_k) = \frac{card(B_j \cap B_k)}{2card(B_j) + 2card(B_k) - 3card(B_j \cap B_k)}$                |
| 4 | Міра подібності Андрєєва ( $u=-1/2$ )               | $L^{(-1/2)}(B_j, B_k) = \frac{4card(B_j \cap B_k)}{card(B_j) + card(B_k) + 2card(B_j \cap B_k)}$              |
| 5 | Міра подібності Мультчинського                      | $L^{(0)}(B_j, B_k) = \frac{1}{2} card(B_j \cap B_k) \left( \frac{1}{card(B_j)} + \frac{1}{card(B_k)} \right)$ |
| 6 | Міра відмінності                                    | $D(B_j, B_k) = card(B_j) + card(B_k) - 2card(B_j \cap B_k)$                                                   |

Обчислення значень міри подібності двох об'єктів, що порівнюються, за якісними ознаками зручно проводити на основі бінарної матриці  $X$ , яка визначається наступним чином:  $X = (B_1, \dots, B_n) = (Z_1, \dots, Z_m)^T = \{x_{ij}\}$ ,  $x_{ij} \in \{0, 1\}$ . Якщо  $i$ -та ознака наявна в  $j$ -го об'єкта, то  $x_{ij} = 1$ , і  $x_{ij} = 0$  в іншому випадку.

Наведені в табл. 4.9 формули для обчислення мір близькості та відмінності перетворюються у відповідні дії над елементами матриці  $X$ , наприклад

обчислення міри подібності за формулою Чекановського-Серенсена здійснюватиметься за співвідношенням:

$$L(B_j, B_k) = \frac{2 \sum_{i=1}^m (x_{ij} \cdot x_{ik})}{\sum_{i=1}^m x_{ij} + \sum_{i=1}^m x_{ik}}.$$

При переході до матриці  $X$  справедливі наступні співвідношення:

$$card(B_j) = \sum_{i=1}^m x_{ij};$$

$$card(B_j \cap B_k) = \sum_{i=1}^m x_{ij} x_{ik}$$

$$card(B_j \cup B_k) = \sum_{i=1}^m x_{ij} + \sum_{i=1}^m x_{ik} + \sum_{i=1}^m x_{ij} x_{ik}.$$

**Міра включення** відображає різний ступінь включення одного об'єкта в інший і дозволяє виявити, який із двох порівнюваних об'єктів містить більше специфічних ознак, тобто визначити, який об'єкт є оригінальнішим, а який – типовішим серед множини об'єктів, що аналізуються.

Міри включення множин  $B_j$  в  $B_k$  і навпаки визначаються в такий спосіб:

$$W(B_j, B_k) = \frac{card(B_j \cap B_k)}{card(B_j)};$$

$$W(B_k, B_j) = \frac{card(B_j \cap B_k)}{card(B_k)};$$

$$card(B_j \cap B_j) = card(B_j).$$

Для повнішого аналізу множин досліджуваних об'єктів розраховуються міри подібності, відмінності та включення для всіх пар об'єктів. Отримані після обчислень значення відповідних мір зводяться у відповідні квадратні матриці, номерами рядків і стовпців яких є номери досліджуваних об'єктів.

Для визначення кількості класів та класифікації існує величезна кількість алгоритмів кластерного аналізу, які відображають не лише різноманітні обчислювальні прийоми, а й концепції, що стоять за ними, однак точної постановки задачі кластерного аналізу немає.

**Кластер** – сукупність точок в просторі станів, для якої середня міжточкова відстань менше середньої відстані від даних точок до інших. Тобто кластер є деякою цілісністю (образом), що чимось відрізняється від іншої

сукупності точок. Існують власні визначення кластерів в біології, економіці, інформатиці тощо.

Кластери в просторі станів можуть бути віддалені один від одного, торкатися один одного, перетинатися, що ускладнює машинну процедуру реалізації їх виявлення як реалізації процесу розпізнавання образів людиною. Традиційну для статистики задачу групування однотипних об'єктів в процесі спроб вирішити задачу «структурної класифікації» багато дослідників стали трактувати як задачу розпізнавання образів без навчання (самонавчання).

Розв'язок задачі структурної класифікації може здійснюватися різними способами, які умовно поділяються на три типи.

**Перший тип – евристичний.** Формулюється поняття кластера і здійснюється розбиття сукупності на частини, кожна з яких відповідає цьому поняттю. Наприклад, образ (кластер) можна визначити як сукупність точок, в якій середня міжточкова відстань менше середньої відстані від даних точок до інших. Група алгоритмів, що орієнтовані на виділення кластерів із заздалегідь заданими властивостями, називається **процедурами прямої класифікації**. Основною рисою таких процедур є використання ними тільки кластера. Наприклад, у групі методів ***k-середніх*** об'єкти потрапляють у той клас, відстані до центру якого мінімальні, тобто реалізується одне з визначень кластера. Якщо припустити, що деякі вихідні дані справді мають вигляд кластерів, що перетинаються або огинають один одного, то алгоритми цього типу не зможуть їх розділити. В цьому випадку необхідно створити **процедури комбінованої прямої класифікації**, які виділяли б клас в сенсі декількох визначень, тобто підбирали б кожного скупчення точок в просторі станів властиве йому визначення кластера.

**Другий тип – оптимізаційний.** Часто загальні уявлення про якість класифікації формулюються не лише в термінах визначень окремих кластерів, а у вигляді деякого функціонала, екстремальне значення якого відповідає найкращій класифікації. В цьому випадку в задачу кластер-аналізу необхідно ввести традиційні математичні формулювання, чітко сформулювати критерій і знайти екстремум функціоналу. При цьому виникають підзадачі визначення необхідних властивостей функціоналу, підбору функціоналу, визначення найменш витратного алгоритму пошуку оптимуму глобального або локального екстремумів. В незначній кількості випадків досліднику дійсно потрібний глобальний екстремум деякої функції для розв'язання своєї дуже нечіткої задачі виділення однорідних груп. Однак, якщо в певній жорстко детермінованій системі екстремум функції мети є корисним (наприклад, максимальна міцність захисту інформації), то в кластер-аналізі найчастіше чіткого зв'язку між цільовим функціоналом і дійсною метою дослідника немає, оскільки ціль не може бути точно сформульована в умовах вихідної непевності в характері даних. Тому при

різних функціоналах якості отримуються різні класифікації. Оскільки справжня структура даних невідома, то бажано проводити аналіз з декількома функціоналами і порівнювати отримані результати: якщо функціонали дають суттєво відмінні класифікації, то слід вважати, що структура даних не цілком чітка, а якщо класифікації схожі, то скоріш за все виявлено реальну структуру. Отримані структури є наближеним, тому немає підстав, вважати оптимізаційні алгоритми якіснішими за процедури прямої класифікації; скоріше це інший засіб формалізації уявлень про добру класифікацію. Існує припущення, що кожна пряма процедур насправді надає екстремум якійсь функції, яку, правда, треба відшукати. І навпаки, кожному функціоналу, швидше за все, відповідає своє визначення кластера.

**Третій тип - апроксимаційний.** Ідея підходу полягає в тому, що відношення, закладені у вихідних даних, потрібно щонайкраще апроксимувати відношенням, яке відповідає уявленню дослідника про класифікацію. Класифікація звичайно задає відношення еквівалентності, а вихідні дані можуть бути відображені по-різному. Самі алгоритми апроксимації мають оптимізаційний характер, але ці процедури виділяють в окремий напрямок, оскільки вони мають своєрідну спрямованість і самі породжують визначені функціонали якості.

### **Побудова морфологічних таблиць**

Формування конкретних морфологічних таблиць для відображення множини систем може реалізуватися двома способами. Вибір способу визначається остаточними цілями морфологічного дослідження, характером первісної інформації, ступенем вивченості предметної області, професійним рівнем фахівців, їхніми знаннями.

Перший спосіб ґрунтується на проведенні функціонально-елементного аналізу систем. У результаті формується морфологічна таблиця, що включає функції або узагальнені функціональні підсистеми й альтернативи, які реалізують відповідні функції (див. табл.4.9). Альтернативи, зазвичай, оцінюються кількісно експертами за критеріями якості для розв'язання задач синтезу раціональних варіантів.

Якщо морфологічні таблиці, призначені для синтезу раціональних варіантів за багатьма критеріями якості, то класифікаційні ознаки і їх значення повинні мати такий зміст, який дозволяв б оцінювати їх кількісно. Такими основними характеристиками складних систем є функції й елементи, що реалізують ті або інші функції. Спершу необхідно побудувати дерево функцій системи – це дерево будується аналогічно до дерева цілей, тобто кожна з функцій вищого рівня піддається декомпозиції. Ступінь декомпозиції визначається в конкретному випадку вимогами до загальної проблеми синтезу системи.

На підставі проведеного аналізу формуються рядки морфологічної таблиці, у які записуються функції системи або узагальнені функціональні підсистеми, з яких складається система загалом. Рядки морфологічної таблиці визначаються з функцій або узагальнених функціональних підсистем, що належать до одного ієрархічного рівня. Найменуваннями стовпців є альтернативи – варіанти реалізації функцій. Отже, в залежності від обраного рівня декомпозиції можна отримати декілька морфологічних таблиць, що з різним ступенем деталізації відображатимуть функціональну структуру системи.

При розробці морфологічних таблиць на основі функціонального аналізу систем досить виявити функції підсистем, що утворюють досліджувану систему загалом, і підібрати для кожної функції альтернативні реалізації. Такий вигляд морфологічних таблиць хоча і дає можливість проведення багатокритерійного оцінювання альтернатив і вибору раціональної цілісної системи, однак у ряді дослідницьких задач недостатньо глибоко розкриває морфологію системи. Усунути цей недолік можна шляхом використання в морфологічних таблицях класифікаційних ознак для опису альтернатив.

Формування морфологічних таблиць першим способом застосовується переважно в тих ситуаціях, коли у первинній інформації, що характеризує систему, яка аналізується, в явному вигляді функціональні компоненти не виділені, коли фахівці зі знань недостатньо добре орієнтуються у предметній області, що аналізується, коли при синтезі нових раціональних систем передбачається використовувати лише кількісну експертну оцінку альтернатив за критеріями якості.

Інший спосіб – синтез морфологічних таблиць з використанням класифікаційних ознак реалізується у два етапи. На першому етапі реалізується функціональний аналіз, як і в першому способі. На підставі класифікаційних ознак потрібно розробити для кожної узагальненої функціональної підсистеми функціональну класифікацію.

На другому етапі кожна альтернатива, що знаходиться в морфологічній таблиці, додатково характеризується множиною якісних класифікаційних ознак, що точніше відображають відмінні риси альтернатив. Здійснюється опис альтернатив кожної функції відповідними ознаками і значеннями цих ознак, тобто складаються класифікаційні образи альтернатив (табл. 4.8). Для кожної функції  $F_i$  будується матриця  $G^{(i)} = (G_1^{(i)}, G_2^{(i)}, \dots, G_{k_i}^{(i)})$ , кожен стовпчик якої  $G_j^{(i)} = (g_{1j}^{(i)}, g_{2j}^{(i)}, \dots, g_{d_{ij}}^{(i)})^T$  відповідає альтернативному варіанту  $a_j^{(i)}$  реалізації функції  $F_i$ , а елементи вектора  $G_j^{(i)}$  є значенням класифікаційних ознак  $j$ -ого

варіанту реалізації  $i$ -ої функції, наприклад,  $g_{1j}^{(i)}$ -начення 1-ої класифікаційної ознаки. Опрацювання таких таблиць реалізується методами кластерного аналізу.

Таблиця 4.8 – Морфологічна таблиця з класифікаційними ознаками

| $F$   | $A$       |             |             |     |                 |
|-------|-----------|-------------|-------------|-----|-----------------|
| $F_1$ | $A^{(1)}$ | $a_1^{(1)}$ | $a_2^{(1)}$ | ... | $a_{k_1}^{(1)}$ |
|       | $G^{(1)}$ | $G_1^{(1)}$ | $G_2^{(1)}$ | ... | $G_{k_1}^{(1)}$ |
| $F_2$ | $A^{(2)}$ | $a_1^{(2)}$ | $a_2^{(2)}$ | ... | $a_{k_2}^{(2)}$ |
|       | $G^{(2)}$ | $G_1^{(2)}$ | $G_2^{(2)}$ | ... | $G_{k_2}^{(2)}$ |
| ...   | ...       | ...         | ...         | ... | ...             |
| $F_m$ | $A^{(m)}$ | $a_1^{(m)}$ | $a_2^{(m)}$ | ... | $a_{k_m}^{(m)}$ |
|       | $G^{(m)}$ | $G_1^{(m)}$ | $G_2^{(m)}$ | ... | $G_{k_m}^{(m)}$ |

Цей спосіб формування морфологічних таблиць використовують при наявності попередньо структурованої інформації про системи за функціональними компонентами; при постановці задачі проведення більш глибокого дослідження морфологічної множини варіантів систем і синтезу принципово нових знань про структуру систем; при наявності висококваліфікованих фахівців з великим досвідом дослідницької роботи в предметній області, коли потрібно досліджувати морфологічні множини одночасно за кількісними критеріями якості і якісними ознаками, що характеризують функції і структуру варіантів системи.

### Способи формування пошукових завдань

Існують наступні основні підходи до формування формалізованих пошукових завдань для вирішення різних задач морфологічного синтезу:

- пошукове завдання формується на ґрунті якісних класифікаційних ознак і їх значень, що характеризують окремі підсистеми варіанта системи;
- пошукове завдання формується на ґрунті кількісної експертної шкали у вигляді певних критеріїв якості та їх необхідних граничних значень;
- вибір раціонального варіанта з морфологічної множини без безпосереднього виділення пошукового завдання: використовується лише інформація щодо властивостей і якості альтернатив з морфологічної таблиці.

Формування пошукового завдання на основі множини класифікаційних якісних ознак здійснюється значно ефективніше, якщо існують і поновлюються

бази даних, в яких накопичуються найважливіші класифікації різноманітних технічних, економічних, управлінських і організаційних систем. База даних у цьому випадку включає ознаки і значення ознак для характеристики усіх функцій (або узагальнених функціональних підсистем), що є в морфологічній таблиці.

Формування пошукових завдань на основі кількісних ознак має ряд особливостей. У цьому випадку пошукові образи альтернатив, що реалізують функції системи, яка розглядається, є числовими характеристиками, які відображають ступінь прояву різних властивостей. Такими властивостями є, наприклад, надійність підсистем, їхня технологічність, вартість тощо.

Визначення числових значень критеріїв, що характеризують, з одного боку, пошукове завдання, а з іншого боку – альтернативи морфологічної таблиці, реалізується в більшості методом порівняння з еталоном або методом попарного порівняння. На практиці, як етalon, може бути використана існуюча або гіпотетична альтернатива, властивість якої за певним критерієм оцінюється максимальним значенням обраної числової шкали. Складання пошукових завдань із критеріїв якості і їхніх значень для пошуку необхідних варіантів на морфологічних таблицях методом порівняння з еталоном може здійснюватися декількома способами.

Спосіб 1. Пошукове завдання формується безпосередньо на морфологічній таблиці у вигляді комбінацій альтернатив по одній з кожного рядка морфологічної таблиці (кожен рядок таблиці відповідає певній функції системи, а елемент рядка – варіанту реалізації цієї функції – альтернативі). Якісні характеристики кожної з альтернатив оцінюються за одним чи декількома критеріями. Оцінювання здійснюється шляхом порівняння з еталоном або методом попарних порівнянь альтернатив за кожним із критеріїв. Оцінки показників якості для функціональних альтернатив в останньому випадку є елементами власного вектора матриці парних порівнянь. Ці матриці будуються для альтернатив, що належать певній узагальненій функціональній підсистемі, яка входить у морфологічну таблицю із включенням альтернатив, котрі входять до пошукового завдання.

Спосіб 2. Пошукове завдання формується у вигляді деякого гіпотетичного ідеального варіанта, елементи якого, що відповідають кожному рядку морфологічної таблиці, мають за всіма заданими критеріями якості ідеальні, найкращі граничні властивості. Ці граничні властивості в загальному випадку визначаються суб'єктивними факторами, тобто представленнями конкретних експертів. Гіпотетичні альтернативи оцінюються за заданим списком критеріїв якості найвищою оцінкою з прийнятої числової шкали. Для одержання числових оцінок варіантів системи будуються матриці попарних порівнянь за кожним

заданим за умовами задачі критерієм якості. У цих матрицях одна з альтернатив обов'язково є ідеальною.

Спосіб 3. Пошукове завдання може формуватися на підставі бажаного для експерта ступеня якості, який необхідно мати в синтезованих варіантах систем. Експерт установлює значення бажаної якості в межах використовуваної шкали. Пошукове завдання формується також методом попарного порівняння. У кожній матриці парних порівнянь одна з альтернатив відповідає бажаним властивостям. Рівень заданих властивостей в інших альтернативах пошукового завдання може бути вищим, дорівнювати або бути нижчим за бажаний.

Морфологічна таблиця для наведених вище способів формування пошукових завдань матиме вигляд таб. 4.9, в якій реалізація кожної  $i$ -ої функції системи  $F_i$  можлива одним з елементів відповідної множини варіантів  $A^{(i)} = \{a_1^{(i)}, a_2^{(i)}, \dots, a_{k_i}^{(i)}\}$ , якість реалізації функції  $F_i$  оцінюється за множиною критеріїв  $Q^{(i)} = \{Q_1^{(i)}, Q_2^{(i)}, \dots, Q_{u_i}^{(i)}\}$ , так що  $q_{kd}^{(i)}$  є значенням, що оцінює якість варіанта  $a_d^{(i)}$  реалізації функції  $F_i$  за критерієм  $Q_k^{(i)}$ .

Таблиця 4.9 – Способи формування пошукових завдань

| $F$   |                 | $A$                             |     |                    | $P_r$              | $P_i$                  | $P_e$               |
|-------|-----------------|---------------------------------|-----|--------------------|--------------------|------------------------|---------------------|
| $F_1$ | $A^{(1)}$       | $a_1^{(1)} a_2^{(1)}$           | ... | $a_{k_1}^{(1)}$    | $a_{r_1}^{(1)}$    |                        |                     |
|       | $Q_1^{(1)}$     | $q_{11}^{(1)} q_{12}^{(1)}$     | ... | $q_{1k_1}^{(1)}$   | $q_{1r_1}^{(1)}$   | $Max_j q_{1j}^{(1)}$   | $q_{e_1}^{(1)}$     |
|       | $Q_2^{(1)}$     | $q_{21}^{(1)} q_{22}^{(1)}$     | ... | $q_{2k_1}^{(1)}$   | $q_{2r_1}^{(1)}$   | $Max_j q_{2j}^{(1)}$   | $q_{e_2}^{(1)}$     |
|       | ...             | ...                             | ... | ...                | ...                | ...                    | ...                 |
|       | $Q_{u_1}^{(1)}$ | $q_{u_11}^{(1)} q_{u_12}^{(1)}$ | ... | $q_{u_1k_1}^{(1)}$ | $q_{u_1r_1}^{(1)}$ | $Max_j q_{u_1j}^{(1)}$ | $q_{e_{u_1}}^{(1)}$ |
| $F_2$ | $A^{(2)}$       | $a_1^{(2)} a_2^{(2)}$           | ... | $a_{k_2}^{(2)}$    | $a_{r_2}^{(2)}$    |                        |                     |
|       | $Q_1^{(2)}$     | $q_{11}^{(2)} q_{12}^{(2)}$     | ... | $q_{1k_2}^{(2)}$   | $q_{1r_2}^{(2)}$   | $Max_j q_{1j}^{(2)}$   | $q_{e_1}^{(2)}$     |
|       | $Q_2^{(2)}$     | $q_{21}^{(2)} q_{22}^{(2)}$     | ... | $q_{2k_1}^{(1)}$   | $q_{2r_1}^{(1)}$   | $Max_j q_{2j}^{(2)}$   | $q_{e_2}^{(2)}$     |
|       | ...             | ...                             | ... | ...                | ...                | ...                    | ...                 |

|       |                 |                                    |     |                    |                    |                        |                     |
|-------|-----------------|------------------------------------|-----|--------------------|--------------------|------------------------|---------------------|
|       | $Q_{u_2}^{(2)}$ | $q_{u_{21}}^{(2)}q_{u_{22}}^{(2)}$ | ... | $q_{u_2k_2}^{(2)}$ | $q_{u_2r_2}^{(2)}$ | $Max_j q_{u_2j}^{(2)}$ | $q_{e_{u_2}}^{(2)}$ |
| ...   | ...             | ...                                | ... | ...                | ...                | ...                    | ...                 |
| $F_g$ | $A^{(g)}$       | $a_1^{(g)}a_2^{(g)}$               | ... | $a_{k_g}^{(g)}$    | $a_{r_g}^{(g)}$    |                        |                     |
|       | $Q_1^{(g)}$     | $q_{11}^{(g)}q_{12}^{(g)}$         | ... | $q_{1k_g}^{(g)}$   | $q_{1r_g}^{(g)}$   | $Max_j q_{1j}^{(g)}$   | $q_{e_1}^{(g)}$     |
|       | $Q_2^{(g)}$     | $q_{21}^{(g)}q_{22}^{(g)}$         | ... | $q_{2k_g}^{(g)}$   | $q_{2r_g}^{(g)}$   | $Max_j q_{2j}^{(g)}$   | $q_{e_2}^{(g)}$     |
|       | ...             | ...                                | ... | ...                | ...                | ...                    | ...                 |
|       | $Q_{u_g}^{(g)}$ | $q_{u_{g1}}^{(g)}q_{u_{g2}}^{(g)}$ | ... | $q_{u_gk_g}^{(g)}$ | $q_{u_gr_g}^{(g)}$ | $Max_j q_{u_gj}^{(g)}$ | $q_{e_{u_g}}^{(g)}$ |

Якщо пошукове завдання формується за Способом 1 (стовпчик  $P_r$  табл. 4.9, що відповідає пошуковому завданню), то у випадку виконання умов цілісності воно й буде розв'язком; у випадку пошукового завдання у вигляді ідеального (стовпчик  $P_i$ ) немає обраних варіантів реалізації функцій, але з кожного рядка таблиці, що відповідає критеріям, обране найкраще значення, і остаточно в результаті морфологічного дослідження повинна бути обрана така комбінація реалізацій функцій, що не порушує цілісність системи та є найближчою до ідеальних значень.

При третьому способі експерти визначають еталонні значення критеріїв якості реалізації функцій (які не обов'язково повинні бути найбільшими), і шукаються розв'язки, що найближчі до еталонного.

### Синтез раціональних систем за критеріями якості

Морфологічний синтез раціональних варіантів за критеріями якості починається із незалежної оцінки альтернатив, що належать відповідним функціональним підсистемам. Метод базується на двох припущеннях:

- альтернативи, які належать одним функціональним підсистемам, можна оцінювати незалежно від альтернатив, що належать іншим функціональним підсистемам;
- найкращий цілісний варіант системи містить кращі альтернативи, що в деяких випадках не відповідає дійсності, оскільки за такої умови можуть порушуватися вимоги цілісності.

Кількість елементів первісної морфологічної множини попередньо зменшується шляхом відтинання нераціональних варіантів. Підмножина

раціональних варіантів, яка залишилася після цього, досліджується на предмет їх ефективності та сумісності окремих альтернатив.

Морфологічний синтез раціональних варіантів може реалізовуватися за двома напрямками. **Перший напрямок** передбачає пошук найраціональніших варіантів у самій морфологічній множині. При цьому, зазвичай, максимізується адитивна чи мультиплікативна цільова функція.

**Другий напрямок** передбачає пошук у морфологічній множині варіантів, що найподібніші до пошукового завдання. Розрахунок значень цільових функцій здійснюється для кожного варіанта, що синтезується на досліджуваній морфологічній таблиці. Для цієї задачі використовується алгоритм генерації всіх варіантів систем, що містяться у морфологічній таблиці. Алгоритм функціонує за принципом лексикографічного впорядкування об'єктів.

Загальне число варіантів, що перебираються комп'ютером, визначається у цьому випадку потужністю декартового добутку скінчених множин альтернатив, що належать до кожної функції узагальненої функціональної підсистеми.

Далі експертним шляхом визначається відносна міра переваги критеріїв якості між собою для встановлення їх ваги (значимості) при вирішенні конкретної задачі і оцінки альтернатив відносно критеріїв найнижчого ієрархічного рівня. Ступінь переваги встановлюється експертом методом попарного порівняння або методом порівняння зі стандартами.

За отриманими експертними даними обчислюються вектори пріоритетів альтернатив  $(w_{k_i})$  за всіма критеріями якості, аж до критерію, що визначає фокус, вершину ієрархії. Аналогічно розраховуються вектори, що встановлюють пріоритет альтернатив, що знаходяться у всіх інших рядках морфологічної таблиці. Для подальшого синтезу раціональних цілісних варіантів систем у морфологічну таблицю заносяться вектори пріоритетів альтернатив відносно всіх критеріїв та фокусів ієрархії. Найкращою альтернативою у кожному рядку морфологічної таблиці за тим чи іншим критерієм є та, котра має найбільше значення у відповідному векторі пріоритетів.

При пошуку раціональних варіантів у морфологічній множині можуть вирішуватися одна з двох відмінних задач.

**Задача 1. Знаходження у морфологічній множині одного чи декількох цілісних варіантів систем з використанням визначеної функції мети.**

В багатьох випадках використовується адитивна або мультиплікативна функція мети. Взагалі, при наявності формальної функції мети та системи обмежень на цілісність та можливо деяких інших, отримуємо оптимізаційну задачу з дискретними змінними. Але розв'язання її в багатьох випадках неможливе внаслідок значної розмірності. Окрім того, задача в такій постановці

є досить наближеною, і експертів зазвичай цікавлять не один, а декілька варіантів системи, близькі між собою за значенням інтегрованого критерію якості, які з точки зору реалізації можуть бути дуже різними. Задача розв'язується здебільшого за допомогою евристичних методів, що ґрунтуються на ідеях неповного перебору, а значення інтегрованої функції мети служить для попереднього порівняння отриманих варіантів побудови системи або ж для формування правил вилучення неперспективних варіантів.

**Адитивні моделі** базуються на припущенні про те, що якість системи, тобто її цінність, корисність, ефективність, визначається сумою ефектів від кожної її властивості. В цьому випадку необхідно знайти підмножину цілісних варіантів системи  $S$  морфологічної множини  $\Omega$  всіх варіантів системи (загальна кількість  $N = \prod_{l=1}^L k_l$ ) за морфологічною таблицею ( $S \in \Omega$ ), для елементів котрої

$$\sum_{l=1}^L w_{lm} \rightarrow \max \text{ або } \sum_{l=1}^L w_{lm} - w_{lm}^* \rightarrow \min ,$$

де  $L$  – кількість функцій системи (кількість рядків морфологічної таблиці);  
 $k_l$  – кількість способів (альтернатив  $a_{lm}$ ) для реалізації  $l$ -ої функції системи,  $l = \overline{1, L}$ ;

$w_{lm}$  – значення вектору пріоритетів за сукупність декількох кіритеріїв якості для альтернативи  $a_{lm}$ , яка входить у синтезований варіант системи;

$w_{lm}^*$  – значення вектору пріоритетів за сукупність декількох кіритеріїв якості для альтернативи  $a_{lm}^*$ , яка є найкращою за цією сукупністю кіритеріїв.

Адитивний показник якості у вигляді середньозваженої арифметичної використовується значно частіше, ніж інші види середньозважених (наприклад, середньгеометрична), однак для його коректного необхідно, щоб між відносними показниками будь-яких властивостей існувала незалежність за перевагою.

Частковою формою адитивного критерію якості є нормоване середнє арифметичне.

**Мультиплікативні моделі** використовуються, якщо якість системи визначається не додаванням, а перемноженням ефектів. У цьому випадку показник якості є зваженим середнім геометричним, тобто необхідно знайти множину  $S \in \Omega$ , для елементів котрої  $\prod_{l=1}^L w_{lm} \rightarrow \max$ .

**Задача 2. Пошук у морфологічній множині підмножини варіантів систем, що найподібніші до пошукових завдань.** Функція мети у цій задачі

визначається наступним чином: знайти підмножину  $S \in \Omega$ , для елементів котрої  $L(B_j, B_k) \rightarrow \max$ , де  $L(B_j, B_k)$  – міра подібності між описом варіанта системи  $B_j$ , що розглядається, та описом пошукового завдання  $B_k$ . Часто в цьому випадку виникають задачі дуже великої розмірності, тому для зменшення кількості обчислень альтернативи намагаються класифікувати, що дозволяє, з одного боку, зіставити об'єкти одного класу, а з іншого – формувати самі класи, кількість яких заздалегідь може бути невідомою. Особливу актуальність класифікаційні побудови набувають при розробці складних систем, наприклад, нових інформаційних технологій.

### **Синтез систем на основі якісних класифікаційних ознак**

Синтез варіантів систем на морфологічних таблицях можна здійснювати із використанням якісних класифікаційних ознак, що характеризують властивості альтернатив. Класифікаційні ознаки несуть узагальнену специфічну інформацію про системи, що відрізняється від розглянутої раніше інформації, котра визначає переваги за критеріями якості. Ці ознаки можуть бути використані у пошуку у морфологічних множинах варіантів, які найподібніші за функціями та структурою до варіанту із бажаними властивостями, заданого прототипом або пошуковим завданням. Якісні ознаки також часто використовуються при вирішенні задач синтезу оригінальних (екзотичних) варіантів систем, що є суттєво новими.

**Синтез варіантів за прототипом** вирішується як задача пошуку у морфологічній множині варіантів систем, що найближчі до прототипу або пошукового завдання, на основі мір подібності та відмінності. Функція мети у цій задачі має наступний вигляд: знайти підмножину  $S \in \Omega$ , для елементів котрої  $L(B_i, B^P) \Rightarrow \max$ , де  $L(B_i, B^P)$  – міра подібності між описом синтезованого варіанта системи  $B_i$  та прототипом або пошуковим рішенням  $B^P$ .

Морфологічний синтез в цьому випадку здійснюється за наступним алгоритмом.

Крок 1. Формуємо морфологічну таблицю, у котрої альтернативи  $a_{ij}$  характеризуються множиною ознак  $F_{ip}$ . Наявність у альтернативи тієї чи іншої ознаки із вказаної множини позначається одиницею, а відсутність — нулем. Прототип, відносно котрого обчислюється міра подібності, задається аналогічним чином.

Крок 2. Після визначення прототипу здійснюється генерація всіх варіантів, що містяться у таблиці, яка розглядається. Пошукові образи згенерованих варіантів порівнюються із образом прототипу.

Крок 3. Для кожної пари, що складається із прототипу та пошукового образу варіанта, обчислюється значення міри подібності. Варіанти впорядковуються за

мірою близькості до прототипу. Підмножина найближчих до прототипу варіантів остаточно надається експерту для детальнішого аналізу.

### **Морфологічні методи синтезу раціональних віріантів систем**

**Метод деревоподібного синтезу** належить до методів морфологічного послідовного детермінованого пошуку та дозволяє суттєво зменшити число операцій вибору у порівнянні із повним перебором варіантів, що містяться у морфологічній таблиці. Загальна кількість операцій вибору у цьому методі

синтезу визначається як 
$$N = \sum_{l=1}^L K_l$$
, де  $K_l$  – кількість альтернатив для реалізації

$l$ -ої узагальненої функціональної підсистеми або функції;  $L$  – кількість узагальнених функціональних підсистем (рядків морфологічної таблиці).

**Алгоритм морфологічного деревоподібного синтезу** включає наступні кроки:

Крок 1. Формулюється мета дослідження та будується морфологічна таблиця. Узагальнені функціональні підсистеми, що визначають рядки морфологічної таблиці, ранжуються системою прийняття рішень за значимістю.

Крок 2. У морфологічній таблиці виділяються два рядки, що відповідають функціональним підсистемам із найвищою значимістю. Здійснюється синтез всіх парних сполучень альтернатив, що містяться у двох обраних рядках таблиці. Отримані парні сполучення альтернатив аналізуються за множиною критеріїв якості. За результатами багатокритеріального аналізу обирається найраціональніший варіант.

Крок 3. Із морфологічної таблиці обирається чергова за значимістю узагальнена функціональна підсистема із альтернативами її реалізації і здійснюється цих альтернатив із раціональним варіантом, отриманим на Кроці 2. Отримана множина тринарних комбінацій альтернатив знову аналізується за множиною критеріїв якості, в результаті чого визначається найраціональніша комбінація.

Крок 4. Синтез продовжується у відповідності із етапами 2 та 3 доти, поки не будуть вичерпані всі узагальнені функціональні підсистеми. В результаті отримується оптимальний цілісний варіант, котрий включає всі підсистеми.

**Метод лабіринтного синтезу** базується на деревоподібному методі та належить до класу методів із коректуванням. Ідея методу полягає в тому, що у процесі пошуку раціонального рішення на морфологічній таблиці на кожному етапі обирається не один варіант, а  $n$  раціональних сполучень альтернатив. Найкраще із цих сполучень надходить на наступний етап, а  $n-1$  варіантів резервуються. Якщо на  $P$ -ому етапі не вдається отримати задовільне рішення, комбінуючи всі альтернативи  $P$ -ої узагальненої функціональної підсистеми із найкращим варіантом, отриманим на попередньому,  $(P-1)$ -ому етапі, то

переглядаються всі  $n-1$  варіанти, зарезервовані на  $(P-1)$ -ому етапі із всіма альтернативами, що належать до  $P$ -ого етапу. Якщо й у цьому випадку задовільне рішення не знаходиться, то здійснюється повернення на  $(P-2)$ -ий етап та організується послідовний перегляд всіх зарезервованих на цьому етапі варіантів зі всіма альтернативами функціональної підсистеми  $(P-1)$  та вибір нового найкращого  $(P-2)$ -ого варіанта. Процедура пошуку може продовжуватися аж до першої та другої узагальнених функціональних підсистем.

Лабіринтний метод синтезу порівняно із деревоподібним дозволяє підвищити імовірність отримання найефективнішого варіанта системи, що відповідає вимогам проектувальника, за рахунок ітераційної процедури повернення. При реалізації лабіринтного методу на кожному етапі вибір найефективнішого із резервних варіантів здійснюється на основі багатокритеріального прийняття рішень методом аналізу ієрархій або іншими методами. Комп'ютерна реалізація лабіринтного методу забезпечує запам'ятовування всього багатоітераційного маршруту проходження по морфологічній таблиці, що дозволяє проаналізувати прийняті раніше рішення та остаточно обрати найраціональніше.

**Метод блочно-лабіринтного синтезу** доцільний для складних багатфункціональних систем, існує в декількох модифікаціях і передбачає конструювання систем на окремих блоках морфологічної таблиці, що дозволяє звести розв'язання задачі морфологічного синтезу до задачі меншої розмірності. Процес синтезу раціонального варіанта здійснюється «згори донизу», тобто від узагальнених функціональних підсистем до конкретних реалізацій цих підсистем.

Розглянемо алгоритм однієї з модифікацій цього методу, на кожному кроці котрого здійснюються процедури структурування інформації, оцінювання варіанта та прийняття рішення.

Крок 1. Формується початкова мета синтезу системи і складається список вимог до неї, які ранжуються за значимістю.

Крок 2. Будується «скелетна» морфологічна таблиця, що складається із головних функціональних підсистем системи, що розглядається, та основних варіантів, що реалізують ці підсистеми. Головними функціональними підсистемами є підсистеми, що визначають сутність системи загалом і відрізняють її від інших систем.

Крок 3. Синтезуються раціональні варіанти на «скелетній» морфологічній таблиці методом лабіринтного синтезу. В результаті отримується так звана функціональна система, що включає ту мінімальну кількість функціональних підсистем, за допомогою яких можна реалізувати основну функцію системи. Така функціональна система, зазвичай, не може задовільнити всіх вимог завдання, тому вона в подальшому вдосконалюється.

Крок 4. У синтезованій на кроці 3 функціональній системі визначаються «слабкі» функціональні елементи, що не задовольняють у повній мірі висунутим вимогам, і для них будуються додаткові морфологічні таблиці. Найменуваннями рядків цих таблиць є найменування допоміжних функціональних підсистем, отриманих у результаті декомпозиції «слабких» елементів.

Крок 5. Визначаються методом лабіринтного синтезу раціональні варіанти на додаткових морфологічних таблицях. Процедура виявлення «слабких» елементів може бути розповсюджена і на раціональні варіанти, отримані на додаткових матрицях.

Крок 6. Здійснюється компонування синтезованих на додаткових морфологічних таблицях функціональних підсистем у цілісну систему.

Крок 7. Здійснюється перевірка відповідності синтезованого рішення початковим вимогам. В разі відповідності задача вважається вирішеною, а в іншому випадку здійснюються наступні процедури:

- розширюється число варіантів, що відбираються (резервуються) на проміжних етапах методу при пошуку раціональних варіантів на морфологічних таблицях;
- переглядаються вимоги початкової мети синтезу;
- складаються нові «скелетні» і/або додаткові морфологічні таблиці;
- здійснюється варіювання методами синтезу раціональних варіантів.

### **Врахування при синтезі різного впливу підсистем**

Функціональні підсистеми, із котрих складається деяка функціональна система, можуть вносити різний внесок у її ефективність та новизну. У таких випадках, окрім оцінювання відносного внеску у ефективність та новизну альтернатив, необхідно оцінювати відносний внесок функціональних підсистем, наприклад, за наступним алгоритмом.

Крок 1. Будується морфологічна таблиця, найменуваннями рядків котрої являються узагальнені функціональні підсистеми досліджуваної системи ( $УФПС_i, i = \overline{1, n}$ ), а найменуваннями стовпців – альтернативи.

Крок 2. Морфологічна таблиця перетворюється у трирівневу ієрархію (рис.4.12), що відображає множину функціональних реалізацій. Фокусом ієрархії є найменування досліджуваних множин систем. Другий рівень ієрархії утворюють  $УФПС_i$ . Кожна  $УФПС_i$  конкретизується власною підмножиною альтернативних функціональних реалізацій ( $A_{ij}$ ), що утворюють третій рівень ієрархії.

Крок 3. Складаються ієрархічні структури критеріїв якості для визначення векторів пріоритетів узагальнених функціональних підсистем та альтернатив, що конкретизують вказані підсистеми. Для оцінки  $УФПС_i$  та альтернатив  $A_{ij}$  можуть

використовуватися як однакові за структурою та складом ієрархії критеріїв якості, так і різні.

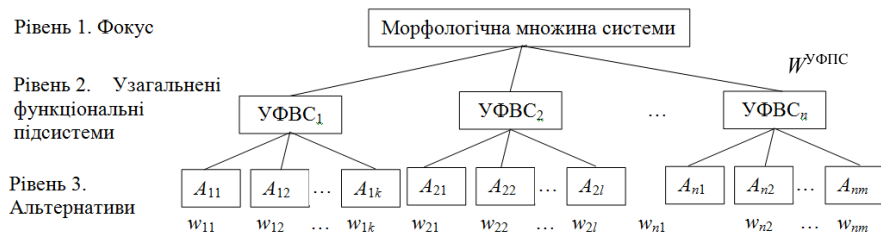


Рисунок 4.12 – Морфологічна таблиця у вигляді трирівневої ієрархії

Крок 4. Для сформованих ієрархій розраховують вектори пріоритетів альтернатив  $A_{ij}$ , що належать кожній УФС $_i$ , з відповідними елементами  $w_{ij}$  та вектор пріоритетів узагальнених функціональних підсистем  $W^{УФС}$ , який визначає їх внесок у ефективність та новизну системи в цілому. При цьому розраховані вектори є нормованими наступним чином  $\sum_{i=1}^n w_i^{УФС} = 1, \sum_{j=1}^k w_{1j} = 1,$

$$\sum_{j=1}^l w_{2j} = 1, \dots, \sum_{j=1}^m w_{nj} = 1.$$

Крок 5. На ґрунті попередньої інформації здійснюється ієрархічний синтез за алгоритмом згортання у ієрархіях із декількома гілками, що мають різну кількість альтернатив під критеріями. У результаті отримуємо нормований вектор пріоритетів всіх альтернатив відносно фокуса ієрархії.

Крок 6. Отримані значення векторів пріоритетів альтернатив заносяться у відповідні комірки початкової морфологічної матриці, на котрій здійснюється комбінаторний синтез систем та обчислення для них значень адитивних чи мультиплікативних функцій мети.

### Виявлення у морфологічних множинах оригінальних варіантів

Виявлення у морфологічній множині нових оригінальних варіантів базується на аналізі мір включення і подібності. Найоригінальнішим вважається варіант, який за складом ознак найменшою мірою включений у всі інші варіанти з морфологічної множини.

### Завдання:

1. Ознайомитися з теоретичними відомостями до практичної роботи.
2. Для системи, обраної згідно варіанту (табл. 4.10), або для системи за тематикою магістерської роботи (за узгодженням з викладачем) розробити узагальнену структуру з функціональних блоків.

Таблиця 4.10 – Варіанти завдань

| Варіант | Предметна галузь                                                                |
|---------|---------------------------------------------------------------------------------|
| 1       | Системи захисту Web-ресурсів                                                    |
| 2       | Системи контролю доступу                                                        |
| 3       | Системи пожежної безпеки                                                        |
| 4       | Системи криптографічного захисту інформації                                     |
| 5       | Системи захисту інформації від засобів оптико-електронної розвідки              |
| 6       | Системи захисту інформації від витоку вібраційним каналом                       |
| 7       | Системи захисту інформації від витоку акустичним каналом                        |
| 8       | Системи захисту відеоінформації                                                 |
| 9       | Системи захисту інформації в провідникових каналах зв'язку                      |
| 10      | Системи захисту інформації в оптоелектронних каналах зв'язку                    |
| 11      | Системи захисту інформації в радіоканалах                                       |
| 12      | Системи захисту інформації від витоку каналом побічних випромінювань і наведень |
| 13      | Системи контролю периметру                                                      |
| 14      | Системи антивірусного захисту                                                   |
| 15      | Системи програмного захисту локальних обчислювальних мереж                      |
| 16      | Системи відеоспостереження                                                      |
| 17      | Системи контролю повітряного простору                                           |
| 18      | Системи контролю підводної обстановки                                           |
| 19      | Локальні обчислювальні мережі державних органів влади                           |
| 20      | Локальні обчислювальні мережі приватних підприємств                             |
| 21      | Локальні обчислювальні мережі банків                                            |
| 22      | Локальні обчислювальні мережі установ судової системи                           |
| 23      | Локальні обчислювальні мережі установ місцевої технічної інвентаризації         |
| 24      | Локальні обчислювальні мережі військових підрозділів                            |
| 25      | Локальні обчислювальні мережі вузів                                             |
| 26      | Геоінформаційні системи                                                         |
| 27      | Системи «розумний дім»                                                          |
| 28      | Системи управління технологічними процесами                                     |
| 29      | Системи мобільного зв'язку                                                      |
| 30      | Системи «безпечне місто»                                                        |

3. Виступаючи у ролі ОПР, побудувати когнітивну карту для аналізу перспектив розвитку на період 5 років предметної галузі згідно п.2

4. Створити групу експертів з трьох осіб і побудувати когнітивну карту для аналізу перспектив розвитку на період 5 років предметної галузі згідно п.2.

5. Провести аналіз отриманих когнітивних карт (п.3, п.4).

6. Побудувати таблицю рішень відповідно до завдання п.2.

7. Побудувати дерево рішень, що відповідає побудованій таблиці рішень п.6.

8. Побудувати дерево цілей відповідно до завдання п.2.

9. Виступаючи у ролі експерта для побудованого (п.8) дерева цілей розрахувати:

– коефіцієнти відносної важливості;

– коефіцієнти взаємної корисності;

– коефіцієнти стан-строк.

10. Для системи п.2 виконати якісний аналіз небезпек за наступним алгоритмом:

- провести декомпозицію системи;
- виявити небезпеки системи, які можуть виникнути в процесі її експлуатації;
- визначити частини системи, що є джерелами цих небезпек, і оцінити їх якісні характеристики, заповнивши спеціальну форму (табл.4.11);
- ввести обмеження на аналіз небезпек згідно з рангом небезпеки.

Таблиця 4.11 – Форма для якісного аналізу небезпек

| № | Елемент об'єкта | Небезпека | Якісні характеристики |             |      |
|---|-----------------|-----------|-----------------------|-------------|------|
|   |                 |           | Категорія             | Ймовірність | Ранг |
| 1 |                 |           |                       |             |      |
| 2 |                 |           |                       |             |      |

11. Вибрати пікову небезпеку, керуючись результатами якісного аналізу, і виконати для неї кількісний аналіз за наступним алгоритмом:

- побудувати дерево подій;
- побудувати дерево відмов;
- скласти логічний вираз для визначення імовірності головної події і провести відповідні обчислення;
- запропонувати захисні заходи;
- скласти для кожного з захисних заходів новий логічний вираз для визначення імовірності головної події;
- вказати ефект від впровадження заходів.

12. Провести морфологічний аналіз системи п.2.

13. Скласти морфологічну таблицю для системи п.2.

14. Обґрунтовано визначити мету синтезу і пошукове завдання.

15. Визначити в отриманій морфологічній множині раціональні варіанти системи.

16. Для раціональних варіантів системи розрахувати міри подібності, відмінності, включення.

17. Визначити найліпший варіант реалізації системи і оцінити його оригінальність.

18. Оцінити внесок підсистем у ефективність і оригінальність найліпшого варіанту реалізації системи.

## Контрольні питання

1. Яку структуру має когнітивна карта?
2. Для чого призначений знаковий граф?
3. Що являє собою концепт?
4. Яке призначення мають знаки дуг когнітивної карти?
5. Які знаки використовуються в когнітивних картах?
6. Які методи побудови когнітивних карт Ви знаєте?
7. Яка різниця існує між процедурами побудови когнітивної карти єдиною ОПР і групою експертів?
8. Які види опитування проводяться при побудові когнітивної карти групою експертів?
9. Як визначаються категорії змінних при побудові когнітивної карти?
10. Як визначаються рейтинги важливості змінних при побудові когнітивної карти?
11. За якими правилами може формуватися остаточний список змінних при побудові когнітивної карти?
12. Як визначаються значення відношень причинності когнітивної карти?
13. Які задачі вирішуються при аналізі знакових графів?
14. Яка змінна вважається стабільною при побудові когнітивної карти?
15. Яка система вважається стійкою при побудові когнітивної карти?
16. Як впливає від'ємний зворотний зв'язок в когнітивній карті на стійкість системи?
17. Як впливає додатний зворотний зв'язок в когнітивній карті на стійкість системи?
18. Як за знаками відношень причинності визначити тип зв'язку в циклі на когнітивній карті?
19. Як визначити чи є змінна стабільною за когнітивною картою?
20. Якими можуть бути типи змінних в узагальненому випадку при аналізі стабільності за когнітивною картою?
21. Як використовуються когнітивні карти для підтримки прийняття рішень?
22. Які переваги має метод когнітивних карт при аналізі систем?
23. Які недоліки має метод когнітивних карт при аналізі систем?
24. Які типи дерев цілей Ви знаєте?
25. Що являє собою дерево рішень?
26. Що являє собою дерево цілей і функцій?
27. Що являє собою дерево проблем?
28. Що являє собою дерево прогнозів?
29. Що являє собою дерево відмов?
30. Яку структуру має дерево цілей?

31. Як перевіряється повнота і внутрішня несуперечливість дерева цілей?
32. Які етапи має метод PATTERN?
33. Якими принципами керуються експерти при побудові дерева цілей методом PATTERN?
34. Що визначає і як розраховується коефіцієнт відносної важливості?
35. Що визначає і як розраховується коефіцієнт взаємної корисності?
36. Що визначає і як розраховується коефіцієнт стан-строк?
37. Які прийоми формування верхнього рівня дерева цілей Ви знаєте?
38. Які переваги має моделювання систем за допомогою дерева цілей?
39. Які недоліки має моделювання систем за допомогою дерева цілей?
40. Дайте визначення понять «потенційне джерело шкоди», «безпека», «небезпека», «відмова», «надійність об'єкта», «надзвичайна ситуація», «аварія», «катастрофа», «вразливість», «загроза», «атака», «мережна війна», «нетократія», «об'єкт критичної інфраструктури».
41. За якими ознаками можна класифікувати надзвичайні ситуації?
42. До яких надзвичайних ситуацій може привести порушення інформаційної безпеки?
43. Які рівні надзвичайних ситуацій Ви знаєте?
44. Які види резервування Ви знаєте?
45. Які види ризиків Ви знаєте?
46. В чому полягає концепція припустимого ризику?
47. Яким чином може бути визначений гранично прийнятний ризик?
48. Як можна знизити ймовірність ризику до припустимого рівня?
49. Який підхід до зменшення ризику небезпеки називається управлінням ризиком?
50. Які типи якісного аналізу небезпек Ви знаєте?
51. Які методи та прийоми для аналізу небезпек Ви знаєте?
52. За яким алгоритмом виконується попередній якісний аналіз небезпек?
53. Які елементи систем вважаються критичними?
54. На які питання обов'язково слід відповісти при проведенні попереднього якісного аналізу небезпек?
55. Які показники є якісними характеристиками небезпеки?
56. Який показник використовується як ризик при виконанні якісного аналізу небезпек?
57. Як встановлюються ранги небезпек при вирішенні задач захисту інформації?
58. Яка інформація вважається критичною?
59. Які кількісні характеристики визначаються для небезпек?
60. Яку структуру має дерево відмов?
61. За яким алгоритмом будується дерево відмов?

62. Які символи застосовуються при побудові дерева відмов?
63. Яким чином можна розглянути процес відмов у часі, використовуючи дерево відмов?
64. Які залежності використовують при складанні логічного виразу для визначення ймовірності реалізації головної події за деревом відмов?
65. Які переваги і недоліки має аналіз систем на основі дерев відмов?
66. В чому полягає основна ідея морфологічного підходу?
67. За яким алгоритмом здійснюється морфологічне дослідження?
68. Що являє собою морфологічна множина?
69. Які задачі вирішуються при морфологічному аналізі?
70. Які задачі вирішуються при морфологічному синтезі?
71. Як описується варіант системи при морфологічному дослідженні?
72. Які задачі можуть вирішуватися при пошуку раціональних варіантів у морфологічній множині?
73. Які особливості має морфологічне дослідження методом систематичного покриття поля?
74. Які етапи містить морфологічне дослідження методом заперечення та конструювання?
75. За яким алгоритмом будується і досліджується морфологічна скриня?
76. Обґрунтуйте необхідність систем-класифікацій при морфологічному аналізі і синтезі систем.
77. За яким алгоритмом здійснюється побудова і дослідження систем-класифікацій?
78. Як обчислюється і використовується в морфологічних дослідженнях міра подібності?
79. Як обчислюється і використовується в морфологічних дослідженнях міра відмінності?
80. Як обчислюється і використовується в морфологічних дослідженнях міра включення?
81. Дайте визначення кластера.
82. Які проблеми виникають при структурній класифікації?
83. Які типи способів розв'язку задач структурної класифікації Ви знаєте?
84. Які способи розв'язку задач структурної класифікації відносяться до евристичного типу?
85. Які способи розв'язку задач структурної класифікації відносяться до оптимізаційного типу?
86. Які способи розв'язку задач структурної класифікації відносяться до апроксимаційного типу?
87. Які алгоритми називаються процедурами прямої класифікації?

88. Які алгоритми називаються процедурами комбінованої прямої класифікації?
89. Які способи формування морфологічних таблиць Ви знаєте?
90. Які особливості має спосіб формування морфологічних таблиць на основі функціонально-елементного аналізу систем?
91. Яку структуру має морфологічна таблиця, сформована способом на основі функціонально-елементного аналізу систем?
92. Які особливості має спосіб формування морфологічних таблиць з використанням класифікаційних ознак?
93. Яку структуру має морфологічна таблиця, сформована способом із використанням класифікаційних ознак?
94. Які основні підходи до формування формалізованих пошукових завдань для вирішення різних задач морфологічного синтезу Ви знаєте?
95. Як підвищити ефективність формування пошукового завдання на основі множини класифікаційних якісних ознак?
96. Які особливості має формування пошукових завдань на основі кількісних ознак?
97. Які способи визначення числових значень критеріїв, що характеризують пошукове завдання і альтернативи морфологічної таблиці, Ви знаєте?
98. Яка альтернатива може розглядатися як еталон?
99. Які способи формування пошукових завдань із критеріїв якості і їхніх значень для пошуку необхідних варіантів на морфологічних таблицях методом порівняння з еталоном Ви знаєте?
100. На яких припущеннях базується морфологічний синтез?
101. За якими напрямками може здійснюватися морфологічний синтез?
102. Як здійснюється пошук у морфологічній множині цілісних варіантів систем з використанням визначеної функції мети?
103. В яких випадках застосовується адитивна функція мети морфологічного синтезу?
104. В яких випадках застосовується мультиплікативна функція мети морфологічного синтезу?
105. Як здійснюється пошук у морфологічній множині підмножини варіантів систем, що найподібніші до пошукових завдань?
106. Як синтезуються системи за якісними класифікаційними ознаками?
107. За яким алгоритмом здійснюється синтез варіантів за прототипом?
108. Які морфологічні методи синтезу раціональних варіантів систем Ви знаєте?
109. Які переваги надає метод деревоподібного синтезу порівняно із повним перебором варіантів?

110. За яким алгоритмом реалізується метод деревоподібного синтезу?
111. Які відмінності мають метод деревоподібного синтезу і метод лабіринтного синтезу?
112. За яким алгоритмом реалізується метод лабіринтного синтезу?
113. Для яких систем доцільний метод блочно-лабіринтного синтезу?
114. За яким алгоритмом реалізується метод блочно-лабіринтного синтезу?
115. Як визначити вплив функціональних підсистем на ефективність та новизну системи в цілому?
116. Як виявити у морфологічних множинах оригінальні варіанти?

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

### *Базова*

1. **Бурячок, В. Л.** Системний аналіз та прийняття рішень в інформаційній безпеці [Текст] : підручник / В. Л. Бурячок, С. В. Толпопа, А. О. Аносов, В. А. Козачок, Н. В. Лукова-Чуйко. - К. : ДУТ, 2015. – 315 с.
2. **Катренко, А. В.** Системний аналіз об'єктів і процесів комп'ютеризації [Текст] : навч. посіб. / А. В. Катренко. – Львів : «Новий світ – 2000», 2003. – 424 с.
3. **Кутковецький, В. Я.** Дослідження операцій [Текст] : навч. посіб. / В. Я. Кутковецький. – Миколаїв : Вид-во МДГУ ім. П. Могили, 2003. – 260 с.
4. **Тимченко, А. А.** Основи системного проектування та системного аналізу складних об'єктів [Текст] : підручник для студ. вищ. навч. закл. / А. А. Тимченко. – К. : Либідь, 2003. – 269 с.
5. **Турти, М. В.** Математичні методи моделювання та оптимізації процесів [Текст] : метод. вказівки до самостійної роботи студентів / М. В. Турти. – Миколаїв : НУК, 2019. – 37 с.

### *Допоміжна*

1. **Гречко, Т. К.** Системний аналіз і прийняття інноваційних рішень [Текст] : навч.-метод. посіб. / Т. К. Гречко, Л. С. Чернова. – Миколаїв: Торубара В.В., 2015. – 243 с.

**ТУРТИ Марина Валентинівна**  
**КАСЬЯНОВ Юрій Іванович**  
**ГУСЄВА-БОЖАТКІНА Вікторія Анатоліївна**

**МОДЕЛЮВАННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ ЗАХИСТУ ІНФОРМАЦІЇ  
НА ОБ'ЄКТАХ ВОДНО-ТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСУ**

**Методичні вказівки до практичних робіт**

*У п'яти частинах*

*Частина 2*

Комп'ютерне верстання *В. В. Москаленко*

---

Формат 60×84/16. Ум. друк. арк. 4,2. Тираж 100 прим. Вид. № 35. Зам. № 0207-57.

Видавець і виготівник Національний університет кораблебудування  
імені адмірала Макарова

просп. Героїв України, 9, м. Миколаїв, 54025

E-mail : [publishing@nuos.edu.ua](mailto:publishing@nuos.edu.ua)

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 6402 від 19.09.2018 р.